



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

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

Matotiloa TCHEGUENI^{1*}, Agbéko Kodjo TOUNOU¹, Lankondjoa KOLANI¹, Manguilibè TCHAO¹, Tchein GNON¹, Komi AGBOKA¹ et Komla SANDA²

¹Laboratoire de Recherche sur les Agroressources et Santé Environnementale (LARASE), Ecole Supérieure d'Agronomie (ESA), Université de Lomé (UL). B.P. 1515 Lomé, Togo.

²Laboratoire du Centre d'Excellence en Protection Durable des Cultures, Institut Supérieur des Métiers de l'Agriculture (ISMA), Université de Kara, BP. 404 Kara-Togo.

*Auteur correspondant ; E-mail : benmatcheg@gmail.com; Tél : +228 99 64 81 03.

Received: 03-06-2022

Accepted: 20-08-2022

Published: 31-08-2022

RESUME

Spodoptera frugiperda, est un ravageur exotique du maïs qui menace la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne en général et du Togo en particulier. Dans le but de contribuer à une gestion durable du ravageur, la présente étude vise à évaluer l'effet des associations maïs- soja et maïs-manioc sur la dynamique de la population et les dégâts du ravageur. Les traitements (culture pure de maïs, de soja, de manioc, association maïs-soja, et maïs-manioc) ont été installés suivant un dispositif en blocs aléatoires complets avec quatre répétitions. Les boutures de manioc ont été mises en terre un mois avant le maïs. Le maïs et le soja ont été semés simultanément. Les associations maïs-manioc et maïs-soja ont réduit respectivement l'infestation (56 et 40%), le nombre d'amas d'œufs (50 et 25%) et de larves (57 et 43%), le taux d'attaque (45 et 34%) et les dégâts (40 et 27%) comparé à la monoculture du maïs. L'association maïs-manioc est plus efficace dans le contrôle du ravageur. En termes d'utilisation du sol, les associations maïs-soja et maïs-manioc (LER > 1) sont plus efficaces que la monoculture maïs n'entraînent pas l'amélioration des rendements du maïs. Ces associations peuvent être envisageables pour une gestion durable de *S. frugiperda*.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : *Spodoptera frugiperda*, infestation, monoculture, cultures associées, manioc.

Effect of maize-soybean and maize-cassava intercropping on the dynamics and damage of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and the yield of maize grains in southern Togo

ABSTRACT

Spodoptera frugiperda is an exotic maize pest that threatens food security in sub-Saharan Africa in general and Togo in particular. In the present study, the effect of intercropping maize with soybean and cassava on the infestation of the pest were studied. Field experiments were conducted using a device in complete random

blocks with four repetitions. Cassava were planted one month before the maize and soybeans were planted simultaneously maize. Maize-cassava and maize-soybean intercropping respectively reduced infestation (56 and 40%), the number of egg (50 and 25%), larvae (57 and 43%) and damage (40 and 27%) of *S. frugiperda* compared with the monocrop. In terms of land use, maize-soya and maize-cassava associations (LER > 1) are more efficient than monoculture but do not lead to improved maize yields. The maize-cassava association is more effective in controlling the pest. These associations may be possible for the sustainable management of *S. frugiperda*.

Keywords: *Spodoptera frugiperda*; infestation, monoculture, intercropping, cassava.

INTRODUCTION

Spodoptera frugiperda J.E. Smith (Lepidoptera : Noctuidae) est l'un des importants ravageurs du maïs introduit tout récemment en Afrique sub-saharienne (Goergen et al., 2016). C'est un ravageur polyphage avec plus de 80 espèces de plantes hôtes (Cock et al., 2017) causant des dégâts économiques substantiels aux cultures comme le maïs, le sorgho (*Sorghum bicolor* L.), le riz (*Oryza sativa* L.), le coton (*Gossypium hirsutum* L.), etc. En Afrique, le ravageur préfère plus le maïs et se nourrit des jeunes feuilles des verticilles, des épis et même de fleurs mâles et limite sérieusement le rendement du maïs (CABI, 2017).

Les méthodes de gestions couramment employées pour limiter la propagation du ravageur dans les champs de maïs sont basées principalement sur l'utilisation de pesticides chimiques de synthèse (Harrison et al., 2019). Bien qu'il existe des preuves établies sur l'efficacité de leur utilisation (Sisay et al., 2019), 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).

Des études ont montré que l'association du maïs avec les légumineuses ou le manioc permet de réduire l'infestation des ravageurs (Chabi-Olaye et al., 2005 ; Agboka et al., 2006). 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 (Midega et al., 2018 ; Girma et al., 2018 ; Tanyi et al., 2020) que dans d'autres régions du monde (CABI, 2017 ; Van

Huis, 1981 ; 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 à 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). De ce fait, l'association culturale constitue une voie prometteuse pour la gestion durable de la chenille légionnaire d'automne.

Au Togo, le maïs est souvent cultivé de façon traditionnelle en association avec d'autres cultures dont certaines ne sont pas des plantes hôtes de *S. frugiperda*. Cependant, à notre connaissance, aucune évaluation scientifique sur la contribution des espèces associées non hôtes à la gestion de la chenille légionnaire et sur le choix des espèces pouvant permettre d'optimiser la réduction des infestations de la chenille légionnaire d'automne sur le maïs n'a encore été menée. La présente étude vise à établir l'effet des systèmes de cultures associés maïs - soja et maïs - manioc sur la dynamique de population de la chenille légionnaire d'automne et les dégâts causés par celles-ci dans les conditions agroécologiques du sud du Togo.

MATERIEL ET METHODES

Site expérimental

L'essai a été réalisé à la Station d'Expérimentation Agronomique de l'université de Lomé (latitude 6°00' et 6°50'N longitude 0°25' et 2°00'E) localisé dans la

région maritime du Togo. Le climat est de type tropical humide avec une grande saison sèche de mi-novembre à fin mars ; une grande saison pluvieuse d'avril à juillet ; une petite saison sèche d'août à septembre et une petite saison des pluies d'octobre à novembre. La pluviométrie annuelle moyenne est de 1200 mm et celle mensuelle est de 189,2 mm pour une température comprise entre 18,5 et 32,8°C. Le sol est de type ferrallitique et sa composition chimique se présente comme suit : 1,87% de Matière Organique (MO), 0,15% d'Azote (N) total, 0,05% de Phosphore (P₂O₅), 0,46% de Potassium (K₂O) et de 0,01% de Magnésium (MgO) (Bissadou et al., 2012).

Description des associations culturales mises en place

Deux types d'association ont été mis en place à savoir les associations maïs-soja et maïs-manioc. Les plants ont été installés suivant un dispositif en bloc aléatoire complet comportant cinq (5) traitements (Tableau 1) et quatre répétitions (blocs) soit au total 20 unités parcelles. Les dimensions des unités parcelles sont de 4 m × 4 m pour la monoculture et de 5m × 4 m pour l'association de culture.

Deux blocs adjacents sont séparés l'un de l'autre par une allée de 1 m et au sein d'un même bloc les unités parcelles sont séparées par une allée de 1 m. Une bande de 1 m non semé est aménagé tout autour du champ expérimental.

Les unités parcelles en association comportaient deux (2) bandes de deux lignes de maïs chacune séparée par une ligne de culture associée. Le maïs et le soja ont été mis en terre simultanément à raison de trois graines par poquet suivant respectivement les écartements de 80 cm × 40cm et 75 cm×20 cm. Pour le manioc, les boutures ont été mises en terre suivant l'écartement de 100 cm × 100 cm. La reprise du manioc a été effective un mois avant le semis du maïs. Un démariage manuel a été effectué pour le maïs et le soja et a permis de maintenir deux plants par poquet après la levée.

Les travaux d'entretien ont été entrepris au besoin suite aux observations au champ. Les plants de maïs ont été fertilisés aux engrais chimiques de synthèse selon la dose recommandée en vigueur dans la région (200 kg/ha de NPK 15-15-15 et de 100 kg/ha d'urée 46% N respectivement 15 et 45 jours après semis).

Collecte des données

Les observations sont faites sur les plants de maïs, de soja et du manioc et ont porté sur la recherche d'amas d'œufs, de larves vivantes ou des déjections fraîches. Les données sont collectées sur les plants de maïs en suivant la méthodologie établie par la FAO (2018). Ainsi, la collecte des données a été réalisée en cinq points dessinant la lettre « W ». Par conséquent, à chaque point de « W », cinq (5) plants de maïs sont inspectés en observant les différentes parties, principalement les faces supérieure et inférieure des feuilles, le verticille. Au total vingt-cinq (25) plants de maïs sont prospectés par parcelle élémentaire. Pour les plants de soja et du manioc les observations sont faites sur respectivement quinze (15) et cinq (5) plants. Les dégâts foliaires occasionnés par la chenille sont évalués sur dix (10) plants par parcelle élémentaire chaque deux semaines à partir du 14^{ème} jour après semis. Les données collectées ont permis de déterminer :

Taux d'infestation

Un plant est considéré comme infesté lorsqu'on constate : la présence des amas d'œufs, de larves vivantes, des déjections fraîches et les dégâts caractéristiques sur la plante. Ainsi, par parcelle élémentaire, le taux d'infestation est calculé par rapport au vingt-cinq (25) plants prospectés. Ce taux est déterminé par la formule :

$$I(\%) = \frac{n}{N} \times 100$$

I : le taux d'infestation ; **n** : le nombre de plants infestés ; **N** : le nombre total de plants prospectés (N=25).

Niveau des dégâts

L'estimation des dégâts est faite uniquement sur les feuilles.

Pour ce faire, un pourcentage de criblage imputable à *S. frugiperda* est attribué à chaque feuille attaquée par rapport à la surface foliaire totale de la feuille. Ainsi, chaque pourcentage attribué correspond à un score (côte) sur l'échelle numérique de Davis et al. (1989) utilisée pour l'évaluation des dommages foliaires. Le niveau de dégâts d'une plante infestée est calculé selon la formule :

$$Nd = \sum_{i=1}^n (ni \cdot xi / ni) ,$$

Nd=Niveau de dégâts ; xi = côte attribuée à la feuille attaquée ; ni = nombre de feuilles ayant reçues la côte xi ; n = nombre total de feuilles du plant.

Evaluation des rendements du maïs

La détermination du rendement à l'hectare a été obtenue par extrapolation de la production de chaque parcelle élémentaire considérée comme un carré de rendement. Le rendement est calculé de la manière suivante :

$$\text{Productivité en grains (t/plant)} = \frac{\text{Masse de grains récoltés sur la parcelle utile}}{\text{Nombre de plants récoltés}}$$

Rendement en grains (t/ha)

$$= \text{Productivité en grains} \\ \times \text{Densité de peuplement}$$

Evaluation de l'efficacité des associations

Afin d'évaluer l'efficacité des différents systèmes de cultures, le facteur LER (Land Equivalent Ratio) a été calculé suivant la formule définie par Mead et Willey (1980).

$$LER = \frac{Ia}{Ma} + \frac{Ib}{Mb}$$

Avec I_a et I_b sont des rendements des cultures **a** et **b** dans la polyculture et Ma et Mb rendements des cultures **a** et **b** en monoculture. $LER > 1$, la polyculture est efficiente et $LER < 1$, la monoculture est efficiente.

Analyses statistiques

L'infestation, le nombre d'amas d'œufs, de larves, le taux d'attaque, le niveau de dégâts et le rendement ont fait l'objet d'analyse de variance (ANOVA) à l'aide du logiciel R version 4.1.0 plus précisément dans l'interface graphique RStudio et du package Rcmdr. Les moyennes ont été discriminées en utilisant le test de Tukey au seuil de 5%.

Tableau 1 : Traitements de l'essai.

Traitements	Désignation
T ₀	Monoculture du Maïs
T ₁	Monoculture du Soja
T ₂	Monoculture du Manioc
T ₃ (T _{3M})	Maïs-Soja : observations faites sur le Maïs
T ₃ (T _{3S})	Maïs-Soja : observations faites sur le Soja
T ₄ (T _{4M})	Maïs-Manioc : observations faites sur le Maïs
T ₄ (T _{4Ma})	Maïs-Manioc : observations faites sur le Manioc

RESULTATS

Effet des associations de culture sur l'infestation de *S. frugiperda*

L'infestation de *S. frugiperda* dans les différents systèmes de culture est observée uniquement sur les plants de maïs (Figure 1). Elle varie de 0 à 31% suivant les traitements et diffère significativement ($P < 0,05$) avec une forte infestation en monoculture du maïs suivie de l'association maïs-soja et de l'association maïs-manioc. Par rapport à la monoculture du maïs, les associations de cultures ont permis de réduire l'infestation de *S. frugiperda* de 40% pour maïs-soja et 56% pour maïs-manioc. Sur les plantes non hôtes, une très faible infestation a été observée sur les plants de manioc aussi bien en monoculture qu'en association avec le maïs tandis qu'aucune infestation n'a été observée sur les plants de soja en association avec le maïs ou en culture pure.

Evolution du nombre d'amas d'œufs de *S. frugiperda* par plant

Les différents systèmes de cultures ont influencé significativement ($F = 7,87$; $P < 0,0001$) la ponte de *S. frugiperda* (Tableau 2). Aucun amas d'œuf du ravageur n'a été observé sur les plants de soja en monoculture ou en association avec le maïs durant toute la période d'évaluation. Pour le manioc des amas ont été observés uniquement début de culture (14 JAS) et en milieu de culture (28 JAS) respectivement en culture pure et en association avec le maïs. Par contre, sur le maïs en monoculture comme en association avec le manioc ou le soja, des amas d'œufs ont été observés durant toute la période d'évaluation. Le nombre d'amas d'œufs observés au 14 JAS (0-0,12 amas d'œufs) et au 42 JAS (0-0,07 amas d'œufs) sur les plants de maïs des différents traitements était comparable, tandis qu'au 28 JAS (0-0,21 amas d'œuf) une différence significative a été observée avec un nombre d'amas d'œuf significativement plus élevé sur la parcelle en monoculture de maïs comparativement aux autres parcelles.

L'évaluation comparative du nombre d'amas observé sur les plants des différents traitements du 14^e JAS au 42^e JAS montre une évolution significative seulement pour

le traitement en monoculture de maïs caractérisée par une augmentation du nombre d'amas d'œufs entre le 14^e JAS et le 28^e JAS suivi d'une diminution au 42^e JAS. La variation du nombre d'amas d'œuf par plant est restée comparable pour les autres traitements dans le temps.

Evolution du nombre de larves de *S. frugiperda* par plant

Les résultats du nombre de larves de *S. frugiperda* sont présentés dans le Tableau 3. Les larves ont été observées uniquement sur les plants de maïs en culture pure comme en association avec le manioc ou le soja. Le nombre de larves par plants est significativement faible sur le maïs en association avec le manioc (0,03-0,14 larve) comparativement au système associé maïs - soja (0,10-0,20 larve) et la monoculture du maïs (0,09-0,42 larve). Pour le manioc, aucune larve n'a été observée en culture pure et en association avec le maïs bien qu'il y a eu des pontes.

L'évaluation comparative du nombre de larve observé sur les plants des différents traitements du 14^e JAS au 42^e JAS montre une évolution significative pour le traitement en monoculture de maïs caractérisée par une augmentation du nombre de larve entre le 14^e JAS et le 28^e JAS suivi d'une diminution au 42^e JAS, de même que pour le système associé maïs - manioc.

Effet des associations de culture sur le niveau de dégâts de *S. frugiperda*

L'ampleur des dommages de ravageur est évaluée par le taux d'attaques et le niveau de dégât sur les plants de maïs. Le taux d'attaque est variable selon les traitements ($F = 6,57$; $P = 0,004$). Ce taux d'attaque est comparable sur toutes les parcelles au 14^e jour après le semis. Il est par contre significatif au 28^e et au 42^e jour après le semis (Figure 2) où les attaques étaient significativement plus élevées sur les parcelles en monoculture du maïs (respectivement 62,14 et 95,71%) suivies de celle de l'association maïs-soja (respectivement 40 et 60%) et enfin de celle de l'association maïs-manioc (respectivement 35

et 45%). Entre les parcelles associées (maïs-soja et maïs-manioc) le taux d'attaque n'a été significatif qu'au 42^e jour après le semis. Sur toutes les parcelles on note une augmentation du taux d'attaque du 14^e au 42^e jour après le semis.

Le niveau moyen des dégâts foliaires occasionné par le ravageur est en général faible pour tous les traitements (Tableau 4). Cependant on observe une différence significative entre les différents traitements aux différentes périodes d'évaluation (14 ; 28 ; 42 JAS) ; de même que pour chaque traitement l'évolution du niveau de dégât dans le temps (14^e au 42^e JAS).

Au 14 JAS le niveau de dégâts comparable entre les associations maïs-manioc et maïs-soja est significativement plus réduit que celui observé sur les plants de maïs en monoculture. Au 28 et 42 JAS le niveau de dégât entre les différents traitements se situait dans l'ordre suivant maïs-manioc < maïs-soja < maïs en monoculture. Entre le 14 et le 42JAS l'évolution du niveau de dégât est significative

pour tous les traitements avec une tendance à la hausse.

Influence des associations de culture sur le rendement en grain de maïs et l'efficacité d'utilisation du sol

Le rendement en grains de maïs varie de 0,66 à 1,09 t/ha. L'association maïs-manioc a produit moins de rendement en grains de maïs comparé à la monoculture du maïs et à l'association maïs-soja. L'analyse statistique montre une différence significative entre ces systèmes de culture (F= 5,55 ; P=0,03). Les associations maïs-soja et maïs-manioc ont réduit le rendement en grains de maïs respectivement de 10 et 39%. Par rapport à l'utilisation du terrain, les systèmes de cultures associées maïs-manioc et maïs-soja ont eu des LER supérieurs à 1. Ce ratio est de 1,43 pour l'association maïs-soja et de 1,40 en faveur de l'association maïs-manioc. Cela signifie que ces associations ont été plus efficaces que la culture pure maïs.

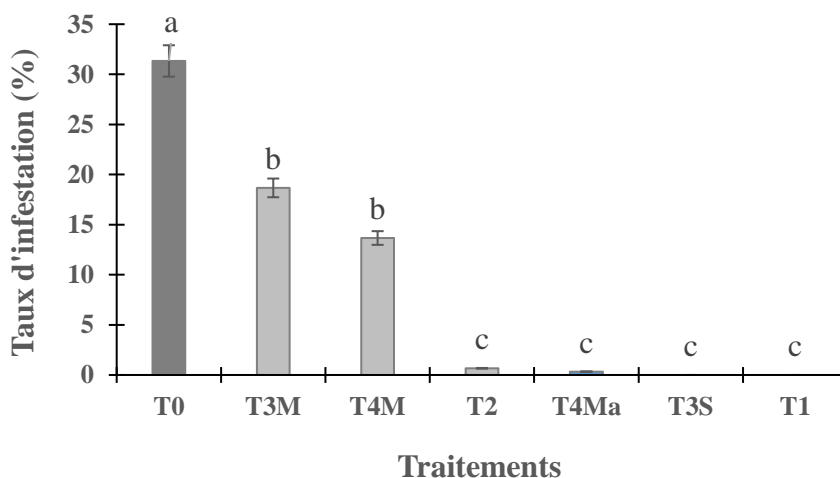


Figure 1 : Taux d'infestation suivant le système de culture.

T₀, T₁, T₂ = monoculture du Maïs, Soja, Manioc ; T₃ = Maïs + Soja (T_{3M} observations faite sur Maïs, T_{3S} observations faite sur Soja) ; T₄ = Maïs + Manioc (T_{4M} observations faite sur Maïs, T_{4Ma} observations faite sur Manioc). Sur les histogrammes, les bâtonnets portant la même lettre ne sont pas statistiquement différents au seuil de 5%.

Tableau 2 : Effet des associations de culture sur le nombre d'amas d'œufs par plant.

Système de culture	Nombre moyen d'amas d'œuf par plant					
	14JAS	28JAS	42JAS	dl	F	P
T ₀	0.12±0.04aAB	0.21±0.05aB	0.06±0.02aB	2;297	4,12	0,02
T ₁	0,00±0,00a	0,00±0,00b	0,00±0,00a	-	-	-
T ₂	0.10±0.07aA	0.00±0.00bA	0.00±0.00aA	2 ; 55	2,11	0,13
T _{3M}	0.08±0.03aA	0.13±0.04abA	0.07±0.02aA	2;297	0,43	0,65
T _{3S}	0,00±0,00a	0,00±0,00b	0,00±0,00a	-	-	-
T _{4M}	0.06±0.02aA	0.07±0.03bA	0.04±0.02aA	2;297	1,18	0,31
T _{4Ma}	0.00±0.00a	0.05±0.05b	0.00±0.00a	2;55	1,00	0,37
dl	6; 453	6; 453	6; 453			
F	2,00	5,12	1,62			
P	0,06	<0,0001	0,15			

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).

T₀, T₁, T₂ = monoculture du Maïs, Soja, Manioc ; T₃ = Maïs + Soja (T_{3M} observations faite sur Maïs, T_{3S} observations faite sur Soja); T₄ = Maïs + Manioc (T_{4M} observations faite sur Maïs, T_{4Ma} observations faite sur Manioc).

Tableau 3 : Effet des associations de culture sur le nombre de larve par plant.

Système de culture	Nombre de larve par plant					
	14 JAS	28 JAS	42 JAS	DI	F	P
T0	0.21±0.04aA	0.42±0.05aB	0.09±0.03abA	2;297	16,86	<0,0001
T1	0.00±0.00bA	0.00±0.00bA	0.00±0.00bA	-	-	-
T2	0.00±0.00bA	0.00±0.00bcA	0.00±0.00bA	-	-	-
T3M	0.10±0.03abA	0.20±0.04bA	0.11±0.03aA	2;297	2,41	0,10
T3S	0.00±0.00bA	0.00±0.00bA	0.00±0.00bA	-	-	-
T4M	0.08±0.03bAB	0.14±0.03bcB	0.03±0.02abA	2;297	4,04	0,02
T4Ma	0.00±0.00bA	0.00±0.00bcA	0.00±0.00bA	-	-	-
dl	6; 453	6;453	6;453			
F	5.93	15.33	3.47			
P	<0.0001	<0.0001	0.002			

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).

T₀, T₁, T₂ = monoculture du Maïs, Soja, Manioc ; T₃ = Maïs + Soja (T_{3M} observations faite sur Maïs, T_{3S} observations faite sur Soja); T₄ = Maïs + Manioc (T_{4M} observations faite sur Maïs, T_{4Ma} observations faite sur Manioc).

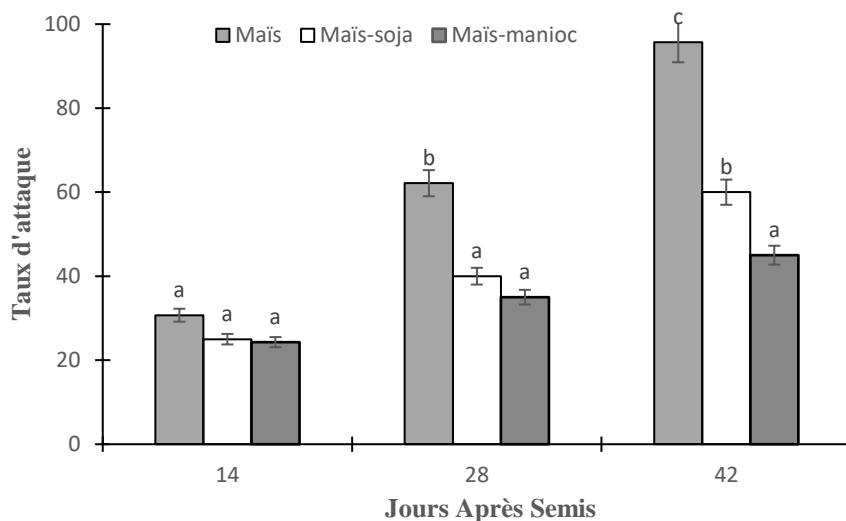


Figure 2: Taux d’attaque suivant le système de culture et le temps de collecte. Sur les histogrammes, les bâtonnets portant la même lettre ne sont pas statistiquement différents au seuil de 5%.

Tableau 4 : le niveau moyen de dégâts par traitement et par JAS.

Système de culture	Jours après semis			dl	F	P
	14	28	42			
Maïs	3,08±0,13bA	4,14±0,17cB	4,81±0,10cC	2 ; 119	41,31	<0,0001
Maïs- manioc	2,00±0,10aA	2,24±0,20aA	3,03±0,22aB	2 ; 119	8,86	<0,0001
Maïs-soja	2,06±0,14aA	3,02±0,21bB	3,68±0,18bB	2 ; 119	5,91	0,003
Dl	2 ; 119	2 ; 119	2 ; 119			
F	22,95	24,83	26,33			
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001			

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).

Tableau 5 : Rendement du maïs dans les différents systèmes de culture et LER.

Traitement	Rendement (t.ha ⁻¹)	LER
Monoculture Maïs	1,09±0,13a	-
Maïs-Soja	0,98±0,26b	1,43
Maïs-Manioc	0,66±0,15ab	1,40
Ddl	2 ; 11	
F	5,55	
P	0,03	

DISCUSSION

Les résultats de ce travail ont montré une réduction de l'infestation, du nombre d'amas d'œuf, du nombre de larves, du taux d'attaques et du niveau de dégâts dans le système de cultures associées maïs-manioc et maïs-soja par rapport au système de monoculture de maïs. Cette réduction peut s'expliquer par le fait que les systèmes de polycultures offrent diverses espèces qui dissimulent la plante hôte. Ces résultats corroborent ceux de Midega et al. (2018) en Afrique de l'Est (notamment le Kenya, Ouganda et Tanzanie) et Chabi-Olaye et al. (2005) au Cameroun. Les résultats ont également montré une absence d'attaque, de dégâts, de larves et un faible nombre d'amas d'œufs sur les cultures associées (soja et manioc) confortant l'hypothèse selon laquelle le maïs est la plante hôte de prédilection de la chenille légionnaire dans les agroécosystèmes au Togo (Koffi et al., 2020).

Bien que les deux types d'association aient eu un effet sur l'infestation de *S. frugiperda*, l'association la plus efficace est celle maïs-manioc. Cela peut être expliqué par le phénomène d'obstruction des plants de manioc qui grâce à leur biomasse énorme constitue un écran contre le déplacement des larves de premier stade souvent mobiles et passant d'un plant de maïs à un autre sous l'action du vent grâce à leurs soies (Van Huis, 1981 ; Altieri et al., 1978). Les résultats de l'étude viennent également en appui à ceux de Bach (1980) et Risch (1981) qui ont montré que la présence de cultures de grande taille peut affecter le mouvement du ravageur, réduisant ainsi son expansion sur les plantes hôtes. Pour garantir l'efficacité de ce système d'association il faut que la culture associée non hôte soit mise en place avant le semis du maïs ; comme cela a été le cas pour la présente étude expérience où les boutures de manioc ont été mises en terre un mois avant le semis de maïs pour permettre aux plants de manioc d'atteindre un stade approprié où sa

biomasse aérienne peut servir d'écran aux larves de *S. frugiperda*. Des constats similaires ont été signalés par van Huis (1981) ; Altieri et al. (1980) dans un système d'association maïs-haricot sur le même ravageur. Outre les larves, le faible nombre d'amas d'œufs observé sur les plants de maïs en culture associée peut s'expliquer par la diversité de cultures rendant ainsi difficile la localisation de la plante hôte par le ravageur ainsi que la capacité des cultures non hôtes à héberger les prédateurs et parasitoïdes de *S. frugiperda* comparativement à la monoculture. Les mêmes constats ont été faits par Khan et al. (2010) ; Agboka et al. (2006).

Cependant les faibles taux d'infestation et niveaux de dégâts constatés sur les plants de maïs en culture associée n'ont pas été corrélés avec le rendement en grains de maïs. Le rendement en grains de maïs en monoculture était supérieur à celui du maïs en association avec le manioc ou avec le soja. Belay et al. (2008), ont obtenu des résultats similaires dans le cas de l'association maïs-haricot et expliquent ce phénomène par la compétition interspécifique entre ces deux cultures. Cela peut également être dû à la compétition spatiale car l'espace occupé par la culture associée non hôte constitue une perte que pourrait occuper les plants de maïs dans le cas de la monoculture. Le taux de réduction de rendement est de 10% pour l'association avec le soja et de 39% pour celle du manioc. Cette réduction peut être compensée par un gain de production additionnelle des cultures associées que sont le soja et le manioc. Le faible rendement en grain de maïs en association avec le manioc s'explique par la compétition vis-à-vis de la lumière, car le manioc présente une taille et une biomasse aérienne beaucoup plus énorme que le maïs. En outre cela aurait été accentué par le fait qu'il a été mise en place un mois avant la culture du maïs. Néanmoins l'évaluation de l'efficacité de l'association à travers la détermination du LER montre une efficacité positive des deux types d'association

(LER >1 ; 1,40 (maïs-manioc) et 1,43 (maïs-soja)). Ces résultats sont en accord avec ceux de Chabi-Olaye et al. (2005b) et Schulthess et al. (2004).

Conclusion

La présente étude a été entreprise dans le but de contribuer à la gestion durable de la chenille légionnaire à travers les méthodes culturales. Les associations culturales maïs-manioc et maïs-soja qui ont fait l'objet d'étude ont permis de montrer de façon tangible que la polyculture peut réduire de manière significative l'infestation (40-56%) de la chenille légionnaire d'automne comparé à la monoculture. Aussi, elle permet l'utilisation efficiente de la terre (LER>1,40-1,43). Dans l'ensemble, bien que les systèmes de polycultures (maïs-manioc et maïs-soja) interviennent dans la réduction de l'infestation, ceux-ci affectent négativement le rendement en grain de maïs, qui peut néanmoins être compensé par un rendement additionnel de la culture associée. Ces types d'associations peuvent être envisageables comme stratégies de gestion durables de *S. frugiperda* dans les champs de maïs et de diversification de cultures au Togo. Par ailleurs, il est souhaitable de mettre en place des essais multilocaux avec les cultures dominantes de chaque zone agroécologique du Togo.

CONFLIT D'INTERÊTS

Les auteurs déclarent qu'aucun conflit d'intérêts relatif à ce travail ne les lie avec des personnes physiques ou morales.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

TM a conçu l'étude, a participé à la collecte des données et à la rédaction du manuscrit. GT et TM ont participé à la rédaction du manuscrit, acquisition de données et leur interprétation. KL a participé à la rédaction du manuscrit, à l'analyse statistique ainsi qu'à l'interprétation des résultats. TAK, KA et SK ont supervisés les travaux et

participé à la rédaction du manuscrit. Tous les auteurs ont lu et approuvé le manuscrit final.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Laboratoire du Centre d'Excellence en Protection Durable des Cultures de l'Université de Kara pour leurs soutiens financiers pour la réalisation de cette étude.

REFERENCES

- 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 nigricornis* Ragonot (Lepidoptera: Pyralidae). *Annales de la Société entomologique de France (N.S.): International Journal of Entomology*, **42** (3-4): 495-502. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00379271.2006.10697484>.
- 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/10.1016/0378-4290\(78\)90005-9](https://doi.org/10.1016/0378-4290(78)90005-9).
- Andow, DA. 1991. Yield loss to arthropods in vegetationally diverse agroecosystems. *Environ. Entomol.*, **20**: 1228–1235. DOI : <https://doi.org/10.1093/ee/20.5.1228>.
- Bach CE. 1980. Effects of plant diversity and time of colonization on an herbivore–plant interaction. *Oecologia*, **44** : 319–326.
- Belay D, Schulthess F, Omwega C. 2008. The profitability of maize–haricot bean intercropping techniques to control maize stem borers under low pest densities in Ethiopia. *Phytoparasitica*, **37**: 43–50.

- DOI : <https://doi.org/10.1007/s12600-008-0002-7>.
- Bissadou K D, Tchabi A, Tounou AK, Ayessom A, Gumedzoe M. 2012. Impact de la fumure organique appliquée seule et en combinaison avec une souche indigène de champignon mycorhizien arbusculaire *Glomus mosseae* sur *Meloidogyne spp*, principal nématode parasitaire de la tomate au Togo. *Journal of Applied Biosciences*, **55**: 3973–3986.
- CABI 2017. Datasheet. *Spodoptera frugiperda* (Fall Army Worm). Invasive species compendium. CABI. <http://www.cabi.org/isc/datasheet/29810>.
- 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**: 417-427. DOI: <https://doi.org/10.1079/BER2005373>.
- Cock MJW, Beseh PK, Buddie AG, Cafa G, Crozier J. 2017. Molecular methods to detect *Spodoptera frugiperda* in Ghana, and implications for monitoring the spread of invasive species in developing countries. *Scientific Reports*, **7**: 1-10. DOI : <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04238-y>.
- Davis FM, Williams WP, Wiseman BR. 1989. Methods used to screen maize and to determine mechanisms of resistance to the southwestern corn borer and fall armyworm, 101-108p.
- FAO. 2018. Gestion intégrée de la chenille légionnaire d'automne sur le maïs. Un guide pour les champs-écoles des producteurs en Afrique. Pesticides botaniques pour la gestion de la chenille légionnaire d'automne.
- 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/agronj2018.02.0110>.
- Goergen G, Kumar PL, Sankung SB, Togola A, Tamò M. 2016. First report of outbreaks of the Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), a new alien invasive pest in West and Central Africa. *PLoS ONE*, **11**(10): e0165632. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165632>.
- Harrison RD, Thierfelder C, Baudron F, Chinwada P, Midega C, Schaffner U, Van den Berg J. 2019. Agro-ecological options for fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* JE Smith) management: Providing low-cost, smallholder friendly solutions to an invasive pest. *Journal of Environmental Management*, **243**: 318–330. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.011>.
- Khan ZR, Midega CAO, Bruce TJA, Hooper AM, Pickett JA. 2010. Exploiting phytochemicals for developing a “push-pull” crop protection strategy for cereal farmers in Africa. *Journal of Experimental Botany*, **61**: 4185–4196. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erq229>.
- Koffi D, Agboka K, Adenka DK, Osaè M, Tounou AK, Anani Adjevi MK, Fening KO, Meagher L R. 2020. Maize infestation of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) within agro-ecological zones of Togo and Ghana in West Africa 3 year after its invasion. *Environmental Entomology*, **49**: 645–650. DOI: <https://doi.org/10.1093/ee/nvaa048>.
- Mead R, Willey RW. 1980. The concept of a ‘land equivalent ratio’ and advantages in yield from intercropping. *Experimental Agriculture*, **16**: 217-218. DOI:

- <https://doi.org/10.1017/S0014479700010978>.
- 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>.
- 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>.
- 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>.
- 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>.
- Van Huis A. 1981. Integrated Pest Management in the Small Farmer's Maize Crop in Nicaragua. PhD Thesis. (Wageningen), 234 p.
- Vandermeer J. 1989. The Ecology of Intercropping. Cambridge University Press: Cambridge, UK; 237 p.