

Activité insecticide de *Bacillus subtilis thuringiensis* kurstaki sur les principaux insectes ravageurs du cotonnier

Kouadio Kra Norbert BINI^{1*}, Malanno KOUAKOU¹, Mathias DANHO², Ochou Germain OCHOU¹

¹Centre National de Recherche Agronomique, Station de Recherche sur le Coton, Laboratoire Entomologie, 01 BP 633 Bouaké 01, Côte d'Ivoire

²Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, Département de Formation et de Recherche Agriculture et Ressources Animales (DFR-ARA), Laboratoire de Zoologie Agricole et Entomologie. BP 1313 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire.

*Auteur correspondant : bini_kra@yahoo.fr ; (+225) 57 36 90 93 / 01 15 49 54

Submitted on 6th January 2022. Published online at www.m.elewa.org/journals/ on 31st March 2022
<https://doi.org/10.35759/JABs.171.3>

RESUME

Objectif : *Helicoverpa armigera*, *Pectinophora gossypiella* et *Jacobiella fascialis* demeurent trois principaux ravageurs du cotonnier en Côte d'Ivoire. La présente étude a pour objectif d'évaluer l'efficacité biologique d'un pesticide à base de *Bacillus subtilis thuringiensis* kurstaki sur ces trois redoutables ravageurs.

Méthodologie et résultats : Pour atteindre cet objectif, un dispositif en bloc de Fisher ayant 5 traitements et 4 répétitions a été mis en place de 2017-2018 et 2018-2019 à la station de recherche sur le coton à Bouaké. Les traitements mis en comparaison étaient constitués de trois différentes doses (750, 1000 et 1500 ml/ha) de la formulation biologique, comparées à un témoin chimique association alphacypermethrine 36g/l + Acétamipride 16 g/l à la dose de 500 ml/ha et un témoin non traité. Les résultats ont montré un bon contrôle de la formulation biologique sur *H. armigera* (0,06 et 0,02 chenilles/30 plants respectivement pour les doses de 750 et 1000 ml/ha équivalent au témoin de référence qui donne 0,04 chenilles/ 30 plants et significativement inférieur au non traité qui donne 0,31 chenilles/ 30 plants) (p=0,03). Contre les deux autres redoutables ravageurs (*P. gossypiella* et *J. fascialis*), la formulation biologique s'est montrée également efficace. Il peut être donc être intégré au programme de protection phytosanitaire en culture cotonnière en Côte d'Ivoire.

Conclusion et application des résultats : Le biopesticide à base de *Bacillus thuringiensis*, contrôle efficacement trois (3) insectes majeurs du cotonnier *H. armigera*, *P. gossypiella* (à la dose de 1000 ml/ha) et des jassides *J. fascialis* (à la dose de 750 ml/ha). Il peut être utilisé comme alternative aux produits chimiques de synthèse pour être intégré au programme de protection phytosanitaires en culture cotonnière.

Mots clés : Ravageur, Coton, Biopesticides, Efficacité, Côte d'Ivoire

Insecticidal activity of *Bacillus subtilis thuringiensis kurstaki* on major cotton insect pests

ABSTRACT

Objective: *Helicoverpa armigera*, *Pectinophora gossypiella* and *Jacobiella fascialis* remain three major cotton pests in Côte d'Ivoire. The objective of this study is to evaluate the biological efficacy of a pesticide based on *Bacillus subtilis Thuringiensis kurstaki* on these three formidable pests.

Methodology and Results: To achieve this objective, a Fisher block system with 5 treatments and 4 replicates was set up from 2017-2018 and 2018-2019 at the cotton research station in Bouaké. The treatments compared consisted of three different doses (750, 1000 and 1500 ml/ha) of the organic formulation compared to a chemical control alphacypermethrin 36g/l + Acetamiprid 16 g/l at the 500 ml/ha dose and an untreated control. The results showed good control of the biological formulation on *H. armigera* (0.06 and 0.02 caterpillars/30 plants respectively for the 750 and 1000 ml/ha dose equivalent to the reference control which gives 0.04 caterpillars/30 plants and significantly lower than the untreated control which gives 0.31 caterpillars/30 plants) ($p=0.03$). Against the two other formidable pests (*P. gossypiella* and *J. fascialis*), the biological formulation was equally effective. It can therefore be integrated into the phytosanitary protection program for cotton cultivation in Côte d'Ivoire.

Conclusion and application of results: The *Bacillus thuringiensis*-based biopesticide effectively controls three (3) major cotton insects *H. armigera*, *P. gossypiella* (at a dose of 1000 ml/ha) and *J. fascialis* (at a dose of 750 ml/ha). It can be used as an alternative to synthetic chemical products to be integrated in the program of phytosanitary protection in cotton culture.

Keywords : Pest, Cotton, Biopesticides, Effectiveness, Côte d'Ivoire

INTRODUCTION

Le cotonnier est une plante tropicale cultivée pour ses fibres qui constituent la matière principale en industrie textile. En Afrique de l'Ouest, le coton constitue la principale culture de rente des régions soudano sahéliennes. La Côte d'Ivoire est le troisième pays producteur africain de coton après le Bénin et le Mali, avec une production brute estimée à 490 442 tonnes et plus de 180 000 tonnes de production de fibre de coton (PR-PICA, 2020). Pratiqué sur près de 400 000 hectares par plus de 88 407 producteurs, cette culture génère 7 % des recettes d'exportation et contribue à 1,7 % du PIB. La pression des ravageurs constitue l'une des principales contraintes de la culture du coton (Ferron et al., 2006). En effet, une centaine d'espèces d'arthropodes ravageurs s'attaquent au cotonnier, aussi bien pendant la phase végétative que pendant les phases de floraison, de capsulaison et de maturation (Cauquil, 1986). En absence de protection phytosanitaire, les pertes de récoltes dues aux

arthropodes nuisibles peuvent varier entre 30 et 75% selon les années et les zones cotonnières (Ochou et al., 2015). Les populations de ravageurs sont constituées d'une centaine d'arthropodes dont les plus importants ces dernières années sont essentiellement composés de *Helicoverpa armigera* et de *Pectinophora gossypiella* de la famille des Noctuidae et des jassides *Jacobiella fascialis* de la famille des Cicadelidae. Ces insectes ravageurs sont la cause d'une grande partie des dégâts de production (Ochou et al., 2019 ; Koné et al. ; 2018). En absence de protection phytosanitaire, les pertes de récoltes dues aux arthropodes nuisibles peuvent varier entre 30 et 75% selon les années et les zones cotonnières (Ochou et al., 2015). Cette forte pression des ravageurs justifie la dépendance de la culture cotonnière vis-à-vis de la lutte chimique. De nos jours, ces insecticides ne garantissent plus une protection efficace et

durable du cotonnier ; leur utilisation prolongée a entraîné outre l'élimination des ennemis naturels et la pollution de l'environnement, l'apparition de la résistance notamment chez la noctuelle *H. armigera* (Menozzi et al., 2002 ; Ochou et al ; 2015). D'où l'importance d'une introduction de biopesticides comme alternatifs aux insecticides chimiques pour non seulement

maîtriser les ravageurs mais aussi répondre aux impératifs de respect de l'environnement et de protection de la faune y compris les insectes utiles. La présente étude a pour objectif d'évaluer l'efficacité biologique d'un pesticide à base de *Bacillus thuringiensis* sur trois redoutable insectes ravageurs (*H. armigera*, *P. gossypiella* et *J. fascialis*) du cotonnier en Côte d'Ivoire.

MATERIEL ET METHODES

Conditions expérimentales : L'essai a été conduit à la station de recherche sur le coton du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), basée à Bouaké au centre de la Côte d'Ivoire (7°41 latitude Nord, 5°01 longitude Ouest et 339 m d'altitude). C'est une zone de transition entre la savane au Nord et la forêt au Sud. En conséquence, elle est sous l'influence d'un climat assez nuancé où la division de l'année en deux saisons sèches et deux saisons de pluies n'est pas nette. Le climat de la région est de type Soudanien (Ouattara, 2001). L'ensoleillement est constant et l'hygrométrie relativement faible. L'humidité relative, qui fluctue entre 70 et 80 %, en période pluvieuse, peut descendre jusqu'à 55 % en janvier (N'goran, 2008). La température oscille entre 25 et 38 °C, avec une pluviométrie annuelle qui varie de 1000 mm à 1700 mm. Au cours de la campagne cotonnière 2017-2018, les plus fortes pluies ont été enregistrées dans les mois de Mai (172,5 mm) et Septembre (208,5 mm). Les saisons sèches ont été moins rudes. La température maximale (28,6 °C) a été atteinte en Février et la minimale (24,3 °C), en Août. En 2018, les pluies ont été plus abondantes en Juin et Septembre (respectivement 232,5 et 331 mm).

Les températures enregistrées ont varié entre 28,5 °C (en février) et 24, 5 °C (en août).

Matériel végétale : Le matériel végétal utilisé était constitué de plantes de cotonnier de la variété Gouassou Fus appartenant à l'espèce *Gossypium hirsutum* L. Cette variété a un cycle d'environ 160 jours et s'adapte aux conditions climatiques et édaphiques de la Côte d'Ivoire.

Matériel animal : La présente étude a concerné les larves de deux lépidoptères carpophages (*Helicoverpa armigera* et *Pectinophora gossypiella*) et les adultes et les larves des jassides *Jacobiella facialis* principaux ravageurs du cotonnier.

Dispositif expérimental : Les traitements mis en comparaison étaient constitués de trois différentes doses de la formulation à base *Bacillus subtilis thuringiensis kurstaki* (750, 1000 et 1500 ml/ha), comparées à un témoin de référence IBIS A 52 EC (alphacyperméthrine 36g/l + Acétamipride 16 g/l) à la dose de 500 ml/ha et un témoin non traité (Tableau 1). L'essai a été mis en place selon un dispositif en Bloc de Fisher avec 5 objets et 4 répétitions. Les 20 parcelles élémentaires sont de 10 lignes de 10 m avec une interligne de 0,80 m et un espacement de 0,30 m entre les poquets.

Tableau 1: Produits en comparaison

Formulations	Dose produit commercial
-	-
<i>Bacillus subtilis thurigiensis</i> kurstaki 24.000 ufc/mg	750 ml/ha
<i>Bacillus subtilis thurigiensis</i> kurstaki 24.000 ufc/mg	1000 ml/ha
<i>Bacillus subtilis thurigiensis</i> kurstaki 24.000 ufc/mg	1500 ml/ha
Alphacyperméthrine - Acétamipride 36-16 g/l	500 ml/ha

Réalisation des applications insecticides : Six 6 traitements insecticides espacés de 14 jours ont été effectués entre le 45^e et le 115^e jour, avec les produits et les doses correspondants à chaque parcelle. Cette protection phytosanitaire a couvert ainsi tous les stades de développement des cotonniers (végétatifs, végétatif-fructifère et fructifères), en vue de se donner plus de chance de rencontrer le ravageur pour mieux apprécier l'effet des traitements. Les traitements ont été effectués à l'aide d'un pulvérisateur à dos muni d'une rampe horizontale et débitant 60 l/ha de bouillie.

Observations entomologiques : La méthode d'échantillonnage a porté sur 30 plants pris par

groupe de cinq plants consécutifs par ligne (figure 1). Cette méthode dite « méthode de diagonale » (Vaissayre, 1986) a permis d'observer le nombre de chenilles carpophages *H. armigera* et d'insectes piqueurs suceurs *J. fascialis*. Les infestations dus à ces ravageurs ont été naturelles. De ce fait, l'on ne savait pas à priori à quel moment apparaîtrait tel ou tel ravageur. Pour ce faire, les relevés ont été effectués à la veille de chaque traitement (T-1jr), trois jours après le traitement (T+ 3jrs) et sept jours après chaque traitement (T+7jrs) à partir du premier traitement au 45^eme JAL, pour chacune des applications insecticides.

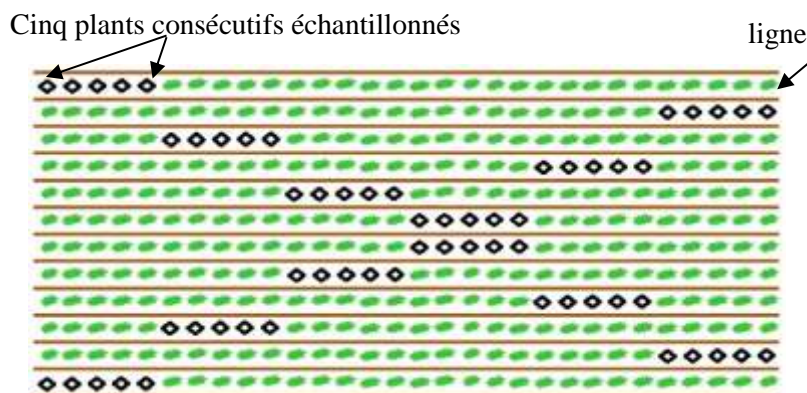


Figure 2 : Méthode d'échantillonnage en diagonale (Ochou, 2007)

Jassides :

- Pour les adultes : Comptage des adultes sur le plant en examinant 5 feuilles bien développées à la partie supérieure de la plante.
- Pour les plants attaqués : Examen des 5 feuilles bien développées à la partie supérieure de la plante. Le plant est considéré attaqué si l'une de ces 5 feuilles porte des symptômes d'attaques.

Chenilles carpophages :

- *Helicoverpa armigera* : les plants en entier ont été examinés pour compter le nombre de chenilles.

Analyses sanitaires des capsules vertes (ASCV) : La chenille endocarpique *Pectinophora gossypiella* a été comptée à l'intérieur de 50 capsules vertes prélevées au hasard sur chaque parcelle élémentaire aux 80,

87, 94, 101 et 108 JAL. Le prélèvement est fait sur les 5 lignes de part et d'autre des 6 lignes centrales.

Analyses statistiques des données : Toutes les données recueillies ont été saisies à l'aide du logiciel Excel. Ensuite, à l'aide du logiciel IBM SPSS Statistics 22.0, l'analyse de

variance a été effectuée sur les nombres moyens d'insectes présents sur les cotonniers ou dans les capsules vertes. En cas de différence significative entre les traitements, le Test de Duncan a permis de dégager les différents groupes homogènes au seuil de 5 %.

RESULTATS

Efficacité de la formulation biologique base de *Bacillus subtilis thurigiensis kurstaki* sur la chenille *Helicoverpa armigera* : Les résultats obtenus sur la chenille de la capsule *H. armigera* au cours des deux campagnes d'expérimentation consignés dans le tableau 3. En 2017, les niveaux moyens ont variées de 1,01 à 1,75 chenilles pour 30 plants. Seule la dose 1 L/ha de la formulation à base de *Bacillus subtilis thurigiensis kurstaki* a réduit de manière significative ($F=2,37$; $p=0,001$) la population larvaire en comparaison au témoin non traité (NT). Le produit chimique et les autres doses de la formulation *Bacillus subtilis thurigiensis kurstaki* (qui sont en ab) ne diffèrent pas significativement du non traité (NT). En effet, cette dose permis de réduire le nombre des larves d'*H. armigera* de 1,01 larves pour 30 plants contre 1,15 à 1,65 larves

pour 30 plants. A la deuxième année d'expérimentation, les résultats obtenus ont confirmé ceux obtenus à la première année. Ainsi, le niveau moyen des larves obtenues sur les parcelles traitées sont très significativement inférieurs à ceux obtenus sur les parcelles non traitées ($F=2,42$; $p=0,003$) en dehors de la forte dose de la formulation à base de *Bacillus subtilis thurigiensis kurstaki* (1500 L/ha) qui ne se montre pas très différent. De façon globale, il est apparu clairement que les doses de 750 et 1000 ml/ha se sont montrées efficaces au même titre que le produit de référence qui est l'association binaire alphacypermethrine 36g/l + Acétamipride 16 g/l. Ces résultats indiquent par ailleurs, que le produit biologique a procuré un bon niveau d'efficacité contre la chenille *H. armigera* aux deux doses de 750 et 1000 ml/ha.

Tableau 3 : Niveau moyen de chenilles *H. armigera*

Objets	Dose prod. Com.	Nombre moyen de chenille <i>Helicoverpa armigera</i> pour 30 plants	
		Camp. 2017-2018	Camp. 2018-2019
NON TRAITE	-	1,75 ± 0,12 b	0,31 ± 0,14 b
RAPAX dose 1	750 ml/ha	1,15 ± 0,25 ab	0,06 ± 0,04 a
RAPAX dose 2	1000 ml/ha	1,01 ± 0,25 a	0,02 ± 0,02 a
RAPAX dose 3	1500 ml/ha	1,38 ± 0,15 ab	0,13 ± 0,12 ab
IBIS A 52 EC	500 ml/ha	1,65 ± 0,20 ab	0,04 ± 0,03 a
F		2,37	2,42
Probabilité		0,001	0,003
Signification à 5%		TS	TS

Dans chaque colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % (Test de Duncan). S : Significative, THS : Très hautement significative, NS : non significative

Efficacité de la formulation biologique base de *Bacillus subtilis thurigiensis* kurstaki sur la chenille *Pectinophora gossypiella* : Le tableau 4 présente le nombre de *P. gossypiella* dans 100 capsules vertes au cours des deux années d'expérimentation. Un effet non significatif a été observé à la première année entre les trois différentes doses de la formulation biologique et les deux témoins association alphacypermethrine 36g/l + Acétamipride 16 g/l et le témoin non traité (F=0,31 ; p=0,866). Cependant, les résultats obtenus au cours de la deuxième année d'expérimentation donnent des niveaux moyens significatifs inférieurs sur les parcelles

traitées par rapport aux parcelles non traitées (F=2,25 ; p=0,043). La dose de 1000 ml/ha de la formulation biologique à base *Bacillus subtilis thurigiensis* kurstaki donne une tendance à la baisse du nombre moyen de chenilles pour 100 capsules vertes par rapport aux deux autres doses et un niveau équivalent au témoin de référence qui est l'association alphacypermethrine 36g/l + Acétamipride 16 g/l (respectivement $1,20 \pm 0,28 = 1,20 \pm 0,71$ vs $1,80 \pm 0,26$ et $1,70 \pm 0,10$). Ces résultats indiquent que le produit biologique présente une bonne efficacité sur les larves de *Pectinophora gossypiella*.

Tableau 4 : Taux de chenille *Pectinophora gossypiella*

Noms commerciaux	Dose produit Commercial	Nombre moyen de chenilles pour 100 capsules vertes	
		Camp. 2017-2018	Camp. 2018-2019
NON TRAITE	-	2,40 ± 0,65 a	2,90 ± 0,64 b
RAPAX dose 1	750 ml/ha	3,10 ± 0,47 a	1,80 ± 0,26 ab
RAPAX dose 2	1000 ml/ha	3,80 ± 1,28 a	1,20 ± 0,28 a
RAPAX dose 3	1500 ml/ha	3,20 ± 1,12 a	1,70 ± 0,10 ab
IBIS A 52 EC	500 ml/ha	3,20 ± 0,71 a	1,20 ± 0,71 a
F		0,31	2,25
Probabilité		0,866	0,043
Signification à 0,05		NS	S

Dans chaque colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % (Test de Duncan). S : Significative, THS : Très hautement significative, NS : non significative

Efficacité de la formulation biologique base de *Bacillus subtilis thurigiensis* kurstaki sur les jassides *Jacobiella fascialis* : Les données obtenues sur les jassides durant les deux campagnes d'expérimentation sont présentés dans le tableau 2. Au cours de la campagne agricole 2017-2018, les niveaux des jassides ont variés de 8,13 à 11,21 insectes pour 30 plants. L'analyse des données a produit de différences significatives entre les traitements (F=4,96 ; p=0,011). Les deux faibles doses de la formulation biologique se sont illustrés plus efficace que la forte dose de 1500 ml/ha et le produit chimique de référence qui est l'association alphacypermethrine 36g/l + Acétamipride 16 g/l (8,13 et 9,01 insectes pour

30 plants contre 10,24 et 11,65 insectes pour 30 plants). A la campagne agricole suivante (2018-2019), on note une variation des niveaux moyens des jassides qui a vacillé entre 16,52 et 23,65 insectes pour 30 plants. Ici aussi, les faibles moyens ont été obtenus avec les deux faibles doses du produit biologique *Bacillus subtilis thurigiensis* kurstaki par rapport à la forte dose de 1500 ml/ha et le produit chimique de référence (16,52 et 17,83 insecte pour 30 plants contre 18,65 et 21,17 insectes pour 30 plants). Il est apparu clairement qu'au regard du témoin de référence (l'association binaire alphacypermethrine 36g/l + Acétamipride 16 g/l), les deux plus faibles doses (750 ml/ha et 1000 ml/ha) ont été plus efficaces

contrairement à la forte dose de 1500 ml/ha en première année comme en deuxième année. Ce résultat témoigne que la formulation

biologique rapax contrôle efficacement les jassides.

Tableau 2 : Niveau moyen de *J. fascialis*

Objets	Dose produit Commercial	Nombre moyen de <i>Jacobiella fascialis</i> adulte pour 30 plants	
		Camp. 2017-2018	Camp. 2018-2019
NON TRAITE	-	11,21 ± 0,98 c	23,65 ± 1,97 c
RAPAX dose 1	750 ml/ha	8,13 ± 0,52 a	16,52 ± 0,93 a
RAPAX dose 2	1000 ml/ha	9,01 ± 0,62 ab	17,83 ± 0,34 ab
RAPAX dose 3	1500 ml/ha	10,24 ± 0,68 bc	18,65 ± 1,38 abc
IBIS A 52 EC	500 ml/ha	11,65 ± 0,3 c	21,17 ± 0,50 bc
F		4,96	5,78
Probabilité		0,011	0,001
Signification à 5%		S	THS

Dans chaque colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % (Test de Duncan). S : Significative, THS : Très hautement significative, NS : non significative

DISCUSSION

La formulation biologique rapax, pesticide biologique à base de *Bacillus thuringiensis* montre une efficacité intéressante sur les jassides *J. fascialis*, les chenilles de *H. armigera* et les vers roses *P. gossypiella*. Le *Bacillus thuringiensis* est une bactérie Gram-positive qui a été initialement qualifié d'agent pathogène d'insecte (Schnepf, 1998). Nos résultats corroborent ceux de Bravo et al. (2005). En effet, dans les protéines étudiées respectivement par ces auteurs, une présence de toxines Cry et Cyt a été détectée. Ces toxines interagissent par ingestion de la bactérie séquentiellement avec plusieurs protéines de l'intestin moyen de l'insecte ; ce qui conduit donc à la destruction des cellules de l'insecte par choc osmotique puis provoque une septicémie probablement causée non seulement par le Bt mais par d'autres espèces bactériennes selon les travaux entrepris par Raymond et al. (2010). L'action des Bt repose sur les toxines insecticides qui sont actives au cours du processus pathogène, mais ces bactéries produisent également toute une gamme de facteur de virulence qui contribue à la destruction des insectes. Cette remarque a été faite dans les travaux de Bravo et al. (2005).

Toujours dans le même ordre d'idée, Alejandro (2011), conclut que lors de la sporulation, les Bt produisent des inclusions de cristaux insecticides formées par diverses protéines appelées toxines Cry ou Cyt. L'efficacité de *Bacillus thuringiensis* sur les larves d'*H. armigera* a révélée par nos essais et ceux de Gill (2015) corroborent ainsi l'affirmation de Schnepf (1998) selon laquelle *Bacillus thuringiensis* constitue une alternative ou un complément utile à l'application de pesticides chimiques de synthèse dans l'agriculture commerciale, biologique et durable, la gestion de la faune, de la flore et la réduction de l'utilisation d'insecticides chimiques. Allant plus loin, des rapports de Payne (1992) et Feitelson (1993) ont montré que *B. thuringiensis* est aussi actif contre d'autres Ordres d'insectes nuisibles de l'Ordre des Hyménoptères, Homoptères, Orthoptères et contre les nématodes, les acariens et les protozoaires. Palma et al. (2014) confirment cette affirmation. Cette étude a testé l'efficacité de trois doses du produit biopesticide à base *Bacillus thuringiensis kurstaki*. Les résultats indiquent que ce produit peut être utilisés à la fois dans le cadre d'un programme de lutte

intégrée et, dans certains cas, peut être utilisés comme traitement autonome contre ces trois ravageurs (les jassides *J. fascialis*, la chenille *H. armigera* et le ver rose *P. gossypiella*). Le produit biopesticide était remarquable pour son efficacité globale contre les trois principaux ravageurs à la dose de 1000 ml/ha. C'est une formulation biologique à base de souche *Bacillus thuringiensis kurstaki* à la concentration de 24.000 ufc/mg. Or la particularité de *Bacillus thuringiensis* tient à sa capacité à synthétiser et excréter des cristaux protéiques toxiques pour certains insectes

(Josette Chaufaux et al., 1995). Ces cristaux, composés de protéines, sont également appelés toxines Bt ou Cry : une fois ingérés par les insectes (généralement lors des stades larvaires), les cristaux rencontrent, dans l'intestin moyen des insectes, un milieu alcalin qui entraîne la dissolution des cristaux et leur transformation en protéines toxiques. Ces protéines réagissent avec la paroi intestinale de l'insecte : en détruisant les cellules qui la composent, elles creusent des trous dans la paroi et meurt en quelques jours.

CONCLUSION ET APPLICATION DES RÉSULTATS

Les résultats de cette étude montrent que le biopesticide à base de *Bacillus thuringiensis*, présente une bonne activité insecticide vis-à-vis *H. armigera*, *P. gossypiella* (à la doses de 1000 ml/ha) et des jassides *J. fascialis* (à la dose de 750 ml/ha) principaux ravageurs du cotonnier en Côte d'Ivoire. Le biopesticide à base de *Bacillus thuringiensis* peut être utilisé comme alternative aux produits chimiques de

synthèse pour être intégré au programme de protection phytosanitaires. En plus, il est possible de lui associer d'autres produits chimiques pour élargir son spectre d'activité. Des études futures devraient s'intéresser à l'effet de la formulation à base *Bacillus thuringiensis* sur les prédateurs associés à la culture de coton.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bravo A, Gill S. S. and Soberón M., 2005. *Bacillus thuringiensis* mechanisms and use. In: Gilbert LI, Iatrou K, Gill SS, editors. Comprehensive Molecular Insect Science. Elsevier BV; 2005. 175–206. DOI: [10.1016/B0-44-451924-6/00081-8](https://doi.org/10.1016/B0-44-451924-6/00081-8)
- Couilloud R. et Giret M., 1980. Multiplication de *Heliothis armigera* (Hubner) (Lepidoptera : Noctuidae): Amélioration possible grâce à l'adoption d'une technique d'élevage en groupe des chenilles. *Coton et Fibres Tropicales*, 35, 217-224.
- Dent D. R., 1991. Insect pest management (2nd ed). CAB International UK.V.
- Feitelson J. S., 1993. The *Bacillus thuringiensis* family tree. In: Kim L, editor. Advanced engineered pesticides. New York, N.Y: Marcel Dekker, Inc. 63–71.
- Finney D. J., 1971. Probit Analysis, third ed. Cambridge, United Kingdom: Cambridge Press, 333 p. https://doi.org/10.1002/jps.260060094_0.
- Gill S., 2015. Mécanismes des toxines de Cry de *Bacillus Thuringiensis* chez des insectes. University Of California, Riverside, 120 p.
- Gry J., 1972. Techniques d'essais insecticides par traitement individuel et détermination des DL₅₀. PG/ Orsay, France, Fasc n 02 et 3.
- Kelly D. C., 1981. Non-occluded Virus. In "Pathogenesis of invertebrates microbial diseases". Editions Davidson and Osmon publishers, Totowa, New Jersey, 220 p.

- Liu X., Zhang Q., Xu B. et Li J., 2006. Effects of Cry1Ac toxin of *Bacillus thuringiensis* and nuclear polyhedrosis virus of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) on larval mortality and pupation. *Pest Management Science*, 62: 729-737. <https://doi.org/10.1002/ps.1229>.
- Martin T. 2003. La résistance aux insecticides de *Helicoverpa armigera* (Hübner) en Afrique de l'Ouest : du mécanisme à la gestion. Toulouse : Université de Toulouse III, 137 p. Thèse de doctorat : Chimie : Université Paul Sabatier.
- Martin, T. et Ochou, O. G., 2000. Résistance aux pyréthrinoïdes chez le ver de la capsule du coton, *Helicoverpa armigera* (Hübner), en Afrique de l'Ouest [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1526-4998\(200006\)56:6<549::AID-PS160>3.0.CO;2-Y](https://doi.org/10.1002/(SICI)1526-4998(200006)56:6<549::AID-PS160>3.0.CO;2-Y)
- Palma, L., Muñoz, D., Berry, C., Murillo, J. and Caballero, P., 2014. *Bacillus thuringiensis* toxins: an overview of their biocidal activity. *Toxins* (Basel). 6 (12), 3296-3325; <https://doi.org/10.3390/toxins6123296>
- Payne J, Kim L. and Feitelson J S., 1992. *Bacillus thuringiensis*: insects and beyond. *Bio.Technology*., 10: 271–275.
- Prudent P., André K., Angelo D. et Elizabeth P. A., 2000. État actuel des travaux sur la résistance d'*Helicoverpa armigera* aux pyréthrinoïdes conduits au Bénin. Actes des journées coton du CIRAD Montpellier, du 17 au 21 juillet 2000, 231-240.
- Rajdeep M., 2017. Biopesticide naturel de l'insecte nuisible 'Virus de la polyédrose nucléaire' *biotech.articles*, 5 p.
- Raymond B., Johnston P. R., Nielsen R. C., Lereclus D et Crickmore N., 2010. *Bacillus thuringiensis*: an impotent pathogen? *Trends Microbiol.*, 18:189–194. doi: [10.1016/j.tim.2010.02.006](https://doi.org/10.1016/j.tim.2010.02.006).
- Rodriguez M., Ortiz E., Bisset J.A., Hemingway J. and Salado E., 1993. Changes in malathion and pyrethroid resistance after cypermethrin selection of *Culex quinquefasciatus* field population of Cuba. *Medical and veterinary entomology*.7: 117-121 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2915.1993.tb00663.x>
- Schnepf E., Crickmore N., Van R. J., Lereclus D., Baum J., Feitelson J., Zeigler D. R., and Dean D.H, 1998. *Bacillus thuringiensis* et ses protéines cristallines. *Pesticides American Society for Microbiology*., 62 (3): 775–806.
- Sou S., 2004. Programme de protection phytosanitaire pour la gestion de la résistance des ravageurs en culture cotonnière au Burkina Faso. Rapport de la 6ème réunion-bilan du Projet Régional de Prévention et de gestion de la Résistance de *Helicoverpa armigera* (Hübner) aux pyréthrinoïdes en Afrique de l'ouest (PR-PRAO), 51-57.
- Sweet J. B. S. and Hollings N., 1983. Guide to the use of pesticides and fungicides in the republic of South Africa. Government Printer, Pretoria, 179 p.
- Vara A., 1999. Prévention de la résistance de *Helicoverpa armigera* aux pyréthrinoïdes. Mémoire de fin d'études présenté en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur du développement rural, Université Polytechnique De Bobo-Dioulasso, 83 p.
- Wilfried L., 2007. Interaction de *Baculovirus MaviNPV* et du Parasitoïde *Apanteles taragamae* (Viereck) (Hymenoptera : Braconidae) pour le contrôle de *Maruca vitrata* Fabricius (Lepidoptera : Pyralidae). Université d'Abomey Calavi, 80 p.