

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

Gustave Bonni¹, Saturnin Azonkpin², and Armand Paraïso³

¹Institut National des Recherches Agricoles, Centre de Recherches Agricoles Coton et Fibres, Cotonou, Benin

²Institut National des Recherches Agricoles, Centre de Recherches Agricoles Coton et Fibres, Parakou, Benin

³Laboratoire de Protection des Végétaux, de Pathologie et de Parasitologie des abeilles (LAPPAB), Ecole Doctorale Sciences Agronomiques et Eau, Université de Parakou, Benin

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The study on the efficacy of phytosanitary treatment programs based on neem extract or kaolin was undertaken in the center of Benin. The objective of the work was to identify a treatment program that is more effective than the outreach in the area. To achieve this goal, a Fisher block device with 6 treatments and 4 repetitions were set up on two sites. The treatments developed consisted of an untreated plot; of a treated plot to the program popularized (PP); of a plot treated exclusively in Kaolin 5%; of a plot receiving: 3 neem-2 emamectine/acetamipride-2 neem; of a plot receiving: 2 emamectine/acetamipride -2 neem-1 emamectine/acetamipride -2 neem and of a plot treated in the mixture of neem + emamectine/acetamipride on 7 applications. Ten applications were conducted with the kaolin used alone and 7 with the other objects. The results showed good control of endocarpiques larvae by programs N°4 and N°6, consisting respectively of 3neem-2 emamectine/acetamipride-2 neem and of 7 treatments in the neem mixture emamectine/acetamipride. The average number of larvae in the green bolls obtained on plots treated following these two programs has not been statistically different from that of the treated plots following the program popularized in the area. This average number of larvae was also reduced as compared to untreated parcels ($p=0.0029$).

The program exclusive to the kaolin 5% has controlled the endocarpiques larvae, *Pectinophora gossypiella* and *Thaumatotibia leucotreta* as well as the popularized program. The number of plants attacked by pests of foliage, including *Haritalodes derogata* and *Aphis gossypii* has been reduced respectively by 34.7% and 47% against 95.6 and 82.4% on average by the other treatment programs. The program N°5, starting by two treatments to emamectine/acetamipride was in contrast less effective on the control of the endocarpiques larvae in the area. This study has shown that phytosanitary treatment program consisting of applications of neem extracts alternating or in mixture with an alternative product to pyrethroids can effectively control endocarpiques larvae on cotton, limiting resistance to insecticides and reduce The stress on environment due to chemicals.

KEYWORDS: cotton, *Pectinophora gossypiella*, *Thaumatotibia leucotreta*, kaolin, neem extract.

RÉSUMÉ: Les travaux de recherche sur l'efficacité de programmes de traitement phytosanitaire à base d'extrait de neem et de produit de synthèse d'une part et de kaolin de l'autre dans la gestion des chenilles endocarpiques du cotonnier ont été conduits dans la zone Centre du Bénin. L'objectif visé par les travaux était d'identifier un programme de traitements phytosanitaires plus efficace que celui en vulgarisation dans la zone. Pour atteindre cet objectif, un dispositif en Bloc de Fisher avec 6 traitements et 4 répétitions a été mis sur pied sur deux sites. Les traitements mis en comparaison étaient constitués d'une parcelle non traitée ; d'une parcelle traitée au programme vulgarisé (PV); d'une parcelle traitée exclusivement au kaolin 5% ; d'une parcelle recevant: 3 neem-2 emamectine/acetamipride-2 neem ; d'une parcelle recevant : 2 emamectine/acetamipride - 2 neem-1 emamectine/acetamipride -2 neem et d'une parcelle traitée au mélange neem+ emamectine/acetamipride sur les 7 applications. Le traitement au kaolin 5% a été réalisé avec un pulvérisateur à dos, à pression entretenue. Dix applications ont

été réalisées au kaolin utilisé seul et 7 applications sur les autres objets. Les résultats ont montré le bon contrôle des chenilles endocarpiques par les programmes N°4 et N°6, constitués respectivement de *3neem-2 emamectine/acetamipride-2 neem* et de *7 traitements au mélange neem+emamectine/acetamipride*. Le nombre moyen de chenilles dans les capsules vertes obtenues sur les parcelles traitées suivant ces deux programmes n'a pas été différent statistiquement de celui des parcelles traitées suivant le Programme de traitement vulgarisé (PV) dans la zone. Ce nombre moyen de chenilles a été également réduit par rapport à celui des parcelles non traitées ($p=0,0029$).

Le programme exclusif au kaolin 5% a contrôlé aussi bien les chenilles endocarpiques, *Pectinophora gossypiella* et *Thaumatotibia leucotreta* que le PV. Le nombre de plants attaqués par les ravageurs de feuillage, notamment *Haritalodes derogata* et *Aphis. gossypii* a été réduit respectivement de 34,7 % et de 47% contre 95,6 et 82,4% en moyenne par les autres programmes de traitement. Le programme N°5, débutant par deux traitements à emamectine/acetamipride a été par contre faible pour le contrôle des chenilles endocarpiques dans la zone. Cette étude a montré que le programme de traitement phytosanitaire constitué des applications d'extraits de neem en alternance avec un produit alternatif aux pyréthriinoïdes ou en mélange peut contrôler efficacement les chenilles endocarpiques du cotonnier, ce qui pourrait limiter les cas de résistances aux insecticides et réduire le stress sur l'environnement créé par les produits chimiques.

MOTS-CLEFS: Cotonnier, *Pectinophora gossypiella*, *Thaumatotibia leucotreta*, kaolin, extrait de neem.

1 INTRODUCTION

La culture cotonnière au Bénin fait face à un parasitisme diversifié, où dominant les chenilles de la capsule *Helicoverpa armigera* Hübn., *Diparopsis watersi* Roth., *Earias insulana* Boisd. et *Pectinophora gossypiella* Saund. On rencontre également *E. biplaga* et *Cryptophlebia* (=Thaumatotibia) *leucotreta* Meyr. On y rencontre aussi des phylophages *Anomis flava* et *Haritalodes derogata* Fab. et quelques espèces du genre *Spodoptera*. Les piqueurs suceurs, plus abondants au Sud qu'au Nord, où l'on observe des homoptères (le puceron *Aphis gossypii* Glov., les aleurodes (surtout *Bemisia tabaci* Genn.) et les Typhlocibides, communément appelés "jassides" (*Jacobiella fascialis* de Jacobi et *Austroasca lybica* de Bergevin & Zanon)) et des hétéroptères (Mirides en début de saison, Pentatomides et Pyrrhocorides en phase de maturation des capsules). A ces insectes s'ajoutent les acariens, tétranyques dans les régions sèches, tarsonèmes en régions humides (Matthiews, 1996 ; Vaissayre and Cauquil, 2000; Vaissayre *et al*, 2006). Malgré les différentes méthodes de lutte, les pertes de rendement sont évaluées à 30% (12% pour les arthropodes, 11% pour les pathogènes et 7% pour les adventices) (Oerke and Dehne, 2004). En absence de protection, les pertes de rendement dues aux arthropodes peuvent atteindre 62%, pendant que la qualité du coton peut baisser de 40% (Gnimassou, 2005). Pour maîtriser ce complexe parasitaire, la lutte chimique reste incontournable, avec pour corollaires, la pollution de l'environnement, le développement de résistances chez les ravageurs, notamment, celle de la noctuelle *H. armigera* aux pyréthriinoïdes (Djihinto, 1999 ; Martin *et al*, 2000 ; Martin, 2003 ; Martin *et al*. 2005; Brévault & Achaleké 2005) et de la baisse de sensibilité de *P. gossypiella* et de *T. leucotreta* à la Cyperméthrine et à la Deltaméthrine (Ochou *et al.*, 2018). Pour gérer cette résistance, il est fait recours à des molécules de nouvelle génération plus onéreuses, ciblent surtout les chenilles à régime exocarpique (*H.armigera*, *Earias Sp.*, *Diparopsis watersi*) avec un effet moyen ou faible sur celles à régime endocarpique (*P. gossypiella*, *T. leucotreta*). Cette situation nous a amené à envisager l'utilisation de certains biopesticides dans les programmes de traitement phytosanitaires.

Des études ont montré que 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 (Shafiq *et al*, 2012 ; Isman, 1999 ; Douro *et al*, 2013). En plus de leur effet insecticide, certains produits à base de neem ont un effet négligeable sur les auxiliaires et un faible impact sur l'environnement (Schmutterer, 1990 ; Gnimassou, 2005; Haseeb *et al*, 2004).

Le kaolin, une argile naturelle résultant de l'altération des minéraux comme le feldspath et l'aluminium comme principaux constituants (ATTRA, 2004), peut efficacement protéger les plantes contre les insectes nuisibles, (Unruh *et al*. 2000 ; Knight *et al*. 2000; Showler, 2002; Alavo, 2010, 2011; Silva *et al.*, 2013 ; Bonni *et al*, 2017. Il est connu comme un produit non-synthétique (alternative aux insecticides synthétiques) avec la propriété d'insectifuge (Glenn *et al*. 1999 ; Puterka *et al*. 2000 ; Haggag, 2002). Il agit aussi comme un anti-transpirant, réduisant ainsi le stress hydrique des plantes (Puterka *et al*. 2000). Il atténue les blessures solaires sur diverses cultures (Jiregna & Wand 2005). L'objectif de cette étude était d'évaluer l'efficacité de programmes de traitement phytosanitaires à base d'extraits de neem+ produits de synthèse et celui à base du kaolin pour une gestion intégrée des chenilles du cotonnier.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIEL

2.1.1 SITES DE L'ÉTUDE

L'étude a été conduite dans les communes de Savalou (1°51'31"E 7°54'30"N) et de Savè (2°25'6"E, 8°00'149"N), où prédominent les espèces de chenilles endocarpiques. La hauteur moyenne annuelle des pluies dans la zone est de 1150 mm. Les températures y sont élevées toute l'année avec des minima qui se situent entre 23 et 24°C et des maxima qui varient de 35 à 36°C. La végétation est composée par endroit de galeries forestières, de forêts denses sèches, semi-décidues, de forêts claires, de savanes boisées, de savanes arbustives et saxicoles (Figure 1).

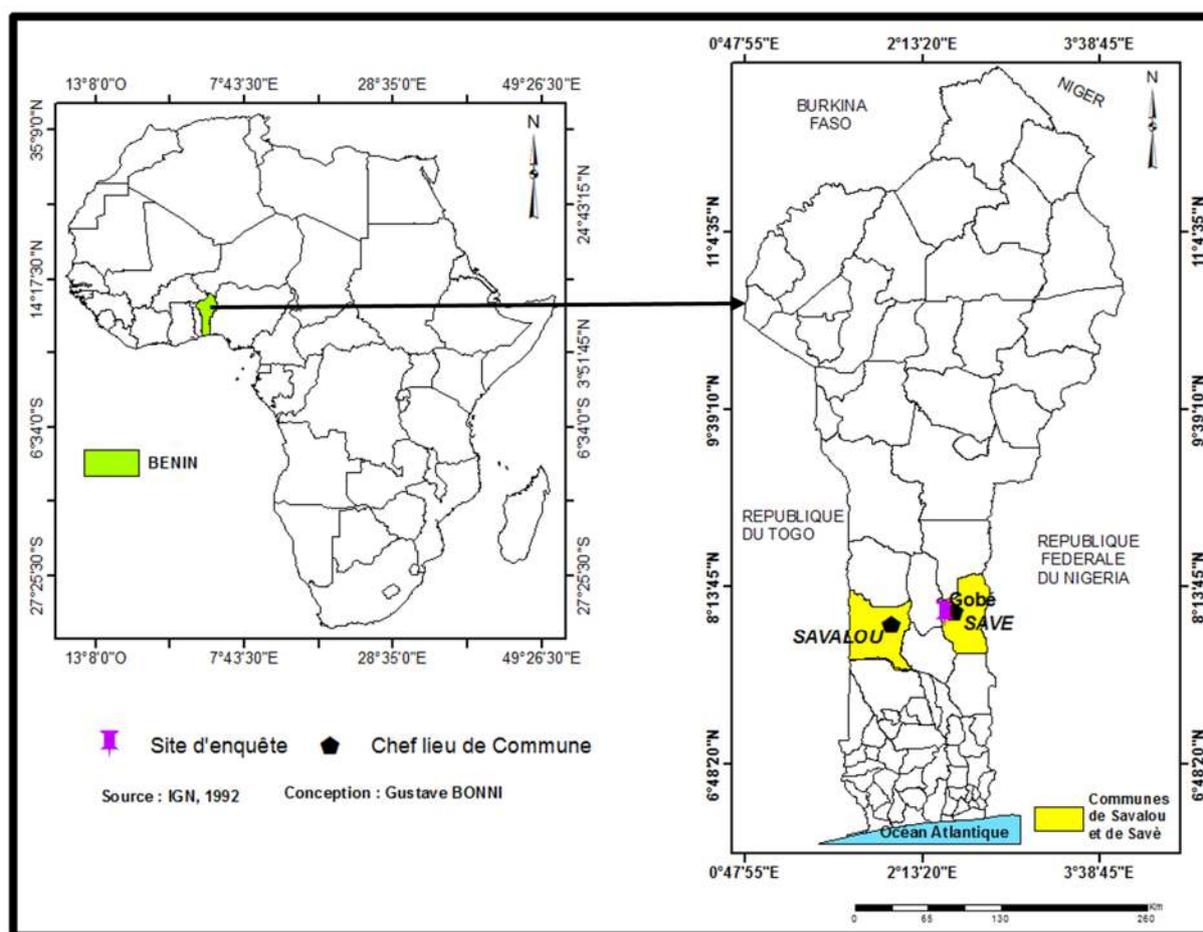


Fig. 1. Localisation des sites d'expérimentation

2.1.2 MATÉRIEL D'ÉTUDE

Le matériel végétal est composé de la variété de cotonnier « OKP 768 », variété issue des travaux d'amélioration intra spécifique de l'espèce *Gossypium hirsutum* L du Centre de Recherche Agricole Coton et Fibres (CRA-CF). Le kaolin est obtenu dans le commerce, provenant du Nigeria. Le produit de synthèse utilisé est un produit homologué au Bénin.

2.2 MÉTHODES

Installation de l'essai : L'essai a été conduit au cours de la campagne cotonnière 2017-2018 après des évaluations sur l'effet de l'extrait de neem, puis du kaolin. Les semis du cotonnier ont été réalisés au mois de juillet dès que les pluies se sont installées. Le semis a été réalisé à 5 graines par poquet et les plants ont été démariés à 2 plants par poquet. L'espace entre

deux lignes est de 0,8 m et de 0,4 m entre les plants, soit 62 500 plants/ha. L'engrais azoté a été apporté entre le 1^{er} et le 15^{ème} jour après le semis (j.a.s.) et l'urée au 40^{ème} j.a.s. Deux sarclo-binages ont été réalisés aux 15^{ème} et 35^{ème} j.a.s. et un sarclo-buttage vers le 40^{ème} j.a.s.

Le dispositif expérimental : Un dispositif en bloc de Fisher fait de 6 traitements et 4 répétitions a été utilisé. Les programmes de traitements mis en comparaison étaient : **1)** la parcelle non traitée ; **2)** la parcelle traitée suivant le programme de traitement vulgarisé (PV) dans la zone, constitué de : 2 traitements à emamectine 48 g/l-acetamipride 64g/l (*emaceta*), 3 traitements à la Cyperméthrine 72 g/l-profenofos 600 g/l et 2 traitements à Betacyfluthrine 100 g/l-imidachlopride 45g/l ; **3)** la parcelle traitée exclusivement au kaolin 5% pour les 7 applications à réaliser ; **4)** la parcelle recevant 3 traitements au neem 0,5%, 2 traitements à emamectine 48 g/l-acetamipride 64g/l et 2 traitements au neem 0,5% ; **5)** la parcelle reçoit 2 traitements à emamectine 48 g/l-acetamipride 64 g/l, 2 traitements au neem 0,5%, 1 traitement à emamectine 48 g/l-acetamipride 64g/l et 2 traitements au neem 0,5% ; **6)** la parcelle est traitée au mélange *neem 0,5%+ emamectine 48 g/l-acetamipride 64g/l* sur les 7 applications prévues à 14 jours d'intervalles. Le pulvérisateur à dos, à pression entretenue, Solo 425 a été utilisé pour les applications.

Les données collectées : Les observations ont été réalisées chaque semaine sur 30 plants, pris par groupe de 5 plants par ligne et sur les six lignes centrales, suivant une diagonale. Le nombre de chenilles a été dénombré dans les fleurs en rosette ou autres organes apparemment attaqués, dépouillés. Le nombre de plants attaqués par *Haritalodes derogata* et par *Aphis gossypii* a été aussi dénombré. Les analyses sanitaires des capsules vertes ont été réalisées sur 50 capsules vertes de même âge (de diamètre supérieur à 2 cm). Elles ont été collectées sur les lignes N^{os} 2 et 7, chaque semaine du 80^{ème} au 115^{ème} jour après la levée (j.a.l.). Dans chaque parcelle élémentaire, ces capsules ont été réparties en capsules saines (sans dégâts) et attaquées (trouées et piquées). Les ravageurs en présence ont été identifiés et dénombrés.

La récolte de coton graine a été réalisée en 3 passages sur les deux lignes centrales de la parcelle et sur une distance de 7 m en laissant 1 m de bordure aux deux extrémités de chaque ligne.

Analyses statistiques : Les analyses des résultats sont réalisées à l'aide du logiciel d'analyses STATISTIX 8. Les coefficients de variation calculés sur les variables naturelles non transformées, la valeur du test F de Snedecor pour l'effet blocs et l'effet traitement sont précisés. Lorsque l'effet traitement est significatif au seuil de 0,05, un classement des moyennes est réalisé au moyen du test de Newman et Keulh. Les objets significativement différents l'un de l'autre sont identifiés par des lettres différentes (a,b,c,...). La lettre a, est toujours attribuée au meilleur objet, que ce soit le moins attaqué par les déprédateurs ou le plus productif. Les variables ont été transformées sauf le rendement en coton-graine.

3 RÉSULTATS

3.1 RÉSULTATS D'EXPÉRIMENTATION DE LA STATION DE GOBÉ

NOMBRE MOYEN DE CHENILLES

Les résultats du dénombrement de chenilles endocarpiques ont montré qu'il n'y a pas de différence significative entre le nombre moyen de chenilles récoltées dans les parcelles traitées suivant les différents programmes de traitements et celles qui ont servi de témoin (traitement au programme vulgarisé) (Tableau 1).

Tableau 1. Nombre moyen de chenilles carpophages à régime endocarpique

Traitement	Nombre moyen de chenilles sur 30 plants		
	<i>Pectinophora gossypiella</i>	<i>Thaumatotibia leucotreta</i>	Chenilles endocarpiques
1- Parcelle non traitée	0,26±0,19 a	0,25±0,03 b	1,36±0,15 b
2- Parcelle traitée suivant le programme vulgarisé (PV)	0,18±0,03 a	0,19±0,23 ab	1,03±0,19 ab
3- Parcelle traitée exclusivement au kaolin 5%	0,16±0,19 a	0,18±0,11 a	0,70±0,31 ab
4- Parcelle recevant : 3neem-2 emaceta-2 neem	0,16±0,03 a	0,08±0,07 a	0,50±0,03 a
5- Parcelle recevant : 2 emaceta-2 neem-1emaceta-2 neem	0,13±0,11 a	0,07±0,03 a	1,41±0,15 b
6- Parcelle traitée au mélange : neem+emaceta	0,09±0,15 a	0,06±0,00 a	0,44±0,15 a
P.objet	0,0970	0,0038	0,005
CV%	46, 24	46,02	39, 74

Programme 2 : PV=2 traitements à emamectine 48 g/l-acetamipride 64g/l (*emaceta*) et 3 traitements à la Cyperméthrine 72 g/l-profenofos 600 g/l et 2 traitements à Betacyfluthrine 100 g/l-imidachlopride 45g/l.

Programme 3 : traitements 1 à 7 au kaolin 5%

Programme 4 : 3 neem-2 emaceta - 2 neem

Programme 5 : 2 emaceta -2 neem-1 emaceta-2 neem

Programme 6 : traitement 1 à 7 au mélange « neem+ emaceta »

*emaceta= emamectine 48 g/l-acetamipride 64g/l à 0,250 l/ha

ANALYSE SANITAIRE DES CAPSULES VERTES

Les résultats obtenus ont montré que les meilleurs taux moyens de capsules saines étaient obtenus avec les programmes 4, 6 et le programme vulgarisé (PV). Le meilleur taux de capsules percées était toujours obtenu avec le programme 4 (0,00±0,23%), équivalent à celui du PV (0,75±0,47 %). Les autres programmes, bien qu'ayant obtenu un taux de capsules percées équivalent à celui du PV, ces taux ne sont pas différents statistiquement de ceux des parcelles non traitées (Tableau 2). Le pourcentage de capsules piquées et de capsules pourries des différents programmes testés n'ont pas été différents de ceux du PV (Tableau 2).

Tableau 2. Analyses sanitaires des capsules vertes

Traitement	Pourcentage de capsules saines, percées, piquées et pourries			
	Capsules saines	Capsules percées	Capsules piquées	Capsules pourries
1- Parcelle non traitée	45,50 ± 0,47 c	3,00±0,70 b	18,75±3,77 c	30,75±3,06 c
2- Parcelle traitée suivant le programme vulgarisé (PV)	58,50 ± 0,24 ab	0,75±0,47 ab	15,5±2,82 a	24,25±0,94 abc
3- Parcelle traitée exclusivement au kaolin 5%	62,75 ± 0,70 ab	1,5±0,0,70 ab	15,75±1,88 a	18,5±0,47 a
4- Parcelle recevant : 3neem-2 emaceta-2 neem	67,50 ± 1,88 a	0,00±0,23 a	13,5±2,82 a	19,5±0,70 ab
5- Parcelle recevant : 2 emaceta-2 neem-1emaceta-2 neem	55,00 ± 2,12 bc	2,50±0,23 b	13,0±5,18 a	28,75±3,29 bc
6- Parcelle traitée au mélange : neem+emaceta	64,50 ± 1,88 ab	1,20± 0,94 ab	14,5±1,17 a	16,5±1,64 a
F	10,99	4,52	0,74	7,89
P	0,0001	0,0076	0,6032	0,0004
CV%	8,12	8,12	31,56	17,99

*Pourcentage moyen obtenu sur la base de 50 capsules collectées par parcelle élémentaire, sur 4 répétitions et de 3 collectes réalisées.

Le nombre moyen de chenilles de *P. gossypiella*, *T. leucotreta* et de chenilles endocarpiques dans les capsules vertes obtenues sur les différentes parcelles n'a pas été différent statistiquement de celui de la parcelle traitée au PV (Tableau 3). Le nombre moyen de ces chenilles endocarpiques a été cependant significativement réduit dans les parcelles traitées suivant les programmes 4 et 6 par rapport à celui des parcelles non traitées (Tableau 3) (p=0,0029).

Tableau 3. Nombre moyen de chenilles dans 50 capsules

Traitement	Nombre moyen de chenilles dans 50 capsules		
	<i>Pectinophora gossypiella</i>	<i>Thaumatotibia leucotreta</i>	Chenilles endocarpiques
1- Parcelle non traitée	1,41±0,23 a	3,91±0,11 b	5,33±0,35 b
2- Parcelle traitée suivant le programme vulgarisé (PV)	1,33±0,11 a	1,83±0,47 a	3,16±0,58 ab
3- Parcelle traitée exclusivement au kaolin 5%	0,58±0,23 a	1,66±0,23 a	2,25±0,00 ab
4- Parcelle recevant : 3neem-2 emaceta-2 neem	1,08±0,35 a	1,41±0,58 a	2,50±0,94 a
5- Parcelle recevant : 2 emaceta-2 neem-1emaceta-2 neem	2,08±0,23 a	2,16±0,23 ab	4,25±0,00 b
6- Parcelle traité au mélange : neem+emaceta	0,50±0,00 a	1,66±0,23 a	2,16±0,23 a
P.objet	0,1146	0,0081	0,0029
CV%	68,54	39,70	31, 53

*Nombre moyen de chenilles obtenues dans 50 capsules dépouillées sur la base de 4 répétitions et de 3 observations.

Les populations des chenilles carpophages à régime exocarpique, notamment *H. armigera* et *Earias sp* ont été très faibles à Gobé. Le nombre moyen de ces deux espèces a été équivalent à celui du PV (Tableau 4).

Tableau 4. Nombre moyen de chenilles carpophages à régime exocarpique

Traitement	Nombre moyen de chenilles sur 30 plants	
	<i>H. armigera</i>	<i>Earias sp</i>
1- Parcelle non traitée	0,05± 0,07 ab	0,12 ± 0,11 a
2- Parcelle traitée suivant le programme vulgarisé (PV)	0,05 ± 0,00 ab	0,00 ± 0,00 a
3- Parcelle traitée exclusivement au kaolin 5%	0,12 ± 0,00 b	0,07 ± 0,00 a
4- Parcelle recevant : 3neem-2 emaceta-2 neem	0,04 ± 0,03 ab	0,04 ± 0,07 a
5- Parcelle recevant : 2 emaceta-2 neem-1emaceta-2 neem	0,04 ± 0,07 ab	0,03 ± 0,00 a
6- Parcelle traité au mélange : neem+emaceta	0,00 ± 0,00 a	0,06 ± 0,00 a
P.objet	0,029	0,12
CV%	82,24	107,64

*Nombre moyen de chenilles obtenues sur 30 plants observés sur la base de 4 répétitions et de 12 observations.

DÉGÂTS SUR LES PLANTS DE COTONNIER

Le pourcentage de plants attaqués par *Haritalodes derogata* et *Aphis. gossypii* a été réduit de 95,6 et 82,4% respectivement par les différents programmes. Le programme de traitement au kaolin 5% (Programme 3) a par contre réduit le nombre de plants attaqués par ces deux espèces de 34,7 % et de 47% respectivement Tableau 5.

Tableau 5. Pourcentage de plants attaqués par *Haritalodes derogata* et *A. gossypii*

Traitement	% de plants attaqués	
	<i>H. derogata</i>	<i>A. gossypii</i>
1- Parcelle non traitée	5,75±10,25 b	8,5±5,30 b
2- Parcelle traitée suivant le programme vulgarisé (PV)	0,25±0,70 a	0,75±3,18 a
3- Parcelle traitée exclusivement au kaolin 5%	3,75±0,70 ab	4,5±3,18 ab
4- Parcelle recevant : 3neem-2 emaceta-2 neem	0,25±0,00 a	1,25±2,82 a
5- Parcelle recevant : 2 emaceta-2 neem-1emaceta-2 neem	0,25±1,06 a	1,50±3,53 a
6- Parcelle traité au mélange : neem+emaceta	0,00±0,35 a	2,50±0,70 a
F	5,38	5,09
P	0,034	0,0044

*Pourcentage moyen de plants attaqué sur 30 plants observés sur la base de 4 répétitions et de 12 observations.

ANALYSE SANITAIRE DES CAPSULES MÛRES (ASM)

Les résultats de pourcentage de capsules saines, trouées, piquées, pourries et de pourcentage de coton jaune ne montrent pas de différence significative entre les différents objets (Tableau 6).

Tableau 6. Analyse sanitaire des capsules mûres

Traitement	Pourcentage de Capsules				Pourcentage de coton jaune
	Saines	Trouées	Piquées	Pourries	
1- Parcelle non traitée	17,5± 3,07 a	20,00±0,00a	48,25±1,74a	7,50±0,89a	9,00±0,64 a
2- Parcelle traitée suivant le programme vulgarisé (PV)	26,00±4,11 a	15,75±0,59a	44,25±5,17a	7,25±2,49a	5,75±1,56 a
3- Parcelle traitée exclusivement au kaolin 5%	23,5± 2,53 a	20,25±1,67a	40,50±0,54a	9,25±0,87 a	10,25± 1,56 a
4- Parcelle recevant : 3neem-2 emaceta-2 neem	21,75±3,92a	19,50±0,78a	49,25±2,30a	3,00±0,28a	8,00±0,37 a
5- Parcelle recevant : 2 emaceta-2 neem-1emaceta-2 neem	19,00±4,47a	22,00±2,85a	46,50±1,95a	5,75±1,35a	14,75±0,07 a
6- Parcelle traité au mélange : neem+emaceta	35,25±1,38a	11,50±1,07a	44,00±2,35a	3,75±1,21a	6,00±0,50 a
F	1,96	1,29	0,44	2,53	1,71
P	0,1331	0,3129	0,8146	0,0667	0,1830

*Taux moyen de capsules saines, trouées, piquées, pourries et de coton jaune calculé sur la base de 4 répétitions et de deux collectes de capsules mûres

RENDEMENT DE COTON GRAINE

Les rendements de coton graine obtenus des six programmes testés n'ont pas été statistiquement différents de celui du PV. Il est noté cependant (Tableau 7).

Tableau 7. Rendement de coton graine

Traitement	Rendement (Kg/ha)
1- Parcelle non traitée	1216 ± 2,32 b
2- Parcelle traitée suivant le programme vulgarisé (PV)	1500 ±138,39 ab
3- Parcelle traitée exclusivement au kaolin 5%	1357 ± 69,19 b
4- Parcelle recevant : 3neem-2 emaceta-2 neem	1402 ± 174,10 b
5- Parcelle recevant : 2 emaceta-2 neem-1emaceta-2 neem	1380 ± 8,92 b
6- Parcelle traité au mélange : neem+emaceta	1797 ± 55,80 a
F	2,31
P	0,0870

*Rendement obtenu sur la base de la production de coton graine
De 4 lignes centrales de chaque parcelle, répétée 4 fois.

3.2 RÉSULTATS D'EXPÉRIMENTATION DE LA STATION DE SAVALOU

NOMBRE MOYEN DE CHENILLES

Les résultats du dénombrement de chenilles ont montré que le nombre moyen de chenilles récoltées dans les parcelles traitées suivant les différents programmes n'a pas été différent de celui obtenu des parcelles traités au PV (Tableau 8).

Tableau 8. Nombre moyen de chenilles carpophages

Traitement	Nombre moyen de chenilles sur 30 plants			
	<i>Pectinophora gossypiella</i>	<i>Thaumatotibia leucotreta</i>	<i>Helicoverpa armigera</i>	<i>Earias sp</i>
1- Parcelle non traitée	1,90± 0,21 a	1,5±0,00 a	0,75±0,14a	1,80±0,14 b
2- Parcelle traitée suivant le programme vulgarisé (PV)	0,45±0,00 a	0,45±0,07a	0,10±0,07a	0,30±0,07 a
3- Parcelle traitée exclusivement au kaolin 5%	0,55±0,00 a	0,55±0,14a	0,10±0,00a	0,65±0,14 a
4- Parcelle recevant : 3neem-2 emaceta- 2 neem	0,85±0,00 a	0,75±0,49a	0,50±0,21a	0,50±0,07 a
5- Parcelle recevant : 2 emaceta-2 neem-1emaceta-2 neem	0,70±0,00 a	0,65±0,28a	0,50±0,14a	0,35±0,07 a
6- Parcelle traité au mélange : neem+emaceta	0,85±0,00 a	0,80±0,35a	0,35±0,14a	0,75±0,00 ab
F	1,62	1,15	2,80	4,83
P.objet	0,2067	0,3694	0,0482	0,0056
CV%	93,20	93,20	79,22	69,50

*Nombre moyen de chenilles obtenues sur 30 plants observés sur la base de 4 répétitions et de 12 observations

ANALYSE SANITAIRE DES CAPSULES VERTES

Les taux de capsules saines, capsules percées, capsules piquées et de capsules pourries enregistrés dans les différents programmes de traitement n'ont pas été différents de celui du programme vulgarisé. Ils ont été supérieurs à celui de la parcelle non traitée (Tableau 9).

Tableau 9. Analyses sanitaires des capsules vertes à Savalou

Traitement	Pourcentage de capsules saines, percées, piquées et pourries			
	Capsules saines	Capsules percées	Capsules piquées	Capsules pourries
1- Parcelle non traitée	25,00 ±4,95 b	0,00 ±0,00 a	3,50±0,00 a	38,50±4,94 a
2- Parcelle traitée suivant le programme vulgarisé(PV)	48,50 ±2,82 ab	0,00±0,00 a	1,00±1,41 a	32,00±1,41 a
3- Parcelle traitée exclusivement au kaolin 5%	36,50 ±2,12 ab	0,00±0,70 a	2,50±4,24 a	39,00±2,12 a
4- Parcelle recevant : 3neem-2 emaceta-2 neem	35,00 ±6,36 ab	1,00±1,41 a	2,50±7,77 a	39,50±0,00 a
5- Parcelle recevant : 2 emaceta-2 neem-1emaceta-2 neem	40,00 ±7,07 ab	1,00±0,00 a	1,50±0,70 a	36,50±6,36 a
6- Parcelle traitée au mélange : neem+emaceta	50,00 ±7,07 a	0,00±0,00 a	0,75±4,24 a	28,5 ±4,24 a
F	2,89	0,45	2,97	1,27
P	0,0435	0,8105	0,0396	0,3201
CV%	27,85	252	34,99	22,2

*Pourcentage moyen obtenu sur la base de 50 capsules collectées par parcelle élémentaire, sur 4 répétitions et de 3 collectes réalisées.

NOMBRE MOYEN DE CHENILLES DANS 50 CAPSULES

Le nombre moyen de chenilles de *T. leucotreta*, *H. armigera* et de *Earias sp.* dans les capsules n'a pas été différent de celui dénombré dans les parcelles traitées au PV (Tableau 10).

Tableau 10. Nombre moyen de chenilles dans 50 capsules

Traitement	Nombre moyen de chenilles dans 50 capsules		
	<i>Pectinophora gossypiella</i>	<i>Thaumatotibia leucotreta</i>	Chenilles endocarpiques
1- Parcelle non traitée	3,50±0,00 a	9,75±4,95 a	10,75±4,94 a
2- Parcelle traitée suivant le programme vulgarisé(PV)	1,00±0,00 a	7,25±0,35 a	10,75±0,35 a
3- Parcelle traitée exclusivement au kaolin 5%	2,50±0,71 a	5,5±1,06 a	8,00 ±1,76 a
4- Parcelle recevant : 3neem-2 emaceta-2 neem	2,50±2,12 a	4,5±0,35 a	7,00 ±1,76 a
5- Parcelle recevant : 2 emaceta-2 neem-1emaceta-2 neem	1,50±0,35 a	5,25±1,77 a	6,75 ±2,12 a
6- Parcelle traitée au mélange : neem+emaceta	0,75±0,35 a	4,25±1,77 a	5,00 ±2,12 a
F	0,97	0,58	1,18
P	0,4620	0,7177	0,3552
CV	109,49	111,11	109,49

*Nombre moyen de chenilles obtenues dans 50 capsules dépouillées sur la base de 4 répétitions et de 3 observations.

DÉGÂTS SUR LES PLANTS DE COTONNIER

Le pourcentage de plants attaqués par *A. gossypii* a été réduit de 1 % en moyenne par rapport aux parcelles non traitées, mais pas de façon significative (Tableau 11).

Tableau 11. Pourcentage de plants attaqués par *A. gossypii*

Traitement	% de plants attaqués <i>A. gossypii</i>
1- Parcelle non traitée	2,5±0,86 a
2- Parcelle traitée suivant le programme vulgarisé (PV)	1,25±0,75 a
3- Parcelle traitée exclusivement au kaolin 5%	1,25±0,75 a
4- Parcelle recevant : 3neem-2 emaceta-2 neem	1,66±0,40 a
5- Parcelle recevant : 2 emaceta-2 neem-1emaceta-2 neem	1,25±0,75 a
6- Parcelle traité au mélange : neem+emaceta	1,25±0,75 a
F	0,27
P	0,9242

*Pourcentage moyen de plants attaqué sur 30 plants observés sur la base de 4 répétitions et de 12 observations.

ANALYSE SANITAIRE DES CAPSULES MÛRES (ASM)

L'état sanitaire des capsules mûres à Savalou ne montre pas une différence statistique entre les différents paramètres de capsules (Saines, trouées, piquées, pourries) et de coton jaune (Tableau 12).

Tableau 12. Analyse sanitaire des capsules mûres (ASM)

Traitement	Pourcentage de capsules saines, piquées, trouées et pourries				Pourcentage de coton jaune
	Saines	Trouées	Piquées	Pourries	
1- Parcelle non traitée	41,5±1,93 c	25,70±0,13 b	28,21±1,29 b	4,81±0,88b	7,37±0,60 a
2- Parcelle traitée suivant le programme vulgarisé (PV)	48,25±4,20 abc	18,78±2,41ab	24,16±0,94 ab	3,21±0,04ab	5,64±1,89 a
3- Parcelle traitée exclusivement au kaolin 5%	42,25±2,26 bc	22,51±5,14ab	23,53±0,78 ab	4,07±0,51ab	5,91±0,60 a
4- Parcelle recevant : 3neem-2 emaceta-2 neem	42,50±2,76 bc	21,31±0,59 ab	18,94±0,88 a	2,75±0,33 a	5,21±1,56 a
5- Parcelle recevant : 2 emaceta-2 neem-1emaceta-2 neem	55,25±1,23 a	15,90±1,46 a	20,30±1,17 ab	3,22±0,57ab	5,35±2,52 a
6- Parcelle traité au mélange : neem+emaceta	52,25±2,68 ab	15,94±0,09 a	24,44±2,85 ab	3,19±0,34ab	4,43±1,71 a
F	2,97	3,46	3,28	3,70	0,69
P	0,0397	0,0230	0,0279	0,0177	0,6372

*Taux moyen de capsules saines, trouées, piquées, pourries et de coton jaune calculé sur la base de 4 répétitions et de deux collectes de capsules mûres

RENDEMENT DE COTON GRAINE

Les rendements de coton graine obtenus des six programmes testés n'ont pas été statistiquement différents de celui du PV. Il est noté cependant (Tableau 13).

Tableau 13. Rendement de coton graine

Traitement	Rendement (Kg/ha)
1- Parcelle non traitée	1004±63,13 a
2- Parcelle traitée au programme vulgarisé (PV)	1250±378,80 a
3- Parcelle traitée exclusivement au kaolin 5%	915±94,70 a
4- Parcelle recevant : 3neem-2 emaceta-2 neem	1384±94,70 a
5- Parcelle recevant : 2 emaceta-2 neem-1emaceta-2 neem	959±220,97 a
6- Parcelle traité au mélange : neem+emaceta	1272±126,26 a
F	1,56
P	0,2215

*Rendement obtenu sur la base de la production de coton graine De 4 lignes centrales de chaque parcelle, répétée 4 fois.

4 DISCUSSION

L'objectif de la présente étude était d'évaluer l'efficacité des programmes de traitement phytosanitaires à base du kaolin, d'extraits de neem utilisé en alternance à des applications de produits de synthèse ou en mélange extemporané (extrait de neem+ produit de synthèse). Les programmes de gestion de la résistance aux insecticides (PGR) utilisés depuis les années 1999 pour gérer la résistance de *H. armigera* aux pyréthrinoïdes avaient moins contrôlé les chenilles à régime endocarpiques *P. gossypiella* et *T. leucotreta* (INRAB/CRA-CF, 2009 ; Ochou, 2012).

Les résultats du dénombrement de chenilles endocarpiques ont montré qu'il n'y a pas de différence significative entre le nombre moyen de chenilles récoltées dans les parcelles traitées suivant les différents programmes de traitements et celles traitées au Programme vulgarisé (PV). Ces résultats ont corroboré avec ceux de Sisterson en 2003 ; Alavo en 2010 ; Silva *et al*, 2010 ; Bonni *et al*, 2017 quant au programme à base du kaolin. Les analyses sanitaires des capsules vertes ont cependant mis en évidence une insuffisance du programme N°5, débutant avec deux traitements à emamectine 48g/l-acetamipride 64 g/l. Dans ce programme, certains paramètres ont été équivalents non seulement au témoin de référence mais aussi à ceux de la parcelle non traitée. Cette molécule est en effet utilisée comme alternative aux pyréthrinoïdes au Bénin et dans la sous-région Ouest Africaine pour gérer la résistance de *H. armigera* aux pyréthrinoïdes (CNAC, 2017). Elle a un effet moyen à faible sur les chenilles endocarpiques du cotonnier (*P. gossypiella* et *Thaumatotibia leucotreta*) (INRAB/CRA-CF, 2009 ; PR-PICA, 2017) et pourrait être moins efficace dans le programme contre ces espèces.

Les programmes de traitement N°4 et N°6 débutant respectivement par l'extrait aqueux de neem et le mélange 'neem + emamectine-acetamipride' ont par contre été équivalents au programme vulgarisé et se sont nettement différenciés des parcelles non traitées. Le neem *Azadirachta indica* A. Juss (famille des Meliaceae) peut en effet contrôler plus de 400 espèces d'insectes dont certains ravageurs du cotonnier (Isman, 1999 ; Shafic *et al*, 2012 ; Douro *et al*, 2013) En plus de leur effet insecticide, des produits à base de neem ont un effet négligeable sur les auxiliaires et un faible impact sur l'environnement (Schmutterer, 1990 ; Saseeb *et al*, 2004 ; Gnimassou, 2005). Le programme N°4 est constitué de : 3 neem-2 emamectine/acetamipride-2 neem. Les traitements au neem dans ce programme de traitement visent surtout le contrôle des chenilles endocarpiques (*P. gossypiella* et *T. leucotreta*), plus dominantes dans la zone. L'extrait de neem s'est montré efficace sur ces deux espèces lors de nos études précédentes (Bonni *et al*, 2018, à paraître). Les deux traitements à emamectine 48 g/acetamipride 64 g/l aux 4^{ème} et 5^{ème} traitements du programme, visent le contrôle des chenilles carpophages à régime exocarpique notamment *H. armigera* dont le contrôle par l'extrait de neem est faible (Saxena *et al*, 1984 ; Muhammad *et al*, 2012 ; Bonni *et al*, à paraître). Nous avons constaté que la dose minimale efficace pour contrôler *H. armigera* est de 3 à 4 l/ha (Bonni *et al*, à paraître). Le programme N°6, constitué du mélange : neem + emamectine-acetamipride sur les 7 traitements s'est montré aussi efficace que le programme commençant par trois traitements successifs au neem ainsi qu'au PV. On pourrait parler d'un synergisme d'action entre l'azadirachtine et emamectine-acetamipride. Emamectine-acetamipride utilisé seul aurait eu moins d'effet sur le contrôle de *P. gossypiella* et *T. leucotreta*. Le synergisme étant un type de phénomène par lequel plusieurs facteurs agissant en commun créent un effet global ; un effet *synergique* distinct de tout ce qui aurait pu se produire s'ils avaient opéré isolément, que ce soit chacun de son côté ou tous réunis mais œuvrant indépendamment ([https : www.gazettelabo.fr/archives/publics/1998/31botan.htm](https://www.gazettelabo.fr/archives/publics/1998/31botan.htm)). Des études des latex et leurs effets sur une levure pathogène, *Candida albicans*, sous l'aspect enzymologique ont démontré l'existence d'une synergie lors de la combinaison d'un latex et d'une substance antifongique médicamenteuse. Il devrait donc être possible d'utiliser des quantités moindres de la substance antifongique et donc de diminuer les effets secondaires pour le même résultat final, l'arrêt de la prolifération fongique. Le rôle du latex est de perméabiliser la paroi fongique qui constitue un obstacle à la pénétration de l'antifongique dans la levure ; l'utilisation d'une quantité moindre d'antifongique devrait en découler. Dans le même ordre d'idée, une étude de diminution de dose de emamectine-acetamipride lors du mélange 'emamectine-acetamipride + neem' pourrait être envisagée.

Le programme N°3, où les traitements ont été réalisés exclusivement au kaolin, a été équivalent au PV dans le contrôle de *P. gossypiella*, *T. leucotreta*, *H. armigera* et *Earias* Spp. Son effet sur le phytophage, *Haritalodes derogata* et *Aphis gossypii*, a été moyen. Ces résultats corroborent avec ceux obtenus par Bonni *et al.*, en 2017. Ce programme pourrait être plus efficace si les feuilles traitées restent permanemment couvertes de plaques de kaolin. Le lessivage par la pluie reste la contrainte majeure.

5 CONCLUSION

Cette étude sur les différents programme de traitements phytosanitaires à base de neem et de produit de synthèse (en alternance ou en mélange) ou en traitement exclusif au kaolin a montré un intérêt pour les programmes constitué de : 3 neem-2 emamectine/acetamipride-2 neem et le programme constitué du mélange neem+emamectine-acetamipride. Ces programmes ont été équivalents au programme de traitement phytosanitaire vulgarisé dans la zone Centre du Bénin. L'utilisation de l'extrait botanique dans ces programmes permettra de gérer la résistance des insectes aux insecticides et de réduire l'impact des produits phytosanitaires sur l'environnement. Le programme de traitement exclusif au kaolin a été équivalent au PV dans le contrôle de *P. gossypiella*, *T. leucotreta*, *H. armigera* et *Earias* Sp. Son effet sur les phytophages, *Haritalodes derogata* et *Aphis gossypii*, a été moyen. Par contre le programme commençant par deux traitements à emamectine-acetamipride, produit alternatif aux pyrèthrinoides, se montre insuffisant pour le contrôle du complexe des ravageurs dans cette zone où dominent les chenilles endocarpiques (*P. gossypiella*, *T. leucotreta*).

REMERCIEMENTS

Nous remercions le Laboratoire de Protection des Végétaux, de Pathologie et de Parasitologie des abeilles (LAPPAB) et le Centre de Recherche Agricole Coton et Fibres (CRA-CF) pour leur appui technique et financier. Nous remercions également Mr Gnanvè Placide et Mr Sodohounde Olivier, pour la conduite des expérimentations.

REFERENCES

- [1] Alavo T. B. C., 2006. Biological control agents and eco-friendly compound for the integrated management of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae): Perspectives for Pyrethroid resistance management in West Africa. *Arch Phytopathol Plant Protect.* 39(2): 105-111.
- [2] Alavo T.B.C., Yarou B.B., Atachi P., 2010. Field effect of Kaolin particle film formulation against major cotton lepidopteran pests in North Benin, West Africa. *International Journal of Pest Management* 56 (4): 287-290
- [3] ATTRA. 2004. Reduced-Risk Pest Control Fact Sheet: Kaolin clay for management of glassy-winged sharpshooter in grapes. http://attra.ncat.org/attra/pub/pdf/kaolin_clay_grapes.
- [4] Bonni G., Houndete T., Paraïso A. et Hougni A., 2017. Efficacité Du Kaolin (Kalaba) Dans La Gestion Intégrée Des Chenilles Endocarpiques Du Cotonnier Dans La Zone Centre Du Bénin. *European Scientific Journal* July 2017 edition Vol.13, No.21 ISSN: 1857-7881.
- [5] Brévault T., Achaleke J. (2005). Status of pyrethroid resistance in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*, in Cameroon. *Resist. Pest Manage. Newsl.* 15 (1), p. 4–7.
- [6] Chen D., Ye G., Yang C., Chen Y., Wu Y. (2005). The effect of high temperature.
- [7] Butler G. D. and T. J. Henneberry, 1994. Bemisia and Trialeurodes (Hemiptera: Aleyrodida). G. A. Matthews J. P. Tunstall. *Insect Pest of Cotton*: 325-352. Cab International Cambridge, United Kingdom.
- [8] CNAC, 2017. Liste des produits phytopharmaceutiques sous autorisation provisoire de vente (APV) et Agrément Homologation (AH) au Bénin.
- [9] Djihinto A., 1999. Résistance aux pyréthrinoïdes observée chez *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) (Lépidoptère, Noctuidae) Ravageurs du cotonnier au Nord Bénin. Mémoire de Diplôme d'Etudes approfondies, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Montpellier, 36p.
- [10] Douro Kpindou O. K., Paraïso 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.
- [11] El-Aziz Sea., 2003. Kaolin and Bentonite clays particle films as a new trend for suppression of chewing and sucking insects of cotton plants. *Arab Univ J Agric Sci* 11 (1): 373-383.
- [12] Glenn, D. M., G. J. Puterka, T. Vanderzwet, R. E. Byers, and C. Feldhake., 1999. Hydrophobic particle films a new paradigm for suppression of arthropod pests and plant diseases. *J. Econ. Entomol.* 92:759–771.
- [13] Gnimassou A.Y.Y., 2005. Utilisation des mixtures d'insecticides synthétiques et botaniques dans la gestion des ravageurs du cotonnier et leur impact sur la biodiversité des ennemis naturels. Mémoire d'Ingénieur, FSA/UAC, Bénin, 52 p.
- [14] Haggag W.M. 2002. Application of epidermal coating anti-transpirants for controlling cucumber downy mildew in greenhouse. *Plant Pathology Bulletin* 11(2): 69–78.
- [15] Haseeb M., Liu T.-X. and Jones W.A., 2004. Effect of selected insecticides on *Cotesia plutellae* endoparasitoid of *Plutella xylostella*. *Biocontrol*, 49, 33-46.
- [16] Henneberry T. J. and S. E. Naranjo., 1998. Integrated management approaches for pink bollworm in the southwestern United States. *IPM Rev.* 3:31–52.
- [17] Hougni A., 2009. Qualités et valorisation du coton-fibre d'Afrique Zone Franc (AZF) dans les échanges internationaux. *Thèse de doctorat ès sciences économiques*, Université de Bourgogne, Bourgogne, 330 p.
- [18] Hussein K., Perret C., Hitimana L., 2005. Importance économique et sociale du coton en Afrique de l'Ouest : rôle du coton dans le développement, le commerce et les moyens d'existence. OCDE SAH/D 556, 71p.
- [19] 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.
- [20] Jiregna G, Wand SJE. 2005. Comparative effects of evaporative cooling, kaolin particle film and shade net on sunburn and fruit quality in apples. *Hort-Science* 40(3): 592–596.
- [21] INRAB/CRA-CF, 2004-2005. *Rapport de Campagne Experimentation Phytosanitaire*, 84p.
- [22] INRAB/CRA-CF, 2006-2007. *Rapport de Campagne Experimentation Phytosanitaire*, 97p.
- [23] INRAB/CRA-CF, 2009. *Rapport de Campagne Experimentation Phytosanitaire*, 91p.
- [24] Knight A.L., Unruch T.R., Christian B.A., Puterka G.J., Gleen D.M., 2000. Effect of a on kaolin-base particle film on *Obliquebanded leafroller* (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Economic Entomology* 93(3): 744-749.
- [25] Liu T. X. 2003. Repellency of kaolin particle film, Surround, and a mineral oil, Sunspray oil, to *Silverleaf whietfly* (Homoptera: Aleyrodidae) on melon in the laboratory. *J. Econ. Entomol.* 95(2): 317-324.
- [26] Matthews G., 1996. The importance of scouting in cotton IPM. *Crop Prot.* 15, 369-374.
- [27] Martin T., Ochou G., Hala-N'klo F., Vassal J.M., & Vaissayre., 2000. Pyrethroid resistance in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) in West Africa. *Pest management. Sc.* 56 (6):549-554.

- [28] Martin T., 2003. La résistance aux insecticides de *Helicoverpa armigera* (Hübner) en Afrique de l'Ouest : du mécanisme à la gestion. Thèse de doctorat de l'université de Toulouse III, discipline chimie. pp : 1-80.
- [29] Martin T., Ochou G.O., Djihinto A.C., Traore D., Togola M., Vassal J.M., Vaissayre M.,
- [30] Fournier D. (2005) Controlling and insecticide-resistant bollworm in West Africa.
- [31] *Agric., Ecosyst. and Environ.* 107: 409-411
- [32] Michael J. Smirle, D. Thomas Lowery, Cheryl L. Zurowski., 2007 Influence of Mixtures of Kaolin Particle Film and Synthetic Insecticides on Mortality of Larval Obliquebanded Leafrollers (Lepidoptera: Tortricidae) from resistant and susceptible populations. *Journal of Economic Entomology*. Vol. 100, Issue 6 pg(s) 1831-1835
- [33] Muhammad Rafic M., Umar Dahot S., Habib Naqvi, Mahadev Mali and Nadir Ali., 2012. Efficacy of neem (*Azadiracta indica* A. Juss) Callus and Cells suspension extracts against three lepidopteran insect of cotton. *Journal of Medicinal Plants Research* Vol. 6 (40), pp. 5344-5349.
- [34] Moreshet, S., Y. Cohen, and M. Fuchs., 1979. Effect of increasing foliage reflectance on yield, growth, and physiological behavior of a dryland cotton crop. *Crop Sci.* 19:863-868
- [35] Oerke E.C., Dehne H.W., 2004. Safeguarding production-losses in major crops and the role of crop protection. *Crop Prot.* 23, 275-285.
- [36] Ochou O.G., Doffou M.N., N'goran E.K., Kouassi P.K., 2012. Impact de la Gestion de la Résistance aux pyréthrinoïdes par les principaux ravageurs du cotonnier. *Journal Applied of Bioscience*. 53: 3831-3847.
- [37] Ochou G. & Martin T., 2002. Pyrethroid resistance in *Helicoverpa armigera* (Hübner): Recent developments and prospects for its management in Côte d'Ivoire, West Africa. *Resist. Pest Manag. Newsletter* 12.
- [38] Ochou O.G., Doffou M.N., N'goran E.K., Kouassi P.K., 2012. Impact de la Gestion de la Résistance aux pyréthrinoïdes par les principaux ravageurs du cotonnier. *Journal Applied of Bioscience*. 53: 3831-3847.
- [39] Ochou G., Hema O., Ayeva B., Bonni G., Badiane D., Traore A., Malanno K., Kone S., Bini K.K.N., Sawadogo F, 2018. Surveillance de la perte de sensibilité aux insecticides chez les insectes ravageurs du cotonnier en Afrique de l'Ouest. Présentation 11ème Réunion bilan du PR-PICA, Lomé(Togo).
- [40] PR-PICA, 2017. Efficacité des matières actives contre les ravageurs du cotonnier (Poster).
- [41] Puterka G.J., Glenn D.M., Sekatowski D.G., Unruh T.R., Jones S.K. 2000. Progress towards liquid formulations of particle films for insect and disease control in pear. *Environmental Entomology* 29: 329-339.
- [42] Schmutterer H., 1990. Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. *Ann. Rev. Entomol.* 35, 271-297.
- [43] Shafiq M. Ansari, Nadeem Ahmad and Fazil Hasan, 2012. Potential of Biopesticides in Sustainable Agriculture, Strategies for Sustainability. *Environmental Protection Strategies for Sustainable Development*, Pages 529-595.
- [44] Saxena K.N. and Rembold H., 1984. Orientation and ovipositional responses of *Heliothis armigera* to certain neem constituents. *Proceedings of the second International neem Conference, Rauicshho Izhausen, Germany.* pp. 199-210.
- [45] Silva C.A.D. and Ramalho F.S. J., 2013. Kaolin spraying protects cotton plants against damages by boll weevil *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) *Pest Science* 86: 563-569.
- [46] Sisterson M. S., Liu Y. B., Kerns D. L. and Tabashnik B. E., 2003. Effect of Kaolin Particle Film on Oviposition, larval mining, and Infestation of cotton by pink bollworm (Lepidoptera: Gelechiidae). *J. Econ. Entomol.* 96(3): 805-810.
- [47] Showler A.T., 2002. Effects of kaolin-based particle film application on boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) injury to cotton. *J. Econom. Entomol.* 95, 754-762.
- [48] Unruh T. R., Knight A. L., Upton J., Glenn D.M. and Purteka G.J., 2002. Particle-film for suppression of the codling moth in apple and pear orchards. *J. Econ. Entomol.* 93:737-743.
- [49] Bonni G., Ochou G., Togola M., Ayeva B., Hema O., Ndour A., Sawadogo F., Hougni A. Reconnaissance des ravageurs du cotonnier et de leurs ennemis naturels. 2016, 31p.
- [50] Vaissayre M., Deguine J.P., 1996. Cotton protection programmes in francophone Africa. *Phytoma* 489: 26 – 29.
- [51] Vaissayre M., Cauquil J., 2000. Principaux ravageurs et maladies du cotonnier en Afrique au Sud du Sahara. Edition du CIRAD, Montpellier, France
- [52] Vaissayre M., Ochou G.O., Hema O.S., Togola M., 2006. Quelles stratégies pour une gestion durable des ravageurs du cotonnier en Afrique subsaharienne ? *Cahier Agriculture* 15, 80-84.
- [53] Vaissayre M., Ochou G.O., Hema O.S., Togola M., 2006. Quelles stratégies pour une gestion durable des ravageurs du cotonnier en Afrique subsaharienne ? *Cahier Agriculture* 15, 80-84.