

Efficacite du Top Bio et de L’huile de Thevetia Contre les Chenilles Carpophages du Cotonnier au Centre du Benin

Effectiveness of Top Bio and of Thevetia Oil against Carpophagous Pest Larvae in Central Benin

Saturnin Azonkpin

*Centre de Recherches Agricoles – Coton et Fibres (CRA-CF)
Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), 01 BP 175 Cotonou
E-mail: azonsat@yahoo.fr, République du Bénin*

Cocou Angelo Djihinto

*Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), 01 BP 884 Cotonou
E-mail: djihinto@yahoo.fr, République du Bénin*

Daniel Chèpo Chougourou

*Département de Génie de l’Environnement, Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée
(LARBA), Ecole Polytechnique d’Abomey-Calavi (EPAC)
Université d’Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 2009, Cotonou
E-mail: chougouroud@yahoo.de, République du Bénin*

Armel Aouco

*Centre de Recherches Agricoles – Coton et Fibres (CRA-CF)
Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)
01 PB 175 Cotonou, République du Bénin*

Akoutan Armand Akpo

*Département de Génie de l’Environnement, Laboratoire d’Etude et de Recherche en Biologie
Appliquée (LARBA), Ecole Polytechnique d’Abomey-Calavi (EPAC)
Université d’Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 2009
Cotonou, République du Bénin*

Mansourou Mohamed Soumanou

*Département de Génie de Technologie Alimentaire (DGTA)
Laboratoire d’Etude et de Recherche en Chimie Appliquée (LERCA)
Ecole Polytechnique d’Abomey-Calavi (EPAC)
Université d’Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 2009, Cotonou
E-mail: msoumanoufr@yahoo.fr, République du Bénin*

Résumé

Les pesticides botaniques utilisés dans le contrôle des insectes ravageurs des cultures constituent de nos jours, une alternative aux pesticides de synthèse. Cette étude vise à évaluer l’efficacité du Top bio et de l’huile de Thevetia dans la lutte contre les ravageurs carpophages du cotonnier. Le dispositif expérimental est constitué des Blocs de Fisher avec 6 objets et 4 répétitions. Les objets comparés sont ‘‘Non Traité’’, l’agri-bio-pesticide dosé à 1 l/ha, deux doses de Top bio (2 l/ha et 3 l/ha) et deux doses (1% et 2%) de

l'huile de Thevetia. Les modèles linéaires généralisés ou non, à effets mixtes ou fixes ont été utilisés pour déterminer l'influence des objets sur les chenilles carpophages et leurs dégâts à Gobé. Le nombre de chenilles de *Helicoverpa armigera* a varié de 0,15 (top bio 3 l/ha et huile de Thevetia 2%) à 1,5 (Non traité) en 2015. Le nombre de chenilles de *Earias biplaga* a oscillé entre 2,81 (huile de Thevetia 2%) et 5,84 (Non traité) en 2016. Le nombre de chenilles de *Pectinophora gossypiella* a varié de 0,75 (agri-bio-pesticide) à 3,45 (Non traité) en 2015. Le nombre de chenilles de *Thaumatotibia leucotreta* a oscillé entre 2,28 (Top bio 2 l/ha) et 8,00 (Non traité) en 2016. Le pourcentage de capsules vertes saines a varié de 14,25±2,8% (Non traité) à 26,25±2,8% (huile de Thevetia). Le pourcentage de capsules mûres chenillées a varié de 39,85±8,90% (Top bio 2 l/ha) à 64,96±4,90% (Non traité). Les biopesticides comparés ont été efficaces sur *H. armigera*, *E. biplaga*, *P. gossypiella* à leur faible dose. Mais la dose de 1% de l'huile de Thevetia a été inefficace sur *T. leucotreta* qui a été contrôlé par la dose de 2%. Ces biopesticides se positionnent comme une alternative dans la lutte contre les chenilles carpophages en culture cotonnière biologique.

Motsclés: Biopesticides, ravageurs, dégâts, coton biologique, Bénin.

Abstract

Botanical pesticides used in the control of insect pests of crops are nowadays an alternative to synthetic pesticides. This study evaluated the effectiveness of Top bio and Thevetia oil in the fight against cotton carpophagous pests. The experimental design was a Fisher Blocks with 6 treatments replicated 4 times. The six treatments were: the control or Untreated, agri-bio-pesticide dosed at 1 l / ha, two doses of Top bio (2 l / ha and 3 l / ha) and two doses of Thevetia oil (1% and 2%). Linear models and generalized linear with fixed and mixed effects were used to test the influence of treatments on Carpophagous caterpillars and their damage at Gobé. The number of caterpillars of *Helicoverpa armigera* varied from 0.15 (top bio 3 l / ha and Thevetia oil 2%) to 1.5 (Untreated) in 2015. The number of caterpillars of *Earias biplaga* fluctuated between 2.81 (Thevetia oil 2%) and 5.84 (Untreated) in 2016. The number of caterpillars of *Pectinophora gossypiella* varied from 0.75 (agri-bio-pesticide) to 3.45 (Untreated) in 2015. The number of *Thaumatotibia leucotreta* caterpillars fluctuated between 2.28 (Top bio 2 l / ha) and 8.00 for control treatment in 2016. The percentage of healthy green capsules varied from 14.25 ± 2.8% (Untreated) to 26.25 ± 2.8 % (Thevetia oil). The percentage of ripe, tracked capsules varied from 39.85 ± 8.90% for Top bio at 2 l / ha) to 64.96 ± 4.90% for control treatment. The compared biopesticides were effective against *H. armigera*, *E. biplaga*, *P. gossypiella* at their low dose. But the 1% dose of Thevetia oil was ineffective on *T. leucotreta* which was controlled by the 2% dose. These biopesticides can be used as an alternative in the fight against carpophagous caterpillars in organic cotton cultivation.

Keywords: Biopesticides, pests, damage, organic cotton, Benin.

1. Introduction

Le coton constitue la principale source de revenu pour plus de deux millions de producteurs et contribue pour environ 25 à 45% des revenus d'exportation des pays producteurs (Baffes, 2007 ; Moseley et Gray, 2008). Parmi les spéculations produites au Bénin, le coton demeure la principale

source d'entrée de devises (Azonkpin *et al.*, 2018a). Il joue, depuis les années 1970, un rôle particulièrement important dans le développement rural des zones de production (Zagbaï *et al.*, 2006).

Malheureusement, le revenu des producteurs est limité par plusieurs contraintes parmi lesquelles une très forte pression parasitaire (Ochou *et al.*, 2006). En effet, le cotonnier est l'une des cultures les plus sujettes aux dommages provoqués par de nombreux ravageurs, responsables des pertes de récoltes parfois importantes pouvant annihiler les efforts considérables fournis par les producteurs (Miranda *et al.*, 2013). Ainsi, les attaques dues aux ravageurs tels que les chenilles défoliatrices, les acariens et les insectes piqueurs-suceurs, limitent fortement le rendement du coton-graine (Vaissayre et Deguine, 1996 ; Vaissayre et Cauquil, 2000).

Au Bénin, le cotonnier *Gossypium hirsutum*, paie un lourd tribut à un important complexe de ravageurs dont les principaux appartiennent aux genres *Helicoverpa*, *Earias*, *Diaparoopsis*, *Pectinophora* et *Thaumatotibia* (Katary, 2003). Le complexe des ravageurs du cotonnier constitue donc l'un des principaux facteurs limitant la production cotonnière après la fumure (Traoré, 2008). La réussite de cette culture nécessite non seulement un bon itinéraire technique mais aussi et surtout un bon contrôle des insectes ravageurs qui sont susceptibles de causer des pertes de récoltes variant de 50% à 75% selon les pays, les années et les localités (Badiane *et al.*, 2015 ; Sarr *et al.*, 2016). Au Bénin, les pertes de récoltes en absence de protection phytosanitaire se chiffrent à plus de 50% du potentiel de rendement de la culture (Katary, 2003).

Le rendement de la production du coton biologique demeure encore faible. En effet, Tovignan (2012) a rapporté qu'au cours de la campagne agricole 2010-2011, le rendement du coton-graine biologique a varié de 360 kg/ha dans la zone Alafia au Nord-ouest du Bénin à 540 kg/ha dans la zone encadrée par l'Organisation Béninoise pour la Promotion de l'Agriculture Biologique (OBEPAB). Parmi les contraintes qui limitent le rendement du cotonnier biologique, figurent la faible disponibilité des intrants agricoles, la mauvaise qualité et la faible efficacité des intrants utilisés sur le coton biologique (OBEPAB, 2002).

Ce faible rendement soulève des questions, sur la sensibilité des ravageurs aux biopesticides utilisés ou encore sur les conditions climatiques et environnementales actuelles devenues propices à la pullulation des populations de ces ravageurs.

De nombreuses plantes sont connues et utilisées pour leurs activités biocides (toxique, répulsive, antiappétante) vis-à-vis d'une large gamme de bioagresseurs (Yarou *et al.*, 2017).

Ainsi, les biopesticides actuellement utilisés par les producteurs de coton biologique sont à base d'extraits de neem auxquels certains associent le piment ou l'ail (Azonkpin *et al.*, 2018b). En matière d'insecticide biologique, des innovations sont faites à partir des plantes comme le neem, l'anacardier et le Thevetia (Mehinto *et al.*, 2015 ; Akpo, 2017; Kpoviessi *et al.*, 2017a,b). Mehinto *et al.* (2015) ont montré l'efficacité de Top Bio en mélange avec MaviMNPV sur *Maruca vitrata*, *Megalurothrips sjostedti*, *Clavigralla tomentosicollis* en culture du niébé. Chougourou *et al.* (2012) ont révélé que les huiles de *Azadirachta indica* et de *Thevetia peruviana* ont présenté une propriété larvicide très forte contre les larves de *Musca domestica* au stade 3. Mais, très peu d'études ont abordé l'influence de ces biopesticides sur les ravageurs du coton. En effet, Azonkpin *et al.* (2018a) ont évalué l'efficacité du baume de cajou contre les chenilles carpophages du cotonnier au Nord du Bénin. Azonkpin *et al.* (2018c) ont étudié, les effets du baume de cajou sur les pucerons et leurs prédateurs. Mensah *et al.* (2012) ont montré que les applications de Benin Food Product (BFP) au coton biologique, avec et sans autres agents de lutte biologique, ont attiré et augmenté la densité d'insectes prédateurs, réduisant considérablement le nombre d'insectes nuisibles et produisant des rendements supérieurs à ceux du coton traité à l'extrait de neem ou du coton non traité. Mais aucune étude n'a évalué les effets de l'huile de Thevétia et du Top bio sur les ravageurs du cotonnier à ce jour au Bénin. Alors des recherches méritent d'être approfondies afin d'améliorer les technologies développées en matière de protection phytosanitaire avec le Top bio et l'huile de Thevetia dans la production du coton-graine biologique pour soulager les producteurs.

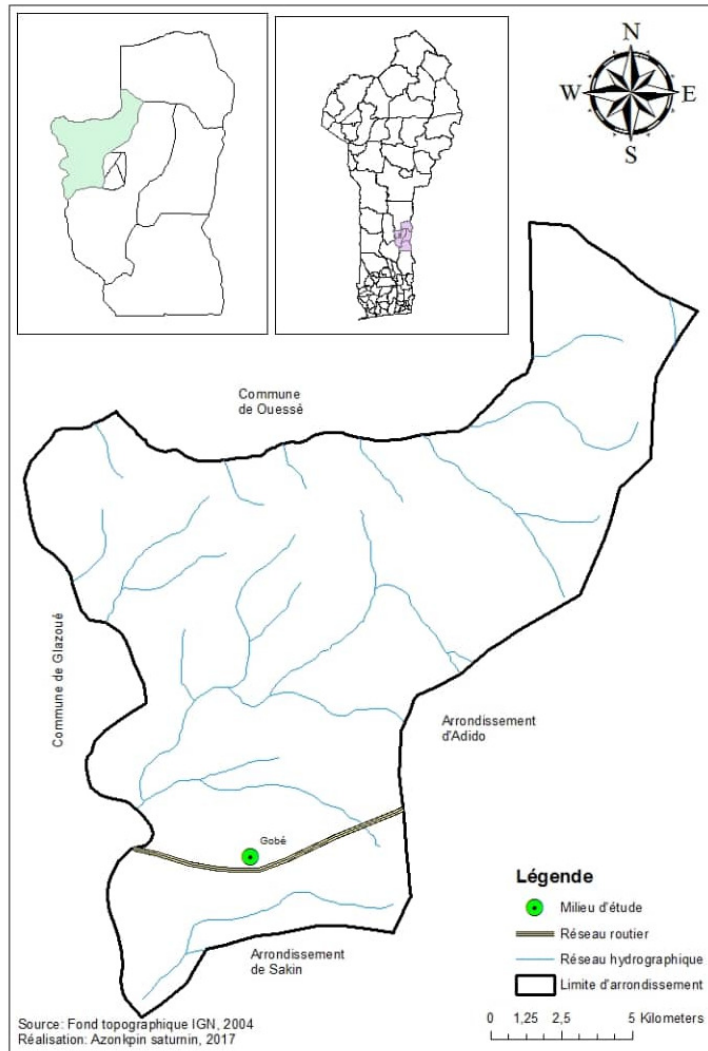
La présente étude vise à évaluer l'effet insecticide du Top bio et de l'huile de Thevetia dans la lutte contre les ravageurs carpophages du cotonnier au champ. Spécifiquement, il s'agit de déterminer l'influence de deux doses de Top bio et de l'huile de Thevetia sur la densité des chenilles carpophages et leurs dégâts sur le cotonnier au champ au Centre du Bénin.

2. Matériel et Methodes

2.1. Zone D'étude

La présente étude a été menée en 2015 et 2016 au niveau du site de Gobé situé dans l'arrondissement d'Offè à Savè (Figure 1). Le choix de ce site situé dans la zone cotonnière du Centre du Bénin est guidé par les critères de l'importance du volume de coton produit et l'existence de technicien qualifié pouvant conduire efficacement l'expérimentation. De plus, cette Commune fait partie des grandes zones de production du coton au Bénin (Ton et Wankpo, 2004).

Figure 1: Situation et présentation de la zone d'étude



2.2. Matériel

Le matériel végétal utilisé est la variété de cotonnier OKP 768 créée par le Centre de Recherches Agricoles – Coton et Fibres (CRA-CF). Cette variété a succédé à la variété H279-1 qui était cultivée dans la zone depuis plusieurs années. Ensuite, trois types de biopesticides ont été utilisés. Il s'agit du témoin de référence, agri-bio-pesticide qui est actuellement utilisé par la plupart des producteurs de coton biologique au Bénin, du Top bio et de l'huile de Thevetia. L'agri-bio-pesticide est un pesticide biologique à base de graines de neem, du savon indigène "koto" et du piment pili-pili. Selon Davel *et al.* (2014), l'huile extraite des graines de neem contient plusieurs molécules biologiquement actives dont l'azadirachtine, la nimbidine, la nimbidinine, la solanine, le déacétylazadirchtinol et le méliantriol. De plus, l'activité biocide des alcaloïdes, des saponines et des flavonoïdes extraits des fruits de *Capsicum frutescens* L. a été confirmée par Bouchelta *et al.* (2005). Le Top Bio est aussi un produit naturel à base de graines de neem qui contient de l'azadirachtine, nimbin, citronellal, citronellol, géraniol (Mehinto *et al.*, 2015). L'huile de thevetia contient la thevetin A et la thevetin B, la peruvoside, la nerrifolin, la thevetoxin et la rivoside. C'est un fongicide, un bactéricide et un insecticide (Rajbhar et Kumar, 2014). Les photos suivantes présentent les biopesticides comparés.



Photo 1 : Agri-bio-pesticide



Photo 2 : Top bio



Photo 3 : Huile de Thevetia

2.3. Méthodes

2.3.1. Dispositif Expérimental

Le dispositif expérimental est constitué des Blocs de Fisher avec 6 objets en 4 répétitions et des parcelles élémentaires de 8 lignes de 9 m de longueur dont 6 lignes sont traitées.

Les objets comparés dans cet essai et leurs caractéristiques sont décrits dans le tableau 1.

Tableau 1: Objets comparés et leurs doses

Objets	Bio-insecticides et concentrations	Dose (l/ha)
A	Non Traité	-
B	Agri-bio-pesticide 1 l/ha	1
C	Top-Bio 2 l/ha	2
D	Top-Bio 3 l/ha	3
E	Huile de <i>Thevetia</i> 2%	0,2
F	Huile de <i>Thevetia</i> 1%	0,1

Quatorze (14) applications de chaque objet ont été réalisées entre les 31^{ème} et 122^{ème} jours après la levée (j.a.l) de la culture avec une périodicité de 7 jours à l'aide d'un appareil à dos de type Solo 425 qui est un pulvérisateur manuel à dos à pression entretenue contenant 1,7 litres d'eau plus la quantité de produit pour traiter chaque objet aux 31, 38, 45, 52, 59, 66, 73, 80, 87, 94, 101, 108, 115 et 122^{ème} j.a.l. L'agri-bio-pesticide a été obtenu auprès d'une structure de production sise à Aglomè dans la Commune de Djidja. Le Top bio a été obtenu auprès de Bio Phyto Collines à Ogoudako situé dans la commune de Glazoué. L'extraction de l'huile de *Thevetia* a été réalisée avec 0,0522 g/ml d'éthylacétate à l'aide du dispositif de Soxhlet au Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée (LARBA) et au Laboratoire d'Etude et de Recherche en Chimie Appliquée (LERCA) de l'EPAC à l'UAC. Lors de la préparation de la bouillie de l'huile de *Thevetia*, il a été ajouté au contenu du pulvérisateur, du savon liquide Mir multi-usages utilisé comme un émulsifiant (adjuvant) à la même dose que le produit.

2.3.2. Données Collectées

Dans les conditions d'expérimentations au champ, l'efficacité des extraits de plantes est généralement mesurée à travers l'abondance des populations des ravageurs ou la sévérité des dégâts (Yarou *et al.*, 2017). Concernant l'évaluation de l'effet des biopesticides sur les ravageurs carpophages, nous avons collecté les données suivantes :

- les chenilles carpophages (*Helicoverpa armigera*, *Earias biplaga*, *Diparopsis watersi*, *Pectinophora gossypiella*, *Thaumatotibia leucotreta*) ont été dénombrées à la veille de chaque traitement, soit au 30, 37, 44, 51, 58, 65, 72, 79, 86, 93, 100, 107, 114 et 121 j.a.l, sur 30 plants par parcelle élémentaire pris par groupe de 5 plants de façon consécutive sur les lignes centrales, selon la méthode séquentielle dite de « la diagonale » (Bruno *et al.*, 2000 ; Nibouche *et al.*, 2003) du 30^{ème} au 121^{ème} j.a.l des cotonniers ;
- Au niveau de l'évaluation des dégâts des ravageurs carpophages, nous avons collecté les données suivantes:
- les capsules vertes ont été dépouillées afin de dénombrer les capsules saines ou attaquées (trouées, parasitées et piquées). Cette analyse sanitaire des capsules vertes a été réalisée de façon hebdomadaire sur 50 capsules vertes de même âge (diamètre supérieur à 2 cm) par parcelle élémentaire sur les lignes 2 et 7 à partir du 80^{ème} jusqu'au 115^{ème} j.a.l.
- les capsules mûres ont été dépouillées afin de dénombrer les capsules saines et attaquées (trouées, piquées, pourries et momifiées). Cette analyse sanitaire des capsules mûres a été réalisée à la récolte sur la ligne 3 sur une séquence de 7 m délimitée au centre de la ligne.

2.3.3. Méthode D'analyse des Données

Afin de tester l'effet « traitement » (facteur fixe) et celui du bloc (facteur aléatoire) sur la densité des ravageurs carpophages et leurs dégâts, différents modèles ont été utilisés. Il s'agit des modèles linéaires généralisés à effets mixtes, les modèles linéaires généralisés à effets fixes, les modèles linéaires à effets mixtes et des modèles linéaires à effets fixes. Pour chaque catégorie de variable réponse, différents modèles à effets mixtes sont établis et testés (modèle complet, modèle à intercept aléatoire, modèle à

pende aléatoire puis modèle à pente aléatoire et intercept aléatoire). Le meilleur est retenu sur la base de l'AICc le plus faible (Burnham et Anderson, 2002). Au cas où il est observé la non-significativité de l'effet bloc (Prob. > 0,05 ou ICC < 50%), le nouveau modèle établi est un modèle croisé fixe. Quand les effets individuels sont significatifs, la structuration des moyennes est faite afin d'identifier les meilleurs groupes de traitement qui ont des effets significatifs sur les ravageurs carpophages et leurs dégâts en culture cotonnière biologique au Bénin.

Le logiciel R Studio 3.3.3 (R Development Core Team, 2017) a été utilisé pour le traitement des données recueillies en culture cotonnière biologique au Centre du Bénin. En effet, les fonctions "glmmadmb" et "glmmPQL" du package "glmmADMB" (Bolker *et al.*, 2012), dans le cadre des modèles linéaires généralisés à effets mixtes, ont été utilisées pour voir l'existence d'une différence significative des facteurs traitement et bloc suivant le nombre de ravageurs carpophages (distribution de poisson et ses extensions ont été testées); le pourcentage de capsules vertes et mûres saines ou attaqués par ces ravageurs (distribution bêta) dans le temps. La significativité des facteurs fixes a été évaluée avec la fonction "Anova" du package "car" (Fox and Weisberg, 2011) et celle du facteur aléatoire sur la base du calcul des Corrélations InterClasse (ICC). Préalablement, le choix du meilleur modèle a été fait sur la base des résultats produits avec la fonction "AICctab" du package "bbmle" (Burnham et Anderson, 2002). La réalisation des modèles linéaires à effets fixes a impliqué deux cas : (i) cas des modèles linéaires généralisés à effets fixes où la fonction "glm" du package "MASS" (Venables et Ripley, 2002) a été utilisée et (ii) le cas des modèles linéaires à effets fixes avec l'usage de la fonction "lm" du package "stats" par défaut. En cas de différence significative observée au seuil de 5%, un post-hoc test relatif à la méthode de Tukey a été fait pour comparaison multiple de moyennes ajustées du facteur traitement, avec le package 'lsmeans' (Russell, 2016), puis représenté sous forme graphique. Les barres affectées d'une lettre identique ne sont pas statistiquement différentes pour tous les traitements. De même, les valeurs possédant la même lettre ne sont pas significativement différentes.

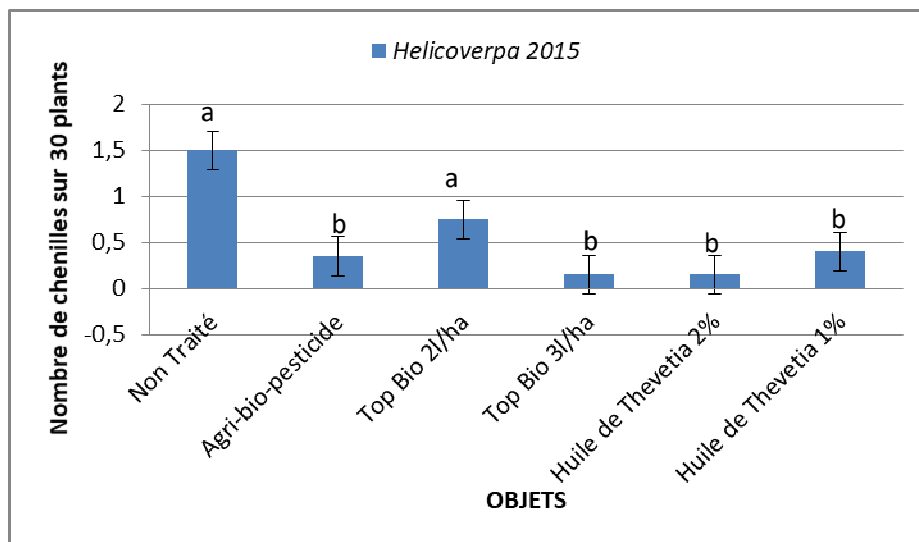
3. Résultats

3.1. Influence du Top Bio et de L'huile de Thevetia sur la Densité des Ravageurs

3.1.1. Influence du Top Bio et de L'huile de Thevetia sur les Chenilles de *Helicoverpa armigera*

La figure 2 présente les résultats de dénombrement des chenilles de *Helicoverpa armigera* sur 30 plants de cotonniers à Gobé. Ces résultats ont été très hautement significatifs à 0,1% au niveau du nombre moyen de *H. armigera* ($P = 7,191e-10$). Le nombre moyen de chenille de *H. armigera* a varié de 0,15 chenille (top bio dosé à 3 l/ha et l'huile de Thevetia dosé à 2%) à 1,5 chenille (Non traité). En dehors de Top bio 2 l/ha, tous les autres biopesticides ont réduit le nombre de *H. armigera* par rapport au Non traité. Mais aucune différence significative n'est observée entre les biopesticides qui ont présenté la même performance sur les chenilles de *H. armigera* que le témoin de référence agri-bio-pesticide.

Figure 2: Nombre de chenilles de *Helicoverpa armigera* sur 30 plants

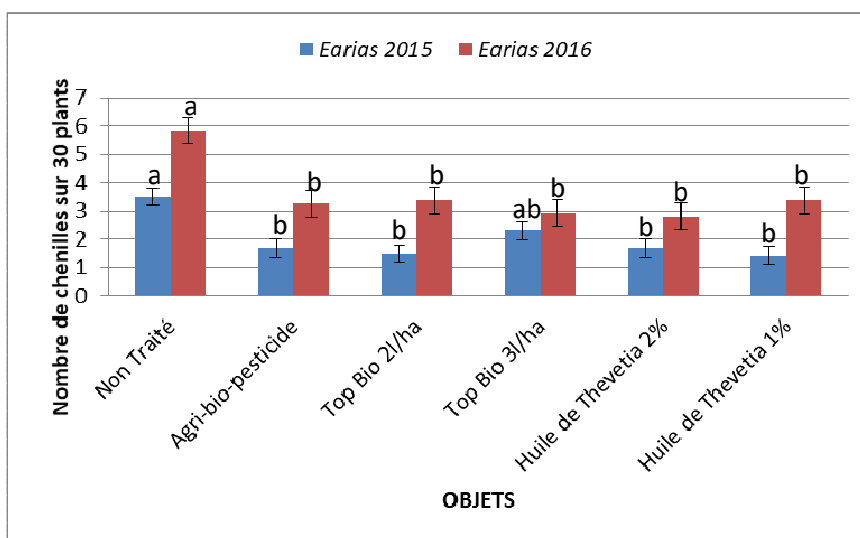


3.1.1. Influence du Top Bio et de L'huile de Thevetia sur les Chenilles de *Earias biplaga*

La figure 2 montre les résultats de dénombrement des chenilles de *Earias biplaga* sur 30 plants. Ces résultats ont été très hautement significatifs à 0,1% au niveau du nombre moyen de *E. biplaga* ($P = 3,55e-11$). Le nombre de *E. biplaga* a oscillé en moyenne entre 1,4 et 3,5 chenilles respectivement pour l'huile de Thevetia dosé à 1% et le Non traité en 2015. Mais en 2016, ce nombre a varié entre 2,81 et 5,84 chenilles respectivement pour l'huile de Thevetia dosé à 2% et le Non traité. En 2015, en dehors de Top bio dosé à 3 l/ha, tous les biopesticides ont réduit le nombre de *Earias biplaga* par rapport au Non traité. Mais tous ces biopesticides ont été équivalents à agri-bio-pesticide.

En 2016, tous les biopesticides ont réduit le nombre de *Earias biplaga* par rapport au Non traité. Mais il n'existe pas de différence significative entre les biopesticides qui ont présenté la même performance sur les chenilles de *Earias biplaga* que le témoin de référence agri-bio-pesticide.

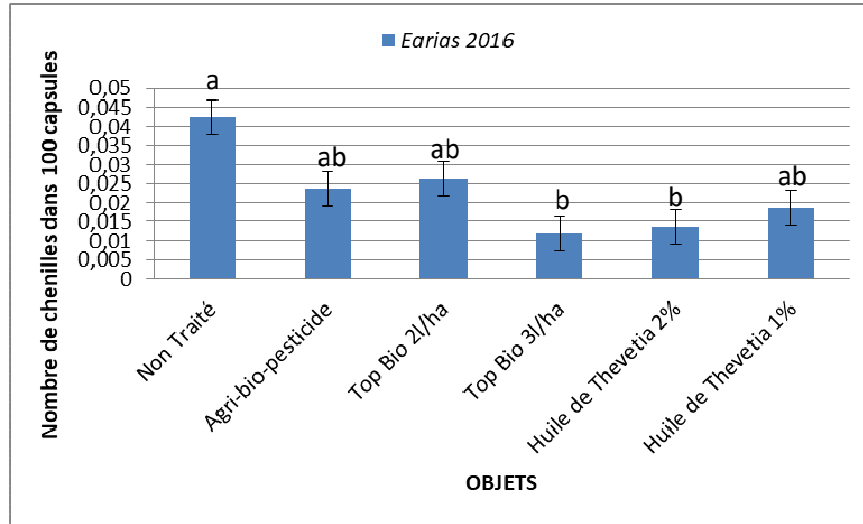
Figure 3: Nombre de chenilles de *Earias biplaga* sur 30 plants



La figure 4 montre le nombre moyen de chenille de *Earias biplaga* dénombré dans 100 capsules vertes à Gobé. Ces résultats ont été très hautement significatifs à 0,1% au niveau du nombre moyen de *E. biplaga* ($P = 0,0004108$). Relativement faible, le nombre de cette chenille a oscillé entre

0,01 \pm 0,005 et 0,04 \pm 0,005 chenille dans 100 capsules respectivement pour top bio dosé à 3 l/ha et l'huile de Thevetia dosé à 2% d'une part et d'autre part pour le Non traité. Le Top bio dosé à 3 l/ha et l'huile de Thevetia dosé à 2% ont significativement réduit le nombre de *E. biplaga* par rapport au Non traité. Mais, aucune différence significative n'est observée entre les biopesticides qui ont présenté la même performance sur les chenilles de *Earias biplaga* que le témoin de référence agri-bio-pesticide.

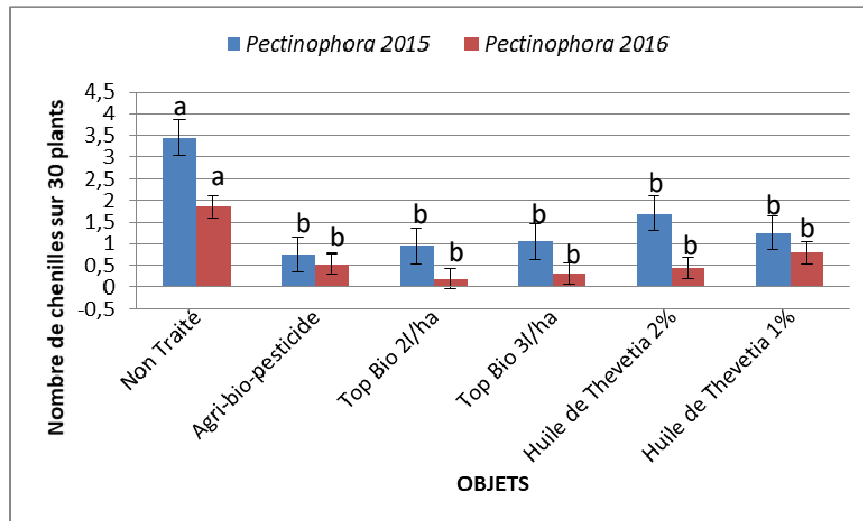
Figure 4: Nombre de chenilles de *Earias biplaga* dans cent capsules vertes



3.1.1. Influence du Top Bio et de L'huile de Thevetia sur les Chenilles de *Pectinophora gossypiella*

La figure 5 montre le nombre moyen de chenilles de *Pectinophora gossypiella* dénombrées sur 30 plants. Ces résultats ont été très hautement significatifs à 0,1% au niveau du nombre moyen de *P. gossypiella* ($P = 7,295e-15$). Le nombre moyen de chenilles de *P. gossypiella* a varié entre 0,75 (agri-bio-pesticide) à 3,45 chenilles (Non traité) en 2015, contre 0,19 chenille (Top bio dosé à 2 l/ha) à 1,84 chenille (Non traité) en 2016. Durant ces deux années, tous les biopesticides ont réduit le nombre de chenilles de *P. gossypiella* par rapport au Non traité. Mais, il n'existe pas de différence significative entre ces biopesticides qui ont été équivalents à agri-bio-pesticide sur *P. gossypiella*.

Figure 5: Nombre de chenilles de *Pectinophora gossypiella* sur 30 plants



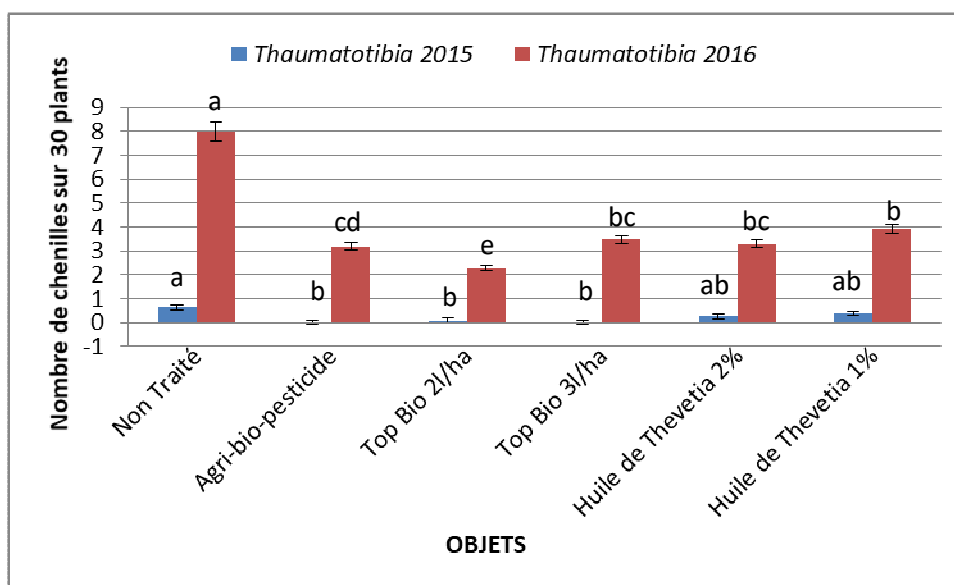
3.1.1. Influence du Top Bio et de L'huile de Thevetia sur les Chenilles de *Thaumatotibia leucotreta*

Les résultats de dénombrement de chenilles de *Thaumatotibia leucotreta* sur 30 plants, ont été présentés par la figure 6. Ces résultats ont été très hautement significatifs à 0,1% au niveau du nombre moyen de *T. leucotreta* ($P = 2,2e-16$). Le nombre de chenilles de *T. leucotreta* a oscillé entre 0,00 chenilles (agri-bio-pesticide et Top bio dosé à 3 l/ha) et 0,65 chenille (Non traité) en 2015 contre 2,28 chenilles (Top bio dosé à 2 l/ha) et 8,00 chenilles (Non traité) en 2016.

En 2015, agri-bio-pesticide et les deux doses de Top bio ont réduit significativement le nombre de chenilles de *T. leucotreta* par rapport au Non traité. Mais il n'existe pas de différence significative entre les biopesticides qui ont été équivalents à agri-bio-pesticide.

En 2016, tous les biopesticides ont réduit significativement le nombre de chenilles de *T. leucotreta* par rapport au Non traité. Ces résultats ont été discriminants au niveau des biopesticides comparés. Le Top bio dosé à 2 l/ha a été meilleur à tous les autres biopesticides y compris agri-bio-pesticide. Mais le Top bio dosé à 3 l/ha et l'huile de Thevetia dosé à 2% ont été équivalents à agri-bio-pesticide. L'huile de Thevetia dosé à 1% a été moins performante que agri-bio-pesticide sur les chenilles de *T. leucotreta*. Cette dose est donc insuffisante sur ce ravageur.

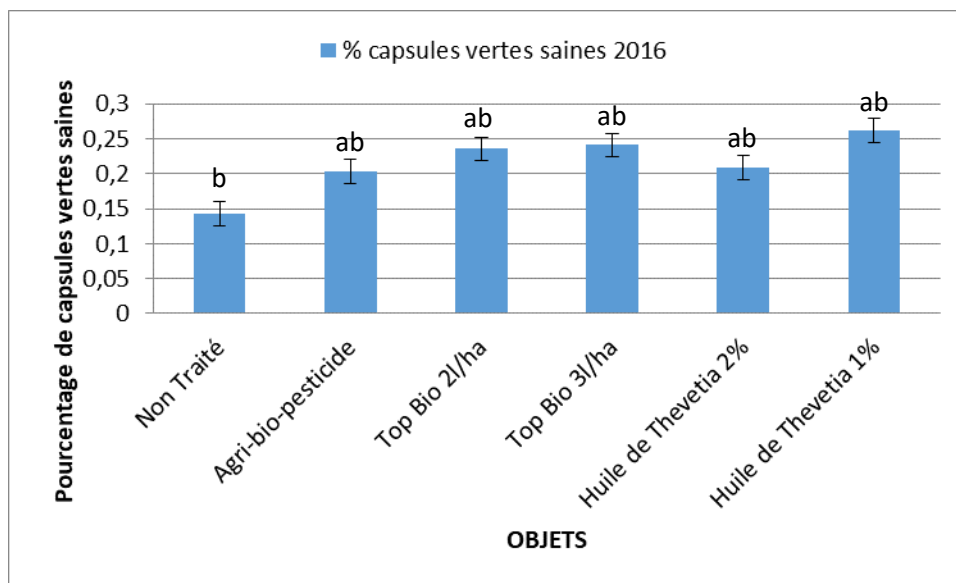
Figure 6: Nombre de chenilles de *Thaumatotibia leucotreta* sur 30 plants



3.2. Influence du Top Bio et de L'huile de Thevetia sur les Dégâts des Ravageurs Carpophages

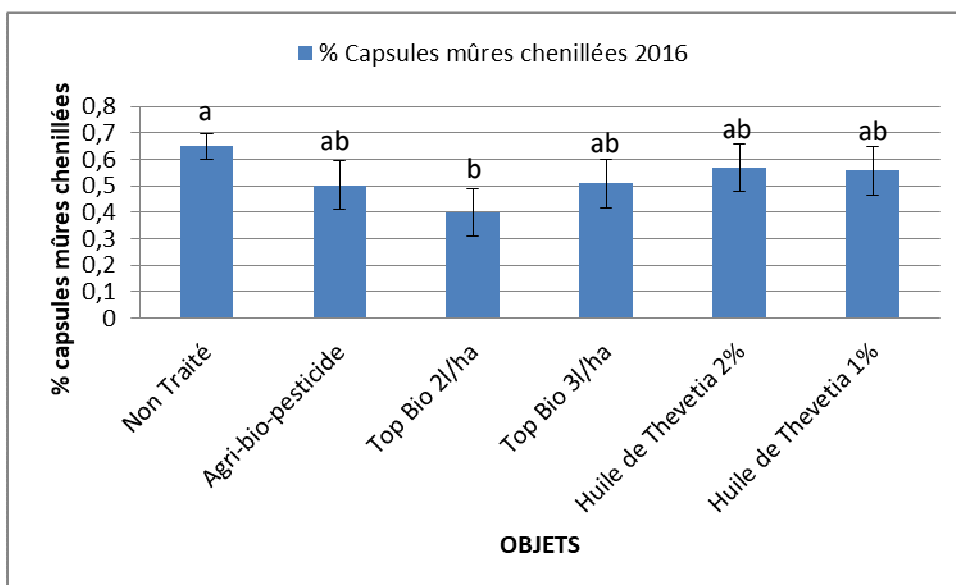
3.2.1. Influence du Top Bio et de L'huile de Thevetia sur le Pourcentage de Capsules Vertes Saines

Les résultats obtenus lors du dépouillement des capsules vertes saines sont présentés par la figure 7. Ces résultats ont été significatifs à 5% au niveau du pourcentage de capsules vertes saines ($P = 0,038945$). Le pourcentage de capsules vertes saines a varié de $14,25 \pm 2,8\%$ à $26,25 \pm 2,8\%$ respectivement pour le Non traité et l'huile de Thevetia dosé à 1%. Il n'existe pas de différence significative entre les biopesticides comparés qui ont été équivalents à agri-bio-pesticide.

Figure 7: Pourcentage de capsules vertes saines

3.2.1. Influence du Top Bio et de L'huile de Thevetia sur le Pourcentage de Capsules Mûres Chenillées

La figure 8 présente les résultats de dépouillement des capsules mûres chenillées. Ces résultats ont été très hautement significatifs à 0,1% au niveau du pourcentage de capsules mûres chenillées ($P = 2,864e-05$). Ce pourcentage a varié de $39,85 \pm 8,9\%$ à $64,96 \pm 4,9\%$ respectivement pour le Top bio dosé à 2 l/ha et le Non traité. Le Top bio dosé à 2 l/ha a réduit significativement le pourcentage de capsules mûres chenillées par rapport au Non traité. Mais, il n'existe pas de différence significative entre ces biopesticides qui ont présenté la même performance que agri-bio-pesticide sur les capsules mûres chenillées.

Figure 8: Pourcentage de capsules mûres chenillées

3.3. Influence du Top Bio et de L'huile de Thevetia sur le Rendement du Coton-Graine

Le tableau 2 présente les résultats de rendement de coton graine obtenu en 2015 et 2016. Les parcelles traitées avec l'huile de Thevetia dosé à 2% ont permis d'obtenir 552,08 ±54,24 kg/ha contre 190,97 ±54,24 kg/ha pour les parcelles "Non traitées" en 2015. Mais, en 2016, Ce sont les parcelles traitées avec l'huile de Thevetia dosé à 1% qui ont permis d'obtenir 455,36 ±85,93 kg/ha contre 318,39 ±85,93 kg/ha pour les parcelles "Non traitées". Ces résultats n'ont pas été significatifs au seuil de 5%.

Tableau 2: Rendement de coton-graine en 2015 et 2016

Traitements	Rendement	
	2015	2016
Non Traité	190,97 ±54,24	318,39 ±85,93
Agri-bio-pesticide	390,97 ±54,24	321,43 ±85,93
Top Bio 3l/ha	513,89 ±54,24	348,21 ±85,93
Top Bio 2l/ha	461,81 ±54,24	341,25 ±85,93
Huile de Thevetia 2%	552,08 ±54,24	334,82 ±85,93
Huile de Thevetia 1%	489,58 ±54,24	455,36 ±85,93
Chisq	0,7745	9,544
Pr (chisq)	0,6407	0,3886

4. Discussion

L'utilisation des pesticides botaniques contribue à la protection de l'environnement (Philogène *et al.*, 2003, Azonkpin, 2019). Ce sont des composés naturels très peu persistants, ce qui représente un avantage environnemental appréciable pour l'équilibre des écosystèmes (Scott *et al.*, 2003 ; Regnault-Roger *et al.*, 2008, Meftah *et al.*, 2011).

Les résultats de l'évaluation de l'effet du Top bio sur la densité des chenilles carpophages du cotonnier montrent qu'il y a une différence significative par rapport aux observations faites sur ces chenilles dans les parcelles non traitées qui ont hébergé plus de ravageurs que les parcelles traitées. Des résultats similaires ont été obtenus par Azonkpin *et al.* (2018a, 2019). Gnago *et al.* (2010) ont montré que les populations de chenilles et de pucerons ont été moins importantes sur les parcelles de cultures (chou et gombo) traitées avec l'extrait de graines de *Azadirachta indica* que sur celles non traitées.

Le Top bio dosé à 2 ou à 3 l/ha, a présenté la même performance que le témoin de référence agri-bio-pesticide pour le contrôle de *H. armigera*, *E. biplaga*, *P. gossypiella* et *T. leucotreta*. Ces résultats sont similaires à ceux de Azonkpin *et al.* (2018a, 2019) qui ont évalué l'effet du baume de cajou sur ces ravageurs. L'effet insecticide des graines de neem contenu dans le Top bio et l'agri-bio-pesticide a été montré par plusieurs auteurs. En effet, selon Deravel *et al.* (2014), l'huile extraite des graines de neem contient plusieurs molécules biologiquement actives dont l'azadirachtine, la nimbidine, la nimbidinine, la solanine, le déacétylazadirchtinol et le méliantriol. L'effet insecticide du piment contenu dans l'agri-bio-pesticide a été montré aussi par plusieurs auteurs. L'activité biocide des alcaloïdes, des saponines et des flavonoïdes extraits des fruits de *Capsicum frutescens* L. a été confirmée par Bouchelta *et al.* (2005). Siri wattanarungsee *et al.*, 2008 ont constaté que l'Azadirachtine provoquait une perturbation de croissance chez les larves et une inhibition de la fécondité des mouches adultes. Selon Chougourou *et al.* (2012), les traitements larvaires de mouche domestique, ont prouvé que les huiles de *Azadirachta indica* ont présenté une propriété larvicide très forte contre *Musca domestica* au stade 3. Mais, plusieurs études ont montré que les composés de neem en général et des graines de cette espèce végétale en particulier, contenaient une quantité élevée d'azadirachtine, composé régulateur de la dynamique des insectes ravageurs des cultures et des stocks, mais aussi des insectes vecteurs (Liang *et al.*, 2003 ; Aggarwal et Brar, 2006 ; Siddiqui *et al.*, 2009; Degri *et al.*, 2013; Shannag *et al.*, 2014, Azonkpin *et al.*, 2018a et c).

Concernant l'influence du Top bio sur les dégâts des ravageurs carpophages, notre étude a révélé que l'utilisation de ce biopesticide a permis d'augmenter le pourcentage de capsules vertes saines et de diminuer le pourcentage de capsules mûres chenillées au même titre que le témoin de référence agri-bio-pesticide. Des résultats similaires ont été obtenus par Azonkpin *et al.* (2018a, 2019) qui ont évalué l'effet du baume de cajou sur les dégâts de ces ravageurs. Bonni *et al.* (2018) ont obtenu des résultats similaires lorsqu'ils ont évalué l'efficacité des programmes de traitement phytosanitaire à base de kaolin, de neem et d'insecticide sur les ravageurs endocarpiques du cotonnier. Amtul (2014) a rapporté que *Azadirachta indica* renferme des composés agissant comme des inhibiteurs de l'enzyme digestive alpha-amylase chez l'insecte ravageur *Tribolium castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidae). Echereobia *et al.* (2010) ont montré que des extraits aqueux à 10 % de *Azadirachta indica*, de *Piper guineense* Schumacher et Thonn. (Piperaceae), de *Xylopiya aethiopica*, de *Garcinia kola* Heckel (Culsiaceae) et de *Aframomum melegueta* K. Schum. (Zingiberaceae) induisaient une activité répulsive sur la chrysomèle défoliatrice du gombo (*Podagrica unifroma* Jacoby) variant de 20 à 100 % selon la plante. L'azadirachtine, un composé de l'arbre de Neem *Azadirachta indica* A. Juss (famille des Meliaceae) peut contrôler plus de 400 espèces d'insectes dont les ravageurs du cotonnier (Isman, 1999 ; Shafiq *et al.*, 2012 ; Douro *et al.*, 2013).

Quant à l'huile de Thevetia dosé à 1% et 2%, nos résultats ont montré que ces doses ont présenté la même performance que le témoin de référence agri-bio-pesticide pour le contrôle de *H. armigera*, *E. biplaga*, *P. gossypiella* et *T. leucotreta*. Mais, l'huile de Thevetia dosé à 1% a été moins performante que agri-bio-pesticide sur les chenilles de *T. leucotreta*. Ces résultats sont similaires à ceux de Azonkpin *et al.* (2018a, 2019) qui ont évalué l'effet du baume de cajou sur ces ravageurs. Des résultats similaires ont été obtenus par Chougourou *et al.* (2012) qui ont révélé que l'huile de *Thevetia peruviana* a présenté une propriété larvicide très forte contre les larves de *Musca domestica* au stade 3. Elle a été aussi efficace sur les moustiques qui sont résistants aux insecticides chimiques comme les pyréthrinoïdes (Akpo *et al.*, 2017).

Concernant l'influence de l'huile de Thevetia dosé à 1% et 2% sur les dégâts des ravageurs carpophages, notre étude a révélé que l'utilisation de ce biopesticide a permis d'augmenter le pourcentage de capsules vertes saines et de diminuer le pourcentage de capsules mûres chenillées au même titre que le témoin de référence agri-bio-pesticide. Des résultats similaires ont été obtenus par Azonkpin *et al.* (2018a, 2019) qui ont révélés que les différentes concentrations de baume de cajou ont eu la même performance que le témoin de référence, agri-bio-pesticide sur les capsules vertes ou mûres.

Conclusion

La recherche de nouveaux biopesticides a conduit à tester l'efficacité de deux doses de top bio et d'huile de Thevetia sur les ravageurs carpophages du cotonnier au Centre du Bénin. L'étude a montré que les différentes doses de top bio et d'huile de Thevetia ont réduit significativement le nombre de chenilles de *H. armigera*, *E. biplaga*, *P. gossypiella* et *T. leucotreta*. Mais, l'huile de Thevetia dosé à 1% a été moins performante que agri-bio-pesticide sur les chenilles de *T. leucotreta*.

Concernant l'influence des biopesticides sur les dégâts des ravageurs carpophages, notre étude a révélé que l'utilisation de ces biopesticides a permis d'augmenter le pourcentage de capsules vertes saines et de diminuer le pourcentage de capsules mûres chenillées au même titre que le témoin de référence agri-bio-pesticide.

Les extraits de végétaux testés ont contrôlé les ravageurs carpophages du cotonnier au Centre du Bénin. Ainsi, ces biopesticides botaniques peuvent être utilisés dans un programme de lutte alternative contre ces ravageurs carpophages, en culture de coton biologique. Mais avant de généraliser le traitement dans l'avenir, il serait intéressant d'isoler, de mieux connaître les composés de l'huile de Thevetia susceptibles d'être efficaces et de formuler des biopesticides à l'usage des producteurs. Il serait aussi intéressant d'évaluer l'effet de ces biopesticides sur les parasitoïdes et les

entomopathogènes car dans les conditions de production, les produits biologiques les plus intéressants, utilisés en protection des plantes, sont ceux qui ont un impact minimal sur l'ensemble des composantes de l'agroécosystème sauf pour les ravageurs ciblés (NAP, 1996). En production cotonnière biologique, ces biopesticides peuvent être une solution alternative et contribuer à la préservation de la santé des populations.

Références

- [1] **Aggarwal N., Brar D. S., 2006.** Effects of different neem preparations in comparison to synthetic insecticides on the whitefly parasitoid *Encarsia Sophia* (Hymenoptera : Aphelinidae) and the predator *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) on cotton under laboratory conditions. *Journal of Pest Science*, 79(4): 201-207.
- [2] **Akpo A. A., 2017.** Evaluation de l'efficacité des extraits des Plantes locales pour le contrôle des vecteurs du paludisme résistants aux pyréthrinoïdes au Bénin (Afrique de l'Ouest). *Thèse de Doctorat de l'Université d'Abomey-Calavi*. 253p.
- [3] **Akpo A. A., Chougourou C. D., Osse A. R., Dossou J., Akinro B., Akogbéto M., 2017.** Etude de l'efficacité de l'huile de *Thevetia Neriifolia* pour le contrôle de *Anopheles Gambiae* S.L résistant aux Pyréthrinoïdes. *European Scientific Journal*, 13(24) : 231-248.
- [4] **Amtul J. S., 2014.** *Azadirachta indica* derived compounds as inhibitors of digestive alpha-amylase in insect pests: Potential bio-pesticides in insect pest management. *Europ. J. Exp. Biol.*, 4(1): 259-264.
- [5] **Azonkpin S., 2019.** Diagnostic des systèmes de culture du coton biologique et effets de biopesticides botaniques sur les ravageurs et prédateurs épigés associés au Bénin. *Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Bénin*, 203 p.
- [6] **Azonkpin S., Akpo A. A., Kpoviessi A. D., Santos C. C. J., Djihinto C. A., Chougourou C. D. 2019.** Efficacité du baume de cajou contre les chenilles carpophages du cotonnier au Centre du Bénin. *Les Cahiers du CBRST « Agriculture, Environnement et Sciences de l'Ingénieur »* N° 15; ISSN : 1840-703X, Dépôt légal n° 11535, Bibliothèque Nationale du Bénin. 24-46.
- [7] **Azonkpin S., Chougourou C. D., Bokonon-Ganta H. A., Dossou J., Ahoton E. L., Soumanou M. M., VODOUHE D. S., 2018a.** Efficacité du baume de cajou contre les chenilles carpophages du cotonnier au Nord du Bénin. *European Scientific Journal* 14(24) : 464-489.
- [8] **Azonkpin S., Chougourou C. D., Agbangba C. E., Santos J. C. C., Soumanou M. M., Vodouhe D. S. 2018b.** Typologie des systèmes de culture de coton biologique au Bénin ; *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 12(4): 1688-1704.
- [9] **Azonkpin S., Chougourou C. D., Djihinto C. A, Bokonon-Ganta H. A., Ahoton E. L., Dossou J., Soumanou M. M. 2018c.** Effets du baume de cajou sur les pucerons et leurs prédateurs en culture cotonnière biologique au Centre du Bénin. *European Journal of Scientific Research*. 150(4) : 405-419.
- [10] **Badiane D. 1995.** Situation parasitaire entomologique du cotonnier au Sénégal et méthodes de contrôle. Mémoire de titularisation, entomologie agricole, Tambacounda : Direction de Recherches sur les Cultures et Systèmes Pluviaux de l'ISRA. 81p.
- [11] **Baffes J., 2007.** The "cotton problem" in west and central Africa: The case for domestic reforms. CATO Institute, *Econ. Dev. Bull.* N°11.
- [12] **Bolker B., Skaug H., Magnusson A., Nielsen A., 2012.** Getting started with the glmmADMB package. Retrieved from <http://glmmadmb.r-forge.r-project.org/glmmADMB.html>.
- [13] **Bonni G., Azonkpin S., Paraïso A., 2018.** Efficacité des programmes de traitement phytosanitaire à base de kaolin, de neem et d'insecticide dans la gestion des chenilles endocarpiques du cotonnier dans la zone Centre du Bénin. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 40(1), 20-31.

- [14] **Bouchelta A., Boughdad A., Blenzar A., 2005.** Effets biocides des alcaloïdes, des saponines et des flavonoïdes extraits de *Capsicum frutescens* L. (Solanaceae) sur *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hom ; Aleyrodidae). *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* 9 : 259-269.
- [15] **Bruno M., Togola M., Térétal., Traoré N. N., 2000.** La lutte contre les ravageurs du cotonnier au Mali : problématique et évolution récente. *Cahiers Agricultures* 9 : 109-115.
- [16] **Burnham K. P., Anderson D. R., 2002.** Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach, 2nd edn. Springer, New York.
- [17] **Chougourou C. D., Dellouh P. L., Agbaka A., N'guessan K. R., Gbenou J. D., 2012.** Toxicité et effets répulsifs de certaines huiles extraites des plantes locales béninoises sur la mouche domestique *Musca domestica* L. (Diptera Muscidae). *Journal of Applied Biosciences* 55 : 3953– 3961.
- [18] **Degri M. M., Mailafiya D. M., Wabekwa J. W., 2013.** Efficacy of aqueous leaf extracts and synthetic insecticide on pod-sucking bugs infestation of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) in the Guinea Savanna Region of Nigeria. *Advances in Entomology*, 1(2): 10-14.
- [19] **Deravel J., Krier F., Jacques P., 2014.** Les biopesticides, compléments et alternatives aux produits phytosanitaires chimiques (synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 18(2), 220-232.
- [20] **Fox J., Weisberg S., 2011.** An {R} Companion to Applied Regression, Second Edition. Thousand Oaks CA: Sage. URL: <http://socserv.socsci.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion>.
- [21] **Douro Kpindou O. K., Paraiso A., Djegui D. A., Maffon S., Glitho I. A., Tamo M., 2013.** Comparative study of the efficacy of entomopathogenic fungi, chemicals and botanical pesticides management of cotton pest and their natural enemies in Benin. *International Journal of Science and advanced Technology*. Vol. 3, N° 1, 21-33.
- [22] **Echereobia C. O., Okerere C. S., Emeaso K. C., 2010.** Determination of repellence potentials of some aqueous plant extracts against okra flea beetles *Podagrica uniforma*. *J. Biopesticides*, 3(2), 505-507.
- [23] **Gnago A. J., Danho M., Atcham Agneroh T., Fofana K. I., Kohou G. A., 2010.** Efficacité des extraits de neem (*Azadirachta indica*) et de papayer (*Carica papaya*) dans la lutte contre les insectes ravageurs du gombo (*Abelmoschus esculentus*) et du chou (*Brassica oleracea*) en Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4(4): 953-966.
- [24] **Isman M. B., 1999.** Neem and related natural products. In: *Biopesticides: use and delivery*. Ed. by Hall FR, Menn JJ, Springer, Humana Totowa, 139–153.
- [25] **Katary A., 2003.** Etude spatio-temporelle de la gestion de la résistance de *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) aux pyrèthrinoides en culture cotonnière au Bénin. *Thèse de Doctorat d'Etat ès-sciences Naturelles, option entomologie agricole. Université de Cocody, Abidjan.* 250 p.
- [26] **Kpoviessi A. D., Dossou J., Chougourou C. D., Bokonon-Ganta H. A., Francisco A. R., Fassinou-Hotegni V. N., 2017a.** Evaluation de l'effet insecticide et insectifuge du baume de cajou sur les insectes nuisibles du niébé *Vigna unguiculata* (L.) Walp. au Champ. *European Journal of Scientific Research* 146 (4), 417 – 432.
- [27] **Kpoviessi A. D., Chougourou C. D., Bokonon-Ganta H. A., Fassinou-Hotegni V. N., Dossou J., 2017b.** Bioefficacy of powdery formulations based on kaolin powder and cashew (*Anacardium occidentale* L.) balms against *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera, Chrysomelidae: Bruchinae) on stored cowpea (*Vigna unguiculata* L.). *Int. J. Biol. Sci.* 1424-1436. doi:<http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i4.3>.
- [28] **Liang G.-M., Chen W., Liu T. X., 2003.** Effects of three neem-based insecticides on diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). *Crop Protection*, 22: 333-340.
- [29] **Meftah H, Boughdad A, Bouchelta A, 2011.** Effet biocide des extraits aqueux bruts de *Capsicum frutescens*, *Melia azedarach* et *Peganum harmala* sur *Euphyllura olivina* Costa

- (Homoptera, Tirés à part : H. Meftah Psyllidae) en verger. *Cah. Agric.* 20 : 463-7. doi : 10.1684/agr.2011.0531.
- [30] **Mehinto J. T., Atachi P., Elégbédé M., Kpindou O. K. D., Tamò M., 2015.** Efficacité comparée des insecticides de natures différentes dans la gestion des insectes ravageurs du niébé au Centre du Bénin. *Journal of Applied Biosciences* 84 : 7695 – 7706.
- [31] **Mensah R. K., Vodouhe D. S., Sanfillippo D., Assogba G., Monday P., 2012.** Increasing organic cotton production in Benin West Africa with a supplementary food spray product to manage pests and beneficial insects, *International Journal of Pest Management*, 58:1, 53-64.
- [32] **Miranda J. E., Rodrigues S. M. M., de Almeida R. P., da Silva C. A. D., Togola M., Hema S. A. O., Somé N. H., Bonni G., Adegnika M. O., Doyam A. N., Diambo B. L., 2013.** Reconnaissance de ravageurs et ennemis naturels pour les pays C-4. *Embrapa Information Technologique*. 74p.
- [33] **Moseley W., Gray L. C., 2008.** Hanging by a thread: cotton, globalization and poverty in Africa. Othio University Press, Athens, OH.
- [34] **NAP, 1996.** Ecologically based pest management – New solution for new century. Board on agriculture. *National Research Council* ISBN 0-309-05330-7. Washington (DC) : NAP.
- [35] **Nibouche S., Beyo J., Gozé E., 2003.** Mise au point d'une méthode d'échantillonnage rapide des chenilles de la capsule du cotonnier. In Savanes africaines: des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis. Actes du colloque, Garoua, Cameroun (pp. 5-p). Cirad-Prasac.
- [36] **OBEPAB (Organisation Béninoise pour la Promotion de l'Agriculture Biologique), 2002.** Le coton au Bénin: rapport de consultation sur le coton conventionnel et le coton biologique au Bénin. Pesticides Poverty and Livelihoods project. *Pesticide Action Network United Kingdom (PAN UK)*, London, United Kingdom, 36p.
- [37] **Ochou O. G., N'Guessan E., Koto E., Kouadio N., Ouraga Y., Téhia K., Touré Y., 2006.** Bien produire du coton en Côte d'Ivoire. Fiche technique coton n° 1. *Centre national de recherche agronomique (CNRA)*, 4p.
- [38] **Philogène B. J. R., Regnault-Roger C., Vincent C., 2003.** Produits phytosanitaires insecticides d'origine végétale: promesses d'hier et d'aujourd'hui. In *Biopesticides d'Origine Végétale*, Roger C., Philogène B. J. R., Vincent C. (eds). Lavoisier TEC & DOC : Paris ; 1-15.
- [39] **Rajbhar N., Kumar A., 2014.** Pharmacological importance of *Thevetia peruviana*. *International Journal of Pharmaceutical and Chemical Sciences*, 3 (1) : 260-263.
- [40] **R Development Core Team, 2017.** R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. www.r-project.org.
- [41] **Regnault-Roger C., Philogène B. J. R., Vincent C., eds, 2008.** Biopesticides d'origine végétale. 2e édition, Paris : Lavoisier Tech & Doc.
- [42] **Russell V. L., 2016.** Least-Squares Means: The R Package lsmeans. *Journal of Statistical Software*, 69(1), 1-33. doi:10.18637/jss.v069.i01.
- [43] **Sarr M., Badiane D., Sane B., 2016.** Evaluation de l'efficacité de nouveaux programmes de protection phytosanitaire contre les principaux ravageurs du cotonnier *Gossypium hirsutum* L. au Sénégal. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 10(5): 2163-2174. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i5.18>.
- [44] **Scott I. M., Jensen H., Scott J. G., Isman M. B., Arnason J. T., Philogène B. J. R., 2003.** Botanical insecticides for controlling agricultural pests : Piperamides and the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera ; Chrysomelidae). *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 54 : 212-25.
- [45] **Shafiq M. A., Nadeem A., Fazil H., 2012.** Potential of Biopesticides in Sustainable Agriculture, Strategies for Sustainability. *Environmental Protection Strategies for Sustainable Development*, 529-595.

- [46] **Shannag H. S., Capinera J. L., Freihat N. M., 2014.** Efficacy of different neem-based biopesticides against green peach aphid, *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). *International Journal of Agricultural Policy and Research*, 2(2): 061-068.
- [47] **Siddiqui B. S., Ali S. K., Ali S. T., Naqvi S. N. U., Tariq R. M., 2009.** Variation of major limonoids in *Azadirachta indica* fruits at different ripening stages and toxicity against *Aedes aegypti*. *Nat. Prod. Commun.*, 4: 473-476.
- [48] **Siriwattananurongsee S., Kabkaew L., Olson K., Chailapakul O., Sukontason K., 2008.** Efficacy of neem extract against the blowfly and housefly. *Parasitol. Res.* 103: 535-544.
- [49] **Ton P., Wankpo E., 2004.** La production du coton au Bénin. Projet d'analyse d'une spéculation agricole par pays, financé par le programme "Renforcement des capacités commerciales" de la F.I.P.A. (Fédération Internationale des Producteurs Agricoles). 51p.
- [50] **Tovignan S., 2012.** Production de fibre de coton biologique et bio-équitable : Rapport pour l'Afrique 2010-2011. *Textile Exchange*. 7 p.
- [51] **Traoré O., 2008.** Les succès de la lutte intégrée contre les ravageurs du cotonnier en Afrique de l'Ouest. 67^{ème} réunion plénière de l'ICAC, Ouagadougou (Burkina Faso), 16-21 novembre 2008, *INERA*. 11p.
- [52] **Vaissayre M., Cauquil J., 2000.** Main Pests and Diseases of Cotton in Sub-Saharan Africa. *CIRAD Service des Éditions : Montpellier, France*, 60 p.
- [53] **Vaissayre M., Deguine J. P., 1996.** Cotton protection programmes in francophone Africa. *Phytoma* 489: 26 – 29.
- [54] **Venables W. N., Ripley B. D., 2002.** Modern Applied Statistics with S. Fourth Edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0.
- [55] **Yarou B. B., Silvie P., Assogba Komlan F., Mensah A., Alabi T., Verheggen F., Francis F., 2017.** Plantes pesticides et protection des cultures maraichères en Afrique de l'Ouest (synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 21(4), 288-304.
- [56] **Zagbaï H. S., Berti F., Lebailly P., 2006.** Impact de la dynamique cotonnière sur le développement rural. Étude de cas de la région de Korhogo, au Nord et au Centre de la Côte d'Ivoire. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 10 (4), 325-334.