

Efficacité d'un insecticide à base de neem dans la lutte contre les ravageurs du cotonnier au Bénin

G. Bonni¹, M. Adegnika¹ & A. Paraïso²

Keywords: Cotton- Pests- *Azadirachta indica*- Insecticide- Efficacy- Performance- Benin

Résumé

L'effet d'un insecticide à base de neem, *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae), a été évalué dans un essai comparatif avec les produits insecticides de synthèse sur les chenilles du cotonnier: *Haritalodes derogata*, *Helicoverpa armigera*, *Earias* sp., *Pectinophora gossypiella* et *Thaumatotibia leucotreta*. L'expérimentation a été conduite dans deux localités, aires de distribution des espèces, Kandi et Savè, situées respectivement dans la zone septentrionale et centrale du Bénin. La formulation de neem contenait 0,5% d'Azadirachtine et a été utilisée aux doses de 2, 3 et 4 l/ha. Les formulations insecticides de synthèse contenaient de l'emamectine 24 g/l + acetamipride 32 g/l; de la cyperméthrine 35 g/l + chlorpyrifos 300 g/l et du betacyfluthrine 45 g/l + imidaclopride 100 g/l. Les différentes applications ont été réalisées selon le programme calendaire de protection du cotonnier recommandé dans chacune des deux régions. Au total, dix traitements ont été réalisés avec l'insecticide à base de neem et six traitements avec les trois insecticides de synthèse. Les résultats ont montré que l'insecticide à base de l'huile de neem était autant efficace que le témoin de référence (cyperméthrine 35g/l+chlorpyrifos 300 g/l) contre des chenilles endocarpiques (*Pectinophora gossypiella* et *Thaumatotibia leucotreta*). L'insecticide à base de neem a réduit le pourcentage de plants attaqués par le phyllophage (*Haritalodes derogata*), de 25% contre 100% de réduction par le produit chimique de synthèse. Un effet dose de l'insecticide à base de neem a été observé avec 36,1%; 29,8% et 6,1% de plants attaqués, pour les doses de 2; 3 et 4 l/ha respectivement. Les rendements de coton graine obtenus des parcelles traitées à l'extrait aqueux de neem ont été supérieurs à ceux des parcelles non traitées. En zone endocarpique, ces rendements issus des parcelles traitées à l'extrait de neem ne sont pas différents statistiquement de ceux des parcelles traitées au produit de synthèse utilisé. Cet insecticide à base de neem pourrait être utilisé dans un système de gestion intégrée des chenilles à régime endocarpique.

Summary

Efficacy of an Neem Based Insecticide in the Control of Cotton Pests in Benin

The effect of an insecticide based on neem, *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae), has been evaluated in a comparative trial with synthetic insecticides on cotton caterpillars: *Haritalodes derogata*, *Helicoverpa armigera*, *Pectinophora gossypiella* and *Thaumatotibia leucotreta*. The experiment was conducted in two localities Kandi and Savè, species distribution areas. Those areas are located in the northern and central Benin. The neem formulation contained 0.5% of Azadirachtin and was used at the doses of 2, 3 and 4 l/ha. The synthetic insecticides contained emamectin 24 g/l + acetamiprid 32 g/l; cypermethrin 35 g/l + 300 g/l chlorpyrifos and beta-cyfluthrin 45 g/l + imidacloprid 100 g/l. The different applications were performed according to the calendar program of cotton protection recommended in each of the two regions. In total, ten treatments were carried out with the neem based insecticide and six treatments with the three synthetic insecticides. The results showed that the neem based insecticide was as effective as the synthetic insecticide (cypermethrin 35g/l+chlorpyrifos 300 g/l) in the control of endocarpic caterpillars, *P. gossypiella* and *T. leucotreta*. The neem based insecticide reduced the percentage of damaged plants by the leaf-cutting ants (*Haritalodes derogata*), by 25% against 100% reduction by the chemical synthetic insecticide. A dose effect of the neem based insecticide was observed with 36.1%, 29.8% and 6.1% of the damaged plants, for doses of 2, 3 and 4 l/ha respectively. Cotton yields of plot treated with aqueous extract of neem were higher than those of the untreated plots. In endocarpic area, yields obtained from the plots treated with neem extract insecticide were not statistically different from those of the chemical insecticides. This study indicates the neem based insecticide could be used in an integrated management system for endocarpic caterpillars.

¹Institut National des Recherches Agricoles du Bénin; Centre de Recherches Agricoles Coton et Fibres, Parakou, Benin.

²Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Laboratoire de Protection des Végétaux, de Pathologie et de Parasitologie des abeilles, Parakou, Benin.

*Auteur correspondant: gustavebonni@yahoo.fr

Reçu le 25.05.17 et accepté pour publication le 10.04.18

Introduction

Au Bénin, la culture cotonnière est l'un des plus importants secteurs agricoles de par sa contribution à l'entrée de devises et à la création d'emplois, notamment dans les secteurs du transport, de l'artisanat, de l'industrie et du commerce. Elle joue également un rôle de locomotive pour toutes les autres cultures (7, 11). Cependant depuis la production record de 427.000 tonnes de la campagne 2004-2005 (17), la filière cotonnière connaît une crise et enregistre de façon continue des contre-performances imputables aux problèmes internes de gestion de la filière (21), à la baisse de la fertilité des sols et aux bioagresseurs inféodés au cotonnier. Sur plus de 1.300 espèces de bioagresseurs identifiées sur le cotonnier dans le monde, 500 ont été répertoriées en Afrique (20, 36, 35).

Une dizaine d'espèces ont une incidence économique majeure au Bénin, comme par exemple *Pectinophora gossypiella* et *Thaumatotibia leucotreta*. Ces deux espèces endocarpiques constituent plus de 50% des espèces rencontrées dans la zone Centre et Sud du Bénin (35, 13, 12). Ces deux espèces se retrouvent beaucoup plus, dans la zone côtière du Bénin, de la Côte d'Ivoire et du Togo.

Pour les contrôler, les produits utilisés depuis plus de deux décennies sont des pyréthrinoïdes vis-à-vis desquels *Helicoverpa armigera*, l'un des principaux ravageurs du cotonnier au Bénin, a développé une résistance, (4, 18, 24, 19). Pour gérer cette résistance, l'utilisation des pyréthrinoïdes a été interdite pendant les 80 premiers jours de végétation. Cette mesure n'est pas sans incidence sur le contrôle des chenilles endocarpiques.

La recherche de produits alternatifs aux pyréthrinoïdes est donc nécessaire d'une part pour contrôler les chenilles endocarpiques, et d'autre part pour gérer la résistance de *H. armigera* aux pyréthrinoïdes.

Dans ce contexte les biopesticides peuvent contribuer à une agriculture durable en réduisant l'utilisation des produits chimiques de synthèse (3, 25, 32). Des études ont montré que les insecticides botaniques peuvent jouer un rôle important dans les programmes de gestion des bioagresseurs de par leur efficacité et du fait qu'ils complètent l'action des ennemis naturels (1, 28, 30).

L'azadirachtine produite par le neem, *Azadirachta indica* A. Juss (famille des Meliaceae), peut contrôler plus de 400 espèces d'insectes dont certains ravageurs du cotonnier (5, 15, 32).

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 (30, 8, 9).

L'objectif de cette étude est de tester l'efficacité d'un biopesticide à base du neem pour le contrôle des chenilles à régimes endocarpique et exocarpique qui s'attaquent au cotonnier et de comparer son efficacité à celle des insecticides de synthèse communément utilisés dans la protection du cotonnier au Bénin.

Matériel et méthodes

Sites d'expérimentation

L'expérimentation a été conduite en 2014 à Gobé (2°25'6"E, 8°00'149"N), Commune de Savè et à Angaradébou (2°20'E, 11°20'N), Commune de Kandi. Savè est situé dans la zone Centre du pays avec une pluviométrie de 1.000-1.300 mm (Figure 1). Le climat est de type soudanien. Le couvert végétal est constitué par une savane parsemée d'arbres et d'arbustes. Il y subsiste encore des îlots de forêts dont la forêt classée de l'Ouémé. Les sols qu'on y rencontre sont des sols ferrugineux tropicaux qui du fait de l'exploitation humaine font place par endroit aux sols latéritiques infertiles.

Kandi est situé dans la zone sèche du Nord du Bénin, département de l'Alibori avec une pluviométrie annuelle variant entre 900-1.000 mm. Les sols sont ferrugineux sur socle cristallin avec près du fleuve Niger des sols alluviaux. La végétation savanicole est dominée par des épineux. La période de croissance végétative (PCV) est de 140 jours. Le climat est du type soudano-sahélien.

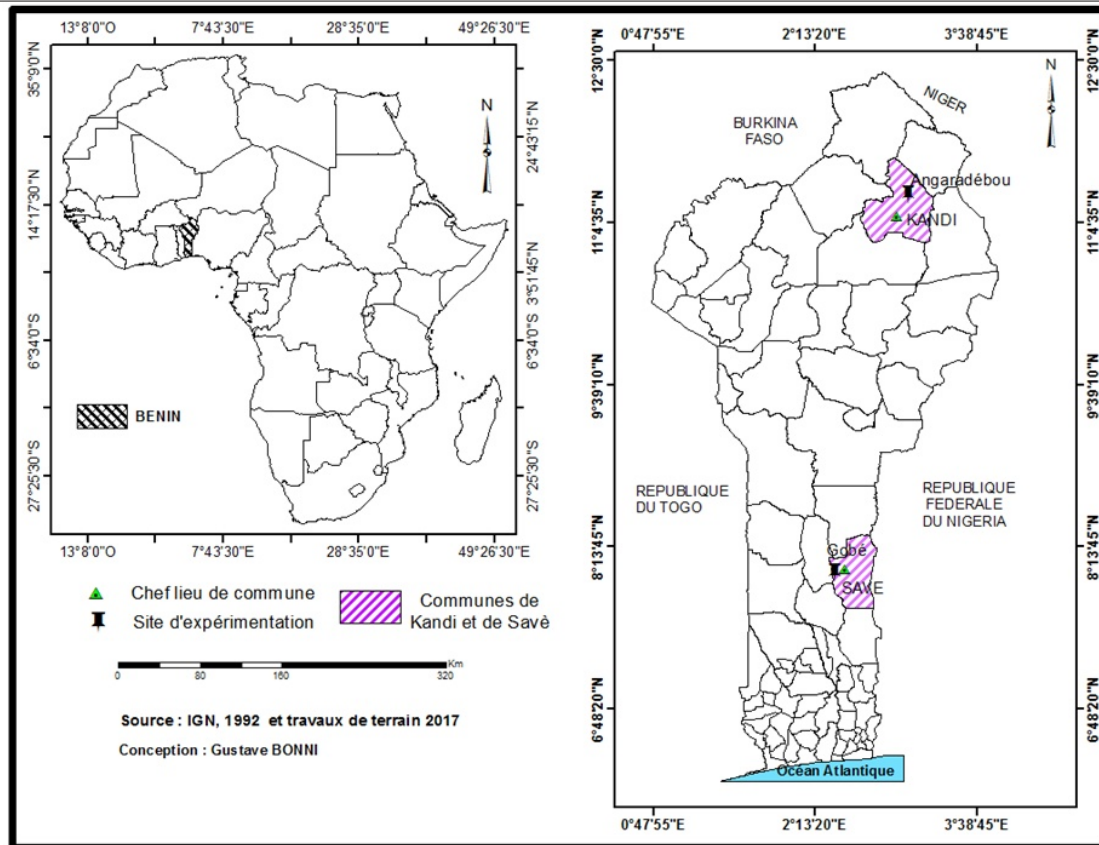


Figure : Sites de l'étude: Angaradébou (Kandi) et Gobé (Savè).

Matériel végétal

La variété de cotonnier utilisée était la variété H 279-1, issue des travaux d'amélioration intra spécifique de l'espèce *Gossypium hirsutum* L. du Centre de Recherches Agricoles Coton et Fibres (13).

Pesticides utilisés

Les produits et associations de produits testés sont présentés dans le tableau 1. Les produits de synthèse utilisés sont des insecticides homologués au Bénin. L'insecticide botanique (azadirachtine 0,5%) testé est commercialisé au Bénin et a été utilisé aux doses de 2, 3 et 4 l/ha. La formulation à base d'emamectine 24 g/l-acetamiprid 32 g/l a été utilisée à la dose de 0,5 l/ha, celle de Cyperméthrine 35g/l-chlorpyrifos 300 g/l à la dose de 1 l/ha et enfin, celle de betacyfluthrine 45 g/l- imidachloprid 100 g/l à la dose de 0,2 l/ha. Ces différentes formulations sont consignées dans le tableau 1.

Dispositif expérimental et traitements phytosanitaires

L'essai a été conduit pendant la campagne cotonnière 2014-2015. Le semis du cotonnier a été réalisé le 15 juin au Nord et le 17 juillet au centre dès que les pluies se sont installées. La variété de cotonnier utilisée était la H279-1. Le semis a été réalisé à raison de 5 graines par poquet et démarrié ensuite à 2 plants par poquet.

Le dispositif était un bloc de Fisher de 7 traitements et de 4 répétitions avec des parcelles élémentaires de 8 lignes de 9 m de long), dont 6 lignes ont été traitées. L'espace entre deux lignes était de 0,8 m et entre les plants de 0,4 m; soit 62.500 plants/ha. L'engrais azoté a été apporté le 25 juin au Nord et le 29 juillet au Sud et l'urée au 40^{ème} jour après le semis (j.a.s). Deux sarclo-binages ont été réalisés aux 15^{ème} et 35^{ème} j.a.s. et un sarclo-buttagé le 40^{ème} j.a.s.

Six applications d'insecticides ont été réalisées avec un appareil à dos de type Solo 425 contenant 2,5 litres d'eau + la quantité de produit pour traiter les parcelles de produits de synthèse du 45^{ème} au 120^{ème} jour après la levée (j.a.l.) du cotonnier.

Dix applications ont été par contre réalisées sur les parcelles recevant la solution de Neem, du 30^{ème} au 120^{ème} jour après levée (j.a.l.), à raison d'un traitement par semaine. La parcelle non traitée était utilisée comme témoin absolu. Celles traitées avec les produits binaires cyperméthrine 35 g/l- chlorpyrifos éthyl 300 g/l et emamectine 24 g/l-acetamipride 32 g/l ont été utilisées comme témoin de référence.

Tableau 1
Objets mis en comparaison.

Matières actives et concentration	Dose l/ha
Non traité	-
Emamectine 24 g/l-acetamiprid 32 g/l	0,5
Cyperméthrine 35 g/l-chlorpyrifos 300 g/l	1,0
Betacyfluthrine 45 g/l- Imidachloprid 100 g/l	0,2
Azadirachtine 0,5%	2,0
Azadirachtine 0,5%	3,0
Azadirachtine 0,5%	4,0

Observations

Les observations réalisées ont porté sur:

- L'analyse sanitaire des capsules vertes (ASCV) pour le dénombrement des chenilles endocarpiques, notamment *Pectinophora gossypiella* et *Thaumatotibia leucotreta*. Elle a consisté à échantillonner 50 capsules vertes de même âge (de diamètre supérieur à 2 cm). Ces capsules ont été collectées sur les lignes N°s 2 et 7, chaque semaine dans chaque parcelle élémentaire, du 80^{ème} au 115^{ème} jour après la levée. Elles ont été réparties en capsules saines et attaquées (trouées et piquées). Les ravageurs en présence ont été identifiés et dénombrés.
- Les chenilles exocarpiques (*Helicoverpa armigera* et *Earias* sp.) ont été dénombrées directement sur les organes fructifères et sur 30 plants observés par groupe de 5 plants par lignes, sur les 6 lignes centrales. Ces groupes de plants sont disposés suivant une diagonale.
- L'analyse sanitaire des capsules à maturité (ASCM) a été réalisée à la récolte sur la ligne 3 et sur une distance de 7 m délimitée au centre de la ligne. Le nombre de capsules mûres saines et attaquées (desséchées, percées/trouées ou pourries) a été enregistré. Des échantillons de coton issus des capsules mûres ont été répartis en coton blanc sain issu des capsules saines, en coton blanc issu des capsules attaquées et en coton jaune.
- Ces différents échantillons ont été pesés et le pourcentage de coton jaune a été évalué (32). La récolte de coton graine a été réalisée en trois 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 (37).

Analyse statistique

Les analyses des résultats ont été réalisées à l'aide du logiciel d'analyses statistiques STATENTO. Les coefficients de variation calculés sur les variables naturelles non transformées, la transformation retenue pour chaque variable, 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 bioagresseurs ou le plus productif. Les variables ont été transformées sauf la variable 'Rendement'.

Résultats

Analyse sanitaire des capsules vertes

A Gobé, l'objet traité avec l'insecticide à base de neem a présenté un pourcentage de capsules saines (53,5%) et un pourcentage de capsules percées (1,5%), statistiquement équivalent à celui du témoin de référence, cyperméthrine 35 g/l- chlorpyrifos 300 g/l (53% et 0%). Le nombre de chenilles de *Pectinophora gossypiella* et de *Thaumatotibia leucotreta* dans la capsule a été aussi réduit ($p>0,05$) (Tableau 2).

A Angaradébou, l'objet traité à l'insecticide à base de neem à 2 et 3 l/ha a présenté un pourcentage de capsules saines faible par rapport à celui du témoin de référence, emamectine 24 g/l-acetamipride 35 g/l. Par contre, le pourcentage de capsules saines issues des parcelles traitées à la dose de 4 l/ha de l'extrait de neem lui a été équivalent (Tableau 3). Les résultats similaires ont été observés pour le pourcentage de capsules percées où la parcelle traitée à la forte dose de l'extrait de neem a donné un taux de capsules percées de $18,0\pm 1,0$ % équivalent à celui de la parcelle de référence ($14\pm 0\%$) (Tableau 3).

Les nombres moyens de chenilles de *H. armigera* dans les capsules vertes des parcelles traitées à 3 et 4 l/ha, a été respectivement de 3,25 et 1,50 chenilles par 50 capsules échantillonnées. Ces nombres moyens de chenilles ont été équivalents à celui obtenu avec le produit de synthèse utilisé comme référence. Par contre le nombre moyen de chenilles de *H. armigera* dans les capsules vertes des parcelles traitées à 2 l/ha a été plus élevé ($p=0,039$) (Tableau 3).

Les nombres moyens de chenilles de *Earias* spp. dans les capsules vertes ne met pas en évidence une différence entre les différents traitements ($p=0,0572$) (Tableau 3).

Les chenilles exocarpiques (*H. armigera* et *Earias* sp.)

A Gobé, zone de moyenne infestation de chenilles à régime exocarpiques, les populations des deux espèces (*H. armigera* et *Earias* spp.) ont été faibles. Le nombre de chenilles récoltées sur les parcelles traitées à l'extrait aqueux de neem ne montre aucune différence significative par rapport au nombre récolté sur les autres parcelles traitées ou non (Tableau 4). A Angaradébou, zone de fortes pullulations, les résultats ont montré que le nombre moyen de chenilles carphophages (*H. armigera* et *Earias* spp.) récolté sur les parcelles traitées à l'extrait aqueux de neem a été significativement plus élevé par rapport à celui du témoin de référence (emamectine 24 g/l-acetamipride 32 g/l) et par rapport à la parcelle non traitée soit respectivement 8; 2,6 et 7,5 chenilles/30 plants observés contre 7,5 pour la parcelle non traitée et à 8,0 chenilles/ 30 plants pour l'extrait aqueux de neem. Les résultats ont été similaires pour *Earias* sp. (Tableau 5).

Les chenilles phyllophages

A Gobé, le pourcentage de plants attaqués par *Haritalodes derogata* sur la parcelle traitée à l'extrait de neem a été équivalent à celui de la parcelle témoin traitée avec les produits de synthèse et significativement plus faible que celui de la parcelle non traitée (Tableau 6).

A Angaradébou, le pourcentage de plants attaqués dans les parcelles traitées à l'extrait de neem a été significativement plus faible par rapport à celui de la parcelle non traitée et plus élevé par rapport à celui des parcelles traitées avec les produits de synthèse.

Un effet dose-réponse du produit à base de neem a été observé avec 36,1; 29,8 et 6,1% de plants attaqués pour les doses de 2, 3 et 4 litres/ha respectivement (Tableau 7).

L'Analyse sanitaire des capsules mûres: Taux de coton jaune

A Gobé, le taux de coton jaune sur les parcelles traitées avec l'extrait de neem à 2 l/ha s'est amélioré avec 19,9 % contre 25,4 % sur la parcelle témoin traitée avec les produits de synthèse ($p=0,08$) (Tableau 8).

A Angaradébou, le taux de coton jaune a été de 1,2% sur les parcelles traitées au neem à 2 l/ha contre 0,4% pour le témoin traité avec le produit de synthèse ($p=0,025$), (Tableau 9).

Le rendement de coton graine

A Gobé, le rendement de coton graine obtenu sur les parcelles traitées avec l'insecticide botanique est équivalent à celui des parcelles traitées avec le produit de référence (Cyperméthrine 35 g/l-Chlorpyrifos 300 g/l).

L'augmentation de la dose de l'insecticide botanique a amélioré le rendement de coton graine mais les rendements obtenus avec les différentes doses ne sont pas statistiquement différents entre eux (Tableau 10).

A Angaradébou, les rendements sont plus élevés qu'à Gobé. Ceux des parcelles traitées à l'insecticide botanique ont été inférieurs à celui du témoin de référence (emamectine 24 g/l-acetamidrid 32 g/l) (Tableau 11).

Tableau 2
Analyse sanitaire des capsules vertes à Gobé.

Traitement	Pourcentage de capsules saines	Pourcentage capsules percées	Nombre de chenilles de <i>P. gossypiella</i> et de <i>T. leucotreta</i> dans 50 capsules
Non traité	32,0±1,17	b 6,0±0,35	b 4,1±0,48 a
Emamectine 24 g/l-acetamidrid 32 g/l	35,5±1,12	ab 0,5±0,18	a 3,0±0,47 a
Cyperméthrine 35 g/l-chlorpyrifos 300 g/l	53,0±2,02	a 0,0±0,32	a 1,1±0,29 a
Betacyfluthrine 45 g/l- Imidachloprid 100 g/l	51,5±1,53	a 1,5±0,04	a 2,5±0,51 a
Azadirachtine 0,5%	53,5±0,56	a 1,5±0,18	a 2,9±0,28 a
Azadirachtine 0,5%	52,5±1,71	a 0,5±0,22	a 1,6±0,45 a
Azadirachtine 0,5%	53,0±0,55	a 0,5±0,32	a 1,4±0,38 a
Prob. F Objet	0,08	0,03	0,68
% CV	29,40	33,90	84,80

Tableau 3
Analyse sanitaire des capsules vertes à Angaradébou.

Traitement	Pourcentage de capsules saines	Pourcentage de capsules percées	Nombre de chenilles de <i>H. armigera</i>	Nombre de chenilles de <i>Earias sp.</i>
Non traité	68,5±1,00 cd	24±1,00 cd	4,25±0,00 bc	1,0±0,00 a
Emamectine 24 g/l- acetamiprid 32 g/l	82,5±0,00 a	14±0,00 a	1,50±0,00 a	1,0±0,00 a
Cyperméthrine 35 g/l- chlorpyrifos 300 g/l	72,5±1,00 bcd	21±1,00 ab	3,25±0,00 ab	0,0±0,00 a
Betacyfluthrine 45 g/l- Imidachlopid 100 g/l	74,5±1,00 bc	18,5±1,00 ab	2,25±0,00 abc	0,0±0,00 a
Azadirachtine 0,5%	66,0±1,00 d	26,5±1,00 b	4,00±0,00 bc	0,75±0,00 a
Azadirachtine 0,5%	72,5±0,00 bcd	21±0,0 bcd	3,25±0,00 ab	0,0±0,00 a
Azadirachtine 0,5%	77,5±1,00 ab	18±0,1,00 abc	1,50±0,00 a	0,25±0,00 a
Prob. F Objet	0,00	0,00	0,04	0,06
% CV	4,21	14,01	36,13	140,68

Tableau 4
Nombre moyen de chenilles de *H. armigera* et *Earias sp.* à Gobé.

Traitement	<i>H. armigera</i>	<i>Earias sp.</i>
Non traité	0,6 ± 0,16	0,7 ± 0,04
Emamectine 24 g/l-acetamiprid 32 g/l	0,3 ± 0,16	0,3 ± 0,14
Cyperméthrine 35 g/l-chlorpyrifos 300 g/l	0,4 ± 0,05	0,2 ± 0,05
Betacyfluthrine 45 g/l- Imidachlopid 100 g/l	0,7 ± 0,04	0,4 ± 0,05
Azadirachtine 0,5%	0,3 ± 0,16	0,3 ± 0,16
Azadirachtine 0,5%	0,4 ± 0,06	0,3 ± 0,07
Azadirachtine 0,5%	0,4 ± 0,05	0,4 ± 0,06
Prob. F Objet	0,17	0,28
% CV	47,65	42,39

Tableau 5
Nombre moyen de chenilles de *H. armigera* et *Earias sp.* à Angaradébou.

Traitement	<i>H. armigera</i>	<i>Earias sp.</i>
Non traité	7,5±0,18 c	1,5±0,16 c
Emamectine 24 g/l-acetamiprid 32 g/l	2,6±0,23 a	0,5±0,22 ab
Cyperméthrine 35 g/l-chlorpyrifos 300 g/l	8,7±0,33 de	0,3±0,03 a
Betacyfluthrine 45 g/l- Imidachlopid 100 g/l	5,7±0,32 b	0,7±0,03 b
Azadirachtine 0,5%	13,4±0,18 g	2,1±0,16 d
Azadirachtine 0,5%	10,4±0,19 f	2,2±0,10 d
Azadirachtine 0,5%	8,0±0,08 cd	1,8±0,07 cd
Prob. F Objet	0,00	0,00
% CV	2,80	14,80

Tableau 6
Pourcentage de plants atteints par *H. derogata* à Gobé.

Traitement	<i>H. derogata</i>
Non traité	0,71±0,24 b
Emamectine 24 g/l-acetamiprid 32 g/l	0,02±0,02 a
Cyperméthrine 35 g/l-chlorpyrifos 300 g/l	0,00±0,00 a
Betacyfluthrine 45 g/l- Imidachlopid 100 g/l	0,06±0,04 a
Azadirachtine 0,5%	0,31±0,15 a
Azadirachtine 0,5%	0,20±0,16 a
Azadirachtine 0,5%	0,1±0,05 a
Prob. F Objet	0,00
% CV	28,20

Tableau 7
Pourcentage de plants atteints par *H. derogata* à Angaradébou.

Traitement	<i>H. derogata</i>
Non traité	48,0±0,15 d
Emamectine 24 g/l-acetamiprid 32 g/l	0,0±0,10 a
Cyperméthrine 35 g/l-chlorpyrifos 300 g/l	0,0±0,00 a
Betacyfluthrine 45 g/l- Imidachlopid 100 g/l	0,0±0,00 a
Azadirachtine 0,5%	36,1±0,15 cd
Azadirachtine 0,5%	29,8±0,10 c
Azadirachtine 0,5%	6,1±0,05 b
Prob. F Objet	0,00
% CV	32,80

Tableau 8
Analyses sanitaires des capsules mûres à Gobé:
Pourcentage de coton jaune.

Traitement	% de coton jaune
Non traité	22,8±5,66 bc
Emamectine 24 g/l-acetamiprid 32 g/l	25,4±2,64 bc
Cyperméthrine 35 g/l-chlorpyrifos 300 g/l	25,7±4,08 bc
Betacyfluthrine 45 g/l- Imidachlopid 100 g/l	13,9±1,69 a
Azadirachtine 0,5%	19,9±4,78 ab
Azadirachtine 0,5%	22,9±1,97 bc
Azadirachtine 0,5%	24,3±2,70 bc
Prob. F Objet	0,08
% CV	12,70

Tableau 9
Analyse sanitaire des capsules mûres à Angaradébou:
Pourcentage de coton jaune.

Traitement	% coton jaune
Non traité	2,6±0,46 c
Emamectine 24 g/l-acetamiprid 32 g/l	0,4±0,40 a
Cyperméthrine 35 g/l-chlorpyrifos 300 g/l	1,5±0,31 bc
Betacyfluthrine 45 g/l- Imidachlopid 100 g/l	0,8±0,37 ab
Azadirachtine 0,5%	1,2±0,86 b
Azadirachtine 0,5%	1,6±0,33 bc
Azadirachtine 0,5%	1,3±0,55 b
Prob. F Objet	0,03
% CV	23,90

Tableau 10
Production de coton graine à Gobé.

Traitement	Rendement (kg/ha)
Non traité	551± 63,71 bc
Emamectine 24 g/l-acetamiprid 32 g/l	705±153,63 ab
Cyperméthrine 35 g/l-chlorpyrifos 300 g/l	662±162,29 ab
Betacyfluthrine 45 g/l- Imidachlopid 100 g/l	824±204,27 a
Azadirachtine 0,5%	533±188,04 abc
Azadirachtine 0,5%	637±45,16 ab
Azadirachtine 0,5%	705±126,50 ab
Prob. F Objet	0,05
% CV	26,60

Tableau 11
Production de coton graine à Angaradébou.

Traitement	Rendement (kg/ha)
Non traité	958±32,47 c
Emamectine 24 g/l-acetamiprid 32 g/l	1770±182,12 a
Cyperméthrine 35 g/l-chlorpyrifos 300 g/l	1228±64,64 bc
Betacyfluthrine 45 g/l- Imidachlopid 100 g/l	1339±191,77 b
Azadirachtine 0,5%	1248±33,68 bc
Azadirachtine 0,5%	1426±69,20 b
Azadirachtine 0,5%	1431±42,57 b
Prob. F Objet	0,01
% CV	16,90

Discussion

L'objectif de la présente étude était d'évaluer l'efficacité d'une formulation à base de neem à différentes doses dans la lutte contre les principaux ravageurs du cotonnier au Bénin. Les résultats ont montré que cet insecticide peut s'utiliser dans la gestion des chenilles endocarpiques et exocarpiques du cotonnier. Les chenilles endocarpiques passent une grande partie de leur cycle à l'intérieur de la capsule alors que les chenilles exocarpiques vivent beaucoup plus à l'extérieur de la capsule, sur les organes reproducteurs. L'étude a montré que les chenilles carpophages à régime exocarpique (*H. armigera* et *Earias* sp.) sont moins sensibles à l'insecticide botanique, avec des densités de population variant de 13,4; 2,6 et 7,5 chenilles d'*H. armigera* sur 30 plants observés, respectivement sur les parcelles traitées avec la formulation de neem, avec des produits de synthèse et sur la parcelle non traitée ($p < 0,05$). Les mêmes tendances ont été observées avec *Earias* sp. (chenille exocarpique). Ces résultats ont corroboré avec ceux obtenus au laboratoire par Muhammad Rafic *et al.* (22).

Ces auteurs ont observé que *P. gossypiella* (chenille endocarpique) est plus sensible que *H. armigera* (chenille exocarpique) à des extraits aqueux de neem avec un fort taux de mortalité, une baisse de l'alimentation et avec un effet répulsif de la solution. Notre étude a montré lors de l'analyse sanitaire des capsules vertes que les doses les plus élevées (3 et 4 l/ha) ont mieux contrôlé *H. armigera* par rapport à celle de 2 l/ha. En effet, l'azadirachtine n'a pas un effet dissuasif sur l'oviposition de *H. armigera* (Hüber) (26). Cela pourrait justifier sa faible sensibilité à l'extrait de neem. Les insecticides à base de neem perdent souvent leur efficacité après exposition aux intempéries, quelques heures après leur application (16, 28, 30). Les conditions agro-écologiques de la zone septentrionale, zone de prédilection des chenilles carpophages à régime exocarpique, avec un fort ensoleillement, pourraient constituer un facteur limitant à l'expression des réelles potentialités de cet insecticide botanique. Douro Kpindou *et al.* (5), ont étudié l'efficacité de différents pesticides, notamment des produits chimiques de synthèse, des champignons entomopathogènes et l'extrait de neem sur les ravageurs du cotonnier.

Les pourcentages de boutons floraux et de capsules attaqués par les carpophages sur les parcelles traitées aux biopesticides sont significativement supérieurs à ceux des parcelles traitées avec un produit de synthèse. Ce résultat confirme l'effet limité de l'extrait de neem par rapport aux produits de synthèse observé dans cette étude sur *H. armigera* et *Earias* sp., malgré les doses croissantes testées. L'effet de l'insecticide botanique, quoique faible sur *H. armigera* met cependant en évidence son effet dose. Les fortes doses (3 et 4 l/ha) ont eu un effet équivalent à celui de l'insecticide de synthèse. Il a été montré au laboratoire, que lorsque la concentration de l'insecticide à base de neem diminue, le taux de mortalité d'*Helicoverpa armigera* diminue également (22). En zone de fortes infestations par les chenilles endocarpiques, l'analyse sanitaire des capsules vertes et des capsules à maturité a montré que l'insecticide botanique à 2 l/ha a une efficacité équivalente à celles des produits de synthèse. Les taux de capsules saines et de capsules percées n'ont pas été significativement différents de ceux observés avec le témoin de référence. La densité de la population des chenilles endocarpiques a été réduite par rapport à celle des parcelles non traitées. Ces résultats confirment ceux obtenus par Nboyine *et al.* (23). En effet, ces auteurs ont observé que l'extrait aqueux de neem avait réduit significativement l'abondance des chenilles carpophages, des pucerons et de la mouche blanche par rapport à la parcelle témoin. L'extrait aqueux de neem a amélioré le taux de coton jaune en zone de pullulation des chenilles endocarpiques par rapport à celui de la zone Nord (zone à chenilles exocarpiques). Le pourcentage de coton jaune est naturellement plus élevé dans cette zone (12, 13), dû aux attaques des chenilles endocarpiques. Le taux de coton jaune obtenu dans la zone à chenilles endocarpiques équivaut à celui obtenu avec les produits chimiques de synthèse, ce qui confirme l'effet de l'extrait de neem dans le contrôle de ces chenilles (*Pectinophora gossypiella* et *Thaumatotibia leucotreta*). En zone Nord où le taux de coton jaune est relativement plus faible, (0,8 à 2,6%), l'extrait de neem a produit un taux de coton jaune plus élevé que le témoin traité avec un produit de synthèse. Les produits à base de neem améliorent les rendements de coton graine au champ (6, 3, 23). Le rendement obtenu dans cette étude avec l'insecticide botanique a été équivalent à celui du témoin de référence, cyperméthrine 35 g/l-chlorpyrifos 300 g/l dans la zone à chenilles endocarpiques. Les travaux de certains auteurs (6, 23) ont montré une amélioration du rendement en fonction de l'augmentation de la dose, ce qui confirme nos résultats. Sur le phyllophage, *H. derogata*, l'insecticide botanique a réduit de façon significative le pourcentage de plants attaqués par rapport à celui de la parcelle non traitée. Ces résultats confirment ceux déjà obtenus (22, 23, 33). Son effet était resté cependant faible sur ce phyllophage par rapport aux produits de synthèse

utilisés et qui contiennent des pyréthrinoïdes. Les pyréthrinoïdes sont toxiques à de faibles doses pour les insectes. Leur toxicité passe par leur aptitude à empêcher la fermeture des canaux sodiques au niveau des axones des neurones, inhibant ainsi la repolarisation des cellules nerveuses et la génération d'un potentiel d'action: les neurones devenant inactifs, l'animal est paralysé (2, 10). L'insecticide botanique par contre, a un effet plus lent. Il a la potentialité d'empêcher l'insecte de se nourrir, agit sur sa métamorphose et sur sa reproduction (1, 5). L'effet remarquable de l'extrait de neem observé sur le contrôle des chenilles endocarpiques montre que cette formulation pourrait avoir une action systémique. Schmutterer (31) a observé que l'azadirachtine contenu dans les extraits de neem a une durée de 4-5 jours en milieu naturel et que cette durée pourrait être plus longue en cas d'effet systémique de la matière active.

Conclusion

Notre étude a permis de mesurer l'efficacité d'une formulation phytosanitaire à base d'extrait de neem pour lutter contre plusieurs ravageurs du cotonnier au Bénin. Les populations des chenilles carpophages à régime exocarpique ont été moins bien contrôlées que celles des chenilles à régime endocarpique. L'insecticide botanique bien qu'ayant permis de réduire le nombre de plants attaqués par le phyllophage *H. derogata*, présente une efficacité plus faible que celle des insecticides de synthèse. Des études sur l'utilisation de ce produit en association avec d'autres insecticides botaniques sont à envisager pour renforcer son efficacité sur les chenilles exocarpiques dans la zone septentrionale. Utilisé seul, la dose de 3 à 4 l/ha serait recommandée. En zone Centre et Sud, où les populations des chenilles endocarpiques sont importantes, cet insecticide botanique pourrait être utilisé à 2 l/ha dans un programme de gestion intégrée contre ces ravageurs. Toutes ces études pourraient permettre d'envisager à court terme l'utilisation d'insecticide à base d'extrait de neem pour protéger les parcelles de cotonnier contre les bioagresseurs au Bénin. Cette alternative à l'emploi de matières actives de synthèse constituerait une avancée notoire pour protéger la santé des cotonculteurs et préserver l'environnement.

Remerciements

Nous remercions les responsables du Laboratoire de Protection des Végétaux, de Pathologie et de Parasitologie des abeilles et ceux du Centre de Recherche Agricole Coton et Fibres pour leur appui technique et financier. Nous remercions également les Drs. Douro, Baimey et Batamoussi pour les différentes observations et orientations sur ce document, sans oublier C. Akokponhoun et P. Gnanvè pour le suivi des expérimentations.

Références bibliographiques

1. Ascher K.R.S., 1993, Nonconventional insecticidal effects of pesticides available from the neem tree, *Azadirachta indica*. *Arch. Insect Biochem. Physiol.*, **22**, 433-449.
2. David E.R., & Philip J.F., 2000, Pyrethroid Insecticides: Poisoning Syndromes, Synergies, and Therapy. *J. Toxicol.*, **38**, 2.
3. Dhingra S., Walia S., Kumar J., Singh S., Singh G. & Parmar B.S. 2008. Field efficacy of Azadirachtin-A, tetrahydroazadirachtin-A, NeemAzal and endosulfan against key pests of okra (*Abelmoschus esculentus*). *Pest Manag. Sci.*, **64**, 11, 1187-1194.
4. 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, 36 p.
5. 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. *Int. J. Sci. Adv. Tech.*, **3**, 1, 21-33.
6. El Shafie HAF, Basedow T., 2003, The efficacy of different neem preparations for the control of insects damaging potatoes and egg plants in Soudan. *Crop Prot.*, **22**, 1015-1022.
7. DPP/MAEP (Direction de la Programmation et de la prospective/Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche), 2010, *Annuaire statistique: Campagnes agricoles 2008 et 2009*. DPP/MAEP-PADSA/DANIDA, Cotonou, Bénin.
8. 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.
9. 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.
10. Henk P.M., Vijverberg & vanden Bercken J., 1990, Neurotoxicological effects and the mode of action of pyrethroid insecticides. *Critical Rev. Toxicol.*, **21**, 2.
11. IFPRI-LARES, 1998, *National Survey of Small Farmers in Benin*. International Food Policy Research Institute (IFPRI), Washington DC, USA.
12. INRAB/CRA-CF., 2006-2007, *Rapport de Campagne Expérimentation Phytosanitaire*, 97 p.
13. INRAB/CRA-CF., 2004-2005, *Rapport de Campagne Expérimentation Phytosanitaire*, 84 p.
14. INRAB/CRA-CF., 2012, *Des réponses aux 22 questions des acteurs à la recherche agricole d'appui à la filière cotonnière au Bénin*. 27 p.
15. Isman M.B., 1999, *Neem and related natural products*. In: *Biopesticides: use and delivery*. Ed. Hall F.R., Menn J.J., Springer, Humana Totowa, 139-153.
16. Koul, O., Isman M.B. and Ketkar C.M., 1990. Properties and uses of neem, *Azadirachta indica*. *Can. J. Bot.*, **68**, 1-11.
17. MAEP, 2010, *Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole (PSRSA). Version finale*, 112 p.
18. 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 Manag. Sc.*, **56**, 6, 549-554.
19. 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, 80 p.
20. Matthews G., 1996, The importance of scouting in cotton IPM. *Crop Prot.*, **15**, 369-374.
21. MEF, 2010, *Evaluation ex-ante de la mise en œuvre des stratégies de relance du pôle coton-textile au Bénin*. Rapport final. 86 p.
22. Muhammad Rafic M., Umar Dahot S., Habib N., Mahadev M. & Nadir A., 2012, Efficacy of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) callus and cells suspension extracts against three lepidopteran insect of cotton. *J. Med. Plant Res.*, **6**, 40, 5344-5349.
23. Nboyine J.A., Abudulai M., Opare-Atakora Y., 2013, Field efficacy of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) based biopesticides for the management of insect-pests of cotton in Northern Ghana. *J. Exp. Biol. Agric. Sci.*, **1**, 4, 321-327.
24. 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**.
25. Rathod S.T., Borad P.K., Bhatt N.A., 2009, Bio-Efficacy of neem based and synthetic insecticides against red pumpkin beetle, *Aulacophora foveicollis* (Lucas) on bottle gourd. *Pest Manag. Hortic. Ecosystems*, **15**, 2, 150-154.
26. Saxena K.N. & Rembold H., 1984, *Orientation and ovipositional responses of Heliothis armigera to certain neem constituents*. Proceedings of the second International neem Conference, Rauichsho Izhausen, Germany. Pp. 199-210.
27. Saxena K.N. & Basit A., 1982, Inhibition of oviposition by volatile of certain plants and chemicals in the leafhopper, *Amrasca devetans* (Distant). *J. Chem. Ecol.*, **8**, 329-338.
28. Shoil M., Greenberg S.M., Allan T., Showler A.T. & Tong-Xiang L., 2005. Effects of neem-based insecticides on beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Insect Sci.*, **12**, 17-23.
29. Showler A.T., Greenberg S.M. & Arnason J.T., 2004, Deterrent Effects of Four Neem-Based Formulations on Gravid Female Boll Weevil (Coleoptera: Curculionidae) Feeding and Oviposition on Cotton Squares. *J. Econ. Entomol.*, **97**, 2, 414-421.
30. Schmutterer H., 1990. Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. *Ann. Rev. Entomol.*, **35**, 271-297.
31. Schmutterer H., 1988. Potential of Azadirachtin-containing pesticides for integrated control in developing and industrial countries. *J. Insect Physiol.*, **34**, 713.
32. Shafiq M.A., Nadeem A. & Fazil H., 2012, Potential of Biopesticides in Sustainable Agriculture, Strategies for Sustainability. *Environ. Protection Strategies Sustainable Dev.*, 529-595.

33. Togbé C. E., Haagsma, R., Zannou, E., Gbèhounou G., Déguénon J.M., Vodouhè S., Kossou D. and Van Huis A., 2015, Field evaluation of the efficacy of Neem oil of (*Azadirachta indica* A. Juss) and *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. in Cotton. *J. Applied Entomol.*, **39**, 3, 217-228.
34. Vaissayre M., Deguine JP., 1996, Cotton protection programmes in francophone Africa. *Phytoma*, **489**, 26-29.
35. Vaissayre M, Ochou GO, Hema OS, Togola M., 2006, Quelles stratégies pour une gestion durable des ravageurs du cotonnier en Afrique sub-saharienne? *Cah. Agric.*, **15**, 80-84.
36. Vaissayre M., Cauquil J., 2000, *Principaux ravageurs et maladies du cotonnier en Afrique au Sud du Sahara*. Editions du CIRAD, Montpellier, France.
37. Vayssaire M, 1982. Méthodes d'échantillonnage des populations d'insectes dans les cultures cotonnières d'Afrique. *Entomophaga*, **Special issue**, 25-29.

G. Bonni, Béninois, Doctorant, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin; Centre de Recherches Agricoles Coton et Fibres, Cotonou, Benin.

M. Adegnika, Béninois, Msc, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin; Centre de Recherches Agricoles Coton et Fibres, Cotonou, Benin.

A. Paraïso, Béninois, PhD, Enseignant-Chercheur, Université de Parakou, Faculté d'Agronomie, Laboratoire de Protection des Végétaux, de Pathologie et de Parasitologie des abeilles (LAPPAB). Parakou, Bénin.