

Distribution naturelle des principaux parasitoïdes larvaires inféodés à la chenille légionnaire d'automne (*Spodoptera frugiperda* J.E Smith) au Burkina Faso.

Diao Abdoul Gani^{1*}, Ouédraogo Issoufou¹, Sanon Antoine²

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

2 : Université Joseph Ki-Zerbo, Laboratoire d'Entomologie Fondamentale et Appliquée, 06 BP 9499 Ouagadougou 06. Burkina Faso.

*Auteur correspondant : Email : abdoulganidiao2@gmail.com

Submission 22nd August 2023. Published online at <https://www.m.elewa.org/Journals/> on 31st October 2023. <https://doi.org/10.35759/JABs.190.3>

RÉSUMÉ

Objectifs : Dans cette étude, des échantillonnages ont été réalisés afin d'inventorier et d'identifier les principaux parasitoïdes inféodés à la chenille légionnaire au Burkina Faso. Spécifiquement, elle a visé à l'évaluation du taux de parasitisme ainsi que l'abondance relative de ces ennemis naturels dans les agrosystèmes du Burkina Faso.

Méthodologie et résultats : Des larves de tous les stades ont été collectées suivant un plan d'échantillonnage en forme de « W ». Ces larves ont été placées individuellement dans des flacons d'élevage. Au total, 1794 larves ont été collectées. 195 larves ont été parasitées par le complexe ennemis naturels soit un taux de parasitisme global de 10,86%. Les parasitoïdes (Hyménoptères ; Diptères) ont montré le plus fort taux de parasitisme (7,53%) sur les larves de *S. frugiperda*, suivi des nématodes (Nematoda : Mermithidae) environ 4,07%. Les parasitoïdes identifiés se composaient d'Hyménoptères *Coccygidium luteum* (Brullé), *Chelonus bifoveolatus* (Szépligeti) ; *Charops sp* et des Diptères (*Drino sp.*). *C. luteum* a été le parasitoïde le plus représenté avec une abondance relative de 14,36% et un taux de parasitisme de 1,56%, suivi des Diptères *Drino sp* responsable de 1,45% de taux de parasitisme et une abondance relative de 13,33%.

Conclusion et Application des résultats : Nos travaux ont permis de confirmer la présence 04 parasitoïdes larvaire de la chenille légionnaire au Burkina Faso. Ces résultats suggèrent qu'une conservation de ces ennemis naturels soit faite pour une lutte durable contre la chenille légionnaire d'automne. Les données sur le taux de parasitisme ainsi que l'abondance relative de ces insectes, contribueront à l'élaboration de programme de lutte intégrée contre *S. frugiperda*.

Mots clés : *Spodoptera frugiperda*, lutte biologique, ennemis naturels, parasitoïdes, Burkina Faso.

Natural distribution of the main larval parasitoids dependent on the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* J.E Smith) in Burkina Faso.

ABSTRACT

Objectives: In this study, sampling was carried out in order to inventory and identify the main parasitoids dependent on the armyworm in Burkina Faso. Specifically, it aimed to evaluate the rate of parasitism as well as the relative abundance of these natural enemies in the agrosystems of Burkina Faso.

Methodology and results: Larvae of all stages were collected following a “W” shaped sampling plan. These larvae were placed individually in rearing flasks. A total of 1794 larvae were collected. 195 larvae were parasitized by the natural enemy complex, representing an overall parasitism rate of 10.86%. Parasitoids (Hymenoptera; Diptera) showed the highest rate of parasitism (7.53%) on *S. frugiperda* larvae, followed by nematodes (Nematoda: Mermithidae) around 4.07%. The parasitoids identified consisted of Hymenoptera *Coccygidium luteum* (Brullé), *Chelonus bifoveolatus* (Szépligeti); *Charops sp* and Diptera (*Drino sp*). *C. luteum* was the most represented parasitoid with a relative abundance of 14.36% and a parasitism rate of 1.56%, followed by Diptera *Drino sp* responsible for 1.45% parasitism rate and a relative abundance of 13.33%.

Conclusion and Application of the results: Our work made it possible to confirm the presence of 04 larval parasitoids of the armyworm in Burkina Faso. These results suggest that conservation of these natural enemies is necessary for a sustainable fight against the fall armyworm. Data on the rate of parasitism as well as the relative abundance of these insects will contribute to the development of integrated control programs against *S. frugiperda*.

Key words: *Spodoptera frugiperda*, biological control, natural enemies, parasitoids, Burkina Faso.

INTRODUCTION

Depuis son introduction en Afrique en 2016 (Goergen *et al.* 2016 ; Cock *et al.*, 2017) ; *Spodoptera frugiperda* constitue une menace sérieuse pour la sécurité alimentaire en Afrique (Goergen *et al.*, 2016 ; Day *et al.*, 2017 ; Abrahams *et al.*, 2017). En absence de méthodes de contrôle efficace, les pertes de rendement pourraient atteindre 8,3 à 20,6 millions de tonnes par an dans les pays Africains où sa présence a été confirmée (Day *et al.*, 2017 ; Abrahams *et al.*, 2017). Face à cette urgence, de nombreux pays ont eu recours à l'utilisation des pesticides chimiques comme première méthode de contrôle du ravageur (Day *et al.*, 2017 ; Paredes-Sánchez *et al.*, 2021). Cependant, de nombreuses études sur le mécanisme de résistance des insectes ravageurs face aux insecticides de synthèses montrent qu'une exposition fréquente des ravageurs aux pesticides chimiques conduit très souvent à l'apparition des cas de résistance chez les insectes envahissants tels que *S. frugiperda* (Day *et al.*, 2016). Dans cette situation, l'élaboration de programme de lutte intégrée constitue une nécessité pour la sauvegarde et la sécurité alimentaire des ménages en Afrique. A cet effet, un paramètre

important de la lutte intégrée contre les bioagresseurs est la conservation des ennemis naturels indigènes contre le développement des populations de *S. frugiperda* (Molina-Ochoa *et al.*, 2004a ; Oliveira de Freitas Bueno *et al.*, 2010). En Afrique, *Spodoptera frugiperda* est déjà associé à un nombre relativement important d'ennemis naturels dans de nombreux pays où le contrôle biologique est naturellement en place (Kenis *et al.*, 2019 ; Sisay *et al.*, 2019 ; Abgoyi *et al.*, 2020 ; Abang *et al.*, 2021). Au Burkina Faso, un premier inventaire des ennemis naturels associés à la chenille légionnaire a été rapporté par Ahissou *et al.*, (2021). Cependant, ces résultats n'ont été obtenus que sur deux localités. C'est dans cette optique, que la présente étude a été réalisée avec pour objectif d'identifier les principaux parasitoïdes inféodés à la chenille légionnaire au Burkina Faso. De façon spécifique, il s'agit de confirmer d'une part, la présence d'ennemis naturels indigènes inféodés aux larves de *S. frugiperda* et d'autre part, évaluer le niveau de parasitisme ainsi que l'abondance relative de ces ennemis naturels au Burkina Faso.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Sites d'échantillonnage : L'étude a été réalisée dans 08 régions du Burkina Faso à savoir : la région des Hauts Bassins, Cascades, Boucle du Mouhoun, Centre, Centre Ouest, Centre Est, Centre Nord, et du Plateau central (Figure 1). Deux missions de collectes des larves de *S. frugiperda* ont été réalisées sur deux campagnes d'hivernage. La première mission de collecte a été réalisée dans l'intervalle début Septembre à Fin Octobre

2020. La deuxième mission a été conduite de début Août à début Octobre 2021. Les champs de maïs en bordure de route ont été identifiés. Une distance d'au moins 20 km a été observée entre les sites d'échantillonnage. Au total, 27 localités ont été prospectées et ont permis d'échantillonner 68 champs de maïs. Les coordonnées géographiques ont été enregistrées pour chaque site à l'aide d'un GPS.

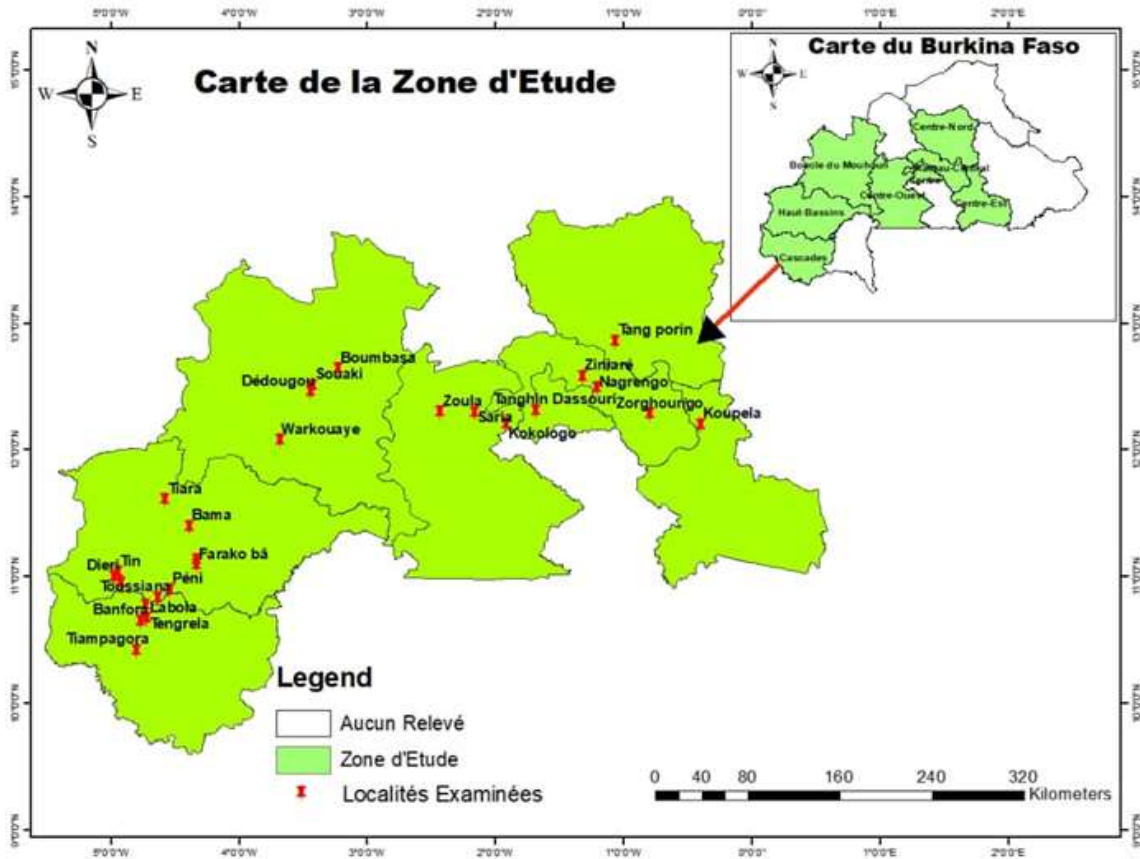


Figure 1 : Localisation des sites de collectes larvaires au Burkina Faso.

Collecte des larves : La collecte des larves de *S. frugiperda* a été réalisée sur des plantes de maïs au stade 6-8 feuilles, et au stade fructification et maturation des grains. La collecte a concerné les champs de maïs non traités ou traités au moins 14 jours avant notre passage. Des larves de tous les stades ont été collectées suivant un mode d'échantillonnage en forme de « W » tel que décrit par Prasanna et al., (2018) et Kuate et al., (2019). Le nombre de larves collectées, a été fonction du niveau d'infestation du champ. Les larves ont été placées individuellement dans des flacons d'élevage (35mm*65mm). Les flacons étaient perforés par le dessus et l'intérieur tapissé d'un papier buvard. Ils ont été étiquetés en indiquant la localité, la date de collecte, les coordonnées géographiques du site, le stade phénologique de la culture et le code de collecte. Des morceaux de feuilles fraîches de maïs ont été

ajoutés pour l'alimentation des larves et remplacés toutes les 24 heures. Au laboratoire, les larves ont été incubées à une température de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$; une humidité relative de $70\pm 10\%$ et une photo période de [08 :16] heures en moyenne. Les larves ont été observées quotidiennement jusqu'à l'émergence des adultes de la chenille légionnaire d'automne, des parasitoïdes, des nématodes ou des champignons entomopathogènes.

Identification des insectes parasitoïdes : Les insectes adultes émergés des larves parasitées ont été conservés dans une solution d'alcool 90% après leur mort, avant d'être identifiés morphologiquement au laboratoire d'entomologie de l'INERA Farako-Bâ. Les insectes ont été observés à l'aide d'une loupe binoculaire. Les parasitoïdes obtenus au cours de cette étude ont été examinés et identifiés à l'aide de clés d'identification et descriptions

taxonomiques (Goulet & Huber, 1993; Wharton *et al.*, 1997 ; Triplehorn & Johnson., 2005; Riedel, 2016; Fiaboe *et al.*, 2017). Des spécimens ont par la suite été envoyés dans des laboratoires spécialisés pour confirmation ou non des insectes identifiés.

Taux de parasitisme : Le taux de parasitisme larvaire a été calculé sur la base de l'équation

$$\text{Pr (\%)} = \frac{\text{Ni (Nombre d'individus parasités par l'espèce i)}}{\text{Nt (Nombre total d'individus collectés)}} * 100. \text{ (Equation 1)}$$

Abondance relative : L'abondance relative (AR) de chaque espèce d'ennemie naturelle a été calculée en utilisant l'équation développée par Canal Daza, (1993) et utilisée par Molina-

$$\text{AR} = \frac{\text{Ni (Nombre d'individus de l'espèce i)}}{\text{Nt (Nombre total d'individus collectés)}} * 100. \text{ (Equation 2)}$$

utilisée par Rios-Velasco *et al.*, (2011) où **Pr** est le pourcentage de parasitisme et **Ni** le nombre de larve parasitée de l'espèce **i**, et **Nt** est le nombre total de larve collectée. Il a été observé pour les larves mortes, et parasitées par les parasitoïdes, les nématodes, ou les champignons entomopathogènes.

Ochoa *et al.*, (2004b) ; Murúa *et al.*, (2009) où **Ni** est le nombre d'individus de l'espèce **i**, et **Nt** est le nombre total de parasitoïdes collectés.

RÉSULTATS

Principaux ennemis naturels de *S. frugiperda* au Burkina Faso : Au total, 1794 larves ont été récoltées (Tableau 1). Le complexe ennemi naturel a été responsable de la mort de 195 larves (10,86%). Les nématodes (Planche 1) ont provoqué 73 cas de mortalité pour 4,07% de taux de parasitisme. Le groupe

des champignons entomopathogènes (Planche 2) a été responsable de la mortalité de 32 larves soit 1,78% de taux de parasitisme. Les parasitoïdes (Hyménoptères et Diptères) (Planche 3) ont parasités 135 larves et soit un taux de parasitisme de 7,53%.



Planche 1 : Nématode émergent d'une larve de *S. frugiperda*.

A : Nématode émergent de la pièce buccale d'une larve ; B-C : nématode observé à la loupe.

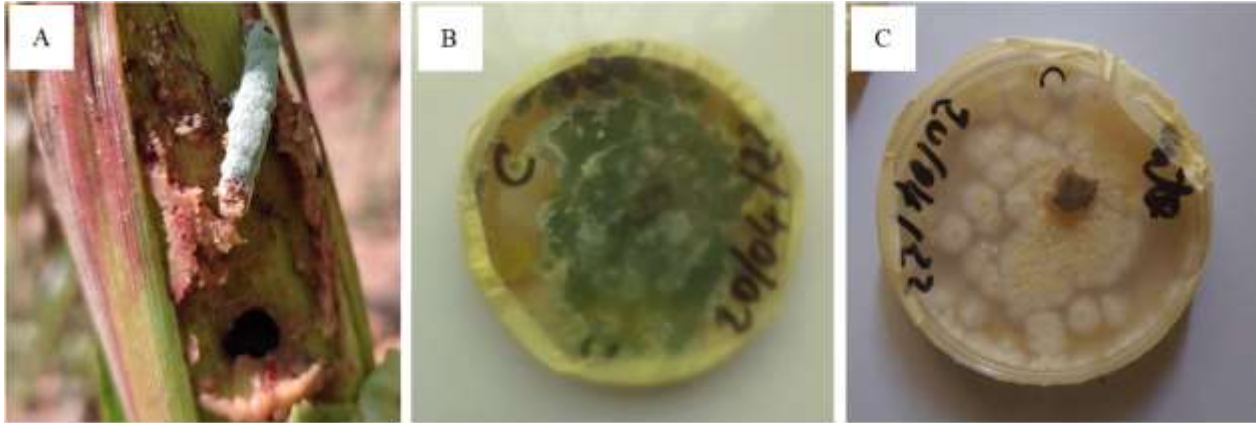


Planche 2 : Champignon entomopathogènes inféodé à *S. frugiperda* au Burkina Faso.

A : Larve de *S. frugiperda* tuée par un champignon entomopathogène sur épis maïs ; B-C : Culture de champignon entomopathogènes de *S. frugiperda* sur milieu PDA.

Tableau 1 : Taux de parasitisme des principaux groupes d'ennemis naturels de *Spodoptera frugiperda* par localités.

Régions	Localités	Nombre total	Nombre Larve morte	Larves parasitées	Nématodes		Ch. entomopathogènes		Parasitoïdes	
					L. parasitées	Pr (%)	L. parasitées	Pr (%)	L. parasitées	Pr (%)
Hauts bassins	Bama	154	11	16	3	1,95	1	0,65	12	7,79
	Bobo Dioulasso	265	34	18	7	2,64	3	1,13	8	3,02
	Farako Bâ	261	17	38	6	2,3	11	4,21	21	8,05
	Péni	40	5							
	Toussiana	161	26	8	4	2,48	2	1,24	2	1,24
	Dieri	30	5	2					2	6,67
	Moussodougou	18	6	1	1	5,56				
	Tin	125	12	7	3	2,4	4	3,2		
	Tiara	20	4	5	3	15	2	10		
Cascades	Banfora	117	28	36	11	9,40	2	1,71	68	58,12
	Tiampagora	38	9	7	4	10,53	2	5,26	1	2,63
	Tengrela	40	13	6	4	10	2	5		
	Labola	20	4	2	1	5			1	5
	Bérégadougou	10	2	2	2	20				
Boucle du Mouhoun	Warkouaye	20	1	4	3	15	1	5		
	Souaki	20	2	2	2	10				
	Boumbasa	20								
	Dédougou	150	13	12	2	1,33	1	0,67	9	6
Centre Ouest	Saria	147	26	27	17	11,56	1	0,68	9	6,12
	Zoula	20	1	1					1	5
	Kokologo	10	1							
Centre	Tanghin Dassouri	18	3							
Plateau centrale	Ziniaré	30	1	1					1	3,33
	Nagrenge	20	4							
	Zorghoungo	20	7							
Centre Est	Koupela	10	2							
Centre Nord	Tang porin	10								
TOTAL		1794	237	195	73	4,07%	32	1,78%	135	7,53%

Distribution des principales espèces d'ennemis naturels : Au cours de cette étude, sept (7) espèces d'ennemis naturels ont pu être identifiées (Tableau 2). Les nématodes entomopathogènes ont été rencontrés dans toutes les régions et dans 16 des 28 localités prospectées. Les larves infectées par les champignons entomopathogènes ont été retrouvées dans la partie soudanienne du pays.

Les champignons entomopathogènes ont été identifiés dans 04 régions réparties en 11 localités. Les Diptère - Tachinidae : *Drino* sp ont été répertoriés dans 05 régions plus précisément dans 09 localités. *Coccygidium luteum* Brullé; *Chelonus bifoveolatus* Szépligeti; *Chapos* sp ont respectivement été trouvés dans 04 ; et 03 régions.

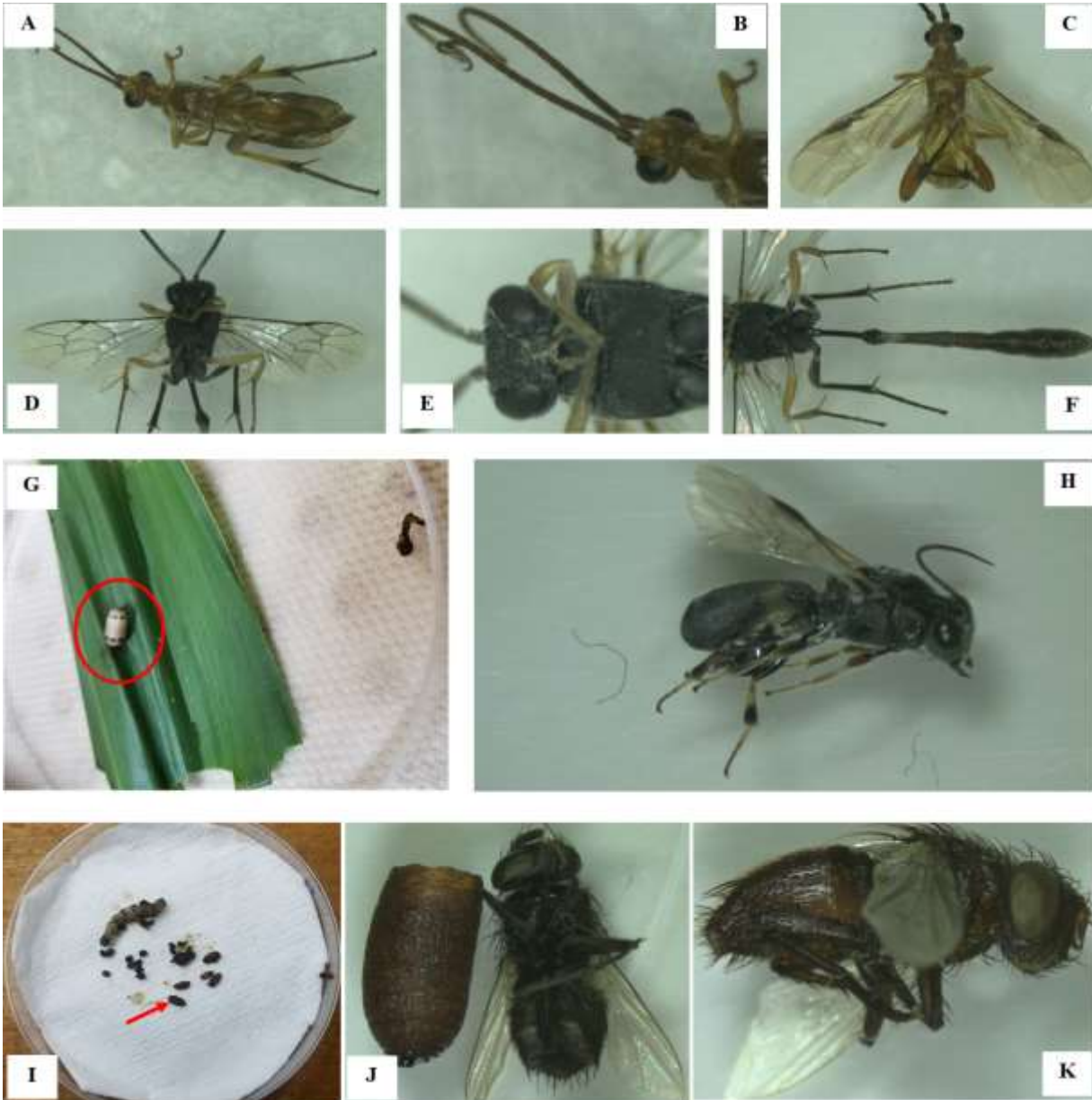


Planche 3 : Principaux insectes parasitoïdes de *S. frugiperda* recensé au Burkina Faso. A-B-C : *Coccygidium luteum* ; D-E-F : *Charops* sp ; G : Pupa de *Chelonus bifoveolatus* ; H : *Chelonus bifoveolatus* ; I : Emergence d'une pupa de *Drino* sp chez la larve de *S. frugiperda* ; K : *Drino* sp au stade adulte.

Tableau 1 : Distribution des principales espèces d'ennemis naturels de *S. frugiperda* au Burkina Faso.

Régions	Localités	Tachini dae						Braconidae		Ichneumonidae
		Némato des	Ch. entomopathogènes	<i>Drino</i> sp	<i>C. luteu</i> m	<i>Ch. bifoveolatu</i> s	<i>Charops</i> sp			
Hauts bassins	Bama	+	+	+	+	+				
	Bobo									
	Dioulasso	+	+	+						
	Farako Bâ	+				+	+		+	
	Péni									
	Toussiana	+	+			+			+	
	Dieri				+					
	Moussodougou	+								
	Tin	+	+							
	Tiara	+	+							
Cascades	Banfora	+	+	+	+		+		+	
	Tiampagora	+	+			+				
	Tengrela	+	+							
	Labola	+		+						
	Bérégadougou	+								
Boucle du Mouhoun	Warkouaye	+	+							
	Souaki	+								
	Boumbasa									
	Dédougou	+	+	+	+			+		
Centre Ouest	Saria	+	+	+	+	+				
	Zoula			+						
	Kokologo									
Centre	Tanghin									
	Dassouri									
Plateau centrale	Ziniaré			+						
	Nagrengo									
	Zorghoungo									
Centre Est	Koupela									
Centre Nord	Tang porin									

Taux de parasitisme des principaux insectes parasitoïdes : Les différents taux de parasitisme des insectes parasitoïdes de la

chenille légionnaire sont présentés dans le Tableau 3 ci-dessous.

Tableau 3 : Taux de parasitisme des principaux insectes parasitoïdes de *Spodoptera frugiperda* au Burkina Faso.

Ordre : Famille	Taxonomie (Genre : Espèce)	Nombre d'insectes	Taux de parasitisme (%)
Hymenoptera : Braconidae	<i>C. luteum</i>	28	1,56
	<i>C. bifoveolatus</i>	15	0,84
Hymenoptera : Ichneumonidae	<i>Charops sp</i>	21	1,17
Diptera : Tachinidae	<i>Drino sp</i>	26	1,45
Nematoda : Mermithidae	Nématodes	73	4,07
Hypocreales : Cordycipitaceae & Clavicipitaceae	Champignons entomopathogènes	32	1,89

Dans notre étude, les nématodes ont enregistré le plus fort taux de parasitisme avec 73 cas de mortalité larvaire soit 4,07% de larves parasitées. Les champignons entomopathogènes ont été responsable de la mort de 32 larves, soit un taux de parasitisme de 1,89%. La mouche (Diptera : Tachinidae) *Drino sp* a été le parasitoïdes le plus dominant (avec 26 larves tuées). Il a été responsable de 1,45% de taux de parasitisme sur les 1794 larves collectées. Les deux Hyménoptères : Braconidae *Coccygidium luteum* et *Chelonus*

bifoveolatus ont présenté respectivement un taux de parasitisme de 1,56% et 0,84%. *Charops sp* 1,17% de taux de parasitisme.

Abondance relative des parasitoïdes de *S. Frugiperda* : L'abondance relative (Tableau 4) des individus inventoriés a été calculée pour chaque espèce de parasitoïde obtenue. *Chelonus bifoveolatus* a été le parasitoïde le moins représenté avec 7,69%. *Coccygidium luteum*, *Charops sp* et *Drino sp* ont présenté respectivement 14,36 – 10,77- et 13,33% d'Abondance relative.

Tableau 4 : Abondance relative des principaux parasitoïdes de *S. frugiperda* au Burkina Faso.

Ordre : Famille	Taxonomie (Genre : espèce)	Abondance	Abondance relative (%)
		195	-
Hymenoptera : Braconidae	<i>C. luteum</i>	28	14,36
	<i>C. bifoveolatus</i>	15	7,69
Hymenoptera : Ichneumonidae	<i>Charops sp</i>	21	10,77
Diptera : Tachinidae	<i>D. quadrizonula</i>	26	13,33
Nematoda : Mermithidae	Nématodes	73	37,44
Hypocreales : Cordycipitaceae & Clavicipitaceae	Champignons entomopathogènes	32	16,41

DISCUSSION

Cette étude a permis de montrer la présence d'un nombre relativement important d'ennemis naturels associé à la chenille légionnaire d'automne au Burkina Faso. Au cours de notre étude, 237 larves (13,21%) sont mortes de causes inconnues. Elles ont pu être tuée par des microorganismes entomopathogènes (Molina-Ochoa *et al.*,

2003; Krutmuang, 2017; Tendeng *et al.*, 2019) ou mortes de cause naturels (Varella *et al.*, 2015). Nos résultats montrent que 04 des 10 espèces d'insectes parasitoïdes des larves de *S. frugiperda* recensé dans certains pays africains (Sisay *et al.*, 2018 ; Tendeng *et al.*, 2019 ; Agboyi *et al.*, 2020 ; Abang *et al.*, 2021, sont naturellement présent au Burkina Faso pour un

contrôle biologique du ravageur. Cette diversité des parasitoïdes pourrait s'expliquer par la grande variabilité des zones agroécologiques dans le pays. Les zones agroécologiques sont caractérisées par une forte variabilité des paramètres agrométéorologiques, impactant la végétation locale ainsi que les pratiques culturales (Hoballah *et al.*, 2004). Ce qui se traduit par un nombre et une diversité élevée d'ennemis naturels (Hoballah *et al.*, 2004). Dans notre étude, *Coccyddium luteum* (Brullé) a été le parasitoïde le plus représenté. *C. luteum* est décrite comme une espèce présente dans plusieurs pays d'Afrique (Sisay *et al.*, 2018 ; Agboyi *et al.*, 2020 ; Abang *et al.*, 2021). Lors de nos échantillonnages, le parasitoïde larvaire *Charops Sp* a été le troisième parasitoïde le plus abondant. Des résultats similaires ont été rapportés par Sisay *et al.*, (2018) ; Abang *et al.*, (2021) au Kenya, en Tanzanie et en Ethiopie. Dans ces pays ces auteurs, ont montré que *Charops sp* est le principal parasitoïde de la chenille légionnaire. En outre, les travaux de Abang *et al.*, (2021) au Cameroun, ont montré que cet insecte parasitoïde *Charops sp* est responsable du parasitisme de trois genres de *Spodoptera* (*S. frugiperda*, *S. exigua* et *S. littoralis*). De plus, nos travaux ont également permis de signaler la présence de *Chelonus bifoveolatus* Szépligeti. Cette espèce est aussi présente dans d'autres pays d'Afrique de l'Est et au Sénégal (Tendeng *et al.*, 2019). Cependant, l'espèce n'a pas été recensée au Cameroun, Ghana et au Bénin (Sisay *et al.*,

2019 ; Agboyi *et al.*, 2020). L'insecte parasitoïde *Drino sp* a été le deuxième parasitoïde le plus distribué au Burkina Faso. Cet insecte n'a pas été signalé au Cameroun (Abang *et al.*, 2021). Cependant, il a été retrouvé en petit nombre au Ghana et au Bénin (Agboyi *et al.*, 2020). En Ethiopie et au Kenya, *Palexorista zonata* (Diptera : Tachinidae) a été le Diptère parasitoïde le plus abondant avec des scores de parasitisme de l'ordre de 6,4% et 12% (Sisay *et al.*, 2018). Les nématodes ont présenté le taux de parasitisme le plus important dans cette étude. Il constitue de ce fait le parasite larvaire le plus distribué de *S. frugiperda* au Burkina Faso. Des observations similaires ont été rapporté au Sénégal par Tendeng *et al.*, (2019). Nous soupçonnons les différentes opérations culturales (Sarclage, labour, buttage) d'être à l'origine de la dissémination des stades juvéniles de nématodes sur les feuilles des plantes de maïs permettant ainsi leurs parasitismes sur les larves au moment de l'alimentation (Ahissou *et al.*, 2021). Bien que relativement faible, les champignons entomopathogènes ont été responsable de la mort d'un certain nombre de larves de *S. frugiperda*. Ces résultats peuvent s'expliquer par la forte pluviosité dans ces régions favorisant le développement de ces champignons. Selon de nombreux auteurs, l'abondance ainsi que la dispersion des champignons est fortement influencée par la température et l'humidité relative (Ruiz-Nájera *et al.*, 2013 ; Krutmuang, 2017).

CONCLUSION ET APPLICATION DES RESULTATS

Au terme de notre étude, nous pensons que ce faible taux de parasitisme de *S. frugiperda* est dû à sa récente introduction au Burkina Faso, ainsi qu'à l'utilisation excessive d'insecticides de synthèses dans la lutte contre le ravageur. Toutefois, la forte répartition des parasitoïdes dans les différentes zones agroécologiques permet d'expliquer la grande capacité

d'adaptation de ces insectes à différents environnements. Ce qui traduit un grand avantage pour leur utilisation comme agents de lutte biologique. De ce fait il devient urgent de protéger les insectes parasitoïdes de l'utilisation abusive et inappropriée des insecticides chimiques.

REMERCIEMENTS

Toutes nos gratitude à l'endroit du Dr Lakpo Koku Agboyi qui a aidé l'identification de

certain spécimens notamment les principaux insectes parasitoïdes.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abang AF, Nanga SN, Kuate AF, Kouebou C, Suh C, and Masso C, 2021. Natural enemies of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in different agro-ecologies. *Insects*, 12(6), 1–23. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects12060509>.
- Abrahams P, Beale T, Cock M, Corniani N, Day R, and Godwin J, (2017). Fall Armyworm Status: Impacts and Control Options in Africa: Preliminary evidence note. *Cabi* April 2017, 18 p.
- Agboyi LK, Goergen G, Beseh P, Mensah SA., Clottey VA, Glikpo R, et al., 2020. Parasitoid complex of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in Ghana and Benin. *Insects*, 11(2), 1–15. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects11020068>.
- Ahissou BR, Sawadogo WM, Bonzi S, Baimey H, Somda I, Bokonon-Ganta AH, and Verheggen FJ, 2021. Natural enemies of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in Burkina Faso. *Tropicicultura*, 39(3), 1–21. DOI : <https://doi.org/10.25518/2295-8010.1881>.
- Canal Daza N, 1993. Especies de parasitoides (Hymenoptera: Braconidae) de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em quatro locais do estado do Am- azonas. Tesis de Maestría (ESALQ/US).
- Cave R, 1993. Parasitoides larvales y pupales de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera : Noctuidae) en Centro America con una clave para las especies encontradas en Honduras. *CEIBA*, 34, 33–56.
- Cock MJ, Beseh PK, Buddie AG, Cafá G, and Crozier J, 2017. Molecular methods to detect *Spodoptera frugiperda* in Ghana, and implications for monitoring the spread of invasive species in developing countries. *Scientific Reports*, 7(1), 1–10. DOI : <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04238-y>.
- Cruz I, De Lourdes Corrêa Figueiredo M, Da Silva RB, Da Silva IF, De Souza Paula C, and Foster JE, 2012. Using sex pheromone traps in the decision-making process for pesticide application against fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* (smith) [Lepidoptera: Noctuidae]) larvae in maize. *International Journal of Pest Management*, 58(1), 83–90. DOI: <https://doi.org/10.1080/09670874.2012.655702>.
- Day R, Abrahams P, Bateman M, Beale T, Clottey V, Cock M, 2017. Fall armyworm: Impacts and implications for Africa. *Outlooks on Pest Management*, 28(5), 196–201. DOI: https://doi.org/10.1564/v28_oct_02.
- Goergen G, Kumar PL, Sankung SB, Togola A, & Tamò M, 2016. First report of outbreaks of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), a new alien invasive pest in West and Central Africa. *PLoS ONE*, 11(10), 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165632>.
- Hoballah ME, Degen T, Bergvinson D, Savidan A, Tamò C, and Turlings TC, 2004. Occurrence and direct control potential of parasitoids and predators of the fall armyworm (Lepidoptera:

- Noctuidae) on maize in the subtropical lowlands of Mexico. *Agricultural and Forest Entomology*, 6(1), 83–88. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-9555.2004.00207>.
- Kenis M, Du Plessis H, Van den Berg J, Ba MN, Goergen G, Kwadjo KE, 2019. *Telenomus remus*, a candidate parasitoid for the biological control of *Spodoptera frugiperda* in Africa, is already present on the continent. *Insects*, 10(4), 1–10. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects10040092>.
- Krutmuang P, 2017 Efficacy of the Entomopathogenic Fungus *Nomuraea rileyi* in the Biological Control of Vegetable Pest *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). *International Journal of Environmental and Rural Development*, 8(2), 8–12. DOI: https://doi.org/10.32115/ijerd.8.2_8.
- Kuate AF, Hanna R, Doumtsop Fotio AR, Abang AF, Nanga SN, and Ngatat S, 2019. Correction: *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) in Cameroon: Case study on its distribution, damage, pesticide use, genetic differentiation and host plants. *PLoS ONE* (2019) 14:4 (e0215749) DOI: [10.1371/journal.pone.0215749](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215749)). *PLoS ONE*, 14(6), 1–18. DOI : <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217653>.
- Molina-Ochoa J, Carpenter JE, Lezama-Gutiérrez R, Foster JE, González-Ramírez M, Ángel-Sahagún C. A, et al., 2004a. Natural distribution of hymenopteran parasitoids of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in Mexico. *Florida Entomologist*, 87(4), 461–472. DOI: [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2004\)087](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2004)087) [0461: NDOHPO] 2.0.CO;2.
- Molina-Ochoa J, Carpenter R, Lezama-Gutiérrez J, Foster M, González-Ramírez, C, Ángel-Sahagun, A, and Farias-Larios J, 2004b. Natural distribution of hymenopteran parasitoids of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in Mexico. *Florida Entomol*, 87, 461–472.
- Murúa G, Molina-Ochoa J, & Coviella C, 2006. Population dynamics of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and its parasitoids in northwestern Argentina. *Florida Entomologist*, 89(2), 175–182. DOI: [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2006\)89\[175:PDOTFA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2006)89[175:PDOTFA]2.0.CO;2).
- Murúa MG, Molina-Ochoa J, and Fidalgo P, 2009. Natural distribution of parasitoids of larvae of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in Argentina. *Journal of Insect Science*, 9, 1–17. DOI : <https://doi.org/10.1673/031.009.2001>.
- Oliveira de Freitas Bueno RC, Carneiro TR, De Freitas Bueno A, Pratisoli D, Fernandes OA, & Vieira SS, 2010. Parasitism capacity of *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) on *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) eggs. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 53(1), 133–139. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-89132010000100017>.
- Omoto C, Bernardi O, Salmeron E, Sorgatto RJ, Dourado PM, Crivellari A, 2016. Field-evolved resistance to Cry1Ab maize by *Spodoptera frugiperda* in Brazil. *Pest Management Science*, 72(9), 1727–1736. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.4201>.

- Ordóñez-garcía A, David I, Carlos H, and Ángel M, 2015. Occurrence of Natural Enemies of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Chihuahua, Mexico. *Florida Entomologist*, 98(3), 843–847. DOI: <https://doi.org/10.1653/024.098.0305>.
- Paredes-Sánchez FA, Rivera G, Bocanegra-García V, Martínez-Padrón HY, Berrones-Morales M, Niño-García N, 2021. Advances in control strategies against *Spodoptera frugiperda*. A review. *Molecules*, 26(18), 5587p.
- Prasanna BM, Huesing JE, and Eddy RP, 2018. La chenille légionnaire d'automne en Afrique : un guide pour une lutte intégrée contre le ravageur. Première édition. CDMX: CIMMYT. Mexico, 124p
- Rios-Velasco C, Gallegos-Morales G, Cambero-Campos J, Cerna-Chávez E, Rincón-Castro MC, and Valenzuela-García R, 2011. Natural enemies of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Coahuila, Mexico. *Florida Entomologist*, 94(3), 723–726. DOI: <https://doi.org/10.1653/024.094.0349>.
- Ruiz-Nájera RE, Molina-Ochoa J, Carpenter JE, Espinosa-Moreno JA, Ruiz-Nájera JA., Lezama-Gutiérrez R, and Foster JE, 2007. Survey for Hymenopteran and Dipteran parasitoids of the Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) au Chiapas, au Mexique. *J. Agric. Entomol urbain*. 24 (1), 35-42. DOI: <https://doi.org/10.3954/1523-5475-24.1.35>.
- Ruiz-Nájera RE, Ruiz-Estudillo RA, Sánchez-Yáñez JM, Molina-Ochoa J, Skoda SR, Coutiño-Ruiz R, 2013. Occurrence of entomopathogenic fungi and parasitic nematodes on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae collected in Central Chiapas, México. *Florida Entomologist*, 96(2), 498–503. DOI: <https://doi.org/10.1653/024.096.0215>.
- Sisay B, Simiyu J, Malusi P, Likhayo P, Mendesil E, Elibariki N, et al., 2018. First report of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), natural enemies from Africa. *Journal of Applied Entomology*, 142(8), 800–804. <https://doi.org/10.1111/jen.12534>.
- Sisay B, Simiyu J., Mendesil E., Likhayo P., Ayalew G., Mohamed S., et al., (2019). Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* infestations in East Africa: Assessment of damage and parasitism. *Insects*, 10(7), 1–10. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects10070195>.
- Tarla G. (2015). First report of *Hexameris* sp. (Nematoda: Mermithidae) parasitizing *Eurygaster maura* (Heteroptera: Scutelleridae) in an overwintering area. *Florida Entomologist*, 98(3), 974–978.
- Tendeng E, Labou B, Diatte M, Djiba S, and 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. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(2), 1011. DOI: <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v13i2.35>.
- Triplehorn C, and Johnson N, 2005. *Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects*. 888 p.
- Wheeler GS, Ashley TR, and Andrews KL, 1989. Larval parasitoids and pathogens of the fall armyworm in honduran maize. *Entomophaga*, 34(3), 331–340. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02372472>.