



Evaluation des effets pesticides de quatre plantes aromatiques : *Moringa oleifera*, *Cymbopogon citratus*, *Ocimum basilicum* et *Artemisia annua* en association avec le maïs (*Zea mays*) sur la chenille légionnaire d'automne (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith, 1797)

Révérrende sœur **Yvonne KASONGO MUNYINGA**

Université de Kinshasa en R. D. Congo

yvonnekasongom69@gmail.com

kasongoyvonne@yahoo.fr

Résumé : La chenille légionnaire d'automne est un bio agresseur qui ravage le maïs et qui menace la sécurité alimentaire car elle est peut entraîner d'importantes pertes de rendement si elle n'est pas bien gérée. La présente étude a été menée dans le but de contribuer à une gestion durable et raisonnée de ce ravageur, en évaluant les effets pesticides de quatre plantes aromatiques en association avec le maïs. Ainsi quatre associations des cultures ont été mises en place plus le témoin en monoculture. Il s'agit des associations maïs-moringa, maïs-citronnelle, maïs-artemisia et maïs-basilic. Les résultats ont révélé que de ces quatre plantes, Basilic (0%), Moringa (6,15%) et Citronnelle (7,75%) ont des effets biocides par rapport au témoin (21,26%). Trois plantes semblent avoir des effets biocides sur la chenille légionnaire mais la plus efficace est le basilic ; par contre l'artémisia semble être moins efficace sur la chenille légionnaire par rapport au témoin. Les résultats ont démontré que, concernant le temps de croissance, sauf V 10, le passage de temps a favorisé l'effectif de nombre de plantes infestées. Cependant, c'est seulement le niveau VR où la différence a été significative ($p < 0.001$). Du point impact sur la croissance et la production, les plantes aromatiques utilisées dans la lutte contre la chenille légionnaire n'ont aucun effet négatif ni sur la croissance ni sur la production de maïs. De ce fait, ces types d'associations peuvent être envisageables comme stratégies dans la gestion durable de la chenille légionnaire.

Mots-clés : Evaluation - association- chenille légionnaire - plantes insecticides - maïs

Abstract : Fall armyworm is a bioaggressor that ravages corn and threatens food security because it can cause significant yield losses if not well managed. This study was conducted with the aim of contributing to a sustainable and reasoned management of this pest, by evaluating the pesticidal effects of four aromatic plants in association with maize. Thus four associations of cultures were set up plus the control in monoculture. These are the maize-moringa, maize-lemongrass, maize-artemisia and maize-basil combinations. The results revealed that of these four plants, Basil (0%), Moringa (6.15%) and Lemongrass (7.75%) have biocidal effects compared to the control (21.26%). Three plants seem to have biocidal effects on armyworm but the most effective is basil; On the other hand, artemisia seems to be less effective on the armyworm compared to the control. The results showed that, with regard to the growth time, except V 10, the passage of time favoured the number of infested plants. However, it was only the VR level where the difference was significant ($p < 0.001$). From the point of impact on growth and production,

aromatic plants used in the control of armyworm caterpillar have no negative effect on growth or corn production. As a result, these types of associations may be considered as strategies in the sustainable management of armyworm.

Keywords : Evaluation - association - armyworm - insecticidal plants - maize

Introduction

La chenille légionnaire d'automne (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith, 1797) est un insecte est un ravageur polyphage qui s'attaque à plus de 80 cultures mais avec une prédilection pour le maïs et cause des dommages importants, menaçant par conséquent la sécurité alimentaire. Originnaire des régions tropicales et subtropicales des Amériques, sa présence a été signalée et confirmée en Afrique depuis 2016 (FAO 2018 ; Kouanda N. 2020 ; Tshaibukole et al. 2021).

La chenille légionnaire peut entraîner d'importantes pertes de rendement si elle n'est pas bien gérée (YAROU 2018). D'après les estimations publiées par le Centre for Agriculture et Bioscience International (Makirita, W.E., 2020), en l'absence de méthodes de contrôle appropriées, *S. frugiperda* a le potentiel d'entraîner des pertes de champ de 8,3 à 20,6 t par an, dans seulement 12 des pays africains producteurs de maïs.

Il existe plusieurs méthodes de lutte pour limiter les dégâts causés par la chenille légionnaire sur les maïs. Mais, jusqu'à ce jour, la méthode de lutte chimique reste la plus efficace et la plus utilisée pour contrôler l'incidence de cet insecte (Scheidegger et al., 2021 ; Niculau et al. 2013). Cependant, les pesticides chimiques de synthèse sont non seulement nocifs à la santé humaine et environnementale mais aussi restent peu accessibles aux paysans en raison de leur coût élevé (Midega et al., 2012). En plus, le bon nombre des pesticides synthétiques les moins chers et les plus largement utilisés en Afrique appartiennent aux classes de mode d'action auxquelles les lépidoptères ont développé une résistance (Carvalho et al. 2013 ; Yeboah, et al, 2021). Beaucoup d'études ont été menées pour proposer des options de gestion alternatives à l'utilisation des pesticides, Parmi ces options l'utilisation des plantes pesticides se révèle être comme alternatives prometteuse aux pesticides de synthèse.

L'usage des plantes pesticides est une pratique ancestrale en Afrique. Elles peuvent être utilisées sous diverse forme dont la pratique de la diversité végétale ou association des cultures (Altieri 1983 ; Udayakumar et al., 2021). D'après FAO (2018), cette pratique est la première étape d'une bonne gestion de la chenille légionnaire d'automne.

L'utilisation de l'association culturale pour prévenir ou réduire l'infestation de *S. frugiperda* sur le maïs est très documentée aussi bien en Afrique (Tanyi et al., 2020 ; Mengesha et al., 2021 ;) que dans d'autres régions du monde (CABI, 2017 ; Altieri et al., 1978). Cependant, la sélection des espèces pour

la culture mixte doit tenir compte non seulement de la capacité à contrôler les ravageurs mais aussi du point de vue économique, à apporter un plus sur la production et optimiser le rendement. La diversification de cultures sur une même parcelle peut aussi permettre de diversifier la population de l'entomofaune et contribuer à la diversité et à l'abondance des ennemis naturels pouvant contrôler l'évolution de la population de ravageur sur les cultures hôtes (Altieri, 1980 ; Y. et al, 2016).

De ce fait, l'association culturale constitue une voie prometteuse pour la gestion durable de la chenille légionnaire d'automne. C'est dans ce même ordre d'idée que nous voulons apporter notre contribution pour la gestion durable de la chenille légionnaire en évaluant des effets pesticides de 4 plantes aromatiques (moringa, citronnelle, basilic et artemisia) en association avec le maïs sur la chenille légionnaire d'automne ; plantes couramment utilisées par les paysans et dotées de plusieurs vertus.

1. Matériel et méthodes

1.1. Site d'étude

Cette étude a été menée dans une ferme d'exploitation agricole raisonnée respectueuse de l'environnement en sigle « FARRE » sur la route de Kimuenza gare à 433m d'altitude, 4° 22' de latitude Sud et 15° 8' de longitude Est, dans la Province de Kinshasa, pendant la saison A, allant du mois d'octobre 2020 jusqu'au au mois de Janvier 2021.

1.2. Préparation des plantes aromatiques et de terrain

Dans le but d'une sélection de pieds vigoureux pour l'expérimentation, les plantes aromatiques ont été semées ou plantées dans le germeoir et pépinières pendant 1mois avant leurs mises en place. La préparation du terrain a consisté au labour, au hersage et la préparation des poquets selon les dimensions requises pour chaque espèce.

1.3. Installation de champ expérimental

Quatre types d'associations ont été mis en place à savoir les associations maïs-moringa, maïs-citronnelle, maïs-basilic et maïs-artemisia. Les plants ont été installés suivant un dispositif expérimental en blocs complets randomisés comportant 15 traitements de 3 répétitions. La superficie de l'essai expérimental est de 142.8m² soit 14m de longueur et 10.2m de largeur. Les dimensions des unités parcelaires sont de 2m x 2.4m ; la distance qui sépare les parcelles est de 1m, tandis que les répétitions sont séparées par une allée de 1.5m.

Dans les unités parcelles, les plantes aromatiques ont été mises en place deux semaines avant le semis du maïs qui a été effectué en quatre lignes alternées par des lignes de plantes insecticides. Chaque parcelle contient 16 poquets à raison de deux graines de maïs par poquet aux écartements de 60 x 80cm et les maïs ont été semés en association avec l'une des plantes aromatiques. Ainsi pour chaque parcelle on a : 18 plantes d'artémisia aux écartements de 40 x 40cm ; 9 pieds de citronnelles avec comme écartement 80 x 40 cm; 18 pieds de basilic aux écartements de 40 x 40cm et 9pieds de moringa aux écartements de 80 x 40 cm intercalés entre les lignes des maïs. Les travaux d'entretien ont été entrepris au besoin suite aux observations au champ. Les élagages réguliers ont été effectués sur les plantes aromatiques pour réduire la surface foliaire et épandre les feuilles autour des pieds de maïs sous forme des paillis.

1.4. *Technique d'évaluation des attaques et collecte des données*

Loin de faire une étude sur l'abondance, l'incidence de la chenille légionnaire d'automne ; cette étude a porté sur la recherche de l'efficacité des plantes aromatiques testées dans la protection de maïs contre la chenille légionnaire dévastatrice en évaluant ou comptant seulement les plants attaqués par la chenille.

Un plant est considéré comme infesté ou attaqué, lorsqu'on constate soit la présence des amas d'œufs, de larves vivantes, des déjections fraîches et les trous foliaires caractéristiques sur les plants. Ainsi les observations ont été faites par le comptage des plants de maïs attaqués par parcelle et par bloc et en quatre niveaux de croissance de maïs à savoir : V1, V10, VT et VR. Les données ont été collectées sur l'ensemble du champ expérimental pour avoir les données plus fiables et réelles.

Taux d'infestation : le taux d'infestation est calculé par rapport à la totalité des plants maïs prospectés.

Ce taux est déterminé par la formule suivante :

$$I(\%) = n/N \times 100$$

I : le taux d'infestation ;

n : le nombre de plants infestés ;

N: le nombre total de plants prospectés.

1.5. *Evaluation de l'impact de 4 plantes insecticides sur la croissance de maïs*

L'évaluation a consisté à prélever la hauteur de plan de maïs, la longueur et la largeur des feuilles, ainsi que leur diamètre au collet à chaque niveau de croissance prévu pour cette étude.

1.6. *Evaluation de l'impact de 4 plantes insecticides sur la production de maïs*

Cette opération a été effectuée au stade de la sénescence de la plante, ainsi l'évaluation consistée à prélever et compter successivement : le poids, la longueur et les diamètres des épis, le nombre des graines par épi et par parcelle pour chaque traitement.

1.7. *Analyses statistiques*

Les données de l'analyse avaient été saisies dans un classeur Excel, ensuite traitées et analysées grâce au logiciel R version 4.2. Les variables quantitatives ont été résumées par les paramètres de tendance centrale et de dispersion. Les proportions ont été utilisées pour résumer les variables qualitatives. Les ANOVA ont été utilisées pour les variables de croissance et de production. Une régression linéaire généralisée (binomiale) a été utilisée pour l'étude des infestations. Un seuil de signification de 5% a été utilisé pour ces tests statistiques (test de tukey).

Tableau 1 : Traitements de l'essai

Traitements	Désignation
T0	Maïs monoculture (témoin)
T1	Maïs- Artemisia
T2	Maïs- Basilic
T3	Maïs-Citronnelle
T4	Maïs-Moringa

2. Résultats

2.1. *Evaluation de l'impact des 4 plantes pesticides sur la croissance de maïs*

Les moyennes et écart-types des hauteurs de plantes, des longueurs et largeurs des feuilles et leurs diamètres au collet pour chaque traitement sont présentés dans le tableau 2 ainsi que leurs CV, P, F et LSD

Traitement_	HPm	Lofem,	Lafecm	Diacocm
Témoin	1.34± 0.68a	0.79± 0.2a	7.92±1.69a	1.20± 0.42a
Artemisia	1.45± 0.76a	0.82± 0.17a	7.96±1.70a	1.31 ±0.42a
Basilic	1.38± 0,65a	0.88± 0.19a	8.17±1.45a	1.24± 0.38a
Citron	1.45± 0.70a	0.87± 0.18a	8.50±1.67a	1.27± 0.49a
Moringa	1.45± 0.67a	0.85± 0.16a	8.21±1.81a	1.30± 0.46a
LSD	0.56	0.14	1.37	0.35
CV	49.17	21.35	20.61	34.47
F	0.06	0.45	0.22	0.10
p-value<	0.99	0.77	0.92	0.97

Table 2 : Moyennes et écart-type des paramètres de croissances de maïs par Traitement
Les moyennes suivies de même lettre minuscule en colonne ou majuscule en ligne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de P=0.05 (test de tukey).

Il est clair de constater qu'il n'y a aucune différence significative des moyennes de paramètres de croissance par rapport aux différents traitements.

2.2. Effets pesticides des associations de culture sur des paramètres de productions

Traitement	Pdepg_	Loepcm_	Diaepcm_	Nbgrain
Artemisia	0.08±0.01 a	15±2.65a	12.67±0.58a	175±39,3a
Basilic	0.09±0.01ab	14.93±1.62a	13.33±0.58a	241±55ab
Citronnelle	0.08±0.01ab	12.33±2.08a	12.5±0.87a	233±26ab
Moringa	0.09±0ab	14±0a	13±1a	219±14b
Témoin	0.07±0.01a	13±1a	12.67±1.15a	176±22.7b
F	2.03	0.42	0.44	2.47
p-value	0.16	0.30	0.77	0.11
LSD	0.01	3.14	3.14	62.81
CV	10.99	12.48	6.74	16.54

Table 3 : Moyennes et écart-type des productions par Traitement

Les moyennes suivies de même lettre minuscule en colonne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de P=0.05 (test de tukey).

Le tableau 3 montre plus de variabilité de moyennes pour la longueur et le diamètre de l'épi par rapport au poids de ce dernier. En termes de moyennes calculées pour chaque traitement, aucune différence significative n'a été trouvée pour la production.

Le nombre de graines est plus élevé avec Basilic comme traitement. Basilic a un effet significativement différent par rapport au témoin. Les autres traitements n'ont pas été significativement différents du témoin.

2.3. Degré d'infestation selon le traitement de maïs

	Plantes Tot.	Pantes Infestées	%taux d'infestation	Effet	p-value
Traitements					
Artemisia	140	37	26,43	0,28	0,311
Basilic	141	0	0,00	-18,95	0,998
Citronnelle	142	11	7,75	-1,17	0,002
Moringa	130	8	6,15	-1,42	0,001
Témoin	141	30	21,28	-	-
Blocs					
1	219	32	14,6	-	-
2	230	33	14,3	-0,02	0,937
3	245	21	8,6	-0,60	0,043
Croissance					
V1	215	20	9,3	-2,277	< 0,001
V10	189	11	5,8	-0,507	0,193
VT	164	24	14,6	0,514	0,111
VR	126	31	24,6	0,157	<0,001

Table 4 : Taux d'infestations selon le traitement, les niveaux de croissance et le blocs

A l'exception d'artémisia, toutes les plantes ont réduit les infestations comparées au témoin. Aucune plante associée avec basilic n'a été infestée, Moringa (p = 0.001) et citronnelle (p = 0.002) ont eu un effet protecteur significatif par rapport au témoin. Par rapport à l'emplacement des plantes, les blocs 2 et 3 ont eu peu de plantes infestées par rapport au premier bloc. La différence est significative pour le bloc 3 (p = 0,043).

Concernant le temps de croissance, Sauf V10, le passage de temps a favorisé l'effectif de nombre de plantes infestées. Cependant, c'est seulement le niveau VR où la différence a été significative (p < 0.001).

3. Discussion

3.1. Effets comparés biocides des plantes aromatiques

Les résultats de cette étude ont montré que parmi les quatre plantes aromatiques évaluées pour leurs effets pesticides sur la CLA, trois seulement se sont montrées très efficaces par rapport au témoin (21,26%). Il s'agit de Basilic (0%), Citronnelle (7,75%) et Moringa (6,15%) qui ont eu une réduction du taux d'attaques de la CLA sur le maïs. Cette réduction peut s'expliquer par le fait que le système de polyculture offre beaucoup d'espèces qui dissimulent la plante hôte. C'est ce qui révèle l'importance de la technique d'associations végétales pour la bonne gestion de la chenille légionnaire d'Automne, comme le confirment Altieri (1983) et Scheidegger et al., (2021).

Ces résultats renforcent ceux trouvés par beaucoup des chercheurs qui ont démontré que l'association de maïs avec d'autres cultures réduit le niveau d'infestation du maïs par rapport à la monoculture. Ainsi, Boyombe et al. (2021) ont démontré que le taux d'attaques de la chenille légionnaire d'automne était plus élevé en culture pure qu'en culture associée, soit 75,5 % en culture pure contre 64,5 % en culture associée.

C'est ce qui a été observé aussi par les agriculteurs d'Amérique centrale qui ont remarqué que lorsqu'ils plantaient du maïs avec d'autres cultures, ils avaient moins d'attaques des ravageurs, comme l'indique la FAO (2018). Hailu et al. (2018) avaient démontré que, la culture associée de maïs avec des légumineuses a permis une réduction significative de l'incidence de la chenille légionnaire par rapport au maïs mono-cultivé. Midega et coll. (2018) avaient observé une réduction de 82,7% du nombre moyen de larves par plante et de 86,7% des dommages aux plantes par parcelle en push-pull adapté au climat par rapport au maïs mono-cultivé.

Il a été démontré que la culture associée du maïs avec le manioc, le niébé et le soja réduit le niveau d'infestation par les foreurs de la tige du maïs par rapport à la monoculture (Chabi-Olaye et al. 2005). Systèmes de culture de maïs contenant de le haricot hôte était plus efficace pour réduire les densités de foreurs des tiges de lépidoptères (Songa et al. 2007).

Il a été montré par Agboka et al., (2006) que la culture associée du maïs avec *Canavalia ensiformis*, *Tephrosia vogelii* induisait une réduction de *Mussidia nigrivenella* Ragonot (Lepidoptera: Pyralidae), un foreur des épis de maïs. Les résultats de cet essai expérimental ont également montré que ; parmi le 4 plantes pesticides utilisées, l'artémisia (26,43%) était le plus infesté avec un taux d'attaque plus élevé que le témoin (21,28 %). Ces résultats confirment le constat

de Yarou et al. (2017) qui avaient trouvé que même si d'une façon générale, les plantes pesticides possèdent des propriétés biocides remarquable à l'égard des ravageurs, mais cette activité biocide, varie d'une plante à une autre et aussi en fonction de l'origine de la plante.

C'est ainsi qu'on trouve les plantes pesticides efficaces et d'autres moins efficaces comme l'avait démontré Baudron et al. (2019) que la culture associée du maïs avec des citrouilles augmentait les dommages causés par la chenille légionnaire.

3.2. *Association des cultures et biopesticides*

Ces résultats révèlent une autre dimension qui semble très importante et qui été observée aussi par Bach (1980) et Risch (1981) que la présence de cultures de grande taille dans le système des cultures associatives, peut affecter le mouvement du ravageur, réduisant ainsi son expansion sur les plantes hôtes. Ainsi pour garantir l'efficacité de ce système d'association il faut que la culture associée soit mise en place avant le semis du maïs (Tchegueni et al., 2022), comme cela a été le cas pour la présente étude où toutes les plantes pesticides ont été mises en place 2 semaines avant le semis de maïs pour permettre aux plantes insecticides d'atteindre un stade approprié où sa biomasse aérienne peut repousser ou tuer les larves de *S. frugiperda*.

Les résultats de cette expérimentation ont également montré que parmi les 3 plantes pesticides qui se sont révélées efficaces contre la chenille légionnaire ; Moringa ($p = 0.001$) et citronnelle ($p = 0.002$) ont eu faible taux attaques et ont un effet protecteur significatif par rapport au témoin. Tandis que dans l'association basilic-maïs aucun plant de maïs n'a été infesté par la chenille légionnaire, il y a eu absence d'attaques. Cette plante aromatique s'est révélé la plus efficace et avec un effet biocide plus élevé que les autres.

Des observations similaires ont été également mentionnées par kasongo et al. (2021) qui avaient constaté qu'ils y avait moins et parfois une absence t'attaques des ravageurs sur les plantes qui étaient autour de basilic dans les champs enquêtés. Ces résultats confirment ceux trouvé par Yarou(2018) qui avait démontré que les espèces d'Ocimum (*Ocimum kilimandscharicum*, *Ocimum americanum*, *Ocimum basilicum*, *Ocimum canum*, *Ocimum. sanctum*) ont des effets biocides sur certains Lépidoptères. Les résultats de ce travail ont montré encore que, concernant le temps de croissance, sauf V10, le passage de temps a favorisé l'effectif de nombre de plantes infestées. Cependant, c'est seulement le niveau VR où la différence a été significative ($p < 0.001$).

3.3. Croissance et production du maïs

Du point impact sur la croissance et la production, les plantes aromatiques utilisées dans la lutte contre la CLA n'ont aucun effet négatif ni sur la croissance ni sur la production de maïs. De ce fait, ces types d'associations peuvent être envisageables comme stratégies dans la gestion durable de la chenille légionnaire.

Conclusion

La présente étude a été menée dans le but d'évaluer les effets insecticides de quatre plantes aromatiques en association avec le maïs afin de contribuer à la gestion durable de la chenille légionnaire d'automne. Ainsi quatre associations des cultures ont été mise en place plus le témoin en monoculture. Il s'agit des associations maïs-moringa, maïs-citronnelle, maïs-artemisia et maïs-basilic. Les résultats ont montré que de ces quatre plantes, Basilic (0%), Moringa (6,15%) et Citronnelle (7,75%) ont été efficace par rapport au témoin (21,26%).

Comme chaque plante contient son pouvoir bio insecticide propre, les quatre plantes aromatiques que nous avons testées, trois semblent avoir des effets biocides sur la chenille légionnaire. La plus efficace est celle de basilic, par contre l'artémisia semble être moins efficace par rapport au témoin. Du point impact sur la croissance et la production, les plantes aromatiques utilisées dans la lutte contre la chenille légionnaire dévastatrice de maïs n'ont aucun effet négatif ni sur la faculté de croissance ni sur la production de maïs.

De ce fait, ces types d'associations peuvent être envisageables comme stratégies de gestion durables de la chenille légionnaire. Et en plus ces plantes, ont des vertus thérapeutiques et médicinales. Certaines sont consommées comme des légumes feuilles ou des épices dans certains pays d'Afrique. Ainsi il est nécessaire d'explorer leurs vertus biocides contre la chenille légionnaires et optimiser leur utilisation pour d'autres besoins des paysans.

Références bibliographiques

- Agboka, K., Gounou, S., & Tamo, M. (2006). The role of maize-legumes-cassava intercropping in the management of maize ear borers with special reference to *Mussidia nigrivenella* Ragonot (Lepidoptera: Pyralidae). *Annales de La Societe Entomologique de France*, 42(3-4), 495-502. <https://doi.org/10.1080/00379271.2006.10697484>
- Altieri, M. A. (1983). Vegetational designs for insect-habitat management. *Environmental Management*, 7(1), 3-7. <https://doi.org/10.1007/BF01867034>

- Altieri MA. 1980. Diversification of Corn Agroecosystems as a Means of Regulating Fall Armyworm Populations. *The Florida Entomologist*, 63 : 450-456.
- Altieri MA, Francis CA, Van Schoonhoven A, Doll JD. 1978. A review of insect prevalence in maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) polycultural systems. *Field Crops Research*. 1 : 33- 49. DOI : [https://doi.org/10.1016/03784290\(78\)90005-9](https://doi.org/10.1016/03784290(78)90005-9).
- Bach CE. 1980. Effects of plant diversity and time of colonization on an herbivore- plant interaction. *Oecologia*, 44 : 319- 326.
- Baudron, F., Zaman-Allah, M. A., Chaipa, I., Chari, N., & Chinwada, P. (2019). Understanding the factors influencing fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) damage in African smallholder maize fields and quantifying its impact on yield. A case study in Eastern Zimbabwe. *Crop Protection*, 120, 141-150. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.01.028>
- BOYOMBE, L.L., NGUO, E., MALAISSE, F. and MONZENGA, J.C., 2021. Incidence de la chenille légionnaire d'automne (*Spodoptera frugiperda* JE Smith) et niveau de connaissance de ce ravageur par les agriculteurs de Kisangani et ses environs, RD Congo. *Geo-Eco-Trop*, 45(1), pp.103-111
- CABI 2017. Datasheet. *Spodoptera frugiperda* (Fall Army Worm). Invasive species compendium. CABI. <http://www.cabi.org/isc/datasheet/29810>.
- Carvalho, G. a, Santos, N. M., Pedroso, E. C., & Torres, a F. (2008). Eficiência do óleo de nim (*Azadirachta indica* a . Juss) no Controle de *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus , 1758) E *Myzus Persicae* (Sulzer , 1776) (Hemiptera : Aphididae) em Couve-Manteiga *Brassica oleracea* Linnaeus Var. *Acephala*. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, 75(2), 181-6.
- Chabi-Olaye, Adenirin, Schulthess, F., & Borgemeister, C. (2008). Effects of Nitrogen and Potassium Combinations on Yields and Infestations of Maize by *Busseola fusca* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Humid Forest of Cameroon. [https://doi.org/10.1603/0022-0493\(2008\)101\[90:EONAPC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0022-0493(2008)101[90:EONAPC]2.0.CO;2), 101(1), 90-98.
- Chabi-Olaye, A., Nolte, C., Schulthess, F., & Borgemeister, C. (2005). Relationships of intercropped maize, stem borer damage to maize yield and land-use efficiency in the humid forest of Cameroon. *Bulletin of Entomological Research*, 95(5), 417-427. <https://doi.org/10.1079/ber200537397>.
- Day, R., Abrahams, P., Bateman, M., Beale, T., Clottey, V., Cock, M., Colmenarez, Y., Corniani, N., Early, R., Godwin, J., Gomez, J., Moreno, P. G., Murphy, S. T., Oppong-Mensah, B., Phiri, N., Pratt, C., Silvestri, S., & Witt, A. (2017).

- Fall armyworm: Impacts and implications for Africa. *Outlooks on Pest Management*, 28(5), 196–201. https://doi.org/10.1564/v28_oct_02
- Diatte M, Brévault T, Sall-Sy D, Diarra K. 2018. Dynamique des parasitoïdes larvaires de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera : Noctuidae) dans la zone des Niayes au Sénégal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(1): 392. DOI:10.4314/ijbcs.v12i1.31.
- Dordas, C., & Damalas, C. (2011). Annual intercrops: An alternative pathway for sustainable agriculture. *Australian Journal of Crop Science*, 5(4), 396–410.
- FAO. (2018). Reduction of human health and environmental risks of pesticides used for control of fall armyworm. <http://www.fao.org/documents/card/en/c/I8320EN/>
- Felix, M., Holst, N., & Sharp, A. (2019). PestTox: An object oriented model for modeling fate and transport of pesticides in the environment and their effects on population dynamics of non-target organisms. *Computers and Electronics in Agriculture*, 166, 105022. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105022>
- Gebrezihier, H.G., Gebreazgaabher, F.G. and Berhe, Y.K., 2021. Awareness creation of smallholder farmers on and adoption of push-pull technology reduces fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) infestation on maize in Hawzien Woreda, Northern Ethiopia. *Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society*, 9(1).
- Girma H, Saliou N, Khan RZ, Nathan O, Sevgan S. 2018. Maize-Legume Intercropping and Push-Pull for Management of Fall Armyworm, Stemborers, and Striga in Uganda. *Agronomy Journal*, 110: 1–10. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2018.02.01.10>.
- Hailu, G., Niassy, S., Zeyaur, K. R., Ochatum, N., & Subramanian, S. (2018). Maize-legume intercropping and push-pull for management of fall armyworm, stemborers, and striga in Uganda. *Agronomy Journal*, 110(6), 2513–2522. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.02.0110>
- Hruska, A. J. (2019). Fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) management by smallholders. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 14. <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR201914043>.
- Kasongo Y.M. ; Roger K.V. ; Marcel M. ; Komi F. ; Jean P.K.T. ; Antoine F.N. ; Hénoch N.L. ; Adrien K.M., 2021. Détermination de la présence et du mode de gestion de la chenille légionnaire d'automne (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) par les agriculteurs des zones périphériques de l'Université de Kinshasa. *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*. 2021; 4(3), 38-45 .rafea-congo.com ISSN (Print) : 2708-7743 eISSN : 2708-5422 Dépôt légal : JL 3.01807-57259.

- Kouanda, N., 2020. Monitoring et méthodes alternatives de lutte contre *Spodoptera frugiperda* JE Smith dans la région du Centre-Ouest du Burkina Faso
- Makirita, W.E., 2020. Development of bio-pesticide for management of *spodoptera frugiperda* (je smith) and other lepidoptera pests of maize in Tanzania (Doctoral dissertation, NM-AIST).
- Mengesha, G.G., Salo, S.K., Fantaye, F.Y. and Mohammed, K.B., 2021. Geographic distribution, relative importance, and association of factors influencing fall armyworm [*Spodoptera frugiperda* (Smith)(Lepidoptera: Noctuidae)] on maize (*Zea mays* L.) in Southern Ethiopia. *International Journal of Pest Management*, pp.1-22.
- Midega CAO, Pittchar JO, Pickett JA, Hailu GW, Khan ZR. 2018. A climate adapted push-pull system effectively controls Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J E Smith), in maize in East Africa. *Crop Protection*, 105: 10–15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.11.003>.
- Midega CAO, Nyang'au IM, Pittchar J, Birkett MA, Pickett JA, Borges M, Khan ZR. 2012. Farmers' perceptions of cotton pests and their management in western Kenya. *Crop Protection*, 42: 193–201. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.07.0100>.
- Niculau, E. S., Alves, P. B., Paulo, P. C., Valéria, V. R., Matos, A. P., Bernardo, A. R., Volante, A. C., Fernandes, J. B., Da Silva, M. F. G. F., Corrêa, A. G., Blank, A. F., De C. Silva, A., & Do P. Ribeiro, L. (2013). Atividade inseticida de óleos essenciais de *pelargonium graveolens* L'Herit e *Lippia alba* (Mill) N. E. Brown sobre *spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *Quimica Nova*. 36(9): 1391-94. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422013000900020>
- Risch SJ. 1981. Insect herbivore abundance in tropical monocultures and polycultures. An experimental test of two hypotheses. *Ecology*, 61: 1325-1340. DOI: <https://doi.org/10.2307/1937296>.
- Sisay B, Tefera T, Wakgari M, Ayalew G, Mendesil E. 2019. The Efficacy of Selected Synthetic Insecticides and Botanicals against Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in Maize. *Insects*, 10: 45. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects10020045>.
- Scheidegger, L., Niassy, S., Midega, C., Chiriboga, X., Delabays, N., Lefort, F., Zürcher, R., Hailu, G., Khan, Z. and Subramanian, S., 2021. The role of *Desmodium intortum*, *Brachiaria* sp. and *Phaseolus vulgaris* in the management of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) in maize cropping systems in Africa. *Pest Management Science*, 77(5), pp.2350-2
- Sisay, B., Simiyu, J., Malusi, P., Likhayo, P., Mendesil, E., Elibariki, N., Wakgari, M., Ayalew, G., & Tefera, T. (2018). First report of the fall armyworm,

- Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), natural enemies from Africa. *Journal of Applied Entomology*, 142(8), 800–804. <https://doi.org/10.1111/jen.1253439.38>.
- Songa, J. M., Jiang, N., Schulthess, F., & Omwega, C. (2007). The role of intercropping different cereal species in controlling lepidopteran stemborers on maize in Kenya. *Journal of Applied Entomology*, 131(1), 40–49. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2006.01116.x>
- Tanyi CB, Nkongho RN, Okolle JN, Tening AS, Ngosong C. 2020. Effect of Intercropping Beans with Maize and Botanical Extract on Fall Armyworm (*Spodoptera frugiperda*) Infestation. *International Journal of Agronomy*, 2020 : 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/4618190>.
- Tchegueni, M., Tounou, A.K., Kolani, L., Tchao, M., Gnon, T., Agboka, K. and Sanda, K., 2022. Effet des associations culturales maïs-soja et maïs-manioc sur la dynamique et les dégâts de la chenille légionnaire d'automne *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) et le rendement en grains de maïs au Sud Togo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 16(4), pp.1399-1410.
- Toepfer, S., Kuhlmann, U., Kansime, M., Onyango, D.O., Davis, T., Cameron, K., Day, R., 2018. Communication, information sharing, and advisory services to raise awareness for fall armyworm detection and area-wide management by farmers. *Journal of Plant Diseases and Protection*. <https://doi.org/10.1007/s41348-018-0202-4>
- Tshaibukole, J.P.K., Khonde, G.P., Phongo, A.M., Ngoma, N., Kankolongo, A.M., Vumilia, R.K. and Djamba, A.M., 2021. Simulation of Fall Armyworm (*Spodoptera frugiperda*) Attacks and the Compensative Response of Quality Protein Maize (*Zea mays*, var. Mudishi-1 and Mudishi-3) in Southwestern DR Congo. *Open Access Library Journal*, 8(3), pp.1-14.
- Yeboah, S., Ennin, S.A., Ibrahim, A., Oteng-Darko, P., Mutyambai, D., Khan, Z.R., Mochiah, M.B., Ekesi, S. and Niassy, S., 2021. Effect of spatial arrangement of push-pull companion plants on fall armyworm control and agronomic performance of two maize varieties in Ghana. *Crop Protection*, 145, p.105612.
- Yarou, B.B., 2018. Bioefficacité d'*Ocimum* spp.(Lamiaceae) pour une gestion intégrée des ravageurs en cultures maraîchères (Doctoral dissertation, Thèse de Doctorat, Université de Liège-Gembloux Agro-Bio Tech, Belgique, 141 p).
- Yarou, B.B., Bawin, T., Boullis, A., Lognay, G., Verheggen, F. and Francis, F., 2016, December. Oviposition deterring effect of *Ocimum basilicum* L. (Lamiaceae) on *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae). In 6th Symposium of Royal Belgian Entomological Society.