



Potentiel de régulation naturelle de la noctuelle *Helicoverpa armigera* (Hübner 1808) (Lepidoptera : Noctuidae) par son cortège de parasitoïdes en condition de culture de tomates biologiques

Elias MANO^{1&4}, Rabièta SIMDE², Georges KAMBOU², Bouraïma OUEDRAOGO³ et Irénée SOMDA⁴

1. Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT), BP 2393 Bobo Dioulasso (Burkina. Faso) ;

2. Institut de l'Environnement et de Recherche Agricole (INERA), Laboratoire de Recherches ;

3. Centre Agricole Polyvalent de Matourkou (CAP-M) ;

4. Université Nazi Boni / Institut du Développement Rural (IDR).

Auteur correspondant : manoe2005@gmail.com; Cel : +226 71 04 02 91

Submitted on 25th March 2022. Published online at www.m.elewa.org/journals/ on 31st May 2022
<https://doi.org/10.35759/JABs.173.3>

RESUME

Objectif : L'échec des insecticides de synthèse dans la gestion durable de *Helicoverpa armigera* a conduit à l'utilisation des parasitoïdes. L'objectif de cette étude était d'évaluer le potentiel de régulation naturelle de *H. armigera* par ses parasitoïdes en culture de tomates biologiques.

Méthodologie et résultats : Pour cela, 25 larves ont été collectées tous les dix jours en champs de tomates biologiques et élevées sur des diètes artificielles au laboratoire jusqu'à la mort de l'insecte, la sortie des chrysalides ou des parasitoïdes. Parallèlement, 18 œufs collectés sur la tomate ont été suivis sur les feuilles de tomate dans des boîtes de Pétri jusqu'à la sortie des parasitoïdes ou à l'éclosion. L'identification a été basée sur les caractères morphologiques et le taux de parasitisme obtenu par la formule de McCutcheon (1987). La noctuelle est parasitée par cinq espèces de parasitoïdes larvaires (*Meteorus laphygmarum* Brues, *Apanteles* sp., *Habrobracon brevicornis* (W.), *Euplectrus* sp. et *Tachinidae* sp.) et deux espèces oophages (*Trichogrammatoidea sp1* et *Trichogrammatoidea sp2*). Le parasitisme global a été de 45,83% dont un parasitisme spécifique maximum de 23,81% pour *M. laphygmarum* sur le stade L2. Ce parasitoïde a été prédominant sur tous les stades larvaires et à tous les stades phénologiques. Le taux de parasitisme global a été influencé par le stade larvaire ; il a été plus élevé aux premiers stades L1 (76,92 %), L2 (71,43 %,) et L3 (47,83 %,) qu'aux derniers stades L4 (33,33 %), L5 (10,00 %) et L6 (9,09 %). Il a également été fonction du stade phénologique de la tomate allant de 4,16% au stade végétatif à 20,18% au stade fructification.

Conclusion et application : Les sept espèces de parasitoïdes ont un bon potentiel de régulation de la noctuelle. Elles peuvent être employées pour la gestion durable de la noctuelle en culture de tomates biologiques.

Mots clés : *Helicoverpa armigera*, parasitoïdes, contrôle biologique, tomates biologiques.

ABSTRACT

Potential for natural control of the noctuid moth *Helicoverpa armigera* (Hübner 1808) (Lepidoptera: Noctuidae) by its suite of parasitoids under organic tomato growing conditions.

Objective: The failure of synthetic insecticides in the sustainable management of *Helicoverpa armigera* has led to the use of parasitoids. The objective of this study was to evaluate the potential of natural control of *H. armigera* by its parasitoids in organic tomato crops.

Methodology and results: For this purpose, 25 larvae were collected every ten days in organic tomato fields and reared on artificial diets in the laboratory until the death of the insect, the emergence of chrysalids or parasitoids. At the same time, 18 eggs collected from tomato were followed on tomato leaves in Petri dishes until parasitoids emerged or hatched. Identification was based on morphological characters and the rate of parasitism obtained by the formula of McCutcheon (1987). The noctuid is parasitized by five species of larval parasitoids (*Meteorus laphygmarum* Brues, *Apanteles* sp., *Habrobracon brevicornis* (W.), *Euplectrus* sp. and *Tachinidae* sp.) and two oophagous species (*Trichogrammatoidea sp1* and *Trichogrammatoidea sp 2*). The overall parasitism was 45.83% with a maximum specific parasitism of 23.81% for *M. laphygmarum* on the L2 stage. This parasitoid was predominant on all larval stages and at all phenological stages. The overall parasitism rate was influenced by the larval stage; it was higher in the early L1 (76.92%), L2 (71.43 %) and L3 (47.83 %) stages than in the later L4 (33.33%), L5 (10.00%) and L6 (9.09%) stages. It was also a function of the phenological stage of tomato ranging from 4.16% at vegetative stage to 20.18% at fruiting stage.

Conclusion and application: The seven species of parasitoids have a good potential to regulate the moth. They can be used for the sustainable management of noctuid moth in organic tomato crops.

Keywords: *Helicoverpa armigera*, parasitoids, biological control, organic tomatoes.

INTRODUCTION

Helicoverpa armigera (Hübner, 1808) est un ravageur de grande importance économique pour les cultures horticoles au Burkina Faso. Il est très fréquent sur la tomate, le gombo, le poivron et l'aubergine. Il attaque plusieurs organes de la même plante : fleurs, feuilles, bouton floraux, fruits, capsules, panicules, bourgeons terminaux, soies, épis et tiges avant de migrer sur une autre plante (Nibouche *et al.*, 2007 ; Brevault *et al.*, 2012). Au Sénégal, l'insecte a été observé sur la tomate, le poivron, l'aubergine et le chou. Dans les parcelles de tomate, il a une occurrence de 91,8 % et cause des dégâts sur 28 % à 85 % des fruits (Figure 1 et 2) (Collingwood *et al.*, 1984 ; Diatte *et al.*, 2018). Le contrôle de la noctuelle basé sur les insecticides chimiques de synthèse a conduit à l'acquisition rapide de la résistance à certaines familles de pesticides comme les pyréthrinoïdes et les organophosphorés (Aheer *et al.*, 2009 ;

Achaleke et Brévault, 2010). La lutte biologique à l'aide d'insectes parasitoïdes constitue un moyen efficace de protection des cultures qui préserve la santé de l'homme et de l'environnement (Wajnberg et Ris, 2007). L'intérêt porté à l'utilisation des parasitoïdes s'est considérablement accru depuis les 20 dernières années (Boivin, 2001). Cet intérêt provient sans doute du rôle économique et écologique important que jouent ces organismes (Cournoyer, 2000). Depuis un siècle, environ 1200 introductions d'ennemis naturels, tous groupes confondus, ont été faites dans le monde pour lutter contre les ravageurs (Boivin, 2001). En pratique, trois grandes approches de lutte biologique sont considérées : la lutte biologique par lâchers (inondatifs ou inoculatifs), la lutte biologique par conservation ou la manipulation environnementale. Dans tous les cas, l'inventaire préalable des ennemis naturels

indigènes, en particulier les parasitoïdes et l'évaluation de leur potentiel régulateur constituent une étape préliminaire. La mise en place d'un programme de lutte intégrée partiellement basé sur l'efficacité des parasitoïdes peut contribuer à une diminution de l'application des insecticides chimiques de synthèse (Cameron *et al.*, 2006). Il existe plusieurs espèces de parasitoïdes de *H. armigera* en Afrique dont la plus dominante est *Meteorus laphygmarum* Brues (Braconidae) (Streito et Nibouche, 1997, Diatte, 2018). Au Burkina Faso, Streito et Nibouche ont identifié

onze espèces de parasitoïdes de *H. armigera* (Streito et Nibouche, 1997). Ce travail date maintenant de plus d'une vingtaine d'années et depuis lors, peu de travaux évaluant la régulation de *H. armigera* par ses parasitoïdes en culture de tomate a été réalisée au Burkina Faso. Ce présent travail avait pour objectif d'évaluer le potentiel de régulation naturelle de la noctuelle *Helicoverpa armigera* (Hübner 1808) par son cortège de parasitoïdes en culture de tomates biologiques dans les périmètres maraichers de Bama au Burkina Faso.



Fig 1 : Adulte (A) et chenille (B) de *H. armigera*

Fig 1 : Adult (A) and caterpillar (B) of *H. armigera*



Fig 2 : Dégât de *H. armigera* sur fruit de tomate
Fig 2 : *H. armigera* damage on tomato fruit

MATERIEL ET METHODES

Caractéristiques du site et de l'essai expérimental : L'essai expérimental a été conduit dans la vallée du Kou à Bama, site située à 30 km au Nord de Bobo-Dioulasso (11°22 Nord et 4°22 Est) au Burkina Faso. Ce site subit une forte pression parasitaire due à la noctuelle qui est observée à toutes les saisons. Le lit de semi du site est dominé par un sol ferrugineux (Wellens *et al.*, 2010) avec une faible teneur en matière organique. Le pH y est compris entre 5,5 et 6,5 et la concentration en bases échangeables élevée. La moyenne pluviométrique annuelle se situe entre 600 et 1500 mm. L'essai a été conduit en saison sèche (Novembre à Mars). Les plantes de tomates (F1 COBRA 26) étaient espacées de 40 cm X

80 cm dans quatre parcelles de 32 mètre carré chacune. Aucun traitement insecticide ni fertilisant chimique n'y a été appliqué. Un mélange de compost de bouche de vache et de bokashi, à 50%, a été appliqué à 35 T/ha. L'irrigation a été apportée par aspersion tous les deux jours.

Collecte des larves et des œufs de *H. armigera* : Un total de 18 œufs et de 125 larves aléatoires de la noctuelle (hôte) ont été collectés à raison de 25 larves par stade phénologique sur deux parcelles de tomates de 32m² (8m x 4m) chacune. Les œufs et larves des stades L1 à L6 de la noctuelle ont été prélevés dans des pots individuels et ramenés au laboratoire pour le suivi du parasitisme. Ils

ont été collectés tous les dix jours du stade végétatif jusqu'à la première récolte. Les parcelles de tomate ont été implantées, l'une à proximité de mauvaises herbes (Cypéracée) et l'autre à proximité d'une association maïs - manioc. Elles n'ont subi aucun traitement pesticide.

Suivi du parasitisme au laboratoire : Les œufs ont été gardés sur les supports habituels (feuilles de tomate) dans des boîtes de Pétri au laboratoire jusqu'à la sortie des parasitoïdes ou à l'éclosion. Quant aux chenilles, elles ont été isolées et élevées au laboratoire dans des boîtes de Pétri individuelles, numérotées, munies du milieu nutritif artificiel et suivies chaque jour, à l'aide d'une fiche jusqu'à la mort de l'insecte ou l'émergence du parasitoïde. Ce milieu a été préparé avec 65 g d'agar-agar, 6 g d'acide sorbique, 50 g d'acide ascorbique, 200 mg de rimactan, 570 g de farine de maïs, 150 g de levure de bière, 150 g de germe de blé et 10 ml d'huile de palme (sans cholestérol). Ces ingrédients sont mélangés à chaud dans quatre litres d'eau distillée à l'aide d'un mixeur électrique (BLG-450) puis coulé dans des pots sous hôte à ultraviolet pour solidification. La

RESULTATS

Performance du parasitisme des parasitoïdes larvaires sur *H. armigera* : Le parasitisme a varié selon les espèces de parasitoïdes. Les plus grandes performances de parasitisme spécifique sur *H. armigera* ont été relevées au niveau de *M. laphygmarum* (16,67 %), *Apanteles sp.* et *Ha. brevicornis* (6,25 % chacun) ($P < 0,001$; $df = 4$). Le taux de parasitisme global des parasitoïdes sur les larves de *H. armigera* a été de 45,83 %. (Tableau 1).

diète solide est gardée au réfrigérateur (-4°C) puis donnée comme substrat alimentaire aux larves.

Collecte et analyse statistique des données : L'identification a été basée sur les caractères morphologiques (Roth, 1980 ; Heinrich, 1983 ; Gauld Ian David et Bolton Barry 1988 et Delvare et Aberleng 1989). Les nombres de parasitoïdes émergés et de larves parasitées au cours du suivi ont été enregistrés sur des fiches de collecte de données. Le taux de parasitisme (T) a été obtenu par la formule de McCutcheon (1987) :

$$T = 100 \times \frac{\text{nombre de larves parasitées}}{LC - LM}$$

LC : nombre de larves collectées ; LM : nombre de larves mortes

Une analyse de variance des taux de parasitisme des parasitoïdes a été faite grâce au logiciel Genstat Discovery éd 12. Quand un effet significatif est détecté, le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5 % a été utilisé pour la comparaison des moyennes. Le logiciel XLSTAT 2015 a servi à l'analyse descriptive des moyennes.

Performance du parasitisme des parasitoïdes oophages sur *H. armigera* : Sur les 18 œufs de *H. armigera* ramenés des champs de tomate, deux espèces de parasitoïdes ont été recensées, *Trichogrammatoidea sp.1* et *T. sp.2* (Tableau 2). Leur taux de parasitisme global a été de 15,38 % (2/13 œufs fertiles).

Tableau 1 : Taux de parasitisme des parasitoïdes larvaires sur *H. armigera*

Table 1: Parasitism rate of larval parasitoids on *H. armigera*

Parasitoïdes	Nombre de larves parasitées	Parasitisme spécifique ± Sd (%)*	Parasitisme global (%)
<i>Meteorus laphygmarum</i> Brues	16/96	16,67 ± 0,40 a	45,83 (44/96)
<i>Apanteles</i> sp.	6/96	6,25 ± 0,01 b	
<i>Habrobracon brevicornis</i> (W.)	6/96	6,25 ± 0,03 b	
<i>Euplectrus</i> sp.	5/96	5,22 ± 1,12 b	
<i>Tachinidae</i> sp.	5/96	5,22 ± 0,28 b	
Hyménoptères indéterminés	6/96	6,25 ± 0,18 b	
Moyenne		7,64	
Cv (%)		6,8	
ETR (ddl = 4)		0,52	
ETM (S \bar{x})		0,26	
F. Probabilité		<,001	
Signification		THS	

*Les moyennes dans la même colonne, affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % (test de Student Newman-Keuls) ; THS : Très hautement significatif.

* The means in the same column, assigned the same letter are not significantly different at the 5% level (Student Newman-Keuls test); THS: Very highly significant.

Tableau 2 : Taux de parasitisme des parasitoïdes oophages sur *H. armigera*

Table 2: Parasitism rate of oophagous parasitoids on *H. armigera*

Parasitoïdes	Nombre d'œuf parasités	Parasitisme spécifique (%)	Parasitisme global (%)
<i>Trichogrammatoidea</i> sp.1	1/13	7,69	15,38 (2/13)
<i>Trichogrammatoidea</i> sp.2	1/13	7,69	

Influence du stade larvaire de *H. armigera* sur le parasitisme larvaire : Le taux de parasitisme de *H. armigera* est influencé par son stade larvaire (Tableau 3). Ce taux a été plus élevé au niveau des premiers stades L1 (76,92 %), L2 (71,43 %), L3 (47,83 %) et L4 (33,33 %), qu'au niveau des derniers stades L5 (10,00 %) et L6 (9,09 %) ($P < 0,001$; $df = 5$). Le parasitisme a été plus important chez *M. laphygmarum* et dans les premiers stades (L1, L2, L3) ($P < 0,001$; $df = 5$). Les cinq espèces de parasitoïdes ont chacune parasité les stades L1, L2 et L3. A l'exception de *Tachinidae* sp., elles ont parasité également le stade L4. Cependant, les stades avancés (L5 et L6) n'ont été parasités que par une seule espèce, *M. laphygmarum*.

Impact du stade phénologique de la tomate sur le parasitisme de *H. armigera* par ses parasitoïdes : Le stade phénologique influe sur le pouvoir paritaire des parasitoïdes. De toutes les cinq espèces de parasitoïdes larvaires recensées dans les parcelles de tomate, seule *Euplectrus* sp. n'a pas parasité à tous les stades phénologiques (absent au stade végétatif) de la tomate (Tableau 4). Le parasitisme des parasitoïdes larvaires est plus élevée aux stades floraison (77,78 %) et végétatif (66,67 %) par rapport aux autres stades. *M. laphygmarum* a mieux contrôlé la noctuelle au stade floraison-fructification (22,73 %).

Tableau 3 : Taux de parasitisme sur *H. armigera* suivant son stade larvaire

Table 3: Rate of parasitism on *H. armigera* according to its larval stage

Parasitoïdes	Taux de parasitisme larvaire ± SD (%)*					
	L1	L2	L3	L4	L5	L6
<i>M. laphygmarum</i>	23,08 ± 0,11 a	23,81 ± 0,15 a	17,39 ± 0,30 a	11,11 ± 0,55 a	10,00 ± 0,28 a	9,09 ± 0,13 a
<i>Apanteles sp.</i>	7,69 ± 0,15 c	9,52 ± 1,58 b	8,70 ± 1,27 b	5,56 ± 0,80 b	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 b
<i>Ha. brevicornis</i>	15,38 ± 1,38 b	9,52 ± 0,04 b	4,35 ± 0,03 c	5,56 ± 0,04 b	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 b
<i>Euplectrus sp.</i>	7,69 ± 0,03 c	9,52 ± 0,01 b	4,35 ± 0,21 c	5,56 ± 0,21 b	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 b
<i>Tachinidae sp.</i>	7,69 ± 0,04 c	9,52 ± 0,03 b	8,70 ± 0,03 b	0,00 ± 0,00 c	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 b
Hyménoptères Indéterminés	15,38 ± 0,40 b	9,52 ± 0,03 b	4,35 ± 0,04 c	5,56 ± 0,03 b	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 b
Parasitisme global	76,92	71,43	47,83	33,33	10,00	9,09
Moyenne sp.	12,82	11,90	7,97	5,56	1,67	1,51
Cv (%)	4,10	5,30	6,10	7,80	6,90	3,4
ETR (ddl = 4)	0,34	0,40	0,31	0,43	0,12	0,05
ETM (S \ddot{x})	0,17	0,20	0,15	0,21	0,06	0,02
F. Probabilité	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001
Signification	THS	THS	THS	THS	THS	THS

*Les moyennes dans la même colonne, affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % (selon le test de Student Newman-Keuls) ; THS : Très hautement significatif.

*The means in the same column, assigned the same letter, are not significantly different at the 5% level (according to the Student Newman-Keuls test); THS: Very highly significant.

Tableau 4 : Taux de parasitisme spécifique des parasitoïdes de *H. armigera* par stade phénologique

Table 4: Specific parasitism rate of *H. armigera* parasitoids by phenological stage

	Abondance spécifique	Taux de parasitisme larvaire (%)				
		Végétatif [0-20J]	Floraison [21-40J]	Floraison-fruct. [41-60J]	Fructification [61-80J]	Maturation [81-100J]
Parasitisme sur les larves	<i>M. laphygmarum</i>	16,67	22,22	22,73	16,13	10,71
	<i>Apanteles sp.</i>	16,67	11,11	4,55	6,45	3,57
	<i>Ha. brevicornis</i>	16,67	11,11	9,09	3,23	3,57
	<i>Euplectrus sp.</i>	0,00	11,11	4,55	6,45	3,57
	<i>Tachinidae sp.</i>	16,67	11,11	4,55	3,23	3,57
	<i>Hyménoptères indéterminés</i>	0,00	11,11	4,55	6,45	7,14
	Parasitisme larvaire global	66,67	77,78	50,00	41,94	32,14
Parasitisme sur les œufs	<i>Trichogrammatoïdea sp.1</i>	0,00	0,00	7,69	0,00	0,00
	<i>Trichogrammatoïdea sp.2</i>	0,00	0,00	0,00	7,69	0,00
	Parasitisme oophage global	00	00	7,69	7,69	00

Légende : J : Jour après repiquage.

Legend: J: Day after transplanting.

DISCUSSION

Plus de 45 % des chenilles et 15 % des œufs de *H. armigera* ont été parasitées par les sept espèces de parasitoïdes en culture de tomate en saison sèche (Novembre à Mars). Auparavant, il y a vingt et deux ans, Streito et Nibouche (1997) ont enregistré un parasitisme maximum de 32,90 % sur le cotonnier en saison pluvieuse (Mai à Octobre) au Burkina Faso. En effet, cette différence de résultat serait due d'une part, à l'utilisation de plantes hôtes différentes (tomate versus cotonnier) à de périodes différentes (saison sèche versus saison pluvieuse). D'autre part, le temps écoulé de plus de vingt ans implique des variations climatiques qui sont des facteurs influençant la dynamique générale des arthropodes (Godfray et al., 1994). En outre, la diversification des cultures voisines (gombo, maïs) dans le site pourrait expliquer en partie ce phénomène. Les paysages diversifiés ont plus de potentiel pour la conservation de la biodiversité et le maintien de la fonction de contrôle des ravageurs (Landis et al., 2000 ; Bianchi et al., 2006 ; Maalouly et al., 2013 et Morandin et al., 2014). Seul *M. laphygmarum* parasite tous les stades larvaires. Ce parasitoïde, présent dans toutes les zones et à tous les stades phénologiques de la tomate, a un fort potentiel de régulation naturelle avec des taux de parasitisme maximal de 23,81 % contre 81,1 % obtenu par Streito et Nibouche (1997). La variation des saisons et du climat semble être à l'origine de cette différence des résultats. Les taux de parasitisme maximum de 77,78 % et 66,67 %

enregistrés aux stades floraison et végétatif seraient dus aux faibles effectifs des larves survivantes (6 individus et 9 individus). Les parasitoïdes sont donc plus performants au stade de floraison-fructification et fructification (50,00 % et 41,94 %) qu'aux autres stades de la tomate comme l'ont souligné Diatte et al. (2018). En effet, c'est à ce stade que s'intensifient les interactions trophiques entre *H. armigera* et la plante de tomate. Ainsi, les parasitoïdes sont attirés par les odeurs émises par les chenilles et les substances végétales volatiles suite aux dégâts mécaniques dus aux chenilles (Yan et Wang, 2006). Par ailleurs, les quatre premiers stades larvaires (L1, L2 et L3) sont plus parasités que les derniers stades (L4, L5 et L6). En effet, la sensibilité des différents stades des larves de *H. armigera* ont été étudiée sur diverses espèces de parasitoïdes comme *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera : Braconidae), *Microplitis croceipes* Cresson (Hymenoptera : Braconidae), *Hyposoter didymator* (Thunberg) (Hymenoptera : Ichneumonidae). Il en ressort primo que les chenilles des premiers et deuxièmes stades sont moins vigoureuses, se nourrissent à la surface des feuilles et de fleurs et sont ainsi plus exposées aux attaques des parasitoïdes (Diatte et al., 2018). Secundo, les troisième et quatrième stades larvaires (L3, L4) sont les stades hôtes préférentiels, alors que les chenilles de derniers stades vivent principalement à l'abri, à l'intérieur des fruits (Saxena et al., 2012 ; Diatte, 2017).

CONCLUSION ET APPLICATION DES RÉSULTATS

Les sept espèces de parasitoïdes larvaires et oophages, ont un bon potentiel de régulation naturelle des larves (45,83 %) et des œufs (15,38%) de la noctuelle. Les stades phénologiques et larvaire influent sur le parasitisme de *H. armigera* qui est plus important en périodes de floraison et fructification de la tomate et au niveau des premiers stades (L1, L2, L3, L4) qu'au niveau des derniers stades (L5 et L6).

L'espèce *M. laphygmarum* Brues est la plus performante ; elle parasite tous les stades larvaires de la noctuelle et préférentiellement les stades L1, L2, L3 et L4. Les régulations dues à *Ha. brevicornis* et à *Euplectrus sp* constituent un record nouveau au Burkina Faso. Des études supplémentaires sont nécessaires pour mieux connaître la bioécologie de ces parasitoïdes. Ces résultats

obtenus constituent une base préliminaire à l'étude des méthodes d'optimisation du service rendu par les parasitoïdes de *H. armigera* pour

son contrôle biologique en culture de tomates biologiques.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient BAYER-CÔTE D'IVOIRE pour son soutien financier et ses encouragements.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bianchi F., Booij C.J.H. et Tscharrntke T., 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 273(1595), 1715-1727.
- Boivin G., 2001. Parasitoïdes et lutte biologique : Paradigme ou panacée ? Revue en sciences de l'environnement sur le WEB, Vol 2 No 2, octobre 2001.
- Collingwood E.F., Bourdouxhe L. et Defranc M., 1984. Les principaux ennemis des cultures maraîchères du Sénégal. 2e ED. CDH, Dakar, 95 p.
- Delvare G. et Aberlenc H., 1989. *Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale : clé de reconnaissance des familles d'insectes*. Montpellier, CIRAD-GERDAT.
- Diatte M., 2017. Les principaux insectes ravageurs de la tomate dans les Niayes au Sénégal : Gestion intégrée de la noctuelle et de la mineuse des feuilles. Thèse de doctorat : Écologie et Gestion des Écosystèmes. Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 124p
- Diatte M., Brévault T., Sall-Sy D. et Diarra K., 2018. Dynamique des parasitoïdes larvaires de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera : Noctuidae) dans la zone des Niayes au Sénégal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(1), 392-401.
- Gauld I.D. et Bolton B., 1988, The Hymenoptera. British Museum Natural History. London: Oxford University Press, 332 p.
- Godfray H. C. J., Hassell M. P., et Holt R. D., 1994. The population dynamic consequences of phenological asynchrony between parasitoids and their hosts. *Journal of Animal Ecology*, 1-10.
- Heinrichs E.A., 1983, Biology and management of rice insects.
- Landis D.A., Wratten S.D. et Gurr G.M., 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual review of entomology*, 45(1), 175-201.
- Maalouly M., Franck P., Bouvier J.-C., Toubon J.-F. et Lavigne C., 2013. Codling moth parasitism is affected by semi-natural habitats and agricultural practices at orchard and landscape levels. *Agriculture, ecosystems and environment*. 169, 33-42.
- McCutcheon A. L., 1987. Sexual morality, pro-life values, and attitudes toward abortion: A simultaneous latent structure analysis for 1978-1983. *Sociological methods and research*, 16(2), 256-275.
- Morandin L.A., Long R.F. et Kremen C., 2014. Hedgerows enhance beneficial insects on adjacent tomato fields in an intensive agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 189, 164-170.
- Roth M., 1980. Initiation à la morphologie, la systématique et la biologie des insectes. ORSTOM: 97-98.
- Saxena H., Ponnusamy D. et Asif Iqbal M.,

2012. Seasonal parasitism and biological characteristics of *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) a potential larval ectoparasitoid of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in a chickpea ecosystem. *Biocontrol science and technology*, 22(3), 305-318.
- Streito J.C. et Nibouche S., 1997. First observations on the parasitoids associated with lepidopterous pests of cotton in Burkina Faso. *Entomophaga* 42, 543-557.
- Yan Z.-G. et Wang C.-Z., 2006. Similar attractiveness of maize volatiles induced by *Helicoverpa armigera* and *Pseudaletia separata* to the generalist parasitoid *Campoletis chloridae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 118, 87-96