



Efficacité comparée des insecticides de natures différentes dans la gestion des insectes ravageurs du niébé au Centre du Bénin

Joelle Toffa Mehinto¹, Pierre Atachi², Maurille Elégbédé¹, Ouorou Kobi Douro Kpindou¹ and Manuele Tamò¹

¹International Institute of Tropical Agriculture (IITA). 08 B.P. 0932. Tri Postal. Cotonou, Bénin

² Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi, BP 526, Cotonou, Bénin

*Corresponding author: Joelle Toffa Mehinto, Tel: 00229-97-68-97-77, Fax: +229 64227809,

E-mail: jeolio2000@yahoo.fr

RESUME

Objectif: Le niébé est une importante plante alimentaire dont la production et la valorisation sont d'une grande priorité pour l'amélioration de la sécurité alimentaire de la population. L'objectif de cette étude est de comparer en milieu paysan, l'efficacité du champignon entomopathogène *Beauveria bassiana* (isolat Bb 115), du mélange Neem (Topbio) - virus *MaviMNPV* et de l'insecticide chimique Decis (deltaméthrine) dans la gestion des insectes ravageurs du niébé.

Méthodologie et résultats: L'essai a été conduit dans trois villages de la zone cotonnière du centre du Bénin (commune de Glazoué). C'est en effet, une zone de grande production du niébé. L'essai a été conduit suivant un dispositif de bloc aléatoire complet avec quatre traitements et trois répétitions par village de la zone. Les traitements comprennent 1) témoin (niébé non traité), 2) mélange Topbio - *MaviMNPV*, 3) *B. bassiana* et 4) Decis. L'application du champignon *B. bassiana* a été faite à la dose de 75 g m.a. (matière active)/ha. Le Decis et le TopBio à 1L /ha. Quant à la suspension virale, la dose de 2.10⁹ OB/ha a été utilisée. Les effets des différents pesticides utilisés sur les densités de populations de *M. vitrata*, *Megalurothrips sjostedti*, *Clavigralla tomentosicollis*, que sur leur dégâts sur les organes reproductifs (boutons floraux, fleurs, gousses) ont été évalués. Des organes fructifères ont été prélevés hebdomadairement pour évaluer le nombre de larves mortes ou vivantes et aussi leurs dégâts sur les boutons floraux, fleurs et gousses. Les rendements en grains ont été également évalués. Bien qu'il y ait une grande variation dans les effets occasionnés par les biopesticides testés, ils ont considérablement réduit la densité de population de *Maruca vitrata* et des autres espèces d'insectes, *Megalurothrips sjostedti* et *Clavigralla tomentosicollis* ainsi que le niveau de dommages sur les organes fructifères. Comparativement au témoin, le rendement global en grains a été amélioré dans le niébé traité. Ainsi, à Glazoué, dans la zone centrale, des rendements meilleurs de 933,03±8,7Kg/ha ont été obtenus avec le champignon *B. bassiana*.

Conclusion et applications des résultats: Ces résultats révèlent clairement que les biopesticides utilisés dans notre étude peuvent réduire significativement les densités des ravageurs ciblés. Cette étude suggère la possibilité de l'utilisation de biopesticides comme des alternatives aux insecticides chimiques dans la lutte contre les ravageurs du niébé.

Mots clés : Niébé, insectes ravageurs, insecticide chimique, insecticide biologique, lutte intégrée

Comparative Efficacy of Biological and Chemicals Pesticides in the management of cowpea Pests in the central zone of Benin

ABSTRACT

Objective: Cowpea is an important crop which production and efficient use are determinant for food security of the local populations. The objective of this study is to compare the efficacy of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (isolate Bb 115), Neem (Topbio) - baculovirus *MaviMNPV* mixture and chemical pesticide Decis (deltamethrin) in controlling the legume pod borer (LPB), *Maruca vitrata* and some other cowpea insect pests.

Methodology and results: The current study was performed in three villages of the cotton growing areas of central Benin (Glazoue municipality). Four treatments consisting of 1) unsprayed control, 2) Topbio - *MaviMNPV* mixture, 3) *B. bassiana* and 4) Decis were arranged in a randomized complete block design with three replicates. Seventy five grams per ha of *B. bassiana* (isolate Bb 115) conidia were formulated with peanut oil and applied at a volume of 2 litres/ha-1. Virus *MaviMNPV* suspension was applied at 2.10⁹ OB/ha in a formulation containing neem (TopBio). The Decis and TopBio, 1L /ha. The effects of the different pesticides used on cowpea pests populations' densities (*M. vitrata*, *Megalurothrips sjostedti*, *Clavigralla tomentosicollis*) were evaluated as well as their damage of reproductive organs (flowers buds, flowers and pods). Fruiting bodies organs were collected weekly to monitor alive and dead of *M. vitrata* larvae, and other key cowpea insect pests and their damage on flower buds, flowers and pods as well. Cowpea grain yield was evaluated. Although, the great variation in their effects, the biopesticides tested have significantly reduced the population density of *M. vitrata* and of the other insect species as well as damage level. The overall grain yield was improved in treated cowpea compared to the untreated control. In farmers' cowpea fields, pest control by the various pesticides used, was similar with yields of 933.03 ± 8.7Kg / ha obtained in plots treated with *B. bassiana*.

Conclusion and results' applications: These results showed that the biopesticides used in our study can significantly reduce the densities of different target pests. This study suggested the possibilities of the use of biopesticides as alternatives to chemical insecticides in the control of cowpea pests.

Key words: Cowpea, insects, chemical insecticide, biological insecticide, IPM.

INTRODUCTION

Le niébé *Vigna unguiculata* L. Walpers (Fabaceae) est l'une des principales légumineuses produites et consommées au monde et particulièrement en Afrique de l'Ouest. Son importance économique, son taux élevé en protéines et son importance dans le régime alimentaire des populations, font de cette légumineuse, une culture importante qui contribue à la réduction de la pauvreté et à l'amélioration de la sécurité alimentaire (Singh *et al.*, 1990). Cependant, sa production est confrontée à des contraintes qui limitent son rendement: il s'agit surtout des maladies et des insectes nuisibles. Les principaux insectes ravageurs du niébé répertoriés dans le monde et occasionnant le plus de dégâts sur la plante sont: *Maruca vitrata* Fabricius (Lepidoptera: Crambidae), *Megalurothrips sjostedti* Trybom (Thysanoptera: Thripidae), *Clavigralla tomentosicollis* Stål

(Heteroptera : Coreidae) et *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae) (Tamò *et al.*, 1993). Parmi ces insectes, la foreur de gousses de légumineuses, *Maruca vitrata* Fabricius, lépidoptère de la famille des Crambidae, est signalé comme provoquant de sérieux dégâts sur le niébé dans les régions tropicales et subtropicales de l'Asie, de l'Amérique Latine et de l'Afrique (Liao et Lin., 2000). Elle se nourrit des pédoncules, des boutons floraux, des fleurs et des gousses encore fraîches ce qui entraîne la dépréciation du produit (Okech et Saxena, 1990). Les pertes de rendement sont estimées de 30 à 86% (Singh *et al.*, 1990 ; Tamò *et al.*, 2003). Il s'avère important et même capital, d'identifier des méthodes plus efficaces de lutte contre ce ravageur. Ainsi, plusieurs moyens de lutte contre cet insecte nuisible ont été mis au point. Parmi ceux-ci, la lutte chimique est la

plus ancienne et la plus utilisée pour le contrôle de la population de *M. vitrata*. Ainsi, le Decis et le Systoate proposés par Atachi et Sourokou (1989), ont été utilisés avec beaucoup de succès au début de leur application mais une diminution graduelle de leur efficacité se note dans le temps. La lutte chimique, en plus de nombreux dangers qu'elle engendre et de son prix prohibitif, s'est malheureusement révélée menaçante pour la santé humaine, animale et de l'environnement (IITA, 1988). Aussi, ces produits chimiques sont-ils à l'origine de développement de résistance chez la pyrale. A cause des problèmes que pose l'utilisation des insecticides chimiques de synthèse, d'autres méthodes de lutte visant une réduction de l'intensité d'application des insecticides ont été mises au point. Ce fut alors l'avènement de nouvelles méthodes basées sur la lutte biologique pour le contrôle de *M. vitrata*. Ces méthodes consistent en l'utilisation des ennemis naturels tels que les bactéries, les virus et les champignons ou de leur sous-produits (Sabbour et Sahab, 2005 ; Reddy et al., 2008). En effet, les entomopathogènes sont des agents potentiels de lutte biologique et constituent une composante importante au sein de systèmes de gestion intégrée des insectes ravageurs (McGurire et al., 2005). Ils ont été développés à travers le monde pour le contrôle de nombreux ravageurs d'importance agricole. Des auteurs comme Sokamé, (2012) et Gouissi, (2013) ont trouvé que la formulation Neem +

virus est efficace sur *M. vitrata*. Cependant, des années après l'introduction de ces technologies, des insuffisances ont été observées et l'utilisation effective de ces méthodes pose toujours un réel problème en milieu paysan. Elles n'ont pas été adoptées avec succès par les producteurs. En revanche, peu de rapports sont disponibles sur l'utilisation du champignon entomopathogène *Beauveria bassiana* dans le contrôle des larves de *M. vitrata* sur le terrain. Pour cela, le développement du biopesticide *B. bassiana* Bb115 dont la virulence sur *M. vitrata* a été démontrée au laboratoire et en milieu semi-réel, sur les parcelles expérimentales de l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA, Bénin) (Toffa Mehinto et al., 2014a) s'avère nécessaire. C'est pour cette raison qu'il est important d'évaluer l'efficacité de ce biopesticide en milieu réel avec la participation des producteurs afin de faciliter son transfert au monde paysan. Des essais comparatifs ont été donc mis en place dans les champs des producteurs. L'effet de cet isolat de champignon a été comparé avec la combinaison Neem + Virus et le pesticide chimique Decis en usage pour la protection du niébé. Ce qui permettra de mieux apprécier la potentialité relative du champignon par rapport aux autres produits existants. L'étude a été réalisée durant la grande saison de pluie (avril à juillet 2013) dans la zone agro-écologique centre du Bénin.

MATERIEL ET METHODES

Milieu d'étude : Les travaux se sont déroulés dans deux endroits différents, il s'agit du milieu contrôlé et du milieu réel.

Milieu contrôlé : C'est le laboratoire de Pathologie de la Station de l'Institut International d'Agriculture Tropicale au Bénin (IITA-Bénin) qui a servi pour les expérimentations. La température a varié entre $20,9 \pm 1,2^{\circ}\text{C}$ et $26 \pm 0,050^{\circ}\text{C}$ et l'humidité relative (%HR) entre $65,5 \pm 5\%$ et $91,3 \pm 4,9\%$. L'IITA-Bénin est située à Abomey Calavi ($06^{\circ}25'N$, $002^{\circ}19'E$, 15 m d'altitude) dans le département de l'Atlantique, au Sud du Bénin. Il est situé à 12 km au Nord-Ouest de Cotonou, capitale économique de la République du Bénin. Le Bénin est un pays francophone situé en Afrique de l'Ouest à côté du Nigéria.

Milieu réel : Le milieu paysan constitue ici des sites d'expérimentations. En effet, les champs des producteurs

situés dans la zone agroécologique V du Bénin (Afrique de l'Ouest) ont servi de sites. Cette zone est représentée dans la présente étude par la commune de Glazoué (arrondissement de Ouédèmè). En effet, les travaux en milieu paysan ont été réalisés dans trois villages, Dogbo ($08^{\circ} 00' 786' N$, $002^{\circ} 08' 198'E$, 591m Alt), Gbaglavigo ($08^{\circ} 02' 558' N$, $002^{\circ} 09' 190'E$, 682m Alt) et Allènoudji ($08^{\circ} 01' 406' N$, $002^{\circ} 10' 760'E$, 674m Alt). Ces villages sont situés dans l'arrondissement de Ouédèmè, commune de Glazoué. La Commune de Glazoué est située dans la partie centrale du département des Collines à 234 Km de Cotonou. Située entre $7^{\circ}90'$ et $8^{\circ}30'$ latitude nord et $2^{\circ}05'$ et $2^{\circ}22'$ longitude est. Le relief de la zone d'étude est en outre, marqué par la présence des collines par endroit. Avec un climat sub-équatorial à deux saisons de pluies, la pluviométrie moyenne de la

commune a été proche de 1000 mm ces 15 dernières années (PDC 2010-2014 de la commune). Les critères de choix de ces différents villages ont été basés sur des considérations agro écologiques et socio-économiques, telles que l'importance de la culture de niébé dans le système cultural, de la facilité d'accès, de l'existence ou non d'un marché, et surtout des priorités des agriculteurs dans la gestion de leur production. Au Bénin, la zone écologique du centre est l'une des zones où on note le plus la présence de *M. vitrata* (Arodokoun et al., 1997).

Matériel végétal : Deux espèces végétales ont été utilisées: le niébé et le maïs. Le choix de la variété de niébé utilisé a été fait à partir d'une enquête préalable conduite dans la zone agro-écologique. Des échanges à partir d'un questionnaire ont été faits, d'une part, avec les producteurs la zone concernée et d'autre part, avec les agents de vulgarisation. Ces échanges ont permis de choisir la variété locale la plus vendue, la plus consommée par la population mais certes la plus attaquée par les insectes ravageurs du niébé. Ainsi, la variété de niébé retenue pour les expérimentations est la variété locale «wankoun». C'est une variété à port semi-érigé et de type semi précoce (65-70 jours).

Produits phytosanitaires : Les produits phytosanitaires utilisés dans les expérimentations sont de trois types, il s'agit de :

Insecticide chimique de synthèse : L'insecticide de synthèse utilisé est le Decis 12.5 CE (delthaméthrine). Il est utilisé dans la lutte contre les nuisibles du niébé

Insecticides biologiques: Il s'agit:

de spores (poudre) du champignon *B. bassiana* souche 115 isolée d'une larve de *M. vitrata* et produites au laboratoire de la pathologie de l'IITA-Bénin. La virulence de cette souche a été déjà prouvée par des études antérieures faites aussi bien au laboratoire sur les différents stades larvaires de *M. vitrata* qu'en milieu semi-réel sur les parcelles expérimentales de la station (Toffa-Mehinto et al., 2014a). du virus polyédrose nucléaire (*MaviMNPV*), spécifique à *M. vitrata* fourni par le laboratoire de la pathologie de l'IITA-Bénin; du Neem Topbio (Bio phyto Glazoué, Bénin), insecticide 100% naturel est utilisée couramment dans la lutte contre les insectes ravageurs. Il est utilisé ici en association avec le virus *MaviMNPV*.

Procédure expérimentale pour constituer un traitement; le traitement est appelé Neem+Virus: Trois producteurs de niébé ont été choisis chacun dans les trois villages de la zone agroécologique du centre. Ainsi, chaque producteur a abrité un bloc aléatoire à quatre traitements répétés trois fois. Les parcelles élémentaires mesurent 100m² (10m × 10m) et séparées les unes des autres par

une allée de 3 m de large. Les différents traitements appliqués sont: témoin, niébé non traité (T1), niébé traité aux spores de champignon *B. bassiana* (T2), niébé traité au Virus *MaviMNPV* + Neem (T3) et niébé traité au Decis (T4). En outre, après un désherbage manuel et délimitation des parcelles à l'aide de cordeaux et de piquets, des lignes de semis ont été confectionnées et treize lignes par parcelle élémentaire sont retenues. Les écartements de semis sont de 25 cm entre les plants et 75 cm entre les lignes. Deux sarclages ont été effectués. Dans les champs, les producteurs ont semé du maïs dans les allées de 3 m de largeur, jugées grandes pour permettre de diminuer les dérives des applications de produits d'une parcelle à une autre. Les plants de niébé en fructification ont subi différents traitements à partir du 32^{ème} Jour Après Semis (JAS) et les traitements ont été appliqués à quatre différentes dates, 32^{ème}, 39^{ème}, 43^{ème} et 49^{ème} JAS. L'application du champignon *B. bassiana* a été faite à la dose de 75 g m.a. (matière active)/ha. Quant à la suspension virale, la dose de 2.10⁹ OB/ha a été utilisée. Toutes les applications ont été faites à l'aide de pulvérisateurs manuels à pression entretenue de marque SWISSMEX-8l, de type sac au dos.

Suivi des essais : Le suivi des essais a été fait aussi bien sur la densité des populations des insectes que sur les dégâts occasionnés par ces derniers. Ainsi, ce suivi a permis dans le même temps d'évaluer le rendement parcellaire en graines de niébé.

Évaluation de la densité de population des chenilles : Pour évaluer la densité des insectes, seules les larves ont été considérées lors du dénombrement de *M. vitrata*, compte tenu de l'activité de vol de la pyrale. Le décompte des insectes a été réalisé le jour avant application, puis à un intervalle de 4 jours jusqu'à la fin de l'expérimentation. Les dénombrements ont été réalisés sur 10 plants/parcelle et par traitement. Ces plants ont été choisis de façon aléatoire et identifiés afin d'éviter les doubles comptages sur un même plant. Chaque plant a été secoué trois fois au-dessus d'une boîte blanche en plastique servant à recueillir des insectes morts ou vivants. Par ailleurs, d'autres insectes comme *Megalurothrips sjostedti* Trybom (Thysanoptera: Thripidae) et *Clavigralla tomentosicollis* Stål (Heteroptera : Coreidae) ont été répertoriés dans la zone d'étude. Les insectes morts ou vivants dénombrés sont suivis au laboratoire. Ils ont été déposés dans diverses boîtes en plastique (recouvertes de toile de mousseline permettant l'aération) à raison d'un insecte par boîte pour chaque traitement. Pour ceux encore vivants, ils ont été nourris aux feuilles tendres de niébé renouvelées tous

les jours. Ils sont suivis quotidiennement jusqu'à leur mort ou d'éventuelles sporulations ou d'émergence d'adultes.

Évaluation des dégâts sur les organes fructifères : Le pourcentage des dommages aux organes fructifères associé au comportement alimentaire de l'insecte a été évalué. En effet, la présence des insectes ravageurs et les dégâts occasionnés tels que organes piqués, pourris et troués ont été évalués simultanément quatre fois sur les organes fructifères (32^{ème} et 38^{ème} JAS pour les boutons floraux; 42^{ème} JAS pour les fleurs et 48^{ème} JAS pour les gousses). Pour cette observation, dix (10) boutons floraux, 10 fleurs et/ou 10 gousses par parcelle élémentaire ont été choisis de façon aléatoire à raison d'un bouton floral ou d'une fleur par plant et par ligne soit un total de 30 organes fructifères par traitement. Ils ont été collectés quatre fois au cours du cycle végétatif du niébé pour un dépouillement à la Station. Aussi, des organes de reproduction sont-ils collectés et conservés dans des boîtes bien étiquetées contenant de l'alcool (65%) pour identification et comptage des insectes au laboratoire. De même, les gousses présentant un orifice ou portant des excréments ou des fils soyeux sont disséquées pour le comptage des insectes. Les paramètres mesurés pour ces expérimentations sont :

- le nombre moyen d'organes fructifères attaqués par les insectes;
- le nombre moyen de *M. vitrata* et des autres insectes (*M. sjostedti*, *C. tomentosicollis*) ciblés de chaque traitement.

Évaluation des rendements : Le rendement des cultures est primordial pour les producteurs. Ainsi, dans le but d'évaluer le rendement parcellaire en graines du niébé, trois carrés de densité ont été installés à l'aide de piquets au niveau de chaque répétition. Cette opération a consisté à choisir au hasard dix plants sur une ligne soit une surface d'un mètre carré (1m²) et à installer deux piquets à chaque extrémité. Chaque parcelle par traitement a été récoltée suivant les carrés de densité. Dans ces espaces destinés uniquement à l'évaluation des rendements, aucun prélèvement des plants n'a été fait au préalable. Les gousses récoltées ici ont été séchées au soleil et battues à la main. Après triage, les graines ont été pesées toujours par carré de densité sur une balance électronique de marque METTLER PJ 300.

Conditions météorologiques : Durant la conduite des expérimentations, les paramètres météorologiques comme la pluviométrie, la température et l'humidité relative moyennes sont enregistrés. En effet, la température moyenne de 28,9 ± 3,2°C a été enregistrée à l'installation des expérimentations au mois d'avril pour décroître avant de remonter en fin juin, période de maturité du niébé. Contrairement à la température, l'humidité relative qui était faible (71,1%) au mois d'avril a progressivement augmenté durant les expérimentations pour finalement décroître en juillet, mois de la fin des essais (Tableau 1).

Tableau 1. Données météorologiques de la zone agroécologique centre durant la période d'essai en milieu paysan

Mois	avril	mai	juin	juillet
Pluviométrie (mm)	98,6	108,2	101,7	88,3
Température (°C)	28,9	27,7	28,6	27,3
Humidité relative (%)	71,1	76	75,6	72,3

ASECNA-Bénin, 2013

Analyse des données : Les données collectées en milieu paysan ont été analysées. Ainsi, les nombres moyens de larves sur les plants et dans les organes fructifères, les taux moyens de dégâts causés à ces organes et les rendements moyens ont été utilisés pour présenter non seulement les graphiques mais aussi les tableaux. En dehors des chenilles de *M. vitrata*, des insectes comme *M. sjostedti*, *C. tomentosicollis* ont été également recensés. Pour normaliser les données et stabiliser les variances, les taux moyens de dégâts des

organes fructifères ont subi une transformation arcsinus et les nombres moyens des insectes et les rendements, une transformation Log(x+1), avant toute analyse. L'analyse de variance (ANOVA) a été faite à l'aide du logiciel SAS version 9.2 pour comparer les traitements, et en cas de différence significative, le test Student-Newman-Keuls (SNK) a été utilisé pour séparer les moyennes. Tous ces paramètres ont été analysés au seuil de signification de 5%.

RESULTATS

Dans la zone cotonnière centre (ZCC) des collines, aussi bien la fluctuation des effectifs de population de *M. vitrata* que les dégâts des chenilles ont été évalués durant la période d'essai. Les effets des traitements sur les thrips, *C. tomentosicollis* ont été également relevés.

Dynamique de la population de *M. vitrata* : La figure 1 illustre l'effet des pesticides sur la fluctuation des effectifs de *M. vitrata* dans la zone cotonnière centre représentée ici par Glazoué/Ouédèmè. Les barres d'erreurs illustrent les erreurs standards. Pour toutes les différentes observations effectuées au cours de l'expérimentation, les traitements Decis, *B. bassiana* et Neem+Virus ont significativement réduit la densité de *M. vitrata* comparativement aux témoins ($F=10,61$ et $P < 0,0001$). En effet, juste après le premier traitement, l'effectif moyen

de *M. vitrata* observé a été plus faible dans les parcelles traitées avec le Decis ($0,13 \pm 0,6$ *M. vitrata*/plant) que dans les traitements biologiques. Cependant, ce taux moyen de *M. vitrata* issu des parcelles Decis a augmenté après le troisième traitement jusqu'à $0,9 \pm 0,4$ *M. vitrata*/plant au 46^{ème} JAS. A cette même date, on assiste à une diminution progressive des chenilles dans les traitements biologiques. Malgré la lenteur d'action enregistrée avec les produits bio, *B. bassiana* a induit une réduction considérable des chenilles au cours de la période qu'a duré l'essai (Figure 1). Ceci serait certainement dû, soit à l'efficacité du produit ou au fait que les larves soient arrivées, au dernier stade de leur développement donc prêtes à se chrysalider ou même soient mortes sous l'effet des traitements.

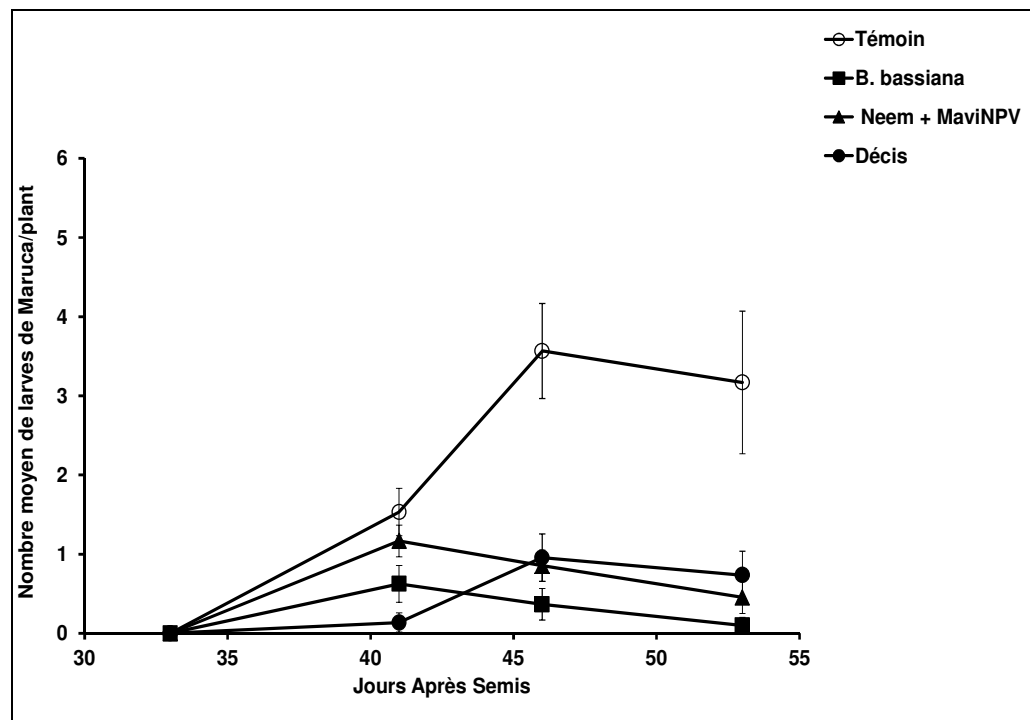


Figure 1. Fluctuation des effectifs de *M. vitrata* sous l'influence des pesticides en milieu paysan dans la zone cotonnière centre

Dégâts des chenilles sur les organes fructifères et pertes enregistrés : Les dégâts de *M. vitrata*, *M. sjostedti* et *C. tomentosicollis* recensés lors de l'expérimentation dans la zone d'étude sont présentés dans les tableaux 2 et 3.

Effets des traitements sur *M. vitrata* et Dommages enregistrés : L'évaluation dans les parcelles expérimentales du taux de dommages des organes fructifères associé au comportement alimentaire de *M. vitrata* a permis de constater une variation allant de $7,8 \pm$

$1,1\%$ (Decis) à $13,3 \pm 3,9\%$ (Neem+Virus) pour les boutons floraux, de $9,2 \pm 3,5\%$ (Neem+Virus) à $12,3 \pm 2,4\%$ (Decis) pour les fleurs et de $8,3 \pm 2,7\%$ (*B. bassiana*) à $13,7 \pm 2,1\%$ (Neem+Virus) pour les gousses (Tableau 2). L'analyse statistique révèle de différences significatives entre le niveau de dommages occasionnés par les insectes traités et les témoins sur les organes ($F=8,73$, $P = 0,0067$; $F = 13,16$, $P = 0,0018$; $F = 2,84$, $P = 0,0051$ respectivement pour les boutons floraux, les fleurs et les gousses). La présence de *M. vitrata* dans les

Toffa Mehinto et al.. J. Appl. Biosci. Efficacité comparée des insecticides de natures différentes dans la gestion des insectes ravageurs du niébé au Centre du Bénin

boutons floraux, les fleurs et les gousses a été très variable (Tableau 2). Au niveau des boutons floraux, les effectifs totaux moyens de *M. vitrata* pour toutes les observations ont été de $0,22 \pm 0,1$ pour les témoins, $0,09 \pm 0,03$ pour le Decis, $0,16 \pm 0,02$ pour le Neem+Virus et $0,01 \pm 0,01$ pour *B. bassiana*, Tandis qu'au niveau des gousses, ces effectifs moyens de *M. vitrata* ont été de $1,94 \pm 0,04$ pour les témoins et seulement $0,9 \pm 0,01$ pour le Decis, $0,07 \pm 0,03$ pour le Neem+Virus et $0,02 \pm 0,01$ pour *B. bassiana*. Ces résultats témoignent de

l'efficacité des produits biologiques sur le foreur de gousses de niébé. En effet, comparativement aux parcelles témoin, les dommages associés au comportement alimentaire de *M. vitrata* ont été réduits dans les parcelles traitées. Toutefois, la présence des chenilles n'est pas en relation avec les pourcentages de dommages au niveau des organes fructifères. Un organe (une gousse ou un bouton floral) peut contenir une à deux, voire trois chenilles et sera considéré comme un seul organe attaqué.

Tableau 2 : Effets des différents traitements sur la présence des chenilles de *M. vitrata* et leurs dégâts (%) sur les organes fructifères du niébé dans la zone centre (zone cotonnière centre)

Traitements	Boutons floraux		Fleurs		Gousses	
	**% de dommages	* Nombre de larves de <i>M. vitrata</i>	**% de dommages	* Nombre de larves de <i>M. vitrata</i>	**% de dommages	* Nombre de larves de <i>M. vitrata</i>
Témoin	29,1±2,6a	0,22±0,1a	66,5±3,7a	1,73±0,4a	17,2±4,8a	1,94±0,04a
Decis	7,8±1,1b	0,16±0,03b	12,3±2,4b	1,11±0,2b	11,2±3,6b	0,9±0,01b
Neem +Virus	13,3±3,9b	0,03±0,02c	9,2±3,5b	0,23±0,08c	9,8±2,1b	0,07±0,3c
<i>B. bassiana</i>	12,2± 3,3b	0,01±0,01c	11,2±4,1b	0,18±0,02bc	8,3±2,7b	0,02±0,01c

Les moyennes d'une même colonne suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% (Analyse de variance suivie de SNK)

Légende : * Nombre moyen par parcelle ± ES (calculé sur la base de 3 répétitions de 4 observations et sur 10 organes) ; ** Taux moyen de boutons floraux ou de fleurs ou de gousses endommagés ± ES (calculé sur la base de 3 répétitions de 4 observations et sur 10 organes)

Effets des traitements sur les thrips et les punaises

C. tomentosicollis : Une diminution significative du nombre des autres principaux insectes ravageurs a été observée dans les parcelles traitées. Cette diminution a montré l'effet insecticide qu'auraient les traitements sur ces derniers dans les conditions de champ. Toutefois, durant la première semaine d'application fongique sur le feuillage du niébé, le décompte des insectes a indiqué que la population moyenne des thrips floricoles au niveau des fleurs est plus importante que celle des autres insectes ravageurs. En effet, la population des thrips a été de $0,4 \pm 0,02$; $1,1 \pm 0,3$; $0,2 \pm 0,01$ thrips/plant avec le Decis, Neem +Virus et *B. bassiana*

respectivement (Tableau 4). Après la deuxième application des plants, on a constaté que *C. tomentosicollis* a été la plus retrouvée sur les gousses. Toutefois, avec les traitements, la population a baissé. Elle a varié de $0,8 \pm 0,07$ (Neem+Virus) à $1,21 \pm 0,5$ (Decis). Alors que le seuil de la population de punaises reste élevé en fonction du temps dans les parcelles témoins (Tableau 3). Une différence significative a été observée entre le pourcentage des gousses endommagés par les attaques des insectes ravageurs dans les parcelles traitées et celles du témoin ($F_{3,12} = 9,84$; $p < 0.0015$) (Tableau 3).

Tableau 3. Effets des traitements sur la présence des thrips, des punaises dans la zone centre (zone cotonnière centre)

Traitements	Fleurs	Gousses
	* Nombre moyen de <i>Tf</i>	* Nombre moyen de <i>Ct</i>
Témoin	1,73±0,4a	1,94± 0,04a
Decis	0,4±0,02b	0,26±0,04b
Neem+Virus	1,1±0,3ab	0,31±0,02b
<i>B. bassiana</i>	0,2±0,01 b	0,39±0,06b

Les moyennes d'une même colonne suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% (Analyse de variance suivie de SNK).

Légende : Nombre moyen par parcelle \pm ES (calculé sur la base de 3 répétitions de 4 observations et sur 10 organes) ;

Tf = *Thrips floricoles*, Ct=*Clavigralla tomentosicollis*.

Les rendements en graines dans les zones d'étude :

Comme le montre la figure 2, les rendements obtenus dans la zone agro-écologique du centre ont été de 338,4 \pm 3,1Kg/ha, 724,6 \pm 7,3Kg/ha, 863,1 \pm 5,04Kg/ha et 933,03 \pm 8,7Kg/ha pour respectivement les parcelles témoin, celles de Decis, du Neem+Virus et celles de *B.*

bassiana (figure 2). L'insecticide fongique a eu le rendement significativement le plus élevé ($F = 13,62$; $P=0,0002$). Ceci serait dû aux taux de dégâts relativement faibles observés au niveau des organes fructifères.

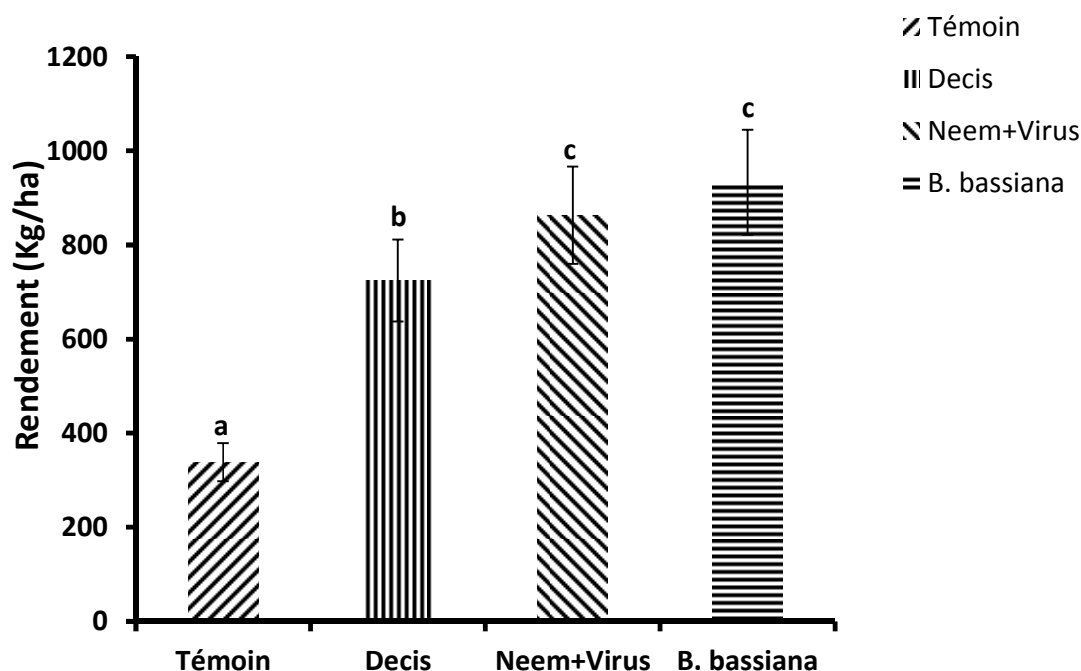


Figure 3. Rendement du niébé après application des différents insecticides en milieu paysan dans la zone agro-écologique centre du Bénin. Les histogrammes surmontés des mêmes lettres ne sont pas significativement différents au seuil de 5% (Analyse de variance suivie de SNK).

DISCUSSION

Le but des stratégies de gestion phytosanitaire durable est de minimiser la perte économique occasionnée par des insectes ravageurs. Dans la zone agro écologique centre du Bénin, des insectes dont la plupart des espèces attaquent la plante à tous les stades phénologiques ont été inventoriés sur le niébé. Ces espèces sont à l'origine d'importants dégâts entraînant des pertes considérables et diminuent la valeur commerciale de la graine de niébé. A 43^{ème}JAS, l'action dévastatrice des thrips floricoles sur les boutons floraux et surtout les fleurs a été appuyée par les dégâts des foreurs de gousses, *M. vitrata*. De même,

les punaises, *C. tomentosicollis* ont été notés dans les cultures de niébé dès le 48^{ème} JAS, quelle que soit le village concerné. En effet, la forte pression de ces différents insectes ravageurs répertoriés sur le niébé dans notre zone d'étude, a provoqué le rabougrissement, le brunissement des organes fructifères (fleurs et gousses) dû à l'alimentation de ces derniers. Cet état de la plante, pourra entraîner sa mort si rien n'est fait. Ainsi, ces insectes répertoriés sur le terrain sont considérés comme de ravageurs importants du niébé dans la présente étude. Généralement, les insecticides utilisés en

milieu paysan ont permis de réduire considérablement la population des différents insectes ravageurs comparativement aux témoins. Le degré de contrôle des ravageurs se traduit par une limitation des dégâts sur les organes fructifères (boutons floraux, fleurs, gousses) du niébé. Le Decis qui est un pyréthrianoïde dont la matière active est la deltaméthrine, a été au départ, efficace sur les insectes ravageurs de niébé du fait de son large spectre d'action. Ces résultats confirment les études menées par Atachi et Sourokou, (1989) et Bognaho (1996) qui indiquent l'efficacité du Decis sur *M. vitrata*. Cependant, dans la présente étude, plus d'une décennie plus tard, on a constaté que le Decis a mieux contrôlé les autres insectes répertoriés que *M. vitrata*. Cela nous amène à poser l'hypothèse selon laquelle *M. vitrata* a développé une résistance envers cet insecticide au fil des années. Ce constat a été fait dans la zone centre du pays. Toutefois, l'hypothèse mérite des investigations plus précises sur la limite d'action de Decis sur le foreur de gousses de niébé. Dans les trois villages de la zone centre, les chutes au niveau des densités des populations larvaires de *M. vitrata* se sont produites le 42^{ème} jour après traitement, surtout avec les parcelles biologiques. Ce qui nous amène à dire que, de façon générale, l'efficacité des insecticides s'est vite prononcée dans la zone cotonnière centre. Le nombre de larves qui a commencé par diminuer pourrait aussi être expliqué par le fait que les larves soient, probablement traitées au dernier stade de leur développement et sont devenues des chrysalides où sont mortes suite aux effets des traitements. L'efficacité de la combinaison Neem+Virus sur *M. vitrata* a été déjà observée par Gouissi (2013). Toutefois, l'auteur n'a pas eu à étudier une efficacité comparée du produit avec l'isolat fongique comme ce fut le cas dans la présente étude. Gouissi (2013) a eu à démontrer dans une évaluation faite sur la combinaison Neem+Virus seule que, le produit, a été efficace sur les chenilles de *M. vitrata* et que cette efficacité est due aux avantages conférés au Neem. En effet, le principal composé actif du Neem est l'azadirachtine, un triterpénoïde qui agit comme (1) inhibiteur de la nutrition chez les insectes (Redfern et al., 1981), (2) régulateur de leur croissance (Schluter et al., 1985) ou (3) inhibiteur de l'oviposition (Rice et al., 1985). Toutefois, les effectifs constatés au niveau des parcelles traitées aux extraits de Neem+Virus pourraient être dus aux effets, non seulement des virions mais aussi de toutes les substances insecticides contenues dans les extraits de Neem et non pas uniquement leur concentration en azadirachtine. De plus, le Neem est ajouté au baculovirus MaviMNPV (*M. vitrata* Multiple Nuclear Polyedrosis

Virus), connu aussi pour son succès sur les larves de *M. vitrata* (Honfoga, 2007). De même, Gahukar (1988) a observé que, l'effet de l'extrait des amandes de Neem est comparable à celui des traitements à base de Diméthoate et de deltaméthrine dans le cadre de la lutte contre les chenilles de *Helicoverpa armigera* sur les plants d'arachide. Aussi, Sokamé (2012) a-t-il trouvé que la formulation Neem + Virus est plus efficace que le Decis, pour le contrôle de *M. vitrata*. Cette différence de résultats pourrait s'expliquer par une variation des conditions climatiques et environnementales des milieux d'étude. D'une manière générale, il existe de nombreuses contraintes biotiques et abiotiques quant aux capacités des entomopathogènes d'infecter leurs hôtes dans les conditions de terrain. Parmi celles-ci se retrouvent des antagonistes microbiens, notamment le comportement, l'âge, la condition physiologique de l'hôte, la lumière du soleil, la dessiccation, la température et l'humidité (Inglis et al., 2001). L'application avec succès des produits biologiques comme agents de contrôle microbien dépendra de l'utilisation de l'inoculum approprié, formulé de manière optimale et appliqué au bon moment à un hôte susceptible (Burgess, 1998). L'action insecticide de l'isolat Bb 115 de *B. bassiana* qui a été confirmée par des sporulations observées sur des larves mortes a été déjà signalée par Toffa Mehinto et al. (2014b) qui ont confirmé la pathogénicité et la virulence au laboratoire de cet isolat. Prior (1992) et plusieurs autres auteurs s'accordent à dire que le genre *Beauveria* s'attaque à une gamme variée d'insectes d'où son efficacité observée sur les autres insectes du niébé. L'efficacité de ce champignon à contrôler les larves de la foreur de gousses de niébé pourrait être expliquée par le contact des gouttelettes de la solution fongique avec la cuticule de l'insecte pendant la pulvérisation. Néanmoins, ceci n'est pas un pré-requis pour amorcer l'infection. *Beauveria* agit aussi par ingestion et l'insecte peut être contaminé en se nourrissant sur les feuilles traitées. Le problème majeur d'utilisation des champignons entomopathogènes est en effet, leur faible persistance sur le feuillage (Ignoffo, 1992). Par exemple, les conidies de *B. bassiana* diminuent de plus de 75 % après 4 jours sur les feuilles de luzerne (Inglis et al., 1993). De plus, il a déjà été démontré que la demi-vie des conidies de *B. bassiana* est de 2 à 5 jours en conditions naturelles (Gardner et al., 1977). Inglis et al. (1993) ont démontré que les populations des conidies de *B. bassiana* ont été réduites de 85% sur la luzerne après 4 jours. Toutefois, avec l'évolution de la recherche, Kouassi et al. (2003a, b) indiquent que la persistance des conidies viables de *B. bassiana* peut aller jusqu'à

26 jours après application dans la culture de cèleri. La variation de la viabilité des conidies sur le feuillage des plants des cultures est probablement due à plusieurs facteurs. Entre autres, l'étude a révélé des variables telles que les précipitations, l'humidité relative, et la température qui ont un impact significatif sur la persistance des conidies viables. Ainsi, les stratégies d'applications multiples, à intervalles de 7 jours, a permis la présence des conidies viables de *B. bassiana* sur le feuillage tout au long de la période de floraison du niébé. En effet, le traitement fongique est un insecticide qui a l'aptitude à infecter l'hôte par ingestion ou par simple contact. Dans les conditions d'un bon épandage, et avec les applications successives du bio insecticide, toutes les chenilles sont atteintes au cours du cycle végétatif de la plante. Cette approche a été confirmée par Douro *et al.* (2013) qui ont observé que les applications hebdomadaires des conidies de *B. bassiana* réduisaient efficacement les densités des larves de *H. armigera* et fournissaient une protection foliaire substantielle contre les attaques de ce ravageur dans les cultures de coton. Sabbahi (2008) a eu à démontrer qu'après six jours, la présence de conidies viables a été constatée sur le feuillage du fraisier. La présente étude confirme que, les formulations à base de *B. bassiana* assurent la présence d'un inoculum adéquat sur les feuilles du niébé et conservent leur potentiel insecticide pendant plusieurs jours. Le développement des entomopathogènes comme agents de lutte nécessite une meilleure compréhension, d'une part, de la dynamique insecte-pathogène et d'autre part, de leur écologie. Les maladies apparaissent le plus souvent et sont provoquées par les agents de lutte tels que les microchampignons causant par la suite une épidémie parmi les insectes (Ferron *et al.*, 1991). La sporulation fongique observée sur la cuticule des cadavres des insectes ravageurs au laboratoire est un atout. Le germe peut survivre au moins 3 mois dans l'insecte, même dans des conditions sèches (Riba et Marcandier, 1984). L'avantage des biopesticides à base de champignons entomopathogènes est le processus de

CONCLUSION

En milieu paysan, l'efficacité des entomopathogènes *B. bassiana* (Bb 115) et du Neem+Virus sur *M. vitrata* et les autres insectes ravageurs du niébé (*C. tomentosicollis*, *M. sjostedti*) a été appréciable. Les résultats de la présente étude ont montré que les biopesticides testés ont réduit la densité de population de *M. vitrata*, le niveau des dégâts sur les organes fructifères et les pertes en graines du niébé. Aussi, des effets de ces biopesticides

rémanence. La contamination des insectes par le sol et la végétation après une application de formulation à base de champignons entomopathogène est un facteur important de mortalité. L'auto dissémination peut être considérée, au futur, comme nouvelle stratégie de contrôle phytosanitaire visant à attirer les insectes ravageurs aux pièges contaminés par *B. bassiana* et donc un transfert subséquent aux insectes sains dans les champs des produits agricoles. En ce qui concerne l'effet des traitements sur les rendements en graines, Butt et Goettel (2000) suggèrent qu'une évaluation des dommages des organes fructifères dans les parcelles traitées et témoins puisse être une approche intéressante pour mesurer l'impact réel d'un agent de lutte. On constate que, les rendements moyens des parcelles traitées sont significativement supérieurs à ceux des parcelles témoins. Ces rendements sont en concordance avec les situations d'infestations et des taux de dégâts observés. Selon Atachi *et al.* (2007), les dommages, les pertes de niébé dues à *M. vitrata* se situent entre 20 et 80%. L'alimentation de cet insecte sur les fleurs et gousses de niébé diminue la production de niébé. Les pourcentages d'organes endommagés associés au comportement alimentaire de *M. vitrata* ont été réduits de la moitié, suite à l'application des différents insecticides. Par ailleurs, Djiéto-Lordon *et al.* (2007) ont montré que *M. sjostedti* sont responsables des baisses sensibles des récoltes par avortement des fleurs. Le contrôle des insectes ravageurs par les différents produits favoriserait une augmentation des rendements. Ces résultats corroborent ceux de Douro *et al.* (2013) qui ont démontré l'efficacité, en milieu paysan, des champignons entomopathogènes *B. bassiana* et *M. anisopliae* dans la gestion intégrée de *H. armigera* sur le coton. Le rendement élevé obtenu s'confirme les observations de Dugje *et al.* (2009) selon lesquelles des sols bien drainés, sablo-limoneux à limono-argileux, à pH 6 ou 7, favoriseraient de meilleurs rendements. Aussi, les conditions climatiques, édaphiques et environnementales du milieu ont-elles été favorables en cette période précise de l'année.

ont-ils été révélés sur *C. tomentosicollis* et *M. sjostedti*. Ainsi, les spores de *B. bassiana* peut efficacement contrôler le ravageur lorsqu'il est appliqué à bonne date, dès le 30^{ème} JAS avec un volume permettant une bonne couverture. Les progrès accomplis dans la présente recherche sur l'utilisation des spores de *B. bassiana* dans la protection de la culture de niébé contre les insectes ravageurs contribueraient à l'amélioration quantitative et

qualitative de la production du niébé sain. Cette nouvelle démarche en plein essor sur la gestion durable des insectes ravageurs redoutables du niébé contribue à la sauvegarde et à la protection de l'environnement. La

présente étude pourrait donc contribuer à la mise en place d'une lutte intégrée efficace dans le contrôle des principaux insectes ravageurs du niébé.

BIBLIOGRAPHIE

- Arodokoun D. Y., Tamò M. & Cloutier C. 1997. Parasitoids guild; Feasibility of its application incontrolling legume pod borer, *Maruca vitrata* (Fabricius) (Lepidoptera: Pyralidae). In: Proceeding of the joint congress of the Entomological, Society of Southern Africa and the African Association of Insect Scientists. Robertson, H.G. (Ed.), Southern Africa, p. 63.
- ASECNA-Bénin, 2013. Fiches météorologiques mensuelles par zone agro-écologique. Cotonou, pp. 1-17.
- Atachi P. and Sourokou B, 1989. Use of decis and systoate for the control of *Maruca testulalis* (Geyer) in cowpea. *Ins. Sci. its appli.* 3: 373-381.
- Atachi P, Dannon EA, Rurema DG, 2007. Trap cropping and intercropping of pigeon pea (*Cajanus cajan* Millsp.) in pest management of cowpea (*Vigna unguiculata*) in southern Bénin: competing risk and pest status in pod attack. *An. Sci. Agro. Bénin*, 9: 1-20.
- Bognaho MDC, 1996. Etude comparée d'efficacité de dipel 2X (*B. thuringiensis*) et de Decis (deltaméthrine) sur les différents stades larvaires de *Maruca testulalis* (GEYER) (Lépidoptère: Pyralidae) en conditions de laboratoire, Mémoire d'Ingénieur, FSA/UAC, 109pp.
- Burges DH, 1998. Formulation of mycoinsecticides. In: Formulation of microbial biopesticides: beneficial microorganisms, nematodes and seed treatments. (Editor) by Burges HD, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 31-185.
- Butt TM. and Goettel MS, 2000. Bioassays of entomogenous fungi. In: Bioassays of entomopathogenic microbes and nematodes. Navon A, Ascher KRS (editor), CABI Publishing, Oxon, UK. pp.141-196.
- Djiéto-Lordon C, Aléné DC, Reboul JL, 2007. Contribution à la connaissance des insectes associés aux cultures maraîchères dans les environs de Yaoundé-Cameroun. *J. Bio. Sci.* 15: 1-13.
- Douro Kpindou OK, Djegui DA, Glitho IA, Tamo M, 2013. Comparative Study of the Efficacy of Entomopathogenic Fungi, Chemicals and Botanical Pesticides in the Management of Cotton Pests and Their Natural Enemies in Benin. *Inter. J. Adv. Sci. Tech.* 3: 21-33.
- Dugje IY, Omoigui LO, Ekeleme F, Kamara AY, Ajeigbe H. 2009. Production du niébé en Afrique de l'Ouest: Guide du paysan. IITA, Ibadan, Nigeria, 20p.
- Ferron P, Fargues J, Riba G, 1991. Les champignons agents de lutte microbiologique contre les ravageurs. In: *Handbook of applied mycology.* 2: 237-270.
- Gahukar R. T., 1988. Use of neem (*Azadirachta indica*) extracts in the control of insects pests of groundnut. *Insect Sci. its appli.* 5: 639-640.
- Gardner WA, Sutton RM, Noblet R, 1977. Persistence of *Beauveria bassiana*, *Nomuraea rileyi* and *Nosema necatrix* on soybean foliage. *Environ. Entomol.* 5: 616-618.
- Gouissi MTM, 2013. Production du Baculovirus entomopathogène de *Maruca Vitrata* MaviMNPV sur substrat naturel en utilisant les graines germées de différentes variétés de niébé. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur des Travaux en Production Végétale: Faculté d'Agronomie de Parakou, Bénin, 51p.
- Honfoga AJ, 2007. Etude expérimentale de la production du biopesticide MaviNPV et de son efficacité au champ sur *Maruca vitrata* Fabricius (Lepidoptera : Pyralidae), Foreur des fleurs et gousses du niébé. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénieur des travaux: EPAC/UAC, 73p.
- Ignoffo CM, 1992. Environmental factors affecting persistence of entomopathogens. *Florida Entomol.* 75: 516-525.
- IITA, 1988. Annual Report and Research Highlights. IITA, Ibadan, 50 pp.
- Inglis GD, Goettel MS, Johnson DL, 1993. Persistence of the entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* on phylloplanes of crested wheatgrass and alfalfa. *Biol. Control.* 3: 258-270.
- Inglis GD, Goettel M, Butt T, Strasser H, 2001. Use of hyphomycetous fungi for managing insect pests. In: T.M. Butt, C.W. Jackson et N. Magan (Eds.)

- Fungi as Biocontrol Agents: progress, problems and potential. 23-70. CABI Publishing, Wallingford, United Kingdom.
- Kouassi M, Coderre D, Todorova S, 2003a. Effect of Plant Type on the Persistence of *Beauveria bassiana*. *Biocontrol Sci. Technol.*, 13: 415-427.
- Kouassi M, Coderre D, Todorova S, 2003b. Compatibility of zineb, dimethoate and *Beauveria bassiana* (balsamo) Vuillemin against tarnished plant bug (Hemiptera: Miridae). *J. Entomol. Sci.* 38: 359-367.
- Liao CT. and Lin CS, 2000. Occurrence of legume podborer *Maruca testulalis* Geyer (Lepidoptera: Pyralidae) on cowpea *Vigna unguiculata* (L.) Walp and its insecticides application trial. *Plant Protec. Bul.* 42: 213-222.
- McGurire RM, Ulloa M, Young-Hoon P, Hudson N, 2005. Biological and molecular characteristic of *Beauveria bassiana* isolates from California *Lygus Hesperus* (Hemiptera: Miridae) populations. *Biol. Control.* 33: 307-314.
- Okech SOH. and Saxena KN, 1990. Responses of *Maruca testulalis*, (Lepidoptera: Pyralidae) Larvae to variably resistant cowpea cultivars. *Environ. Entomol.* 19: 1792-1797.
- Prior C, 1992. Discovery and characterization of fungal pathogens for locust and grasshopper control. In Lomer, C.J. and Prior, C., eds. *Biological Control of Locusts and Grasshoppers*. CAB International, Wallingford. London, 159-180.
- Reddy NP, Khan APA, Uma Devi K, Victor SJ, Sharma HC, 2008. Assessment of the suitability of Tinopal as an enhancing adjuvant in formulations of the insect pathogenic fungi *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin. *J. Pest Management Sci.* 3: 15-19.
- Riba G. and Marcandier, 1984. Influence de l'humidité relative sur l'agressivité et la viabilité des souches de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin et de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin, hyphomycètes pathogènes de la pyrale du maïs, *Ostrinia nubilalis* Hiibn. *Agronomie.* 4: 189-194.
- Rice MJ, Sexton S, Esmail AM, 1985. Antifeedant phytochemical blocks oviposition by sheep blowfly. *Australian J. Entomol.* 24: 16-29.
- Sabbahi R, Merzollki A, Guertin C, 2008. Efficacy of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. against the tarnished plant bug, *Lygus lineolaris* L., in strawberries. *J. Appl. Entomol.* 2: 24-34.
- Sabbour M. and Sahab AF, 2005. Efficacy of some microbial control agents against cabbage pest in Egypt, Pakistan. *J. Biol. Sci.* 8: 1351-1356.
- SAS Institute Inc. 2003 SAS® 9.2 2003. Qualification Tools User's Guide. Cary. NC. USA: SAS Institute Inc.
- Schluter W, Bidmon HJ, Grewe S, 1985. Azadirachtin affects growth and endocrine events in larvae of the tobacco hornworm, *Manduca sexta*. *J. Insect Physiology.* 31: 773-777.
- Singh SR, Jackai LEN, Dos SJHR, Adalla CB, 1990. Insect pest of cowpea in S.R. Singh: Insect of tropical food of legumes. (Editor) John Wiley and Sons Ltd. 43-90 pp.
- Sokamé MB, 2012. Etude des interactions entre le baculovirus MaviNPV, les huiles de neem (*Azadirachta indica* Juss) et de pourghère (*Jatropha curcas* L.) pour la lutte contre trois principaux ravageurs du niébé, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (Fabales : Fabaceae). Mémoire d'ingénieur: ESA/UL, 106p.
- Tamò M., Baumgarter J., Delucchi V. & Herren H. R. 1993. Assessment of key factors responsible for the pest status of the bean flower thrips *Megalurothrips sjostedti* (Trybom) (Thysanoptera: Thripidae). *Bulletin of Entomological Research*, 83: 251-258.
- Tamò M, Ekesi S, Maniania NK, Cherry A, 2003. Biological control non-obvious component integrated pest management for cowpea. In: *Biological control in integrated pest management systems in Africa*. Neuenschwander P, Borgemeister C. and Langewald. (editor) Wallingford 205-309.
- Toffa Mehinto, J., Atachi, P., Douro Kpindou, O.K. and Tamo M. 2014a: Pathogenicity of entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* on larvae of the legume pod borer *Maruca vitrata* (Lepidoptera: Crambidae). *J. of Agri. and Biol. Science.* 9: 55-64.
- Toffa Mehinto J, Atachi P, Douro Kpindou OK, Dannon EA, Tamò M, 2014b. Mortality of *Maruca vitrata* (Lepidoptera: Crambidae) larval stages induced by different doses of the entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*. *Inter. J. Advanced Res.* 4: 273-285