



REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE
Union-Discipline-Travail

Laboratoire des Milieux
Naturels Et Valorisation Des
Ecosystèmes

Ministère de l'Enseignement supérieur
et de la Recherche Scientifique

Année Universitaire
2020-2021.

Numéro d'ordre
1117/2021

Soutenu publiquement
le 02/11/2021

MÉMOIRE

Présenté pour l'obtention du Diplôme de **MASTER II**
de Biodiversité et valorisation des écosystèmes à
l'Université Félix **HOUPHOUËT- BOIGNY**
Spécialité : Entomologie et Gestion des Ecosystèmes

M. OJEBOWA Ibrahim

**IMPACT DES PLANTES BARRIÈRES SUR LES MODES
DE DISPERSION ET DE DISTRIBUTION SPATIALE
DES PRINCIPALES ESPÈCES DE COCHENILLES
VECTRICES DE LA MALADIE *DU COCOA SWOLLEN
SHOOT VIRUS* (CSSV) À SOUBRÉ (SUD-OUEST DE LA
CÔTE D'IVOIRE)**

Commission du jury

M.YAOKOKORE-BEIBRO Hilaire	Professeur titulaire	Président	UFHB
Mme OUALI N'GORAN S.-W. Mauricette	Maitre de conférences	Superviseur	UFHB
M. BABIN Régis	Chargé de recherche	Directeur	CIRAD
Mme KONE Naférima	Maitre-assistant	Examineur	UFHB



DÉDICACE

Ce document est dédié :

À Feu mon frère **OJEBOWA Latif** décédé le 24 décembre 2018 et à Feu mon oncle **TOURE Angbarafo André** qui a été pour moi un père jusqu'à ce qu'il s'en aille de ce monde le 24 mars 2020. Je ne cesserai de penser à eux pour tout leur soutien financier, moral et physique.

À ma mère **TOURE Kilefan Anne** qui a joué le rôle de père et de mère, qui me soutient spirituellement, moralement, et financièrement. Je ne pourrai jamais l'oublier.

À mon père **OJEBOWA JIMOH** pour les efforts consentis quand il s'agit de mon épanouissement.

À mon frère **OJEBOWA Mukaila** qui m'apporte sans cesse son soutien financier.

REMERCIEMENTS

Dans le cadre de la préparation du diplôme de Master de Biodiversité et valorisation des écosystèmes, ce stage a été effectué au laboratoire de milieux naturels et conservation de la Biodiversité et au Centre de Coopération International de Recherche en Agronomie pour le Développement (Cirad). Ces travaux ont été réalisés grâce au financement du projet Cocoa4Future, de l'Union Européenne, de l'AFD et du CIRAD.

La réalisation de ce travail a également été possible grâce au soutien et à la collaboration de plusieurs personnes à qui je voudrais exprimer ma profonde gratitude. Ainsi mes remerciements vont à l'endroit de :

-Professeur **KOUAMELAN E. Paul**, Doyen de l'UFR Biosciences pour tout ce que vous faites pour les étudiants, veuillez trouver l'expression de mon respect et de ma reconnaissance ;

-Professeur **N'GUESSAN Kouakou Edouard**, Directeur du Laboratoire des Milieux Naturels et Conservation de la Biodiversité pour m'avoir fait l'honneur de m'accepter dans votre laboratoire, veuillez recevoir l'expression de ma gratitude ;

-Professeur **KOUA K. Hervé**, Responsable du Master d'Entomologie et Gestion des Ecosystèmes, au Laboratoire des Milieux Naturels, pour vos encouragements et vos précieux conseils ;

-Professeur **YAOKOKORE-BEIBRO Hilaire**, Responsable du Master de Biologie de la Conservation et Gestion de la Faune, Président du jury de ce Master pour votre disponibilité et votre formation ;

-Docteur **OUALI-N'GORAN S.-W. Mauricette**, au Laboratoire des Milieux Naturels et Conservation de la Biodiversité pour m'avoir fait l'honneur d'être mon encadreur, pour votre disponibilité, votre patience et vos précieux conseils ;

-M. **CILAS Christian**, Directeur régional du Cirad pour l'Afrique de l'Ouest pour m'avoir fait l'honneur d'être stagiaire dans ladite structure.

-M. **JAGORET Patrick**, Coordinateur du projet Cocoa4Future dont l'une des préoccupations est la recherche de méthodes de lutte biologique contre les cochenilles farineuses vectrices de la maladie du *Swollen shoot* du cacaoyer.

-Docteur **BABIN Regis**, chercheur du Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (Cirad), pour votre disponibilité, votre patience et votre soutien et encouragement ;

-Docteur **KONE Naférima**, au Laboratoire de Biologie Santé, pour votre contribution dans l'amélioration de ce document ;

-Tous **les enseignants de l'UFR Biosciences** et de **l'Ex-Fast** pour avoir participé à ma formation ;

-Docteur **AKESSE Ettien Narcisse**, pour sa disponibilité ;

- Au doctorant **KOFFI Alain Deron** pour votre contribution lors de notre mission à Soubré et à la doctorante **N'GUETTIA Claudine** pour votre disponibilité dans la réalisation de ce travail.

- Aux techniciens du Cirad M. **KOUAKOU Hervé** et **M. GBOKO Kouakou Ernest** qui ont apporté leur soutien lors de la collecte des données durant toute la mission et également à **M. KEI Tehe Aimé** technicien généraliste à WASCAL dans le projet Cocoa4Future qui nous a apporté son soutien lors des tris au laboratoire.

Table des matières

DÉDICACE.....	I
REMERCIEMENTS.....	II
LISTE DES ABRÉVIATIONS	VII
LISTE DES FIGURES	VIII
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	3
1. Généralité sur le cacaoyer	3
1.1. Origine et aire de répartition	3
1.2. Morphologie du cacaoyer.....	4
1.3. Ecologie et physiologie du cacaoyer.....	4
1.4. Principaux pays producteurs du cacao et zones de production cacaoyère en Côte d'Ivoire.....	6
1.5. Importance socio-économique du cacao en Côte d'Ivoire.....	6
1.6. Ennemis naturels du Cacaoyer	6
1.6.1. Insectes ravageurs du cacaoyer	8
1.6.2. Quelques maladies du cacaoyer	8
2. Maladie du <i>swollen shoot</i> du cacaoyer.....	10
2.1. Origine et aire de répartition	10
2.2. Description et transmission du virus	10
2.3. Évolution de la maladie du <i>Swollen shoot</i> en Côte d'Ivoire	11
2.4. Modes de propagation du virus du <i>Swollen shoot</i>	13
2.4.1. Modes de dispersion.....	13
2.4.2. Distributions spatiales	13
2.5. Symptômes de la maladie du <i>Swollen shoot</i> du cacaoyer	14
2.6. Conséquences de la maladie du <i>Swollen shoot</i>	14

3. Vecteurs du Cocoa Swollen shoot virus et Méthode de lutte.....	16
3.1. Position taxonomique des cochenilles	16
3.2. Bio écologie et comportement des vecteurs.....	16
3.3. Méthodes de lutte contre les cochenilles vectrices de la maladie du <i>Swollen shoot</i>	17
3.4. Symbiotes et prédateurs de cochenilles vectrices du <i>Swollen shoot</i>	17
4. Zone et sites d'études	19
4.1. Climat.....	19
4.2. Végétation et sol.....	19
4.3. Critères de choix de la zone d'études et des sites	20
CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES	23
1. Matériel	23
1.1. Matériel Biologique.....	23
1.2. Matériel Technique	24
1.2.1. Matériel de piégeage	24
1.2.2. Matériel de collectes d'insectes.....	24
1.2.3. Matériel de tri, d'identification et de conservation des insectes	24
2. Méthodes	27
2.1. Dispositif Expérimental des parcelles.....	27
2.2. Technique de collecte des échantillons	29
2.3. Technique de tri des échantillons au laboratoire.....	29
2.4. Traitement de données	30
CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSION	32
1. Résultats	32
1.1. Distribution spatiale des cochenilles vectrices du <i>Cocoa Swollen Shoot Virus</i> en fonction des sites, des barrières et des variétés de cacaoyer.....	32

1.1.1. Taux d'infestation des cacaoyers par les cochenilles farineuses.....	32
1.1.2. Taux d'infestation des cacaoyers par les cochenilles farineuses en fonction des types de barrières et par site	34
1.1.3. Taux d'infestation des cacaoyers par les cochenilles farineuses en fonction des variétés de cacaoyer.....	36
1.1.4. Taux d'infestation des barrières végétales par les cochenilles farineuses	36
1.1.5. Distribution spatiale des cochenilles farineuses.....	38
1.2. Caractérisation de l'entomofaune liée au <i>Swollen Shoot</i> à la surface du sol dans les barrières	41
1.2.1. Proportion de pièges contenant des insectes et autres Arthropodes.....	41
1.2.2. Nombre moyen d'insectes présents dans les pièges en fonction des types de barrières et en fonction de la position des pièges dans les barrières.....	43
1.2.2.1. Nombre moyen d'insectes présents dans les pièges en fonction des types de barrières ...	43
1.2.2.2. Nombre moyen d'insectes en fonction de la position des pièges fosses.....	43
2.Discussion	45
CONCLUSION.....	48
PERSPECTIVES.....	48
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	50
ANNEXES.....	54
.....	

LISTE DES ABRÉVIATION

BSV	: <i>Banana streak virus</i>
BCEAO	:Banque Centrale Des Etats De l’Afrique De l’Ouest
CMBV	: <i>Citrus mosaic bacilliform virus</i>
Coléop	:Coléoptères
CSSV	:Cocoa Swollen shoot virus
DBV	:Dioscorea bacilliform virus
Ext	:Extérieur
FAO	:Organisation des Nations Unies pour l’alimentation et l’agriculture
<i>F.njalensis</i>	: <i>Formicococcus njalensis</i>
<i>F.virgata</i>	: <i>Ferrisia virgata</i>
ICCO	:Organisation International du cacao
Int	:Intérieur
Mil	:Milieu
NC	:Norbert carrefour
NONIDENT	:Espèces non identifiées
PB	:Petit Bondoukou
<i>P.citri</i>	: <i>Planococcus citri</i>
<i>P.longispinus</i>	: <i>Pseudococcus longispinus</i>
Préd	:Prédateur
SCBV	: <i>Sugarcane bacilliform virus</i>
TaBV	: <i>Taro bacilliform virus</i> :

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Plant de cacaoyer (Kébé, 2005).....	5
Figure 2 : Zones de productions de cacao en Côte d'Ivoire	7
Figure 3 : Insectes ravageurs du cacaoyer (www.Cabi.org/www.nzdl.org)	9
Figure 4 : Prévalence de la maladie du swollen shoot en 2008(A) et 2016(B) (Aka et al, 2020)	12
Figure 5 : Symptômes de la maladie du Swollen shoot (Babin, 2018)	15
Figure 6 : Fourmis (Crématogaster) associées aux cochenilles vectrices du Swollen shoot sur cacaoyer.....	18
Figure 7 : Carte de localisation de la zone d'étude	21
Figure 8 : Matériel biologiques	25
Figure 9 : Matériel techniques.....	26
Figure 10 : Dispositif Expérimental d'une parcelle d'étude	28
Figure 11 : Proportion des différentes espèces de cochenilles farineuses infestant des parcelles de cacao sur le site de Petit Bondoukou.....	33
Figure 12 : Proportion des cochenilles farineuses infestant les parcelles de cacao sur le site de Norbert carrefour.....	33
Figure 13 : Taux d'infestation des cacaoyers par les cochenilles farineuses pour chaque site en fonction des barrières (février 2021).....	35
Figure 14 : Taux d'infestation des cacaoyers par les cochenilles farineuses pour chaque site en fonction des barrières (mars 2021).....	35
Figure 15 : Taux d'infestation des cacaoyers par les cochenilles farineuses en fonction des variétés (clone et hybride).....	37
Figure 16 : Taux d'infestation des barrières végétales par les cochenilles farineuses.....	37
Figure 17 : Carte de distribution de présence-absence des cochenilles farineuses dans une parcelle de cacaoyers témoin (sans barrière).....	39
Figure 18 : Carte de distribution de présence - absence des cochenilles farineuses dans une parcelle de cacaoyer entourée de barrières d'acacia	39
Figure 19 : Carte de distribution de présence - absence des cochenilles farineuses dans une parcelle de cacaoyer entourée de barrières de caféiers.....	40
Figure 20 : Proportion de pièges contenant les différents groupes d'insectes	42
Figure 21 : Proportion du groupe de prédateurs présent dans les pièges fosses	42

Figure 22 : Nombre moyen d'insectes présent dans les pièges fosses en fonction des barrières..44
Figure 23 : Nombre moyen d'insectes en fonction de la position et du type de barrière.....44

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Le cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) est une plante pérenne tropicale de la famille des Malvaceae (**Motamayor et al., 2002**). Sa culture a été importée pour la première fois à Sao Tome (Guinée Equatoriale) dans les années 1820, puis au Ghana en 1880 (**Oro, 2011**). Le cultivar Amelonado constitue la variété majoritairement présente en Afrique (**Thresh et al., 1988**). Les plantations de cacao sont pour la plupart faites entièrement avec du matériel végétal rudimentaire et de l'Amelonado en Côte d'Ivoire. Cependant l'Amelonado est connu pour être la variété la plus sensible à la maladie du *Swollen shoot* (**Adu-Ampomah et al., 2002**). Cette culture importante à l'échelle mondiale, fait vivre 14 millions de personnes en Afrique de l'Ouest, notamment au Ghana, au Togo, au Nigéria et en Côte d'Ivoire, qui produisent à eux seuls 70 % de la production mondiale (**ICCO, 2006**). La Côte d'Ivoire est le premier fournisseur mondial de fèves de cacao avec environ 1 964 000 tonnes en 2018 (**ICCO, 2018**). Selon la BCEAO (2014), le cacao représente 15 à 20 % du PIB (produit intérieur brut) de ce pays, plus de 45 % des recettes d'exportation. Il emploie près de 600 000 agriculteurs et fait vivre environ 6 millions de personnes. La culture du cacao est cependant confrontée à plusieurs contraintes provoquant un impact sur l'économie ivoirienne. Parmi ces contraintes figure la maladie du *Cocoa Swollen shoot virus* (CSSV). C'est une maladie virale découverte pour la première fois au Ghana en 1936, avec des conséquences économiques importantes estimées à 30 à 40% de pertes de récolte (**Aka et al., 2020**).

L'analyse épidémiologique de la maladie du *swollen shoot* dans les exploitations de cacao de Côte d'Ivoire de 2008 à 2016 donne un aperçu de la répartition de la maladie dans le verger. Par exemple, des études sur l'incidence de la maladie montrent que 16 localités dans quatre régions de culture du cacao (Moronou, Iffou, Agneby-Tiassa, Gontougo) ont été déclarées infectées par le CSSV en 2015 et sont en danger en raison de la présence de certaines espèces de cochenilles, qui sont connues pour être très prolifiques et présentes dans la plupart des régions productrices de cacao (**Kouakou et al., 2014**). De 1946 à 1960, la maladie était connue dans les régions d'Abengourou, Agnibilékrou, Aboisso, Daloa, Duékoué et Guitry (**Aka et al., 2020**). La maladie est maintenant présente presque partout dans les régions productrices de cacao. Cette progression serait due au fait que le virus peut avoir émergé et s'être propagé au cacao à partir de quelques espèces d'arbres forestiers très répandus, comme les espèces de la famille des Malvaceae (**Attafuah, 1965**). L'expansion rapide de la maladie est aussi attribuée au fait qu'en Côte d'Ivoire, le cacaoyer est principalement cultivé

en monoculture (Assiri et al., 2009). Aussi le vieillissement des vergers dont 30% ont environ 25ans et 80% ont plus de 15 ans selon l'agence Ecofin (2014) ; sans toutefois oublier les vecteurs responsables de cette maladie qui sont les Pseudococcidae (Cochenilles farineuses). Ces vecteurs de la maladie tels que *Ferrisia virgata* (Cockerell, 1893), *Planococcus citri* (Risso, 1830), *Formicococcus njalensis* (Laing, 1929) et *Pseudococcus longispinus* (Mckenzie, 1967) ne sont pas contrôlés par les produits chimiques insecticides. L'utilisation des plantes barrières est une méthode de lutte qui a montré une certaine efficacité au Ghana pour faire face à la progression de la maladie, car il semble qu'elle limite la vexion du virus en perturbant la dispersion des cochenilles vectrices.

Pour vérifier cette hypothèse, nous nous sommes posés la question suivante :

Certaines plantes pourraient-elles être utilisées comme barrières pour freiner la propagation des cochenilles farineuses vectrices de la maladie du *Cocoa Swollen* ?

Pour répondre à cette question la présente étude a été conduite. Elle a pour objectif général est l'influence des plantes barrières sur la présence des cochenilles vectrices de la maladie du *Cocoa Swollen shoot virus*. Spécifiquement, il s'agit de :

- Evaluer l'impact des barrières végétales sur la distribution spatiale des cochenilles vectrices de la maladie du *Cocoa Swollen shoot virus* (CSSV) ;
- Caractériser l'entomofaune lié au *Swollen shoot* à la surface du sol dans les barrières végétales.

Ce travail comporte trois chapitres : le premier chapitre présente la revue bibliographique sur la culture de cacao et la maladie du *Swollen shoot*. Le deuxième chapitre est consacré au matériel et aux méthodes utilisées pour la réalisation de cette étude. Le troisième chapitre présente les résultats qui sont discutés. La conclusion avec des perspectives vont clore ce travail.

CHAPITRE I :
REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Généralité sur le cacaoyer

1.1. Origine et aire de répartition

La culture du cacao a été introduite en Amérique centrale (Soconusco) et du Sud. Cette culture était également présente dans le bassin Orénoque où naturellement elle pousse à une altitude de 200 à 400 m, au pied de la cordillère des Andes (**Motamayor, 2002**). En outre les fèves de cacao servaient d'ingrédient pour faire une boisson amère, le Xocoalt, aimés par les bourgeois et de monnaie pour les Autochtones Mayas et Aztèques à l'époque précolombienne (**Thompson, 1956**). L'essor du secteur chocolatier actuel fut possible grâce à l'invention de la presse hydraulique en 1828 pour extraire le beurre de cacao suivi de la mise en place de la fabrication du chocolat solide au lait par les suisses en 1879. Apparue en Afrique de l'Ouest plus précisément au Ghana dès 1871, dans la région hollandaise, la culture du cacao s'y développa après 1879, grâce aux exportations vers l'Angleterre. De 1900 à 1908, les exportations du Ghana passent de moins de 1000 à 20000 tonnes puis double en deux ans pour atteindre 40000 tonnes en 1912. Le Ghana devient premier producteur jusqu'en 1978. Il a été introduit en Côte d'Ivoire en 1888, dans la région Est du pays (**Kouakou et al., 2012**). Après des débuts difficiles, la cacao culture a connu une expansion très rapide. La Côte d'Ivoire devient le premier producteur mondial de cacao depuis 1978 après la baisse de la production de cette culture au Ghana.

Le cacao est constitué de plusieurs variétés dont le criollo, le trinitario et le Forastero. La répartition variétale dépend des continents, à cause de l'adaptation du matériel végétal aux parasites et aux ravageurs de cultures (**Oro, 2011**). Les criollos et les trinitarios sont cultivés en Amérique centrale et en Amérique latine. Les Forasteros dont l'Amelonado sont cultivés en Afrique de l'Ouest à cause de la vigueur des arbres et de leur résistance aux maladies (**Tresh et al., 1988**). A l'époque précolombienne la culture du cacao était largement répandue parmi les indiens Mayas de l'Amérique centrale (**Oro, 2011**). Au début du 20^{ème} siècle commence une série d'introduction de la cacao culture par les Anglais au Sri Lanka à partir de Trinidad, par les Hollandais à Java et par les Allemands en Papouasie – Nouvelle -Guinée à partir de plusieurs régions d'Amérique (**Oro, 2011**). C'est à partir de la région de Bahia que le cacao a pris la direction de l'Afrique de l'Ouest où d'importantes plantations ont été créées au 19^{ème} et au 20^{ème} siècle notamment au Cameroun,

au Ghana , au Nigéria et en Côte d'Ivoire. La majorité des surfaces occupées aujourd'hui par la cacao-culture dans le monde est détenue par les petits planteurs (**Oro, 2011**).

1.2. Morphologie du cacaoyer

Le cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) est une espèce diploïde issue de la famille des Malvacées. C'est une plante qui mesure à l'état sauvage 12 à 15 mètres de haut, mais pour faciliter la récolte lorsqu'il est cultivé sa taille est maintenue entre 4 et 7 mètres (**Braudeau, 1969**).

La partie aérienne du cacaoyer est constituée de feuilles, de branches, de la tige et des fruits (**Figure 1**). Les feuilles mesurent de 20 à 30 cm de long pour une largeur de 7 à 12 cm.

Le tronc généralement droit avec une écorce peu épaisse de couleur brun grisâtre et un diamètre de l'ordre de 20 cm ou plus présente en son extrémité l'aspect caractéristique d'un massif de 5 bourgeons axillaires (**Enriquez, 1985**). Les inflorescences sont portées sur le tronc (cauliflorie) ou sur les branches mâtresses (ramiflore). La fleur de cacaoyer est de petite taille avec un diamètre variant de 0,5 à 1 cm et supportée par un pédoncule de 1 à 3 cm. Hermaphrodite, régulière et pentamère, elle se compose 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, 2002**).

1.3. Ecologie et physiologie du cacaoyer

Le climat intervient directement sur la croissance et le développement du cacaoyer. Les principaux facteurs climatiques agissant sur le cacaoyer sont la température, la pluviométrie, l'humidité atmosphérique et la lumière (**Mossu, 1990**). Le cacaoyer exige une température relativement élevée avec une moyenne annuelle comprise entre 21 et 32°C. La pluviométrie influence significativement le rendement annuel des cacaoyers car ceux-ci sont très sensibles à une déficience hydrique. Les pluies doivent être abondantes mais surtout bien réparties tout au long de l'année. La pluviométrie favorable est généralement comprise entre 1200 et 2000 mm de pluie par an. La culture du cacaoyer nécessite une humidité relative élevée et un ombrage provisoire relativement dense ne laissant traverser que 50 % de la lumière (**Kouakou, 2014**).



Figure 1 Plant de cacaoyer (Kébé, 2005)

A : Feuilles

B : Cabosses

C : Tronc

D : Coussinets floraux

E : Graines

1.4. Principaux pays producteurs du cacao et zones de production cacaoyère en Côte d'Ivoire

Les principaux pays producteurs du cacao sont la Côte d'Ivoire, le Ghana, l'Indonésie, le Nigéria, le Brésil (**Zamblé, 2015**). Selon Zamblé 2015, la Côte d'Ivoire et le Ghana représentaient à eux seuls pour la campagne 2011-2012, 57% de la production mondiale. L'Indonésie quant à lui a fourni 11% de la production mondiale pour cette campagne.

Selon le ministère de l'Agriculture, la culture du cacao est concentrée dans les zones suivantes (**Kouamé, 2012**) : la région du Bas Sassandra avec 42 % de la production nationale, est la première zone de production du cacao dans le pays. La région du Sud Bandama avec 12% de la production nationale ; est la deuxième zone de production du cacao. La région du Haut Sassandra avec 9 % de la production nationale, est la troisième zone de production du cacao. La région du Fromager, avec 8% de la production nationale, est la quatrième zone de production de cette culture. Enfin la région du Moyen Cavally, avec 7% de la production nationale, est la cinquième zone de production du cacao. Cette production se fait essentiellement sur de petites exploitations agricoles de moins de 5 hectares qui ont un rendement par hectares d'environ 400 à 500 kg /ha (**Kouamé, 2012**). En 2011, 2 495 110 hectares de la moitié sud du pays fournissent l'espace nécessaire pour la pratique de la culture du cacao (**Zamblé, 2015**) (**Figure 2**).

1.5. Importance socio-économique du cacao en Côte d'Ivoire

La Côte d'Ivoire est le premier pays exportateur de cacao. Il fournit 32 % de la production mondiale ce qui représente 165000 tonnes en 2012 selon la FAO (2014). Elle détient cette place depuis plus d'un quart de siècle avec une production croissante. Cette production est remarquable quand on sait qu'avant 1975, elle n'était que de 15 % (**Zamblé, 2015**). Elle génère 35 % des recettes totales d'exportation (**Kouamé, 2012**) et occupe 40 % des activités du secteur bancaire du pays (**Zamblé, 2015**). Le Ghana fournit quant à lui 25 % de la production mondiale ce qui fait de lui deuxième pays exportateur.

1.6. Ennemis naturels du Cacaoyer

De manière générale, les ennemis naturels varient en fonction de la situation géographique et des conditions environnementales. Il est cependant très important de les connaître afin de prévenir ou de limiter les dégâts qu'ils occasionnent.

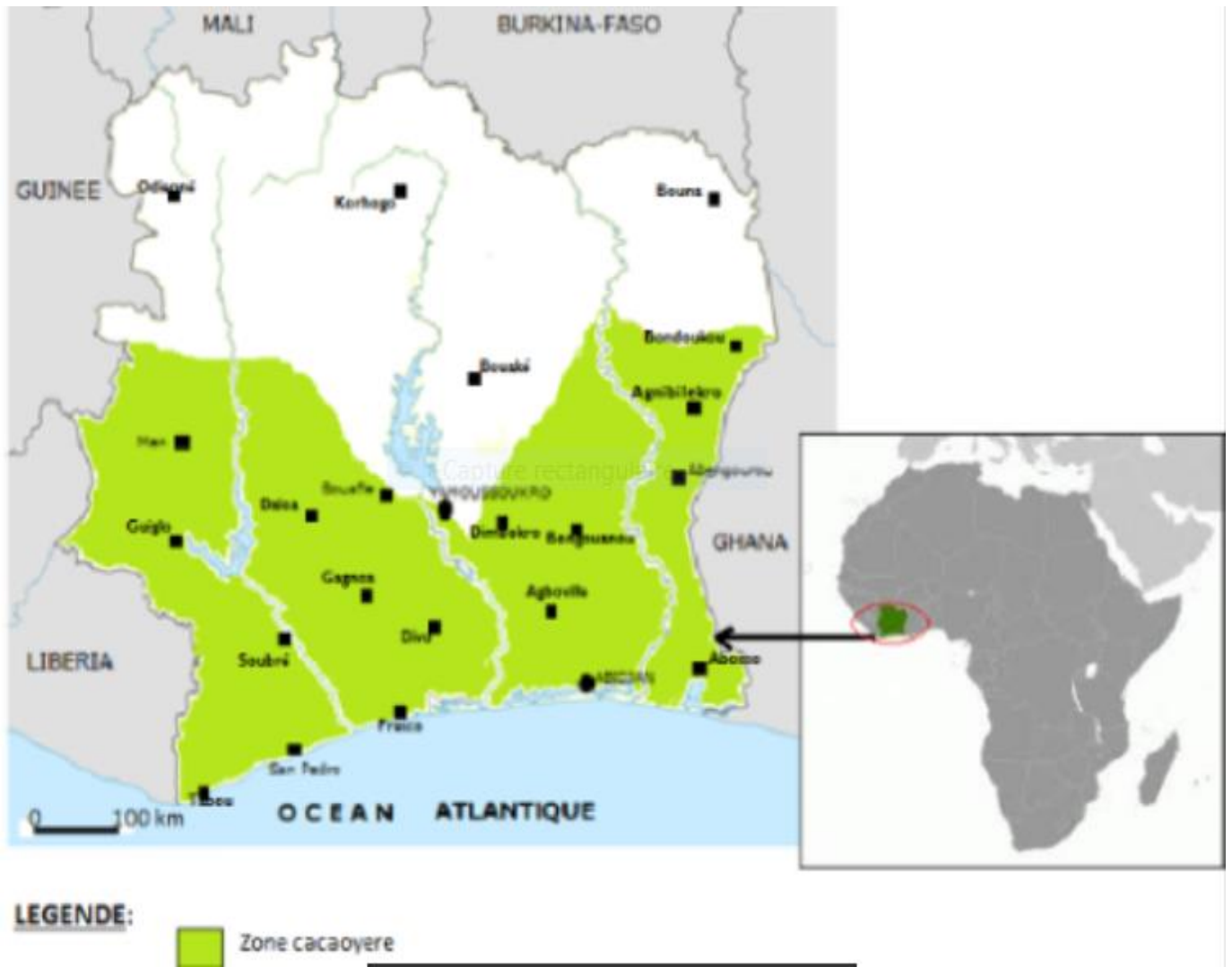


Figure 2 : Zones de productions de cacao en Côte d'Ivoire

1.6.1. Insectes ravageurs du cacaoyer

Ce sont pour l'essentiel des insectes piqueurs-suceurs de la famille des mirides qui sont répartis en deux principaux groupes, les *Helopeltis bergrothi* (**Figure 3A**) et les *Sahlbergella singularis* (**Figure 3B**). Les dégâts primaires causés par ces insectes résultent de l'action de la piqûre sur les rameaux et les fruits. La salive injectée intoxique et détruit les cellules végétales du cacaoyer. Les feuilles brunissent et demeurent attachés aux rameaux. Toutefois, la plus grande part des pertes de production dues à ces mirides provient des attaques sur les rameaux et les branchettes (**Babin, 2009**). Au niveau biologique, l'œuf est inséré dans les tissus tendres des rameaux et l'incubation dure 10 à 15 jours pour la plupart des espèces. Chaque piqûre de ces insectes se traduit par une tache allongée sur les petites branches ou des taches plus ou moins rondes sur les cabosses. En plus de ses insectes, il existe des foreurs de tige (*Eulophonotus myrmeleon*) (**Figure 3C**), des chenilles phyllophages (*Achaea catocaloides*) (**Figure 3D**) et des foreuses de cabosses (*Conopomorpha cramerella*) (**Figure 3E**) causant des dégâts dans les plantations de cacao.

Les Psylles du cacaoyer sont aussi des insectes piqueurs-suceurs ravageurs du cacaoyer. Ils sont de petite taille et ressemblent à une cigale. Ils sont de couleur verdâtre parfois brunâtre. Les larves de ces insectes sécrètent une matière cireuse cotonneuse fixée près des nervures à la partie inférieure des feuilles (**Figure 3F**).

1.6.2. Quelques maladies du cacaoyer

Le cacaoyer est confronté à plusieurs maladies dont la pourriture brune. Cette maladie commence par une petite tache marron-chocolat sur les cabosses. Un Oomycète du genre *Phytophthora* est l'agent responsable de la maladie et provoque des dégâts pouvant s'élever à 90 ou 100% de perte de la production en fonction de la souche pathogène, du génotype, des zones de culture et des conditions environnementales (**Iwaro et al., 1997**). Plusieurs espèces de *Phytophthora* ont été identifiées parmi lesquelles quatre : *Phytophthora palmivora*, *Phytophthora capsici*, *Phytophthora megakarya*, *Phytophthora cytophthora* affectent le cacaoyer (**Solorzano, 2007**). Mais l'espèce la plus répandue est *Phytophthora palmivora* (**Thevenin et al., 2012**). Certaines maladies comme le balai de sorcière sont provoquées par le champignon *Melampsorella caryophyllacearum*. La moniliose ou pourriture glaciale est causée par un champignon, *Moniliophthora perniciosa* (**Meinhardt et al., 2008**). Ce champignon attaque les cabosses et après une période d'incubation de 40 à 60 jours, des taches brunes apparaissent.

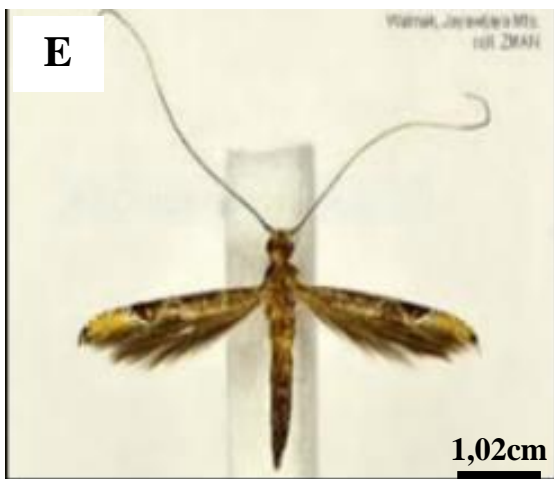
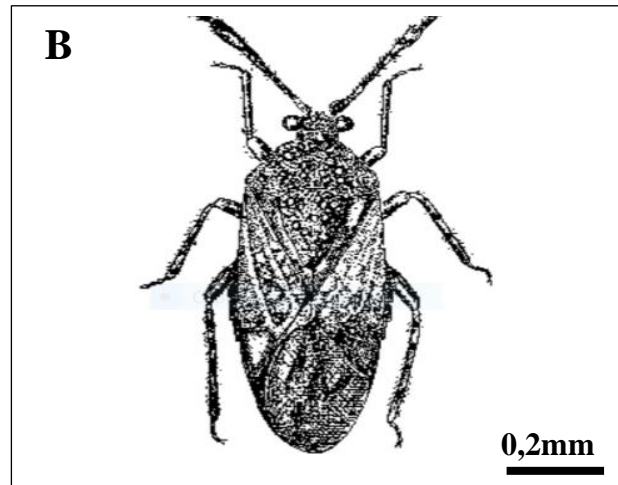


Figure 3 : Insectes ravageurs du cacaoyer (www.Cabi.org/www.nzdl.org)

A : *Helopeltis bergrothi*, **B :** *Sahlbergella singularis*, **C :** *Eulophonotus myrmeleon*, **D :** *Archaea catacaloides*,
E : (*Conopomorpha cramerella*), **F :** *Cacopsylla fulguralis*

2. Maladie du *swollen shoot* du cacaoyer

2.1. Origine et aire de répartition

Le virus du *Swollen shoot* a été découvert pour la première fois au Ghana en 1922 sur les jeunes cacaoyers de 15 ans (Oro, 2011), identifié en 1936 (Oro, 2011) et assimilé au Die-Back (Ollenu *et al.*, 1989). L'origine virale de l'agent pathogène a été démontrée par Posnette (1942). Ainsi en Afrique de l'Ouest, il fut caractérisé, notamment au Ghana, au Togo et en Côte d'Ivoire (Oro, 2011) et ensuite au Nigéria près d'Ibadan (Oro, 2011), en Sierra Leone, au Libéria (Oro, 2011).

L'apparition de la maladie du *Swollen shoot* au Ghana a provoqué une baisse de la production de cacao ce qui a fait passer le pays du premier au troisième rang des pays producteurs mondiaux entre 1976 et 1977 (Bastide *et al.*, 2007). C'est à Sankadiokro et à Kongodia dans le Sud-Est de la Côte d'Ivoire, à la frontière avec le Ghana que la maladie a été reconnue pour la première fois en 1942. Cette maladie qui était auparavant confinée dans ces zones s'est propagée rapidement depuis 2005 dans les nouvelles zones cacaoyères (Issia, Bouaflé, Sinfra) qui sont géographiquement situées à plus de 500 kilomètres des anciens foyers d'infection (Kébé *et al.*, 2005).

2.2. Description et transmission du virus

Le virus de la maladie du *Swollen shoot* (CSSV) appartient à la famille des Caulimoviridae, et au groupe des Badnavirus, et est caractérisé par des particules bacilliformes (Oro, 2011). Le groupe des Badnavirus contient de nombreux autres virus affectant les plantes de la région que sont le Banana streak virus (BSV), le Sugarcane bacilliform virus (SCBV), le Dioscorea bacilliform virus (DBV) (Oro, 2011) le Citrus mosaic bacilliform virus (CMBV) (Huang *et al.*, 2001) et le Taro bacilliform virus (TaBV).

La transmission du virus *Cocoa swollen shoot virus* d'une plante malade à une plante saine se fait par les cochenilles farineuses (Oro, 2011) de la famille des Pseudococcidae et de manière semi persistante. Les autres moyens de transmission sont le greffage (Oro, 2011). Des études récentes de Quainooa (2008) ont montré la possibilité d'une transmission de la maladie par la graine, mais les résultats n'ont finalement pas été confirmés.

2.3. Évolution de la maladie du *Swollen shoot* en Côte d'Ivoire

Une étude comparative réalisée de 2008 à 2016 par des agents de vulgarisation de l'ANADER (Agence Nationale d'Appui au Développement Rural) sur l'inventaire des exploitations infectées par la CSSV, a couvert 24 régions (Aka *et al.*, 2020). Ces régions réparties en 111 localités, 3 779 villages, 339 633 agriculteurs et 440 180 exploitations de cacao, montre que le *Swollen shoot* était présent dans 19 régions sur les 24 et 83 départements avec 40 680 exploitations infectées.

La première phase qui s'est déroulée de 2008 à 2012 montre que la prévalence de la maladie était de 16,37 %. Elle montre que 16 régions étaient sous les 10 % d'infection et 3 régions (Haut-Sassandra, Gbôklé et Marahoué) étaient à hauteur de 30 % d'infection (**Figure 4A**).

La deuxième phase de l'enquête qui s'est déroulée de 2013 à 2016, montre que la prévalence de la maladie était de 19,51 %. Cette enquête met en évidence une forte progression de la maladie dans le verger, avec 7 734 nouvelles exploitations infectées dans 111 localités réparties dans 23 régions et montre que 18 régions ont enregistré moins de 10 % d'infection, dont trois régions (Lac, N'zi et Bélier) avaient un taux d'infection compris entre 10 et 25, et trois autres (Gbôklé, Haut-Sassandra et Marahoué) présentaient un taux d'infection allant jusqu'à 30 % (**Figure 4 B**).

Trois profils d'infection peuvent être envisagés au niveau national selon cette étude :

-les régions à faible taux d'infection, inférieur à 10 % : Agnéby-Tiassa, Béré, Iffou, Tonkpi, Grand-Pont, San-Pedro, Cavally, Moronou, Nawa, Yamoussoukro, Gôh, Mé, Sud-Comoé, Guémon, Worodougou, Lôh-Djiboua, Indénié-Djuablin et Gontougo ;

-les régions d'infection modérée entre 10 et 25 % : N'zi et Bélier ;

-les régions d'infection massive avec de plus 25% : Gboklé, Haut-Sassandra et Marahoué.

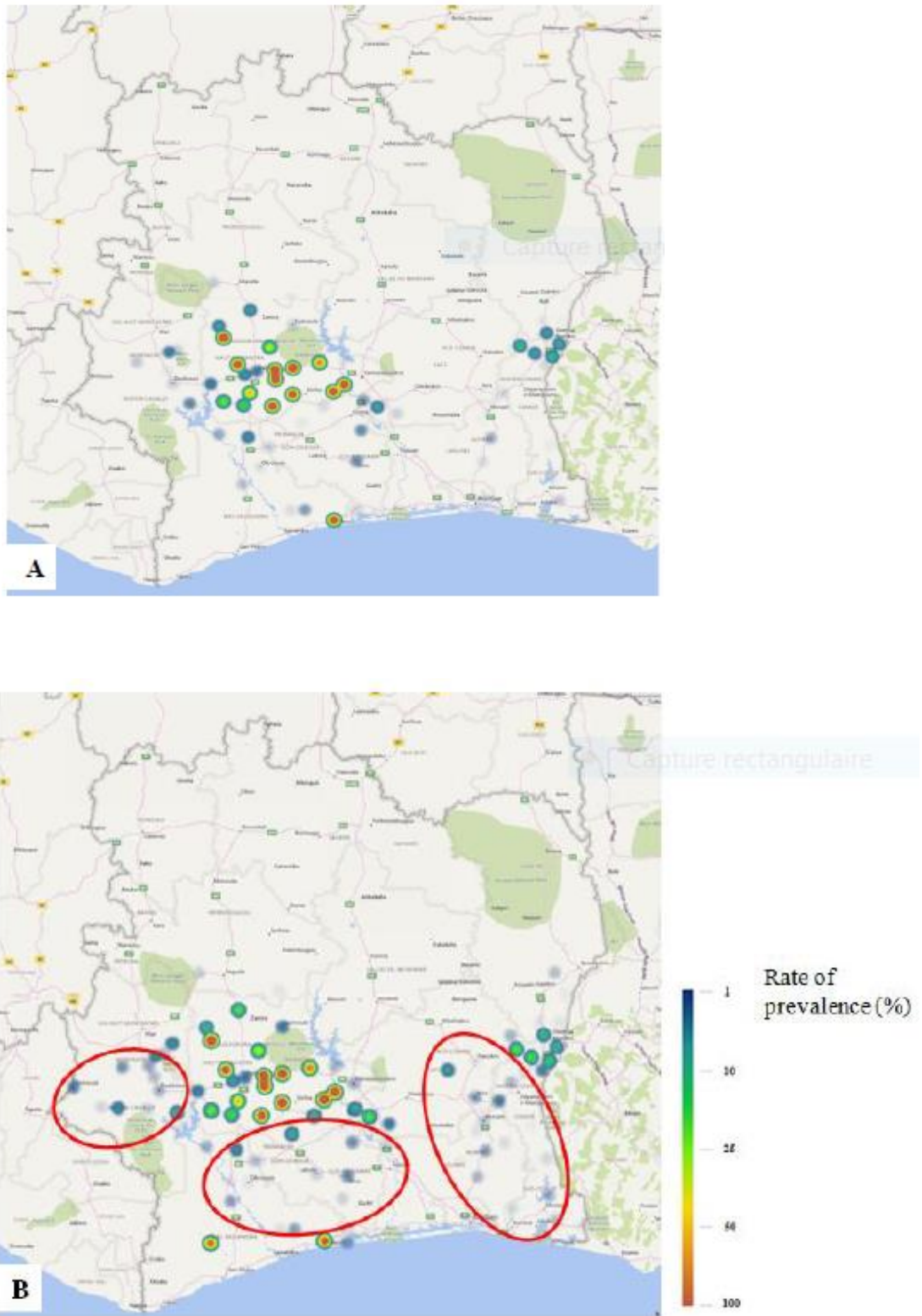


Figure 4 : Prévalence de la maladie du swollen shoot en 2008(A) et 2016(B) (Aka *et al*, 2020)

2.4. Modes de propagation du virus du *Swollen shoot*

2.4.1. Modes de dispersion

❖ Dispersion naturelle

La dispersion des cochenilles farineuses telle que de *Planococcus citri* peut être active ou passive (**Babin, 2018**). Les larves par exemple de premier stade, les crawlers, peuvent se déplacer rapidement sur des longues distances et passer d'une plante-hôte à l'autre, c'est la dispersion active. Ces larves peuvent également être transportées par le vent ou sur les pattes des oiseaux, c'est la dispersion passive.

La propagation de la maladie du *Swollen shoot* dans les plantations se fait selon deux voies principales : la transmission radiale et la transmission par saut (**Babin, 2018**). La transmission radiale se caractérise par le déplacement des larves de cochenilles au sol d'une branche à une autre. La transmission par saut se caractérise par le transport des cochenilles par le vent d'un arbre à un autre.

❖ Dispersion par l'homme

L'homme est un facteur essentiel dans la dispersion des cochenilles telles que les *P. citri* et l'activité humaine est sans doute responsable de la distribution géographique importante actuelle du ravageur. A l'échelle d'une plantation, le paysan peut transporter différents stades de la cochenille directement ou par les outils et machine agricole qu'il emploie. A plus grande échelle le transport de matériel végétal (fruits coupés, greffons, plantes en pot) est un facteur important de dispersion de l'insecte (**Gill et al., 2016**).

2.4.2. Distributions spatiales

La distribution des cochenilles dans une plantation de cacaoyers en générale peut être influencée par des communautés de fourmis. Certains d'entre elles entretiennent et défendent les colonies de cochenilles pour leur miellat et sont capables de les transporter sur de nouveaux sites d'alimentation. A côté de ces fourmis existent des fourmis arboricoles, dites dominantes, parce qu'elles occupent de larges zones des plantations en excluant la plupart des autres espèces. Les plus communes, *Oecophylla longinoda* et *Tetramorium aculeatum* sont des prédatrices qui n'entretiennent généralement pas les cochenilles farineuses. De manière indirecte, par leur

comportement de domination, ces fourmis influencent la distribution des cochenilles en détruisant les fourmis qui les entretiennent (**Babin, 2018**).

2.5. Symptômes de la maladie du *Swollen shoot* du cacaoyer

Les symptômes de la maladie du *Cocoa Swollen shoot* sont nombreux et se situent à plusieurs niveaux.

Sur les feuilles de cacaoyer atteint par la maladie du *Swollen shoot*, il y a des tâches sous forme de petits points sur le limbe et des marbrures sur les feuilles adultes. L'autre type de symptômes sur les feuilles se caractérise par des tâches translucides et circulaires à la fois sur les jeunes feuilles que sur les feuilles adultes (**Figure 5A et 5B**). Les symptômes sur les rejets de tiges ou de rameaux sont des gonflements qui peuvent être souvent spectaculaires en fonction du degré avancé de la maladie (**Figure 5C et 5D**). Les symptômes sur les cabosses sont des rabougrissements qui diminuent le poids marchand des fèves de cacao (**Figure 5E**) (**Oro, 2011**).

2.6. Conséquences de la maladie du *Swollen shoot*

Le virus de la maladie provoque des remarquables perturbations physiologiques sur le cacaoyer infesté (**Patriot, 1979**). Ces perturbations sont présentes à plusieurs niveaux :

Au niveau de la morphogénèse, le virus provoque un gonflement suivi de l'avortement de la racine pivotante, l'avortement de l'apex des rameaux et l'inhibition des fonctionnements du méristème terminal (**Patriot, 1979**).

Au niveau de la sporogénèse les grains de pollen et les ovules deviennent anormaux et stériles. Ils perdent leurs qualités fécondes (**Patriot, 1979**).

Parlant de nutrition, le CSSV déséquilibre le bilan hydrique et modifie le métabolisme des sucres. Cela favorise la sécheresse et le dépérissement des cacaoyers (**Patriot, 1979**).

Dans le cas de la photosynthèse le virus occasionne également une faible floraison, un faible taux de nouaison, un dessèchement physiologique très prononcés et une diminution rapide du nombre de cabosses (**Patriot, 1979**).

Toutes ces modifications ont des conséquences économiques allant 30 à 40% de pertes de récolte (**Aka et al., 2020**).

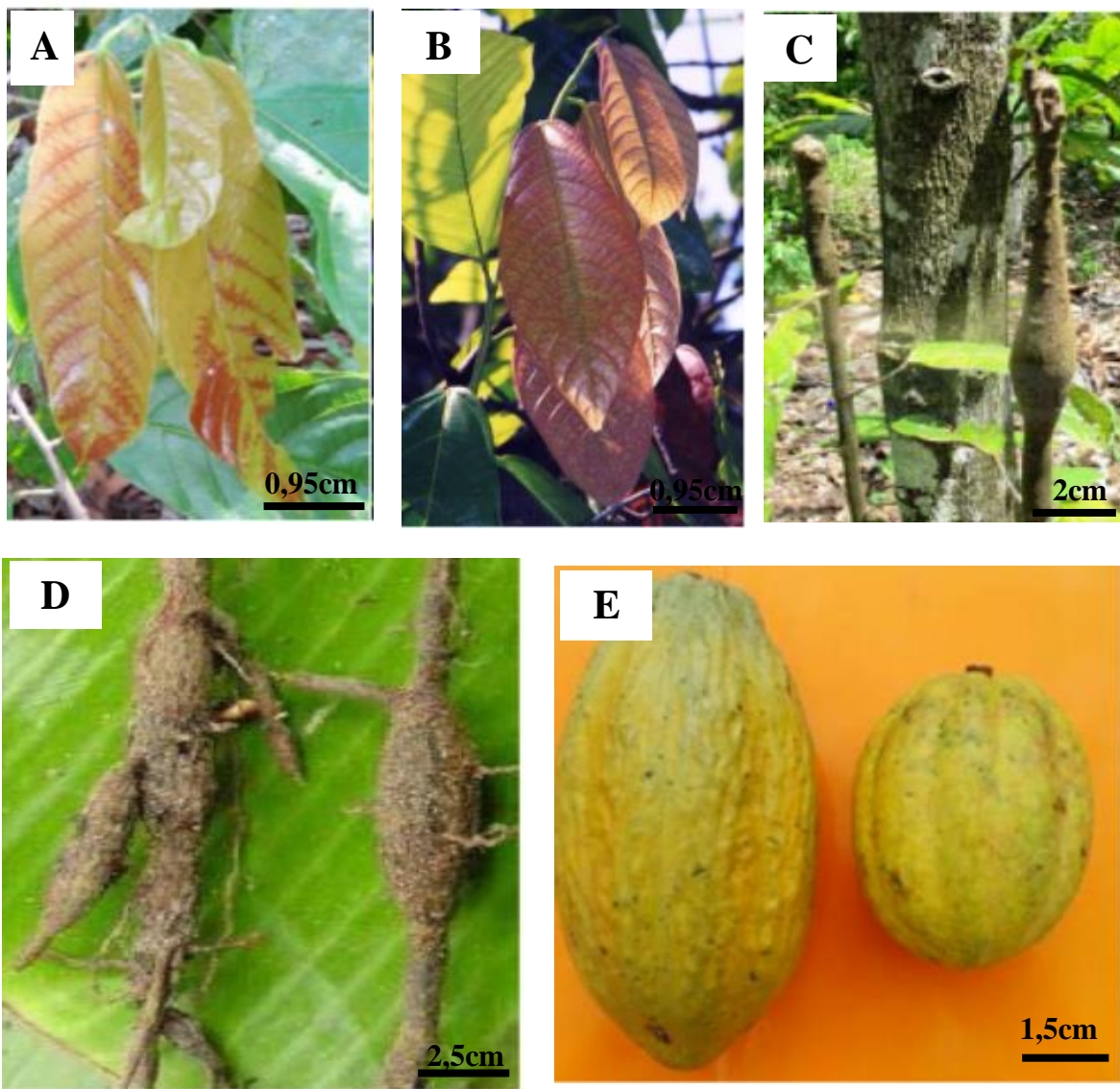


Figure 5 : Symptômes de la maladie du Swollen shoot (Babin, 2018)

A et **B** : Présence de couleur rouge sur des nervures et marbrures sur les jeunes feuilles, **C** : gonflement des gourmands, **D** : gonflement et atrophie des racines, **E** : cabosse arrondie et de taille réduite [planche réalisée à partir des photographies de Koffié Kouakou, CNRA (A, D, E), Emmanuelle Müller, Cirad (B) et Christian Cilas, Cirad (C)]

3. Vecteurs du *Cocoa Swollen shoot virus* et Méthode de lutte

3.1. Position taxonomique des cochenilles

Les cochenilles sont des insectes piqueurs-suceurs de l'ordre des Hémiptères, du sous-ordre des Sternorrhyncha, tout comme les pucerons ou les aleurodes. Elles s'attaquent à tous types d'organes végétaux et peuvent être localisées sur le tronc ou sur les fruits. Les cochenilles sont des ravageurs présents sous tous les climats, des zones paléarctiques jusqu'à l'équateur, et vivent dans une grande diversité d'habitats. Les cochenilles font toutes partie de la superfamille des Coccoidea, caractérisée par le fait qu'elles ont des tarsi formés d'un seul article. Elles sont représentées par un peu moins de 8.000 espèces réunies en 49 genres appartenant à 30 familles réparties sur l'ensemble des continents (**Ben-Dov et al., 2012**).

3.2. Bio écologie et comportement des vecteurs

Les cochenilles sont des insectes dont les larves et l'adulte femelle se nourrissent en prélevant la sève de la plante sur laquelle elles sont fixées. Cependant, le mâle adulte dépourvu de pièces buccales, ne se nourrit pas et ne vit qu'un ou deux jours sans causer de dégâts directs aux plantes. Chez ces insectes, le dimorphisme sexuel est marqué. Les mâles adultes mobiles ont un corps allongé, sont de petite taille, pourvus d'ailes, d'antennes et de pattes articulées. Les femelles adultes quant à elles ont un corps large et aplati et sont dépourvues d'ailes (**Babin, 2018**).

Plusieurs facteurs environnementaux dont la pluie, le relief et l'ombrage influencent la biologie et la mobilité des cochenilles. La pluie détermine le facteur le plus important dans la reproduction des cochenilles. L'espèce *Formicococcus njalensis* est plus abondante dans les cacaoyers en saison de pluie et moyennement abondante en saison sèche (**Oro, 2011**).

Entwistle (1972) rapporte que la période de développement larvaire entre l'éclosion de l'œuf et l'émergence de la femelle adulte est de 32 à 38 jours en Côte d'Ivoire et au Ghana. Sur cacao, la fécondité a été estimée à 150-200 œufs en Côte d'Ivoire et 200-250 au Ghana (**Entwistle, 1972**). Après fécondation des femelles, les mâles quittent la colonie et meurent par la suite (**Babin, 2018**). Les cochenilles ont une durée de vie de 66 à 105 jours et produisent 5 à 6 générations par an (**Entwistle, 1972**). L'état larvaire des cochenilles telle que *Planococcus citri* comprend trois stades chez les individus femelles, et deux stades larvaires ainsi qu'un stade pré-nymphal chez les individus mâles.

Certains genres de fourmis tels que *Oecophylla*, *Crematogaster*, *Pheidole* et *Camponotus* vivent en association avec les cochenilles et leur servent de protection contre les agents physiques (pluies rayonnement solaire) et contre les ennemis naturels en les élevant dans leur nid en terre (**Dufour, 1991**) à cause du miellat sucré sécrété par les cochenilles (**Figure 6**).

3.3. Méthodes de lutte contre les cochenilles vectrices de la maladie du *Swollen shoot*

La lutte contre les cochenilles farineuses de la maladie du *Swollen shoot* est basée essentiellement sur l'arrachage des cacaoyers infectés. Lorsque Posnette conclut que l'arrachage des cacaoyers infectés pouvait ralentir l'évolution de la maladie ; des campagnes officielles d'arrachage ont été lancées en 1946 dans tous les pays Ouest Africains touchés par cette maladie (**Kouakou, 2014**). Cependant que ce soit au Ghana, au Nigéria ou en Côte d'Ivoire les paysans se sont opposés vigoureusement à cette méthode qui d'ailleurs n'a permis de contenir la maladie. Ainsi, la stratégie de lutte a été revue au Ghana en 1985. On peut citer entre autres : la mise en place d'un cordon sanitaire entre la zone d'infection massive (AMI) et la zone d'infection Sporadique (ASO) ; la replantation de variétés ayant subi des modifications génétiques dans le cordon sanitaire ; la sélection du matériel végétal résistant et la Prémunition. Cette dernière méthode consiste à utiliser une souche bénigne de *Swollen shoot* pour contrecarrer l'attaque d'une souche virulente. La méthode de prémunition a été mise en évidence au Ghana (**Posnette et al., 1955**).

3.4. Symbiotes et prédateurs de cochenilles vectrices du *Swollen shoot*

Les insectes de l'ordre des hémiptères du sous ordre des Sternorrhyncha dont les cochenilles se nourrissent de sève. En effet, ces insectes ont pour particularité d'héberger obligatoirement en leur sein un endosymbiote dont ils dépendent. Cet endosymbiote est responsable de métabolites essentiels présents en faible quantité dans la sève (**Rollat, 2014**). Les partenaires symbiotiques principaux de ce sous ordre sont les bactéries, *Hamitonella defensa*.

Les prédateurs de cochenilles farineuses sont : Les chrysopes, seules les larves de ce groupe sont des prédateurs, elles s'attaquent aux pucerons et aux cochenilles farineuses (**Villenave-chasset, 2006**).

Les thrips prédateurs et les coccinelles telle que *Cryptolaemus montrouzier*. Ces derniers se nourrissent aux stades larvaires et adultes de cochenilles farineuses (**Tolle, 2018**).



Figure 6 : Fourmis (Crémato-gaster) associées aux cochenilles vectrices du Swollen shoot sur cacaoyer

4. Zone et sites d'études

Cette étude a été conduite de février à mars 2021 à Soubré, première zone de production de cacao en Côte d'Ivoire. Cette zone constituée de plusieurs villages dont les villages de Petit Bondoukou et Norbert carrefour qui sont les deux sites sur lesquels ont eu lieu la collecte des données (**Figure7**). Petit Bondoukou (6°38'W et 5°56 N) est situé à moins de 15 Km de Soubré et Norbert carrefour à 4 Km de la ville de Méagui. Sur chaque site se trouvent 6 parcelles, ce qui fait au total 12 parcelles prospectées.

4.1. Climat

Soubré est une ville du sud-ouest de la Côte-d'Ivoire dans l'ex-région du Bas Sassandra dont les coordonnées géographiques sont 5°47'08'' nord et 6°36'30''ouest. Son climat est de type subéquatorial et caractérisé par deux saisons pluvieuses qui se situent entre avril-juin et septembre-novembre et deux saisons sèches (juillet-août et décembre-mars). Durant toute l'année, la température moyenne à Soubré est de 26,1 °C et les précipitations sont en moyenne de 1069,4 mm; les précipitations varient de 119,9 mm entre le mois le plus sec et le mois le plus humide. La région de Soubré présente une humidité relative moyenne très élevée et qui atteint son maximum pendant les saisons pluvieuses, soit 90 %. Ces importants taux d'humidité donnent des températures généralement inférieures à 28°C (**Yao, 2009**).

L'amplitude des températures tout au long de l'année est de 2,9 °C. Le mois de février est le mois le plus chaud de l'année (27,5°C) et août le plus frais (24,6°C). Le mois de janvier est le moins pluvieux, avec une précipitation moyenne de 24mm et mai le plus pluvieux (143,9mm).

4.2. Végétation et sol

Cette région a une végétation marquée par la forêt sempervirente, dense et humide qui fait place aujourd'hui à des lambeaux de forêt et d'immenses plantations de cultures pérennes traditionnelles (**Yao, 2009**). Elle a un sol bien drainé par des pluies et des cours d'eau qui permet une activité anthropique liée à l'agriculture (**Ngo et al., 2012**). Le sol de Soubré est de ce fait propice à tous types de cultures vivrières et industrielles (**Yao, 2009**).

4.3. Critères de choix de la zone d'études et des sites

Depuis la campagne de commercialisation de café cacao 2012 -2013, Soubré est la première zone de production de cacao de la Côte d'Ivoire. En effet, il ressort du bilan du délégué régional que le département de Soubré a produit 202000 tonnes pour cette campagne. Cette place fait de Soubré, l'actuelle boucle cacaoyère de la Côte d'Ivoire. Bien vrai que Soubré est la boucle cacaoyère, la maladie du Swollen Shoot ne cesse de faire de grandes pertes économiques dans cette zone. Cette situation emmène L'état par l'intermédiaire du FIRCA à réaliser le projet Barco dont les travaux ont été dirigé par le Cirad. Dans le but d'évaluer l'efficacité de certaines plantes telles que les caféiers, les acacias, des parcelles ont été choisies sur les sites de Petit Bondoukou et Norbert carrefour. Ces sites sont des zones où la maladie fait d'énormes dégâts à Soubré. Ces parcelles ont donc contribué à la réalisation du projet " Cocoa 4 future " vu que les travaux du projet Barco l'intéressent.

Les parcelles qui ont servi à collecter les données sont les mêmes que celles du projet Barco. Ces parcelles sont des parcelles expérimentales situé dans des foyers de Swollen Shoot où la maladie est réellement présente en forte proportion.

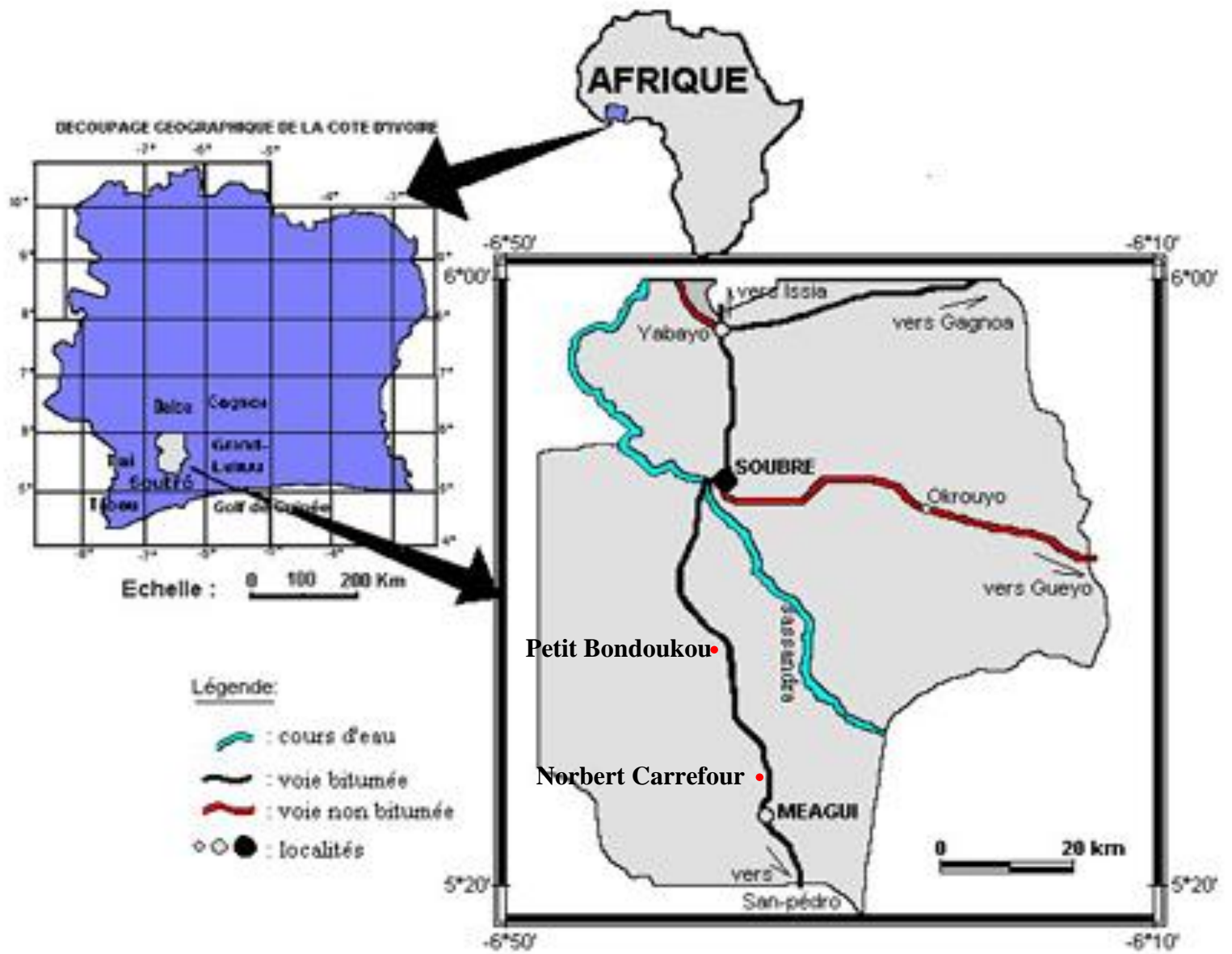


Figure 7 : Carte de localisation de la zone d'étude

CHAPITRE II :
MATÉRIEL ET MÉTHODES

CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Matériel

Le matériel est constitué de matériel biologique et de matériel technique.

1.1. Matériel Biologique

Le matériel biologique est constitué de matériel végétal et de matériel animal.

Le matériel végétal est composé de : cacaoyers clones, de cacaoyers hybrides et de plantes barrières. Les cacaoyers clones sont de petites tailles, avec un tronc plus proche du sol et plusieurs ramifications et les cacaoyers hybrides sont de tailles normales, avec un axe plagiotrope et 5 ramifications normalement (**Figure 8B**). Les plantes barrières sont l'acacia (*Acacia auriculiformis*) (**Figure 8C**) et le caféier (*Coffea canephora*) (**Froehner, 1897**) (**Figure 8A**).

Les positions systématiques de ces espèces végétales sont les suivantes :

Espèces végétales	Cacaoyer	Acacia	Caféier
Règne	Végétal	Plantae	Plantae
Embranchement	Spermaphytes	Magnoliophyta	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida	Magnoliopsida	Magnoliopsida
Ordre	Malvales	Fabales	Rubiales
Famille	Malvaceae	Fabaceae	Rubiaceae
Genre	Theobroma	Acacia	Coffea
Espèces	<i>Theobroma cacao</i>	<i>Acacia auriculiformis</i>	<i>Coffea canephora</i>

Le matériel animal est composé des cochenilles farineuses, des fourmis et des prédateurs dont la majorité sont les coléoptères prédateurs échantillonnés sur les parcelles expérimentales. Les positions systématiques de ces espèces animales sont les suivantes.

Espèces animales	Cochenilles farineuses
Règne	Animal
Embranchement	Arthropodes
Classe	Insectes

Ordre	Homoptères
Famille	Pseudococcidae

.2. Matériel Technique

Le matériel technique est constitué de matériel de piégeage, de collectes d'insectes, de tri, de conservation des échantillons et de matériel d'identification des échantillons.

1.2.1. Matériel de piégeage

Le matériel de piégeage est composé de bols transparents, assiettes jetables, pics à brochettes en bois, eau, sel de mer, savon liquide (**Figure 9A**). Tous ces accessoires ont permis de réaliser les pitfall ou pièges fosses pour la capture des insectes tels que les fourmis et quelques prédateurs (coléoptères prédateurs) (**Figure 9B**).

1.2.2. Matériel de collectes d'insectes

Le matériel de collectes était constitué de marqueurs de couleur pour marquer les boites, de piluliers, de pinces souples, et de pinceaux pour la collecte des fourmis et des cochenilles dans les cacaoyers et les barrières végétales. Pendant l'observation des cochenilles et des fourmis, qui consistait à noter la présence ou l'absence de ses derniers sur les cacaoyers. Une fiche d'enquête et un crayon ont été utilisés pour marquer l'absence ou non de cochenilles farineuses et des fourmis.

1.2.3. Matériel de tri, d'identification et de conservation des insectes

L'identification des cochenilles farineuses du cacao s'est faite sur la base de traits caractéristiques (**Tolle, 2018**). Les tamis ont été utilisés pour filtrer le contenu des pièges au champ avant le tri des insectes. Pour la conservation de ces insectes, l'alcool à 70°C, les piluliers, les boites de Pétri, les pinces souples ont été utilisés (**Figure 9C à 9E**).

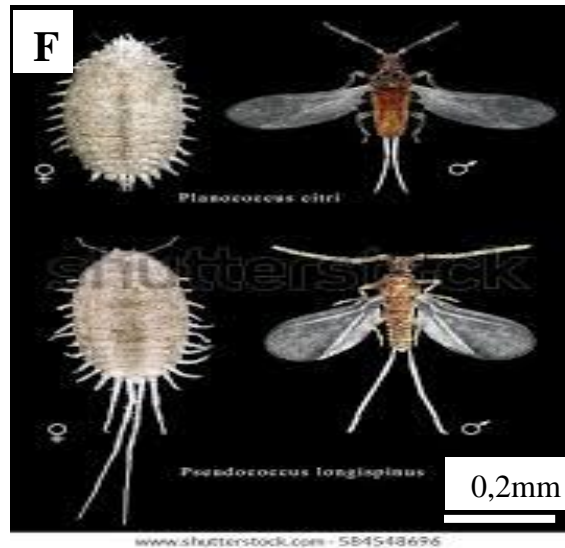
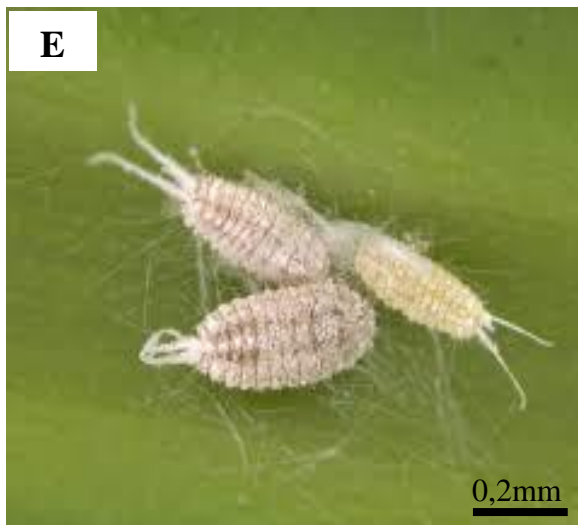
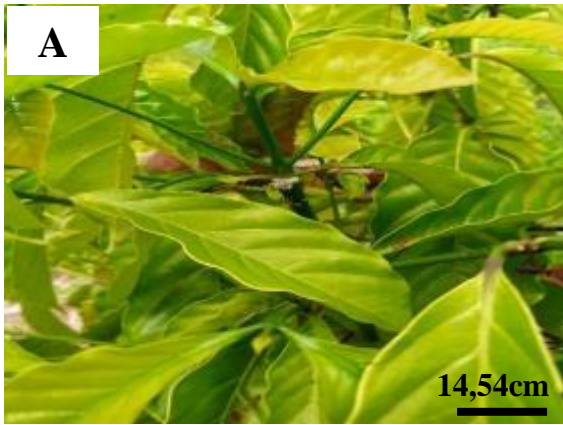


Figure 8 : Matériel biologiques

A : *Coffea canephora* ; **B :** *Theobroma cacao* (Hybride) ; **C :** *Acacia auriculiformis* ; **D :** *Formicococcus njalensis*(Babin, 2019) ; **E :** *Ferrisia virgata* ; **F :** *Planococcus citri* et *Pseudococcus longispinus*

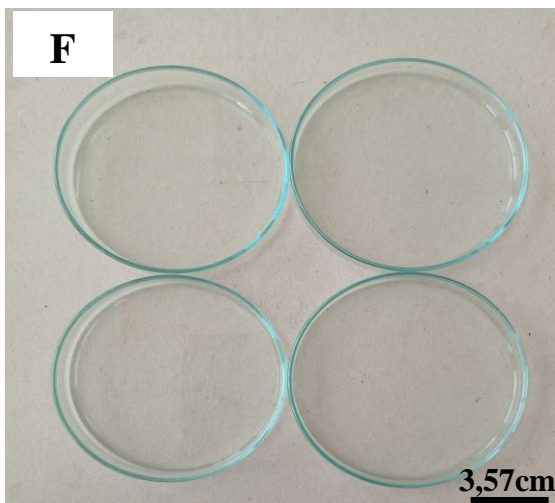


Figure 9 : Matériel techniques

A : matériel ayant servi à réaliser les pièges fosses ; **B** : pièges fosses ; **C** : tamis ; **D** : piluliers ; **F** : boîte de Pétri ; **G** : Pincettes souples

2. Méthodes

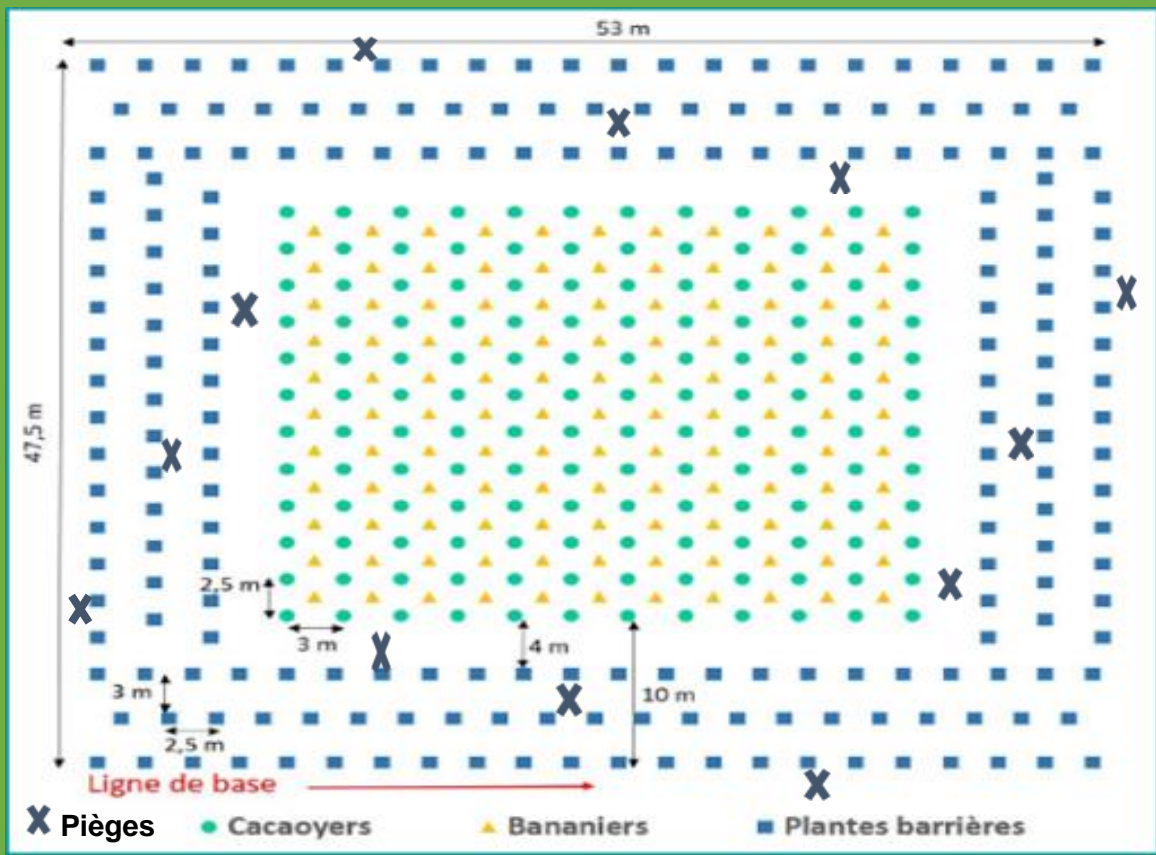
2.1. Dispositif Expérimental des parcelles.

Le dispositif de chaque parcelle a été installé dans un foyer de *Swollen shoot* à partir du 06 juin 2019, ce qui fait pratiquement 2 ans que les plants de cacaoyers existent. L'entretien de ces parcelles se fait par la taille des feuilles supplémentaires voir l'observation agronomique et le désherbage. L'observation agronomique est une technique qui consiste à enlever les feuilles et les tiges qui ne sont pas forcément nécessaire au développement de la plante ou qui pourront réduire la croissance de la plante. À côté de l'observation agronomique, on assiste à l'observation cochenille et fourmi par mois. Cette dernière pratique consiste à contrôler chaque mois la présence des cochenilles et des fourmis sur les cacaoyers et dans les barrières végétales qui entourent les parcelles. En effet, chaque parcelle est entourée de barrières végétales. En plus de ces parcelles, se trouvent des parcelles témoins où les plantes barrières ont été remplacées par des cacaoyers.

Le dispositif Expérimental se présente comme suit (**Figure 10**) :

d'abord en ce qui concerne les barrières, il y a 3 lignes dans chaque barrière et dans chaque ligne se trouve 12 arbres dont 10 sont considérés pour les observations nécessaires. A ce niveau la distance entre une ligne et une autre ligne est de 3 mètres. Entre un arbre et un autre arbre la distance est de 2,5 mètres. Ensuite, de la barrière à la première ligne des cacaoyers dans la parcelle, une distance de 4 mètres est observée. Enfin, dans la parcelle s'observe 12 lignes de cacaoyers, chaque ligne est composée de 12 arbres dont 4 entourent un bananier. La présence des bananiers dans la parcelle pourrait réduire l'influence de la lumière, donc permettre un peu d'ombrage pour le bien être des cacaoyers. Entre les lignes de cacaoyers se note 3 mètres et entre les cacaoyers, il y a 2,5 mètres.

Foyer de *Swollen Shoot*



Foyer de *Swollen Shoot*

Figure 10 : Dispositif Expérimental d'une parcelle d'étude

2. Technique de collecte des échantillons

Les observations ont eu lieu entre 8h et 14h de la journée et consistait à :

- Evaluer les communautés de cochenilles vectrices et les fourmis sur les cacaoyers et sur les haies d'acacia et de caféier ;

A ce niveau, il est question de marquer sur des fiches d'observation la présence ou l'absence des cochenilles et des fourmis sur les cacaoyers et dans les barrières d'acacia et de caféiers. Lors de l'observation, s'il y a 1 à 2 cochenilles ou fourmis sur les arbres, il est marqué (+), 3 à 4 cochenilles ou fourmis il est marqué (++) et s'il y a plus de 4 on note (+++). Pour ce travail, nous avons 12 parcelles. Sur chaque parcelle, il y a 144 plants de cacaoyer et 120 plantes barrières à prospecter. L'identification des cochenilles farineuses telles que *Formicococcus njalensis*, *Planococcus citri*, *Pseudococcus longispinus*, *Ferrisia virgata*, s'est faite en se servant de leurs traits morphologiques caractéristiques. Le document Innovation guide des cochenilles a permis d'avoir des informations sur la morphologie des cochenilles farineuses.

- Caractériser les mouvements de cochenilles, de fourmis et autres arthropodes à l'aide des pièges-fosses ou pitfall.

Les pièges-fosses sont des pièges, avec usage de pots en plastique de 10 cm de profondeur et de 10 cm de diamètre enterrés jusqu'au bord pour capturer les insectes qui se déplacent sur le sol (**Antoine, 2008**). Une parcelle comprend 4 barrières. Au niveau de chaque barrière il y a 3 pièges donc 12 par parcelles. Les 3 pièges sont disposés de telle sorte qu'il y a un piège à chaque position c'est-à-dire à l'extérieur des barrières, au milieu des barrières et à l'intérieur de la parcelle. Pendant l'échantillonnage, les piluliers sont marqués du nom du site, code de la parcelle, la date d'échantillonnage, numéro de l'arbre et de la ligne. Les pièges ont été installés entre 8h et 14h de la journée sur les deux sites. Sur les sites de Petit Bondoukou et de Norbert carrefour les pièges ont duré 5 jours et 3 jours respectivement à cause de certains paramètres tels que la décomposition des arthropodes dans les pièges fosses.

2.3. Technique de tri des échantillons au laboratoire

Le tri des échantillons au laboratoire est basé sur les insectes présents dans les pièges fosses uniquement. Ce tri s'est fait en tenant compte des groupes fonctionnels et du nombre d'insectes dans les boîtes qui servaient à les conserver une fois récupérée dans les pièges au champ. En effet

il s'agissait d'évaluer le nombre d'insectes dans chaque boîte par groupe fonctionnel. Le nombre d'insectes étaient marqués sur des fiches qui portaient les différents groupes fonctionnels.

2.4. Traitement de données

Le traitement de donnée s'est fait à l'aide des feuilles de calculs d'Excel 2016 où les données saisies sur des fiches y ont été reportées. Ensuite les données ont été transportés des feuilles de calcul vers les feuilles graphiques ce qui permet de construire des histogrammes.

Cette partie consistera à :

- Evaluer la proportion de chaque espèce de cochenilles dans les peuplements de cochenilles infestant les parcelles de cacao :

Pour chaque site c'est à dire Petit Bondoukou (PB) et Norbert Carrefour (NC) la proportion s'exprime comme suit :

Proportion de chaque espèce = (Nombre de cacaoyers infestés par un type d'espèce de cochenilles/Nombre total de cacaoyers infestés par les espèces de cochenilles) X100

- Déterminer le taux d'infestation (présence ou absence des cochenilles) sur le cacaoyer et sur les plantes barrières. Le taux d'infestation se fait de manières différentes :

Taux d'infestation = (Nombre de cacaoyers infestés /Nombre total de cacaoyers) X 100

En plus du taux d'infestation, la présence ou l'absence de cochenilles observées sur les cacaoyers a permis de tracer la carte de distribution des cochenilles. Les cartes de distribution ont permis d'avoir une idée de la répartition des cochenilles dans les parcelles de cacaoyers entourés de barrières végétales. Ces cartes ont été réalisées à l'aide du tableur Excel et du logiciel SPSS. En effet les coordonnées des parcelles ont été importés du logiciel Excel vers les logiciels SPSS ce qui permet de faire des cartes de distribution des parcelles choisies.

NB : Quelques cacaoyers morts dans les différentes parcelles prospectées n'ont pas été considérés dans les calculs ce qui peut faire varier le nombre total. Les cacaoyers ne sont pas morts de la maladie du *Swollen shoot*.

Le calcul du taux d'infestation dans les barrières par les cochenilles n'a pas pris en compte les barrières d'acacia vu qu'il n'y avait pas de cochenilles farineuses.

- ❑ Evaluer l'effectif de fourmis et de prédateurs sur les cacaoyers et les plantes barrières, au sol à l'intérieur et de part et d'autre des barrières. Cette étape se déroulera autour de trois points que sont :

- la proportion des pièges contenant les fourmis, les prédateurs ou aucun des deux

Exemple : Proportion des pièges contenant des fourmis = (nombre de pièges contenant fourmis dans les pièges/nombre total de pièges) X100

-le pourcentage de pièges ne contenant que des fourmis ou les coléoptères prédateurs

Exemple : Pourcentage de pièges contenant des fourmis= (nombre de pièges contenant des fourmis/140) X100

- Nombre moyen d'insectes présents par piège

Exemple : Nombre moyen de fourmis = (nombre de fourmis dans les pièges/nombre total de pièges)

140 Pièges sur 144 sont considérés à cause de certains paramètres tels que la présence de la pluie à la veille de la collecte qui ne laisse pratiquement rien dans les pièges.

CHAPITRE III :
RÉSULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSION

1. Résultats

1.1. Distribution spatiale des cochenilles vectrices du *Cocoa Swollen Shoot Virus* en fonction des sites, des barrières et des variétés de cacaoyer

1.1.1. Taux d'infestation des cacaoyers par les cochenilles farineuses

De façon générale, l'espèce *Formicococcus njalensis* est majoritaire sur les deux sites. Sur le site de Petit Bondoukou (**Figure11**), la proportion de cochenilles farineuses infestant les parcelles de cacao est 38% pour *F.njalensis*, 29% pour les espèces non identifiées, 19% pour *Ferrisia virgata*, 11% pour *P. citri* et 3% pour *P. longispinus*.

Sur le site de Norbert carrefour la proportion de cochenilles farineuses infestant le cacao est indiqué comme suit (**Figure12**) :

45% de *F. njalensis*, 19% *F.virgata* et des espèces de cochenilles non identifiées, 10% de *P.longispinus* et 7% de *P.citri* reconnu comme infestant les parcelles de cacao.

Formicococcus njalensis est l'espèce majoritaire sur les deux sites mais le site de Norbert carrefour renferme plus de cacaoyers infestés par *F. njalensis*.

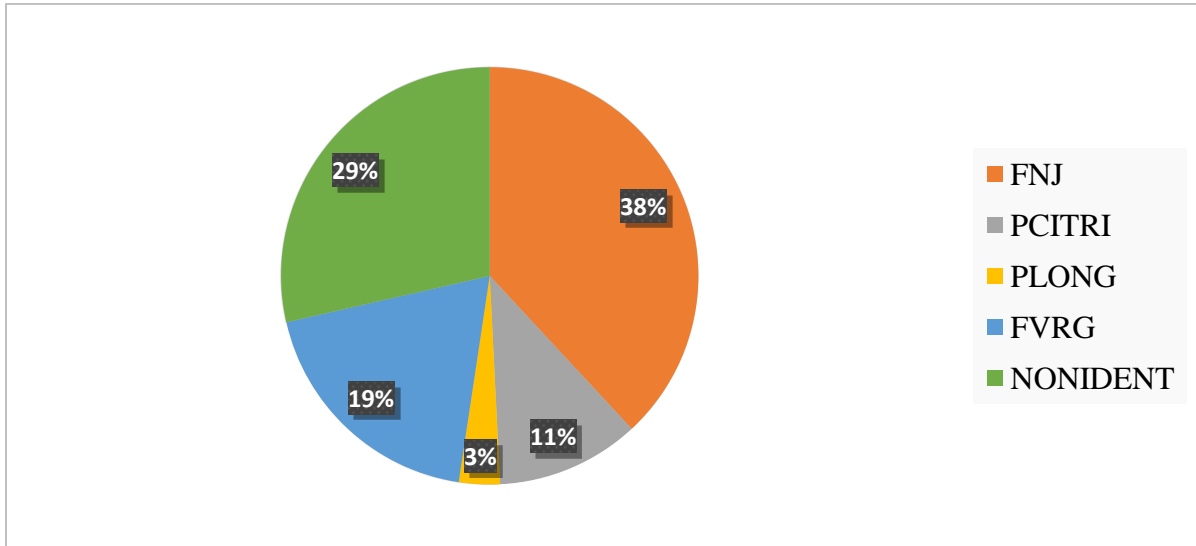


Figure 11 : Proportion des différentes espèces de cochenilles farineuses infestant des parcelles de cacao sur le site de Petit Bondoukou

FNJ : *Formicococcus njalensis*, PCITRI : *Planococcus citri*, PLONG : *Pseudococcus longispinus* FVRG : *Ferrisia virgata*, NONIDENTS : Cochenilles non identifiées

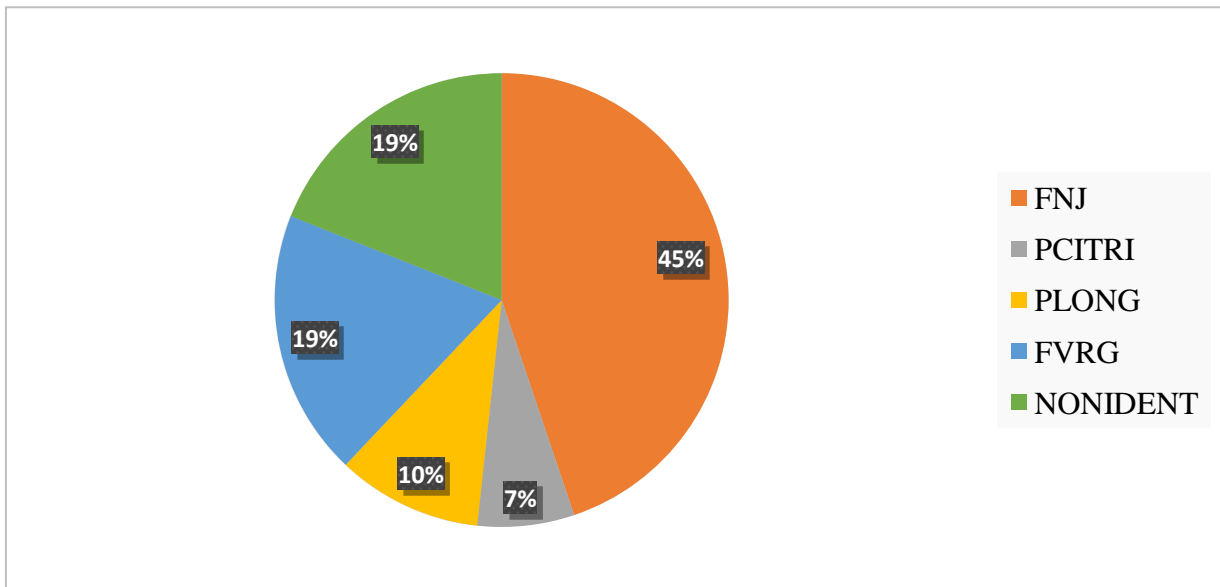


Figure 12 : Proportion des cochenilles farineuses infestant les parcelles de cacao sur le site de Norbert carrefour

1.1.2. Taux d'infestation des cacaoyers par les cochenilles farineuses en fonction des types de barrières et par site

- **Calcul du taux d'infestation en février 2021**

Le taux d'infestation des cacaoyers par les cochenilles farineuses pour chaque site en fonction du type de barrières en février 2021 permet d'avoir les résultats suivants (**Figure 13**) :

- Pour le site de Petit Bondoukou, un taux d'infestation de 2,27% dans les parcelles avec des barrières de caféiers, 3,24% dans les parcelles avec des barrières d'acacia et 2,53% dans les parcelles sans barrières (témoin).

- Pour le site de Norbert carrefour, un taux d'infestation de 3,37% dans les parcelles avec des barrières de caféiers, 1,84% dans les parcelles avec des barrières d'acacia et 1,86% dans les parcelles sans barrières (témoin).

Ces résultats montrent que les parcelles avec barrières d'acacia semblent plus efficaces à Norbert carrefour par contre les parcelles avec barrières de caféiers non. À Petit Bondoukou les parcelles avec barrières de caféiers semblent plus efficaces et les parcelles avec barrières d'acacia non.

- **Calcul du taux d'infestation en Mars 2021**

Le taux d'infestation des cacaoyers par les cochenilles farineuses pour chaque site en fonction du type de barrières en Mars 2021 permet d'obtenir les résultats suivants (**Figure 14**) :

- Sur le site de Petit Bondoukou, le taux d'infestation est de 1,51% dans les parcelles avec des barrières de caféiers, 1,44% dans les parcelles avec barrière d'acacia et 4,35% dans les parcelles sans barrières (témoin).

- Sur le site de Norbert carrefour, le taux d'infestation est de 5,24% dans les parcelles avec des barrières de caféiers, 1,1% dans les parcelles avec barrière d'acacia et 3,34% dans les parcelles sans barrières (témoin).

Ces résultats montrent également que les parcelles avec barrières d'acacia à Norbert carrefour semblent efficaces mais les parcelles avec barrières de caféiers non. À Petit Bondoukou les parcelles avec barrières de caféiers et les parcelles avec barrières d'acacia semblent efficaces par contre les parcelles sans barrières (témoin) non.

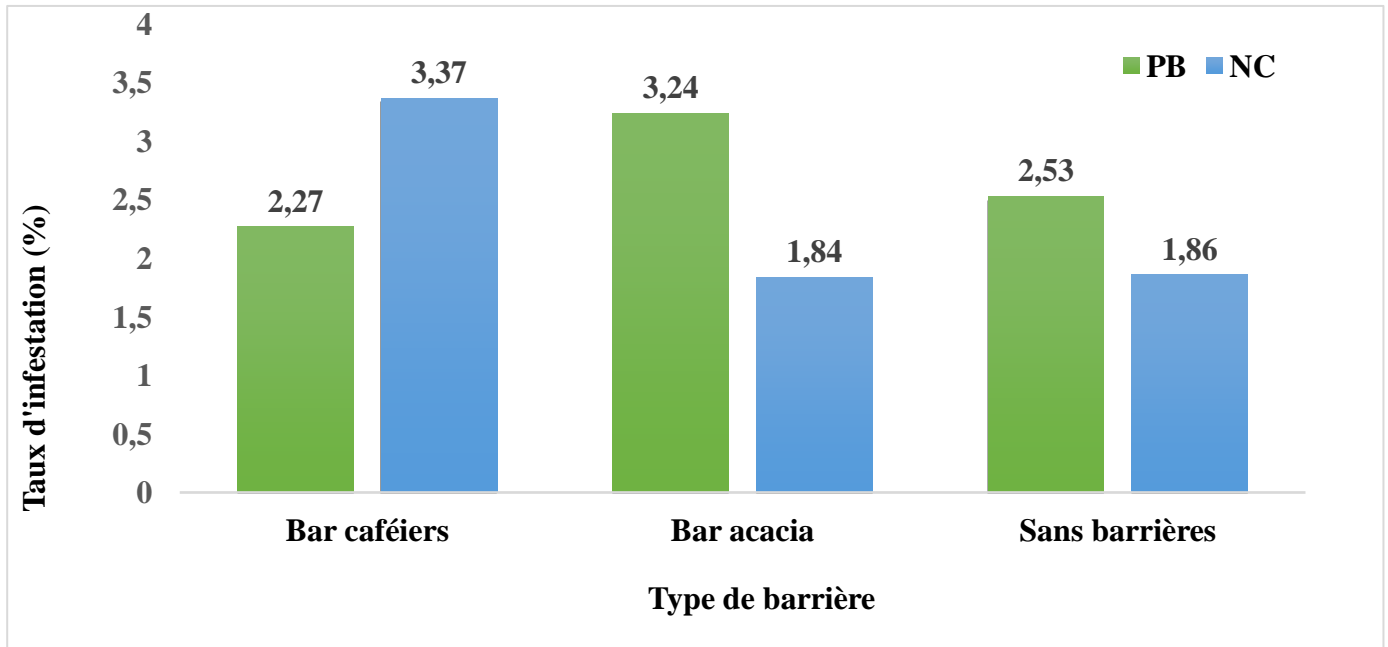


Figure 13 : Taux d'infestation des cacaoyers par les cochenilles farineuses pour chaque site en fonction des barrières (février 2021)

PB (Petit Bondoukou) ; NC (Norbert Carrefour) ; Bar (Barrière)

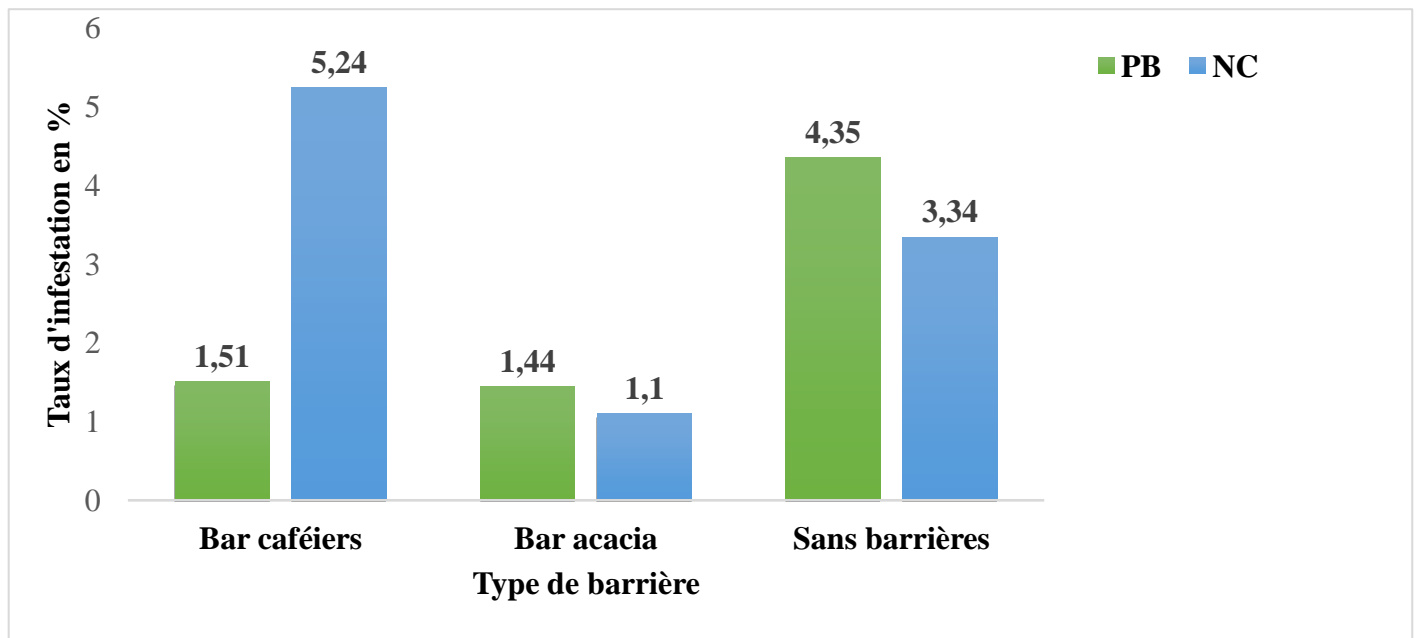


Figure 14 : Taux d'infestation des cacaoyers par les cochenilles farineuses pour chaque site en fonction des barrières (mars 2021)

1.1.3. Taux d'infestation des cacaoyers par les cochenilles farineuses en fonction des variétés de cacaoyer

Le taux d'infestation des cacaoyers par les cochenilles farineuses en fonction des variétés a donné les résultats suivants (**Figure 15**) :

- le taux d'infestation des cacaoyers hybrides par *F. njalensis* est de 5%. Le taux d'infestation est de 0,7% pour *P.citri* ,1,2% pour *P. longispinus* ,1,2% pour *F.virgata* et 2,1% pour les espèces de cochenilles non identifiées.

-le taux d'infestation des cacaoyers clones par *F. njalensis* est de 1%. Le taux d'infestation est de 0,2% pour *P. citri*,0,5% pour *P. longispinus*,1,6% pour *F.virgata* et 3,2% pour les espèces de cochenilles non identifiées.

La variété hybride semble être la plus attaquée par les $\frac{3}{4}$ des espèces identifiées.

L'espèce *Formicococcus njalensis* s'attaque fortement à cette variété hybride.

1.1.4. Taux d'infestation des barrières végétales par les cochenilles farineuses

Les barrières caféiers sont plus infestées par *F. njalensis*, *P. citri* et *P. longispinus* et les espèces non identifiées, excepté *F. virgata* qui est plus dans les Parcelles Témoins surtout les cacaoyers clones. En effet l'infestation des barrières caféiers se définit par les résultats présentés comme suit : 10% de *F. njalensis* infeste ces barrières. Aussi *P.citri* et *P.longispinus* infestent avec 1% , 2% pour *F.virgata* et enfin 3% des espèces de cochenilles non identifiées.

Les barrières témoins présentent un taux d'infestation de 2% pour *F. njalensis*,0,7% pour *P. citri*,0,2% pour *P. longispinus* et 1% pour les espèces de cochenilles non identifiées. (**Figure 16**).

Les barrières d'acacia n'ont pas présenté de cochenilles farineuses. Le taux d'infestation de ces barrières végétales n'est donc pas sur le graphe.

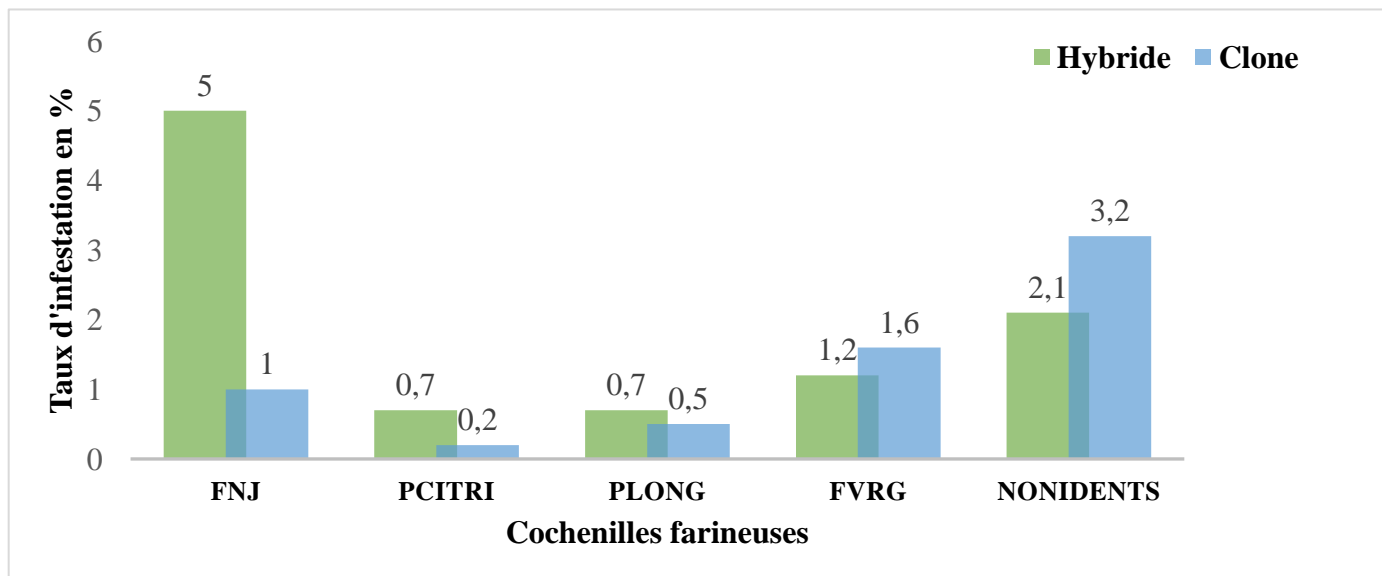


Figure 15 : Taux d'infestation des cacaoyers par les cochenilles farineuses en fonction des variétés (clone et hybride)

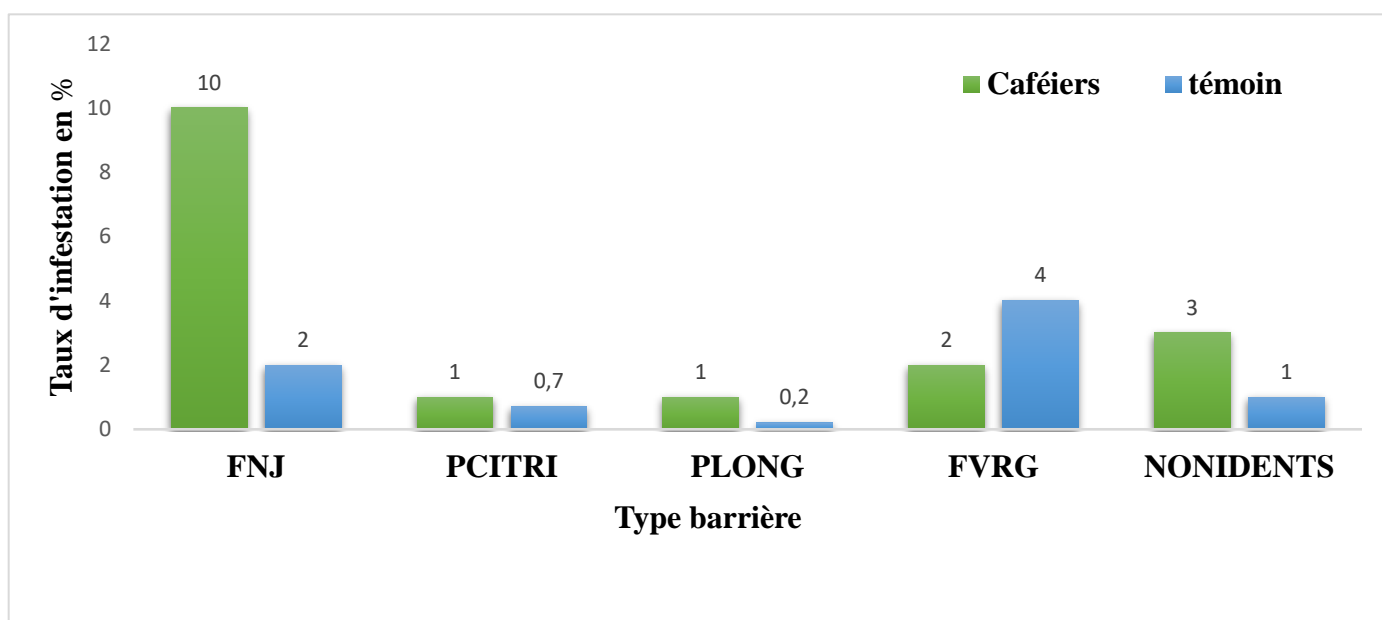


Figure 16 : Taux d'infestation des barrières végétales par les cochenilles farineuses

FNJ : *Formicococcus njalensis*, PCITRI : *Planococcus citri*, PLONG : *Pseudococcus longispinus*,
 FVRG : *Ferrisia virgata*, NONIDENTS : Espèces de cochenilles non identifiées

1.1.5. Distribution spatiale des cochenilles farineuses

Les cartes de distribution présentent la distribution des cochenilles farineuses dans les parcelles de cacaoyers entourées ou pas de barrières végétales.

La parcelle de cacaoyer sans barrière végétale présente des espèces de cochenilles farineuses groupées en bordure des plants de cacaoyers au niveau des lignes 10 et 11. Les espèces de cochenilles sont situées sur les arbres 1 et 2 de la ligne 10 et sur l'arbre 1 de la ligne 11 (**Figure 17**).

La parcelle de cacaoyer entourée de barrières d'acacia présente des espèces de cochenilles farineuses dispersées. Ces espèces sont dispersées sur la ligne 4 au niveau de l'arbre 10, sur la ligne 6 au niveau de l'arbre 12 et sur la ligne 7 au niveau de l'arbre 3 (**Figure 18**).

La parcelle de cacaoyer entourée de barrières de caféiers présente des espèces de cochenilles farineuses groupées sur les lignes 1 à 6. La ligne 7 présente une espèce de cochenille farineuse au milieu des plants de cacaoyers sur l'arbre 7 (**Figure 19**).

Ces observations montrent une parcelle avec barrières de caféiers qui présente trois entrées de cochenilles farineuses. Les parcelles avec barrières d'acacia présentent des cochenilles réparties de part et d'autre sur les plants de cacaoyers. Les parcelles sans barrières présentent des cochenilles groupées.

Les parcelles avec barrières de caféiers renferment plus de cochenilles farineuses que les deux autres types de parcelles.

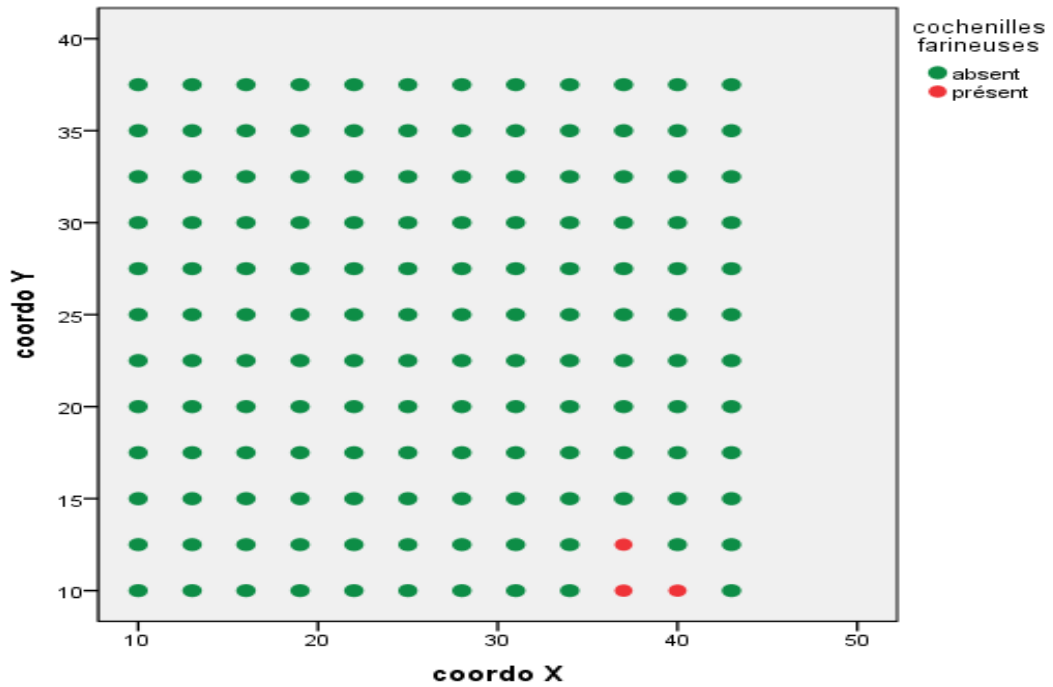


Figure 17 : Carte de distribution de présence-absence des cochenilles farineuses dans une parcelle de cacaoyers témoin (sans barrière)

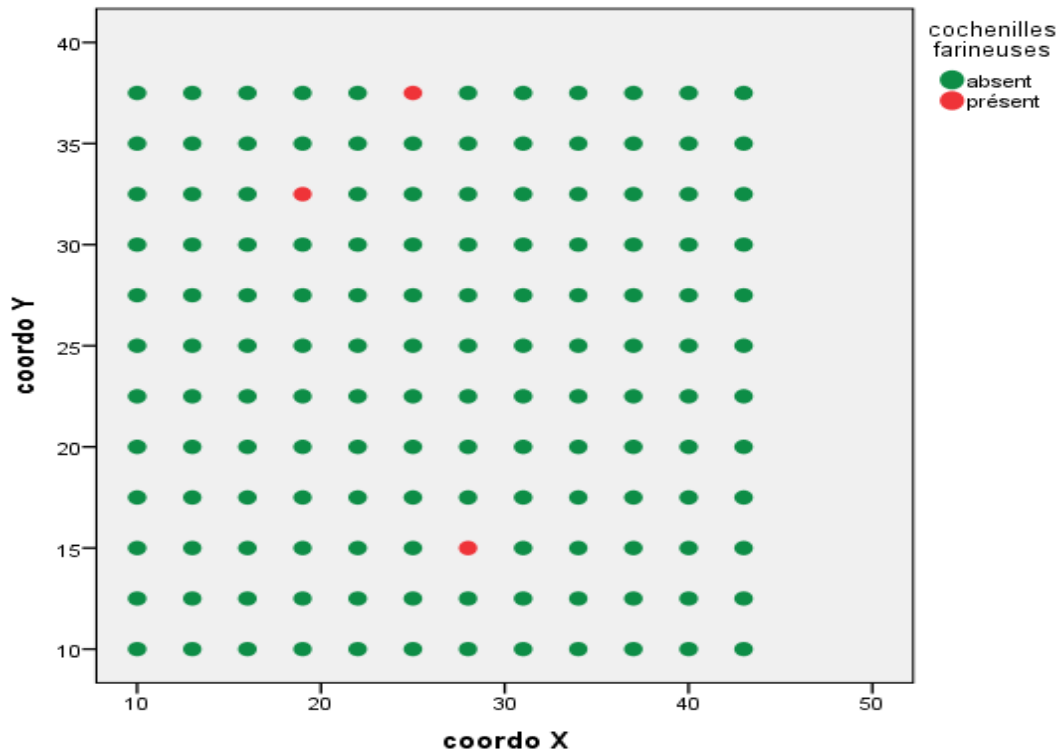


Figure 18 : Carte de distribution de présence - absence des cochenilles farineuses dans une parcelle de cacaoyer entourée de barrières d'acacia

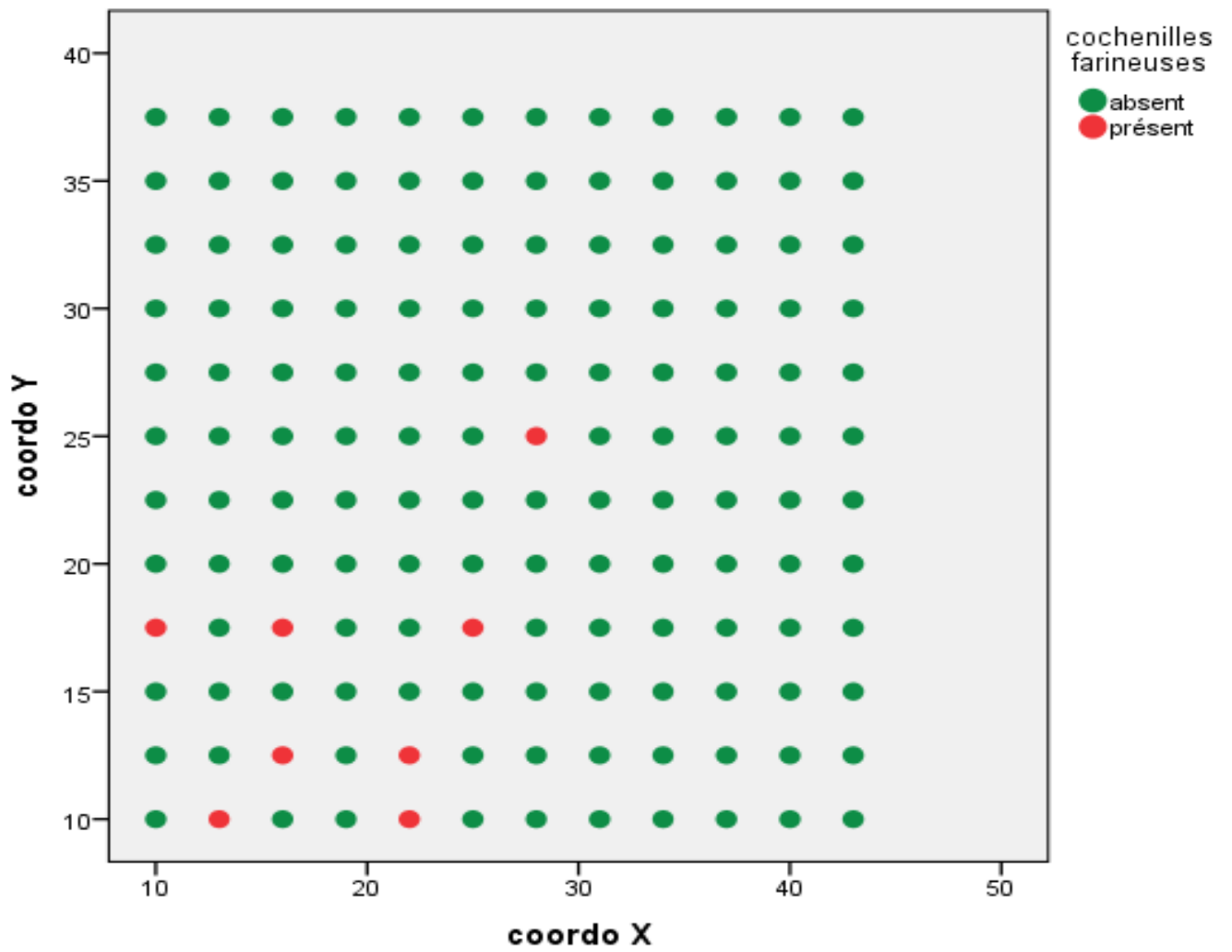


Figure 19 : Carte de distribution de présence - absence des cochenilles farineuses dans une parcelle de cacaoyer entourée de barrières de caféiers

1.2. Caractérisation de l'entomofaune liée au *Swollen Shoot* à la surface du sol dans les barrières

1.2.1. Proportion de pièges contenant des insectes et autres Arthropodes

La proportion de piège contenant des insectes tels que les fourmis, les prédateurs ou ne contenant ces deux groupes d'insectes nous a donné les résultats suivants (**Figure 20**) :

- les pièges contenant des fourmis, le résultat obtenu est 96,42% ;
- les pièges contenant les prédateurs, le résultat obtenu est 68,57% ;
- les pièges ne contenant ni les fourmis ni les prédateurs, le résultat obtenu est 0,7%.

De façon spécifique en s'intéressant au peuplement de prédateurs dans les parcelles observées, la proportion peut être répartie comme suit (**Figure 21**) :

- 47,17% de coléoptères prédateurs,
- 47,17% d'araignée,
- 4,78% de punaises prédatrices,
- 0,59% de forficules,
- 0,29% de prédateurs non identifiés.

Les araignées sont des arthropodes, pas des insectes mais elles sont aussi des prédateurs de certains insectes telles que les fourmis présentes dans les parcelles de cacaoyers.

Ces résultats présentent les coléoptères prédateurs et les araignées comme étant majoritaires dans les barrières végétales entourant les parcelles de cacaoyer.

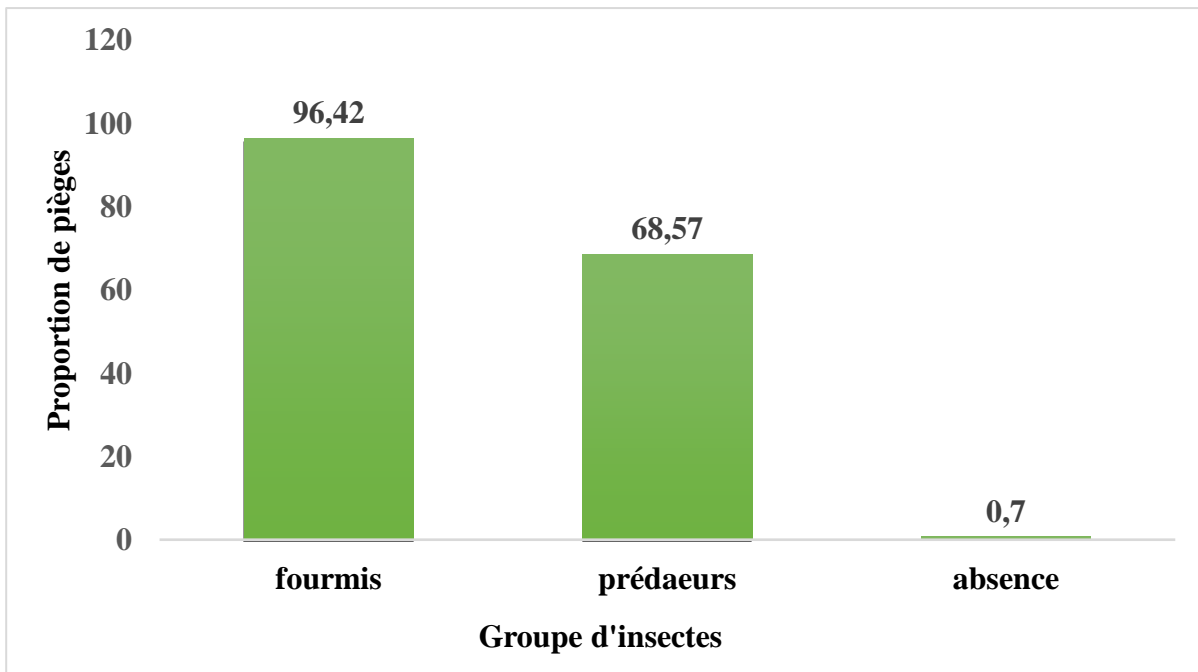


Figure 20 : Proportion de pièges contenant les différents groupes d'insectes

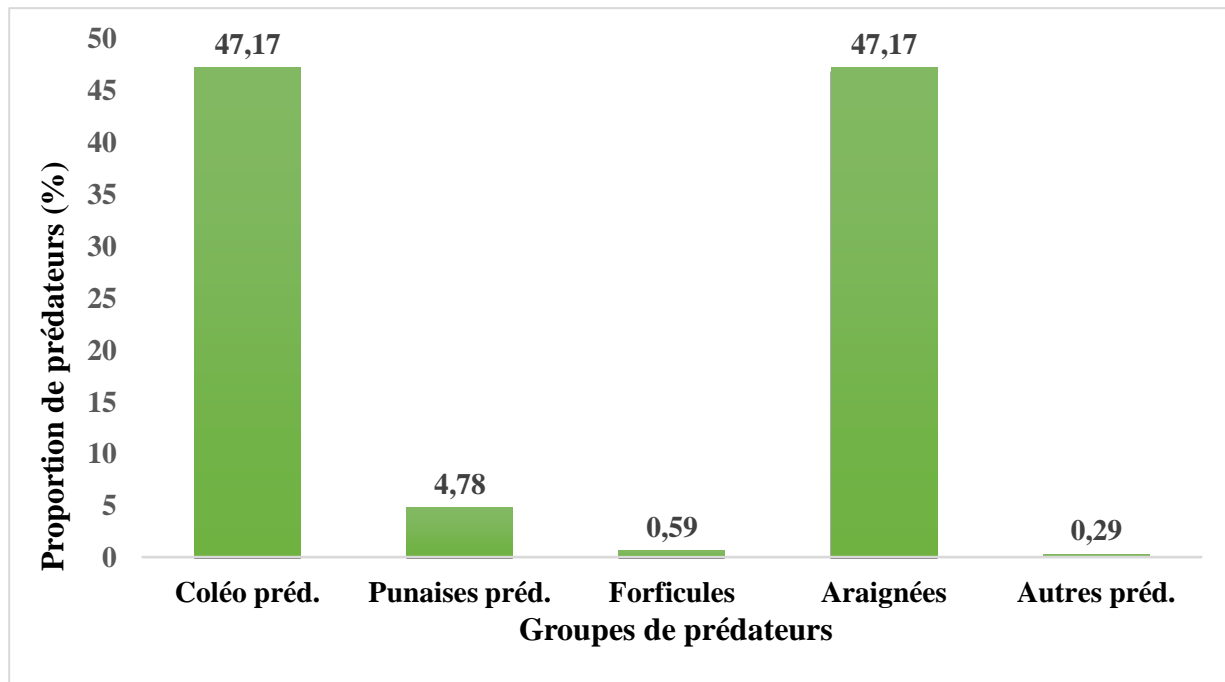


Figure 21 : Proportion du groupe de prédateurs présent dans les pièges fosses

Coléop : Coléoptère ; **Préd :** Prédateur

1.2.2. Nombre moyen d'insectes présents dans les pièges en fonction des types de barrières et en fonction de la position des pièges dans les barrières

1.2.2.1. Nombre moyen d'insectes présents dans les pièges en fonction des types de barrières

Le nombre moyen d'insectes dans les pièges fosses en fonction des types de barrières nous permet de déduire que :

-Dans les parcelles avec barrières d'acacia, le nombre moyen des fourmis et des prédateurs est respectivement 11,52 et 1,86 ;

-Dans les parcelles avec barrières de caféier le nombre moyen des fourmis dans les pièges fosses est 22,1 et celui des prédateurs est 3,71 ;

-Dans les parcelles sans barrières voire parcelles témoins, le nombre moyen des fourmis dans les pièges est 16,47 et 1,38 pour les prédateurs.

Ces résultats montrent que les fourmis sont omniprésentes dans ces parcelles de cacaoyer (**Figure 22**).

1.2.2.2. Nombre moyen d'insectes en fonction de la position des pièges fosses

Le nombre moyen d'insectes en fonction de la position des pièges fosses donne des résultats comme indiqués ci-dessous (**Figure 23**) :

-Dans les parcelles avec barrières d'acacia, le nombre moyen de fourmis dans les pièges fosses à l'extérieur des parcelles, au milieu des barrières et à l'intérieur de la parcelle est respectivement 13,94 ; 9,81 et 9,37.

-Dans les parcelles sans barrières, le nombre moyen de fourmis présents dans les pièges est : à l'extérieur des parcelles (15,81), au milieu des barrières (12,62) et à l'intérieur des parcelles (19,94).

-Dans les parcelles avec barrières caféiers, le nombre moyen de fourmis dans les pièges à l'extérieur de la parcelle est 11,25 ; au milieu des barrières (22,87) et à l'intérieur des parcelles 30,81).

Le nombre moyen des prédateurs varient entre 0,53 et 4,28 quel que soit le type de parcelles.

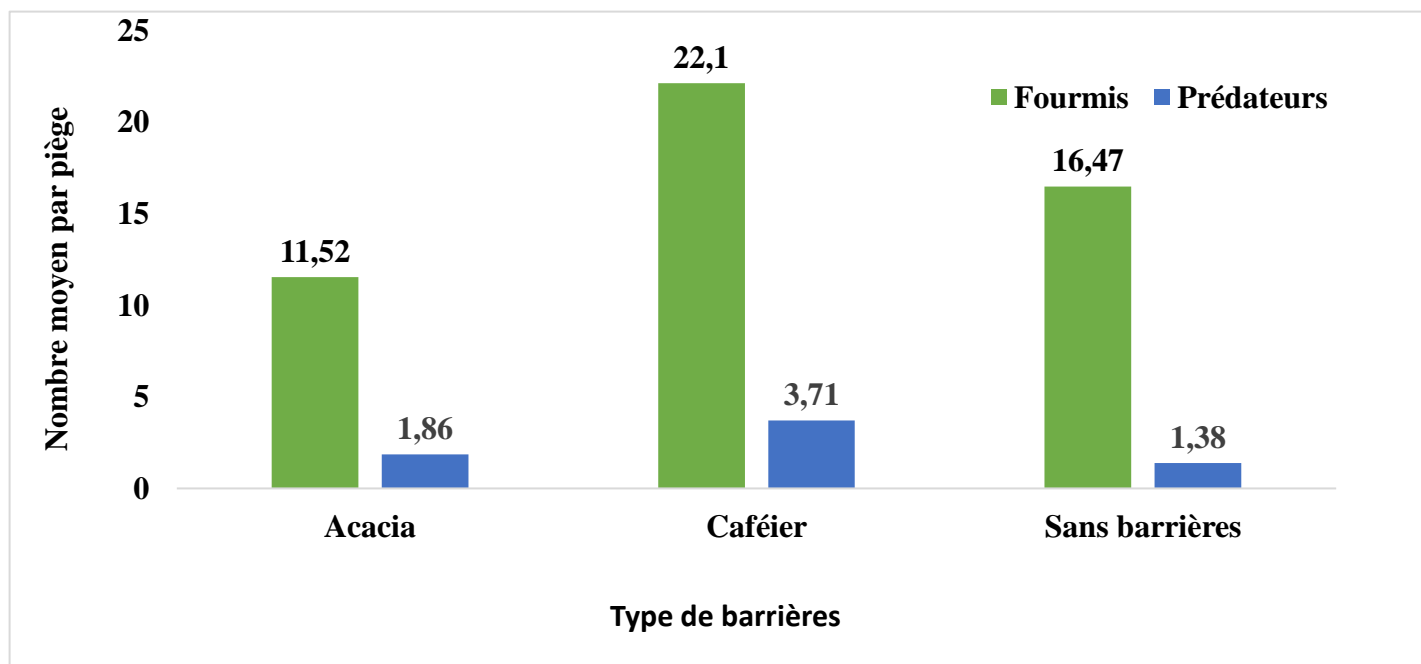


Figure 22 : Nombre moyen d'insectes présent dans les pièges fosses en fonction des barrières

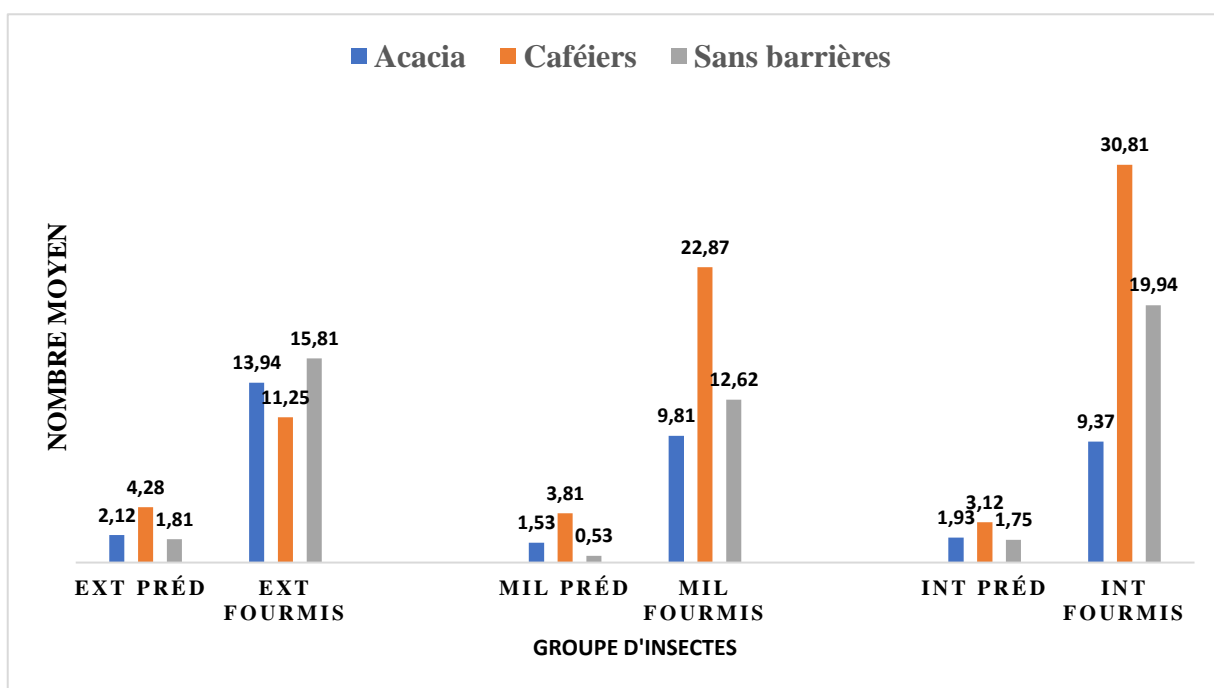


Figure 23 : Nombre moyen d'insectes en fonction de la position et du type de barrière

Ext : Extérieur ; Mil : Milieu ; Int : Intérieur ; PRÉD : Prédateur

2. Discussion

Le calcul des taux d'infestation des cacaoyers par les cochenilles farineuses telles que : *Formicococcus njalensis*, *Planococcus citri*, *Pseudococcus longispinus*, *Ferrisia virgata* et les espèces de cochenilles non identifiées montre l'abondance de ces espèces dans les parcelles prospectées. Ce taux consistait à évaluer non seulement le pourcentage d'infestation mais à connaître l'espèce de cochenilles farineuses infestant le plus les cacaoyers. Ainsi les résultats montrent en termes de proportion que 38% de *F. njalensis* infestent les cacaoyers à Petit Bondoukou et 45% de cette espèce infestent les cacaoyers à Norbert Carrefour. L'espèce majoritaire *F. njalensis* est la plus abondante en termes d'infestation. Ces résultats sont conformes à ceux de **N'guettia (2015)** qui a montré en termes d'abondance que *F. njalensis* est l'espèce la plus abondante avec 55,72% du peuplement de cochenilles à Petit Bondoukou. Ces résultats sont également comparables à ceux d'**Obodji et al (2015)** qui ont montré dans leur travail au Ghana que l'espèce *F. njalensis* est la plus abondante. La deuxième abondance est celle de *Ferrisia virgata* avec 19% à Petit Bondoukou comme Norbert carrefour selon les résultats. Ces résultats sont différents de ceux d'**Obodji et al (2015)** qui ont montré dans leur travail qu'après *F. njalensis*, l'espèce la plus majoritaire est *P. citri*. La présence de *F. njalensis* dans nos parcelles serait due au fait que cette espèce est abondante dans les vieilles plantations autour des parcelles prospectées. Cependant l'hypothèse de (**N'guyen-Ban, 1984**) selon laquelle l'abondance des *F. njalensis* dans les parcelles de cacaoyers pourrait être fonction de l'âge nécessite encore des recherches vues que les parcelles observées sont recouvertes de jeunes cacaoyers de 2 ans au maximum. Selon l'auteur les vieux cacaoyers sont plus infestés par l'espèce *F. njalensis*.

Le taux d'infestation important des cacaoyers par les cochenilles farineuses dans les parcelles avec barrières de caféiers pour les mois de Février et Mars 2021 à Norbert carrefour dont respectivement 3,37% et 5,24%, pourraient être due aux faites que le couvert végétal dans l'environnement proche présente des arbres qui hébergent naturellement des fourmis. Ces fourmis pourraient donc transporter les cochenilles farineuses vers les caféiers de préférence. Les caféiers contiennent plus de glucose, ce qui permettrait aux cochenilles de produire du miellat plus concentré en nutriment facile à digérer par les fourmis.

Les résultats ont également montré que les cacaoyers hybrides sont plus infestés par les cochenilles farineuses avec un taux d'infestation de 5% pour *F. virgata*, 0,7% pour *P. citri* et

également pour *P.longispinus*. Cependant *F. virgata* infeste plus les cacaoyers clones avec 1,6% contre 1,2% pour les cacaoyers hybrides. Cette affinité de *F. virgata* aux cacaoyers clones peut s'expliquer par le fait que cette espèce apprécie une substance exceptionnelle dans le cacaoyer clone. Il s'agirait peut-être de la sève du cacaoyer clone riche en nutriment facile à digérer pour l'espèce *F. virgata* par rapport au cacaoyer hybride.

L'absence des cochenilles farineuses dans les barrières d'acacia peut être due aux faites que ces insectes sont transportés par le vent ou les fourmis pour être directement déposées sur les cacaoyers. Leur absence dans les barrières d'acacia peut être lié également à la présence des oecophylles (*Oecophylla*, de l'ordre des Hyménoptères et de la famille des Formicidae) dans ces barrières vues que ces insectes sont des prédateurs des cochenilles farineuses ou que l'acacia n'est pas une plante hôte des cochenilles farineuses.

Les cartes de distribution montrent la distribution groupée, dispersée et aléatoire des cochenilles. Cette dispersion des cochenilles pourrait être influencée par le type de barrière.

La distribution plus groupée et en bordure de parcelle pourrait être due au déplacement au sol et au transport des cochenilles farineuses par les fourmis.

La distribution plus dispersée et aléatoire des cochenilles farineuses pourrait être due à leur transport par le vent.

Le pourcentage de pièges contenant les fourmis qui s'expriment à 96,42% sur 120% montre l'influence de ces insectes sur les parcelles. La présence remarquable des fourmis montre l'intérêt de ces insectes sur les parcelles. Cependant la présence des araignées et des coléoptères prédateurs avec une proportion de chaque groupe qui est de 47,17% pourrait aider dans la lutte biologique en ce sens que certains coléoptères prédateurs et certaines araignées sont des prédateurs de fourmis.

Les résultats concernant le nombre moyen d'insectes dans les pièges fosses pour chaque barrière indiquent la présence remarquable des fourmis avec un pic de (22,1) dans les parcelles à barrière caféier de façon général. Cette présence s'expliquerait par l'intérêt que les fourmis accordent aux glucides (voir le miellat) présent dans le caféier. Les fourmis sont plus attirées par les cochenilles présentes dans les barrières caféiers que les autres barrières telles que barrière acacia et barrière témoin.

Dans les parcelles avec barrières de caféiers les fourmis sont plus présentes à l'intérieur avec un nombre moyen de fourmis dans les pièges fosses qui est de 30,81 contre 11,25 à l'extérieur de ces barrières. Ces résultats indiquent l'affluence des fourmis voire leur déplacement de l'extérieur vers l'intérieur à la recherche du miellat auprès des cochenilles présentes sur les caféiers.

CONCLUSION ET PERSPECTIVE

CONCLUSION

Au terme de ces analyses, retenons que les barrières végétales jouent un rôle primordial dans la lutte contre la progression de la maladie du *Swollen Shoot* dans les parcelles de cacaoyer. Cette méthode de lutte biologique a fait montre de sa capacité vu que le taux d'infestation des cacaoyers par les cochenilles présentait des résultats faibles. Les parcelles avec des barrières de caféiers présentent un taux d'infestation plus élevé des cacaoyers par les cochenilles farineuses par rapport aux autres types de parcelles. Au niveau des barrières d'acacia, les cochenilles farineuses ne présentent pratiquement pas d'intérêt vu que ces insectes n'y ont pas été observé dans ce lieu. La présence des barrières végétales autour des parcelles pourrait affecter la distribution des cochenilles. Aussi les cochenilles farineuses sont plus attirées par les cacaoyers hybrides que les cacaoyers clones.

Les interactions entre les fourmis et les cochenilles semblent jouer un rôle dans la distribution des cochenilles vectrices du *Swollen shoot*.

Les barrières hébergent beaucoup de prédateurs qui pourraient jouer un rôle important dans la régulation des cochenilles farineuses.

PERSPECTIVES

- Comprendre la préférence des cochenilles vectrices pour les clones de cacaoyers comparés aux hybrides et le fait que les cochenilles farineuses comme *F. njalensis* sont plus présent sur les hybrides. Cette idée pourrait apporter un plus à la lutte biologique dans le sens du choix de variétés résistantes à la maladie du *Swollen shoot* ;
- Élever les parasitoïdes et les prédateurs de cochenilles farineuses après leur recensement et leur identification afin de mieux les combattre ;
- Déterminer l'intérêt personnel de chaque cochenille vectrice tel que *Formicococcus njalensis*, *Ferrisia virgata*, *Pseudococcus longispinus*, *Planococcus citri* sur chaque type de cacaoyer ;

- Caractériser l'environnement proche c'est-à-dire la couverture végétale des parcelles afin de comprendre la provenance des cochenilles vectrices de la maladie du *Cocoa Swollen Shoot* vers les parcelles ;
- Identifier les différents types de fourmis afin de connaître la proportion de fourmis en symbiose avec les cochenilles et la proportion de fourmis prédateurs ;
- Faire une étude comparée de la proportion des différents types de prédateurs sur les parcelles ayant plus de fourmis et des parcelles ayant moins de fourmis afin de comprendre l'affluence de l'un des groupes sur l'autre ;
- Faire des recherches sur la présence des cochenilles dans les parcelles de cacaoyer sans qu'elle ne soit présente dans les barrières d'acacia ;
- Poursuivre l'étude des comportements de dispersion des fourmis et des cochenilles sur les cacaoyers ;
- Etudier les comportements de prédation des insectes collectés ;
- Répéter dans le temps des observations de dispersion ce qui permettrait de faire des analyses statistiques.

RÉFÉRENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adu A. Y., Ollenu L. L. & Padi B., 2002.** Shoot virus disease resistance in *Theobroma cacao* L. Breeding and genetics of Cocoa Swollen shoot virus Disease. *Journal of the Ghana Science association*; **4 (2)**.
- Aka R., Walet P.N., Kouassi R.A., 2020,** Cocoa Swollen shoot Disease in Côte d'Ivoire : History of Expansion, from 2008 to 2016. *International journal of sciences*.**9** :51-60.
- Assiri A. A., Yoro G. R., Deheuvels O., Kebe B. I., Keli Z. J., Adiko A. & Assa A., 2009.** Les caractéristiques agronomiques des vergers de cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, **2 (1)**: 55- 66.
- Attafuah A., 1965.** Occurrence of cocoa viruses in wild plant species in Ghana. *Ghana Journal of Science*, **5 (2)** : 97-101.
- Babin R., 2018.** *Planococcus citri* (Hemiptera: Pseudococcidae). Fiche technique produite dans le cadre de l'expertise collective commandée par la FAO, LOA N°325120.
- 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. *Invertebrate Zoology*. Dootorat de l' Université Paul Valéry – Montpellier III, 246 p.
- Bastide P.C., Perret., 2007.** Atlas sur l'intégration régionale en Afrique de l'Ouest. OCDE, Paris, 16 p.
- Ben-Dov Y., Miller D. R., and Gibson, G. A. P. 2010.** Scale Net, Scales in a country query results. *Accessed online*, **22**.
- Braudeau, J., 1969.** Le cacaoyer. Techniques Agricoles et Productions Tropicales. Maisonneuve et Larose, Paris, 304 p.
- Demol, J., 2002.** L'amélioration des plantes. Application aux principales espèces cultivées en régions tropicales. Ed. Presses Agronomiques Gembloux, 560 p.

- Dufour B., 1991.** Place and importance of different insect species in the ecology of CSSV cocoa swollen shoot virus in Togo. *Café Cacao Thé* **35 (3)** : 197-204.
- Gill H. K., Goyal G. & Gillett-Kaufman J. L., 2016.** Featured Creatures: Citrus mealybug. UF/IFAS. Available online http://entnemdept.ufl.edu/creatures/CITRUS/Planococcus_citri.htm. (Consulté le 2/05/2021).
- Huang Q. & Hartung J. S., 2001.** Cloning and sequences analysis of an infectious clone of citrus yellow mosaic virus that can infect sweet orange via Agrobacterium-mediated inoculation. (*J. Gen Virol*, **82**: 2589-2558).
- ICCO., 2018.** Quarterly. *Bulletin of Cocoa Statistics*, **XLIV (3)**: 112-124.
- ICCO., 2006.** Organisation internationale du cacao, Rapport Annuel, 41 p.
- Iwaro, A.D., Sreenivasan, T.N., Umaharan, P., 1997.** Phytophthora resistance in cacao (*Theobroma cacao*): Influence of pod morphological characteristics. *Plant Pathol.* 46 (4) : 557-565.
- Kébé Ismaël., 2005.** Cacaoyère ivoirienne en danger, le *Swollen Shoot* progresse. CNRA, le point 2005.
- Kouakou K., 2014.** Diversité moléculaire du CSSV (*Cocoa swollen shoot virus*) et épidémiologique de la maladie du *swollen shoot* du cacaoyer (*Theobroma cacao L.*) en Côte d'Ivoire, mémoire de thèse, 135 p.
- Kouamé, E. B.-H. 2012.** Risk aversion and agricultural decision-making under uncertainty: evidence from cocoa farmers in western Côte d'Ivoire. *faculty of Economics and Management, University of Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire*, 205 pages.
- Meinhardt, L.W., Rincones, J., Bailey, B.A., Aim~ M.C., Griffith, G.W., Zhang, D., Pereira, G.A.G., 2008.** Moniliophytophthora perniciosa, the causal agent of witches' broom disease of cacao: What's new from this old foe. *Mol. Plant Pathol.* 9 (5): 577-588.

- Mossu G., 1990.** Le cacaoyer. *Le technicien d'agriculture tropicale*, **14**: 9-109.
- Motamayor J C., Risterucci A M., Lopez P A. Ortiz C, F., Moreno A. & Lanaud C. 2002.** Cacao domestication I: the origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity*, **89**: 308-386.
- N'Guettia A.M.C., 2015.** Efficacité de doses de deux formulations de Movento (Ketoenoles) contre les cochenilles farineuses, vectrices du virus Swollen shoot du cacaoyer dans la localité de Soubré (Sud-ouest de la Cote d'Ivoire). Mémoire de Master de l'Université Felix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 58 p.
- Nguyen- Ban J, 1984.** Variation d'abondance des Pseudococines vectrices de la maladie du *Swollen shoot* au togo. *Café cacao thé*, **28(2)** : 103-110.
- Obodji A., N'guessan W.P., N'guessan K. F., Seri-Badama P., Aboua L. R. N., Kébé I., Aka R. 2015.** Inventory of the mealybug species associated to the cocoa tree (*Theobroma cacao* L) in four producing areas infected with the *Swolen shoot* disease in Côte d'Ivoire. *Journal of Entomology and Zoology studies*, **3(4)**: 312- 316.
- Ollennu L. A., Owusu G. K. & Thresh J. M., 1989.** Spread of cocoa swollen shoot virus to recent plantings in Ghana. *Crop protection*, **8 (4)** : 251-264. **Entwistle P.F. 1972.** Pest of cocoa. Longman Group Limited, London, 779 p.
- Oro, 2011.** Analyse des dynamiques spatiales et épidémiologie moléculaire de la maladie du *Swollen Shoot* du cacaoyer au Togo : Etude de la diffusion à partir des systèmes d'informations géographiques. Mémoire de thèse, 135p.
- Patriot M. & Agbodjan A. K., 1979.** Influence du swollen shoot du cacaoyer sur la cacaoculture au Togo. 7th Int. Res. Conf. Cocoa, Douala, Cameroun.
- Rollat.F.P.A., 2014.**Évolution des génômes des endosymbiotes chez les insectes phloémophages:le cas d'*Hamiltonella defensa* en interaction avec les différents partenaires.Thèse de l'université Claude Bernard Lyon 1, 267p.
- Solorzano, L.R.G., 2007.** Contribution à l'étude de la domestication de la variété de cacaoyer National <l'Équateur : recherche de la variété native et de ses ancêtres sauvages.

Biologie *Intégrative* des Plantes. Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier. Montpellier Supagro. 163 p.

Thevenin, J.-M., Rossi, V., Ducamp, M., Doare, F., Condina, V., Lachenaud, P., 2012.

Numerous clones resistant to *Phytophthora palmivora* in the "Guiana" genetic group of *Theobroma cacao* L. PLoS ONE 7 (7) :409-415.

Thresh J. M., 1988. Eradication as a virus disease control measure. Control of plant Diseases: Costs and benefits. *Blackwell Scientific Publications*, Oxford, 155-194.

Thompson J.E.S.,1956. Notes on the use of cacao in Middle America. *Notes on Middle American Archaeol. Ethnol*, **128** : 95–116.

Tolle P., 2018. Lutter contre les cochenilles sur les lieux de vente ouverts au public. *Institut technique de l'horticulture*.73p.

Villenave-Chasset J. 2006. Étude de la bio-écologie des névroptères dans une perspective de lutte biologique par conservation. Interactions entre organismes. Université d'Angers, 2006.

Yao. K. T., 2009. Hydrodynamisme dans les aquifères de socle cristallin et cristallophyllien du Sud- Ouest de la Côte d'Ivoire : cas du département de soubré : apports de la télédétection de la géomorphologie et de l'hydrogéochimie, Ocean et Atmosphère. *Conservation nationale des arts et métiers*, 284p.

Zamblé.C., 2015. Impact du changement de politique agricole dans la filière cacao en Côte d'Ivoire : Analyse de son évolution. Maitrise de l'université lawal au Canada 45p.

ANNEXES

Objectif spécifique 1 :

Taux d'infestation du mois de février

Type barrières	Nombre d'arbre infesté			Nombre total d'arbre		
	Caféiers	Sans barrière	Acacia	Caféiers	Sans barrière	Acacia
Petit Bondoukou	6	7	9	264	276	277
Norbert Carrefour	9	5	5	269	269	272

Taux d'infestation du mois de mars

Type barrières	Nombre d'arbre infesté			Nombre total d'arbre		
	Caféiers	Cacao	Acacia	Caféiers	Cacao	Acacia
Petit Bondoukou	4	12	4	264	276	277
Norbert Carrefour	14	9	3	267	269	272

Taux d'infestation par variété de cacaoyer

	FNJ	PCITRI	PLONG	FVRG	NONIDENT	Nombre total d'arbres
Hybride	39	6	6	10	17	821
Clone	8	2	4	13	26	797
Total	47	8	10	23	43	1618

Taux d'infestation par barrière végétale

	FNJ	PCITRI	PLONG	FVRG	NONIDENT	Arbre mort	Total arbre
Caféiers	40	4	6	9	13	98	382
Témoins	9	3	1	19	5	56	424

Objectif spécifique 2 :

Proportion de pièges d'insectes

Groupe d'arthropodes	Nombre de pièges	Proportion (%)
Prédateurs	96	68,57
Fourmis	135	96,42
Absences de fourmis et de prédateurs	3	0,7
Total	140	

Proportion de prédateurs dans les pièges

Groupe d'arthropodes	Nombre d'insectes	Proportion
Coléoptères prédateurs	158	47,17
Punaises prédatrices	16	4,78
Forficules	2	0,59
Autres prédateurs	1	0,29
Araignées	158	47,17
Total prédateurs	335	

Nombre moyen des insectes en fonction des types de barrières

	Acacia	Caféiers	Sans barrières
Fourmis	530	1039	774
Prédateur	40	73	50
Nombre de pièges	46	47	47

Nombre moyen des insectes en fonction de position des pièges et des barrières végétales

Position	Groupes d'insectes	Barrières d'acacia	Barrières de caféiers	Sans barrières
Extérieur	Fourmis	223	180	253
	Prédateurs	14	22	23
Milieu	Fourmis	157	366	202
	Prédateurs	12	29	9
Intérieur	Fourmis	150	493	319
	Prédateurs	14	22	18

RESUMÉ

Le *Swollen shoot* est une maladie qui se répand depuis plusieurs années dans les plantations de cacaoyers en Côte d'Ivoire et aucun moyen de lutte n'a été efficace contre le vecteur de manière à réduire la progression de l'épidémie. C'est ce qui justifie cette étude dont l'objectif est de connaître l'influence des plantes barrières sur la présence des cochenilles vectrices de la maladie du *Cocoa Swollen Shoot virus*. La technique d'observation des cochenilles (fouille systématique) nous aide à connaître le taux d'infestation et d'établir des cartes de distribution des cochenilles farineuses dans les parcelles de cacaoyer afin de déduire leur répartition et leur mode d'entrée dans ces parcelles. Les pièges fosses nous ont permis de déterminer la présence des cochenilles farineuses sur les cacaoyers et d'évaluer l'effectif des fourmis et des insectes prédateurs dans ces parcelles. Cette technique a pour but de donner une idée des types d'insectes présent dans les barrières végétales à la surface du sol et de comprendre leur déplacement. Leur mode de déplacement dans les barrières pourrait nous aider à déduire la barrière la plus efficace dans la lutte contre la dispersion et la distribution des cochenilles farineuses voir la progression de la maladie. La barrière d'acacia ne présentait pas de cochenilles à cause des oecophylles qui sont des fourmis prédatrices pour ces vecteurs.

Mots clés : *Swollen shoot*, Barrières végétales, Cochenilles farineuses, Soubré.

Abstract

Swollen shoot is a disease that has been spreading for several years in cocoa plantations in Côte d'Ivoire and no means of control have been effective against the vector in order to reduce the progression of the epidemic. This justifies this study, the objective of which is to determine the influence of barrier plants on the presence of mealybugs that carry the cocoa swollen shoot virus disease. The mealybug observation technique (systematic search) helps us to know the infestation rate and to establish maps of mealybug distribution in cocoa plots in order to deduce not only their distribution but also their mode of entry in these plots. The pitfall traps allowed us to determine the presence of mealybugs on the cocoa trees and to evaluate the number of ants and predatory insects in these plots. The aim is to give an idea of the types of insects present in the plant barriers on the soil surface and to understand their movement. The way they move through the barriers could help us to deduce which barrier is most effective in controlling the spread and distribution of mealybugs and the progression of the disease. The Acacia barrier did not have mealybugs because of the oecophylls which are predatory ants for these vectors.

Key words: Swollen shoot, Plant barriers, Mealybugs, Soubré.

