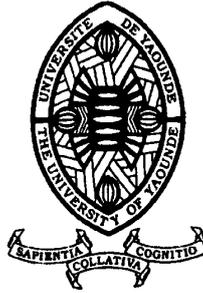


REPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix – Travail – Patrie

UNIVERSITE DE YAOUNDE I
ECOLE NORMALE SUPERIEURE
DEPARTEMENT DE DEPARTEMENT DES
SCIENCES BIOLOGIQUES



REPUBLIC OF CAMEROUN

Peace – Work – Fatherland

UNIVERSITY OF YAOUNDE I
HIGHER TEACHER TRAINING COLLEGE
DEPARTMENT OF DEPARTEMENT OF
BIOLOGICAL SCIENCE

**Impact de *Sahlbergella singularis* (Miridae) sur la
croissance de *Theobroma cacao* L. (Malvaceae) à
Nkolbisson (Yaoundé-Cameroun)**

Mémoire présenté et soutenu publiquement le 27 Juin 2016 en vue de
l'obtention du Diplôme de Professeur de l'Enseignement Secondaire Deuxième
Grade(DI.P.E.S.II)

Par :

KETCHIEMO TOUNKAM Franklin
Licencié és Sciences

Sous la direction
DOUKA Chantal,
Chargé de Cours

Année Académique
2015-2016





AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire de Yaoundé I. Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : biblio.centrale.uyi@gmail.com

WARNING

This document is the fruit of an intense hard work defended and accepted before a jury and made available to the entire University of Yaounde I community. All intellectual property rights are reserved to the author. This implies proper citation and referencing when using this document.

On the other hand, any unlawful act, plagiarism, unauthorized duplication will lead to Penal pursuits.

Contact: biblio.centrale.uyi@gmail.com

DEDICACE

Je dédie ce travail à :

Mon papa : Tounkam Emmanuel

&

Ma maman : Hontchouang Julienne

Pour leurs efforts

REMERCIEMENTS

Le présent travail est le fruit de la contribution de nombreuses personnes, et je ne suis que l'instrument de sa réalisation. Qu'il me soit permis de leur exprimer mon respect et ma gratitude. Il s'agit : du

- Professeur Nicolas NIEMENAK, qui a créé les conditions favorables à son élaboration de ce travail. Je suis particulièrement reconnaissant pour ses appuis et soutiens constants.
- Docteur Leïla BAGNY BEILHE, sans qui ce travail n'aurait pas été mené à bon port. Les seuls mots que je trouve à lui dire sont : infiniment merci.
- Professeur SONKE Bonaventure, chef de département des Sciences Biologiques de l'Ecole Normale Supérieure, pour la coordination des activités relatives à ma formation.
- Corps enseignant du Département des Sciences Biologiques de l'Ecole Normale Supérieure, responsable de ma formation professionnelle pendant man cursus académique.
- Directeur Général de l'IRAD Docteur Noé WOIN et du Docteur Didier BEGOUDE, coordonnateur du projet C2D/ PAR/SAF dans le cadre duquel ce travail a été réalisé.
- Directeur du CIRAD Patrice de VERNOU, pour son appui logistique dans le cadre des analyses des résultats.

Mes remerciements vont également à l'endroit de :

- Stéphanie KAKAM, Benoit OWONA chercheur et technicien du laboratoire d'entomologie, et également de Sandrine PETCHAYO du laboratoire de phytopathologie de l'IRAD de Nkolbisson pour leurs appuis lors des différentes manipulations.
- Tous mes camarades de promotion en particulier, Durand JOKENG, Ange Driss MILAWE, Danika CHEMOE, Diane OMONO, Ashley NYANGONO, Inès MBANG, Ingrid N'TOUMA et Ginette MALEPA pour ces moments d'échanges passés ensemble.
- M. Robert NZONANG et madame dont je suis la pupille.
- Mes frères et sœurs Stéphanie DJAHAPOU, Yolande KOMGUEP, Paloma NANTCHOUANG, Marlène NGANSOP, Alex NONO et Larissa KENMOGNE.

- Mes oncles et tantes ainsi que mon beau-frère Emmanuel TCHUMMOGNI pour leur soutien multiforme.
- Mes amis Ingrid KENTIA, Patience NGOUANET, Serge NANA, Christian DEFFO, et Gilles KOUHOU pour les moments passés ensemble.
- Tous ceux qui de près ou de loin ont contribué de quelque façon que ce soit à la réalisation de ce mémoire.

TABLE DES MATIERES

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS	ii
TABLE DES MATIERES	iv
RESUME.....	vii
ABSTRACT	viii
LISTE DES ABREVIATIONS	ix
LISTE DES FIGURES	x
LISTE DES TABLEAUX.....	xii
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE.....	3
I.1- Généralités sur <i>Theobroma cacao</i>	4
I.1.1- Historique : origine et répartition géographique	4
I.1.2- Taxonomie, diversité et classification	4
I.1.2.1- Taxonomie	4
I.1.2.2- Diversité et classification.....	5
I.1.3- Morphologie et biologie du cacaoyer	7
I.1.3.1- Système racinaire du cacaoyer	7
I.1.3.2- Système aérien du cacaoyer.....	8
I.1.4- Ecologie du cacaoyer	12
I.1.5- Usage et importance du cacaoyer	12
I.2- Ravageurs et maladies du cacaoyer	13
I.2.1- Généralités sur <i>Sahlbergella singularis</i>	14
I.2.1.1- Distribution géographique	14
I.2.1.2- Position taxonomique	14
I.2.1.3- Morphologie	15
I.2.1.4- Cycle de développement de <i>Sahlbergella singularis</i>	16

I.2.1.5- Mode d'alimentation de <i>Sahlbergella singularis</i> et dégâts causés sur le cacaoyer.....	17
I.2.1.6- Ecologie <i>Sahlbergella singularis</i>	18
I.2.1.7- Lutte contre les Mirides	19
I.2.2.-Autres ravageurs du cacaoyer.....	21
I.2.3- Microorganismes	22
I.3- Lutte intégrée contre les ravageurs	24
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES.....	25
II.1- Matériel.....	26
II.1.1-Cadre d'étude	26
II.1.2-Matériel végétal.....	26
II.1.3- Matériel animal	27
II.2- Méthodes	27
II.2.1-Dispositif expérimental.....	27
II.2.2- Comptage des piqûres des mirides et suivis des densités de <i>Sahlbergella singularis</i>	29
II.2.3- Dynamique de la croissance végétative de <i>Theobroma cacao</i>	30
II.2.3.1- Dynamique des flushes.....	30
II.2.3.3- Suivi de l'activité cambiale	30
II.2.3.4- Apparition des gourmands	31
II.2.3.5- Chute des feuilles	31
II.2.3.6- Mesure thermohygrométrique	31
II.2.4- Analyses statistiques	32
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION	33
III.1- Résultats	34
II.1.1- Mesure thermo-hygrométrique	34
II.1.2- Réponse du cacaoyer aux attaques de <i>Sahlbergella singularis</i>	35
III.1.3- Rythme des poussées foliaires	38

III.1.4- Capacité de reprise des plants	40
III.1.5- Croissance foliaire	41
II.2-Discussion.....	43
II.2.1- Réponses du cacaoyer à l'attaque des mirides	43
II.2.2- Rythme des poussées foliaires	44
II.2.3- Capacité de reprise des plants et croissance foliaire	45
CHAPITRE IV : IMPLICATION SUR LE SYSTEME EDUCATIF DU SUJET	47
IV.1- Intérêt didactique.....	48
IV.2- Fiche pédagogique	48
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	57
BIBLIOGRAPHIE	59
ANNEXES	66

RESUME

La cacaoculture au Cameroun est réalisée dans des systèmes agroforestiers. Elle est soumise à de nombreuses contraintes parmi lesquelles la pourriture brune des cabosses, les attaques des mirides et les phénomènes de dépérissement. Une connaissance des caractéristiques des plants utilisés dans les vergers camerounais permettrait d'optimiser la lutte intégrée (IPM) contre les Mirides et permettrait d'accroître la production cacaoyère du Cameroun. Le présent travail s'est fixé comme objectif de déterminer la réponse physiologique du cacaoyer face à l'agression des mirides en particulier l'espèce *Sahlbergella singularis*. Plus spécifiquement il a consisté à (i) établir le lien entre les piqûres de mirides et la croissance végétative du cacaoyer, à (ii) évaluer l'aptitude à reprendre des cacaoyers face à l'attaque des mirides et enfin (iii) à évaluer l'impact des mirides sur le développement foliaire.

Pour ce faire des plants de cacaoyer tous âgés de deux ans et appartenant à trois familles ont été utilisés, il s'agit des familles T79/507×SNK413, IMC67×SNK10 et ISC40×UPA134. Ces familles ont été disposées dans une serre de 7,5 ×11,6m en trois lots, un premier lot témoin, un second lot comprenant des plants infestés par cinq larves de mirides chacun, et un dernier lot comprenant des plants infestés par dix larves chacun. Chacun des plants a été protégé par une moustiquaire et ceux devant recevoir les mirides ont été infestées. L'infestation a duré trois semaines, pendant lesquelles la densité des mirides a été maintenue constante en remplaçant les individus morts ou disparus. L'allongement de la longueur et de la largeur des feuilles pour chaque flush, la période d'émission des flushes, l'activité cambiale, le nombre de gourmands émis, la chute des feuilles ont été suivis après infestation.

Il en ressort que l'attaque des mirides a un effet délétère sur les cacaoyers en causant la mort des bourgeons, la chute des feuilles du sommet vers la base, l'apparition des gourmands, la baisse de la surface foliaire. Elle favorise les attaques par des champignons qui peuvent entraîner la mort des plants. Une transmission de l'antixénose des clones ICS40 aux descendants de la famille ISC40 × UPA134 a été observée.

Mots clés : *Theobroma cacao*, *Sahlbergella singularis*, réponse physiologique, croissance végétative, antixénose

ABSTRACT

Cocoa production in Cameroon is carried out in agroforestry systems. It is affected by a range of pest and diseases including black pod disease and mirids attacks and also the dieback phenomenon. Knowledge of plant characteristics used in Cameroon orchards would improve integrated pest management (IPM) against mirids and would help farmers increase cocoa yield in Cameroon. This work aims to determine the physiological response of the cacao against mirids attacks in particular *Sahlbergella singularis*. Specifically the objectives were to (i) establish the link between mirids bites and vegetative growth of cocoa (ii) to evaluate the ability of cocoa to resume against mirids attacks and finally (iii) to assess the impact of mirids on leaves development.

Seedlings of cacao all aged two and belonging to three families were used: T79/507 × SNK413, IMC67 × SNK10 and ISC40 × UPA134. These families were arranged in a greenhouse of 7.5 × 11.6m in three batches, a first batch control, a second batch with plants infested with five mirids larvae each, and a last batch with plants infested with ten larvae each. Each plant has been protected by a mosquito net and the one that should receive mirids were infested. The infestation has lasted three weeks. During this period the density of mirids was kept constant by replacing the dead or missing individuals. The following parameters were monitored before and after infestation: the period of flushes emission, the extending leaf growth (length and width) for each flush, and cambial activity. After infection the number of chupons occurrence and falling leaves were noted.

It appears that mirids attacks had a deleterious effect on cocoa trees. It causes the death of buds, the leaf fall through a to down process, the occurrence of chupons, and the reduction of leaf surface. It is responsible for a secondary attack by fungi that can cause death of plants. There is a transmission of antixenosis form ICS 40 clones to the descendants of the family ISC40 × UPA134.

Key Words: *Theobroma cacao*, *Sahlbergella singularis*, vegetative growth, physiological response, Antixenosis,

LISTE DES ABREVIATIONS

C2D : Contrat Désendettement et Développement

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

CTA : Centre Technique de coopération Agricole et rurale

GIEC : Gestion Intégrée des Ennemis de Cultures

ICCO : International Cocoa Organisation

ICS : sélection de l'Imperial Collège à Trinidad

IRAD : Institut de Recherche en Agronomie pour le Développement

OILB-SROP : Office International de la Lutte Biologique, Section Régionale Ouest-Pléartique

SAF : Système Agroforestier

SNK : sélection de la Station de Nkoemvone au Cameroun

UF : sélection de l'United Fruit au Costa Rica

WACRI : West African Cocoa Research Institute

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Schéma de l'architecture des systèmes aérien et souterrain d'un cacaoyer adulte issu de semis (p : pivot ; rl : racines latérales horizontales terminées par un abondant chevelu dans la couche superficielle du sol. Ao : tronc (axe orthotrope) ; R : rejet orthotrope ; Ap1 : branche plagiotrope primaire ; Ap2 : branche plagiotrope secondaire ; C : couronne de cinq branches charpentières Ap1)	7
Figure 2 : Jeune feuille de cacaoyer (A : Feuille de coloration vert-pâle ; B : feuille de coloration rougeâtre)	9
Figure 3 : Fleur du cacaoyer (A : Jeune inflorescence ; B : Coussinet floral)	10
Figure 4 : Fruit du cacaoyer (A : Chérelles ; B : Cabosse; C : Chérelles « wiltés»).....	11
Figure 5: Adultes femelles de <i>Sahlbergella singularis</i> et <i>Distantiella theobroma</i>	14
Figure 6: Stade larvaire de <i>Sahlbergella singularis</i>	16
Figure 7 : Dégâts de <i>Sahlbergella singularis</i> . A : piqûres sur une jeune cabosse avec formation de crevasses dans le cortex et déformation du fruit, B : attaque des rameaux conduisant à l'assèchement des feuilles, C : Plages des cellules nécrosées sur jeune tige (tache noir), D : Chancre sur l'écorce de la tige. E : installation des champignons de faiblesse, F : Mort d'un jeune plant après attaque.	18
Figure 8: Principes de la lutte intégrée	24
Figure 9: Plan de la serre.....	27
Figure 10 : Dispositif expérimental (A : Mise en place des plants, B: plants recouvert d'une moustiquaire au moment de l'infestation, C: Vue d'ensemble, D : Infestation d'un plant, E et F : Mirides entrain de s'alimenter sur des pousses semis-aôtées).....	29
Figure 11 : Capteur thermohygro-métrique (A : Sur un plan au milieu de la serre et sous feuillage; B: sur le tronc d'un plant mort dans un coin de la serre).....	32
Figure 12 : Mesures thermique et hygrométrique (A : courbes des maxima et minima thermiques ; B : courbes des maxima et minima hygrométriques)	35
Figure 13 : Résultat de l'infestation (A: piqûres des mirides sur le tronc (plage noir) ; B : Piqûres sur pousse semi aoté aboutissant à une crevasse dans le tronc; C : Mort du bourgeon terminal et chute des feuilles du sommet vers la base; D : Crevasse ; E: Infection d'une crevasse par un champignon ; F : Plant mort.).....	36
Figure 14 : Reprise des plants (A, B: Gourmands émis par des bourgeons adventifs ; C, D Gourmands émis par des bourgeons axillaires ; Les flèches en rouge indiquent les gourmands)	38

Figure 15 : Nombre moyen de rejets émis par les plants après infestation	41
Figure 16 : Evolution de la surface foliaire en fonction du temps (A : croisement T79/501×SNK413 ; B : croisement IMC67×SNK10 ; C : croisement ICS40×UPA134).....	42

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Production mondiale du cacaoyer	13
Tableau 2: Les principales maladies du cacaoyer	23
Tableau 3 : Matériel végétal réparti suivant le croisement	26
Tableau 4: Calendrier de conduite des traitements	28
Tableau 5 : Etat des plants 61 jours après infestation	37
Tableau 6 : Nombre de poussées foliaires par croisement par mois, par traitement et par arbre	40

INTRODUCTION

Le cacaoyer est une plante néo-tropicale à feuilles persistantes originaire de l'Amérique du Sud (Motamayor *et al.* 2002) appartenant à la famille des Malvaceae. Il est principalement cultivé pour ses graines. Celles-ci fermentées et séchées sont appelées fèves de cacaoyer. Ces fèves sont principalement destinées à la chocolaterie et secondairement à l'industrie cosmétique et pharmaceutique. La cacaoculture concerne 70 pays environ dans le monde entier, les $\frac{3}{4}$ de la production mondiale de cacao proviennent des pays africains (Jagoret 2011).

La cacaoculture fait l'objet de nombreuses contraintes, qui entraînent des pertes et une baisse considérable de la production. Outre les contraintes de dépérissement, les bioagresseurs sont en majeure partie responsables de ces pertes. La famille des Miridae renferme incontestablement les Hémiptères les plus dangereux pour le cacaoyer à l'échelle mondiale. Les espèces *Sahlbergella singularis* et *Distantiella theobroma*, communément appelées mirides du cacaoyer, ou capsides, sont les principaux insectes ravageurs du cacaoyer en Afrique de l'Ouest, où elles sont responsables de pertes de production estimées à 25 - 30 % (Lavabre *et al.* 1962). Ces derniers, dans un but nourricier, à l'aide de leur rostre, piquent les rameaux non aoûtés et les chérelles. La salive injectée lors de la piqûre est phytotoxique et histolytique ce qui entraîne la mort des cellules tout autour de la zone piquée. Dans le cas des attaques des chérelles, celles-ci tombent : on parle de coulure entomologique (Badegana *et al.* 2005).

Au Cameroun, la cacaoculture est réalisée dans des systèmes agroforestiers complexes (Zapfack *et al.* 2002). Le terme agroforesterie désignant la mise en valeur du sol avec une association simultanée ou séquentielle de ligneux et de cultures ou d'animaux afin d'obtenir des produits ou des services utiles à l'Homme (Torquebiau 2007). Le fonctionnement des systèmes agroforestiers à base de cacaoyer demeure mal connu mais est incontestablement une source importante de services écosystémiques allant de la séquestration du carbone à la régulation des bioagresseurs (Jagoret 2011). Ces systèmes agroforestiers à base de cacaoyer renferment une biodiversité importante tant animale que végétale. Actuellement la lutte contre les maladies et les ravageurs du cacaoyer implique l'utilisation de pesticides chimiques de synthèse qui peuvent mettre en péril le fonctionnement des systèmes agroforestiers. Afin de limiter l'utilisation de ces intrants et d'optimiser les services fournis par les systèmes dans le cadre d'une lutte intégrée, il est important de mieux connaître l'impact des mirides sur le

cacaoyer. La présente étude est une première étape qui s'est intéressée à la connaissance des caractéristiques de quelques familles de cacaoyer qui sont retrouvées dans les cacaoyères camerounaises.

Cette étude s'est fixée comme objectif de déterminer la réponse physiologique déployée par *Theobroma cacao* face aux attaques des Mirides. Spécifiquement il a été question d' :

- établir le lien entre piqûres de miride et la croissance végétative du cacaoyer ;
- évaluer l'aptitude à reprendre du cacaoyer face à l'attaque des mirides ;
- évaluer l'impact des mirides sur le développement foliaire.

CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE

I.1- Généralités sur *Theobroma cacao*

I.1.1- Historique : origine et répartition géographique

Le cacaoyer est une plante originaire de la forêt humide de l'Amérique du Sud et plus précisément de la Haute Amazonie (Cheesmann 1944; Motamayor *et al.* 2002) Le premier centre de domestication du cacaoyer se situe en Amérique centrale, où les indiens sont les premiers à la réaliser (Eskes et Lanaud 1997). D'après Mossu (1990) le cacaoyer était initialement cultivé au Mexique par les Mayas. L'histoire moderne du cacao commence comme pour bien d'autres plantes en juillet 1502 avec la découverte du nouveau Monde par Christophe Colomb. L'usage qu'on en faisait au moment où les Espagnols débarquent au Mexique est assez différent de celui que nous connaissons; il constituait une monnaie, et aussi un breuvage nourrissant. C'est après que l'on eut l'idée de l'associer au sucre extrait de la canne, que le cacao fut apprécié, et son usage se répandit jusqu'en Espagne. Dès la fin du XVIe siècle le cacaoyer est cultivé dans la plupart des régions tropicales de l'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 l'Espagne. L'usage du cacao se répand ensuite en Europe par les cours royales, en Italie, en France, en Hollande, en Angleterre et en Allemagne (Mossu 1990). C'est au XVIIe siècle que le cacaoyer est introduit en Afrique de l'Ouest, à partir du Ghana (Braudeau 1969). Au Cameroun, les premières plantations cacaoyères ont été installées à Limbé puis sur les pentes du Mont Cameroun en 1887 les allemands (Assoumou 1977).

I.1.2- Taxonomie, diversité et classification

I.1.2.1- Taxonomie

Le cacaoyer appartient à la classe des Magnoliopsidae, autrefois classé dans la famille des Sterculiaceae il a été reclassé récemment dans la famille des Malvaceae (Whitlock *et al.* 2001). Le genre *Theobroma* comprend vingt-deux espèces. La quasi-totalité des cacaoyers cultivés se classe dans l'espèce *Theobroma cacao*, Linné. Selon Whitlock *et al.* (2001), la position systématique du cacaoyer est la suivante :

- Règne : *plantae*
- Division : *Magnoliophyta*
- Classe : *Magnoliopsida*
- Ordre : Malvales
- Famille : *Malvaceae*
- Genre : *Theobroma*
- Espèce : *Theobroma cacao L.*

I.1.2.2- Diversité et classification

Le cacaoyer est une plante diploïde possédant vingt chromosomes, il est fortement allogame. La classification du cacaoyer repose sur les caractéristiques morphologiques des cabosses, des fleurs ou des graines, qui présentent toutes une très grande variabilité, et sur l'origine géographique. Ces critères permettent de différencier deux grands groupes génétiques de cacaoyer: les Criollo, et les Forastero. L'hybridation naturelle entre les deux groupes a donné un troisième groupe les Trinitario (Cheesmann 1944).

I.1.2.2.1- Groupe des Criollo

L'appellation Criollo fut à l'origine attribuée, par les Espagnols, aux cacaoyers cultivés au Venezuela, ce terme signifie en espagnol «créole». Ce groupe représente 1 à 5 % de la production mondiale. Il est principalement cultivé au Mexique, au Nicaragua, au Guatemala, en Colombie, au Venezuela, à Madagascar, aux Comores, au Sri Lanka, en Indonésie (Java), aux îles Samoa (Mossu 1990). Les Criollo présentent comme caractéristiques : des staminodes de couleur rose pâle, des cabosses de couleur verte ou rouge avant maturité et jaune-orange ou rouge à maturité, un péricarpe généralement très verruqueux et mince, un mésocarpe peu lignifié et mince, des fèves dodues à cotylédons de couleur blanche ou très légèrement pigmentés. Par contre, ils sont très sensibles aux maladies et difficilement adaptables à d'autres sites de production. Les Criollo fournissent en effet un cacao très recherché pour son arôme prononcé et sa faible amertume. Ils sont utilisés en chocolaterie, pour les produits de luxe.

I.1.2.2.2- Groupe des Forastero

Les Forastero, signifiant « étranger » en espagnol, représentent près de 80 à 90 % de la production mondiale. Les caractères botaniques des cacaoyers entrant dans ce groupe sont les suivants : staminodes pigmentés de violet, cabosses de couleur verte avant maturité et jaune à maturité ayant une forme plus ou moins ovale, péricarpe épais plus ou moins lisse sans sillons profonds, un mésocarpe fortement lignifié, des fèves plus ou moins aplaties à cotylédons de couleur pourpre foncé ou violet donnant un cacao de saveur relativement amère et de goût souvent acide.

Parmi les principaux cultivars appartenant au groupe des Forastero on cite :

- l'Amelonado cultivé en Afrique de l'Ouest, ainsi que les «Maranhao», «Comun» et «Para» du Brésil. Ces deux derniers étaient à l'origine, par mutation, des cacaoyers «Almeida» et «Catongo»;
- le cacaoyer «Nacional» de l'Équateur, qui produit un cacao fin réputé sur le marché sous le nom d'«Arriba»;
- les cacaos «Haut-Amazoniens», ou «Upper Amazon» par opposition aux autres Forastero dits «Bas-Amazoniens», regroupent les Forastero recueillis par plusieurs expéditions de prospection depuis le début du XXe siècle dans la partie supérieure du bassin amazonien (Mossu 1990).

I.1.2.2.3- Groupe des Trinitario

Ce groupe fournit 10 à 15 % de la production mondiale. Les types de Trinitario tiennent leur nom du lieu où ils ont été sélectionnés « Trinidad ». Les cultivars de Trinitario portent en général le nom des organismes ou des centres de recherche où ils ont été sélectionnés: ICS (sélection de l'Imperial Collège à Trinidad), UF (sélection de l'United Fruit au Costa Rica), SNK (sélection de la station de Nkoemvone au Cameroun)...(Mossu 1990). Les caractéristiques de ce groupe sont intermédiaires entre ceux des précédents groupes. Au Cameroun les groupes les plus représentés sont les Forastero et Trinitario avec environ 80 clones (Blaha & Lotode 1976).

I.1.3- Morphologie et biologie du cacaoyer

Le cacaoyer est un arbuste de grande taille pouvant atteindre 12 à 15 m de hauteur. Sa taille ainsi que l'importance et le développement de sa frondaison dépendent beaucoup de l'espace disponible. C'est ainsi qu'en plantation, grâce à la taille et les écartements habituellement pratiqués, sa hauteur est maintenue entre 4 à 7 m pour faciliter les récoltes. L'architecture d'un cacaoyer adulte montre deux systèmes : un système racinaire et un système aérien (Figure 1)

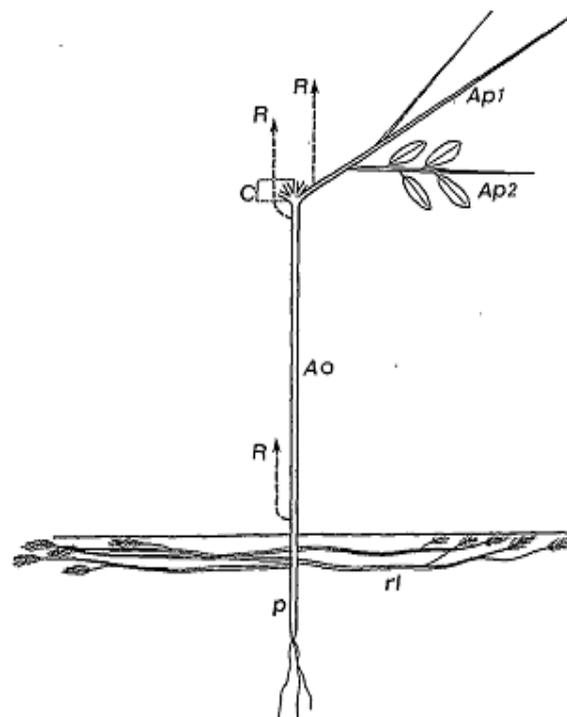


Figure 1: Schéma de l'architecture des systèmes aérien et souterrain d'un cacaoyer adulte issu de semis (p : pivot ; rl : racines latérales horizontales terminées par un abondant chevelu dans la couche superficielle du sol. Ao : tronc (axe orthotope) ; R : rejet orthotope ; Ap1 : branche plagiotope primaire ; Ap2 : branche plagiotope secondaire ; C : couronne de cinq branches charpentières Ap1) (Charrier 1969).

I.1.3.1- Système racinaire du cacaoyer

Le système racinaire du cacaoyer est constitué d'un pivot orthotope à géotropisme positif et à croissance finie (Charrier 1969), continue chez la jeune plantule et rythmique ensuite (Mac Kevlie 1953). Sa longueur peut atteindre deux mètres de profondeur. Ce pivot donne naissance à des racines latérales superficielles à croissance plagiotope. Ces racines

latérales restent confinées aux 50 premiers centimètres du sol (zone humifère) et dans un rayon de 5 à 6 m (Mossu 1990). D'après Vogel (1975) chaque poussée foliaire d'un jeune cacaoyer est précédée et accompagnée d'une poussée radicale, qui se termine en même temps qu'elle.

I.1.3.2- Système aérien du cacaoyer

I.1.3.2.1- Tige ou tronc

Après l'apparition des premières feuilles sur le jeune plant, le bourgeon terminal poursuit son développement et la tige croît. Elle se développe d'abord verticalement (orthotropie) en un axe sur lequel les feuilles apparaissent suivant la phyllotaxie 3/8. Cette phyllotaxie peut varier de 3/8 à 5/13. La croissance en hauteur de la tige s'effectue par poussées successives entrecoupées par des périodes de repos jusque vers l'âge de dix-huit mois (Niemenak *et al.* 2010). Elle est dès lors interrompue par la formation d'un verticille terminal ou « jorquette » suite à la dégénérescence du bourgeon terminal (Charrier 1969). La jorquette est constituée de cinq rameaux à développement subhorizontal (plagiotropie). Le développement des ramifications latérales est également assuré par des poussées foliaires successives. Ces rameaux deviendront les branches charpentières de la frondaison, qui constitueront avec les ramifications secondaires auxquelles elles donneront naissance, la couronne du cacaoyer. Après la formation de la jorquette, des bourgeons auxilliaires du tronc peuvent se développer et donner naissance à des rejets orthotropes ou gourmands qui se développent exactement comme la première tige.

Le tronc du cacaoyer a une écorce de couleur grise brunâtre et épaisse, son diamètre peut atteindre 30 centimètres et plus, à l'âge adulte.

I.1.3.2.2- Feuille du cacaoyer

Chez le cacaoyer, les axes feuillés orthotropes et plagiotropes se développent, par à-coups successifs, en poussées foliaires ou "flushes", séparées par des périodes de repos (Braudeau 1969). Vogel (1975) précise que pour une poussée foliaire orthotrope le rythme de croissance entre deux poussées est de 4 à 9 semaines et l'importance d'une poussée est de 1 à 6 feuilles assimilatrices, tandis que pour une poussée foliaire plagiotrope le rythme de croissance entre deux poussées est de 6 à 10 semaines et l'importance d'une poussée est de 4 à 10 feuilles assimilatrices. En générale 4 à 5 poussées foliaires sont observées par an.

Le développement des feuilles du cacaoyer comprend une phase d'allongement qui dure environ 4 semaines (Niemenak *et al.* 2010). Pendant cette phase le limbe est de consistance moelle, de couleur variée selon l'arbre, vert-pâle ou rose, le plus souvent rougeâtre (Figure 2 A et 2 B). Cette phase est suivie d'une phase de cutinisation durant laquelle les feuilles prennent une couleur vert foncé, acquièrent une rigidité et présentent un optimum photosynthétique (Mbondji 2010). La phase de sénescence précède la chute des feuilles. Les feuilles du cacaoyer sont persistantes, leur durée de vie d'environ un an.

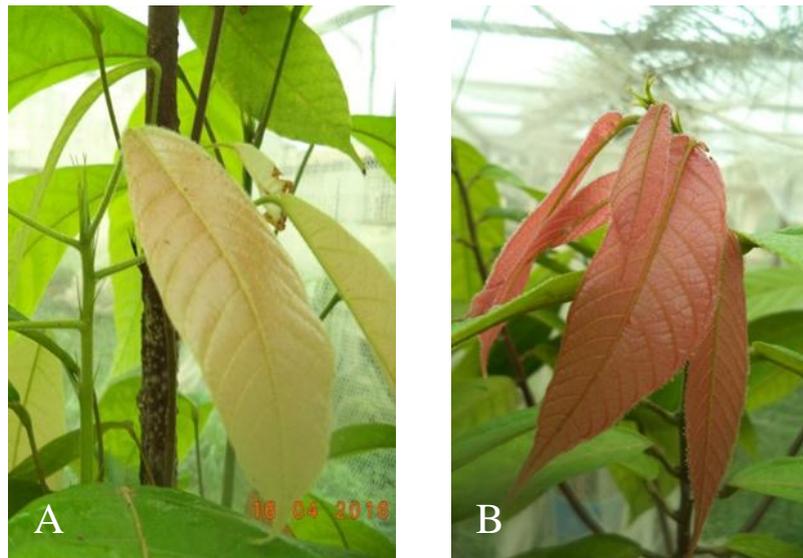


Figure 2 : Jeune feuille de cacaoyer (A : Feuille de coloration vert-pâle ; B : feuille de coloration rougeâtre)

Les feuilles du cacaoyer sont caractérisées par une grande taille (environ 20 à 40 cm de long sur 10 à 15 cm de large), une forme simple, lancéolée ou oblongue selon le génotype, pointue et penninerve (Charrier 1969). Leur pétiole est muni d'une articulation qui leur permet de s'orienter en fonction de l'intensité lumineuse (Mossu 1990). La longueur du pétiole varie de 7 à 9 cm pour les feuilles portées par les axes orthotropes et de 2 à 3 cm pour celles des rameaux plagiotropes.

I.1.3.2.3- Fleur

La floraison chez le cacaoyer peut débuter très précocement pour certains arbres dès la deuxième année, mais celle-ci est généralement effective la troisième année après la mise en terre. Les fleurs apparaissent sur le tronc (cauliflorie) et sur les branches principales (ramiflorie). La floraison s'effectue par périodes successives qui dépendent des conditions

d'environnement et de l'état physiologique de la plante. Les fleurs sont groupées en une inflorescence provenant de la croissance des bourgeons axillaires après chute des feuilles. Ces bourgeons devenus inflorescences (Figure 3 A) gardent définitivement cette fonction, leur développement, chaque année aux mêmes emplacements de l'écorce, provoque à la longue des boursouflures plus ou moins marquées appelées «coussinets floraux» (Figure 3 B) (Mossu 1990). La fleur est supportée par un pédicelle de 1 à 3 cm de long. La fleur, de petite taille et hermaphrodite est composée de cinq sépales blancs ou teintés de rose, soudés à leur base formant le calice et de cinq pétales constituant la corolle, alternant avec les sépales (Demol *et al.* 2002).



Figure 3 : Fleur du cacaoyer (A : Jeune inflorescence ; B : Coussinet floral)

I.1.3.2.4- Pollinisation et fructification du cacaoyer

Le cacaoyer est une espèce fortement allogame. La disposition des pièces florales ne facilite pas une autogamie même si celle-ci existe chez certains clones. La position des anthères cachées dans le cornet des pétales et la présence d'une couronne de staminodes ne rendent pas facile cette pollinisation (Mbondji 2010). La pollinisation est strictement entomophile (Burle 1961). 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 pollen nécessaire et suffisant pour féconder tous les ovules (Mossu, 1990). Il est noté des cas auto-incompatibilités chez les fleurs du cacaoyer (Royaert *et al.* 2011). Environ trois jours après la pollinisation, le jeune fruit commence son développement. Le jeune fruit du cacaoyer est nommé chérelle (Figure 4 A) jusqu'à une taille d'environ 10 cm. Ensuite le fruit est appelé cabosse (Figure 4 B) et il atteint la maturité après

5 à 6 mois en fonction de la variété. Le nombre de cabosses arrivant à maturité au regard du nombre de chérelles à la nouaison est extrêmement faible, près de 70 à 90 % des chérelles peuvent disparaître avant l'âge de trois mois. Ce phénomène, appelé «wilt, physiologique» correspond à un dessèchement des chérelles sur l'arbre indépendamment des maladies ou attaques d'insectes (Figure 4 C). Il peut être causé entre autre par un défaut de pollinisation ou par une régulation de l'arbre.



Figure 4 : Fruit du cacaoyer (A : Chérelles ; B : Cabosse; C : Chérelles « wiltés »)

I.1.3.2.5- Fruit et graines

Le fruit du cacaoyer est une baie indéhiscente fusiforme de 15 à 20 cm de long et 10 à 15cm de large, dont le poids est de l'ordre de 400g. La cabosse est portée par un pédoncule ligneux résultant du développement du pédicelle de la fleur, elle comprend une seule cavité dans laquelle les graines sont imbriquées en cinq rangées longitudinales, la cabosse peut contenir environ 30 à 60 graines (Eskes & Lanaud 1997). Le péricarpe ou cortex de la cabosse est composé de trois couches: l'épicarpe, charnu et épais, plus ou moins dur, dont l'assise épidermique extérieure peut être pigmentée, le mésocarpe, mince et dur, plus ou moins lignifié, et l'endocarpe charnu et plus ou moins épais (Mossu 1990).

La graine de cacaoyer ou fève a la forme d'une amande plus ou moins dodue. Lorsqu'elle est fraîche, elle présente un mucilage de couleur blanche, de saveur sucrée et acidulée qui recouvre toute la pulpe. Sous la pulpe se trouve une fine pellicule translucide et brillante nommée le tégument argentin, qui recouvre les deux cotylédons, entre les

cotylédons, réunis à leur base par une radicelle de 6 à 7 mm, se trouve une gemmule rudimentaire (Mossu 1990).

I.1.4- Ecologie du cacaoyer

La croissance et le développement optimal du cacaoyer requièrent certaines conditions climatiques et édaphiques. Selon Braudeau (1969) ces conditions se situeraient entre les 10^{ème} parallèle Nord et Sud. La croissance et le développement du cacaoyer sont fortement dépendants de la température, en effet la température affecte le développement végétatif, la floraison et le développement des fruits (De Almeida & Valle 2007). 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 pluviosité quant à elle est de l'ordre de 1800 à 2000 mm par an, ces pluies doivent être réparties tout au long de l'année. Une humidité relative optimale de 85 % voire une humidité supérieure favoriserait le développement de certaines maladies cryptogamiques (pourriture brune des cabosses) et une humidité relative trop basse aurait pour conséquence une évapotranspiration intense pouvant entraîner la mort des jeunes plants (Mbondji 2010). La culture du cacaoyer nécessite un ombrage les premières années, cet ombrage doit être dense pour ne laisser passer que 50 % de lumière (Mossu 1990). La croissance et le développement du cacaoyer exigent également un sol aéré et profond (1,5 m minimum) de texture sablo-argileuse ayant une grande capacité de rétention d'eau, et un pH proche de la neutralité compris entre 5 et 8, avec un optimum se situant entre 6 et 7,5(Wood & Lass, 1985)

I.1.5- Usage et importance du cacaoyer

La cacaoculture concerne environ 70 pays, tous situés dans la bande intertropicale, elle était anciennement pratiquée par les Mayas, aujourd'hui la cacaoculture est devenue principalement africaine (Jagoret 2011). Quelques chiffres illustrent cette évolution, la production mondiale de cacao est estimée actuellement à 4,2 millions de tonnes dont 71,5% provient de l'Afrique (ICCO 2015). Le premier producteur mondial de cacao est la Côte d'Ivoire avec une production de 1,4 millions de tonnes, le Cameroun occupe la cinquième place avec une production de 225 000 tonnes en 2013 (ICCO 2015)

Tableau 1: Production mondiale du cacaoyer (ICCO 2015)

	2012/13	Estimation 2013/2014	Estimation 2014/2015
Afrique	2836	3199	3051
Cameroun	225	211	232
Côte d’ivoire	1449	1746	1794
Ghana	835	897	740
Nigéria	238	248	190
Autres pays	89	97	95
Amérique	622	726	747
Brésil	185	228	229
Equateur	192	234	250
Autres pays	246	264	268
Asie et Océanie	485	447	402
Indonésie	410	375	320
Papouasie nouvelle guinée	41	36	42
Autres pays	34	36	40
Production mondiale	3943	4372	4201

Production de fèves de cacao en milliers de tonnes

La culture du cacaoyer a pour objectif la production de fèves de cacao obtenu après fermentation et séchage de la graine fraîche. Ces fèves sont principalement destinées à l’industrie du chocolat, les sous-produits de cette industrie: coques, matières grasses extraites des coques et des «germes» peuvent être utilisés pour l'alimentation du bétail, la fabrication d'engrais, les produits pharmaceutiques et la savonnerie (Mossu 1990).

I.2- Ravageurs et maladies du cacaoyer

Les ennemis du cacaoyer sont nombreux et répartis dans trois principaux groupes : les insectes, les vertébrés parasites et les microorganismes (virus, bactéries, les champignons). La situation géographique et les conditions environnementales exercent une influence sur la répartition géographique de ces parasites. La faune entomologique représente la part des ravageurs causant le plus de dégâts économiques, parmi ceux-ci les mirides ou capsides

demeurent les plus importants (Badegana *et al.* 2005). Au Cameroun, les genres les plus rencontrés sont *Sahlbergella* : *Sahlbergella singularis*, *Distantiella* : *Distantiella theobroma* (Figure 5 A et 5 B) et quelques fois le genre *Helopeltis*. *Sahlbergella singularis* est l'espèce la plus répandue dans les plantations au Cameroun (Entwistle 1972).

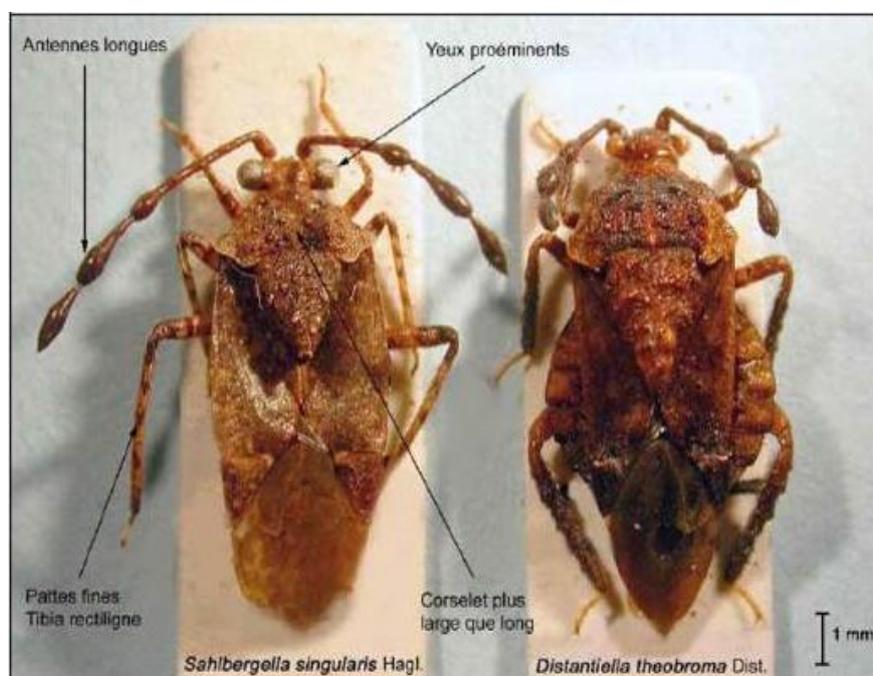


Figure 5: Adultes femelles de *Sahlbergella singularis* et *Distantiella theobroma* (Babin 2009)

I.2.1- Généralités sur *Sahlbergella singularis*

I.2.1.1- Distribution géographique

Sahlbergella singularis, Haglund est un ravageur qui sévit dans la zone forestière de l'Afrique de l'Ouest et de l'Afrique Centrale. Son aire de distribution s'étend de la Sierra Leone à la République Démocratique du Congo (RDC). Cette aire est limitée à l'Est par la République centrafricaine. Cette espèce est également présente sur l'île de Bioko (Guinée équatoriale), qui se situe à une trentaine de kilomètres du littoral Camerounais (Entwistle 1972).

I.2.1.2- Position taxonomique

La position systématique de *S. singularis* au sein des Hémiptères est la suivante (Delvare & Aberlenc 1989) :

- Ordre : *Hemiptera*
- Sous ordre : *Heteroptera*
- Infra ordre : *Cimicomorpha*
- Super famille : *Incertaedis*
- Famille : *Miridae*
- Sous famille : *Bryocorinae*
- Tribu : *Odoniellini*
- Genre : *Sahlbergella*
- Espèce : *Sahlbergella singularis* Haglund 1895

I.2.1.3- Morphologie

La description proposée ici repose largement sur celles proposées d'une part par Babin (2009) et d'autre part de Lavabre (1977). Le mâle de *Sahlbergella singularis* est de petite (8 à 9 mm) que la femelle (9 à 10 mm). Son corps est de coloration marron rappelant celle de l'écorce du cacaoyer, mais la tête et l'écusson sont légèrement plus clairs que le reste du corps. La tête transverse porte des yeux proéminents et des antennes assez longues, légèrement plus allongées que la moitié du corps de l'insecte. Les antennes sont constituées de quatre articles tous recouverts d'une fine pilosité. Le thorax et le scutellum sont ponctués et couverts de protubérances tuberculaires brillantes. Le corselet est plus large que long et présente antérieurement un bourrelet assez net, limité par un sillon transverse. Les pattes sont assez fines et recouvertes de poils courts et denses. Les tibias sont rectilignes.

L'œuf de *Sahlbergella singularis* est de forme cylindrique légèrement incurvée, de couleur blanchâtre; dont la taille varie de 1,6 à 1,9 mm.

La larve est de couleur rose à l'éclosion, marron durant les autres stades. Elle a une forme générale arrondie et globuleuse. On distingue 5 stades larvaires pendant le cycle de développement de *Sahlbergella singularis*. Les ébauches d'ailes sont bien visibles sur les derniers stades. Les segments abdominaux sont marqués de gros tubercules arrondis, disposés transversalement sur chaque segment. Les antennes présentent les mêmes caractères que celles des adultes. Les dimensions moyennes des différents stades larvaires sont les suivantes (Kumar & Ansari 1974) : 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 (Figure 6).



Figure 6: Stade larvaire de *Sahlbergella singularis* (Babin, 2009)

I.2.1.4- Cycle de développement de *Sahlbergella singularis*

Il est décrit pour la première fois par Cotterell (1926). Dans les conditions d'élevage la durée moyenne du cycle de développement est de 46 jours (Babin *et al.* 2006). La durée du cycle de développement embryonnaire est variable suivant les auteurs, elle serait comprise entre 15 et 20 jours avec une durée minimale de 9 jours (Youdeowei 1973) et une durée maximale de 21 jours (Kumar & Ansari 1974). La durée de la période de maturation sexuelle des femelles est de 6 jours (Houiller, 1964). Les femelles enfouissent leurs œufs individuellement ou plus rarement par deux sous les écorces des tiges lignifiées ou dans le cortex des cabosses. Les femelles peuvent pondre en moyenne 30 à 50 œufs, la ponte moyenne journalière serait de 4 œufs (Williams 1953). Chez certaines femelles un maximum de 179 œufs a été observé (Entwistle 1972).

La durée des stades larvaires croît graduellement avec l'âge. Ainsi, la durée du stade 1 a été estimée à 4,5 jours en moyenne avec un minimum de 3 jours et un maximum de 8 jours et la durée du stade 5 à 5,2 jours avec un minimum de 3 jours et un maximum de 8 jours (W.A.C.R.I. in Lavabre 1977).

I.2.1.5- Mode d'alimentation de *Sahlbergella singularis* et dégâts causés sur le cacaoyer

Les pièces buccales de *Sahlbergella singularis* se présentent sous la forme d'un rostre, ceci est une adaptation à son mode alimentaire. En effet comme tous les Hémiptères, il est un insecte de type piqueur-suceur. *S. singularis* s'attaque indifféremment sur les cacaoyers de tout âge. Il s'alimente en piquant les fruits du cacaoyer à différents stades de développement (chêrelles et cabosses), les pousses aoûtées ou semi-aûtées à l'extrémité des branches et les pousses orthotropes, encore appelées gourmands. 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 plasmolyse des cellules sous l'effet des enzymes salivaires qui présentent une phytotoxicité (Badegana *et al.* 2005). Cette plasmolyse conduit à la libération du contenu cellulaire qui est directement prélevé par l'insecte, elle est suivie d'une nécrose des cellules environnantes (caractère phytotoxique de la salive) qui se traduit par l'apparition d'une tache brune puis noire (Figure 7 C) (Williams 1953).

Sur le fruit, au stade de chêrelles, les piqûres peuvent entraîner la déformation du fruit en cours de croissance, voire le dessèchement du fruit si le pédoncule est atteint (Williams 1953) on parle de coulure entomologique (Badegana *et al.* 2005). Sur les cabosses, la zone de piqûre prend alors la forme d'un bouchon noir de tissus morts, nettement différenciables des tissus sains alentour (Williams 1953). En cas de piqûres multiples, ces zones peuvent se rejoindre pour former des crevasses dans le cortex des fruits (Figure 7 D). Pour les cabosses adultes, ces dégâts sont généralement superficiels (Figure 7 A) et n'entraînent pas directement de pertes de fèves significatives, mais ces crevasses peuvent faciliter des infections fongiques (Entwistle 1972)

La plus grande part de perte de production générée par l'attaque des mirides repose sur l'attaque des rameaux et des branches. Lorsque ceux-ci 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 dessèchent (Figure 7 B) (Williams 1953), on observe une chlorose des feuilles de cette partie. Dans les cas d'attaques chroniques, la frondaison du cacaoyer diminue au fil du temps et les extrémités des rameaux se dessèchent (Figure 7 F). Ces piqûres de mirides sont aussi les portes d'entrées des champignons (Figure 7 E) tels que *Calonectria rigidiuscula*.

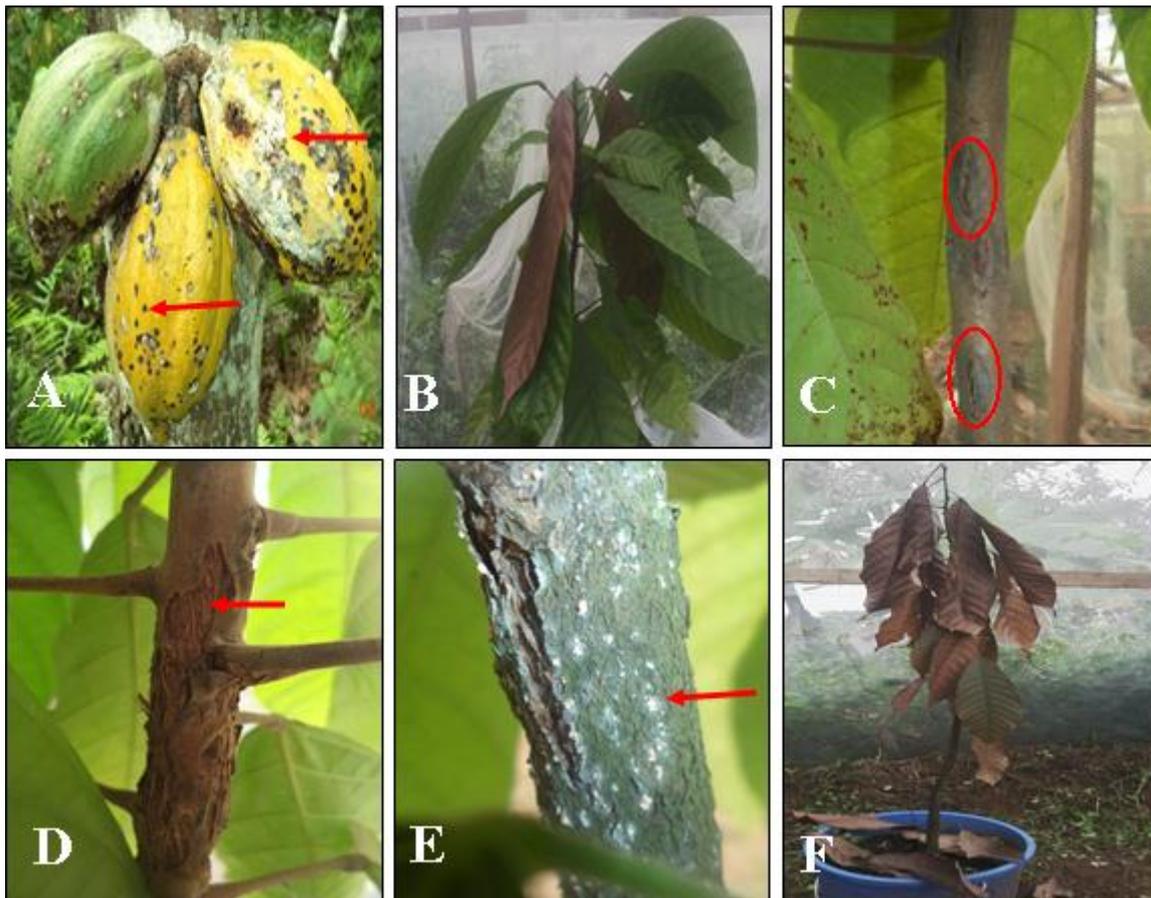


Figure 7 : Dégâts de *Sahlbergella singularis*. A : piqûres sur une jeune cabosse avec formation de crevasses dans le cortex et déformation du fruit, B : attaque des rameaux conduisant à l'assèchement des feuilles, C : Plages des cellules nécrosées sur jeune tige (tache noir), D : Chancres sur l'écorce de la tige. E : installation des champignons de faiblesse, F : Mort d'un jeune plant après attaque.

I.2.1.6- Ecologie *Sahlbergella singularis*

Madge montre en 1968 que les larves de *Sahlbergella singularis* sont photophobes. Cette photophobie tend à diminuer chez les adultes (Youdeowei 1977). *Sahlbergella singularis* montre une forme d'activité diurne (Youdeowei 1977), pendant la journée, les larves et les adultes sont en agrégat et se réfugient fréquemment dans les zones de contact entre les cabosses et l'écorce du tronc et des branches du cacaoyer ainsi que dans les fissures 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). Dès le crépuscule ils se déplacent vers les sites d'alimentation et de ponte : cabosses et

pousses orthotropes (gourmands) sur le tronc et les branches et rameaux verts aux extrémités des branches.

Dans les plantations ombragées, les « poches à mirides » se forment généralement dans les zones les plus ensoleillées des parcelles, où la canopée surplombant la cacaoyère est interrompue (Williams 1953; Entwistle 1972; Babin *et al.* 2010; Mahob *et al.* 2015). *Sahlbergella singularis* est une espèce oligophage, hormis le cacaoyer, elle 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 (Entwistle 1972 ; Piart 1977).

I.2.1.7- Lutte contre les Mirides

I.2.1.7.1- Lutte biologique

Le terme « lutte biologique » est très souvent employé pour désigner tout moyen de lutte qui n'intègre pas l'utilisation des produits chimiques. Selon Office International de la Lutte Biologique, section régionale ouest-paléartique *OILB-SROP* (1973) la lutte biologique se définit comme l'« utilisation d'organismes vivants pour prévenir ou réduire les dégâts causés par des ravageurs ». Les ennemis naturels de *S. singularis* sont variés et regroupés en: parasitoïdes, parasites, champignons entomophages et prédateurs.

Le plus important des parasitoïdes de *S. singularis* est le Braconide *Leiophron (Euphorus) sahlbergellae* (Entwistle 1972), qui parasite les stades larvaire du miride. D'autres parasitoïdes de *S. singularis* ont été mis en évidence il s'agit de 2 à 3 espèces d'hyménoptères parasitoïdes oophages appartenant aux genres *Telenomus* (Scelionidae), *Pediobus* (Eulophidae) et à la famille des *Signiphoridae*, mais les taux de parasitisme dus à ces espèces n'excèderaient pas 10 % (Entwistle 1972). D'après Lavabre (1977b) les taux de parasitisme enregistrés dans la nature sont insuffisants pour envisager de les utiliser en lutte biologique.

Des espèces de champignons entomopathogènes ont été identifiées sur des populations naturelles de *S. singularis*, les plus communément citées étant *Hirsutella sp.* et *Beauveria sp.* (Collingwood 1977) et plus récemment. de nouvelles souches de *Beauveria bassiana* au Cameroun (Mahot *et al.* 2006). L'utilisation de champignons entomopathogènes est en cours d'expérimentation. Cependant, aucun résultat témoignant de l'efficacité des mycoïsecticides contre les mirides n'a été publié pour le moment (Babin 2009).

Les fourmis sont signalées comme les prédateurs les plus actifs par Collingwood (1977). Au Cameroun, Bruneau de Mire en 1969 a étudié une technique d'assainissement des plantations contre les insectes ravageurs développée par certains producteurs de cacao de la région de Kribi et utilisant une fourmi venimeuse *Wasmannia auropunctata*, encore appelée « petite fourmi de feu ». Cette fourmi est originaire de l'Amérique du Sud, elle supprime la quasi-totalité des mirides des plantations où elles établissent leurs colonies. Néanmoins, ces fourmis sont fortement invasives et elles causent les déplacements des populations des fourmis natives et leurs piqûres sont très douloureuses et peu tolérées par les planteurs. Cette méthode de contrôle a donc été abandonnée.

I.2.1.7.2- Lutte génétique

La lutte génétique 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). Au départ, elle était axée sur la recherche de la résistance génétique du cacaoyer aux attaques de mirides et reposait sur le comportement des différents cultivars soumis aux piqûres des mirides (Mbondji 2010). Cette sélection des cultivars repose sur une méthode de microtest en laboratoire basée sur les préférences alimentaires de l'insecte afin de quantifier les niveaux d'attractivités (Nguyen-Ban, 1998). Par cette méthode, il a été démontré que le clone haut amazonien Na33 est le plus attractif alors que les clones ICS100, IFC100 (Trinitario exotiques) Sca12 (Catongo) et Na32 (Haut amazonien) sont moins attractifs (Badegana *et al.* 2005) ; les clones IMC 60, Catongo et SIC5 ont une attractivité faible (Dibog *et al.* 2007). Sounigo *et al.* (2003) ainsi que N'Guessan *et al.* (2007) ont montré également par cette méthode que l'antixénose peut être transmise des clones parentaux à leurs descendances. Les mécanismes impliqués dans la résistance/tolérance du cacaoyer aux mirides n'ont pas encore été décrits (Babin, 2009).

I.2.1.7.3- Lutte chimique

La lutte chimique reste le moyen le plus répandu et le plus utilisé dans la lutte contre les mirides. Cette lutte requière divers types de produits insecticides. Ces produits sont répandus suivants plusieurs modes de traitement et suivant un calendrier.

Les insecticides utilisés dans la lutte chimique contre les insectes appartiennent à des groupes chimiques différents, sont connus des insecticides du groupes des organochlorés

comme le lindane (Nguyen-Ban 1977), des carbamates, notamment le Baygon et le Sevin (Carbaryl) (Lavabre *et al.* 1965) et certaines molécules appartenant à la famille des organophosphorés (Eguagie 1973). Depuis quelques années, des matières actives de la famille des néo- nicotinoïdes, notamment le thiametoxam et l'imidaclopride, sont arrivées sur le marché des pesticides destinés à la cacao-culture. Ces matières actives présentent l'avantage d'être moins toxiques et fortement systémiques, ce qui permet de les appliquer au pulvérisateur à pression manuelle (Babin 2009).

Divers modes de traitement sont utilisés dans la lutte chimique. L'appareil de traitement adopté par la plupart des pays est l'atomiseur, il permet de reprendre un insecticide à l'aide d'un pulvérisateur pneumatique. D'autres méthodes comme la thermo-nébulisation appliquée au Cameroun, le badigeonnage qui utilise les insecticides systémiques, Les FUMIVAP ou la méthode de générateurs de fumée insecticides, sont également utilisées.

Afin de réduire au maximum l'impact économique des mirides sur la production cacao-culture, la lutte phytosanitaire se déroule suivant des calendriers de traitement basés sur une connaissance approfondie des variations saisonnières des populations de mirides (Kouame *et al.* 2014; Kouame *et al.* 2015) Ainsi, le calendrier le plus largement recommandé prône une application pendant la période de progradation des populations (juin-juillet) et une autre application après la récolte (novembre-décembre) pour limiter les attaques sur la frondaison des cacao-cultures, qui sont les plus préjudiciables à la culture. Il est préconisé que chacune de ces applications comprenne deux traitements séparés d'un mois environ, le deuxième traitement étant destiné à éliminer les larves émergents des œufs ayant survécu au premier traitement (Entwistle 1972).

I.2.2.-Autres ravageurs du cacao-cultures

Comme autres insectes ravageurs du cacao-cultures nous pouvons citer :

- Cocoa Pod borer encore appelé « teigne javanaise du cacao-cultures », l'agent causal est un papillon *Conopomorpha cramerella* rencontré en Asie du Sud-Est – Pacifique. Ce papillon inflige des pertes importantes de production, ces dégâts sont localisés au niveau des cabosses où il engendre un mûrissement prématuré des fruits. Les cabosses montrent des perforations fines. Les graines, à l'intérieur, ne sont pas développées

tandis que le mucilage est compact, calleux et dur. Les cabosses de la frondaison sont plus atteintes que les cabosses du tronc.

- le Psylle du cacaoyer *Mesohomotoma tessmanni* dont les dégâts surtout graves sur les jeunes plants de cacaoyers résultent d'une part des blessures provoquées aux tissus du végétal par la femelle au moment de l'oviposition et d'autre part et des piqûres occasionnées par les larves pour se nourrir sur les bourgeons, les jeunes feuilles et les rameaux ;
- *Bathycoelia thalassinai* ou punaise verte des cabosses du cacaoyer dont les piqûres occasionnent des lésions qui se traduisent par un mûrissement partiel ou total de la cabosse.
- les foreurs des tiges et des branches de cacaoyer qui ont un fort impact sur la croissance végétative du cacaoyer.

I.2.3- Microorganismes

Les microorganismes champignons, virus et bactéries sont responsables des maladies du cacaoyer qui causent des pertes importantes sur tous les continents et dans tous les pays producteurs (Tableau 2).

Tableau 2: Les principales maladies du cacaoyer

Maladie	Agent pathogène	Région	Pertes	Dégâts	Syndromes	Moyens de lutte
Pourriture brune des cabosses	<i>Phytophthora megakarya</i>	Afrique	80%	Pertes de rendement	-Flétrissement de jeune cabosse, cabosse pourrie, desséché de consistance assez dure -Présence de nombreux chancres sur le tronc pouvant conduire au dépérissement -Sur rameaux présence de crevasses, nécrose de l'écorce, exsudat de couleur rouge	Lutte chimique Méthodes culturales Matériel partiellement résistant
	<i>Phytophthora palmivora</i>	Afrique Amérique latine Asie du Sud-est	30%			
	<i>Phytophthora capsici</i>	Amérique latine Asie du Sud-est	10%			
« Swollen shoot » en français « rameau gonflé »	Cacao Swollen Shoot Virus	Afrique de l'Ouest (Togo, Ghana, Nigeria)	25 à 50%	Mort des arbres	-Racines et rameaux présentant des renflements -Jeune cabosse montrant des marbrures -Sur les feuilles : Lésions du limbe et modification de la forme et des dimensions	Arrachage des plants infectés
Balai de sorcière	<i>Moniliophthora perniciosa</i> Autre fois nommé <i>Crinipellis perniciosa</i>	Amérique latine		Arbres improductifs	-Sur rameaux et feuilles : Prolifération de bourgeons et stipule, hypertrophie des pétioles et de l'axe principal -Flétrissement progressif de la fleur Sur le fruit : hypertrophie des chérelles et avortement. déformation de la cabosse	Elimination des tissus infectés
Moniliose	<i>Moniliophthora roreri</i>	Amérique latine Amérique centrale	40 à 90%	Perte de rendements	Affecte les tissus méristématiques, déforme les cabosses en croissance, apparition des taches brunes et noires sur les cabosses	Récolte sanitaire Lutte chimique
Vascular Streak	<i>Oncobasidium theobromae</i>	Asie du Sud-Est		Mort des arbres	Dessèchement progressif des branches de l'extrémité des rameaux vers la tige	Quarantaine Méthodes culturales

I.3- Lutte intégrée contre les ravageurs

La lutte intégrée est l'application rationnelle d'une combinaison de mesures biologiques, biotechnologiques, chimiques, physiques, culturelles ou intégrant la sélection des végétaux, dans laquelle l'emploi des produits phytopharmaceutiques est limité au strict nécessaire pour maintenir la présence des organismes nuisibles en dessous du seuil à partir duquel apparaissent des dommages ou une perte économiquement inacceptable (définition selon la réglementation européenne In Schiffers & Wainwright 2011). Egalement nommée gestion intégrée des ennemis de cultures (GIEC) ou protection intégrée ou lutte antiparasitaire intégrée, elle se caractérise par une action de lutte contre les ennemis des cultures prenant en compte les relations entre l'organisme nuisible et ses antagonistes, la plante et son environnement, tout en considérant les caractéristiques du contexte socio-économique local (Schiffers & Wainwright 2011). En effet au lieu de combattre les ravageurs une fois leur foyer établi dans les champs, la lutte intégrée insiste sur les mesures prophylactiques. La lutte intégrée contre les ravageurs permet de passer d'un système réactif, axé sur le traitement, à un système actif et préventif (CTA 2002).

Pour qu'un programme de lutte intégrée soit efficace, il faut bien connaître la biologie des espèces visées. Il est notamment indispensable d'être renseigné sur la dispersion, la densité et les mouvements des populations, ainsi que sur l'écologie des ennemis naturels des ravageurs (La Brecque 1950). La lutte intégrée repose donc sur un ensemble de principes qu'il convient de suivre (Figure 8).

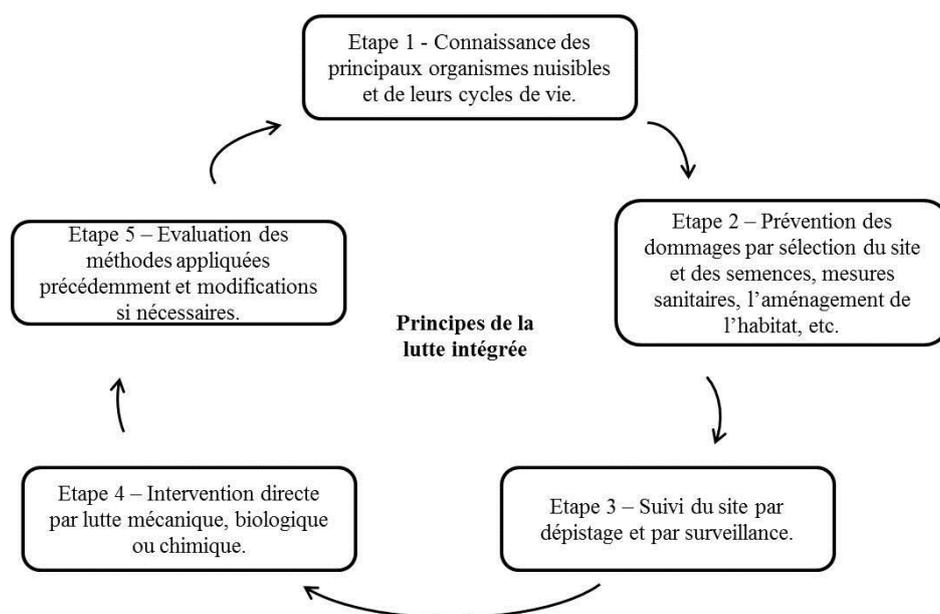


Figure 8: Principes de la lutte intégrée (Grignon et al 2016)

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

II.1- Matériel

II.1.1-Cadre d'étude

Les travaux relatifs à l'exécution de la présente étude ont été réalisés à l'Institut de Recherche Agronomique pour le Développement (IRAD) de Nkolbisson, au Laboratoire de Biochimie et de Physiologie Végétale de l'Ecole Normale Supérieure de Yaoundé (ENS) et au Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement-Cameroun (CIRAD).

II.1.2-Matériel végétal

Le matériel végétal était constitué de 20 plants de cacaoyers, tous âgés de deux ans appartenant à trois croisements différents (Tableau 3)

Tableau 3 : Matériel végétal réparti suivant le croisement

Croisement	Nombre de plants	Nombre de plants couronnés
T79/501 × SNK413	3	1
IMC67 × SNK10	5	2
ICS40 × UPA134	12	0

Le 3 juin 2015, les 20 plants de cacaoyers ont été transplantés des sacs en plastiques pour des pots d'une contenance de 20 litres et laissés pour acclimatation. Au cours des manipulations, les mêmes traitements phytosanitaires ont été appliqués à ces différents plants de cacaoyer selon les recommandations du fabricant. Ces traitements ont consisté à épandre un insecticide systémique de la marque Plantirel, le premier a eu lieu le 16 juillet 2015. Puis le 30 juillet 2015 un traitement à l'engrais foliaire a été appliqué à chacun des plants.

II.1.3- Matériel animal

Le matériel animal était constitué de mirides de l'espèce *Sahlbergella singularis* obtenus au moyen d'un élevage mené au laboratoire d'entomologie de l'IRAD. Cet élevage se décline en deux phases. Une phase de ponte et de développement embryonnaire qui se déroule sur des cacaoyers adultes en parcelle. Et une phase de développement larvaire et de maturation sexuelle des adultes qui s'effectue sur des organes infestés. Ces organes (fruits, rameaux non aoûtés) sont prélevés et la production des adultes a lieu au laboratoire dans des cellules climatiques (Babin *et al.* 2007).

II.2- Méthodes

II.2.1-Dispositif expérimental

Les vingt plants de cacaoyers ont été disposés de manière randomisée dans une serre de 7,5×11,6 m avec une distance moyenne de 2,2× 1,8 m entre les plants (Figure 9). Ces différents plants ont été répartis suivant des traitements en trois lots de : six plants pour le premier lot qui a servi de lot témoin, sept plants pour le second lot qui a été soumis à un premier traitement, enfin sept plants pour le dernier lot qui a reçu le deuxième traitement (Figure 9).

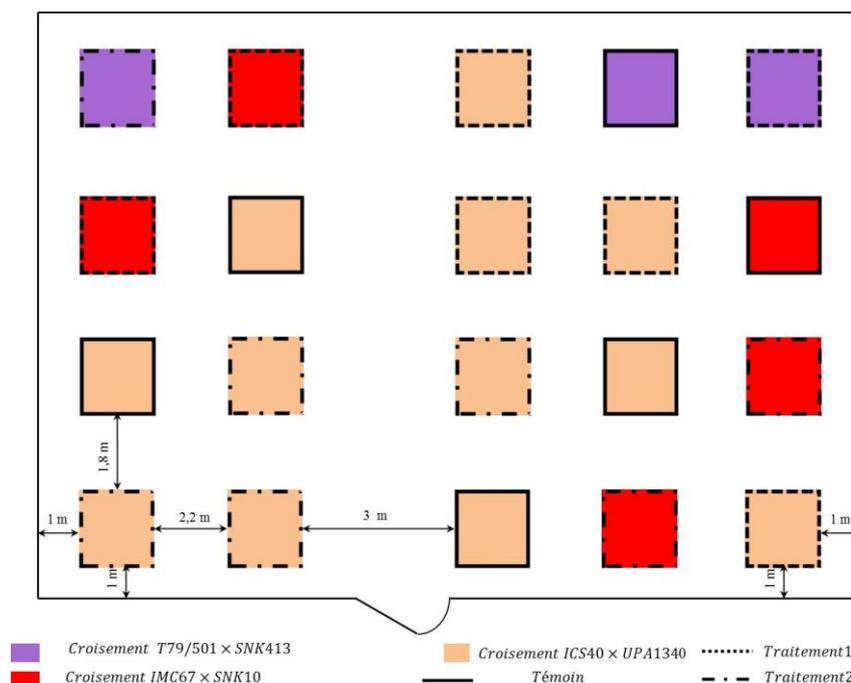


Figure 9: Plan de la serre

L'identification de chaque pied de cacaoyer s'est faite suivant les traitements qu'ils ont reçu ainsi que leur position dans la serre suivants le code X/YZ où : X indique le traitement, Y la position dans la serre, Z le croisement avec A pour T79 × SNK413, B pour IMC67 × SNK10 et C pour ICS40 × UPA 134. Exemple pour le plant de croisement C en position 1.1 et recevant le traitement 2 il a été identifié par T2/1.1C

Quatre mois après la mise en pot des plants, des traitements ont été réalisés sur les différents plants le 03 octobre 2015. Le traitement 1 (T1) a consisté à l'infestation des plants du lot 2 par cinq larves de *Sahlbergella singularis* au stade L3-L4 de leur cycle de vie. Le traitement 2 (T2) quant à lui a consisté en une infestation du lot 3 par 10 larves de la même espèce de miride. Au moment de la mise en place de chaque traitement, chacun des pieds de cacaoyer a été protégé par une moustiquaire blanche en coton. Ces infestations ont été appliquées pendant trois semaines et ont été conduites suivant le calendrier ci-dessous.

Tableau 4: Calendrier de conduite des traitements

Activités	S1	S2	S3	S4	S5	S6
1 ^{ère} infestation par les larves						
Retrait des adultes/ infestation par les larves						
Suivis et comptage						
Retrait des larves et des adultes						
Traitement phytosanitaire						

S1, S2...S6 représentent les semaines d'activités



Figure 10 : Dispositif expérimental (A : Mise en place des plants, B: plants recouvert d'une moustiquaire au moment de l'infestation, C: Vue d'ensemble, D : Infestation d'un plant, E et F : Mirides entrain de s'alimenter sur des pousses semis-aôtées)

II.2.2- Comptage des piqûres des mirides et suivis des densités de *Sahlbergella singularis*

Sahlbergella singularis s'alimente en piquant les fruits du cacaoyer à différents stades de développement (chérelles et cabosses) les pousses non aôtées ou semi-aôtées à l'extrémité des branches et les pousses orthotropes, encore appelées gourmands, qui apparaissent à la base du tronc ou sur les branches du cacaoyer. Ainsi, pendant toute la durée des infestations, pour chaque plant infesté le nombre de piqûres sur chacune de ces parties a

été dénombré chaque semaine pendant toute l'infestation, circonscrit à l'aide d'un marqueur et consigné dans un tableau (Cf. annexe). Au cours de ces suivis le nombre de mirides a été compté et le stade de développement de chaque individu a également été consigné (Cf. annexe), et les individus morts ou disparus ont été remplacés dans le but de maintenir un niveau de population constant.

II.2.3- Dynamique de la croissance végétative de *Theobroma cacao*

Afin d'établir un lien entre croissance végétative et piqûres des mirides, le suivi des plants de cacaoyer a été réalisé avant et après infestations. Ce suivi a consisté à l'évaluation de la dynamique des flushes, de l'activité cambiale, de l'apparition des gourmands et de la chute des feuilles.

II.2.3.1- Dynamique des flushes

Il a été pour chaque plant question de : noter la date d'apparition du flush, d'identifier le type du flush (plagiotrope, orthotrope, rejet), puis de dénombrer les feuilles du flush considéré, de les numéroter suivant le modèle FXY où : F désigne le flush, X correspond au numéro du flush considéré et Y le numéro de la feuille dans le sens du bas vers le haut (Cf. Annexe). Enfin la longueur et la largeur de chacune des feuilles ont été mesurées grâce à un mètre ruban. L'allongement a été suivi chaque semaine pendant cinq semaines pour les 20 plants. La couronne d'un cacaoyer étant constituée de cinq axes plagiotropes, deux branches ont été sélectionnées et suivies comme précédemment décrit.

Pour chaque flush, la longueur moyenne et la largeur des feuilles ont été calculées et les surfaces foliaires de chacun des flushes ont été estimées selon la formule suivante :

$$SF = \frac{2}{3}(L \times l)$$

Où **SF** représente la surface foliaire, **L** la longueur moyenne, et **l** la largeur moyenne.

II.2.3.3- Suivi de l'activité cambiale

À l'aide du pied à coulisse, toutes les deux semaines et pendant toute la durée des observations, le diamètre du tronc et des axes plagiotropes, a été mesuré. Ainsi, pour chacun

des cacaoyers, le nombre de branches a été compté et chacune d'elles a été étiquetée (B1, B2...B5 respectivement pour la branche 1, branche2...branche5).

II.2.3.4- Apparition des gourmands

Afin d'estimer la capacité de reprise des plants, chaque semaine après infestation, le nombre total de rejet émis par les plants a été dénombré. Les deux premiers rejets ont été sélectionnés, leur émission de flushes ainsi que leur activité cambiale ont été suivies suivant les mêmes modalités décrites plus haut.

II.2.3.5- Chute des feuilles

Les plants de cacaoyers étant entourés d'une moustiquaire, le nombre de feuilles mortes retrouvées dans le périmètre de la moustiquaire a été compté et consigné dans un tableau. Cette opération a été réalisée chaque semaine.

II.2.3.6- Mesure thermohygométrique

A la date du 24 octobre 2015, six capteurs de marque Tinytag de type TGP-4500 ont été répartis dans la serre et placés sur le tronc des pieds T2/1.1C, T2/1.4A, TE/2.3C, T1/3.4C, TE/4.2C et TE/5.3B. Ils ont ainsi permis la mesure des températures minimales et maximales, et de l'humidité relative minimale et maximale de l'air tous les jours dans un intervalle de 2 heures. Au moyen du logiciel « Tinytag explorer 4.9 » les données ont été extraites des data logeurs et les moyennes journalières des différents paramètres ont été calculés.



Figure 11 : Capteur thermohygrométrique (A : Sur un plan au milieu de la serre et sous feuillage; B: sur le tronc d'un plant mort dans un coin de la serre)

II.2.4- Analyses statistiques

Le traitement de données a consisté au dépouillement des fiches de collecte de données, et à l'enregistrement des données sur le tableur Excel 2010. L'analyse descriptive a permis d'illustrer graphiquement les informations récoltées dans la serre. Les liens entre les variables émissions foliaires et les variables traitements, croisements et mois ont été établis à l'aide d'un test d'indépendance Chi deux (χ^2) sur un tableau de contingence.

Les analyses statistiques et les graphiques ont été faits à l'aide des logiciels Excel 2010 et R.3.1.2.

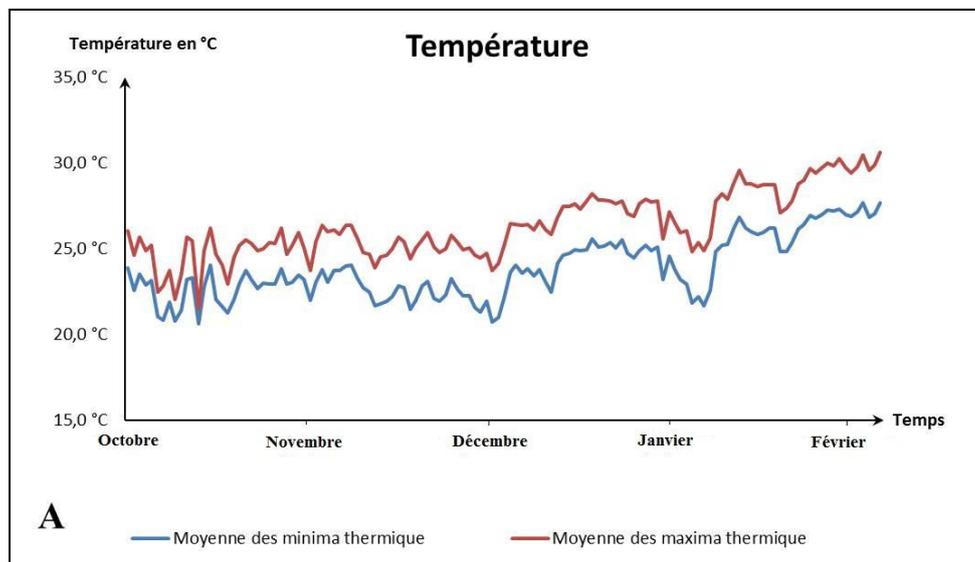
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

III.1- Résultats

Les familles de cacaoyer qui ont été étudiées ont des caractéristiques différentes. Les observations montrent que les plants du croisement IMC67×SNK10 présentent des feuilles plus petites par rapport aux plants des familles T79/501 × SNK413 et ICS40 × UPA134 dont les feuilles sont plus larges.

II.1.1- Mesure thermo-hygrométrique

Les mesures thermo-hygrométriques ont montré que la température augmente progressivement entre le mois d'octobre et le mois de janvier, à l'inverse l'humidité relative de l'aire qui diminue progressivement pendant cette même période. Les minima thermiques ont eu des valeurs comprises entre 20,0 °C et 25,0 °C pour la période d'octobre à décembre, et de 25,0 °C et 27,0 °C entre janvier et février. Les maxima thermiques ont présenté des valeurs presque toujours comprises entre 25,0 °C et 30,0 °C (Figure 12 A.). Les maxima d'humidité relative ont été compris entre 90 % et 100 % entre les mois d'octobre et de novembre, de 70 % et 90 % sur la période de décembre à février. Les minima hydrométriques se sont situés entre 75 % et 95 % entre les mois d'octobre et de novembre, de 50 % et 75 % de décembre à février (Figure 12 B).



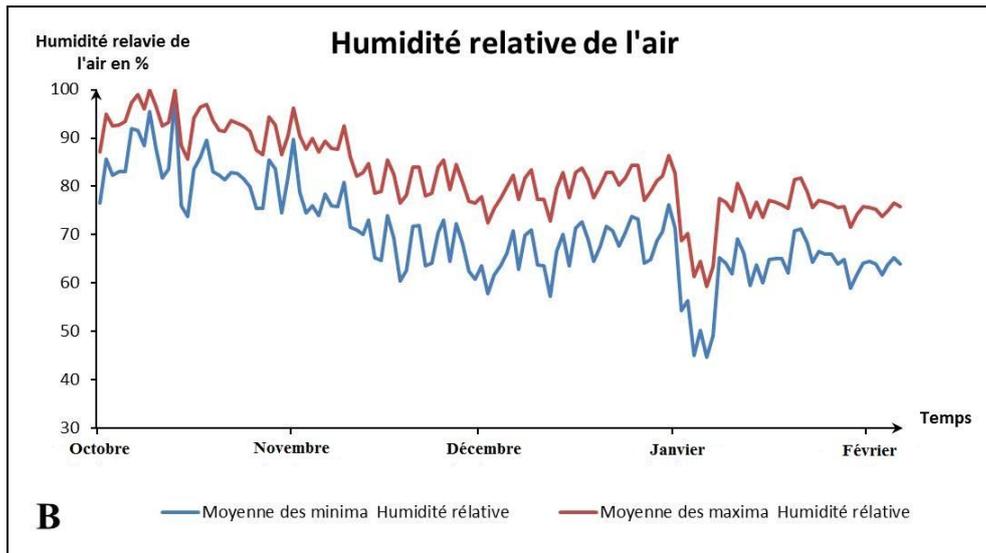


Figure 12 : Mesures thermique et hygrométrique (A : courbes des maxima et minima thermiques ; B : courbes des maxima et minima hygrométriques)

II.1.2- Réponse du cacaoyer aux attaques de *Sahlbergella singularis*

L'attaque des mirides qui a été réalisée en octobre a conduit à la mort des bourgeons et à l'assèchement progressif des plants dans le sens sommet vers la base. Les feuilles les plus jeunes sont tombées en premier, à l'inverse chez les plants n'ayant pas subi d'attaque, les bourgeons ont persisté et se sont développés, les feuilles de la base sont tombées les premières. Les observations faites nous montrent que les plants ont réagi en émettant des gourmands. Ces gourmands apparaissent sur le tronc soit à l'aisselle des feuilles qui ont persisté, soit au niveau des cicatrices laissées par les feuilles déjà tombées dans le cas où le bourgeon axillaire n'était pas mort après l'attaque des mirides. Sur les gourmands les feuilles étaient de petites tailles, mais au fur et à mesure du développement des bourgeons, les dimensions des feuilles devenaient de plus en plus grandes.



Figure 13 : Résultat de l'infestation (A: piqûres des mirides sur le tronc (plage noir) ; B : Piqûres sur pousse semi aouté aboutissant à une crevasse dans le tronc; C : Mort du bourgeon terminal et chute des feuilles du sommet vers la base; D : Crevasse ; E: Infection d'une crevasse par un champignon ; F : Plant mort.)

Une semaine après infestation 51 et 52,5 piqûres ont été observés en moyenne sur les plants infestés avec cinq larves de mirides issus des croisements T79/507×SNK413 et ICS40×UPA134 respectivement. Les plants des croisements IMC67×SNK10 ont présenté le nombre de piqûres le plus faible pour ce traitement avec en moyenne 44 piqûres pour ce traitement. Le nombre moyen de piqûres a été en général plus important sur les plants infestés avec dix larves notamment pour les plants issus des croisements T79/507×SNK413 et IMC67×SNK10 (en moyenne 68 et 65 piqûres respectivement). Cependant cette tendance n'est pas observée pour les plants issus du croisement ICS40×UPA134 où le nombre de piqûres est comparable pour les 2 traitements. Il a ensuite été difficile de continuer à compter

les piqûres de mirides (semaine 2 et 3 après infestation) car les mirides peuvent piquer plusieurs fois au même endroit ce qui entraîne des plages de cellules mortes plus larges mais pas forcément plus de lésions. Néanmoins, nos observations ont montré que les plants soumis au traitement 2 ont été globalement plus affectés avec des plages de lésions plus importantes mais ce résultat n'a pas été quantifiable et nécessite des suivis complémentaires.

Au bout de 61 jours après infestation un état des plants montre qu'il y a eu au total six plants morts sur quatorze dont trois ont été infestés chacun avec cinq mirides et trois autres avec dix mirides chacun (Tableau 5). La densité des mirides semble avoir des effets délétères sur le nombre de plants, en effet parmi les plants morts seuls les plants ayant été infestés de 10 mirides meurent sans émettre de rejet tandis que les plants attaqués avec 5 mirides meurent après émission de rejet, cette mort est la résultante d'une attaque par des champignons qui ont trouvé une porte d'entrée au niveau des lésions tissulaires occasionnées par les piqûres de mirides.

Le croisement IMC67×SNK10 a présenté en moyenne 11 rejets par arbre soumis aux attaques de mirides (Tableau 5) indépendamment du nombre de mirides. Dans le croisement ICS40×UPA34, les arbres soumis aux attaques de mirides ont également émis beaucoup de rejets aux alentours de 7,5 après l'infestation.

Tableau 5 : Etat des plants 61 jours après infestation

	T79/501 × SNK413		IMC67 × SNK10		ICS40 × UPA134	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Nombre moyen piqûres 7 jours après infestation	51	68	44	65	52,5	50,5
Nombre moyen de rejet à 61 j	4	0	11,5	11	7,75	7,25
Nombre de plant mort sans rejet émis	0	1/1	0	0	0	2/4
Nombre plant mort ayant émis rejet	0	0	1/2	0	2/4	0

T1 : Traitement 1 (plants infestés par 5 laves de mirides)

T2 : Traitement 2 (Plants infestés par 10 laves de mirides)

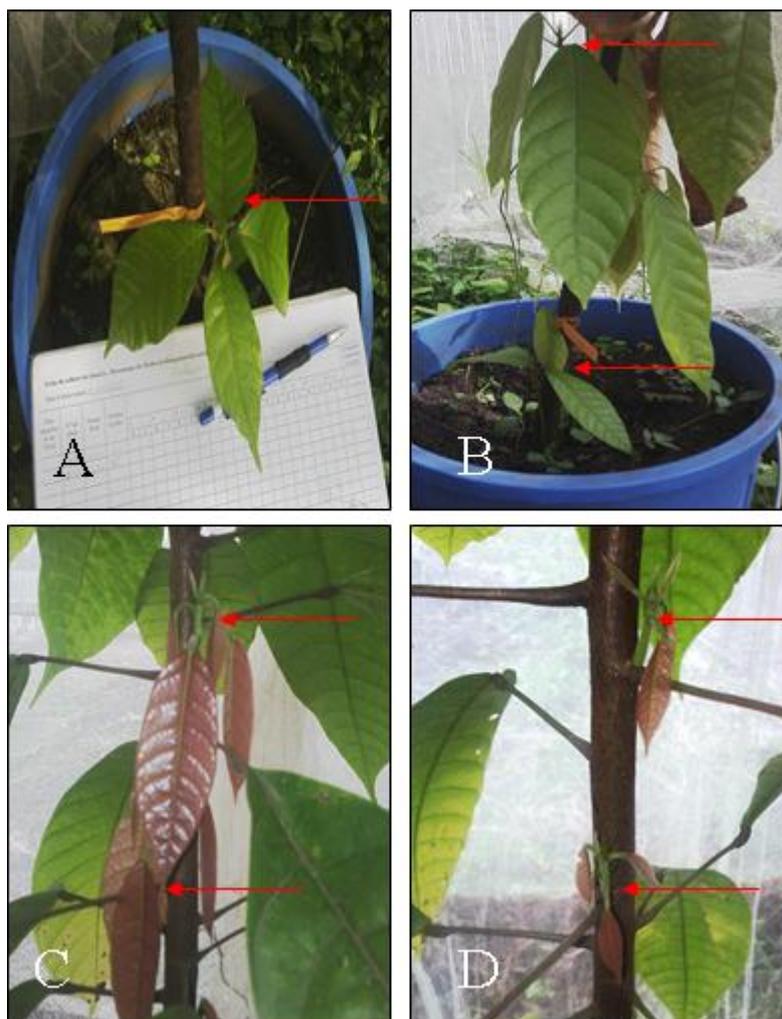


Figure 14 : Reprise des plants (A, B: Gourmands émis par des bourgeons adventifs ; C, D Gourmands émis par des bourgeons axillaires ; Les flèches en rouge indiquent les gourmands)

III.1.3- Rythme des poussées foliaires

Les observations menées montrent qu'indépendamment du cultivar, les poussées foliaires ont été significativement ($p > 0.05$) plus importantes entre les mois de décembre et février avec un nombre de 45 poussées foliaires par rapport à la période allant de août à novembre où seulement 17 poussées foliaires ont été enregistrées (Tableau 6). Pendant cette même période (décembre-février), la totalité des plants étaient actifs.

Les plants issus du croisement ICS40×UPA134 ont présenté une émission de flushes continue qui a connu son maximum entre le mois de décembre et celui de février avec un nombre de poussée foliaire égal à 28 contre 13 pour la période d' août à novembre où les plants étaient très actif. Par contre, pour les croisements T79/501×SNK413 et IMC67×SNK10

l'émission des flushes a été quasiment nulle entre le mois d'août et le mois d'octobre. De plus le nombre de flushes semble significativement plus élevé chez ICS40×UPA134 que chez IMC67×SNK10 et T79/501×SNK413 avec respectivement 41, 13 et 8 poussées foliaires (Tableau 6).

Il semblerait que les attaques de mirides favorisent les poussées foliaires, en effet pour chacun des croisements nous avons un nombre significatif de poussées foliaires chez les plants qui ont subi des attaques de mirides ($p>0.05$), exception faite pour le plant du traitement 2 du croisement T79/501×SNK413 qui est mort après attaque des mirides. Les résultats montrent également que la densité des mirides semble influencer le nombre de poussées foliaires : en effet plus le nombre de mirides est grand plus le nombre de poussées foliaires est grand ($p>0.05$) (Tableau 6). Pendant la période post traitement, il est aussi observé que le nombre de poussées foliaires par arbre semble plus élevé chez les plants traités que chez les plants non-traités.

Tableau 6 : Nombre de poussées foliaires par croisement par mois, par traitement et par arbre

Mois	Août	Septembre	Octobre*	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Total
T79/501 × SNK413								
Témoin	0	0	0	1 (1)	1 (1)	1 (1)	0	3A
Traitement 1	0	1 (1)	0	0	2 (1)	0	1 (1)	4AB
Traitement 2	1 (1)	0	0	0	0	0	0	1A
IMC67 × SNK10								
Témoin	0	0	0	0	1 (1)	1 (1)	1 (1)	3A
Traitement 1	0	0	0	0	1 (1)	0	1 (1)	2A
Traitement 2	0	0	0	1 (1)	2 (2)	2 (2)	3 (2)	8BC
ICS40 × UPA134								
Témoin	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	4 (4)	4 (4)	3 (3)	15C
Traitement 1	0	1 (1)	1 (1)	0	4 (2)	2 (2)	2 (2)	10BC
Traitement 2	3 (2)	0	1 (1)	3 (2)	4 (2)	2 (2)	3 (2)	16C
	ab	a	a	ab	c	bc	c	

* Mois où l'infestation a été réalisée.

Les nombres entre parenthèse indiquent le nombre de plant émettant des flushes.

Traitement 1 : plants infestés par 5 larves de *Sahlbergella singularis*

Traitement 2 Plants infestés par 10 larves de *Sahlbergella singularis*

Les lettres différentes font référence à des valeurs qui sont significativement différentes (test de Chi2, au seuil de 5%).

III.1.4- Capacité de reprise des plants

Les résultats montrent que les premiers rejets sont apparus deux semaines après infestation pour les croisements ICS40×UPA134 et IMC67×SNK10 et 4 semaines après infestation pour le croisement T79/501×SNK413 (Figure 15) l'infestation ayant eu lieu le 03 octobre. Les plants qui ont été infestés par 10 larves de *Sahlbergella singularis* ont été les premiers à émettre des rejets. Au bout de 10 semaines après l'infestation la réponse des plants des familles ICS40×UPA134 et IMC67×SNK10 a été maximale avec un nombre moyen de rejets respectivement égal à 11,5 et 11, ce nombre a diminué 12 semaines après infestation et a eu tendance à se stabiliser (Figure 15). Le croisement T79/501×SNK413 a montré une réponse plus tardive qui a très peu fluctué du fait de la faible taille de l'échantillon (Figure

15). Il est à noter que 10 semaines après infestation, le nombre moyen de rejets des plants de la famille ICS40×UPA134 a toujours été supérieur à ceux des autres croisements à soir T79/501×SNK413 et IMC67×SNK10.

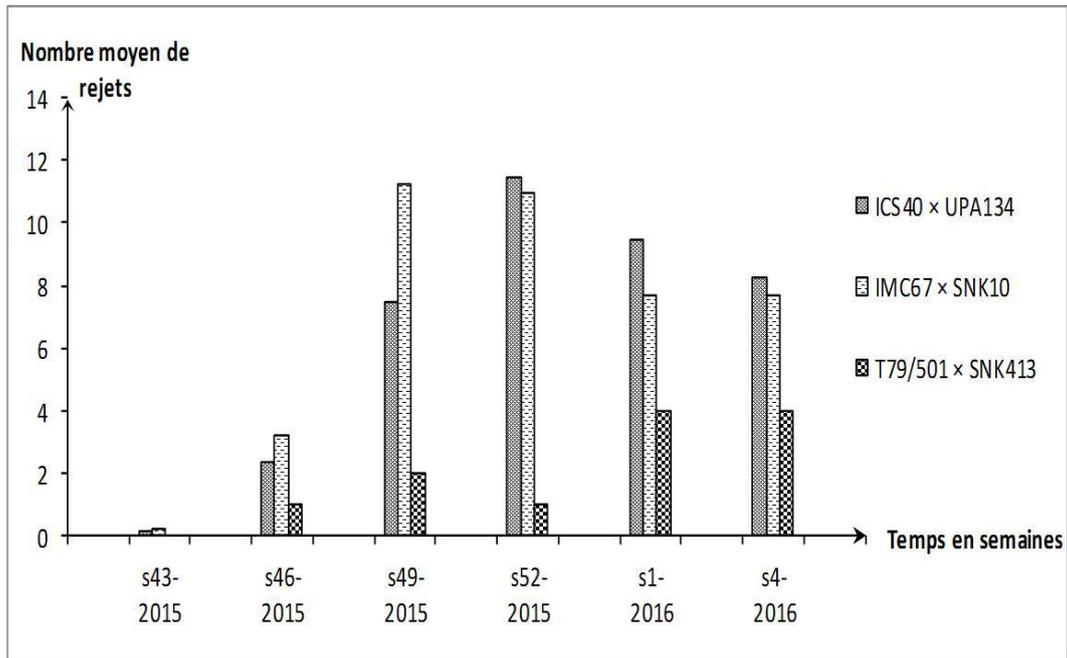
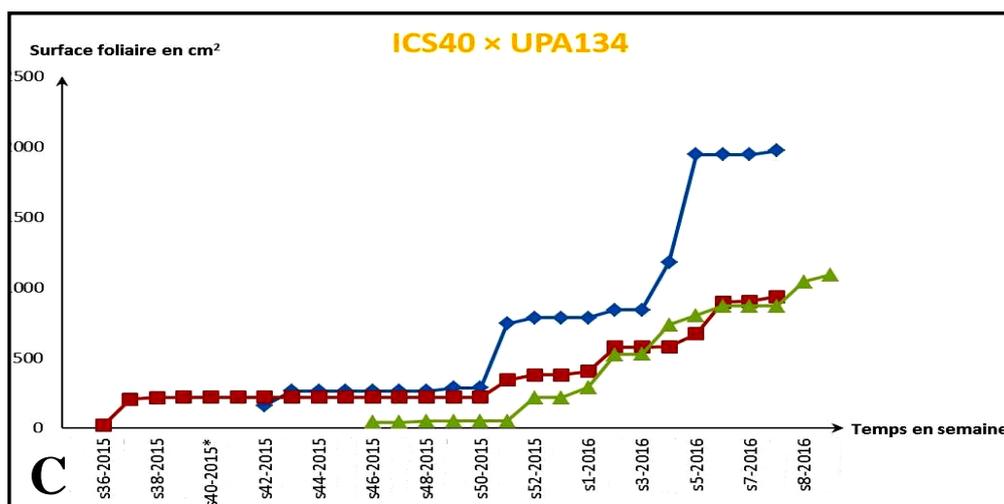
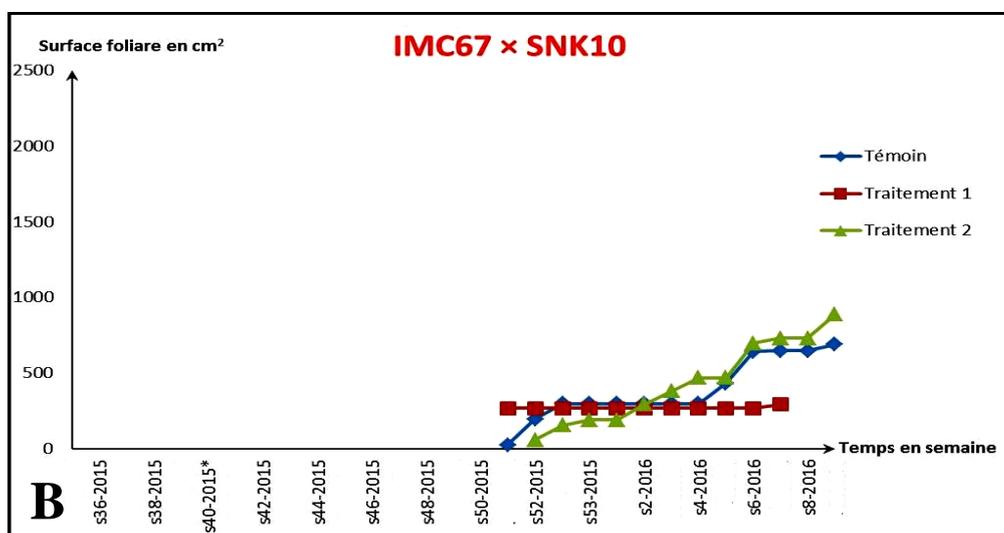
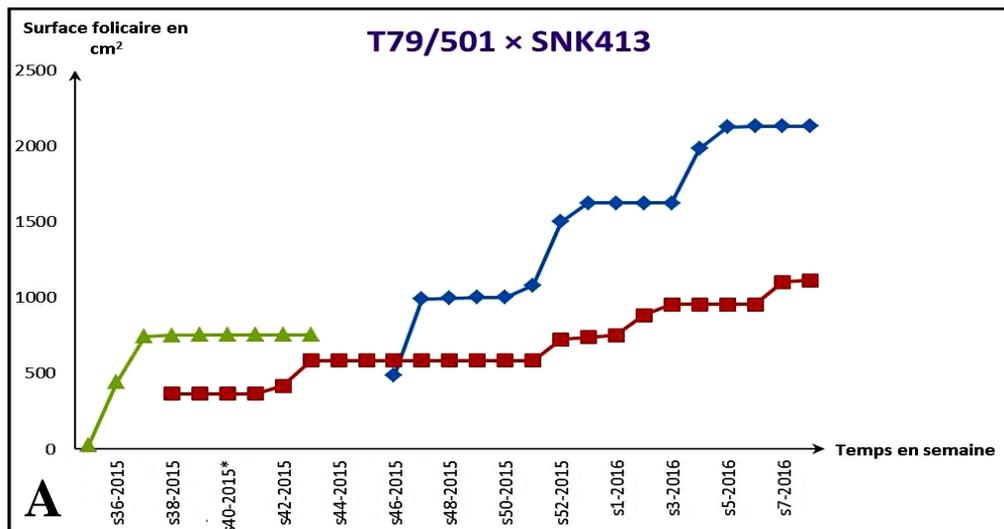


Figure 15 : Nombre moyen de rejets émis par les plants après infestation

III.1.5- Croissance foliaire

Les résultats montrent que indépendamment de la famille l'évolution des surfaces foliaires a présenté la même allure (Figure 16 A, 16 B et 16 C). Le croisement IMC67×SNK10 a présenté des petites surfaces foliaires de (Figure 16 B) contrairement aux plants des croisements ICS40×UPA134 et T79/501×SNK413 qui ont des surfaces foliaires plus grandes. Les plants traités ont présenté des surfaces foliaires inférieures à celles des plants non traités. Ces surfaces varient très peu avec la densité de mirides appliquée (Figure 16 A, 16 B et 16 C).



*Signale la semaine pendant laquelle l'infestation a été réalisée (03 octobre 2015)

Traitement 1 : Plants infestés par 5 laves de mirides.

Traitement 2 Plants infestés par 10 laves de mirides

Figure 16 : Evolution de la surface foliaire en fonction du temps (A : croisement T79/501×SNK413 ; B : croisement IMC67×SNK10 ; C : croisement ICS40×UPA134).

II.2-Discussion

II.2.1- Réponses du cacaoyer à l'attaque des mirides

Les résultats ont montré que face à l'agression de *Sahlbergella singularis* les plants de *Theobroma cacao* ont réagi en premier par une perte de feuilles et en second par une émission de rejets ou gourmands en nombre variable. La perte de feuilles se justifie par la non alimentation de celles-ci en sève. D'une part, les piqûres des mirides occasionnent des lésions tissulaires, qui altèrent l'état des vaisseaux conducteurs et entraînent une rupture de la communication entre les différentes cellules. Cette rupture se manifeste donc par une chlorose. D'autre part lors des prises alimentaires les pucerons injectent par le biais du canal salivaire des sécrétions qui, d'après Giordanengo *et al* (2007) jouent un rôle fondamental dans la recherche, l'acceptation et la manipulation physiologique des tissus cibles. On peut supposer que les mirides qui sont des Hémiptères piqueurs suceurs sont soumis aux mêmes mécanismes.

La seconde réponse déployée par le cacaoyer est l'apparition des gourmands. Ces gourmands se développent à l'aisselle des feuilles ou le long de la tige. L'apparition des gourmands est la résultante du développement des méristèmes axillaires suite à la levée de la dominance apicale. La dominance apicale est l'action inhibitrice qu'exerce le bourgeon apicale (bourgeon terminal) d'un végétal sur le développement des parties latérales du végétal à savoir les bourgeons axillaires et les bourgeons adventifs. Elle est due à l'action inhibitrice qu'exerce un groupe de phytohormones, les auxines. Le bourgeon terminal est le siège de production de ce groupe d'hormones. Les travaux menés par Taylor & Hadley (1988) indiquent en effet une quantité plus importante d'auxines (Indole-3-acetyl-K-alanine (IAA)) libres dans le bourgeon terminal. L'attaque des mirides en le détruisant permet la levée de cette dominance et favorise l'apparition des gourmands.

L'attaque des mirides a également conduit à la mort de certains plants, il a été observé un total de six plants morts sur un nombre de quatorze plants infestés. De ces six plants, trois ont subi une infestation avec cinq larves de mirides (traitement 1) et les trois autres ont été infestés avec dix mirides (le traitement 2). Les plants qui ont subi le traitement 2 sont morts sans émettre de rejet tandis que les plants qui ont reçu le traitement 1 sont morts après émission de rejets. Ici les plants montrent une vulnérabilité qui se justifierait par le fait que ceux-ci sont jeunes et n'avaient pas couronné au moment des infestations. La mort des plants

qui ont émis des rejets est due à une attaque de ces derniers par des champignons opportunistes qui s'installent dans les crevasses laissées par l'attaque des mirides, des attaques secondaires par *Calonectria rigidiuscula* sur des cacaoyers ont été reportées (Crowdy 1947). Une explication de ces observations résiderait l'aptitude des mirides à transporter des champignons qui sont transmis au moment des piqûres. Cette mort pourrait également être l'effet des manipulations physiologiques engendrées par la salive injecté au moment des piqûres.

II.2.2- Rythme des poussées foliaires

Les observations sur le rythme des poussées foliaires ont montré d'une manière générale qu'elles atteignent leur maximum durant la période de décembre à février, et que durant ce même intervalle de temps, la totalité des plants étaient actifs. Des résultats similaires ont été obtenus par Boyer en 1970 lorsqu'il soumet des cacaoyers de la variété Trinitario âgés d'une trentaine d'années à des conditions d'éclairage différent au Cameroun. Il établit ainsi deux périodes au cours de l'année pendant lesquelles l'émission des flushes est plus importante, une période allant de décembre à avril et une période allant de septembre à octobre. La première est la plus importante. Dans le cadre de nos expérimentations la seconde période n'est pas vérifiée du fait des stress liés à la transplantation. Ces résultats mettent également en exergue le caractère endogène des poussées foliaires (Vogel 1975), car bien que soumis à l'influence des mirides ceux-ci gardent à peu près le même rythme que des cacaoyers non attaqués. Mais la croissance des cacaoyers est à 70 % influencée par des facteurs environnementaux (Ampofo & Bonaparte 1981).

Les données thermo-hygométriques obtenues au cours des manipulations montrent des valeurs proches du *preferendum* thermique où la croissance du cacaoyer est optimale. Ce *preferendum* serait compris entre 30-32° C au maximum et 18-21° C au minimum (Mossu 1990). En effet durant la période de décembre à février la température minimale enregistrée est de 21,6 °C et le maximum thermique est de 30,6 °C.

Les différentes familles étudiées présentent des comportements différents les uns des autres, ces comportements sont en effet le reflet de leur variabilité génétique. Cette variabilité justifierait d'une part les différences observées dans le rythme et l'intensité des poussées foliaires au sein des familles mais également entre les différentes familles, c'est ici le lieu de signaler l'intérêt de travailler sur des clones dont certaines caractéristiques seraient connues

ce qui, permettrait également de réduire la variabilité au sein d'une famille. D'autre part la faible taille de certains échantillons rend également difficile la comparaison, en effet en uniformisant les échantillons ou en prenant pour chaque famille des tailles d'échantillon comparable, des conclusions plus éclairées pourraient être dégagées. Néanmoins la constante capacité d'émission de flushes des individus de la famille ICS40 × UPA134 suggérerait une certaine capacité d'adaptation et de résistance de ces individus face aux ravageurs. Ce résultat pourrait illustrer une meilleure tolérance des plants de ce croisement face aux attaques.

Les résultats montrent également un nombre de poussées foliaires significativement plus élevé chez les plants infestés par rapport aux plants non infestés. Il y a aussi une activité plus accrue des plants infestés avec une émission de flushes qui est plus importante chez les plants infestés par dix mirides. Ces observations se justifieraient par le fait qu'en réaction au stress qu'ils subissent les plants émettent plus de flushes, d'où l'intérêt d'une analyse du contenu salivaire des mirides et des métabolites secondaires résultant de ce stress afin de comprendre les manipulations engendrées par l'attaque des mirides.

II.2.3- Capacité de reprise des plants et croissance foliaire

L'émission des rejets ou gourmands est la conséquence de la réduction de la dominance apicale, ici l'apparition des gourmands est perceptible au bout de 21 jours pour les plants des familles IMC67×SNK10 et ICS40×UPA134 et de 41 jours pour ceux du croisement T79/501×SNK413. Fort de ceci les croisements IMC67×SNK10 et ICS40×UPA134 sembleraient être plus tolérants face à l'agression, le nombre élevé des rejets dans la suite des observations étaye d'avantage cette hypothèse. Mais la différence de taille des échantillons ne nous permet pas de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse de manière très claire. Il a été également observé que la réponse des familles IMC67×SNK10 et ICS40×UPA134 a été maximale 10 semaines après l'infestation mais que ce nombre diminue quelque temps après. Cette diminution est peut-être corrélée à l'infection des plants par des champignons opportunistes qui trouvent des portes d'entrées aux niveaux des lésions occasionnées par les mirides. Elle pourrait aussi être causée par une baisse de la disponibilité des ressources étant donné que la productivité photosynthétique est réduite du fait de la chute des feuilles. Le nombre de rejets sur la durée du suivi témoignerait une fois de plus des capacités de résistance de la famille ICS40×UPA134. Le clone ICS40 a été décrit comme résistant à l'attaque des

mirides (N'Guessan *et al* 2003), nos résultats refléteraient une transmission de l'antixénose de ce clone aux descendants issu du croisement ICS40×UPA134.

Les résultats de l'analyse de l'évolution des surfaces foliaires ont révélé que les plants de familles T79/501×SNK413 et ICS40×UPA134 ont de plus grandes surfaces que celles des plants de la famille IMC67×SNK10, ceci témoigne davantage de la diversité génétique au sein de ces croisements. Suite à l'attaque de *Sahlbergella singularis* les témoins ont présenté des surfaces foliaires significativement plus importantes que les plants traités. Ceci s'expliquerait par la perte des feuilles plus importantes chez les plants infestés mais également par le fait que les rejets se comportent comme de jeunes plants donc présentent de petites feuilles dès leurs émissions dont les dimensions augmentent au fil du temps.

**CHAPITRE IV : IMPLICATION SUR LE SYSTEME
EDUCATIF DU SUJET**

IV.1- Intérêt didactique

Le système éducatif camerounais est en pleine mutation. Dans l'enseignement secondaire, l'actualité est le passage de la pédagogie par objectif à la pédagogie par compétence. Dans cette pédagogie par compétence, l'élève au centre de la construction de son savoir mène plusieurs activités aux termes desquelles il atteindra la compétence désirée. La présente étude dont le but réside dans la connaissance des caractéristiques des plants de cacaoyers utilisés dans le verger camerounais afin d'effectuer une lutte mieux intégrée, s'inscrit dans cette logique.

En effet la compétence visée par le sujet est une amélioration des pratiques agricoles. Cette amélioration passe par la connaissance des caractéristiques de la plante à cultiver, une connaissance des sols, une connaissance de son écologie, et une connaissance des potentiels ravageurs et des interactions entre ceux-ci et leur hôte afin d'effectuer une lutte efficace contre ces derniers. C'est ainsi que dans la connaissance des caractéristiques des plantes et de leurs interactions avec les facteurs environnementaux, la notion de plantes performantes a été définie. Ces plantes performantes présentent comme caractéristiques : un cycle végétatif plus ou moins court, la résistance aux facteurs défavorables tels que le froid, la sécheresse, les maladies, les insectes... et une production de qualité (propriétés organoleptique) et de quantité (production, rendement). Le cacaoyer est donc ainsi classé dans ce groupe de plante.

Selon le programme officiel élaboré par le Ministère des Enseignements Secondaires, la notion de plante performante est enseignée en classe de seconde A et C. Grâce à la méthode DIPHTERIC (données initiales, problème scientifique, hypothèse, test d'hypothèse, expérimentation, résultats, interprétation, conclusion), nous pourrions grâce aux travaux réalisés dans notre mémoire, enseigner cette leçon.

IV.2- Fiche pédagogique

FICHE DE PREPARATION D'UNE LECON DE S.V.T.

Etablissement :	LYCEE _____	Nom de l'enseignant : KETCHIEMO T. Franklin	
Thème II:	ORGANISATION FONCTIONNELLE DES VEGETAUX CHLOROPHYLLIENS	Matricule : 11Y133 Contact : 676 52 56 14	
Chapitre VI:	RESULTATS DE L'ACTIVITE PHOTOSYNTHETIQUE : LA PRODUCTION VEGETALE	Date :	__/__/____
Titre de la leçon 2 :	Les plantes performantes	Classe :	2 nd A & C
		Effectif :	T : G : F:
		Durée :	55 minutes
		Période :	__h__ - __h__
Objectif(s) Pédagogique(s) Opérationnel(s) :	<p>A la fin de cette leçon portant sur les plantes performantes, chaque élève de la classe de 2nd C ou A doit être capable :</p> <ul style="list-style-type: none"> -à partir d'une liste de caractères, d'identifier avec exactitude les caractéristiques des plantes performantes -de mémoire de définir correctement l'expression « plante performante » -de mémoire de citer sans se tromper des techniques permettant d'obtenir une plante performante -de mémoire de schématiser des techniques permettant d'obtenir des plantes performantes. 		

Etapas	Objectifs Pédagogiques Opérationnels Intermédiaires (O.P.O.I.)	Contenus spécifiques aux O.P.O.I	Matériel didactique	Activités		Evaluation	Durée
				Du professeur	De l'élève		
INTRODUCTION	1-Etablir le contrat enseignant-élèves	Titre de la leçon : les plantes performantes OPOI : -Identifier les caractéristiques des plantes performantes -Définir la notion de plantes performantes -Relever quelque technique d'obtention des plantes performantes - Définir la notion de biotechnologie	Programme officiel	-Ecrit le titre de la leçon au tableau -Communique l'OPO -Explicite l'OPO	-Recopie le titre de la leçon -Note l'OPO -Suit les explications		2 min
	2-Mobiliser les ressources : vérifier des prérequis	-Facteurs influençant la production végétale	Connaissance et apprentissage antérieurs	Pose les questions de l'évaluation diagnostique	Répond aux questions -Ces facteurs sont de deux types : nous avons les facteurs internes liés au programme	-Citer les facteurs qui influencent la production végétale	

					génétique de la plante, et les facteurs externes liés au milieu de vie de la plante. - facteurs liés à la photosynthèse, les facteurs climatiques, les facteurs biotiques et édaphiques.	-Citer un exemple de facteurs externe influençant la production végétale	
	3-Déterminer l'intérêt de la leçon	Cette leçon sur les plantes performantes vise à améliorer les pratiques agronomiques en nous rendant capable d'effectuer des bons choix de semences pour nos champs.		Communiquer l'intérêt de la leçon	Suit et note l'intérêt de la leçon		2 min
	4- Déterminer les problèmes scientifiques	Quelles sont les caractéristiques des plantes performantes ? Comment obtenir une plante performante?	Objectifs pédagogiques opérationnels	Etant donné les OPO formuler le problème scientifique	Formule les problèmes scientifiques.		3 min
EMENT	Identifier les caractéristiques des plantes performantes	2.1- Caractéristiques d'une plante performante OPOI : Identifier les caractéristiques des plantes performantes Les caractéristiques des plantes performantes sont :	Planche document 1, 2, 3 et 4	-A partir du document dire comment évolue la production cacaoyère en Afrique.	- La production cacaoyer en Afrique augment au fil	Citer les caractéristiques des plantes performantes	10 min

	<ul style="list-style-type: none"> - Un cycle végétatif plus ou moins court - La résistance aux facteurs défavorable tels que le froid, la sécheresse, les maladies, les insectes... - Une production de qualité (propriétés organoleptique) = et de quantité (production, rendement) 		<p>-Nommer la caractéristique mise en exergue par le document 1</p> <p>-A partir du document 2 citer les biens faits du cacao sur la santé des Hommes</p> <p>- Nommer la caractéristique mise en exergue par le document 2</p> <p>-Même question pour le document 3</p> <p>-Ces plantes sont qualifiées de plantes performantes énumérer leurs caractéristiques</p>	<p>des années.</p> <p>-Il s'agit de l'aspect rendement donc quantité.</p> <p>- Contribue à l'alimentation, propriétés curatives.</p> <p>- il s'agit de l'aspect qualité</p> <p>-Production de qualité et qualité, résistances aux intempéries</p>		
Définir la notion de plante performante	<p>2.2- Notion de plante performante</p> <p>OPOI : Définir la notion de plante performante</p> <p>Une plante est dite performante lorsqu'elle présente des qualités permettant une culture économiquement rentable</p>	Lire le document 4	formuler une définition de l'expression Plante performante	Une plante est dite performante lorsqu'elle présente des qualités permettant une		5 min

	sur terroir donné				culture économiquement rentable sur terroir donné	
Relever quelque technique d'obtention des plantes performantes	<p>2.3- Obtention des plantes performantes</p> <p>OPOI : Relever quelque technique d'obtention des plantes performantes</p> <p>On dénombre plusieurs techniques permettant d'obtenir des plantes performantes.</p> <p>2.3.1- L'hybridation</p> <p>Elle consiste en la sélection des variétés repérées par leurs qualités différentes (<i>précocité, résistance aux maladies,..</i>) que l'on souhaite associer dans la descendance. Puis on croise entre elles ces plantes.</p> <p>2.3.2- La culture de méristèmes</p> <p>Les méristèmes sont des tissus à cellules indifférenciées qui se multiplient constamment pour donner par différenciation tous les autres tissus de la plante. Il existe 2 types de méristèmes :</p> <p>- les méristèmes primaires situés à l'extrémité des tiges et des racines assurent la croissance en longueur de la plante, et - les méristèmes secondaires ou cambium qui assurent la croissance en épaisseur de la plante.</p> <p>On peut réaliser une culture <i>in vitro</i> en régénérant une</p>	Document 5, 6 et 7	<p>-Quel est le titre du document 5 ?</p> <p>-En quoi consiste l'hybridation ?</p> <p>- Quel est le titre du document 6 ?</p> <p>-A partir du document proposer une description de la technique de culture des méristèmes</p> <p>- Quel est le titre du document 7 ?</p> <p>-En consiste la technique de micro-bouturage ?</p>	<p>-L'hybridation chez le maïs</p> <p>- A inter-féconder le pollen des variétés d'une même espèce.</p> <p>-Culture des méristèmes</p> <p>-Décrit la technique de culture des méristèmes.</p> <p>-Le micro bouturage</p> <p>-Prélever des parties d'un végétale que l'on fait grandir</p>	15 min	

	Définir la notion de biotechnologie	<p>plante complète à partir du méristème primaire</p> <p>2.3.3- Le micro bouturage</p> <p>Elle consiste à cultiver les fragments d'une plante jugée performante dans des tubes à essais. Puis transfert les boutures obtenu en champ.</p> <p>NB : Toutes ces technique utilisées pour améliorer la culture des plants sont appelées biotechnologies. On appelle donc biotechnologie l'ensemble des techniques biologiques utilisées pour améliorer les conditions de productivités chez les êtres vivants.</p>			dans un milieu de culture.			
CONCLUSION	Vérifier le degré d'assimilation des connaissances et effectuer des remédiations	La population mondiale étant en augmentation, l'usage des plantes performantes permet de résoudre en partie les problèmes de famine dans le monde.			-Ces notions sont préciser dans le cours	-Définir plante performante -Citer les caractéristiques d'une plante performantes -Citer quelques techniques d'obtention des plantes performantes		

Le tableau ci-dessus fourni un aperçu de la production cacaoyère en Afrique.

L'augmentation de cette production résulte en partie de la création de nouvelles variétés de cacaoyer. Exemple le cacaoyer « Mercédès » dont le rendement est 3t/ha

Années	Production en millier de tonnes
2013	2836
2014	3199
2015	3051

Document 1: Production cacaoyère africaine

Le cacao contribue à l'alimentation humaine à travers ses réserves en lipides, sucres, minéraux (potassium, magnésium, cuivre et fer) et polyphénols

Ces polyphénols ont des propriétés curatives telles que la baisse de la pression artérielle, la vasodilatation, la diminution de l'agrégation plaquettaire et du risque des maladies cardiovasculaires). Ainsi que la lutte contre le vieillissement des tissus.

Document 2: Aspect qualités de la production cacaoyer

Le cacaoyer est l'objet de plusieurs attaques parasitaires. Parmi celle-ci on cite les attaques de mirides. Les mirides sont les insectes les plus dangereux pour le cacaoyer, il cause d'énormes dégâts qui infligent d'importantes pertes économiques.

Il existe des variétés de cacaoyer comme la variété ICS40 qui résistent à l'attaque des mirides. L'usage de ces variétés permet d'accroître la production.

Document 3 : Aspect résistance du cacaoyer

Les plantes cultivées sont dites performantes si l'ensemble de leurs qualités permet une culture économique rentable sur le terroir donné.

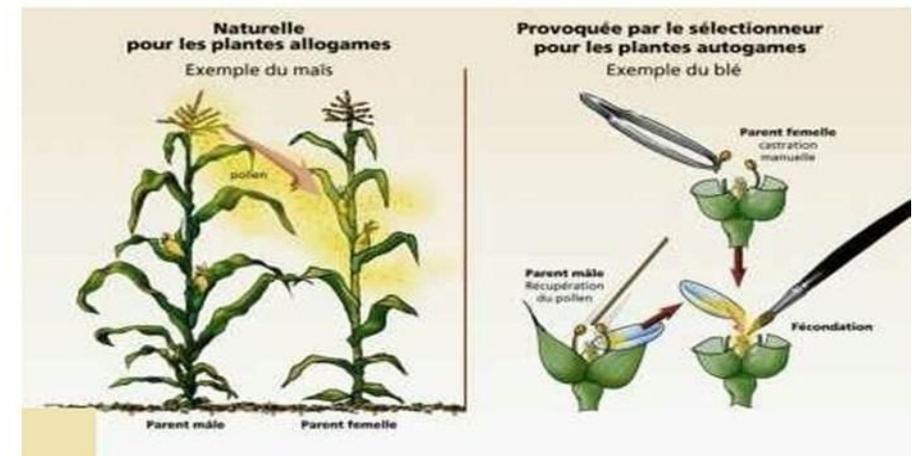
L'agriculteur recherche généralement des variétés à haut rendement capable de produire une masse importante de matière végétale. C'est en particulier le cas des cultures destinées à l'alimentation : céréales, légumes cacao...

Toutefois, les conditions climatiques ayant une grande influence sur la production végétale, on peut, selon les régions préférer une variété résistante au froid ou à la sécheresse.

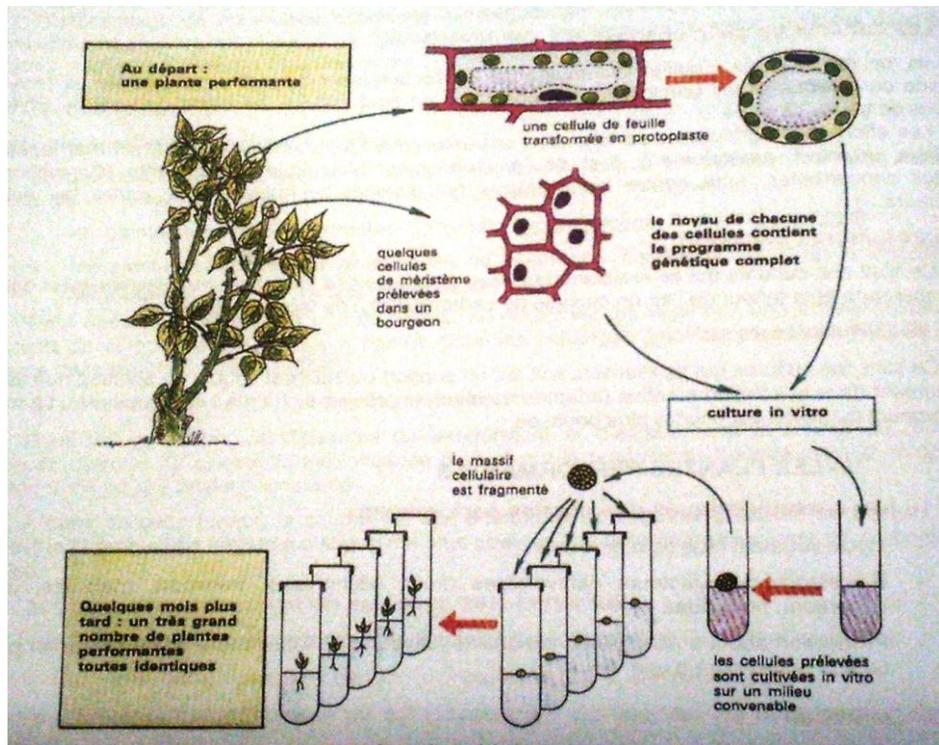
De même, la résistance des plantes aux maladies, aux insectes, aux herbicides est un critère de choix important.

Enfin, si la rentabilité d'une culture dépend de la quantité récoltée, elle dépend aussi de la quantité du produit : saveur d'un fruit (mais aussi aspect résistance au transport...) qualité boulangère d'une farine, teneur d'une graine en protéine...

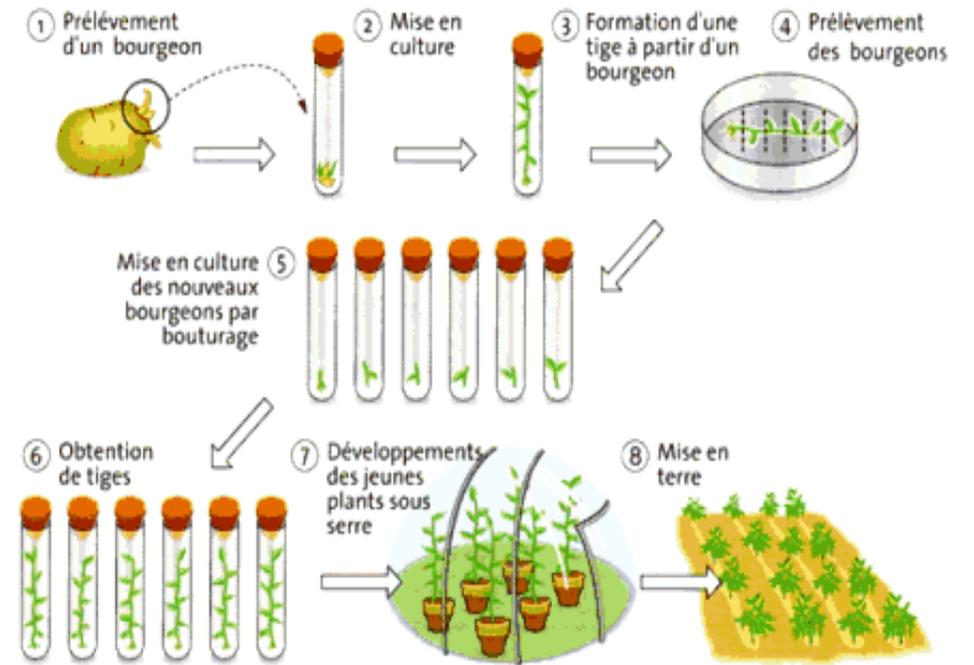
Document 4: Caractéristiques des plantes performantes



Document 5: L'hybridation



Document 6 : La culture des méristèmes



Document 7 : Le micro-bouturage

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La présente étude avait pour objectif de déterminer la réponse physiologique que le cacaoyer déployait face à l'agression de *Sahlbergella singularis*, afin de contribuer à la connaissance des plants utilisés dans le verger camerounais pour améliorer la lutte intégrée. Il en ressort que face à l'attaque des mirides la première réponse du cacaoyer a été la chute des feuilles, en second l'émission des bourgeons. L'ensemble de ces réponses a contribué à une réduction de la surface foliaire. Une évaluation des familles de cacaoyers a été rendu difficile au vu de la taille des échantillons et des variabilités intrafamiliales. Cependant les familles IMC67×SNK10 et ICS40×SNK413 semblaient être assez tolérantes à l'agression des mirides. Etant donné les travaux antérieurs qui décrivent le clone ICS40 comme résistant à l'agression des mirides, la réponse des plants de la famille ICS40×SNK413 pourrait être liée à une transmission de l'antixénose.

En perspective pour des travaux à venir il serait important de:

- réaliser cette étude sur des clones dont les tailles des échantillons seront comparables, ce qui réduirait la variabilité entre individus et rendrait plus aisées les comparaisons ;
- effectuer ces études en condition naturelle, dans l'optique de comparer les résultats obtenus à ceux réalisés en serre ;
- analyser les toxines présentes dans la salive de *Sahlbergella singularis*, et mesurer le stress oxydatif généré par ces toxines.

BIBLIOGRAPHIE

Ampofo S. T., Bonaparte E. N. A. (1981) Flushing, flowering and pod-setting of hybrid cocoa in a cocoa shade/spacing/cultivar experiment. In 7^{ième} conférence internationale sur la recherche cacaoyère: pp. 103 – 108. Douala, Cameroun.

Assoumou, J. (1977) Culture in vitro of cambial tissue of cacao. *Nature*, 173: 351–352.

Babin R. (2009) Contribution à l'amélioration de la lutte contre le miride du cacaoyer *Sahlbergella singularis* Hagl. (Hemiptera: *Miridae*). Influence des facteurs agro-écologiques sur la dynamique des populations du ravageur. Thèse Ph.D, Université Montpellier III - Paul Valéry, Département Biologie Ecologie Environnement, France.

Babin, R., Bisseleua D. H. B., Dibog L., Lumaret J. (2007) Rearing method and life-table for Cocoa bug *Sahlbergella singularis* Haglund (Hemiptera: *Miridae*). *Journal of Applied Entomologie*, 132: 366–374.

Babin R., Dibog, L., Bisseleua D. H. B. (2006) Description et évaluation d'une nouvelle méthode d'élevage, et éléments de biologie de *Sahlbergella singularis* Hagl. (Hemiptera: *Miridae*), principal ravageur du cacaoyer au Cameroun. In Actes de la 15^{ème} Conférence Internationale sur la Recherche Cacaoyère. pp. 1297–1303. <http://doi.org/10.13140/2.1.5181.9201>

Babin, R., Hoopen G. M., Cilas, C., Enjalric F., Yede, Gendre P., Lumaret, J. (2010) Impact of shade on the spatial distribution of *Sahlbergella singularis* in traditional cocoa agroforests. *Agricultural and Forest Entomology*, 12: 69–79. <http://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2009.00453.x>

Badegana A. M., Amang J., Mpe J. M. (2005). Préférences alimentaires de *Sahlbergella singularis* Hagl. (Hemiptera: *Miridae*) vis-à-vis de quelques clones de cacaoyers (*Theobroma cacao* L.). *Tropicultura*, 23: 24–28.

Blahu G., Lotode, R. (1976) Un critère primordial de sélection du cacaoyer au Cameroun : la résistance à la pourriture brune des cabosses (*Phytophthora palmivora*). *Café Cacao Thé*, 20(2): 97–117.

Boyer J. (1970) Influence des Régimes Hydrique Raditif et Thermique du Climat sur l'Activité végétative et la Floraison de Cacaoyers Cultivés au Cameroun. *Café Cacao*

Thé, XIV(3): 189–201.

Braudeau J. (1969) Le cacaoyer. Paris (France): Maisonneuve et Larousse.

Bruneau de Mire P. (1969) Une fourmi utilisée au Cameroun dans la lutte contre des mirides du cacaoyer *Wasmannia auropunctata* Roger. Café Cacao Thé, 13, 209–212.

Burle L. (1961) Le cacaoyer tome premier. Paris, France: Editions Larose. 304p

Charrier A. (1969) Contribution à l'étude de la morphogenèse et de la multiplication du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.). Café Cacao Thé, XIII(2): 97–115.

Cheesmann E. E. (1944) Notes on the nomenclature, classification and possible relationships of cocoa populations. Tropical Agriculture, 21: 144–159.

Collingwood C. A. (1977) Biological control and relations with other insects. In Lavabre E.M. Les Mirides du Cacaoyer: pp. 237–255. G.-P Maisonneuve et Larose.

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.

Crowdy S. H. (1947) Observations on the pathogenicity of *Calonectria rigidiuscula* (Berk & Br.) Sacc. on *Theobroma cacao* L. *Annals of Applied Biology*, 34, 45–59.

CTA. (2002) Lutte intégrée contre les ravageurs. Available from: http://www.anancy.net/documents/file_fr/RRRP_08-2_IPM_French.pdf (accessed 8/05/2016).

De Almeida, A. A. F., & Valle, R. R. (2007). Ecophysiology of the cacao tree. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19(4): 425–448. <http://doi.org/10.1590/S1677-04202007000400011>

Delvare G., & Aberlenc H. P. (1989). Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale : clés pour la reconnaissance des familles. Montpellier: CIRAD/PRIFAS. 302p

Demol J., Baudoin J.-P., Louant P. B., Marechal R., Mergeai G., Otoul E. (2002) L'amélioration des plantes. Application aux principales espèces cultivées en régions tropicales. Les presses agronomiques de Gembloux. 508p

- Dibog L., Babin R., Amang A Mbang J., Decazy B., Nyassé S., Cilas C., Eskes A. B. (2007) Effect of genotype of cocoa (*Theobroma cacao*) on attractiveness to the mirid *Sahlbergella singularis* (Hemiptera: *Miridae*) in the laboratory. *Pest Management Science*, 1106(December 2006): 1100–1106. <http://doi.org/10.1002/ps>
- Eguagie W. E. (1973) Field susceptibility of the cocoa mirid, *Sahlbergella singularis* Haglund (Heteroptera) to some new insecticides. *Pesticide Science*, 4, 273–282.
- Entwistle P. F. (1972) *Pests of cocoa*. London: Longman Group Ltd. 779p
- Eskes A., Lanaud C. (1997) Le cacaoyer. In *L'amélioration des plantes tropicales*: pp. 116 – 125. Montpellier (France): CIRAD.
- Giordanengo P., Febvay G., Rahbé Y. (2007) Comment les pucerons manipulent les plantes. *Biofuture*, 279, 35–38.
- Grignon E., Roullé N., Desbiens O., Boisclair J. (2016) La lutte intégrée principes et applications. Available from: http://www.lutteintegree.com/IMG/pdf/ft_lutteintegree-v9-091214.pdf (accessed: 08/05/2016).
- Houiller, M. (1964) Régime alimentaire et disponibilité de ponte des Miridés dissimulés du cacaoyer. *Revue de Pathologie Végétale et d'Entomologie Agricole de France*, 43: 195–200.
- ICCO. (2015) Production of cocoa beans. *Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics*, XLI(4): 4201.
- Jagoret P. (2011) Analyse et évaluation de système agroforestiers complexes sur long terme : Application aux systèmes de culture à base de cacaoyer au centre Cameroun. Thèse Ph.D, Montpellier SupAgro, Ecole doctorale : Systèmes Intégrés en Biologie, Agronomie, Géosciences, Hydrosociences et Environnement. France.
- Kouame N. N., N'guessan F. K., N'guessan, Assiélin H., N'guessan P. W., Tano Y. (2014) Variations saisonnières des populations de mirides du cacaoyer dans la région de l'Indénié-Djuablin en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 83, 7595–7605.
- Kouame N. N., N'Guessan F. K., N'Guessan A., N'Guessan P. W., Tano Y. (2015) Variations saisonnières des populations de mirides du cacaoyer dans la région du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 25(1), 3787–3798.

Kumar R., Ansari A. K. (1974) Biology, immature stages and rearing of cocoa-capsids (*Miridae: Heteroptera*). Zoological Journal of the Linnean Society, 54(1), 1–29. <http://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1974.tb00791.x>

La Brecque, G. C. (1950) La lutte intégrée contre les insectes. AIEA Bulletin, 23(3), 40–42.

Lavabre E. M. (1977a) Mirides Africain associés aux cacaoyers. In Les Mirides du Cacaoyer: pp. 77–83. Paris: G.-P Maisonneuve et Larose.

Lavabre E. M. (1977b) Perspectives d'avenir. In Les Mirides du Cacaoyer: pp. 343–351. Paris: G.-P Maisonneuve et Larose.

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. In Conférence international sur les recherches agronomiques cacaoyères: pp. 143–148. Abidjan, Côte d'Ivoire.

Mac Kelvie A. D. (1953) Root studies. In Annual Report of the W.A.C.R.I.: pp. 24–25. Paris: Café Cacao Thé.

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.

Mahob R. J., Baleba L., Yede, Dibog L., Cilas C., Bilong Bilong C. F., Babin R. (2015) Spatial distribution of *Sahlbergella singularis* Hagl. (Hemiptera: *Miridae*) populations and their damage in unshaded young cacao-based agroforestry systems. International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences, 5(2), 121–132.

Mahot H., Babin R., Dibog L., Tondje P. R., Bilong Bilong C. F. (2006) Biocontrol of cocoa mirid *Sahlbergella singularis* Hagl. (Hemiptera: *Miridae*) with *Beauveria bassiana* Vuillemin: First results of activities carried out at IRAD, Cameroon. In Incoped 5th International seminar on cacao pests and diseases: p. 14. San Jose, Costa Rica.

Mbondji M. P. (2010) Le cacaoyer au Cameroun. Yaoundé-Cameroun: Presse de l'UCAC.254p

Mossu G. (1990) Le cacaoyer. L'amélioration des plantes tropicales. Montpellier, France.160p

Motamayor J. C., Risterucci M., Lopez P., Ortiz C. F., Moreno, Lanaud C. (2002) Cacao domestication I: the origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity*, 89(5), 380–386. <http://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800156>

N'Guessan K. F., Eskes A. B., Lachenaud P. (2003) Etude de la Resistance du Cacaoyer aux Mirides : Classification des Grands Groupes de Cacaoyers en Fonction de Leur Niveau de Resistance ou Sensibilite. In Proceedings of the 14th International Cocoa Research Conference: pp. 559–565. Lagos, Nigeria.

N'Guessan, K. F., Lachenaud, P., Goran, J. A. K. N., & Eskes, A. B. (2007) Antixenosis as a mechanism of cocoa resistance to the cocoa mirid, *Sahlbergella singularis* (Hemiptera: *Miridae*). In 16th International Cocoa Research Conference (pp. 1113–1119).Lagos,Nigeria.

Nguyen-Ban J. (1977) La lutte chimique contre les Mirides du cacaoyer. In Lavabre E.M .Les Mirides du Cacaoyer: pp. 257–278. Paris: G.-P Maisonneuve et Larose.

Nguyen-Ban, J. (1998) Nouvelle technique de criblage et de selection des cacaoyers pour la resistance aux mirides. *Insect Science and Its Application*, 18(2). Retrieved from http://publications.cirad.fr/une_notice.php?dk=391736

Niemenak N., Cilas C., Rohsius C., Bleiholder H., Meier U., Lieberei R. (2010) Phenological growth stages of cacao plants (*Theobroma sp.*): codification and description according to the BBCH scale. *Annals of Applied Biology* 156(1): 13–24. <http://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2009.00356.x>

Piart, J. (1977) Plantes hôtes et préférences alimentaires chez les Mirides du cacaoyer. In Les Mirides du Cacaoyer: pp. 213–220. Paris: G.-P Maisonneuve et Larose.

Royaert S., Phillips-Mora W., Leal A. M. A., Cariaga K., Brown J. S., Kuhn D. N., Motamayor J. C. (2011) Identification of marker-trait associations for self- compatibility in a segregating mapping population of *Theobroma cacao* L. *Tree Genetics and Genomes*, 7(6): 1159–1168.

Schiffers B., Wainwright H. (2011) Principes de lutte biologique et de lutte intégrée. In

Lutte biologique et protection intégrée : pp.19-6. Bruxelles: PIP c/o COLEACP. Retrieved from www.coleacp.org/pip

Sounigo O., Coulibaly N., Brun L., N’Goran J., Cilas C., Eskes A. B. (2003) Evaluation of resistance of *Theobroma cacao* L. to mirids in Cote d’Ivoire: Results of comparative progeny trials. *Crop Protection*, 22(4): 615–621. [http://doi.org/10.1016/S0261-2194\(02\)00244-2](http://doi.org/10.1016/S0261-2194(02)00244-2)

Taylor S. J., & Hadley, P. (1988) Studies on Growth Periodicity and its Control in Mature Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Grown in Controlled Environmental Conditions : The Physiological Rôle of Auxins. In Alliance des producteurs de cacao (éd.), 10ème conférence internationale sur la recherche cacaoyère : pp. 169–175. Santo Domingo, République Dominicaine.

Torquebia E. (2007) L’agroforesterie: des arbres et des champs (L’Harmattan). Paris.151p

Vogel M. (1975) Recherche du déterminisme du rythme de croissance du cacaoyer. *Café Cacao Thé*, XIX(80), 265–290.

Whitlock B. A., Bayer C., Baum D. A. (2001) Phylogenetic relationships and floral evolution of the Byttnerioideae (“Sterculiaceae” or Malvaceae s.l.) based on sequences of the chloroplast gene, *ndhF*. *Systematic Botany*, 26(2): 420–437. <http://doi.org/10.1043/0363-6445-26.2.420>

Williams G. (1953) Field observations on the cacao mirids, *Sahlbergella singularis* Hagl. and *Distantiella theobroma* (Dist.), in the Gold Coast. Part II. Geographical and habitat distribution. *Bulletin of Entomological Research*, 44: 427–437.

Wood G. A. R., & Lass, R. A. (1985) *Cocoa*, 4th Edition (Tropical A). London: Longman.620p

Youdeowei, A. (1973). The Life Cycles of the Cocoa mirids *Sahlbergella singularis* Hagl. and *Distantiella theobroma* Dist. in Nigeria. *Journal of Natural History*, 7(2): 217–223. <http://doi.org/10.1080/00222937300770171>

Youdeowei, A. (1977). Behaviour and activity. In Lavabre E.M .Les Mrides du Cacaoyer :pp. 223–236. Paris: Maisonneuve et larose.

Zapfack L., Engwald S., Sonke B., Achoundong G., Birang A. (2002) The impact of land

conversion on plant biodiversity in the forest zone of Cameroon. *Biodiversity Conservation.*, 2, 2047–2061.

ANNEXES

Annexe 1 : les tableaux de collecte de données.

Fiche de collecte de données : Dynamique des flushes et allongement des entrenœuds

Date d'observation : ___/___/_____

Date d'apparition du flush	N° du plant	Nature du flush	Nombre de feuilles	Allongement des feuilles (Cm)																				Allongement des entrenœuds (Cm)	
				F		F		F		F		F		F		F		F		F					
				L	I	L	I	L	I	L	I	L	I	L	I	L	I	L	I	L	I	L	I		

**Fiche de collecte de données : Activités cambiales plagiotrope
et orthotrope**

Date d'observation : ___/___/_____

Plant N°	Diamètre (Cm)					
	Tronc	Branche1	Branche2	Branche3	Branche4	Branche5
TE/1.2C						
TE/2.3C						
TE/3.1C						
TE/4.2C						
TE/4.4A						
TE/5.3B						
T1/1.3B						
T1/2.4B						
T1/3.3C						
T1/3.4C						
T1/4.3C						
T1/5.1C						
T1/5.4A						
T2/1.1C						
T2/1.4A						
T2/2.1C						
T2/2.2C						
T2/3.2C						
T2/4.1B						
T2/5.2B						

**Fiche de collecte de données : Activités cambiales plagiotrope
et orthotrope**

Date d'observation : ___/___/_____

Plant N°	Diamètre (Cm)					
	Tronc	Branche1	Branche2	Branche3	Branche4	Branche5
TE/1.2C						
TE/2.3C						
TE/3.1C						
TE/4.2C						
TE/4.4A						
TE/5.3B						
T1/1.3B						
T1/2.4B						
T1/3.3C						
T1/3.4C						
T1/4.3C						
T1/5.1C						
T1/5.4A						
T2/1.1C						
T2/1.4A						
T2/2.1C						
T2/2.2C						
T2/3.2C						
T2/4.1B						
T2/5.2B						

Fiche de collecte de données : Dynamique des populations de mirides et nombres de piqûres.

Date d'observation : ___/___/_____

Plant N°	Branche	Tronc	Nombre d'individus et stade		Nombres de piqûres sur					
			Initial	Observé	Pousse aoûtée	Pousse semi aoûtée	Gourmand	Chérelles	Cabosse	

Annexe 2 : tableau montrant les données d'évolution du nombre de rejets

Date	ICS40 × UPA134	IMC67 × SNK10	T79/501 × SNK413
s43-2015	0,125	0,25	0
s46-2015	2,375	3,25	1
s49-2015	7,5	11,25	2
s52-2015	11,5	11	1
s1-2016	9,5	7,66666667	4
s4-2016	8,25	7,66666667	4

Annexe 3 : tableau présentant les données sur la croissance foliaire**Croisement : T79/501 × SNK413**

Semaines	Témoin	Traitement 1	Traitement 2
s35-2015			30,28085
s36-2015			443,732824
s37-2015			745,526611
s38-2015		366,194933	754,08415
s39-2015		366,194933	754,643733
s40-2015*		366,194933	754,643733
s41-2015		366,194933	754,643733
s42-2015		417,327267	754,643733
s43-2015		585,5712	754,643733
s44-2015		585,5712	
s45-2015		585,5712	
s46-2015	485,516296	585,5712	
s47-2015	990,4	585,5712	
s48-2015	996,4	585,5712	
s49-2015	1002,4	585,5712	
s50-2015	1002,4	585,5712	
s51-2015	1081,3675	585,5712	
s52-2015	1501,68667	724,356385	
s53-2015	1624,0925	738,318519	
s1-2016	1624,0925	752,841343	
s2-2016	1624,0925	885,245787	
s3-2016	1624,0925	956,786528	
s4-2016	1984,23958	956,786528	
s5-2016	2127,62167	956,786528	
s6-2016	2130,84458	956,786528	
s7-2016	2130,84458	1102,99838	
s8-2016	2130,84458	1114,66875	

Croisement : IMC67×SNK10

Semaines	Témoin	Traitement 1	Traitement 2
s35-2015			
s36-2015			
s37-2015			
s38-2015			
s39-2015			
s40-2015*			
s41-2015			
s42-2015			
s43-2015			
s44-2015			
s45-2015			
s46-2015			
s47-2015			
s48-2015			
s49-2015			
s50-2015			
s51-2015	27,6	270,1	
s52-2015	197,2	270,1	61,1085292
s53-2015	298,8	270,1	156,198708
s53-2015	298,8	270,1	193,216363
s1-2016	298,8	270,1	193,216363
s2-2016	298,8	270,1	293,508214
s3-2016	298,8	270,1	382,40414
s4-2016	298,8	270,1	471,300066
s5-2016	435,659259	270,1	471,300066
s6-2016	643,207407	270,1	697,839696
s7-2016	649,692593	294,7216	732,564881
s8-2016	649,692593		732,564881
s9-2016	691,252593		888,924881

Croisement : ICS40×SNK413

Semaines	Témoin	Traitement 1	Traitement 2
s35-2015			
s36-2015		18,9717007	
s37-2015		206,219048	
s38-2015		216,577143	
s39-2015		218,448571	
s40-2015*		218,448571	
s41-2015		218,448571	
s42-2015	161,40898	218,448571	
s43-2015	262,4	218,448571	
s44-2015	262,4	218,448571	
s45-2015	262,4	218,448571	
s46-2015	262,4	218,448571	40,6
s47-2015	262,4	218,448571	40,6
s48-2015	262,4	218,448571	48,7
s49-2015	284,749583	218,448571	48,7
s50-2015	284,749583	218,448571	48,7
s51-2015	740,536352	342,551164	48,7
s52-2015	782,304902	376,533896	216,248333
s53-2015	784,231977	376,533896	217,521667
s1-2016	784,249583	403,218942	287,6886
s2-2016	838,856739	576,155979	522,458674
s3-2016	838,856739	576,155979	523,648304
s4-2016	1177,95704	576,739683	734,428363
s5-2016	1944,9765	669,876581	800,635
s6-2016	1944,9765	894,514451	866,841637
s7-2016	1944,9765	900,027183	866,841637
s8-2016	1972,44508	934,440933	866,841637
s8-2016			1038,23579
s9-2016			1090,42634

Annexe 4 : Photo



Photo illustrant les flushes (A: Initiation du flush, B: flush au moment du couronnement, C: vue de haut d'un plant couronné entrain d'émettre un flush sur chaque branche)



A: Capteur thermohygrométrique (Tinytag), B: Dispositif de capture des mirides sur le terrain, C: Insecticide de marque Plantirel. D: Engrais foliaire de marque Plantonus