



Essai d'utilisation de quelques bio-insecticides contre la chenille légionnaire d'automne (*Spodoptera frugiperda* J.E Smith) dans des conditions de laboratoire à Kisangani, R.D. Congo

Trial of the use of some bio-insecticides against the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* J.E Smith) under laboratory conditions in Kisangani, D.R. Congo

Louis LOOLI BOYOMBE^{1,2*}, Jean Claude MONZENGA^{2,3} & François MALAISSE^{4,5}

Abstract : The quick propagation of the fall army worm, (FAW), (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) and the damages that this caterpillar leads on the cultivations in Tropical Africa are worrying, notably through the effects on the dietary security already fragile in this territory. There is therefore an urgent need for more research to help farmers to manage this pest effectively. The objective of present study is to realize struggle tests against this caterpillar by using some bio-insecticides in laboratory conditions. The tests have been conducted in Kisangani. A series of experiments were carried out in the laboratory and consisted in treating separately the eggs, caterpillars of stage 2 and caterpillars of stage 3 of FAW with the doses of 1g / 20ml of water and 2g / 20ml of water. Of three bio-pesticides namely neem seed powder, ash and concentrated hot pepper juice, the results obtained indicate that neem was the most effective bio-insecticide because, even at the low dose of 1g / 20ml of water, this bio-pesticide caused 100% mortality both on the eggs and on the caterpillars of stage 2 and 3 of FAW. Also its mode of action is very fast. Ash and chili also gave better mortality rates but at very high doses. Their modes of action are late and gradually diminishing with the development of the pest. The life cycle of FAW has averaged 26 days.

Key words : *Spodoptera frugiperda*, Biological struggle, Bio-pesticides, Kisangani.

Résumé : La propagation rapide de la chenille légionnaire d'automne, (CLA), (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) et les dégâts qu'elle provoque sur les cultures d'Afrique tropicale est inquiétante, notamment par ses effets sur la sécurité alimentaire déjà fragile dans ce territoire. Il est, par conséquent, urgent de renforcer les recherches afin d'aider les agriculteurs à gérer efficacement ce ravageur. La présente étude a pour objectif de faire des tests de lutte contre cette chenille en utilisant certains bio-insecticides dans des conditions de laboratoire. Ces tests ont été réalisés à Kisangani. Une série d'expériences a consisté à traiter séparément les œufs, les chenilles du stade 2 et les chenilles du stade 3 de la CLA avec les doses de 1g/20ml d'eau et 2g/20ml d'eau de trois bio-pesticides à savoir la poudre de graines de neem, les cendres et le jus concentré du piment fort. Les résultats obtenus indiquent que le neem a été le bio-insecticide le plus efficace, car même à la faible dose de 1g/20ml d'eau ce bio-pesticide a entraîné une mortalité de 100 % aussi bien sur les œufs que sur les chenilles des stades 2 et 3 de la CLA. Aussi son mode d'action est très rapide. Les cendres et le piment ont donné aussi des taux élevés de mortalité, mais à des doses plus fortes. Leurs modes d'action sont tardifs et diminuent graduellement avec le développement du ravageur. Le cycle biologique de la CLA a été de 26 jours en moyenne.

Mots clés : *Spodoptera frugiperda*, Lutte biologique, Bio-pesticides, Kisangani.

INTRODUCTION

Le maïs est la première céréale alimentaire en République Démocratique du Congo. Il occupe une place importante dans le régime alimentaire de plus de 70 % de la population congolaise et est cultivé dans toutes les provinces du pays à des échelles différentes (TOLLENS, 2004). Selon le rapport des missions conjointes menées entre 2013 et 2016, les superficies emblavées sont passées de 1.722.318 ha en 2013 à 4.058.822 ha en 2016, tandis que la production est passée de 196.344,2 tonnes de maïs à 3.373.057, 6 tonnes en 2016 (MINAGRI, 2017).

¹ Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi, R.D. Congo.

² Laboratoire d'Entomologie Appliquée et Fonctionnelle, IFA-Yangambi, R.D. Congo.

³ Professeur à l'IFA Yangambi, monzengalokela@gmail.com

⁴ Axe Biodiversité et Paysage, Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège, Belgique.

⁵ Botanical Garden Meise, Nieuwelaan, 38, B-1860, Meise, Belgique. Email: malaisse1234@gmail.com

* Correspondance : louisboyombe2@gmail.com

Depuis 2016, la République Démocratique du Congo (RDC) fait face à l'émergence d'un insecte ravageur, la Chenille Légionnaire d'Automne (*Spodoptera frugiperda* J.E.Smith) dont l'action, principalement sur la culture de maïs, s'observe dans la majorité des provinces. La RDC, au même titre que de nombreux autres pays d'Afrique, est infestée par ce ravageur qui demeure, une inquiétude pour la sécurité alimentaire du pays, compte tenu de sa capacité d'infestation, de son potentiel de dispersion et de la faiblesse institutionnelle au niveau national, pour pouvoir donner une réponse de lutte efficace et au bon moment (MUKWA, 2018).

Les résultats préliminaires de la campagne agricole 2017-2018 en R.D.C. indiquent que les pertes causées par les attaques de la CLA sont énormes et estimées à 64 %, soit 1,68 millions de tonnes de maïs, soit encore une perte en valeur monétaire de 617.400.000 USD. Si aucune action supplémentaire de lutte contre cette chenille n'est réalisée, les pertes pourront s'aggraver et atteindre des proportions encore plus grandes (MUKWA, 2018). Au regard de l'emploi de pesticides chimiques sur la culture de maïs, le risque de miner la viabilité économique des petits producteurs devient galopant en raison d'une augmentation des coûts de production, mais aussi entraîne des dommages non négligeables pour la santé humaine ; les femmes réalisent la plupart des tâches agricoles dans ces systèmes, y compris l'application des pesticides et leur exposition directe peut se transmettre aux enfants et à l'ensemble du ménage ; sans oublier leurs effets dévastateurs sur les organismes non-cibles notamment les ennemis naturels, mais aussi des effets sur l'environnement et dans les spectres plus fins, causer une résistance vis-à-vis de certains insecticides.

Les études dans le domaine de la lutte biologique contre les bio-agresseurs constituent un challenge pour des productions durables au niveau des exploitations familiales paysannes. Il existe pourtant dans le contexte proprement congolais et de Kisangani en particulier, une large gamme de possibilités liées à la diversité végétales qu'il serait important d'exploiter et de valoriser dans le cadre des méthodes alternatives de contrôle des bio-agresseurs des cultures, dont l'utilisation des plantes pesticides constituent un atout d'envergure et d'une efficacité sans pareil. Ce cortège des plantes bio-pesticides bénéfiques n'est que très peu exploré en R.D.C. et dans la province de la Tshopo, plus particulièrement à Kisangani. Dans ce cadre, nous avons testé la toxicité d'extrait de graines de neem, d'extrait du piment fort et les cendres des foyers domestiques sur les œufs et larves de *Spodoptera frugiperda* au niveau du laboratoire.

MATERIEL ET METHODES

Milieu d'étude

Notre expérimentation s'est déroulée dans le Laboratoire d'Entomologie Appliquée et Fonctionnelle (LENAF) à l'Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi, Agrocampus de Kisangani.

Expérimentation

Notre série d'expériences s'est répartie sur une période allant du 25 août au 06 novembre 2020. L'approche méthodologique adoptée pour réaliser cette étude comprend les quatre étapes suivantes : l'élevage de *Spodoptera frugiperda* ; le choix et la préparation des bio-pesticides ; le test des bio-pesticides sur *S. frugiperda* au laboratoire et enfin la récolte et l'analyse des données.

Elevage de *Spodoptera frugiperda*

Nous avons récolté des chenilles dans les champs de maïs des agriculteurs aux environs de la ville de Kisangani. Ces chenilles ont été élevées une à une, en boîtes de pétri et toutes disposées sur une étagère d'élevage au laboratoire, avec des conditions de température ambiante. Les chenilles étaient nourries des feuilles tendres de maïs, tout en maintenant régulièrement l'hygiène des boîtes de pétri, jusqu'à atteindre le stade de la chrysalide. Après l'émergence des papillons, nous avons formé des couples, dont chacun était réparti dans un bocal plastic bien aéré ; les papillons se nourrissant dès lors du miel mis dans des tubes bien adaptés. En même temps les maïs (plante hôte) étaient semés dans des sachets en polyéthylène, installés dans des cages adaptées et bien aérées. Ensuite, nous avons lâché les couples de *Spodoptera frugiperda* dans ces cages pour s'y reproduire. Chaque cage (de 70 cm x40 cm x30 cm) contenait deux pieds de maïs et deux couples de papillons de la CLA dont deux mâles et deux femelles qui étaient destinées à s'accoupler et à y pondre les œufs. A la ponte, une partie d'œufs était récoltée et mise dans les boîtes de pétri réparties avec trois répétitions. Nous avons ainsi testé l'efficacité des bio-insecticides (avec une moyenne de 180 œufs de la CLA par bio-pesticide). La seconde partie des œufs pondus était remise en élevage jusqu'à l'éclosion pour l'obtention des jeunes larves que nous avons utilisé pour tester l'efficacité de toxicité larvaire des bio-pesticides expérimentés. Pour ce qui est du suivi, il se faisait chaque jour pour vérifier s'il y avait eu ponte ou s'il y avait éclosion des œufs ou encore une mue pour le passage d'un stade larvaire au suivant.

Choix et préparation des bio-pesticides

Le choix des espèces végétales, à savoir le neem (*Azadirachta indica*), le piment fort (*Capicum*

annum) et les cendres de bois se justifie par leur disponibilité dans la région et leur effet biocide sur une large gamme des ravageurs. Différents auteurs ont mis en évidence l'action biologique de ces plantes, notamment GIRISH & SHANKARA (2008), qui proposent *Azadirachta indica* comme bio-insecticide. Le choix des cendres résulte de son utilisation par les agriculteurs comme un pesticide pour lutter contre les ravageurs aussi bien dans les champs que dans les entrepôts.

Pour la préparation du neem, nous avons procédé à la cueillette et au dépulpage des graines mûres. Ces graines ont été séchées au soleil sur des nattes, tout en les remuant de temps en temps pour qu'elles sèchent de façon égale. Après 3 à 4 heures au soleil, nous les avons mises à l'ombre, peu de temps, pour qu'elles ne soient pas trop chaudes. Nous avons continué à les faire sécher ainsi pendant 2 semaines. Les graines bien sèches obtenues ont été moulues dans un mortier et tamiser pour avoir une poudre beaucoup plus fine, que nous avons mise dans des sacs en tissu et gardé dans un endroit sec, aéré, en attendant le moment de la préparation de la solution.

Quant à la préparation du piment, des fruits bien mûrs de piment fort ont été achetés au marché de Kisangani. Nous les avons broyé dans un mortier, puis placé dans une casserole avec de l'eau et l'avons fait bouillir pendant 15 à 20 minutes. Après l'avoir retiré du feu, nous avons ajouté encore une quantité d'eau équivalente à la première et l'avons laissé refroidir, puis l'avons filtré à travers un linge et avons gardé le liquide.

Enfin, pour la préparation de la cendre du bois, nous nous sommes servis de la cendre provenant de foyer domestique de combustion des braises. Les cendres sont des insecticides, mais aussi d'excellents engrais concentrés. La préparation des cendres a consisté juste en un tamisage pour nettoyer les cendres de tout débris insoluble et non désirable. La poudre fine obtenue était prête pour faire une solution.

Test des bio-pesticides sur *Spodoptera frugiperda* au laboratoire

Nous avons réalisé trois types d'expérience au laboratoire : test sur les œufs, test sur les chenilles du stade 2 et test sur les chenilles du stade 3. Chaque essai était bifactoriel, avec comme facteur principal le type de bio-pesticides dont trois variantes à savoir : le neem (T1), les cendres (T2) et le piment (T3). Le facteur secondaire était la dose utilisée, avec deux variantes à savoir : 1g (dose 1) et 2 g (dose 2). Chaque dose était diluée dans 20 ml d'eau. Pour chaque essai, le dispositif expérimental utilisé se présente comme suit :

Biopesticides	Neem		Cendres		Piments	
Doses utilisées	1g	2g	1g	2g	1g	2g
Répétition 1	○	○	○	○	○	○
Répétition 2	○	○	○	○	○	○
Répétition 3	○	○	○	○	○	○

Figure 1.- Dispositif expérimental utilisé pour le test au laboratoire.

Chaque bio-pesticide (facteur principal) était subdivisé en deux doses (facteur secondaire) et chaque dose était répartie sur trois répétitions. Chaque répétition était constituée d'une boîte de pétri où on mettait :

Pour l'expérience 1 : en moyenne 30 œufs par boîte de pétri, soit 180 œufs traités par bio-pesticide pour un total de 540 œufs pour l'ensemble de l'expérience ;

Pour l'expérience 2 : en moyenne 5 larve du stade 2 par boîte de pétri, soit 30 larves traitées par bio-pesticide pour un total de 90 larves du stade 2 traitées au cours de l'expérience ;

Pour l'expérience 3 : en moyenne 5 larves du stade 3 par boîte de pétri, soit 30 larves traitées par bio-pesticide pour un total de 90 larves du stade 3 traitées au cours de l'expérience.

Le traitement des œufs et larves de la chenille légionnaire d'automne par les différents bio-pesticides a été réalisé dans les boîtes de pétri au laboratoire. Chaque bio-pesticide était divisé en deux doses de 1g et 2 g. Chacune de ces doses était diluée dans 20 ml d'eau distillée. Nous avons ajouté à cette solution un peu du savon. En effet, certains composés ne se dissolvent pas facilement dans l'eau et l'ajout de savon pendant l'extraction peut aider à obtenir des composés plus gras, conduisant à une efficacité accrue dans la lutte contre les ravageurs. Le savon agit également comme un agent tensioactif, en répandant l'extrait sur la surface de la cible avec une couverture plus large (BELMAIN et al., 2012). Le mélange ainsi obtenu était immédiatement appliqué dans une boîte de pétri tout en respectant les traitements suivant le dispositif expérimental utilisé. Cette dose initiale était renouvelée toutes les 24 heures pendant 7 jours pour une période d'observation de 8 jours au total. Au-delà de 8 jours aucun autre cas de mortalité des larves n'a été observé pour les traitements qui n'ont pas atteint un taux de mortalité de 100%.

Récolte et analyse des données

Le suivi des expériences a consisté au nettoyage des boîtes de pétri et renouvellement des feuilles de maïs servant de nourritures aux larves, le renouvellement journalier de la dose initiale de chaque bio-pesticide et à la protection de l'ensemble du dispositif expérimental contre les attaques des prédateurs. Pour chaque expérience, chaque bio-pesticide, chaque dose et dans chaque boîte de pétri ou répétition, les observations ont portées sur les paramètres suivants : nombre d'œufs éclosés et taux d'éclosion ; nombre d'œufs morts et taux de mortalité ; nombre de larves vivantes au bout d'une semaine ; nombre de larve mortes et taux de mortalité ou de létalité ; mortalité journalière et courbe de mortalité et enfin le cycle biologique du ravageur.

Les données récoltées au laboratoire ont été arrangées, traitées puis restituées sous forme de tableaux ou graphiques à l'aide du logiciel Excel qui a dégagé les moyennes, les écart-types. Ensuite, nous avons fait l'analyse de variance à deux facteurs avec le logiciel GaphPad Prism5 (Graph Pad Software, San Diego, California, USA) et un test post hoc de Bonferoni pour comparer les moyennes au seuil de significativité de 5%.

RESULTATS

Cycle de développement de la chenille légionnaire d'automne

Nous avons commencé cette étude par le suivi du cycle du ravageur pour déterminer les différents stades de développement et la durée de chaque stade. Les résultats obtenus au cours de cette première expérience sont présentés dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1.- Cycle de développement de la CLA

Paramètres	Œufs	Larve	Chrysalide	Cycle complet	Taux d'émergence (%)
Durée (jours)	4	13	9	26	86,66

Il se dégage de ce tableau que la durée comprise entre la ponte et l'éclosion des œufs est de 4 jours, le stade larvaire a pris 13 jours, le stade chrysalide a duré 9 jours. Le cycle complet de ce ravageur s'est conclu au bout de 26 jours. Le taux d'émergence des papillons à partir des larves obtenues dans le laboratoire était de 86,66%.

Taux d'éclosion et taux de mortalité des œufs après traitement

Nous avons pulvérisé différentes doses des bio-pesticides sur les œufs au lendemain de la ponte, le pourcentage du taux d'éclosion et du taux de mortalité après traitement enregistré dans les différents tas d'œufs traités sont présentés dans le tableau 2 ci-après.

Tableau 2.- Taux d'éclosion et taux de mortalité des œufs après traitement

Paramètres	Traitements		Neem		Cendres		Piment	
	1g	2g	1g	2g	1g	2g	1g	2g
Nombre d'œufs traités	90	90	90	90	90	90	90	90
Nombre de larves obtenus	0	0	0	0	0	0	0	0
Taux d'éclosion (%)	0	0	0	0	0	0	0	0
Taux de mortalité (%)	100	100	100	100	100	100	100	100

Il se dégage de ce tableau que tous les bio-pesticides utilisés ont eu un effet destructif sur les œufs et cela avec toutes les doses. Aucun œuf n'a survécu à ces différents bio-pesticides soit un taux d'éclosion de 0% pour un taux de mortalité de 100%.

Taux de mortalité des chenilles après traitement par les bio-pesticides

L'efficacité des bio-pesticides a été testée sur les chenilles des stades 2 et 3 de la CLA, les taux de mortalités enregistrés sont présentés par la figure 2 suivante.

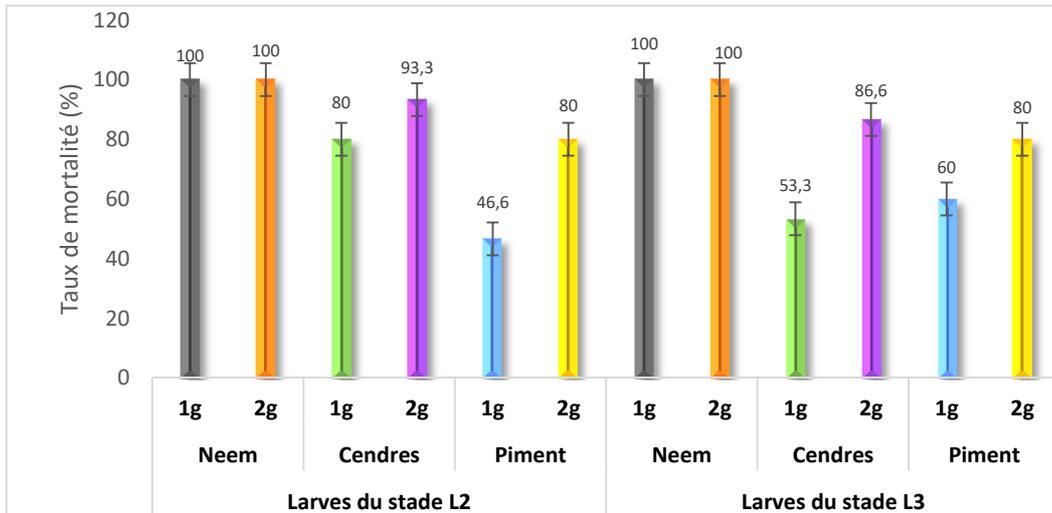


Figure 2.- Taux de mortalité des chenilles après traitement par les bio-pesticides au laboratoire. Les histogrammes de même couleur symbolisent le même traitement avec la même dose.

L'analyse de la figure 2 nous indique que le taux de mortalité des chenilles varie avec le type de bio-pesticide, la dose utilisée et le stade durant lequel le traitement est appliqué. Pour ce qui est du type de bio-pesticide, le neem est le plus efficace avec un taux de mortalité de 100 % pour toutes les doses et tous les stades ; vient ensuite les cendres, dont la dose de 2 g a donné des taux de mortalités de 93,3% et 86,6% respectivement sur les chenilles du stade L2 et du stade L3 tandis que la dose de 1 g a été aussi forte sur les larves du stade L2 soit un taux de mortalité moyen de 80%, mais un peu plus faible sur les larves du stade L3 soit un taux de mortalité de 53,3% en moyenne. Enfin, le piment a été aussi efficace, mais à forte dose de 2g qui a enregistré 80 % de taux de mortalité aussi bien pour les larves du stade L2 que celle du stade L3. La dose de 1 g a par contre enregistré des taux de mortalité faibles, soit 60% pour les larves du stade L3 et 46,6% pour les larves du stade L2. Les analyses statistiques ont montré qu'il y a eu des différences significatives entre les traitements ($P = 0,0001$). Le test post hoc de Bonferroni a montré que le neem à 1 g a été plus efficace pour les larves de deuxième stade (L2) que le 1 g de piment ($P = 0,01$) et pas de différences significatives avec le 1 g de cendre. Il a été aussi efficace à cette dose contre les larves de troisième stade (L3) par rapport au piment et aux cendres ($P = 0,01$). Cependant pour la dose de 2 g, le neem agit efficacement contre les larves du stade (L2) par rapport au piment et contre les larves du stade (L3) par rapport aux cendres et au piment ($P = 0,01$).

Evolution du taux de mortalité des chenilles de stades 2 et 3

Les figures 3 et 4 qui suivent montrent l'évolution journalière de la mortalité des chenilles du stade 2 et celles du stade 3.

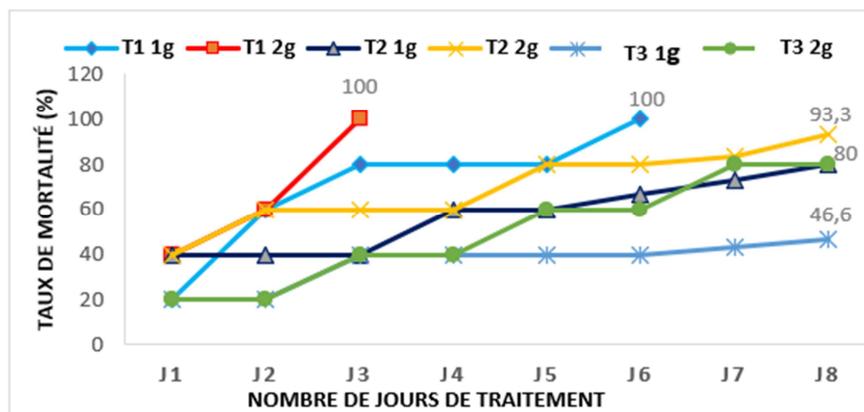


Figure 3.- Evolution du taux de mortalité des chenilles du stade 2 au laboratoire.

Pour ce qui est de l'évolution de la mortalité des chenilles du stade 2 traitées avec différentes doses de bio-pesticides, il se dégage de la Figure 4 que le neem est plus efficace et à action rapide sur les chenilles que les autres bio-pesticides utilisés, d'abord la dose de 2 g a tué toutes les chenilles le troisième jour du traitement et la dose de 1 g a atteint le taux de mortalité maximal au bout du sixième jour du traitement. Les deux autres bio-

pesticides (cendres et piment) ont un effet tardif et ont atteint le maximum de leur toxicité au huitième jour du traitement et tous ces taux de mortalité étaient toujours inférieurs à ceux causés par le neem.

L'évolution de la mortalité des chenilles du stade 3 traitées avec différentes doses de bio-pesticides est présentée à la figure 4.

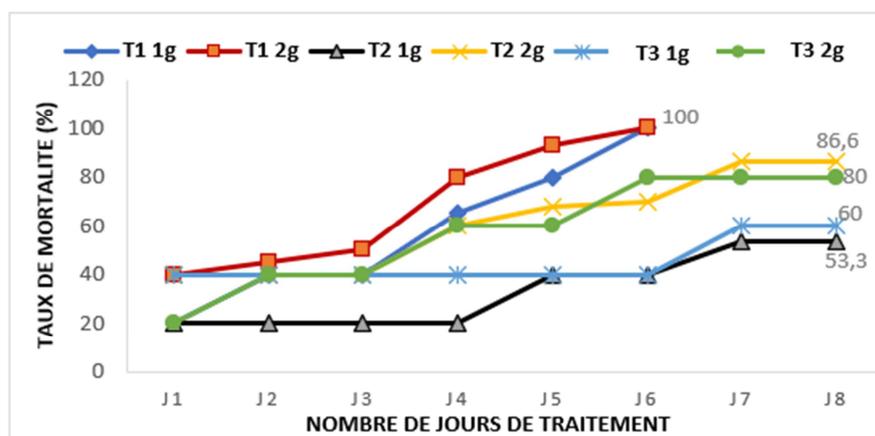


Figure 4.- Evolution du taux de mortalité des chenilles du stade L3 au laboratoire.

La figure 4 montre la même tendance. Le neem, très efficace, agit toujours plus vite que les autres bio-pesticides. Mais sur les chenilles du stade L3 son action est un peu retardée, les deux doses affichent des taux de mortalité maximale vers le sixième jour du traitement. Comme nous l'avons observé chez les chenilles du stade 2, les deux autres bio-pesticides à savoir les cendres et le piment ont montré également un effet tardif sur les chenilles du stade 3 et ont atteint le maximum de leur toxicité au huitième jour du traitement et tous ces taux de mortalité ont été toujours inférieurs à ceux causés par le neem. Aussi bien chez les chenilles du stade 2 que celle du stade 3, aucune mortalité larvaire n'a été observée au-delà de 8 jours après le traitement, les chenilles qui ont survécu au traitement par bio-pesticide avaient l'air bien stressées mais ont continué leur cycle au laboratoire.

DISCUSSION

Le *Spodoptera frugiperda* a eu un cycle de vie de 26 jours au cours de notre expérience réalisée à Kisangani. Nos résultats contribuent aux premières connaissances sur la durée du cycle de vie de *S. frugiperda* dans les conditions de Kisangani et ces environs. Les expériences réalisées jusque-là montrent que ce ravageur vorace des cultures affiche un cycle court dans les conditions de Kisangani comparativement à l'Est du pays où l'on a observé un cycle de 32 jours (COKOLA, 2019), voire dans certains autres pays d'Afrique subsaharienne où on a observé des cycles de vie variant entre 29 et 32 jours, dès sa présence sur le continent (FAO, 2017).

L'efficacité des bio-pesticides étudiés était fonction d'abord de leur nature et des doses utilisées, mais également du stade de vie de l'insecte durant lequel le traitement est réalisé et enfin de la durée d'exposition des insectes aux bio-pesticides. Envisageons en premier lieu le stade de vie du ravageur ; nos expériences montrent que le stade œuf a été le plus sensible vis-à-vis des différentes doses de tous les bio-pesticides utilisés. Aucune chenille n'est sortie des œufs traités, le taux de mortalité a donc été de 100% pour tous les bio-pesticides, contrairement au stade larvaire où certaines doses des bio-pesticides n'ont pas réussies à tuer les chenilles à 100%, la majorité étant située entre 50 et 80% de taux de mortalité. Au sein même du stade larvaire, les larves du stade 2 étaient beaucoup plus sensibles au traitement de bio-pesticides que les larves du stade 3. Nous avons donc observé, une sorte de résistance aux bio-pesticides qui augmenté au fil à mesure que le ravageur se développe. Cela s'expliquerait par le fait que les œufs et les larves de deuxième stade sont fragiles et avaient développé moins des mécanismes de défense ; celles du stade 3, malgré qu'elles aient affiché une certaine résistance ont aussi subies la toxicité des bio-pesticides. Nous estimons que cette résistance aux bio-pesticides serait beaucoup plus forte chez les larves de stade 4, 5 et 6 qui constitue le dernier stade. Par conséquent, une lutte biologique efficace à base des bio-pesticides expérimentés est celle qui s'applique très tôt au début des infestations des champs par la CLA. Tout retard de traitement pourrait rendre l'action des bio-pesticides de moins en moins efficace sur *S. frugiperda* dont la résistance augmente avec l'âge du stade larvaire. Ce même constat a été aussi observé dans les essais de lutte biologique par utilisation des parasitoïdes, où plusieurs études ont démontré que le taux de parasitisme est plus élevé au stade œuf jusqu'au stade larvaire 2 et diminuent au fil à mesure que les larves se développent (SIGSGAARD et al., 2002 ; KAKIMOTO et al., 2003).

Quant à la nature de bio-pesticides et leurs doses, le neem s'est montré meilleur avec toutes ces doses qui ont occasionné des taux de mortalité de 100 % pour tous les stades des chenilles et en un temps record. Les effets insecticides des cendres et piment étaient faibles durant les 3 premiers jours de traitement mais ont

augmenté graduellement du jour 4 au jour 8. Pour chaque bio-pesticide expérimenté, plus les doses étaient élevées, plus le temps de réaction était court et plus le taux de mortalité augmentait graduellement. Les cendres et le piment bien que leurs taux de mortalité obtenus soient encourageants, semblent moins efficace comparativement au neem. Les effets insecticides observés pourraient être assimilés à une activité cumulative de la répétition de la dose initiale durant les 8 jours de l'expérience ce qui suppose une répétition de traitement pendant environ 8 jours successifs pour éliminer entre 46,6 à 93,3 % des chenilles légionnaires de divers stades. Par contre, avec le neem on a obtenu 100% de taux de mortalité même à partir de la plus faible dose aussi bien sur les œufs que sur les deux stades de chenilles traitées et cela pour 3 à 6 jours de traitement. Par conséquent, le neem pourrait être retenu comme le bio-insecticide le plus toxique contre la CLA à cause de ses effets sur les stades du ravageur expérimenté et des fortes mortalités obtenues à des faibles doses et en un temps relativement plus court que les cendres et le piment.

Les effets insecticides constatés pour le neem ont été aussi mis en évidence par plusieurs auteurs contre d'autres ravageurs de culture. Ces effets insecticides du neem sont dus à l'azadirachtine (SCHMUTTERER, 1990 ; MORDUE & BLACKWELL, 1993), un alcaloïde qui agit comme un régulateur de croissance en perturbant par ses effets antagonistes sur les hormones des insectes, les processus physiologiques et le cycle hormonal, induisant des malformations dans le processus de mue et empêchant son développement normal, sa croissance optimale et la reproduction. L'azadirachtine peut également agir par le fait qu'elle ralentit le rythme alimentaire de l'intestin, provoquant une paralysie et le dépérissement des organismes cibles (ANDREU et al., 2000 ; SENTHIL-NATHAN et al., 2004). Ces effets ont été observés chez plusieurs types de familles d'insectes ; les Lépidoptères, les Diptères (mouches, taons, moustiques), les Orthoptères (sauterelles, criquets), les Hyménoptères (très faible pour les abeilles) et certains Hémiptères (pucerons). L'azadirachtine est rapidement absorbée par les tissus végétaux, ce qui lui assure une action systémique efficace (ANDREU et al., 2000 ; BERNARD et al., 2008). Les graines de neem contiennent de nombreux principes aussi qui sont des insecticides et peuvent protéger les cultures des prédateurs. Une solution de neem de 2,5 litres pour 100 m² s'est avérée efficace contre les chenilles, pucerons, mouches blanches et nématodes en cultures maraîchères (NGAMO & HANCE, 2007).

MOUFFOK et al. (2008) signalent que la DL50 (Dose provoquant 50% de mortalité dans la population d'insectes) varie selon les espèces de 1 à 4g d'azadirachtine par gramme d'insecte. Sur la chenille légionnaire d'automne, le neem semble avoir un effet beaucoup plus efficace que sur les autres insectes, car avec 1g de poudre de graine, soit une concentration en azadirachtine inférieure à 1g par gramme d'insecte, nous avons atteint un taux de mortalité de 100%. Par conséquent, même cette petite dose peut être considérée comme la DL100, c'est-à-dire la dose provoquant 100 % de mortalité dans la population d'insectes.

CONCLUSION

La présente étude a permis d'identifier un certain nombre de bio-insecticides et de déterminer leur efficacité en laboratoire sur les œufs et divers stades de la CLA dans une perspective de lutte respectueuse de l'environnement contre ce nouveau ravageur. Après une série d'expériences au laboratoire qui ont consisté à traiter séparément les œufs, les chenilles du stade 2 et les chenilles du stade 3, avec les doses de 1 g/20 ml d'eau et 2 g/20 ml d'eau de trois bio-pesticides, à savoir la poudre de graines de neem, les cendres et le jus concentré du piment fort, nous avons obtenu les résultats ci-après. Tous les bio-pesticides utilisés, même à des faibles doses appliquées sur les œufs ont entraîné un taux de mortalité de 100%. De tous les bio-pesticides utilisés sur les larves du stade 2, le neem a été le plus efficace et a entraîné la mort de 100% des chenilles même à la plus petite dose de 1g et cela dans un temps record, soit entre 3 à 6 jours de traitement. La cendre et le piment ont donné aussi des taux de mortalité élevés, mais à de très fortes doses et après une longue durée d'exposition, soit 8 jours. Sur les chenilles du stade 3, le neem a été toujours le plus efficace, 100% taux de mortalité même à partir de la plus petite dose de 1g. Les autres bio-pesticides ont malheureusement vu leur taux de mortalité baissé sur les chenilles du stade 3. Le cycle de vie du ravageur était de 26 jours en moyenne. Nous pouvons conclure par ces résultats que l'utilisation de la poudre de graines de neem à la dose de 1 g/20 ml d'eau comme bio-insecticide contre la CLA au stade œuf, chenille du stade 2 et du stade 3 pourrait représenter une solution alternative à la lutte chimique pour la protection des cultures face aux menaces de ce nouveau ravageur vorace et envahissant.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Laboratoire d'Entomologie Appliquée et Fonctionnelle de l'Institut Facultaire des Sciences Agronomiques de Yangambi (LENAF / IFA-Yangambi) et tous les agriculteurs qui nous ont aidé à la réalisation de la présente étude.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDREU J., ALBERT S. & MAGI R. (2000). Antifeedant activity of *Melia azadirachta* and *Azadirachta indica* on larvae of *Sesamianon agrioides*. *Phytoparasitica*, **28**(4): 311-319.
- COKOLA C.M. (2019). *Monitoring, caractérisation moléculaire et lutte biologique contre Spodoptera frugiperda (Lepidoptera : Noctuidae)*. Travail de fin d'Etudes, Master de spécialisation en production intégrée et préservation des ressources naturelles en milieu urbain et périurbain. Université de Liège, x + 79 p.
- FAO (2017). *Note d'orientation de la FAO sur la Chenille légionnaire d'automne en Afrique*. Rome (Italie).
- GIRISH K. & HANKARA B.S. (2008). Neem – A green Treasure. *Electronic Journal of Biology*, **4**(3): 102-111.
- KAKIMOTO T., FUJISAKI K. & MIYATAKE T. (2003). Egg laying preference, larval dispersion, and cannibalism in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera : Noctuidae). *Annals of the Entomological Society of America*, **96**(6): 793-798.
- MINAGRI-FAO-PAM (2017). Evaluation de la campagne agricole, de la sécurité alimentaire et du risque phytosanitaire en relation avec les zones attaquées par la CLA en RDC. Rapport consolidé de la mission conjointe FAO-PAM-Minagri/RDC, 77 p.
- MORDUE A.J. & BLACKWELL A. (1993). Azadirachtin: an update. *Journal of Insect Physiology*, **39**(11): 903-924.
- MOUFFOK B., RAFFY E., URRUTY N. & ZJCOLA J. (2008). Le NEEM, un insecticide Biologique efficace. Université Paul-Sabatier-IUT- S2, 16 p.
- MUKWA L. (2018). Infestations de la Chenille Légionnaire d'Automne (*Spodoptera frugiperda*) en République Démocratique du Congo. Occurrence, situation actuelle, niveau des pertes, évolution des attaques, moyens de lutte et actions prioritaires. Rapport de mission, FAO, Rome (Italie), 36 p.
- NGAMO L.S.T. & HANCE T. (2007). Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical. *Tropicicultura*, **25**(4): 215-220.
- REGNAULT-ROGER C., PHILOGÈNE B.JR. & VINCENT C. (2008). *Biopesticides d'origine végétale : bilan et perspective*. Editeur Lavoisier/Tec & Doc, Paris, 546 p.
- SCHMUTTERER H. (1990). Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. *Annu. Rev. Entomol.*, **35**: 271-297.
- SENTHIL-NATHAN S., CHUNG P.G. & MURUGAN K. (2004). Effect of botanical insecticides and bacterial toxins on the gut enzyme of the rice leaffolder *Cnaphalocrocis medinalis*. *Phytoparasitica*, **32**, 433.
- SIGSGAAR L., GREENSTONE M.H. & DUFFIELD S.J. (2002). Egg cannibalism in *Helicoverpa armigera* on sorghum and pigeonpea. *BioControl*, **47**(2): 151-165.
- TOLLENS E.F. (2004). Les défis : Sécurité alimentaire et cultures de rente pour l'exportation - Principales orientations et avantages comparatifs de l'agriculture en R.D. Congo. Working Paper 2004/86, Département d'Economie Agricole et de l'Environnement. Faculté des Sciences Agronomique et de la Biologie Appliquée, Katholieke Universiteit Leuven, 76 p.