



MEMOIRE DE FIN D'ÉTUDE

**EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGÉNIEUR AGRONOME EN
GRADE DE MASTER II**

Mention : Agriculture Tropicale et Développement Durable

Parcours : Agriculture Tropicale

**ANALYSE DE LA DIVERSITÉ DES CACAOYERS
DE LA SOCIÉTÉ MILLOT S.A. AMBANJA**



Réalisé par : TOMBOSON Herivonjy Gérald

5

Promotion : KINGATSA (2010 – 2015)

SOUTENU LE : 21 Août 2015 DEVANT LES MEMBRES DU JURY COMPOSÉS DE :

Président : Dr. ANDRIAMANIRAKA Harilala

Maitre du stage : Dr. RAKOTOMALALA Jean Jacques

Encadreur Pédagogique : Dr. RAMANANKAJA Landiarimisa

Examineur : Dr. RAZAFIMAHATRATRA Hery



ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE



AGRICULTURE TROPICALE &
DÉVELOPPEMENT DURABLE

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR AGRONOME EN GRADE DE MASTER II

Mention : Agriculture Tropicale et Développement Durable

Parcours : Agriculture Tropicale

ANALYSE DE LA DIVERSITE DES CACAOYERS DE LA SOCIETE MILLOT S.A. AMBANJA



Réalisé par : TOMBOSON Herivonjy Gérald

5

Promotion : KINGATSA (2010 - 2015)

SOUTENU LE : 21 Août 2015 DEVANT LES MEMBRES DU JURY COMPOSES DE :

Président : Dr. ANDRIAMANIRAKA Harilala

Maitre du stage : Dr. RAKOTOMALALA Jean Jacques

Encadreur Pédagogique : Dr. RAMANANKAJA Landiarimisa

Examineur : Dr. RAZAFIMAHATRATRA Hery

REMERCIEMENTS

Nous nous permettons d'exprimer notre profonde gratitude et nos vifs remerciements à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce document. En particulier, nous nous adressons à :

Docteur ANDRIAMANIRAKA Harilala, Chef de département de la Mention Agriculture Tropicale et développement durable à l'ESSA, qui, malgré ses multiples obligations, nous a fait l'immense honneur de présider le jury de ce mémoire. Qu'il trouve ici l'expression de notre haute considération

Docteur RAMANANKAJA Landiarimisa, Chef de parcours Agriculture tropicale de l'ESSA, notre encadreur pédagogique qui, par ses conseils, ses commentaires et ses critiques, nous a dirigé au cours de l'élaboration de ce mémoire. Qu'il soit assuré de nos remerciements les plus dévoués et de notre éternelle reconnaissance.

Docteur RAKOTOMALALA Jean Jacques, Directeur de recherche du FOFIFA, qui a bien voulu nous encadrer professionnellement au cours de nos travaux de recherche. Qu'il trouve ici nos sincères remerciements et notre éternelle gratitude

Docteur RAZAFIMAHATRATRA Hery, Chef de parcours Biofonctionnement du sol de l'ESSA, qui a bien voulu examiner notre travail. Qu'il trouve ici l'expression de notre grande reconnaissance et de nos remerciements les plus dévoués ;

Monsieur Bruno DUNOYER, Directeur Général de la plantation Millot Ambanja, qui, nous a fait l'immense honneur d'un suivi continu tout au long de ce stage.

Monsieur Pierre COSTET, responsable du pôle « Maîtrise du goût » de la chocolaterie VALRHONA et responsable de la caractérisation sensorielle du matériel végétal. CIRAD notamment à:

- ✓ Xavier ARGOUT, Chercheur du CIRAD, responsable scientifique du projet « KARATRA » et responsable de l'évaluation génétique du matériel végétal
- ✓ Claire LANAUD, Chercheur du CIRAD, généticienne spécialiste du cacao
- ✓ Fabrice DAVRIEUX, Chercheur du CIRAD et responsable de la caractérisation biochimique du matériel végétal
- ✓ Philippe LACHENAUD, Chercheur du CIRAD, responsable de l'évaluation agronomique et de la multiplication du matériel végétal

Qui ont soutenu un encadrement technique, scientifique et un suivi régulier. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre grande reconnaissance et de nos remerciements les plus dévoués.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

SOMMAIRE

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Résumé

Abstract

INTRODUCTION.....	1
PARTIE I : GENERALITES	3
1. LE CACAOYER	3
2. TRAITEMENT POST RECOLTE.....	14
PARTIE II : MATERIELS ET METHODES	16
1. PRESENTATION DE LA ZONE D’ETUDE	16
2. METHODOLOGIE.....	17
PARTIE III : SYNTHESE DES RESULTATS	23
PARTIE IV : DISCUSSIONS	31
PARTIE V : PERSPECTIVES ET RECOMMANDATIONS.....	35
CONCLUSION	36

BIBLIOGRAPHIE

WEBOGRAPHIE

TABLES DES MATIERES

ANNEXES

LISTE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Moyenne de température (2012-2013) dans la plantation Millot (°C).....	17
Tableau 2: Statistiques descriptives.....	23
Tableau 3: Valeurs propres des axes de l'ACP.....	23
Tableau 4: Récapitulation des résultats de l'ANOVA.....	26
Tableau 5: Reclassement des groupes de CAH après Analyse Factorielle Discriminante.....	28
Tableau 6: Matrice de confusion de l'AFD sur la forme de cabosse.....	30
Tableau 7: Pluviométrie 2004-2012 (mm) d'Ambanja.....	iii
Tableau 8: Extrait du tableau de l'analyse.....	iv
Tableau 9: les classes de la CAH.....	v
Tableau 10: Classe de l'AFD.....	vii
Tableau 11: Forme de cabosses de chaque cacaoyer.....	viii

LISTE DES FIGURES

Figure 1: représentation schématique d'une fleur de cacaoyer (Loor, 2007).....	5
Figure 2: Coupes longitudinale et transversale de cabosse de cacaoyer (Mossu, 1990).....	6
Figure 3: Variation de couleur des amandes de cacao frais suivant les variétés.....	9
Figure 4: Constriction basale et forme de l'apex de cabosse de cacaoyer (Wood et LASS, 2001).....	9
Figure 5: Principales formes de cabosse (Cuatrecasas, 1964).....	10
Figure 6: Nord de Madagascar [Source : BD 500 FTM/MAEP/SAGE].....	16
Figure 7: Matériel de mesure de la longueur et du diamètre de la cabosse.....	19
Figure 8: Représentation des variables dans l'espace formé de F1, F2 et F3.....	24
Figure 9: Représentation des individus dans l'espace formé par F1, F2 et F3.....	24
Figure 10: Classification des cacaoyers selon leurs caractères d'après la CAH.....	25
Figure 11: Représentation des individus sur le plan (F1 et F2) par l'AFD.....	27
Figure 12: Représentation des cacaoyers selon la forme de leurs cabosses par l'AFD.....	29
Figure 13: Les différentes formes de cabosses en image réel.....	i

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

ACP : Analyse en Composantes Principales

AFD : Analyse Factorielle Discriminante

CAH : Classification Ascendante Hiérarchique

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

CINAGRA : Compagnie Industriel Agro-Alimentaire

FOFIFA: FOibe Fikarohana ho Fampanandrosoana ny Ambanivohitra

ICCO: International CoCoca Organization

IFCC: Institut Français du Café et du Cacao

IRA : Institut de la Recherche Agronomique

SECAMAD : Société d'Exploitation de Cacao de Madagascar

UEMO : Union Economique et Monétaire Ouest Africaine

Résumé

L'étude a été faite dans le district d'Ambanja, capitale de cacao de la grande île, au sein de la société Millot S.A. Les travaux de terrain ont été réalisés pendant six mois du septembre 2014 au Mars 2015. Trois cent vingt (320) échantillons de cacaoyer de la société Millot S.A. ont été étudiés, dont 36 ont fait en plus l'objet de caractérisation de la couleur des amandes.

L'objet de notre travail est de connaître la diversité des cacaoyers de la société Millot. Les études ont été basées sur la caractérisation des cabosses de chaque cacaoyer identifié (mesures de longueur et diamètre de la cabosse, poids plein et poids vide de la cabosse, comptages des graines, couleur de l'amande des fèves).

A partir de ces méthodes, des données mathématiques sur tous les arbres identifiés ont été obtenues et analysées statistiquement.

Les différentes analyses statistiques appliquées ont montré :

- La complexité de la diversité de la population cacaoyère de la ferme,
- Une diversité de la forme des cabosses ayant des caractéristiques qui ne correspondent pas toujours à ce qu'on aurait dû s'attendre en termes de variétés ou de cultivars,
- Une forte proportion d'hybrides ou de descendances Trinitario de la cacaoyère de Millot,
- L'excellente caractéristique de production des cacaoyers de la ferme,
- La qualité supérieure des fèves marchandes de cette société,
- La rareté des variétés Forastero et Criollo pures dans la cacaoyère de Millot S.A.

Des possibilités d'amélioration de la productivité et de la qualité basées sur le choix pertinent des semences, la multiplication végétative et les procédés post-récoltes sont suggérées.

Mots clés : Cacaoyer, Diversité, Plantation Millot, Sambirano (Ambanja)

Abstract

The study has been done in the district of Ambanja, cocoa capital of Madagascar, in Millot S.A. company. The jobs have been realized during six months of the September 2014 to the March 2015.

Three hundred and twenty (320) samples of cacao-tree of the society Millot S.A have been studied, of which 36 have done the object of characterization of the almonds color. The object of our work is to know the cacao-trees diversity of the society Millot.

Studies have been based on the cacao-pods characterization of each identified cacao-tree (longs measures and diameter of the cacao-pod, lamb weight and empties weight of the cacao-pod, seeds contains, color of the beans almond).

From those methods, mathematical data on all identified trees have been obtained and have analyzed statistically.

Different statistical analyses have shown:

- The complexity of the diversity of the cacao-tree population of the croft,

- A diversity of the cacao-pods form having features who do not run in connection always according to one would have must look forward in terms of varieties or of cultivars,

- A large proportion of hybrids or Trinitario descendants of the cacao-tree of Millot,

- The excellent feature of cacao-trees production of the farm,

- The beans wool-staplers primness this society,

- The varieties rarity Forastero and Criollo pure in the cacao-tree of Millot S.A.

Possibilities of improvement of the productivity and of the based quality on the pertinent seeds choice, the vegetative multiplication and proceedings post-harvestings are suggested.

Keywords: Cacao-tree, Diversity, Millot Plantation, Sambirano (Ambanja)

INTRODUCTION

Madagascar est mondialement reconnu pour sa production de cacao fin et aromatique. En effet, le cacao malgache est très recherché par les grands maîtres chocolatiers du monde pour son arôme. Le district d'Ambanja, capitale de la production cacaoyère de Madagascar, offre des conditions pédoclimatiques requises par le cacaoyer. Outre les petites exploitations familiales occupant la majorité de la production locale, on y découvre des grands producteurs de cacao, parmi lesquels la société Millot S.A. Ambanja.

Le chocolatier, principal utilisateur des fèves de cacao, souhaite pouvoir trouver un produit répondant aux exigences de sa fabrication. Ils visent à produire des chocolats de qualité supérieure soutenue. Ils privilégient, en conséquence, des arbres aptes à garantir non seulement une qualité du cacao constante, et aussi élevée que possible, mais aussi un approvisionnement régulier en fèves.

Valrhona, une des grandes chocolateries françaises qui s'approvisionne depuis plusieurs années en fèves de cacao Malgache (principalement des cacaos marchands de Millot S.A.), émet actuellement des doutes sur la qualité de ces dernières. Depuis 2010, cette société a remarqué une évolution dégressive de la qualité des fèves importées de la grande île, se manifestant par une augmentation de l'amertume, de l'astringence et des notes boisées alors qu'aucune modification des pratiques agricoles et post-récoltes ne permet d'expliquer ce changement. Et de plus en plus, les grandes entreprises chocolatières s'inquiètent de leur approvisionnement futur en cacao marchand malgache. La question qui se pose actuellement est : « comment la population actuelle de cacaoyers de la plantation Millot est-elle réellement structurée? ».

De ces constats est né le projet « KARATRA » (carte génétique), associant le Cirad, Valrhona, Millot S.A. et FOFIFA dont l'objectif principal est de caractériser la population de cacaoyers de la plantation de la société Millot du point de vue génétique, morphologique, agronomique et qualité des fèves marchandes (sensorielle et biochimique), comparativement à la diversité de l'espèce *Theobroma Cacao*.

Notre contribution à ce grand projet consiste à connaître la diversité de la population de cacaoyers de la société Millot à partir de différents critères de caractérisation des cabosses et de leurs contenus. Pour atteindre cet objectif, les hypothèses suivantes ont été avancées :

- Hypothèse 1 : la plantation de la société est constituée par des variétés bien définies.
- Hypothèse 2 : les cacaoyers la plantation de la société Millot possèdent de bonnes caractéristiques de production
- Hypothèse 3 : les cacaoyers de la société produisent des fèves de qualité supérieure.

Un premier chapitre est consacré aux généralités sur les cacaoyers ; les matériels végétaux étudiés et les méthodes utilisées sont ensuite développés ; les résultats obtenus sont par la suite discutés ; le dernier chapitre fait état des conclusions et recommandations que l'on peut tirer de cette investigation.

PARTIE I : GENERALITES

1. LE CACAOYER

1.1. Origine et Historique

Le cacaoyer est originaire des forêts tropicales d'Amérique du Sud. Sa culture a commencé en Amérique centrale et au Mexique. (Motamayor, 2002).

A l'époque précolombienne, les fèves de cacao étaient utilisées par les populations autochtones Mayas et Aztèques, d'Amérique centrale et du Mexique, comme monnaie et comme ingrédient pour préparer une boisson amère, le 'xocoalt', prisée par les classes dirigeantes (Thompson, 1956). Le cacao était connu sous le nom évocateur de nourriture des dieux. C'est probablement pour rappeler cette légende que Linné donna au cacaoyer cultivé le nom de *Theobroma cacao* (du grec theos : dieux, et bromo : nourriture: «nourriture des dieux»).

1.2. Classification

Règne	: PLANTAE
Embranchement	: SPERMATOPHYTES
Division	: MAGNOLIOPHYTES
Classe	: MAGNOLIOPSIDA
Ordre	: MALVALES
Famille	: MALVACEAE
Genre	: <i>Theobroma</i>
Espèce	: <i>Cacao L.</i>

Le genre *Theobroma* comprend quelque vingt-deux espèces, toutes originaires des forêts tropicales humides de l'Amérique équatoriale et dont certaines sont exploitées localement pour la confection de plats cuisinés, de gelées ou de boissons rafraîchissantes. Cependant, la seule espèce cultivée commercialement pour la production de graines destinées à la préparation du chocolat est *Theobroma cacao L.*

1.3. Morphologie et biologie du cacaoyer

Le cacaoyer (*Theobroma cacao L.*), espèce diploïde ($2n : 20$), allogame facultatif selon les variétés, est un arbre cauliflore (qui fleurit sur ses tiges et sur ses rameaux), à feuilles persistantes pouvant mesurer jusqu'à 8 mètres de haut, et même 25 m lorsqu'ils sont en forêt (Lachenaud et *al.* 1997).

1.3.1 Systèmes végétatifs

- *Tige* : Sa tige principale orthotrope est droite et est constituée d'un bois de couleur claire et blanchâtre recouvert d'une écorce brune, fine et lisse ; son diamètre est de l'ordre de 20 cm ou plus à l'âge adulte. À l'état sauvage, le cacaoyer a plusieurs troncs et le diamètre global peut dépasser 1 mètre.
- *Feuilles* : elles sont de forme simple, lancéolées ou oblongues selon les génotypes. L'implantation des feuilles se fait selon une phyllotaxie distique sur les axes plagiotropes et rayonnante sur l'axe orthotrope. (Loor, 2007)
- *Systèmes racinaires* : Le cacaoyer provenant de semences est constitué d'une part, d'un pivot pénétrant dans le sol qui atteint jusqu'à deux mètres de profondeur et, d'autre part d'une couronne de racines latérales superficielles. La plus grande partie du système racinaire reste néanmoins confinée aux 50 premiers centimètres du sol et dans un rayon de 5 à 6 m autour de l'arbre (Mossu, 1990).

1.3.2 Systèmes reproducteurs

- *Les fleurs* : les inflorescences sont portées par le tronc (cauliflorie) ou par les branches maîtresses (ramiflorie). Les premières floraisons apparaissent 2 à 3 ans après la plantation. L'arbre donne des fleurs tout le long de l'année. Les fleurs, hermaphrodites, régulières et pentamères, mesurant environ un centimètre sont composées de cinq sépales blancs et cinq pétales (Figure1). (Démol, 2002)
- *La floraison et pollinisation naturelle* : la pollinisation du cacaoyer est essentiellement entomophile. L'anthèse commence généralement tard dans l'après-midi et est complétée tôt le matin.

Les grains de pollen et les stigmates sont alors immédiatement fonctionnels. La viabilité des grains de pollen est de courte durée et ne dépasse pas 48 heures dans les conditions naturelles. L'ovaire renferme une quarantaine d'ovules en moyenne. Cependant, toutes les fleurs ne donnent pas des cabosses, la plupart sèchent et meurent.

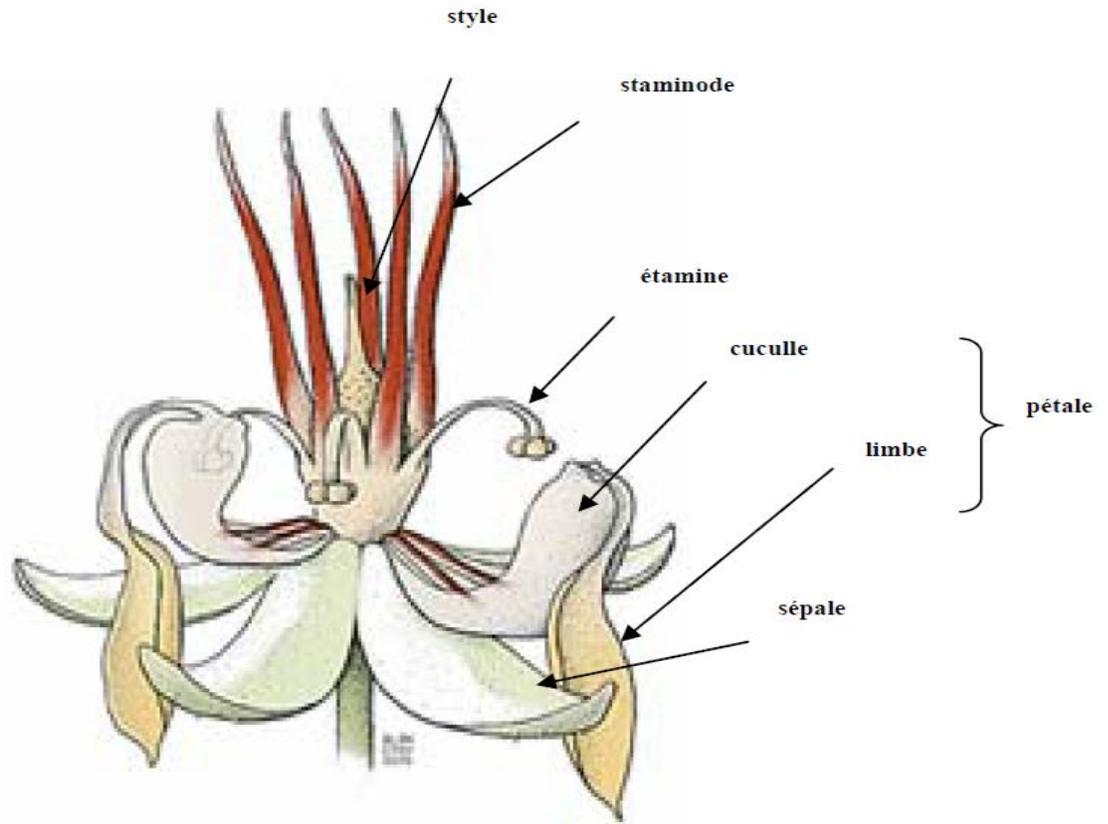


Figure 1: représentation schématique d'une fleur de cacaoyer (Loor, 2007)

- *La fécondation*

La germination du grain de pollen sur le stigmate, la pénétration dans le style du tube pollinique et son développement jusqu'au sac embryonnaire de l'ovule s'effectuent au plus tard 24 heures après la pollinisation, les tubes polliniques pénétrant à peu près simultanément dans tous les ovules de la fleur. La fusion des gamètes est complète trois jours après la pollinisation. On observe cependant chez le cacaoyer de nombreuses incompatibilités qui se traduisent par une chute de la fleur consécutive à une absence de fécondation. Un cacaoyer produit annuellement plusieurs milliers de fleurs et régule naturellement sa production (Loor, 2007).

- *Les fruits*

Le fruit du cacaoyer appelé cabosse est une sorte de baie allongée présentant une grande diversité de couleurs, formes, textures et tailles, qui dépendent de l'origine génétique de l'arbre et de l'état de mûrissement du fruit. Les cabosses se développent à la fois le long de la tige principale de l'arbre et sur sa voûte. Selon les variétés, la maturité est atteinte quatre à sept mois après la floraison. La cabosse est considérée comme mûre lorsque sa couleur vire au jaune ou à l'orange : les cabosses vertes deviennent jaunes, les rouges évoluent vers l'orange (Barel, 2013). Le cacaoyer peut rester productif durant plusieurs décennies mais le plein rendement se situe entre 7 et 10 ans.

Chaque cabosse est protégée par une enveloppe extérieure dure et épaisse (le cortex) et contient des graines réparties dans cinq sillons longitudinaux. (Figure 2)

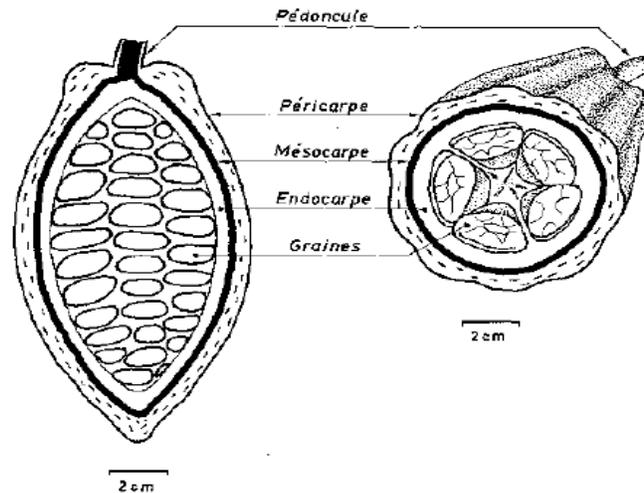


Figure 2: Coupes longitudinale et transversale de cabosse de cacaoyer (Mossu, 1990)

- *Les graines*

Le cacaoyer produit une graine sans albumen sous forme d'amande plus ou moins dodue. Chaque graine est recouverte d'un tégument qui secrète, à maturité, une pulpe molle, blanchâtre, sucrée, légèrement acidulée, appelé mucilage. La coloration intérieure de la graine varie du violet clair à foncé, voire blanc selon les variétés.

La fève de cacao est une graine qui a subi les opérations de fermentation et de séchage. Une même cabosse peut contenir à la fois des fèves à cotylédons blancs et violets en fonction du pollen qui a

fécondé la fleur. La quasi-totalité du volume de la fève est occupée par deux cotylédons réunis à leur base par l'embryon de la plante (radicelle et gemmule).

1.4. Ecologie

Le climat, considéré comme l'ensemble des phénomènes météorologiques et des conditions ambiantes, intervient directement sur la morphologie, la croissance, la fructification et, d'une façon générale, sur la vie du cacaoyer.

1.4.1. La température

Le cacaoyer exige une température relativement élevée, avec une moyenne annuelle située entre 30-32° C au maximum et 18-21° c au minimum. La moyenne mensuelle des minima quotidiens doit en tout cas être supérieure à 15° C et le minimum absolu est de l'ordre de 10° C.

1.4.2. La pluviosité

Les pluies doivent être abondantes mais surtout bien réparties tout au long de l'année. Une pluviosité de 1 500 à 2 000 mm par an est généralement considérée comme la plus favorable.

1.4.3. L'humidité atmosphérique

Une atmosphère chaude et humide est indispensable au cacaoyer. L'humidité relative est généralement élevée dans les régions productrices de cacao : 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.

1.4.4. L'ombrage

Un ombrage définitif doit être progressivement aménagé pour laisser passer au maximum 75 % de la lumière totale. A l'âge adulte, les cacaoyers forment eux-mêmes un couvert régulier.

1.4.5. Le sol

Le cacaoyer peut se développer sur des sols très variés mais sous des conditions climatiques convenables. Les sols profonds et riches se révèlent nettement favorables au développement et à la production de l'arbre. La profondeur du sol doit être au minimum de 1,5 m.

1.5. Les variétés de cacaoyer

Morris (1882) et Cheesman (1944), en se basant sur la grande variabilité des couleurs, de la dimension des cabosses, des formes des fleurs et des fruits ou des graines ont proposé une

classification en trois groupes morpho-géographiques des cacaoyers traditionnellement cultivés dans le monde : Criollo, Forastero et Trinitario.

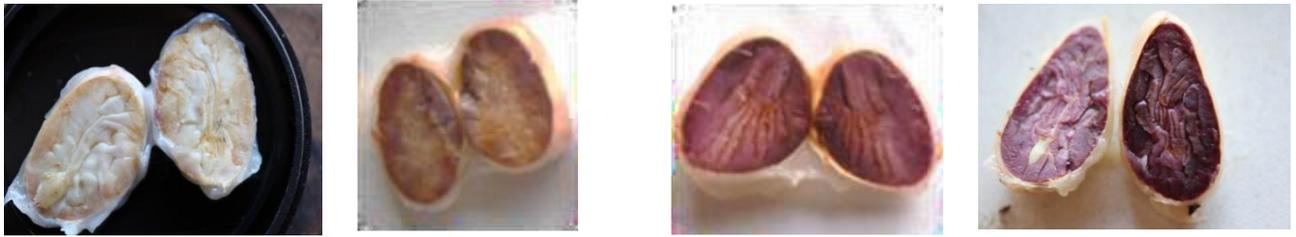
- **Criollo** : Le groupe Criollo signifiant ‘Indigène’ existe sous forme de plusieurs cultivars dénommés Criollo du Mexique, Criollo de Nicaragua, Criollo de Colombie, Criollo de Venezuela, etc.... Ces cultivars sont les représentants de la variété originelle. Les Criollo sont réputés pour leur finesse et leurs arômes exceptionnels. Ils ne fournissent toutefois que 1 à 3% de la production mondiale à cause de leur sensibilité aux maladies et aux insectes.

En règle générale, les Criollo se distinguent des autres variétés par la coloration rose pâle de leurs staminodes. Leurs cabosses communément lisses sont de forme allongée avec une pointe à leur extrémité distale. Les sillons sont profondément marqués sur les cabosses. Le péricarpe est naturellement verruqueux et le mésocarpe très peu lignifié facilite la coupe du cortex. Les graines ont une section presque ronde avec un cotylédon frais de couleur blanche ou très légèrement pigmenté. (Oro, 2011) (Figure 3)

- **Forastero** : signifiant ‘étranger’, est le plus diversifié des *Theobroma Cacao*. Les Forastero sont des cultivars plus résistants et plus productifs que les Criollo. Ils produisent 75 à 80% des cacaos marchands mondiaux mais dont la qualité est ordinaire, avec des arômes peu prononcés et une amertume forte. (Wood et Lass, 2001)

Les Forastero se distinguent des autres variétés par (i) la pigmentation violacée de leurs staminodes, (ii) par des cabosses avec un péricarpe épais, (iii) un mésocarpe lignifié rendant difficile leur coupe. Leurs graines à cotylédons naturellement pourpre foncé sont par ailleurs aplaties (Figure 3).

- **Trinitario** : (provenant de l’île de Trinidad) Ce sont des populations hybrides de cacaoyers, dérivant de croisements entre Criollo et Forastero. Les fruits qu’ils produisent présentent toute une gamme de caractéristiques intermédiaires entre les deux parents. (Wood et Lass, 2001). Cette hétérogénéité se manifeste notamment sur la forme, le poids, la couleur et la texture des cabosses et des fèves (Figure 3). Les Trinitario, plus résistants aux maladies que les Criollo, peuvent générer un cacao fin à teneur élevée en matières grasses.



Amande blanche
(variété criollo)

Amande rose légère
(variété trinitario)

Amande violette
(variété trinitario)

Amande violette foncée
(variété forastero)

Cliché Fabrice DAVRIEUX

Figure 3: Variation de couleur des amandes de cacao frais suivant les variétés

1.6. Différences morphologiques entre cultivars de cacaoyers

Des cultivars ont été définis par les scientifiques au sein de ces principales variétés en se basant sur d'autres caractéristiques distinctives de la cabosse :

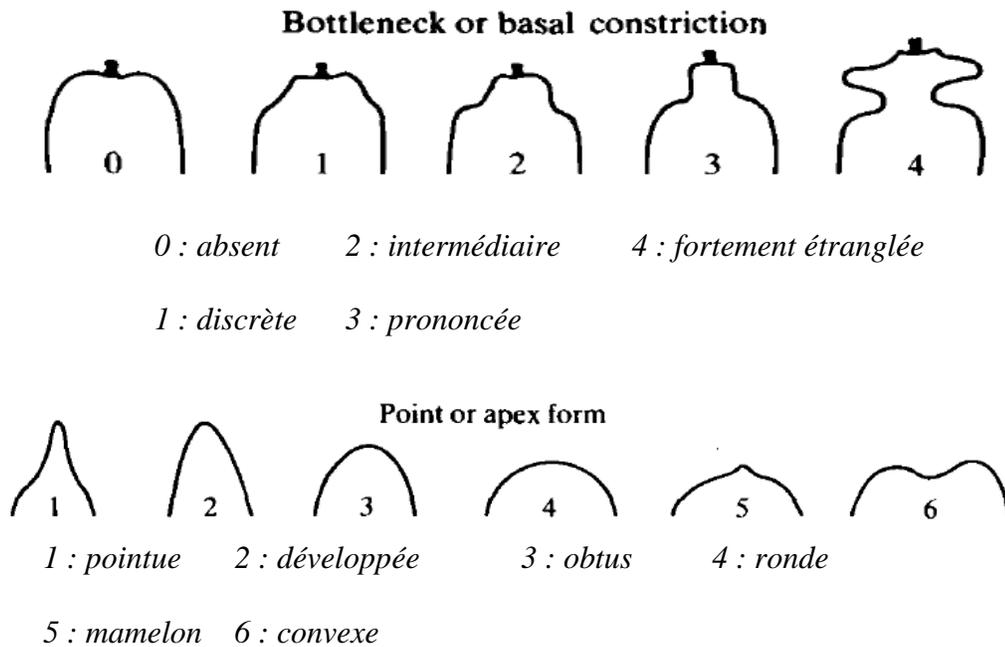


Figure 4: Constriction basale et forme de l'apex de cabosse de cacaoyer (Wood et LASS, 2001)

- *Constriction basale* : l'extrémité basale (du côté du pédoncule) de la cabosse peut, selon les cultivars, présenter ou non un étranglement plus ou moins prononcé, couramment appelé « goulot de bouteille » (ou « bottleneck » en Anglais).
- *Forme de l'apex de la cabosse* : l'apex peut être pointue, arrondie, voire convexe (très rare). (Figure 4)

La forme générale des cabosses : La forme des cabosses a depuis longtemps servi de critère pour différencier les cultivars dans les populations de cacaoyers. (*cf. Annexe1*)

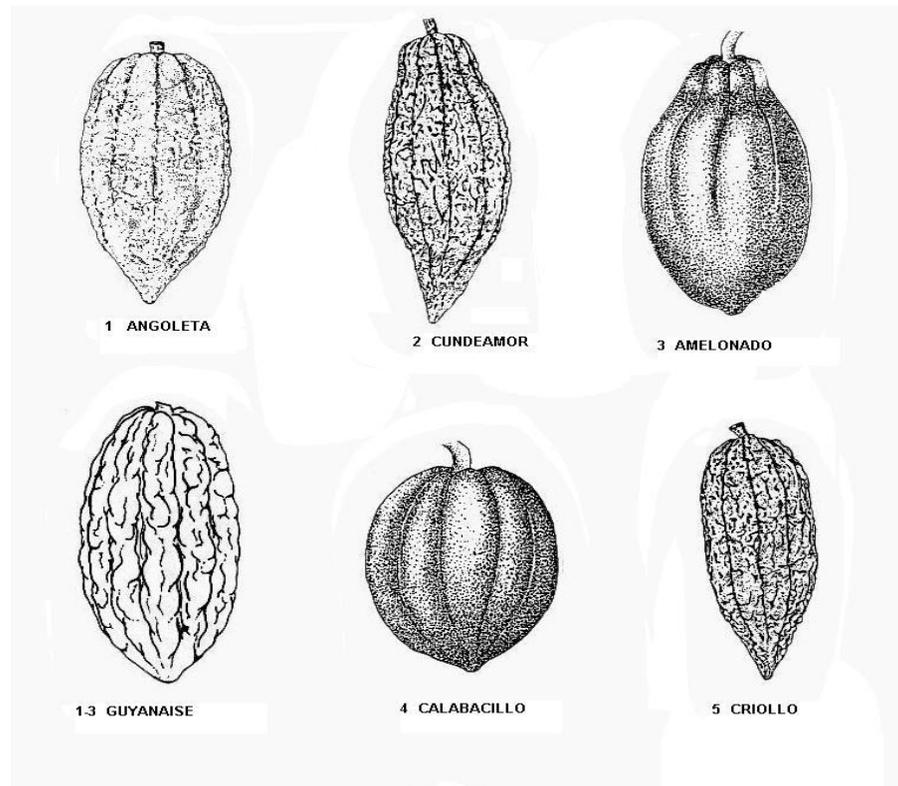


Figure 5: Principales formes de cabosse (Cuatrecasas, 1964)

Les cabosses des cacaoyers peuvent se présenter sous diverses formes : sphérique pour les « Calabacillo », allongée et pointue pour les « Cundeamor » ou les « Angoletta », ovale pour les « Amelonado » (*Figure 5*). Les formes intermédiaires peuvent toutefois exister.

Selon les spécialistes,

- **Les Angoleta** sont constitués par des cultivars à cabosses allongées, verruqueuses, profondément sillonnées, de diamètre inférieur à 50% de sa longueur, et ayant une extrémité basale aplatie dépourvue d'étranglement.
- **Les Cundeamor** sont des cultivars similaires aux Angoleta mais dont les cabosses sont caractérisées par un apex pointu bien marqué et par la présence de « bottleneck ».
- **Les Amelonado** sont des cultivars caractérisés par des cabosses pratiquement lisses, rarement verruqueuses de forme ovoïde ayant un diamètre supérieur à 50% de leur longueur avec des sillons peu profonds présentant généralement un « bottleneck ».
- **Les Calabacillo** sont constitués par un groupe de cultivars à petites cabosses lisses plus ou moins rondes avec des sillons superficiels. Pour les Calabacillo, le diamètre de la cabosse est entre 60 et 75% de sa longueur. (Soria, 1970)
- **Les Guyanaises** sont caractérisées par des cabosses plus ou moins allongées, arrondies à la base avec des rides régulières, un apex obtus et un rapport longueur/diamètre voisin de 2. (Lachenaud et *al.*, 1997)

NB : les Angoleta et Cundeamor, caractérisés par des cabosses allongées, sont des cultivars Criollo ; tandis que les Amelonado et Calabacillo sont représentatifs des Forastero. Toutes ces formes de cabosse se rencontrent par contre chez les hybrides Trinitario. (Soria, 1970).

1.7. Incompatibilité de fécondation chez les cacaoyers

Des cas d'incompatibilité peuvent s'exprimer provoquant le flétrissement des fruits tardivement, jusqu'à deux semaines après la pollinisation.

L'incompatibilité observée chez le cacaoyer présente des caractéristiques peu courantes dans le monde végétal. En effet, alors que chez la plupart des espèces l'incompatibilité se manifeste au niveau du style de la fleur par un blocage de la germination du grain de pollen, chez le cacaoyer, la réaction d'incompatibilité n'intervient que tardivement à la fois au niveau de l'ovaire et au niveau des fécondations elles-mêmes (Lanaud, 1987). Il existe des génotypes auto-fertiles ou auto-stériles. Les variétés traditionnellement cultivées telles que le Criollo, le Nacional et les cultivars Forastero Bas-Amazoniens, et en particulier les Amelonado, sont normalement auto et inter-fertiles. Les cultivars Forastero Haut-Amazoniens sont généralement auto-stériles, mais presque toujours inter-fertiles.

Les Trinitario comprennent une grande proportion de cultivars auto-stériles qui, à la différence des Haut-Amazoniens, n'acceptent souvent que du pollen d'arbres auto-fertiles pour donner des fruits. (Mossu, 1990)

1.8. La filière Cacao à Madagascar

1.8.1. Historique du matériel végétal à Madagascar

Les premiers cacaoyers, des Criollo, ont été introduits à Madagascar vers 1880. 10 à 15 ans plus tard, ont été introduits les Forastero dits « Tamatave ». La première plantation importante de cacaoyers date de 1922 chez Millot à Sambirano. Plus de 75% des arbres plantés appartiennent à la variété Forastero. L'institut Français du Café et du Cacao (IFCC), un organisme de recherche basé à Ambanja, avait orienté 90% de ses activités sur les travaux de croisement entre les groupes de Forastero et Criollo pour obtenir des groupes de Trinitario à Madagascar. Actuellement, Madagascar dispose les trois variétés de cacaoyer. (Coraud, 1966)

1.8.2. Origine et historique de la plantation de cacaoyers Millot

Lucien Millot, natif de Nantua (ville du centre-est de la France), s'installe à Madagascar en 1901 et crée en 1904 à Andzavibe la plantation qui porte toujours son nom. Là où jadis croissaient des manguiers, il planta ses premiers caféiers et des arbres à coprah, la vanille et distilla aussi la citronnelle et l'ylang-ylang.

En 1915, monsieur Millot se lance dans le caoutchouc et plante des hévéas. Il a étendu sa plantation en 1920 par des cultivars de cacaoyer, livrés par le jardin botanique de Buitenzorg (désormais Bogor), île de Java en Indonésie et enrichie par la suite par du matériel végétal venant du Brésil et d'Afrique. Apparemment, les vieux arbres existant dans les parcelles actuelles sont des arbres de la première plantation. (www.cananga.fr « Pierre-Brice Lebrun, 2011 »)

Les cacaoyers plantés au début étaient des Forastero mais les successeurs de Monsieur Millot ont dû renouvelés la plantation par des hybrides Trinitario. Des remplacements, des recépages de vieux arbres et des pieds non productifs et des extensions de plantation ont été effectués au rythme de 20 Ha par an de 2001 à 2013 à partir de semis issus d'arbre-mères jugés intéressants (vigoureux, productifs, sains, et à cabosse allongés de type Trinitario) par la société elle-même. L'utilisation de semis a été dictée par l'incompétence des pépiniéristes de la société sur la multiplication végétative des cacaoyers. (**Bruno DUNOYER, Communication personnelle**)

Quatre-vingt-quinze pourcent des cacaos produits à Madagascar proviennent de la région de Diana, notamment du district d'Ambanja. Avec environ 20 000 hectares, le verger cacaoyer malgache est

l'un des plus petits des pays producteurs de cacao (4000 à 6000T/ an, environ 0,12% de la production mondiale). (*cf. Annexe 2*)

Cette production est assurée majoritairement par les paysans locaux et les grandes entreprises d'Ambanja (Bousquet, 2013). Selon Bousquet (2013), le cacao marchand de cette zone est classé en deux qualités : (i) du cacao de qualité moindre, dit « standard » et (ii) le cacao « supérieur ». Les cacaos « standards » sont ceux provenant des producteurs individuels et des collecteurs indépendants et les cacaos « supérieurs » sont majoritairement des cacaos des sociétés exportatrices des fèves marchandes ou des groupements des paysans qui ont des produits certifiés bio.

Nombreux sont les acteurs de la filière cacao dans le district d'Ambanja. La filière dite classique du producteur de cacao à la société export comprend beaucoup d'intermédiaires. Le cacao est vendu par les producteurs à des petits, moyens ou grands collecteurs à l'état frais ou après séchage. Deux filières annexes, les groupements de producteurs (ou les coopératives) et certaines sociétés, produisent le cacao et négocient directement avec les sociétés exports ou exportent directement. Le plus souvent les producteurs vendent le cacao frais ou fermenté non trié et insuffisamment séché. Le sous collecteur aide le petit collecteur à rassembler le cacao fermenté non trié, séché brièvement. Le grand collecteur achète en frais et effectue la fermentation et le séchage ou bien en sec et effectue la fin du séchage, le triage et le conditionnement. Au niveau des paysans, le prix de fèves fraîches varie de 1500 Ar à 2500 Ar/Kg et celui des cacaos secs varie de 4000 Ar à 6000 Ar/Kg.

Des centaines de collecteurs indépendants (petit, moyen ou grand) sur la zone participent à la filière cacao. Aussi de nombreuses sociétés privées et une société publique travaillent dans la filière post récolte du cacao. Il existe actuellement une vingtaine de grandes sociétés et établissements travaillant dans la filière cacao dans la zone du Sambirano.

La récolte s'effectue toute l'année, avec des pics pour les mois de juin-juillet et octobre-novembre (grand pic). Les traitements post-récoltes sont effectués par les grandes sociétés exportatrices et moindre échelle par les paysans. Le cacao marchand est majoritairement dédié à l'export. Quelques rares entreprises implantées à Madagascar transforment les fèves de cacao. C'est le cas de la Société d'Exploitation de Cacao de Madagascar (SECAMAD) qui est implantée à Diégo Suarez et produit de la masse de cacao. Et c'est aussi le cas de la chocolaterie ROBERT et de la société CINAGRA (Compagnie Industriel Agro-Alimentaire), deux sociétés malgaches produisant du chocolat principalement destinée au marché local. Les principaux pays exportateurs des cacaos malgaches sont les Pays bas, la France, l'Allemagne, la Turquie et l'Espagne. Actuellement, de nombreux acteurs incluant collecteurs et organisations paysannes coopèrent pour l'amélioration de la filière à

Ambanja. La plupart des organismes de la zone œuvrent pour accéder aux produits certifiés BIO par Ecocert.

Le cacao malgache, classé parmi les meilleurs du monde, a récemment obtenu le label «cacao fin» de l'International CoCoa Organization (ICCO). Le prix d'un kilogramme de cacao marchand malgache est d'environ 2,20 euros.

2. TRAITEMENT POST RECOLTE

Le traitement post-récolte du cacao est constitué de l'ensemble des opérations techniques qui permettent la transformation des cabosses et de leurs graines en cacao marchand, prêt pour l'industrie chocolatière.

2.1. Ecabossage

C'est l'étape de l'extraction des graines dans les cabosses. Selon la maturité des cabosses, on peut attendre jusqu'à cinq jours entre la récolte et l'écabossage. (Barel, 2013)

2.2. Fermentation

Après l'écabossage, les fèves sont soumises à la fermentation dans des paniers, des caisses en bois ou dans des cylindres à l'abri de la lumière suivant les pays. C'est pendant la fermentation que se développent les précurseurs des arômes. Le sucre, l'abaissement du pH, les conditions anaérobies favorisent l'activité de différentes espèces de levures. Les levures réduisent le sucre en alcool et dioxyde de carbone.

Ce processus entraîne l'augmentation de la température jusqu'à 50° C. Lors de la phase aérobie suivante, les bactéries commencent à oxyder l'alcool en acide lactique puis en acide acétique. La fermentation dure de 4 jours (pour certaines variétés de Criollo) jusqu'à 7-8 jours.

2.3. Séchage

Le séchage permet de réduire l'humidité jusqu'à 7-8%, faire évaporer l'eau et l'acide acétique et terminer les réactions de la fermentation mais surtout l'arrêt de la germination de l'embryon. Il peut être solaire ou artificiel à l'air chaud dans des séchoirs à tambours rotatif (séchoir type «Guardiola») ou sur des tables alimentées en air chaud par-dessous. Le séchage est indispensable au développement des précurseurs de l'arôme chocolat.

Lors du séchage, 2 à 3 brassages par jour est indispensable afin retourner les fèves et d'éviter l'accolement de ces dernières. Cette action est très importante au début du séchage. En général, 5 à 7

jours suffisent pour sécher les fèves mais lors d'une longue période de pluie il en faut beaucoup plus.

2.4. Stockage

Une fois sèches, les fèves sont stockées dans des sacs en jute dans un magasin approprié en attendant leur expédition.

PARTIE II : MATERIELS ET METHODES

1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1.1. Localisation géographique

La zone d'étude est située au Nord-Ouest de Madagascar, le district d'Ambanja. (Figure 6)

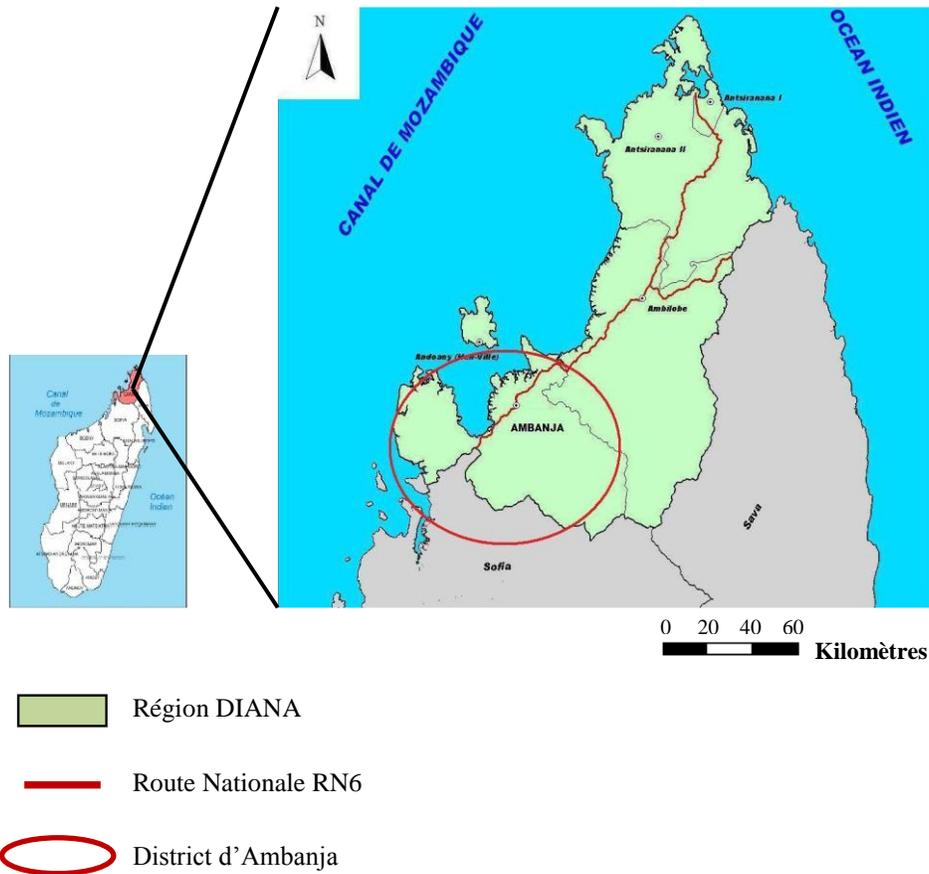


Figure 6: Nord de Madagascar [Source : BD 500 FTM/MAEP/SAGE]

1.2. Milieu physique :

1.2.1 Précipitation

Le district d'Ambanja est soumis à un climat de type tropical humide avec une moyenne de pluviométrie annuelle de 1750 mm (la pluviosité favorable à la cacaoculture est de 1500 à 2000mm). Ce qui prouve que le district d'Ambanja, caractérisé par l'alternance d'une saison fraîche

de Mai à Octobre et d'une saison chaude et humide de Novembre à Avril, est propice au développement de la plante. (*cf. Annexe3*)

1.2.2. Température

Tableau 1: Moyenne de température (2012-2013) dans la plantation Millot (°C)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne
Maxima moyen	30,8	31	31,6	31,6	31,1	30,4	29,8	30,1	30,7	31,7	31,9	31,6	31
Minima moyen	22,4	22,6	22,5	22,1	20	18,2	16,7	17,6	18,5	20,2	21,7	22,3	20,4
Moyenne	26,6	26,8	27,05	26,85	25,55	24,3	23,25	23,85	24,6	25,95	26,8	26,95	25,7

Source : Millot SA

La température moyenne annuelle est de 26°C avec un maxima moyen de 31°C et un minima moyen de 20°C, des conditions correspondant parfaitement à l'exigence du cacaoyer.

1.2.3. Pédologie

La plaine littorale du Bas-Sambirano est en partie constituée de dépôts alluviaux drainés par le fleuve Sambirano. Ces couches argilo-limoneuses donnent un sol profond très fertile.

Les sols d'origine volcanique et alluvionnaire peu évolués de la zone bénéficient d'une bonne structure et d'une bonne fertilité chimique et organique, et garantissent de ce fait des conditions pédoclimatiques adéquates pour la culture de cacaoyer.

2. METHODOLOGIE

2.1. Repérage et mis en place du matériel végétal

2.1.1. Sélection des arbres

Une première présélection a été effectuée par le personnel Millot. La sélection définitive des arbres à étudier a été fixée lors de la mission des chercheurs de CIRAD. Chaque arbre sélectionné a fait l'objet d'une fiche descriptive dont les principales caractéristiques considérées sont : la forme et la couleur des cabosses et des staminodes des fleurs. Il à noter que cette échantillonnage a été faite aléatoirement dans toutes les parcelles de plantation Millot.

2.1.2. Code de nomenclature des arbres identifiés

La société Millot dispose 7 parcelles dont : Ambohitsara A, B et C ; Andzavibe A et B, Ampamakia et Matsaborilava. Dans notre étude, ces parcelles ont été codées comme suit :

ASA : Ambohitsara A	AZA : Andzavibe A	MLAVA: Matsaborilava
ASB : Ambohitsara B	AZB : Andzavibe B	
ASC : Ambohitsara C	AKIA : Ampamakia	

Les arbres identifiés étaient numérotés selon leur localisation parcellaire suivis de leur numéro respectif. Par exemple : l'arbre numéro 1 de la parcelle Ampamakia est codé comme AKIA 1.

Un codage particulier a été attribué à des arbres exceptionnels : AKIABIZ dans l'Ampamakia (un vieil arbre à coussinet floral abondant) et l'ORIMIL, un cacaoyer intéressant à staminode claire trouvé dans le site principal de Millot

339 arbres furent retenus pour le projet :

ASA : 54 pieds	AZA : 34 pieds
ASB : 52 pieds	AZB : 45 pieds
ASC : 11 pieds	AKIA : 80 pieds
MLAVA : 63 pieds	

2.2. Récolte

La récolte a été faite tous les jours, exceptés le week-end, tout au long de la période de production des cacaoyers. Les pieds repérés ont été récoltés en 1 à 5 passages du 29 Septembre 2014 au 22 Février 2015. Ont été notés à chaque fois, dans une fiche de récolte, la date de passage, le nombre de fruits récoltés.

La cueillette des cabosses se trouvant à hauteur d'homme a été faite par section franche du pédoncule à l'aide d'un sécateur. Pour les cabosses en hauteur, la récolte a été faite à l'aide d'un émondoir permettant d'obtenir, en poussant ou en tirant selon la position du fruit, une section nette du pédoncule afin d'éviter d'endommager la branche qui le porte.

2.3. Post récolte

2.3.1. Mesures et pesage des cabosses

La longueur et le diamètre de chaque cabosse récoltée étaient mesurés grâce à un matériel conçu localement (d'après un modèle utilisé par le CIRAD en Guyane). Ce dernier est construit en bois et pourvu d'une règle métallique et une partie coulissante qui sert à serrer la cabosse longitudinalement pour mesurer la longueur et transversalement pour le diamètre. (Figure 7)



Lecture de la longueur



Lecture du diamètre

Cliché Fabrice DAVRIEUX

Figure 7: Matériel de mesure de la longueur et du diamètre de la cabosse

Pour chaque arbre identifié et à chaque récolte, la cabosse entière, la cabosse vide et les fèves fraîches et sèches sont pesés.

2.3.2. Ecabossage

Il est réalisé le lendemain de la récolte afin de coordonner la fermentation des échantillons avec la récolte en masse de la société.

Un gourdin en bois est utilisé à la place de la machette traditionnelle afin d'éviter tout risque d'endommagement des graines, porte d'entrée des microorganismes responsables de la moisissure des fèves et d'arôme désagréable (Barel, 2013)

2.3.3. Comptage des fèves

Après avoir extrait les graines de la cabosse, les fèves normales (bombées, bien formées) et les fèves plates, légères et petites donnant au toucher une impression de vide au travers de leur enveloppe mucilagineuse (Dublin, 1973), sont comptées.

2.3.4. Observation de la casse des fèves (ou couleur de l'amande)

La couleur de l'amande de 36 cacaoyers parmi les 340 étudiés a été observée. Deux cabosses par arbres ont été utilisées pour cette analyse.

2.4. Analyse statistique

Les variables suivantes ont été mesurées: la longueur (L), le diamètre (D), le poids plein (Pt) et vide de la cabosse (Pv), le nombre de fèves normales (Fn) et de fèves plates par cabosse (Fp).

Du fait de la corrélation entre ces caractères mesurés de nouvelles variables ont été calculées pour une meilleure efficacité des analyses multivariées :

- PFC (Poids de Fève fraîche par Cabosse) : différence entre le poids total et le poids vide de la cabosse.
- L/D (Longueur sur Diamètre) : informe sur la forme de la cabosse (allongée, ronde ou ovoïde) et est utilisée pour la classification a priori des cacaoyers (Soria, 1970)
- L/Pv (Rapport entre Longueur et Poids vide) : exprime la densité de la coque de la cabosse.

L'interprétation synthétique des résultats est basée sur les techniques d'analyse multivariées et de l'ANOVA. Ces méthodes ont pour objectif de condenser l'essentiel des informations apportées par un certain nombre de variables observées interdépendantes, en un nombre restreint de variables fondamentales (ou facteurs) indépendantes.

2.4.1. L'Analyse en Composante Principale

L'ACP permet d'avoir une vision globale de la variabilité des individus dans un plan formé par des axes synthétiques à maximum d'inertie dérivant des caractères observés. L'ACP recherche les facteurs indépendants les plus importants de l'espace multidimensionnel afin de condenser l'information contenue par les variables étudiés en un lot réduit de variables synthétiques appelées « composantes principales ». (Hottelling, 1933)

Avec l'ACP, il est possible de détecter les similarités et/ou les divergences entre groupes d'individus en relation avec les variables étudiées.

Quelques aspects particuliers doivent être pris en compte :

- Les axes choisis sont orthogonaux ; les phénomènes qu'ils représentent sont considérés indépendants ;
- La variation contenue dans le tableau s'exprime en termes d'inertie. Comme variance, l'inertie est additive ; l'inertie d'un plan est par conséquent, la somme des inerties de ses axes ;
- Les individus qui interviennent dans le calcul sont dits « actifs ». cependant, il est possible de projeter sur le plan factoriel des individus qui ne participent pas à la formation des axes. Ces individus sont dits « supplémentaires ». De même, il existe des « variables actives » et des « variables supplémentaires ».

2.4.2. La Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

La CAH conduit à l'établissement d'un dendrogramme, sur lequel des groupes d'individus sont localisés selon leur similitude (Lebart et *al.*, 1977). Les coordonnées des individus à partir des ACP ont servi de variables pour la CAH selon la méthode DISQUAL (Saporta, 2006). La distance euclidienne et le critère d'agrégation selon la méthode de Ward ont été utilisés.

2.4.3. L'Analyse Factorielle Discriminante (AFD)

L'AFD tente de résoudre le problème de l'affectation dans une classe d'individus caractérisés par de nombreuses variables. Il détermine si la classification obtenue est induite par l'échantillonnage ou non. Les fonctions linéaires discriminantes sont les combinaisons linéaires des variables dont les valeurs séparent au mieux des classes connues a priori (notamment par CAH). Le test de Lambda de Wilks a été appliqué afin de vérifier la différence entre les groupes par une étude de l'hypothèse de l'égalité de vecteurs moyens des classes de CAH. A la fin de l'analyse, un ensemble d'individus est représenté graphiquement sous forme de nuage de points (groupes de l'AFD). Les coordonnées des individus de l'ACP ont servi de variables explicatives pour cette analyse.

La plupart des variables mesurées sont fortement corrélées entre elles. La longueur et le diamètre sont corrélés positivement avec le poids total et le poids vide de la cabosse, et ces 2 dernières variables sont également corrélées entre elles. Alors, pour toutes les analyses multivariées :

- les variables actives sont Fn, PFC, Fp, L/Pv et L/D
- les variables supplémentaires sont Pt, Pv, L, D. (*cf. Annexe 4*)

2.4.4. L'analyse des variances (ANOVA)

La méthode DISQUAL autorise l'utilisation des résultats de l'ACP en analyse des variances. Les groupes de la CAH étant les facteurs étudiés et les coordonnées des individus, les variables explicatives. Dans le cas où l'hypothèse nulle (égalité entre les groupes) est rejetée (test de FISHER au seuil de probabilité 5%), le groupement des moyennes est analysé par le test de comparaison multiple de Newman-Keuls.

Les données obtenues ont été analysées avec le logiciel XLSTAT 2014.

PARTIE III : SYNTHÈSE DES RESULTATS

1. L'Analyse en Composante Principale ou ACP

Le tableau ci-dessous indique les caractéristiques statistiques des variables étudiées:

Tableau 2: Statistiques descriptives

Variable	Observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
L/D	320	1.32	2.87	2.02	0.25
PFC	320	43.72	354.03	100.82	32.48
L/Pv	320	0.03	0.15	0.06	0.02
Nb fève normale	320	10.42	46.67	33.84	5.71
Fève plate	320	0.01	14.41	1.61	2.01
Longueur	320	10.10	22.85	15.50	2.12
Diamètre	320	5.93	10.33	7.74	0.87
Poids total	320	145.00	855.75	370.81	124.97
Poids vide	320	92.00	662.75	269.99	101.63

Tous les critères de dispersion (écart-type, min-max) varient énormément indiquant dès lors une forte variabilité des individus analysés pour toutes les variables.

Les trois premiers facteurs de l'ACP expliquent 82,2% des informations fournies par l'ensemble des données analysées. (Tableau 3)

Tableau 3: Valeurs propres des axes de l'ACP

Valeurs propres :					
	F1	F2	F3	F4	F5
Valeur propre	1.97	1.16	0.98	0.61	0.28
Variabilité (%)	39.37	23.22	19.58	12.14	5.69
% cumulé	39.37	62.59	82.17	94.31	100.00

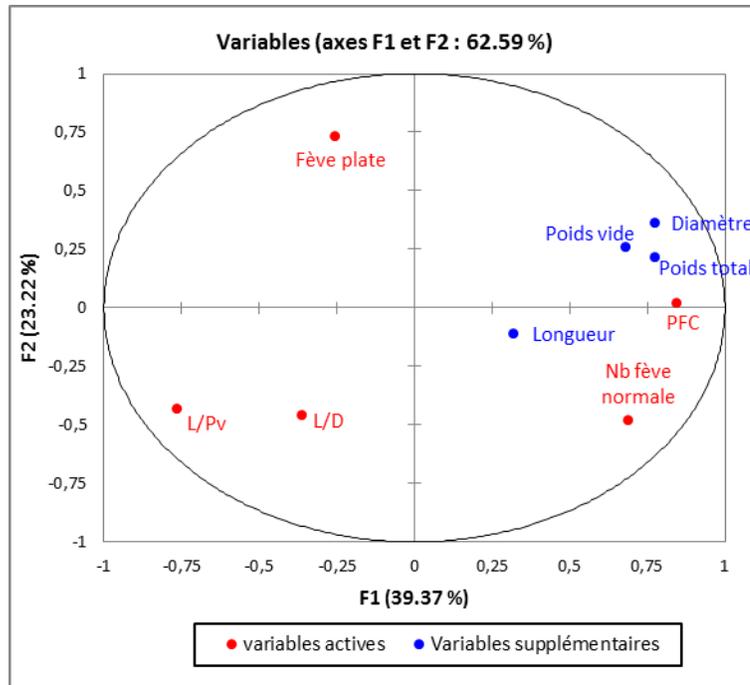


Figure 8: Représentation des variables dans l'espace formé de F1, F2 et F3

L'axe F1 sépare les arbres de meilleurs critères de production (Fn, PFC, Pt, Pv élevées) vers la droite des ceux qui ont des valeurs faibles pour les mêmes variables (vers la gauche).

L'axe F2 individualise vers les valeurs positives les cacaoyers à fèves plates élevées mais à faible pourcentage de fèves normales.

L'axe F3 : Cet axe nous renseigne sur la taille et la forme de cabosses des cacaoyers analysés.

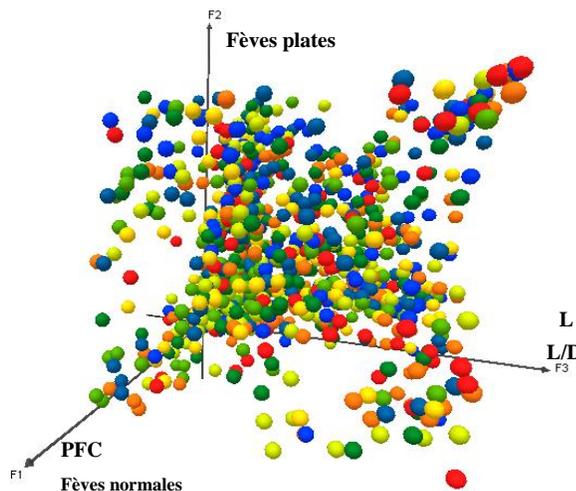


Figure 9: Représentation des individus dans l'espace formé par F1, F2 et F3

La figure 9 représente la dispersion des cacaoyers étudiés dans l'espace formé par les trois premiers axes de l'ACP. Chaque parcelle est représentée par des couleurs différentes. On constate une grande variabilité des caractéristiques des cacaoyers indépendantes des parcelles de prélèvement.

2. La Classification Ascendante Hiérarchique ou CAH

L'ACP ne nous a pas permis de bien catégoriser les cacaoyers étudiés sur l'espace formé par les trois premiers axes. La CAH qui découle de l'analyse des coordonnées des cacaoyers sur tous les facteurs (100% d'inertie) individualise deux grands groupes. A un niveau de dissimilarité d'environ 50% apparaissent nettement trois classes : A, B, C. (Figure 10)

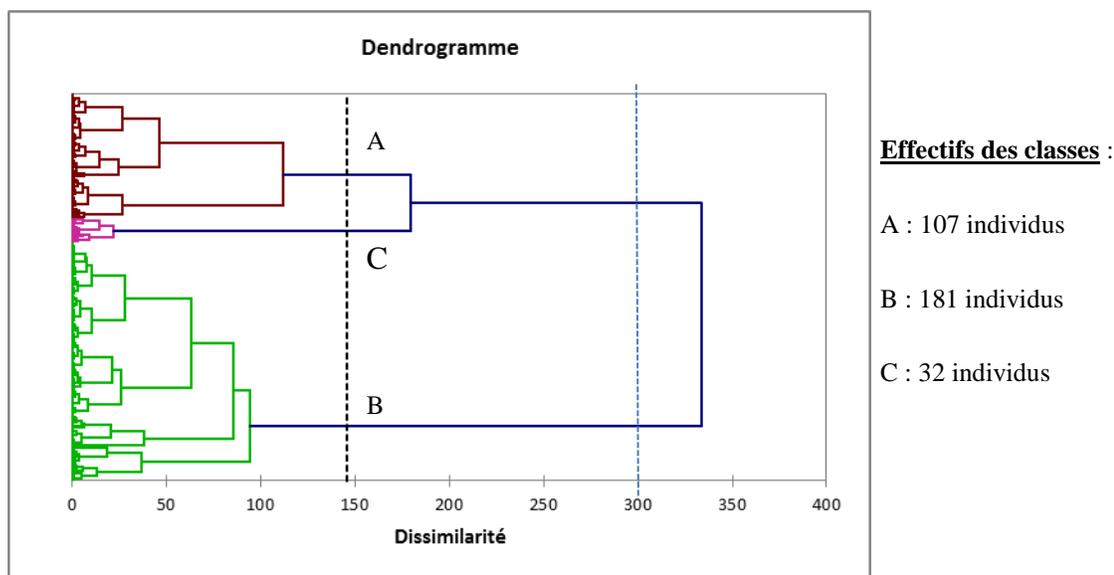


Figure 10: Classification des cacaoyers selon leurs caractères d'après la CAH

La liste détaillée des individus de chaque classe est portée dans le tableau 9. (*cf. Annexe 5*)

Classe A : individus au nombre de fèves normales par cabosse et au poids de fèves par cabosse (PFC) relativement faibles avec un pourcentage relativement faible en fèves plates.

Classe B : groupe des cacaoyers de bonnes caractéristiques de production (nombre de fèves normales et PFC élevés).

Classe C : groupe d'individus au nombre de fèves normales relativement faible mais à forte production de fèves plates.

3. L'Analyse de la variance ou ANOVA

L'ANOVA a été appliquée sur les coordonnées des individus sur les trois principaux axes de l'ACP pour vérifier la pertinence des classes déterminées par la CAH. Le tableau suivant résume les résultats obtenus.

Tableau 4: Récapitulation des résultats de l'ANOVA

	Axe F1	Axe F2	Axe F3
Test de Fisher Probabilité	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Test de Newman-Keuls			
Caractéristiques	Fèves normales + PFC+ Poids total+ Poids vide+	Fèves plates +	Longueur + L/D +

Pour les trois axes, les tests de Fisher sont très hautement significatifs. L'hypothèse nulle (absence de différence entre les groupes de la CAH) est rejetée avec un risque de moins de 0,0001.

Les analyses confirment la nette distinction entre les groupes A, B et C sur les axes F1 et F2. Par contre, A et B sont confondus sur l'axe F3. En général, les cabosses des individus de ces deux derniers groupes sont arrondies alors que celles de C sont allongées.

4. L'Analyse Factorielle Discriminante post CAH

La pertinence des groupements obtenus à partir de la CAH est vérifiée par l'AFD sur les coordonnées des individus sur les axes de l'ACP.

La figure 11 ci-dessous confirme la distribution des trois classes de la CAH. La liste des cacaoyers de chaque classe de l'AFD est repertoriée dans le tableau 10. (*cf. Annexe 6*)

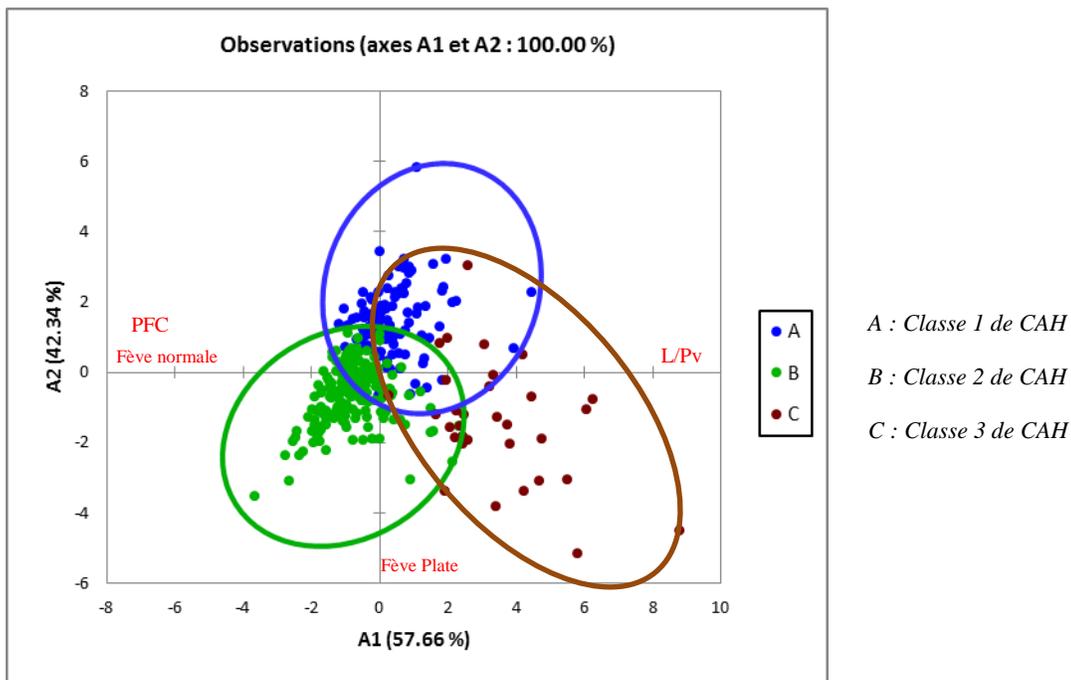


Figure 11: Représentation des individus sur le plan (F1 et F2) par l'AFD

L'ensemble des groupes A et C correspondant à la première troncature de la CAH formées par des cacaoyers à cabosses allongées, à coque peu dense (L/Pv élevé), à bas pourcentage de fèves normales et à faible poids de fèves par cabosse. La classe B (bonnes critères de production, cabosses arrondies, dense) s'oppose à ce premier regroupement.

La classe C diffère de la classe A par le pourcentage de fèves plates (plus abondant pour la classe C). Cette différenciation confirme la deuxième troncature mise en évidence par la CAH.

Neuf pourcent des individus répartis dans les groupes formés par la CAH sont pourtant mal classés par l'AFD. D'ailleurs, 92 parmi les 107 cacaoyers de classe A, 174 sur 181 du groupe B et 26 sur 32 individus de la classe C de la CAH sont bien classés par l'AFD. (Tableau 5)

Tableau 5: Reclassement des groupes de CAH après Analyse Factorielle Discriminante

de \ Vers	A	B	C	Total	% correct
A	92	13	2	107	86.0%
B	5	174	2	181	96.1%
C	4	2	26	32	81.3%
Total	101	189	30	320	91.3%

- Dans le groupe A, 86 % des individus sont bien classés par l'AFD. Par contre 13 individus de la classe A de la CAH sont reclassés dans le groupe B. Ces derniers sont des cacaoyers à haut pourcentage de fèves normales et également des fèves plates relativement nombreux. Par ailleurs, deux individus à faible productions de fèves normales et à forte proportion de fèves plates de la classe A sont déplacés vers le groupe C.
- Pour le groupe B, normalement à cabosses arrondies, ce sont 96,1% des individus qui sont bien classés. Cinq sur les 181 cacaoyers de la classe B de la CAH sont affectés dans la classe A par l'AFD. Ces arbres restent à haut pourcentage de fèves normales et à un poids de fèves par cabosse élevé tout en ayant un taux de fèves plates faible à nul. De plus, deux individus à cabosses allongées mais à fort pourcentage de fèves plates sont versés vers le groupe C.
- Concernant le groupe C, 81,3% des individus sont bien classés. Quatre sur 32, à faible production de fèves normales mais à fèves plates relativement abondantes sont rangés dans A par l'AFD.

5. AFD dérivant de la forme des cabosses

Les cacaoyers de la plantation de Millot se répartissent en quatre groupes phénotypiques selon la forme de la cabosse : Amelonado et Calabacillo (type Forastero), Anjoleta et Cundeamor (type Criollo). Une AFD tenant en compte de ces classements à priori a été effectuée afin de vérifier si ces phénotypes permettent de prédire les caractéristiques des cacao produits.

Les coordonnées des individus de l'ACP ont servi de variables explicatives pour cette analyse. La figure 12 ci-dessous représente la distribution des individus selon leur phénotype suivant les caractères analysés. La liste détaillée des individus selon la forme de la cabosse est portée dans le tableau 11° (*cf. Annexe 7*)

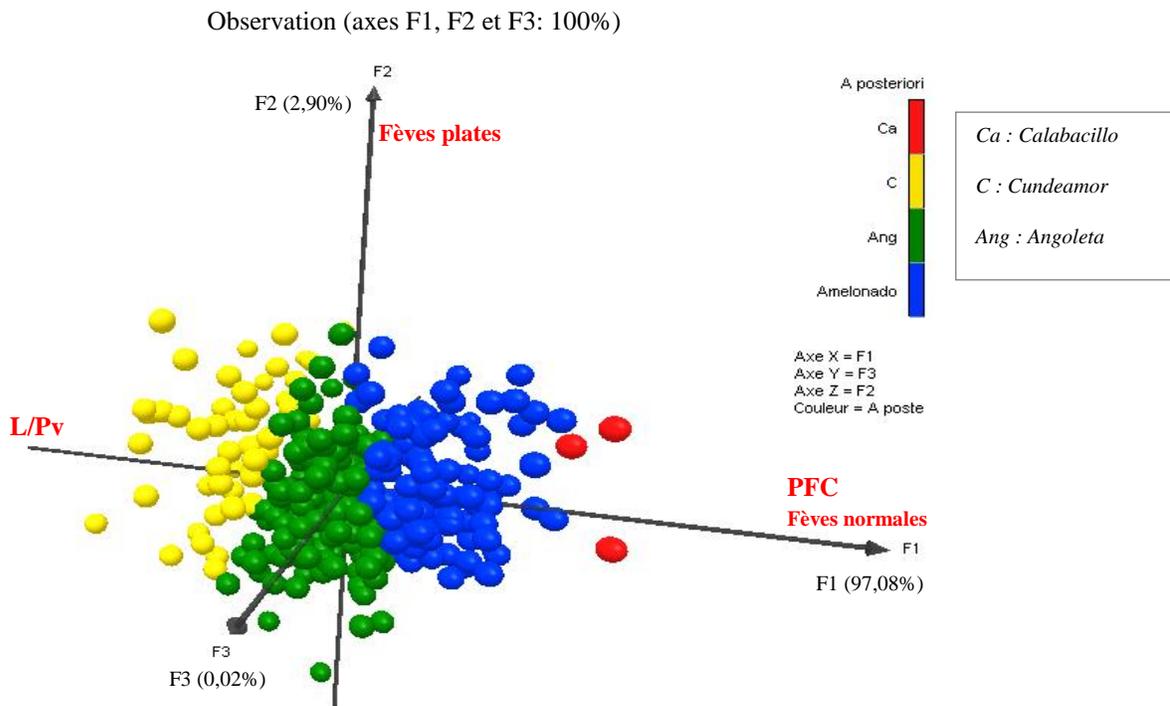


Figure 12: Représentation des cacaoyers selon la forme de leurs cabosses par l'AFD

Les individus sont représentés dans l'espace formés par F1, F2 et F3. L'axe F1 expliquant la forme et la production en fèves normales de cabosses porte le maximum d'inertie (97,08%).

Ce graphe présente une grande différence entre les cabosses de forme Calabacillo (arrondie) et Amélonado (ovoïde) aux nombres de fèves normales par cabosse importants et un PFC élevé (F1 positive), contre les Angoleta et Cundeamor (allongées) à faible production en général. Les Angoleta présentent quand même des essentiels critères de production (une partie F1 positive). Dans cette population, ce sont les cacaoyers avec des cabosses Calabacillo qui ont le nombre de fève par cabosse le plus élevé opposés diamétralement des Cundeamor.

En outre, l'axe F2 sépare les individus sous toutes les formes de cabosses en deux parties. Toutes les formes de cabosses peuvent être donc remplies ou à un taux faible de fèves plates.

Tableau 6: Matrice de confusion de l'AFD sur la forme de cabosse

de \ Vers	Amelonado	Ang	C	Ca	Total	% correct
Amelonado	110	13	0	1	124	88.7%
Ang	4	127	2	0	133	95.5%
C	0	7	53	0	60	88.3%
Ca	1	0	0	2	3	66.7%
Total	115	147	55	3	320	91.3%

- D'après l'AFD, 110 Amelonado sur les 124 classés à priori sont bien classés. Les Amelonado sont des cacaoyers à cabosses lisses et ovoïdes caractérisées par un « goulot de bouteille » à l'extrémité basale. Cependant, 13 des Amelonado sont reclassés en Angoleta selon les caractéristiques analysées. Ceci est dû au fait que ces individus ont la forme allongée des Angoleta tout en gardant la forme « goulot de bouteille ». Par ailleurs, l'AFD a rangé un autre individu à cabosse presque arrondie et présentant un petit étranglement à l'extrémité, dans le groupe des Calabacillo.
- Pour le groupe Angoleta (cabosses verruqueuses, profondément sillonnées et ayant une extrémité basale sous forme rectiligne), 95,5% des 133 individus sont bien classés. Quatre Angoleta sont par contre reclassés Amelonado par l'AFD, du fait de leurs caractéristiques particulières (cabosses sont lisse à forte production). Deux cacaoyers produisant des cabosses verruqueuses, marqués par l'étranglement typique des Cundeamor sont par ailleurs regroupés parmi les variétés Cundeamor.
- Concernant les Cundeamor, l'appartenance de 53 parmi les 60 individus dans ce groupe est confirmée. Les sept autres, malgré l'étranglement typique des Cundeamor sont versés dans le groupe Angoleta parce qu'ils produisent des cabosses verruqueuses plus ou moins rectangulaires.
- Un des trois Calabacillo à cabosses presque arrondies et présentant la forme « goulot de bouteille » est reclassé Amelonado.

PARTIE IV : DISCUSSIONS

Pour appréhender la structure de la diversité de la population de cacaoyers de la ferme Millot, il a fallu recourir au choix de critères pertinents se rapportant aux caractéristiques de la production et à la qualité des échantillons collectés. Les analyses multivariées ont été appliquées afin d'avoir une vision synthétique de cette structure. La plupart des variables mesurées sont pourtant fortement corrélées entre elles. La longueur et le diamètre sont par exemple corrélés positivement avec le poids total et le poids vide de la cabosse, et ces 2 dernières variables sont également corrélées entre elles. Pour aboutir à des résultats appropriés, de nouvelles variables indépendantes entre elles ont été calculées à partir des variables de départ. Quoique, cette astuce nous a permis d'avoir une vision acceptable de la distribution des individus selon l'ensemble de caractères qui les relie, la considération d'autres critères importants comme la couleur des staminodes des fleurs, la forme, la taille, la granulométrie et la couleur des amandes des fèves etc..., sur les 320 échantillons, aurait certainement apporter des résultats plus minutieux.

Diversité génétique des cacaoyers de Millot S.A.

D'après nos résultats, si l'on se réfère uniquement à la forme des cabosses, les plantations de Millot S.A. sont composées :

- De 56,3% (180/320) de phénotypes Criollo représentés par les cultivars typiques Angoleta (127/320) et Cundeamor (53/320),
- De 35,3% (113/320) de phénotypes Forastero dont 110 Amelonado et 3 Calabacillo
- Les 8,4% restant (27/320) étant des formes atypiques ou intermédiaires de ces phénotypes spécifiques.

En considérant les caractéristiques de production,

- 56,6 % (181/320) de l'ensemble des cacaoyers étudiés présentent des bons critères de production (nombre de fèves normales et poids de fèves par cabosse élevée),
- 44,4 % (139/320) produisent peu de fèves normales dont 32/139 à fèves plates abondantes,
- 71/124 des phénotypes Amelonado et 2/3 Calabacillo sont caractérisés par un fort pourcentage de fèves normales, confirmant les caractères typiques des Forastero ; le reste produisant des fèves plates plus ou moins abondantes. Ce qui correspond aux études effectuées sur les Forastero par Soria (1970),

- Paradoxalement, 69% des phénotypes Angoleta (92/133) et 18/53 Cundeamor, contrairement aux vrais Criollo, produisent un nombre élevé de fèves normales, tandis que les restes gardent le caractère Criollo pour ce critère,
- Enfin, 7/320 échantillons à phénotypes autres que ces cultivars classiques présentent des bonnes caractéristiques de production.

Concernant la qualité des produits, la variation de la couleur de l'amande n'a été effectuée que sur 36 échantillons (cf. détail en *Annexe 8*) :

- Vingt et deux (22) sur les 36 analysés produisent des fèves violettes foncées (supérieure à 80%) de type Forastero même si la forme des cabosses varie du type Criollo (10 Angoleta, 8 Cundeamor) au type Forastero classique (4 Amelonado).
- Neuf (9) parmi les 36 étudiés ont des fèves blanches (supérieure à 80%)
- Seuls 3/36 (ASA10, ASA2 et ASA3) semblent être de véritables Forastero (100% de fèves violettes foncées)
- Deux échantillons (MLAVA68 et MLAVA67) pourraient être des Criollo purs (100% de fèves blanches).

Ces constats suggèrent que toutes les formes de cabosses typiques (Amelonado, Calabacillo, Angoleta, Cundeamor) et intermédiaires existent dans la cacaoyère de Millot S.A. Plusieurs phénotypes exceptionnels, atypiques (AZA14, AZA3, ...) sont même observés dans les parcelles visitées.

Cependant, leurs caractéristiques de production (nombre de fèves normales, poids de fèves par cabosse) et la qualité de leurs fèves (couleur de l'amande) ne correspondent toujours pas à celles des variétés classiques. Des Forastero à fèves plates abondantes et au contraire, des Criollo à haut pourcentage de fèves normales ont été par exemple répertoriés parmi les échantillons. Il est possible que ces Criollo font partie des types Criollo plus vigoureux et productifs appelés « Criollo actuels » (Lanaud et *al.*, 1999).

Cette diversité est vraisemblablement due à plusieurs phénomènes :

- La multitude des provenances anciennement introduites. Ceci confirme l'affirmation de Lanaud en 1999 sur la cause de la diversité d'une plantation de cacaoyers,
- L'origine hybride d'une grande partie des vieilles plantations,
- L'utilisation de semis dérivant de sélection massale pour les renouvellements et les densifications des plantations,
- La ségrégation des caractères des hybrides Trinitario choisis comme pieds-mères,

- La complexité des modes de reproduction selon les variétés et les génotypes (possibilité d'intervention simultanée d'allo et d'autopollinisation dans une même parcelle),

En revanche, quelques vrais Forastero (100% amandes violettes foncées) existent toujours dans la population de cacaoyers de Millot S.A. Ces derniers constituent un groupe plus ou moins homogène. Ceci pourrait être expliqué l'autofertilité des Amelonado. Le même phénomène a été rapporté par Dublin (1973).

De plus, de rares Criollo purs à 100% d'amandes blanches (MLAVA8, MLAVA67) et même un génotype Criollo original à staminodes roses pâles dénommé ORIMIL (origine Millot) ont été répertoriés parmi les échantillons étudiés. Ce Criollo particulier pourrait être un représentant des types anciens non introgressés décrits par Montamayor et *al.*, en 2002.

Il est difficile de repérer des purs cacaoyers de variété Criollo parce que même à l'époque de l'IFCC le repérage et la sélection de tels cacaoyers étaient déjà compliqué. La quasi-totalité de la recherche de l'IFCC sur la sélection a été basé sur le repérage des plants à prédominance Criollo qui sont utilisés sur les travaux de greffage sur Forastero. (Carre et Destrez, 1959)

La filière cacao à Madagascar

Le cacao fait partie des produits agricoles les plus exportés dans le marché mondial des matières premières (Loor, 2007). La demande des pays du Nord est actuellement supérieure à l'offre des producteurs de cacao. Les analystes estiment que la demande de cacao augmentera au cours des dix prochaines années de 30%, principalement sous la poussée de la demande asiatique, et il est prévu à moyen terme un déficit de production de fèves de un million de tonnes (UEMOA, 2014).

Le potentiel des cacaoyers de Madagascar se trouve dans les mêmes qualités que les Criollo du Venezuela réputés parmi les meilleurs cacaos du monde et pour ceux aux amandes plus foncés de qualité équivalente aux Trinitario de Trinidad (**cf. Annexe 9**). Il est à noter que Madagascar est le seul pays africain à être reconnu par l'ICCO comme producteur de cacao fin à 100%. Le cacao malgache bénéficie ainsi, sur le marché mondial, d'un prix incitatif supérieur aux prix des fèves standards. Si le prix moyen avoisine 1,30 euro le kilo, le cacao malgache se négocie jusqu'à 2,20 euros pour du cacao de plantation de première qualité et certifié BIO (www.icco.org).

Les nombreuses médailles et prix d'excellence décernés par les organismes internationaux, tels que Bioversity International, Salon du Chocolat, Academy of Chocolate, International Cocoa Awards, aux producteurs malgaches (Millot S.A, Akesson, ADAPS, Coopérative des planteurs de cacao du Sambirano) sont les témoins palpables de l'excellence des cacaos malgaches.

Les procédés de transformation dans des sacs en plastique usités par les paysans permettent d'obtenir des produits de qualité équivalente à celles des industriels lorsque la durée de fermentation est de 5 à 6 jours (Descroix, 2013). Il est à noter que des mauvais traitements post récoltes (fermentation, séchage, stockage) impliquent une baisse de la qualité des fèves (Barel, 2013).

Concernant toujours la qualité du produit, le problème de vols oblige les exploitants à récolter les cabosses avant la maturité, alors que ce critère joue un rôle important sur la qualité des fèves marchandes. De même, les paysans ont l'habitude de réduire les travaux de post récolte, notamment les brassages et séchage, pour cause de besoin importun en argent. D'ailleurs, la plupart des paysans préfèrent livrer leurs fèves à l'état frais, puisqu'ils y gagnent plus à moindre frais.

Afin de limiter la prolifération des génotypes indésirables, la meilleure manière serait d'adopter la multiplication végétative d'arbres sélectionnés. Effectivement, l'emploi de matériel sélectionné devrait doubler le potentiel de production d'une plantation si les conditions d'entretien sont parfaitement respectées (Liabeuf, 1964). Cette technique a pourtant été délaissée depuis le départ de l'Institut Français du Café et du Cacao (IFCC), suivi de la dissolution du Centre d'Equipement Agricole et de Modernisation Paysannale (CEAMP). Récemment, le FOFIFA par le biais du projet « Qualikko » a monté un laboratoire de culture in-vitro dans la localité d'Ambanja, dans cette optique (Rakotomalala, 2015).

Concernant la productivité, les intervenants de la filière préjugent que la cacaoculture malgache est en déclin et se dégrade par manque d'encadrement. Pourtant, les études de Bousquet (2013) montrent l'intérêt des familles rurales pour le produit cacao, puisque ces dernières, sans appui ni moyens, rénovent à leur rythme les cacaoyères par la mise en œuvre de pratiques culturelles copiées sur les entreprises industrielles. Les paysans sont cependant grevés par le prix des plantules (2000 à 3000 Ar) et par le coût exorbitant du transport (**cf. Annexe 10**).

Plusieurs facteurs expliquent également la faible production chez les petits exploitants, en comparaison avec les entreprises industrielles, notamment le vieillissement des arbres, la disparition des arbres d'ombrage, la pratique d'autres cultures, le manque d'entretiens, et l'indisponibilité de moyens financiers (Rahaingosambatra, 2014). Il est aussi probable que des facteurs externes, tels que les aléas climatiques, les conditions culturelles, l'état sanitaire, le stress etc..., entraînent un effet négatif sur la production (Dublin, 1973).

Dans le Sambirano, les zones alluvionnaires propices au bon développement du cacaoyer ne sont plus disponibles. La perspective d'une augmentation substantielle de la production malgache pourrait être véhiculée par l'extension de la cacaoculture sur la côte est, laquelle présentement est en train de se dynamiser pour cette filière.

PARTIE V : PERSPECTIVES ET RECOMMANDATIONS

La société Millot S.A. a réalisé un grand exploit sur le rajeunissement et le renouvellement des anciennes plantations. Malgré tout, des vieux arbres non productifs existent toujours dans ses parcelles.

Les arbres d'ombrage âgés sont devenus trop denses avec des grosses racines traçantes en compétition avec les cacaoyers. Pour y remédier, une taille éclaircissante devrait améliorer la productivité des cacaoyers, quoique les études effectuées par Lavabre (1959) stipulent que les cacaoyers se développent et fructifient convenablement sous ombrage dense, sans concurrence apparente.

Le remplacement des vieux cacaoyers par des hybrides de type Criollo à haut rendement est indispensable pour une meilleure production quantitative et qualitative. Le renouvellement devrait être planifié en commençant par les parcelles les moins productives (*cf. Annexe II*). Ces remplacements, toutefois, doivent tenir compte de l'allogamie et de la pollinisation entomophile des cacaoyers (Tissot, 1939).

A court terme, connaissant les arbres-mères Trinitario productifs utilisés pour les remplacements et les nouvelles plantations antérieurs, la société devrait être en mesure de sélectionner ceux qui ont engendré les meilleures descendance. Les nouvelles plantations issues de semis devraient provenir uniquement de ces arbres-mères sélectionnés.

A moyen terme, l'application des différentes techniques de multiplication végétative (bouturage, greffage, culture in-vitro) est l'idéal pour disposer de vergers constitués uniquement par des clones élites de haute qualité.

Il est évidemment indispensable d'intégrer les paysans dans ce programme d'innovation, étant donné qu'ils sont actuellement visiblement motivés pour la relance de la filière. Il est à noter que Millot S.A. arrive à vendre 15 000 plantules par an (*Bruno Dunoyer, Communication personnelle*).

La mise en collection vivante des arbres exceptionnels (productifs et/ou à très haut pourcentage d'amendes blanches) aux fins de leur conservation durable est un devoir pour toutes les parties prenantes de la filière. L'introduction de nouveaux matériels végétaux intéressants (Criollo pur de Venezuela) pourrait se faire à partir de convention bilatérale entre organismes ou pays. Le FOFIFA, en tant qu'organisme étatique détenteur de la grande majorité des ressources phylogénétiques agricoles, est le partenaire idéal pour jouer le rôle de conservateur.

CONCLUSION

Cette étude avait pour objectif d'évaluer la diversité de la cacaoyère de Millot S.A. en se basant sur les particularités et les caractéristiques de production de 320 génotypes collectés au hasard dans 7 parcelles.

L'analyse de la variabilité de ces arbres a montré que la cacaoyère est composée d'une multitude de phénotypes correspondants aux variétés et cultivars classiques Criollo (Angoleta, Cundeamor) et Forastero (Amelonado et Calabacillo), mais aussi à toute une gamme de formes intermédiaires de ces types courants. Quelques génotypes singulièrement atypiques se rencontrent même dans les plantations de Millot S.A. Ainsi, le terme « variété » s'applique mal à l'ensemble des cacaoyers de cette ferme. L'hypothèse 1 qui stipule que la population de cacaoyer de Millot S.A. serait constituée de variétés bien définies est ainsi à rejeter.

La moyenne du poids de fève fraîche par cabosse pour l'ensemble des échantillons est de l'ordre de 101 g, chiffre inclus dans la fourchette des cacaoyers dits « à bon rendement en fèves fraîches ». Le nombre moyen de fèves normales pour les 320 individus analysés s'élève à 34. Cinquante-six pourcent (181/320) des échantillons produisent même 34 à 46 fèves normales. Ces valeurs confèrent aux cacaoyers de la ferme d'excellentes caractéristiques de production pour la grande majorité des génotypes, confirmant ainsi l'hypothèse 2 émise.

A partir de l'analyse de la couleur des amandes, 25/36 échantillons s'avèrent être proches des Forastero, contre 11 à tendance Criollo. Les caractéristiques de production et la forme des cabosses indiquent qu'il s'agit généralement d'hybrides Trinitario à phénotype Criollo pour la cabosse et paradoxalement Forastero pour le contenu. Bien que la couleur violette foncée des amandes paraisse élevée le peu d'échantillons étudié ne permet pas de trancher sur la qualité générale des fèves marchandes produites par la ferme. Le prix d'excellence décerné par l'International Cocoa Awards aux produits de Millot S.A. en 2010 confirme la qualité supérieure des fèves marchandes de la ferme, objet de l'hypothèse 3.

Le souci actuel du chocolatier Valrhona, lequel achète bon an mal an la totalité des fèves marchandes de Millot S.A., sur la régression de la qualité paraît donc infondé. Toutefois, la Société et tous les intervenants de la filière dans la région du Sambirano disposent d'un éventail d'itinéraires techniques permettant d'hausser encore plus la qualité du cacao malgache ; pour ne citer que : le choix pertinent des pieds mères pour la production de semences, la multiplication végétative des meilleurs arbres, le respect des procédés post-récolte,...

BIBLIOGRAPHIE

- Barel, M., 2013. Qualité du cacao, l'impact du traitement post récolte. Versailles : édition Quae. 91 p.
- Bousquet, E., 2013. Caractérisation et éléments de différenciation des cacaos dans la vallée du Sambirano à Madagascar. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénieur de Montpellier SupAgro en Systèmes Agricoles et Agroalimentaires Durables au Sud, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier. 31 p.
- Carre, M., Destrez, 1959, Etude sur le cacaoyer, station agronomique d'Ambanja, IRAM, 50 p.
- Cheesman EE., 1944. Notes on the nomenclature, classification and possible relationships of cacao populations. *Trop Agric* 21: 144-159.
- Coraud, 1966. La culture du cacaoyer au Sambirano. Manuel du planteur. IFCC
- Cuatrecasas, J., 1964. Cacao and its allies. A taxonomic revision of the genus *Theobroma*. Contributions from the United States National Herbarium, volume 35, Part 6 Smithsonian Institution, Washington D.C. 614 p.
- Demol J. 2002. L'amélioration des plantes. Application aux principales espèces cultivées en régions tropicales. Ed. Presses Agronomiques Gembloux. 560 p.
- Descroix, F., 2013. Synthèse des travaux sur la cacaoyère du Sambirano à Madagascar. Rapport Qualireg (www.qualireg.org), 7 p.
- Dublin, P., 1973. Les « fèves plates » : une nouvelle source d'haploïdie chez le cacaoyer (*Theobroma cacao*). *Café cacao thé*, vol. XVII, n°1, Janvier-Mars 1973 : 25-35.
- Etude monographique sur la filière cacao dans l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA), 2014. Banque Central des Etats de l'Afrique de l'Ouest (BCEAO)
- Hottelling, H., 1933. Analysis of complex statistical variables into principal components. *J. Educ. Psy.*, 24
- Lachenaud, P., Mooleedhar, V., Couturier, C., 1997. Les cacaoyers spontanés de Guyane. Nouvelles prospections. *Plantations, recherche, développement* 4 : 25-30.
- Lanaud, C., 1987. Nouvelles données sur la biologie du cacaoyer (*Theobroma cacao* L): Diversité des populations, systèmes d'incompatibilité, haploïdes spontanés, leurs conséquences pour l'amélioration génétique de cette espèce. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Paris-Sud, Orsay.

- Lanaud, C., Motamayor, J-C, Sourigo, O., 1999. Le cacaoyer, in. Diversité génétique des plantes tropicales cultivées. pp 141-174. Ed. Repères-CIRAD.
- Lavabre, M., 1959, Journal d'agriculture tropicale et de botanique appliquée. Vol. 6, N°12 : 685-690
- Lebart, Morineau, Tabard, A., N., 1977. Technique de la description statistique, méthodes et logiciels pour l'analyse des grands tableaux. Dunod éd., 351p.
- Liabeuf, J., 1964. Etablissement et entretien d'une plantation de cacaoyer. Institut de la Recherche Agronomique (IRA). 13 p
- 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 pour l'obtention du grade de Docteur en Science Agronomique, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier. 115 pp.
- Morris, D., 1882. Cocoa : how to grow and how to cure it. Jamaica, pp 1-45.
- Mossu, G., 1990. Le cacaoyer. Maisonneuve et Larose. 81 p.
- Motamayor, J-C., A.M Risterucci, P.A Lopez, C.F Ortiz, A. Moreno and C. Lanaud. 2002. Cacao domestication I: the origin of the cacao cultivated by the Mayas. Heredity 89 : 380-386
- 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 pour l'obtention du grade de Docteur en Science Agronomique, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier. 201 pp.
- Rahaingosambatra D.H., 2014. Etude des dispositifs de culture de cacaoyer dans le Sambirano par l'évaluation de leur potentiel de productivité et l'appréciation de la qualité des produits. Mémoire pour l'obtention de diplôme d'étude approfondie. Faculté des sciences d'Antananarivo.
- Rakotomalala, J.J, 2015. Relance d'un programme d'amélioration et de pépiniérisation du cacao malgache par le biais de sélection de matériel végétal adéquat accompagnée de procédés pré et post-récoltes appropriés. Rapport de parcours, projet QUALIKKO. 50 p.
- Saporta, G., 2006. Probabilité analyse des données et statistiques, Editeur Technip.
- Soria, J., 1970. The present status and perspectives for cacao cultivars in latin America. Florida Agricultural Experiment Stations Journal Series, No. 3724 : 345-353
- Tissot, P., 1939. Recherches récentes sur le Cacaoyer à Trinidad. In: Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale. 19^{ème} année, n°209 : 29-42
- Wood, Lass, 1985. Cocoa. Fourth edition. 597 pp.

WEBOGRAPHIE

- ❖ www.cananga.fr
- ❖ www.afd.be
- ❖ www.zchocolat.com
- ❖ www.walapulu.fr
- ❖ www.guide.toutmada.com/
- ❖ <http://latribune.cyber-diego.com/>
- ❖ www.icco.org
- ❖ www.qualireg.org
- ❖ www.cocoaofexcellence.org

TABLES DES MATIERES

REMERCIEMENTS

SOMMAIRE

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Résumé

Abstract

INTRODUCTION	1
PARTIE I : GENERALITES	3
1. LE CACAOYER	3
1.1. Origine et Historique	3
1.2. Classification	3
1.3. Morphologie et biologie du cacaoyer	4
1.4. Ecologie	7
1.5. Les variétés de cacaoyer	7
1.6. Différences morphologiques entre cultivars de cacaoyers	9
1.7. Incompatibilité de fécondation chez les cacaoyers.....	11
1.8. La filière Cacao à Madagascar	12
2. TRAITEMENT POST RECOLTE	14
2.1. Ecabossage.....	14
2.2. Fermentation.....	14
2.3. Séchage.....	14
2.4. Stockage	15
PARTIE II : MATERIELS ET METHODES	16
1. PRESENTATION DE LA ZONE D’ETUDE	16
1.1. Localisation géographique.....	16
1.2. Milieu physique :	16

2.	METHODOLOGIE.....	17
2.1.	Repérage et mis en place du matériel végétal.....	17
2.2.	Récolte	18
2.3.	Post récolte	19
2.4.	Analyse statistique.....	20
	PARTIE III : SYNTHESE DES RESULTATS	23
1.	L'Analyse en Composante Principale ou ACP.....	23
2.	La Classification Ascendante Hiérarchique ou CAH.....	25
3.	L'Analyse de la variance ou ANOVA.....	26
4.	L'Analyse Factorielle Discriminante post CAH	27
5.	AFD dérivant de la forme des cabosses	28
	PARTIE IV : DISCUSSIONS	31
	PARTIE V : PERSPECTIVES ET RECOMMANDATIONS.....	35
	CONCLUSION	36
	BIBLIOGRAPHIE	
	WEBOGRAPHIE	
	TABLES DES MATIERES	
	ANNEXES	

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1: Les différentes formes de cabosses	i
Annexe 2: Répartition de la production mondiale de cacao	ii
Annexe 3: Précipitation de 2004 à 2012 au sein de la plantation Millot.....	iii
Annexe 4: Tableau des variables étudiées et des individus (extrait).....	iv
Annexe 5: Liste détaillée des classes de la CAH.....	v
Annexe 6: Liste détaillée des classes de l'AFD	vii
Annexe 7: Liste des cacaoyers suivant les formes de cabosses.....	viii
Annexe 8: Résultat sur la couleur d'amande des 37 cacaoyers sur les 320 analysés	x
Annexe 9: Potentiel qualitatif par variétés de cacaoyers	xi
Annexe 10: Prix des jeunes plants et des différentes formes de fèves	xii
Annexe 11: Graphique de production par ferme de la plantation Millot	xii

ANNEXES

Annexe 1: Les différentes formes de cabosses



Angoleta



Cunçeamor



Amelonado



Guyanaise

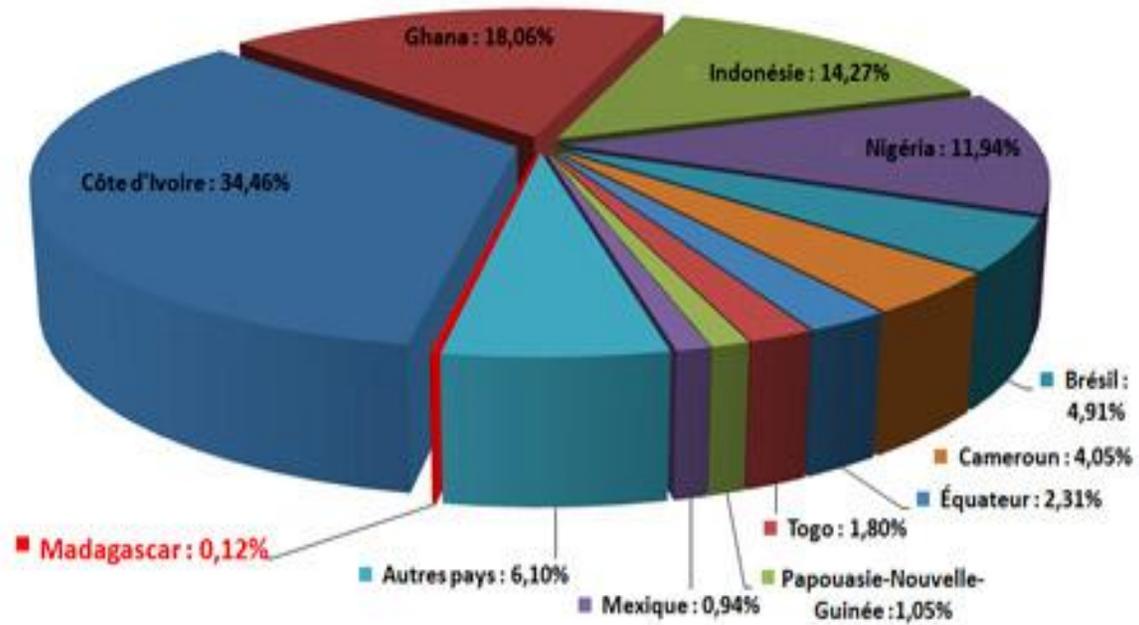


Calabacillo

Cliché Fabrice DAVRIEUX

Figure 13: Les différentes formes de cabosses en image réel

Annexe 2: Répartition de la production mondiale de cacao



Source : www.latribune.cyber-diego.com/

Annexe 3: Précipitation de 2004 à 2012 au sein de la plantation Millot

Tableau 7: Pluviométrie 2004-2012 (mm) d'Ambanja

PLUVIOMETRIE 2004 - 2012 (mm)

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
janvier	836.77	338.57	190.70	267.00	455.20	216.67	616.47	309.53	463.40	
février	264.33	136.93	299.20	566.77	443.77	400.23	237.53	447.77	319.00	
mars	229.73	318.13	419.67	366.10	179.73	228.60	180.83	332.53	442.73	
avril	91.70	102.30	64.80	15.10	65.77	166.47	56.07	135.73	249.63	
mai	46.63	19.97	17.17	43.27	12.07	12.17	18.73	15.67	51.20	
juin	7.03	21.50	27.03	1.97	13.77	3.27	18.43	8.07	77.57	
juillet	4.07	0.83	21.47	72.67	16.90	10.53	19.93	12.50	57.10	
août	3.37	2.33	31.83	7.83	52.13	20.20	31.80	33.23	2.57	
septembre	60.93	37.80	11.50	3.67	26.93	50.90	0.00	19.53	6.27	
octobre	89.77	19.33	6.20	19.67	124.53	100.60	91.33	86.10	25.80	
novembre	99.27	64.83	75.40	203.07	318.33	88.13	81.57	131.90	181.67	
décembre	255.33	418.47	430.07	251.00	282.20	159.85	205.10	218.23	217.87	Moyenne annuelle
TOTAL	1988.93	1481.00	1595.03	1818.10	1991.33	1457.62	1557.80	1750.80	2094.80	1748.38

Source : Millot SA

Annexe 4: Tableau des variables étudiées et des individus (extrait)

Tableau 8: Extrait du tableau de l'analyse

Arbre	Longueur	Diamètre	Poids total	Poids vide	L/D	L/Pv	PFC/Pt	PFC	Nb fève normale	Fève plate
AKIA1	14.92	5.93	187.67	135.05	2.52	0.11	0.28	52.62	29.81	0.72
AKIA10	12.33	6.66	178.86	129.14	1.85	0.10	0.28	49.71	28.71	0.44
AKIA100	16.10	9.36	590.69	460.38	1.72	0.03	0.22	130.31	36.25	2.32
AKIA101	13.26	8.33	382.00	252.90	1.60	0.05	0.34	129.10	36.90	2.11
AKIA11	19.33	8.25	503.00	381.75	2.36	0.05	0.24	121.25	36.00	2.76
AKIA12	11.90	6.23	168.72	113.26	1.91	0.11	0.33	55.47	31.51	2.78
AKIA17	14.45	7.17	308.83	199.50	2.02	0.07	0.35	109.33	36.00	1.68
AKIA18	10.95	7.56	254.83	157.33	1.45	0.07	0.38	97.50	29.73	0.34
AKIA19	16.6	8.3	421	272	2.00	0.06	0.35	149	32	9.01
AKIA2	14.81	7.95	364.13	252.13	1.87	0.06	0.31	112.00	29.20	1.34
AKIA21	18.12	8.16	452.75	320.50	2.22	0.06	0.29	132.25	30.00	4.32
AKIA22	16.53	6.90	322.00	238.00	2.40	0.07	0.26	84.00	30.67	7.34
AKIA23	15.73	6.40	203.33	141.67	2.46	0.11	0.30	61.67	28.33	1.01
AKIA24	13.87	6.90	259.67	176.67	2.02	0.08	0.32	83.00	37.00	0.01

L/D: Longueur sur Diamètre

L/Pv : Longueur sur Poids total

PFC/Pt : PFC sur Poids total

PFC : Poids de Fève fraîche par Cabosse

Annexe 5: Liste détaillée des classes de la CAH

Tableau 9: les classes de la CAH

CLASSE 1				
AKIA1	AKIA60	ASA42	ASC21	AZB26
AKIA10	AKIA61	ASA53	ASC22	AZB27
AKIA12	AKIA62	ASA8	ASC24	AZB29
AKIA18	AKIA64	ASB1	ASC52	AZB3
AKIA2	AKIA65	ASB12	ASC53	AZB30
AKIA23	AKIA67	ASB13	ASC7	AZB34
AKIA24	AKIA68	ASB16	ASC8	AZB41
AKIA29	AKIA73	ASB18	AZA101	AZB44
AKIA30	AKIA74	ASB19	AZA105	AZB45
AKIA31	AKIA75	ASB21	AZA22	AZB46
AKIA38	AKIA76	ASB28	AZA24	AZB48
AKIA42	AKIA78	ASB3	AZA3	AZB49
AKIA44	ASA100	ASB37	AZA33	AZB5
AKIA45	ASA15	ASB43	AZA39	AZB50
AKIA46	ASA26	ASB45	AZA4	AZB6
AKIA48	ASA27	ASB48	AZA9	AZB9
AKIA54	ASA28	ASB5	AZB13	MLAVA13
AKIA55	ASA30	ASB51	AZB14	MLAVA17
AKIA56	ASA31	ASB8	AZB15	MLAVA19
AKIA6	ASA32	ASC14	AZB20	MLAVA43
				MLAVA44
				MLAVA54
				MLAVA55
				MLAVA56
				MLAVA58
				MLAVA60
				MLAVA65

CLASSE 3	
AKIA19	ASA6
AKIA22	ASB26
AKIA25	ASB31
AKIA35	ASB47
AKIA40	AZA13
AKIA49	AZA14
AKIA57	AZA19
AKIA66	AZA29
AKIA7	AZA38
AKIA70	AZB16
ASA103	AZB17
ASA20	AZB18
ASA25	MLAVA10
ASA37	MLAVA21
ASA43	MLAVA47
ASA49	MLAVA61

Classe 2 de la CAH

CLASSE 2						
AKIA100	AKIA72	ASA39	ASB27	AZA1	AZB37	MLAVA31
AKIA101	AKIA79	ASA4	ASB29	AZA10	AZB39	MLAVA35
AKIA11	AKIA8	ASA40	ASB30	AZA100	AZB4	MLAVA36
AKIA17	AKIA80	ASA44	ASB32	AZA102	AZB40	MLAVA37
AKIA21	AKIA9	ASA45	ASB33	AZA103	AZB42	MLAVA38
AKIA26	AKIABIZ	ASA46	ASB34	AZA104	AZB43	MLAVA39
AKIA3	ASA10	ASA47	ASB35	AZA11	AZB47	MLAVA4
AKIA32	ASA101	ASA48	ASB36	AZA12	AZB8	MLAVA40
AKIA33	ASA102	ASA5	ASB38	AZA15	MLAVA1	MLAVA41
AKIA34	ASA11	ASA50	ASB39	AZA2	MLAVA100	MLAVA42
AKIA36	ASA12	ASA51	ASB4	AZA21	MLAVA11	MLAVA45
AKIA37	ASA13	ASA52	ASB40	AZA27	MLAVA12	MLAVA46
AKIA39	ASA14	ASA54	ASB41	AZA28	MLAVA14	MLAVA48
AKIA41	ASA16	ASA7	ASB42	AZA30	MLAVA15	MLAVA49
AKIA43	ASA18	ASB10	ASB44	AZA31	MLAVA16	MLAVA5
AKIA47	ASA19	ASB11	ASB46	AZA36	MLAVA18	MLAVA50
AKIA50	ASA2	ASB14	ASB49	AZA5	MLAVA2	MLAVA51
AKIA51	ASA21	ASB15	ASB50	AZA6	MLAVA20	MLAVA52
AKIA52	ASA22	ASB17	ASB52	AZA7	MLAVA22	MLAVA53
AKIA53	ASA24	ASB2	ASB6	AZA8	MLAVA24	MLAVA57
AKIA58	ASA29	ASB20	ASB7	AZB2	MLAVA27	MLAVA6
AKIA59	ASA3	ASB22	ASB9	AZB28	MLAVA28	MLAVA63
AKIA63	ASA33	ASB23	ASC25	AZB31	MLAVA29	MLAVA64
AKIA69	ASA36	ASB24	ASC54	AZB33	MLAVA3	MLAVA67
AKIA71	ASA38	ASB25	ASC9	AZB36	MLAVA30	MLAVA68
						MLAVA69
						MLAVA7
						MLAVA70
						MLAVA8
						MLAVA9
						ORIMIL

Annexe 6: Liste détaillée des classes de l'AFD

Tableau 10: Classe de l'AFD

CLASSE B ou 2						
AKIA100	AKIA68	ASA38	ASB3	AZA1	AZB37	MLAVA39
AKIA101	AKIA69	ASA39	ASB32	AZA10	AZB39	MLAVA4
AKIA11	AKIA71	ASA4	ASB33	AZA100	AZB4	MLAVA40
AKIA17	AKIA72	ASA40	ASB34	AZA101	AZB40	MLAVA41
AKIA18	AKIA75	ASA42	ASB35	AZA102	AZB42	MLAVA42
AKIA2	AKIA76	ASA44	ASB36	AZA103	AZB43	MLAVA43
AKIA24	AKIA78	ASA45	ASB37	AZA104	AZB5	MLAVA44
AKIA26	AKIA79	ASA46	ASB38	AKIA51	AZB8	MLAVA45
AKIA3	AKIA8	ASA47	ASB39	AZA11	AZB9	MLAVA46
AKIA30	AKIA80	ASA5	ASB4	AZA12	MLAVA1	MLAVA48
AKIA32	AKIA9	ASA50	ASB40	AZA15	MLAVA100	MLAVA49
AKIA33	AKIABIZ	ASA51	ASB41	ASB29	MLAVA11	MLAVA5
AKIA34	ASA10	ASA52	ASB42	AZA21	MLAVA12	MLAVA50
AKIA36	ASA101	ASA53	ASB43	ASB46	MLAVA14	MLAVA51
AKIA37	ASA102	ASA54	ASB44	AZA27	MLAVA15	MLAVA52
AKIA38	ASA11	ASA7	AKIA47	AZA28	MLAVA16	MLAVA53
AKIA39	ASA12	ASB10	ASB49	AZA30	MLAVA18	MLAVA54
AKIA41	ASA13	ASB11	ASB50	AZA31	MLAVA2	MLAVA56
AKIA43	ASA14	ASB12	ASB51	AZA36	MLAVA20	MLAVA57
AKIA46	ASA16	ASB13	ASB52	AZA5	MLAVA22	MLAVA6
AKIA48	ASA18	ASB14	ASB6	AZA6	MLAVA24	MLAVA64
AKIA50	ASA19	ASB15	ASB7	AZA7	MLAVA27	MLAVA65
AKIA52	ASA2	ASB16	ASB8	AZA8	MLAVA28	MLAVA67
AKIA54	ASA21	ASB17	ASB9	AZB2	MLAVA29	MLAVA68
AKIA56	ASA22	ASB2	ASC24	AZB20	MLAVA3	MLAVA69
AKIA58	ASA24	ASB20	ASC25	AZB28	MLAVA30	MLAVA7
AKIA59	ASA29	ASB22	ASC52	AZB3	MLAVA31	MLAVA70
AKIA62	ASA3	ASB23	ASC53	AZB30	MLAVA35	MLAVA8
AKIA63	ASA32	ASB24	ASC54	AZB31	MLAVA36	MLAVA9
AKIA64	ASA33	ASB25	ASC8	AZB33	MLAVA37	
AKIA67	ASA36	ASB27	ASC9	AZB36	MLAVA38	

CLASSE A ou 1				
AKIA1	AKIA60	ASA8	ASC7	AZB41
AKIA10	AKIA61	ASB1	AZA24	AZB44
AKIA12	ASB18	AZB50	AZA3	AZB45
AKIA23	AZA105	ASB19	AZA33	AZB46
AKIA29	AKIA73	ASB21	AZA38	AZB47
AKIA31	AKIA74	ASB26	AZA39	AZB48
AKIA42	ASA100	ASB28	AZA4	AZB49
AKIA44	ASA103	ORIMIL	AZA9	AZB6
AKIA45	AZA2	ASB45	AZB13	MLAVA13
AKIA65	ASA26	ASB47	AZB14	MLAVA17
ASA15	AZA22	ASB48	AZB15	MLAVA19
ASA27	ASA28	ASB5	AZB26	MLAVA47
AKIA55	ASA30	ASC14	AZB27	MLAVA55
AKIA57	ASA31	ASC21	AZB29	MLAVA58
AKIA6	ASA48	ASC22	AZB34	MLAVA60

CLASSE C ou 3	
AKIA19	ASB30
AKIA21	ASB31
AKIA22	AZA13
AKIA25	AZA14
AKIA35	AZA19
AKIA40	AZA29
AKIA53	AZB16
AKIA7	AZB17
AKIA70	AZB18
ASA20	AKIA49
ASA25	MLAVA10
ASA37	MLAVA21
ASA43	MLAVA61
ASA49	MLAVA63
ASA6	AKIA66

Annexe 7: Liste des cacaoyers suivant les formes de cabosses

Tableau 11: Forme de cabosses de chaque cacaoyer

AMELONADO					
AKIA10	AKIA73	ASB1	ASC14	AZB14	MLAVA11
AKIA100	AKIA74	ASB10	ASC53	AZB15	MLAVA16
AKIA101	AKIA76	ASB13	ASC7	AZB17	MLAVA19
AKIA12	AKIA79	ASB14	ASC8	AZB20	MLAVA24
AKIA2	AKIA9	ASB16	AZA102	AZB27	MLAVA27
AKIA33	ASA102	ASB17	AZA104	AZB29	MLAVA30
AKIA36	ASA10	ASB19	AZA105	AZB3	MLAVA37
AKIA38	ASA103	ASB2	AZA19	AZB31	MLAVA4
AKIA39	ASA11	ASB20	AZA22	AZB33	MLAVA44
AKIA44	ASA12	ASB21	AZA27	AZB36	MLAVA46
AKIA49	ASA13	ASB22	AZA28	AZB37	MLAVA48
AKIA50	ASA14	ASB24	AZA30	AZB39	MLAVA5
AKIA54	ASA19	ASB29	AZA38	AZB4	MLAVA50
AKIA55	ASA2	ASB3	AZA39	AZB40	MLAVA51
AKIA59	ASA22	ASB33	AZA5	AZB41	MLAVA53
AKIA61	ASA40	ASB34	AZA6	AZB42	MLAVA55
AKIA62	ASA42	ASB37	AZA8	AZB43	MLAVA6
AKIA63	ASA43	ASB39		AZB44	MLAVA65
AKIA66	ASA46	ASB40		AZB45	MLAVA7
AKIA7	ASA5	ASB41		AZB5	
AKIA70	ASA51	ASB42		AZB6	
AKIA72	ASA6	ASB45			
	ASA8	ASB6			
		ASB7			
		ASB8			

CALABACILLO
AKIA18
AKIA51
ASA7
ASB38
AZA21
CRIOLLO
ASA20
ASA21
ASB35
AZA3
AZA4
MLAVA45
GUYANAISE
ASB4

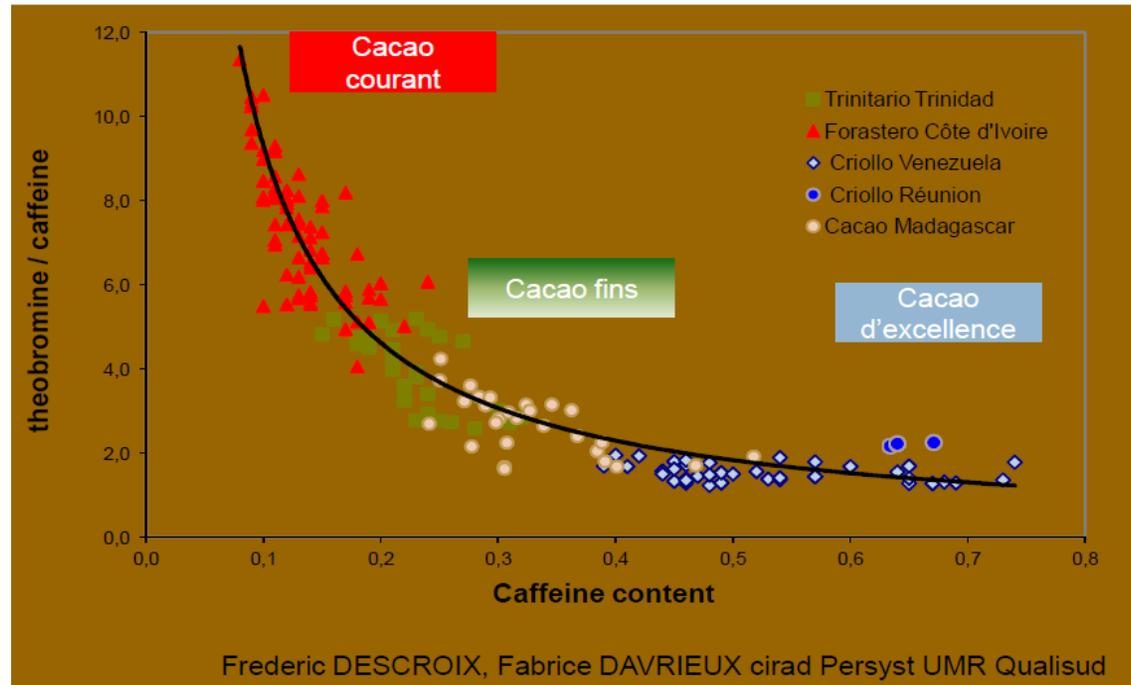
ANGOLETA				
AKIA11	ASA100	ASB15	AZA1	MLAVA1
AKIA19	ASA101	ASB18	AZA10	MLAVA10
AKIA24	ASA15	ASB23	AZA100	MLAVA12
AKIA30	ASA16	ASB26	AZA103	MLAVA13
AKIA31	ASA18	ASB27	AZA11	MLAVA14
AKIA35	ASA24	ASB30	AZA12	MLAVA15
AKIA37	ASA28	ASB36	AZA13	MLAVA18
AKIA41	ASA29	ASB44	AZA14	MLAVA2
AKIA45	ASA3	ASB49	AZA15	MLAVA20
AKIA47	ASA30	ASB5	AZA24	MLAVA28
AKIA52	ASA31	ASB50	AZA29	MLAVA29
AKIA53	ASA33	ASB51	AZA31	MLAVA31
AKIA57	ASA36	ASB52	AZA36	MLAVA36
AKIA60	ASA38	ASC22	AZA7	MLAVA38
AKIA71	ASA39	ASC25	AZA9	MLAVA39
AKIA75	ASA4	ASC52	ORIMIL	MLAVA40
AKIA78	ASA44	ASC9	AZB16	MLAVA42
AKIA80	ASA45		AZB2	MLAVA47
AKIABIZ	ASA47		AZB26	MLAVA49
	ASA48		AZB30	MLAVA52
	ASA50		AZB34	MLAVA58
	ASA52			MLAVA61
	ASA54			MLAVA63
				MLAVA64
				MLAVA67
				MLAVA68
				MLAVA70
				MLAVA8
				MLAVA9

CUNDEAMOR		
AKIA1	ASA25	AZB13
AKIA17	ASA26	AZB18
AKIA21	ASA27	AZB28
AKIA22	ASA32	AZB46
AKIA23	ASA37	AZB47
AKIA25	ASA49	AZB48
AKIA26	ASA53	AZB49
AKIA29	ASB11	AZB50
AKIA3	ASB12	AZB8
AKIA32	ASB25	AZB9
AKIA34	ASB28	MLAVA100
AKIA40	ASB31	MLAVA17
AKIA42	ASB32	MLAVA21
AKIA43	ASB43	MLAVA22
AKIA46	ASB46	MLAVA3
AKIA48	ASB47	MLAVA35
AKIA56	ASB48	MLAVA41
AKIA58	ASB9	MLAVA56
AKIA6	ASC21	MLAVA57
AKIA64	ASC24	MLAVA60
AKIA65	ASC54	
AKIA67	AZA101	
AKIA68	AZA2	
AKIA69	AZA33	
AKIA8		

Annexe 8: Résultat sur la couleur d'amande des 37 cacaoyers sur les 320 analysés

100% Violet	Violet foncé		Blanche	Blanche 100 %
ASA10	AZA1	MLAVA51	AZA3	MLAVA68
ASA2	AZA2	MLAVA20	AZA7	MLAVA67
ASA3	AZA8	MLAVA17	MLAVA70	
	AZA14	MLAVA5	MLAVA63	
	AZA15	MLAVA4	MLAVA69	
	ASA1	MLAVA22	MLAVA56	
	MLAVA64	AKIA53	MLAVA58	
	MLAVA52	AKIA57	MLAVA60	
	MLAVA38	AKIA68	MLAVA40	
	MLAVA41	AKIA65		
	MLAVA35	AKIA64		
Forastero	Tendance Forastero		Tendance Criollo	Criollo

Annexe 9: Potentiel qualitatif par variétés de cacaoyers



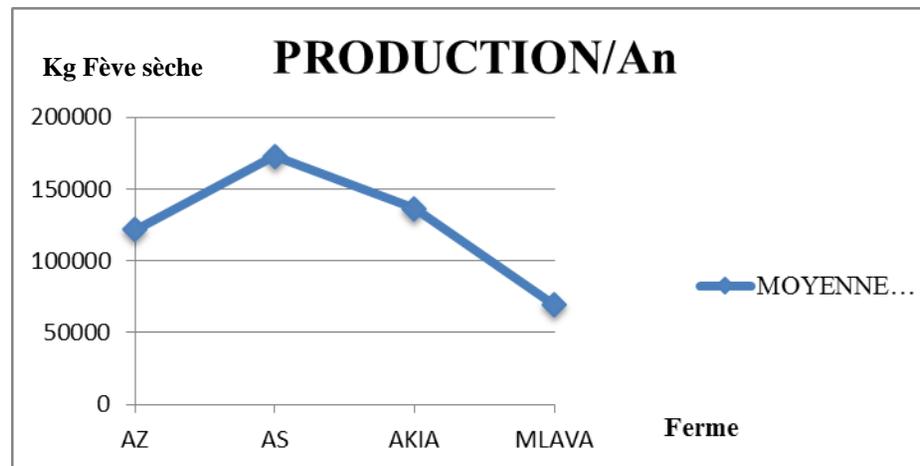
Source : Frédéric DESCROIX, 2013

Annexe 10: Prix des jeunes plants et des différentes formes de fèves

Désignation	Unité	Prix Unitaire(Ar)	Observations
Cabosse pour semis	Pièce	1 000	
Jeunes plants issus de semis	Plant	1 000	
Jeunes plants issus de boutures	Plant	2 000- 3 000	
Fèves fraîches	Kg	2 000	
Fèves sèches	Kg	5600	
Fèves sèches bio	Kg	7 000	

Source : FOFIFA, Janvier 2015

Annexe 11: Graphique de production par ferme de la plantation Millot



Source : Millot SA