

**AFPP – 11^e CONFÉRENCE INTERNATIONALE
SUR LES RAVAGEURS ET AUXILIAIRES EN AGRICULTURE
MONTPELLIER – 25 ET 26 OCTOBRE 2017**

GESTION INTEGREE DE LA TEIGNE DU CHOU

G. SOW¹ et K. DIARRA²

¹ Equipe Production et Protection Intégrées en Agroécosystèmes Horticoles, Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD), BP 5005, Dakar, Sénégal, logasow@yahoo.fr

² Equipe Production et Protection Intégrées en Agroécosystèmes Horticoles, Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD), BP 5005, Dakar, Sénégal, karamoko.diarra@ucad.edu.sn

RÉSUMÉ

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet d'un traitement alterné *Bacillus thuringiensis* Berliner var. kurstaki (Bt) et neem (*Azadirachta indica*) sur la teigne du chou *Plutella xylostella* (Linné, 1758) et ses ennemis naturels au champ. Le traitement alterné Bt et neem réduit significativement les populations de *P. xylostella* comparé au traitement chimique (Diméthoate). Le taux de parasitisme a été plus important dans les plants traités au neem. Cette étude suggère que l'utilisation alternée Bt/neem, après seulement quatre applications, est aussi efficace que les traitements solo dans la lutte contre la teigne du chou ; mais qu'en plus, cette pratique préserve les populations de parasitoïdes.

Mots-clés : *Plutella xylostella*, azadirachtine, Bactérie, Biocontrôle, Sénégal.

ABSTRACT

INTEGRATED MANAGEMENT OF THE DIAMONDBACK MOTH

The aim of this study was to assess the effect of the alternation of *Bacillus thuringiensis* Berliner var. kurstaki (Bt) and neem (*Azadirachta indica*) on *Plutella xylostella* (Linné, 1758) and its effect on parasitoids in field. Plants treated with Dimethoate recorded three times more *P. xylostella* compared to applications of Bt, Bt/neem and neem. Results showed that although there were no significant differences between Bt, Bt/neem and neem, populations of *P. xylostella* were considerably reduced in these treatments as compared to Dimethoate and control. Also the use of only four alternated applications of Bt and neem is as effective as sole treatments in the control of *P. xylostella*. This approach which is more environmentally friendly seems to be also more cost effective to farmers.

Keywords: *Plutella xylostella*, azadirachtin, Bacteria, Biocontrol, Senegal.

INTRODUCTION

Les choux constituent une importante source alimentaire et de revenus dans le monde (Grzywacz *et al.*, 2010). En Afrique de l'Ouest, les choux sont cultivés sur 13900 hectares avec une production annuelle estimée à 140500 tonnes (FAOSTAT, 2003). Toutefois, la production de choux est sérieusement affectée par la teigne des Crucifères, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) qui peut causer des pertes s'élevant à plus de 90% de la production totale (Talekar and Shelton, 1993; Shelton, 2004; Sarfraz *et al.*, 2005). En zone tropicale, on peut observer plus de 25 générations par an (Rowell *et al.*, 2005; Grzywacz *et al.*, 2010) rendant ainsi sa gestion difficile.

En plus de la lutte chimique qui constitue la principale méthode de lutte (Kibata, 1996; Horowitz and Ishaaya, 1996), d'autres méthodes comme la lutte biologique (Sarfraz *et al.*, 2005), la lutte culturale (Asman *et al.*, 2001), l'amélioration génétique des variétés de choux (Eigenbrode and Shelton, 1992) et le piégeage sexuel (Reddy and Urs, 1997) sont aussi préconisées.

Cependant, les pesticides chimiques sont de moins en moins appréciés du fait de leur cherté, mais aussi des problèmes environnementaux et sanitaires (Huang *et al.*, 2010) dont ils sont la cause majeure. Par ailleurs, les pesticides chimiques entraînent l'élimination des ennemis naturels de la teigne et l'apparition de souches résistantes (Hooks and Johnson, 2003; Wright, 2004; Macharia *et al.*, 2005; Shelton *et al.*, 2007). Les autres méthodes de lutte ne peuvent pas à elles seules contenir les dégâts. Par conséquent, il y a lieu d'identifier d'autres alternatives à la lutte chimique, moins dangereuses et moins nocives à l'environnement et à la santé humaine.

La plupart des alternatives sont basées sur la promotion des formulations à base de *Bacillus thuringiensis* (Grzywacz *et al.*, 2010) et les insecticides naturels dont les extraits de neem, *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae) (Goudegnon *et al.*, 2000). Bien que ces produits constituent des palliatifs aux pesticides chimiques, l'optimisation de leur application et la prise en compte du cortège parasitaire de *P. xylostella* sont souvent négligées. C'est pourquoi, l'objectif de ce travail est d'étudier l'impact de produits à base de *B. thuringiensis* et à base de neem et de leur alternance sur l'infestation de *P. xylostella* et la densité des parasitoïdes au champ. Il s'agit également d'évaluer l'effet de ces produits sur le taux de parasitisme de ces ennemis naturels de *P. xylostella*.

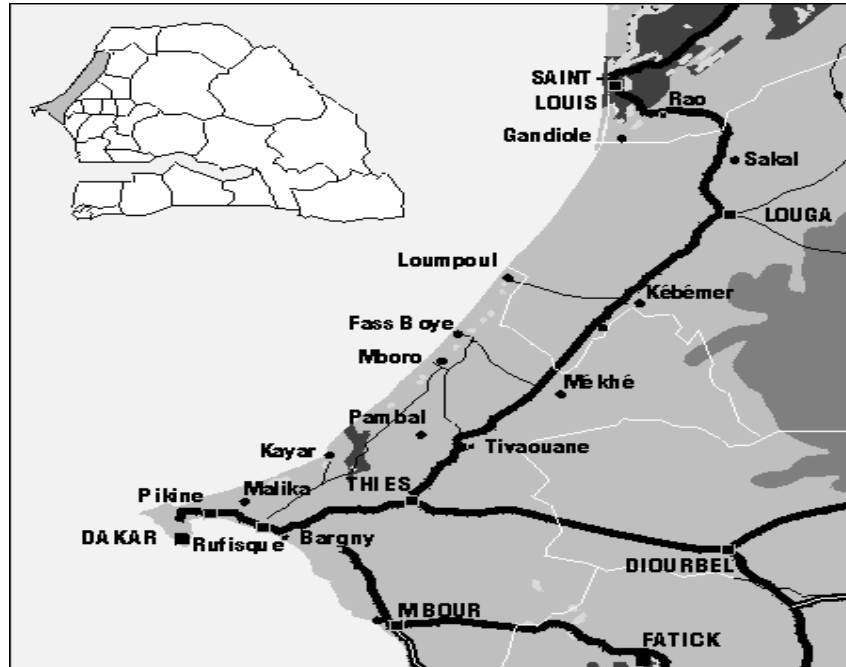
MATERIEL ET MÉTHODES

Site expérimental

Cette étude est conduite en saison sèche à Malika, situé entre 12°54'44,2''N et 12°08'08,4''NW et à une altitude de 189 mètres (figure 1). Ce site appartient à la zone agroécologique des Niayes qui borde la frange maritime Nord du Sénégal. La zone est caractérisée par une alternance de deux saisons : une saison sèche qui s'étend de Novembre à Juin avec des températures moyennes mensuelles de 15 à 20°C et une saison des pluies de Juillet à Octobre avec des températures moyennes mensuelles de 25 à 35°C. Les précipitations annuelles dépassent rarement 500 mm. Les mois d'Août et de Septembre reçoivent environ 80% des précipitations.

Figure 1 : Site d'étude (Malika, Sénégal)

Figure 1 : Study site (Malika, Senegal)



La culture de chou

La variété de chou utilisée (*Brassica oleracea*) est appelée *Marché de Copenhague* qui est une souche très productive et adaptée à la saison sèche et fraîche. Le semis en pépinière dure 30 jours. Afin de protéger les futures plantes contre les nématodes phytoparasites, un traitement chimique du sol avec du Carbofuran a été effectué avant les semis. Dix jours plus tard, de l'urée et des fientes de volaille ont été appliquées. Le repiquage a eu lieu un mois après le semis en pépinière. Le sol de repiquage a été sarclé, enrichi en fumier et arrosé avec une importante quantité d'eau. Cinq jours après repiquage, de l'urée puis de la fiente de volaille ont été apportés. 15 jours après le repiquage, de l'engrais 10-10-20 (NPK) a été appliqué. L'arrosage a été effectué tous les matins à l'aide d'un arrosoir métallique. Le dispositif expérimental utilisé était en blocs de Fischer aléatoires randomisés avec sept blocs formés chacun de cinq parcelles élémentaires. La distance entre les blocs est de 60 cm. L'ensemble du dispositif est composé de 35 parcelles élémentaires, soit 2100 choux plantés. Chaque parcelle élémentaire de dimension (4m×2,5m) était plantée de 60 choux disposés en six lignes formées chacune de 10 plants. La distance entre les lignes et sur la même ligne était de 40 cm.

Les applications de traitements

Les applications foliaires effectuées à l'aide de pulvérisateurs manuels à dos et à pression entretenue ont commencé 25 jours après le repiquage des choux. Elles sont effectuées tous les dix jours. Quatre (4) traitements ont été appliqués, il s'agit de : Biobit (*Bacillus thuringiensis* Berliner var. kurstaki ; Crystal Chemical Company LTD, Europe), neem (*Azadirachta indica*; Suneem 1% EC), l'alternance Biobit/neem et Diméthoate (Meteor 400 EC). Un témoin non traité a été également considéré dans l'étude. La dose appliquée pour le Biobit est de 1L pour 100 L d'eau et par hectare. La dose d'application pour le neem est de 1L/ha. Le Diméthoate a été appliqué à une dose de 1,5 L/ha. Concernant le traitement alterné, quatre applications de *B. thuringiensis* et de neem en alternance ont été effectuées sur les plants de choux. Le neem a été appliqué en premier lieu et la dernière application a été celle du Biobit. Ce

traitement alterné est arrêté 20 jours plus tôt que les trois autres traitements. Un volume de 2 ml de savon liquide (cotel) est ajouté aux différents traitements pour permettre l'adhésion des produits appliqués.

Méthode d'échantillonnage

Les échantillonnages ont démarré 10 jours après le repiquage des choux jusqu'à leur récolte. Ils sont effectués tous les 10 jours en sélectionnant de façon aléatoire dix choux sur les lignes centrales de chaque parcelle élémentaire. Pour chacun des choux échantillonnés, les stades larvaires (L2, L3 et L4), les nymphes et les cocons de parasitoïdes ont été collectés et décomptés. Ils sont élevés au laboratoire jusqu'à la fin de leur développement pour observer l'émergence d'imagos ou de parasitoïdes. L'abondance de *P. xylostella* et ses parasitoïdes et les taux de parasitisme ont été évalués dans les différents traitements ainsi que dans le témoin. Le taux de parasitisme est calculé en utilisant la formule de Mc Cutcheon (1987):

$$\% \text{ Parasitisme} = \frac{[\text{Nombre de chenilles parasitées}]}{[\text{Nombre total de chenilles} - \text{Nbre chenilles mortes}]} \times 100$$

Analyses statistiques

Les données sont normalisées par une transformation logarithmique puis soumises aux analyses statistiques à l'aide du logiciel XLSTAT version 2012.1.01. L'abondance de *P. xylostella* et des parasitoïdes, et les taux de parasitisme en fonction des traitements sont analysés à l'aide de l'ANOVA (analyse de variance) à un facteur. Le test de Student Newman-Keuls est utilisé pour séparer les moyennes. Des tests de corrélations Pearson sont aussi utilisés pour déterminer les relations entre l'abondance de *P. xylostella* et le parasitisme. Dans tous les tests, alpha est maintenu à 5%.

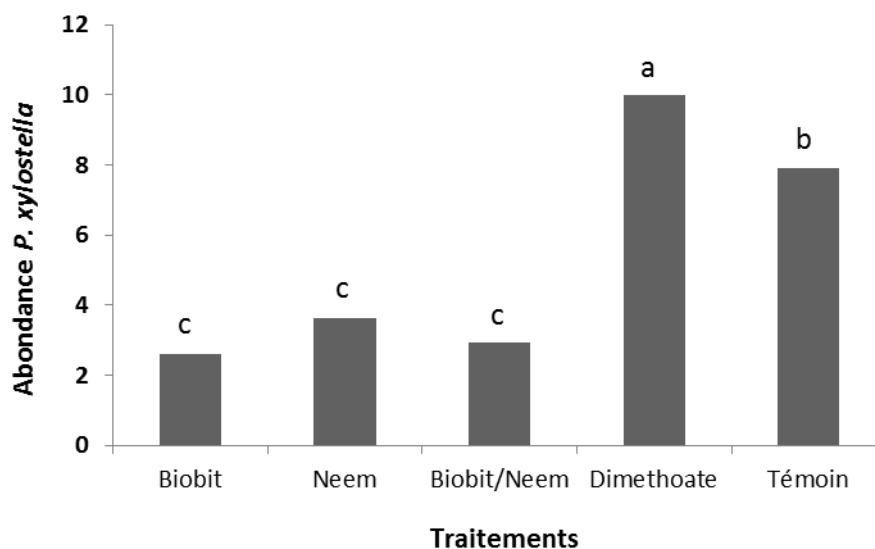
RESULTATS

Effet des traitements sur l'abondance de *P. xylostella*

La figure 2 montre qu'il y a une différence significative entre les traitements sur l'abondance de *P. xylostella* ($F = 60,07$; $P = 0,0001$). Les plants de chou traités au Diméthoate ont été plus attaqués (10 larves/plante). Comparés aux plants traités au Diméthoate, les plants de chou traités avec *B. thuringiensis*, Bt/neem et neem ont enregistré trois fois moins de larves. Cependant, il n'y a pas de différence significative entre les populations de *P. xylostella* dans les traitements *B. thuringiensis*, Bt/neem et neem. Il ya une différence significative entre le témoin et le traitement Diméthoate (figure 2).

Figure 2 : Abondance moyenne de *P. xylostella* en fonction des traitements. Les mêmes lettres n'indiquent pas de différences significatives (ANOVA, test de Student Newman-Keuls au seuil de 5%).

Figure 2 : Mean abundances of *P. xylostella* in terms of treatments. The same letters are not significantly different in ANOVA, SNK at 5%



Effet des traitements sur l'abondance des parasitoïdes de *P. xylostella*

Il y a une différence significative de l'abondance des parasitoïdes entre les traitements ($F = 2,4$; $df = 4, 24$; $P = 0,05$) (tableau I). Les espèces de parasitoïdes les plus abondantes sont : *Oomyzus sokolowskii* Kurdjumov (Hym., Eulophidae) et *Apanteles litae* Nixon (Hym., Braconidae).

Il n'y a pas de différence significative sur l'abondance d'*Oomyzus sokolowskii* en fonction des traitements ($F = 2,35$; $ddl = 4, 24$; $P = 0,05$). En ce qui concerne l'abondance d'*Apanteles litae* (Braconidae), les différences sont significatives ($F = 3,8$; $ddl = 4, 24$; $P = 0,005$). Cependant, il n'y a pas de différence significative entre les traitements neem, Biobit/neem, Diméthoate et le témoin. Ce parasitoïde a été moins abondant dans le traitement Biobit.

Pour l'abondance en *Cotesia plutellae* Kurdjumov (Braconidae), les traitements sont significativement différents ($F = 2,8$; $df = 4, 24$; $P = 0,02$), le témoin a enregistré des valeurs significativement plus importantes que les autres traitements. Cependant, il n'y a pas de différence significative entre les traitements Biobit, Biobit/neem, neem et Diméthoate .

Il n'y a pas de différence significative entre les traitements concernant l'abondance de *Brachymeria citrea* Westwood (Chalcididae) ($F = 0,9$; $df = 4, 24$; $P = 0,5$) (tableau I).

Tableau I: Abondance moyenne des parasitoïdes en fonction des traitements**Table I:** Mean abundance of parasitoids in terms of treatments

Traitement	Moyenne	<i>O. sokolowskii</i>	<i>A. litae</i>	<i>C. plutellae</i>	<i>B. citrea</i>
Témoin	0,188a	0,488a	0,189a	0,074a	0,000a
Biobit	0,139ab	0,480a	0,077b	0,000b	0,000a
Biobit/Neem	0,133ab	0,384a	0,143a	0,000b	0,005a
Neem	0,105ab	0,232a	0,161a	0,026ab	0,003a
Diméthoate	0,094b	0,189a	0,171a	0,013ab	0,003a

Les moyennes dans la colonne suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes (ANOVA, test de Student Newman-Keuls au seuil de 5%).

Effet des traitements sur les taux de parasitisme

Le taux de parasitisme total varie en fonction des traitements ($F = 2,6$; $ddl = 4, 24$; $P = 0,03$) (tableau II). Le pourcentage de parasitisme est plus important dans le traitement neem et plus faible dans le traitement Bt respectivement 9,8 et 5,4 %. Cependant, il n'y a pas de différence significative entre les traitements Biobit, Biobit/neem, Diméthoate et le témoin ($P > 0,05$). Il y a une différence significative sur le taux de parasitisme total entre le traitement Biobit et neem. Il n'y a pas de différences significatives sur le pourcentage de parasitisme des parasitoïdes (*O. sokolowskii*, *A. litae*, *B. citrea*) dans les traitements. Toutefois, il y a une différence significative sur le taux de parasitisme de *C. plutellae* dans les traitements ($F = 3,6$; $ddl = 4, 24$; $P = 0,006$). Il n'y a pas de différence significative entre les traitements neem, Diméthoate et le témoin. Il n'y a pas de différence significative entre Biobit, Biobit/neem et le témoin. Cependant, une différence significative sur le taux de parasitisme de *C. plutellae* est observée entre le traitement neem et les traitements Biobit, Biobit/neem (tableau II).

Tableau II: Les taux de parasitisme moyens d'*O. sokolowskii*, *A. litae*, *C. plutellae* et *B. citrea* sur *P. xylostella* dans les plants traités au Bt, Bt/neem, neem et Diméthoate**Table II:** Mean rates of parasitism of *O. sokolowskii*, *A. litae*, *C. plutellae* and *B. citrea* on *P. xylostella* in cabbages treated with Bt, Bt/Neem, Neem and Diméthoate

Traitement	Para. total	<i>O. sokolowskii</i>	<i>A. litae</i>	<i>C. plutellae</i>	<i>B. citrea</i>
Témoin	8,833ab	2,905a	5,513a	0,594ab	0,000a
Biobit	5,451b	1,382a	4,069a	0,000b	0,000a
Biobit/Neem	7,238ab	1,598a	5,448a	0,000b	0,192a
Neem	9,862a	1,467a	7,337a	0,995a	0,064a
Diméthoate	6,197ab	0,904a	5,238a	0,260ab	0,256a

Les moyennes dans la colonne suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes (ANOVA, test de Student Newman-Keuls au seuil de 5%).

Relation entre l'abondance de *Plutella xylostella* et le parasitisme

Dans l'ensemble, il y a une corrélation significative entre l'abondance en *P. xylostella* et le pourcentage de parasitisme (Pearson R = 0,15; P < 0,0001). Le tableau III montre qu'il y a une différence significative entre les populations de *P. xylostella* et le taux de parasitisme total dans les traitements Biobit, Biobit/neem, neem et le témoin. La corrélation est beaucoup plus forte dans le traitement Biobit/neem. Cependant, la corrélation n'est pas significative dans le traitement Diméthoate (tableau III).

Tableau III: Corrélation entre l'abondance de *P. xylostella* et le taux de parasitisme en fonction des traitements

Table III: Correlation between of the *P. xylostella* abundance and the rate of parasitism in terms of treatments

	Biobit	Biobit/Neem	Neem	Témoin	Diméthoate
Valeur observée	0,144	0,323	0,287	0,181	0,096
p-value	0,004	< 0,0001	< 0,0001	0,000	0,057

DISCUSSION

L'alternance de *B. thuringiensis* et de Neem est aussi efficace sur les populations de *P. xylostella* que le Bt et le neem appliqués en solo comparés au Diméthoate et au témoin. La toxicité de *B. thuringiensis* sur les lépidoptères est essentiellement liée à la présence des delta-endotoxines (Lereclus *et al.*, 1993). Ces résultats ont montré l'efficacité du Bt sur *P. xylostella* et confirment les travaux antérieurs (Monnerat *et al.*, 2000; Van Frankenhuyzen, 2000; Roh *et al.* 2007 ; González-Cabrera *et al.* 2010). L'efficacité de Bt et de Neem sur *P. xylostella* a été également confirmée au laboratoire (Sow and Diarra, 2013). Il a été rapporté que les extraits de neem ont des effets anti-appétant, repoussant, stérilisant, inhibiteur de la mue, de la croissance et du développement larvaire de *P. xylostella* (Dilawari *et al.*, 1994 ; Liang *et al.*, 2003, Patil and Goud, 2003).

L'utilisation massive des produits à base de *B. thuringiensis* pourrait être la cause de résistance chez les insectes (Monnerat *et al.*, 2000). Dans ce cas, le traitement alterné de Biobit et neem constitue un avantage sans précédent pour les paysans car réduisant considérablement le niveau d'infestation de la teigne après seulement quatre applications. Par conséquent, cette application pourrait contribuer à réduire l'apparition de souches résistantes à l'un des deux insecticides.

L'abondance et la diversité des populations de parasitoïdes varient significativement en fonction des traitements. Les populations étaient plus abondantes dans le traitement témoin suivi du Biobit. Dans cette étude, il n'y a pas de différence significative entre les traitements Biobit, Biobit/neem et neem. Toutefois, en ce qui concerne le pourcentage de parasitisme total, le traitement au neem a enregistré les valeurs les plus importantes suivi du témoin. Les parasitoïdes *A. litae* et *O. sokolowskii* semblent être les plus performants. Ces résultats confirment les travaux de Haseeb *et al.* 2004; Xu *et al.* 2004. La faible abondance des populations de parasitoïdes surtout des Braconidae dans les plants traités au Biobit pourrait s'expliquer par la baisse du niveau d'infestation de l'hôte ou de l'effet probable du *Bt* sur ces auxiliaires. En effet, Monnerat *et al.* (2000) ont montré que le niveau de parasitisme de *P. xylostella* suit l'augmentation des populations de l'hôte pendant une culture de choux à Brasilia. *Cotesia plutellae* était plus prépondérante dans le témoin, le Neem et le Diméthoate. Par contre, dans les traitements Biobit et Biobit/neem les abondances sont très faibles. Atwood *et al.* (1997) ont montré que le *Bt* a un effet négatif sur *C. plutellae*, alors que Chilcutt and Tabashnik (1999) ont révélé que les toxines de *Bt* étaient sans effets sur des adultes de *C. plutellae*. Les résultats ont montré que le taux de parasitisme de *C. plutellae* a été significativement plus élevé dans le traitement de neem. Nos résultats sont similaires aux travaux d'Atwood *et al.* (1997) et ceux de Charleston *et al.* (2006) qui ont montré que *C. plutellae* a un taux de parasitisme supérieur dans les plants de choux traités aux extraits de *Melia azedarach* L. (Meliaceae) et de *Azadirachta indica* Juss. (Meliaceae).

La faible corrélation dans le traitement au Diméthoate entre l'abondance de *P. xylostella* et le taux de parasitisme montre que le diméthoate réduit l'effet du parasitisme des auxiliaires. Ces résultats ont été déjà rapportés par d'autres auteurs (Sarfranz and Keddie, 2005 ; Sarfranz *et al.*, 2005). Autrement dit, en l'absence de traitements chimiques, les parasitoïdes peuvent contrôler les populations de *P. xylostella* (Talekar and Shelton, 1993; Noda *et al.*, 2000; Ohara *et al.*, 2003; Braun *et al.*, 2004).

CONCLUSION

Ces résultats obtenus au champ montrent que le traitement alterné à base de *B. thuringiensis* et de neem paraît plus intéressant dans la gestion des populations de *P. xylostella* car réduisant considérablement la teigne du chou après seulement quatre applications. De plus, ce

traitement préserve efficacement les ennemis naturels de la teigne des Crucifères et permettrait aussi de réduire les phénomènes de résistance de l'insecte au Bt seul. Cette pratique devrait être recommandée dans les programmes de lutte intégrée et ceci d'autant plus qu'elle est plus lucrative pour l'agriculteur. Ainsi, les biopesticides constituent des alternatives aux pesticides chimiques dans la gestion durable des ravageurs.

REMERCIEMENTS

Nous remercions l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF) pour son soutien financier à travers le programme Horizons Francophones et tous ceux qui ont contribué à ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

- Ahmad I., 1999. Dosage Mortality Studies with *Bacillus thuringiensis* and Neem Extract on Diamondback Moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). *Indonesian Journal of Plant Protection*, 5, 67-71.
- Asman K., Ekbohm B. and Ramert B., 2001. Effect of intercropping on oviposition and emigration behavior of the leek moth (Lepidoptera, Acrolepiidae) and the diamondback moth (Lepidoptera, Plutellidae). *Environmental Entomology*, 30, 288-294.
- Atwood D.W., Young S.Y. and Kring T.J., 1997. Development of *Cotesia plutellae* (Hymenoptera: Braconidae) in tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae treated with *Bacillus thuringiensis* and thiodicarb. *Journal of Economical Entomology*, 90, 751-756.
- Braun L., Olfert O., Soroka J., Mason P. and Dossall, L.M., 2004. Diamondback moth biocontrol activities in Canada. In: D. Bordat and A.A. Kirk (eds.), *Proceedings of the Improving Biocontrol of Plutella xylostella*, Montpellier, France.
- Charleston D.S., Kfir R., Dicke M. and Vet L.E.M., 2006. Impact of botanical extracts derived from *Melia azedarach* and *Azadirachta indica* on populations of *Plutella xylostella* and its natural enemies: A field test of laboratory findings. *Biological Control*, 39, 105-114.
- Chilcutt C.F. and Tabashnik B.E., 1999. Effects of *Bacillus thuringiensis* on adults of *Cotesia plutellae* (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lep.: Plutellidae). *Biocontrol Science and Technology*, 9, 435-440.
- Food and Agricultural Organization. 2003. www.fao.org
- González-Cabrera J., Mollá O., Montón H. and Urbaneja A., 2010. Efficacy of *Bacillus thuringiensis* (Berliner) in controlling the tomato borer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Biocontrol*, 56, 71-81.
- Grzywacz D., Roszbach A., Rauf A., Russell D.A., Srinivasan R. and Shelton A.M., 2010. Current control methods for diamondback moth and other brassica insect pests and the prospects for improved management with lepidopteran-resistant Bt vegetable brassicas in Asia and Africa. *Crop Protection*, 29, 68-79.
- Haseeb M., Liu T.X. and Jones W.A., 2004. Effects of selected insecticides on *Cotesia plutellae* (Hymenoptera: Braconidae), an endo-larval parasitoid of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Biocontrol*, 49, 33-46.
- Hooks C.R.R. and Johnson M.W., 2003. Impact of agricultural diversification on the insect community of cruciferous crops. *Crop Protection*, 22, 223-238.
- Horowitz A.R. and Ishaaya I., 1996. Chemical control of Bemisia, management and application. In: *Bemisia: Taxonomy, Biology, Damage, Control and Management*. Intercept, Andover, UK. p. 537-556.
- Kibata G.N., 1996. Diamondback moth *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae), a problem pest of brassicae crops in Kenya. *Proceedings of the First Biennial Crop Protection Conference*, Nairobi, Kenya.

- Lereclus D., Delecluse A. and Lecadet M.M., 1993. Diversity of *Bacillus thuringiensis* Toxins and Genes. In: *Bacillus thuringiensis, an Environmental Biopesticide: Theory and Practice*. Colorado State University, USA, p. 36-69.
- Liang G.M., Chen W. and Liu T.X., 2003. Effects of three neem-based insecticides on diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). *Crop Protection*, 22, 333-340.
- Macharia I., Löhr B. and De Groot H., 2005. Assessing the potential impact of biological control of *Plutella xylostella* (diamondback moth) in cabbage production in Kenya. *Crop Protection*, 24, 981-989.
- Monnerat R.G., Bordat D., Branco M.C. and França F.H., 2000. Effects of *Bacillus thuringiensis* Berliner and chemical Insecticides on *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae) and its parasitoids. *Annual Society of Entomology of Brasil*, 29, 723-730.
- Noda T., Miyai S., Takashino K. and Nakamura A., 2000. Density suppression of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae) by multiple releases of *Diadegma semiclausum* (Hymenoptera: Ichneumonidae) in cabbage fields in Iwate, northern Japan. *Applied Entomology and Zoology*, 35, 557-563.
- Patil R.S. and Goud K.B., 2003. Efficacy of methanolic plant extracts as ovipositional repellents against diamondback moth *Plutella xylostella* (L.). *Journal of Entomological Research*, 27, 13-18.
- Prasad A., Wadhvani Y., Jain M. and Vyas L., 2007. Pathological alteration in the protein content of *Helicoverpa armigera* (hubner) induced by *Bacillus thuringiensis*, npv and neem treatments. *Journal of Herbal Medicine and Toxicology*, 1, 51-53.
- Reddy G.V.P., 2011. Comparative effect of integrated pest management and farmers' standard pest control practice for managing insect pests on cabbage (*Brassica* spp.). *Pest Management Science*, 67, 980-985.
- Reddy G.V.P. and Urs K.C.D., 1997. Mass trapping of Diamondback moth *Plutella xylostella* in cabbage fields using synthetic sex pheromones. *International Pest Control*, 39, 125-126.
- Roh J.Y., Choi J.Y., Li M.S., Jin B.R. and Je Y.H., 2007. *Bacillus thuringiensis* as a specific, safe, and effective tool for insect pest control. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 17, 547-559.
- Sarfraz M., Dossall L.M. and Keddie B.A., 2005. Spinosad: a promising tool for integrated pest management. *Outlooks on Pest Management*, 16, 78-84.
- Sarfraz M. and Keddie B.A., 2005. Conserving the efficacy of insecticides against *Plutella xylostella* (L.) (Lep., Plutellidae). *Journal of Applied Entomology*, 129, 149-157.
- Senthil N.S., Chung P.G. and Murugan K., 2004. Effect of botanical insecticides and bacterial toxins on the gut enzyme of the rice leaf folder *Cnaphalocrocis medinalis*. *Phytoparasitica*, 32, 433-443.
- Shelton A.M., Roush R.T., Wang P. and Zhao J.Z., 2007. Resistance to insect pathogens and strategies to manage resistance: An update. In: *Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology*. Kluwer Academic Press, p. 793-811.
- Sow G. and Diarra K., 2013. Laboratory evaluation of toxicity of *Bacillus thuringiensis*, neem oil and methamidophos against *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) larvae. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7, 4, 1524-1533.
- Talekar N.S. and Shelton A.M., 1993. Biology, ecology and management of the diamondback moth. *Annual Review of Entomology*, 38, 275-301.
- Waiganjo M.M., Waturu C.N., Mureithi J.M., Muriuki J., Kamau J. and Munene R., 2007. Use of entomopathogenic fungi and Neem bio-pesticides for Brassica pests control and conservation of their natural enemies. Nairobi.
- Xu Y., Liu T., Leibe G.L. and Jones W.A., 2004. Effects of selected insecticides on *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae), a parasitoid of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Biocontrol Science and Technology*, 14, 713-723.