

Effet de la transmission horizontale de deux champignons entomopathogènes (*Metarhizium anisopliae* et *Beauveria bassiana*) sur les adultes de *Coelaenomenodera lameensis* Berti et Mariau, 1999 (Coleoptera : Chrysomelidae) ravageur du palmier à huile, Daloa, Côte d'Ivoire

Ange Parfait N'GUESSAN*, Djè Kévin Christian TANO, N'Guessan YAO et Hassane DAO

Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG), UFR-Agroforesterie, Laboratoire d'Amélioration de la Production Agricole, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

(Reçu le 14 Novembre 2024 ; Accepté le 28 Janvier 2025)

* Correspondance, courriel : nguessanangeparfait@gmail.com

Résumé

Coelaenomenodera lameensis (Coleoptera : Chrysomelidae), mineuse des feuilles du palmier à huile constitue un problème majeur dans les palmeraies en Côte d'Ivoire. Les dégâts occasionnés par cet insecte, peuvent entraîner une diminution de la production de 30 à 50 % sur une période allant de 2 à 3 ans. La lutte contre *C. lameensis* par les insecticides chimiques engendre des effets néfastes sur la santé humaine et l'environnement. L'objectif de cette étude était d'évaluer la transmission horizontale des spores de *Metarhizium anisopliae* (Met 358 et Met 359) et *Beauveria bassiana* (Bb 11) des mâles et femelles contaminés aux mâles et femelles non contaminés lors de l'accouplement ou par contact physique. L'étude a été réalisée en infestation contrôlée sur une parcelle de palmier à huile à l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa. Des adultes mâles ou femelles ont été contaminés au champignon entomopathogène correspondant puis introduit dans des manchons contenant des femelles ou mâles non contaminés. Deux ratios ont été considérés : ratios 3 : 27 ; 9 : 21 et 15 : 15 et ratios 1 : 5 ; 1 : 10 et 1 : 15 (ratio insectes contaminés : insectes non contaminés). Les insectes mâles contaminés par Met 358, Met 359 et Bb 11 ont induit respectivement des taux de mortalité de 85,56 ; 93,33 et 84,44 % avec le ratio 15:15. Les femelles contaminées ont engendré des taux de mortalité de 87,78 ; 96,67 et 80 % avec le ratio 15:15. Les taux de mortalité de ces insectes mâles ou femelles contaminés ont été 94,44 et 88,89 % (Met 358), 100 % (Met 359) et 100 et 88,89 % (Bb 11) avec le ratio 1:5. Les insectes contaminés par Met 358, Met 359 et Bb 11 dans les deux cas (ratios 3:27 ; 9:21 et 15:15 et ratios 1:5 ; 1:10 et 1:15) ont entraîné des taux de transmissions de 100 % aux insectes non contaminés. Les ratios 1:5 et 15:15 ont causé les meilleurs taux de transmissions. Ces champignons entomopathogènes pourraient être utilisés par la transmission horizontale pour la lutte contre les adultes. *C. lameensis*.

Mots-clés : palmier à huile, *Coelaenomenodera lameensis*, transmission horizontale, champignon entomopathogène.

Abstract

Effect of horizontal transmission of two entomopathogenic fungi (*Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*) on adults of *Coelaenomenodera lameensis* Berti et Mariau, 1999 (Coleoptera : Chrysomelidae), an oil palm pest, Daloa, Côte d'Ivoire

Coelaenomenodera lameensis (Coleoptera : Chrysomelidae), the oil palm leaf miner, is a major problem in palm groves in Côte d'Ivoire. The damage caused by this insect can reduce production by 30 to 50 % over a period of 2 to 3 years. Controlling *C. lameensis* with chemical insecticides has harmful effects on human health and the environment. The aim of this study was to assess the horizontal transmission of *Metarhizium anisopliae* (Met 358 and Met 359) and *Beauveria bassiana* (Bb 11) spores from contaminated males and females to uncontaminated males and females during mating or by physical contact. The study was carried out under controlled infestation in an oil palm plot at the University Jean Lorougnon Guédé in Daloa. Adult males or females were contaminated with the corresponding entomopathogenic fungus and then introduced into sleeves containing uncontaminated females or males. Two ratios were considered: ratios 3:27; 9:21 and 15:15 and ratios 1:5; 1:10 and 1:15 (ratio contaminated insects : non-contaminated insects). Male insects contaminated with Met 358, Met 359 and Bb 11 induced mortality rates of 85.56; 93.33 and 84.44 % respectively with the 15:15 ratio. The contaminated females produced mortality rates of 87.78; 96.67 and 80 % with the 15:15 ratio. The mortality rates of these contaminated male or female insects were 94.44 and 88.89 % (Met 358), 100 % (Met 359) and 100 and 88.89 % (Bb 11) with the 1:5 ratio. Insects contaminated with Met 358, Met 359 and Bb 11 in both cases (ratios 3:27; 9:21 and 15:15 and ratios 1:5; 1:10 and 1:15) resulted in 100 % transmission rates to non-contaminated insects and their deaths. The ratios 1:5 and 15:15 caused the best transmission rates. These entomopathogenic fungi could be used by horizontal transmission to control adults. *C. lameensis*.

Keywords : oil palm, *Coelaenomenodera lameensis*, horizontal transmission, entomopathogenic fungus.

1. Introduction

L'huile de palme et l'huile des grains de palme sont indispensables dans beaucoup de préparations culinaires. Ils sont également utilisés dans la fabrication de beaucoup de produits cosmétique et produits du biocarburant [1]. Cependant, cette culture est confrontée à l'action néfaste de plusieurs insectes ravageurs. Parmi ces ravageurs, de nombreuses espèces occasionnent des dégâts au palmier à huile. La chrysomèle *Coelaenomenodera lameensis* de couleur orangée a été reconnue comme étant le principal insecte ravageur de la culture du palmier à huile [2 - 5]. Les adultes de cet insecte se nourrissent des folioles en creusant des sillons de 12 à 15 mm sur toute l'épaisseur de la foliole. L'action de *C. lameensis* sur les folioles entraîne donc une baisse de l'activité photosynthétique et un dessèchement des palmes, ce qui conduit à une réduction du rendement. Vu l'ampleur des dégâts causés par ces chrysomèles, des méthodes de luttés ont été utilisées. La lutte chimique s'avère très efficace. Malheureusement, l'utilisation des insecticides de synthèse entraîne la pollution de l'environnement et l'intoxication humaine [6]. En raison de ses effets néfastes, il est donc primordial de recherches des méthodes de lutte efficaces sans toutefois nuire à l'environnement et à la santé humaine. L'usage des champignons entomopathogènes pour la protection des cultures comme alternative aux insecticides de synthèse présenterait de nombreux avantages. Plusieurs essais de lutte au moyen des champignons entomopathogènes ont donnés des résultats probants sur de nombreux insectes ravageurs [7 - 9]. En effet, l'application de *Metarhizium* sp. a entraîné un fort taux de mortalité (100 %) en 3,78 jours sur la cochenille farineuse du manguier *Rastrococcus invadens* [10]. En outre, des travaux ont aussi révélé

que le traitement utilisant *Metarhizium anisopliae* a permis de réduire efficacement l'infestation larvaire du charançon noir du bananier *Cosmopolites sordidus* [11]. D'autres auteurs ont montré que *Metarhizium anisopliae* ICIPÉ 18, ont provoqué une mortalité de 95,0 % des adultes de *Tuta absoluta* [12]. Très peu de recherches ont porté sur l'utilisation des champignons entomopathogènes pour réduire la population de ce ravageur. Le développement d'un biopesticide à base de champignon pouvant entrer dans cette approche novatrice de recherche est appréciable dans la gestion de la mineuse des feuilles du palmier à huile. C'est dans ce cadre que s'inscrit cette étude qui se propose de mettre en œuvre l'application des champignons entomopathogènes dans la gestion de *C. lameensis*. L'objectif générale de cette étude est d'évaluer la transmission horizontale des spores de *Metarhizium anisopliae* (Met 358 et Met 359) et *Beauveria bassiana* (Bb 11) des mâles ou femelles contaminés aux mâles ou femelles non contaminés lors de l'accouplement ou par contact physique.

2. Matériel et méthodes

2-1. Site d'étude

Les travaux ont été réalisés à l'Université Jean Lorougnon Guédé, située dans le département de Daloa, chef-lieu de la région du Haut-Sassandra. Cette Université est localisée au Nord-Est de la ville de Daloa et s'étend entre 6°54' de latitude Nord et 6°26' de longitude Ouest. Elle est influencée par un climat de type tropical humide avec une pluviométrie oscillant entre 1200 et 1600 millimètres par an [13]. La température oscille entre 25 et 28 °C avec une moyenne de $26,62 \pm 1,02$ °C. L'humidité relative varie de 73 à 84 % avec une moyenne de $79,83 \pm 4,12$ % [13].

2-2. Elevage de *C. lameensis*

Les manchons de grande taille (300 cm x 80 cm) ont été utilisés pour l'élevage de *C. lameensis*. Ces manchons ont été munis d'une ouverture bordée de bandes adhésives pour empêcher la sortie des insectes placés sur les folioles. À l'aide des boîtes cylindriques de 8 cm de diamètre et 10 cm de hauteur munies de couvercles, des couples adultes de *C. lameensis* dont les femelles en activité de ponte, ont été mis sur des folioles recouvertes de manchons en mousseline. Les couples ont été suivis pendant 120 jours au cours duquel de nouveaux individus ont été obtenus pour effectuer les tests.

2-3. Production des champignons entomopathogènes

Les isolats de *Metarhizium anisopliae* (Met 358 et Met 359) et de *Beauveria bassiana* (Bb 11) utilisés dans la présente étude proviennent de la collection fongique de l'Institut International d'Agriculture Tropicale du Bénin (IITA-Bénin). Pour la production des champignons entomopathogènes, une quantité de 39 g de poudre de Potato Dextrose Agar (PDA) a été dissoute dans 1 l d'eau distillée contenue dans un bécher. Après homogénéisation au bain-marie pendant 5 à 10 minutes, le mélange obtenu a été mis à l'autoclave pendant 15 minutes à la température de 120°C et à la pression de 15 PSI pour la stérilisation. Ensuite, le milieu a été coulé dans des boîtes de Pétri stériles (diamètre = 9 cm, hauteur = 1,5 cm) sous une chambre laminaire. Après refroidissement et solidification du milieu, une petite quantité de conidies des isolats de champignon a été prélevée à l'aide d'une aiguille bactériologique stérilisée et étalée sur toute la surface du milieu (PDA). Les boîtes de Pétri ont été recouvertes avec le parafilm. Sur chaque boîte, le nom d'isolat et la date de repiquage ont été marqués. Ces différentes boîtes de Pétri ont été incubées à une photo période de 12 h de lumière et 12 h d'obscurité pendant 21 jours.

2-4. Application champignons entomopathogènes

Pour chaque champignon entomopathogène (Bb 11, Met 358 et Met 359), deux (2) tests ont été réalisés sur les adultes de *C. lameensis* âgés de 25 jours. Ces tests ont été effectués par pulvérisation à la concentration 10^{10} spores/ml.

• Test 1

Trois (3) lots de 30 insectes ont été constitués par champignon entomopathogène. Pour chaque lot, seul les adultes mâles ou femelles ont été traités au champignon entomopathogène correspondant, puis introduits dans des manchons contenant des femelles ou mâles non traitées. La contamination a été faite à trois (3) niveaux :

- 10 % d'adultes mâles ou femelles traités introduits dans les manchons contenant 90 % d'adultes femelles ou mâles non traités (soit un ratio 3 : 27);
- 30 % d'adultes mâles ou femelles traités introduits dans les manchons contenant 70 % d'adultes femelles ou mâles non traités (soit un ratio 9 : 21);
- 50 % d'adultes mâles ou femelles traités introduits dans les manchons contenant 50 % d'adultes femelles ou mâles non traités (soit un ratio 15 : 15).

• Test 2

Trois (3) lots (lot de 6, lot de 11 et lot de 16) d'insectes ont été constitués par champignon entomopathogène. Pour chaque lot, seul les adultes mâles ou femelles ont été traités au champignon entomopathogène correspondant, puis introduits dans des manchons contenant des femelles ou mâles non traitées. La contamination a été faite à trois (3) niveaux également :

- 1 adulte mâle ou femelle traités introduit dans les manchons contenant 5 adultes femelles ou mâles non traités (soit un ratio 1 : 5) ;
- 1 adulte mâle ou femelle traités introduit dans les manchons contenant 10 adultes femelles ou mâles non traités (soit un ratio 1 : 10) ;
- 1 adulte mâle ou femelle traités introduit dans les manchons contenant 15 adultes femelles ou mâles non traités (soit un ratio 1 : 15).

Pour les deux (2) essais, des contrôles ont été réalisés à partir de 24 heures jusqu'au 15^{ème} jour après introduction des adultes traités dans les manchons des adultes non traités. Trois (3) répétitions ont été effectuées pour chaque essai et chacun des trois niveaux de contamination. Les taux moyens de mortalité ont été calculés pour chaque niveau de contamination et champignon entomopathogène puis corrigés comme l'a suggéré ces auteurs [14].

$$M = \frac{\text{Nombre d'insectes morts}}{\text{Nombre total d'insectes}} \times 100 \quad (1)$$

$$MC = \frac{Mo - Mt}{100 - Mt} \times 100 \quad (2)$$

avec, *M* : taux moyens de mortalité; *MC* : mortalité corrigée ; *Mo* : taux de mortalité observée du traitement et *Mt* : taux de mortalité du témoin.

Les taux de transmission (*Ttr*) des champignons entomopathogènes ont été aussi calculé au aux niveaux des différents ratios.

$$Ttr = \frac{Efr}{Eftn} \times 100 \quad (3)$$

Ttr : taux de transmission ; *Efc* : effectif des insectes receveurs des champignons ; *Eftn* : Effectif total des insectes non contaminés.

2-5. Analyse statistique

Le traitement des données a été réalisé à l'aide du logiciel Statistica version 7.1. Une analyse de variance (ANOVA) a permis de relever les différences significatives entre les données. Le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5 % a servi à classer les moyennes en groupes homogènes.

3. Résultats

3-1. Transmission horizontale des champignons entomopathogènes (Met 358, Met 359 et Bb 11) aux adultes de *C. lameensis* avec les ratios 3 : 27 ; 9 : 21 et 15 : 15

3-1-1. Transmission horizontale de Met 358

Les taux de mortalités des adultes mâles de *C. lameensis* contaminés avec le Met 358 ont variés de 0 ± 0 (ratio 3M : 27F) à $85,55 \pm 5,09 \%$ (ratio 15M:15F) du 1^{er} au 15^{ème} jour après leurs introductions dans les lots des femelles non contaminés. Le ratio 3M : 27F n'a pas pu engendrer un taux de mortalité de 50 % durant les quinze (15) jours de contrôle après introduction des mâles de *C. lameensis* contaminés dans les lots des femelles non contaminés (**Tableau 1**). Les ratios 9M : 21F et 15M : 15F ont causé respectivement des taux de mortalités de $72,22 \pm 6,94$ et $85,56 \pm 5,09 \%$. Concernant les femelles de *C. lameensis* contaminés avec le Met 358, les ratios 3F : 27M ; 9F : 21M et 15F : 15M ont induit respectivement des taux de mortalités de $51,11 \pm 3,85$; $63,33 \pm 6,67$ et $87,78 \pm 1,92 \%$ au 15^{ème} jour de contrôle après introduction de ces femelles contaminés dans les lots des mâles non contaminés (**Tableau 2**). Les analyses statistiques ont révélé des différences significatives entre les taux de mortalités des différents ratios (mâles contaminés : $F = 32,90$; $ddl = 44$; $p = 0,000$; femelles contaminées : $F = 22,55$; $ddl = 44$; $p = 0,000$).

Tableau 1 : Effectif et taux de mortalité des adultes de *C. lameensis* suite à la transmission horizontale de Met 358 avec les ratios 3:27; 9:21 et 15:15 par les mâles de *C. lameensis* contaminés

Nombre de jours après traitement	Ratio des mâles contaminés introduits dans les lots des femelles non contaminées		
	3M : 27F	9M : 21F	15M : 15F
1	OM:0F (0 ± 0) vw	OM:0F (0 ± 0) vw	OM:0F (0 ± 0) vw
2	OM:0F (0 ± 0) vw	OM:0,33F ($1,11 \pm 1$) v	OM:0,33F ($1,11 \pm 1$) v
3	0,33M:0,33F ($2,22 \pm 1,92$) v	0,67M:1F ($5,92 \pm 1,92$) u	OM:2F ($6,67 \pm 3,33$) tu
4	1M:1,33F ($7,78 \pm 1,92$) t	1,33M:1F ($7,78 \pm 1,92$) t	1,67M:1F ($8,89 \pm 1,92$) t
5	1,67M:1,33F ($14,55 \pm 1,92$) rs	2M:3F ($16,67 \pm 3,33$) qr	2,67M:4F ($22,22 \pm 3,85$) pq
6	OM:5F ($16,67 \pm 0$) qr	3M:4,33F ($24,44 \pm 5,09$) mnop	3,67M:5F ($28,89 \pm 5,09$) mn
7	OM:7,67F ($25,56 \pm 5,09$) mno	2M:7F ($30 \pm 5,77$) lm	0,33M:10F ($34,44 \pm 9,62$) jkl
8	OM:10,33F ($34,44 \pm 3,85$) jkl	OM:10,33F ($34,44 \pm 1,92$) jkl	OM:11,67F ($38,89 \pm 5,09$) hijk
9	OM:12F ($40 \pm 5,77$) hij	OM:12,67F ($42,22 \pm 5,09$) hij	OM:14,67F ($48,89 \pm 6,93$) fgh
10	OM:13,33F ($44,44 \pm 6,94$) ghi	OM:14,33F ($47,78 \pm 3,85$) fgh	OM:16,67F ($55,56 \pm 5,09$) ef
11	OM:14F ($46,67 \pm 3,33$) fgh	OM:16F ($53,33 \pm 6,67$) fg	OM:19,33F ($64,44 \pm 6,94$) cd
12	OM:14F ($46,67 \pm 3,33$) fgh	OM:18,67F ($62,22 \pm 9,62$) de	OM:21,67F ($72,22 \pm 8,39$) bc
13	OM:14F ($46,67 \pm 3,33$) fgh	OM:21,33F ($71,11 \pm 8,39$) bc	OM:24F ($80 \pm 3,33$) ab
14	OM:14F ($46,67 \pm 3,33$) fgh	OM:21,67F ($72,22 \pm 6,94$) bc	OM:24,67F ($82,22 \pm 3,85$) a
15	OM:14F ($46,67 \pm 3,33$) fgh	OM:21,67F ($72,22 \pm 6,94$) bc	OM:25,67F ($85,56 \pm 5,09$) a

M : Mâles ; *F* : Femelles ; *M* : Mâles contaminés ; Test de Student-Newmans-keuls au seuil de 5 % ($F = 32,90$; $ddl = 44$; $p = 0,000$). Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

Tableau 2 : Effectif et taux de mortalité des adultes de *C. lameensis* suite à la transmission horizontale de Met 358 avec les ratios 3 : 27 ; 9 : 21 et 15 : 15 par les femelles de *C. lameensis* contaminées

Nombre de jours après traitement	Ratio des femelles contaminées introduits dans les lots des mâles non contaminés		
	3F : 27M	9F : 21M	15F : 15M
1	0F:0M (0 ± 0) †	0F:0M (0 ± 0) †	0F:M (0 ± 0) †
2	0F:0M (0 ± 0) †	0F:0,33M (1,11 ± 1) †	1,67F:0M (15,56 ± 8,89) pqr
3	2F:0,33M (7,78 ± 5,09) s	1,33F:1M (7,78 ± 1,92) s	2F:0,67M (15,56 ± 8,89) pqr
4	0F:4,67M (15,56 ± 1,92) pqr	3,33F:1M (16,67 ± 6,67) pqr	3F:0,67M (15,56 ± 8,89)
5	0F:5,67M (18,89 ± 3,85) opqr	2,67F:4,33M (23,33 ± 3,33) mnopq	2,33F:4,33M (22,22 ± 1,92) nopq
6	0F:8M (26,67 ± 3,33) lmnp	1,67F:6,33M (26,67 ± 5,78) lmnp	5,67F:3M (28,89 ± 5,09) klmno
7	0F:10M (33,33 ± 3,33) jklmn	0F:10,33M (34,44 ± 6,94) ijklm	0F:11,33M (37,78 ± 1,92) hijkl
8	0F:11M (36,67 ± 3,33) ijklm	0F:12M (40 ± 3,33) ghijk	0F:12,33M (41,11 ± 3,85) fghij
9	0F:11,67M (38,89 ± 5,09) ghijk	0F:12,67M (42,22 ± 6,93) fghij	0F:14M (46,67 ± 8,82) efghi
10	0F:11,67M (38,89 ± 5,09) ghijk	0F:13,67M (45,56 ± 5,09) efghij	0F:16,67M (55,56 ± 8,39) cde
11	0F:13M (43,33 ± 3,33) efghij	0F:15M (50 ± 6,67) defgh	0F:18,33M (61,11 ± 6,75) bcd
12	0F:13,67M (45,56 ± 1,92) efghij	0F:16M (53,33 ± 5,77) cdef	0F:21M (70 ± 6,67) b
13	0F:15,33M (51,11 ± 3,85) defg	0F:17,67M (58,89 ± 3,85) cd	0F:24,33M (81,11 ± 3,85) a
14	0F:15,33M (51,11 ± 3,85) defg	0F:19M (63,33 ± 6,67) bc	0F:26,33M (87,78 ± 1,92) a
15	0F:15,33M (51,11 ± 3,85) defg	0F:19M (63,33 ± 6,67) bc	0F:26,33M (87,78 ± 1,92) a

M : Mâles ; *F* : Femelles ; *F* : Femelles contaminées ; Test de Student-Newmans-keuls au seuil de 5 % ($F = 22,55$; $ddl = 44$; $p = 0,000$). Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

3-1-2. Transmission horizontale de Met 359

Les adultes mâles de *C. lameensis* contaminés avec le Met 359 ont entraîné des taux de mortalité à partir du 2^{ème} jour aux ratios 9M:21F et 15M:15F lorsqu'ils ont été introduit dans les manchons contenant des femelles non contaminées. Les taux de mortalité les plus élevés $80,33 \pm 3,33$ et $93,33 \pm 6,67$ % ont été enregistré respectivement avec les ratios 9M:21F et 15M:15F durant les quinze (15) jours de contrôle après introduction des mâles de *C. lameensis* contaminés dans les lots des femelles non contaminés (**Tableau 3**). Les taux de mortalité causé par les femelles de *C. lameensis* contaminés avec le Met 359 ont été supérieurs à 50 % au 15^{ème} jour de contrôle après leurs introductions dans les lots des mâles non contaminés. Le ratio 15F:15M a induit le taux de mortalité le plus élevé $96,67 \pm 5,77$ % (**Tableau 4**). Les analyses statistiques ont révélé des différences significatives entre les taux de mortalités des différents ratios (mâles contaminés : $F = 52,77$; $ddl = 44$; $p = 0,000$; femelles contaminées : $F = 34,99$; $ddl = 44$; $p = 0,000$).

Tableau 3 : Effectif et taux de mortalité des adultes de *C. lameensis* suite à la transmission horizontale de Met 359 avec les ratios 3:27; 9:21 et 15:15 par les mâles de *C. lameensis* contaminés

Nombre de jours après traitement	Ratio des mâles contaminés introduits dans les lots des femelles non contaminées		
	3M:27F	9M:21F	15M:15F
1	0M:0F (0 ± 0) v	0M:0F (0 ± 0) v	0M:0F (0 ± 0) v
2	0M:0F (0 ± 0) v	1M:0F (3,33 ± 0) tu	0M:1,33F (4,44 ± 1,92) t
3	1M:0,33F (4,44 ± 1,92) t	2M:0F (6,67 ± 3,33) s	1M:2,33F (11,11 ± 1,92) pqr
4	2M:1F (10 ± 0) qr	1M:2F (10 ± 3,33) qr	2M:4,67F (22,22 ± 1,92) no
5	0M:4,33F (14,44 ± 1,92) pq	1,67M:2,67F (14,44 ± 6,94) pq	0M:8F (26,67 ± 3,33) lmn
6	0M:5,33F (17,78 ± 3,85) op	3M:7F (25,56 ± 3,85) lmn	3,33M:7,33F (35,56 ± 3,85) k
7	0M:7F (23,33 ± 0) mno	1M:8,67F (30 ± 6,67) klm	5M:8,33F (44,44 ± 5,09) j
8	0M:9,33F (31,11 ± 5,09) kl	0,33M:10F (34,44 ± 3,85) k	3,33M:12,67F (53,33 ± 3,33) hi
9	0M:11F (36,67 ± 6,67) k	0M:13F (43,33 ± 3,33) j	0M:18F (60 ± 3,33) gh
10	0M:13,33F (44,44 ± 6,94) j	0M:16,33F (54,44 ± 1,92) hi	0M:21F (70 ± 3,33) f
11	0M:14,33F (47,78 ± 6,94) ij	0M:17,67F (58,89 ± 5,09) gh	0M:21,67F (72,22 ± 3,85) ef
12	0M:15 (50 ± 6,67) ij	0M:18,67F (62,22 ± 5,09) g	0M:22,67F (75,56 ± 1,92) cde
13	0M:15,67F (52,22 ± 3,84) hi	0M:23,33F (71,78 ± 5,09) cd	0M:24,33F (81,11 ± 1,92) bc
14	0M:16F (53,33 ± 3,33) hi	0M:24F (80 ± 3,33) bc	0M:25,67F (85,56 ± 1,92) b
15	0M:16F (53,33 ± 3,33) hi	0M:24F (80 ± 3,33) bc	0M:28F (93,33 ± 6,67) a

M : Mâles; F: Femelles; M : Mâles contaminés; Test de Student-Newmans-keuls au seuil de 5 % (F = 52,77; ddl = 44 ; p = 0,000). Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes

Tableau 4 : Effectif et taux de mortalité des adultes de *C. lameensis* suite à la transmission horizontale de Met 359 avec les ratios 3:27; 9:21 et 15:15 par les femelles de *C. lameensis* contaminées

Nombre de jours après traitement	Ratio des femelles contaminées introduits dans les lots des mâles non contaminés		
	3F:27M	9F:21M	15F:15M
1	0F:0M (0 ± 0) u	0F:0M (0 ± 0) u	0F:0M (0 ± 0) u
2	0,33F:0M (1,11 ± 1) tu	1,67F:0M (5,55 ± 1,92) st	3,33F:0M (11,11 ± 1,92) rs
3	1,67F:1,33M (10 ± 3,33) rs	2,33F:1M (11,11 ± 5,09) rs	4F:0M (13,33 ± 3,33) r
4	1F:5,67M (20 ± 3,33) q	4F:2,33M (21,11 ± 3,85) q	5,67F:3M (28,89 ± 5,09) nop
5	0F:7M (23,33 ± 3,33) pq	1F:7M (26,67 ± 3,33) opq	2F:7,33M (31,11 ± 1,92) mno
6	0F:8M (26,67 ± 5,77) opp	0F:10M (33,33 ± 3,33) lmn	0F:11M (36,67 ± 5,77) klm
7	0F:11M (36,67 ± 3,33) klm	0F:11,67M (38,89 ± 1,92) jkl	0F:12,67M (42,22 ± 5,09) ijk
8	0F:12M (40 ± 3,33) ijk	0F:12,67M (42,22 ± 1,92) ijk	0F:14M (46,67 ± 8,82) hij
9	0F:12,33M (41,11 ± 1,92) ijk	0F:14M (46,67 ± 6,67) hij	0F:15,67M (52,22 ± 1,92) fgh
10	0F:12,67M (42,22 ± 1,92) ijk	0F:14,67M (48,89 ± 3,85) ghi	0F:18,33M (61,11 ± 5,09) e
11	0F:13,67M (45,56 ± 1,92) hij	0F:16,33M (54,44 ± 3,85) efg	0F:21M (70 ± 8,82) d
12	0F:14,33M (47,78 ± 1,92) ghi	0F:17,33M (57,77 ± 1,92) ef	0F:23M (76,67 ± 6,67) c
13	0F:15,67M (52,22 ± 5,09) fgh	0F:20,33M (67,78 ± 5,88) d	0F:25M (83,33 ± 6,67) b
14	0F:15,67M (52,22 ± 5,09) fgh	0F:23,33M (77,78 ± 5,09) c	0F:28,33M (94,44 ± 5,09) a
15	0F:15,67M (52,22 ± 5,09) fgh	0F:23,33M (77,78 ± 5,09) c	0F:29M (96,67 ± 5,77) a

M : Mâles; F: Femelles ; F: Femelles contaminées; Test de Student-Newmans-keuls au seuil de 5 % (F = 34,99; ddl = 44 ; p = 0,000); Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

3-1-3. Transmission horizontale de Bb 11

Durant les 15 jours de contrôle, les adultes mâles de *C. lameensis* contaminés avec le Bb 11 puis introduit dans les lots des femelles non contaminés n'ont pas pu engendrer 50 % de mortalité (ratio 3M:27F). Le taux de mortalité le plus élevé ($84,4 \pm 6,94$ %) a été enregistré avec le ratio 15M:15F (**Tableau 5**). S'agissant des femelles de *C. lameensis* contaminés avec le Bb 11, les ratios 3F:27M; 9F:21M et 15F:15M ont induit respectivement des taux de mortalités de $42,22 \pm 1,92$; $44,44 \pm 1,92$ et $80 \pm 5,77$ % au 15^{ème} jour de contrôle après introduction de ces femelles contaminés dans les lots des mâles non contaminés (**Tableau 6**). Les analyses statistiques ont révélé des différences significatives entre les taux de mortalités des différents ratios (mâles contaminés : $F = 31,76$; $ddl = 44$; $p = 0,000$; femelles contaminées : $F = 38,55$; $ddl = 44$; $p = 0,000$).

Tableau 5 : Effectif et taux de mortalité des adultes de *C. lameensis* suite à la transmission horizontale de Bb 11 avec les ratios 3:27; 9:21 et 15:15 par les mâles de *C. lameensis* contaminés

Nombre de jours après traitement	Ratio des mâles contaminés introduits dans les lots des femelles non contaminées		
	3M:27F	9M:21F	15M:15F
1	0M:0F (0 ± 0) u	0M:0F (0 ± 0) u	0M:0F (0 ± 0) u
2	0M:0F (0 ± 0) u	0,33M:0F ($1,11 \pm 1$) tu	0,67M:0F ($2,22 \pm 1,92$) st
3	0M:1,33F ($4,44 \pm 1,92$) st	1M:0F ($3,33 \pm 0$) st	2M:0F ($6,67 \pm 3,33$) rst
4	0,67M:1,67F ($7,78 \pm 1,92$) qrst	1M:1F ($6,67 \pm 3,33$) rst	1M:1,67F ($8,89 \pm 1,92$) qrst
5	2,33M:1F ($11,11 \pm 1,92$) qrs	2M:1,67F ($12,22 \pm 5,09$) pqr	4,33M:1,67F ($20 \pm 3,33$) nop
6	0M:4,67F ($15,56 \pm 1,92$) opq	2,67M:4F ($22,22 \pm 5,09$) no	2,67M:5,67F ($27,78 \pm 1,92$) lmn
7	0M:7F ($23,33 \pm 3,33$) no	0M:8,33F ($27,78 \pm 5,09$) lmn	3M:7,33F ($34,44 \pm 5,09$) klm
8	0M:10F ($33,33 \pm 3,33$) klm	0M:9,67F ($32,22 \pm 1,92$) klm	0M:10,33F ($34,44 \pm 5,09$) klm
9	0M:11,33F ($37,78 \pm 6,94$) jkl	0M:12F ($40 \pm 3,33$) ijk	0M:13F ($43,33 \pm 6,67$) hij
10	0M:14,33F ($47,78 \pm 6,94$) ghi	0M:15,33F ($51,11 \pm 5,09$) gh	0M:16,33F ($50,28 \pm 6,39$) ghi
11	0M:14,33F ($47,78 \pm 6,94$) ghi	0M:17F ($56,67 \pm 5,77$) fg	0M:18,33F ($61,11 \pm 5,09$) ef
12	0M:14,67F ($48,88 \pm 5,09$) ghi	0M:18F ($60 \pm 3,33$) ef	0M:20F ($66,67 \pm 3,33$) de
13	0M:14,67F ($48,88 \pm 5,09$) ghi	0M:21F ($70 \pm 6,67$) cd	0M:22,33F ($74,44 \pm 7,70$) bc
14	0M:14,67F ($48,88 \pm 5,09$) ghi	0M:21F ($70 \pm 6,67$) cd	0M:24F ($80 \pm 5,77$) ab
15	0M:14,67F ($48,88 \pm 5,09$) ghi	0M:21F ($70 \pm 6,67$) cd	0M:25,33F ($84,44 \pm 6,94$) a

M : Mâles; *F* : Femelles; *M* : Mâles contaminés; Test de Student-Newmans-keuls au seuil de 5 % ($F = 31,76$; $ddl = 44$; $p = 0,000$); Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

Tableau 6 : Effectif et taux de mortalité des adultes de *C. lameensis* suite à la transmission horizontale de Bb 11 avec les ratios 3:27; 9:21 et 15:15 par les femelles de *C. lameensis* contaminées

Nombre de jours après traitement	Ratio des femelles contaminées introduits dans les lots des femelles non contaminées		
	3F:27M	9F:21M	15F:15M
1	0F:0M (0 ± 0) op	0F:0M (0 ± 0) op	0F:0M (0 ± 0) op
2	0,33F:0M (1,11 ± 1) op	0,67F:0M (2,22 ± 1,92)	1F:0,33M (4,44 ± 1,92) no
3	0,33F:0,67M (3,33 ± 0) no	1F:0,33M (4,44 ± 1,92) no	2F:0M (6,67 ± 3,33) mn
4	0,67F:0,67M (4,44 ± 1,92) no	1,33F:1M (7,78 ± 1,92) mn	3,33F:0M (11,11 ± 5,09) lm
5	1,33F:0,33M (5,56 ± 1,92) mn	1F:2M (11,11 ± 1,92) lm	4F:1,67M (18,89 ± 3,85) kl
6	0F:3,33M (11,11 ± 1,92) lm	3,33F:2M (17,78 ± 1,92) kl	5,67F:2,33M (26,67 ± 3,33) hij
7	0F:5,33M (17,78 ± 1,92) kl	0F:8M (26,67 ± 3,33) hij	0F:10M (33,33 ± 0) efg
8	0F:6,33M (21,11 ± 1,92) jk	0F:9,67M (32,22 ± 1,92) efg	0F:11,33M (37,78 ± 5,09) def
9	0F:7,33M (24,44 ± 1,92) ijk	1F:9M (33,33 ± 3,33) efg	0F:13M (43,33 ± 6,67) de
10	0F:8,67M (28,89 ± 1,92) ghi	0,67F:10,67M (37,78 ± 1,92) def	0F:16,67M (55,56 ± 8,39) c
11	0F:10M (33,33 ± 3,33) efg	0F:13,33M (44,44 ± 1,92) d	0F:17,33M (57,78 ± 6,76) c
12	0F:10,67M (35,56 ± 3,84) efg	0F:13,33M (44,44 ± 1,92) d	0F:19,67M (65,56 ± 7,70) b
13	0F:12M (40 ± 3,33) def	0F:13,33M (44,44 ± 1,92) d	0F:23M (76,67 ± 6,67) a
14	0F:12,67M (42,22 ± 1,92) de	0F:13,33M (44,44 ± 1,92) d	0F:24M (80 ± 5,77) a
15	0F:12,67M (42,22 ± 1,92) de	0F:13,33M (44,44 ± 1,92) d	0F:24M (80 ± 5,77) a

M: Mâles; F: Femelles; F: Femelles contaminées; Test de Student-Newmans-keuls au seuil de 5 % (F = 38,55; ddl = 44 ; p = 0,000); Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

3-1-4. Taux de transmission de Met 358, Met 359 et Bb 11 aux ratios 3:27; 9:21 et 15:15

Pour tous les champignons entomopathogènes (Met 358, Met 359 et Bb 11), le taux de transmission augmente généralement avec l'augmentation du ratio contaminés : non contaminés. Les adultes mâles ou femelles de *C. lameensis* contaminés avec Met 358 et Met 359 ont engendré des taux de transmission de 100 % aux ratios 9:21 et 15:15 lorsqu'ils ont été mis dans les lots des adultes mâles ou femelles de *C. lameensis* non contaminés. Les applications de Met 358 et de Met 359 entraînent des taux de transmission plus élevés par rapport au Bb 11 lorsque les mâles sont contaminés. Ces taux sont respectivement 77,78 et 62,96 % pour Met 358 et de Met 359 contre 48,15 % pour Bb 11 au ratio 3:27. Les femelles contaminées par ces champignons, les transmettent efficacement que les mâles contaminés. Ces femelles atteignent 88,89 % contre 77,78 % pour les mâles au ratio 3:27 avec Met 358. Pour Met 359, les femelles atteignent des taux de transmission de 81,48 % contre 62,96 % pour les mâles au ratio 3:21 et 100 % contre 93,33 % pour les mâles au ratio 15:15. S'agissant de Bb 11, les femelles contaminées ont causé des taux de transmission plus élevés que les mâles contaminés aux ratios 3:27 et 15:15 (Tableau 7).

Tableau 7 : Taux de transmission de Met 358, Met 359 et Bb 11 aux ratios 3:27; 9:21 et 15:15

Champignons	Sexes	Ratios		
		3:27	9:21	15:15
Met 358	Mâle contaminés	77,78 %	90,48 %	100 %
	Femelles contaminées	88,89 %	80,95 %	100 %
Met 359	Mâle contaminés	62,96 %	100 %	93,33 %
	Femelles contaminées	81,48 %	95,24 %	100 %
Bb 11	Mâle contaminés	48,15 %	90,48 %	73,33 %
	Femelles contaminées	77,78 %	76,19 %	86,67 %

3-2. Transmission horizontale des champignons entomopathogènes (Met 358, Met 359 et Bb 11) aux adultes de *C. lameensis* avec les ratios 1:5; 1:10 et 1:15

3-2-1. Transmission horizontale de Met 358

Les taux de mortalités des adultes mâles de *C. lameensis* contaminés avec le Met 358 ont débuté à partir du 2^{ème} jour avec les ratios 1M : 5F ($5,56 \pm 5$ %) après introduction de ces mâles dans les lots des femelles non contaminés. Les ratios 1M : 10F et 1M : 15F n'ont pas pu engendrer un taux de mortalité de 50 % durant les quinze (15) jours de contrôle après introduction des mâles de *C. lameensis* contaminés dans les lots des femelles non contaminés (**Tableau 8**). Le ratio 1M:5F a causé le taux de mortalité le plus élevé ($94,44 \pm 5,56$ %) durant les quinze (15) jours de contrôle. S'agissant des femelles de *C. lameensis* contaminés avec le Met 358, les ratios 1F:5M; 1F:10M et 1F:15M ont induit respectivement des taux de mortalités de $88,89 \pm 11,11$; $48,48 \pm 6,06$ et $27,08 \pm 4,17$ % au 15^{ème} jour de contrôle après introduction de ces femelles contaminées dans les lots des mâles non contaminés (**Tableau 9**). Les analyses statistiques ont révélé des différences significatives entre les taux de mortalités des différents ratios (mâles contaminés : $F = 6,50$; $ddl = 44$; $p = 0,000$; femelles contaminées : $F = 3,91$; $ddl = 44$; $p = 0,000$).

Tableau 8 : Effectif et taux de mortalité des adultes de *C. lameensis* suite à la transmission horizontale de Met 358 avec les ratios 1:5; 1:10 et 1:15 par les mâles de *C. lameensis* contaminés

Nombre de jours après traitement	Ratio des mâles contaminés introduits dans les lots des femelles non contaminées		
	1M:5F	1M:10F	1M:15F
1	0M:0F (0 ± 0) h	0M:0F (0 ± 0) h	0M:0F (0 ± 0) h
2	0,33M:0F ($5,56 \pm 5$) fg	0M:0F (0 ± 0) h	0M:0F (0 ± 0) h
3	0,67M:1F ($27,78 \pm 5,56$) d	0M:0,67F ($6,06 \pm 3,03$) fg	0M:0,33F ($2,08 \pm 2$) h
4	0M:2,67F ($31,11 \pm 11,60$) d	1M:0,33F ($12,12 \pm 3,03$) ef	0M:1,33F ($8,33 \pm 2,08$) ef
5	0M:3,33F ($55,56 \pm 11,11$) c	0M:2,33F ($21,21 \pm 3,03$) cd	0M:2F ($12,50 \pm 3,61$) ef
6	0M:4,67F ($77,78 \pm 14,70$) ab	0M:3,33F ($30,30 \pm 3,03$) d	1M:1,67F ($16,67 \pm 2,08$) de
7	0M:5,33F ($88,89 \pm 5,56$) a	0M:3,33F ($30,30 \pm 3,03$) d	0M:3F ($18,75 \pm 0$) de
8	0M:5,67F ($94,44 \pm 5,56$) a	0M:3,33F ($30,30 \pm 3,03$) d	0M:3,33F ($20,83 \pm 2,08$) de
9	0M:5,67F ($94,44 \pm 5,56$) a	0M:3,37F ($33,33 \pm 6,06$) d	0M:4,33F ($27,08 \pm 5,51$) d
10	0M:5,67F ($94,44 \pm 5,56$) a	0M:3,37F ($33,33 \pm 6,06$) d	0M:5F ($31,25 \pm 3,61$) d
11	0M:5,67F ($94,44 \pm 5,56$) a	0M:3,37F ($33,33 \pm 6,06$) d	0M:5F ($31,25 \pm 3,61$) d
12	0M:5,67F ($94,44 \pm 5,56$) a	0M:3,37F ($33,33 \pm 6,06$) d	0M:5F ($31,25 \pm 3,61$) d
13	0M:5,67F ($94,44 \pm 5,56$) a	0M:3,37F ($33,33 \pm 6,06$) d	0M:5F ($31,25 \pm 3,61$) d
14	0M:5,67F ($94,44 \pm 5,56$) a	0M:3,37F ($33,33 \pm 6,06$) d	0M:5F ($31,25 \pm 3,61$) d
15	0M:5,67F ($94,44 \pm 5,56$) a	0M:3,37F ($33,33 \pm 6,06$) d	0M:5F ($31,25 \pm 3,61$) d

M : Mâles; F: Femelles; M : Mâles contaminés; Test de Student-Newmans-keuls au seuil de 5 % ($F = 6,50$; $ddl = 44$; $p = 0,000$); Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

Tableau 9 : Effectif et taux de mortalité des adultes de *C. lameensis* suite à la transmission horizontale de Met 358 avec les ratios 1:5; 1:10 et 1:15 par les femelles de *C. lameensis* contaminées

Nombre de jours après traitement	Ratio des femelles contaminées introduits dans les lots des mâles non contaminés		
	1F:5M	1F:10M	1F:15M
1	OF:0M (0 ± 0) j	OF:0M (0 ± 0) j	OF:0M (0 ± 0) j
2	0,33F:0M (5,56 ± 5) hi	OF:0M (0 ± 0) j	0,33F:0M (2,08 ± 2) ij
3	OF:0,67M (11,11 ± 5,56) ghi	0,67F:0M (6,06 ± 3,03) hi	OF:0,67M (4,17 ± 2,08) hi
4	0,67F:0,67M (16,67 ± 0) fgh	0,33F:0,67M (9,09 ± 0) hi	0,67F:0,33M (6,25 ± 0) hi
5	OF:3,33M (55,56 ± 5,56) cd	OF:1,33M (12,12 ± 3,03) ghi	OF:1,67M (10,42 ± 4,17) ghi
6	OF:4M (66,67 ± 9,62) bc	OF:3M (27,27 ± 5,25) efg	OF:2M (12,50 ± 3,61) ghi
7	OF:4,67M (77,78 ± 14,70) ab	OF:3,67M (33,33 ± 3,03) def	OF:3M (18,75 ± 6,25) fgh
8	OF:5M (83,33 ± 9,62) a	OF:5,33M (48,48 ± 6,06) cde	OF:4M (25 ± 3,61) efg
9	OF:5M (83,33 ± 9,62) a	OF:5,33M (48,48 ± 6,06) cde	OF:4,33M (27,08 ± 4,17) efg
10	OF:5M (83,33 ± 9,62) a	OF:5,33M (48,48 ± 6,06) cde	OF:4,33M (27,08 ± 4,17) efg
11	OF:5,33M (88,89 ± 11,11) a	OF:5,33M (48,48 ± 6,06) cde	OF:4,33M (27,08 ± 4,17) efg
12	OF:5,33M (88,89 ± 11,11) a	OF:5,33M (48,48 ± 6,06) cde	OF:4,33M (27,08 ± 4,17) efg
13	OF:5,33M (88,89 ± 11,11) a	OF:5,33M (48,48 ± 6,06) cde	OF:4,33M (27,08 ± 4,17) efg
14	OF:5,33M (88,89 ± 11,11) a	OF:5,33M (48,48 ± 6,06) cde	OF:4,33M (27,08 ± 4,17) efg
15	OF:5,33M (88,89 ± 11,11) a	OF:5,33M (48,48 ± 6,06) cde	OF:4,33M (27,08 ± 4,17) efg

M: Mâles; F: Femelles; F: Femelles contaminées; Test de Student-Newmans-keuls au seuil de 5 % (F = 3,91; ddl= 44 ; p=0,000); Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

3-2-2. Transmission horizontale de Met 359

Les taux de mortalité des adultes mâles de *C. lameensis* contaminés avec le Met 359 ont entraîné des taux de mortalité à partir du 1^{er} jour au ratio 1M:5F lorsqu'ils ont été introduit dans les manchons contenant des femelles non contaminées. Les ratios 1M:10F et 1M:15F ont induit respectivement des mortalités de 39,39 ± 6,06 et 20,83 ± 2,08 % au 15^{ème} jour de contrôle. Le taux de mortalité le plus élevé 100 ± 0 % a été enregistré avec le ratio 1M:5F dès le 8^{ème} jour de contrôle après introduction des mâles de *C. lameensis* contaminés dans les lots des femelles non contaminées (**Tableau 10**). Les femelles de *C. lameensis* contaminées avec le Met 359 aux ratios 1F:10M et 1F:15M ont causé des taux de mortalité inférieure à 50 % au 15^{ème} jour de contrôle après leurs introductions dans les lots des mâles non contaminés. Le ratio 1F:5M a induit le taux de mortalité le plus élevé 100 ± 0 % (**Tableau 11**). Les analyses statistiques ont révélé des différences significatives entre les taux de mortalités des différents ratios (mâles contaminés : F = 9,83; ddl = 44 ; p = 0,000; femelles contaminées : F = 7,23; ddl = 44 ; p = 0,000).

Tableau 10 : Effectif et taux de mortalité des adultes de *C. lameensis* suite à la transmission horizontale de Met 359 avec les ratios 1:5; 1:10 et 1:15 par les mâles de *C. lameensis* contaminés

Nombre de jours après traitement	Ratio des mâles contaminés introduits dans les lots des femelles non contaminées		
	1M:5F	1M:10F	1M:15F
1	0,33M:0F (5,55 ± 5) hi	0M:0F (0 ± 0) i	0M:0F (0 ± 0) i
2	0,67M:0F (11,11 ± 5,56) gh	0M:0F (0 ± 0) i	0M:0F (0 ± 0) i
3	0M:2F (33,33 ± 9,62) de	0,33M:0F (3,03 ± 3) hi	0M:0F (0 ± 0) i
4	0M:3,33F (55,56 ± 5,56) c	0M:1F (9,09 ± 0) gh	0,33M:0F (2,08 ± 2) hi
5	0M:5F (83,33 ± 9,62) b	0M:1,33F (12,12 ± 3,03) gh	0,67M:1F (10,42 ± 2,08) gh
6	0M:5,33F (88,89 ± 11,11) ab	0,67M:2F (24,24 ± 3,03) ef	0M:2F (12,50 ± 3,61) gh
7	0M:5,67F (94,44 ± 5,56) a	0M:4F (36,36 ± 5,25) d	0M:3F (18,75 ± 3,61) fg
8	0M:6F (100 ± 0) a	0M:4F (36,36 ± 5,25) d	0M:3F (18,75 ± 3,61) fg
9	0M:6F (100 ± 0) a	0M:4,33F (39,39 ± 6,06) d	0M:3F (18,75 ± 3,61) fg
10	0M:6F (100 ± 0) a	0M:4,33F (39,39 ± 6,06) d	0M:3,33F (20,83 ± 2,08) fg
11	0M:6F (100 ± 0) a	0M:4,33F (39,39 ± 6,06) d	0M:3,33F (20,83 ± 2,08) fg
12	0M:6F (100 ± 0) a	0M:4,33F (39,39 ± 6,06) d	0M:3,33F (20,83 ± 2,08) fg
13	0M:6F (100 ± 0) a	0M:4,33F (39,39 ± 6,06) d	0M:3,33F (20,83 ± 2,08) fg
14	0M:6F (100 ± 0) a	0M:4,33F (39,39 ± 6,06) d	0M:3,33F (20,83 ± 2,08) fg
15	0M:6F (100 ± 0) a	0M:4,33F (39,39 ± 6,06) d	0M:3,33F (20,83 ± 2,08) fg

M : Mâles; *F* : Femelles; *M* : Mâles contaminés; Test de Student-Newmans-keuls au seuil de 5 % ($F = 9,83$; $ddl = 44$; $p = 0,000$); Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

Tableau 11 : Effectif et taux de mortalité des adultes de *C. lameensis* suite à la transmission horizontale de Met 359 avec les ratios 1:5; 1:10 et 1:15 par les femelles de *C. lameensis* contaminées

Nombre de jours après traitement	Ratio des femelles contaminées introduits dans les lots des mâles non contaminés		
	1F:5M	1F:10M	1F:15M
1	0,33F:0M (5,56 ± 5) gh	0F:0M (0 ± 0) i	0F:0,33M (2,08 ± 2) hi
2	0,67F:0M (11,11 ± 5,56) fg	0F:0M (0 ± 0) i	0F:0,33M (2,08 ± 2) hi
3	0F:1M (16,67 ± 0) f	0,33F:0M (3,03 ± 3) hi	0,33F:0,33M (4,17 ± 2,08) hi
4	0F:2,67M (44,44 ± 5,56) c	0F:0,33M (3,03 ± 3) h	0,67F:0,67M (8,33 ± 2,08) gh
5	0F:4M (66,67 ± 9,62) b	0,67F:0,33M (9,09 ± 0) gh	0F:2,33M (14,58 ± 2,08) f
6	0F:5,67M (94,44 ± 5,56) a	0F:2,67M (24,24 ± 8,02) e	0F:2,67M (16,67 ± 2,08) f
7	0F:6M (100 ± 0) a	0F:3,67M (33,33 ± 6,06) d	0F:4M (25 ± 3,61) e
8	0F:6M (100 ± 0) a	0F:5M (45,45 ± 10,50) c	0F:4M (25 ± 3,61) e
9	0F:6M (100 ± 0) a	0F:5M (45,45 ± 10,50) c	0F:4M (25 ± 3,61) e
10	0F:6 (100 ± 0) a	0F:5M (45,45 ± 10,50) c	0F:4M (25 ± 3,61) e
11	0F:6M (100 ± 0) a	0F:5M (45,45 ± 10,50) c	0F:4M (25 ± 3,61) e
12	0F:6M (100 ± 0) a	0F:5M (45,45 ± 10,50) c	0F:4M (25 ± 3,61) e
13	0F:6M (100 ± 0) a	0F:5M (45,45 ± 10,50) c	0F:4M (25 ± 3,61) e
14	0F:6M (100 ± 0) a	0F:5M (45,45 ± 10,50) c	0F:4M (25 ± 3,61) e
15	0F:6M (100 ± 0) a	0F:5M (45,45 ± 10,50) c	0F:4M (25 ± 3,61) e

M : Mâles ; *F* : Femelles ; *F* : Femelles contaminées ; Test de Student-Newmans-keuls au seuil de 5 % ($F = 7,23$; $ddl = 44$; $p = 0,000$); Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

3-2-3. Transmission horizontale de Bb 11

Lorsque les adultes mâles de *C. lameensis* ont été contaminés avec le Bb 11 puis introduit dans les lots des femelles non contaminés, les taux de mortalité ont été inférieure à 50 % (ratios 1M:10F et 1M:15F). Le taux de mortalité le plus élevé (100 ± 0 %) a été enregistré avec le ratio 1M:5F dès le 10^{ème} jour de contrôle (**Tableau 12**). Concernant les femelles de *C. lameensis* contaminées avec le Bb 11, les ratios 1F:5M; 1F:10M

et 1F: 15M ont induit respectivement des taux de mortalités de $88,89 \pm 11,11$; $42,42 \pm 6,06$ et $33,33 \pm 5,51$ % au 15^{ème} jour de contrôle après introduction de ces femelles contaminées dans les lots des mâles non contaminés (**Tableau 13**). Les analyses statistiques ont révélé des différences significatives entre les taux de mortalités des différents ratios (mâles contaminés : $F = 4,5$; $ddl = 44$; $p = 0,000$; femelles contaminées : $F = 2,99$; $ddl = 44$; $p = 0,000$).

Tableau 12 : Effectif et taux de mortalité des adultes de *C. lameensis* suite à la transmission horizontale de *Bb 11* avec les ratios 1:5; 1:10 et 1:15 par les mâles de *C. lameensis* contaminés

Nombre de jours après traitement	Ratio des mâles contaminés introduits dans les lots des femelles non contaminées		
	1M:5F	1M:10F	1M:15F
1	OM:0F (0 ± 0) n	OM:0F (0 ± 0) n	OM:0F (0 ± 0) n
2	0,33M:0,67F (5,56 ± 5) klm	OM:0F (0 ± 0) n	0,67M:0,67F (4,17 ± 2,08) klm
3	0,67M:0,67F (22,22 ± 5,56) fgh	OM:0,67F (6,09 ± 3,03) klm	0,33M:1F (8,33 ± 2,08) ijk
4	OM:1,33F (22,22 ± 14,70) fgh	1M:0F (9,09 ± 0) ijk	OM:2F (12,50 ± 3,61) hij
5	OM:2,67F (44,44 ± 5,56) c	OM:2F (18,18 ± 5,25) ghi	OM:2,67F (16,67 ± 4,17) ghi
6	OM:4,33F (72,22 ± 14,70) b	OM:2,67F (24,24 ± 8,02) fgh	OM:4,67F (29,17 ± 7,51) efg
7	OM:4,67F (77,78 ± 14,70) ab	OM:3,33F (30,30 ± 3,03) efg	OM:6,33F (39,58 ± 4,17) cd
8	OM:5,33F (83,33 ± 16,67) ab	OM:3,67F (33,33 ± 6,06) def	OM:6,67F (41,67 ± 3,61) c
9	OM:5,67F (94,44 ± 5,56) ab	OM:4F (36,36 ± 5,09) cde	OM:6,67F (41,67 ± 3,61) c
10	OM:6F (100 ± 0) a	OM:4,67F (42,42 ± 8,02) c	OM:6,67F (41,67 ± 3,61) c
11	OM:6F (100 ± 0) a	OM:4,67F (42,42 ± 8,02) c	OM:6,67F (41,67 ± 3,61) c
12	OM:6F (100 ± 0) a	OM:4,67F (42,42 ± 8,02) c	OM:6,67F (41,67 ± 3,61) c
13	OM:6F (100 ± 0) a	OM:4,67F (42,42 ± 8,02) c	OM:6,67F (41,67 ± 3,61) c
14	OM:6F (100 ± 0) a	OM:4,67F (42,42 ± 8,02) c	OM:6,67F (41,67 ± 3,61) c
15	OM:6F (100 ± 0) a	OM:4,67F (42,42 ± 8,02) c	OM:6,67F (41,67 ± 3,61) c

M : Mâles; *F*: Femelles; *M* : Mâles contaminés; Test de Student-Newmans-keuls au seuil de 5 % ($F = 4,5$; $ddl = 44$; $p = 0,000$); Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

Tableau 13 : Effectif et taux de mortalité des adultes de *C. lameensis* suite à la transmission horizontale de *Bb 11* avec les ratios 1:5; 1:10 et 1:15 par les femelles de *C. lameensis* contaminées

Nombre de jours après traitement	Ratio des femelles contaminées introduits dans les lots des mâles non contaminés		
	1F:5M	1F:10M	1F:15M
1	OF:0M (0 ± 0) k	OF:0M (0 ± 0) k	OF:0M (0 ± 0) k
2	OF:0M (0 ± 0) k	OF:0M (0 ± 0) k	0,33F:0M (2,08 ± 2) jk
3	0,33F:0,67M (5,56 ± 5) ij	OF:0,67M (6,06 ± 3,03) ij	OF:0,33M (2,08 ± 2) jk
4	0,67F:0,67M (22,22 ± 5,56) fg	1F:0M (9,09 ± 0) hi	OF:0,67M (4,17 ± 2,08) ij
5	OF:2,33M (38,89 ± 11,11) cde	OF:1,33M (12,12 ± 3,03) h	0,67F:0,33M (6,25 ± 0) ij
6	OF:2,67M (44,44 ± 14,70) cd	OF:2,67M (24,24 ± 3,03) f	OF:1,67M (10,42 ± 2,08) hi
7	OF:3,33M (55,56 ± 14,70) bc	OF:3,67M (33,33 ± 3,03) def	OF:2,33M (14,58 ± 2,08) h
8	OF:4,33M (72,22 ± 14,70) ab	OF:4,33M (39,39 ± 3,03) cde	OF:4M (25 ± 3,61) f
9	OF:5M (83,83 ± 9,62) a	OF:4,33M (39,39 ± 3,03) cde	OF:5M (31,25 ± 3,61) def
10	OF:5M (83,83 ± 9,62) a	OF:4,33M (39,39 ± 3,03) cde	OF:5,33M (33,33 ± 5,51) def
11	OF:5M (83,83 ± 9,62) a	OF:4,67M (42,42 ± 6,06) cd	OF:5,33M (33,33 ± 5,51) def
12	OF:5,33M (88,89 ± 11,11) a	OF:4,67M (42,42 ± 6,06) cd	OF:5,33M (33,33 ± 5,51) def
13	OF:5,33M (88,89 ± 11,11) a	OF:4,67M (42,42 ± 6,06) cd	OF:5,33M (33,33 ± 5,51) def
14	OF:5,33M (88,89 ± 11,11) a	OF:4,67M (42,42 ± 6,06) cd	OF:5,33M (33,33 ± 5,51) def
15	OF:5,33M (88,89 ± 11,11) a	OF:4,67M (42,42 ± 6,06) cd	OF:5,33M (33,33 ± 5,51) def

M : Mâles ; *F* : Femelles ; *F* : Femelles contaminées; Test de Student-Newmans-keuls au seuil de 5 % ($F = 2,99$; $ddl = 44$; $p = 0,000$); Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

3-2-4. Taux de transmission de Met 358, Met 359 et Bb 11 aux ratios 1:5; 1:10 et 1:15

Les différents champignons entomopathogènes (Met 358, Met 359 et Bb 11) utilisés ont pu être transmis par les adultes mâles ou femelles de *C. lameensis* contaminés aux adultes mâles ou femelles de *C. lameensis* non contaminés à tous les ratios. Les adultes mâles ou femelles de *C. lameensis* contaminés avec Met 358 et Met 359 ont entraîné des taux de transmission de 100 % aux ratios 1:5 et 1:15. Par contre, Les adultes mâles de *C. lameensis* contaminés avec Bb 11 ont induit un taux de transmission de 100 % avec le ratio 1:5 uniquement. Les femelles contaminées par Met 358, Met 359 et Bb 11 entraînent une diminution des taux de transmission au niveau de tous les ratios lorsque le nombre d'adultes non contaminés augmente. Les mâles contaminés par Met 358, Met 359 et Bb 11 sont plus efficace dans la transmission que les femelles respectivement aux ratios 1:15; 1:10 et 1:1 (Tableau 14).

Tableau 14 : Taux de transmission de Met 358, Met 359 et Bb 11 aux ratios 1:5; 1:10 et 1:15

Champignons	Sexes	Ratios		
		1:5	1:10	1:15
Met 358	Mâle contaminés	100 %	70 %	100 %
	Femelles contaminées	100 %	60 %	46,67 %
Met 359	Mâle contaminés	100 %	80 %	100 %
	Femelles contaminées	100 %	60 %	40 %
Bb 11	Mâle contaminés	100 %	50 %	86,67 %
	Femelles contaminées	80 %	40 %	40 %

4. Discussion

La capacité de la transmission horizontale des champignons entomopathogènes est un avantage qui peut contribuer à leur succès en tant qu'agents de lutte biologique [15, 16]. Dans cette étude, deux cas ont été observés pour évaluer la transmission horizontale de champignons entomopathogènes (Met 358, Met 359 et Bb 11) par accouplement ou contact physique. Dans le premier cas, la transmission horizontale de ces champignons entomopathogènes a été évaluée avec les ratios 3:27; 9:21 et 15:15. Dans le deuxième cas, la transmission des champignons entomopathogènes a été évaluée avec les ratios 1:5; 1:10 et 1:15. Dans les deux cas, les insectes contaminés par Met 358, Met 359 et Bb 11 ont pu les transmettre à des insectes non contaminés, provoquant leur mort. En effet, des travaux au Cameroun ont montré que les insectes (*Sahlbergella singularis* Haglund, 1895 (Hemiptera: Miridae)) contaminés aux champignons entomopathogènes *Beauveria bassiana* (BIITAC6.2.2) et *Metarhizium anisopliae* (MIITAC11.3.4) ont pu transmettre ces champignons à d'autres insectes indemnes et causer leur mort [17]. Le premier cas de notre étude a montré que quelque soit le sexe des adultes de *C. lameensis* contaminés, les ratios 9:21 et 15:15 ont présenté des taux de mortalité relativement plus élevés que le ratio 3:27 avec Met 358, Met 359 et Bb 11. Le deuxième cas a révélé que le ratio 1:5 a entraîné des taux de mortalité les plus élevés que les ratios 1:10 et 1:15. Ces résultats s'expliqueraient par le fait que lorsque, le nombre des insectes non contaminés augmente, la mortalité est faible. Cette mortalité des insectes non-contaminés serait étroitement liée au ratio insecte donneur : insecte receveur. Cette argumentation est similaire à celle faite sur *Sahlbergella singularis* au Cameroun, relatant que lorsque le nombre d'individus indemnes augmente, la mortalité baisse [17]. De même, d'autres études ont confirmé que le taux de transmission de *M. anisopliae* aux mouches *Ceratitis capitata*, lorsque les ratios donneur/receveur étaient de 1:1, 1:2, 1:5, 1:10 et 1:20 ont été respectivement 100; 96,9; 90; 62,5 et 42,5 % [18]. Ainsi, les proportions de 30 et 50 % d'insectes contaminés se sont révélées les plus efficaces. Ceci confirme les travaux réalisés sur *Microcerotermes diversus*, qui ont montré que les ratios de 30 et 50 % étaient plus efficaces que les ratios de 10 % [15]. De plus, l'étude sur *Zeugodacus cucurbitae* a révélé que

M. anisopliae ICIPE 69 se transmet horizontalement chez les mâles et les femelles de cet insecte, avec des taux de mortalité de 59 et 67 %, respectivement, après exposition à des donneurs mâles et femelles infestés [19]. D'autres auteurs ont aussi montré que la transmission horizontale de *M. anisopliae* est efficace parmi les adultes de *Spoladea recurvalis* Fabricius (Lepidoptera : Crambidae), les adultes de la mineuse des feuilles de tomate *Tuta absoluta* (Lepidoptera : Gelechiidae) et les adultes du faux carpocapse *Thaumatotibia leucotreta* (Lepidoptera: Tortricidae) [20 - 22]. De plus, l'étude sur *Trialeurodes steamariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) a révélé que les insectes « donneurs » infestés par *M. anisopliae* ICIPE 18 sont capables de transmettre horizontalement les spores acquises aux insectes « receveurs », ce qui entraîne une mortalité élevée chez les donneurs et les receveurs [23]. Nos résultats indiquent également que les deux sexes sont capables de transmettre horizontalement les spores Met 358, Met 359 et Bb 11 au sexe opposé. Cette observation est cohérente avec celle faite sur les deux sexes de *Trialeurodes vaporariorum* montrant qu'ils sont capables de transmettre horizontalement les spores de *M. anisopliae* ICIPE 18 au sexe opposé et d'entraîner une mortalité élevée [23]. Des études ont aussi révélé que la mortalité des adultes *Kuschelorrhynchus macadamiae* (Coleoptera : Curculionidae) était inférieure à 50 % en raison des spores transmises par les adultes vivants infestés par le champignon [24]. Lorsque des adultes sains entrent en contact avec des cadavres contenant des spores, le taux de mortalité atteint 100 %. Les cadavres des différents ratios et sexes ont pu sporuler. Les cadavres des insectes ayant sporulés deviennent des sources de contamination et de voie d'auto-propagation pour les champignons entomopathogènes comme l'ont mentionné [25]. Dans les deux cas observés, nos résultats ont également révélé que l'application de Met 358, Met 359 et Bb 11 aux ratios 1:5 et 15:15 ont entraîné des taux de transmissions les plus élevés (100 %). Ces ratios créent des conditions favorables à une forte interaction entre les individus contaminés et les non contaminés. Plus il y a des insectes contaminés dans un espace donné, plus la charge virale est importante, augmentant le risque de transmission. Ces résultats sont similaires à d'autres résultats qui ont montré qu'avec les ratios donneurs : receveurs de 1:1, 1 2, 1:5, 1:10 et 1:20, des mouches de l'espèce *Ceratitis capitata*, les taux de transmission de *M. anisopliae* ont été respectivement 100; 96,9 ; 90; 62,5 et 42,5%. Les ratios 30 et 50 % d'insectes contaminés se sont donc révélés les plus efficaces [18].

5. Conclusion

Des résultats obtenus, il ressort que la transmission horizontale des champignons entomopathogènes (Bb 11, Met 358 et Met 359) a permis de réduire significativement la population des adultes de *C. lameensis*. Les insectes adultes mâles et femelles de *C. lameensis* contaminés par Met 358, Met 359 et Bb 11 dans les deux cas (ratios 3 : 27; 9 : 21 et 15 : 15 et ratios 1 : 5; 1 : 10 et 1 : 15) ont entraîné des taux de transmissions de 100 % aux insectes non contaminés et entrainer leurs morts. Les ratios 1:5 et 15:15 ont entraîné les meilleurs taux de transmissions. Ces champignons entomopathogènes pourraient être utilisé comme alternative aux insecticides chimiques pour contrôler la population *C. lameensis*.

Remerciements

Nous remercions sincèrement l'Institut International d'Agriculture Tropicale du Bénin (IITA-Bénin) pour la mise à notre disposition des isolats de champignons entomopathogènes.

Références

- [1] - C. D. ATAGA et M. V. D. VOSSENHA, *Elaeis guineensis* Jacq. Fiche de Protabase. Van Der Vossenham, Mkamilo GS. (Editeurs). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa/Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Pays-Bas, (2007)
- [2] - D. K. C. TANO, B. P. SERI-KOUASSI and L. R. N ABOUA, The effect of three plants aqueous extracts feed intake and reproduction parameters of *Coelaenomenodera lameensis* Berti and Mariau (Coleoptera: Chrysomelidae) the pest of palm (*Elaeis guineensis* Jacq). *International Journal of Animal and Plant Sciences*, 17 (2013) 2527 - 2539
- [3] - A. A. M. AKPESE, H. K. KOUA, P. MORA and E. MIAMBI, Enzyme profile of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq) pest *Coelaenomenodera lameensis* Berti & Mariau (Coleoptera: Chrysomelidae, Hispinae) according to the different developpement stages. *Journal of oil palm Research*, 27 (2) (2015) 135 - 143
- [4] - L. BEAUDOIN-OLLIVIER, A. FLORI, A. COFFI, D. CROS, I. GLITHO and L. NODICHAO, Survival of *Coelaenomenodera lameensis* (Coleoptera: Chrysomelidae) in Relation to the Physical Characteristics of Different Oil Palm (*Elaeis* sp.) Breeding Populations. *Journal of Insect Science*, 15 (1) (2015) 1 - 10
- [5] - A. C. KOUASSI, Bioécologie, incidence de *Coelaenomenodera lameensis* Berti et Mariau, 1999 (Coleoptera: Chrysomelidae) dans les principales zones de production du palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacquin, 1763) en Côte d'Ivoire et proposition de méthodes de lutte. Thèse de Doctorat de l'Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, (2022) 199 p.
- [6] - M. K. DHILLON, N. SINGH and D. K. YADAVA, Preventable yield losses and management of mustard aphid, *Lipaphis erysmi* (Kaltenbach) in different cultivars of *Brassica juncea* (L) Czern & Coss. *Crop Protection*, 161 (1) (2022) 106070
- [7] - K. A. HALA, A. N'GORAN, N. HALA, A. A. M. AKPESE and K. H. KOUA, *Metarhizium Anisopliae* against *Prosoestus* Spp., Pests of Female Oil Palm Inflorescences: Preliminary Laboratory Tests. *Journal of Life Sciences*, 10 (2018) 173 - 182
- [8] - A. K. TOUNOU, K. AGBOKA, B. E. BAKOUMA, M. AADOM, A. K. M. ADJEVI et K. SANDA, Etude comparée de l'efficacité de la cyperméthrine et deux bioinsecticides, *Beauveria bassiana* et suneem contre l'altise du gombo, *Podagrica* spp (Coleoptera: Chrysomelidae). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12 (1) (2018) 491 - 500
- [9] - R. BECHIRI, *Metarhizium* comme un agent de la lutte biologique. Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master en Sciences de la Nature et de la Vie, spécialité : Mycologie et biotechnologie fongique, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université des Frères Mentouri Constantine, Algérie, (2020) 56 p.
- [10] - K. NÉBIÉ, Z. O. DIANDA, B. IDO et A. R. DABIRÉ, Inventaire des espèces de champignons entomopathogènes associées à la cochenille farineuse du manguier *Rastrococcus invadens* (Homoptera: Pseudococcidae) dans la zone sud-soudanienne du Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences*, 172 (2022) 17849 - 17870
- [11] - N. ABY, D. L. M. KOUADIO, K. C. G. KOFFI, O. ATSIN, G. P. GNONHOURI et S. TRAORE, Lutte Intégrée contre le Charançon du Bananier *Cosmopolites Sordidus* (Germar) (Coleoptera:Curculionidae) : Utilisation de Pièges Inocules avec le Champignon Entomopathogène *Metarhizium Anisoplae*. *European Scientific Journal*, 19 (3) (2023) 52 - 63
- [12] - M. HUSAIN, K. D. SUTANTO, I. M. AL-SHAHWAN, K. G. RASOOL, R. W. MANKIN and A. S. ALDAWOOD, Field Evaluation of Promising Indigenous Entomopathogenic Fungal Isolates against Red Palm Weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Dryophthoridae). *Journal of Fungi*, 9 (2023) 1 - 12
- [13] - S. COULIBALY, D. KOUAME, B. DRO, B. A. A. YEBOUA et M. SALLA, Flore mellifère potentielle du site de l'Université Jean Lorougnon Guédé (Daloa, Centre-ouest Côte d'Ivoire) : Quel intérêt apicole ? *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 58 (1) (2021) 26 - 38

- [14] - W. S. ABBOTT, A method for computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18 (1925) 265 - 267
- [15] - A. CHERAGHI, B. HABIBPOUR, M. S. MOSSADEGH and M. SHARIFIFARD, Horizontal Transmission of the Entomopathogen Fungus *Metarhizium anisopliae* in *Microcerotermes diversus* Groups. *Insect*, 3 (2012) 709 - 718
- [16] - S. DIMBI, N. MANIANIA and S. EKESI, Horizontal transmission of *Metarhizium anisopliae* in fruit flies and effect of fungal infection on egg laying and fertility. *Insects*, 4 (2) (2013) 206 - 216
- [17] - H. C. MAHOT, Utilisation des champignons entomopathogènes et des pièges à phéromones dans la lutte contre *Sahlbergella singularis* Haglund, 1895 (Hemiptera: Miridae), bio agresseur du cacaoyer au Cameroun. Thèse de Doctorat/Ph.D en Biologie des Organismes Animaux, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I (Yaoundé, Cameroun), (2019) 135 p.
- [18] - M. E. QUESADA, C. I. MARTIN, J. I. GARRIDO and Á. C. SANTIAGO, Horizontal transmission of *Metarhizium anisopliae* among laboratory populations of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera : Tephritidae). *Biological Control*, 47 (2008) 115 - 124
- [19] - S. K. ONSONGO, S. A. MOHAMED, K. S. AKUTSE, B. M. GICHIMU and T. DUBOIS, The Entomopathogenic Fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* for Management of the Melon Fly *Zeugodacus cucurbitae*: Pathogenicity, Horizontal Transmission, and Compatibility with Cuelure. *Insects*, 13 (2022) 1 - 14
- [20] - S. OPISA, H. DU PLESSIS, K. S. AKUTSE, K. K. M. FIABOE and S. EKESI, Horizontal transmission of *Metarhizium anisopliae* between *Spoladea recurvalis* (Lepidoptera: Crambidae) adults and compatibility of the fungus with the attractant phenylacetaldehyde. *Microbial Pathogenesis*, 131 (2019) 197 - 204
- [21] - K. S. AKUTSE, S. SUBRAMANIA, F. M. KHAMIS, S. EKESI and S. A. MOHAMED, Entomopathogenic fungus isolates for adult *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) management and their compatibility with *Tuta* pheromone. *Journal of Applied Entomology*, 144 (9) (2020) 777 - 787
- [22] - A. M. MKIGA, S. A. MOHAMED, H. DU PLESSIS, F. M. KHAMIS, K. S. AKUTSE and S. EKESI, *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*: pathogenicity, horizontal transmission, and their effects on reproductive potential of *Thaumatotibia leucotreta* (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Economic Entomology*, 113 (2) (2020) 660 - 668
- [23] - V. M. PARADZA, F. M. KHAMIS, A. A. YUSUF, S. SUBRAMANIAN and K. S. AKUTSE, Virulence and horizontal transmission of *Metarhizium anisopliae* by the adults of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera : Aleyrodidae) and the efficacy of oil formulations against its nymphs. *Heliyon*, 7 (11) (2021) 1 - 10
- [24] - K. K. KIM, J. A. GAVIN, M. S. MARK, K. H. RUTH and A. L. W. BREE, Transmission of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* to adults of *Kuschelohynchus macadamiae* (Coleoptera : Curculionidae) from infected adults and conidiated cadavers. *Scientific Reports*, 11 (2021) 1 - 12
- [25] - G. M. MASCARIN and S. T. JARONSKI, The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide. *World Journal Microbiology Biotechnology*, 32 (11) (2016) 1 - 26