

Gestion de la chenille légionnaire d'automne *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera, Noctuidae) en Afrique, cas de l'Afrique de l'Ouest: Une revue systématique des méthodes de lutte utilisées, défis et perspectives

[Management of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera, Noctuidae) in Africa, case of West Africa: A systematic review of the control methods used, challenges and perspectives]

Flavie W. TAPSOBA¹, Issoufou OUEDRAOGO¹, Omer Sacamba Aimé HEMA¹, and Antoine SANON²

¹Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Station de Farako-Bâ, Laboratoire d'Entomologie, 01 BP 910 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

²Université Joseph KI-ZERBO, Ecole Doctorale Sciences et Technologies, Laboratoire d'Entomologie Fondamentale et Appliquée (LEFA), 06 BP 9499 Ouagadougou, Burkina Faso

Copyright © 2025 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) is native to America and was first reported in several African countries in 2016. It is an insect that mainly attacks maize plants and can cause significant yield losses in the absence of protection methods. This situation poses a threat to agriculture and the economy of African countries. Given the extent of the damage and losses caused by this pest, a systematic review was carried out through literature searches. This research made it possible to collect necessary information on the biology and ecology of the armyworm. Similarly, several pest control strategies were listed in this article. Among these strategies, integrated pest management is the best control option to minimize the impact of this pest. In addition, this article reviews the challenges to be faced in the control of this pest.

KEYWORDS: pest, control strategies, integrated pest management, biology, ecology.

RESUME: La chenille légionnaire d'automne (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) est originaire de l'Amérique et a été signalée pour la première fois dans plusieurs pays d'Afrique en 2016. C'est un insecte qui attaque principalement les plantes de maïs et peut entraîner d'importantes pertes de rendement en absence de méthodes de protection. Cette situation constitue une menace pour l'agriculture et l'économie des pays africains. Au regard de l'importance des dégâts et des pertes qu'occasionne ce ravageur, une revue systématique a été réalisée à travers des recherches documentaires. Ces recherches ont permis de collecter des informations nécessaires sur la biologie et l'écologie de la chenille légionnaire. De même, plusieurs stratégies de contrôle du ravageur ont été répertoriées dans cet article. Parmi ces stratégies, la lutte intégrée s'avère la meilleure option de lutte pour minimiser l'impact de ce ravageur. En outre, cet article passe en revue les défis à relever dans la lutte contre ce ravageur.

MOTS-CLEFS: ravageur, stratégies de contrôle, lutte intégrée, biologie, écologie.

1 INTRODUCTION

La chenille légionnaire d'automne (CLA) *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) est un insecte ravageur originaire des régions tropicales et subtropicales d'Amérique. Les larves de CLA se nourrissent sur plus de 80 espèces de plantes hôtes, avec une préférence pour le maïs [1], [2]. De son aire d'origine, ce ravageur s'est répandu dans le reste du monde, notamment sur les continents africain et asiatique après 2016 [3]. L'insecte a été signalé pour la première fois en Afrique au Nigéria, à Sao Tomé, au Bénin et au Togo en 2016 [4].

La CLA est l'un des ravageurs les plus destructeurs du maïs aussi bien dans les pays en développement que dans les pays à revenu élevé comme les Etats-Unis d'Amérique [5], [6]. Aux Etats-Unis, et plus précisément au Brésil, les pertes causées par la CLA peuvent être estimées à plus de 400 millions de dollars par an [7]. En Afrique, cette chenille entraîne des pertes de l'ordre de 8,3 à 20,6 millions de tonnes de maïs chaque année en absence de méthodes de lutte efficaces [3]. Au Burkina Faso, 99% des infestations des cultures de maïs ont été attribuées à la chenille au cours de la campagne agricole 2021-2022 [8]. En plus des dommages et pertes économiques causés par les chenilles, leurs adultes qui sont des papillons ont une capacité de propagation rapide et peuvent parcourir une distance de 100 km en une nuit [1].

Pour faire face aux dégâts causés par ce ravageur, les agriculteurs font recours aux insecticides chimiques de synthèses [9]. En effet, ils utilisent plus les insecticides chimiques comparativement aux autres méthodes de contrôle dans le but d'obtenir de meilleur rendement [10] – [12]. L'une des conséquences de l'utilisation abusive des insecticides chimiques de synthèse pourrait être la résistance des insectes à ces différentes familles d'insecticides [13]. Aussi, cela peut avoir des effets néfastes sur l'environnement, la biodiversité et la santé aussi bien des utilisateurs que celle des consommateurs des produits agricoles [14] – [16]. Au regard de l'importance des dégâts causés par cette chenille et des contraintes liées à la lutte chimique, des alternatives de lutte efficaces et respectueuses de l'environnement ont été proposées. En outre, toute méthode de lutte efficace nécessite la connaissance de la bio écologie du ravageur. Cet article qui est un travail de synthèse, vise à faire l'état des lieux sur la biologie et l'écologie de la CLA, les options de sa gestion et les défis à relever dans la lutte contre ce ravageur en Afrique de l'Ouest.

2 MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE DOCUMENTAIRE

Pour retrouver les documents adéquats, des recherches ont été effectuées en utilisant le moteur de recherche Google scholar en introduisant des mots clés en lien avec le thème de l'étude. Les recherches lancées sur Google scholar ont souvent conduit vers d'autres sites (ResearchGate, HAL-AgroParisTech, Wiley Online Library, MDPI, Agritrop (CIRAD) qui ont été utilisés pour perfectionner la recherche. Les recherches ont été également faites en Anglais utilisant les mêmes mots-clés. Les documents consultés en français ou en anglais datent de 1981 à 2024. Au total, 200 documents (articles scientifiques, mémoires, livres et thèses) ont été consultés. Parmi ses documents, 130 ont été téléchargés et lus dont 99 ont été effectivement exploités dans cette revue de littérature. Tous les documents retenus ont été rassemblés en 03 groupes thématiques à savoir: (i) biologie et écologie de la chenille légionnaire d'automne; (ii) méthodes de luttés contre la chenille légionnaire; (iii) défis de la lutte contre la chenille légionnaire.

3 RÉSULTATS

3.1 GENERALITES SUR LA CHENILLE LEGIONNAIRE D'AUTOMNE

3.1.1 ORIGINE ET DISPERSION GEOGRAPHIQUE DE LA CHENILLE LEGIONNAIRE

La CLA est un insecte originaire des régions tropicales et subtropicales d'Amérique. On la trouve couramment dans les caraïbes, y compris Porto Rico [17]. L'insecte ne devient abondant dans ces états qu'à l'automne, d'où son appellation chenille légionnaire d'automne. Des Amériques, la CLA s'est ensuite répandue dans le reste du monde [18]. Détectée pour la première fois en Afrique en 2016, elle a été identifiée dans plus de 30 pays en 2018, y compris les îles comme Cap-Vert, Madagascar, et les Seychelles [2], [4]. Au Burkina Faso, la CLA a été signalée pour la première fois en Juin 2016 et en 2018, elle avait déjà atteint toutes les 13 régions du pays [19], [20]. En 2018 également, la CLA a été détectée pour la première fois dans certains pays de l'Asie comme l'Inde et la Chine où elle s'est établie et occasionne de nombreux dégâts [21] – [23]. La figure 1 présente la carte de la propagation mondiale de la CLA depuis 2016 jusqu'à 2020.

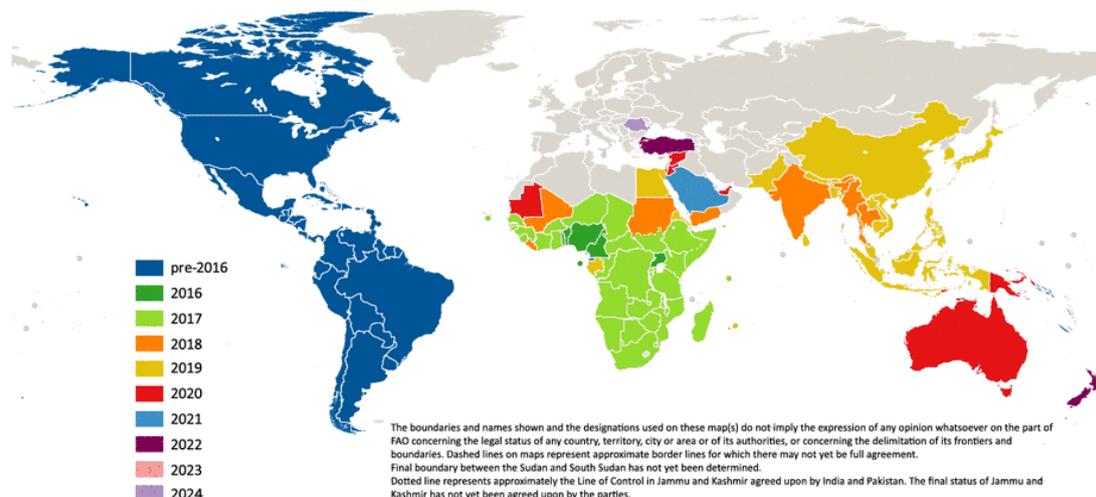


Fig. 1. Carte de la propagation mondiale de la CLA

Source: [24]

3.1.2 SYSTÉMATIQUE

La chenille légionnaire appartient à l'ordre des Lépidoptères qui constitue le troisième ordre d'insectes le plus abondant en termes de nombre d'espèces après les Coléoptères et les Diptères [25]. La superfamille des Noctuoidea comprend 6 familles: les familles des Oenosandridae, des Notodontidae, des Erebidae, des Euteliidae, des Nolidae et des Noctuidae. La famille des Noctuidae comprend 1089 genres et 11772 espèces [25]. Les références [26], [27], montrent la position systématique de la CLA comme suit:

Règne: Animal
Embranchement: Arthropoda
Sous embranchement: Hexapoda
Classe: Insecta
Ordre: Lepidoptera
Superfamille: Noctuoidea
Famille: Noctuidae
Genre: *Spodoptera*
Espèce: *Spodoptera frugiperda*

3.1.3 DESCRIPTION ET CYCLE BIOLOGIQUE

La légionnaire d'automne est une espèce qui présente plusieurs générations et elle est polyphage. Cet insecte est capable de réaliser son cycle de vie sur plusieurs espèces végétales et se nourrit également d'une multitude d'espèces de plantes [2]. La durée de son cycle de vie et le nombre de générations par an varient principalement en fonction de la température [28]. En Amérique, le cycle de vie de la CLA est de 30 jours environ (température quotidienne de ~28°C) pendant les mois chauds d'été, mais peut aller jusqu'à 60-90 jours au moment des températures les plus basses [2]. En Afrique et plus particulièrement en Afrique de l'Ouest, des études ont montré que le cycle de vie de la CLA est compris entre 30 et 52 jours [29], [30]. Quatre stades constituent le cycle de vie de la CLA (Planche 1).

3.1.3.1 STADE ŒUFS

Les œufs couverts d'écailles grisâtres sont vert pâle ou blanc au début de la ponte et deviennent bruns clairs ou bruns avant l'éclosion [13], [31]. Ils sont pondus à la surface des feuilles le plus souvent en amas de 100-200 œufs et une femelle peut pondre environ 1500 œufs avec un maximum de plus de 2000 œufs [2]. L'œuf mesure environ 0,4 mm de diamètre et 0,3 mm de hauteur. En Côte d'Ivoire, les travaux de [30] ont révélé que les œufs mesuraient entre 0,60 mm de diamètre et 0,70 mm

de hauteur. La durée du stade œuf varie de 2 à 10 jours selon la température [32]. La référence [13] montre que la durée du stade œufs est de 2-3 jours lorsque la température est comprise entre 20-30°C. Des résultats similaires ont également été rapportés au Burkina Faso, au Sénégal et en Côte d'Ivoire [29], [30], [33].

3.1.3.2 STADE LARVAIRE

La chenille légionnaire a généralement six stades larvaires parfois cinq ou sept [34], [35]. Cette variation du nombre de stade larvaire peut être lié à plusieurs facteurs comme la température, la photopériode, la qualité et la quantité de nourriture, l'humidité, l'hérédité, etc [36]. En témoigne les études menées par [35] qui ont fait varié les conditions d'élevage notamment la température et ont trouvé que le nombre de stade larvaire diffèrent en fonction de la température.

A l'éclosion, les jeunes larves sont de couleurs verdâtres, avec une tête noire et présentent des lignes noires et des taches sur le corps [2], [34]. Cependant, les chenilles âgées (stades L4, L5 et L6) sont caractérisées par une forme d'Y inversé en jaune sur la tête, des pinacules dorsales noires avec de longues soies primaires (deux de chaque côté de chaque segment dans la zone dorsale pâle) et quatre taches noires disposées en carré sur le dernier segment abdominal [34]. La durée de la phase larvaire est d'environ 14 jours pendant les mois chauds d'été et 30 jours pendant la période glaciaire [2]. Les études réalisées en Côte d'Ivoire ont montré une durée des stades larvaires de $24,63 \pm 5,41$ jours sur la plante du maïs dans les conditions de température de $24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ et d'humidité relative de 70-80% [30]. Au Burkina Faso la durée des stades larvaires sur la plante de maïs a été de $37,45 \pm 2,65$ jours à une température comprise entre $25,6-26,7^{\circ}\text{C}$ et à une humidité relative de 66,5-75,2% [29]. Cependant, au Sénégal, la durée du stade larvaire sur la plante de maïs a été de 12,40 jours dans les conditions de température de $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ et d'humidité relative de 70% [33]. La durée du stade larvaire étudiée au Sénégal sur d'autres cultures a été de 12,93 jours et 13,46 jours respectivement pour le Sorgho et le mil à $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ et à $70\% \pm 10\%$ [33].

3.1.3.3 STADE CHRYSALIDE

Le stade chrysalide de la CLA se déroule généralement dans le sol, à une profondeur de 2 à 8 cm [13]. Lorsque le sol est compact, la chenille se chrysalide au niveau des débris de feuilles. Cependant, elle peut devenir chrysalide dans la corné du maïs ou dans l'aisselle des feuilles [37]. Les chrysalides de couleurs brunes sont plus courtes que les larves matures (1,3-1,5 cm chez les mâles et 1,6-1,7 cm chez les femelles) avec une durée du stade d'environ 8 à 9 jours [13]. Ces résultats sont confirmés en Côte Ivoire, au Sénégal et au Burkina Faso [29], [30], [33].

3.1.3.4 STADE ADULTE

Les adultes sont des papillons nocturnes de couleur brune [2]. L'adulte mâle de la CLA a une longueur de 1,6 cm et une envergure de 3,7 cm tandis que l'adulte femelle mesure 1,7 cm de long avec une envergure de 3,8 cm. Les ailes antérieures sont plus sombres chez le mâle avec des marques sombres et des bandes pâles et grises à gris-brun chez la femelle. Les ailes postérieures sont d'un irisé blanc argenté avec une bordure sombre étroite chez les deux sexes [2], [38]. Les adultes vivent en moyenne 10 jours avec une activité d'accouplement qui a lieu entre 18h00 et 4h00 [39].



Œufs de la CLA



Y renversé sur la tête de la CLA



Quatre taches noires disposées en carrée sur le dernier segment abdominal de la CLA



Chrysalide de la CLA



Mâle de la CLA



Femelle de la CLA

Planche 1: Différents stades du cycle de vie de la chenille légionnaire d'automne (CLA)

Source: [40]

3.1.4 DEGATS ET PLANTES HOTES DE LA CHENILLE LEGIONNAIRE D'AUTOMNE

La référence [41] montre que les larves de la CLA s'attaquent à 353 espèces de plantes réparties dans 76 familles principalement les Poaceae (106), les Asteraceae (31) et les Fabaceae (31). Elles causent des dégâts importants aux graminées cultivées d'importance économique notamment le maïs, le riz, le sorgho, la canne à sucre, mais aussi les légumes et le coton [34]. Les larves attaquent pratiquement toutes les parties du maïs [42]. Leurs dégâts se résument à la défoliation et les jeunes larves s'alimentent en laissant des sortes de petites fenêtres sur ces feuilles [38]. Quant aux larves plus âgées, elles se nourrissent surtout de la région basale du verticille et peuvent sectionner la base des jeunes plantes de moins de 30 jours [40]. Au cours des stades de développement plus avancés du maïs, ce sont les organes reproducteurs et les épis du maïs qui sont attaqués. Les larves entrent dans les épis par le côté et parfois par l'extrémité et peuvent rendre ces derniers vulnérables aux aflatoxines [43]. Les dégâts de la chenille sont également observables en saison sèche sur les cultures de contre saison car l'insecte se développe tant que les conditions du milieu sont favorables [34]. Cet constat a été fait par [44].

3.1.5 IMPACT ÉCONOMIQUE DE LA CHENILLE LEGIONNAIRE D'AUTOMNE SUR LE MAÏS

Les dégâts de la chenille légionnaire sur les différentes parties du maïs peuvent entraîner une baisse de la qualité des produits agricoles et des pertes de rendement consécutives [28]. La référence [45] montre qu'aux Etats-Unis, les infestations durant le stade de développement du maïs allant du milieu à la fin du cycle peuvent entraîner des pertes de rendement de 15

à 73% lorsque 55 à 100% des plantes sont infestés. Au Brésil, les pertes liées à la CLA peuvent être estimées à plus de 400 millions de dollars par an [7]. Une étude menée sur la CLA en Afrique a indiqué que cet insecte pouvait entraîner des pertes de rendement de maïs allant de 8,3 à 20,6 millions de tonnes par an, en l'absence de toute méthode de lutte pour seulement 12 grands pays producteurs africains de maïs [3]. En Afrique de l'Ouest, le même constat est fait et en août 2016, 30 000 à 40 000 ha de maïs ont été détruits dans les régions du Nord Bénin [46]. Au Nigéria, au Sénégal, au Niger et en Côte d'Ivoire, on note également des pertes importantes dues à l'infestation de cet insecte [33], [46], [47]. Au Ghana, la perte moyenne de maïs a été estimée à 177 millions de dollars US en 2018 [48]. Au Togo, les coûts de production d'un hectare de maïs ont considérablement augmenté et sont passés de 171 511 à 246 407 F CFA à cause des dépenses supplémentaires liées à la gestion du ravageur [49]. Le Burkina Faso a noté environ 99% des infestations de cet insecte au 31 Août 2021 (sur 28 348 ha de maïs infestés au total, 28 198 ha sont attribuables à la chenille légionnaire d'automne) [8].

3.2 METHODES DE LUTTE CONTRE LA CHENILLE LEGIONNAIRE

3.2.1 MÉTHODE CULTURALE

La méthode culturale comprend essentiellement les périodes de culture, l'utilisation de variétés résistantes, les rotations culturales, les associations végétales et le désherbage régulier des champs de maïs [10]. La période de culture la plus recommandée est le semis précoce du maïs en utilisant des variétés précoces afin d'éviter de fortes infestations par la chenille. En effet, un semis précoce après les premières pluies permet généralement de meilleures conditions de croissance pour le maïs [9]. C'est le cas des agriculteurs du Bénin et du Burkina Faso qui utilisent cette technique de lutte culturale dans leur champ pour éviter les fortes infestations de la CLA [10], [50]. L'utilisation de variétés de maïs tolérantes ou résistantes à la chenille légionnaire est également conseillée pour son contrôle car elles offrent un moyen pratique et économique de minimiser les pertes de récoltes dues au ravageur. Ainsi, en raison de leurs avantages visibles, mais également par le fait qu'elles nécessitent moins d'applications de pesticides que les variétés sensibles à la CLA, les variétés résistantes ont été facilement adoptées par les agriculteurs [51] – [53]. En témoignent les agriculteurs Burkinabè dont 42 % utilisent des variétés résistantes/tolérantes à la CLA [10]. Quant à la rotation culturale, elle consiste à alterner les cultures hôtes et non hôtes de la chenille légionnaire dans le même champ. Elle permet de ce fait une diversification de l'environnement agricole tout en améliorant les conditions de croissance de la plante et en augmentant la résistance aux ravageurs [2]. Cette technique de lutte est utilisée par les producteurs Burkinabè, Sénégalais et Béninois pour lutter contre la CLA selon les enquêtes menées par [10]. Le désherbage régulier des champs de maïs est également utilisé au Burkina Faso, au Sénégal, au Bénin et en RD Congo. Au Kenya, la technologie push-pull qui est une association culturale a été utilisée contre les foreurs de tige et également contre la chenille légionnaire [1]. Elle désigne différentes stratégies de contrôle des insectes ravageurs des cultures [54], [55]. Ces stratégies de contrôle sont basées sur l'utilisation de divers types de stimuli, qui visent à modifier le comportement des insectes ravageurs et/ou des auxiliaires, afin de contrôler leur distribution et leur abondance dans les cultures [55]. Selon les mêmes auteurs, plusieurs types de stimuli répulsifs peuvent être utilisés pour les éloigner (« push ») des cultures. Simultanément, des stimuli d'attraction peuvent être utilisés pour attirer (« pull ») ces insectes ravageurs vers d'autres ressources qui se trouvent hors des cultures. Les cultures associatives généralement utilisées dans la technologie push-pull contre la CLA concernent surtout le genre *Desmodium* qui est utilisé comme plante répulsive et *Bracharia* comme plante attractive [56]. Cette technologie n'est pas encore utilisée dans les pays enquêtés par [10] excepté le Burkina Faso et le Sénégal où les agriculteurs utilisent cette méthode de lutte.

3.2.2 LUTTE CHIMIQUE

L'invasion de la chenille légionnaire a entraîné l'utilisation d'un grand nombre d'insecticides chimiques en Afrique [10], [50], [57] – [59]. La plupart de ces insecticides utilisés en Afrique figurent parmi ceux auxquels le ravageur a développé des résistances en Amérique [3], [60]. En Afrique de l'Ouest, les insecticides utilisés contre la CLA concernent surtout ceux de la famille des Organophosphorés, Pyréthriinoïdes qui agissent par contact et inhalation [10], [12], [42], [46], [59]. Il y'a aussi la famille des Neonicotinoïdes, Indoxacarbe et Avermectins [10], [12], [61]. Ainsi, de nombreux insecticides appartenant à ces différentes familles ont été homologués au Ghana, au Bénin et au Burkina Faso pour mieux contrôler la chenille légionnaire [11], [12], [50], [58], [59] (tableau I). Une étude menée par [42] au Burkina Faso sur les matières actives Méthomyl, Chlorpyrifos-ethyl, Deltaméthrine, Lambda-cyhalothrine, Émamectine benzoate, Abamectine et *Bacillus thuringiensis* a montré que les matières actives Emamectine benzoate, Méthomyl et Chlorpyrifos-ethyl sont plus efficaces que les autres matières actives testées. Une autre étude menée par [57] au Bénin a montré l'efficacité de l'Emamectine benzoate par rapport à l'Indoxacarbe, la Lambda-cyhalothrine et l'Acétamipride. Toutefois, la lutte chimique devrait être une solution de dernier recours et l'utilisation des insecticides chimiques devrait respecter l'alternance des groupes d'insecticides à mode d'action différent pour éviter des cas de résistance [13].

Tableau 1. Insecticides homologués au Ghana, au Bénin et au Burkina Faso pour lutter contre la CLA

Pays	Noms commerciaux	Matières actives	Classe OMS	Source
Ghana	Eradicoat T	Maltodextrine (283g/l)	III	[58]
	Emacot 50WG	Émamectine benzoate (50g/l)	II	
	Emacot 19 EC	Émamectine benzoate (19g/l)	III	
	Conquest C 176 EC	Acetamipride (32g/l) + Cyperméthrine (144g/l)	II	
	Viper 46 EC	Acétamipride (16g/l) + Indoxacarbe (30g/l)	II	
	K-Optimal	Lambda-cyhalothrine (15g/l) + Acetamipride (20g/l)	II	
	Thunder 145 O-TEQ	Imidaclopride (100g/l) + Betacyfluthrine (45g/l)	II	
Bénin	Thalis FTE 112 EC	Emamectine benzoate (48g/l) + Acetamipride (64g/l)	III	[50]
	Pacha 25 EC	Lambda-cyhalothrine (15g/l) + Acétamipride (10g/l)	II	
	Lambdaf plus 25 EC	Lambda-cyhalothrine (25g/l)	III	
	Emacot 019 EC	Emamectine benzoate (19g/l)	III	
Burkina Faso	Emacot 50WG	Émamectine benzoate (50g/l)	II	[11], [12], [59]
	Lambda Power	Lambda-cyhalothrine (25g/l)	II	
	K-Optimal	Lambda-cyhalothrine (15g/l) + Acetamipride (20g/l)	II	
	Tamega	Deltaméthrine (25g/l)	II	
	Cypercal 50 EC	Cyperméthrine (50g/l)	III	
	Avaunt 150 EC	Indoxacarbe (150g/l)	III	
	Conquest C 176 EC	Acetamipride (32g/l) + Cyperméthrine (144g/l)	II	
	Savahaler	Méthomyl (250g/kg)	II	
	Sunpyrifos 48% EC	Chlorpyrifos-ethyl (480 g/l)	II	
	Abalone 18 EC	Abamectine (18g/l)	II	
Duel CP 186 EC	Cyperméthrine ((36g/l) + Profenofos (150g/l)	II		

3.2.3 LUTTE MÉCANIQUE

C'est une option de gestion très importante pour les petits producteurs en Afrique basée sur l'expérience des petits producteurs dans les Amériques. Elle consiste à visiter les champs très régulièrement et d'écraser les masses d'œufs et les jeunes larves à l'aide des doigts [1]. Selon la même référence, les agriculteurs doivent visiter leurs champs deux fois par semaine pendant le stade végétatif, en particulier pendant les périodes de forte ponte de la CLA, et une fois par semaine ou tous les 15 jours dans les stades ultérieurs afin de détruire le maximum d'œufs et larves de la chenille légionnaire. Cependant, cette option de lutte s'avère chronophage et un peu fastidieux [11].

3.2.4 CONNAISSANCES ENDOGENES UTILISEES CONTRE LA CHENILLE LEGIONNAIRE D'AUTOMNE

Plusieurs substances disponibles localement sont couramment utilisées par les petits producteurs pour tenter de lutter contre la CLA. Il s'agit de l'application de détergents, du savon, de l'urine, de l'huile, du sel, du sable, de la cendre et du pétrole [50], [62]. Certains petits producteurs additionnent même certaines de ses substances aux pesticides botaniques pour plus d'efficacité [50].

3.2.5 LUTTE BIOLOGIQUE

La lutte biologique se définit comme étant l'utilisation d'organismes vivants ou de leurs produits pour lutter contre d'autres organismes jugés nuisibles [63]. D'une manière générale, les lépidoptères nuisibles présents dans les systèmes de culture ont des ennemis naturels qui régulent leurs populations [64]. La chenille légionnaire d'automne possède également de nombreux agents de lutte biologique ou ennemis naturels tel que les insectes prédateurs, les parasitoïdes et les entomopathogènes (champignons, virus, bactéries). Ces ennemis naturels peuvent être actifs pendant toutes les phases de développement de la chenille légionnaire à savoir l'œuf, la larve, la chrysalide et l'adulte. [1], [13]. Les ennemis naturels de la CLA peuvent réduire de manière substantielle les populations de la chenille et, par conséquent, les dégâts provoqués par elle [1]. Malgré l'introduction relativement récente de la CLA sur le continent africain, de nombreuses études menées en Afrique ont déjà

abordé la question sur les agents de lutte biologiques [65] – [68]. Une étude menée au Sénégal par [67] a permis d'identifier des parasitoïdes et des prédateurs de la chenille légionnaire sur la plante de maïs appartenant à 17 familles. Un nématode endoparasite avec un taux de parasitisme de 38,46% a également été identifié. Des études menées au Ghana et au Bénin ont permis aussi d'identifier quelques espèces de parasitoïdes telles que *Telenomus remus* Dixon, *Chelonus bifoveolatus* Szépligeti, *Coccygidium luteum* (Brullé), *Cotesia icipe* Fernandez-Triana and Fiaboe, *Meteoridea cf. testacea* (Granger), *Charops sp* et *Drino quadrizonula* (Thomson). *Telenomus remus* Dixon est un parasitoïde des œufs, *Chelonus bifoveolatus* Szépligeti est un parasitoïde ovo-larvaire, *Meteoridea cf. testacea* (Granger) est un parasitoïde de pupes. Les autres espèces sont des parasitoïdes de larve uniquement [68]. Au Burkina Faso, les principaux parasitoïdes larvaires inféodés à la CLA sont *C. luteum* (Brullé), *Ch. bifoveolatus* (Szépligeti), *Charops sp* et *Drino sp* [69]. Au Togo, des études menées par [66] ont également identifié plusieurs parasitoïdes dont la plupart ont déjà été identifiés au cours de l'étude menée par [68] au Ghana et au Bénin. Toutefois, [66] a identifié également des prédateurs dont les principaux sont *Orius insidiosus* (Dire), *Peprius nodulipes* (Signoret), *Zelus renardii* (Kolenati), *Cheilomenes sulphurea* (Olivier), *Coccinella septempunctata* (Linnaeus), *Euborellia annulipes* (Burr), *Forficula auricularia* (Linnaeus), *Forficula senegalensis* (Audinet-Serville), *Pheidole megacephala* (Fabricius), *Chrysoperla carnea* (Stephens), *Mantis religiosa* (Linnaeus).

La référence [70] montre que la chenille légionnaire est sensible à au moins 16 espèces d'entomopathogènes. Parmi ces espèces, *Bacillus thuringiensis*, *Metarhizium anisopliae* et *Beauveria bassiana* peuvent entraîner une mortalité importante de la population de la CLA minimisant ainsi la défoliation dans les cultures.

3.2.6 UTILISATION DES PESTICIDES BOTANIQUES

L'utilisation des pesticides botaniques dans le contrôle des insectes ravageurs des cultures constitue une alternative à l'utilisation abusive des pesticides chimiques de synthèse [71]. Depuis l'introduction de la CLA, des extraits de nombreuses plantes pesticides ont été testés en Afrique de l'Ouest dont principalement *Azadirachta indica* A. Juss (neem), *Cassia nigricans* Vahl. (Cassia noire), *Parkia biglobosa* (Jacq) G. Don (nééré), *Capsicum annum* L. (Poivron), *Cleome viscosa* L. (Cleome visqueux). *Vernonia amygdalina* (Protá) (Vernonie) [50], [72], [73]. Parmi ces plantes, le neem est la plus utilisée. Ainsi, au Bénin [74] a comparé l'efficacité de PlantNeem (huile des graines de *Azadirachta indica*) et deux insecticides chimiques de synthèse, Lambda 25 EC (Lambda-cyhalothrine 15g/l + Acétamipride 10g/l) et Viper 46 EC (Indoxacarbe 30g/l + Acétamipride 16g/l) sur la CLA en condition de terrain. Les résultats obtenus ont montré que PlantNeem a induit un meilleur contrôle des populations de la CLA et vient en seconde position après Viper 46 EC. Par ailleurs, Plantneem a entraîné une réduction de perte en rendement compris entre 42,8% et 57%. De même des études menées par [75] sur des produits biorationnels (savons, détergents, terre de diatomées, huile de neem) et un insecticide chimique (Emamectine benzoate) ont montré que les produits biorationnels ont fourni une lutte similaire et, dans certains cas, ont été meilleurs que l'insecticide Emamectine benzoate. Au Burkina Faso, [29], [73] ont montré l'efficacité de l'huile de neem sur les jeunes larves de la CLA avec un taux de mortalité atteignant 100% pour les stades larvaires L1 et L2 en condition de laboratoire. Également les travaux réalisés par [76] ont montré l'efficacité de l'huile de neem sur la CLA.

3.2.7 LUTTE INTÉGRÉE

Il est conseillé d'envisager une approche intégrée contre la CLA car il s'avère difficile de contrôler ce ravageur avec une seule méthode de contrôle [77]. La lutte intégrée contre la CLA consiste à considérer de manière attentive toutes les techniques de luttés disponibles contre le et/ou les ravageurs et de l'intégration ultérieure de toutes les mesures appropriées qui découragent le développement des populations de ravageurs [1]. La lutte intégrée doit perturber le moins possible les agroécosystèmes tout en encourageant les mécanismes naturels de lutte contre les ravageurs et en maintenant la présence des organismes nuisibles en dessous du seuil de dommages économiques [1], [13]. Pour mettre en œuvre la lutte intégrée dans le champ des producteurs, il faut la compléter par une surveillance efficace, la culture de plantes saines dans un écosystème sain, la conservation des ennemis naturels et la formation des agriculteurs pour qu'ils deviennent des experts dans leurs domaines [1], [77].

En Afrique, plusieurs méthodes de contrôles ont été mise en place pour diminuer la population de ce ravageur dans les champs [12], [58], [59], [68], [69], [74]. Au Burkina Faso également, plusieurs méthodes de lutte sont utilisées pour lutter contre cet insecte dans les champs de maïs [10]. Également, la référence [10] montre qu'il existe trois catégories de méthodes de gestion indigènes contre la CLA à savoir les approches physiques, culturelles et chimiques.

3.3 DÉFIS DE LA LUTTE

3.3.1 DISPONIBILITE ET NORMES D'UTILISATION DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES

L'utilisation et la gestion des produits phytosanitaires sont régies par plusieurs réglementations ou lois dans l'espace CILSS-CEDEAO-UEMOA [78]. La référence [78] montre également que ces réglementations ou lois s'appliquent tant pour l'homologation que pour la mise en circulation et la gestion des produits phytosanitaires. Les réglementations communes sur l'homologation des pesticides en Afrique de l'Ouest sont:

- La Résolution N° 8/34/CM/99 relative à la révision de la Règlementation commune du CILSS sur l'homologation des pesticides dans les Etats membres du CILSS;
- Le Règlement C/REG.3/05/2008 portant harmonisation des règles régissant l'homologation des pesticides dans l'espace CEDEAO;
- Le Règlement C/REG/02/06/12 relatif aux attributions, à l'organisation et au fonctionnement du Comité Ouest Africain d'Homologation des Pesticides (COAHP);
- La Signature de l'accord tripartite: CEDEAO, CILSS, UEMOA en Septembre 2017 [78].

Toutefois, chaque pays de l'espace CILSS-CEDEAO-UEMOA pris individuellement, présente des faiblesses pour assurer une homologation conforme aux standards internationaux [79]. Selon la même référence, cela est dû à la non harmonisation des règles régissant l'homologation et la gestion des pesticides dans ces trois organisations. Ces faiblesses ou difficultés se ressentent aussi à l'échelle des producteurs qui utilisent souvent des produits phytosanitaires non homologués dans ces pays [79] – [81]. Ce qui peut compliquer la gestion des ravageurs dans ces différents pays.

Outre l'utilisation des insecticides non conventionnels, les producteurs utilisent aussi des produits phytosanitaires autorisés ou homologués pour lutter contre les nuisibles des cultures. En 2023, le Comité Sahélien des Pesticides (CSP) a mis à la disposition des pays membres du CILSS 546 produits commerciaux à savoir les insecticides, les acaricides, les fongicides, les nématicides, les herbicides, les produits de traitement des semences et des stocks ainsi que les pesticides à usage domestique [82]. Cependant l'usage des produits phytosanitaires est fait souvent de manière abusive. En effet, les producteurs utilisent des doses supérieures à celles recommandées sur les étiquettes pour obtenir de meilleurs rendements [15], [16]. Les références [15], [16] montrent également que ces pratiques peuvent entraîner d'énormes conséquences tant pour les producteurs, les consommateurs que pour les insectes ravageurs et bénéfiques. En plus, il faut noter que les producteurs utilisent les mêmes substances actives pour traiter plusieurs cultures, ce qui constitue un potentiel élevé pour le développement d'une résistance [15]. Ainsi, hors mis le fait que le cotonnier et certaines cultures maraichères ont des ravageurs communs, les producteurs ont tendance à utiliser les mêmes produits formulés sur plusieurs cultures (cotonnier, cultures maraichères, canne à sucre etc.) sans se soucier des conséquences pour les consommateurs [15], [81]. Avec l'arrivée de la chenille légionnaire, le premier recours a été l'utilisation des insecticides tout venants comprenant ceux formulés sur le coton avant de trouver des produits formulés contre cette chenille [57], [83].

3.3.2 BONNES PRATIQUES AGRICOLES DE PRODUCTION

La référence [1] montre qu'une bonne gestion des ravageurs nécessite l'adoption de bonnes pratiques agricoles au niveau de la culture. Le concept de bonnes pratiques agricoles repose sur l'application des connaissances disponibles à l'utilisation des ressources naturelles de manière durable afin d'obtenir des produits alimentaires et non alimentaires sûrs et sains, tout en parvenant à la viabilité économique et à la stabilité sociale [84]. Elles impliquent l'utilisation de semences de qualité, le respect des itinéraires techniques et une bonne protection des cultures [85]. Dans le cadre de la lutte contre la CLA en Afrique, des campagnes d'information et de formation des agriculteurs ont été réalisées avec la collaboration des autorités locales, les services nationaux de vulgarisation agricole, les champs écoles des producteurs, les cliniques Plantwise pour la santé des végétaux et les médias locaux [31]. Cependant, des études ont montré que les producteurs rencontrent toujours des difficultés dans la gestion du ravageur surtout au niveau phytosanitaire [49]. Ces difficultés se traduisent par la non maîtrise des conditions d'application des produits. Ce qui fait que souvent pour un même produit, on assiste à la variation de l'efficacité sur la même culture [49], [60]. Le même constat est observé au niveau du cotonnier dont les producteurs rencontrent des difficultés dans le respect des règles lors de l'implantation et de la conduite de la culture. Ces difficultés se rencontrent aussi principalement au niveau de la protection phytosanitaire avec la non maîtrise des dates de début de traitement et de l'intervalle de temps entre les différents traitements ainsi que le dosage des produits utilisés [86], [87].

3.3.3 EFFICACITE DANS LE TEMPS ET L'ESPACE DES PRODUITS CHIMIQUES

L'usage des produits chimiques dans le domaine agricole demeure la méthode la plus utilisée dans la lutte contre les organismes nuisibles des cultures en raison de leurs efficacités et de leurs effets positifs sur l'augmentation des rendements [15], [16]. L'utilisation à long terme des pesticides entraîne la création de souches résistantes. Aussi, les mauvaises pratiques phytosanitaires (non-respect des doses prescrites, non-respect des règles de protection et d'hygiène conseillées lors des traitements, mauvaise gestion des emballages vides des pesticides) sont à l'origine de sélection de souches de bio-agresseurs résistantes aux pesticides [88] – [90]. La référence [2] montre que ces mauvaises pratiques causent également des dommages aux populations d'insectes bénéfiques aux cultures. De plus, plusieurs études ont montré que la généralisation et la surutilisation répétée des produits chimiques sur les bio-agresseurs se traduit le plus souvent par une baisse de l'efficacité de ces produits. Ce qui entraîne la sélection d'individus résistants [89], [91] – [93].

Le phénomène de résistance des bio-agresseurs aux pesticides ne date pas d'aujourd'hui. Le premier cas de résistance à un insecticide organique, le DDT, a été décrit chez la mouche domestique en 1947 [94]., Selon les études menées par [95], il existe 168 espèces d'arthropodes d'intérêt médical ou vétérinaire et 260 espèces intéressant l'agriculture résistantes à au moins un insecticide. En 1995, à peu près 500 espèces nuisibles d'arthropodes avaient déjà développé une résistance à un ou plusieurs pesticides en raison d'applications répétées [96]. La référence [97] montre qu'en 2014, 586 espèces d'insectes et acariens connus au niveau mondial présentaient des cas de résistances à des matières actives. La référence [97] montre également que dans cette liste, les insectes ayant développé des résistances à plus de 90 insecticides sont entre autres l'aleurode du tabac, *Bemisia tabaci* (Gennadius), le doryphore de la pomme de terre, *Leptinotarsa decemlineata* (Say), le puceron vert du pêcher, *Myzus persicae* (Sulzer) et la fausse-teigne des crucifères, *Plutella xylostella* (Linnaeus). A la suite de ces insectes, *Spodoptera littura* qui a déjà développé de la résistance à 38 insecticides et *Spodoptera frugiperda* à toutes les classes d'insecticides utilisés couramment dans l'agriculture [3], [13], [97]. La référence [98] montre que le développement de la résistance n'est pas uniquement lié à l'utilisation des produits chimiques, mais peut être lié aussi à d'autres facteurs comme le bagage génétique, la biologie et l'écologie de l'espèce nuisible.

Les individus résistants présentent des mécanismes très divers dont le résultat ultime est de diminuer l'action toxique du produit considéré [99]. On distingue essentiellement trois types de mécanismes de résistance qui se traduisent par des modifications comportementales, physiologiques et biochimiques:

- La résistance comportementale: s'observe au niveau de l'insecte qui présente un comportement différent, empêchant le toxique d'agir;
- La résistance physiologique: s'exprime au niveau des tissus et organes; elle est caractérisée par une diminution de la pénétration ou par une augmentation de l'excrétion des insecticides;
- La résistance biochimique: elle se situe au niveau cellulaire; consiste d'une part, en une augmentation de l'activité enzymatique des systèmes de détoxification et d'autre part, en une diminution de l'affinité des sites d'action vis-à-vis des insecticides [92], [99].

La connaissance de ces mécanismes de résistance permet d'envisager comment celle-ci apparaît pour un composé particulier et comment elle s'étend à un nombre de plus en plus élevé d'insecticides de familles différentes [94].

4 DISCUSSION

Ce travail passe en revue les principales informations nécessaires à la gestion de la chenille légionnaire d'automne en Afrique et plus particulièrement en Afrique de l'Ouest. Il s'agit essentiellement des informations sur la biologie et l'écologie du ravageur, les options de lutte contre le ravageur et les défis à relever dans la gestion du ravageur. Beaucoup de recherches qui ont abordé la biologie et l'écologie du ravageur en Afrique de l'Ouest ont été mentionnées dans ce travail. Ces recherches ont permis d'approfondir les connaissances sur la biologie et l'écologie du ravageur. Ce qui est très important car selon [2] une meilleure gestion de la chenille légionnaire d'automne nécessite au préalable des connaissances sur sa biologie et son écologie.

Des options de gestion durables de la chenille légionnaire ont également été proposées dans ce travail par plusieurs auteurs à savoir les méthodes de lutte culturale, chimique, mécanique, biologique et intégré [3], [68], [70], [77]. Ces auteurs ont proposé toute une panoplie d'informations intéressantes et exploitables pour une gestion durable de la chenille légionnaire en Afrique. La gestion intégrée du ravageur peut impliquer l'intégration de deux ou plusieurs de ces méthodes citées précédemment qui permettent de réduire les populations du ravageur de façon efficace et économique, tout en respectant l'environnement. La référence [1] montre qu'il est nécessaire de combiner différentes méthodes de lutte contre ce ravageur en raison de l'ampleur de ses dégâts, de sa forte capacité de dispersion et de sa multiplication rapide. La lutte intégrée demeure

la meilleure option pour contrôler ce ravageur à cause des limites que présentent les différentes méthodes de lutte prises individuellement.

Cependant, il faut noter que la gestion de la chenille légionnaire se heurte souvent à des difficultés aussi bien au niveau réglementaire qu'au niveau des producteurs. En effet, selon [2], le marché africain des pesticides est complexe, avec des voies informelles de distribution des produits non étiquetés et des capacités limitées des services de réglementation pour éliminer progressivement les composés extrêmement dangereux afin de les remplacer par des produits chimiques économiques, efficaces et à faible risque. Cela complique aussi la gestion du ravageur à l'échelle des producteurs qui sont confrontés le plus souvent à des problèmes de résistance du ravageur [49]. Cependant, il faut noter que la résistance étant un phénomène naturel, son développement n'est pas lié uniquement à la mauvaise utilisation des pesticides mais aussi au bagage génétique, à la biologie et l'écologie du ravageur [91]. Notons également que la résistance d'un groupe de ravageurs à un pesticide peut être avantageuse en ce sens que les individus résistants peuvent subir des changements biologiques comme la diminution de la fécondité et de la longévité. Lorsque le même pesticide n'est plus appliqué, les individus résistants deviennent désavantageux par rapport aux individus sensibles [92]. Une autre difficulté à relever aussi dans la gestion du nuisible est le non-respect des bonnes pratiques de production à l'échelle des producteurs [49], [60].

5 CONCLUSION

Au terme de l'étude, nous pouvons retenir que pour lutter contre la CLA, plusieurs options de lutte peuvent être utilisées. Cependant la meilleure option de lutte demeure la lutte intégrée. En effet, les options de lutte pris individuellement présentent des limites notamment la lutte chimique qui peut être à l'origine de cas de résistance.

REFERENCES

- [1] FAO, «Gestion intégrée de la chenille légionnaire d'automne sur le maïs: un guide pour les champs-écoles des producteurs en Afrique. Rome,» 2018.
- [2] M. B. Prassana, E. J. Hueising, R. Eddy, and M. V. Peschke, La chenille légionnaire d'automne en Afrique : Un guide pour une lutte intégrée contre le ravageur. 2018.
- [3] R. Day *et al.*, «Fall Armyworm: Impacts and Implications for Africa,» *Outlooks Pest Manag.*, vol. 28, no. 5, pp. 196–201, 2017.
- [4] G. Goergen, P. Kumar, S. Sankung, A. Togola, and M. Tamò, «First report of outbreaks of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), a new alien invasive pest in west and central Africa.,» *PLoS One*, 2016, doi: DOI: 10.1371/journal.pone.0165632.
- [5] P. Abrahams, T. Beale, M. Cock, N. Corniani, R. Day, and J. Godwin, «Fall Armyworm Status: Impacts and Control Options in Africa: Preliminary evidence note,» *Cabi*, p. 18 pp, 2017.
- [6] G. Hailu, S. Niassy, K. R. Zeyaur, N. Ochatum, and S. Subramanian, «Maize-legume intercropping and push-pull for management of fall army worm, stemborers, and striga in Uganda,» *Agron. J.*, vol. 110, no. 6, pp. 2513–2522, 2018, [Online]. Available: <https://doi.org/10.2134/agronj2018.02.0110>.
- [7] I. Cruz, M. L. C. Figueiredo, A. C. Oliveira, and C. A. Vasconcelos, «Damage of *Spodoptera frugiperda* (Smith) in different maize genotypes cultivated in soil under three levels of aluminium saturation,» *Int. J. Pest Manag.*, vol. 45, no. 4, pp. 293–296, 1999, doi: 10.1080/096708799227707.
- [8] MAAHM, «Deuxième mission conjointe de suivi et d'évaluation de la campagne agropastorale 2021/2022 et de la situation alimentaire et nutritionnelle des ménages,» 2021.
- [9] R. D. Harrison *et al.*, «Agro-ecological options for fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* JE Smith) management: Providing low-cost, smallholder friendly solutions to an invasive pest,» *J. Environ. Manage.*, vol. 243, pp. 318–330, 2019, doi: 10.1016/j.jenvman.2019.05.011.
- [10] M. C. Cokola *et al.*, «Managing fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae): Experience from smallholder farmers in central and western Africa,» *Food Energy Secur.*, vol. 12, pp. 1–17, 2023, doi: 10.1002/fes3.491.
- [11] B. R. Ahissou, «La chenille légionnaire d'automne en Afrique de l'Ouest : Etats des lieux, recherche et propositions de stratégies de gestion,» Université de Liège – Gembloux Agro-Bio Tech, 2022.
- [12] S. I. Yaméogo *et al.*, «Perception and Management Strategies of the Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (1797) (Lepidoptera : Noctuidae) on Maize, Millet and Sorghum by Farmers in Western Burkina Faso,» *Adv. Entomol.*, vol. 11, pp. 204–222, 2023, doi: 10.4236/ae.2023.113015.

- [13] FAO, «Manuel de formation des formateurs sur la lutte intégrée contre la chenille légionnaire d'automne, *Spodoptera frugiperda*,» 2019. [Online]. Available: <https://fr.scribd.com/document/591138827/manuel-de-formation-pascal-chenille-legionnaire-dautomne-fao-1>.
- [14] S. Ngom, S. Traore, M. Thiam, and M. Anastasie, «Contamination des produits agricoles et de la nappe phréatique par les pesticides dans la zone des Niayes au Sénégal,» *Rev Sci Technol, Synthèse*, vol. 25, pp. 119–130, 2012.
- [15] D. Son, I. Somda, A. Legreve, and B. Schiffers, «Pratiques phytosanitaires des producteurs de tomates du Burkina Faso et risques pour la santé et l'environnement,» *Cah. Agric.*, vol. 26, p. 6, 2017, doi: 10.1051/cagri/2017010.
- [16] A.-I. Gouda *et al.*, «Pratiques phytosanitaires et niveau d'exposition aux pesticides des producteurs de coton du nord du Bénin,» *Cah. Agric.*, vol. 27, no. 6, p. 9, 2018, doi: 10.1051/cagri/2018038.
- [17] J. L. Capinera, *Handbook of Vegetable Pests*. 2001.
- [18] EPPO, «Available online,» 2024.
- [19] MAAH, «Rapport général des résultats définitifs de la campagne agricole 2016/2017 et des perspectives de la situation alimentaire et nutritionnelle,» 2017.
- [20] I. Ouédraogo and I. Bamba, «Étude situationnelle de l'importance des dégâts de la chenille légionnaire d'automne et du plan d'action pour son contrôle au Burkina Faso,» 2019.
- [21] P. C. Ganiger, H. M. Yeshwanth, K. Muralimohan, N. Vinay, A. R. V Kumar, and K. Chandrashekara, «Occurrence of the new invasive pest, fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), in the maize fields of Karnataka, India,» *Curr. Sci.*, vol. 115, no. 4, pp. 621–623, 2018, doi: 10.18520/cs/v115/i4/621-623.
- [22] X. xu Sun *et al.*, «Case study on the first immigration of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* invading into China,» *J. Integr. Agric.*, vol. 20, no. 3, pp. 664–672, 2021, doi: 10.1016/S2095-3119 (19) 62839-X.
- [23] D. Xie, J. Tang, L. Zhang, Y. Cheng, and X. Jiang, «Annual generation numbers prediction and division of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* in China,» *Plant Prot.*, vol. 47, no. 1, pp. 61–67, 2021.
- [24] FAO, «Action mondiale pour la lutte contre la chenille légionnaire d'automne,» 2024. [Online]. Available: <https://www.fao.org/fall-armyworm/faw-monitoring/faw-map/fr/>.
- [25] Z. Q. Zhang, «Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness,» *Zootaxa*, vol. 3148, pp. 1–237, 2011.
- [26] CABI, «No Title,» 2019. [Online]. Available: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/29810>.
- [27] P. Myers, R. Espinosa, C. S. Parr, T. Jones, G. S. Hammond, and T. A. Dewey, «The Animal Diversity Web (online). Accessed at <https://animaldiversity.org/>,» 2019.
- [28] DPVSPV, «*Spodoptera frugiperda*. Agence Fédérale pour la Sécurité de la Chaîne Alimentaire,» 2021. [Online]. Available: https://www.fasnk.be/professionnels/productionvegetale/legislation/reglementue/fichesorientationtechnique/_documents/2023-12-11_Spodopterafrugiperda_Orientationtechnique_FR_v03.pdf.
- [29] S. Semporé, «Etude de la biologie de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) en conditions de laboratoire et évaluation de la sensibilité des stades larvaires aux insecticides,» Université Nazi Boni (UNB), 2018.
- [30] M. Kouakou, K. C. Kobenan, R. J. G. Didi, K. K. N. Bini, and O. G. Ochou, «Détection de la Chenille Légionnaire d'automne, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Coleoptera : Noctuidae) et premières observations sur sa biologie en Côte d'Ivoire,» *Eur. Sci. J.*, vol. 15, no. 12, pp. 332–345, 2019, doi: 10.19044/esj.2019.v15n12p332.
- [31] FAO, «Gestion durable de la chenille légionnaire d'automne en Afrique: Programme d'action de la FAO,» 2017. [Online]. Available: <https://www.fao.org/publications/card/fr/c/a925ac19-0141-474d-8cb2-d266e8307912/>.
- [32] RAP, «Fiche technique/maïs sucré. Le Réseau d'Alertes Phytosanitaires leader en gestion intégrée des ennemis des cultures,» 2018.
- [33] C. A. Diédhiou, P. M. Sembene, O. E. H. Dieng, and T. Diome, «Biology of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera : Noctuidae) fed on different food sources,» *J. Entomol. Zool. Stud.*, vol. 9, no. 4, pp. 63–70, 2021.
- [34] CILSS, «Alerte : la chenille d'automne *Spodoptera frugiperda*, nouveau ravageur du maïs en Afrique de l'Ouest a atteint le Niger. Centre Régional AGRHYMET,» 2017.
- [35] L. C. Machado, H. J. D. S. Junior, B. A. L. D. Santos, C. O. Soares, L. V. R. Mauri, and J. A. Rodrigues, «Desenvolvimento de estágio larval de *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA : NOCTUIDAE) em temperaturas sob condição padronizada,» *Rev Agro Amb*, vol. 15, no. 4, pp. 2176–9168, 2022, doi: 10.17765/2176-9168.2022v15n4e9668.
- [36] T. Esperk, T. Tammaru, and S. Nylin, «Intraspecific Variability in Number of Larval Instars in Insects,» *J. Econ. Entomol.*, vol. 100, no. 3, pp. 627–645, 2007, doi: DOI: 10.1603 / 0022-0493 (2007) 100 [627: ivinol] 2.0.co.
- [37] L. Souleymane, Z. M. Ousmane, A. Laouali, and B. Ibrahim, «Revue des principaux résultats des travaux de recherche sur la chenille légionnaire d'automne *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith en Afrique,» vol. 38, no. 2, pp. 243–261, 2022.
- [38] CILSS, «Note d'information générale sur la noctuelle du maïs *Spodoptera frugiperda* J E Smith. Centre Régional AGRHYMET,» 2017.
- [39] W. Russiani, R. Anwar, and H. Triwidodo, «Biostatistics of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* in maize plants in Bogor, West Java, Indonesia,» *Biodiversitas*, vol. 22, pp. 3463–3469, 2021.

- [40] FAO, «Integrated Pest Management (IPM) Farmer Field School (FFS). A guide for facilitators of FFS on maize with special emphasis on Fall Armyworm,» 2021.
- [41] D. G. Montezano *et al.*, «Host Plants of *Spodoptera frugiperda* African Entomology (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas,» *African Entomol.*, vol. 26, pp. 286–300, 2018, [Online]. Available: <https://doi.org/10.4001/003.026.0286>.
- [42] B. R. Ahissou, W. M. Sawadogo, I. Somda, M. Kestemont, and F. J. Verheggen, «Baseline toxicity data of different insecticides against the fall armyworm *Faso Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera : Noctuidae) and control failure likelihood estimation in Burkina,» *African Entomol.*, vol. 29, no. 2, pp. 435–444, 2021, [Online]. Available: <https://doi.org/10.4001/003.029.0435>.
- [43] OMC, «Le rôle de l'accord SPS de l'OMC dans l'accès aux outils et aux technologies et dans la facilitation du commerce international. Etude de cas sur la chenille légionnaire d'automne,» 2018.
- [44] W. F. Tapsoba, «Efficacité de quatre insecticides biologiques dans la protection du maïs (*Zea mays* L.) contre la chenille légionnaire d'automne (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) à l'Ouest du Burkina Faso,» Institut du Développement Rural, Université Nazi Boni (UNB), 2019.
- [45] A. J. Hruska and F. Gould, «Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) and *Diatraea lineolata* (Lepidoptera: Pyralidae): Impact of larval population level and temporal occurrence on maize yield in Nicaragua,» *J. Econ. Entomol.*, vol. 60, pp. 611–622, 1997.
- [46] A. Hama, H. Adamou, B. Adamou, A. Salifou, and P. Delmas, «ALERTE: *Spodoptera frugiperda* une nouvelle chenille, ravageur du maïs. Réseau National des Chambres d'Agriculture du Niger. Note d'information/Traitements phytosanitaires et ravageurs,» 2016. [Online]. Available: <http://www.reca-niger.org/spip.php?article1035>.
- [47] D. K. Koffi, M. Kouakou, D. Mamadou, K. N. K. Bini, and G. O. Ochou, «Étude de la sensibilité de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera : Noctuidae) à des insecticides chimiques,» *J. Appl. Biosci.*, vol. 166, pp. 17223–17230, 2021, [Online]. Available: <https://doi.org/10.35759/JABs.166.6>.
- [48] J. E. Rwomushana *et al.*, «Fall armyworm: impacts and implications for Africa. Evidence note update,» *Cent. Agric. Biosci. Int.*, 2018.
- [49] M. Tchao *et al.*, «Perceptions paysannes de la chenille légionnaire d'automne *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera : Noctuidae) et méthodes de lutte en culture du maïs (*Zea mays* L.) au Togo,» *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 16, no. 5, pp. 1941–1957, 2022.
- [50] S. Hounbo *et al.*, «Farmers' Knowledge and Management Practices of Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) in Benin, West Africa,» *agriculture*, vol. 10, no. 430, pp. 1–15, 2020, doi: [doi: 10.3390/agriculture10100430](https://doi.org/10.3390/agriculture10100430).
- [51] T. M. Riggan, B. R. Wiseman, D. J. Isenhour, and K. E. Espelie, «Incidence of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) parasitoids on resistant or susceptible corn genotypes,» *Env. Entomol.*, vol. 21, pp. 888–895, 1992.
- [52] T. M. Riggan, B. R. Wiseman, D. J. Isenhour, and K. E. Espelie, «Functional response of *Cotesia marginiventris* (Cresson) (Hym., Braconidae) to *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lep., Noctuidae) on meridic diet containing resistant or susceptible corn genotypes,» *J Appl Entomol.*, vol. 117, pp. 144–150, 1994.
- [53] B. M. Prasanna *et al.*, «Host plant resistance for fall armyworm management in maize: relevance, status and prospects in Africa and Asia,» *Theor. Appl. Genet.*, vol. 135, no. 11, pp. 3897–3916, 2022, doi: [doi: 10.1007/s00122-022-04073-4](https://doi.org/10.1007/s00122-022-04073-4).
- [54] N. Ogot, J. Pittchar, C. Midega, and Z. Khan, «Impact of Push-pull technology on the nutritional status of farmers' children in western Kenya,» *African J. Food, Agric. Nutr. Dev.*, vol. 17, no. 4, pp. 12953–12974, 2017.
- [55] S. Cook, Z. Khan, and J. Pickett, «The Use of Push-Pull Strategies in Integrated Pest Management,» *Annu. Rev. Entomol.*, vol. 52, no. 1, pp. 375–400, 2007, doi: [DOI: 10.1146/annurev.ento.52.110405.09140](https://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.09140).
- [56] G. M. Balaso, C. Nalini, P. Yankit, and P. Thakur, «Push-pull strategy : Novel approach of pest management,» *J. Entomol. Zool. Stud.*, vol. 7, no. 5, pp. 220–223, 2019.
- [57] CRA-CF, «Point de la recherche cotonnière en 2018. Centre de recherches agricoles coton et fibres. Bénin,» 2019.
- [58] D. Koffi *et al.*, «Assessment of impacts of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera : Noctuidae) on maize production in Ghana,» *J. Integr. Pest Manag.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–7, 2020, doi: [doi: 10.1093/jipm/pmaa015](https://doi.org/10.1093/jipm/pmaa015).
- [59] M. R. Sanou, I. Compaoré, and A. Sanon, «Emergency response to the *Spodoptera frugiperda* invasion in Africa : What do maize producers in Burkina Faso think and do ?,» *African J. Agric. Res.*, pp. 1–12, 2022, doi: [doi: 10.5897/AJARxx.xx](https://doi.org/10.5897/AJARxx.xx).
- [60] T. Kumela *et al.*, «Farmers' knowledge, perceptions, and management practices of the new invasive pest, fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Ethiopia and Kenya,» *Int. J. pest Manag.*, vol. 65, pp. 1–9, 2019, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/09670874.2017.1423129>.
- [61] M. Garba, H. Adamou, B. Ali, A. Kimba, D. P. Patrick, and S. Oumarou, «La Chenille légionnaire du maïs *Spodoptera frugiperda*. Réseau National des Chambres d'Agriculture du Niger,» 2017.
- [62] A. J. Hruska, «Fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) management by smallholders,» vol. 14, no. 43, pp. 1–11, 2019, doi: [doi: 10.1079/PAVSNNR201914043](https://doi.org/10.1079/PAVSNNR201914043).

- [63] S. Sellami, S. Tounsi, and K. Jamoussi, «La lutte biologique, alternative aux produits phytosanitaires chimiques,» *J. New Sci.*, vol. 19, no. 5, 2017, [Online]. Available: <http://www.jnsciences.org/agri-biotech/27-volume-19/86-la-lutte-biologique-alternative-aux-produits-phytosanitaires-chimiques.html>.
- [64] S. Nyamutukwa, B. M. Mvumi, and P. Chinwada, «Sustainable management of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith): challenges and proposed solutions from an African perspective,» *Int. J. Pest Manag.*, vol. 0, no. 0, pp. 1–19, 2022, doi: 10.1080/09670874.2022.2027549.
- [65] G. Chipabika *et al.*, «Abundance, diversity and richness of natural enemies of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), in Zambia,» *Front. Insect Sci.*, vol. 3, pp. 1–14, 2023. doi: 10.3389/finsc.2023.1091084.
- [66] D. Koffi, K. Agboka, M. K. A. Adjevi, M. Adom, A. K. Tounou, and R. L. Meagher, «The biocontrol agents of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* in Togo: moderating insecticide applications for natural control of the pest?,» *J. Pest Sci. (2004)*, vol. 96, no. 4, pp. 1–20, 2023, doi: 10.1007/s10340-023-01662-0.
- [67] A. Ndiaye, M. Faye, I. Ba, I. Diallo, and M. P. Sembène, «The fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), a new pest of maize in Africa : monitoring, damage evaluation and identification of natural enemies on production areas of Senegal,» *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 15, no. 6, pp. 2247–2260, 2021, doi: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v15i6.1>.
- [68] L. K. Agboyi *et al.*, «Parasitoid Complex of Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in Ghana and Benin,» *Insects*, vol. 11, no. 68, pp. 1–15, 2020, doi: 10.3390/insects11020068.
- [69] A. G. Diao, I. Ouédraogo, and A. Sanon, «Distribution naturelle des principaux parasitoïdes larvaires inféodés à la chenille légionnaire d’automne,» *J. Appl. Biosci.*, vol. 190, pp. 20037–20049, 2023.
- [70] F. Assefa and D. Ayalew, «Status and control measures of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) infestations in maize fields in Ethiopia: A review,» *Cogent Food Agric.*, vol. 5, no. 1641902, pp. 1–16, 2019. doi: 10.1080/23311932.2019.1641902.
- [71] A. D. Mondédji *et al.*, «Effets d ’extrait hydroéthanolique de feuilles de neem (*Azadirachta indica* A. Juss) sur *Plutella xylostella* (Lepidoptera : Plutellidae) et *Lipaphis erysimi* (Hemiptera : Aphididae) dans la production du chou au Sud du Togo,» *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 10, no. 4, pp. 1666–1677, 2016, doi: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i4.18>.
- [72] G. Kambou and A. M. Millogo, «Efficacité biologique d’extraits aqueux de substances naturelles (*Cassia nigricans*Vahl., *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. ex G. Donf., *Capsicum annum* L., *Cleome viscosa* L.) sur la chenille légionnaire (*Spodoptera frugiperda* J.E Smith) en culture du maïs et de l,» *J. Environ. Sci. Comput. Sci. Eng. Technol.*, vol. 8, no. 1, pp. 36–51, 2019, doi: 10.24214/jecet.A.8.1.03651.
- [73] W. F. Tapsoba, «Evaluation de la sensibilité des larves de la chenille légionnaire d’automne (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) aux insecticides issues de trois zones de production au Burkina Faso,» Institut du Développement Rural, Université Nazi Boni, 2022.
- [74] A. T. Adeye *et al.*, «Protection de la culture de maïs contre *Spodoptera frugiperda* avec les insecticides Plantneem, Lambda 25 EC et Viper 46 EC et reduction de pertes de rendement au Benin,» *J. la Rech. Sci. l’Université Lomé*, vol. 20, no. 2, pp. 53–65, 2018.
- [75] C. T. S. Aniwanou, A. A. C. Sinzogan, J. M. Deguenon, R. Sikirou, D. A. Stewart, and Ahanchede 5, «Bio-Efficacy of Diatomaceous Earth, Household Soaps, and Neem Oil against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Larvae in Benin,» *Insects*, vol. 12, no. 18, pp. 1–18, 2021, doi: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.
- [76] D. Ouedraogo, «Efficacité de l’huile de neem (*Azadirachta indica* A. Juss) extraite à froid sur les stades larvaires de *Spodoptera frugiperda* J.E Smith, en conditions de laboratoire,» 2018.
- [77] H. G. Gebrezihier, «Review on management methods of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* JE Smith) in Sub-Saharan Africa,» *Int. J. Entomol. Res.*, vol. 5, no. 2, pp. 09–14, 2020. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Haftay-Gebrezihier/publication/339713411_Review_on_management_methods_of_fall_armyworm_Spodoptera_frugiperda_JE_Smith_in_Sub-Saharan_Africa/links/5e61ea544585151635520bed/Review-on-management-methods-of-fall-armyworm-S-
- [78] A. Diarra and S. Haggblade, «Défis réglementaires en Afrique de l’Ouest: Etablir des réglementations régionales sur les pesticides en période de croissance rapide du marché,» *Bull. Rech. Polit. No. 52*, p. 7, 2017.
- [79] ONEP, «Session inaugurale du comité Ouest africain d’homologation des pesticides: Vers une utilisation sécurisée des pesticides dans l’espace CILSS-CEDEAO-UEMOA. République du Niger,» 2022.
- [80] A. Diarra and B. Diallo, «Mise en œuvre des politiques régionales sur les pesticides en Afrique de l’Ouest : Rapport de l’étude de Cas au Sénégal,» 2017. [Online]. Available: <http://ageconsearch.umn.edu>.
- [81] MARAH, «Projet 2 du programme de renforcement de la résilience a l’insécurité alimentaire et nutritionnelle au sahel (p2-p2rs) / composante Burkina Faso : Plan de gestion des pestes et pesticides (PGPP). Rapport final,» 2022.
- [82] CSP, «Liste globale des pesticides autorisés par le Comité Sahélien des Pesticides. Comité permanent inter-etat de lutte contre la sécheresse dans le sahel,» 2023. [Online]. Available: COMITE PERMANENT INTER.ETATS DE LUTTE CONTRE LA

- SECHERESSE DANS LE SAHEL%0AANS%0APERMANENT INTERSTATE COMMITTEE FOR DROUGHT CONTROL IN THE SAHEL COH%7CTÉ PER ANENTE INTER. ESTADOS DE LUTA CONTRA A SECA NO SAHEL.
- [83] N. Kouanda, «Monitoring et méthodes alternatives de lutte contre *Spodoptera frugiperda* J. E Smith dans la région du Centre-Ouest du Burkina Faso,» Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, 2020.
- [84] FAO, «Élaboration d'un cadre de bonnes pratiques agricoles. Comité de l'Agriculture. Dix-septième session, Rome,» 2003. [Online]. Available: <https://www.fao.org/3/Y8704F/Y8704F.htm>.
- [85] CIRAD-GRET, «Mémento de l'agronome. Ministère de la coopération française, Paris, France,» 2002.
- [86] M. Couliadiati, «Bonnes pratiques agricoles et performance technico- économique des exploitations cotonnières : cas du village de Boro. Rapport de stage de fin de cycle. Ecole Nationale de la Formation Agricole de Matourkou, Burkina Faso,» 2022.
- [87] I. Kaboré, «Itinéraires techniques recommandés et pratiques paysannes courantes: dans la zone cotonnière Ouest du Burkina Faso: cas du coton et du maïs. Mémoire de master en Production Végétal,» Institut du Développement Rural, Université Polytechniques de Bobo-Dioulasso, 2014.
- [88] G.-Y. Azandeme-Hounmalon *et al.*, «Comportement des maraichers face à l'invasion de *tetranychus evansi* Baker & Pritchard au sud du Bénin. Dixième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture Montpellier 22 et 23 octobre 2014,» 2014, p. 11.
- [89] IRAC, «Prévention et gestion de la résistance aux insecticides: Vecteurs, jouant un rôle dans la santé publique,» 2011, p. 28, [Online]. Available: [www.iraconline.org.](http://www.iraconline.org/)
- [90] M. Dombia and K. Kwadjo, «Pratiques d'utilisation et de gestion des pesticides par les maraichers en Côte d'Ivoire : Cas de la ville d'Abidjan et deux de ses banlieues (Dabou et Anyama),» *J. Appl. Biosci.*, vol. 18, pp. 992–1002, 2009, [Online]. Available: www.biosciences.elewa.org.
- [91] FAO, «Code international de conduite pour la distribution et l'utilisation des pesticides,» 2014. [Online]. Available: <http://www.fao.org/3/bt480fr/bt480fr.pdf>.
- [92] IRDA, «La résistance des insectes et acariens aux produits antiparasitaires pour les espèces agricoles présentes au Québec,» 2018.
- [93] R4P, «No Title,» 2021. <https://www.r4p-inra.fr/fr/home/>.
- [94] M. Magnin, D. Fournier, and N. Pasteur, «Mécanismes physiologiques de la résistance des insectes aux insecticides,» *ser. Ent. méd. Parasitol.*, vol. XXIII, no. 4, pp. 273–280, 1985.
- [95] G. P. Georghiou, «The occurrence of resistance to pesticides in arthropods : an index of cases reported through 1980. Food and Agriculture Organization of the United Nations,» 1981.
- [96] C. Silvy, «Quantifions le phytosanitaire II. Le Courrier de l'environnement de l'INRA,» 1995.
- [97] T. C. Sparks and R. Nauen, «IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management,» *Pestic. Biochem. Physiol.*, vol. 121, pp. 122–128, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2014.11.014>.
- [98] FAO, «Code international de conduite pour la distribution et l'utilisation des pesticides. Directives pour la prévention et la gestion de la résistance aux pesticides. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. 62p,» 2013.
- [99] É. Haubruge and M. Amichot, «Les mécanismes responsables de la résistance aux insecticides chez les insectes et les acariens,» *Biotechnol. Agron. Société Environ.*, vol. 2, no. 3, pp. 161–174, 1998.