

UNIVERSITE DE DSCHANG
THE UNIVERSITY OF DSCHANG



FACULTE D'AGRONOMIE ET DES SCIENCES AGRICOLES
FACULTY OF AGRONOMY AND AGRICULTURAL SCIENCES

DEPARTEMENT DE PROTECTION DES VEGETAUX
DEPARTMENT OF PLANT PROTECTION

**IMPACT DES ATTAQUES DES MIRIDES
(*Salhbergella singularis*) SUR LA
PRODUCTION DU CACAOYER DANS LA
REGION DU CENTRE-CAMEROUN**

*Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur Agronome, Option
Productions Végétales*

Présenté par :

ELOMO AMYA Barbara Emeline

Matricule : CM04-09ASA0023

Juin 2015

UNIVERSITE DE DSCHANG
THE UNIVERSITY OF DSCHANG



FACULTE D'AGRONOMIE ET DES SCIENCES AGRICOLES
FACULTY OF AGRONOMY AND AGRICULTURAL SCIENCES

DEPARTEMENT DE PROTECTION DES VEGETAUX
DEPARTMENT OF PLANT PROTECTION

**IMPACT DES ATTAQUES DES MIRIDES
(*Salhbergella singularis*) SUR LA
PRODUCTION DU CACAOYER DANS LA
REGION DU CENTRE-CAMEROUN**

*Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur Agronome, Option
Productions Végétales*

Présenté par :

ELOMO AMYA Barbara Emeline

Matricule : CM04-09ASA0023

ENCADREUR

Dr Leila Bagny
Chargé de Recherche,
IRAD/CIRAD, Yaoundé

SUPERVISEUR

Pr Ghogomu Tamouh Richard
Maitre de conférences, Chef de
Département de Protection des
Végétaux, FASA

FICHE DE CERTIFICATION DE L'ORIGINALITÉ DU TRAVAIL

Je soussignée ELOMO AMYA Barbara Emeline, atteste que le présent mémoire est le fruit de mes propres travaux effectués au Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), sous l'encadrement de Dr. LEILA BAGNY chercheur de l'Unité de Recherche Bioagresseurs, et sous la supervision de Pr. GHOGOMU TAMOUH Richard, Maître de conférences à l'Université de Dschang. Ce mémoire est authentique et n'a pas été antérieurement présenté pour l'acquisition de quelque grade universitaire.

Nom et signature du superviseur

Nom et signature de l'auteur

Pr GHOGOMU TAMOUH Richard

ELOMO AMYA Barbara Emeline

Date.....

Date.....

Nom et signature du chef de département

Date.....

DÉDICACE

Je dédie ce document à mes parents Amya Jérôme et feu Ebanga Sylvie et à mon bébé chéri Amya Michel Raphael.

Maman l'Éternel n'a pas permis que tu vois le fruit de tes efforts je te dédie ce document et que ton âme repose en paix

REMERCIEMENTS

Je remercie tout d'abord le Seigneur tout puissant pour sa grande miséricorde car m'a permis malgré mon état de santé très fragile durant la période de stage de terminer ce travail.

J'adresse ma reconnaissance et ma profonde gratitude à tous ceux qui ont contribué de prêt ou de loin à la réalisation de ce mémoire je pense notamment :

Au Doyen de la Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles (FASA) de l'Université de Dschang et tous les enseignants de cette faculté pour les efforts et les sacrifices consentis pour notre formation ;

A mon encadreur Dr Leila Bagny pour les efforts consentis et la rigueur pour la réalisation de ce travail

A mon superviseur Ghogomu Tamouh Richard qui a accepté malgré ces multiples occupations de superviser ce travail

Au Dr Djeugap pour sa disponibilité et sa contribution à la réalisation de ce travail

A mon père Mr Amya Jérôme mon pour son soutien inconditionné et ses conseils durant ma formation et mon stage et pour tous les sacrifices qu'il n'a jamais cessé de déployer en dépit des diverses contraintes auxquelles il a fait face, afin de pouvoir m'assurer une éducation et un avenir meilleur.

Aux techniciens Mr Owona Benoit, Yana Théophile, Essomba Cosmas et Bidias J.P pour leurs soutiens sur le terrain et leurs conseils

A mes sœurs Bela Amya et Ebe Amya pour leur soutien physique et moral

A mes frères Ebanga et Eyeffa pour leur disponibilité et leur soutien durant tout mon stage

A Mr Maga Guy parfait à qui j'exprime ma profonde et sincère gratitude pour son soutien inconditionné et ses conseils

A mes meilleurs amis particulièrement Essola Etoa Louis, Mbarga Mveng Emmanuel, Elanga Voundi, Eltson Eteckji, Ezembe Ateba, pour leurs soutiens, conseils, disponibilité et amitié lors des moments difficiles

A Mr Ekassi Ndzana Emmanuel pour avoir toujours été à mes côtés pendant les moments de joie, de tristesse et de maladie

A Mr Bidias Alain à qui j'exprime ma profonde gratitude pour ses conseils et son soutien financier durant toute ma formation.

A toute la dix-septième promotion et particulièrement à mes amis : Essomba Attangana Edwige, Mewo Berthe, Akoula Cyrille, Essouma Marie Joseph, Keutchafo Jeanne Emmenuelle, Ndongo Essoke Felix pour leur amitié et conseils

Je tiens enfin à remercier tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail et dont les noms n'ont pas été cités.

TABLE DES MATIÈRES

FICHE DE CERTIFICATION DE L'ORIGINALITÉ DU TRAVAIL	i
Dédicace	ii
REMERCIEMENTS	iii
TABLE DES MATIÈRES	v
LISTE DES TABLEAUX	ix
LISTE DES FIGURES	x
LISTE DES ANNEXES	xi
LISTE DES ABREVIATIONS	xii
RESUME	xiii
ABSTRACT	xiv
Chapitre 1: INTRODUCTION	1
1.1 Contexte	1
1.2 Problématique	3
1.3 Objectifs de l'étude	4
1.3.1 Objectif principal	4
1.3.2 Objectifs spécifiques	4
1.4 Importance de l'étude	4
1.5 Limite de l'étude	4
CHAPITRE 2 : REVUE DE LA LITTERATURE	6
2.1. Le cacaoyer	6
2.1.1. Origine et dispersion	6

2.1.2. Importance, utilisation et production du cacao -----	6
2.1.3 Classification du cacaoyer-----	7
2.1.4 Ecologie du cacaoyer-----	8
2.1.5 Morphologie et biologie du cacaoyer -----	9
2.1.6 Les variétés de cacao -----	12
2.2. Les ravageurs du cacaoyer -----	13
2.2.1 <i>Sahlbergella singularis</i> : espèce la plus préjudiciable au Cameroun-----	13
2.2.1.1 Distribution géographique-----	13
2.2.1.2 Position taxonomique -----	14
2.2.1.3 Morphologie-----	14
2.2.1.4 Biologie -----	16
2.2.1.5 Écologie-----	17
2.2.2 Dégâts causés par <i>Sahlbergella singularis</i> -----	17
2.2.3 Méthodes de lutte contre <i>S. singularis</i> -----	20
2.2.3.1 Lutte chimique -----	20
2.2.3.2 Lutte agronomique -----	21
2.2.3.3 Lutte génétique-----	21
2.2.3.4 La lutte biologique -----	22
2.2.4 Autres ravageurs -----	23
2.2.5 Les maladies du cacaoyer-----	23
2.2.5.1 Balai de sorcière -----	24
2.2.5.2 Moniliose -----	24

2.2.5.3 La pourriture brune-----	25
Chapitre 3 : MATÉRIELS ET MÉTHODES -----	27
3.1. Présentation des zones d'étude -----	27
3.1.1 Localisation géographique et Description du site -----	27
3.1.2 Milieu Physique-----	28
3.1.2.1 Climat -----	28
3.1.2.2 Végétation -----	29
3.1.2.3 Relief et sols-----	29
3.3 Méthodologie -----	30
3.3.1 Choix des sites d'étude-----	30
3.3.2 Dispositif expérimental -----	30
3.3.3 Type d'échantillonnage -----	31
3.3.4 Collecte des données en champs-----	32
3.3.5 Effet du traitement insecticide sur le nombre de cabosses attaquées par cacaoyer-----	33
3.3.6 Evaluation de l'effet des chancres, piqûres des branches, des feuilles sèches et branches nues sur la production du cacaoyer-----	33
3.3.7 Évaluation de la production potentielle des cacaoyers et du « indice de cabosse »-----	34
3.3.8 Impact des piqûres des mirides sur le poids des cabosses et des fèves en fonction des zones de production.-----	35
3.3.9 Traitement des images de cabosses pour la relation surface piquée et nombre de piqûres -----	36
3.4 Analyses statistiques-----	37
CHAPITRE 4 : RÉSULTATS ET DISCUSSION-----	38
4.1 Chérelles flétries par zone -----	38

4.2 Impact des attaques précoces des mirides sur le développement des chérelles -----	40
4.3 Effet du traitement insecticide sur le nombre de cabosses attaquées par arbre -----	41
4.4 Effet des dégâts anciens (chancre) des feuilles sèches, branches nues, piqures sur branches sur la production de cabosses par cacaoyer en fonction des classes de dégâts par zone -----	42
4.5 Effet de la zone sur le poids des cabosses, des fèves et sur le nombre de fève par cabosse -----	47
4.6 Indice de Cabosse -----	48
4.7 Effet de la zone sur l'intensité des piqures par cabosse -----	49
4.8 Effet de piqures des mirides sur le poids des cabosses et des fèves en fonction des zones de production -----	50
4.8.1 Effet de piqures des mirides sur le poids moyen des cabosses et fèves fraîches dans la zone de Ngomedzap -----	51
4.8.2 Effet de piqures des mirides sur le poids moyen cabosse et fèves fraîches dans la zone de Talba -----	51
4.8.3 Effet de piqures des mirides sur le poids moyen des cabosses et des fèves fraîches dans la zone de Bokito -----	52
4.9 Relation nombre de piqures et surface piquée -----	54
CHAPITRE 5 : CONCLUSION, RECOMMANDATION et perspectives -----	55
5.1 Conclusion -----	55
5.2 Recommandations et perspectives -----	55
Références bibliographiques -----	57
ANNEXES -----	65

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Production mondiale du cacao marchand en millier de tonne de 2011 à 2014-----	7
Tableau 2: Nombre de champs en fonction de l'âge des parcelles par zone -----	30
Tableau 3: Pourcentage de chérelles flétries en fonction des classes d'âge des cacaoyers par zone-----	39
Tableau 4: Nombre moyen de cabosse piquée par arbre et nombre moyen d'arbre piqué par parcelle en fonction du traitement par zone -----	42
Tableau 5: Nombre moyen de cabosse par cacaoyer en fonction des classes de dégâts des feuilles sèches-----	44
Tableau 6: Nombre moyen de cabosse par cacaoyer en fonction des classes de piqûres sur branche par zone-----	45
Tableau 7: Nombre moyen de cabosse par cacaoyer en fonction des classes de branches nues par zone -----	46
Tableau 8: Indice de cabosse en fonction des zones-----	49
Tableau 9: poids moyen des cabosses et des fèves fraîches en fonction des classes de piqûres dans la localité de Ngomedzap. -----	51
Tableau 10: poids moyen des cabosses et des fèves fraîches en fonction des classes de piqûres dans la localité de Talba -----	52
Tableau 11: poids moyen des cabosses et des fèves fraîches en fonction des classes de piqûres dans la localité de Bokito-----	52

LISTE DES FIGURES

Figure 1: fleurs et chérelles du- cacaoyer -----	11
Figure 2: Chérelle flétrie-----	12
Figure 3: Variétés de cacao cultivées au Cameroun -----	13
Figure 4: Stades larvaires de <i>Sahlbergella singularis</i> -----	15
Figure 5: Adultes de <i>S. singularis</i> (in Babin, 2009) -----	16
Figure 6: Dégâts de <i>Sahlbergella singularis</i> sur le cacaoyer. -----	19
Figure 7: Carte de localisation -----	28
Figure 8: Schéma d'identification des cacaoyers dans une placette -----	31
Figure 9: photo de numérotation des chérelles sur un cacaoyer-----	33
Figure 10: pourcentage de chérelles flétries en fonction des zones -----	38
Figure 11: Taux de chérelles piquées devenant cabosses ou chérelles flétries-----	41
Figure 12: Nombre moyen de cabosses par cacaoyer en fonction des classes de dégâts de chancre ancien par zone-----	43
Figure 13: Poids frais moyens des cabosses (en g), poids frais et secs moyens des fèves (en g), et nombre des fèves en fonction des zones de productions -----	48
Figure 14: Nombre moyen de piqûres par cabosse par zone -----	50
Figure 15: Graphe relation surface piquée nombre de piqûre -----	54

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1: Fiches de collecte des données sur le terrain -----	65
Annexe 2: Tableau d'analyse de variance pour tester effet zone sur poids frais de la cabosse	67
Annexe 3: Tableau d'analyse de variance pour tester effet zone sur poids frais des fèves ----	68
Annexe 4: tableaux d'Analyse de la variance de l'effet des piqûres sur le poids frais des fèves et des poids frais des cabosses dans zone de Ngomedzap-----	68
Annexe 5: tableaux d'Analyse de la variance de l'effet des piqûres sur le poids frais des fèves et des poids frais des cabosses dans zone de Talba-----	69
Annexe 6: tableau d'Analyse de la variance de l'effet des piqûres sur le poids frais des fèves et des poids frais des cabosses dans zone de Bokito -----	70

LISTE DES ABREVIATIONS

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

DSDSR : Document de stratégie de développement du secteur rural

FASA: Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles

FUPROCAM : Fédération des Unions des Producteurs du Cameroun

GPS : Global Positioning System

ICCO: International Cocoa Organisation

IRAD: Institut de Recherche Agricole pour le Développement

ONCC: Office National de Cacao-Café

PIB: Produit Intérieur Brut

SAFSE : Recherche de compromis entre productions et services écosystémiques fournis par les systèmes agroforestiers

RESUME

Le cacaoyer est attaqué par plusieurs insectes les plus préjudiciables au Cameroun appartiennent à la famille des Miridae avec notamment l'espèce *Sahlbergella singularis* qui est la plus fréquente au Centre et au Sud du Cameroun. Cet insecte piqueur suceur s'alimente sur toutes les parties du cacaoyer, provoquant souvent des perturbations de croissance et par conséquent les pertes de production. Au Cameroun peu d'études se sont intéressées à l'évaluation des pertes de productions dues aux attaques des mirides à l'échelle de la cabosse et de l'arbre. Notre étude a été menée dans le but d'évaluer l'impact des attaques de *S. singularis* sur la production du cacaoyer. Cette étude a été menée dans le bassin de production du Centre-Cameroun dans trois sites : Bokito, Ngomedzap et Talba. Dans chaque site les travaux ont été menés dans 10 parcelles de 800m², 16 cacaoyers ont été suivis et sélectionnés par parcelles selon un échantillonnage aléatoire simple. La collecte des données s'est faite à un intervalle de temps de six semaines. A chaque passage toutes les chérelles et cabosses présentes sur le tronc et les branches secondaires situés à 2 m du sol ont été numérotées sur les cacaoyers et les données suivantes ont été collectées : nombre de piqûres, position des piqûres, stade de développement (chérelle, chérelle flétries, cabosse, cabosse mûre). Les dégâts sur l'arbre à savoir les chancre anciens, les feuilles sèches, les piqûres sur branches et les branches nues ont été évalués suivant une échelle de notation allant de (0 à 3). Afin d'évaluer l'effet des piqûres de *S. singularis* sur le poids des cabosses, des fèves et sur le nombre des fèves, 100 cabosses mûres piquées ont été récoltées dans chaque zone et examinées au laboratoire. Il ressort de cette étude que les piqûres de *S. singularis* n'ont pas d'effet significatif sur le poids des cabosses, des fèves fraîches et sèche et sur le nombre de fèves par cabosse. Par contre, il existe un effet significatif de la zone sur le poids des cabosses, des fèves et sur le nombre de fèves par cabosse. Bien que les dégâts occasionnés par *S. singularis* sur les chérelles soient assez rares, lorsqu'ils surviennent, ils causent en moyenne (63%) flétrissement de chérelles dans l'ensemble des trois zones. Le nombre de cabosses par cacaoyer diminue significativement en fonction de la sévérité des chancres anciens dans les zones de Ngomedzap et Bokito mais n'ont pas montré d'effet dans la zone de Talba. Les attaques sur branches, la présence de feuilles sèches, et de branches nues n'ont pas eu d'influence significative sur la production des cabosses par cacaoyer. En définitif nous pouvons dire que les dégâts de *S. singularis* sur les cabosses sont négligeables.

ABSTRACT

Cacao is attacked by many insects with the most dangerous in Cameroon being those of the family Miridae with the specie *Sahlbergella singularis* which the most frequent in the center and south regions of the country. This piercing and sucking insect's feeds on parts of the cocoa plant causing growth disorders and eventually low production. In Cameroon, few studies have been carried out on the evaluation of the destruction caused by mirids on cocoa pods and on the plant as a whole. This study is aimed at evaluating the effect of the attacks on *S singularis* on the production of cocoa. This study is carried out in the centre region production basin specifically in the bokito, talba and ngonmezap localities. In each study site, plots of 800m² where sampled, 10 for each study site giving. 16 plants where closely studied. These plants where randomly selected. Data was collected at an interval of six weeks. On each of these plants, cocoa cherelles and pods on branches and stems 2m above the ground were marked and numbered at each data collection period as they appeared. For each pod, the following information was recorded: number of insect piercings, position of piercings, development stage (cherelle, wilt, pod, and ripe pod), and position of the pod. Destruction on trees i.e. old cankers, dry leaves, piercing on branches and nude branches where evaluated and attributed a score from 0-3 depending on the gravity. In order to evaluate the effect of *S singularis* on the weight of pods, on bean seeds and on the number of bean seeds, 100 ripe pods are harvested in each locality and examined in the laboratory. The number of piercings on each pod is counted and described. From the data collected, it is observed that the piercings of *S singularis* have no significant effect on the weight of the pods, bean seeds (dry or fresh) and the number of bean seeds. On the contrary, there was a significant effect of the zone on the weight of pods, bean seeds, and the number of bean seeds. Though the destructions caused by *S singularis* are rare, when they do occur cause average (63%) wilting. The number of pods per tree significantly decreases according to the severity of Old canker in Ngomedzap and Bokito, but not has significant effect in Talba. Attacks on branches, the presence of dry leaves and of nude branches has no significant effect on the production potential of pods by a tree. At final the damages on pods are not considerable.

CHAPITRE 1: INTRODUCTION

1.1 Contexte

Le cacaoyer (*Theobromae cacao* L.) est un arbre originaire d'Amérique et cultivé essentiellement pour ses fèves, destinées à l'industrie du chocolat et dans une moindre mesure à l'industrie cosmétique et pharmaceutique (Jagoret, 2011).

La cacaoculture est une activité très ancienne, puisque le cacaoyer était cultivé par les Mayas en Amérique centrale et au Mexique bien avant la découverte du Nouveau Monde par les Espagnols en 1502 (Mossu, 1990). Mais, après avoir été pendant des siècles exclusivement américaine, la cacaoculture s'est répandue aujourd'hui dans les tropiques où l'Afrique constitue le principal producteur (Jagoret, 2011). La culture du cacaoyer connaît un essor mondial à partir de la fin du 19^{ème} siècle. Dans les années 1950, la production de fèves du continent africain représente déjà 70% de la production mondiale estimée à 700 000 tonnes (ICCO, 2008). Aujourd'hui, la production du cacao en Afrique est évaluée à 2,8 millions de tonnes pour une production mondiale d'environ 3,9 millions de tonnes (ICCO, 2014). Le cacaoyer est une culture d'importance économique au Cameroun sa production est estimée à 225 000 tonnes de cacao marchand, et occupe de ce fait le 5^{ème} rang mondial des pays producteurs après la Côte d'Ivoire, le Ghana, l'Indonésie et le Nigeria (ICCO, 2014). D'après ONCC en 2009, le cacao représentait 2 % du PIB national, 6 % du PIB primaire, 30 % du PIB du sous-secteur des produits agricoles destinés à la transformation et 40 % des exportations du secteur primaire. La culture du cacao constitue également une importante source de revenu pour le monde rural environ 400 000 producteurs et près de 2 millions de personnes en dépendent directement (Losch *et al.*, 1991). L'essentiel de sa production provient de petites exploitations familiales agricoles de 0,7 à 2 ha en moyenne situées en zones forestières à pluviométrie mono ou bimodale et dans les Hauts Plateaux (Losch *et al.*, 1991). Le rendement moyen des plantations camerounaises est faible et se situe autour de 100 à 250 kg/ha dans le Nyong et so'o, autour de 600kg/ha dans le Mbam et Kim et en conduite intensive entre 900 et 1200kg/ha (Jagoret, 2011) alors qu'il peut dépasser 3000 kg/ha lorsque les itinéraires de production sont bien respectés (Toxopeus, 1985b). Les faibles rendements obtenus s'expliquent par plusieurs facteurs parmi lesquels : le vieillissement des vergers, le faible

recours aux variétés améliorées et aux intrants agricoles, et la forte pression parasitaire qui sévit dans les zones de production (Anon, 2001).

En effet, les vergers cacaoyers du Cameroun sont soumises à une forte pression des maladies et ravageurs (Mfegue, 2002). La principale cause de perte de production cacaoyère au Cameroun est la pourriture brune, dont l'agent causal est *le Phytophthora megakarya* (Nyassé, 1997). Les pertes qui lui sont attribuées sont estimées à 50% de la production et dans les zones les plus favorables à la maladie les pertes peuvent atteindre 80% de la récolte (Desperiaux *et al.*, 1988). Les attaques d'insectes entraînent des pertes de productions non négligeables (Yede *et al.*, 2012). Ces pertes sont principalement dues à deux espèces d'Hémiptères de la famille des miridae à savoir *Sahlbergella singularis* et *Distantiella theobroma*, qui réduiraient de 25 à 30% la production des vergers en Afrique de l'Ouest plus précisément au Ghana et en Côte d'Ivoire (Lavabre *et al.*, 1962). Au Cameroun les mirides, *Distantiella theobromae* et surtout *Sahlbergella singularis* qui est l'espèce la plus fréquente au Centre et au Sud du Cameroun (Babin, 2009), sont considérés comme les principaux ravageurs du verger cacaoyer. Les dégâts occasionnés aux récoltes se traduisent en effet par une perte de tonnage estimée en moyenne à 30 % de la production nationale (Varlet et Berry, 1997). En l'absence de traitements chimiques efficaces, les pertes peuvent être plus élevées dans les cacaoyères où les attaques de mirides sont favorisées par la dégradation de la frondaison des cacaoyers et de l'ombrage forestier. Parmi les ravageurs du Cacaoyer ces deux espèces sont hautement préjudiciables au cacaoyer puisqu'elles s'attaquent non seulement aux cabosses mais également à la frondaison des arbres (Yede *et al.*, 2012). D'autres espèces se nourrissent aussi au dépens des cabosses parmi lesquelles les mirides du genre *Helopeltis* et les punaises *Pentatomidae*, *Coreidae* et *Pyrrhocoridae* (Lavabre, 1977).

Au Cameroun, où prédomine l'espèce *S. singularis*, les mirides étaient considérées comme responsables d'importants dégâts sur les vergers à partir des années 1960 et de ce fait intégrées dans les campagnes de traitement phytosanitaires, conduites en régie par les agents de l'État sur de milliers d'hectares. La crise économique qu'a connu le pays dans les années 1980 a conduit à la libéralisation de la filière cacao au Cameroun et la fin des subventions accordées aux cacaoculteurs, d'où une recrudescence des mirides qui fragilisent les plantations. Les fluctuations des cours mondiaux du cacao et le coût élevé des intrants ne permettent pas aux petits planteurs d'investir efficacement et durablement dans la lutte contre les mirides (Babin, 2009).

Les dégâts causés par les mirides ont du mal à être évalués car ils touchent à la fois les fruits et l'appareil végétatif avec des dégâts qui peuvent se cumuler au fil du temps. Il est ainsi nécessaire d'évaluer les pertes causées par les mirides sur le cacaoyer, à l'échelle de l'arbre et de la cabosse, plus particulièrement celles causées par *S. singularis* qui est prédominant dans les plantations camerounaises afin de contribuer à l'amélioration de la production du cacaoyer.

1.2 Problématique

Le cacaoyer est attaqué par une gamme de bioagresseurs responsables des baisses considérables de rendements. Il est d'autant plus vulnérable que la protection phytosanitaire dont bénéficie sa culture en Afrique s'avère mal assurée voire inexistante dans certains vergers (Yede *et al.*, 2012). Lorsque les jeunes fruits sont fortement piqués, ils jaunissent et se dessèchent. Ces piqûres provoquent souvent une perturbation de la croissance des cabosses et par conséquent des pertes de production. Les piqûres causées par les mirides sur les rameaux provoquent des blessures et des nécroses tissulaires. Ces blessures sont le plus souvent les portes d'entrées des champignons de faiblesses qui associés aux mirides créés des dessèchements progressifs des rameaux et des tiges. Les blessures créées peuvent évoluer en chancres sous l'action de champignons parasites ; ces chancres s'accumulent sur les branches des arbres et les fragilisent de manière irréversible à tel point qu'ils deviennent improductifs en quelques années et entraînent finalement la mort de l'arbre (Babin, 2009). La production réelle des cacaoyers est influencée en majeure partie par la gestion de la parcelle par les planteurs. Néanmoins, en l'absence de traitement phytosanitaire, les piqûres de *S. singularis* sur les cabosses et les frondaisons de l'arbre affectent la production de l'arbre. Les dégâts causés par les mirides sont difficile à évaluer car ils touchent à la fois les fruits et l'appareil végétatif avec des dégâts qui peuvent se cumuler au fil du temps. Malgré de nombreuses études faites au sujet des mirides *S. singularis*, très peu d'études se sont intéressées à quantifier les pertes causées par ces insectes à l'échelle de l'arbre et de la cabosse. Notre étude se propose de quantifier les pertes de productions dues aux attaques *S. singularis* à l'échelle de l'arbre et de la cabosse dans les systèmes agroforestiers complexes.

1.3 Objectifs de l'étude

1.3.1 Objectif principal

La présente étude se propose d'évaluer l'impact des attaques de (*Sahlbergella singularis*) sur la production des cacaoyers afin de contribuer à l'amélioration de la production cacaoyère.

1.3.2 Objectifs spécifiques

Il s'agit spécifiquement :

- D'évaluer l'impact des attaques des chérelles sur le développement de la cabosse (passage chérelle à cabosse ou chérelle flétrie) ;
- D'évaluer l'effet des chancres anciens, piqûres sur branches, feuilles sèches, branches nues sur la production de l'arbre ;
- D'évaluer impact des piqûres des mirides en fonction des zones de production sur le poids des cabosses et des fèves fraîches et sèches (différence de poids des fèves et cabosses entre les zones). Comparer les niveaux d'attaques en fonction des zones.

1.4 Importance de l'étude

Cette étude évalue l'impact des attaques des mirides *S singularis* sur la production du cacaoyer, afin d'évaluer l'ampleur des dégâts pour voire leurs effets sur la production du cacaoyer. Ceci devrait permettre de chercher différents axes d'amélioration des méthodes de lutte intégrée contre les mirides du cacaoyer dans les systèmes agroforestiers complexes, en vue d'augmenter la production cacaoyère.

1.5 Limite de l'étude

Cette étude s'est effectuée dans des systèmes agroforestiers complexes appartenant aux paysans. Ainsi elle fait face à l'une des principales difficultés des études en milieux réels relative au non-respect des recommandations données aux producteurs (non traitement des parcelles et la non récolte des cabosses dans les parcelles) pour une bonne conduite des parcelles expérimentales délimitées dans leurs plantations ; d'autre part, le fait que les sites

étaient éloignés les uns des autres la collecte des cabosses pour l'évaluation des dégâts a été difficile et le fait que les planteurs avaient déjà effectués les récoltes n'ont pas permis une évaluation précise des dégâts.

CHAPITRE 2 : REVUE DE LA LITTERATURE

2.1. Le cacaoyer

2.1.1. Origine et dispersion

Le cacaoyer (*Theobroma cacao L*) est un arbre originaire du bassin amazonien, dans les forêts tropicales humides d'Amérique tropicale où on le rencontre à l'état naturel (Braudeau, 1969). D'après Mossu (1990) le cacaoyer était initialement cultivé au Mexique par les Mayas, dont les fèves étaient utilisées à la fois comme aliment et monnaie d'échange.

Après la conquête du Mexique par les Espagnols, les variétés de cacaoyer d'Amérique centrale, ont été introduites d'abord dans les Caraïbes et au Venezuela, puis aux Philippines, en Indonésie, en Inde et à Madagascar (Albetus *et al.*, 1997). Dès la fin du XVI^e siècle, le cacaoyer est cultivé dans la plupart des régions tropicales d'Amérique centrale et du Sud ainsi que dans les Antilles. Les premières exportations du cacao vers l'Europe sont effectuées en 1585 au départ de Veracruz à destination de Cadix d'Espagne, l'usage du cacao se répand ensuite en Europe par les cours royales, en Italie, France, Hollande, Angleterre et en Allemagne (Mossu, 1990). En 1887 les allemands ont installé les premières plantations cacaoyères à Limbé puis sur les pentes du Mont Cameroun (Assoumou, 1977). Son extension a continué dans les plaines côtières du Littoral ensuite le long du fleuve Moungo et du Wouri et de là, la cacaoculture fut diffusée vers l'intérieur du pays (Mbondji, 2010).

2.1.2. Importance, utilisation et production du cacao

Depuis plus de deux siècles, le cacao marchand s'est imposé comme un secteur de grande importance mondiale. De nos jours, l'importance du cacao est telle qu'il occupe la troisième place après le sucre et le café, dans le marché mondial des matières premières (Solorzano, 2007).

La fève de cacao est le produit obtenu après fermentation et séchage de la graine fraîche, elle constitue la matière première dans les industries de chocolaterie, biscuiterie, pâtisserie. Les sous-produits du cacao tels que les coques, matières grasses extraites des coques et des fèves peuvent être utilisés pour l'alimentation du bétail, la fabrication d'engrais, les produits pharmaceutiques et la savonnerie (Mossu, 1990).

La production de cacao est répartie entre les pays tropicaux d’Afrique, d’Asie, d’Océanie et d’Amérique latine. La production mondiale de cacao est estimée actuellement à 3,942 millions de tonnes dont 71,5% provient de l’Afrique. Le premier producteur mondial de cacao est la Côte d’Ivoire avec une production de 1,449 millions de tonnes, le Cameroun occupe la cinquième place avec une production de 225 000 tonnes en 2013 (ICCO, 2014).

Tableau 1: Production mondiale du cacao marchand en millier de tonne de 2011 à 2014

	Production 2011/2012 (millier de tonne)		Estimation 2012/2013 (millier de tonne)		Prévision 2013/2014 (millier de tonne)	
Afrique	2919	71,5%	2820	71,5%	2942	71,7%
Cameroun	207		225		210	
Côte d’Ivoire	1486		1449		1550	
Ghana	879		835		870	
Nigeria	235		225		220	
Autres	113		86		92	
Amérique	655	16,0%	626	15,9%	666	16,2%
Brésil	220		185		200	
Equateur	198		192		210	
Autres	237		249		256	
Asie et Océanie	511		496		496	
Indonésie	440		420		410	
Papua Nouvelle Guinée	39		36		40	
Autres	33		40		46	
Production total	4085	100%	3942		4104	100%

Source : ICCO, 2014

2.1.3 Classification du cacaoyer

Autrefois classé dans la famille des Sterculiaceae, le cacaoyer a été reclassé récemment dans la famille des Malvaceae (Whitlock *et al.*, 1992). Le genre *Theobroma* comporte une vingtaine d’espèces dont une seule est largement cultivée à savoir *Theobroma cacao*. La classification de la diversité génétique de l’espèce *T. cacao* a été proposée par Morris (1882) et Cheesman (1944) en référence à trois groupes morpho-géographiques de cacaoyers traditionnellement cultivés dans le monde, il s’agit de Criollo, Forastero et

Trinitario. Bien que les groupes Criollo, Forastero et Trinitario aient servi de base à la première classification du cacaoyer, ces groupes ne reflètent plus actuellement la vraie dimension, structuration et diversité génétique de cette espèce (Bartley, 2005). La taxonomie du cacaoyer est la suivante :

Règne : Végétal
Embranchement : Spermaphytes
Tribu : Byttneriées
Ordre : Malvales
Famille : Malvaceae
Sous famille : Sterculiaceae
Genre : *Theobroma*
Espèce : *Theobroma cacao* L.

2.1.4 Ecologie du cacaoyer

Le cacaoyer a besoin de certaines conditions climatiques et édaphiques pour une croissance et un développement optimal. Les conditions optimales pour sa culture se situent entre les 10° parallèle Nord et Sud (Braudeau, 1969).

La variabilité des rendements d'une année à l'autre est de loin liée à la pluviosité que par tout autre facteur climatique. Le cacaoyer est très sensible à une déficience hydrique (Mossu, 1990). Il exige une pluviométrie moyenne annuelle comprise entre 1500 et 2500 mm de pluies. Dans les sols riches et profonds il peut cependant végéter correctement avec seulement 1100 et 1200 mm (Braudeau, 1969). Les pluies doivent être abondantes mais aussi et surtout bien réparties tout au long de l'année (Mossu, 1990). La saison sèche ne doit pas dépasser deux à trois mois, une durée plus longue conduisant la plante dans les terrains moyennement fertiles à souffrir considérablement (Braudeau, 1969).

L'humidité de l'air doit être élevée avec l'optimum de 85%, en effet au-delà de ce seuil (85%) et avec les précipitations supérieures à 2500mm, les maladies fongiques trouveraient des conditions idéales pour leur développement (Memento de l'Agronome, 1991). Selon Mossu (1990) 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 10°C.

Le cacaoyer peut se développer sur des sols d'origines très diverses, ceux avec une fertilité moyennement élevée sont préférables. En général, il se développe bien sur les sols profonds, perméables, riches en éléments minéraux et en matière organique. Le cacaoyer préfère les sols à pH proche de la neutralité, pH compris entre 5 et 8, avec un optimum se situant entre 6 et 7,5 (Wood et Lass, 1987)

Le cacaoyer est une plante ombrophile, mais requiert un minimum d'énergie solaire pour l'assimilation. Un ombrage provisoire est indispensable pendant les premières années de culture des jeunes cacaoyers. Cet ombrage provisoire doit être relativement dense, ne laissant passer que 50% de la lumière totale au moins pendant deux années après la plantation. Il sera diminué progressivement au fur et à mesure du développement du cacaoyer, mais jamais avant la formation bien établie des couronnes (Mossu, 1990).

2.1.5 Morphologie et biologie du cacaoyer

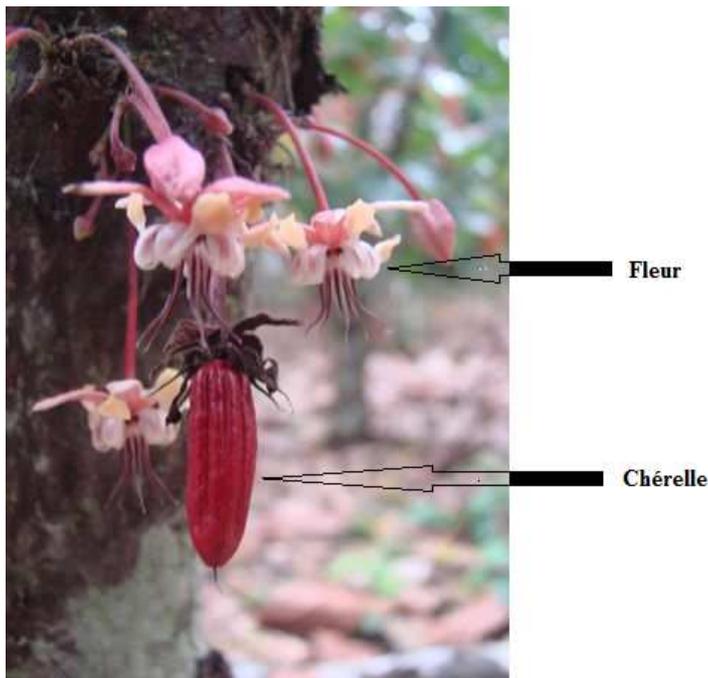
Le cacaoyer est un arbre pouvant atteindre 12 à 15 m de haut à l'état sauvage, mais lorsqu'il est cultivé, sa taille est maintenue entre 4 et 7 m afin de faciliter la récolte. Le cacaoyer est constitué d'une part, d'un pivot pénétrant profondément dans le sol qui atteint jusqu'à 2 m de profondeur et 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 de l'arbre (Mossu, 1990).

La partie aérienne du cacaoyer se constitue à partir du tronc, qui se développe d'abord en un axe vertical (orthotropie), dont la croissance en hauteur s'effectue par poussées successives jusqu'à l'âge de 18 mois environ (Jagoret, 2011). Elle est alors interrompue par la dégénérescence du bourgeon terminal, sous lequel apparaissent simultanément les premières ramifications, sous forme d'un verticille de cinq rameaux à développement subhorizontal (plagiotropie). Le développement des ramifications latérales est assuré par des poussées foliaires successives, séparées par des périodes de repos de 8 à 10 semaines. Ces rameaux deviendront les branches charpentières de la frondaison, qui constitueront avec les ramifications secondaires auxquelles elles donneront naissance, la couronne du cacaoyer. La croissance des branches de la couronne indéfinie et discontinue, se fait par des poussées

foliaires successives (« *flushes* »), en général au nombre de quatre à cinq par an, séparées par des périodes de dormance des bourgeons terminaux. Au moment de l'apparition de la couronne, le tronc atteint une hauteur moyenne de 1,5 mètre, souvent considérée comme définitive. Par ailleurs, d'autres bourgeons axillaires, situés à l'aisselle d'une feuille ou d'une cicatrice foliaire, ou sous les branches de la couronne, peuvent, si l'agriculteur les maintient, se développer et donner naissance à des rejets orthotropes qui se comporteront exactement comme le tronc initial (Jagoret, 2011).

Les feuilles du cacaoyer sont persistantes caractérisées par une grande taille, une forme simple, lancéolée ou oblongue selon le génotype, pointue et penninerve (Charrier, 1969). Elles mesurent 20 à 30 cm de long et 7 à 12 cm de large et de couleur vert foncée à maturité (Wood, 1973). Les jeunes feuilles qui apparaissent lors de la croissance du tronc ou des poussées foliaires sont très souvent pigmentées. Leur couleur peut varier, selon les arbres, du vert pâle plus ou moins rosé au violet foncé. De consistance molle, ces jeunes feuilles sont pendantes. Au cours de leur maturation, les feuilles prennent une couleur vert foncé et acquièrent une rigidité qui leur permet de se maintenir selon un port sub-horizontale. La période d'activité photosynthétique de la feuille est à son optimum durant les quatre à cinq premiers mois de son existence. Elle rentre ensuite en phase de sénescence, devient cassante et tombe après une vie moyenne d'une année. L'arbre porte toujours des feuilles d'âges différents issus de quatre à cinq poussées foliaires annuelles. Les feuilles exposées à la lumière sont plus fortes et plus épaisses que les feuilles ombragées (Mossu, 1990).

Les inflorescences sont portées sur le tronc (cauliflorie) ou sur les branches maitresses (ramiflorie), les fleurs sont groupées en inflorescences. Elles se forment à l'aisselle d'anciennes cicatrices foliaires développer en "coussins floraux" où vont se développer successivement des boutons floraux, des fleurs et enfin des fruits. La fleur de cacaoyer est de petite taille son diamètre varie de 0,5 à 1 cm et elle est supportée par un pédicelle de 1 à 3 cm de long, elle est hermaphrodite (Mossu, 1990).

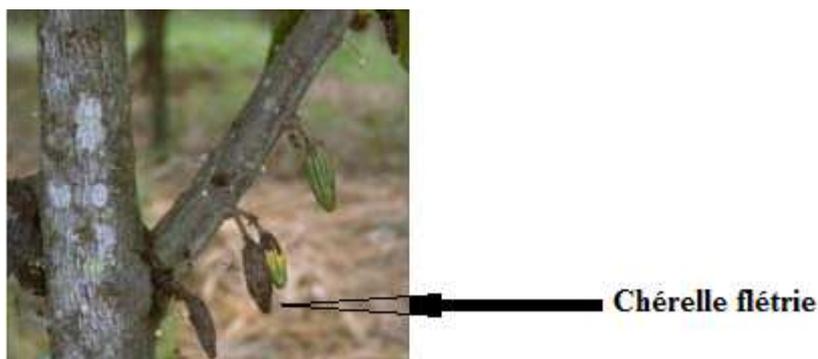


(Source : photo Elomo, 2014)

Figure 1: fleurs et chérelles du- cacaoyer

Le cacaoyer est une plante diploïde avec $2n = 20$ chromosomes et essentiellement allogame. Sa pollinisation est principalement assurée par les insectes. Près de 60% des fleurs produites par le cacaoyer ne sont pas pollinisées et tombent au bout de quarante-huit heures. Environ 5% seulement des fleurs pollinisées reçoivent un nombre de grains de pollens nécessaire et suffisant pour féconder l'ovule (Mossu, 1990). On rencontre de nombreux cas d'incompatibilité chez les fleurs du cacaoyer : auto incompatibilité et même incompatibilité entre clones d'un même groupe génétique.

La fécondation d'une fleur de cacaoyer donne lieu à la formation du fruit du cacaoyer appelé chérelle, même si la fécondation par le pollen a été suffisante, près de 90 % des chérelles peuvent également disparaître avant l'âge de trois mois. Elles se dessèchent et noircissent tout en restant attachées à l'arbre. Ce phénomène est appelé "cherelle flétrie". Ce dessèchement des jeunes fruits est un mécanisme induit par une régulation de la plante elle-même qui tend ainsi à limiter le nombre de fruits à un niveau physiologiquement supportable par l'arbre (Mossu, 1990). Les chérelles flétries peuvent être dû aux piqûres d'insectes (mirides) (Badegana, 2005) et à d'autres facteurs externes



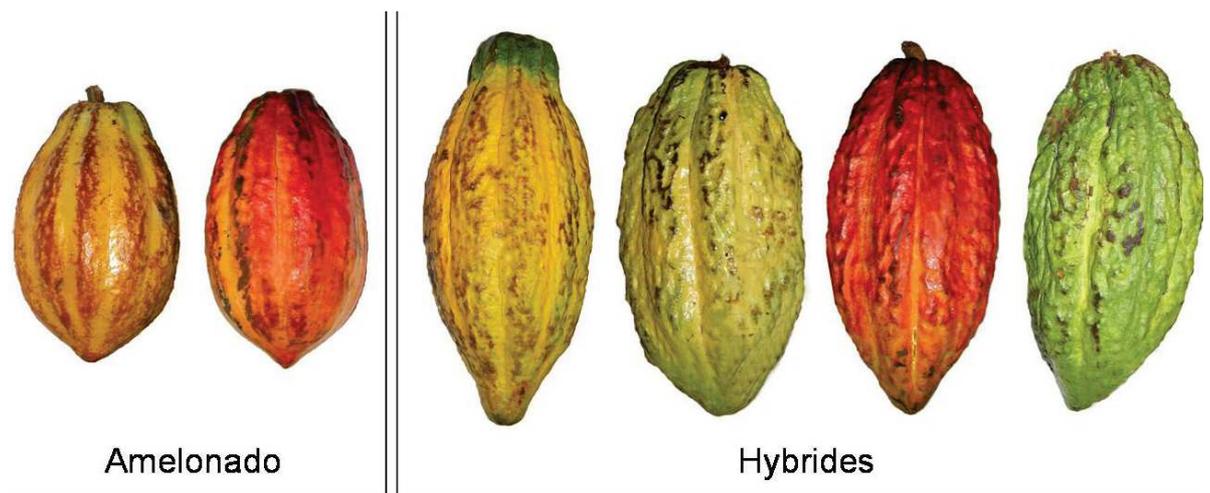
(Source : photo Elomo, 2014)

Figure 2: Chérelle flétrie

Les chérelles croissent puis deviennent des cabosses. Lorsque les cabosses ont leur taille définitive, elles atteignent la maturité après 5 à 6 mois selon les origines. La cabosse, avant maturité peut être soit verte, soit rouge-violet plus ou moins foncé, soit verte partiellement pigmentée de rouge-violet. La cabosse est reliée à la plante par un pédoncule ligneux de 2cm de long environ, sa forme et ses dimensions varient selon la variété de cacaoyer. Le fruit du cacaoyer est une baie indéhiscente et volumineuse, il peut contenir en moyenne 15 à 50 graines ou fèves de cacao enveloppées d'une pulpe mucilagineuse épaisse sucrée et acidulée, serrées les unes contre les autres en cinq rangées groupées autour du placenta central (Mossu, 1990).

2.1.6 Les variétés de cacao

Deux grands groupes variétaux ont été différenciés au Cameroun à savoir : les cacaoyers Amelonado, ou « cacao allemand », sont en principe les descendants des premiers arbres introduits par les allemands au Cameroun à la fin du 19ème siècle et les cacaoyers hybrides sont issus des programmes de sélection de la recherche camerounaise. Le matériel végétal hybride a généralement pour base génétique des Trinitario, forme hybride entre Forastero et Criollo, qui ont servi de base génétique dans de nombreux programmes de sélection conduits au Cameroun (Babin, 2009).



(Source : Jagoret, 2011)

Figure 3: Variétés de cacao cultivées au Cameroun

2.2. Les ravageurs du cacaoyer

La culture du cacaoyer est soumise aux attaques de nombreux ravageurs dont ceux causant le plus de dégâts économique sont des insectes ; parmi ceux-ci les mirides ou capsides demeurent les plus importants (Badegana *et al.*, 2005). Au Cameroun, les genres les plus rencontrés sont *Sahlbergella*, *Distantiella* et *Helopeltis*. *Sahlbergella singularis* est de loin l'espèce la plus répandue (Babin, 2009).

2.2.1 *Sahlbergella singularis* : espèce la plus préjudiciable au Cameroun

2.2.1.1 Distribution géographique

Sahlbergella singularis est une espèce de la zone forestière d'Afrique de l'Ouest et Afrique centrale son aire de distribution s'étend de la Sierra Leone à la République Démocratique du Congo (RDC). À l'est, elle ne dépasse pas la république Centrafricaine cette espèce est également présente sur l'île de Bioko (Guinée Équatoriale) qui se situe à une trentaine de Km du Littoral du Cameroun (Entwistle, 1972). Les principaux pays producteurs de cacao concernés par ce ravageur sont la Sierra Leone, le Libéria, la Côte d'Ivoire, le Ghana, le Togo, le Nigeria et le Cameroun (Babin, 2009).

2.2.1.2 Position taxonomique

Sahlbergella singularis fût décrite pour la première fois en 1895 par Haglund à partir d'un spécimen provenant du Congo français (Entwisle, 1972).

La position systématique de *S. singularis* au sein des Hemiptères est la suivante :

Ordre : Hemiptera

Sous ordre : Heteroptera

Infra ordre : Cimicomorpha

Super famille : Incertaesedis

Famille : Miridae

Sous famille : Bryocorinae

Tribu : Odoniellini

Genre : *Sahlbergella*

Espèce : *singularis* Haglund 1895

2.2.1.3 Morphologie

L'œuf de *S. singularis* mesure 1,6 mm à 1,9 mm de forme cylindrique et légèrement incurvé. La partie antérieure est carénée et portant deux appendices blancs de longueurs différentes, le plus court ayant 0,6 mm. L'œuf est de couleur blanchâtre à la ponte, devenant rosée peu de temps avant l'éclosion.

La larve est de couleur rose foncée puis marron, de forme générale arrondie, globuleuse. Une ébauche d'ailes dans les derniers stades larvaires, segments abdominaux marqués de gros tubercules arrondis, disposés transversalement sur chaque segment. Le thorax et l'écusson chagrinés. Les antennes présentant les mêmes caractères que ceux de l'adulte (Kumar *et al.*, 1974).



(Source : Babin, 2009)

Figure 4: Stades larvaires de *Sahlbergella singularis*

Stade L1 : 1,8 mm ; stade L2 : 2,2 mm ; stade L3 : 3,5 mm ; stade L4 : 4,6 mm et stade L5 : 6.6 mm.

Sahlbergella singularis, adulte mesure 8 à 9 mm de long chez le mâle, et 9 à 10 mm chez la femelle. Il est de couleur marron rappelant celle de l'écorce du cacaoyer, la tête et l'écusson sont légèrement plus clairs que le reste du corps. La tête est transverse, les yeux proéminents, les antennes sont assez longues légèrement plus allongées que la moitié du corps de l'insecte. Les antennes sont constituées de quatre articles : le premier le plus court, ovoïde, le deuxième le plus allongé, faiblement renflé à son extrémité ; le troisième est claviforme ; le quatrième est subelliptique et légèrement plus coloré que le reste de l'antenne. Une fine pilosité recouvre toute l'antenne. Le thorax et scutellum ponctués et couverts de protubérances tuberculaires brillantes, et de fines pilosités. Le corselet plus large que long et présentant antérieurement un bourrelet assez net, limité par un sillon transverse. En arrière de ce dernier, deux petites plaques lisses (calli). Un corie marron foncé, recouverte de pilosité

dense. La membrane noirâtre ne présentant qu'une seule cellule basale. Les pattes recouvertes de poils courts très denses, les tibias rectilignes, tarsi très fins, présence d'un cunéus et absence d'embolium (Lavabre.E.M, 1977)

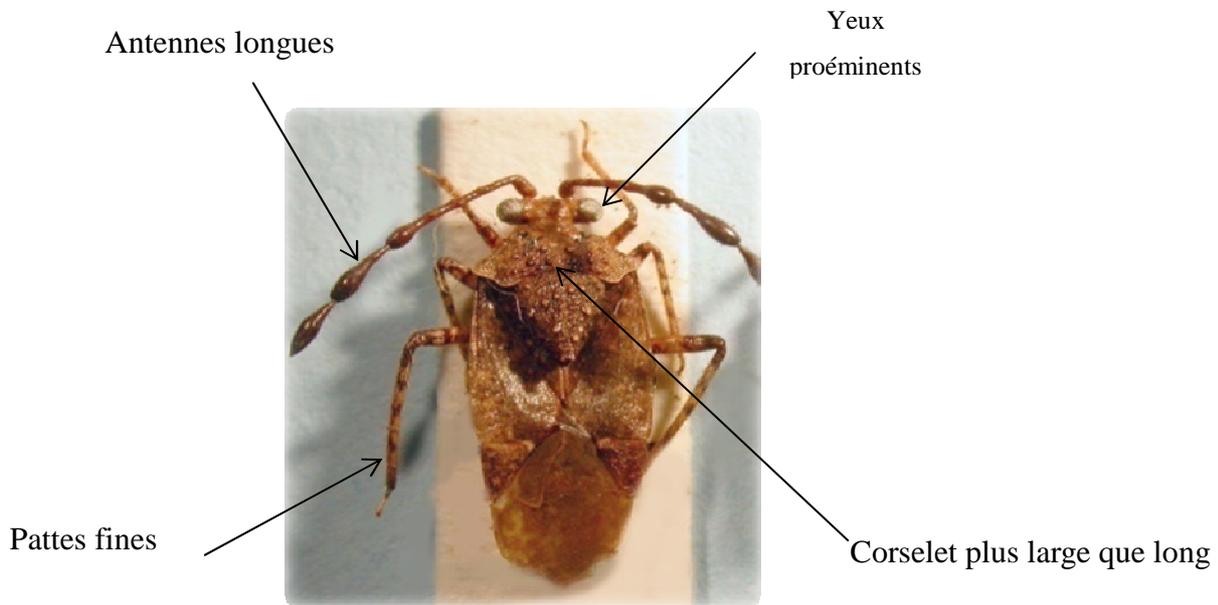


Figure 5: Adultes de *S. singularis* (in Babin, 2009)

2.2.1.4 Biologie

Les données sur la biologie de *S. singularis* sont généralement anciennes et incomplètes. Le cycle biologique de *S. singularis* est décrit pour la première fois par Cotterell (1926). Sur le cacaoyer la femelle de *S. singularis* insère ses œufs individuellement ou plus rarement par deux dans le cortex des cabosses ou sous l'écorce des jeunes branches, des gourmands et des pédoncules des feuilles. Seul le sommet de l'œuf (opercule) et les deux filaments respiratoires sont visibles. La fécondité moyenne serait comprise entre 30 et 50 œufs par femelle, et la fécondité moyenne journalière serait proche de 4 œufs par femelle par jour. La fécondité est variable au sein des populations étudiées (Babin, 2009). Certaines femelles sont très fécondes et peuvent pondre environ 179 œufs par femelle (Entwistle, 1972). La durée du développement embryonnaire serait comprise entre 15 et 20 jours avec une durée

minimale de 9 jours (Youdeowei, 1973) et une durée maximale de 21 jours (Kumar *et al.*, 1974). Le développement larvaire de *S. singularis* comprend 5 stades, dont la durée croît sensiblement des jeunes stades aux stades âgés. En effet, la durée de développement du stade L1 est de 3 à 4 jours en moyenne et celle du stade L5 de 5 à 7 jours en moyenne. La durée totale du développement larvaire est de 20 à 25 jours environ, avec un minimum de 18 jours et un maximum de 36 jours (Lavabre, 1962). La dernière mue larvaire, ou mue imaginale, donne naissance à un adulte ailé, mâle ou femelle.

2.2.1.5 Écologie

Sahlbergella singularis est une espèce oligophage de la zone forestière d'Afrique de l'Ouest et d'Afrique centrale qui se nourrit principalement aux dépens de plantes ligneuses arbustives ou arborées de l'ordre des malvales et plus précisément des familles des sterculiaceae, malvaceae, Tiliaceae et Bombacaceae (Babin, 2009). Les mirides du cacaoyer sont des insectes photophobes (Madge, 1968), des mœurs crépusculaires et nocturnes (Entwistle, 1972). Dans la nature, pendant la journée, les larves et adultes de *S. singularis* se réfugient fréquemment dans les zones de contact entre les cabosses et l'écorce du tronc et des branches du cacaoyer, dans la zone de jonction entre les branches et les anfractuosités de l'écorce. Ils choisissent les sites dans le but d'échapper aux rayons directs de soleil, aux conditions de température et d'humidité relative extrême, ainsi qu'aux prédateurs (Entwistle, 1972 ; Youdeowei 1977). Avant la tombée de la nuit les insectes quittent ces lieux de repos pour se rendre sur les sites d'alimentation et de ponte : cabosse et pousse orthotropes (gourmands) sur le tronc les branches et rameaux vert aux extrémités des branches où ils seraient actifs jusqu'à l'aube (Youdeowei, 1977). Bien que les mirides du cacaoyer n'aient pas le soleil, la lumière serait un facteur environnemental favorisant les attaques des mirides car les mirides choisissent les cacaoyers en plein soleil pour se développer. Ceci s'explique probablement par une croissance végétative du cacaoyer qui serait, dans les zones ensoleillées, favorable au développement des mirides. (Babin, 2009).

2.2.2 Dégâts causés par *Sahlbergella singularis*

Sahlbergella singularis comme tous les Hémiptères est un insecte piqueur suceur, lors d'une piqûre alimentaire, l'enfoncement du stylet est suivi d'un important prélèvement de

sève. L'insecte injecte sous haute pression une salive phytotoxique contenant des enzymes digestives (Badegana *et al.*, 2005). Les dégâts occasionnés à la plante sont dus d'une part aux blessures causées par l'intrusion des pièces buccales et d'autre part, à la lyse des cellules sous l'effet des enzymes salivaires. Ces dégâts se matérialisent par des décolorations des feuilles (chloroses), la déformation des fruits, des feuilles, des bourgeons, des jeunes rameaux et des lésions parfois graves des tissus de la plante (Wheeler, 2000).

Quant aux dégâts occasionnés aux chérelles, ils peuvent entraîner des déformations importantes des fruits en cours de croissance voir le dessèchement du fruit si le pédoncule est atteint. Sur la cabosse, la zone de piqûre prend une forme d'un bouchon noir de tissus mort nettement différentiable des tissus sains des alentours. En cas de piqûres multiples ces zones peuvent se rejoindre pour former des crevasses dans le cortex (Williams, 1953).

Toutefois, la plus grande part des pertes de production due aux attaques des mirides en Afrique est due aux attaques sur les rameaux et les branches. Les piqûres infligées aux rameaux provoquent la nécrose des tissus et des pertes importantes de feuillage qui se dessèche du fait de l'arrêt de l'approvisionnement des tissus en sève. En outre, les blessures évoluent en chancres sous l'action combinée de champignons parasites. Les chancres s'accumulent sur les branches des arbres et les fragilisent de manière irréversible à tel point qu'ils deviennent improductifs en quelques années et sont fréquemment envahis par des champignons parasites de faiblesse qui entraînent finalement leur mort (Williams, 1953). Lorsque les mirides s'attaquent aux rameaux verts, les lésions entraînent généralement la destruction des vaisseaux conducteurs et une rupture brutale et définitive de l'alimentation en sève de la partie terminale des branches, qui se dessèche (Williams, 1953). Les jeunes feuilles brunissent mais restent accrochées plusieurs semaines aux branches. Dans les plantations fortement infestées, ce type de dégâts peut être observé sur de grandes superficies. Ces piqûres de mirides sont aussi les portes d'entrées des champignons de faiblesse tels que *Calonectria rigidiuscula*. De plus il n'y a pas formation des fleurs à l'endroit de la piqûre ce qui peut être irréversible (Badegana *et al.*, 2005).



Source : Babin, 2009

Figure 6: Dégâts de *Sahlbergella singularis* sur le cacaoyer.

A : piqûres sur une jeune cabosse avec formation de crevasses dans le cortex et déformation du fruit ;

B : chancre sur un rameau semi-aoûté ;

C : chancres sur l'écorce d'une branche ;

D : dessèchement des feuilles après piqûres des jeunes rameaux ;

E : « die-back » dû à une infection par un champignon parasite (des gourmands sont visibles au pied des arbres).

2.2.3 Méthodes de lutte contre *S. singularis*

2.2.3.1 Lutte chimique

L'utilisation d'insecticides a toujours été et reste encore aujourd'hui la méthode la plus employée pour la lutte contre les mirides du cacaoyer (Lavabre, 1977). En effet, ces ravageurs se sont montrés globalement très sensibles aux différentes matières actives utilisées notamment, le DDT, le lindane, d'autres matières actives de la famille des organochlorés, dont l'aldrine et dieldrine ont été testées. Mais ces molécules ne rencontrent pas le même succès que le lindane à cause de leur forte toxicité (Nguyen Ban, 1977)).

Dès le début des années 60, des problèmes de résistance au lindane sont rapportés au Ghana pour l'espèce *D. theobroma* et au Nigeria pour l'espèce *S. singularis* (Youdeowei, 1971; Entwistle, 1972).

Ensuite, de nouvelles familles d'insecticides sont explorées et les carbamates notamment le Boygon et le sevin (carbaryl), montrent des propriétés insecticides proches voir supérieures au lindane. Un autre carbamate, le propoxur et certaines molécules appartenant à la famille des organochlorés sont proposés au Nigéria comme des insecticides alternatifs au lindane (Lavabre *et al.*, 1965). Les essais de nouvelles molécules se poursuivent dans les années 70 et 80, dans le but d'identifier des produits plus spécifiques et moins toxiques, et de contourner d'éventuelles résistances aux nouvelles matières actives (Decazy, 1979). Les pyréthriinoïdes de synthèse se montrent généralement moins efficaces que les carbamates et les organophosphorés et ils ne sont généralement pas retenus pour la lutte anti mirides (Owusu-Manu, 1984). Depuis quelques années, des matières actives de la famille des néonicotinoïdes, notamment le thiametoxam et l'imidaclopride, sont arrivées sur le marché des pesticides destinés à la cacaoculture.

Très récemment, l'Union Européenne, principal acheteur de cacao a mis en place une nouvelle réglementation sur les pesticides utilisés en cacaoculture et a fixé les limites maximales de résidus (LMR) dans les fèves de cacao. Cette mesure, qui est en vigueur au Cameroun depuis septembre 2008, interdit certaines matières actives comme l'endosulfan et le diazinon, qui étaient encore recommandées et largement utilisées par les planteurs dans un passé récent (Anon, 2008).

2.2.3.2 Lutte agronomique

La lutte agronomique regroupe l'ensemble des méthodes culturales permettant de créer des conditions défavorables au développement des populations d'insectes ravageurs. Pour les mirides, il s'agit :

- d'éliminer des cacaoyers les pousses orthotropes (gourmands) sur lesquelles les mirides pondent et s'alimentent, surtout en période d'absence de cabosses ;
- de supprimer des plantations les plantes hôtes alternatives des mirides et notamment le colatier (Malvaceae) régulièrement associé aux cacaoyères ;
- de tailler les cacaoyers de manière à éliminer les branches endommagées, tout en veillant à ce que les frondaisons restent jointives;
- d'entretenir un ombrage homogène au-dessus de la cacaoyère, par la plantation d'arbres à croissance rapide (Babin, 2009).

La gestion de l'ombrage des cacaoyères est un exercice complexe car un ombrage excessif peut favoriser le développement des maladies fongiques telles que la pourriture brune des cabosses. La gestion de l'ombrage est souvent considérée comme une stratégie efficace de lutte contre les ravageurs (mirides) du cacaoyer. L'existence d'une relation entre l'ombrage de la cacaoyère et les dégâts dus aux attaques de mirides est un fait établi, ainsi il a été démontré que les parcelles dépourvues d'ombrage étaient généralement plus attaquées que celles ombragées. Les dégâts de mirides sont plus sévères dans « les trous de lumière » provoqués par une interruption de la canopée d'ombrage (Babin *et al.*, 2010). Il convient par conséquent de trouver l'équilibre entre un ombrage relativement homogène et une bonne aération de la plantation qui peut réduire l'impact de la pourriture brune (Lass, 1985). Les arbres forestiers fournissent un ombrage plus homogène que les arbres fruitiers, il est par conséquent probable que leur présence dans les cacaoyères limite l'apparition des trous de lumière et de poches à mirides (Babin, *et al.*, 2010).

2.2.3.3 Lutte génétique

La lutte variétale contre les mirides consiste à remplacer les variétés de cacaoyers traditionnellement cultivées par les planteurs par des variétés plus résistantes et/ou plus

tolérantes aux attaques (Babin, 2009). Ce moyen de lutte apparaît aujourd'hui comme un axe majeur de la lutte intégrée contre de nombreux bioagresseurs et pour la plupart des cultures (Mariau, 1996). Les mécanismes impliqués dans la résistance/tolérance du cacaoyer aux mirides n'ont pas encore été décrits. Toutefois, une étude a montré que la présence de composés phénoliques, de la famille des flavonols, apportant une teinte jaune aux jeunes feuilles de cacaoyer, a été décelée de manière systématique chez les clones particulièrement sensibles aux mirides (Cros *et al.*, 1996). L'implication de ces composés dans l'attractivité des génotypes vis-à-vis des mirides reste à démontrer.

2.2.3.4 La lutte biologique

Cette méthode de lutte repose sur « l'utilisation d'organismes vivants pour prévenir ou réduire les dégâts causés par des ravageurs ». Pour les mirides, elle est traditionnellement basée sur l'utilisation d'insectes ou d'arthropodes entomophages (exoparasites, endoparasites ou prédateurs) (Lavabre, 1977). Toutefois, le terme de lutte biologique est souvent employé en opposition à la lutte chimique, pour toute méthode de lutte ne faisant pas usage de produits chimiques (Babin ; 2009). Dans le cas des insectes, les organismes vivants utilisés sont des insectes parasitoïdes, des prédateurs, des nématodes ou des acariens parasites, des champignons entomopathogènes, des bactéries ou des virus.

Les parasitoïdes de *S. singularis* sont peu nombreux et les taux de parasitisme enregistrés dans la nature sont insuffisants pour envisager de les utiliser en lutte biologique (Lavabre, 1977). Les prédateurs, malgré leur diversité, ne semblent pas suffisamment spécifiques pour présenter un intérêt en lutte biologique. Toutefois, une attention particulière a été portée sur le rôle que pourraient jouer les fourmis dans la lutte contre les mirides. En effet, les fourmis sont extrêmement nombreuses et diversifiées dans les cacaoyères. Elles représenteraient au moins 80 % de la biomasse animale dans les écosystèmes tropicaux (Babin, 2009). Leur impact sur les maladies et ravageurs du cacaoyer a été étudié de manière assez approfondie et le potentiel des espèces dominantes comme agents de lutte biologique a été évalué en Asie et en Amérique latine (Khoo et Chung, 1989 ; Way et Khoo, 1989 ; Graham, 1991 ; Way et Khoo, 1991 ; Way et Khoo, 1992 ; Majer et Delabie, 1993). *Oecophylla longinoda* (Latr.) et *Macromischoides aculeatus*(Mayr) (*Tetramorium aculeatum*), et certaines espèces des genres *Camponotus*, *Crematogaster* et *Polyrachis* sont considérées à la fois comme des espèces

dominantes dans les plantations du Ghana et comme des prédateurs de *D. theobroma*. Au Cameroun, Bruneau de Miré (1969) a étudié une technique d'assainissement des plantations contre les insectes ravageurs développée par certains producteurs de cacao de la région de Kribi en utilisant une fourmi venimeuse *Wasmannia auropunctata* Roger, encore appelée « petite fourmi de feu ». Cette espèce prolifère dans les cacaoyères et elle est agressive envers les insectes phytophages, en particulier les mirides. Certains planteurs ont su en profiter en l'introduisant avec succès dans leur cacaoyère. *Wasmannia auropunctata* est une espèce originaire du Nouveau Monde, introduite accidentellement au Gabon dans les années 1920 et qui est considérée aujourd'hui comme une espèce envahissante mettant en péril la biodiversité de certaines forêts d'Afrique centrale (Wetterer *et al.*, 1999). Elle est donc à exclure de tout programme de lutte biologique contre les mirides.

L'utilisation de champignons entomopathogènes est en cours d'expérimentation au Ghana et au Cameroun (Padi *et al.*, 2001 ; Mahot *et al.*, 2006). Cependant, aucun résultat témoignant de l'efficacité des mycoinsecticides contre les mirides n'a été publié (Babin, 2009)

2.2.4 Autres ravageurs

Il existe d'autres insectes ravageurs du cacaoyer notamment la punaise pentatomide (*Bathycoelia ovalis*), les cochenilles, les cicadelles et les lépidoptères défoliateurs, les psylles (*Mesohomotamo tessmanni*), les chenilles mineurs de troncs, de branches et cabosses, les thrips, les foreurs de cabosses, les foreurs de tiges de cacaoyer. À ces derniers s'ajoutent les rats, les écureuils et les singes qui rongent les cabosses et peuvent entraîner la perte de plus de la moitié de la production.

2.2.5 Les maladies du cacaoyer

La pourriture brune des fruits du cacaoyer, la moniliose et le balai de sorcière sont principales maladies du cacaoyer responsables des pertes annuelles estimées à plus de 40 % de la production mondiale (Flood *et al.*, 2004)

2.2.5.1 Balai de sorcière

Cette maladie est causée par un champignon appelé *Moniliophthora perniciosa*, autre fois appelé *Crinipellis perniciosa*. Il attaque toute la plante, cause une croissance anormale et des lésions sur les racines, branches et fruits (Wilbert. P., *et al.*, 2009). Les cabosses restent naines prenant une forme atrophiée, sèchent et pourrissent sur l'arbre sans jamais atteindre la maturité. A ces symptômes sur les cabosses sont associés des symptômes beaucoup plus spectaculaires sur les rameaux, jeunes pousses et coussinets floraux où la maladie provoque une poussée hypertrophique des bourgeons, qui se développe en balai de sorcière. Cette maladie entraîne des pertes considérable de cabosses (jusqu'à 90%). (Mossu, 1990). La lutte prophylactique contre cette maladie consiste au maintien d'un ombrage sur la plantation, la taille sanitaire, l'incinération des tissus malades (Mossu, 1990). La lutte chimique consiste à l'application de l'oxyde cuivreux ou hydroxyde de cuivre qui réduisent la maladie de presque 86% et 79% respectivement (Asha *et al.*, 2006). Les travaux sont effectués sur l'utilisation des agents de lutte biologique tels que *Trichoderma stromaticum* pour le contrôle de cette maladie (Samuel *et al.*, 2000).

2.2.5.2 Moniliose

La moniliose est une maladie causée par le champignon *Moniliophthora roreri*. Cette maladie est courante dans les zones cacaoyères d'Amérique centrale et du sud où elle constitue potentiellement la plus grande menace à la production du cacao (Janny. G, Barbara. J, Ritchie et Flood J ; 2003). Elle n'affecte que les tissus méristématiques : les cabosses adultes présentent le plus souvent avant la maturité des taches brunes aux contours sineux et recouvertes d'un revêtement sporifère blanc, nacré à l'intérieur du fruit, les graines sont amalgamées en masse brune plus ou moins liquéfiée et ce avant même l'apparition extérieure des symptômes. Les cabosses sèchent sur l'arbre et laissent échapper au moindre contact et sous l'effet du vent un nuage de spores. Les pertes des récoltes dues à cette maladie peuvent dépasser 70%. La lutte prophylactique contre cette maladie consiste au retrait des cabosses momifiées avant chaque période de nouaison, faire la récolte sanitaire hebdomadaire, à réduire l'humidité ambiante et à régler l'ombrage. La lutte chimique consiste en l'application d'oxyde de cuivre chaque semaine en période de floraison-nouaison puis tous les 10 à 12 jours (Mossu, 1990). L'utilisation des agents de lutte biologique du genre *Trichoderma*, les

bactéries de souche Bacillus et Pseudomonas permet de réduire les pertes dues à cette maladie (Janny *et al.*, 2003).

2.2.5.3 La pourriture brune

De toutes les maladies du cacao dans le monde, la pourriture brune des cabosses causée par *Phytophthora spp* provoque de grandes pertes de productions. Les pertes annuelles peuvent aller de 20 à 30% de la production mondiale (Nyassé, 1993). Au Cameroun Muller (1981) chiffre le niveau moyen de dommage de *Phytophthora* à 50% pouvant atteindre 90% dans certaines conditions favorables de la maladie. La pourriture brune des cabosses du cacaoyer est causée par plusieurs espèces de phytophthora. Il s'agit de *Phytophthora palmivora* présent dans les zones tropicales et subtropicales, de *P. megakarya* présent seulement en Afrique centrale et de l'ouest, du *P. capsici* et *P. citrophthora* présent dans les régions tropicales et subtropicales (Janny. C *et al.* ; 2003). Les symptômes causés par les différentes espèces de Phytophthora sur les cabosses de cacao sont tous similaires. La maladie commence avec l'apparition des taches translucides près de deux jours après l'infection, les taches deviennent brun chocolat puis noircissent et se répandent rapidement jusqu'à ce que la cabosse soit entièrement couverte. En 14 jours environ, la cabosse devient complètement noire et tous les tissus internes même les fèves se dessèchent pour former les cabosses momifiées (Janny *et al.*, 2003). Actuellement pour combattre cette maladie, la lutte intégrée est envisagée elle inclut les pratiques culturales, la sélection des variétés résistantes et l'utilisation des antagonistes contre *Phytophthora spp* (Mpika. J, 2009). Les méthodes culturales de lutte consistent à empêcher le champignon de s'étendre à travers la plantation (Janny *et al.*, 2003). La récolte sanitaire, le désherbage, la taille sont des opérations qui contribuent à réduire la propagation de la maladie (Ndoumbé-Nkeng *et al.* ; 2004). La lutte chimique consiste à l'emploi des fongicides, il donne de meilleurs résultats en association avec les méthodes culturales dans une approche intégrée (Janny *et al.*; 2003). L'utilisation de l'oxyde de cuivre a entraîné une réduction notable des taux des attaques de *Phytophthora spp* sur les cabosses de cacaoyer et d'avantage lorsque l'oxyde de cuivre est associé au métalaxyl (Pohe. J, Pohe. S, Okou stealle. F ; 2013). La lutte génétique consiste à sélectionner des cacaoyers moins sensibles à la pourriture brune cette méthode de lutte reste une priorité vue l'importance des pertes occasionnées par cette maladie d'une part et des contraintes liées à

l'utilisation des pesticides d'autre part. Malgré le fait que l'évaluation de la résistance du cacaoyer à partir des organes autres que les cabosses ait réduit le temps de sélection et ait accru l'amélioration génétique de la plante, il n'existe pas des cacaoyers totalement résistants, tandis que d'autres échappent à la pourriture parce que leur cycle de fructification se situe en dehors de la période favorable au développement de la maladie (Mpika *et al.*, 2009). Lutte biologique consiste à utiliser de micro-organismes antagonistes surtout les espèces du genre *Trichoderma* fait l'objet d'un axe de recherche depuis quelques années dans de nombreux pays (Hildago *et al.*, 2003 ;Samuels et Hebbbar, 2005 ; Tondje *et al.*, 2005 ; Bateman *et al.*, 2005 ;Holmes *etal.*, 2006; Mpika *e tal.*, 2009 ; Krauss *et al.*, 2010). Les recherches au Cameroun se résument à présent à l'évaluation de l'activité antagoniste en milieu contrôlé et réel et à la préparation des formulations des souches de *Trichoderma* présentes (Tondje *et al.*, 2007 ; Deberdt *et al.*, 2008 ; Mbarga, 2010).

CHAPITRE 3 : MATÉRIELS ET MÉTHODES

3.1. Présentation des zones d'étude

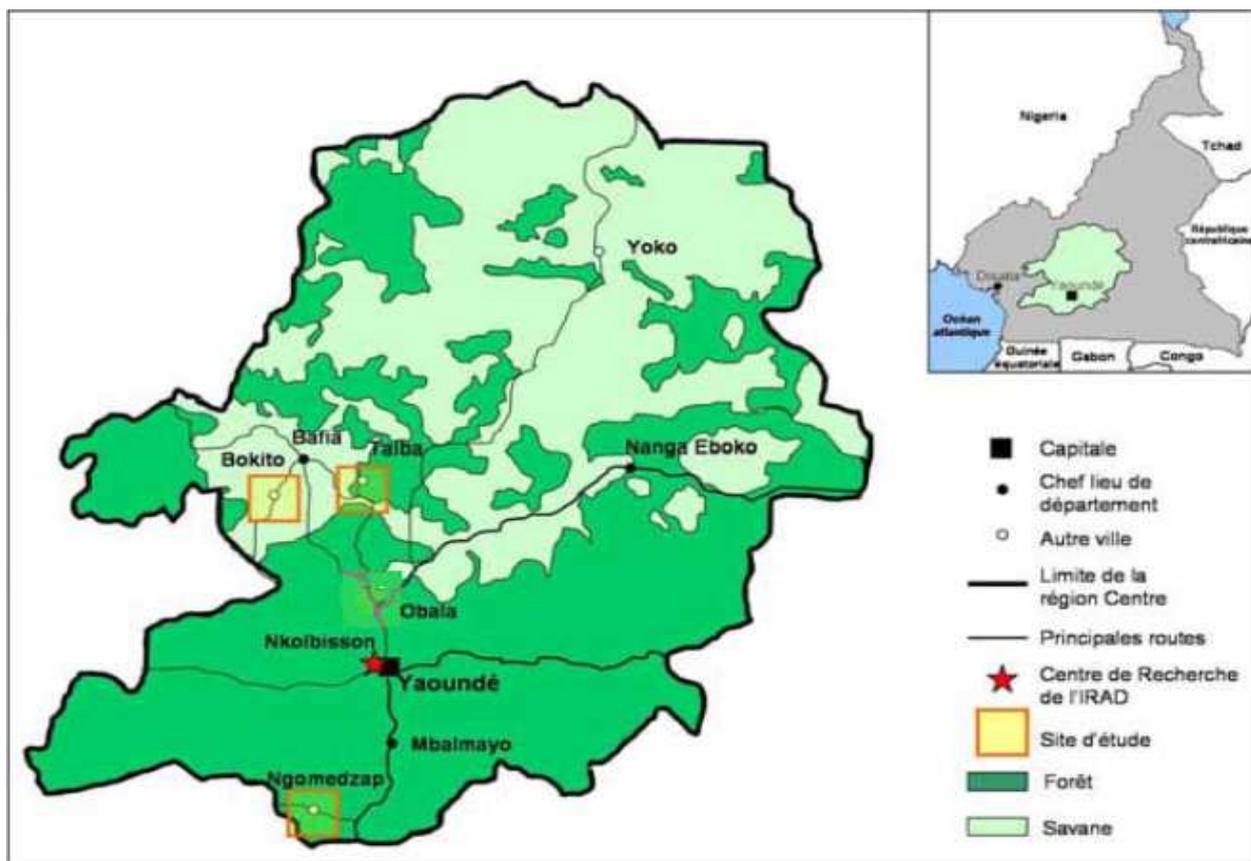
Cette étude a été conduite dans la Région du Centre Cameroun, dans le cadre d'un projet de recherche SAFSE conduit par le CIRAD et l'IRAD.

3.1.1 Localisation géographique et Description du site

Au Cameroun, le cacao est principalement produit dans les régions du Centre, du Sud, du Sud-Ouest, ainsi que dans le département de la Sanaga Maritime de la Région du Littoral (Petithuguenin, 1993). L'étude a été conduite dans le bassin de production du Centre Cameroun, dans trois sites : Bokito, Ngomedzap et Talba, où les conditions agro-écologiques et les pratiques de la culture du cacao sont différentes. Dans ces trois zones, le cacao trouve des conditions idéales de croissance, et de ce fait, occupe 60 % des surfaces cultivées (Jagoret *et al.*, 2006).

Situation géographique et administrative

- Bokito est un arrondissement localisé à l'ouest de la Région du Centre situé à 150 Km de Yaoundé dans le département du Mbam et Innoubou. Il est situé à 457 mètres d'altitude, (4° 34'00'' Nord et 11°07'00'' Est). Il couvre une superficie de 11.100 Km² avec une population qui s'élève à 56 000 habitants.
- Ngomedzap est un arrondissement du département du Nyong et So'o, région du Centre. Il couvre 3580 km² avec une densité de population de 37 habitants/km. Il est localisé à l'extrême sud de la région du Centre situé à 711 mètres d'altitude (3°15'0''Nord et 11°12'0''Est).
- Talba est située dans la Région du Centre, Département du Mbam et Kim, Arrondissement de Mbangassina qui couvre une superficie de 438 km², et est limitée au Nord par l'arrondissement de Ngoro, au Sud par l'arrondissement de Sa'a, à l'Est par l'arrondissement de Ntui et à l'Ouest par l'arrondissement de Bokito et d'Ombessa. Les coordonnées géographiques de Talba se situent entre 04°34'421" de latitude Nord et 011°28'333" de longitude Est.



(Source : Anon, 1983).

Figure 7: Carte de localisation

3.1.2 Milieu Physique

3.1.2.1 Climat

- Bokito : Le climat est du type subéquatorial guinéen avec deux saisons sèches et deux saisons des pluies. La grande saison de pluies s'étend de Septembre à Novembre et la petite s'étend de mi-Mars à mi- Juin. La grande saison sèche se situe entre Décembre et mi-Mars et la petite saison sèche se situe entre mi-Juin et Août. Les Températures moyennes oscillent entre 23°C à 24°C avec des pics de 38°C en Février. La pluviométrie est comprise entre 1500mm à 2000mm de pluies par an (Tsamo, 2008).
- Ngomedzap : Le climat est de type guinéen avec des températures moyennes annuelles de 25° C, et une pluviométrie comprise entre 1700 et 1800 mm par an ; répartie en deux saisons humides biens distinctes (régime pluviométrique bimodal). La faible

insolation et l'hygrométrie constamment élevée (entre juin et octobre) favorisant le développement des maladies des cultures et des animaux, contribuent aussi à la difficulté de séchage et de stockage traditionnel des récoltes (Tayo, 2013).

- Talba : De par sa situation géographique, le village Talba appartient au domaine climatique du type équatorial guinéen, caractérisé par quatre saisons. La grande saison des pluies s'étend de mi-août à mi-novembre, tandis que la petite saison des pluies va d'avril à juin. La grande saison sèche se situe entre mi-novembre et mars et la petite saison sèche entre juin et juillet. Les températures moyennes annuelles oscillent entre 22°C et 32°C, avec une amplitude thermique variant entre 8° et 13°C. La pluviométrie est comprise entre 1300 et 1500 mm d'eau par an (Mvondo, 2013).

3.1.2.2 Végétation

- Bokito : La végétation est de type savane arbustive et savane herbacée riche en *Impérata cylindrica* et forestière riche en *celtis* et en *Sterculiaceae*, et la végétation est influencée par les défrichements (Kwesseu Petgeun, 2010)
- Ngomedzap : la végétation de la localité est caractérisée par des forêts denses sempervirentes et semi-décidues à l'ouest et un couvert forestier mixte et dégradé à l'est (Tayo, 2013).
- Talba : la végétation est variée constituée de forêt équatoriale secondaire, de la savane arbustive et même de steppe. Les essences de bois fréquemment présentes dans cette forêt sont *Milicia excelsa*, *Triplochytton scleroxylon* et *Terminalia superba*.(Mvondo, 2013)

3.1.2.3 Relief et sols

- Bokito : Le relief est composé de petites collines, de plateaux légèrement ondulés et de plaines. Les sols sont de types latéritiques et ferralitiques (Babin, 2009).
- Ngomedzap : les sols sont de types ferralitiques fortement désaturés. Le relief présente de nombreuses collines pouvant dépasser 900 mètres (Babin, 2009).
- Talba : Cette zone possède un relief peu accidenté avec une succession de collines et de plateaux qui sont des vallées sédimentaires, avec comme point culminant le Mont Tama (882 m) d'altitude. Les sols sont de types ferralitiques, argilo-sablonneux ou

latéritiques par endroit, riches en matière organique, meubles et propices à une agriculture diversifiée (Mvondo, 2013).

3.3 Méthodologie

3.3.1 Choix des sites d'étude

Dans chacune des trois zones choisies, nous avons choisi 10 parcelles soit 30 parcelles au total. Le choix de parcelles agroforestières s'est fait à partir de la liste des planteurs appartenant au réseau de la FUPROCAM. Ces parcelles « traditionnelles » ont été choisies en fonction de l'âge de la mise en place de la parcelle, sur un précédent forestier et de leur composition (parcelle complexe). Nous avons choisi deux classes d'âge des parcelles pour essayer d'avoir un nombre de parcelles qui soient comparables entre les trois zones présentés dans le tableau 2.

Tableau 2: Nombre de champs en fonction de l'âge des parcelles par zone

Zone d'étude	Classe d'âge des cacaoyers		Total
	20 – 40 ans	40 – 60 ans	
Bokito	6	4	10
Ngomedzap	7	3	10
Talba	6	4	10
Total	19	11	30

3.3.2 Dispositif expérimental

Dans les 30 parcelles retenues, des placettes de 800 m² (20 m x 40 m) de forme rectangulaire ont été mise en place et 16 cacaoyers ont été marqués. À cet effet, la machette a facilité le passage dans les plantations enherbées ; à l'aide des rubans BTP les placettes de 800 m² ont été délimitées ; ensuite des étiquettes d'identification des arbres ont été fixées à l'aide des épingles. Le choix des cacaoyers a été effectué suivant le schéma de Figure 8 : montre schéma d'identification des arbres dans la parcelle

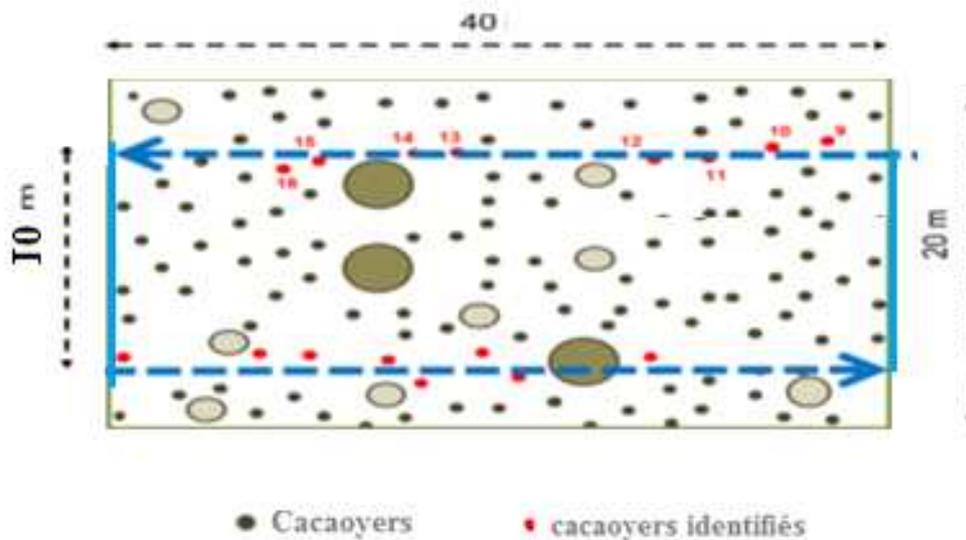


Figure 8: Schéma d'identification des cacaoyers dans une placette

La placette de 800 m² est mesurée à l'aide d'un GPS puis circonscrite à l'aide d'un ruban BTP de couleur rouge et blanche. Sur le sens de la largeur (20 m), on mesure 5 m à partir de l'une des quatre extrémités à l'aide d'un double décimètre. Ce point correspond au premier sens de l'échantillonnage systématique de huit cacaoyers. Ensuite on mesure (toujours dans le sens de la largeur) à partir de l'extrémité diagonalement opposée à la première, 5 m et on suit la même logique d'échantillonnage. Lors du déplacement, si on ne rencontre pas huit cacaoyers sélectionnables, on continue le déplacement à partir du centre de la largeur (10 m).

Le dispositif expérimental utilisé ici est un dispositif qui a été longuement utilisé pour les essais de sélection variétale depuis la fin des années 70 ; c'est une randomisation totale mono arbre (Lotodé & Lachenaud, 1988), ou chaque arbre planté représente en effet une répétition statistique.

3.3.3 Type d'échantillonnage

Le type d'échantillonnage utilisé est un échantillonnage aléatoire simple, pour lequel la population est divisée en entités plus ou moins homogènes. La technique d'échantillonnage choisie pour la sélection des cacaoyers permet de réduire les différents biais, et d'obtenir une représentation transversale de toutes les informations détenues par la population.

3.3.4 Collecte des données en champs

La collecte des données en champs s'est effectuée toutes les six semaines du mois d'Avril au mois de Décembre 2014. À chaque passage les fiches de notations étaient remplies consignnant toutes les informations relatives à l'apparition et le stade de développement des fruits et dégâts observés sur les arbres.

Toutes les chérelles et cabosses présentes sur le tronc et les branches secondaires situés à moins de 2 m du sol à chaque passage ont été numérotées. Ceci a permis de suivre à chaque descente sur le terrain l'apparition de nouvelles chérelles, le passage des anciennes chérelles en cabosses, le nombre de chérelles qui avait avorté (flétrie), le passage de la cabosse non mûre à la cabosse mûre. Pour la numérotation des chérelles et des cabosses nous avons fixé des étiquettes en plastique à l'aide d'aiguilles. Pour le suivi de chaque chérelles ou cabosse des notations ont été faites à l'aide d'une fiche préalablement conçu (voir annexe 1) les informations suivantes ont été relevées :

- ⇒ Le stade de développement (chérelle, chérelle flétrie, cabosse non mûre ou mûre),
- ⇒ Le nombre de piqûres,
- ⇒ La position des piqûres
- ⇒ La position de la cabosse
- ⇒ Le nombre de chérelles.

La position des piqûres devaient permettre de distinguer les piqûres de *S. singularis* de celles des autres insectes. Les chérelles flétries ont été comptabilisées et enlevées à chaque passage.



Figure 9: photo de numérotation des chérelles sur un cacaoyer

3.3.5 Effet du traitement insecticide sur le nombre de cabosses attaquées par cacaoyer

Pour voir l'effet du traitement insecticide sur le nombre de cabosses attaquées par cacaoyer, il a été demandé à 5 planteurs dans chaque site d'étude de ne pas traiter les arbres qui seront suivis (ni insecticide, ni fongicide). Dans chaque site, trois parcelles de 20-40 ans et 2 parcelles de 40-60 ans sans traitement sur les arbres sélectionnés.

3.3.6 Evaluation de l'effet des chancres, piqûres des branches, des feuilles sèches et branches nues sur la production du cacaoyer

Pour évaluer effet des dégâts des mirides sur la production du cacaoyer les données suivantes ont été collectées sur chaque arbre:

- Les chancres anciens qui représentent des dégâts très anciens sur l'arbre et témoignent de l'impact des mirides plusieurs années avant l'observation.
- Les branches nues et feuilles sèches qui sont le résultat de dégâts survenus l'année précédente

- les piqûres sur les jeunes branches qui sont les dégâts de l'année en cours que les mirides ont fait sur les jeunes rameaux non aoûtés.

chaque cacaoyer a été apprécié visuellement et les affections estimées suivant quatre classes de notation des dégâts causés par les mirides sur les cacaoyers (Brun *et al.*, 1997) :

- Classe 0 : arbre sans affection ;
- Classe 1 : 25% de l'arbre affecté ;
- Classe 2 : 50% de l'arbre affecté ;
- Classe 3 : plus de 50% de l'arbre affecté.

L'évaluation des dégâts a été faite à chaque passage. Cette répétition des notations a permis de corriger la variabilité des observations, car un même observateur peut noter différemment les mêmes dégâts lors de deux passages vu que l'échelle d'évaluation est qualitative.

3.3.7 Évaluation de la production potentielle des cacaoyers et du « indice de cabosse »

L'évaluation de la production potentielle des cacaoyers s'est effectuée par comptage cabosses (matures ou pas) à chaque passage sur l'ensemble de l'arbre. Le nombre moyen de cabosses par cacaoyer a été estimé à partir du nombre de fruits d'une longueur supérieure à dix centimètres. Ces fruits ne sont plus susceptibles d'être atteints par le flétrissement physiologique (Jagoret, 2011), et nous avons fait l'hypothèse que les fruits matures observés sont potentiellement les fruits qui sont récoltés.

« L'indice des cabosses » est le nombre de cabosses nécessaires pour fournir 1kg de cacao marchand (Martin.J.P., 1970). Il a été calculé à l'aide de la formule :

$$\text{Indice des cabosses} = \frac{1 \text{ kg}}{\text{poids sec des fèves d'une cabosse}}$$

Ensuite l'indice de cabosse a été comparé entre les trois sites d'étude.

3.3.8 Impact des piqûres des mirides sur le poids des cabosses et des fèves en fonction des zones de production.

Pour évaluer de manière précise l'impact des piqûres sur le poids des cabosses et des fèves, nous avons récolté dans chaque zone 100 cabosses mûres au total lors du dernier passage. Les recommandations pour cette récolte étaient de prendre en priorité les cabosses marquées lors des précédents passages ; dans chaque parcelle on prenait sur chaque arbre deux cabosses peu piquées voire pas piquée, deux cabosses moyennement piquées et deux cabosses fortement piquées

Les cabosses récoltées ont été examinées au laboratoire les données suivantes ont été collectées :

- Les piqûres ;
- Le poids de la cabosse entière ;
- Poids des fèves fraîches par cabosse ;
- Poids de fèves sèches par cabosse ;
- Nombre de fève par cabosse ;

Les données collectées ont été comparées entre les trois zones en fonction des classes de piqûres.

Les fèves ont été séchées à l'aide de deux méthodes : à l'étuve à une température 40° C pendant deux jours ; à température ambiante pendant une semaine du fait d'un problème mécanique avec l'étuve. Les fèves séchées ont aussi été pesées à l'aide d'une balance.

Pour les piqûres sur la cabosse, le classement suivant a été utilisé :

- Classe I : cabosses peu piquées (moins de 250 piqûres)
- Classe II : cabosses moyennement piquées (250 -800 piqûres)
- Classe III : cabosses fortement piquées (plus de 800 piqûres)

3.3.9 Traitement des images de cabosses pour la relation surface piquée et nombre de piqûres

Après analyse les résultats sur l'effet des piqûres sur le poids des cabosses il apparait que dans la zone de Bokito les cabosses les plus piquées pèsent plus que les cabosses moins piquées, il apparait assez claire qu'il peut exister un biais à travailler sur le nombre de piqûres par cabosse pour estimer l'impact sur le rendement en cacao marchand car ce nombre de piqûres peut être fortement influencé par la surface de la cabosse.

En effet on peut émettre l'hypothèse selon laquelle les grosses cabosses pourraient être plus piquées parce qu'elle présente une plus grande surface d'attaque et dans ce cas, le poids des cabosses n'est pas le résultat de l'effet des piqûres. Ce constat nous a amenés à la recherche d'une autre méthode d'évaluation de l'impact des piqûres des mirides sur la production en essayant d'établir le lien entre la surface piquée et le nombre de piqûres.

Le traitement d'image a été effectué seulement pour la zone de Ngomedzap parce que c'était la seule zone où les cabosses étaient encore disponibles. Pour voir la relation entre nombre de piqûre et surface piquée, nous avons des photographies de 26 cabosses piquées récoltées dans la zone de Ngomedzap. Pour se faire nous avons utilisé **ImageJ** qui est un logiciel multiplate-forme et open source de traitement et d'analyse d'images développé par les National Institutes of Health (Tiago, F. et Wayne, R., 2012). En analyse d'image, ImageJ permet de dénombrer des particules, d'évaluer leurs ratios d'aspect, de mesurer diverses grandeurs (distances, surfaces), d'extraire des coordonnées de contours. (schneider, C. et al., 2012) ImageJ peut visualiser, éditer, traiter, et analyser les images ou des piles d'images (*stack*) en 8-bits, 16-bits, 32-bits et les images couleur. À l'aide du logiciel ImageJ nous avons traité les photos de cabosses, les premières étapes du traitement nous ont donné une image nommée image A qui a servi à calculer la surface apparente de la cabosse. La deuxième étape du traitement des images a consisté à isoler les piqûres, ce qui a donné une image B qui a ensuite servi de base pour évaluer les piqûres. La troisième étape du traitement a donné une image C qui a servi à calculer la surface apparente des piqûres. La quatrième étape consiste à évaluer la surface de l'image A et de l'image C, qui nous a permis de calculer la surface occupée par les piqûres suivant la formule :

Proportion occupée par les piqûres = Surface image A / Surface image C

3.4 Analyses statistiques

La normalité des données a été étudiée à l'aide des tests de Shapiro. Puis nous avons construit des modèles linéaires lorsque les données suivaient une distribution normale et des modèles linéaires généralisés dans le cas contraire afin de pouvoir appliquer une analyse de variance (ANOVA) suivi d'un test de Chi Deux pour tester les effets des différentes variables (zones, nombre des piqûres, dégâts anciens) sur les variables de production... Lorsque l'effet d'un facteur est avéré nous recherchons les modalités pour lesquelles les différences entre moyenne sont significatives (soit un test paramétrique de Tukey pour les données qui suivent une distribution normale) soit un test non paramétrique de Wilcoxon pour les autres données. Un test de corrélation de Pearson's nous a permis de voir le lien entre le nombre de piqûres et la surface piquée par cabosse. Les analyses statiques ont été effectuées à l'aide du logiciel R version 3.1.2., le logiciel Excel 2010 a permis de saisir les données.

CHAPITRE 4 : RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1 Chérelles flétries par zone

Dans les trois sites on observe le flétrissement des chérelles dû aux attaques des mirides, aux facteurs interne du cacaoyer et aux facteurs environnementaux. La zone de Ngomedzap (63,25%) présente le plus grand pourcentage de chérelles flétries, alors que Bokito et Talba ont des pourcentages similaires (46,45% et 46,12%). La proportion des chérelles flétries dans les trois zones est significativement différent. (ANOVA, test Chi-deux, $P=2e-16$ et $Df=2$). La figure 10: montre le taux de chérelles flétries par zone

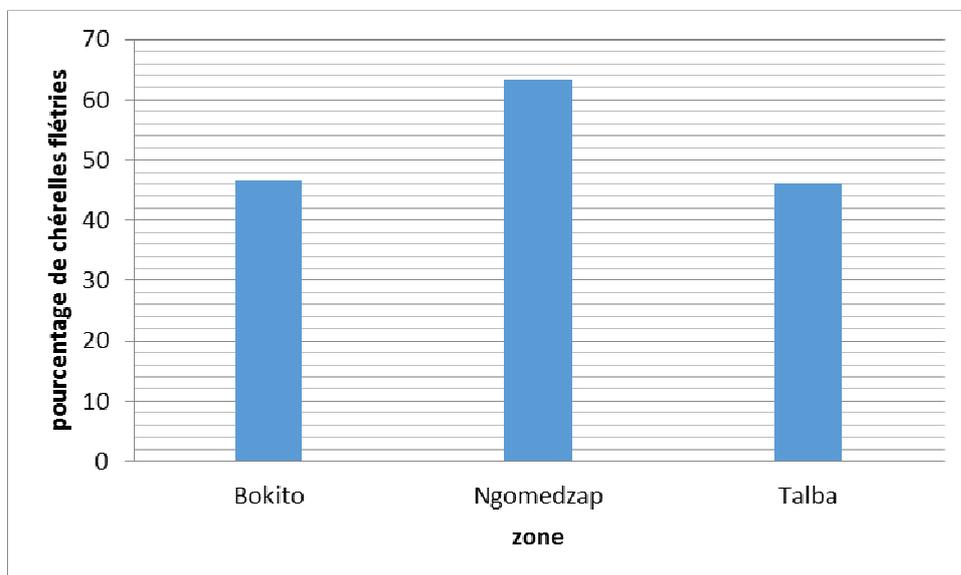


Figure 10: pourcentage de chérelles flétries en fonction des zones

Par contre les résultats obtenus montrent que globalement l'âge n'a pas d'effet sur le taux de chérelles flétries (ANOVA, test Chi-deux, $P= 0,38165$, $Df=1$). Le tableau 3 montre le pourcentage de chérelles flétris en fonction des classes d'âge par zone.

Tableau 3: Pourcentage de chérelles flétries en fonction des classes d'âge des cacaoyers par zone

zone	Classe d'âge	% de chérelles flétries
Bokito	20-40	46,66 b
	40-60	46,27 b
Ngomedzap	20-40	63,39 a
	40-60	62,29 a
Talba	20-40	45,47 c
	40-60	47,08 c

*NB : les valeurs suivies par la même lettre ne sont pas significativement différent test Chi 2
P= 0,04418*

Le flétrissement des chérelles est lié à plusieurs facteurs notamment : aux facteurs internes de la plante on parle de flétrissement physiologique et aux facteurs externes (environnement, maladies et ravageurs). Le flétrissement physiologique peut entraîner des pertes de chérelles d'environ 50% (Boyer.J, 1974) les pourcentages de chérelles flétries dans la zone de Talba et Bokito représente moins de 50% contrairement à celui de Ngomedzap qui est de 63,25% valeur supérieur à la moyenne. Selon Mossu, (1981) la variation des pertes de chérelles dues au flétrissement résulte des conditions de pollinisation. Une bonne pollinisation entraîne une bonne production. La production des chérelles flétries dans le cadre de cette étude montre que la zone de Ngomedzap présente la plus grande valeur de chérelle flétrie 63,25% par rapport à Talba et Bokito. Ces résultats peuvent s'expliquer par les variétés présentes dans les différentes zones.

Dans la zone de Ngomedzap, la variété Amelonado est plus représentée dans les parcelles alors qu'à Talba et à Bokito ce sont les variétés hybrides qui sont plus représentés dans les parcelles (Babin, 2009). Ces résultats corroborent avec ceux de Mossu, 1981 qui montrent que comparer aux Amelonado les variétés hybrides ont une floraison plus intense, une meilleure pollinisation, leur point de flétrissement différentiel plus bas. Les variétés hybrides produiraient donc moins de chérelles flétries que les variétés Amelonado. Le pourcentage de chérelles flétries élevé à Ngomedzap pourrait aussi s'expliquer par les densités de cacaoyers qui pourraient avoir un effet dépressif sur la production et influencer

l'avortement des chérelles. Les densités de plantation sont plus élevées dans la zone de Ngomedzap par rapport à Talba et à Bokito (Babin, 2009) ce qui pourrait favoriser la compétition pour les nutriments, la lumière et eau entre les cacaoyers et favoriserait la production importante de chérelles flétris.

4.2 Impact des attaques précoces des mirides sur le développement des chérelles

Dans les trois zones, le pourcentage de chérelles piquées dans les parcelles est très faible, il est de l'ordre de 0,99% à Ngomedzap, de 0,47% à Talba et 1,92% à Bokito. Le taux d'attaque de chérelles est plus élevé dans la zone de Bokito et moins élevé à Talba. Le faible taux d'attaque des chérelles dans les zones s'explique probablement par la dynamique des populations des mirides, les résultats des études de Babin en 2009 ont montré que les populations de mirides sont faibles sur le cacaoyer de février à juin période correspondant à la floraison et formation des chérelles.

Les chérelles piquées ont plutôt tendance à flétrir qu'à devenir des cabosses. Sur l'ensemble des trois zones, en moyenne 63% des chérelles piquées flétrissent. Dans la zone de Bokito 53% de chérelles piquées avortent et deviennent des chérelles flétries tandis qu'à Ngomedzap 61,53% deviennent des chérelles flétries et à Talba 75% deviennent des chérelles flétries (figure 11: montre la Proportion de chérelles piquées qui deviennent des flétrissements). Il semblerait donc que les piqûres sur chérelles même si elles sont plus rares soient plus préjudiciables au développement des chérelles à Talba.

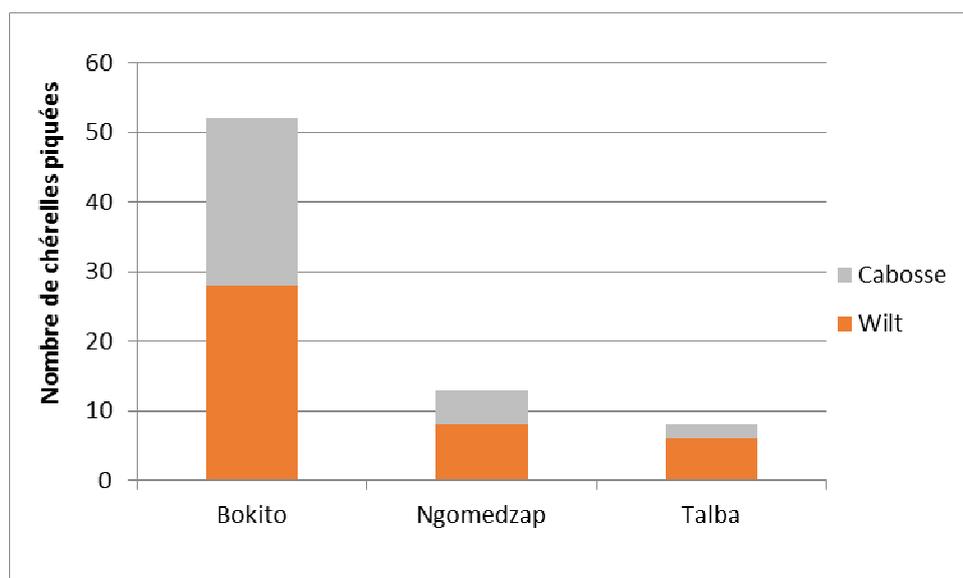


Figure 11: Taux de chérelles piquées devenant cabosses ou chérelles flétries

4.3 Effet du traitement insecticide sur le nombre de cabosses attaquées par arbre

Globalement les parcelles non traitées présentent le plus grand nombre de cabosses piquées par arbre et d'arbres portant des cabosses piquées par parcelle. La zone de Bokito a la valeur la plus élevée de cabosses piquées par arbre, qui est en moyenne de 6 cabosses piquées par arbre. De même, que le nombre moyen d'arbres attaqués par parcelle qui est de 9 arbres en moyennes par parcelle pour les parcelles non traitées. Les valeurs les plus basses sont présentées dans la zone de Talba soit en moyenne 3 cabosses piquées par arbre et 5,8 arbres parcelle non traitée. Le tableau 4 : montre le nombre moyen de cabosse piquée par arbre et nombre moyen d'arbre piqué par parcelle en fonction du traitement par zone

Tableau 4: Nombre moyen de cabosse piquée par arbre et nombre moyen d'arbre piqué par parcelle en fonction du traitement par zone

(NT : parcelle non traitée, T : parcelle traitée)

Zone	traitement	Nombre moyen de cabosse piquée par cacaoyer	Nombre moyen de cacaoyer présentant des cabosses piquées par parcelle
Bokito	T	2,04 ± 1,61	4,2 ± 1,47
	NT	6 ± 2,31	9 ± 4,38
Ngomedzap	T	4,24 ± 1,94	6,6 ± 1,74
	NT	3,38 ± 1,75	7,4 ± 2,48
Talba	T	1,82 ± 0,99	7,8 ± 3,48
	NT	3 ± 1,44	5,8 ± 3,18

4.4 Effet des dégâts anciens (chancre) des feuilles sèches, branches nues, piqures sur branches sur la production de cabosses par cacaoyer en fonction des classes de dégâts par zone

- Effet des Chancre anciens sur le nombre de cabosse produit par cacaoyer

Comme la production par arbre varie entre les zones indépendamment des dégâts des mirides, nous avons décidé de regarder l'effet des dégâts sur la production dans chaque zone. L'analyse de la variance montre que les chancres anciens ont un effet significatif sur le nombre de cabosses produits par arbre à Bokito (ANOVA, test Chi deux, Df=1 et P=0,0005406) et à Ngomedzap (ANOVA, test Chi deux, Df=1 et P= 0,04996), mais qu'il n'y a pas de différence significative du nombre de cabosse produit en fonction des chancres anciens (ANOVA, test Chi deux, Df= 1 et P= 0,2595) à Talba. La figure 12 montre le nombre moyen de cabosses en fonction des classes d'attaques par zone.

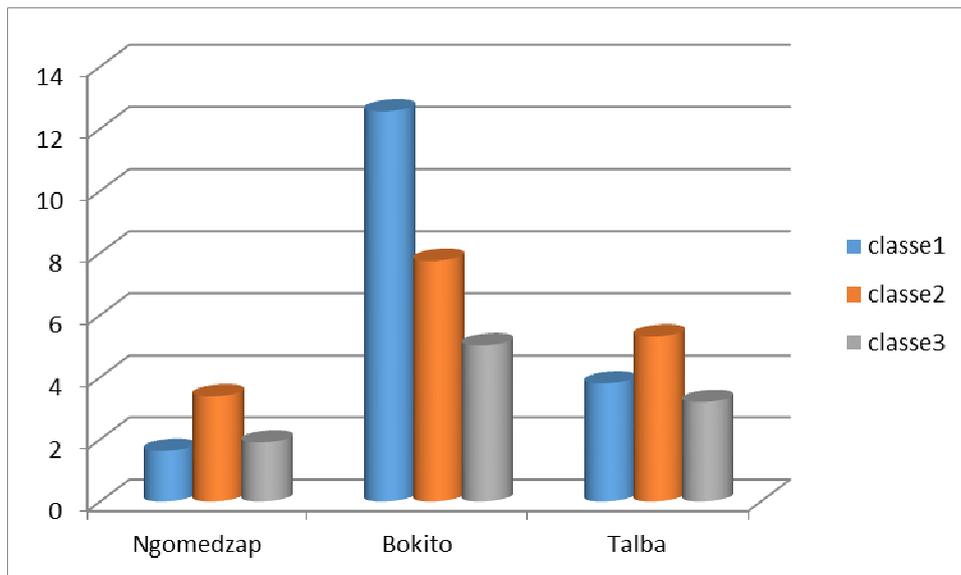


Figure 12: Nombre moyen de cabosses par cacaoyer en fonction des classes de dégâts de chancre ancien par zone

- Classe 1 : 25% de l'arbre affecté ;
- Classe 2 : 50% de l'arbre affecté ;
- Classe 3 : plus de 50% de l'arbre affecté

Globalement tous les arbres échantillonnés sont affectés par les chancres anciens. La localité de Bokito présente le plus grand nombre de cabosses par cacaoyer, les cacaoyers les moins attaqués porteraient plus de cabosses en moyenne 12,56. Le nombre de cabosses par cacaoyer diminue avec la sévérité de dégâts et les arbres classés dans la classe 3 ont une production plus faible aux alentours de 5,03 cabosses par cacaoyer. Dans la localité de Ngomedzap la classe de dégâts 2 est celles qui présentent les cacaoyers ayant la plus grande valeur du nombre moyen de cabosse par arbre. Il n'y a pas de différence significative du nombre de cabosse produit en fonction des classes de dégâts de chancre dans la localité de Talba tel que le présente la figure 12.

- Effet des feuilles sèches sur le nombre de cabosse produit par cacaoyer Les résultats des analyses montrent que les feuilles sèches n'ont pas eu d'effet significatif sur le nombre de cabosse produit par cacaoyer dans les trois zones $P > 0,05$ comme présenté dans le tableau 5

Tableau 5: Nombre moyen de cabosse par cacaoyer en fonction des classes de dégâts des feuilles sèches

Zone	Classe de dégâts	Nombre moyen de cabosses par cacaoyer / classes de feuilles sèches
Bokito	0	10,70 ± 0,40a
	1	7,67 ± 1,01a
	2	7,77 ± 1,65a
Ngomedzap	0	2,55 ± 0,40b
	1	2,91 ± 0,43b
	2	1,33 ± 1,33b
Talba	0	4,46 ± 0,55c
	1	4,98 ± 0,526c
	2	/

NB : les valeurs suivies par la même lettre sur la même colonne ne sont pas significativement différent test Chi 2 $p > 0,05$

- Effet des piqûres de jeunes branches sur le nombre de cabosse produit par cacaoyer

Les piqûres de jeunes branches n'ont pas eu d'effet significatif sur le nombre de cabosses produit par cacaoyer dans les trois zones $P > 0,05$ le tableau 6 montre le nombre moyen de cabosses par cacaoyer en fonction des classes de dégâts piqûres sur branche.

Tableau 6: Nombre moyen de cabosse par cacaoyer en fonction des classes de piqûres sur branche par zone

Zone	Classe de dégâts	Nombre moyen de cabosses par cacaoyer / classes de piqûres sur branches
Bokito	0	5,66± 2,40a
	1	9,44± 1,14a
	2	6,44± 2,16a
Ngomedzap	0	1,38 ± 0,18b
	1	2,86± 0,34b
	2	3,22± 0,72b
Talba	0	4,85 ± 3,01c
	1	4,54± 0,49c
	2	4,90± 1,00c

NB : les valeurs suivies par la même lettre sur la même colonne ne sont pas significativement différent test Chi 2 $p > 0,05$

➤ Effet des branches nues sur le nombre de cabosse produit par cacaoyer

Les résultats des analyses montrent que les branches nues n'ont pas eu d'effet significatif sur le nombre de cabosse produit par cacaoyer dans les trois zones $P > 0,05$ le tableau 7 montre le nombre moyen de cabosses par cacaoyer en fonction des classes de dégâts de branches nues.

Tableau 7: Nombre moyen de cabosse par cacaoyer en fonction des classes de branches nues par zone

Zone	Classe de dégâts	Nombre moyen de cabosses par cacaoyer / classes de branche nue
Bokito	0	7,35 ± 1,69a
	1	9,2± 1,07a
	2	4,6± 1,80a
Ngomedzap	0	0,85± 0,44b
	1	1,11 ±0,33b
	2	0,64± 0,34b
Talba	0	2,90± 1,39c
	1	3,03 ± 0,41c
	2	2,66± 1,09c

NB : les valeurs suivies par la même lettre sur la même colonne ne sont pas significativement différent test Chi 2 $p > 0,05$

Il ressort de l'analyse de la variance que les feuilles sèches, branches nues, et piqûres sur branches n'ont pas eu d'effet significatif sur le nombre moyen de cabosse par cacaoyer dans les trois zones. Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que dans les trois zones les mirides occasionnent moins de 50% de dégâts sur les cacaoyers, ainsi ces dégâts ne sont pas très sévères pour influencer la production des cacaoyers. Selon Babin 2009 les pertes de productions sur viennent lorsque les dégâts sont sévères. En ce qui concerne les piqûres sur branches ces résultats peuvent également s'expliquer par le fait que nous avons collecté les données pendant la période de production, *Salhbergella singularis* s'alimente de préférence sur les cabosses, pendant la période de production les attaques sur les arbres sont moins sévères (Piart, 1977). Ces dégâts apparaissent généralement après la récolte, pendant la période de croissance végétative des cacaoyers, au moment où les larves qui s'alimentaient sur les cabosses sont contraintes de se déplacer à l'extrémité des branches pour s'alimenter aux dépens des jeunes pousses. Ces dégâts sont spectaculaires mais ils n'ont qu'un impact à court terme sur la production car les cacaoyers compensent généralement les pertes de feuillage sans difficulté (Babin, 2009).

4.5 Effet de la zone sur le poids des cabosses, des fèves et sur le nombre de fèves par cabosse

Les résultats présentés ici sont issus des analyses faites sur les cabosses ramenées au laboratoire.

Il ressort des analyses qu'il existe un fort effet de la zone sur le poids moyen des cabosses, des fèves et sur le nombre de fèves par cabosse. L'ANOVA a montré qu'il existe une différence significative des poids moyen des cabosses entre les zones ($F=24,533$ et $P=1,7 \times 10^{-10}$)

Le poids frais des cabosses a été significativement plus important à Bokito 540,75... et Talba 544,09 g qu'à Ngomedzap 406,5g La zone de Talba présente les plus grosses cabosses. Il existe une différence significative du poids de cabosse entre Bokito et Ngomedzap (test de comparaison TukeyHSD test, $p=0,0000000$), Ngomedzap et Talba (test de comparaison TukeyHSD test, $p=0,0000000$), mais il n'existe pas de différences significatives entre Bokito et Talba (test de comparaison TukeyHSD test, $p=0,9937639$).

Il ressort également de l'ANOVA qu'il existe un effet significatif des zones sur le nombre de fèves par cabosse ($F=8,386$ et $Pr= 0,000294$), sur le poids moyen des fèves fraîches par cabosse ($F= 10,496$ et $Pr= 4,115 \times 10^{-5}$) et sur le poids moyens des fèves sèches par cabosse ($F=10,952$ et $Pr=2,699 \times 10^{-5}$). En effet pour toutes ces variables il existe une différence significative entre Bokito et Ngomedzap, Ngomedzap et Talba, mais il n'existe pas d'effet significatif entre Bokito et Talba. La figure 13 montre Poids frais moyens des cabosses (en g), poids frais et secs moyens des fèves (en g), et nombre des fèves en fonction des zones de productions

Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que les parcelles des zones de Bokito et Talba présentent en majorité des variétés hybrides de cacaoyer contrairement à celles de Ngomedzap où les variétés hybrides sont moins présentes (Babin, 2009). Il est connu que les variétés hybrides sont plus productives que les variétés traditionnelles ces résultats sont en accord avec ceux de (Babin, 2009).

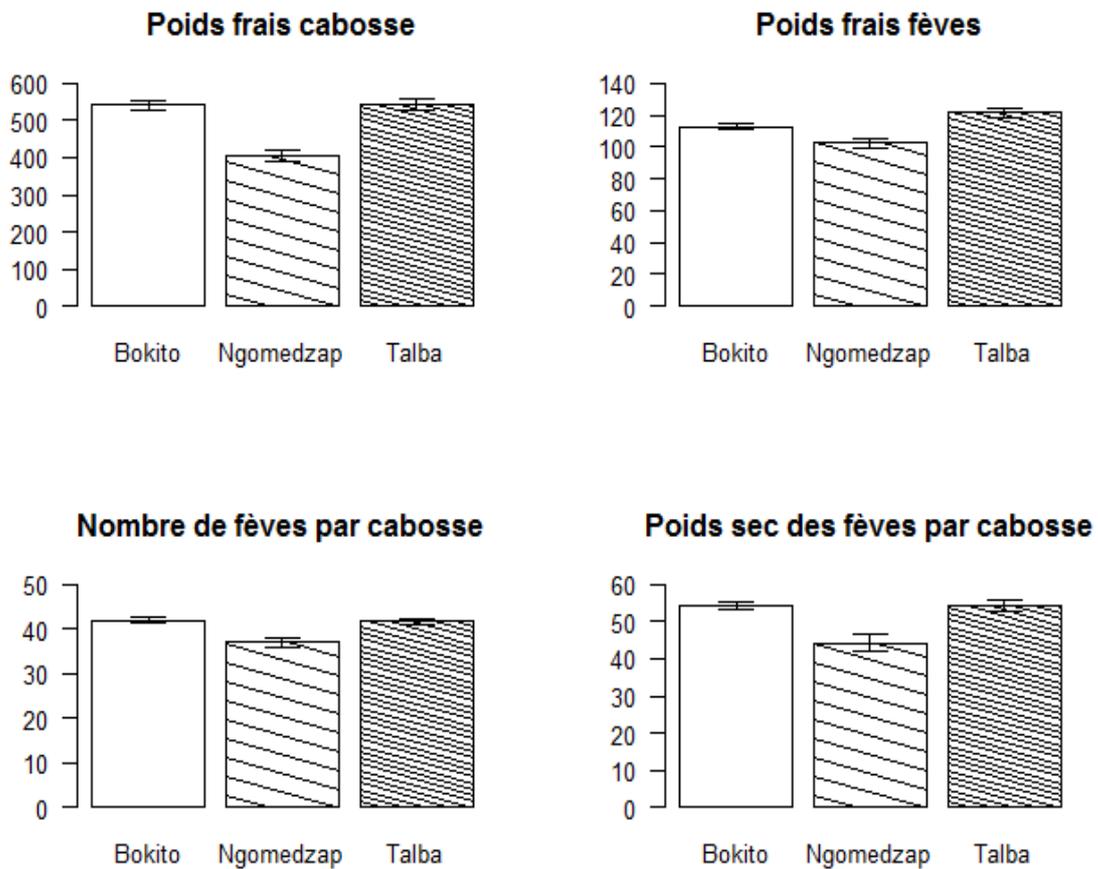


Figure 13: Poids frais moyens des cabosses (en g), poids frais et secs moyens des fèves (en g), et nombre des fèves en fonction des zones de productions

4.6 Indice de Cabosse

L'indice de cabosse est significativement différent entre les zones. Le tableau 8 montre que Ngomedzap a un indice de cabosse élevé par rapport à Bokito et Talba. Pour produire 1kg de cacao marchand on a besoin de 22,6 cabosses à Ngomedzap et de 18,5 cabosses à Bokito et 18,5 cabosses à Talba.

Tableau 8: Indice de cabosse en fonction des zones

Bokito	Ngomedzap	Talba
18,47376b	22,59689a	18,46919b

NB: les valeurs suivies par la même lettre ne sont pas significativement différent (Wilcoxon rank sum test) $p > 0,05$

Le site de Ngomedzap a un indice de cabosse plus important, et nécessitant beaucoup de cabosses plus de cabosses pour faire 1kg de cacao marchand par rapport aux deux autres sites. La variabilité de l'indice de cabosse entre les zones peut s'expliquer par le matériel génétique présent dans les différentes zones.

4.7 Effet de la zone sur l'intensité des piqûres par cabosse

Il existe une différence significative du nombre moyen de piqûres par cabosse en fonction de la zone (ANOVA, test Chi deux, $F=4,708$ et $Pr= 0,0097$). La zone de Talba présente la valeur la plus élevée du nombre moyen de piqûres (385,5) tandis que la zone de Ngomedzap présente la plus petite valeur (202,37). La différence significative du nombre moyen de piqûres existe entre Bokito et Ngomedzap, Ngomedzap et Talba, $P < 0,05$ mais il n'existe pas de différence significative du nombre de piqûres par cabosse entre Bokito et Talba. $P > 0,05$ (Figure 14)

Toutefois, la zone de Talba qui présente le moins de cabosses piquées avait la plus grande intensité de piqûres. Cette forte intensité de piqûres à Talba pourrait s'expliquer par le fait que les mirides sont peu mobile dans la zone (à cause de la température) et dont se nourrissent de la même cabosse.

Les variabilités entre les zones peuvent aussi être dues à l'ombrage ou au matériel génétique. Par ailleurs, ces résultats ont pu aussi être influencé par le fait que à Bokito et Ngomedzap les récoltes des cabosses ont été effectuée après la récolte des planteurs ce qui ne nous a pas laissé suffisamment de choix contrairement à Talba où nous avons fait les récoltes avant les planteurs et avons eu un large choix. La zone de Ngomedzap présente moins de piqûres que Bokito et Talba ceci peut s'expliquer par le fait que Ngomedzap est situé dans une zone de forêt dense avec de grands arbres, l'ombrage dans les cacaoyères est plus dense, ce qui entraîne d'humidité relative élevée, une faible intensité lumineuse dans les parcelles.

Les attaques des mirides sont généralement plus sévères dans les plantations dépourvues d'ombrage (Babin *et al.*, 2010) et que l'ombrage fournis par les arbres forestiers serait plus favorable pour protéger contre les infestations de mirides que l'ombrage de fruitiers. Ces arbres forestiers fournissent un ombrage plus homogène que les arbres fruitiers, il est par conséquent probable que leur présence dans les cacaoyères limite l'apparition de trous de lumière et de poches à mirides.

Ces résultats peuvent aussi s'expliquer par l'utilisation élevée des variétés hybrides à Bokito et Talba contrairement à Ngomedzap qui présente plus les variétés Amelonado, car selon les résultats des études de Babin (2009) les variétés hybrides seraient plus favorables au développement des populations de mirides que les cacaoyers de type Amelonado

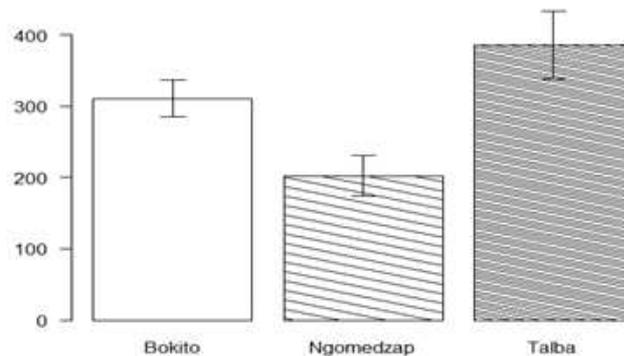


Figure 14: Nombre moyen de piqûres par cabosse par zone

4.8 Effet de piqûres des mirides sur le poids des cabosses et des fèves en fonction des zones de production

L'idée est de vérifier s'il existe une relation entre le nombre de piqûre, le poids des cabosses et le nombre des fèves. Il s'agit plus précisément de voir si les cabosses présentant le plus grand nombre de piqûres pèsent moins que celles ayant moins de piqûres.

4.8.1 Effet de piqûres des mirides sur le poids moyen des cabosses et fèves fraîches dans la zone de Ngomedzap

Les résultats des analyses statistiques ANOVA montrent qu'il n'y a pas d'effets significatifs du nombre de piqûres sur le poids frais des cabosses ($F=0,252$ et $P= 0,61$) et des fèves fraîches ($F= 0,114$ et $P= 0,736$) dans la zone de Ngomedzap (Tableau 9)

Tableau 9: poids moyen des cabosses et des fèves fraîches en fonction des classes de piqûres dans la localité de Ngomedzap.

Zone	Classe de piqûres	Poids moyen des cabosses	Poids moyen des fèves fraîches par cabosse
Ngomedzap	I	401,47 ± 113,73 a	101,84 ± 22,92 a
	II	413,43 ± 112,87a	102,91 ± 27,57 a
	III	/	/

NB : les valeurs suivies par la même lettre sur la même colonne ne sont pas significativement différent test Chi 2 ($p > 0,05$)

4.8.2 Effet de piqûres des mirides sur le poids moyen cabosse et fèves fraîches dans la zone de Talba

Dans la localité de Talba Il n'y a pas non plus d'effet des classes de piqûres sur le poids des fèves fraîches ($F= 0,5941$ et $P= 0,554$) et pour le poids des cabosses ($F= 1,77$ et $P= 0,17$). Tableau 10 : montre poids moyen des cabosses et des fèves fraîches en fonction des classes de piqûres dans la localité de Talba.

Tableau 10: poids moyen des cabosses et des fèves fraîches en fonction des classes de piqûres dans la localité de Talba

Zone	Classe de piqûres	Poids moyen des cabosses	Poids moyen des fèves fraîches par cabosse
Talba	I	559,13 ± 165,68 a	124,85 ± 36,71 a
	II	533,52 ± 146,56 a	119,44 ± 32,45 a
	III	513,285 ± 129,13 a	120,78 ± 33,71 a

NB : les valeurs suivies par la même lettre sur la même colonne ne sont pas significativement différent test Chi 2 ($p > 0,05$)

4.8.3 Effet de piqûres des mirides sur le poids moyen des cabosses et des fèves fraîches dans la zone de Bokito

Par contre dans la zone de Bokito les résultats montrent qu'il n'existe pas de différence significative du poids frais des fèves en fonction des classes de piqûres ($F=0,49$ et $P=0,60$) mais qu'il existe un lien entre l'intensité des piqûres et le poids moyens des cabosses ($F=4,4407$ et $P=0,0141$). La classe de piqûres III présente le poids moyen des cabosses frais le plus élevé qui est de 586,16 g et la classe I présente le poids moyen des cabosses le plus bas soit de 500,84g Tableau 11 : montre la représentation du poids frais des fèves et cabosses en fonction des classes de piqûres dans la localité de Bokito.

Tableau 11: poids moyen des cabosses et des fèves fraîches en fonction des classes de piqûres dans la localité de Bokito

Zone	Classe de piqûres	Poids moyen des cabosses	Poids moyen des fèves fraîches par cabosse
Bokito	I	500,84 ± 105,59 b	111,32 ± 21,41 a
	II	574,54 ± 177,67 a	113,52 ± 24,24 a
	III	586,16 ± 117,95 a	118,66 ± 16,08 a

NB : les valeurs suivies par la même lettre sur la même colonne ne sont pas significativement différent test Chi 2 ($p > 0,05$)

Globalement il n'existe pas de différence significative du poids frais des fèves en fonction des classes d'attaques dans les trois localités, ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que la plus part des attaques des mirides surviennent après la formation des fèves. Ce résultat est en accord avec ceux de Babin (2009) qui montre que, les larves et les adultes de *S. singularis* s'alimentent sur la partie de la cabosse qui repose sur l'écorce du tronc du cacaoyer. Les dégâts sont donc généralement limités à cette zone. Ainsi, pour les cabosses adultes, ces dégâts sont généralement superficiels et n'entraînent pas directement de pertes de fèves significatives. Ces résultats peuvent également s'expliquer par le fait que *Salhbergella singularis* a un stylet relativement court, les piqûres infligées aux cabosses mûres ne semblent pas suffisamment profonds pour affecter significativement le poids des fèves (Yede, 2012).

En ce qui concerne le poids des cabosses, il n'existe pas de différence significative du poids de cabosse en fonction des classes de piqûres dans la zone de Ngomedzap et Talba. Ces résultats ne corrobore pas avec ceux de Yede (2012) qui montre que les mirides entraînent une perte d'environ 13% du poids des cabosses mûres, et la classe de dégâts la plus élevée présente le poids de cabosse le plus bas. Mais les différences avec les résultats de ces auteurs proviennent probablement du fait que leurs analyses ont été réalisées en mélangeant les cabosses de toutes les localités. Or, cette étude montrée qu'il y a des différences importantes entre les localités qui peuvent parfois expliquer les résultats qu'ils ont obtenus sans que ce soit forcément lié à l'impact des mirides.

Au niveau de Bokito il y a une différence significative du poids des cabosses en fonction des classes de piqûres ; mais les cabosses les plus piquées présentent un poids moyen plus élevée. Ces résultats quoique surprenants peuvent être expliqués. En effet on peut émettre l'hypothèse selon laquelle les grosses cabosses pourraient être plus piquées parce qu'elles présentent une plus grande surface d'attaque et dans ce cas, le poids des cabosses n'est pas le résultat de l'effet des piqûres. Il apparaît ici clairement qu'il y a un biais à travailler sur le nombre de piqûres par cabosse pour estimer l'impact sur le rendement en cacao marchand car ce nombre de piqûres peut être fortement influencé par la surface de la cabosse. Ce constat nous a donc amené à rechercher une autre méthode plus objective d'évaluation de l'impact des mirides sur le rendement en essayant notamment d'établir le lien entre la surface piquée et le nombre de piqûres.

4.9 Relation nombre de piqures et surface piquée

Pour établir ce lien nous avons utilisé des photographies des cabosses piquées pour estimer de manière fiable la surface piquée pour un pool de 26 cabosses récoltées à Ngomedzap. La corrélation que nous avons établie entre la surface piquée et le nombre de piqûre est positive mais faible pour le moment autour 0,25. Ceci doit être dû à la taille de l'échantillon qui est faible pour le moment mais ce résultat reste préliminaire et cette étude est en cours d'approfondissement. En plus les cabosses que nous avons utilisées pour les photographies sont moyennement voire peu piquées. Il nous manque des données dans la classe fortement piquée qui permettrait d'améliorer la corrélation. Cette corrélation sera affinée avec un échantillon plus grand et plus représentatif des piqûres. Néanmoins il paraît intéressant de poursuivre les efforts pour améliorer cette relation. L'idée sous-jacente à cette recherche de corrélation serait de faciliter les comptages des piqûres de mirides sur le terrain.

Ainsi au lieu de compter chaque piqûre lors des différents passages, nous pourrions prendre des photos et ensuite évaluer la surface piquée et estimer le nombre de piqûres après analyse des photos

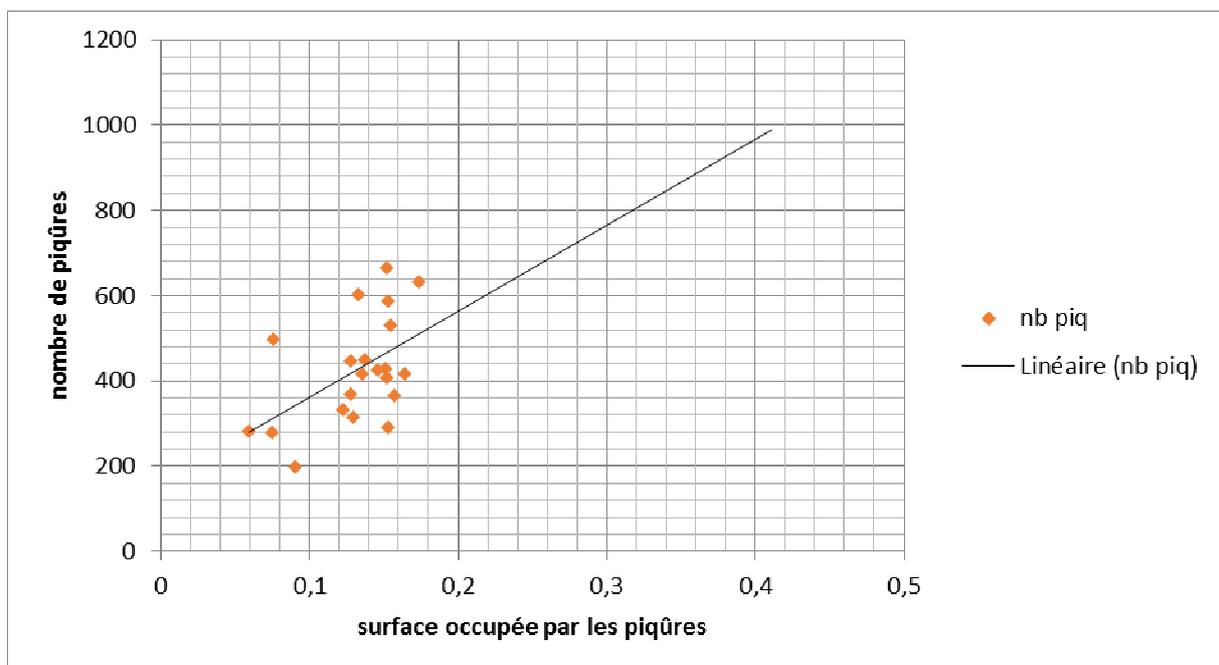


Figure 15: Graphe relation surface piquée nombre de piqûre

CHAPITRE 5 : CONCLUSION, RECOMMANDATION ET PERSPECTIVES

5.1 Conclusion

Notre étude avait pour objectif d'évaluer l'impact des dégâts de *S. singularis* sur la production cacaoyère, il en ressort de cette étude que les piqûres de *S. singularis* sur les cabosses n'a pas d'effet sur le poids des cabosses, des fèves fraîches et sèches ni, sur le nombre de fèves par cabosse.

Les analyses ont montré qu'il existe une forte influence de la zone sur ces variables de production, la localité de Talba et Bokito présente les cabosses et les fèves les plus grosses et ont un indice du poids plus faible que Ngomedzap. Le site de Ngomedzap nécessite donc plus de cabosses pour produire 1Kg de cacao marchand.

En ce qui concerne le taux d'attaque Bokito est la zone présentant le plus grand nombre de cabosses attaquées. La proportion de chérelle qui flétrit est plus importante à Ngomedzap par rapport aux deux autres localités. Il ressort de cette étude que les dégâts de *S. singularis* occasionnés sur les chérelles sont assez rares mais quand ils surviennent ils entraînent en moyenne 63% de flétrissement de fruit dans l'ensemble des trois zones et ce résultat est particulièrement remarquable à Talba où 75% des chérelles piquées flétrissent. Le taux de flétrissement n'est pas influencé par l'âge de la plantation. Les dégâts anciens (chancre) sur l'arbre ont une influence sur la production de cabosse, il en ressort que les arbres les plus attaqués produisent moins de cabosses par arbre. Les attaques sur branches, les feuilles sèche et branches nues n'ont pas montré un effet significatif sur la production des cabosses par arbre. Les parcelles non traitées à l'insecticide ont présenté plus de cabosse piquées et plus d'arbres portant des cabosses piquées que les parcelles traitées.

5.2 Recommandations et perspectives

Les résultats obtenus au terme de ce travail ont permis de faire les recommandations et les perspectives suivantes :

- La méthode de lutte intégrée reste la meilleure alternative de lutte contre les mirides dans les systèmes agroforestiers complexes. Car elle présente l'avantage de s'adapter

facilement aux contraintes économiques des petits planteurs et respecte l'environnement ;

- Une étude variétale serait nécessaire pour comparer le niveau d'attaque en fonction des variétés afin de voir celles qui sont plus sensibles aux attaques des mirides ;
- L'effet des densités d'arbres en plantation sur le taux de flétrissement des chérelles piquées devra être étudié ;
- L'effet de l'entretien général de la parcelle devra être étudié afin de voir son impact sur la production.
- Cette étude devrait se réaliser dans les parcelles sévèrement attaquées afin de voir l'effet des dégâts importants sur la production et voir à partir de quel seuil de dégâts la production est réellement affectée.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Albertus B., Eskes, Lanaud, C., 1997.** Livre Amélioration des plantes tropicales. Éditeur Scientifique CIRAD et ORTOM, p127.
- Anonyme, 1983.** Carte du Cameroun. 4^{ème} édition. Centre Géographique National, Yaoundé, Cameroun
- Anonyme, 2001.** Document de stratégie de développement du secteur rural (DSDSR). Document principal. Décembre 2001. Ministère de l'Agriculture, Yaoundé, 108p
- Anonyme, 2008.** Pesticide residues on cocoa beans. ICCO Press Releases <http://www.icco.org/about/press2.aspx.Id=urx11108>
- Asha R., Duval B.F., Joelson V.L., Luis M.B.L. et Paul R.V., 2006.** Efficacité des fongicides à base de cuivre dans le contrôle du balai de sorcière et de la pourriture brune en culture de rentes de cacao à Bahia, Brésil. *In: 15th Cocoa Research International Conference* 8p.
- Assoumou J., 1977.** L'économie du cacao, jean pierre Delarge, editeur, Paris, 351 p
- Babin R., 2009.** Contribution à l'amélioration de la lutte contre la miride du cacaoyer *Sahlbergella singularis* Hagl. (Hemiptera : Miridae). Influence des facteurs agro-écologiques sur la dynamique des populations du ravageur.
- Babin R., Gerben ten Hoopen M., Cilas C., Enjalric F., Yede, Gendre.P. et Lumaret J.P., 2010.** Impact of shade on the spatial distribution of *Sahlbergella singularis* in traditional cocoa agroforests. *Agricultural and forest entomology*, 66- 79
- Badegana A.M., Amang J. et Mpé. J.M., 2005.** Préférence alimentaires de *sahlbergella singularis* hangl (Hemiptera : miridae) vis-à-vis de quelques clones de cacaoyers (*Theobroma cacao* L), *tropicultura* 23, 1.24-28 p
- Bartley B.G., 2005.** The genetic diversity of cacao and utilization. CABI publishing London
- Boyer J., 1974.** Etude écophysiological du développement de cacaoyers cultivés au Cameroun, *Café Cacao Thé*, vol XVII N°1
- Brun L.A., Sounigo O., Coulibaly N., Cilas C. 1997.** Methods of analysis for studying cocoa (*Theobroma cacao* L.) susceptibility to mirids. *Euphytica* 94 : 349-359.
- Bruneau de Miré P., 1969.** Une fourmi utilisée au Cameroun dans la lutte contre les Mirides du cacaoyer : *Wasmannia auropunctata* Roger. *Café Cacao Thé* 13 : 209-212.

- Charier A., Michel Jacquot, Hamon S., Dominique N., 1997.** Amélioration des plantes tropicales. Cirad et Ortom.
- Cheesman E. E., 1944.** Notes on the nomenclature classification and possible relationships of cacao population.
- 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.
- Cros E., Bastide P., Nguyen-Ban J., Armengaud P., 1996.** Sensibilité du cacaoyer aux mirides : recherche de marqueurs biochimiques. Actes de la 12ème Conférence Internationale sur la Recherche Cacaoyère, San Salvador, Brésil, pp 325-329.
- Decazy B., 1979.** La lutte contre les mirides du cacaoyer au Cameroun : Nouvelles données sur les insecticides thermonébulisables. *Café Cacao Thé* 23 : 187-192
- Despréaux D., Cambrony D., Clément D., Nyassé S., Partiot M., 1988.** Etude de la pourriture brune des cabosses du cacaoyer au Cameroun : définition des nouvelles méthodes de lutte. Actes de la 10ème Conférence Internationale sur la Recherche Cacaoyère, République Dominicaine, pp 407-412.
- Entwistle P.F, 1972.** Pest of cocoa, longman group, 779pp
- Flood J., Guest D., Holmes K.A., Keane P., and Sulistyowati E., 2004.** Cocoa under attack. In *Cocoa Futures*. J. Flood, R. Murphy (Eds) CABI-FEDERACAFE, Chinciná, Colombia 164pp.
- Graham M.K., 1991.** Biological control of *Helopeltis* spp in mature cocoa by the black ant (*Dolichoderus bituberculatus*) and the cocoa mealybug (*Planococcus lilacinus*). *The Planter, Kuala Lumpur* 67: 543-546
- Hidalgo E., Bateman R., Krauss U., ten Hoopen G.M., and Martinez A., 2003.** A field investigation into delivery systems for agents to control *Moniliophthora roreri*. *European Journal of Plant Pathology*, 109,953-961.
- International Cocoa Organisation (ICCO), 2008.** Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics. Cocoa year 2007/2008. Vol. XXXIV n°4. 40p.
- International Cocoa Organisation (ICCO), 2014,** Quarterly bulletin of cacao statistics, Vol XI, N° 1 cocoa year 2013/2014.

- Jagoret P., Couve C., Bouambi E., Menimo T., Domkam I., et Nyassé S. 2006.** Caractérisation des systèmes de cacaoculture du Centre Cameroun. Yaoundé, Irad/Cirad, 107 p.
- Jagoret.P., 2011,** thèse Analyse et évaluation de système agroforestiers complexes sur long terme : Application aux systèmes de culture à base de cacaoyer au centre Cameroun. Montpellier SupAgro
- Janny. G.M, Barbara. J, Ritchie et Julie Flood 2003 .** A la découverte du cacao, CABI bioscience Bakeham lane
- Khoo K.C., Chung G.F., 1989.** Use of the black cocoa ant to control mirid damage in cocoa. *The planter, Kuala Lumpur* 65: 370-383
- Kumar R., Ansari A.K., 1974.** Biology, immature stages and rearing of cocoa-capsids (Miridae: Heteroptera). *Zoological Journal of the Linnean Society* 54: 1-29.
- Kwesseu Petgeun.M.J., 2010.** Analyse qualitative des systèmes de cacaoculture dans la Region du centre Cameroun. mémoire
- Lass R.A., 1985.** Diseases. In: Cocoa G.A.R.Wood and R.A.Lass Eds., Longman, London, pp. 265-365.
- Lavabre, E.M., Decelle, J. & Debord, P., 1962.** Recherches sur les variations des populations de Mirides en Côte d'Ivoire. *Café Cacao Thé* 6, 287-295.
- Lavabre E.M., Piart J., Nguyen Ban J. 1965.** Résultats des essais d'insecticides en laboratoire et en plein champ contre les mirides des cacaoyers. Conférence interne sur les recherches agronomiques cacaoyères. Abidjan, Côte d'Ivoire, pp 143-148.
- Lavabre, E.M., 1977.** Variations saisonnières de populations. in Lavabre, E. M. (Ed) *Les Mirides du Cacaoyer*. Paris, G-P. Maisonneuve et Larose. pp. 155-170
- Losch B., Fusillier J.L. & Dupraz, P. 1991.** Stratégies des producteurs en zone caféière et cacaoyère du Cameroun. Quelles adaptations à la crise ? Collection DSA n°12, DSA-CIRAD, Montpellier, France.
- Lotodé R. & Lachenaud., 1988.** Ph. Méthodologie destinée aux essais de sélection du cacaoyer. *Café Cacao Thé*, vol XXVIII, N°2, avril-juin, p.83-88.
- Madge D.S., 1968.** The behaviour of the cocoa mirid (*Sahlbergella singularis* Hagl.) to some environmental factors. *Bulletin of the Entomological Society of Nigeria* 1: 63-70.
- Mahot L., Babin R., Dibog L., Tondje P.R., Bilong C., 2006.** Biocontrol of cocoa mirid *Sahlbergella singularis* Hagl. (Hemiptera: Miridae) with *Beauveria bassiana*.

- Vuillemin. First results of activities carried out at IRAD, Cameroon. INCOPEP 5th International seminar on cocoa pests and diseases, San Jose, Costa Rica, p 14.
- Majer J.D., Delabie J.H.C., 1993.** An evaluation of Brazilian cocoa farm ants as potential biological control agents. *Journal of Plant Protection in the Tropics* 10: 43-49.
- Mariau D., Ed. 1996.** Lutte intégrée contre les ravageurs des cultures pérennes tropicales. Editions Repères du CIRAD, Montpellier, 200p.
- Martin. J.P., 1970,** le cacaoyer, cours E.N.S.A Abidjan année 1969-1970, 12p.
- Mbarga J.B., 2010.** Formulation des conidies de *Trichoderma asperellum*, agent de lutte biologique contre la pourriture brune des fruits du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.). Mémoire de Master complémentaire en Protection des Cultures Tropicales et Subtropicales, Communauté Française de Belgique, 42p.
- Mbondji Mbondji. P., 2010,** le cacaoyer au Cameroun. Presse de l'Université Catholique d'Afrique Centrale 254 p.
- Mémento de l'Agronome, 1991.** Les plantes stimulantes. Cirad-Gret-Ministère des affaires étrangères
- Mfegue V., Mbenoun M., Ten Hoopen M., Techou Z., Badjeck I., Ducamp M., et Ivors K., 2002.** Mise au point d'une méthode de lutte prophylactique contre la pourriture brune des cabosses du cacaoyer, basée sur l'identification participative des foyers primaires d'infection de l'agent *Phytophthora megakarya* en champ. IRAD- Cameroun, Centre de coopération international Montpellier, Département de protection des végétaux.
- Morris .D, 1882,** Cacao: how to grow and how to cure it Jamaica, PP 1-45.
- Mossu.G, Paulin.D, Reffye., 1981,** Influence de la floraison et de la pollinisation sur les rendements du cacaoyer, IFCC, 75016 Paris.
- Mossu. G, 1990** Le cacaoyer, Maisonneuve et Larose
- Mpika J., Kebe I.B., Druzhinina S.I., Komon-Zélazowska M., Kubicek C.P., et Aké S., 2009.** Inhibition de *Phytophthora palmivora*, agent de la pourriture brune des cabosses de cacaoyer en Côte d'Ivoire, par *Trichoderma* sp. *Sciences et Nature* vol. 6 numéro1 : 49-62(2009).
- Muller R.A., 1981.** Differences in isolates of black pod disease Organisms from six cocoa growing countries. 8th *Cocoa Research International Conference* Abidjan (Côte d'Ivoire), pp 468-472

- Mvondo S.K., 2013.** Carbon stock in Talba. Mémoire de fin d'études. Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, Cameroun.
- Ndoubè-Nkeng M., Efombagn M.I.B., Nyasse S., Nyemb E., Sache I. and Cilas C., 2009.** Relationships between cocoa *Phytophthora* pod rot disease and climatic variables in Cameroon. *Plant Pathology* 31: 309-320.
- Ndoubè-Nkeng M., et Sache I., 2003.** Lutte contre la pourriture brune des cabosses du cacaoyer au Cameroun. *Phytoma, La défense des Végétaux* 562 : 26-32.
- Nguyen Ban J., 1977.** La lutte chimique contre les mirides du cacaoyer. In : Les mirides du cacaoyer. E.M. Lavabre Ed., G-P. Maisonneuve et Larose, Paris, pp 257-278
- Norgrove L., 2007.** Effects of different copper fungicide application rates upon earthworm activity and impacts on cocoa yield over four years. *European Journal of Soil Biology*, 43 (2007) S303-S310.
- Nyassé. S, 1993,** Mise au point et utilisation d'un test précoce de sensibilité intrinsèque du cacaoyer (*Theobroma cacao* L) à la pourriture brune des fruits due aux phytophthora. Centre de coopération International en recherche Agronomique pour le développement, Montpellier (France) cp. Département des cultures pérennes
- Nyassé S. 1997.** Etude de la diversité de *Phytophthora megakarya* et caractérisation de la résistance du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) à cet agent. Thèse de Doctorat, Inst. Nat. Polytechn. de Toulouse. 133p.
- Nyassé S., Grivet L., Risterucci A.M., Blaha G., Berry D., Lanaud C., et Despréaux D. 1999.** Diversity of *Phytophthora megakarya* in Central and west Africa revealed by isozyme and RAPD markers. *Mycological Research* 103 : 1225-1234.
- ONCC., 2009** Les mesures prises par le gouvernement pour parvenir à une économie cacaoyère durable : cas du Cameroun. *Table ronde sur l'économie cacaoyère mondiale durable – Trinidad et Tobago.*
- Owusu-Manu E. 1984.** The evaluation of the synthetic pyrethroids for the control of *Distantiella theobroma* Dist. (Hemiptera, Miridae) in Ghana. Actes de la 9^{ème} Conférence Internationale sur la Recherche Cacaoyère, Lomé, Togo, pp 535-538.
- Padi B., Ackonor J.B., Opoku I.Y. 2001.** Cocoa IPM research and implementation in Ghana. In: Proceedings of the West Africa Regional Cocoa IPM Workshop, Janny Vos and Peter Neuenschwander Eds. Cotonou, Benin, CPL press, pp 54-62.

- Petithuguenin P. 1993.** Relance régionalisée de la production paysanne de café et de cacao au Cameroun. Bilan-dignostic de la recherche agronomique café/cacao. Quels acquis pour le développement dans le contexte actuel ? Montpellier, CIRAD, 46 p.
- Pohe. J, Pohe Sedjouény. S.W, Okou Staelle.F.F, 2013.** Association oxide de cuivre et metalaxyl dans la lutte contre la pourriture brune en Côte d' Ivoire, Journal of animal and plant sciences, vol.16,: 2362-2368.
- Pohe.J, Agneroh. T, 2013.** L'huile des graines de neem, un fongicide alternatif à l'oxyde de cuivre dans la lutte contre la pourriture brune des cabosses de cacaoyer en Côte d'Ivoire, Journal of applied Bioscience,: 4644-4652.
- Samuels G.J., Pardo-Schultheiss R. Hebbar K.P., Lumsden R.D., Bastos C.N., Costa J.C., and Bezerra J.C., 2000.** *Trichoderma stromaticum*, a parasite of cacao witches broom pathogen. *Mycological Research* 104,760-764.
- Solorzano Rey Gastonloor, 2007.** Contribution à l'étude de la domestication de la variété de cacaoyer Nacional d'Equateur : Recherche de la variété native de ses ancêtres sauvages. P 48.
- Sonwa D.J., Coulibaly O., Adesina A.A., Weise S.F., and Tchatat M., 2002.** Integrated pest management in cocoa agroforest in southern Cameroon: constraints and overview. *Integrated pest management review*.7:191-199.
- Tayo Gamo K., 2013.** Dynamique de la biodiversité ligneuse et des stocks de carbone dans les systèmes agroforestiers à base de cacaoyer au centre Cameroun : cas de ngomedzap. Mémoire de fin d'études. Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, Cameroun.
- Tondje P.R., Roberts D.P., Bon M.C., Widmer T., Samuels G.J., Ismaiel A., Begoude A.D., Tchana T., Nyemb-Tshomb E., Ndoumbe-Nkeng M., Bateman R., Fontem D., et Hebbar K.P., 2007.** Isolation and identification of mycoparasitic isolates of *Trichoderma asperellum* with potential for suppression of black pod disease of cacao in Cameroon. *Biological control*.
- Toxopeus H., 1985.** Planting material. In: Cocoa G.A.R.Wood and R.A.Lass Eds., Longman, London, pp. 80-92.
- Tsomo.M.L., 2008.** These intercommunalité et gestion participative de l'approvisionnement en eau potable dans le department du Mbam et Inoubou (Région du centre Cameroun)

- Varlet F., Berry D., 1997.** Réhabilitation de la protection phytosanitaire des cacaoyers et caféiers du Cameroun. Cirad/Conseil interprofessionnel du cacao et du café (Cicc). Douala, Cameroun, Conseil interprofessionnel du cacao et du café, 204 p. + 202 p
- Way M.J., Khoo K.C., 1989.** Relationships between *Helopeltis theobromae* damage and ants with special reference to Malaysian cocoa smallholdings. *Journal of Plant Protection in the Tropics* 6 : 1-11.
- Way M.J., Khoo K.C., 1991.** Colony dispersion and nesting habits of the ants, *Dolichoderus thoracicus* and *Oecophylla smaragdina* (Hymenoptera: Formicidae), in relation to their success as biological control agents on cocoa. *Bulletin of Entomological Research* 81 : 341-350.
- Way M.J., Khoo K.C., 1992.** Role of ants in pest management. *Annual Review of Entomology* 37 : 479-503.
- Wetterer J.K., Walsh P., White L., 1999.** *Wasmannia auropunctata*, une fourmi dangereuse pour la faune du Gabon. *Canopée. Bulletin sur l'Environnement en Afrique Centrale* 14. http://www.ecofac.org/Canopee/N14/N1404_FourmisGabon/FourmisGabon.htm.
- Wheeler A.G. Jr., 2000.** Plant bugs (Miridae) as plant pests. In: Heteroptera of economic importance, De Carl W. Schaefer & Antônio Ricardo Panizzi Eds, CRC Press, USA, pp 37-83.
- Whitlock, Bayer.C et Baum. D., 2001.** Phylogenetic relationships and floral evolution of the Byttnerioideae (Sterculiaceae or malvaceae) based on sequences of chloroplast gene. *Systematic botanic* 26: 420-437.
- Wilbert. P.M, Rolando Cerda. B., 2009.** Solution for environment and development, cocoa diseases in central America, tropical Agricultural Research and higher education center (Catie)
- Williams. G., 1953.** Field observations on the cacao mirids, *Sahlbergella singularis* Hagl. and *Distantiella theobroma* (Dist.), in the Gold Coast. Part I: Mirid Damage. *Bulletin of Entomological Research* 44, 101-119.
- Wood G.A.R and Lass.R. A., 1987.** cocoa 4th edition scientific and technical and Jhon wiley and sons, Inc. New York Longman.
- Yede, Babin.R, Djieto. C. L., Cilas. C., Dibog.L, Mahob. C., Bilong.F., 2012.** Impact des insectes piqueurs de cabosses sur la production du cacaoyer dans la région Centre du

Cameroun. CIRAD, UPR Bioagresseurs de perennes, Avenue Agropolis, TA A31/02,
34398 Montpellier Cedex 5, France IRAD, BP 2067 Yaounde, Cameroon

Youdeowei, A., 1971. Studies on the pattern of distribution of the cacao capsid, *Sahlbergella singularis* Hagl., in relation to light intensity in an isolated plot of cacao, *Theobroma cacao* L. *Journal of the West African Science Association*, 16(1), 5-12.

Youdeowei A., 1973. The life cycles of the cocoa Mirids *Sahlbergella singularis* Hagl. And *Distantiella theobroma* Dist. in Nigeria. *Journal of Natural History* 7 : 217-223

Youdeowei. A, 1977., Behaviour and activity in lavabre, EM les mirides du cacaoyer. Ed
Maisonneuve et larose- Paris, G- P.. pp 223-236.

Annexe 2: Tableau d'analyse de variance pour tester effet zone sur poids frais de la cabosse

Tableau Anova

Sv	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
zone	2	3.6289	1.81445	24.533	1.701e-10 ***
Residuals	263	19.4515	0.07396		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tableau Comparaison multiple de moyennes

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

	diff	lwr	upr	P. adj
Ngomedzap-Bokito	-0.286407689	0.3927617 -	0.18005372	0.0000000
Talba-Bokito	0.003989057	-0.0842787	0.09225682	0.9937639
Talba-Ngomedzap	0.290396746	0.1835233	0.39727023	0.0000000

Annexe 3: Tableau d'analyse de variance pour tester effet zone sur poids frais des fèves

Model: gaussian, link: identity, Response: tab\$pfraisfeve

	Df	Deviance	Resid. Df	Resid. Dev	Fvalue	Pr(>F)
NULL			265	223255		
tab\$zone	2	13385	263	209870	8.3865	0.0002946 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Tableau :Comparaison multiple de moyennes
Pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test

data: tab\$pfraisfeve and tab\$zone

	Bokito	Ngomedzap
Ngomedzap	0.0360	
Talba	0.3052	0.0033

P value adjustment method: bonferonni

Annexe 4: tableaux d'Analyse de la variance de l'effet des piqûres sur le poids frais des fèves et des poids frais des cabosses dans zone de Ngomedzap

Tableau ANOVA effet des piqûres sur poids des fèves fraîches

s	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
piqûres	1	71	70,94	0,114	0,7369
residuals	53	32970	622,08		

Tableau ANOVA effet des piqûres sur poids cabosse

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
tabngo\$piq	1	3234	3233.6	0.252	0.6177
Residuals	53	679978	12829.8		

Annexe 5: tableaux d'Analyse de la variance de l'effet des piqûres sur le poids frais des fèves et des poids frais des cabosses dans zone de Talba

Tableau ANOVA effet des piqûres sur poids des fèves fraîches

	Df	Sum Sq	Mean Sq	Fvalue	Pr
Piqûres	2	1434	717.05	0.5941	0.554
Residuals	101	121897	1206.90		

Tableau ANOVA effet des piqûres sur poids des cabosses

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr
piqûres	2	83206	41603	1.7711	0.1754
Residuals	101	2372533	23490		

Annexe 6: tableau d'Analyse de la variance de l'effet des piqûres sur le poids frais des fèves et des poids frais des cabosses dans zone de Bokito

Tableau ANOVA effet des piqûres sur poids des fèves fraîches ANOVA

Variable	Df	Sum Sq	Meam Sq	F value	Pr(□F)
Piqûre	2	508	253.76	0.498	0.6092
Residuals	104	52991	509.52		

Tableau ANOVA effet des piqûres sur poids de cabosses

Variable	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr (□ F)
piqûres	2	184471	92236	4.4407	0.0141
Residuals	104	2160114	20770		