



Contribution des parasitoïdes dans la lutte contre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en Afrique de l'Ouest: cas de *Chelonus bifoveolatus* et *Coccygidium luteum* (synthèse bibliographique)

Simsin Fatoumata GANOU^{1*}, Fernand SANKARA¹, Lakpo Koku AGBOYI²,
Aïchatou Nadia Christelle DAO¹, Remy DABIRE³, Karim NEBIE³, Issaka ZIDA³,
Dimitri WANGRAWA⁴, Irénée SOMDA¹

¹Université Nazi Boni. Institut du Développement Rural. 01 BP 1091. Bobo-Dioulasso 01 (Burkina Faso) ;
²CABI, P.O. Box CT 8630, Cantonments, Accra GA 0376800, Ghana; samuelmensah1a@gmail.com (S.A.M.);
v.clottey@cabi.org (V.A.C.) ; ³Centre Régional de Recherches Environnementales et Agricoles de l'Ouest,
Bobo-Dioulasso, Burkina Faso ; ⁴ Université Norbert Zongo. Sciences et Technologies/ Sciences de la Vie et de
la Terre. BP 376- Koudougou- Burkina Faso

*Auteur correspondant ; E-mail : fatouma.ganou@yahoo.fr ; Tél : 00226 64 87 57 88

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont à l'endroit du Projet d'appui à l'Enseignement Supérieur (PAES) pour le financement de nos activités de recherche et valorisations de résultats.

Received: 18-11-2023

Accepted: 06-02-2024

Published: 29-02-2024

RESUME

Depuis l'invasion de la chenille légionnaire d'automne, l'utilisation de pesticides chimiques semble être la seule méthode de lutte contre ce ravageur, mais cette pratique peut être nocive pour l'environnement et surtout pour les insectes utiles, et peut entraîner une résistance de la chenille. En Afrique, des études ont identifié plusieurs parasitoïdes indigènes capables de parasiter la chenille légionnaire et susceptibles d'être utilisés dans la lutte biologique contre ce ravageur. Cette revue de littérature avait pour objectif d'établir les différents parasitoïdes de la chenille légionnaire d'automne en Afrique de l'ouest ainsi que la biologie de *Chelonus bifoveolatus* et de *Coccygidium luteum*, deux parasitoïdes montrant un potentiel dans la lutte biologique contre la chenille légionnaire d'automne. L'utilisation de *Chelonus bifoveolatus* et *Coccygidium luteum* dans la lutte biologique a présenté des résultats intéressants, car ils ont permis de réduire la population de la chenille légionnaire d'automne en l'empêchant d'atteindre les stades larvaires voraces et en réduisant leurs dégâts. Davantage de recherches sont nécessaires pour maîtriser la biologie de ces parasitoïdes et développer des méthodes efficaces de production de masse pour les lâchers en milieu réel.

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Chenille légionnaire d'automne, lutte biologique, parasitoïdes, *Chelonus bifoveolatus*, *Coccygidium luteum*, Afrique de l'Ouest.

Contribution of parasitoids to the control of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in West Africa: the case of *Chelonus bifoveolatus* and *Coccygidium luteum* (bibliographic synthesis)

ABSTRACT

Since the invasion of the fall armyworm, the use of chemical pesticides seems to be the only method of controlling this pest, but this practice can be harmful to the environment and especially to beneficial insects, and can lead to resistance on the part of the caterpillar. In Africa, studies have identified several indigenous parasitoids capable of parasitizing fall armyworms, which could be used for biological control of this pest. This literature review aimed to establish the different parasitoids of the fall armyworm in West Africa, as well as the biology of *Chelonus bifoveolatus* and *Coccygidium luteum*, two parasitoids showing potential in the biological control of this pest. The use of *Chelonus bifoveolatus* and *Coccygidium luteum* in biological control has presented interesting results, since they have allowed to reduce the fall armyworm population by preventing it from reaching the voracious larval stages and reducing their damage. More research is needed to master the biology of these parasitoids and develop efficient mass production methods for real-world releases.

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords : Fall armyworm, biological control, parasitoids, *Chelonus bifoveolatus*, *Coccygidium luteum*, West Africa.

INTRODUCTION

La chenille légionnaire d'automne, *Spodoptera frugiperda* est originaire des régions tropicales et subtropicales des Amériques (Sparks, 1979). Elle a été signalée pour la première fois en Afrique de l'Ouest en 2016 (Goergen et al., 2016). Ce ravageur est connu pour sa grande capacité de propagation, de multiplication et de destruction des cultures. En effet, il s'attaque de préférence au maïs, mais peut se nourrir de plus de 100 espèces végétales (CABI, 2020). Les jeunes feuilles, les tiges et les épis (grains au stade pâteux) des plantes infestées sont les parties les plus endommagées par la chenille. En l'absence de méthodes de lutte adéquates, les dégâts occasionnés par *S. frugiperda* peuvent atteindre 55 à 100%, et provoquer des baisses de rendement de 15 à 73% (CILSS, 2017a). Vu l'ampleur des dégâts de l'insecte, des pertes en rendement de 8,3 à 20,6 millions de tonnes par an ont été estimées dans seulement 12 des plus importants pays producteurs de maïs en Afrique (CABI, 2017). Ces estimations représentent une proportion de 21 à 53% de la production annuelle moyenne de maïs sur une période de trois ans dans ces 12 pays.

En Afrique, la gestion immédiate de ce ravageur s'est concentrée principalement sur

les insecticides synthétiques dont beaucoup ne sont pas encore homologués pour être utilisés contre *S. frugiperda* (Rwomushana et al., 2018 ; Sisay et al., 2019). Des efforts sont faits dans certains pays pour développer et promouvoir une gestion intégrée de *S. frugiperda*, mais de nombreux agriculteurs dépendent encore des insecticides chimiques (Rwomushana et al., 2018). L'utilisation fréquente et inappropriée des pesticides est non seulement coûteuse pour l'agriculteur mais présente un risque pour la santé humaine et environnementale et peut favoriser le développement de la résistance aux insecticides, comme ce fut le cas en Amérique (Yu, 1991). La gestion durable de ce ravageur invasif nécessite donc le développement et la diffusion de méthodes de protection des cultures respectueuses de l'environnement (Agboyi et al., 2020). La recherche visant à identifier des méthodes et pratiques durables pour le contrôle de *S. frugiperda* est urgente. L'une des plus prometteuses identifiées à ce jour implique l'utilisation d'ennemis naturels, les parasitoïdes endogènes en particulier (CABI, 2020). Cependant, la connaissance limitée de ces ennemis naturels constitue une contrainte majeure en Afrique de l'Ouest. Dans cette revue de littérature, nous établirons et

discuterons du complexe de parasitoïdes de *S. frugiperda* en Afrique de l'Ouest ainsi que la biologie de *Chelonus bifoveolatus* et de *Coccygidium luteum*, deux principaux parasitoïdes montrant un potentiel dans le contrôle biologique contre la chenille légionnaire d'automne.

LA LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LA CHENILLE LEGIONNAIRE D'AUTOMNE : DEFINITION DE CONCEPTS

Sur la base de la gestion intégrée contre la chenille légionnaire d'automne en Afrique, la lutte biologique constitue un pilier nécessaire pour le contrôle de ce ravageur. Elle peut être définie comme l'utilisation d'organismes vivants (parasites, prédateurs ou agents pathogènes) pour réguler la population d'un organisme à des densités inférieures à celles qui se produisent en leur absence. Il existe trois types de lutte biologique selon la façon dont elle est entreprise (Prasanna et al., 2018).

La lutte biologique classique ou inoculative

Elle est entreprise pour lutter contre les ravageurs envahissants. Dans cette méthode, une espèce exotique d'ennemis naturels de la région où l'insecte ravageur est originaire et avec un haut niveau de spécificité d'hôte est importée et lâchée dans les régions envahies. La réussite d'une lutte biologique classique résulte d'un contrôle étendu, continu et à grande échelle de l'espèce invasive (Prasanna et al., 2018).

La lutte biologique par augmentation ou inondative

C'est une technique augmentative c'est-à-dire qu'on augmente les populations d'ennemis naturels locaux. Dans cette approche augmentative, l'ennemi naturel est relâché en petite quantité et doit s'établir, se multiplier et coloniser une zone donnée. Cependant cet établissement n'est généralement pas permanent et des introductions doivent être faites une ou plusieurs fois par saison (Guy, 2001).

La lutte biologique de conservation

Elle implique la manipulation de l'environnement, des systèmes culturaux et des pratiques de manière à favoriser les ennemis naturels au détriment du ravageur (Prasanna et al., 2018). Toutefois, pour exploiter ce potentiel, il est important d'évaluer la diversité et l'efficacité des agents de lutte biologique sur le continent. Des études menées sur les agents de lutte biologique de la chenille légionnaire d'automne en Afrique ont révélé la présence de prédateurs, d'entomopathogènes de nématodes et de parasitoïdes comme étant des ennemis naturels du ravageur. Parmi ces ennemis naturels, on considère que la mortalité causée par les parasitoïdes est plus importante en nature que celle attribuée aux prédateurs et aux microorganismes combinés (Guy, 2001). On retrouve des parasitoïdes dans six ordres d'insectes mais ce sont surtout les parasitoïdes hyménoptères, diptères et coléoptères qui ont été étudiés en lutte biologique.

Définition d'un parasitoïde

Un parasitoïde est un organisme, généralement des guêpes ou des mouches, qui pond des œufs dans le corps d'un organisme nuisible (adulte, puppe, larve ou œuf) ; lorsque les parasitoïdes éclosent, ils consomment le ravageur de l'intérieur. Plusieurs parasitoïdes consomment des tissus non essentiels avant de s'attaquer aux organes internes des ravageurs. Ils ont le temps de se nourrir avant que l'hôte meurt et ils émergent de l'hôte au stade adulte (Wallace, 2021). Étant donné que l'utilisation des parasitoïdes est une stratégie importante dans la lutte biologique contre la chenille légionnaire d'automne, des recherches ont été menées pour l'identification d'espèces endogènes qui ont déjà commencé à utiliser la chenille légionnaire d'automne comme hôte. Un parasitoïde endogène peut être défini comme étant un parasitoïde déjà présent dans le milieu d'invasion d'un ravageur. Nous avons examiné les différents parasitoïdes endogènes de la chenille légionnaire d'automne en Afrique de l'Ouest, pour ensuite nous concentrer sur deux principaux parasitoïdes montrant un potentiel et pouvant être utilisés en lutte biologique par augmentation contre ce ravageur.

PARASITOÏDES ENDOGENES DE *S. FRUGIPERDA* EN AFRIQUE DE L'OUEST

L'utilisation des parasitoïdes dans la lutte biologique pour contrôler une espèce de ravageur à l'avantage de ne pas avoir d'incidence sur les performances d'autres agents biologiques importants dans la régulation des populations de ravageurs. De plus, il n'existe aucun cas de développement de résistance chez la chenille légionnaire d'automne aux parasitoïdes. Toutefois, pour exploiter ce potentiel, il est important d'évaluer la diversité et l'efficacité des espèces de lutte biologique sur le continent afin d'identifier de nouvelles associations. Plusieurs études réalisées dans 17 pays en Afrique ont permis de mettre en évidence une trentaine de parasitoïde de la chenille légionnaire d'automne pouvant s'attaquer à plusieurs stades de son développement (Kenis et al., 2022). Les premières investigations conduites en Afrique de l'Ouest (tableau 1) ont permis d'enregistrer une quinzaine d'espèces de parasitoïdes. Les études menées par Agboyi et al. (2020) au Ghana et au Bénin ont permis de répertorier dix espèces parasites du ravageur, dont deux parasitoïdes des œufs, un parasitoïde des œufs et des larves, cinq parasitoïdes des larves et deux parasitoïdes des larves et des nymphes. Parmi ces parasitoïdes, *C. bifoveolatus* et *C. luteum* étaient les plus abondants avec un taux de parasitisme variant de 5% à 38% au Ghana contre 14% à 26% au Bénin (Agboyi et al., 2020). Au Sénégal, deux parasitoïdes larvaires ont été identifiés, parasitant 12% de la population du ravageur (Tendeng et al., 2019). Au Burkina Faso, des études menées par Ahissou et al. (2021) ont permis d'identifier deux parasitoïdes larvaires et un parasitoïde ovo-larvaire avec un taux de parasitisme global de 1,9%. Au vu des résultats obtenus, nous remarquons que le taux de parasitisme varie considérablement d'un pays à un autre et en fonction des années comme l'avaient également noté Sisay et al. (2019b) en Afrique de l'Est. Toutes ces recherches visent à proposer une solution alternative à la lutte chimique contre ce ravageur majeur du maïs en Afrique de l'Ouest en établissant des méthodes de lutte biologique par augmentation utilisant

des parasitoïdes. Un intérêt particulier a été porté sur *Chelonus bifoveolatus* et *Coccigydium luteum*, deux parasitoïdes de la chenille légionnaire d'automne. Ces parasitoïdes ont montré leur importance autant du point de vue abondance qu'efficacité en milieu contrôlé. La biologie, l'écologie et l'utilisation en lutte biologique de ces deux parasitoïdes majeurs feront l'objet des sections suivantes.

BIOLOGIE DE *CHELONUS BIFOVEOLATUS* (SZEPLIGETI) (HYMENOPTERA : BRACONIDAE)

Chelonus bifoveolatus est une guêpe (Hymenoptera : Braconidae), appartenant au genre de la sous-famille Cheloninae avec plus de 700 espèces décrites dans le monde (Huddleston et al., 1994). Au sein des Cheloninae, le grand genre *Chelonus* comprend des parasitoïdes de nombreux lépidoptères, dont la chenille légionnaire d'automne. L'affinité de nombreuses espèces de *Chelonus* pour les ravageurs lépidoptères, combinée à leur présence naturelle dans les pays envahis par la chenille légionnaire d'automne, a suscité un intérêt pour leur utilisation comme agents de lutte biologique contre ce ravageur. Les études menées sur le genre *Chelonus* ont identifié cette espèce comme le principal parasitoïde de la chenille légionnaire d'automne dans différentes parties du monde. Par ailleurs, *Chelonus bifoveolatus* fait partie des parasitoïdes, les plus répandus en Afrique de l'Ouest notamment au Bénin, Ghana, Sénégal, Burkina Faso, Cameroun, (Koffi et al., 2010 ; Tendeng et al., 2019 ; Agboyi et al., 2020 ; Ahissou et al., 2021). *Chelonus insularis*, une espèce très proche de *C. bifoveolatus* a également été signalé comme parasitoïde d'autres ravageurs importants du maïs (Cruz et al., 2010) ; notamment *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera : Noctuidae), *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera : Noctuidae) et *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) (Lepidoptera : Pyralidae). L'adulte de *C. bifoveolatus* est de couleur noire, avec un corps d'environ 5-7 mm et des ailes antérieures de 4-5 mm ; il a une tête transversale avec des antennes formées de 24-28 segments, les antennes des mâles étant

sensiblement plus longues que celles des femelles (figure 1). Il est caractérisé par un abdomen en forme de coquille avec des taches blanches sur le côté (Shen et al., 2023).

Des études menées en Zambie sur la biologie de *C. bifoveolatus* montrent qu'il a une phase larvaire de 17,11 à 18,19 jours et une période nymphale de 11,77 à 12,10 jours. La longévité des adultes est de 9,81 à 10,28 jours pour les mâles et 12,76 à 13,52 jours pour les femelles (Shen et al., 2023). Le taux de parasitisme de *C. bifoveolatus* est de 95,75%, avec un taux de pupaison de 76,75% et un taux d'émergence de 84,50% (Shen et al., 2023). En plus de son taux de parasitisme élevé, ce parasitoïde est présent tout au long de l'année dans les champs. Cela montre l'intérêt d'approfondir l'étude de sa biologie, de son cycle de développement et de son utilisation sur les œufs dans la lutte biologique contre *S. frugiperda*. A cet effet, des études seraient faites pour montrer l'effet du parasitisme sur l'inhibition de la croissance des chenilles parasitées et donc la limitation des dégâts causés sur les cultures.

BIOLOGIE DE COCCYGIIDIUM LUTEUM (BRULLE) (HYMENOPTERA: BRACONIDAE)

Coccygidium luteum est un parasitoïde koinobionte solitaire appartenant à la sous-famille des Agathidinae, qui contient au moins 46 genres dans le monde (Yu et al., 2005). Environ 1 000 espèces d'Agathidinae ont été identifiées, mais 2 000 à 3 000 espèces supplémentaires n'ont pas encore été décrites (Sharkey, 2006). La plupart des espèces connues sont enregistrées dans des régions tropicales et subtropicales humides (Sharkey, 1992, 2006). *C. luteum* est largement distribué en Afrique, car ayant été enregistrée dans environ 20 pays du continent notamment au Cameroun, au Congo, en République démocratique du Congo, en Ethiopie, en Guinée, au Kenya, à Madagascar, à Maurice, au Mozambique, en Namibie, au Niger, au Nigeria, à l'île Rodrigues, à la Réunion, au Sénégal, aux Seychelles, en Somalie, en Afrique du Sud, en Tanzanie et en Ouganda

(van Noort, 2019). Cependant, les espèces de cette sous-famille ont très peu fait l'objet de recherches quant à leur efficacité en tant qu'agents de lutte biologique contre les ravageurs étudiées (Farahani et al., 2014).

Une enquête menée au Ghana en 2018 a identifié *C. luteum* comme l'un des principaux ennemis naturels de la chenille légionnaire d'automne, puis a également été identifié au Kenya et en Tanzanie comme un parasitoïde commun et causant 9 à 19% de parasitisme (Sisay et al., 2018 ; Agboyi et al., 2019). Selon Van Noort (2019), *C. luteum* parasite différentes espèces de lépidoptères en Afrique tels que *Condica capensis* (Guenée), *Crypsotidia mesosema* (Hampson), *Spodoptera exempta* (Walker), *Spodoptera exigua* (Hübner), *Prophantis sp.* et *Cydia ptychora* (Meyrick). La femelle pond un œuf à l'intérieur du corps des larves néonates de la chenille légionnaire d'automne. Après éclosion, la larve du parasitoïde se nourrit à l'intérieur de l'hôte, affectant ainsi sa croissance. Après son développement larvaire, elle sort de l'hôte et construit un cocon blanc dans lequel elle se transforme en nymphe, provoquant ainsi la mort de la larve hôte (Agboyi et al., 2019). Ces auteurs ont montré que la durée du cycle de *C. luteum* de l'œuf à l'émergence des adultes, était de 16 jours environ avec une période larvaire et une période nymphale de même durée (figure 2). Le parasitisme des larves de la chenille légionnaire d'automne par *C. luteum* permettait une réduction de 89% du taux de consommation de feuilles par ces larves. Vu la durée de son cycle, le parasitoïde peut donc avoir au moins 05 générations au cours du cycle de développement de la culture. Il est donc possible de l'intégrer dans des programmes de lutte biologique ; et des études de faisabilité sur l'efficacité de ces parasitoïdes devraient être menées pour une lutte biologique par augmentation en Afrique de l'Ouest et dans la sous-région. Disposer de données complémentaires sur leur élevage en masse, les conditions environnementales et les bonnes pratiques agricoles favorisant l'abondance et la conservation des parasitoïdes est un préalable.

Tableau 1: Parasitoïdes identifiés en Afrique de l'Ouest.

Espèce	Type	Pays	Référence
Chloropidae			
<i>Anatrichus erinaceus</i> Loew	PL	Ghana	Koffi et al. (2020)
Tachinidae			
<i>Drino quadrizonula</i> Thomson	PL	Ghana, Bénin	Agboyi et al. (2020)
<i>Drino sp.</i>	PL	Burkina Faso	(Ahissou et al., 2021)
Braconidae			
<i>Bracon sp.</i>	POL	Ghana	(Koffi et al., 2020)
<i>Chelonus bifoveolatus</i> (Szépligeti)	POL	Bénin, Ghana, Burkina Faso	Koffi et al. (2020) ; Agboyi et al. (2020) ; Ahissou et al., (2021);
<i>Chelonus sp.</i>	PL	Sénégal	(Tendeng et al., 2019)
<i>Coccygidium luteum</i> (Brullé)	PL	Bénin, Ghana, Burkina Faso	(Koffi et al., 2020 ; Agboyi et al., 2020 ; Ahissou et al., 2021;)
<i>Cotesia icipe</i> Fernandez-Triana & Fiobe	PL	Bénin, Ghana	(Koffi et al., 2020 ; Agboyi et al., 2020)
<i>Meteoridea testacea</i> (Granger)	POL	Bénin, Ghana	(Koffi et al., 2020 ; Agboyi et al., 2020)
Ichneumonidae			
<i>Campoletis sp.</i>	PL	Sénégal	(Tendeng et al., 2019)
<i>Charops sp.</i>	PL	Bénin, Ghana	(Ahissou et al., 2021)
<i>Metopius cf. discolor</i> (Tosquinet)	PL	Ghana	(Ahissou et al., 2021)
<i>Pristomerus pallidus</i> (Kriechbaumer)	PL	Bénin	(Ahissou et al., 2021)
Platygastridae			
<i>Telenomus remus</i> Nixon	PO	Côte d'Ivoire, Niger, Benin, Ghana	(Ahissou et al., 2021 ; Kenis et al., 2019 ; Laouali et al., 2018 ; Laminou et al., 2020)
<i>Trichogramma sp.</i>	PO	Bénin	(Ahissou et al., 2021)
<i>Trichogrammatoidea sp.</i>	PO	Niger	(Laouali et al., 2018 ; Laminou et al., 2020)

PL : parasitoïde larvaire ; POL : parasitoïde ovo-larvaire ; PO : parasitoïde des œufs

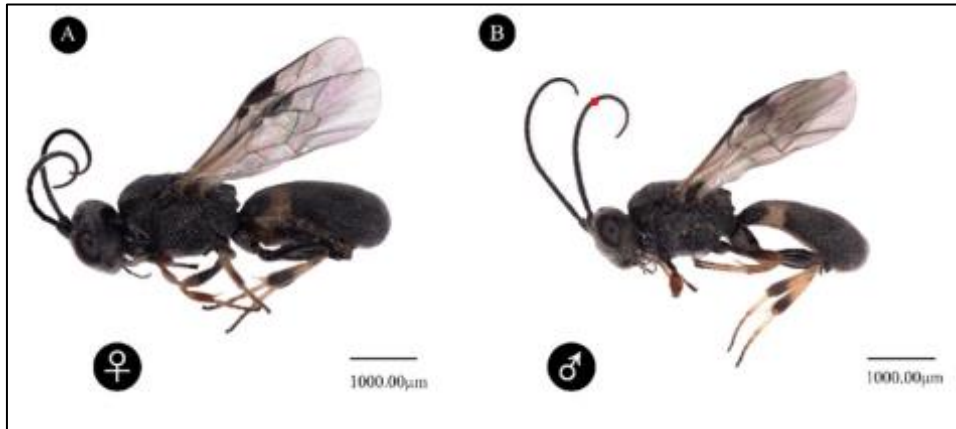


Figure 1 : Adultes de *Chelonus bifoveolatus* (Shen et al., 2023).

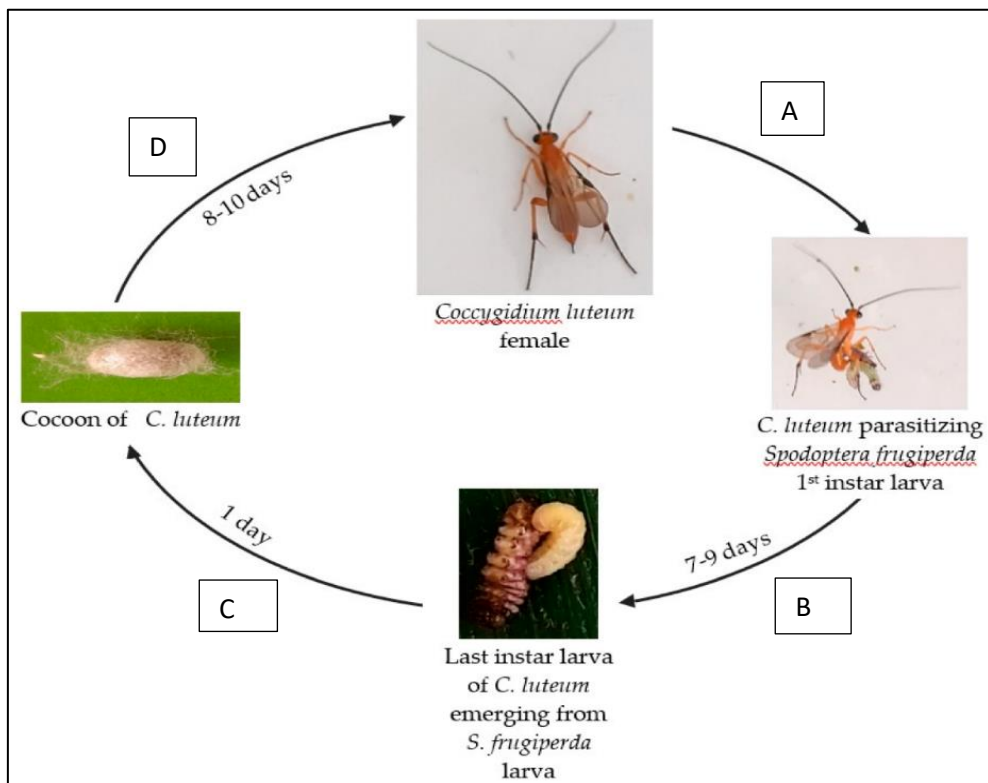


Figure 2 : Cycle de vie de *Coccygidium luteum* (Agboyi et al., 2019).

A : *Coccygidium luteum* femelle

B : *C. luteum* parasitant une larve de 1^{er} stade de *Spodoptera frugiperda*

C : dernier stade larvaire de *C. luteum* émergeant d'une larve de *S. frugiperda*

D : cocon de *C. luteum*

Conclusion

Depuis son apparition en 2016, la chenille légionnaire d'automne est devenue le plus grand ravageur des céréales et particulièrement du maïs en Afrique de l'ouest. La protection de ces cultures contre ce nuisible est un impératif surtout dans un contexte de variabilité climatique doublé d'une crise sécuritaire et humanitaire. Plusieurs méthodes de lutte existent, mais la méthode la plus répandue reste l'utilisation de pesticides de synthèse, qui présentent déjà des cas de résistance limitant ainsi l'efficacité de cette lutte. Plusieurs ennemis naturels de la chenille légionnaire existent et l'utilisation des parasitoïdes dans la lutte biologique comme *C. bifoveolatus* et *C. luteum* pourrait être une alternative. Ces parasitoïdes présentent des résultats intéressants dans la réduction de la population de la chenille légionnaire d'automne en l'empêchant d'atteindre les stades larvaires voraces à l'origine des dégâts sur les cultures. Le succès futur de l'utilisation de ces parasitoïdes pour le contrôle de la chenille légionnaire d'automne en Afrique de l'Ouest réside dans la capacité à développer une industrie de multiplication de ces parasitoïdes. Des sensibilisations des producteurs sont également nécessaires sur l'utilisation judicieuse des pesticides dont la plupart sont nocifs pour l'environnement mais surtout pour les ennemis naturels en attendant la mise en place effective de la lutte biologique. Davantage de recherches sont nécessaires pour développer une méthode efficace des parasitoïdes pour les lâchers en milieu réel. Par conséquent, des programmes de développement rural doivent être envisagés en Afrique de l'Ouest sur l'utilisation de ces parasitoïdes dans la lutte biologique contre ce ravageur.

CONFLITS D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

FSG a fait des recherches documentaires et a rédigé le manuscrit. ANCD, FS, LKA ont participé à la révision du manuscrit.

REFERENCES

- Agboyi LK, Mensah SA, Clotley VA, Beseh P, Glikpo R, Rwomushana I, Day R, Kenis M. 2019. Evidence of Leaf Consumption Rate Decrease in Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda* Larvae Parasitized by *Coccygidium luteum*. *Insects*, **10** : 410. DOI: 103390/insects10110410.
- Agboyi LK, Goergen G, Beseh P, Mensah SA, Clotley VA, Glikpo R, Buddie A, Cafà G, Offord L, Day R, Rwomushana I and Kenis M .2020. Parasitoid Complex of Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda* in Ghana and Benin. *Insects*, **11**(2): 68. DOI: 103390/insects11020068.
- Ahissou BR, Sawadogo WM, Bonzi S, Baimey H, Somda I, Bokonon-Ganta AH, Verheggen FJ. 2021c. Natural enemies of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in Burkina Faso. *Tropicicultura*, **39**(3): 1–21. DOI: <https://doi.org/1025518/2295-80101881>.
- CABI. 2017. Scientists discover new crop-destroying Armyworm is now "spreading rapidly" in Africa Wallingford CABI 167p.
- CABI. 2020. Invasive species compendium Fall armyworm portail <https://www.cabi.org/isc/fallarmyworm> Accessed 24 April 2020.
- CILSS. 2017a. Alerte : la chenille d'automne *Spodoptera frugiperda* nouveau ravageur du maïs en Afrique de l'Ouest a atteint le Niger Bulletin Spécial du Centre Régional AGRHYMET Niamey Niger 6p.
- Cruz T, Figueiredo MC, Silva RBD, John E, Foster JE. 2010. Efficiency of chemical pesticides to control *Spodoptera*

- frugiperda* and validation of pheromone trap as a pest management tool in maize crop. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, **9**(2): 107-122.
- Farahani S, Talebi A, Rakhshani E, Achterberg C, Sharkey M. 2014. A contribution to the knowledge of Agathidinae (Hymenoptera: Braconidae) from Iran with description of a new species. *Biologia*, **69** : 228–235.
- Goergen G, Kumar P L, Sankung S B, Togola A, Tam 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*, 0165632, 9 p.
- Guy B. 2001. Parasitoïdes et lutte biologique: paradigme ou panacée ? *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [Online], **2**(2). URL: <http://journalsopenedition.org/vertigo/4096>, DOI: <https://doi.org/104000/vertigo4096>.
- Huddleston T, Walker AK. 1994. A revision of the *Chelonus scrobiculatus* species-group of Cheloninae (Insecta: Hymenoptera: Braconidae) *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien* **96 B** 153 – 168 insects10040092.
- Kenis M, du Plessis H, Van den Berg J, Ba M N, Goergen G, Kwadjo KE, Polaszek A. 2019. *Telenomus remus* a candidate parasitoid for the biological control of *Spodoptera frugiperda* in Africa is already present on the continent. *Insects*, **10**(4): 92. DOI: <https://doi.org/103390/insects10040092>.
- Kenis M, Benelli G, Biondi A, Calatayud PA, Day R, Desneux N, Harrison RD, Kriticos D, Rwomushana I, van den Berg J .2022. Invasiveness biology ecology and management of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* Entomol Gen 2022.
- Koffi D, Kyerematen R, Eziah VY, Agboka K, Adom MGoergen G, Meagher RL. 2020. Natural Enemies of the Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in Ghana. *The Florida Entomologist*, **103**(1): 85–90. DOI: <https://doi.org/101653/0241030414>.
- Laouali A, Ibrahim B, Malick NB, Laouali K, Rangaswamy M. 2018. Native parasitoids recruited by the invaded fall army worm in Niger. *Indian Journal of Entomology*, **80**(4): 1253-1254.
- Laminou SA, Ba MN, Karimoune L, Doumma A, Muniappan R. 2020. Parasitism of locally recruited egg parasitoids of the fall armyworm in Africa. *Insects*, **11**(7): 430. DOI: <https://doi.org/103390/insects11070430>.
- Prasanna BM, Huesing Joseph E, Eddy R, Peschke VM. 2018. Fall Armyworm in Africa: A Guide for Integrated Pest Management. First Edition Mexico CDMX: CIMMYT.
- Rwomushana I, Bateman M, Beale T, Bese P, Cameron K, Chiluba M, Clotey V, Davis T, Day R, Early R, Godwin J, Gonzalez-Moreno P, Kansiiime M, Kenis M, Makale F, Mugambi I, Murphy S, Nunda W, Phiri N, Pratt C, Tambo J. 2018. Fall Armyworm: Impacts and Implications for Africa, CABI. Evidence Note Update, CABI Wallingford UK.
- Sharkey MJ. 1992. Cladistics and tribal classification of the Agathidinae (Hymenoptera: Braconidae). *J Nat Hist*, **26**: 425–447.
- Sharkey MJ. 2006. Two new genera of Agathidinae (Hymenoptera: Braconidae) with a key to the genera of the New World Zootaxa 1185 37–51.
- Shen Z, Zang Z-Y, Dai P, Xu W, Nkunica PO Y, Zang L-S. 2023. Identification of *Chelonus* sp From Zambia and Its Performance on Different Aged Eggs of *Spodoptera frugiperda*. *Insects*, **14**(1): 61. DOI: <https://doi.org/103390/insects14010061>.

- Sisay B, Simiyu J, Malusi P, Likhayo P, Mendesil E, Elibariki N, Wakgari M, Ayalew G and Tefera T. 2018. First report of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) natural enemies from Africa. *J Appl Entomol GmbH*, **142**: 800–804.
- Sisay B, Tefera T, Wakgari M, Ayalew G, Mendesil E. 2019b. Fall armyworm *Spodoptera frugiperda* infestations in East Africa: Assessment of damage and parasitism. *Insects*, **10**(7): 195. DOI: <https://doi.org/103390/insects10070195>.
- Sparks AN. 1979. A review of the biology of the fall armyworm. *Fla Entomol*, **62** : 82–87.
- Tendeng E, Labou B, Diatte M, Djiba S, Diarra K. 2019. The fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) a new pest of maize in Africa: biology and first native natural enemies detected. *Int J Biol Chem Sci.*, **13**(2): 1011-1026. DOI: <http://dx.doi.org/104314/ijbcs.v13i2.35>.
- Van Noort S. 2019. WaspWeb: Hymenoptera of the Afrotropical Region Available online: www.waspweb.org.
- Wallace J, Hammermeister A, Geldart E. 2021. Lutte biologique contre les ravageurs Centre d'agriculture biologique du Canada Université Dalhousie Truro N-É 8 pp <https://bitly/3C7qdmF>.
- Yu D S, Van Achterberg K, Horstmann K. 2005. World Ichneumonoidea 2004 Taxonomy Biology Morphology and Distribution CD/DVD Vancouver BC Canada: Taxapad
- Yu SJ. 1991. Insecticide resistance in the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith). *Pestic Biochem Physiol*, **39** : 84–91.