

Bioefficacité et sélectivité de cinq doses d'une formulation à base d'extrait hydroalcoolique de poudre de feuilles de *Cleome viscosa* L. (Capparidaceae) contre *Helicoverpa armigera* (Hübner 1808) (Lepidoptera : Noctuidae) en culture de tomate

MANO Elias^{1*}, SIMDE Rabiéta², OUEDRAOGO Bouraïma³, HEMA Omer Sacamba Aimé², KAMBOU Georges² et SOMDA Irénée⁴

Abstract

L'un des ravageurs récurrents de tomate au Burkina Faso est *Helicoverpa armigera* qui réduit les rendements d'environ 80 % et résiste aux insecticides de synthèse. La bioefficacité et la sélectivité de cinq doses d'une formulation hydroalcoolique de *Cleome viscosa* L. contre ce ravageur ont été étudiées à Lèguéma, au Burkina Faso. L'expérimentation était constituée d'un bloc de Fisher complètement randomisé de sept traitements (témoin non traité ; Lambda-cyhalothrine + acétamipride 35 EC 1 L/ha ; *C. viscosa* 78,12 L/ha ; 156,25 L/ha ; 260,42 L/ha ; 312,5 L/ha et 468,75 L/ha) en quatre répétitions. La sélectivité a été déterminée selon l'échelle visuelle de la Commission européenne des Essais Biologiques et les coefficients d'efficacité biologique selon la formule de Afanasseva *et al.* (1983). Concernant la sélectivité, aucun symptôme de décoloration ni de brûlure de tomates n'a été observé pendant l'essai. La dose de 260,42 L/ha était plus efficace avec 88,09 % de réduction larvaire, causant le taux de dommage le plus faible de 3,64 % des fruits et un meilleur rendement de 24,97 t/ha. Elle a surpassé l'insecticide de synthèse qui avait 61,87 % de réduction larvaire avec 2,60 % de fruits endommagés. Le rendement à la dose de 260,42 L/ha n'était pas significativement différent de celui de l'insecticide de synthèse. La formulation hydroalcoolique de *C. viscosa* appliquée à cette dose pourrait être une alternative aux insecticides de synthèse en lutte intégrée contre *H. armigera*.

Mots clés : *Cleome viscosa*, *Helicoverpa armigera*, bioefficacité, sélectivité, tomate

Résumé

Bioefficiency and selectivity of five doses of *Cleome viscosa* L. (Capparidaceae) leaves powders hydroalcoholic extract against *Helicoverpa armigera* (Hübner 1808) (Lepidoptera: Noctuidae) in tomato culture

The one of recurring pests of tomato in Burkina Faso is *Helicoverpa armigera*, reducing yields by nearly 80 % and resistant to synthetic insecticides. An assayment of bioefficiency and selectivity of *Cleome viscosa* L. hydroalcoholic formulation against this pest has been done at Lèguéma, in Burkina Faso. The experimentation was a completely randomized Fisher block design of seven treatments (untreated control, Lambda-cyhalothrin + Acetamiprid 35 EC 1 L / ha, *C. viscosa* 78.12 L/ha, 156.25 L/ha, 260.42 L/ha, 312.5 L/ha and 468.75 L/ha) in four replications. The selectivity has been determined according to the visual scale evaluation of the European Bioassays Commission. The biological efficiencies coefficients have been evaluated according Afanasseva *et al.* (1983) formula. According to the selectivity, no symptoms of discoloration nor tomatoes burning were observed during the essay. The high dose of 260.42 L/ha was more effective with 88.09 % of larval reduction, causing the lowest rate of 3.64 % of fruits damaged. It was high than the synthetic insecticide wich had 61.87 % of larval reduction with 2.60 % of fruits damaged. The yield at the dose of 260.42 L/ha was not significant different with the one of the synthetic insecticide in comparison with the untreated control. The *C. viscosa* hydroalcoholic formulation applied at 260.42 L/ha could be an alternative to synthetic insecticides in integrated pest management program against *H. armigera*.

Key words : *Cleome viscosa*, *Helicoverpa armigera*, bioefficiency, selectivity, tomato

1. Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies, 01 BP 2393 Bobo Dioulasso 01 (Burkina. Faso),

2. Institut de l'Environnement et de la Recherche Agricole Farako-Bâ,

3. Centre Agricole Polyvalent de Matourkou

4. Université Nazi Boni/Institut du Développement Rural.

*Auteur correspondant : E-mail : manoe2005@gmail.com; Tel : +226 71 04 02 91

INTRODUCTION

Au Burkina Faso, la culture de la tomate contribue significativement à lutter contre l'insécurité alimentaire et nutritionnelle, le chômage, la pauvreté et les mauvaises conditions de vie. Cultivée à travers tout le pays et par 30 % de la population maraîchère, la tomate a rapporté environ 80 milliards de francs CFA pour une production de 170.000 tonnes en 2018 (MAAH, 2019). Cependant, sa culture est de plus en plus confrontée à la pression de bioagresseurs et particulièrement *Helicoverpa armigera* (Hübner 1808) (Lepidoptera : Noctuidae). La plupart des variétés de tomate locales sont sensibles aux attaques de cette noctuelle. Il s'agit du principal insecte nuisible pouvant provoquer jusqu'à 85 % des pertes de rendements (Mano *et al.*, 2019b). Ce niveau de perte est très révélateur de l'inefficacité des insecticides de synthèse face à des insectes devenus résistants (Hema, 2012).

producteurs font systématiquement recours à des surdosages d'insecticides souvent non homologués, avec cependant des risques de nuisances sur la santé humaine et environnementale (Ouedraogo *et al.*, 2019). En effet, plusieurs insecticides de synthèse généralement de la famille des pyréthriinoïdes ont entraîné diverses conséquences telles que l'intoxication des producteurs et des consommateurs (Lehmann *et al.*, 2016), la contamination des produits agricoles (Ngom *et al.*, 2012), la pollution de l'environnement (Ahouangninou *et al.*, 2011 ; Son, 2018), l'augmentation des coûts de production (Cissé *et al.*, 2006) et l'apparition de souches résistantes (Gnankiné *et al.*, 2013 ; Agboyi *et al.*, 2016). Les producteurs utilisent parfois des pesticides non recommandés réservés parfois à la production du coton (Toé, 2010 ; Congo, 2013) et souvent à des doses et fréquence de pulvérisations dépassant les normes recommandées (PAFASP, 2014).

Par ailleurs, des propriétés insecticides de substances

naturelles, non dangereuses pour la santé humaine et environnementale ont été mises en évidence sur plusieurs ravageurs au Burkina Faso (Kambou et Millogo, 2018, Mano *et al.*, 2019a, Simdé *et al.*, 2019). Des études récentes ont montré l'effet bénéfique de l'application des extraits de *Moringa oleifera* Lam. (Moringaceae) et de *Balanites aegyptiaca* (Linn.) Del. (Balanitaceae) sur les aphidés (Mahmood *et al.*, 2017) sur *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera : Chrysomelidae) (Koubala *et al.*, 2013) et sur *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera : Plutellidae) et *Lipaphis erysimi* Kalt. (Homoptera : Aphididae) (Mano *et al.*, 2018). L'utilisation des extraits végétaux comme bioinsecticide est susceptible de favoriser le développement des ennemis naturels (Mano *et al.*, 2018 ; Son, 2018) et permet de réduire la dépendance des agriculteurs vis-à-vis des pesticides. Il existe donc des biopesticides, alternatifs aux pesticides chimiques de synthèse à promouvoir pour une agriculture durable et écologique.

Cependant, l'utilisation de produits de synthèse contre *H. armigera* reste récurrente à cause de l'indisponibilité de bioinsecticides à la fois efficaces et sélectifs pour lutter contre ce ravageur. C'est pourquoi cette étude vise à évaluer l'efficacité et la sélectivité biologique d'une formulation à base d'extraits hydroalcooliques de poudre de feuilles de *Cleome viscosa* L. (Capparidaceae) contre *Helicoverpa armigera* (Hübner 1808) (Lepidoptera : Noctuidae) en culture de tomate au Burkina Faso.

MATERIEL ET METHODES

Matériel végétal

Les feuilles de *C. viscosa* ont été collectées en zones Ouest du Burkina Faso (11°06' Nord, 4°20' Ouest) pour leur propriété insecticide contre *H. armigera* en condition de laboratoire (Mano *et al.*, 2019a). Elles ont été séchées sur claies ventilées, à l'abri de la lumière, à température ambiante (environ 30°C) puis réduites en poudre à l'aide d'un broyeur électrique (BLG-450). La variété Petomech VF de tomate a servi de plante hôte. Elle est adaptée à la saison sèche fraîche et chaude. Elle est résistante à la verticilliose et à la fusariose mais sensible à *H. armigera* et *Bemisia tabaci* (Genn.) (Homoptera : Aleyrodidae).

Préparation des produits bioinsecticides.

Sur la base des résultats de l'efficacité biologique contre *H. armigera* en champ variant de 44,91 % à 65,21 % de réduction larvaire (Mano *et al.*, 2019b), le concentré soluble (SL) de 12,5 g/L a été obtenu par percolation de 500 g de poudre de *C. viscosa* dans cinq litres d'éthanol à 96 % à température ambiante (30 ± 2 ° C) et par rota-vaporisation à 70°C. La formulation a été préparée par ajout savon CITEC à raison de 3,25 g par litre de bouillie. Les cinq doses d'application (Tableau I) ont été préparées à partir de la dose normale (D₁) conformément au protocole du CSP / CILSS (1999) avec D₂ = 0,5 L SL + 0,5 L d'eau + 3,25 g de savon CITEC pour 32 m² de tomate, soit 156,25 L/ha. Les quatre autres doses sont obtenues avec des proportions du volume de la dose D₂ : demi-dose (0,25 L SL pour 32 m², soit 78,125 L/ha), Dose + 2/3D (0,83 L SL pour 32 m², soit 260,42 L/ha), double-dose (1 L SL pour 32 m², soit 312,5 L/ha) et triple-dose (1,5 L SL pour 32 m², soit 468,75 L/ha).

Dispositif expérimental

L'essai expérimental a été conduit sur le site de Léguéma à 15 km de Bobo Dioulasso (11.22458 Nord et 004.17400 Ouest) en saison sèche sur un dispositif de Fisher complètement

randomisé comportant sept traitements (Tableau I) et 4 répétitions conformément au protocole CSP/CILSS (1999). La parcelle expérimentale de 1260 m² (63 m × 20 m) était composée de parcelles élémentaires séparées les unes aux autres d'un mètre. Chaque parcelle élémentaire avait une superficie de 32 m² (8 m × 4 m) et comportait six lignes avec des écartements de 0,80 m × 0,40 m. La parcelle utile ou surface d'observations, délimitée au milieu de la parcelle élémentaire, était de 24,32 m² (7,6 m × 3,2 m) et comportait 4 lignes.

Application des traitements

Les modalités de traitements (Tableau I) ont été appliqués aux plants de tomate, en couverture totale, à l'aide d'un pulvérisateur à dos. Des plastiques en polyéthylène ont été utilisés pour protéger les parcelles élémentaires contiguës afin d'éviter les contaminations. Les traitements insecticides ont été appliqués une fois tous les 10 jours à partir du 20^{ème} jour après repiquage (JAR) jusqu'au 100^{ème} JAR.

Tableau I : Composition des produits bioinsecticides testés

Modalités de traitements	Composition par litre de la formulation	Dosage à l'hectare
Témoin non traité	---	---
Témoin Lc+Ac 35 EC	15 g/L Lc + 20 g/L Ac. EC	1 L/ha
D ₁ Demi dose	1 L SL + 13 g savon CITEC	78,125 L/ha
D ₂ Dose	1 L SL + 6,50 g savon CITEC	156,25 L/ha
D ₃ Dose + 2/3D	1 L SL + 3,92 g savon CITEC	260,42 L/ha
D ₄ Double dose	1L SL + 3,25 g savon CITEC	312,5 L/ha
D ₅ Triple dose	1L SL + 2,16 g savon CITEC	468,75 L/ha

NB : Lc : lambda-cyhalothrine ; Ac : acétamipride ; EC : Concentré émulsionnable ; SL : Concentré soluble d'extraits de *C. viscosa* à 12,5 g/L

Suivi de la population larvaire de *H. armigera*

Les larves de *H. armigera* ont été dénombrés par observation directe tous les dix jours sur les feuilles et les fruits des 20 plants aléatoires échantillonnés suivant la diagonale de chaque parcelle utile aux stades croissance, fructification, début maturation et maturation. Le premier relevé a été effectué sept jours avant le début des traitements (14^{ème} JAR). Les dénombrements larvaires ont été effectués avant les applications des traitements suivant un sens aléatoire.

Evaluation des coefficients d'efficacité des doses de la formulation sur *H. armigera*

Les coefficients d'efficacité biologiques traduisent l'importance des effets létaux causés par les doses de formulation sur le ravageur et servent à indiquer le pouvoir larvicide des doses. Ils ont été déterminés par la formule de Afanaseva *et al* (1983). Cette formule est fonction du nombre de larves avant et après l'application des traitements insecticides. $C = 100 * \left(\frac{A-B}{A} - \frac{a-b}{a} \right)$; Avec :

C: Coefficient d'efficacité du traitement

A: Nombre de larves de la parcelle utile traitée, avant application du traitement

B: Nombre de larves de la parcelle utile traitée, après application du traitement

a: Nombre de larves de la parcelle témoin avant l'application des traitements

b: Nombre de larves de la parcelle témoin après l'application des traitements

Evaluation des dégâts, des rendements et de la sélectivité de la formulation vis-à-vis de la tomate

Le nombre de fruits de tomates perforés a été évalué par observation directe des fruits des 20 plants diagonaux de la parcelle utile à la récolte des fruits. L'observation a été faite tous les dix jours pendant la matinée. Les rendements ont été obtenus par la méthode du pesée et le rapport du poids des fruits de la parcelle utile (kg) \times 10 sur la superficie de la parcelle utile (m²). La sélectivité des doses vis-à-vis des plants de tomate a été évaluée par une échelle de notation variant de la note 0 (aucune brulure ni décoloration) à la note 10 (pieds entièrement brûlés et détruits) selon la Méthode de la Commission des Essais Biologiques (Trotin, 2004). Le nombre de plants de tomates à la levée et à la récolte a été enregistré par stades phénologiques par la méthode de LIKOV (1985).

Analyse statistique:

Les données collectées ont été soumises à une analyse de variance. Les moyennes présentant une différence statistiquement significative ont été séparées par le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5 % à l'aide de Genstat Discovery éd 3. Les corrélations linéaires entre les niveaux d'infestations larvaires, les poids moyens des fruits et les rendements ont été réalisées à l'aide du logiciel XLSTAT 2015. Les données en pourcentage (P) des symptômes d'attaque ont été transformées par la formule anglarcsin ($\sqrt{\frac{P}{100}}$) et le nombre moyen de larves par plant (x) par la formule $\sqrt{x+1}$. Ces transformations ont été appliquées aux données pour garantir la normalité des distributions et l'égalité des variances..

RESULTATS

Sélectivité de la formulation hydroalcoolique vis-à-vis de la plante de tomate

L'étude de la sélectivité des extraits sur les plantes de tomate traitées avec les différentes doses de la formulation hydroalcoolique de *C. viscosa* n'a montré aucun symptôme de décolorations ni de brulure (note 0) sur toute les parcelles durant l'expérimentation. Les doses de la formulation à base de *C. viscosa* se sont montrées sélectives vis-à-vis des plantes de tomate.

Effet des doses de la formulation sur la fluctuation des effectifs larvaires de *H. armigera*

Avant les traitements, l'analyse de variance des effectifs moyens de larves collectées au niveau des parcelles utiles n'a montré aucune différence significative (p : 0,998). Après les traitements, une différence hautement significative (p < 0,001 ; ddl :12) a été notée entre les effectifs moyens de larves des parcelles traitées avec les différents produits pendant les différents stades phénologiques de la tomate. A tous les stades phénologiques de la tomate, les effectifs moyens larvaires ont diminué au fur et à mesure que les doses de la formulation augmentaient (Tableau II). Ces effectifs moyens ont varié de 0,12 à 0,59 larve par plant suivant les traitements au stade de fructification, de 0,06 à 0,52 larves par plant suivant les traitements au stade de début-maturation et de 0,17 à 0,27 larve par plant suivant les traitements au stade de maturation à l'image de ceux de l'insecticide de synthèse.

Tableau II : Fluctuation des effectifs larvaires de *H. armigera* avant et après traitement (effectif moyen par plant)

Traitements	Avant application*		Fructification*		Début maturation*		Maturation*	
	Avant transf.	Après $\sqrt{x+1}$	Avant transf.	Après $\sqrt{x+1}$	Avant transf.	Après $\sqrt{x+1}$	Avant transf.	Après $\sqrt{x+1}$
Témoin non traité	0,83	1,35 a	0,92	1,39 a	0,89	1,38 a	0,98	1,41 a
Lc+Ac 35 EC 1 L/ha	0,84	1,36 a	0,46	1,21 b	0,37	1,17 b	0,41	1,19 b
<i>C. viscosa</i> , 78,12 L/ha	0,85	1,36 a	0,59	1,26 ab	0,52	1,23 b	0,27	1,13 b
<i>C. viscosa</i> , 156,25 L/ha	0,84	1,36 a	0,37	1,17 b	0,27	1,13 b	0,18	1,09 d
<i>C. viscosa</i> , 260,42 L/ha	0,83	1,35 a	0,26	1,12 b	0,14	1,07 b	0,18	1,09 d
<i>C. viscosa</i> , 312,5 L/ha	0,84	1,36 a	0,17	1,08 b	0,09	1,05 b	0,17	1,08 d
<i>C. viscosa</i> , 468,75 L/ha	0,85	1,36 a	0,12	1,06 b	0,06	1,03 b	0,17	1,08 d
MOY		1,36		1,18		1,15		1,17
CV (%)		8,3		8,1		7,9		4,5
ETR (ddl=18)		0,113		0,096		0,09		0,052
ETM (S \bar{X})		0,056		0,048		0,046		0,026
P (probabilité)		0,998		0,002		<0,001		<0,002
Signification		NS		HS		THS		THS

*Les moyennes dans la même colonne, affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes (analyse de variance suivie du test de Student Newman-Keuls au seuil de 5 %) ; transf. : transformation ; Lc : lambda-cyhalothrine ; Ac : acétamipride ; EC : Concentré émulsionnable ; ETR : Ecart type résiduel ; ETM : Ecart type moyen ; NS : Non significatif ; HS : Hautement significatif ; THS : Très hautement significatif.

Effet des doses de la formulation sur le niveau d'infestation des plantes par les larves de *H. armigera*

Le niveau d'infestation (effectifs cumulés des larves) des plantes de tomate entre le 60^{ème} et le 100^{ème} JAR est présenté dans le tableau III. L'analyse a révélé une différence hautement significative entre les produits insecticides comparativement au témoin non traité. Le cumul des infestations larvaires a varié de 0,58 individu par plant pour la dose de 260,42 L/ha à 1,38 individu par plant pour la demi dose (78,12 L/ha).

Tableau III : Cumul des effectifs moyens larvaires de *H. armigera* par plant de tomate du 60^{ème} au 100^{ème} JAR

Traitements	Effectifs moyens de larves/plant*	
	Avant transformation	Après $\sqrt{x+1}$
Témoin non traité	2,79	1,95 a
Lc+Ac 35 EC 1 L/ha	1,25	1,49 b
<i>C. viscosa</i> , 78,12 L/ha	1,38	1,50 b
<i>C. viscosa</i> , 156,25 L/ha	0,82	1,31 bc
<i>C. viscosa</i> , 260,42 L/ha	0,58	1,22 c
<i>C. viscosa</i> , 312,5 L/ha	0,44	1,20 c
<i>C. viscosa</i> , 468,75 L/ha	0,35	1,16 c
Moyenne		1,41
CV (%)		11,7
ETR (ddl=18)		0,165
ETM (S \bar{X})		0,082
Probabilité		<.003
Signification		THS

*Les moyennes dans la même colonne, affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes (analyse de variance suivie du test de Student Newman-Keuls au seuil de 5 %) ; transf. : transformation ; Lc : lambda-cyhalothrine ; Ac : acétamipride ; EC : Concentré émulsionnable ; ETR : Ecart type résiduel ; ETM : Ecart type moyen ; THS : Très hautement significatif.

Efficacité biologique des doses de la formulation bioinsecticide sur *H. armigera*

L'efficacité biologique de la formulation évaluée grâce au calcul du coefficient d'efficacité montre qu'elle a augmenté de la fructification à la maturation mais aussi au fur et à mesure que les doses augmentaient (Tableau IV). Les parcelles traitées aux différentes doses de bioinsecticide montrent des coefficients d'efficacité variant de 41,34 % à 99,41 %. Les meilleurs coefficients d'efficacité ont été enregistrés avec la

triple dose (468,75 L/ha) en début maturation des fruits (99,41 %), à la maturation des fruits (98,01 %) et à la fructification (96,28 %) avec la meilleure moyenne de 97,90 %. La dose normale (156, 25 L/ha) a montré un coefficient d'efficacité évoluant de 66,61 % à 95,86 %, avec une moyenne de 79,12 %. La demi dose (78,12 L/ha) a enregistré les coefficients d'efficacité les plus faibles évoluant de 41,34 % au stade de fructification à 85,98 % au stade de maturation des fruits avec un coefficient moyen de 57,51 %.

Tableau IV : Evolution des coefficients d'efficacité biologique des traitements sur les larves de *H. armigera*.

Traitements	Fructification (60 JAR)	Début maturation (80 JAR)	Maturation (100 JAR)	Moyenne
Témoin non traité	-	-	-	-
Lc+Ac 35 EC 1 L/ha	54,91	62,08	68,62	61,87
<i>C. viscosa</i> , 78,12 L/ha	41,34	45,22	85,98	57,51
<i>C. viscosa</i> , 156,25 L/ha	66,61	74,90	95,86	79,12
<i>C. viscosa</i> , 260,42 L/ha	79,12	89,63	95,52	88,09
<i>C. viscosa</i> , 312,5 L/ha	90,12	95,68	97,32	94,37
<i>C. viscosa</i> , 468,75 L/ha	96,28	99,41	98,01	97,90
Moyenne	71,40	77,82	90,22	79,81

NB : Lc : lambda-cyhalothrine ; Ac : acétamipride ; EC : Concentré émulsionnable ;

Effet des doses de la formulation sur les dégâts des larves de *H. armigera* sur les fruits de tomate

Le tableau V présente l'incidence globale des larves de *H. armigera* sur les fruits de tomate à la récolte des fruits. Une différence hautement significative ($p < 0,001$; $ddl = 18$) a été observée entre les traitements. L'analyse a montré une baisse de l'incidence larvaire sur les fruits au fur et à mesure que les doses d'application du bioinsecticide augmentaient. Les taux les plus faibles ont été observés avec l'association Lambda-cyhalothrine +Acétamipride 35 EC (2,06 % d'attaques), la triple dose de 468,75 L/ha (2,86 % d'attaques) et la double dose de 312,5L/ha (2,89 % d'attaques) tandis que le plus fort taux a été enregistré avec le témoin non traité (25,90 % d'attaques).

Tableau V : Taux de perforation des fruits par les larves de *H. armigera* selon les traitements

Traitement	Taux de fruits perforés (%)*	
	Avant transformation	Après Anglarc $\sin \sqrt{P}$
Témoin non traité	25,90	30,6 a
Lc+Ac 35 EC 1 L/ha	2,60	9,3 d
<i>C. viscosa</i> , 78,12 L/ha	15,33	23 b
<i>C. viscosa</i> , 156,25 L/ha	4,24	11,8 c
<i>C. viscosa</i> , 260,42 L/ha	3,64	10,9 cd
<i>C. viscosa</i> , 312,5 L/ha	2,89	9,8 d
<i>C. viscosa</i> , 468,75 L/ha	2,86	9,8 d
Moyenne		15,03
Cv (%)		5,5
ETR (ddl=18)		0,826
ETM (S \bar{X})		0,413
Probabilité		<.003
Signification		THS

*Les moyennes dans la même colonne, affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes (analyse de variance suivie du test de Student Newman-Keuls au seuil de 5 %) ; transf. : transformation ; Lc : lambda-cyhalothrine ; Ac : acétamipride ; EC : Concentré émulsionnable ; ETR : Ecart type résiduel ; ETM : Ecart type moyen ; THS : Très hautement significatif

Tableau VI : Rendements et composantes de rendement de la tomate par traitements

Traitements	Nombre moyen de fruits / plant*	Poids moyen / fruit (g)*	Rendement moyen (t/ha)*	(%) au témoin non traité
Témoin non traité	9,34 d	11,07 f	11,99 d	-
Lc+Ac 35 EC 1 L/ha	16,45 a	18,40 cd	25,89 a	115,93
<i>C. viscosa</i> , 78,12 L/ha	9,36 d	16,51 e	18,67 c	55,71
<i>C. viscosa</i> , 156,25 L/ha	16,16 a	17,59 de	22,66 b	88,99
<i>C. viscosa</i> , 260,42 L/ha	17,08 a	19,53 bc	24,97 a	108,26
<i>C. viscosa</i> , 312,5 L/ha	13,50 b	22,41 a	24,66 a	105,67
<i>C. viscosa</i> , 468,75 L/ha	11,93 c	20,65 b	22,87 b	90,74
MOY	13,40	18,02	21,67	
Cv (%)	6,10	4,90	5,00	
ETR (ddl=18)	0,816	0,891	1,084	
ETM (sx)	0,408	0,445	0,542	
P (probabilité)	<0,001	<0,001	<0,001	
Signification	THS	THS	THS	

*Les moyennes dans la même colonne, affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes (analyse de variance suivie du test de Student Newman-Keuls au seuil de 5 %) ; transf. : transformation ; Lc : lambda-cyhalothrine ; Ac : acétamipride ; EC : Concentré émulsionnable ; ETR : Ecart type résiduel ; ETM : Ecart type moyen ; THS : Très hautement significatif.

Effet des différentes doses sur le rendement et les composantes de rendement de la tomate

L'analyse des rendements, du nombre de fruits par plant et du poids moyen par fruit indique des différences très hautement significatives ($p < 0,001$) entre les traitements (Tableau VI). Le rendement moyen, le poids moyen par fruit et le nombre moyen de fruits récoltés par plant ont, en général, augmenté avec l'accroissement des doses d'application. A l'image de l'association Lambda-cyhalothrine + Acétamipride 35 EC et de la dose de 312,5 L/ha, la dose forte de 260,42 L/ha a fourni le nombre moyen de fruit par plant le plus élevé (17,08 fruits par plant) avec un poids moyen de 19,53 g par fruit et 24,97 t/ha de rendement ; soit une hausse de 108,27 % par rapport au rendement du témoin non traité. Les rendements les plus faibles ont été relevés au niveau de ce témoin non traité (11,99 t/ha, 11,07 g par fruit et 9,34 fruits par plant).

Corrélations entre le niveau d'infestation larvaire et les rendements

Les corrélations (figures 1 et 2) révèlent que l'augmentation du rendement est dû en partie à la réduction de la population des larves de *H. armigera*. En effet, le rendement et le poids moyen des fruits sont fortement et négativement corrélés avec l'abondance de la population du ravageur ($r_1 = -0,76$ avec $p = 0,047$ et $r_2 = -0,84$ avec $p < 0,018$).

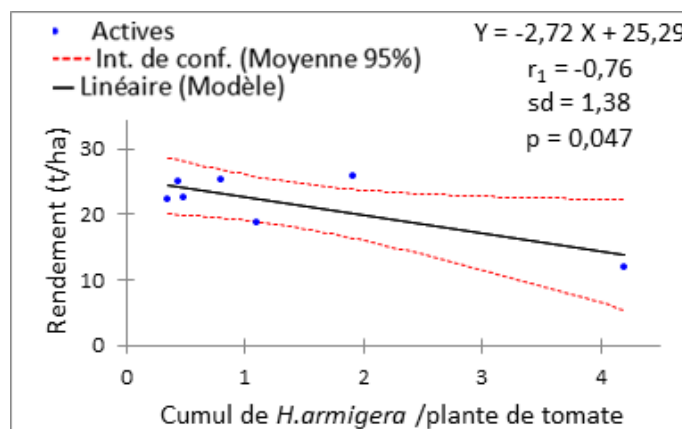


Figure 1 : Corrélation entre le rendement et le cumul des effectifs larvaires de *H. armigera* par plant

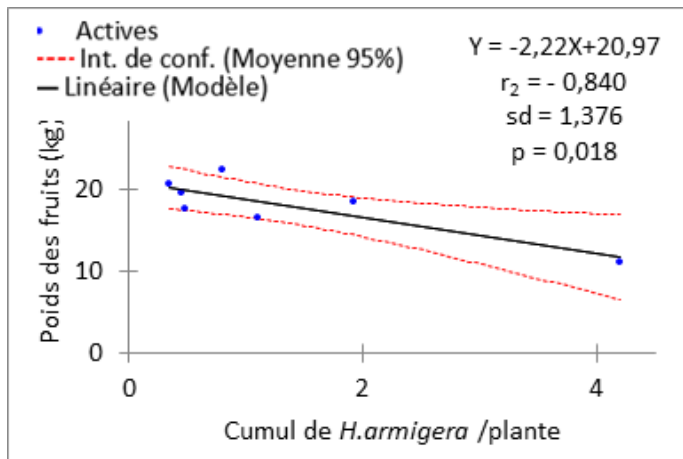


Figure 2 : Corrélation entre le poids par fruit et le cumul des effectifs larvaires de *H. armigera* par plante

Discussion

La formulation à base d'extrait hydroalcoolique de feuilles de *C. viscosa* est efficace contre *H. armigera*. Les doses de 78,12 L/ha, 156,25 L/ha et 260,42 L/ha entraînent 57,51 % à 97,90 % de réduction des larves et moins de 4 % d'attaques des fruits. Mano *et al.* (2019a, 2019b) avaient déjà obtenu 42,65 % de mortalité larvaire de *H. armigera* traité en condition de laboratoire et un coefficient d'efficacité biologique de 44,91 % à 65,21 % en champ avec des extraits alcooliques de feuilles de la même plante. Des études menées par Islam *et al.* (2014) ont montré des mortalités élevées de *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera : Bostrichidae) traités avec des extraits de *C. viscosa*. Ces mêmes auteurs ont constaté une cytotoxicité élevée avec l'extrait chloroformique des fruits de *C. viscosa* sur *Artemia salina* Leach (Anostraca : Artemidae) et sur les larves de moustique *Culex sp.* Ces résultats suggèrent que des principes actifs contenus dans les extraits des plantes semblent perturber le processus de métamorphose et entraîner des mortalités des pupes et l'apparition d'anomalies touchant la morphologie des adultes de *H. armigera*. En effet, divers travaux ont mis en évidence l'implication des traitements à bases d'extraits hexaniques des graines de *Strychnos nuxvomica* Linn. (Loganiaceae) et de *Semecarpus anacardium* Linn. (Anacardiaceae) sur les déformations des adultes de *H. armigera* (Sivaraman *et al.*, 2014).

L'action des matières actives contenues dans les extraits de *C. viscosa* est à la base de l'efficacité de la formulation. En effet, huit flavonoïdes à propriétés cytotoxiques ont aussi été isolés des feuilles de *C. viscosa* par Nguyen *et al.* (2017). De même, l'analyse spectrale de l'extrait méthanolique à 90 % a montré la présence de proton méthylénique ayant des propriétés larvicides sur les larves des deuxièmes et quatrièmes stades de *Anopheles stephensi* Liston (Diptera : Culicidae) en Inde (Saxena *et al.*, 2000). L'analyse phytochimique de l'extrait méthanolique des feuilles de *C. viscosa* a révélé la présence de stéroïdes, de triterpènes, d'anthraquinones, de tannins, de flavonoïdes, de saponosides et d'anthocyanosides qui sont connus pour leurs activités insecticide et inhibitrice de la croissance des larves de *H. armigera* (Mano *et al.*, 2019a).

Le coefficient d'efficacité moyen (88,09 % de réduction larvaire), obtenue avec la dose de 260,42 L/ha de la formulation à base des feuilles de *C. viscosa*, aurait été renforcée par une toxicité de contact. En effet, selon Williams *et al.* (2003), les extraits hexaniques des feuilles

et des tiges de *C. viscosa* renferment des diterpènes et ont des activités nématocide et insecticide de contact sur *Cylas formicarius elegantulus* (Summer) (Coleoptera : Curculionidae). Somboon et Pimsamarn (2006) ont également constaté une toxicité de contact contre *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera : Curculionidae) traité avec des extraits de *C. viscosa*. Cela corrobore ceux de Ba *et al.*, 2009 qui ont enregistré 100 % de mortalité des larves L₁ de *Clavigralla tomentosicollis* Stål (Hemiptera : Coreidae) par contact direct des extraits de *C. viscosa*.

Du reste, il n'est pas exclu qu'une inhibition probable de la reproduction des adultes issus des larves des parcelles traitées soit à l'origine de l'efficacité enregistrée (88,09 % réduction larvaire). En effet, Ngamo et Hance (2007) ont mis en évidence des terpènes dans les huiles essentielles de *C. viscosa* et leurs propriétés inhibitrices de la reproduction de *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera : Chrysomelidae), Mano *et al.* (2019a) ont également observé un taux de plus de 10 % de nanisme dû aux extraits organiques de *C. viscosa*. Il est également connu que les graines et les feuilles de *C. viscosa* renfermaient des composés à propriétés inhibitrices de la croissance d'une gamme d'insectes ravageurs (Lingathurai *et al.*, 2010).

Par ailleurs, l'efficacité de la formulation pourrait être due à une activité anti-appétente. Somboon et Pimsamarn (2006) ont rapporté des activités ovicide et anti-appétente de *C. viscosa* contre *S. oryzae*. González-Coloma *et al.* (2004) et Kathuria et Kaushik (2005) ont également rapporté que les alcaloïdes de plusieurs plantes ont des activités anti-appétentes efficaces contre *Spodoptera littoralis* Boisduval (Lepidoptera : Noctuidae), *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera : Chrysomelidae) et *H. armigera* (Hübner).

Aussi, l'efficacité biologique de la formulation aurait été renforcée par une activité répulsive des extraits de *C. viscosa*. Ces propriétés répulsives ont été démontrées par de nombreux auteurs sur plusieurs insectes des stocks (Belmain *et al.*, 2001 ; Ketoh *et al.*, 2005 et Dabiré *et al.*, 2008). Ces résultats sont en accord avec ceux de Ravi et Neeraj (2012) qui ont obtenu 80 % d'efficacité dans la répulsion de *Callosobruchus chinensis* L. (Coleoptera : Chrysomelidae) par l'extrait chloroformique de *C. viscosa*.

Bien qu'une étude de la rentabilité économique de la formulation bioinsecticide n'ait été faite pour justifier son dosage à 260,42 L/ha (dose à recommandée), la disponibilité des feuilles de *C. viscosa* à l'état sauvage dans la nature permettra de réduire les coûts de sa production. Car les producteurs pourront prélever la matière première sans dépenser de gros sous. De plus, le paquet technologique (itinéraires techniques d'utilisation) de la formulation pourrait être amélioré par des essais de pré-vulgarisation. Ce qui permettrait de combiner ou d'alterner le bioinsecticide avec un autre dans un programme de gestion intégrée comme l'a préconisé Son *et al.* (2016) dans une étude similaire. Une telle gestion est très bénéfique car elle permet de prévenir le développement des souches résistantes.

Conclusion

Les cinq doses de la formulation insecticide à base de l'extrait hydroalcoolique de feuilles de *C. viscosa* ont toutes été sélectives vis-à-vis de la plante de tomate. La dose forte de 260,42 L/ha contrôle mieux efficacement la population larvaire de *H. armigera* et entraîne des réductions larvaires,

à l'image de l'insecticide de synthèse. Elle contribue mieux à l'augmentation du rendement de la tomate de l'ordre de 108,25 %. La formulation à base d'extrait hydroalcoolique de feuilles de *C. viscosa* à la dose de 260,42 L/ha préserverait la santé des consommateurs et de l'environnement. Elle pourrait, en cas de rentabilité économique avérée, être recommandée comme bioinsecticide alternatif aux produits chimiques de synthèse dans la lutte contre *H. armigera* en culture de tomate.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient BAYER-CÔTE D'IVOIRE pour son soutien financier et ses encouragements renouvelés.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Afanasseva A.I., Gruzdiev G.C., Dmitriev L.B., Zinchenko V.A., Kalinin V.A. et Slotsev R.I., 1983. Practical guide to plant protection chemistry. Kolos, Moscow., 272p.
- Agboyi L. K., Ketoh G. K., Martin T., Glitho I. A., et Tamo M., 2016. Pesticide resistance in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) populations from Togo and Benin. *International Journal of Tropical Insect Science*, 36(4), 204-210.
- Ahouangninou C., Fayomi B.E. et Martin T., 2011. Evaluation des risques sanitaires et environnementaux des pratiques phytosanitaires des producteurs maraîchers dans la commune rurale de Tori-Bossito (Sud-Bénin). *Cahiers Agricultures*, 20(3), 216-222.
- Ba N.M., Sawadogo F., Dabire-Binso C.L., Drabo I. et Sanon A., 2009. Insecticidal Activity of Three Plant extracts on the cowpea pod sucking bug, *Clavigralla tomentosicollis*, STÅL (Hemiptera: Coreidae). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 12 : 1320-1324.
- Belmain S.R., G.E. Neal D.E. Ray et P. Golob, 2001. Insecticidal and vertebrate toxicity associated with ethnobotanicals used as post-harvest protectants in Ghana. *Food and Chemical. Toxicology*, 39: 287-291.
- Cissé I., Fall ST., Badiane M. et Diop Y. D.A., 2006. Horticulture et usage des pesticides dans la zone des Niayes au Sénégal, Document de travail Écociété no 8. ISRA/LNERV, EISMV, LACT/Faculté de médecine pharmacie/UCAD, 14 p.
- Congo A.K., 2013. *Risques sanitaires associés à l'utilisation de pesticides autour de petites retenues : cas du barrage de Loumbila*. Master en ingénierie de l'eau et de l'environnement, 2iE, Ouagadougou, Burkina Faso, 68 p.
- CPS/CILS, 1999. Protocole cadre pour l'évaluation biologique des herbicides au Sahel, p 6.
- Dabiré C., Ba M.N. et Sanon A., 2008. Effects of crushed fresh *Cleome viscosa* L. (Capparaceae) plantes on the cowpea storage pest, *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera: Bruchidae). *International Journal of Pest Management.*, 54: 319-326.
- Gnankiné O., Mouton L., Savadogo A., Martin T., Sanon A., Dabire R.K., Vavre F. et Fleury F., 2013. Biotype status and resistance to neonicotinoids and carbosulfan in *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in Burkina Faso, West Africa. *International Journal of Pest Management* 59(2), 95–102.
- González-Coloma A., M. Reina A. Medinaveitia A. Guadaño O. Santana R. Martínez-Díaz et Gavín, 2004. Diversité structurelle et propriétés défensives des alcaloïdes norditerpénoïdes. *Journal of chemical ecology*, 30 (7), 1393-1408.
- Hema S.A.O., 2012. Caractérisation et gestion de la résistance de *Helicoverpa armigera* (Hübner 1808) aux pyrèthrinoides : utilisation des toxines de *Bacillus thuringiensis* (Bt) Berliner comme solution alternative pour la protection du cotonnier en Afrique de l'Ouest. Thèse unique de Doctorat, Option Biochimie et Microbiologie, Spécialité Entomologie Agricole, Université de Ouagadougou, 111 p.
- Islam M.M., Islam M.Z., Shaekh M.P.E., Das P., Chowdhury H.K., Shahik S.M., Muzahid N.H., Khan M. A. et Ekram A.E. 2014. Screening of *Cleome viscosa* (L.) for Dose mortality, Insect Repellency, Cytotoxicity and Larvicidal Activities in the Laboratory Condition. *International Journal of Scientific and Engineering Research*, 5(1), 2201-2212
- Kambou G. et Millogo A. M., 2018. Biological efficiency of natural substances aqueous extracts (*Cassia nigricans* Vahl., *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. Ex G.Donf., *Capsicum annum* L., *Cleome viscosa* L.) against *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith on corn production and their effects on a ferruginous soil microorganisms, in Burkina Faso. *Journal of Environment Science, Computer Science and Engineering and Technology*, 8(1), 036-051.
- Kathuria V., et Kaushik N., 2005. Feeding inhibition of *Helicoverpa armigera* (Hübner) by Eucalyptus camaldulensis and Tylophora indica extracts. *Insect Science*, 12(4), 249-254.
- Ketoh G.K., H.K. Koumaglo et I.A. Glitho, 2005. Inhibition of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) development with essential oil extracted from *Cymbopogon schoenanthus* L. Spreng. (Poaceae) and the wasp *Dinarmus basalis* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae). *Journal of stored products research*, 41: 363-371.
- Koubala B.B, Miafo A-P. T., Djilé B., Kamda A.G.S. et Kansci G, 2013. Evaluation of Insecticide Properties of Ethanolic Extract from *Balanites aegyptiaca*, *Melia azedarach* and *Ocimum gratissimum* leaves on *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae), *Asian Journal of Agricultural Sciences* 5(5): 93-101.
- Lehmann E. R. G., Nfon-Dibié J. J., Konaté Y., et De Alencastro L. F., 2016. Pesticides use in gardening areas in Burkina Faso and evaluation of the resulting risk for the operator using the new AOEM proposed by EFSA guidelines. In *68th International Symposium on Crop Protection* (No. POST_TALK).
- Likov A. et Tulikov A.M., 1985. Manuel pratique de malherbiologie à base de pédologie M. Agropromizdat. 207 p.
- Lingathurai S., War A. R., Paulraj M. G., et Ignacimuthu S., 2010. Antifeedant and insecticidal activities of some plants against *Helicoverpa armigera* Hubner (Lepidoptera:

- Noctuidae) larvae. *Non chemical insect pest management. Elite Publishing House, New Delhi*, 58-63.
- MAAH, 2019. Rapport général du module maraîchage. Ministère de l'Agriculture et de l'Hydraulique, Ouagadougou, Burkina Faso, 318 p.
- Mahmood F.S., Muhammad R., Abid A., Han P. et Julian Chen J., 2017. Comparative role of neem seed extract, moringa leaf extract and imidacloprid in the management of wheat aphids in relation to yield losses in Pakistan, *Research Article*, 1-24.
- Mano E., Dionou A.K. et Yao K. P. 2018. Efficacité biologique d'extraits d'ail, de neem et de moringa contre *Plutella xylostella* L., *Hellula undalis* Fab. et *Lipaphis erysimi* Kalt. du chou dans l'Ouest du Burkina Faso. *Science et technique, Sciences naturelles et appliquées*. Spécial hors-série n° 4 (01), 333-342.
- Mano E., Kambou G., Yaro B., Kini F. Et Somda I, 2019a. Phytochemical composition and biological efficiency of *Cleome viscosa* L. leaves, *Parkia biglobosa* (Jacq.) Br. Ex G. Don pods powders extracts against *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera : Noctuidae) of tomato. *International Journal of Agricultural Policy and Research*, 7(1), 10-16.
- Mano Elias, Kambou Georges, Simde Rabieta and Somda Irénée, 2019b. Biological efficiency of *Cleome viscosa* L. (Capparidaceae) leaves hydroalcoholic formulations against *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera : Noctuidae) of tomato and their effects on a ferruginous soil microorganisms, in Burkina Faso. *International Journal of Entomology Research*, 4(6), 01-08.
- Ngamo L.S.T. et Hance T.H. 2007. Diversité des ravageurs des denrées and méthodes alternatives de lutte en milieu tropical. *Tropicultura*, 25 (4) :215-220.
- Ngom S., Traoré S., Thiam M.B. et Anastasie M., 2012. Contamination des produits agricoles et de la nappe phréatique par les pesticides dans la zone des Niayes au Sénégal. *Synthèse : Revue des Sciences et de la Technologie*, 25(1), 119-130.
- Nguyen T. P., Tran C.L., Vuong C. H., Do T.H.T., Le T.D. Mai D.T. et Phan N.M., 2017. Flavonoids with hepatoprotective activity from the leaves of *Cleome viscosa* L., *Natural Product Research*, 31:22, 2587-2592.
- Ouédraogo, A., Ouango, J. G., Karfo, K., Goumbri, P., Nanéma, D., & Sawadogo, B., 2019. Prévalence des troubles mentaux en population générale au Burkina Faso. *L'Encéphale*, 45(4), 367-370.
- PAFASP, 2014. Rapport final sur le plan de gestion des pestes et pesticides au Burkina Faso. Programme d'Appui au Filie`res Agro-Sylvo-Pastorales, Ouagadougou, Burkina Faso, 120 p.
- Ravi Kant Upadhyay and Neeraj Yadav, 2012. Insecticidal potential of aqueous and solvent extracts of *Cassia fistula*, *Cleome viscosa* and *Capparis decidua* against *Callosobruchus chinensis* L. (Coleoptera: Bruchidae) *International Journal of Chemical and Biological Sciences*, (1) 91-98.
- Saxena B. R., Koli M. C. et Saxena R. C., 2000. Preliminary ethnomedical and phytochemical study of *Cleome viscosa* L. *Ethnobotany*, 12, 47-50.
- Simde R., Kambou G., Yaro B., Kini F. F. et Sanon A., 2019. Phytochemical composition and biological efficiency of *Capsicum annum*, *Strophantus hispidus* L. organic extracts against *Ceratitits cosyra* (Walker), mango pest insect, in Burkina Faso. *International Journal of Current Advanced Research*. Vol 8. (03) pp. 17690-17695.
- Sivaraman G., Paulraj G.M., Ignacimuthu S. et Al-Dhabi N.A., 2014. Bioefficacy of Seed Extracts of *Strychnos Nux-Vomica* and *Semicarpus Anacardium* against *Helicoverpa armigera* (Hubnar) (Lepidoptera: Noctuidae). *International Journal of Agricultural and Food Science*, 4(2), 73-77.
- Somboon S., et Pimsamarn S., 2006. Biological activity of *Cleome* spp. extracts against the rice weevil, *Sitophilus oryzae* L. *Agricultural Science Journal*, 37, 232-235.
- Son D., 2018. Analyse des risques liés à l'emploi des pesticides et mesure de la performance de la lutte intégrée en culture de tomate au Burkina Faso. Thèse de doctorat, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Belgique 234 p.
- Son, D., Somda, I., Legrève, A. et Schiffers, B., 2016. Comparison of efficiency and selectivity of three bio-insecticides for the protection of tomatoes in Burkina Faso. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 81(3), 289-297.
- Toé A.M., 2010. Étude pilote des intoxications dues aux pesticides agricoles au Burkina Faso, Convention de Rotterdam, 55 p.
- Trottin C. Y., 2004. Méthode d'étude en plein champ et sous abri de l'efficacité pratique de préparations insecticides ou de macroorganismes destinés à lutter contre les aleurodes. In: AFPP. Commission des Essais Biologiques. Liste des méthodes publiées par la commission des essais biologiques. Septembre 2004. pp 39.
- Williams L. A. D., Vasques E., Reid W., Porter R. et Kraus W. 2003. Biological activities of an extract from *Cleome viscosa* L. (Capparaceae). *Naturwissenschaften*, 90: 468-472.