



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE

UFR AGROFORESTERIE

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherche Scientifique

ANNEE : 2024-2025

N° D'ORDRE

.....137.....

CANDIDAT

Nom : N'GUESSAN

Prénoms : Ange Parfait

THESE DE DOCTORAT

Mention : Agriculture et foresterie tropicale

Spécialité : Entomologie

Effets des biopesticides d'origines végétales (NECO 50 EC et LIMOCIDE 60 ME) et fongiques (champignons entomopathogènes) dans le contrôle de *Coelaenomenodera lameensis* Berti et Mariau, 1999 (Coleoptera: Chrysomelidae), ravageur du palmier à huile en Côte d'Ivoire

JURY

Président : M. AYOLIE Koutoua, Professeur Titulaire,
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Directeur : M. TANO Djè Kévin Christian, Maître de Conférences,
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Rapporteur : M. BOGA Jean Pierre, Maître de Conférences,
Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY

Examineurs : M. DOUAN Bleu Gondo, Maître de Conférences,
Université Peleforo GON COULIBALY

Mme. N'DOUBA Amako Pauline, Maître de Conférences,
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Soutenue publiquement
le : 14 Juin 2025

DEDICACES.....	v
REMERCIEMENTS.....	vi
LISTE DES SIGLES ET DES ABREVIATIONS	xi
LISTE DES TABLEAUX.....	xii
LISTE DES FIGURES.....	xiv
INTRODUCTION.....	2
PREMIERE PARTIE: GENERALITES.....	5
GENERALITES SUR LE PALMIER A HUILE, SON PRINCIPAL RAVAGEUR ET LES CHAMPIGNONS ENTOMOPATHOGENES.....	6
1.1. PALMIER A HUILE	6
1.1.1. Historique du palmier à huile.....	6
1.1.2. Origine et aire de répartition géographique du palmier à huile	6
1.1.3. Position systématique du palmier à huile	7
1.1.4. Description botanique du palmier à huile	7
1.1.4.1. Système racinaire du palmier à huile	8
1.1.4.2. Stipe du palmier à huile.....	9
1.1.4.3. Système foliaire du palmier à huile	9
1.1.4.4. Système reproducteur du palmier à huile	10
1.1.4.5. Inflorescences et pollinisation du palmier à huile	11
1.1.4.6. Régime et fruits du palmier à huile.....	12
1.1.5. Caractéristiques écologiques du palmier à huile	13
1.1.5.1. Exigence climatique du palmier à huile	15
1.1.5.2. Exigence pédologique du palmier à huile	15
1.1.6. Importance du palmier à huile	15
1.1.7. Maladies et ravageurs du palmier à huile.....	18
1.1.7.1. Maladies du palmier à huile	18
1.1.7.2. Ravageurs du palmier à huile	20
1.2. PRINCIPAL RAVAGEUR DU PALMIER A HUILE: <i>Coelaenomenodera lameensis</i> ...	22

1.2.1. Origine et aire de répartition de <i>C. lameensis</i>	22
1.2.2. Position systématique de <i>C. lameensis</i>	23
1.2.3. Biologie et écologie de <i>C. lameensis</i>	23
1.2.4. Dégâts de <i>C. lameensis</i> sur le palmier à huile	24
1.2.5. Méthodes de lutte contre <i>C. lameensis</i>	26
1.2.5.1. Lutte chimique contre <i>C. lameensis</i>	26
1.2.5.2. Lutte biologique contre <i>C. lameensis</i>	27
1.2.5.3. Lutte génétique contre <i>C. lameensis</i>	28
1.3. CHAMPIGNONS ENTOMOPATHOGENES	28
1.3.1. <i>Metarhizium anisopliae</i>	29
1.3.1.1. Classification	29
1.3.1.2. Morphologie	30
1.3.1.3. Facteurs affectant l'efficacité de <i>Metarhizium anisopliae</i>	31
1.3.2. <i>Beauveria bassiana</i>	32
1.3.2.1. Classification	33
1.3.2.2. Morphologie	33
1.3.2.3. Facteurs affectant l'efficacité de <i>Beauveria bassiana</i>	34
1.3.3. Mode d'action des champignons entomopathogènes	35
1.3.4. Avantages des champignons entomopathogènes	37
DEUXIEME PARTIE: MATERIEL ET METHODES	38
2.1. Sites expérimentaux	39
2.2. MATERIEL	41
2.2.1. Matériel biologique	41
2.2.1.1. Matériel végétal	41
2.2.1.2. Matériel animal	42
2.2.1.3. Matériel fongique	43
2.2.2. Matériel technique	44

2.2.2.1. Produits de traitement	44
2.2.2.2. Matériel d'élevage	45
2.2.2.3. Matériel de traitement et de protection	45
2.2.2.4. Matériel de laboratoire	46
2.3. METHODES	47
2.3.1. Elevage des insectes et préparation des solutions.....	47
2.3.1.1. Elevage de masse des insectes.....	47
2.3.1.2. Cultures de champignons entomopathogènes sur Potato Dextrose Agar (PDA).....	48
2.3.1.3. Préparation de la suspension des conidies viables.....	48
2.3.1.4. Détermination des concentrations.....	48
2.3.1.5. Effets du NECO 50 EC, du LIMOCIDE 60 ME et des champignons entomopathogènes sur les stades de développement de <i>C. lameensis</i> en infestation contrôlée	50
2.3.2. Etude de l'impact des champignons entomopathogènes sur la prise de nourriture et l'activité de ponte de <i>C. lameensis</i> en infestation contrôlée.....	55
2.3.3. Evaluation de la transmission horizontale des champignons entomopathogènes	56
2.3.4. Evaluation de la concentration minimale efficace de Met 359 en plantation	58
2.3.4.1. Production de champignon entomopathogène en masse.....	58
2.3.4.2. Contrôle des populations d'insectes avant traitement.....	60
2.3.4.3. Application du champignon entomopathogène en plantation.....	60
2.3.4.4. Détermination de l'impact de Met 359 sur les pollinisateurs lors du traitement en plantation.....	61
2.3.5. Analyse des données.....	62
TROISIEME PARTIE: RESULTATS ET DISCUSSION.....	63
3.1. RESULTATS.....	64
3.1.1. Effet du NECO 50 EC, du LIMOCIDE 60 ME et des champignons entomopathogènes sur les stades de développement de <i>C. lameensis</i> en infestation contrôlée.....	64

3.1.1.1. Effet du NECO 50 EC et du LIMOCIDE 60 ME sur les stades de développement de <i>C. lameensis</i> en infestation contrôlée.....	64
3.1.1.1.1. Effet du NECO 50 EC et du LIMOCIDE 60 ME sur les œufs de <i>C. lameensis</i>	64
3.1.1.1.2. Effet du NECO 50 EC et du LIMOCIDE 60 ME sur les larves de <i>C. lameensis</i>	66
3.1.1.1.3. Effet du NECO 50 EC et du LIMOCIDE 60 ME sur les adultes de <i>C. lameensis</i>	68
3.1.1.1.4. Taux globaux de mortalité (%) des adultes de <i>C. lameensis</i> suite à la pulvérisation des produits.....	77
3.1.1.1.5. Doses Létales (DL50 et DL90) des produits testés sur <i>C. lameensis</i>	77
3.1.1.2. Effet des champignons entomopathogènes sur les stades de développement de <i>C. lameensis</i> en infestation contrôlée.....	79
3.1.1.2.1. Effet des champignons entomopathogènes sur les œufs de <i>C. lameensis</i> en infestation contrôlée.....	79
3.1.1.2.2. Effet des champignons entomopathogènes sur les larves de <i>C. lameensis</i> en infestation contrôlée.....	81
3.1.1.2.3. Effet des champignons entomopathogènes sur les adultes de <i>C. lameensis</i> en infestation contrôlée.....	83
3.1.1.2.4. Sporulation de Met 358, Met 359 et Bb 11 sur les adultes de <i>C. lameensis</i>	88
3.1.1.2.5. Taux globaux de mortalité des adultes de <i>C. lameensis</i> suite à la pulvérisation du Met 358, du Met 359 et du Bb 11.....	93
3.1.1.2.6. Doses létales (DL50 et DL90) au 4 ^{ème} jour après application de Met 358, Met 359 et Bb 11 sur les adultes mâles et femelles de <i>C. lameensis</i>	94
3.1.2. Impact des champignons entomopathogènes sur la prise de nourriture et l'activité de ponte de <i>C. lameensis</i> en infestation contrôlée	96
3.1.2.1. Impact des champignons entomopathogènes sur la prise de nourriture de <i>C. lameensis</i> en infestation contrôlée	96
3.1.2.1.1. Pulvérisation des champignons entomopathogènes (Bb 11, Met 358 et Met 359) sur les folioles de palmier suivie de l'introduction des adultes de <i>C. lameensis</i> dans les manchons.....	96
3.1.2.1.2. Introduction des adultes de <i>C. lameensis</i> dans les manchons suivis de la pulvérisation des champignons entomopathogènes (Bb 11, Met 358 et Met 359).....	96

3.1.2.2. Impact des champignons entomopathogènes sur l'activité de ponte de <i>C. lameensis</i>	97
3.1.3. Transmission horizontale des champignons entomopathogènes (Met 358, Met 359 et Bb 11)	98
3.1.3.1. Transmission horizontale des champignons entomopathogènes (Met 358, Met 359 et Bb 11) avec les ratios 3:27; 9:21 et 15:15.....	98
3.1.3.1.1. Transmission horizontale de Met 358.....	98
3.1.3.1.2. Transmission horizontale de Met 359.....	101
3.1.3.1.3. Transmission horizontale de Bb 11.....	104
3.1.3.2. Transmission horizontale des champignons entomopathogènes (Met 358, Met 359 et Bb 11) avec les ratios 1:5; 1:10 et 1:15	107
3.1.3.2.1. Transmission horizontale de Met 358.....	107
3.1.3.2.2. Transmission horizontale de Met 359.....	110
3.1.3.2.3. Transmission horizontale de Bb 11	113
3.1.3.3. Taux de transmission de Met 358, Met 359 et Bb 11.....	116
3.1.3.3.1. Taux de transmission de Met 358, Met 359 et Bb 11 par les adultes mâles ou femelles de <i>C. lameensis</i> contaminés aux adultes mâles ou femelles de <i>C. lameensis</i> non contaminées aux ratios 3:27 ; 9:21 et 15:15.....	116
3.1.3.3.2. Taux de transmission de Met 358, Met 359 et Bb 11 par les adultes mâles ou femelles de <i>C. lameensis</i> contaminés aux adultes mâles ou femelles de <i>C. lameensis</i> non contaminées aux ratios 1:5 ; 1:10 et 1:15.....	117
3.1.3.4. Sporulation de Met 358, Met 359 et Bb 11 sur les adultes de <i>C. lameensis</i> suite à la transmission horizontale avec les ratios 3:27; 9:21 et 15:15 et les ratios 1:5; 1:10 et 1:15	118
3.1.3.4.1. Sporulation de Met 358, Met 359 et Bb 11 sur les adultes de <i>C. lameensis</i> suite à la transmission horizontale avec les ratios 3:27; 9:21 et 15:15.....	118
3.1.3.4.2. Sporulation de Met 358, Met 359 et Bb 11 sur les adultes de <i>C. lameensis</i> suite à la transmission horizontale avec les ratios 3:27; 9:21 et 15:15.....	120
3.1.4. Traitement avec la concentration minimale efficace de <i>M. anisopliae</i> 359 (Met 359) sur <i>C. lameensis</i> en plantation	122

3.1.4.1. Traitement sur <i>C. lameensis</i> en plantation à la station de DEKEIL OIL.....	122
3.1.4.2. Traitement sur <i>C. lameensis</i> en plantation à la station de PALMCI.....	123
3.1.4.3. Impact de Met 359 sur les pollinisateurs du genre <i>Elaeidobius</i> (<i>E. plagiatus</i> , <i>E. singularis</i> et <i>E. kamerunicus</i>) lors du traitement en plantation.....	124
3.2. DISCUSSION	126
3.2.1. Impact des biopesticides et des champignons entomopathogènes sur les stades de développement de <i>C. lameensis</i> en infestation contrôlée	126
3.2.1.1. Impact des biopesticides d'origines végétales sur les stades de développement de <i>C. lameensis</i> en infestation contrôlée.....	126
3.2.1.2. Impact des biopesticides d'origines fongiques sur les stades de développement de <i>C. lameensis</i> en infestation contrôlée.....	129
3.2.2. Effet des champignons entomopathogènes sur la prise de nourriture et l'activité de ponte de <i>C. lameensis</i> en infestation contrôlée	133
3.2.2.1. Effet des champignons entomopathogènes sur la prise de nourriture de <i>C. lameensis</i> en infestation contrôlée.....	133
3.2.2.2. Effet des champignons entomopathogènes sur l'activité de ponte de <i>C. lameensis</i> en infestation contrôlée.....	135
3.2.3. Effet de la transmission horizontale des champignons entomopathogènes (Met 358, Met 359 et Bb 11) sur <i>C. lameensis</i>	136
3.2.4. Effet du traitement de la concentration minimale efficace de <i>M. anisopliae</i> 359 (Met 359) sur <i>C. lameensis</i> en plantation	138
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	142
REFERENCES.....	145

DEDICACES

Je dédie ce mémoire à :

Mon père, N'GUESSAN Yao Daniel ;

Ma mère, ATSIN Affiba Marie ;

Mon épouse, ZAOULI Lou Blandine Esther ;

Mon Pasteur, GLOUI Robert et son épouse DROH Singo Ivonne ;

Mes frères, ATSE Gnango Jules, ATSIN Loba Pacôme et N'GUESSAN Amani Samuel ;

Mes sœurs, N'GUESSAN N'da Amenan Larissa, N'GUESSAN N'da Ahou Vanessa et
N'GUESSAN N'da Ruth Dénise ;

Mes cousins, KOUADIO Konan Mikael, Yao Kouadio Yann Arnold, N'GUESSAN
Kouadio Lucien et N'GUESSAN Konan Ange Benjamin ;

Mon beau père, BOLI Bi Zaouli Célestin et son épouse GBA Lou Irié Julie ;

Mes Belles Sœurs, ZAOULI Lou Elizabeth, ZAOULI Lou Nenenan Nina Rachelle et
ZAOULI Lou Bénin Anne.

*Votre soutien, vos prières, encouragements et conseils m'ont énormément motivé pour la
finalisation de cette thèse.*

REMERCIEMENTS

Ce travail est l'achèvement de plusieurs années de recherche sur un insecte ravageur du palmier à huile. Il a été possible grâce au soutien des personnes de bonnes volontés. C'est pourquoi nous tenons particulièrement à transmettre nos remerciements:

- A Madame ADOHI KROU Viviane, Professeur Titulaire, Présidente de l'Université Jean LOROUGNON GUEDE de Daloa (UJLoG) pour tous ses efforts et son dévouement pour la bonne marche de notre Université ;

- A Monsieur SORO Dogniméton, Professeur Titulaire, Vice-président chargé de la pédagogie et de la vie universitaire de l'Université Jean LOROUGNON GUEDE de Daloa pour sa forte contribution dans notre formation ;

- A Monsieur KONE Issiaka, Professeur Titulaire, Vice-Président chargé de la recherche, de l'innovation technologique et des affaires extérieures de l'Université Jean LOROUGNON GUEDE de Daloa pour sa disponibilité ;

- A Monsieur KOUASSI Kouassi Clément, Maître de Conférences, Directeur de l'unité de formation et de recherche (UFR) Agroforesterie à l'Université Jean LOROUGNON GUEDE de Daloa pour sa disponibilité et son implication dans notre formation ;

- A Monsieur TANO Djè Kévin Christian, Maître de Conférences à l'Université Jean LOROUGNON GUEDE de Daloa, Directeur de cette thèse. Nous lui témoignons notre sincère gratitude et notre reconnaissance pour sa simplicité, sa disponibilité, sa bienveillance, son soutien et son amour pour le travail bien fait. Nous vous remercions pour tout cher Maître.

Nous sommes très reconnaissants envers :

- Monsieur AYOLIE Koutoua, Professeur Titulaire, Directeur du Laboratoire d'Amélioration de la Production Agricole (LAPA) de l'Université Jean LOROUGNON GUEDE de Daloa, qui malgré ses occupations a accepté de présider le jury de cette soutenance de thèse;

- Monsieur DOUAN Bleu Gondo, Maître de Conférences à l'Université Peleforo GON COULIBALY de Korhogo, pour sa disponibilité en acceptant en tant qu'examineur de juger ce travail ;

- Madame N'DOUBA Amako Pauline, Maître de Conférences à l'Université Jean LOROUGNON GUEDE de Daloa, qui a accepté de faire partir du jury de cette thèse en tant qu'examineur ;

- Monsieur BOGA Jean Pierre, Maître de Conférences à l'Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY d'Abidjan, qui a apporté d'importantes améliorations à ce travail à travers ses remarques et ses suggestions en tant que rapporteur ;

- Monsieur KOFFI N'dodo Boni Clovis, Maître de Conférences à l'Université Jean LOROUGNON GUEDE de Daloa, qui a contribué à l'amélioration de ce travail à travers ses remarques et ses suggestions en acceptant d'instruire cette thèse ;
- Monsieur HEMA Brahima, Directeur du Centre Régional des Œuvres Universitaires Daloa (CROU-Daloa), pour avoir accepté de nous parrainer ;
- Monsieur TAMO Manuele, Chercheur et Représentant résident de l'Institut International d'Agriculture Tropicale Bénin (IITA-Bénin) pour nous avoir accepté et accueilli comme stagiaire au sein de cet Institut ;
- Monsieur DOURO Kpindou Ouorou Kobi, Chercheur à l'IITA-Bénin pour son accueil, sa sympathie, ses conseils, son aide, sa disponibilité, son expérience enrichissante et pleine d'intérêt qu'il nous a fait vivre, son dévouement au travail bien fait et sa supervision au cours de ce stage. Sans votre aide, ce travail ne serait peut-être pas réalisé. Soyez rassuré cher Maître, de notre profonde et infinie gratitude ;
- Monsieur HEVIEFO Gabriel Ahouansè, chercheur à l'IITA-Bénin pour ses conseils, sa disponibilité et son accueil au sein du laboratoire de la production en masse des champignons entomopathogènes dont il en est le responsable ;
- Monsieur ALON Levis, Directeur Général de la société DEKEIL OIL, de nous avoir accueilli dans sa structure ;
- A Monsieur NIAMOUKE Tanoh Roger, Responsable d'exploitation de l'unité agricole de PALMCI de Boubo, pour son accueil et pour nous avoir facilité nos essais dans sa plantation ;
- Monsieur OUATTARA Idrissa, Chef de la production agricole à DEKEL OIL, pour son accueil et pour nous avoir permis de réaliser nos tests dans sa plantation;
- Monsieur KONE Beh, Surveillant phytosanitaire à l'unité agricole de PALMCI de Boubo, pour son soutien et sa disponibilité ;
- Madame YEBOUE N'guessan Lucie, Professeur Titulaire à l'Université Jean LOROUGNON GUEDE de Daloa pour sa disponibilité, ses conseils et ses suggestions qui ont contribué à l'amélioration de ce travail ;
- Monsieur SORO Sibirina, Maître de Conférences à l'Université Jean LOROUGNON GUEDE de Daloa pour nous avoir accepté au sein de son équipe de recherche. Merci cher Maître d'avoir mis à notre disposition le matériel de laboratoire pour la réalisation de ce travail ;
- Monsieur SORO Senan, Professeur Titulaire à l'Université Jean LOROUGNON GUEDE de Daloa pour ses conseils et ses encouragements ;

- Messieurs N'DEPO Ossey Robert, TRA BI Crolaud Sylvain et GROGA Noël, Maîtres de Conférences à l'Université Jean LOROUGNON GUEDE de Daloa, pour leurs disponibilités, leurs conseils et suggestions qui ont contribué à l'amélioration de ce travail ;

- Madame TAH Gueu Tatiana Thérèse, Maître-Assistant à l'Université Jean LOROUGNON GUEDE de Daloa pour sa disponibilité, ses suggestions et ses corrections qui ont contribué à l'amélioration de ce travail ;

- Monsieur DAO Hassane, Assistant à l'Université Jean LOROUGNON GUEDE pour ses conseils, ses suggestions et ses corrections qui ont contribué à l'amélioration des travaux de cette thèse ;

- Monsieur SALLA Moreto, Maître-Assistant à l'Université Jean LOROUGNON GUEDE pour ses conseils qui ont participé à l'amélioration de ce travail ;

- Madame KOUASSI Ahou Cyprienne et Messieurs SIB Ollo et FONDIO Drissa, tous Assistants à l'Université Jean LOROUGNON GUEDE pour leurs disponibilités et conseils ;

- Messieurs YAO N'guessan, KOUAKOU Kouakou Aymard, TOURE Bessimory, YAO Jean Jaures et Madame ABOLI Adjoua Félicité, pour leurs disponibilités, leurs soutiens et conseils ;

- Aux Doctorants, TRAORE Aboulaye, KONAN Kouamé Joseph Francis, FONDIO Ben Aziz, SILUE Sana, CISSE Issa et AMANDE Koffi Etienne pour leurs encouragements.

Nous remercions Monsieur BOUTUE Hippolyte Robert, Sous-Directeur des Affaires Financières du CROU-Daloa, pour ses conseils, son soutien matériel et financier.

Nos sincères remerciements vont à l'endroit des couples TAPE et KOUADIO pour leurs soutiens permanents.

Nous exprimons notre reconnaissance à Monsieur TIEBA Kobenan Georges, Agent Commercial de la société BAYER, qui nous a fourni le produit chimique (Sivanto Energy 85 EC) pour la réalisation de ce travail.

Enfin, nous remercions notre communauté Sion de l'Eglise Evangélique de Réveil Internationale pour leurs soutiens moral, spirituel et financier.

LISTE DES SIGLES ET DES ABREVIATIONS

ANOVA	: Analysis of Variance
APA	: Agence de Presse Africaine
CABI	: Centre for Agricultural Bioscience International
CEDEAO	: Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest
CIRAD	: Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
CNRA	: Centre National de Recherche Agronomique
CNUCED	: Conférence des Nations Unies sur le Commerce et le Développement
IITA	: Institut International d'Agriculture Topicale
IRHO	: Institut de Recherche pour les Huiles Oléagineux
LuBiLoSa	: Lutte Biologique contre les Locustes et Sauterelles
PALMAFRIQUE	: Palmier d'Afrique
PALMCI	: Palmier de Côte d'Ivoire
SIPEF-CI	: Société Internationale de Plantations et de Finance en Côte d'Ivoire
UEMOA	: Union Economique et Monétaire Ouest-Africaine
UFR	: Unité de Formation et de Recherche
UJLoG	: Université Jean LOROUGNON GUEDE
USDA	: United States Departement of Agriculture
ddl	: Degré de liberté
DL₅₀	: Dose Létale suffisante pour tuer 50 % des individus
DL₉₀	: Dose Létale suffisante pour tuer 90 % des individus
EC	: Emulsion Concentrée
F	: Statistique de Fisher
F/l	: Francs/litre
HR	: Humidité Relative
ME	: Micro Emulsion
P	: Probabilité
PDA	: Potato Dextrose Agar
Pr	: Protéine
Ps	: Poudre soluble
PSI	: Pression Système International
UV	: Ultraviolet

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Liste des isolats de champignons entomopathogènes.....	43
Tableau II: Pourcentage d'éclosion (%) et de réduction de la fertilité (%) des œufs de <i>C. lameensis</i> après pulvérisation du NECO 50 EC, du LIMOCIDE 60 ME et de Sivanto Energy 85 EC sur la face supérieure des folioles.....	65
Tableau III : Effet du NECO 50 EC, du LIMOCIDE 60 ME et du Sivanto Energy 85 EC sur les quatre stades larvaires de <i>C. lameensis</i>	67
Tableau IV : Taux de mortalité (%) des mâles de <i>C. lameensis</i> après traitement au NECO 50 EC.....	69
Tableau V : Taux de mortalité (%) des femelles de <i>C. lameensis</i> après traitement au NECO 50 EC.....	70
Tableau VI : Taux de mortalité (%) des mâles de <i>C. lameensis</i> après traitement au LIMOCIDE 60 ME.....	72
Tableau VII : Taux de mortalité (%) des femelles de <i>C. lameensis</i> après traitement au LIMOCIDE 60 ME.....	73
Tableau VIII : Taux de mortalité(%) des mâles de <i>C. lameensis</i> après traitement au Sivanto Energy 85 EC.....	75
Tableau IX : Taux de mortalité (%) des femelles de <i>C. lameensis</i> après traitement au Sivanto Energy 85 EC.....	76
Tableau X : Taux globaux de mortalité (%) des femelles et mâles de <i>C. lameensis</i>	78
Tableau XI : Doses Létales (DL ₅₀ et DL ₉₀) des biopesticides testés.....	78
Tableau XII : Pourcentage d'éclosion (%) et de réduction de la fertilité (%) des œufs de <i>C. lameensis</i> après pulvérisation des champignons entomopathogènes sur la face supérieure des folioles.....	80
Tableau XIII : Pourcentage d'efficacité (%) des champignons entomopathogènes sur les larves de <i>C. lameensis</i>	82
Tableau XIV : Taux globaux de mortalité (%) des mâles et femelles de <i>C. lameensis</i>	95
Tableau XV : Valeurs des DL ₅₀ et des DL ₉₀ au 4ème jour après traitement.....	95
Tableau XVI : Effet des champignons entomopathogènes Met 358, Met 359 et Bb 11 sur la prise de nourriture des adultes de <i>C. lameensis</i>	97
Tableau XVII : Effectifs et taux de mortalité (%) des adultes de <i>C. lameensis</i> suite à la transmission horizontale de Met 358 avec les ratios 3:27 ; 9:21 et 15:15 par les mâles de <i>C. lameensis</i> contaminés.....	99

Tableau XVIII : Effectifs et taux de mortalité (%) des adultes de <i>C. lameensis</i> suite à la transmission horizontale de Met 358 avec les ratios 3:27 ; 9:21 et 15:15 par les femelles de <i>C. lameensis</i> contaminées.....	100
Tableau XIX : Effectifs et taux de mortalité (%) des adultes de <i>C. lameensis</i> suite à la transmission horizontale de Met 359 avec les ratios 3:27 ; 9:21 et 15:15 par les mâles de <i>C. lameensis</i> contaminés.....	102
Tableau XX : Effectifs et taux de mortalité (%) des adultes de <i>C. lameensis</i> suite à la transmission horizontale de Met 359 avec les ratios 3:27 ; 9:21 et 15:15 par les femelles de <i>C. lameensis</i> contaminées.....	103
Tableau XXI : Effectifs et taux de mortalité (%) des adultes de <i>C. lameensis</i> suite à la transmission horizontale de Bb 11 avec les ratios 3:27 ; 9:21 et 15:15 par les mâles de <i>C. lameensis</i> contaminés.....	105
Tableau XXII : Effectifs et taux de mortalité (%) des adultes de <i>C. lameensis</i> suite à la transmission horizontale de Bb 11 avec les ratios 3:27 ; 9:21 et 15:15 par les femelles de <i>C. lameensis</i> contaminées.....	106
Tableau XXIII : Effectifs et taux de mortalité (%) des adultes de <i>C. lameensis</i> suite à la transmission horizontale de Met 358 avec les ratios 1:5 ; 1:10 et 1:15 par les mâles de <i>C. lameensis</i> contaminés.....	108
Tableau XXIV : Effectifs et taux de mortalité (%) des adultes de <i>C. lameensis</i> suite à la transmission horizontale de Met 358 avec les ratios 1:5 ; 1:10 et 1:15 par les femelles de <i>C. lameensis</i> contaminées.....	109
Tableau XXV : Effectifs et taux de mortalité (%) des adultes de <i>C. lameensis</i> suite à la transmission horizontale de Met 359 avec les ratios 1:5 ; 1:10 et 1:15 par les mâles de <i>C. lameensis</i> contaminés.....	111
Tableau XXVI : Effectifs et taux de mortalité (%) des adultes de <i>C. lameensis</i> suite à la transmission horizontale de Met 359 avec les ratios 1:5 ; 1:10 et 1:15 par les femelles de <i>C. lameensis</i> contaminées.....	112
Tableau XXVII : Effectifs et taux de mortalité (%) des adultes de <i>C. lameensis</i> suite à la transmission horizontale de Bb 11 avec les ratios 1:5 ; 1:10 et 1:15 par les mâles de <i>C. lameensis</i> contaminés.....	114
Tableau XXVIII : Effectifs et taux de mortalité (%) des adultes de <i>C. lameensis</i> suite à la transmission horizontale de Bb 11 avec les ratios 1:5 ; 1:10 et 1:15 par les femelles de <i>C. lameensis</i> contaminées.....	115

Tableau XXIX : Taux de transmission de Met 358, Met 359 et Bb 11 aux ratios 3:27 ; 9:21 et 15:15.....	116
Tableau XXX : Taux de transmission de Met 358, Met 359 et Bb 11 aux ratios 1:5 ; 1:10 et 1:15.....	117
Tableau XXXI : Effectifs et taux de sporulation (%) chez les adultes de <i>C. lameensis</i> suite à la transmission horizontale de Met 358, Met 359 et Bb 11 par les mâles contaminés aux femelles non contaminées aux ratios 3:27 ; 9:21 et 15:15.....	119
Tableau XXXII : Effectifs et taux de sporulation (%) chez les adultes de <i>C. lameensis</i> suite à la transmission horizontale de Met 358, Met 359 et Bb 11 par les femelles contaminées aux mâles non contaminés aux ratios 3:27 ; 9:21 et 15:15.....	119
Tableau XXXIII : Effectifs et taux de sporulation (%) chez les adultes de <i>C. lameensis</i> suite à la transmission horizontale de Met 358, Met 359 et Bb 11 par les mâles contaminés aux femelles non contaminées aux ratios 1:5 ; 1:10 et 1:15.....	121
Tableau XXXIV : Effectifs et taux de sporulation (%) chez les adultes de <i>C. lameensis</i> suite à la transmission horizontale de Met 358, Met 359 et Bb 11 par les femelles contaminées aux mâles non contaminés aux ratios 1:5 ; 1:10 et 1:15.....	121
Tableau XXXV : Mortalité et taux de sporulation de <i>C. lameensis</i> suite au traitement au Met 359 en plantation à Ayénouan.....	122
Tableau XXXVI : Mortalité et taux de sporulation de <i>C. lameensis</i> suite au traitement au Met 359 en plantation à Boubo.....	123
Tableau XXXVII : Taux de mortalité et de sporulation de Met 359 chez les pollinisateurs <i>E. plagiatus</i> après traitement en plantation.....	125

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Palmier à huile adulte	8
Figure 2 : Rangs foliaires du palmier à huile	10
Figure 3 : Inflorescences du palmier à huile	12
Figure 4 : Régime et fruits d'un palmier à huile à maturité.....	14
Figure 5 : Coupe longitudinale de fruit de palmier à huile	14
Figure 6 : Différents types de fruits de palmier à huile <i>Elaeis guineensis</i>	14
Figure 7 : Symptômes de quelques maladies du palmier à huile	20
Figure 8 : Quelques larves de Lépidoptères défoliateurs du palmier à huile.....	21
Figure 9 : <i>Oryctes monoceros</i> (Coleoptera : Dynastidae) ravageur du palmier à huile	22
Figure 10 : Adulte de <i>C. lameensis</i>	24
Figure 11 : Dégâts d'adultes de <i>C. lameensis</i> sur une foliole de palme	25
Figure 12 : Dégâts des larves de <i>C. lameensis</i> sur des folioles.....	25
Figure 13 : Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) de <i>Metarhizium anisopliae</i> au grossissement de x 100	30
Figure 14 : Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) de <i>Beauveria bassiana</i>	33
Figure 15 : Schéma d'une coupe transversale de la cuticule d'un insecte et le mode d'infection d'un champignon entomopathogène.....	36
Figure 16 : Muscardines des insectes	36
Figure 17 : Cycle biologique des champignons entomopathogènes	37
Figure 18 : Site d'étude à l'Université Jean LOROUGNON GUEDE	39
Figure 19 : Site d'étude à Ayénouan	40
Figure 20 : Site d'étude à Boubo.....	41
Figure 21 : Palmier à huile adulte âgé de 8 ans.....	42
Figure 22 : Œufs de <i>C. lameensis</i>	42
Figure 23 : Différents stades larvaires de <i>C. lameensis</i>	43
Figure 24 : Adultes mâle et femelle de <i>C. lameensis</i>	43
Figure 25 : Biopesticides d'origines végétales	44
Figure 26 : Insecticide chimique	44
Figure 27 : Manchons d'élévage et de traitement	45
Figure 28 : Appareils de traitement.....	45
Figure 29 : Matériel de protection.....	46
Figure 30 : Quelques matériels de laboratoire utilisés	47

Figure 31 : Dispositif de comptage sur l'hématimètre	50
Figure 32 : Bocaux contenant le milieu liquide déposés sur un agitateur-incubateur.....	59
Figure 33 : Riz stérilisés	59
Figure 34 : Bassine contenant du riz recouvert de spores de <i>M. anisopliae</i>	59
Figure 35 : Variation du taux de mortalité des mâles (A) et des femelles (B) de <i>C. lameensis</i> après traitement par <i>M. anisopliae</i> (Met 358).....	84
Figure 36 : Variation du taux de mortalité des mâles (A) et des femelles (B) de <i>C. lameensis</i> après traitement par <i>M. anisopliae</i> (Met 359).....	86
Figure 37 : Variation du taux de mortalité des mâles (A) et des femelles (B) de <i>C. lameensis</i> après traitement par <i>Beauveria bassiana</i> (Bb 11).....	88
Figure 38 : Développement du mycélium de <i>Metarhizium anisopliae</i> (A) et de <i>Beauveria</i> <i>bassiana</i> (B) Adultes de <i>C. lameensis</i> morts	89
Figure 39 : Taux des adultes mâles (A) et femelles (B) de <i>C. lameensis</i> morts ayant sporulés en fonction des concentrations de Met 358.....	90
Figure 40 : Taux des adultes mâles (A) et femelles (B) de <i>C. lameensis</i> morts ayant sporulés en fonction des concentrations de Met 359.....	91
Figure 41 : Taux des adultes mâles (A) et femelles (B) de <i>C. lameensis</i> morts ayant sporulés en fonction des concentrations de Bb 11	93
Figure 42 : Nombre d'œufs pondus par les femelles de <i>C. lameensis</i> ayant survécu aux pulvérisations des champignons entomopathogènes	98
Figure 43 : Trois espèces du genre <i>Elaeidobius</i> du palmier à huile sur le site de PALMCI Boubo.....	124

INTRODUCTION

Le palmier à huile est une plante originaire de la Malaisie et de l'Indonésie dont la culture s'est étendue à une vingtaine de pays à travers le monde (Rival, 2013). Il constitue la plus grande source d'huile végétale, avec 66 % des huiles commercialisées (Rival, 2020). Les rendements du palmier à huile sont très élevés, allant jusqu'à 3,8 tonnes/hectare en moyenne à l'échelle mondiale. Ces rendements dépassent 6 tonnes/hectare dans les meilleures plantations en Asie du Sud-Est et plus de 10 t/ha dans les meilleurs essais génétiques en cours dans les instituts de recherche (Jannot, 2013). La production mondiale d'huile de palme est passée de 15,2 millions de tonnes (Mt) en 1995 à 62,6 millions de tonnes en 2015 (Rival & Levang, 2013 ; CNUCED, 2016). En 2016, la filière palmier à huile a enregistré 65 Mt dans le monde, dont 85 % sont fournis par la Malaisie et l'Indonésie (Rival, 2020). En 2024, la production mondiale a été estimée à 76,26 Mt (USDA, 2024). Cette culture fait de l'Indonésie le premier producteur et le deuxième exportateur d'huile de palme avec 35 Mt produites et environ 68 % de sa production exportée. La Malaisie est le deuxième pays producteur et le premier exportateur mondial (18,7 Mt) et exporte 85 % de sa production. En Afrique, cette filière enregistre environ 10 Mt par an (Toulemonde, 2022).

La Côte d'Ivoire est le cinquième producteur mondial d'huile de palme, après l'Indonésie, la Malaisie, le Nigeria et la Colombie (Anougba, 2022). En Afrique, la Côte d'Ivoire est le premier exportateur et le deuxième producteur de palmier à huile, derrière le Nigeria. Cette culture joue un rôle important dans l'économie ivoirienne, représentant 4 % du Produit Intérieur Brut avec un chiffre d'affaires estimé à plus de 450 milliards de FCFA (Anonyme, 2023). La Côte d'Ivoire produit environ 620 000 tonnes d'huile de palme brute par an (USDA, 2024). En outre, la Côte d'Ivoire consomme 75 % de sa production d'huile de palme, tandis que le reste est exporté vers les pays de l'espace UEMOA (Fages, 2019). Il y a un déficit estimé à environ 500 000 tonnes au sein de l'UEMOA et de plus de 1,8 million de tonnes au niveau de la CEDEAO. Pour combler ce déficit et répondre à la demande croissante, la Côte d'Ivoire prévoit d'augmenter sa production à 800 000 tonnes en 2025 (Anougba, 2022).

Cependant, il est difficile d'atteindre cet objectif à cause des dégâts causés par les ennemis du palmier à huile. Les maladies les plus fréquentes sont: la fusariose, la cercosporiose, le blast et la pourriture du coeur (Kouassi, 2022). De très nombreux insectes défoliateurs infestent le feuillage des arbres adultes. *Coelaenomenodera lameensis* Berti et Mariau, 1999 (Coleoptera : Chrysomelidae) est le principal ravageur du palmier à huile en Afrique de l'Ouest, en particulier, en Côte d'Ivoire (Mariau *et al.*, 1981 ; Mariau, 2001 ; Koua, 2008).

En effet, les fortes pullulations de *C. lameensis* peuvent provoquer la défoliation de 90 % des arbres (Mariau *et al.*, 1981). Lors de sévères proliférations, cet insecte cause des dégâts extrêmement importants et compromet les récoltes durant 2 à 3 ans (Coffi *et al.*, 2012). Les dégâts occasionnés, peuvent entraîner une diminution de la production de 30 à 50 % sur une période allant de 2 à 3 ans (Mariau, 2001). La maîtrise de ce ravageur apparaît donc comme une nécessité.

Pour lutter contre ce ravageur, de nombreuses méthodes ont été envisagées : la lutte chimique et la lutte biologique. La lutte chimique avec Actara® 240SC (Thiaméthoxame) donne de bons résultats mais elle nécessite des traitements répétés en fonction du type d'appareillage utilisé et des stades de développement de *C. lameensis* rencontrés sur les parcelles (Tano, 2012). L'utilisation des insecticides chimiques est décriée en raison de leurs effets néfastes sur la santé humaine et l'environnement, de leur coût élevé et de la possibilité d'apparition de population résistante aux insecticides chimiques en cas d'une utilisation abusive (Devault *et al.*, 2018 ; Joachim *et al.*, 2019 ; Fadiji & Babalola, 2020 ; Dhillon *et al.*, 2022 ; Huang *et al.*, 2022). En raison de ces effets néfastes, il s'avère nécessaire de rechercher des méthodes de lutte alternative efficace sans toutefois nuire directement à la santé de l'Homme et à l'environnement. L'usage des plantes à effets insecticides et des champignons entomopathogènes pour la protection des cultures comme alternative aux insecticides de synthèse présenterait de nombreux avantages.

Concernant les plantes à effets insecticides, elles ont de faibles impacts environnementaux (Yarou *et al.*, 2017 ; Aribi *et al.*, 2020). Plusieurs essais de lutte au moyen d'extraits de plantes ont donné des résultats probants sur de nombreux insectes ravageurs (Ossey *et al.*, 2018 ; Yoboué *et al.*, 2022). S'agissant des champignons entomopathogènes, ils constituent des agents de contrôle efficaces pour la gestion des insectes. Ils peuvent infester leur hôte simplement en entrant en contact avec sa cuticule, touchant ainsi tous les stades de développement. Les champignons entomopathogènes peuvent également être produits en masse à faible coût et être appliqués avec de l'équipement conventionnel. L'application inondative de conidies d'espèces spécifiques, par pulvérisation, application topique ou trempage des insectes constitue généralement une solution respectueuse de l'environnement (Milat-Bissaad *et al.*, 2016 ; Bamisile *et al.*, 2021). Parmi les champignons entomopathogènes, particulièrement ceux appartenant aux genres *Metarhizium* et *Beauveria* ont été signalés comme infectant un très grand nombre d'insectes nuisibles des cultures (Hala *et al.*, 2018 ; Tounou *et al.*, 2018).

De nombreuses études ont permis l'évaluation de l'efficacité des champignons entomopathogènes *Metarhizium anisopliae* et *Beauveria bassiana* vis-à-vis des insectes ravageurs des cultures, notamment *Tuta absoluta*, *Rastrococcus invadens*, *Cosmopolites sordidus*, *Spodoptera frugiperda* et *Rhynchophorus ferrugineus* (Akutse *et al.*, 2020 ; Nébié *et al.*, 2022 ; Aby *et al.*, 2023 ; Fazlullah *et al.*, 2023 ; Husain *et al.*, 2023).

En dehors des travaux portant sur la lutte contre *C. lameensis* à l'aide d'insecticides de synthèse (Mariau, 2001 ; Niamouké *et al.*, 2011 ; Kouassi *et al.*, 2020), d'ennemis naturels tels que les fourmis rouges *Oecophylla longinoda* (Kouassi *et al.*, 2019) et des extraits de plantes de *Ocimum gratissimum*, de *Thevetia peruviana*, de *Ricinus communis* et de *Zingiber officinale* (Tano *et al.*, 2012 ; Tano *et al.*, 2013), la littérature ne donne aucune information 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 se positionne cette étude qui se propose de mettre en œuvre l'application des champignons entomopathogènes dans la gestion de *C. lameensis*.

Cette étude vise à contribuer à l'amélioration de la production de palmier à huile par une meilleure gestion du ravageur *C. lameensis* en Côte d'Ivoire. Plus spécifiquement, il s'agit de :

- tester le NECO 50 EC, le LIMOCIDE 60 ME et des champignons entomopathogènes sur les stades de développement de *C. lameensis* en infestation contrôlée ;
- évaluer l'impact de *Metarhizium anisopliae* et de *Beauveria bassiana* sur la prise de nourriture et l'activité de ponte de *C. lameensis* en infestation contrôlée ;
- évaluer la transmission horizontale des spores de *Metarhizium anisopliae* et de *Beauveria bassiana* par des mâles ou femelles contaminés aux mâles ou femelles non contaminés lors de l'accouplement ou par contact physique ;
- évaluer la concentration minimale efficace de *Metarhizium anisopliae*, Met 359 en plantation.

Outre l'introduction, le présent mémoire comporte trois parties. La première partie qui est consacrée aux généralités, fait l'état des connaissances sur le palmier à huile, *Coelaenomenodera lameensis* et des champignons entomopathogènes. La deuxième présente le matériel et les méthodes utilisés lors de cette étude. La troisième partie expose les résultats et la discussion suivis de la conclusion et des perspectives.

**PREMIERE PARTIE :
GENERALITES**

GENERALITES SUR LE PALMIER A HUILE, SON PRINCIPAL RAVAGEUR ET LES CHAMPIGNONS ENTOMOPATHOGENES

1.1. PALMIER A HUILE

1.1.1. Historique

Découvert pour la première fois en 1434 par le navigateur portugais Sailor Eannes en mission d'exploration sur la côte pacifique d'Afrique, le palmier à huile est une plante monocotylédone de la famille des Arecaceae (Purseglove, 1975). La première description botanique accompagnée d'illustrations du fruit remonte à 1570, réalisée par Mathias de Lobel. En 1763, Jacquin l'observe aux Antilles et lui donne son nom latin : *Elaeis guineensis* (Blandine, 1992). Cette appellation du palmier à huile, vient du grec ancien *elaia* = olive, en raison de ses fruits riches en huile et *guineensis* de ses origines du golfe de Guinée en Afrique de l'Ouest (Jacquemard, 1995).

1.1.2. Origine et aire de répartition géographique

Le palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacquin, 1763), originaire des tropiques humides d'Afrique, plus précisément du golfe de Guinée est l'un des rares grands palmiers terrestres dans les zones forestières d'Afrique (Marley, 1999). À l'époque précoloniale, le palmier à huile était connu dans toute l'Afrique tropicale, occidentale et centrale, sous des formes spontanées ou sous-spontanées, depuis Niayes (entre San Luis et Dakar) jusqu'à la région de Luanda en Angola (Jacquemard, 1995). Cette répartition naturelle s'est progressivement étendue à l'Ouganda à l'est, au Sénégal au nord et à l'Angola au sud. Le palmier à huile pousse dans les zones proches de l'équateur. À partir de 1960, sa culture s'est développée principalement en Asie du Sud-Est. Cette culture s'est développée de manière significative d'abord en Malaisie puis en Indonésie (Rival, 2013). Aujourd'hui, le palmier à huile est présent presque partout dans le monde, notamment en Amérique latine, en Afrique et en Océanie (Koh & Wilcove, 2008 ; Hala, 2020). En Côte d'Ivoire, le palmier à huile est cultivé dans la région sud du pays. Actuellement, sa zone de culture est située entre les frontières du Ghana et du Libéria, à 100 km du littoral, avec un point s'étendant dans les régions de Divo, Dimbokro, Daoukro et Bongouanou. Toutes les plantations de palmiers à huile couvrent 250 000 hectares (Anougba, 2022). Les zones de développement industriel du palmier à huile coïncident à peu près avec des zones de forêt dense et humide (Anougba, 2022).

1.1.3. Position systématique

Selon Jacquemard (1995), la position systématique du palmier à huile, *Elaeis guineensis* se présente de la manière suivante :

Règne	: Végétal
Embranchement	: Phanérogames
Sous-embranchement	: Angiospermes
Classe	: Monocotylédones
Ordre	: Spadiciflorales ou Spathiflorales
Famille	: Arecaceae
Sous/famille	: Ceroxyloïdae
Tribu	: Cocoïnae
Sous/tribu	: Elaeidae
Genre	: <i>Elaeis</i>
Espèce	: <i>E. guineensis</i>

Le genre *Elaeis* comprend 3 espèces :

- *Elaeis melanococa*, peuplement naturel du nord d'Amérique est une espèce qui n'a aucune valeur économique, mais une valeur scientifique. En effet, avec ses propriétés (huile très fluide et vitesse de croissance lente), cette espèce est utilisée pour son croisement avec l'espèce *Elaeis guineensis* ;
- *Elaeis madagascariensis*, qui pousse spontanément dans le sud de Madagascar et n'a aucune valeur économique ;
- *Elaeis guineensis*, est cultivé dans les régions tropicales (Jacquemard, 1995).

1.1.4. Description botanique

Elaeis guineensis (Jacq., 1763) est une plante atteignant une hauteur de 20 à 25 m. Il ne possède qu'un seul bourgeon végétatif, situé au centre de la grappe de feuilles, au-dessus du pétiole. Cette plante possède les organes suivants : système racinaire, tige, système foliaire et système reproducteur (Figure 1).

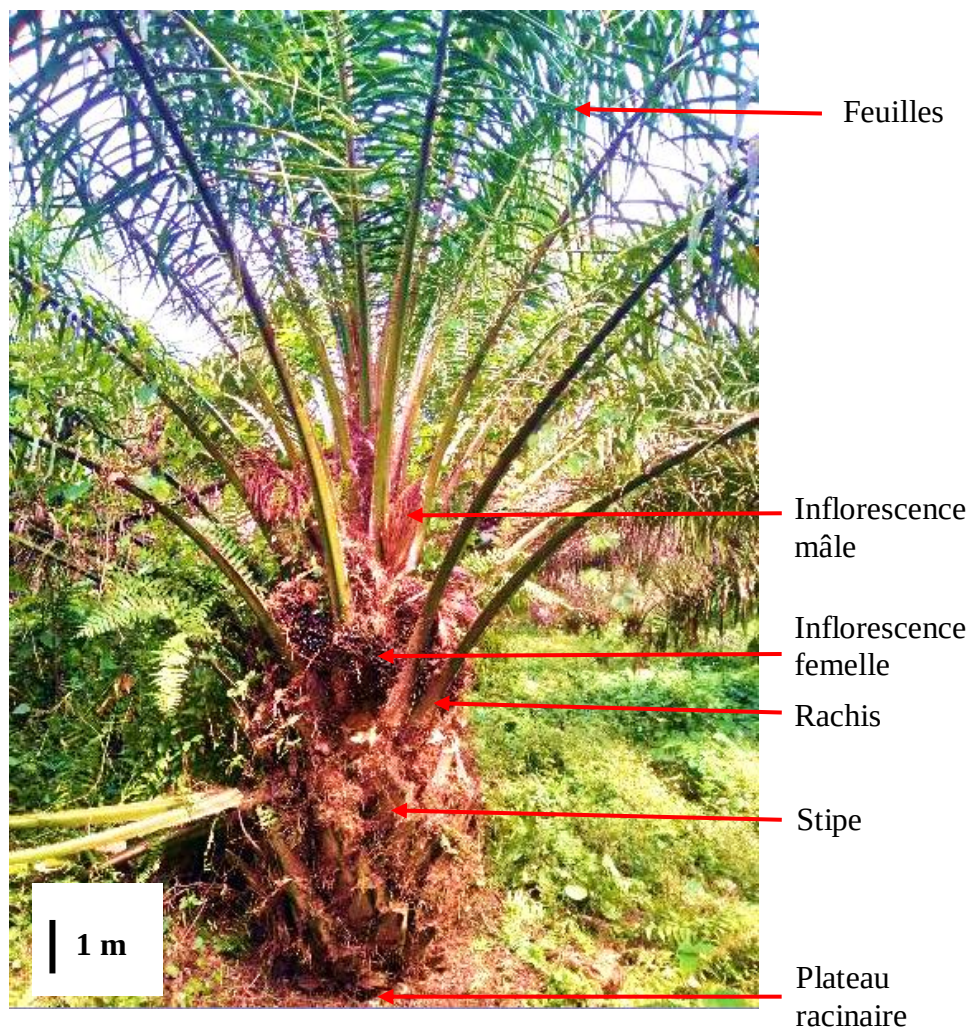


Figure 1 : Palmier à huile adulte (Anougba, 2022)

1.1.4.1. Système racinaire

Le palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacquin) possède un système racinaire touffu. Chez un arbre adulte, des milliers de racines proviennent de plaques racinaires ou de bulbes formés par les entre-nœuds à la base de la tige. Il existe quatre types de racines chez le palmier à huile (Jacquemard, 1995) :

- les racines primaires de 4 à 9 mm de diamètre, servant à la fixation des plantes, partant perpendiculairement de la surface du bulbe et atteignant une longueur supérieure à 20 m ;
- les racines secondaires (2 à 4 mm de diamètre), portées par la racine primaire, sont peu lignifiées et peuvent atteindre une longueur de 0,25 m à plus de 2 m ;
- les racines tertiaires sont plus abondantes et portées par les racines secondaires. Elles mesurent 0,5 à 1,5 mm de diamètre et près de 10 cm de longueur et ont un rôle absorbant ;

- les racines quaternaires peu ou pas lignifiées, elles sont portées par les racines tertiaires et ont un diamètre inférieur à 2 mm. Elles ont un rôle essentiellement absorbant. En milieu hydromorphe, leur épiderme peut porter des pneumatophores (Jacquemard, 1995).

1.1.4.2. Stipe

Le stipe du palmier est cylindrique, verticale et non ramifié. Sa hauteur peut atteindre plus de 25 m et son diamètre est à peu près constant. Il est recouvert de barrières formées par l'insertion de pétioles dans leur base, qui survivent longtemps après la chute des feuilles. Après un certain âge, la base du pétiole meurt et tombe; le tronc est nu sauf la partie supérieure. Le stipe est composé de fibres et assure le transport et le stockage des nutriments (Ng *et al.*, 2003).

1.1.4.3. Système foliaire

Le palmier à huile possède une puissante couronne foliaire composée de 30 à 45 feuilles, à pétiole très robuste et épineux. Il émet en moyenne deux feuilles par mois (Jacquemard, 1995). La feuille ou palme du palmier se compose de deux parties :

- Un pétiole, de section grossièrement triangulaire, de 1,5 m de long, qui s'insère sur le stipe. La face supérieure du pétiole est creusée en gouttière à la base et porte deux arêtes latérales pourvues d'une centaine d'épines régulièrement disposées. La face inférieure est convexe.
- Un rachis, plus long et plus effilé que le pétiole (5,5 à 7 m de long) qui porte les folioles (Hartley, 1988).

Les folioles s'insèrent, par séries de 1 à 3 ou 4 sur plusieurs plans. La longueur des folioles varie selon leur position sur le rachis. Celles du centre, plus longues, peuvent mesurer 1,2 m. Leur largeur varie entre 4 et 6 cm.

La nervure centrale des folioles est très dure avec un renflement jaune à la base. Il y a 250 à 350 lobules sur le palmier adulte, répartis à peu près exactement des deux côtés de la colonne vertébrale (Jacquemard, 1995). Les feuilles centrales non fleuries sont appelées pointes de flèches. Ces feuilles sont entourées de palmes en spirale qui forment la 9^{ème} rangée de palmes. Les palmes de rangée 9 sont suivies par les palmes des rangées 17, 25 et 33 (Figure 2). Chaque spirale se compose de huit feuilles. Les feuilles du rang 33 sont les plus basses et les plus anciennes (Ng *et al.*, 2003). La phyllotaxie du palmier à huile est spirale (Jacquemard, 1995).



Figure 2 : Rangs foliaires du palmier à huile (Tano, 2012)

A : Rang 9 ; B : Rang 17 ; C : Rang 25 ; D : Rang 33

1.1.4.4. Système reproducteur

Le palmier à huile est une plante monoïque qui porte alternativement des successions d'inflorescences mâles et femelles. La période de maturité sexuelle d'une inflorescence ne recouvre pas celle de l'autre, ce qui rend sa reproduction strictement allogame. Ces inflorescences sont des spadices, implantés à l'aisselle de chaque feuille, et composés de plusieurs épis digités, portant chacun plusieurs fleurs et protégés par deux spathes. Une inflorescence mâle peut produire 10 à 50 g de pollen dont la durée de vie, en conditions naturelles, n'excède pas 5 jours (Jacquemard, 1995).

La fécondation des fleurs de l'inflorescence femelle produit l'infrutescence ou régime. Celui-ci est bien visible, à maturité, dans la couronne à l'aisselle d'une feuille (Jacquemard, 1995).

L'évolution d'une ébauche florale en régime de fruits dure environ 42 mois dont 10 mois de l'ébauche à la sexualisation, 24 à 26 mois de la sexualisation à la floraison et 5 à 6 mois de la floraison à la récolte (Ng *et al.*, 2003 ; Tuo, 2013).

1.1.4.5. Inflorescences et pollinisation

L'inflorescence mâle du palmier à huile est portée par un pédoncule d'environ 40 cm de long, sur lequel sont insérés 100 à 300 épillets en forme de doigts (Figure 3A). Chaque épillet mesure 10 à 30 cm de long, contient 700 à 1 200 fleurs mâles et possède une épine à son extrémité. La fleur mâle est constituée d'un périanthe et de six anthères. Les anthères contiennent des sacs polliniques remplis de pollen (Ng *et al.*, 2003). Les inflorescences femelles ont une apparence plus grande. Le pédoncule, plus court (20 à 30 cm) forme alors un rachis à partir duquel poussent environ 150 épillets épais, charnus et fibreux (Figure 3B). Chaque épillet mesure 6 à 15 centimètres de long et se termine par de puissants ergots. La fleur femelle est constituée d'un périanthe à six segments, d'un ovaire à trois carpelles et d'un stigmate. Il peut y avoir 100 à 300 épillets par inflorescence et plus de 2 000 fleurs individuelles dont les bractées sont coriaces et épineuses (Ng *et al.*, 2003). Lorsqu'elles fleurissent, les fleurs portent trois stigmates épais et charnus. La période d'acceptation dure de deux à quatre jours. Durant cette période, le stigmate passe progressivement du blanc laiteux au rose puis au violet (Tuo, 2013).

La pollinisation du palmier à huile est essentiellement une pollinisation réalisée par les insectes (Cochard *et al.*, 2001 ; Hala *et al.*, 2012). En effet, en Afrique, notamment en Côte d'Ivoire, 4 espèces de charançons du genre *Elaeidobius* (*E. kamerunicus* Faust, 1898 ; *E. subvittatus* Faust, 1898 ; *E. plagiatus* Fahraeus, 1844 et *E. singleis* Faust, 1898) fournissent la plupart des pollinisations des palmiers à huile. Parmi ces espèces, *E. kamerunicus* est la plus active (Hardon *et al.*, 2001; Tuo *et al.*, 2011; Hala *et al.*, 2012). Les fleurs mâles du palmier hébergent ce charançon pollinisateur. Lorsque les fleurs femelles sont prêtes à être fécondées, elles dégagent une odeur qui attire les coléoptères porteurs de pollen (Cochard *et al.*, 2001).

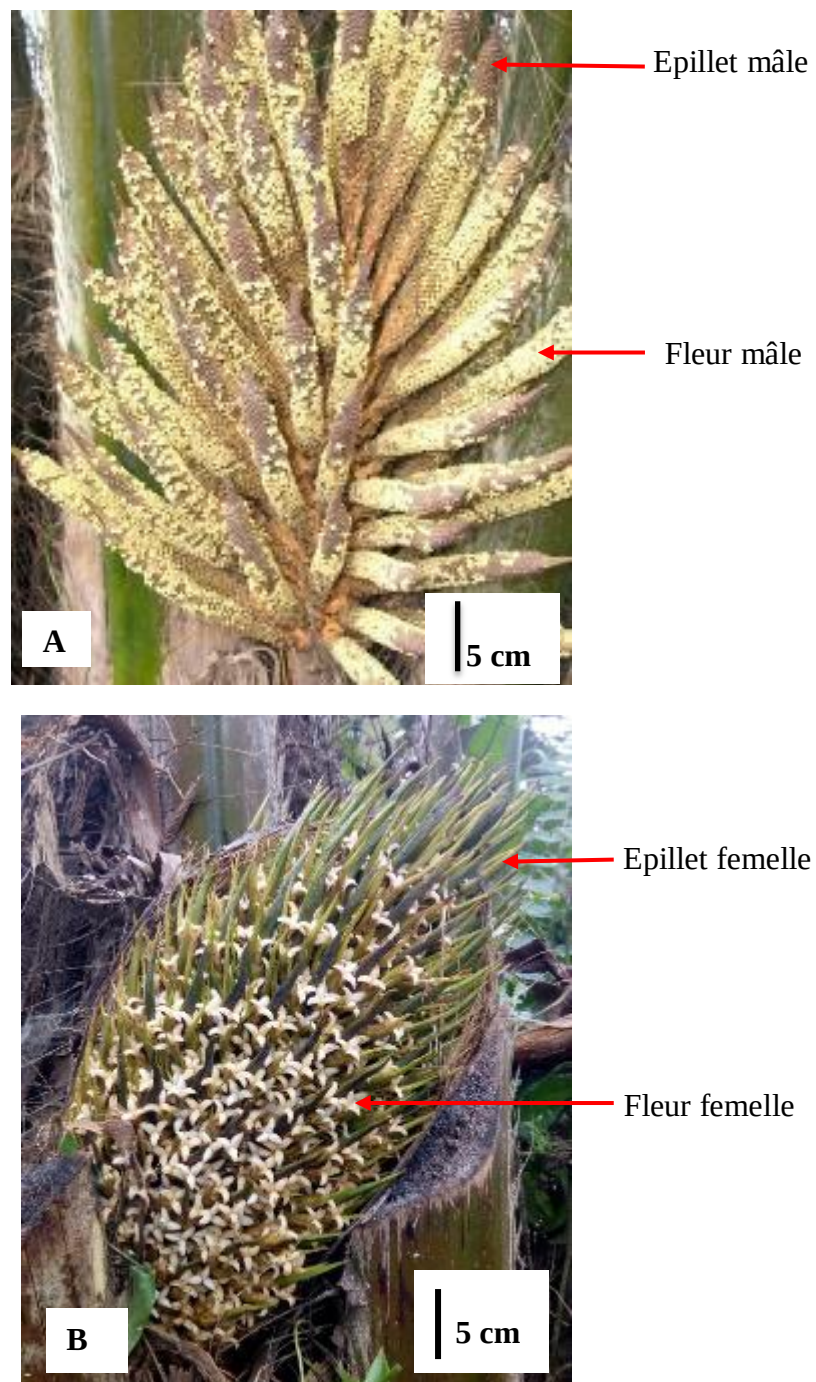


Figure 3 : Inflorescences du palmier à huile (Anougba, 2022)

A : Inflorescence mâle ; **B :** Inflorescence femelle

1.1.4.6. Régime et fruits

L'inflorescence femelle dont les fleurs ont été fécondées se développe en un régime. A maturité (après 5 à 6 mois), le régime se présente à l'aisselle des feuilles (Figure 4A). Il ressemble à une boule recouverte de bractées épineuses.

Dans une plantation de palmiers à huile bien entretenue, une grappe peut porter de 800 à plus de 3 500 fruits et peser de 60 à 70 kg (Lecoustre, 1988).

Le fruit est une drupe sessile de forme ovoïde variable et est souvent appelé « graine de palmier » (Figure 4B). Il mesure 2 à 5 cm de long et 3 à 30 g de poids. La coupe longitudinale d'un fruit permet de distinguer de l'extérieur vers l'intérieur :

- l'épiderme kératinisé, lisse et brillant est appelé le peeling ;
- le mésocarpe ou la pulpe, jaune ou orange, est très grasse, de 2 à 10 mm d'épaisseur, avec une teneur en huile de palme de 45 à 50 % du poids frais ;
- l'endocarpe ou la coque exfoliée, est très dure, noire, de 0,5 à 4 ou 5 mm d'épaisseur, avec nervures longitudinales (fibres adhésives) à l'extérieur ;
- l'amande qui fournit l'huile de palmiste se trouvent à l'intérieur de la coque.

L'ensemble amande plus coque constitue la graine ou noix de palme. Il y a généralement une amande par fruit. L'amande de forme plus ou moins ovoïde occupe toute la cavité de l'endocarpe (Figure 5).

Le palmier à huile *E. guineensis* se distingue par plusieurs variétés qui sont:

- la Macrocaria, avec une coque très épaisse (6 à 8 mm) et qui est sans intérêt économique ;
- la Dura qui a une coque sensiblement égale à 2 mm constitue 20 à 25 % du poids du fruit (Assiedu, 1982). Cette variété a une valeur traditionnelle et scientifique. En effet, avec une coque épaisse et une pulpe contenant un faible taux d'huile, elle est utilisée pour l'alimentation et la fabrication de nombreux produits dérivés. Elle est également utilisée comme parent femelle lors du croisement *Dura-Pisifera* ;
- la Pisifera dont les fruits sont dépourvus de coque est une variété qui a un taux d'avortement très élevé. Elle n'a pas de valeur économique proprement dite, mais a une valeur scientifique, car utilisée comme parent mâle lors de son croisement avec Dura ;
- la Tenera, hybride issue du croisement entre Dura et Pisifera (Figure 6), offre le meilleur rendement en huile. C'est la variété exploitée industriellement dans les zones tropicales, particulièrement en Côte d'Ivoire (Rafflegeau, 2008). Les dimensions et les poids de la graine varient suivant l'origine des arbres, mais aussi dans un même régime. Une graine Tenera pèse 1 à 2 g et une graine Dura, 4 à 6 g.

1.1.5. Caractéristiques écologiques

Le palmier à huile est une plante exigeante en lumière (soleil) et en eau. Sa croissance requiert des conditions climatiques et pédologiques constantes tout au long de l'année. Des conditions trop variables peuvent entraîner une baisse de production (Jacquemard, 1995).



Figure 4 : Régime et fruits d'un palmier à huile à maturité (Hala, 2020)

A : Régime de palmier à huile à l'aisselle d'une feuille; B: Fruit

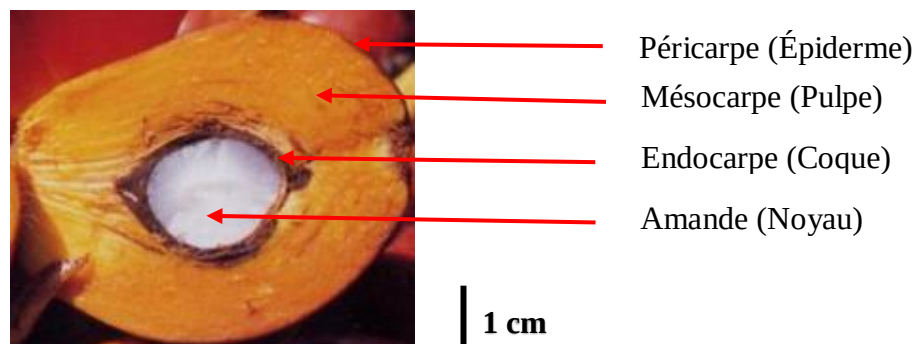


Figure 5 : Coupe longitudinale de fruit de palmier à huile (Palmafrique, 2019)

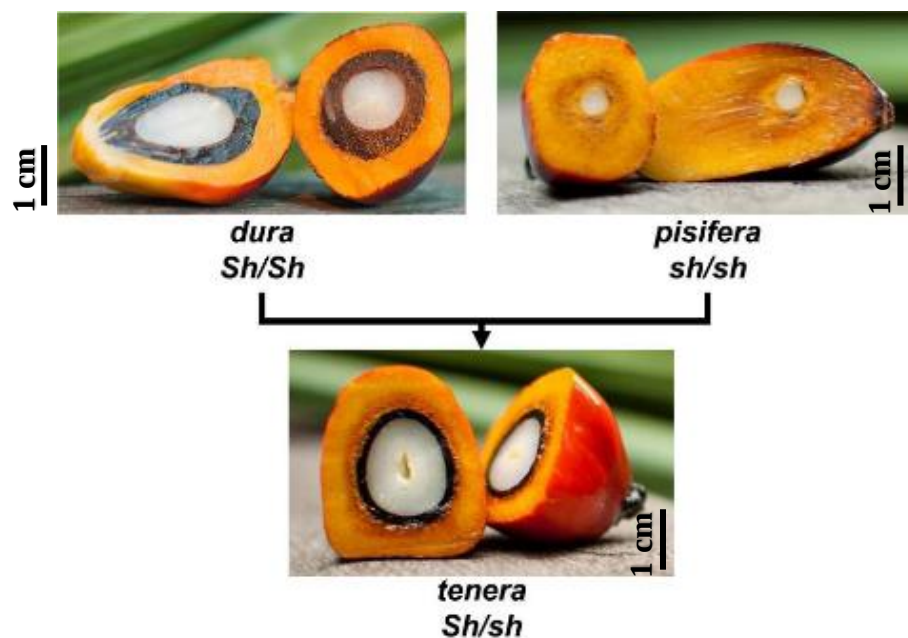


Figure 6 : Différents types de fruits de palmier à huile *Elaeis guineensis* (Rajinder et al., 2013)

Sh / Sh : génotype du type *dura* (présence de coquille lignifiée épaisse entourant le noyau)

sh / sh : génotype du type *pisifera* (absence de coquille lignifiée entourant le noyau)

Sh / sh : génotype du type *tenera* (hybride mendélien beaucoup plus performant)

1.1.5.1. Exigence climatique

Cinq paramètres climatiques sont essentiels pour l'implantation et la conduite d'une palmeraie. Il s'agit de la pluviométrie, du déficit hydrique, de l'insolation, de la température et de l'humidité atmosphérique. Le potentiel maximal du palmier à huile ne peut être atteint que s'il dispose d'une pluviométrie de 1800 mm d'eau par an, bien répartie sur toute l'année. Les zones propices à la culture du palmier sont celles où le déficit hydrique moyen annuel est inférieur ou égal à 200 mm (Hartley, 1988). L'insolation conditionne l'activité photosynthétique, la maturité des régimes et la teneur en huile. Pour une culture optimale de *E. guineensis*, il faut entre 1500 et 1800 heures d'ensoleillement par an (Quencez, 1989; Jacquemard, 1995). Au niveau de la température, les maxima mensuels peuvent varier entre 28 et 34 °C tandis que les minima doivent être supérieurs à 18 °C. Selon Jacquemard (1995), les températures inférieures à 18 °C provoquent des blocages de la maturation des régimes. Les températures élevées, au moins jusqu'à 38 °C, sont supportées pour autant que l'humidité de l'air soit suffisante. Le taux d'humidité relative (HR) doit être maximal, surtout pour les zones à températures élevées. En effet, une réduction de l'humidité relative de 65 % à 30 % se traduit par une réduction de l'activité photosynthétique avec pour conséquence la fermeture des stomates (Jacquemard *et al.*, 2011).

1.1.5.2. Exigence pédologique

Les caractéristiques du sol jouent un rôle prépondérant dans la réussite d'une palmeraie (Jacquemard, 1995). En effet, la culture du palmier se fait sur un sol profond et meuble à pH voisin de la neutralité, mais le palmier à huile supporte l'acidité jusqu'à un pH de 4,5. Les racines du palmier traversent difficilement les sols lourds et compacts (Caliman, 1990). La structure physique du sol, la plus favorable au palmier, contient entre 25 et 30 % d'éléments fins, avec un excès d'eau pouvant se drainer facilement. Le palmier s'adapte à la plupart des textures depuis les sols sablo-argileux aux argileux (Jacquemard, 1995). Les éléments nécessaires à la plante sont classés en éléments majeurs (azote, phosphore, potassium, magnésium, calcium, chlore et soufre) et éléments mineurs tels que l'aluminium, le bore, le cuivre, le fer, le manganèse, le molybdène et le zinc (Caliman, 1990 ; Ng *et al.*, 2003).

1.1.6. Importance

Le palmier à huile est la plante oléagineuse la plus productrice au monde. Il produit 62,6 millions de tonnes d'huile de palme contre 49 millions de tonnes d'huile de soja, 27 millions de tonnes pour l'huile de colza et 16 millions de tonnes d'huile de tournesol.

L'huile de palme représente 66 % des huiles commercialisées et 39 % de la production des huiles végétales (Rival, 2020). Sa production est en nette progression et surtout avec son utilisation récente dans les biocarburants.

La Côte d'Ivoire produit environ 550 mille tonnes d'huile sur un verger productif de 250 000 ha. Elle est la deuxième productrice africaine derrière le Nigeria et la cinquième à l'échelle mondiale. Au niveau régional, dans la zone franc, l'huile de palme est la deuxième huile produite après celle de l'arachide. La Côte d'Ivoire est aujourd'hui le principal exportateur africain avec 60 % des exportations d'huile de palme de la CEDEAO (Palmafrique, 2019). Elle possède trois grandes sociétés de production et de transformation : la PALMCI (9 huileries et 35 000 ha de plantation), la SIPEF-CI (2 huileries et 12 700 ha de plantation) et la PALMAFRIQUE (3 huileries et 7 500 ha de plantation) (Cheyns *et al.*, 2000). La présence locale des sociétés de transformation assure la valorisation de 70 % de la production et contribue à sécuriser la filière en lui offrant de nombreux débouchés.

Du point de vue industriel, seul le fruit semble présenter un intérêt. Le principal produit qui en est extrait est l'huile de palme (Barbara *et al.*, 1994). Cette huile de palme a des utilisations extrêmement variées et environ 80 % de sa production est destinée à la consommation humaine (Jacquemard, 1995).

❖ Usage alimentaire

L'huile de palme, en raison de sa richesse en carotène, est une importante source de vitamine A. Cinq (5) g d'huile de palme par jour pourraient théoriquement suffire à couvrir les besoins en vitamines (A et E) d'un adulte (Herzog, 1992). L'huile de palme se consomme sous forme de margarine, de matière grasse végétale de base, d'huile alimentaire et de graisses spécialisées. Les graisses végétales de base (Shortenings) sont employées dans les boulangeries pâtisseries. L'huile de palme interestérifiée et l'huile de palmiste hydrogénée sont le plus souvent utilisées en mélange dans la préparation de pâtes instantanées, de chocolat, de glaçages et de confiseries (Jacquemard, 1995). L'huile de palme raffinée s'est récemment imposée comme l'huile de table dans de très nombreuses régions tropicales, non seulement en Afrique de l'ouest (zone d'origine) et centrale, mais aussi en Asie où elle supplante l'huile de coprah. Elle s'est également imposée en Europe de l'ouest comme huile de friture industrielle (Jacquemard, 1995).

❖ Usage industriel

Les dérivés de l'huile de palme et de palmiste sont très utilisés dans le monde entier pour des usages très diversifiés. Il s'agit d'acides gras, de savons et de produits cosmétiques, de savons métalliques, d'esters méthyliques, de résines époxydes et d'aliments pour le bétail (Rutkowski, 1983). L'huile de palme est également utilisée comme carburant. En effet, lors de la seconde guerre mondiale, de nombreux moteurs fixes ou mobiles ont fonctionné à l'huile de palme brute, pure ou mélangée avec du gazole. Récemment, dans le souci de préserver l'environnement et surtout compte tenu du faible coût de l'huile de palme par rapport au diesel (le diesel se situe à 455 F/l, voire même 552,5 F/l, tandis que l'huile de palme est aux alentours de 60 % du prix du diesel, c'est-à-dire ± 195 F/l maximum), certains moteurs utilisant l'huile de palme ont vu le jour (De Theux, 2004).

❖ Importance traditionnelle

Le palmier à huile offre de nombreux usages traditionnels dans plusieurs domaines des racines jusqu'aux feuilles. En effet, les racines du palmier à huile sont utilisées en pharmacopée contre le rhumatisme, le traitement des bronchites et la gonorrhée (en décoction). Selon Kerharo et Bouquet (1950), le charbon provenant de l'incinération des racines est administré sous forme de boisson pour aider à l'élimination du placenta. Les feuilles sont utilisées dans le traitement des plaies infectées, du cancer, des maladies cardio-vasculaires et rénales. La nouvelle feuille et le bourgeon sont également utilisés pour traiter la mémo-métrorragie (hémorragie interne prolongeant la durée des règles qui deviennent alors très abondantes). En artisanat, les feuilles servent à confectionner des nattes, des toits et des clôtures ; les coques sont utilisées pour orner des bijoux, des statues et autres objets d'art. Les fibres provenant des rachis servent à la fabrication des éponges. Quant aux nervures, elles servent à fabriquer des claies (Blanc-Pamard, 1980). Concernant les fruits, le mésocarpe ou pulpe jaune orangé, très huileux, est utilisé pour la préparation de la sauce très appréciée appelée « sauce graine » et de l'huile artisanale appelée « huile rouge » (Gautier-Béguin, 1992). Dans la zone forestière de la Côte d'Ivoire, plus de 90 % des ménages fabriquent de l'huile rouge. La production totale est comprise entre 20 000 et 25 000 tonnes par an, avec une auto-consommation de 2/3.

L'huile de palme traditionnelle est un élément essentiel de l'alimentation quotidienne en Afrique tropicale. Elle joue un rôle essentiel comme source de lipides donc d'énergie.

L'amande de la graine est utilisée pour la fabrication d'huile noire appelée huile de palmiste. Cette huile a plusieurs usages traditionnels. Elle sert à enduire le corps des enfants et

parfois celui des femmes nourrices. Des gouttes de cette huile sont également déposées sur la fontanelle des jeunes enfants pour prévenir ou guérir certaines pathologies (Kamara - Ajavon, 1980). Elle constitue l'élément de base de la fabrication de produits cosmétiques. Après l'extraction de l'huile de palme, les fibres et la coque sont utilisées comme d'excellents combustibles et substrat de culture de certains champignons comme *Volvariella volvacea* Singer (Kamara - Ajavon, 1980). La sève du palmier légèrement fermentée et appelée « vin de palme » est obtenue par ablation du bourgeon terminal des arbres en fin de cycle économique (Hartley, 1988). Le vin de palme, connu localement sous le nom de « bangui », est très apprécié à la fois en milieu rural et en milieu urbain (Herzog, 1992). Il est distillé artisanalement pour obtenir une liqueur, le « Koutoukou » commercialisée et donnant beaucoup de devises aux planteurs (Mensah, 1999). L'exploitation d'un hectare de palmier abattu (135 palmiers) pour l'extraction de « bangui » ou de « Koutoukou » rapporte aux planteurs une somme comprise entre 350 000 francs CFA et 420 000 francs CFA (Kouchade *et al.*, 2017).

1.1.7. Maladies et ravageurs

Le palmier à huile subit plusieurs agressions dans son milieu. En effet, de la pépinière jusqu'à l'âge adulte, il peut être attaqué par des microorganismes responsables de maladies, par des rongeurs et par des insectes qui détruisent directement des organes ou la plante entière (Lepesme, 1947).

1.1.7.1. Maladies

Le palmier est une plante attaquée par plusieurs maladies dont les plus importantes sont la fusariose, la pourriture sèche du cœur, la cercosporiose, l'antrachnose. Ces maladies peuvent être présentes en pépinière, sur les cultures immatures et sur les cultures en production. Elles entraînent de nombreux dégâts, des chutes de production et la mort du plant (Aisagbonhi *et al.*, 2004).

- Fusariose

Cette maladie est provoquée par *Fusarium oxysporum*, un champignon microscopique vivant dans le sol. Généralement, elle n'apparaît pas aux stades pépinière et pépinière.

Elle s'observe sur les plantations en production et peut entraîner jusqu'à 50 % de perte de production (De Franqueville & Diabaté, 1995). Les symptômes de cette maladie sont de deux formes : une forme aiguë ou typique et une forme chronique.

La forme aiguë se manifeste par une apparition de bandes blanches sur les feuilles qui se nécrosent, puis se cassent au tiers et se dessèchent. Le palmier peut mourir quelques mois après l'apparition des premiers symptômes. La forme chronique se manifeste quand le palmier survit à la forme aiguë, mais garde l'infection en lui. Elle commence au niveau de la flèche non ouverte par une séparation des rameaux ainsi que la réduction de la longueur des palmes.

Le palmier présente un stipe pointu en forme de crayon (Figure 7A). Il ne produit plus de régimes et peut rester dans cet état pendant plusieurs années (Diabaté & Hala, 2014).

Pour lutter contre la Fusariose, la méthode la plus efficace est la sélection de matériel végétal tolérant et l'éradication des arbres malades.

- **Pourriture sèche du cœur**

La nourriture sèche du cœur dont l'agent responsable est un champignon appelé *Acremonium* spp., est une maladie transmise par les insectes vecteurs *Sogatella cubana* et *Sogatella kolophon* Crawwf (Homoptera, Delphacidae) sur les plants de palmier à huile en pépinière. Cette maladie provoque un jaunissement des feuilles du bouquet avec une présence de taches blanches sous forme de points (Figure 7B). Ces points deviennent roses bordeaux à violet et progressent vers le cœur. Le palmier finit par mourir (Diabaté & Hala, 2014).

La lutte contre la nourriture sèche du cœur est essentiellement chimique. Elle est menée avec le Carbalm (Carbofuran).

- **Cercosporiose**

Cette maladie dont l'incidence est importante en pépinière est causée par un champignon appelé *Cercospora elaeidis*. Les fortes attaques du parasite provoquent le dessèchement accentué des feuilles et le ralentissement de la croissance du plant (Figure 7C). Cette maladie est aussi dangereuse en plantation surtout sur les palmiers hybrides. Les symptômes sont caractérisés par l'apparition de petites mouchetures brun-orangés sur les feuilles (Diabaté & Hala, 2013).

La lutte chimique par l'utilisation de chlorothalonil (Banko) est efficace contre cette maladie.

- **Antrachnose**

Cette maladie qui se rencontre en pépinière n'a pas une grande incidence économique (Jacquemard, 1995). Elle est causée par le champignon *Colletotricum* sp (Hala, 2020).

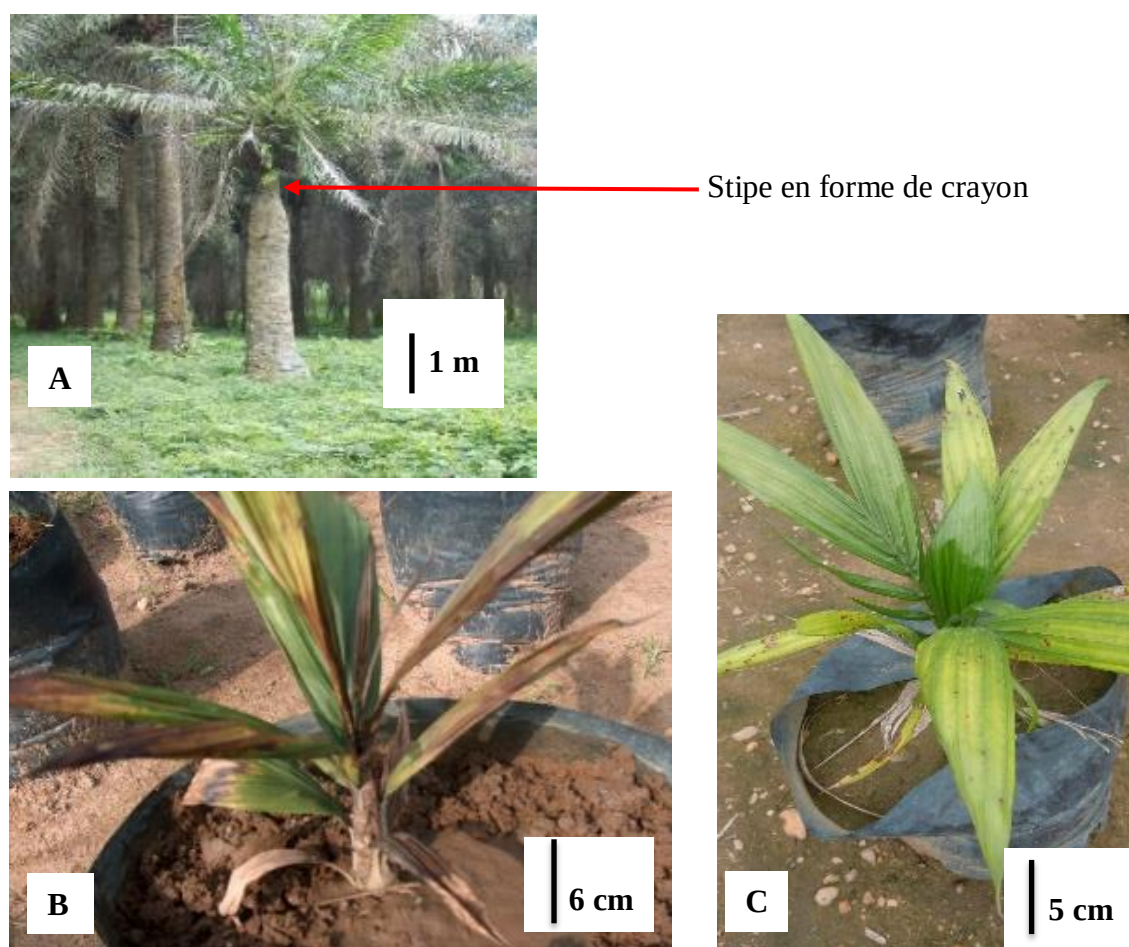


Figure 7 : Symptômes de quelques maladies du palmier à huile (Anougba, 2022)

A : Symptôme de la fusariose ; B : Symptôme de la pourriture sèche du cœur ; C : Symptôme de la cercosporiose

1.1.7.2. Ravageurs

Un grand nombre d'insectes s'attaquent au palmier, à tous les stades de développement de la plante, depuis le stade pépinière jusqu'au stade adulte. Selon l'organe attaqué, ces ravageurs sont dits défoliateurs, foreurs ou piqueurs (Mariau *et al.*, 1981 ; Mariau, 2001 ; Koua, 2008).

Les insectes défoliateurs détruisent partiellement ou entièrement les folioles. Ils réduisent ainsi la surface foliaire et, par conséquent, la photosynthèse qui détermine la production. Ce sont des Coléoptères et de nombreuses larves de Lépidoptères de la famille des Limacodidae : *Latoia pallida* Möschl, 1887 (Figure 8A), Hesperiidæ : *Pteroteinon laufella* Hewitson, 1868 (Figure 8B), Pyralidae : *Furcivena rhodoneuralis* Hampson, 1899 (Figure 8C).

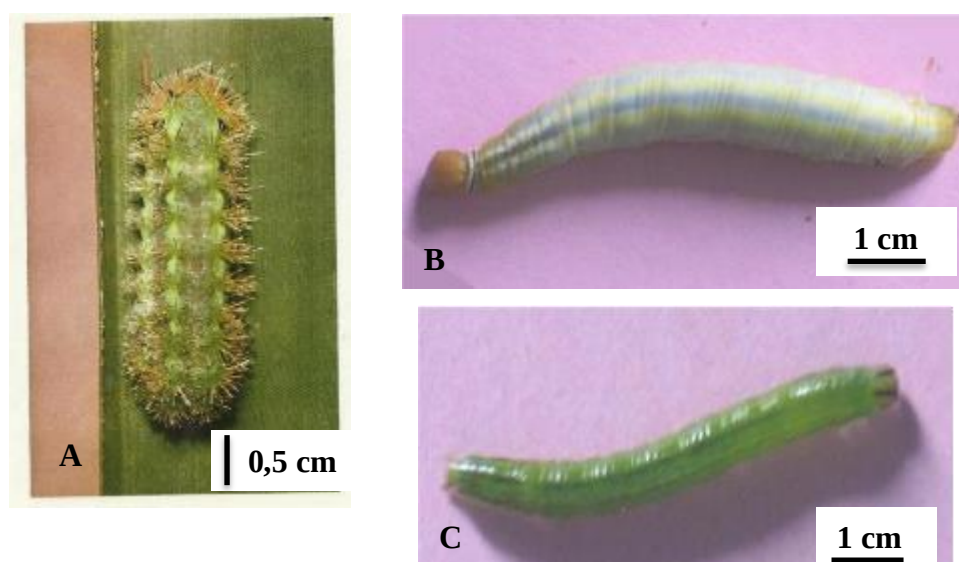


Figure 8 : Quelques larves de Lépidoptères défoliateurs du palmier à huile (Tano, 2012)

A : Larve de *Latoia pallida* (Lepidoptera : Limacodidae) ; B : Larve de *Pteroteinon laufella* (Lepidoptera: Hesperiiidae) ; C : Larve de *Furcivena rhodoneuralis* (Lepidoptera: Pyralidae)

Certains défoliateurs provoquent des boursouflures et le dessèchement de l'épiderme supérieur des folioles. Il se forme alors des galeries entre les deux épidermes. C'est le fait des Coléoptères appartenant à la famille des Chrysomelidae. Le plus connu et le plus redoutable est *C. lameensis* qui fait l'objet de cette étude.

Zonocerus variegatus Linné, 1758 (Orthoptera : Acrididae) connu sous le nom de criquet puant, découpe de grands morceaux de folioles ou décape la face supérieure des folioles. Les insectes foreurs creusent des galeries dans le stipe et /ou la flèche. Ce sont principalement des Coléoptères de la famille des Dynastidae (*Oryctes monoceros* Olivier, 1789) (Figure 9), des Curculionidae (*Rhynchophorus phoenicis* Fabricius, 1801) et des Lépidoptères. Les adultes de *O. monoceros* et de *Augosoma centaurus* Fabricius, 1758 (Coleoptera : Scarabeidae) creusent des galeries dans la feuille non ouverte ou flèche, entraînant la mort de l'arbre lorsque les attaques atteignent le bourgeon terminal. Les rhynchophores sont des foreurs secondaires. Ces derniers profitent des blessures causées par les insectes du genre *Oryctes* et les humains (Mariau *et al.*, 1981 ; Aisagbonhi *et al.*, 2004).

Les insectes piqueurs sont des Hémiptères de la famille des Tingidae. Ces insectes entraînent de légères décolorations du feuillage et engendrent le développement de champignons foliaires du genre *Pestalotiopsis* qui dessèchent les feuilles (Jacquemard, 1995).

En plus des insectes, le palmier est attaqué par d'autres ravageurs qui sont des mammifères (biches, gazelles, rats, souris et aulacodes) et des oiseaux tels que les tisserins

gendarmes (*Ploceus cucullatus* Müller, 1776) qui découpent les folioles pour la construction de leurs nids. L'action des mammifères est surtout sensible sur les cultures de la première année (Hartley, 1988).



Figure 9 : *Oryctes monoceros* (Coleoptera : Dynastidae), ravageur du palmier à huile (Tano, 2012)

La présente étude étant portée sur *C. lameensis*, le principal ravageur du palmier à huile (Mariau, 2001 ; Koua, 2008; Tano, 2012), sa description détaillée sera faite dans la section suivante.

1.2. PRINCIPAL RAVAGEUR DU PALMIER A HUILE: *COELAENOMENODERA LAMEENSIS*

1.2.1. Origine et aire de répartition de *C. lameensis*

Observé pour la première fois en 1910 au Ghana, cet insecte ravageur a fait des apparitions successives dans le reste de l'Afrique Occidentale et en Afrique Centrale, de la Guinée au Cameroun, sur le raphia, le cocotier et le palmier à huile. Il a d'abord été nommé *Coelaenomeodera elaeidis* par Maulik en 1920, puis *Coelaenomeodera minuta* Uhmman pour le distinguer du premier individu, qui se rencontre en très petites populations et dont aucune forte pullulation n'est observée (Morin & Mariau, 1974).

Jover (1950) avait différencié *C. lameensis* de *C. elaeidis* à la Mé, mais il n'a pas été décrit. C'est en 1999 que Nicole Berti et Dominique Mariau décrivent cet insecte après des recherches menées à l'IRHO de la Mé.

A la suite d'études menées par Berti & Mariau (1999), cet insecte est identifié aujourd'hui sous le nom de *Coelaenomenodera lameensis* en référence à la localité-type « la

Mé » où les premières fortes pullulations ont été observées. *Coelaenomenodera elaeidis* se développe fréquemment à côté de *C. lameensis*, mais ne pullule jamais (Mariau, 2001).

1.2.2. Position systématique de *C. lameensis*

Selon Berti et Mariau (1999), la position systématique de *C. lameensis* se présente de la manière suivante :

Règne	: Animal
Embranchement	: Arthropodes
Sous embranchement	: Antennates ou mandibulates
Classe	: Insectes
Ordre	: Coléoptères
Famille	: Chrysomelidae
Sous-famille	: Hispinae
Genre	: <i>Coelaenomenodera</i>
Espèce	: <i>C. lameensis</i>

1.2.3. Biologie et écologie de *C. lameensis*

Coelaenomenodera lameensis est un petit Coléoptère de couleur jaune-orangée qui mesure entre 5,3 et 6 mm de longueur au stade adulte (Figure 10). La tête légèrement lisse, porte deux yeux saillants et de courtes antennes, de 1,5 à 1,6 mm de long. Ces antennes sont insérées à l'avant des yeux. Selon Berti & Mariau (1999) le dimorphisme sexuel est très peu marqué et s'observe principalement sur les antennes qui sont plus courtes chez le mâle, avec les tibias et les tarses plus larges chez les femelles. Les femelles sont généralement plus grosses que les mâles et leurs abdomens possèdent une bande orangée (Kouassi, 2022).

Cet insecte vit sur la face inférieure des folioles et s'y nourrit en creusant des sillons de 1 à 2 cm de long, parallèles à la nervure principale. Après l'accouplement, les œufs sont disposés sur la face inférieure des folioles, au fond d'un petit sillon creusé par la femelle.

L'œuf de *C. lameensis* est mou et a une coloration jaune pâle. Il mesure 0,8 mm de long avec un diamètre de 0,28 à 0,3 mm. La femelle dépose ses œufs isolément ou par groupe en nombre variable de 1 à 8 dans de petits trous qu'elle creuse (Morin & Mariau, 1970). Après la ponte des œufs dont le nombre total peut atteindre 300, l'incubation dure près de 20,5 jours (Kouassi, 2022). Dès l'éclosion, la larve creuse une galerie dans le parenchyme foliaire en soulevant l'épiderme supérieur qui se dessèche au fur et à mesure que la galerie s'allonge (Mariau, 1996).

La larve apode, est dorso-ventralement aplatie et nettement divisée par de profonds sillons (segments abdominaux), présentant des expansions latérales arrondies. Sa tête, assez plate, est encastrée dans le thorax, pourvu de deux lobes latéraux en forme d'oreille. Son corps, fusiforme et mou, est de coloration jaune. Quatre stades larvaires se différencient par la taille des larves allant de 0,8 à 1,5 mm pour les plus petites et de 3,2 à 6,8 mm pour les plus grosses. Au stade 1, la larve est très plissée et aplatie, alors qu'en fin de stade, elle est distendue et cylindrique (Morin & Mariau, 1970). La vie larvaire dure environ 47 jours (Kouassi, 2022). A la fin de chaque stade, la larve cesse de se nourrir et se retire au centre de la galerie pour muer. La dernière mue larvaire donne une nymphe.

La nymphe, mobile et nue est de coloration rouge orangée. Elle mesure en moyenne 5 mm de longueur et 2 mm de largeur. Le corps est sclérifié. Dorsalement, les trois compartiments thoraciques se distinguent : le prothorax, le mésothorax et le métathorax. Sur la face ventrale, la nymphe de *C. lameensis* présente les pièces buccales et des ébauches d'antennes dans sa partie antérieure (Morin & Mariau, 1970). La durée de la nymphe est d'environ 11 jours dans la partie desséchée de la galerie et donne un adulte interne. Le nouvel adulte y passe 2 à 3 jours avant de sortir en sectionnant l'épiderme supérieur avec ses mandibules. Après environ 18 jours de préoviposition, les femelles sont aptes à pondre (Morin & Mariau, 1970).

Le cycle complet de *C. lameensis* s'effectue en 90 à 96 jours (Morin & Mariau, 1970 ; Berti & Mariau, 1999), soit environ trois mois.

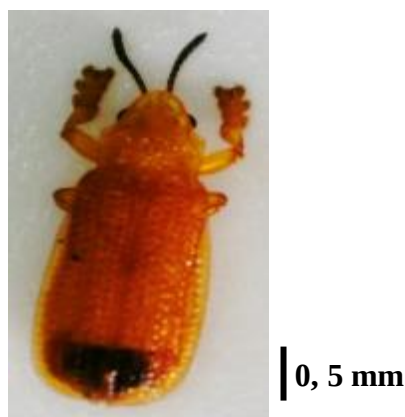


Figure 10 : Adulte de *C. lameensis* (Anougba, 2022)

1.2.4. Dégâts de *C. lameensis* sur le palmier à huile

Coelaenomenodera lameensis est le ravageur le plus dangereux du palmier à huile en Afrique de l'ouest. Il est strictement phyllophage toute sa vie (Morin & Mariau, 1970).

Les dégâts des adultes de cet insecte peuvent être reconnus par des sillons de quelques centimètres de long, creusés sous l'épaisseur de la foliole parallèlement à l'axe des nervures (Morin & Mariau, 1971) (Figure 11). Dès que les adultes quittent la galerie, ils préfèrent se nourrir des feuilles de la couronne supérieure. Les dégâts causés par ces adultes sur les folioles sont le plus souvent observés sur les feuilles hautes (Morin & Mariau, 1971; Lecoustre, 1988). Les larves creusent des galeries qui peuvent atteindre le parenchyme foliaire entre l'épiderme inférieur et supérieur. Ces larves restent près de l'épiderme supérieur pour se nourrir, mais l'épiderme se dessèche lorsque la longueur de la galerie augmente.

Les dégâts causés par les larves de ces mineuses sont clairement visibles sur la face supérieure des feuilles (Figure 12). On les trouve d'abord dans les feuilles inférieures (rangs 33, 25) puis réparties dans toute la couronne (Lecoustre, 1988). Chaque larve détruit en moyenne 3 à 4 cm² de la surface de la feuille (Lecoustre, 1988). En cas d'attaques sévères, les palmiers peuvent alors être défoliés de plus de 90 % en deux ou trois générations, réduisant la production moyenne de 50 % en deux ans (Morin & Mariau, 1971).

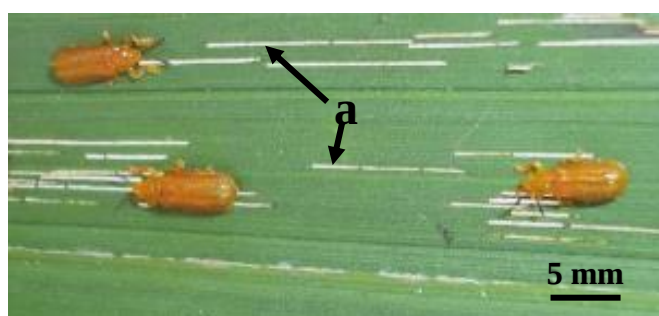


Figure 11 : Dégâts d'adultes de *C. lameensis* sur une foliole de palme (Tano, 2012)

a : Sillons de nutrition



Figure 12 : Dégâts des larves de *C. lameensis* sur des folioles (Tano, 2012)

a : Sillons de nutrition

1.2.5. Méthodes de lutte contre *C. lameensis*

Plusieurs méthodes sont utilisées pour lutter contre *C. lameensis*. Il s'agit de la lutte chimique, de la lutte biologique et de la lutte génétique.

1.2.5.1. Lutte chimique contre *C. lameensis*

La lutte chimique est la plus utilisée. En fonction de la surface à traiter, de l'âge de la parcelle et des produits disponibles, trois types de traitements sont faits : le traitement systémique par injection dans le stipe, le traitement par pulvérisation terrestre et aérienne et la thermonébulisation.

- **Traitement par injection d'insecticides systémiques**

Ce traitement convient aux foyers de moins de 100 hectares et aux palmeraies de plus de 8 ans. Il s'adapte à tout profil de terrain. Il s'agit d'introduire un insecticide systémique dans le stipe des palmiers. Cet insecticide est transporté par la sève jusqu'au couvert foliaire et absorbé par les adultes et les larves qui se nourrissent de ces feuilles. L'arbre est préparé avant l'opération.

Dans cette préparation, deux souches d'arbres diamétralement opposées sont taillées à une hauteur de 0,5 à 1 m. Ensuite, une perceuse à moteur est utilisée pour percer un trou de 15 cm de profondeur et de 12 mm de diamètre orienté vers le bas à un angle de 45 degrés. Après avoir percé un trou dans le stipe, une seringue est utilisée pour injecter la bouillie de l'insecticide dans le trou. Après 30 minutes, chaque trou est bouché avec un bouchon (chevilles en plastique ou en bois) trempé dans une solution de flint kote. Il empêchera l'entrée d'insectes. Les produits sont donc transportés via la sève jusqu'au couvert foliaire et consommés par les adultes et les larves qui se nourrissent de ces feuilles tout au long de leur vie (Mariau *et al.*, 1979). Selon Philippe et Diarrassouba (1979), de tels traitements sont significativement efficaces, où le taux de mortalité est proche de 100 %, mais son coût est relativement élevé et long à mettre en œuvre (4 ha/jour avec une équipe de 8 personnes). Le produit actuellement utilisé pour ce type de traitement est Actara 240 SC (thiaméthoxame).

- **Traitement par pulvérisation terrestre ou aérienne**

La pulvérisation terrestre n'est possible que sur terrain plat et se fait 30 jours après l'apparition des premières nymphes (Nahounou *et al.*, 2010). Elle est dirigée contre les adultes immatures.

La pulvérisation terrestre peut être réalisée à l'aide d'un Tecnomat qui est un puissant pulvérisateur tracté du modèle Fludair et à canons jumelés (Besombes & Mariau, 1971). Elle peut également être faite à l'aide d'un pulvérisateur tracté (pulvérisateur Jatao) ayant un seul canon et des atomiseurs qui sont des pulvérisateurs à moteur à dos.

Pour des foyers de pullulation s'étendant sur plusieurs centaines d'hectares, il est indispensable d'avoir recours aux traitements aériens. L'hélicoptère est, dans ce cas, utilisé pour l'épandage des produits insecticides (Mariau *et al.*, 1973). Les insecticides généralement utilisés sont : l'Evisect S dont la matière active est thiocyclam-hydrogène-oxalate (Philippe, 1990 ; Konan *et al.*, 2006 ; Kouassi, 2022), le Cartap (chlorhydrate de cartap) et le Propoxur avec pour matière active le carbamate (Tuo, 2004), le Sivanto Energy dont les matières actives sont le flupyradifurone et le deltaméthrine (Kouassi, 2022).

- **Traitement par thermonébulisation**

Ce traitement (thermonébulisation) consiste à dissiper une fumée sous forme de brouillard qui envahit la couronne et asphyxie les adultes. Le produit utilisé dans cette fumée est le Thiocyclam-hydrogène-oxalate (Evisect-S 50 Ps), sous forme de poudre soluble, à raison de 800 g dans 8 litres de gasoil pour environ 2,5 ha de plantation (Kouassi, 2022).

Il se fait généralement tôt le matin ou pendant la nuit à l'aide d'un thermonébulisateur, en l'absence de vent (Besombes & Mariau, 1971 ; Philippe *et al.*, 1983). L'appareil utilisé pour réaliser ce traitement est un Pulsfog modèle K 20/0 ou K 22/0 ou un Swingfog modèle SN 11 (Philippe, 1990).

1.2.5.2. Lutte biologique contre *C. lameensis*

Plusieurs essais de lutte biologique contre *C. lameensis* ont été entrepris sans véritable succès.

Deux parasitoïdes des œufs de *C. lameensis* ont été recensés : *Closterocerus leptocerus* Waterston, 1925 (Hymenoptera : Eulophidae) et *Oligosita longiclavata* Viggiani, 1971 (Hymenoptera : Trichogrammatidae). Tous les deux s'attaquent de préférence à des œufs, en début d'incubation, âgés de moins de 10 jours (Mariau, 1988).

Les parasitoïdes des larves et quelquefois de la nymphe de *C. lameensis*, sont de l'ordre des Hyménoptères appartenant à la famille des Eulophidae (Mariau *et al.*, 1978 ; Mariau, 1999 ; Yawson *et al.*, 2009). *Closterocerus africanus* Waterston, 1925 s'attaque occasionnellement aux larves du premier stade. *Dimmockia aburiana* Waterston, 1925, s'attaque plus aux larves âgées.

Pediobius setigerus Kerrich, 1970, *Neochrysocharis* sp et *Pleurotroppopsis* sp marquent une préférence pour les larves de stades 3 et 4 de l'hôte. *Cotterellia podagrica* Waterston, 1925, et *Cirrospilus* sp, sont des parasites des larves de *C. lameensis* arrivés en fin de stade 4. *Closterocerus mirabilis* Edwards s'attaque aux larves de stade 2 et à la nymphe. Les larves de *C. lameensis* sont des proies de prédateurs essentiellement composés de fourmis des genres *Monomorium*, *Macromischoides* et *Pheidole* (Mariau *et al.*, 1978).

L'introduction de *Pediobius parvulus* Ferrière, 1933 qui avait fait ses preuves sur une espèce mineuse des feuilles de cocotier dans la zone Asie-Pacifique, a été sans succès (Philippe *et al.*, 1979). La dernière introduction infructueuse de parasitoïdes en Côte d'Ivoire a été celle de l'Hyménoptère Eulophidé *Chrysonotomyia* sp, en 1974, en provenance de Madagascar (Mariau, *et al.*, 1978).

Le prédateur *Crematogaster gabonensis* (Hymenoptera : Formicidae) a la capacité de détruire un grand nombre de galeries larvaires de *C. lameensis*. Des essais d'implantation de cette fourmi ont échoué car les fourmis préexistantes dans la palmeraie appartenant aux genres *Oecophylla* et *Tetramorium* sont entrées en compétition avec elle (Mariau *et al.*, 1978). Les fourmis rouges *Oecophylla longinoda* empêchent l'évolution de *C. lameensis* (Kouassi, 2022).

La lutte biologique contre *C. lameensis* s'est, jusque-là, soldée par des échecs car il existe, dans les différents cas, une étroite adaptation hôte-parasitoïdes qui représente une barrière difficile à franchir (Mariau, 2001).

1.2.5.3. Lutte génétique contre *C. lameensis*

La mise au point de variétés résistantes à *C. lameensis* a été réalisée en Côte d'Ivoire par l'Institut de Recherches sur les Huiles et Oléagineux (IRHO) à la Mé (Philippe *et al.*, 1979). Il s'agit de l'hybride interspécifique issu du croisement entre *Elaeis oleifera* et *Elaeis guineensis* et de la variété LM 17884 issue du croisement entre LM 2T et DA 10D (Le Guen *et al.*, 1991 ; Koné, 2002). Ces variétés se trouvent, actuellement confrontées aux dégâts de *C. lameensis*. Des études sont menées au Bénin sur de nouveaux hybrides de *E. guineensis* dont les folioles pourraient empêcher le développement de *C. lameensis* (Coffi *et al.*, 2009).

1.3. CHAMPIGNONS ENTOMOPATHOGÈNES

Le terme « champignons entomopathogènes » ou « champignons responsables de maladies des insectes » est limité aux genres ou espèces de champignons qui sont des agents pathogènes d'arthropodes tels que des insectes ou des acariens.

Les premières observations de ces maladies des invertébrés ont été faites en Chine, et la première publication sur le sujet date de 1726, avec une description de l'espèce *Cordyceps sinensis* qui a montré une croissance fongique sur des larves de papillons (Samson *et al.*, 1988). L'utilisation de ces champignons a donné des résultats satisfaisants contre plusieurs espèces d'insectes (Ekesi *et al.*, 2003 ; Yee & Lacey, 2005). Pour la lutte biologique, plus de 700 espèces de microchampignons sont entomopathogènes et jouent un rôle important dans la régulation naturelle des populations d'insectes (Wraight & Roberts, 1987 ; Starnes *et al.*, 1993). Ils appartiennent aux sous-taxons Mastigiomycotina, Zygomycotina, Ascomycotina et Deuteuromycotina. Bien que la plupart des agents pathogènes appartiennent à la classe des Zygomycota, les agents pathogènes les plus couramment utilisés pour la lutte biologique proviennent des Deuteromycota (Deutéromycètes). Ces derniers appartiennent à des champignons à hyphes cloisonnés qui se reproduisent de manière asexuée. Les espèces des genres *Beauveria* et *Metharizium* appartenant à l'embranchement des Ascomycètes sont les plus couramment utilisées pour la lutte biologique et présentent un intérêt agronomique (Goettel, 1992).

1.3.1. *Metarhizium anisopliae*

Metarhizium anisopliae a été le premier agent pathogène délibérément utilisé pour lutter contre les ravageurs dans les années 1980 par le Russe Eli Metchinnicoff (le père du contrôle microbien). Il a été isolé et identifié à partir de paille de céréales près d'Odessa, en Ukraine, sous le nom de *Anisopliae austria* ou comme il l'a nommé *Entomophthora anisopliae*. Sorokin (1883) a classé cette espèce verte dans le genre *Metarhizium*. Depuis, il a été nommé *Metarhizium anisopliae* (Benserradj, 2014). C'est un champignon qui pousse naturellement dans presque tous les sols du monde. Il préfère les sols acides avec un pH inférieur à 7 (Joséphine & Marie, 2015). Son utilisation est encore en concurrence avec d'autres micro-organismes (par exemple *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana*). De plus, le climat tempéré humide est propice à son développement. Alors, il se concentre en grande quantité dans les pays ayant une latitude supérieure à 40° Nord comme les Etats-Unis (Joséphine & Marie, 2015).

1.3.1.1. Classification

La classification de ce genre est basée sur des caractères morphologiques des cellules et des conidies. Ces caractéristiques sont très limitées (Bidochka et Small, 2005).

Règne	: Fungi
Embranchement	: Ascomycota
Classe	: Pezizomycotina
Ordre	: Hypocreales
Famille	: Clavicipitaceae
Genre	: <i>Metarhizium</i>
Espèce	: <i>Metarhizium anisopliae</i>

1.3.1.2. Morphologie

Les principales caractéristiques taxonomiques sont les caractéristiques morphologiques des structures sporulantes. Le genre *Metarhizium* est défini par l'agencement de chaînes à phialides, qui sont des colonies de conidies cylindriques ou légèrement ovales, sèches et généralement de couleur verte.

Les colonies sont formées à partir de collections de ces chaînes de conidies (Zimmerman, 2007). *Metarhizium anisopliae* apparaît blanc lorsqu'il est jeune, mais devient vert foncé lorsque les spores mûrissent (Figure 13).

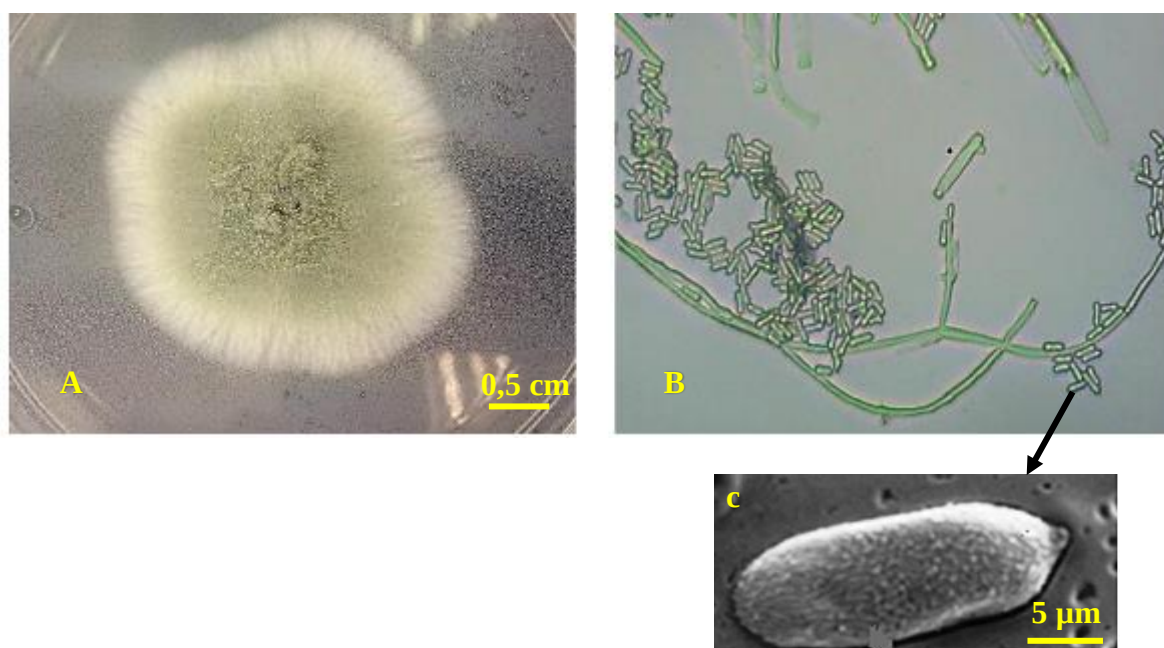


Figure 13 : Colonie et Conidies de *Metarhizium anisopliae* au grossissement de X 100 avec un liquide de montage d'eau glycinée (Azmi *et al.*, 2023)

A : Colonie de *M. anisopliae* ; **B :** Ensemble de conidies *M. anisopliae* vue au microscope électronique (GX100) ; **C :** Conidie de *M. anisopliae* vue au microscope électronique (Moraga *et al.*, 2008)

1.3.1.3. Facteurs affectant l'efficacité de *Metarhizium anisopliae*

➤ Facteurs liés à la cible

Généralement, la densité et la sensibilité de la cible influencent l'efficacité de *Metarhizium anisopliae*. Selon la nature de l'isolat de *Metarhizium*, l'insecte révèle une sensibilité. Et si l'insecte est plus sensible, ce champignon le tue ou réduit peu à peu sa vigueur. *Metarhizium anisopliae* semble plus efficace si l'insecte ciblé est influencé par d'autres facteurs comme le stress nutritif ou les conditions climatiques défavorables par exemple température trop élevée. Aussi, il est très efficace quand la densité d'insectes ciblés est très élevée (Hala *et al.*, 2025).

➤ Facteurs liés à l'environnement

L'efficacité de *Metarhizium anisopliae* contre les insectes est souvent influencée par des conditions environnementales :

- Les rayonnements solaires ont des effets importants sur la persistance des spores fongiques entomopathogènes.
- L'exposition à la lumière du soleil même pour quelques heures en particulier la partie d'ultraviolet du spectre (285-315 nm) peut complètement inactiver les conidies de *M. anisopliae* (Braga *et al.*, 2001). Il y a des différences significatives dans la sensibilité aux radiations, les micro-habitats jouent un rôle important en augmentant la persistance des conidies (Inglis *et al.*, 2001). En dépit de son effet nocif sur la persistance des conidies, la lumière peut stimuler certaines étapes du cycle évolutif des champignons entomopathogènes cultivés in vitro ou in vivo (Silvy & Riba, 1989).
- En outre, la température est un facteur important qui peut affecter le taux de germination, la croissance, la sporulation et la survie des champignons entomopathogènes comme *M. anisopliae*. La température optimale qui assure la survie d'un champignon diffère selon les taxa. Généralement, les températures supérieures à 35°C empêchent la croissance et le développement des champignons entomopathogènes. Les variations de températures (élevées et basses) modifient l'efficacité de *M. anisopliae*. Elles ont une influence sur la vitesse de l'infection des insectes par l'inhibition de la germination des spores, ce qui affecte à son tour la formation du tube germinatif et la pénétration à travers la cuticule de l'insecte (Fargues & Luz, 2000 ; Soza-Gómez & Alves, 2000 ; Mitsuaki, 2004).
- En plus, l'humidité environnementale joue un rôle important sur la germination des conidies dans la nature.

Elle affecte aussi la persistance et la survie des champignons entomopathogènes. Ces champignons exigent au moins 95 % de l'humidité relative à la surface de l'insecte afin de germer. Pour *M. anisopliae*, cette humidité doit être supérieure à 90 %. L'effet de cette humidité avec celui de la température sont intimement reliés d'où la tolérance du champignon à des températures extrêmes lorsqu'il y a plus d'humidité ou lorsque la condensation se produit aisément et la perte d'eau est réduite au minimum (Sabbahi, 2008).

- Le vent peut aussi modifier de manière significative l'humidité microclimatique et considérablement influencer le comportement fongique (Benserradj, 2014).
- Enfin, l'efficacité de *M. anisopliae* dépend du sol. Ce dernier est un réservoir naturel pour les insectes infectés par des champignons sur le feuillage qui plus tard tombent sur le sol. En effet, les champignons dans le sol sont protégés contre la dessiccation, le rayonnement ultraviolet et les températures extrêmes (Keller & Zimmermann, 1989).

1.3.2. *Beauveria bassiana*

Beauveria bassiana est un champignon filamenteux qui se développe dans la nature. Il prolifère dans le sol et sur les plantes (champignon endophyte). *Beauveria bassiana* agit comme un pathogène sur diverses espèces d'insectes, provoquant la maladie de la muscardine blanche. Il appartient donc aux champignons entomopathogènes (Richard & Humber, 2012).

Ce mycète est souvent décrit comme mitosporique (Ortiz-Urquiza *et al.*, 2010) qui se multiplie par reproduction asexuée (Sabbahi, 2008). Il est utilisé pour lutter contre les infestations des cultures par les pucerons, les thrips et les mouches blanches. Ce champignon entomopathogène est aussi appliqué contre la pyrale du maïs, la chenille du pin et les cicadelles vertes (Kaushal *et al.*, 2016).

Il infeste 700 espèces y compris les arthropodes, les insectes et les acariens (Inglis *et al.*, 2001 ; Zimmermann, 2007). Il comprend des espèces écologiquement et économiquement importantes (Rehner *et al.*, 2011 ; Kepler *et al.*, 2017 ; Chen *et al.*, 2018).

1.3.2.1. Classification

La classification taxonomique de *Beauveria bassiana* (CABI, 2019) se présente comme suit :

Règne	: Fungi
Embranchement	: Ascomycota
Classe	: Sordariomycetes
Ordre	: Hypocreales
Famille	: Cordycipitaceae
Genre	: <i>Beauveria</i>
Espèce	: <i>Beauveria bassiana</i>

1.3.2.2. Morphologie

Le champignon *Beauveria bassiana* (Figure 14A) est une espèce ubiquiste. Ce champignon produit des colonies cotonneuses de couleur blanchâtre à jaunâtre (Saranraj et Jayaparakash, 2017).

Cette espèce forme des hyphes transparents et septés de diamètre 1,5 à 3 μm (Saranraj & Jayaparakash, 2017) (Figure14B). Le genre est caractérisé par un conidiophore à base renflée et à extrémité terminale en zigzag formant de façon sympodiale de petites spores unicellulaires (Sabbahi, 2008).

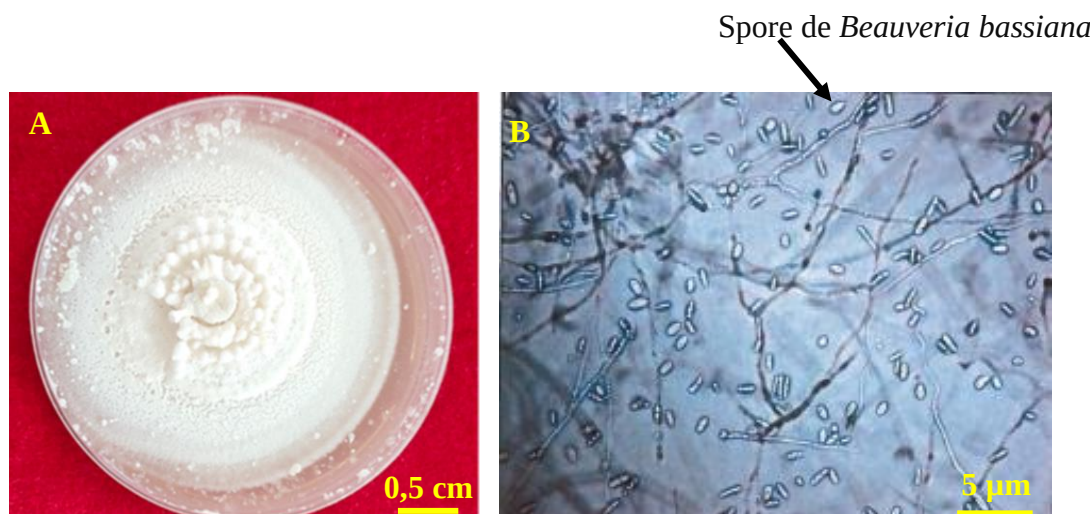


Figure 14 : Aspect macroscopique (A) et microscopique (B) de *Beauveria bassiana*

A : Colonie de *B. bassiana* (B.b -7) MZ749636 (Abarna *et al.*, 2022) ; B : Spores et des hyphes du champignon *B. bassiana* au microscope photonique à un grossissement de X 400 avec un liquide de montage au lactophénol coton bleu (Sabbahi, 2008).

1.3.2.3. Facteurs affectant l'efficacité de *Beauveria bassiana*

Le potentiel infectieux des champignons entomopathogènes comme agents de lutte biologique dépend de leurs propriétés physiologiques, de la population de l'hôte et des conditions du milieu (Ferron *et al.*, 1991).

➤ Facteurs liés aux pathogènes

La virulence et la spécificité de l'hôte sont deux éléments essentiels dans le choix d'un bon candidat à la lutte biologique. Il a été démontré que les insectes d'une même population présentent des sensibilités différentes selon les isolats de *B. bassiana* (Todorova *et al.*, 1994). À une échelle industrielle, les tests biologiques standardisés en laboratoire sont essentiels pour vérifier le potentiel insecticide des formulations préparées et suivre leur stabilité de conservation (Ferron *et al.*, 1991)

➤ Facteurs liés à l'environnement

Les principaux facteurs limitants pour *Beauveria bassiana* sont des facteurs abiotiques tels que la température, l'humidité et la lumière ultra-violet (UV). Ils peuvent entraîner une perte de son efficacité et affecter la formation de l'inoculum et sa conservation. À cela s'ajoutent également les conditions climatiques qui influencent la physiologie du champignon et sa capacité à infester son hôte, la progression de l'infestation, la sporulation sur les carcasses et sa capacité à se propager (Sabbahi, 2008).

La température et l'humidité affectent la survie de *B. bassiana* (Ouedraogo *et al.*, 1997 ; Vidal *et al.*, 1997).

La température optimale se situe entre 20 °C et 25 °C. Une humidité élevée est nécessaire pour que ce champignon soit efficace contre les insectes (Liu *et al.*, 2003; Heviefo *et al.*, 2019). Son apparition se produit lorsque de l'humidité est présente à l'intérieur de l'insecte hôte ou à la surface du corps de l'insecte (Faria & Wraight, 2001). Les rayons UV peuvent réduire son efficacité. La lumière du soleil peut affecter la persistance des conidies sur les feuilles et influencer directement la composition génétique du champignon (McCoy, 1990). Le potentiel hydrogène (pH) influence la persistance et l'efficacité de la virulence des champignons entomopathogènes (Inglis *et al.*, 2001). Un pH optimal (souvent légèrement acide à neutre) favorise la persistance des spores des champignons, leur capacité à germer, la production de toxines nécessaires à l'infection de l'hôte.

Un pH inadéquat réduit la viabilité des spores et diminue globalement l'efficacité et la virulence des champignons entomopathogènes (Inglis *et al.*, 2001). Des variations de pH ont été trouvées entre 5 et 6 (Tarocco *et al.*, 2005) et entre 6 et 8,5 (Galani, 1988).

1.3.3. Mode d'action des champignons entomopathogènes

La principale voie d'infestation des champignons entomopathogènes est le contact direct entre les conidies et l'insecte. La cuticule (Figure 15) est la couche exosquelettique qui recouvre le corps de l'insecte. La cuticule est généralement constituée de deux parties principales: l'épicuticule et la procuticule (Klowden, 2007). Ces couches sont traversées par des tubules qui s'ouvrent vers l'extérieur pour former des pores. L'épicuticule est une couche fine (1 à 4 µm) mais complexe. Elle est composée de lipides, de cires, de ciment, d'acides gras et de certains composés phénoliques, ce qui la rend très résistante à l'eau et aux solvants (Nation, 2016). La procuticule est une épaisse couche de chitine au sein d'une matrice protéique. Elle représente jusqu'à 70 % du poids sec de la cuticule (Clarkson & Charnley, 1996). La procuticule est divisée en deux couches distinctes : la cuticule externe et la cuticule interne.

La cuticule externe est une couche très dure située juste en dessous de l'épicuticule. L'endocuticule est une couche molle et flexible composée de nombreuses fibrilles de chitine, de quinone et de protéines d'une épaisseur de 10 à 20 µm (Nation, 2016). Le type et la quantité de protéines cuticulaires varient en fonction de la région anatomique et du stade de développement de l'insecte (Willis *et al.*, 2005). À la base de l'endothélium corné se trouve une autre couche appelée épiderme, composée de deux couches phospholipidiques. La cavité interne de l'insecte, l'hémocèle, est située juste en dessous de l'épiderme (Gullan & Cranston, 2014).

L'infection fongique s'effectue en deux phases principales: la phase de contact et la phase pathogène. La phase de contact inclut l'adhésion des conidies à la surface de la cuticule des insectes et la formation de la muscardine. La présence de muscardine est un signe permettant de diagnostiquer une mycose chez l'insecte (Sabbahi, 2008).

Il existe plusieurs types de muscardines selon les espèces fongiques. Par exemple, la muscardine blanche pour *B. bassiana* (Figure 16A) et la muscardine verte (Figure 16B) pour *M. anisopliae* (Sabbahi, 2008).

La phase pathogène comprend la germination des conidies, la pénétration des hyphes à travers les différentes couches de la cuticule et la prolifération interne. Le cycle entier de l'infection à la mort de l'insecte dure entre 3 et 10 jours (Figure 17). Les hyphes externes produisent les conidies qui vont être libérées dans l'environnement permettant la reprise du cycle vital du champignon (Sabbahi, 2008).

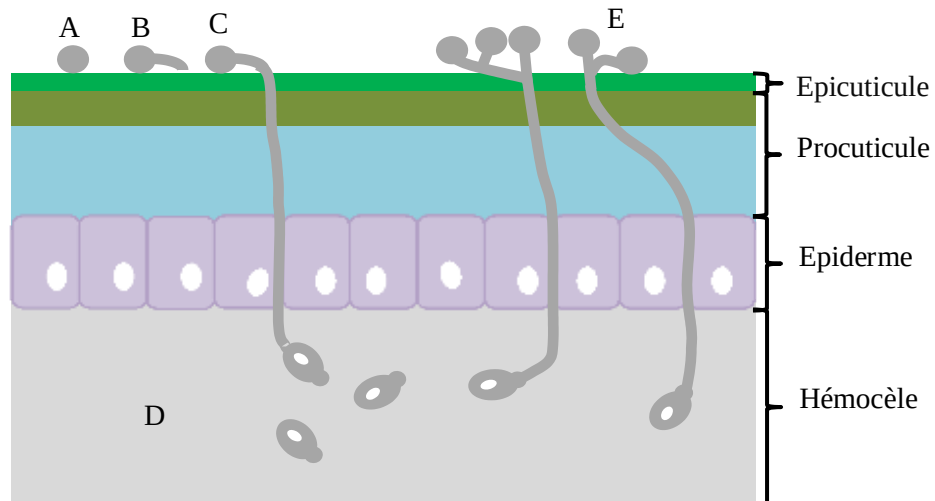


Figure 15 : Schéma d'une coupe transversale de la cuticule d'un insecte et le mode d'infection d'un champignon entomopathogène (Narin, 2017)

A : adhésion des conidies ; B : germination ; C : pénétration des hyphes ; D : prolifération interne par la formation des blastospores *in vivo* ; et E : formation de la muscardine.

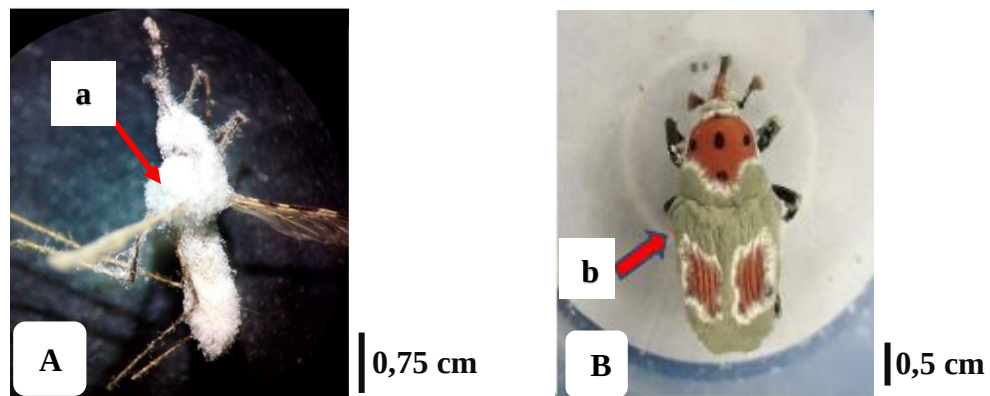


Figure 16 : Muscardines des insectes

A : Insecte recouvert de muscardine blanche (a) de *B. bassiana* (Liu *et al.*, 2023)

B : Insecte recouvert de muscardine verte (b) de *M. anisopliae* (Husain *et al.*, 2021)

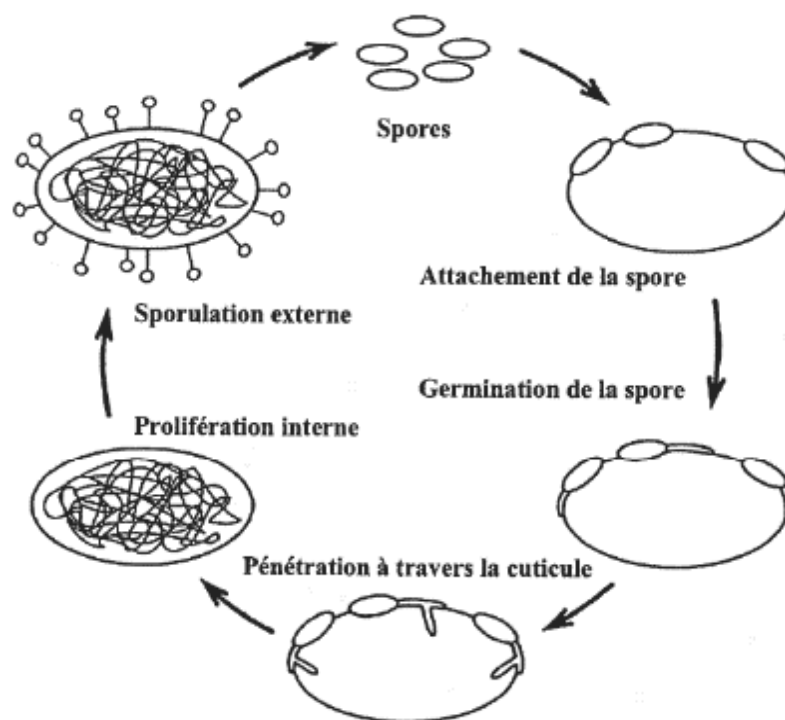


Figure 17 : Cycle biologique des champignons entomopathogènes (Sabbahi, 2008)

1.3.4. Avantages des champignons entomopathogènes

La présence de résidus de pesticides dans les aliments suite à l'utilisation des pesticides pour le contrôle des ravageurs de cultures constitue une préoccupation majeure. Les champignons entomopathogènes, en plus d'être sans danger pour l'environnement, sont inoffensifs jusqu'à présent. Aucun effet néfaste grave n'a été observé après leur application sur la santé humaine et animale (Faria & Wraight, 2001 ; Zimmerman, 2007).

Ils constituent un des meilleurs moyens de lutte dans plusieurs programmes de lutte intégrée, notamment dans les secteurs agricoles.

L'application conjointe des entomopathogènes avec d'autres agents de lutte biologique, à diverses pratiques culturales et avec des pesticides courants se sont accrues considérablement avec la découverte de nouveaux isolats plus efficaces (Sabbahi, 2008).

L'activité insecticide des entomopathogènes est rapide que d'autres agents et leur durée de conservation est longue. L'effet sur les insectes bénéfiques et les organismes non ciblés sont négligeables voir nuls (Zimmermann, 2007) et leur application peut s'effectuer à l'aide d'équipements standards. Ces agents peuvent infecter leur hôte par ingestion ou contact, contrairement à d'autres agents entomopathogènes qui nécessitent d'être ingérés pour infecter. Ainsi, leur mode d'action fait qu'ils infestent tous les stades de développement. Les enzooties ou les épizooties sont les moyens de propagation des conidies qui peuvent persister longtemps dans l'environnement (Sabbahi, 2008 ; Benserradj, 2014).

**DEUXIEME PARTIE :
MATERIEL ET METHODES**

2.1. Sites expérimentaux

Les expériences ont été réalisées sur trois sites différents. Il s'agit de l'Université Jean LOROUGNON GUEDE de Daloa (tests en infestation contrôlée) et des stations des sociétés agro-industrielles DEKEL OIL d'Ayénoouan et PALMCI de Divo située à Boubo pour les tests en plantation.

➤ L'Université Jean LOROUGNON GUEDE est située dans le département de Daloa, dans la région du Haut-Sassandra. Cette Université, localisée au Nord-Est de la ville de Daloa, s'étend entre 6°54' de latitude Nord et 6°26' de longitude Ouest (Figure 18), sur une superficie d'environ 415 hectares. Ce site est influencé par un climat de type tropical humide avec une pluviométrie variant entre 1200 et 1600 millimètres par an (Coulibaly *et al.*, 2021). La température a oscillé entre 25 et 28 °C avec une moyenne de $26,62 \pm 1,02$ °C. L'humidité relative a varié de 73 à 84 % avec une moyenne de $79,83 \pm 4,12$ % (Coulibaly *et al.*, 2021).

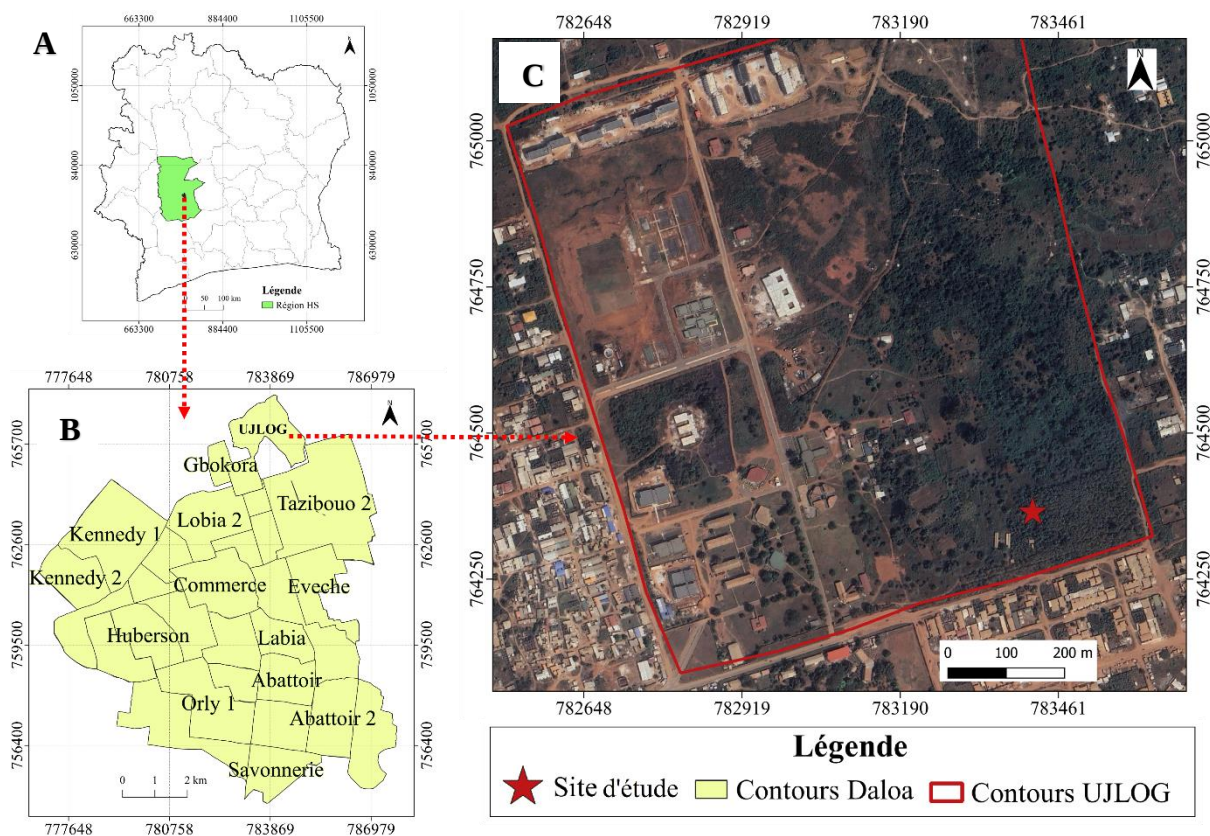


Figure 18 : Site d'étude à l'Université Jean LOROUGNON GUEDE

A : Carte de la Côte d'Ivoire ; **B :** Carte de la ville de Daloa ; **C :** Carte de l'UJLoG

➤ Ayénoouan est une localité du Sud-Est de la Côte d'Ivoire et appartient au département d'Aboisso, région du Sud-Comoé.

Cette localité s'étend entre 5°22' de latitude Nord et 3°19' de longitude Ouest (Figure 19). Le climat est de type tropical humide, avec une humidité relative moyenne de 85 %, une température moyenne de 25,7 °C et une pluviométrie annuelle d'environ 1500 à 2000 mm (Hala, 2020).

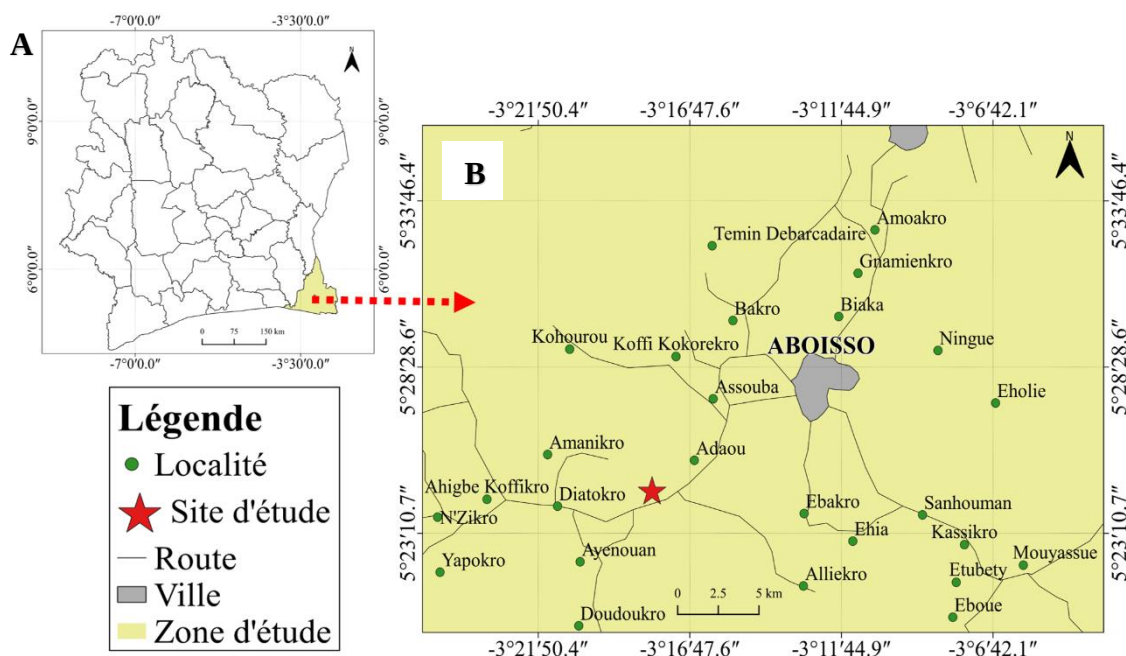


Figure 19 : Site d'étude à Ayénouan

A : Carte de la Côte d'Ivoire ; **B :** Localisation du site d'étude 2

➤ Boubo est une localité du Sud-Centre de la Côte d'Ivoire et appartient au département de Divo, région du Sud-Bandama. Cette localité s'étend entre 5°41' de latitude Nord et 5°16' de longitude Ouest (Figure 20). La pluviométrie annuelle est d'environ 1069 mm (Hala, 2020). Le climat est de type tropical humide, avec une humidité relative moyenne de 85 % (Hala, 2020). La température moyenne annuelle est 26,72 °C (Kouassi, 2022).

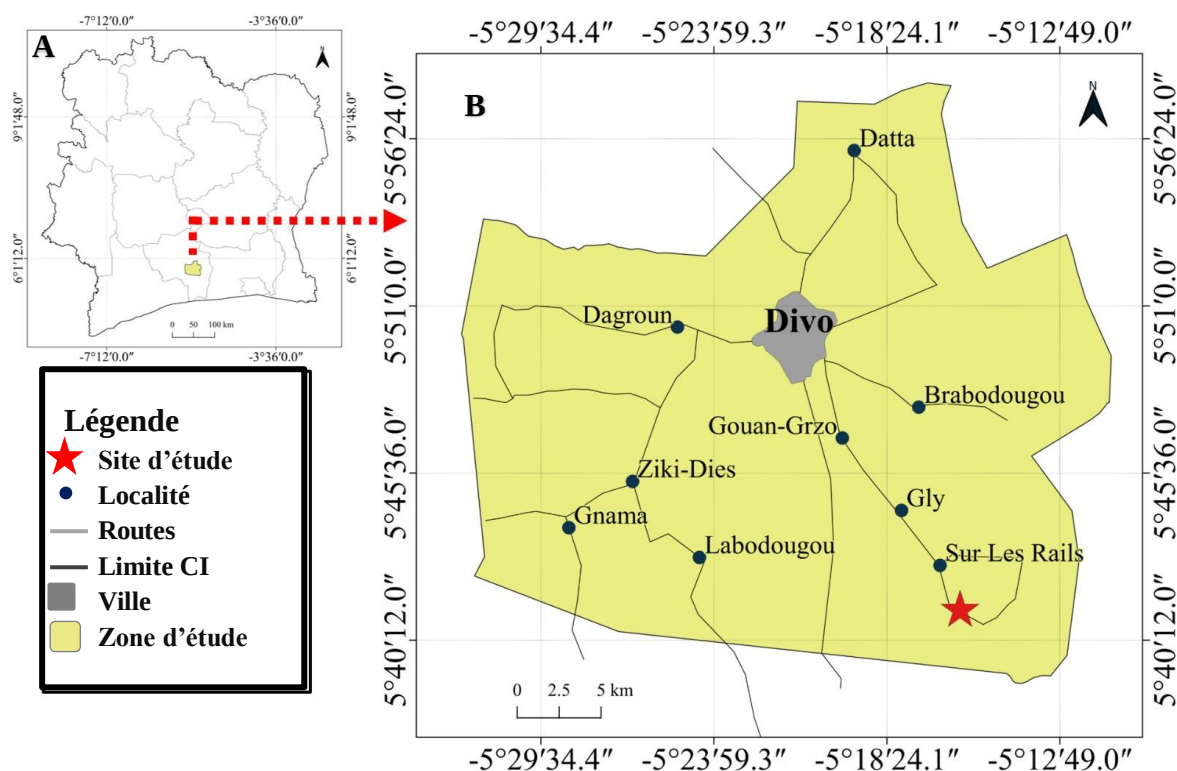


Figure 20 : Site d'étude à Boubo

A : Carte de la Côte d'Ivoire ; **B :** Localisation du site d'étude 3

2.2. MATERIEL

Le matériel utilisé pour les différentes expérimentations réalisées au cours de cette étude était composé de matériel biologique et de matériel technique.

2.2.1. Matériel biologique

Il comprend le matériel végétal, le matériel animal et le matériel fongique.

2.2.1.1. Matériel végétal

L'étude a été réalisée sur le palmier à huile (*Elaeis guineensis*), issu de la variété Tenera C1001F au stade adulte âgé de 8 ans et 13 ans (Figure 21). Cette variété est actuellement vulgarisée en Côte d'Ivoire et a une bonne production d'huile (4,3 t/ha/an), une faible vitesse de croissance en hauteur (45 cm/an) et une bonne qualité d'huile (Kouassi, 2022). Le riz (grains) a été également utilisé.



Figure 21 : Palmier à huile adulte âgé de 8 ans

2.2.1.2. Matériel animal

Le matériel animal est constitué des œufs (Figure 22), des différents stades larvaires (Figure 23) et des adultes (Figure 24) de *Coelaenomenodera lameensis* (Coleoptera : Chrysomelidae) issus de l'accouplement de couples adultes de cet insecte.



Figure 22 : Œufs de *Coelaenomenodera lameensis*

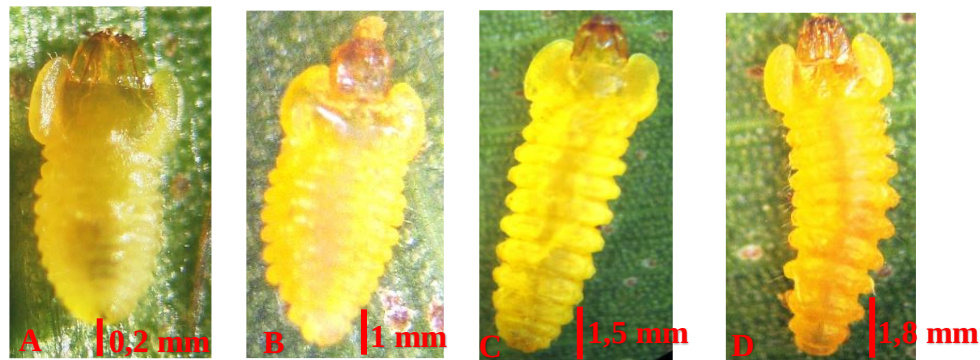


Figure 23 : Différents stades larvaires de *Coelaenomenodera lameensis*

A : Stade larvaire 1 (L1) ; B : Stade larvaire 2 (L2) ; C : Stade larvaire 3 (L3) et D : Stade larvaire 4 (L4)

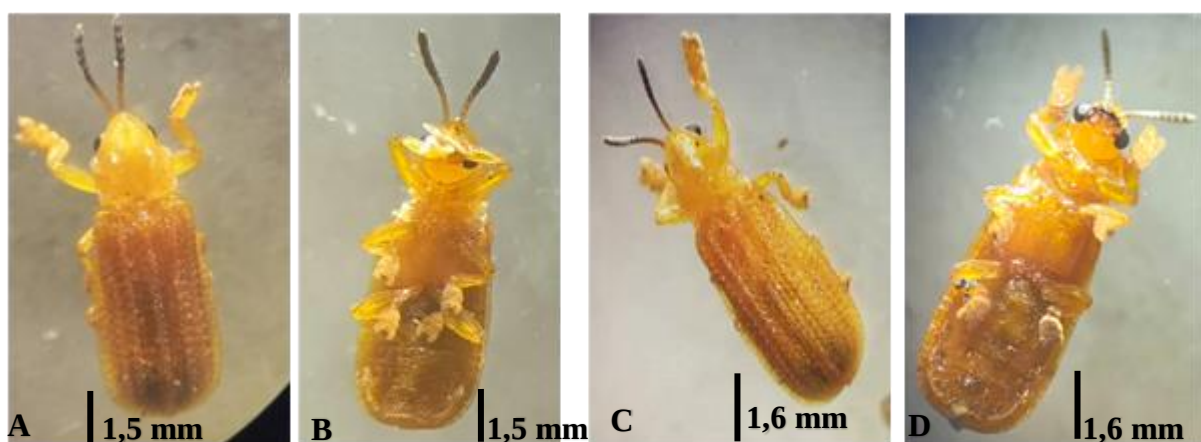


Figure 24 : Adultes mâle et femelle de *C. lameensis*

A : Vue dorsale mâle ; B : Vue ventrale mâle ; C : Vue dorsale femelle ; D : Vue ventrale femelle

2.2.1.3. Matériel fongique

Les trois isolats de champignons entomopathogènes (deux isolats de *Metarhizium anisopliae* et un isolat de *Beauveria bassiana*) utilisés, proviennent de la banque de l'Institut International d'Agriculture Tropicale du Bénin (IITA-Bénin). Les échantillons de cette banque ont été conservés à 4°C dans des boîtes contenant du silicagel. La production des isolats a été faite sur un milieu nutritif, Potato Destrose Agar (PDA) qui est un mélange de 4 g d'amidon de pomme de terre, 20 g de dextrose et de 15 g de gélose. Les caractéristiques d'origines de ces isolats sont consignées dans le tableau I ci-dessous.

Tableau I : Liste des isolats de champignons entomopathogènes

N°	Espèces	Isolats	Insectes Hôtes	Pays d'origine
1	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Met 358	<i>Callosobruchus</i> sp.	Bénin
2	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Met 359	<i>Callosobruchus</i> sp.	Bénin
3	<i>Beauveria bassiana</i>	Bb 11	<i>Sesamia calamistis</i>	Bénin

Met : *Metarhizium anisopliae* ; Bb : *Beauveria bassiana*

2.2.2. Matériel technique

2.2.2.1. Produits de traitement

- **Biopesticides d'origines végétales**

Le NECO 50 EC (Figure 25A) est un biopesticide à base d'huile essentielle de *Ocimum gratissimum*. Le LIMOCIDE 60 ME (Figure 25B) est un biopesticide à base d'huile essentielle d'orange douce, issu du zeste pressé.

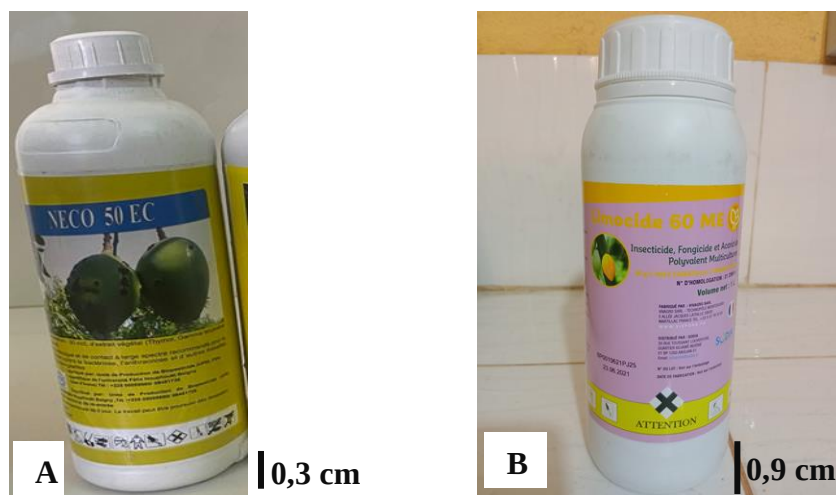


Figure 25 : Biopesticides d'origines végétales

A : NECO 50 EC ; B : LIMOCIDE 60 ME

- **Produit chimique**

L'insecticide chimique de référence utilisé est Sivanto Energy 85 EC (Figure 26) qui contient deux matières actives : la Flupyradifurone 75 g/l et la Deltaméthrine 10 g/l.



Figure 26 : Insecticide chimique

2.2.2.2. Matériel d'élevage

Des manchons de forme cylindrique (300 cm de long et 80 cm de diamètre), en mousseline blanche de 0,50 mm de maille ont été confectionnés (Figure 27A) pour l'élevage de *Coelaenomenodera lameensis*. Ils ont été munis d'une ouverture bordée de bandes adhésives pour empêcher la sortie des insectes placés sur les folioles.

2.2.2.3. Matériel de traitement et de protection

Des manchons de forme cylindrique (100 cm x 80 cm), en mousseline blanche de 0,50 mm de maille ont été confectionnés (Figure 27B) pour les traitements de *C. lameensis*.

Ils ont été munis d'une ouverture bordée de bandes adhésives pour empêcher la sortie des insectes placés sur les folioles.

Des pulvérisateurs à main de 1 litre (Figure 28A) ont été utilisés pour les traitements en infestation contrôlée.

Deux atomiseurs (Figure 28B) de 13 l ont été utilisés pour les traitements en plantation. Le matériel de protection était composé de gants (Figure 29A) et de masque à gaz (Figure 29C).

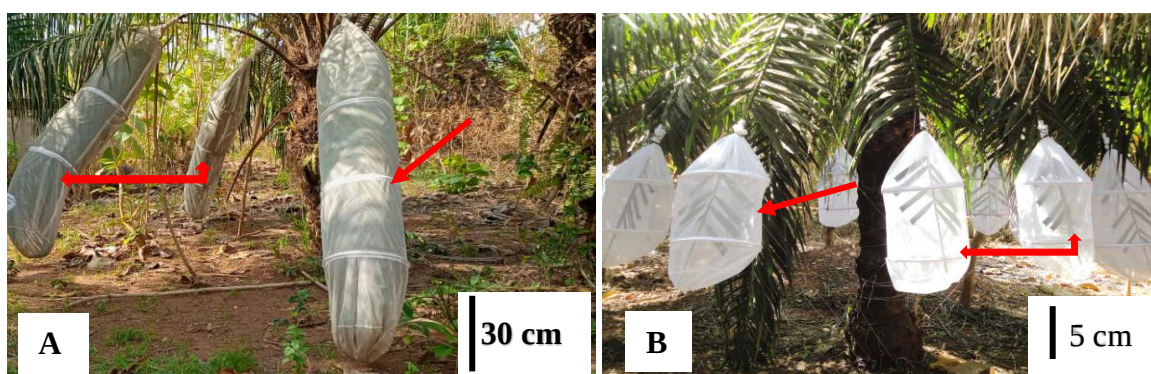


Figure 27 : Manchons d'élevage et de traitement

A : Manchons d'élevage ; B : Manchons de traitement

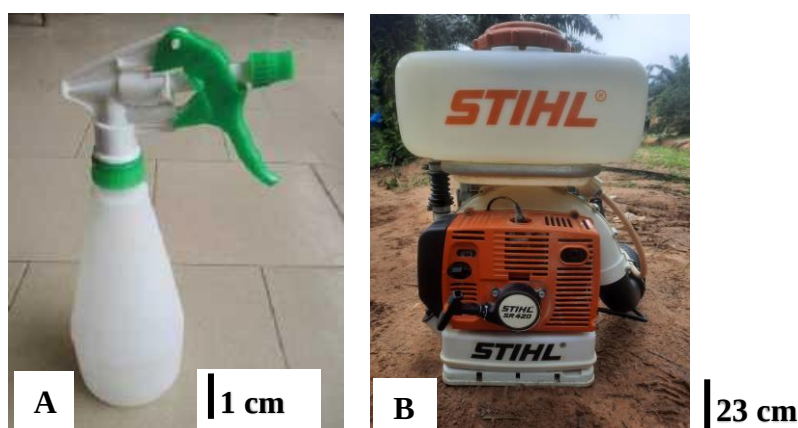


Figure 28 : Appareils de traitement

A : Pulvérisateur à main ; B : Atomiseur

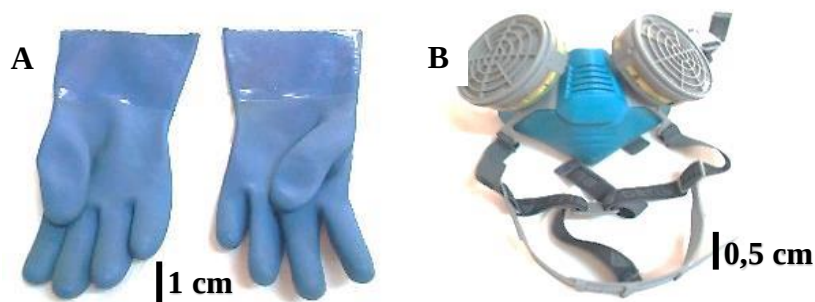


Figure 29 : Matériel de protection

A : Gants ; B : Masque à gaz

2.2.2.4. Matériel de laboratoire

Le matériel de laboratoire (Figure 30) était composé de quelques équipements tels que l'autoclave (A) qui a servi à stériliser le milieu de culture. Une cellule de Neubauer (B) a été utilisée pour compter les spores des différents champignons entomopathogènes. Une balance de précision a permis d'effectuer les différentes pesées. Une hotte à flux laminaire (C) a été utilisée pour les manipulations des cultures des champignons entomopathogènes. Un microscope électronique de marque Leica a servi à observer les spores des champignons entomopathogènes. Un milieu de culture (D) PDA (Potato Dextrose Agar) a permis de cultiver les champignons entomopathogènes en petite quantité. Une levure de bière (E) a été utilisée pour la culture de champignon entomopathogène en grande quantité. Un agitateur rotatif a été utilisée pour mélanger le milieu de culture. Un congélateur a permis de conserver les champignons entomopathogènes.

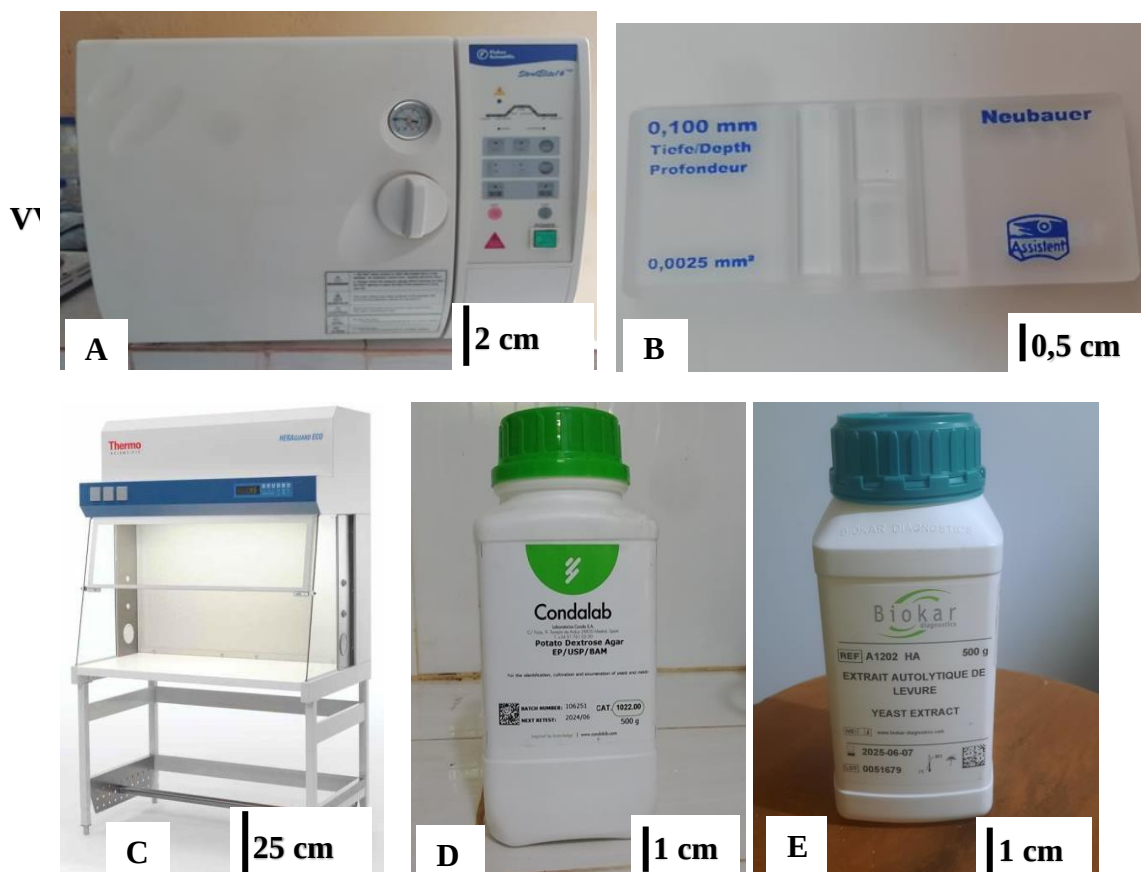


Figure 30 : Quelque matériel de laboratoire utilisés

A : Autoclave ; B : Cellule de Neubauer ; C : Hotte à flux laminaire ; D : PDA (Potato Dextrose Agar) ; E : Levure de bière

2.3. METHODES

2.3.1. Elevage des insectes et préparation des solutions

2.3.1.1. Elevage de masse des insectes

Les manchons de grandes tailles (300 cm x 80 cm) ont été utilisés pour l'élevage des adultes 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. A 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 placés sur des folioles recouvertes de manchons. Les couples ont été suivis pendant 120 jours au cours desquels de nouveaux individus ont été obtenus pour effectuer les tests.

2.3.1.2. Cultures de champignons entomopathogènes sur Potato Dextrose Agar (PDA)

Une quantité de 39 g de poudre de Potato Dextrose Agar (PDA) a été diluée dans 1000 mL d'eau distillée dans un bécher. Après homogénéisation au bain-marie pendant 5 à 10 minutes, le mélange a été stérilisé à l'autoclave pendant 15 minutes à 120 °C et 15 Pression Système International (PSI) de pression. Ensuite, le milieu a été réparti dans des boîtes de Pétri stériles de 9 cm de diamètre sous une hotte à flux laminaire. Après refroidissement, des spores des isolats de champignon ont été prélevées avec une aiguille bactériologique stérile puis étalées sur toute la surface du PDA. Les boîtes ont par la suite été scellées avec du parafilm. Ensuite, le nom de l'isolat et la date de repiquage ont été marqués sur les boîtes de Pétri. Ces différentes boîtes de Pétri ont été incubées à une température de 26 °C et une photopériode de 12 h de lumière et 12 h d'obscurité pendant 21 jours.

2.3.1.3. Préparation de la suspension des conidies viables

Les spores des différents isolats des champignons entomopathogènes ont été récoltées dans un récipient en plastique de 9 mL en raclant délicatement la surface de la culture fongique avec une spatule stérilisée. Ces conidies ont été mises en suspension dans de l'eau distillée contenant une solution de Tween-80 à 1 %. Après avoir filtré la solution à l'aide d'un tamis de maille 75 microns pour éliminer les débris de mycélium, les conidies ont été quantifiées à l'aide d'une cellule de Neubauer au microscope à contraste de phase. Des dilutions successives (10^{-1} à 10^{-2}) ont été réalisées dans de l'eau distillée stérilisée contenant du Tween-80 pour faciliter le comptage des conidies.

Les quantités d'eau nécessaires pour obtenir la concentration souhaitée ont été calculées pour chaque dilution. Les suspensions de conidies ont été utilisées dans les 24 heures suivant leur préparation.

2.3.1.4. Détermination des concentrations

- **Détermination des concentrations des biopesticides d'origine végétale**
 - NECO 50 EC

Le NECO 50 EC est un biopesticide à base d'huile essentielle de *Ocimum gratissimum*. La dose recommandée qui est de 1 Litre (L) du produit dilué dans 25 L d'eau, correspond à une concentration de 1,92 g/L ($1,92 \cdot 10^{-3}$ g/ mL). La dilution du NECO (1 mL) dans de l'eau distillée (25 mL ; 20 mL ; 15 mL ; 10 mL et 5 mL), a permis d'avoir cinq concentrations respectives : $1,92 \times 10^{-3}$ g/ mL ; $2,38 \times 10^{-3}$ g/ mL ; $3,12 \times 10^{-3}$ g/ mL ; $4,54 \times 10^{-3}$ g/ mL et $8,33 \times 10^{-3}$ g/ mL.

- LIMOCIDE 60 ME

Le LIMOCIDE 60 ME est un biopesticide à base d'huile essentielle d'orange douce, issu du zeste pressé. La dose recommandée est 150 mL du produit dilués dans 15 L d'eau soit 1,5 mL du produit dans 150 mL d'eau ($5,9 \cdot 10^{-4}$ g/ mL). La dilution du LIMOCIDE (1,5 mL) dans de l'eau distillée (250 mL ; 200 mL ; 150 mL ; 100 mL et 50 mL) a permis d'obtenir cinq concentrations respectives : $3,58 \cdot 10^{-4}$ g/ mL ; $4,5 \cdot 10^{-4}$ g/ mL ; $5,9 \cdot 10^{-4}$ g/ mL ; $8,9 \cdot 10^{-4}$ g/ mL ; et $1,75 \cdot 10^{-3}$ g/ mL.

• **Détermination des concentrations des champignons entomopathogènes**

Les spores des champignons entomopathogènes ont été récoltées en raclant légèrement la surface de la culture fongique avec une spatule stérilisée et mises dans un récipient en plastique de 9 mL. Les amas de spores ont été suspendus dans de l'eau distillée avec une solution de Tween-80 à 1%. La solution obtenue a été tamisée à l'aide de tamis de maille 75 microns pour éliminer les débris mycéliens. Ces spores ont été ensuite quantifiées avec un hématimètre (cellule de Neubauer) au microscope après une série de dilutions (10^{-n} , n étant le nombre de dilutions) dans de l'eau distillée stérilisée contenant du Tween-80 jusqu'à une concentration permettant un comptage aisé des spores sur l'hématimètre.

Après avoir réalisé le comptage des 5 carreaux (Figure 31) de chaque côté de la lame de l'hématimètre, la concentration des spores dans la solution mère (filtrat) a été calculée à partir de la formule de Lomer & Prior (1992).

$$P = \frac{a + b}{2} \quad (1)$$

Où p = compte moyen des 10 carreaux,

a = le comptage de 5 carreaux d'une face

b = le comptage de 5 carreaux de l'autre face de la lame.

Pour avoir la concentration par mL de la dilution utilisée, un dixième du microlitre a été répandu sur les 25 carreaux.

On a ainsi :

$$P \times 10^4 \times 5 = C \text{ spores/mL} \quad (2)$$

Soit C , la concentration de conidies dans la solution originale; elle est donc égale à:

$$C \times 10^n = C \text{ spores/mL} \quad (3)$$

Avec n le nombre de dilution

Une fois la concentration en spores de la solution mère est calculée, les autres concentrations recherchées sont déterminées à partir de la relation:

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

(4)

C1 : Concentration de la solution mère,

V1 : Volume de la solution mère,

C2 : Concentration voulue

V2 : Volume d'eau distillée choisi pour obtenir C2

Six concentrations ont été utilisées dans cette étude : 10^2 ; 10^4 ; 10^6 ; 10^8 ; 10^{10} et 10^{12} spores/mL.

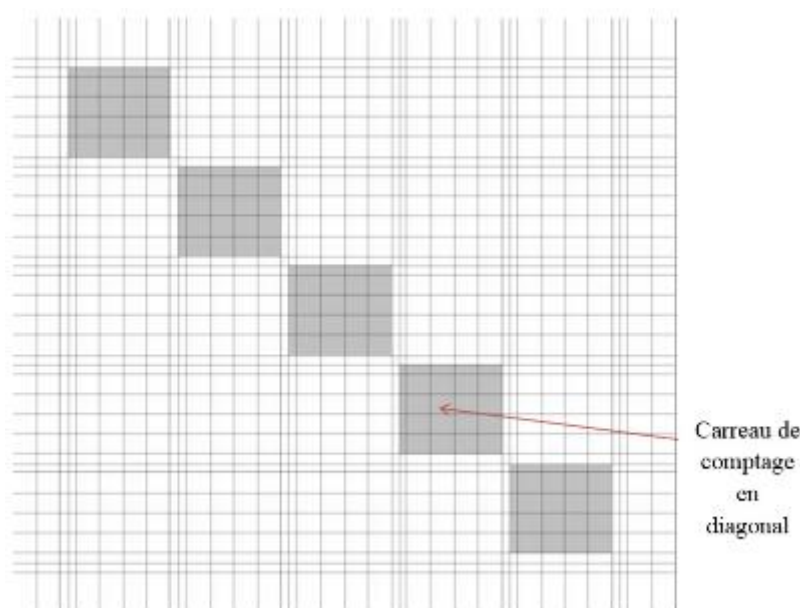


Figure 31 : Dispositif de comptage sur l'hématimètre (LuBiLoSa, 1996)

- **Détermination de la concentration de l'insecticide de référence**

L'insecticide chimique de référence utilisé est Sivanto Energy 85 EC dont les matières actives sont : Flupyradifurone 75 g/L et Deltaméthrine 10 g/L. La dose recommandée pour le traitement d'un hectare est de 250 mL du produit dilué dans 40 L d'eau, ce qui correspond à 62,5 mL du produit dilué dans 10 l d'eau pour traiter le ¼ d'un hectare ($5,28 \cdot 10^{-4}$ g/ mL).

Sa dilution (1 mL du produit) dans de l'eau distillée (280 mL ; 220 mL ; 160 mL ; 100 mL et 40 mL) a permis d'obtenir respectivement cinq concentrations: $3,02 \cdot 10^{-4}$ g/ mL ; $3,85 \cdot 10^{-4}$ g/ mL ; $5,28 \cdot 10^{-4}$ g/ mL ; $8,42 \cdot 10^{-4}$ g/ mL et $2,07 \cdot 10^{-3}$ g/ mL.

2.3.1.5. Effets du NECO 50 EC, du LIMOCIDE 60 ME et des champignons entomopathogènes sur les stades de développement de *C. lameensis* en infestation contrôlée

Cet essai a été réalisé en infestation contrôlée sur une parcelle expérimentale de l'Université Jean LOROUGNON GUEDE de Daloa

- **Application du NECO 50 EC, du LIMOCIDE 60 ME et des champignons entomopathogènes sur les oeufs de *C. lameensis***

Vingt (20) couples de *C. lameensis* âgés de 25 jours, dont les femelles sont en activité de ponte ont été placés sur des folioles recouvertes de manchons en mousseline (100 cm x 80 cm) pendant 24 heures. Le jour suivant, ces couples ont été retirés. Les œufs pondus ont été comptés. Le nombre d'œuf obtenu par foliole a été marqué sur celle-ci. Le NECO 50 EC, le LIMOCIDE 60 ME et les champignons entomopathogènes ont été pulvérisés à l'aide de différents pulvérisateurs à main, sur les faces supérieures des folioles hébergeant quatre (4) lots de quarante (40) œufs âgés de deux (2) jours. Quatre autres lots de quarante (40) œufs ont servi de témoin. Pour les différentes concentrations du NECO 50 EC ($1,92 \times 10^{-3}$ g/ mL ; $2,38 \times 10^{-3}$ g/ mL ; $3,12 \times 10^{-3}$ g/ mL ; $4,54 \times 10^{-3}$ g/ mL et $8,33 \times 10^{-3}$ g/ mL), du LIMOCIDE 60 ME ($3,58 \times 10^{-4}$ g/ mL ; $4,5 \times 10^{-4}$ g/ mL ; $5,9 \times 10^{-4}$ g/ mL ; $8,9 \times 10^{-4}$ g/ mL ; et $1,75 \times 10^{-3}$ g/ mL) et des champignons entomopathogènes (10^2 ; 10^4 ; 10^6 ; 10^8 ; 10^{10} et 10^{12} spores/ mL), trois (3) répétitions ont été réalisées.

Vingt-cinq (25) jours après pulvérisations, à l'éclosion des œufs, le nombre de larves de stade 1 obtenu a été noté et les taux moyens d'éclosion (Tme) des œufs ont été calculés.

$$Tme = \frac{\sum p_{ki}}{\sum k_i} \quad (5)$$

Avec

$$p_i (\%) = \frac{\text{Nombre d'œufs éclos}}{\text{Nombre total d'œufs pondus}} \times 100$$

Tme : taux moyens d'éclosion des œufs ; **pi** : taux d'éclosion des œufs ; **ki** : nombre de manchons

Le taux de réduction (Tr) de la fertilité des œufs pondus par les femelles de *C. lameensis* soumis aux traitements a été calculé par rapport au témoin.

$$Tr (\%) = \frac{T_{ft} - T_{fa}}{T_{ft}} \times 100 \quad (6)$$

Tr : taux de réduction de la fertilité des œufs ; **Tft** : taux de fertilité des œufs témoins ; **Tfa** : taux de fertilité des œufs après traitements.

- **Application du NECO 50 EC, du LIMOCIDE 60 ME et des champignons entomopathogènes sur les larves de *C. lameensis***

L'élevage en masse en infestation contrôlée a permis d'obtenir les quatre stades larvaires de *C. lameensis*.

Vingt (20) couples de *C. lameensis* âgés de 25 jours, dont les femelles sont en activité de ponte ont été placés sur des folioles recouvertes de manchons en mousseline (100 cm x 80 cm) pendant trois (3) jours. Ces 20 couples ont servi à infester les folioles de d'autres palmes. La durée moyenne d'incubation des œufs est de 20,5 jours. La vie larvaire est de 44 jours avec respectivement 11; 8,5; 9 et 15,5 jours pour les durées des périodes larvaires des stades L1, L2, L3 et L4.

Les larves des stades 1, 2, 3 et 4 (L1, L2, L3 et L4) ont été observées sur les folioles respectivement les 20^{ème}, 34^{ème}, 43^{ème} et 51^{ème} jours, après le retrait des couples. Chaque palme infestée recouverte de manchons en mousseline de petite taille correspond à un stade larvaire.

Avant les différentes pulvérisations, des palmes de quatre (4) manchons correspondant aux quatre (4) stades larvaires ont été coupées (palmes témoins) ; puis le nombre de larves vivantes a été déterminé par stade. Les différentes concentrations du NECO 50 EC (1,92×10⁻³ g/mL ; 2,38×10⁻³ g/mL ; 3,12×10⁻³ g/mL ; 4,54×10⁻³ g/mL et 8,33×10⁻³ g/mL), du LIMOCIDE 60 ME (3,58×10⁻⁴g/mL ; 4,5×10⁻⁴g/mL ; 5,9×10⁻⁴g/mL ; 8,9×10⁻⁴ g/mL ; et 1,75×10⁻³ g/mL) et des champignons entomopathogènes (10² ; 10⁴ ; 10⁶ ; 10⁸ ; 10¹⁰ et 10¹² spores/mL) ont été pulvérisés sur la face supérieure des folioles sur lesquelles ont été observées les larves (L1, L2, L3 et L4) dans des galeries. Pour chaque traitement, 80 couples ont servi à l'infestation pour l'obtention de chaque stade larvaire.

Cinq (5) jours plus tard, les galeries des palmes pulvérisées avec les différents produits et celles des palmes témoins ont été ouvertes pour extraire les larves vivantes. Trois (3) répétitions ont été réalisées les différentes concentrations du NECO 50 EC (1,92×10⁻³ g/mL ; 2,38×10⁻³ g/mL ; 3,12×10⁻³ g/mL ; 4,54×10⁻³ g/mL et 8,33×10⁻³ g/mL), du LIMOCIDE 60 ME (3,58×10⁻⁴g/mL ; 4,5×10⁻⁴g/mL ; 5,9×10⁻⁴g/mL ; 8,9×10⁻⁴ g/mL ; et 1,75×10⁻³ g/mL) et des champignons entomopathogènes (10² ; 10⁴ ; 10⁶ ; 10⁸ ; 10¹⁰ et 10¹² spores/mL).

Pour chaque stade larvaire, les pourcentages d'efficacité moyens des produits (Pem) ont été calculés et corrigés par la formule de Henderson & Tilton (1955).

$$P_{em} = \frac{\sum x_i n_i}{\sum n_i}$$

$$\text{Avec } x_i (\%) = \left(1 - \frac{T_{ap} \times C_{av}}{T_{av} \times C_{ap}} \right) \times 100 \quad (7)$$

Pem : pourcentage d'efficacité moyen corrigé; **xi**: pourcentage d'efficacité corrigé ; **ni**= nombre de manchons ; **Tap** : effectif de larves vivants dans les palmes après traitement ; **Cav** : effectif de larves vivants dans les palmes témoins avant traitement ; **Tav** : effectif de larves vivants dans les palmes avant traitement ; **Cap** : effectif de larves vivants dans les palmes témoins après traitement.

La méthode d'appréciation de l'efficacité des produits insecticides selon Begon *et al.* (1990), a été utilisée pour évaluer l'efficacité des biopesticides et des champignons entomopathogènes. Selon ces auteurs, les produits à effets insecticides sont efficaces s'ils produisent au moins 70 % de mortalité contre les insectes ravageurs vingt-quatre heures (24 heures) après traitement.

- **Application du NECO 50 EC, du LIMOCIDE 60 ME et des champignons entomopathogènes sur les adultes de *C. lameensis***

Deux groupes d'adultes de *C. lameensis* issus de l'élevage ont été constitués : le premier groupe composé des adultes mâles et le second groupe composé d'adultes femelles.

Deux types de manchons en mousseline ont été utilisés : les manchons de grandes tailles (300 cm x 80 cm) pour l'élevage et de petites tailles (100 cm x 80 cm) pour le traitement des adultes. Les manchons de grande taille ont été placés sur des folioles à partir desquelles les adultes ont émergé.

Quarante (40) adultes mâles et quarante (40) adultes femelles de *C. lameensis* ont été collectés puis transférés sur d'autres folioles correspondantes recouvertes de manchons de petites tailles. Deux jours après, les différentes concentrations du NECO 50 EC ($1,92 \times 10^{-3}$ g/mL ; $2,38 \times 10^{-3}$ g/mL ; $3,12 \times 10^{-3}$ g/mL ; $4,54 \times 10^{-3}$ g/mL et $8,33 \times 10^{-3}$ g/mL), du LIMOCIDE 60 ME ($3,58 \times 10^{-4}$ g/mL ; $4,5 \times 10^{-4}$ g/mL ; $5,9 \times 10^{-4}$ g/mL ; $8,9 \times 10^{-4}$ g/mL ; et $1,75 \times 10^{-3}$ g/mL) et des champignons entomopathogènes (10^2 ; 10^4 ; 10^6 ; 10^8 ; 10^{10} et 10^{12} spores/mL) ont été appliquées sur ces différents groupes d'adultes mâles et femelles. L'application du NECO 50 EC et du LIMOCIDE 60 ME a nécessité 2400 adultes de *C. lameensis* (1200 mâles et 1200 femelles) et 240 adultes de *C. lameensis* (120 mâles et 120 femelles) témoins. Quant aux champignons entomopathogènes, 1440 adultes (720 mâles et 720 femelles) ont été utilisés pour l'application de ces champignons et 240 adultes de *C. lameensis* (120 mâles et 120 femelles) témoins. Un total de 4320 adultes de *C. lameensis* (2160 mâles et 2160 femelles) a été utilisé pour tester le NECO 50 EC, le LIMOCIDE 60 ME et les champignons entomopathogènes.

Le nombre d'insectes morts a été compté à partir de 24 heures après traitement, de façon quotidienne pendant 15 jours. Trois répétitions ont été réalisées pour chaque concentration et pour chaque produit. Les taux moyens de mortalité ont été calculés pour chaque groupe d'adultes et produit puis corrigés en utilisant la formule d'Abbott (1925).

$$M (\%) = \frac{\text{Nombre d'insectes morts}}{\text{Nombre total d'insectes}} \times 100 \quad (8)$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{Mcm} &= \frac{\sum \mathbf{aibi}}{\sum \mathbf{bi}} \\
 \text{Avec} \\
 \mathbf{ai (\%)} &= \frac{\mathbf{Mo - Mt}}{\mathbf{100 - Mt}} \times 100
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

M : taux moyen de mortalité ; **Mcm** : taux moyen de mortalité corrigé ; **ai** : taux de mortalité corrigé ; **bi** : nombre de manchons ; **Mo** : taux de mortalité observé dans l'essai ; **Mt** : taux de mortalité observé dans le témoin.

Les DL_{50} et DL_{90} correspondants au 4^{ème} jour après traitement, ont été déterminées en transformant les pourcentages de mortalité corrigée en Probits et les doses des champignons entomopathogènes utilisés en logarithme népérien.

- **Sporulation des champignons entomopathogènes (Bb 11, Met 358 et Met 359)**

Cet essai vise à évaluer le taux de sporulation des champignons entomopathogènes sur les insectes adultes traités. Trente (30) boîtes de Pétri ont été utilisées pour chaque champignon entomopathogène afin de suivre leurs apparitions sur les insectes adultes morts. Dans ces boîtes, ces adultes morts ont été mis. Ces boîtes de Pétri contenaient un papier filtre Whatman 3 M humecté avec de l'eau distillée pour le suivi de la sporulation. Cela a permis de créer un environnement humide favorable au développement de champignon.

Les insectes morts sur lesquels ont poussé les champignons ont été notés. Les champignons ont été par la suite identifiés au microscope optique.

Les taux de sporulation (Ts) ont été calculés pour chaque champignon entomopathogène et pour chaque concentration (10^2 ; 10^4 ; 10^6 ; 10^8 ; 10^{10} et 10^{12} spores/mL) sur la base d'insectes morts qui ont présenté une croissance fongique sur leurs cuticules:

$$\mathbf{Ts (\%)} = \frac{\mathbf{Nis}}{\mathbf{Nit}} \times 100
 \tag{10}$$

Ts : taux de sporulation ; **Nis** : nombre d'insectes morts ayant sporulé ; **Nit** : nombre total d'insectes morts.

2.3.2. Etude de l'impact des champignons entomopathogènes sur la prise de nourriture et l'activité de ponte de *C. lameensis* en infestation contrôlée

Sur la base des essais précédents portant sur la mortalité après pulvérisation, la concentration 10^{10} spores/mL des champignons entomopathogènes (Bb 11, Met 358 et Met 359) a été retenue.

- **Impact des champignons entomopathogènes sur la prise de nourriture des adultes de *C. lameensis***

Pour chaque champignon entomopathogène, deux traitements ont été réalisés sur les adultes mâles et femelles de *C. lameensis* âgés de 25 jours en infestation contrôlée sur une parcelle expérimentale de l'Université Jean LOROUGNON GUEDE de Daloa.

Traitement 1

Quatre (4) lots comportant chacun 40 adultes de *C. lameensis* ont été constitués : mâles essais, mâles témoins, femelles essais et femelles témoins, soit 160 individus.

Les folioles des palmes retenues pour l'expérimentation ont été coupées à leur extrémité pour ramener leur longueur à 30 cm à partir du rachis, afin de permettre aux manchons de bien recouvrir les folioles. Un manchon a servi à protéger 8 folioles à raison de 4 de part et d'autre du rachis de la palme toujours rattaché au palmier. Pour chaque lot d'insectes, 40 manchons ont été posés aux extrémités distales des palmes. Chaque champignon entomopathogène (Met 358, Met 359 et Bb 11) a été pulvérisé une fois sur les folioles protégées par un manchon à la concentration 10^{10} spores/mL. Un insecte mâle ou femelle a été introduit dans un manchon immédiatement après la pulvérisation d'une concentration de 10^{10} spores/mL de ces champignons entomopathogènes.

Traitement 2

Quatre (4) lots de 40 adultes ont été également constitués : mâles essais, mâles témoins, femelles essais et femelles témoins.

Un adulte mâle ou femelle a été introduit dans le manchon correspondant. Vingt-quatre heures plus tard, chaque champignon entomopathogène (Met 358, Met 359 et Bb 11) à la concentration 10^{10} spores/mL a été pulvérisé une fois sur l'insecte et les 8 folioles protégées par un manchon.

Le laps de temps de 24 heures a permis aux insectes de s'accommoder aux folioles qui constituent la source de nourriture.

Pour les deux traitements, la durée du séjour des insectes dans les manchons a été de 5 jours. La longueur moyenne des sillons (Ls) creusés par les adultes pour se nourrir a été mesurée et exprimée en centimètre après les 5 jours.

$$Ls \text{ (cm)} = \frac{\sum p_i r_i}{\sum r_i} \quad (11)$$

P_i = longueur des sillons dans les folioles ; **r_i** = effectifs des insectes

- **Impact des champignons entomopathogènes sur l'activité de ponte de *C. lameensis***

Un test a été réalisé sur des couples de *C. lameensis* ayant survécu aux traitements des différents champignons entomopathogènes (Bb 11, Met 358 et Met 359) à la concentration 10⁸ spores/mL.

Quatre (4) lots comportant chacun 40 couples ont été constitués: couple essai 1 (Met 358), couple essai 2 (Met 359), couple essai 3 (Bb 11) et couple témoin. Pour chaque lot d'insectes, quarante manchons ont été posés aux extrémités distales des palmes comme précédemment. Les couples témoins et des lots ayant survécu aux champignons entomopathogènes ont été introduits dans les manchons correspondants. Les œufs pondus par les femelles sur les 5 jours, visibles sur la face supérieure, ont été comptés. Les couples ont été mis sur de nouvelles folioles dans d'autres manchons tous les 5 jours jusqu'au 40^{ème} jours.

La durée du séjour des insectes dans les manchons a été de 5 jours. Les lots ont servi à calculer le nombre moyen d'œufs pondus par femelle.

2.3.3. Evaluation de la transmission horizontale des champignons entomopathogènes

Pour chaque champignon entomopathogène (Bb 11, Met 358 et Met 359), deux (2) essais ont été réalisés sur les adultes de *C. lameensis* âgés de 25 jours.

En considérant les résultats acquis lors de l'application de ces champignons entomopathogènes sur les adultes de *C. lameensis* en infestation contrôlée, ces essais ont été réalisés par pulvérisation à la concentration 10¹⁰ spores/mL sur une parcelle expérimentale de l'Université Jean LOROUGNON GUEDE de Daloa.

Essai 1

Trois (3) lots de 30 insectes ont été constitués par champignon entomopathogène (Bb 11, Met 358 et Met 359).

Pour chaque lot, seuls 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).

Essai 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 de façon quotidienne à partir du 1^{er} jour jusqu'au 15^{ème} jour après introduction des adultes traités dans les manchons des adultes non traités. Les insectes (morts et vivants) ont été ainsi dénombrés à chaque contrôle.

Trois (3) répétitions ont été effectuées pour chaque essai et chacun des trois niveaux de contamination. Les taux de mortalité des différents essais ont été calculés en se basant uniquement sur les adultes non traités mis en contact avec les adultes traités. Ces taux de mortalité ont été calculés selon la formule (8) mentionnée à la page 53 pour chaque niveau de contamination et champignon entomopathogène puis corrigés en utilisant la formule d'Abbott (1925) selon la formule (9) mentionnée à la page 53.

Les taux de sporulation ont également été calculés selon la formule (10) mentionnée à la page 54 pour chaque niveau de contamination et champignon entomopathogène.

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

$$\text{Ttr (\%)} = \frac{\text{Efr}}{\text{Eftn}} \times 100 \quad (12)$$

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

2.3.4. Evaluation de la concentration minimale efficace de Met 359 en plantation

Sur la base des essais précédents, portant sur la mortalité des adultes de *C. lameensis* en infestation contrôlée, des DL₅₀ et DL₉₀, de la prise de nourriture des adultes de *C. lameensis* et de la sporulation, l'isolat Met 359 a été retenu pour les tests en plantation.

2.3.4.1. Production de champignon entomopathogène en masse

La production en masse de champignon entomopathogène s'est faite au laboratoire d'Amélioration de la Production Agricole de l'Université Jean LOROUGNON GUEDE de Daloa par un procédé diphasique, liquide-solide selon Cherry *et al.* (1999).

La phase liquide a consisté à l'introduction de champignon entomopathogène dans 75 ml de liquide stérile contenant 20 g/L de sucre et 20 g/L de mélasse de brasserie (levure). Ce liquide a été ensuite mis en incubation pendant trois jours dans des bocaux sur un agitateur orbital à 150 tours par minute dans une chambre où la température oscille entre 24-28 °C (Figure 32).

Concernant la phase solide, 21 sachets contenant 500 g de riz (grains) lavés pour éliminer la poussière (Figure 33) ont été stérilisés à l'autoclave à 120 °C pendant 45 min. Après refroidissement, le milieu liquide des champignons entomopathogènes précédemment produit a été renversé dans chaque sachet de riz à raison de 75 mL de bouillon par 500 g de riz et l'ensemble a été mélangé soigneusement afin d'obtenir une distribution équitable de l'inoculum.

Ces 21 sachets contenant le riz ainsi traité ont été déposés dans une petite bassine plastique (35 cm de diamètre et 16 cm de hauteur) perforée de quatre trous (Figure 34). La bassine étant bien fermée, les trous ont été bouchés avec les éponges en mousse pour filtrer l'air, faciliter l'aération et l'échange gazeux entre la culture et l'extérieur. L'incubation a eu lieu à une température moyenne de 25 ± 2 °C au laboratoire (Heviefio *et al.*, 2019).

Après ouverture des bassines le 12^{ème} jour d'incubation, le riz recouvert de spores a été tamisé afin de récupérer les spores. Ces spores ont été conservées dans un congélateur à -18°C (Heviefio *et al.*, 2019).

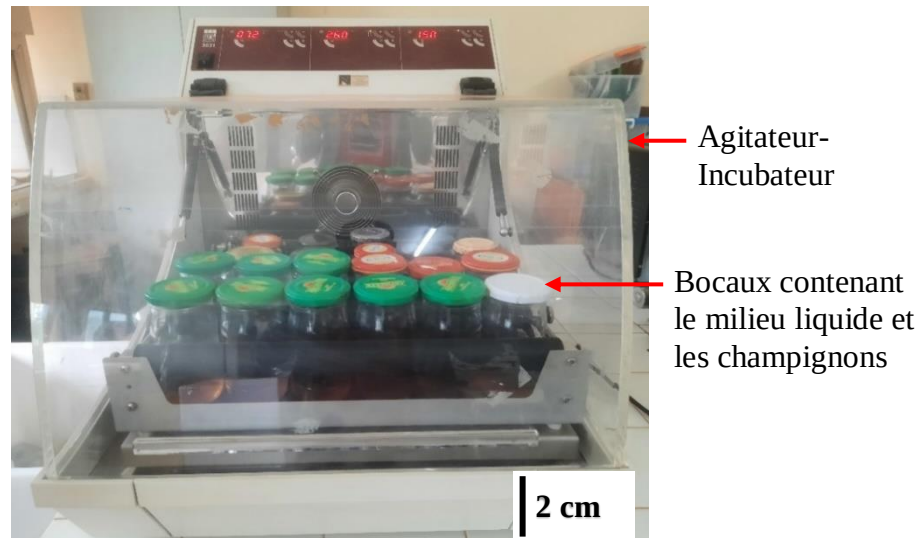


Figure 32 : Bocaux contenant le milieu liquide déposés sur un agitateur-incubateur

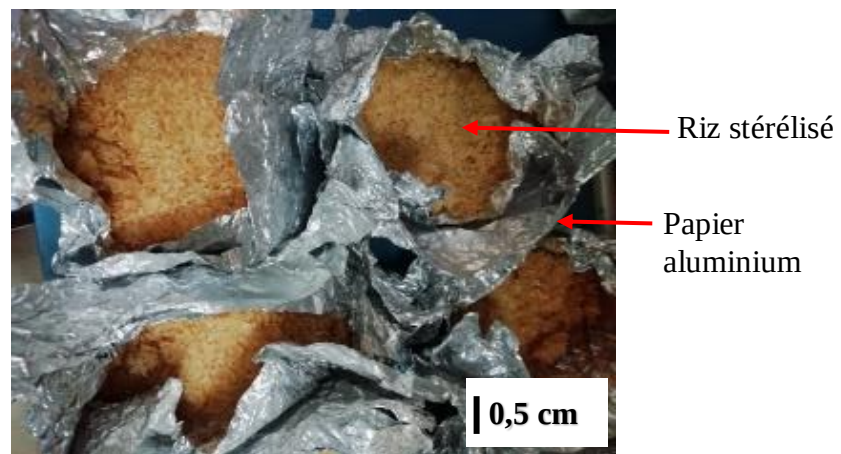


Figure 33 : Riz stérilisé

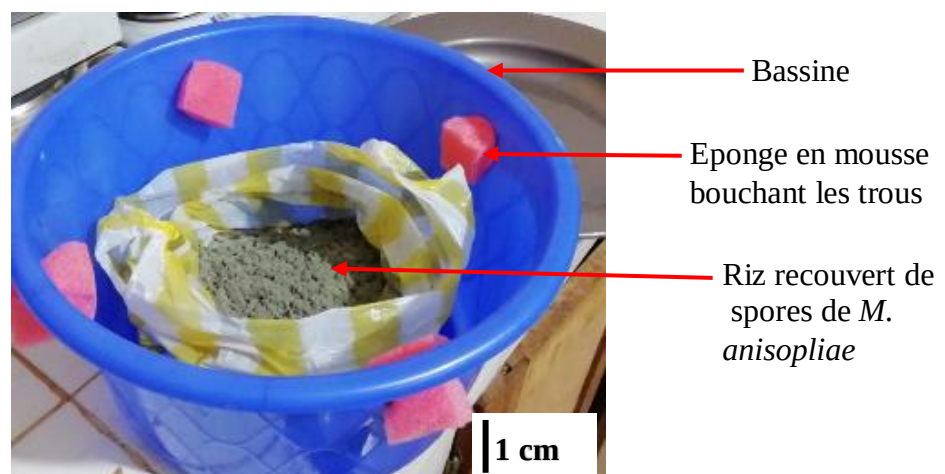


Figure 34 : Bassine contenant du riz recouvert de spores de *M. anisopliae*

2.3.4.2. Contrôle des populations d'insectes avant traitement

Au niveau du suivi des populations de *C. lameensis*, un traitement foliaire est déclenché lorsque l'indice larvaire est supérieur à 100 et l'indice d'adulte supérieur ou égal à 5 (Mariau, 2001).

2.3.4.3. Application du champignon entomopathogène en plantation

La concentration minimale efficace 10^{10} spores/mL de Met 359 obtenue en infestation contrôlée a été retenue pour réaliser les essais en plantation. Cette concentration de Met 359 a été retenue sur la base de la DL_{90} . Deux différents sites (DEKEIL OIL à Ayénouan et PALMCI à Boubo) ont servi pour la réalisation des essais en plantation.

➤ Site 1 : DEKEIL OIL, Ayénouan

Le traitement a été effectué sur 1 hectare (143 palmiers) de la parcelle numéro A4-2012 appartenant à l'unité agroindustrielle DEKEIL OIL. Les palmiers de cette parcelle étaient âgés de 13 ans et leur taille était environ 10 m. Ce traitement s'est fait à l'aide d'un atomiseur, du palmier 1 de la ligne 8 à la ligne 12. La poudre (3 kg) du champignon entomopathogène (Met 359) a été dissoute dans 15 L d'eau. Des bâches ont été étalées tout autour de trente (30) palmiers durant toute l'expérience afin de récupérer les insectes morts suite au traitement. Les insectes morts retrouvés sur les bâches et les insectes vivants ont été collectés sur les palmiers à l'aide des boîtes cylindriques de 8 cm de diamètre et 10 cm de hauteur munies de couvercles aux différents jours de contrôles. Ces insectes ont été mis en incubation dans des boîtes de Pétri de 9 cm de diamètre pour le suivi de la sporulation.

Ces boîtes de Pétri contenaient du papier buvard humecté d'eau distillée. Les insectes morts sur lesquels ont poussé le champignon ont été comptés.

➤ Site 2 : PALMCI, Boubo

Le traitement a été effectué sur 1 hectare (143 palmiers) de la parcelle B9-2017 (8 ans), à la section V3 appartenant à l'unité agro-industrielle PALMCI. Ce traitement s'est aussi fait à l'aide d'un atomiseur du palmier 1 de la ligne 10 à la ligne 14. La poudre (3 kg) du champignon entomopathogène (Met 359) a été également dissoute dans 15 L d'eau. Des bâches ont été étalées tout autour de trente (30) palmiers durant toute l'expérience afin de prendre les insectes morts suite au traitement. Les insectes morts retrouvés sur les bâches et les insectes vivants ont été collectés sur les palmiers l'aide des boîtes cylindriques de 8 cm de diamètre et 10 cm de

hauteur munies de couvercles aux différents jours de contrôle. Ces insectes ont été mis en incubation dans différentes boîtes de Pétri de 9 cm de diamètre pour le suivi de la sporulation.

Ces boîtes de Pétri contenaient du papier buvard humecté d'eau distillée. Les insectes morts sur lesquels ont poussé le champignon ont été comptés.

Dix (10) palmes par site ont été coupées sur différents palmiers pour le contrôle après traitements et le nombre d'insectes vivants a été noté. La coupe des palmes se fait en fonction de l'infestation de la parcelle. Le contrôleur en fonction de l'appréciation de l'infestation coupe deux (2) palmes par ligne sur 2 palmiers différents de rang 17 ou 25, l'une au sud et l'autre au nord.

Les contrôles ont été effectués le 3^{ème}, le 5^{ème}, le 10^{ème}, le 15^{ème}, le 20^{ème}, le 25^{ème}, le 30^{ème}, le 45^{ème}, le 60^{ème}, le 75^{ème} et le 90^{ème} jour après traitement. La sporulation des différents insectes a été calculée en fonction des jours de contrôle.

L'indice d'infestation des adultes de *C. lameensis* (Ia) a été calculé par la formule :

$$\text{Ia} = (\text{Nombre d'adultes observés} / \text{Nombre de palmes observées}) \quad (13)$$

L'efficacité de Met 359 sur l'évolution de l'infestation des palmiers par *C. lameensis* a été mesurée sur les adultes à partir d'indices régulièrement révélés. L'indice résiduel (Ira) et le pourcentage moyen d'efficacité (Pem) du traitement ont été calculés :

$$\text{Ira} = (\text{Ia après traitement}) / (\text{Ia avant traitement}) \quad (14)$$

$$\text{Pem (\%)} = (1 - \text{Ira}) \times 100 \quad (15)$$

2.3.4.4. Détermination de l'impact de Met 359 sur les pollinisateurs lors du traitement en plantation

Après le traitement en plantation avec le *Metarhizium anisopliae* (Met 359), des contrôles des inflorescences mâles ont été effectués. Ces inflorescences mâles portant les pollinisateurs ont été coupées afin de mesurer l'effet de Met 359 sur ceux-ci. Les observations sur ces inflorescences ont été effectuées le 1^{er}, 3^{ème}, 10^{ème}, 15^{ème}, 20^{ème}, 25^{ème} et 30^{ème} jour après traitement.

Cinq (5) inflorescences ont été coupées par jour d'observation et le nombre d'insectes morts a été noté pour chaque inflorescence. Ces insectes morts ont été conditionnés au laboratoire pour vérifier l'apparition du champignon entomopathogène. Ce conditionnement a consisté à mettre les insectes morts dans des boîtes de Pétri dont l'intérieur a été tapisé de papier filtre Whatman 3 M humecté avec de l'eau distillée.

Cela a permis de créer un environnement humide favorable au développement de champignon. Les insectes morts sur lesquels ont poussé les champignons ont été notés.

Le champignon a été par la suite identifié au microscope optique. Les taux moyens de mortalité ont été calculés selon la formule (8) déjà mentionnée à la page 53 pour chaque inflorescence en utilisant la formule d'Abbott (1925).

2.3.5. Analyse des données

Les données ont été traitées avec le tableur Excel version 2016, le logiciel Statistica version 7.1 et le logiciel Rstudio version 4.4.2.

Le tableur Excel 2016 a été utilisé pour l'organisation des données et la réalisation des graphiques. Les tests de normalité et d'homogénéité de variance ont été effectués pour s'assurer de la nature du test à réaliser. Après vérification, une analyse multiple de variance (MANOVA) a été utilisée en vue d'étudier l'effet des différents produits (le NECO 50 EC, le LIMOCIDE 60 ME et les champignons entomopathogènes) et de leurs concentrations sur les œufs, les larves et les adultes de *C. lameensis*. La MANOVA est convenable quand l'analyse de la variance (ANOVA) doit prendre en compte plusieurs variables. Afin d'étudier l'efficacité de différents produits en fonction de leurs concentrations sur les œufs, les larves, les adultes, la prise de nourriture et l'activité de ponte des adultes de *C. lameensis*, plusieurs analyses multivariées ont été réalisées. La signification des tests a été déterminé en comparant la probabilité (P) associée à la statistique au seuil de 5% ($P = 0,05$). Lorsqu'une différence significative a été observé entre les caractères, l'ANOVA a été complété par le test Student-Newman-Keuls au seuil de 5%. Ainsi, lorsque $P \leq 0,05$, il existe une différence significative entre les différentes moyennes. Par contre, lorsque $P \geq 0,05$, il n'existe pas de différence significative. Ces tests ont été réalisés à l'aide de logiciel Statistica version 7.1.

La détermination des DL_{50} et DL_{90} a été réalisée à l'aide du logiciel Rstudio version 4.4.2. Le modèle de régression utilisé pour déterminer les doses létales est log probit qui permet de prédire des valeurs.

**TROISIEME PARTIE :
RESULTATS ET DISCUSSION**

3.1. RESULTATS

3.1.1. Effet du NECO 50 EC, du LIMOCIDE 60 ME et des champignons entomopathogènes sur les stades de développement de *C. lameensis* en infestation contrôlée

3.1.1.1. Effet du NECO 50 EC et du LIMOCIDE 60 ME sur les stades de développement de *C. lameensis* en infestation contrôlée

3.1.1.1.1. Effet du NECO 50 EC et du LIMOCIDE 60 ME sur les oeufs de *C. lameensis*

Le NECO 50 EC, le LIMOCIDE 60 ME et l'insecticide chimique de référence ont eu des actions variables sur les œufs âgés de deux (2) jours en fonction de leurs concentrations (Tableau II). Le NECO 50 EC à la concentration $8,33 \times 10^{-3}$ g/mL a réduit la fertilité des œufs de *C. lameensis* de $73,48 \pm 2$ % par rapport au témoin. L'application du LIMOCIDE 60 ME à la concentration $1,75 \times 10^{-3}$ g/mL sur les œufs de *C. lameensis* a entraîné une réduction de la fertilité de ces œufs de $64,44 \pm 5,16$ % par rapport au témoin. Concernant le Sivanto Energy 85 EC, il a engendré une réduction de la fertilité des œufs de $98,57 \pm 6$ % à la concentration la plus forte ($2,07 \times 10^{-3}$ g/mL). En comparant les deux biopesticides (NECO 50 EC et LIMOCIDE 60 ME), le taux de réduction de la fertilité des œufs le plus élevé a été obtenu avec le NECO 50 EC à la concentration la plus forte $8,33 \times 10^{-3}$ g/mL (Tableau II). L'analyse statistique a révélé des différences significatives entre les taux d'éclosion des œufs (NECO 50 EC : $F = 778,41$; $ddl = 5$; $p = 0,001$; LIMOCIDE 60 ME: $F = 1033,44$; $ddl = 5$; $p = 0,001$; Sivanto Energy 85 EC : $F = 49,94$; $ddl = 5$; $p = 0,001$).

Tableau II : Pourcentage d'éclosion (%) et de réduction de la fertilité (%) des œufs de *C. lameensis* après pulvérisation du NECO 50 EC, du LIMOCIDE 60 ME et de Sivanto Energy 85 EC sur la face supérieure des folioles

Produits	Concentrations en g/mL	Taux d'éclosion des œufs âgés de 2 jours (%)	Taux de réduction de la fertilité des œufs (%)
NECO 50 EC	$1,92 \times 10^{-3}$	$66,46 \pm 5,16$ b	$23,86 \pm 3$ e
	$2,38 \times 10^{-3}$	$54,38 \pm 3,39$ c	$37,7 \pm 6,25$ d
	$3,12 \times 10^{-3}$	$47,08 \pm 1,79$ d	$46,06 \pm 7$ c
	$4,54 \times 10^{-3}$	$38,54 \pm 2,25$ e	$55,85 \pm 5,29$ b
	$8,33 \times 10^{-3}$	$23,15 \pm 2,41$ f	$73,48 \pm 2$ a
Témoin	-	$87,29 \pm 7,85$ a	-
F		778,41	
P		0,001	
ddl		5	
LIMOCIDE 60 ME	$3,58 \times 10^{-4}$	$70 \pm 2,61$ b	$19,81 \pm 3$ e
	$4,5 \times 10^{-4}$	$60,42 \pm 2,34$ c	$30,78 \pm 2,65$ d
	$5,9 \times 10^{-4}$	$50,21 \pm 3,61$ d	$42,48 \pm 5$ c
	$8,9 \times 10^{-4}$	$40 \pm 2,61$ e	$54,18 \pm 5,29$ b
	$1,75 \times 10^{-3}$	$31,04 \pm 3,28$ f	$64,44 \pm 5,16$ a
Témoin	-	$87,29 \pm 7,85$ a	-
F		1033,44	
P		0,001	
ddl		5	
Sivanto Energy 85 EC	$3,02 \times 10^{-4}$	$17,50 \pm 5,22$ b	$79,95 \pm 3$ e
	$3,85 \times 10^{-4}$	$14,58 \pm 4,11$ c	$83,3 \pm 2,65$ d
	$5,28 \times 10^{-4}$	$11,04 \pm 3,91$ d	$87,35 \pm 7$ c
	$8,42 \times 10^{-4}$	$6,88 \pm 3,22$ e	$92,12 \pm 8,89$ b
	$2,07 \times 10^{-3}$	$1,25 \pm 0,49$ f	$98,57 \pm 6$ a
Témoin	-	$87,29 \pm 7,85$ a	-
F		49,94	
P		0,001	
ddl		5	

Dans la même colonne de chaque produit, les moyennes suivies des lettres différentes sont significativement différentes selon le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5 %.

3.1.1.1.2. Effet du NECO 50 EC et du LIMOCIDE 60 ME sur les larves de *C. lameensis*

Avant traitement, le nombre de larves vivantes sur les palmes coupées par manchon était de $60,10 \pm 4,70$ (L1) ; $56,52 \pm 1,55$ (L2) ; $50,49 \pm 1,74$ (L3) ; et $56,60 \pm 5,46$ (L4). Au niveau des deux premiers stades larvaires (L1 et L2) de *C. lameensis*, le biopesticide NECO 50 EC à la concentration $8,33 \times 10^{-3}$ g/mL a eu respectivement une efficacité de $85,10 \pm 0,66$ % et de $73,05 \pm 1,24$ %. Avec le LIMOCIDE 60 ME, l'efficacité a été plus élevée ($77,80 \pm 0,26$ % pour L1 et $68,92 \pm 1,52$ % pour L2) à la concentration la plus forte $1,75 \times 10^{-3}$ g/mL. Le NECO 50 EC à la concentration $8,33 \times 10^{-3}$ g/mL a aussi montré une efficacité de $65,56 \pm 0,51$ % sur les larves L3 de *C. lameensis* et $57 \pm 0,56$ % sur les larves L4.

Le LIMOCIDE 60 ME a été moins efficace avec des valeurs inférieures à 15 % (Tableau III). Quant au Sivanto Energy, toutes les concentrations utilisées ont causé des pourcentages d'efficacité supérieur à 80 % sur tous les stades larvaires. L'analyse statistique des pourcentages d'efficacité a révélé des différences significatives entre les larves de stades différents (NECO 50 EC : Larve de stade 1 : $F = 48,44$; ddl = 4 ; $p = 0,001$; Larve de stade 2 : $F = 112,11$; ddl = 4 ; $p = 0,001$; Larve de stade 3 : $F = 51,45$; ddl = 4 ; $p = 0,001$; Larve de stade 4 : $F = 17,76$; ddl = 4 ; $p = 0,001$; LIMOCIDE 60 ME : Larve de stade 1 : $F = 257,50$; ddl = 4 ; $p = 0,001$; Larve de stade 2 : $F = 371,52$; ddl = 4 ; $p = 0,001$; Larve de stade 3 : $F = 1260,21$; ddl = 4 ; $p = 0,001$; Larve de stade 4 : $F = 276,02$; ddl = 4 ; $p = 0,001$; Sivanto Energy 85 EC : Larve de stade 1 : $F = 132,71$; ddl = 4 ; $p = 0,001$; Larve de stade 2 : $F = 1152,5$; ddl = 4 ; $p = 0,001$; Larve de stade 3 : $F = 660,25$; ddl = 4 ; $p = 0,001$; Larve de stade 4 : $F = 140,02$; ddl = 4 ; $p = 0,001$)

Tableau III : Effet du NECO 50 EC, du LIMOCIDE 60 ME et du Sivanto Energy 85 EC sur les quatre stades larvaires de *C. lameensis*

Produits	Concentrations en g/mL	Pourcentages d'efficacité (%)			
		Larve de stade 1	Larve de stade 2	Larve de stade 3	Larve de stade 4
NECO 50 EC	$1,92 \times 10^{-3}$	68,91 ± 0,93 c	61,20 ± 0,75 d	57,40 ± 0,53 d	42,82 ± 0,95 d
	$2,38 \times 10^{-3}$	71,13 ± 1,64 c	64,10 ± 0,46 c	58,53 ± 0,55 cd	46,59 ± 0,80 cd
	$3,12 \times 10^{-3}$	75,10 ± 0,44 b	65,72 ± 0,63 c	60,13 ± 1,15 bc	49,97 ± 0,41 bc
	$4,54 \times 10^{-3}$	77,12 ± 0,13 b	68,16 ± 0,28 b	61,67 ± 1,92 b	53,32 ± 0,76 b
	$8,33 \times 10^{-3}$	85,10 ± 0,66 a	73,05 ± 1,24 a	65,56 ± 0,51 a	57 ± 0,56 a
F		48,44	112,11	51,45	17,76
P		0,001	0,001	0,001	0,001
ddl		4	4	4	4
LIMOCIDE 60 ME	$3,58 \times 10^{-4}$	28,75 ± 0,75 e	20,23 ± 0,87 e	1,47 ± 0,45 d	0,47 ± 0,45 b
	$4,5 \times 10^{-4}$	32,83 ± 0,70 d	26,13 ± 1,59 d	3,05 ± 0,73 cd	1,60 ± 0,29 b
	$5,9 \times 10^{-4}$	45,04 ± 0,59 c	36,92 ± 2,68 c	4,13 ± 0,32 c	3,83 ± 0,66 ab
	$8,9 \times 10^{-4}$	60,43 ± 0,93 b	45,46 ± 1,13 b	8,43 ± 0,60 b	5,17 ± 0,38 ab
	$1,75 \times 10^{-3}$	77,80 ± 0,26 a	68,92 ± 1,52 a	12,67 ± 0,86 a	7,07 ± 0,55 a
F		257,50	371,52	1260,21	276,02
P		0,001	0,001	0,001	0,001
ddl		4	4	4	4
Sivanto Energy 85 EC	$3,02 \times 10^{-4}$	82,35 ± 2,05 d	85,43 ± 0,59 d	82,35 ± 2,05 d	82,35 ± 2,05 c
	$3,85 \times 10^{-4}$	87,47 ± 1,45 c	88,04 ± 0,48 c	87,47 ± 1,45 c	87,47 ± 1,45 b
	$5,28 \times 10^{-4}$	93,91 ± 1,49 b	95,60 ± 1,10 b	97,17 ± 0,67 b	98,51 ± 0,49 a
	$8,42 \times 10^{-4}$	100 ± 0,00 a	100 ± 0,00 a	100 ± 0,00 a	100 ± 0,00 a
	$2,07 \times 10^{-3}$	100 ± 0,00 a	100 ± 0,00 a	100 ± 0,00 a	100 ± 0,00 a
F		132,71	1152,5	660,25	140,02
P		0,001	0,001	0,001	0,001
ddl		4	4	4	4

Dans la même colonne de chaque produit, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5 %.

3.1.1.1.3. Effet du NECO 50 EC et du LIMOCIDE 60 ME sur les adultes de *C. lameensis* en infestation contrôlée

❖ Effet du NECO 50 EC sur les adultes mâles et femelles de *C. lameensis*

Concernant les adultes mâles, vingt-quatre heures (24h) après la pulvérisation du produit, les cinq concentrations $1,92 \times 10^{-3}$ g/mL ; $2,38 \times 10^{-3}$ g/mL ; $3,12 \times 10^{-3}$ g/mL ; $4,54 \times 10^{-3}$ g/mL et $8,33 \times 10^{-3}$ g/mL ont respectivement enregistré des taux de mortalité de 0 ± 0 ; $0,83 \pm 1,44$; $25,83 \pm 3,81$; $56,66 \pm 3,81$ et $65,83 \pm 2,88$ %. Au bout de quinze (15) jours après application du produit, la concentration $1,92 \times 10^{-3}$ g/mL a provoqué la mortalité de moins de la moitié des adultes ($45,64 \pm 11,95$ %). La concentration $2,38 \times 10^{-3}$ g/mL quant à elle, a engendré un taux de mortalité de $93,72 \pm 8,64$ % des adultes mâle de *C. lameensis* en 15 jours. Les concentrations $3,12 \times 10^{-3}$ g/mL ; $4,54 \times 10^{-3}$ g/mL et $8,33 \times 10^{-3}$ g/mL ont provoqué la mort de tous les mâles (100 ± 0 %) respectivement après 6; 4 et 3 jours après traitement (Tableau IV). L'analyse statistique a révélé des différences significatives entre les taux de mortalité pour les différentes concentrations de NECO 50 EC ($F = 28,7$; ddl = 89 ; $p = 0,001$).

S'agissant des adultes femelles, toutes les concentrations ($1,92 \times 10^{-3}$ g/mL ; $2,38 \times 10^{-3}$ g/mL ; $3,12 \times 10^{-3}$ g/L ; $4,54 \times 10^{-3}$ g/mL et $8,33 \times 10^{-3}$ g/mL) ont entraîné des mortalités. Parmi les cinq concentrations, les plus faibles ($1,92 \times 10^{-3}$ g/mL ; $2,38 \times 10^{-3}$ g/mL et $3,12 \times 10^{-3}$ g/mL), n'ont pas pu causer la mort de 50 % d'insectes vingt-quatre heures après pulvérisation. La concentration $1,92 \times 10^{-3}$ g/mL a provoqué un taux de mortalité de $58,58 \pm 8,80$ % au bout de quinze jours après traitement. Les concentrations $2,38 \times 10^{-3}$ g/mL ; $3,12 \times 10^{-3}$ g/mL ; $4,54 \times 10^{-3}$ g/mL et $8,33 \times 10^{-3}$ g/mL ont induit des mortalités de 100 ± 0 % respectivement le 10^{ème}, le 6^{ème}, le 5^{ème} et le 4^{ème} jour après traitement (Tableau V). L'analyse statistique a révélé des différences significatives entre les taux de mortalité pour les différentes concentrations de NECO 50 EC ($F = 12,18$; ddl = 89 ; $p = 0,001$).

Tableau IV : Taux de mortalité (%) des mâles de *C. lameensis* après traitement au NECO 50 EC

Nombre de jours après traitement	Taux de mortalité (%)					Témoin sans traitement
	$1,92 \times 10^{-3}$ g/mL	$2,38 \times 10^{-3}$ g/mL	$3,12 \times 10^{-3}$ g/mL	$4,54 \times 10^{-3}$ g/mL	$8,33 \times 10^{-3}$ g/mL	
1	0 ± 0 g	0,83 ± 1,44 f	25,83 ± 3,81 f	56,66 ± 3,81 d	65,83 ± 2,88 d	0 ± 0 bc
2	6,67 ± 6,29 f	22,50 ± 2,50 e	55,83 ± 8,77 e	68,33 ± 5,77 c	80 ± 5 c	0 ± 0 bc
3	16,64 ± 5,10 e	44,47 ± 3,88 d	73,87 ± 8,94 d	80,60 ± 5,46 b	89,88 ± 2,56 b	1,00 ± 1,00 bc
4	26,89 ± 8,63 d	63,46 ± 3,52 c	82,16 ± 7,52 c	95,73 ± 3,92 a	100 ± 0 a	2,00 ± 1,00 ab
5	34,51 ± 8,35 bc	72,84 ± 9,39 c	91,52 ± 3,80 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	2,00 ± 1,00 ab
6	36,98 ± 8,82 ab	85,37 ± 5,30 b	96,57 ± 3,93 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	3,33 ± 1,52 ab
7	38,32 ± 7,19 ab	87,86 ± 4,41 b	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	4,00 ± 1,00 ab
8	39,20 ± 7,70 ab	91,08 ± 6,75 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	6,66 ± 1,52 a
9	42,54 ± 8,77 a	92,87 ± 8,23 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7,00 ± 2,00 a
10	42,54 ± 8,77 a	92,87 ± 8,23 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7,00 ± 2,00 a
11	45,64 ± 11,95 a	93,72 ± 8,64 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	8,00 ± 1,00 a
12	45,64 ± 11,95 a	93,72 ± 8,64 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	8,00 ± 1,00 a
13	45,64 ± 11,95 a	93,72 ± 8,64 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	8,00 ± 1,00 a
14	45,64 ± 11,95 a	93,72 ± 8,64 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	8,00 ± 1,00 a
15	45,64 ± 11,95 a	93,72 ± 8,64 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	8,00 ± 1,00 a
F			28,7			
P			0,001			
ddl			89			

Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5 %.

Tableau V : Taux de mortalité (%) des femelles de *C. lameensis* après traitement au NECO 50 EC

Nombre de jours après traitement	Taux de mortalité (%)					Témoin sans traitement
	$1,92 \times 10^{-3}$ g/mL	$2,38 \times 10^{-3}$ g/mL	$3,12 \times 10^{-3}$ g/mL	$4,54 \times 10^{-3}$ g/mL	$8,33 \times 10^{-3}$ g/mL	
1	0 ± 0 g	1,67 ± 2,87 g	32,50 ± 4,33 e	61,66 ± 2,88 d	70 ± 5 c	0 ± 0 b
2	12,5 ± 5 f	30 ± 2,50 f	65 ± 6,61 d	75 ± 5 c	80,83 ± 6,29 b	0 ± 0 b
3	27,86 ± 4,52 e	49,71 ± 6,12 e	78,21 ± 3,62 c	85,76 ± 5,12 b	92,46 ± 2,44 a	0,66 ± 1,54 b
4	38,56 ± 5,14 cd	69,69 ± 2,68 d	89,06 ± 1,35 b	96,62 ± 1,49 a	100 ± 0 a	1 ± 1 b
5	41,72 ± 5,15 c	88,18 ± 8,95 bc	98,31 ± 1,45 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	1,33 ± 1,15 b
6	46,53 ± 6,78 c	92,21 ± 6,91 ab	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	3,33 ± 0,57 ab
7	48,93 ± 4,46 bc	96,51 ± 4,03 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	3,66 ± 1,15 ab
8	53,74 ± 6,04 ab	98,23 ± 3,07 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	6,33 ± 1,52 a
9	57,16 ± 6,89 a	99,11 ± 1,54 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	6,66 ± 1,15 a
10	57,16 ± 6,89 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	6,66 ± 1,15 a
11	57,79 ± 7,71 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7,33 ± 1,15 a
12	58,58 ± 8,80 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7,66 ± 1,52 a
13	58,58 ± 8,80 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7,66 ± 1,52 a
14	58,58 ± 8,80 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7,66 ± 1,52 a
15	58,58 ± 8,80 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7,66 ± 1,52 a
F	12,18					
P	0,001					
ddl	89					

Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5 %.

❖ Effet du LIMOCIDE 60 ME sur les adultes mâles et femelles de *C. lameensis*

En ce qui concerne les adultes mâles, l'application du LIMOCIDE 60 ME à différentes concentrations ($3,58 \times 10^{-4}$ g/mL ; $4,5 \times 10^{-4}$ g/mL ; $5,9 \times 10^{-4}$ g/mL ; $8,9 \times 10^{-4}$ g/mL et $1,75 \times 10^{-3}$ g/mL), a eu une activité insecticide sur les mâles de *C. lameensis*. Cette activité insecticide dépend de la concentration. La concentration $3,58 \times 10^{-4}$ g/mL a provoqué la mortalité de moins de 40 % de ces adultes mâles au bout de 12 jours après traitement ($39,98 \pm 3,37$ %). Quant à la concentration $4,5 \times 10^{-4}$ g/mL, elle a induit une mortalité supérieure à 50 % des mâles au bout de 10 jours après traitement ($51,57 \pm 3,37$ %). Les concentrations $5,9 \times 10^{-4}$ g/mL et $8,9 \times 10^{-4}$ g/mL ont causé des taux de mortalité situés entre 75 et 92 % des adultes mâles de *C. lameensis* en 15 jours ($79,17 \pm 4,06$ % et $92,10 \pm 2,68$ %). Avec la concentration $1,75 \times 10^{-3}$ g/mL, tous les mâles meurent (100 ± 0 % de mortalité) après 11 jours après traitement (Tableau VI). L'analyse statistique a révélé des différences significatives entre les taux de mortalité pour les différentes concentrations de LIMOCIDE 60 ME ($F = 6,74$; ddl = 89 ; $p = 0,001$).

Quant aux adultes femelles, les cinq concentrations $3,58 \times 10^{-4}$ g/mL ; $4,5 \times 10^{-4}$ g/mL ; $5,9 \times 10^{-4}$ g/mL ; $8,9 \times 10^{-4}$ g/mL ; et $1,75 \times 10^{-3}$ g/mL appliquées sur ces adultes de *C. lameensis* ont provoqué leurs morts. La concentration $3,58 \times 10^{-4}$ g/mL a induit la mortalité de moins de la moitié des femelles au bout de 15 jours après traitement. Les concentrations $4,5 \times 10^{-4}$ g/mL et $5,9 \times 10^{-4}$ g/mL ont engendré des taux de mortalité respectifs de $67,60 \pm 9,30$ % et $81,96 \pm 4,03$ % des adultes femelles de *C. lameensis* en 15 jours. Concernant les concentrations $8,9 \times 10^{-4}$ g/mL et $1,75 \times 10^{-3}$ g/mL elles ont entraîné des taux de mortalité de 100 ± 0 % respectivement le 13^{ème} et le 10^{ème} jour après traitement (Tableau VII). L'analyse statistique a révélé des différences significatives entre les taux de mortalité pour les différentes concentrations de LIMOCIDE 60 ME ($F = 5,3$; ddl = 89 ; $p = 0,001$).

Tableau VI : Taux de mortalité (%) des mâles de *C. lameensis* après traitement au LIMOCIDE 60 ME

Nombre de jours après traitement	Taux de mortalité (%)					Témoin sans traitement
	$3,58 \times 10^{-4}$ g/mL	$4,5 \times 10^{-4}$ g/mL	$5,9 \times 10^{-4}$ g/mL	$8,9 \times 10^{-4}$ g/mL	$1,75 \times 10^{-3}$ g/mL	
1	0 ± 0 d	10,83 ± 2,87 g	21,66 ± 3,81 f	41,66 ± 3,81 g	52,50 ± 2,89 g	0 ± 0 bc
2	3,33 ± 3,82 d	17,50 ± 2,50 f	30,83 ± 6,29 g	51,66 ± 6,29 f	65,83 ± 6,61 ef	0 ± 0 bc
3	5,73 ± 2,16 d	26,72 ± 7,21 e	37,61 ± 15,33 f	62,13 ± 4,89 e	68 ± 4,22 e	1,00 ± 1,00 bc
4	20,06 ± 4,21 c	31,95 ± 4,19 cd	48,98 ± 11,06 e	63,47 ± 6,04 e	69,41 ± 7,53 e	2,00 ± 1,00 ab
5	25,19 ± 4,82 c	36,20 ± 3,20 bc	56,64 ± 13,39 cd	67,70 ± 2,65 de	70,26 ± 5,17 de	2,00 ± 1,00 ab
6	34,94 ± 5,27 ab	37,05 ± 3,33 bc	62,00 ± 8,64 bc	69,82 ± 2,92 d	74,17 ± 5,30 d	3,33 ± 1,52 ab
7	36,86 ± 5,07 a	41,79 ± 5,22 b	63,49 ± 7,22 bc	74,80 ± 4,12 d	78,33 ± 5,42 d	4,00 ± 1,00 ab
8	37,33 ± 5,40 a	44,56 ± 8,49 b	66,90 ± 5,98 b	82,14 ± 1,52 bc	84,86 ± 3,04 c	6,66 ± 1,52 a
9	37,51 ± 5,23 a	47,95 ± 5,22 ab	67,69 ± 5,68 b	84,74 ± 1,82 b	89,34 ± 3,04 bc	7,00 ± 2,00 a
10	39,07 ± 3,88 a	51,57 ± 3,37 a	71,27 ± 4,47 ab	86,49 ± 4,85 b	94,64 ± 0 ab	7,00 ± 2,00 a
11	39,07 ± 3,88 a	51,96 ± 3,61 a	74,62 ± 5,74 a	88,23 ± 5,61 ab	97,27 ± 0 a	8,00 ± 1,00 a
12	39,98 ± 3,37 a	52,88 ± 2,03 a	75,54 ± 4,71 a	90,96 ± 4,06 a	100 ± 0 a	8,00 ± 1,00 a
13	39,98 ± 3,37 a	52,88 ± 2,03 a	77,35 ± 3,15 a	91,85 ± 2,66 a	100 ± 0 a	8,00 ± 1,00 a
14	39,98 ± 3,37 a	52,88 ± 2,03 a	79,17 ± 4,06 a	91,85 ± 2,66 a	100 ± 0 a	8,00 ± 1,00 a
15	39,98 ± 3,37 a	52,88 ± 2,03 a	79,17 ± 4,06 a	92,10 ± 2,68 a	100 ± 0 a	8,00 ± 1,00 a
F			6,74			
P			0,001			
ddl			89			

Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5%.

Tableau VII : Taux de mortalité (%) des femelles de *C. lameensis* après traitement au LIMOCIDE 60 ME

Nombre de jours après traitement	Taux de mortalité (%)					Témoin sans traitement
	$3,58 \times 10^{-4}$ g/mL	$4,5 \times 10^{-4}$ g/mL	$5,9 \times 10^{-4}$ g/mL	$8,9 \times 10^{-4}$ g/mL	$1,75 \times 10^{-3}$ g/mL	
1	0 ± 0 e	10,83 ± 3,81 h	29,16 ± 3,81 g	51,66 ± 3,81 g	59,17 ± 2,89 f	0 ± 0 b
2	1,67 ± 1,44 e	21,66 ± 9,46 g	43,33 ± 6,29 f	64,16 ± 6,29 f	70 ± 6,61 e	0 ± 0 b
3	10,24 ± 2,53 d	34,50 ± 9,64 f	52,14 ± 5,54 de	73,91 ± 3,79 e	77,36 ± 4,22 d	0,66 ± 1,54 b
4	21,72 ± 2,23 c	40,16 ± 11,06 e	57,72 ± 4,48 d	81,36 ± 2,88 d	82,34 ± 7,53 cd	1 ± 1 b
5	29,88 ± 3,41 bc	46,68 ± 13,93 d	58,73 ± 3,26 d	82,14 ± 2,55 cd	86,51 ± 5,17 c	1,33 ± 1,15 b
6	34,48 ± 1,38 b	48,23 ± 13,88 d	62,05 ± 4,12 cd	87,93 ± 1,42 c	88,82 ± 5,30 c	3,33 ± 0,57 ab
7	37,06 ± 3,19 b	51,51 ± 12,99 d	65,36 ± 4,38 bc	93,07 ± 3,95 ab	93,92 ± 5,42 ab	3,66 ± 1,15 ab
8	40,40 ± 3,70 ab	57,21 ± 9,72 bc	70,62 ± 2,83 b	97,33 ± 2,63 a	98,24 ± 3,04 a	6,33 ± 1,52 a
9	42,86 ± 1,33 a	58,89 ± 10,29 bc	74,07 ± 4,34 ab	97,33 ± 2,63 a	98,24 ± 3,04 a	6,66 ± 1,15 a
10	43,76 ± 2,11 a	61,59 ± 10,83 ab	74,07 ± 4,34 ab	97,33 ± 2,63 a	100 ± 0 a	6,66 ± 1,15 a
11	44,26 ± 2,40 a	64,09 ± 10,54 a	78,41 ± 2,73 a	99,09 ± 1,56 a	100 ± 0 a	7,33 ± 1,15 a
12	44,98 ± 3,21 a	67,60 ± 9,30 a	81,05 ± 2,64 a	99,09 ± 1,56 a	100 ± 0 a	7,66 ± 1,52 a
13	46,75 ± 1,08 a	67,60 ± 9,30 a	81,05 ± 2,64 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7,66 ± 1,52 a
14	46,75 ± 1,08 a	67,60 ± 9,30 a	81,96 ± 4,03 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7,66 ± 1,52 a
15	46,75 ± 1,08 a	67,60 ± 9,30 a	81,96 ± 4,03 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7,66 ± 1,52 a
F			5,3			
P			0,001			
ddl			89			

Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5%.

❖ Effet de Sivanto Energy 85 EC sur les adultes mâles et femelles de *C. lameensis*

Concernant les adultes mâles, toutes les concentrations de Sivanto Energy 85 EC ($3,02 \times 10^{-4}$ g/mL ; $3,85 \times 10^{-4}$ g/mL ; $5,28 \times 10^{-4}$ g/mL ; $8,42 \times 10^{-4}$ g/mL et $2,07 \times 10^{-3}$ g/mL) ont eu une activité insecticide. L'efficacité de cette activité dépend de la concentration. Vingt-quatre heures (24h) après la pulvérisation du produit, ces concentrations ont provoqué la mortalité de plus de 50 % des adultes mâles. Les concentrations $3,02 \times 10^{-4}$ g/mL ; $3,85 \times 10^{-4}$ g/mL ; $5,28 \times 10^{-4}$ g/mL et $8,42 \times 10^{-4}$ g/mL ont provoqué la mort de 100 ± 0 % des adultes mâles de *C. lameensis* respectivement le 5^{ème}, le 3^{ème} et le 2^{ème} jour après l'application du produit. La plus forte concentration $2,07 \times 10^{-3}$ g/mL a induit une mortalité de 100 ± 0 % 24h après traitement (Tableau VIII). L'analyse statistique a révélé des différences significatives entre les taux de mortalité pour les différentes concentrations de Sivanto Energy 85 EC ($F = 46$; $ddl = 89$; $p = 0,001$).

S'agissant des adultes femelles, Sivanto Energy 85 EC a causé un fort taux de mortalité ($64,17 \pm 5,20$; $80 \pm 8,66$; $89,16 \pm 6,29$; $98,33 \pm 2,88$ et 100 ± 0 %) de ces adultes de *C. lameensis* à différentes concentrations ($3,02 \times 10^{-4}$ g/mL ; $3,85 \times 10^{-4}$ g/mL ; $5,28 \times 10^{-4}$ g/mL ; $8,42 \times 10^{-4}$ g/mL et $2,07 \times 10^{-3}$ g/mL) vingt-quatre heures (24h) après la pulvérisation. Les concentrations $3,02 \times 10^{-4}$ g/mL ; $3,85 \times 10^{-4}$ g/mL ; $5,28 \times 10^{-4}$ g/mL et $8,42 \times 10^{-4}$ g/mL ont provoqué la mort de toutes les femelles (100 ± 0 % de mortalité) après 4 jours, 2 jours et 1 jour après traitement (Tableau IX). L'analyse statistique a révélé des différences significatives entre les taux de mortalité des différentes concentrations ($F = 19,5$; $ddl = 89$; $p = 0,001$).

Tableau VIII : Taux de mortalité (%) des mâles de *C. lameensis* après traitement au Sivanto Energy 85 EC

Nombre de jours après traitement	Taux de mortalité (%)					Témoin sans traitement
	$3,02 \times 10^{-4}$ g/mL	$3,85 \times 10^{-4}$ g/mL	$5,28 \times 10^{-4}$ g/mL	$8,42 \times 10^{-4}$ g/mL	$2,07 \times 10^{-3}$ g/mL	
1	56,67 ± 2,87 e	75 ± 5 c	83,33 ± 7,63 b	95 ± 6,61 a	100 ± 0 a	0 ± 0 bc
2	65,83 ± 2,87 d	93,33 ± 2,88 ab	97,50 ± 4,33 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	0 ± 0 bc
3	75,57 ± 3 c	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	1,00 ± 1,00 bc
4	88,94 ± 2,95 b	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	2,00 ± 1,00 ab
5	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	2,00 ± 1,00 ab
6	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	3,33 ± 1,52 ab
7	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	4,00 ± 1,00 ab
8	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	6,66 ± 1,52 a
9	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7,00 ± 2,00 a
10	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7,00 ± 2,00 a
11	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	8,00 ± 1,00 a
12	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	8,00 ± 1,00 a
13	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	8,00 ± 1,00 a
14	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	8,00 ± 1,00 a
15	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	8,00 ± 1,00 a
F	46					
P	0,001					
ddl	89					

Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5%.

Tableau IX : Taux de mortalité (%) des femelles de *C. lameensis* après traitement au Sivanto Energy 85 EC

Nombre de jours après traitement	Taux de mortalité (%)					Témoin sans traitement
	$3,02 \times 10^{-4}$ g/mL	$3,85 \times 10^{-4}$ g/mL	$5,28 \times 10^{-4}$ g/mL	$8,42 \times 10^{-4}$ g/mL	$2,07 \times 10^{-3}$ g/mL	
1	64,17 ± 5,20 d	80 ± 8,66 c	89,16 ± 6,29 b	98,33 ± 2,88 a	100 ± 0 a	0 ± 0 b
2	75,83 ± 3,82 c	95,83 ± 1,44 ab	99,16 ± 1,44 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	0 ± 0 b
3	91,56 ± 8,97 b	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	0,66 ± 1,54 b
4	98,30 ± 2,95 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	1 ± 1 b
5	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	1,33 ± 1,15 b
6	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	3,33 ± 0,57 ab
7	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	3,66 ± 1,15 ab
8	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	6,33 ± 1,52 a
9	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	6,66 ± 1,15 a
10	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	6,66 ± 1,15 a
11	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7,33 ± 1,15 a
12	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7,66 ± 1,52 a
13	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7,66 ± 1,52 a
14	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7,66 ± 1,52 a
15	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7,66 ± 1,52 a
F	19,5					
P	0,001					
ddl	89					

Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5%.

3.1.1.1.4. Taux globaux de mortalité (%) des adultes de *C. lameensis* suite à la pulvérisation des produits

Tous les produits (NECO 50 EC, LIMOCIDE 60 ME et Sivanto Energy 85 EC) utilisés tuent les adultes mâles et femelles de *C. lameensis*. Les taux de mortalité varient en fonction des produits testés et des concentrations. Seul le Sivanto Energy 85 EC occasionne une mortalité totale de 100 ± 0 % des mâles et femelles à la concentration $2,07 \times 10^{-3}$ g/mL. Les produits biologiques causent la mort de la plupart des populations mâles et femelles de *C. lameensis* aux concentrations les plus fortes ($8,33 \times 10^{-3}$ g/mL pour le NECO 50 EC et $1,75 \times 10^{-3}$ g/mL pour le LIMOCIDE 60 ME). L'efficacité des biopesticides est marquée par le NECO 50 EC qui montre une réduction de la population à plus de 90 % à partir de la concentration $3,12 \times 10^{-3}$ g/mL pour les femelles et $4,54 \times 10^{-3}$ g/mL pour les mâles. L'application du NECO 50 EC à la concentration $1,92 \times 10^{-3}$ g/mL, a montré que les femelles ont été légèrement plus sensibles que les mâles, où la mortalité des femelles est $45,08 \pm 18,76$ % contre $45,08 \pm 18,76$ % pour les mâles. Pour le LIMOCIDE 60 ME aux concentrations $3,58 \times 10^{-4}$; $4,5 \times 10^{-4}$ et $5,9 \times 10^{-4}$ g/mL, les femelles présentent des mortalités légèrement élevées que les mâles. L'application du Sivanto Energy 85 EC à toutes les concentrations, a révélé que les mortalités ne diffèrent pas entre les sexes (Tableau X). L'analyse statistique a révélé des différences significatives entre les taux de mortalité des différentes concentrations ($F = 1,95$; ddl = 29 ; $p = 0,001$).

3.1.1.1.5. Doses Létales (DL₅₀ et DL₉₀) des produits testés sur *C. lameensis*

Les doses létales qui entraînent la mort de 50 % (DL₅₀) et 90 % (DL₉₀) des adultes de *C. lameensis* vingt-quatre heures (24h) après pulvérisation des produits ont été déterminées pour chacun d'eux. La comparaison des trois (3) produits utilisés montre que les deux (2) biopesticides présentent des valeurs de DL plus élevée que celle de l'insecticide de référence (Tableau XI). Les DL₅₀ des femelles ($4,96 \times 10^{-3}$ g/mL pour le NECO 50 EC et $1,15 \times 10^{-3}$ g/mL pour le LIMOCIDE 60 ME) traitées avec les biopesticides sont inférieures à celles des mâles ($5,37 \times 10^{-3}$ g/mL pour le NECO 50 EC et $1,38 \times 10^{-3}$ g/mL pour le LIMOCIDE 60 ME) traitées aux mêmes biopesticides (Tableau XI).

Tableau X : Taux globaux (%) de mortalité des femelles et mâles de *C. lameensis*

Produits	Concentrations (g/mL)	Taux de mortalité (%)	
		Femelles	Mâles
NECO 50 EC	$1,92 \times 10^{-3}$	45,08 ± 18,76 d	34,16 ± 16,47 d
	$2,38 \times 10^{-3}$	81,69 ± 30,17 c	74,85 ± 29,47 c
	$3,12 \times 10^{-3}$	90,87 ± 18,79 b	88,39 ± 21,35 b
	$4,54 \times 10^{-3}$	94,60 ± 11,42 a	93,42 ± 13,54 a
	$8,33 \times 10^{-3}$	96,22 ± 8,88 a	95,71 ± 9,84 a
LIMOCIDE 60 ME	$3,58 \times 10^{-4}$	32,77 ± 16,31 d	29,27 ± 14,82 e
	$4,5 \times 10^{-4}$	51,05 ± 19,33 c	40,65 ± 13,92 d
	$5,9 \times 10^{-4}$	66,12 ± 15,75 b	60,87 ± 18,99 c
	$8,9 \times 10^{-4}$	88,30 ± 14,80 a	75,98 ± 15,99 b
	$1,75 \times 10^{-3}$	90,31 ± 13,02 a	82,98 ± 15,77 a
SIVANTO ENERGY 85 EC	$3,02 \times 10^{-4}$	95,32 ± 10,77 ab	92,47 ± 14,16 b
	$3,85 \times 10^{-4}$	98,39 ± 5,41 a	97,89 ± 6,53 a
	$5,28 \times 10^{-4}$	99,22 ± 3,05 a	98,72 ± 4,60 a
	$8,42 \times 10^{-4}$	99,89 ± 0,75 a	99,67 ± 1,89 a
	$2,07 \times 10^{-3}$	100 ± 0 a	100 ± 0 a
F		1,95	
P		0,001	
ddl		29	

Dans la même colonne pour chaque produit, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5%.

Tableau XI : Doses Létales (DL₅₀ et DL₉₀) des produits testés

Produits	Sexes	Doses Létales (g/mL)	
		DL ₅₀	DL ₉₀
NECO 50 EC	Femelles	$4,96 \times 10^{-3}$	$1,03 \times 10^{-2}$
	Mâles	$5,37 \times 10^{-3}$	$1,14 \times 10^{-2}$
LIMOCIDE 60 ME	Femelles	$1,15 \times 10^{-3}$	$3,33 \times 10^{-3}$
	Mâles	$1,38 \times 10^{-3}$	$4,35 \times 10^{-3}$
SIVANTO ENERGY 85 EC	Femelles	$2,46 \times 10^{-4}$	$5,30 \times 10^{-4}$
	Mâles	$2,60 \times 10^{-4}$	$6,33 \times 10^{-4}$

3.1.1.2. Effet des champignons entomopathogènes sur les stades de développement de *C. lameensis* en infestation contrôlée

3.1.1.2.1. Effet des champignons entomopathogènes sur les oeufs de *C. lameensis* en infestation contrôlée

Les champignons entomopathogènes (Bb 11, Met 358 et Met 359) ont entraîné des taux d'éclosion qui ont varié en fonction des concentrations (Tableau XII). Les concentrations 10^2 et 10^4 spores/mL entraînent des taux de réduction de la fertilité des œufs de *C. lameensis* de $7,60 \pm 2$ à $11,90 \pm 2,65$ % pour Bb 11 ; $10,49 \pm 2$ à $14,79 \pm 4,36$ % pour Met 358 et $10,26 \pm 2,65$ à $17,65 \pm 5$ % pour Met 359. L'application des concentrations 10^6 et 10^8 spores/mL sur les œufs de *C. lameensis* induit une réduction du taux de la fertilité de ces œufs de $23,62 \pm 3$ à $36,50 \pm 4,36$ % pour Bb 11 ; $26,73 \pm 5,29$ à $38,18 \pm 4$ % pour Met 358 et $28,88 \pm 6,25$ à $38,66 \pm 4,36$ % pour Met 359.

Les concentrations les plus élevées 10^{10} et 10^{12} spores/mL réduisent la fertilité des œufs de $49,39 \pm 7,81$ à $55,96 \pm 5$ % pour Bb 11 ; $51,79 \pm 3,61$ à $59,18 \pm 9,64$ % pour Met 358 et $53,45 \pm 6,08$ à $62,29 \pm 4$ % pour Met 359.

En comparant les concentrations des champignons entomopathogènes ayant entraîné les taux de réduction de la fertilité des œufs les plus élevés, la concentration 10^{12} spores/mL de Met 359 a induit le plus fort taux de réduction de la fertilité des œufs de *C. lameensis* (Tableau XII). L'analyse statistique a révélé des différences significatives entre les taux d'éclosion des œufs de chaque champignon entomopathogène (Bb 11 : $F = 454,61$; ddl = 6 ; $p = 0,001$; Met 358 : $F = 688,26$; ddl = 6 ; $p = 0,001$; Met 359 : $F = 806,88$; ddl = 6 ; $p = 0,001$).

Tableau XII : Pourcentage d'éclosion (%) et de réduction de la fertilité (%) des œufs de *C. lameensis* après pulvérisation des champignons entomopathogènes sur la face supérieure des folioles

Champignons entomopathogènes	Concentrations (spores/mL)	Taux d'éclosion des œufs âgés de 2 jours (%)	Taux de réduction de la fertilité des œufs âgés de 2 jours (%)
Bb 11	10 ²	80,63 ± 6,84 b	7,60 ± 2 d
	10 ⁴	76,88 ± 5,24 b	11,90 ± 2,65 d
	10 ⁶	66,67 ± 4,04 c	23,62 ± 3 c
	10 ⁸	55,42 ± 4,98 d	36,50 ± 4,36 b
	10 ¹⁰	44,17 ± 4,04 e	49,39 ± 7,81 a
	10 ¹²	38,44 ± 3,25 e	55,96 ± 5 a
Témoin	-	87,29 ± 7,85 a	-
F		454,61	
P		0,001	
ddl		6	
Met 358	10 ²	78,13 ± 5,24 b	10,49 ± 2 d
	10 ⁴	74,38 ± 4,01 b	14,79 ± 4,36 d
	10 ⁶	63,96 ± 3,45 c	26,73 ± 5,29 c
	10 ⁸	53,96 ± 4,06 d	38,18 ± 4 b
	10 ¹⁰	42,08 ± 3,34 e	51,79 ± 3,61 a
	10 ¹²	35,63 ± 2,41 e	59,18 ± 9,64 a
Témoin	-	87,29 ± 7,85 a	-
F		688,26	
P		0,001	
ddl		6	
Met 359	10 ²	78,33 ± 5,15 b	10,26 ± 2,65 e
	10 ⁴	71,88 ± 3,56 b	17,65 ± 5 e
	10 ⁶	62,08 ± 2,98 c	28,88 ± 6,25 d
	10 ⁸	53,54 ± 3,61 d	38,66 ± 4,36 c
	10 ¹⁰	40,63 ± 2,85 e	53,45 ± 6,08 b
	10 ¹²	32,92 ± 2,34 f	62,29 ± 4 a
Témoin	-	87,29 ± 7,85 a	-
F		806,88	
P		0,001	
ddl		6	

Dans la même colonne pour chaque type de produit, les moyennes suivies des lettres différentes sont significativement différentes selon le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5%.

3.1.1.2.2. Effet des champignons entomopathogènes sur les larves de *C. lameensis* en infestation contrôlée

Le nombre de larves vivantes sur les palmes coupées par manchon avant traitement était de $60,10 \pm 4,70$ (L1) ; $56,52 \pm 1,55$ (L2) ; $50,49 \pm 1,74$ (L3) ; et $56,60 \pm 5,46$ % (L4).

L'isolat Met 359 à 10^{12} spores/mL a eu une efficacité de $44,33 \pm 4,04$ % (L1) et $40,67 \pm 1,53$ % (L2).

Avec les autres champignons entomopathogènes, Met 358 à 10^{12} spores/mL a enregistré les efficacités les plus élevées, $42,33 \pm 2,89$ % (L1) et $39,67 \pm 2,52$ (L2). Concernant les deux (2) derniers stades larvaires (L3 et L4), les différents champignons entomopathogènes utilisés ont eu des efficacités de moins de 37 % avec 10^{12} spores/mL (Tableau XIII). L'analyse statistique des pourcentages d'efficacité a révélé des différences significatives entre les larves de stades différents (Bb 11 : Larve de stade 1 : $F = 171,23$; ddl = 5 ; $p = 0,001$; Larve de stade 2 : $F = 559,77$; ddl = 5 ; $p = 0,001$; Larve de stade 3 : $F = 731,85$; ddl = 5 ; $p = 0,001$; Larve de stade 4 : $F = 173,41$; ddl = 5 ; $p = 0,001$; Met 358 : Larve de stade 1 : $F = 170,49$; ddl = 5 ; $p = 0,001$; Larve de stade 2 : $F = 568,36$; ddl = 5 ; $p = 0,001$; Larve de stade 3 : $F = 434,74$; ddl = 5 ; $p = 0,001$; Larve de stade 4 : $F = 136,77$; ddl = 5 ; $p = 0,001$; Met 359 : Larve de stade 1 : $F = 149,27$; ddl = 5 ; $p = 0,001$; Larve de stade 2 : $F = 732,60$; ddl = 5 ; $p = 0,001$; Larve de stade 3 : $F = 261,07$; ddl = 5 ; $p = 0,001$; Larve de stade 4 : $F = 207,02$; ddl = 5 ; $p = 0,001$).

Tableau XIII : Pourcentage d'efficacité (%) des champignons entomopathogènes sur les larves de *C. lameensis*

Produits	Concentrations en spores/mL	Pourcentages d'efficacité (%)			
		Larve de stade 1	Larve de stade 2	Larve de stade 3	Larve de stade 4
Bb 11	10 ²	8,97 ± 0,48 e	9,04 ± 1,34 e	7,66 ± 0,77 e	4,83 ± 0,46 c
	10 ⁴	11,57 ± 0,94 e	10,73 ± 0,29 e	11,25 ± 0,63 e	9,66 ± 1,26 bc
	10 ⁶	18,23 ± 0,81 d	15,29 ± 0,35 d	13,57 ± 0,58 d	12,10 ± 0,21 b
	10 ⁸	23,85 ± 1,62 c	21,70 ± 1,54 c	21 ± 1 c	13,33 ± 1,53 b
	10 ¹⁰	31,67 ± 2,08 b	35,33 ± 1,53 b	30 ± 1 b	14 ± 1,53 b
	10 ¹²	41,33 ± 3,06 a	38,67 ± 1,53 a	34,67 ± 0,58 a	29 ± 1 a
F		171,23	559,77	731,85	173,41
P		0,001	0,001	0,001	0,001
ddl		5	5	5	5
Met 358	10 ²	12,71 ± 0,62 d	8,36 ± 0,46 e	8,71 ± 0,26 d	6,73 ± 0,78 d
	10 ⁴	13,93 ± 0,83 d	10,44 ± 0,58 e	12,47 ± 0,91 d	11,05 ± 1,02 c
	10 ⁶	24,16 ± 0,80 c	15,87 ± 0,33 d	17,33 ± 1,20 c	19,24 ± 0,75 b
	10 ⁸	27,41 ± 0,96 c	20,28 ± 0,89 c	21,97 ± 0,50 b	23,85 ± 1,62 b
	10 ¹⁰	33 ± 1 b	29 ± 1 b	24,67 ± 1,53 b	30,08 ± 0,94 a
	10 ¹²	42,33 ± 2,89 a	39,67 ± 2,52 a	36,67 ± 1,53 a	30,33 ± 1,53 a
F		170,49	568,36	434,74	136,77
P		0,001	0,001	0,001	0,001
ddl		5	5	5	5
Met 359	10 ²	11,90 ± 0,79 d	10,38 ± 0,38 e	7,83 ± 0,45 d	3,17 ± 0,38 d
	10 ⁴	14,66 ± 0,79 d	12,97 ± 0,95 d	8,86 ± 0,46 d	7,46 ± 0,60 c
	10 ⁶	23,92 ± 0,39 c	18,72 ± 0,65 c	14,32 ± 0,48 c	9,45 ± 0,42 c
	10 ⁸	35 ± 1 b	32,87 ± 0,71 b	17,17 ± 0,65 c	10,80 ± 0,89 c
	10 ¹⁰	40,08 ± 0,94 a	31 ± 1 b	28,67 ± 1,53 b	23,33 ± 1,15 b
	10 ¹²	44,33 ± 4,04 a	40,67 ± 1,53 a	34 ± 3,60 a	31 ± 1,73 a
F		149,27	732,6	261,07	207,02
P		0,001	0,001	0,001	0,001
ddl		5	5	5	5

Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5%.

3.1.1.2.3. Effet des champignons entomopathogènes sur les adultes de *C. lameensis* en infestation contrôlée

❖ Effet de *M. anisopliae* (Met 358) sur les adultes mâles et femelles de *C. lameensis*

L'application de la concentration 10^2 spores/mL a entraîné des taux de mortalité qui ont varié de $23,89 \pm 0,37$ % à 100 ± 0 % pour les mâles et de $39,70 \pm 7,75$ % à 100 ± 0 % pour les femelles durant les 15 jours de contrôle. Chez les mâles, la plus faible concentration (10^2 spores/mL) n'a pas pu causer la mort de 50 % des insectes. Les concentrations $C2 = 10^4$; $C3 = 10^6$ et $C4 = 10^8$ spores/mL, ont entraîné des taux de mortalité de plus de 50 % ($51,35 \pm 3,52$; $66,38 \pm 5,36$ et $82,36 \pm 6,47$ %) au bout de 15 jours. Les taux de mortalités les plus élevés (100 ± 0 %) ont été obtenus avec les concentrations $C6 = 10^{12}$ et $C5 = 10^{10}$ spores/mL respectivement le 4^{ème} et le 6^{ème} jours (Figure 35A).

La pathogénicité de Met 358 sur les femelles au bout de 15 jours à la concentration $C1 = 10^2$ spores/mL a causé une mortalité de $39,70 \pm 7,75$ %. Les taux de mortalité ont augmenté avec les concentrations suivantes : $C2 = 10^4$; $C3 = 10^6$ et $C4 = 10^8$ spores/mL pour donner respectivement $59,38 \pm 10,48$; $79,31 \pm 7,70$ et $86,19 \pm 7,88$ %. Le plus fort taux de mortalité (100 ± 0 %) a été obtenu avec les concentrations $C5 = 10^{10}$ et $C6 = 10^{12}$ spores/mL le 6^{ème} et le 4^{ème} jour (Figure 35B). Les analyses statistiques ont révélé des différences significatives entre les taux de mortalité des différentes concentrations (adultes mâles : $F = 32$; $ddl = 6$; $p = 0,001$; adultes femelles : $F = 16,04$; $ddl = 6$; $p = 0,001$).

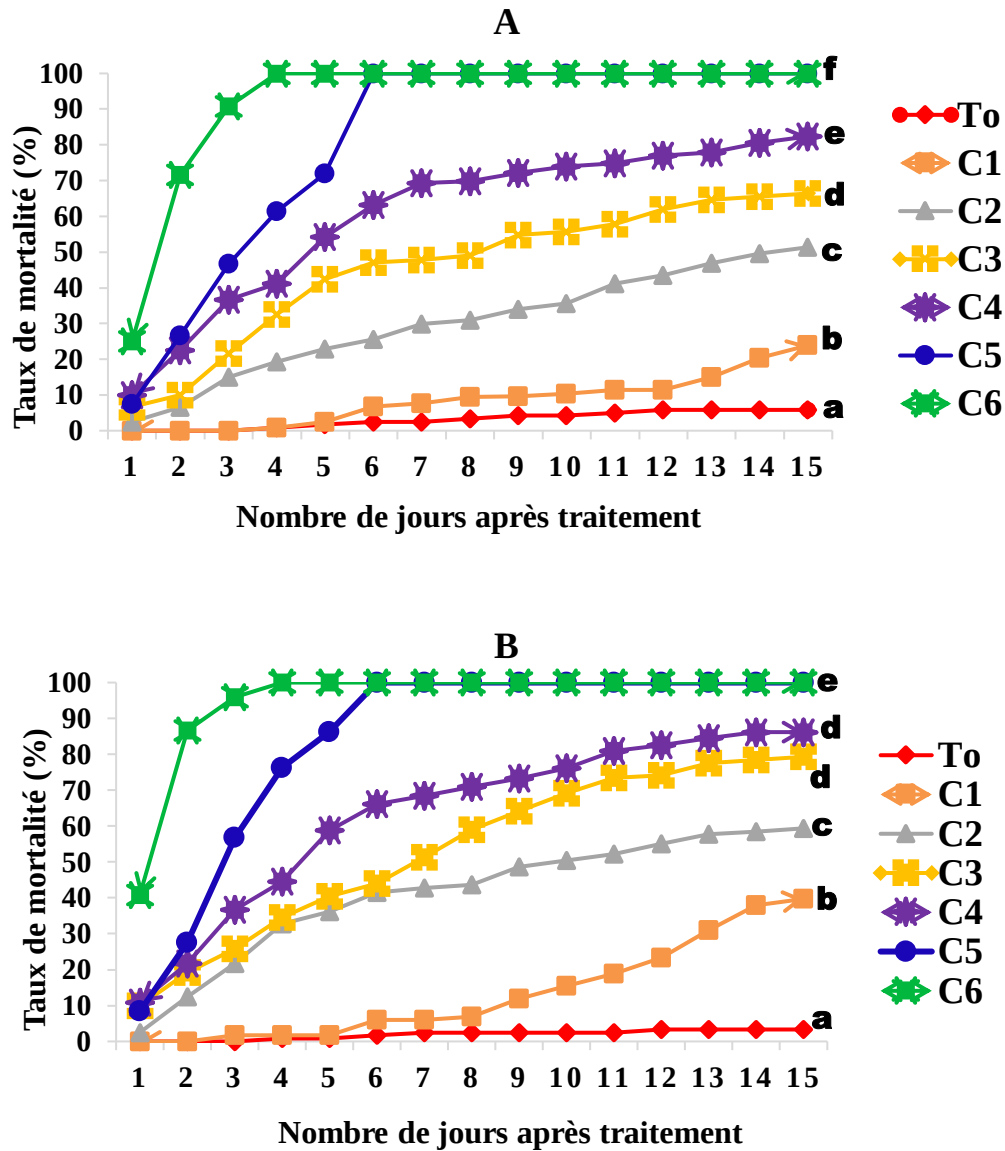


Figure 35 : Variation du taux de mortalité des mâles (A) et des femelles (B) de *C. lameensis* après traitement par *M. anisopliae* (Met 358)

To = témoin ; C1 = 10^2 spores/mL ; C2 = 10^4 spores/mL ; C3 = 10^6 spores/mL ; C4 = 10^8 spores/mL ; C5 = 10^{10} spores/mL et C6 = 10^{12} spores/mL. Test de Student-Newmans-Keuls au seuil de 5 % (adultes mâles : $F = 32$; ddl = 6 ; $p = 0,001$; adultes femelles : $F = 16,04$; ddl = 6 ; $p = 0,001$). Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

❖ Effet de *M. anisopliae* (Met 359) sur les adultes mâles et femelles de *C. lameensis*

Pendant la période de contrôle de 15 jours, les taux de mortalité ont varié de $27,41 \pm 2,67$ à 100 ± 0 % pour les mâles et de $43,97 \pm 2,65$ à 100 ± 0 % pour les femelles. Chez les mâles, les concentrations les plus faibles (C1 = 10^2 et C2 = 10^4 spores/mL) n'ont pas pu causer la mort de 50 % des insectes. Les concentrations C3 = 10^6 et C4 = 10^8 spores/mL ont entraîné des taux de mortalité de plus de 50 % durant 15 jours ($64,56 \pm 7,92$ et $77,36 \pm 4,29$ %, respectivement).

Les taux de mortalité les plus élevés ($100 \pm 0 \%$) ont été observés avec les concentrations de $C5 = 10^{10}$ et $C6 = 10^{12}$ spores/mL au 7^{ème} et au 4^{ème} jour (Figure 36A).

Concernant la pathogénicité de Met 359 sur les femelles après 15 jours à la concentration de $C1 = 10^2$ spores/mL, une mortalité de $43,97 \pm 2,65 \%$ a été observée. Les taux de mortalité ont augmenté avec les concentrations suivantes: $C2 = 10^4$; $C3 = 10^6$ et $C4 = 10^8$ spores/mL, atteignant respectivement $50,83 \pm 3,26$; $69,86 \pm 3,55$ et $80,97 \pm 12,04 \%$. Les taux de mortalité les plus élevés ($100 \pm 0 \%$) ont été enregistrés au 4^{ème} jour avec la concentration $C6 = 10^{12}$ spores/mL et au 6^{ème} jour avec la concentration $C5 = 10^{10}$ spores/mL (Figure 36B). Les analyses statistiques ont révélé des différences significatives entre les taux de mortalité des différentes concentrations (adultes mâles: $F = 20,17$; ddl = 6 ; $p = 0,001$; adultes femelles: $F = 13,29$; ddl = 6 ; $p = 0,001$).

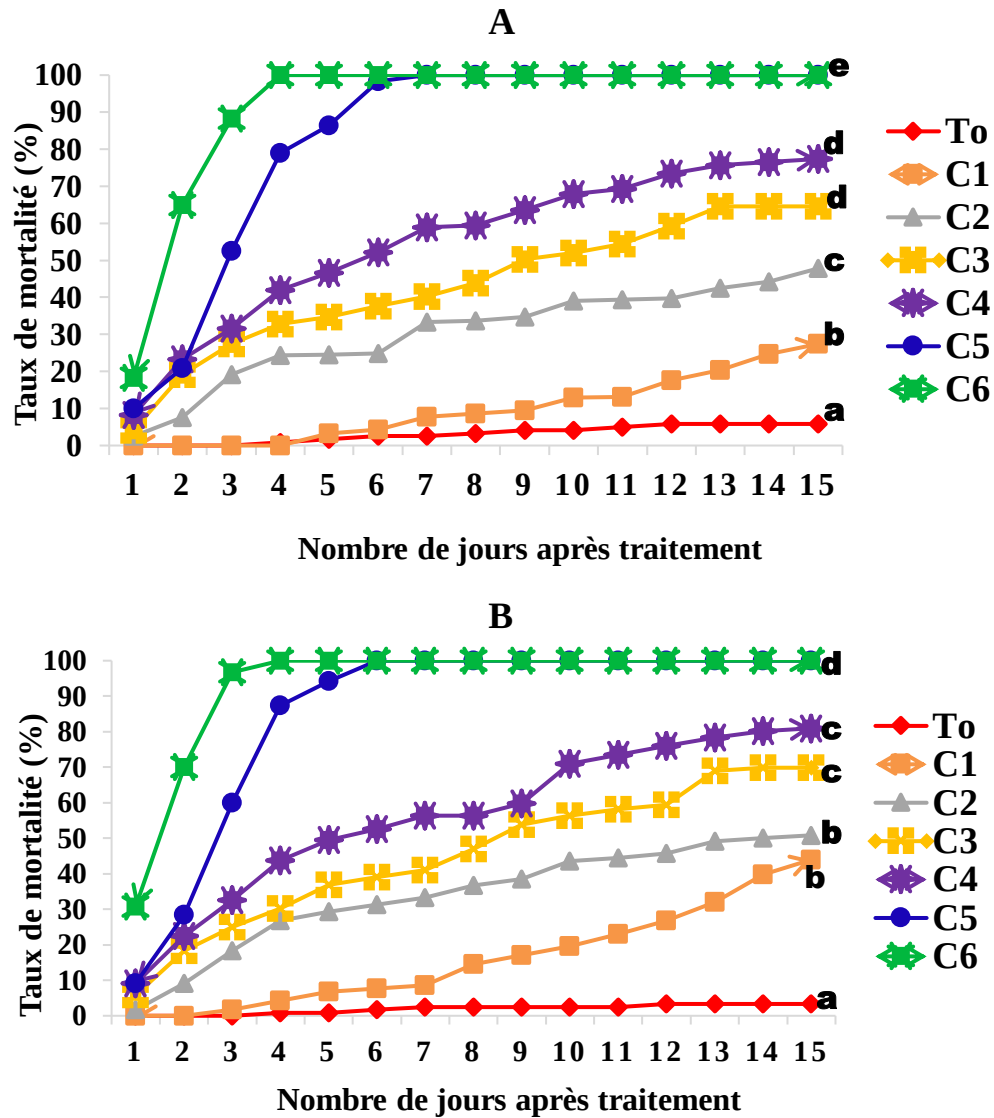


Figure 36 : Variation du taux de mortalité des mâles (A) et des femelles (B) de *C. lameensis* après traitement par *M. anisopliae* (Met 359)

To = témoin ; C1 = 10^2 spores/mL ; C2 = 10^4 spores/mL ; C3 = 10^6 spores/mL ; C4 = 10^8 spores/mL ; C5 = 10^{10} spores/mL et C6 = 10^{12} spores/mL. Test de Student-Newmans-Keuls au seuil de 5 % (adultes mâles : F = 20,17; ddl = 6 ; p = 0,001 ; adultes femelles : F = 13,29 ; ddl = 6 ; p = 0,001). Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

❖ Effet de *B. bassiana* (Bb 11) sur les adultes mâles et femelles de *C. lameensis*

Au cours des 15 jours de contrôle, les taux de mortalité ont présenté une variabilité allant de $31,84 \pm 2,25$ à 100 ± 0 % pour les mâles, et de $31,87 \pm 3,60$ à 100 ± 0 % pour les femelles. Il est important de noter que les concentrations les plus faibles (C1 = 10^2 et C2 = 10^4 spores/mL) chez les mâles n'ont pas pu entraîner la mort de 50 % des insectes. En revanche, les concentrations C3 = 10^6 et C4 = 10^8 spores/mL ont provoqué des taux de mortalité dépassant les 50 % durant 15 jours, enregistrant respectivement $50,45 \pm 2,74$ % et $68,09 \pm 5,77$ %.

Les concentrations les plus élevées ($C5 = 10^{10}$ et $C6 = 10^{12}$ spores/mL) ont induit des taux de mortalité de 100 ± 0 % respectivement le 7^{ème} jour et le 5^{ème} jour (Figure 37A).

En ce qui concerne la pathogénicité de Bb 11 sur les femelles au bout de 15 jours, les concentrations ayant engendré des taux de mortalité inférieure à 50 % ont été $C1 = 10^2$; $C2 = 10^4$ et $C3 = 10^6$ spores/mL avec respectivement $31,87 \pm 3,60$ % ; $39,63 \pm 3,52$ % et $49,98 \pm 3,42$ %. La concentration $C4 = 10^8$ spores/mL quant à elle, a induit un taux de mortalité, supérieure à 50 %. Les concentrations les plus élevées ($C5 = 10^{10}$ et $C6 = 10^{12}$ spores/mL) ont entraîné un taux de mortalité maximal de 100 ± 0 % au 5^{ème} et au 6^{ème} jours (Figure 37B). Les analyses statistiques ont révélé des différences significatives entre les taux de mortalité des différentes concentrations (adultes mâles: $F = 18,46$; $ddl = 6$; $p = 0,001$; adultes femelles: $F = 26,9$; $ddl = 6$; $p = 0,001$).

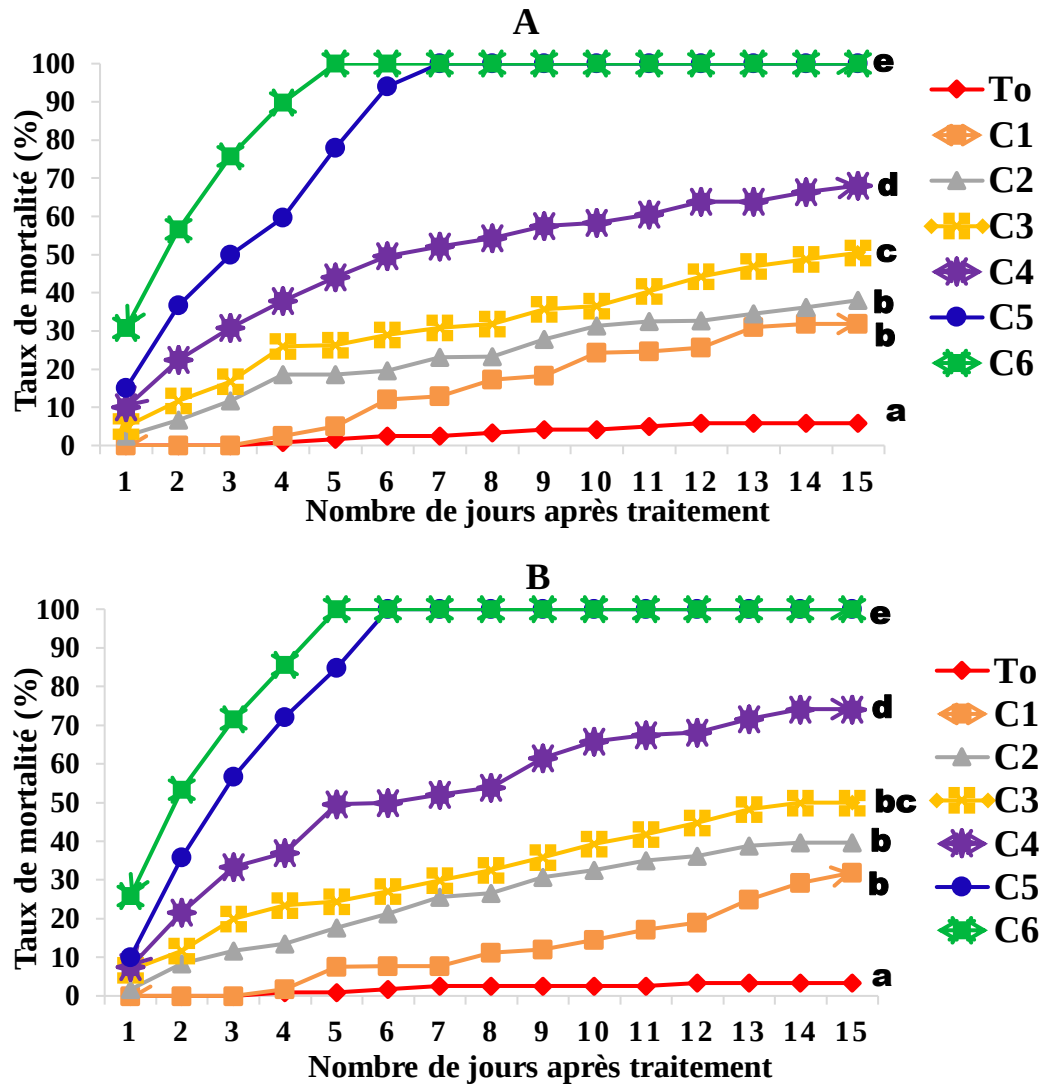


Figure 37 : Variation du taux de mortalité des mâles (A) et femelles (B) de *C. lameensis* après traitement par *Beauveria bassiana* (Bb 11)

To = témoin ; C1 = 10^2 spores/mL ; C2 = 10^4 spores/mL ; C3 = 10^6 spores/mL ; C4 = 10^8 spores/L ; C5 = 10^{10} spores/mL et C6 = 10^{12} spores/L. Test de Student-Newmans-Keuls au seuil de 5% (adultes mâles : F = 18,46 ; ddl = 6 ; p = 0,001 ; adultes femelles : F = 26,9 ; ddl = 6 ; p = 0,001). Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

3.1.1.2.4. Sporulation de Met 358, Met 359 et Bb 11 sur les adultes de *C. lameensis*

Pour toutes les concentrations utilisées, les adultes de *C. lameensis* morts ont eu une croissance fongique sur leurs cuticules (Figure 38). L'observation microscopique a révélé que les spores fongiques collectées sur les insectes morts correspondent à ceux de *Metarhizium anisopliae* et *Beauveria bassiana* utilisés.



Figure 38 : Développement du mycélium de *Metarhizium anisopliae* (A) et de *Beauveria bassiana* (B) sur les adultes de *C. lameensis* morts

a: Mycélium de *Metarhizium anisopliae* ; **b:** Mycélium de *Beauveria bassiana*

❖ Sporulation de Met 358 sur les adultes mâles et femelles de *C. lameensis*

Le taux de sporulation de Met 358 chez les mâles et les femelles de *C. lameensis* morts a augmenté avec les concentrations de Met 358 appliquées. Chez les mâles, la sporulation a varié de 0 (témoin) à $90 \pm 2,50$ % ($C6 = 10^{12}$ spores/mL). Les plus fortes sporulations ont été obtenues aux concentrations $C4 = 10^8$; $C5 = 10^{10}$ et $C6 = 10^{12}$ spores/mL avec respectivement $60,83 \pm 7,64$ %, $83,33 \pm 3,82$ % et $90 \pm 2,50$ % (Figure 39A). Quant aux femelles, les taux de sporulations les plus élevés ont été enregistrés avec $C5 = 10^{10}$ spores/mL ($80 \pm 4,33$ %) et 10^{12} spores/mL ($87,5 \pm 2,50$ %). Aucune sporulation des femelles témoins n'a été notée (Figure 39B). Les analyses statistiques ont révélé des différences significatives entre les taux de sporulations avec les différentes concentrations de Met 358 (adultes mâles : $F = 64,86$; ddl = 6 ; $p = 0,001$; adultes femelles : $F = 83,93$; ddl = 6 ; $p = 0,001$).

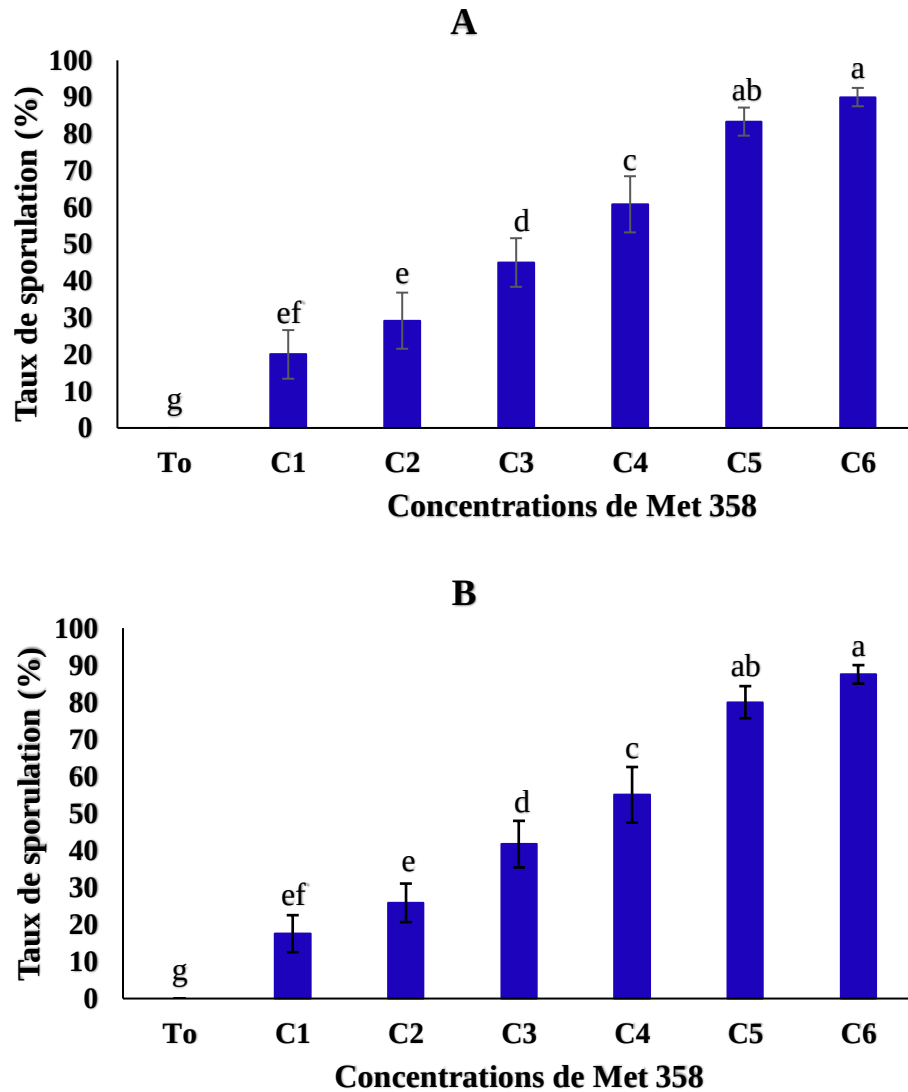


Figure 39 : Taux des adultes mâles (A) et femelles (B) de *C. lameensis* morts recouverts de mycélium de Met 358 en fonction des concentrations

To = témoin ; **C1** = 10^2 spores/mL ; **C2** = 10^4 spores/mL ; **C3** = 10^6 spores/mL ; **C4** = 10^8 spores/mL ; **C5** = 10^{10} spores/mL et **C6** = 10^{12} spores/mL. Test de Student-Newmans-Keuls au seuil de 5 % (adultes mâles : **F** = 64,86 ; **ddl** = 6 ; **p** = 0,001 ; adultes femelles : **F** = 83,93 ; **ddl** = 6 ; **p** = 0,001). Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

❖ Sporulation de Met 359 sur les adultes mâles et femelles de *C. lameensis*

Le taux de sporulation du champignon chez les adultes mâles et chez les adultes femelles de *C. lameensis* morts augmente également avec les concentrations de Met 359 appliquées. Concernant les adultes mâles, la sporulation a varié de 0 (témoin) à $92,5 \pm 2,50$ % (C6 = 10^{12} spores/mL). Les taux de sporulations ayant dépassé 50 % ont été obtenus aux concentrations C4 = 10^8 ; C5 = 10^{10} et C6 = 10^{12} spores/mL avec respectivement $65 \pm 6,61$ % ; $85,83 \pm 3,82$ % et $92,5 \pm 2,50$ % (Figure 40A).

S'agissant des femelles, les taux de sporulations les plus élevés ont été obtenus avec les concentrations C5 = 10^{10} spores/mL ($80 \pm 4,33$ %) et C6 = 10^{12} spores/mL ($89,17 \pm 1,44$ %).

Aucune sporulation des femelles témoins n'a été notée (Figure 40B). Les analyses statistiques ont révélé des différences significatives entre les taux de sporulations avec les différentes concentrations de Met 359 (adultes mâles: $F = 52,41$; $ddl = 6$; $p = 0,001$; adultes femelles : $F = 67,63$; $ddl = 6$; $p = 0,001$).

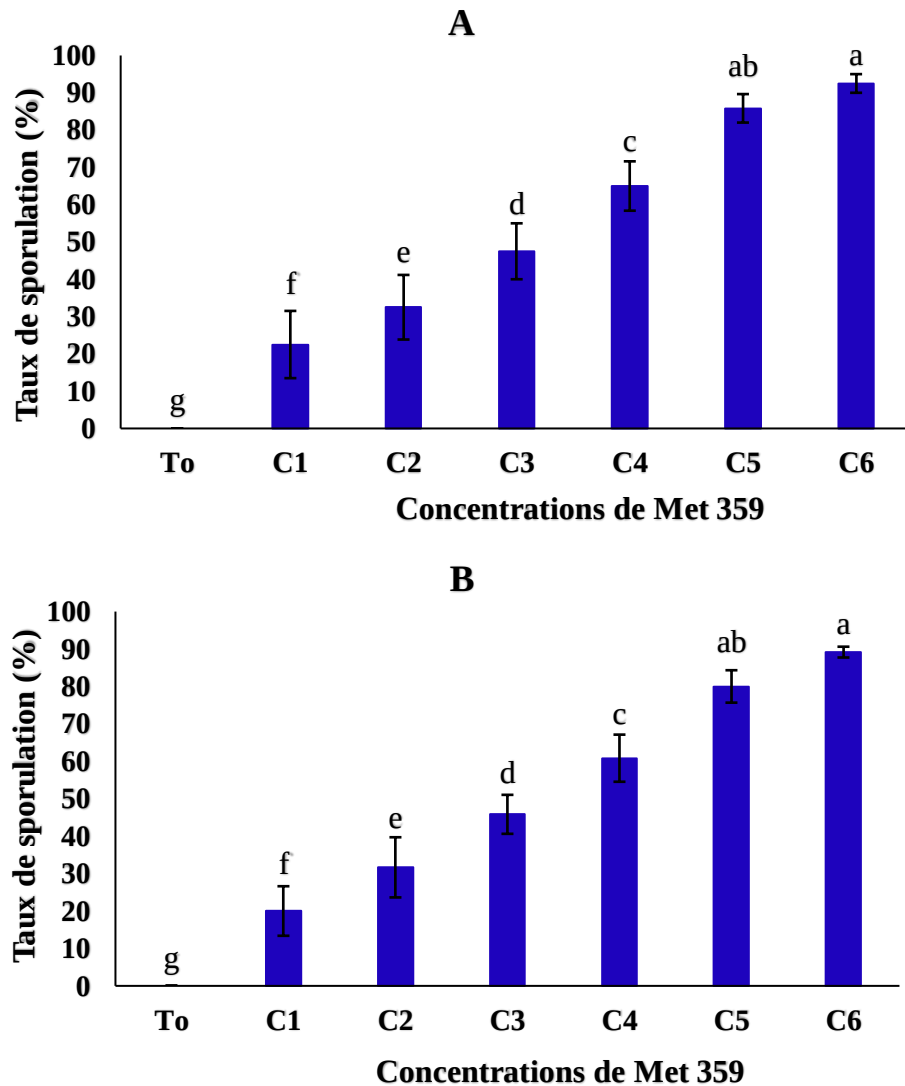


Figure 40 : Taux des adultes mâles (A) et femelles (B) de *C. lameensis* morts recouverts de mycélium de Met 359 en fonction des concentrations

To = témoin ; C1 = 10^2 spores/mL ; C2 = 10^4 spores/mL ; C3 = 10^6 spores/mL ; C4 = 10^8 spores/mL ; C5 = 10^{10} spores/mL et C6 = 10^{12} spores/mL. Test de Student-Newmans-Keuls au seuil de 5 % (adultes mâles : $F = 52,41$; $ddl = 6$; $p = 0,001$; adultes femelles : $F = 67,63$; $ddl = 6$; $p = 0,001$). Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

❖ Sporulation de Bb 11 sur les adultes mâles et femelles de *C. lameensis*

Les taux de sporulations chez les adultes de *C. lameensis* morts ont aussi augmenté avec les concentrations sous l'effet de Bb 11. Chez les adultes mâles, la sporulation a varié de 0 (témoin) à $80,83 \pm 6,29 \%$ ($C6 = 10^{12}$ spores/mL).

Les taux de sporulations les plus élevés ont été obtenus aux concentrations $C5 = 10^{10}$ et $C6 = 10^{12}$ spores/mL avec respectivement $70,83 \pm 3,82 \%$ et $80,83 \pm 6,29 \%$ (Figure 41A). Concernant les femelles, les taux de sporulations les plus élevés ont été obtenus avec les concentrations $C5 = 10^{10}$ spores/mL ($69,17 \pm 5,20 \%$) et $C6 = 10^{12}$ spores/mL ($77,5 \pm 2,50 \%$). Aucune sporulation chez les femelles témoins n'a été notée (Figure 41B). Les analyses statistiques ont révélé des différences significatives entre les taux de sporulations avec les différentes concentrations de Bb 11 (adultes mâles : $F = 76,78$; ddl = 6 ; $p = 0,001$; adultes femelles : $F = 150,74$; ddl = 6 ; $p = 0,001$).

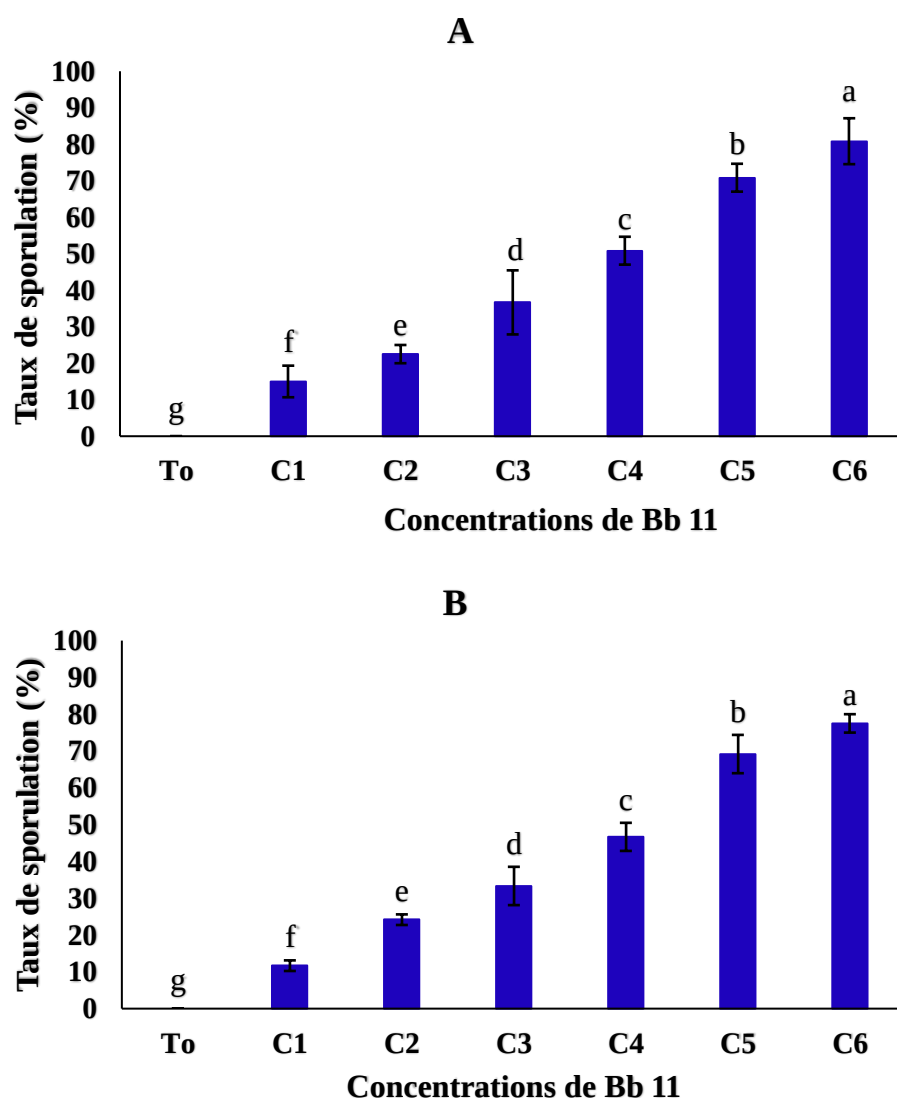


Figure 41 : Taux des adultes mâles (A) et femelles (B) de *C. lameensis* morts recouverts de mycélium de Bb 11 en fonction des concentrations

To = témoin ; C1 = 10^2 spores/mL ; C2 = 10^4 spores/mL ; C3 = 10^6 spores/mL ; C4 = 10^8 spores/mL ; C5 = 10^{10} spores/mL et C6 = 10^{12} spores/mL. Test de Student-Newmans-Keuls au seuil de 5 % (adultes mâles : F = 76,78 ; ddl = 6 ; p = 0,001 ; adultes femelles : F = 150,74 ; ddl = 6 ; p = 0,001). Les moyennes suivies des lettres différentes sont significativement différentes.

3.1.1.2.5. Taux globaux de mortalité des adultes de *C. lameensis* suite à la pulvérisation du Met 358, du Met 359 et du Bb 11

Tous les champignons entomopathogènes (Met 358, Met 359 et Bb 11) entraînent la mort des adultes mâles et femelles de *C. lameensis*. Les concentrations 10^2 et 10^4 spores/mL ont enregistré les mortalités les plus faibles (comprises entre 8 et 42 %) aux niveaux des mâles et femelles traités avec Met 358, Met 359 et Bb 11. Quant aux concentrations 10^6 et 10^8 spores/mL, elles ont enregistré des mortalités moyennes (comprises entre 43 et 65 %) aux niveaux des mâles et femelles traités avec Met 358, Met 359.

Les concentrations les plus élevées 10^{10} et 10^{12} spores/mL ont entraîné les mortalités les plus fortes (comprises entre 80 et 95 %) aux niveaux des mâles et femelles traités avec Met 358, Met 359 et Bb 11. (Tableau XIV). L'analyse statistique a révélé des différences significatives entre les taux de mortalité ($F = 5,29$; ddl = 35 ; $p = 0,001$).

3.1.1.2.6. Doses létales (DL_{50} et DL_{90}) au 4^{ème} jour après application de Met 358, Met 359 et Bb 11 sur les adultes mâles et femelles de *C. lameensis*

Il fallait $2,46.10^8$ et $2,07.10^8$ spores/mL de l'isolat Bb 11 pour tuer 50 % des adultes mâles et femelles de *C. lameensis*. Par contre, il fallait $7,35.10^7$ et $1,31.10^7$ spores/mL de l'isolat Met 358 et $2,25.10^7$ et 10^7 spores/mL de l'isolat Met 359 pour tuer 50 % des adultes mâles et femelles de *C. lameensis* (Tableau XV).

Pour tuer 90 % des mâles et femelles de *C. lameensis*, respectivement $1,96.10^{13}$ et $4,58.10^{12}$ spores/mL de l'isolat Bb 11 étaient nécessaires. En revanche, il fallait $1,34.10^{12}$ et $3,06.10^{11}$ spores/mL de l'isolat Met 358 puis $1,73.10^{11}$ et $9,02.10^{10}$ spores/mL de l'isolat Met 359 pour tuer 90 % des adultes mâles et femelles (Tableau XV).

Tableau XIV : Taux globaux de mortalité (%) des mâles et femelles de *C. lameensis*

Concentrations	Met 358		Met 359		Bb 11	
	Mâles	Femelles	Mâles	Femelles	Mâles	Femelles
10 ² spores/mL	8,63 ± 1,09 f	13,46 ± 2,06 f	9,98 ± 1,42 f	16,36 ± 2,13 f	15,80 ± 1,80 f	12,29 ± 1,64 f
10 ⁴ spores/mL	30,34 ± 2,25 e	41,03 ± 2,61 e	30,49 ± 2,06 e	33,90 ± 2,41 e	23,80 ± 1,64 e	25,24 ± 1,84 e
10 ⁶ spores/mL	45,60 ± 2,88 d	53,37 ± 3,55 d	43,31 ± 2,77 d	45,33 ± 2,90 d	32,01 ± 2 d	32,39 ± 2,02 d
10 ⁸ spores/mL	60,39 ± 3,38 c	63,19 ± 3,60 c	55,08 ± 3,11 c	56,17 ± 3,36 c	49,30 ± 2,60 c	52,53 ± 2,95 c
10 ¹⁰ spores/mL	80,94 ± 4,57 b	84,22 ± 4,35 b	83,13 ± 4,45 b	85,27 ± 4,28 b	82,22 ± 4,16 b	83,96 ± 4,17 b
10 ¹² spores/mL	92,50 ± 2,95 a	94,89 ± 2,25 a	91,44 ± 3,25 a	93,17 ± 2,77 a	90,22 ± 3,06 a	89,10 ± 3,26 a

Test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5 % (**F** = 5,29 ; **ddl** = 35 ; **p** = 0,001). Dans la même colonne, les moyennes suivies des lettres différentes sont significativement différentes.

Tableau XV : Valeurs des DL₅₀ et des DL₉₀ au 4^{ème} jour après traitement

					Intervalles de confiances (95 %)					
					Inferieures		Supérieures		X^2	
<i>B.</i>	Isolats	DL	Mâles	Femelles	Mâles	Femelles	Mâles	Femelles	Mâles	Femelles
<i>bassiana</i>	Bb 11	DL ₅₀	2,46.10 ⁸	2,07.10 ⁸	1,91.10 ⁷	8,81.10 ⁷	5,30.10 ⁹	5,10.10 ⁸	14,7	5,11
		DL ₉₀	1,96.10 ¹³	4,58.10 ¹²	3,21.10 ¹¹	10 ¹²	6,74.10 ¹⁶	3,05.10 ¹³		
<i>M.</i>	Met 358	DL ₅₀	7,35.10 ⁷	1,31.10 ⁷	1,29.10 ⁶	9,37.10 ⁴	8,25.10 ⁹	2,07.10 ⁹	37,6	45
		DL ₉₀	1,34.10 ¹²	3,06.10 ¹¹	1,09.10 ¹⁰	1,97.10 ⁹	1,31.10 ¹⁸	3,08.10 ¹⁸		
<i>anisopliae</i>	Met 359	DL ₅₀	2,25.10 ⁷	10 ⁷	1,94.10 ⁷	4,57.10 ⁵	1,80.10 ⁵	5,55.10 ⁸	37,6	37,3
		DL ₉₀	1,73.10 ¹¹	9,02.10 ¹⁰	2,79.10 ¹¹	2,41.10 ⁹	1,27.10 ⁹	6,13.10 ¹⁵		

3.1.2. Impact des champignons entomopathogènes sur la prise de nourriture et l'activité de ponte de *C. lameensis* en infestation contrôlée

3.1.2.1. Impact des champignons entomopathogènes sur la prise de nourriture de *C. lameensis* en infestation contrôlée

3.1.2.1.1. Pulvérisation des champignons entomopathogènes (Bb 11, Met 358 et Met 359) sur les folioles de palmier suivie de l'introduction des adultes de *C. lameensis* dans les manchons

La mise en contact de 40 insectes mâles et 40 insectes femelles avec les champignons entomopathogènes sur des folioles durant 5 jours dans les manchons a entraîné des mortalités de 11 ; 19 et 18 (mâles) et 15 ; 23 et 20 (femelles) respectivement avec Bb 11, Met 358 et Met 359. La longueur moyenne des sillons creusés par les adultes mâles et femelles durant les 5 jours en présence des folioles dans les manchons témoins, ont été respectivement de $22,60 \pm 4,96$ cm et $30,65 \pm 5,10$ cm (Tableau XVI).

Les mâles ont creusé des sillons de longueur variant de $14,78 \pm 4,19$ cm (Bb 11) à $10,83 \pm 3,51$ cm (Met 358). Quant aux femelles, les sillons varient de $13,07 \pm 3,91$ cm (Bb 11) à $8,42 \pm 3,50$ cm (Met 359) (Tableau XVI).

L'analyse statistique a révélé une différence significative entre les longueurs des sillons réalisés par les insectes ($F = 36,53$; ddl = 15; $p = 0,001$).

3.1.2.1.2. Introduction des adultes de *C. lameensis* dans les manchons suivis de la pulvérisation des champignons entomopathogènes (Bb 11, Met 358 et Met 359)

Sur un effectif de 40 insectes mâles et 40 insectes femelles mis dans les manchons en début d'expérimentation, 21 ; 31 et 36 sont morts chez les mâles et 32 ; 38 et 40 chez les femelles respectivement en présence des champignons entomopathogènes Bb 11, Met 358 et Met 359 durant 5 jours. Les adultes mâles traités avec Bb 11, Met 358 et Met 359 ont creusé moins de sillons ($10,38 \pm 4,47$ cm, $9,21 \pm 3,23$ cm, $7,46 \pm 1,05$ cm) par rapport aux mâles témoins ($22,60 \pm 4,96$ cm). Les longueurs moyennes des sillons creusés par les adultes femelles traités avec Bb 11 et Met 358 ($9,61 \pm 2$ cm et $7,78 \pm 1,62$ cm) ont été également moins que celles creusés par les femelles témoins ($30,65 \pm 5,10$ cm). Les femelles ayant reçu Met 359 n'ont pas pu creuser des sillons sur les folioles.

Les adultes femelles ayant reçu les champignons entomopathogènes ont creusé moins de sillons que les adultes mâles traités avec les mêmes champignons entomopathogènes (Tableau XVI). L'analyse statistique a révélé une différence significative entre les longueurs des sillons réalisés par les insectes ($F = 36,53$; $ddl = 15$; $p = 0,001$).

Tableau XVI : Effet des champignons entomopathogènes Met 358, Met 359 et Bb 11 sur la prise de nourriture des adultes de *C. lameensis*

	Longueur des sillons (cm)			
	Pulvérisation des folioles puis introduction des insectes		Introduction des insectes puis pulvérisation	
Produits	Mâles	Femelles	Mâles	Femelles
Bb 11	14,78 ± 4,19 b	13,07 ± 3,91 b	10,38 ± 4,47 b	9,61 ± 2 b
Met 358	10,83 ± 3,51 b	9,43 ± 3,23 b	9,21 ± 3,23 b	7,78 ± 1,62 b
Met 359	11,65 ± 3,01 b	8,42 ± 3,50 b	7,46 ± 1,05 b	-
Témoin	22,60 ± 4,96 a	30,65 ± 5,10 a	22,60 ± 4,96 a	30,65 ± 5,10 a

Test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5% ($F = 36,53$; $ddl = 15$; $p = 0,001$). Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

3.1.2.2. Impact des champignons entomopathogènes sur l'activité de ponte de *C. lameensis*

L'activité de ponte d'une femelle normale diffère de celle d'une femelle infectée. La femelle normale peut pondre jusqu'à 60 œufs/semaine, mais sur une période de 40 jours, les pontes varient de 20 à 30 œufs en moyenne. Quand les femelles de *C. lameensis* sont infectées par Bb 11, Met 358 et Met 359, il y a une réduction de la ponte de 38 % dès les 1^{ers} jours. La ponte continue de chûter pour atteindre 95 % de réduction des œufs 30 jours après. Il n'y a plus de ponte à partir du 35^{ème} jour jusqu'au 40^{ème} jour (Figure 42). L'analyse statistique a révélée des différences significatives entre le nombre d'œufs pondus ($F = 14,44$; $ddl = 31$; $P = 0,00$).

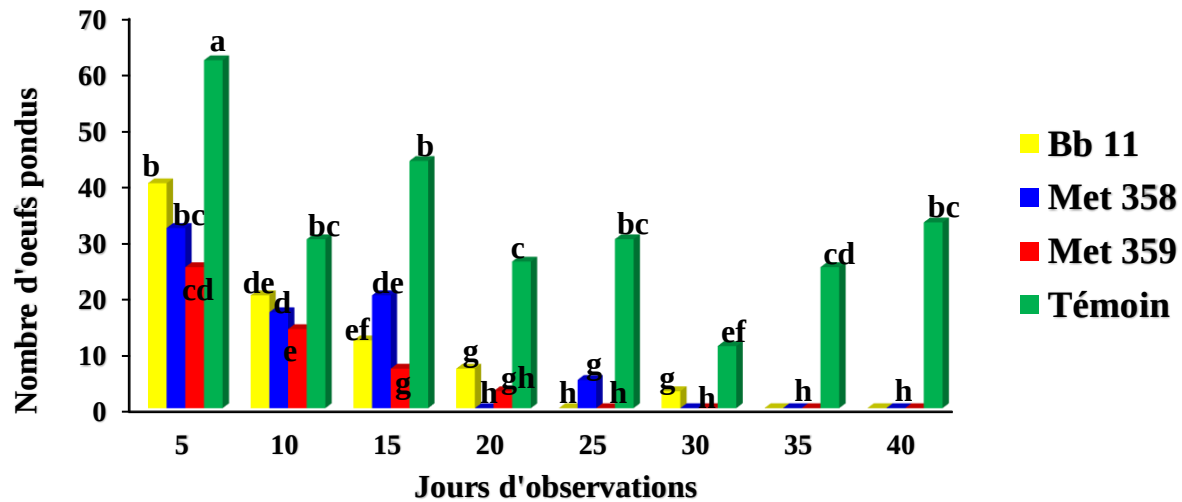


Figure 42 : Nombre d'œufs pondus par les femelles de *C. lameensis* ayant survécu aux pulvérisations des champignons entomopathogènes

Test de Student-Newmans-Keuls au seuil de 5% ($F = 14,44$; $ddl = 31$; $P = 0,00$). Les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

3.1.3. Transmission horizontale des champignons entomopathogènes (Met 358, Met 359 et Bb 11)

3.1.3.1. Transmission horizontale des champignons entomopathogènes (Met 358, Met 359 et Bb 11) avec les ratios 3:27 ; 9:21 et 15:15

3.1.3.1.1. Transmission horizontale de Met 358

Les taux de mortalités des adultes mâles de *C. lameensis* contaminés avec le Met 358 ont varié de 0 ± 0 (ratio 3M:27F) à $85,53 \pm 5,09$ % (ratio 15M:15F) du 1^{er} au 15^{ème} jours après leurs introductions dans les lots des femelles non contaminées. 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 XVII). Les ratios 9M:21F et 15M:15F ont causé respectivement des taux de mortalités de $72,24 \pm 6,94$ et $85,53 \pm 5,09$ %. Concernant les femelles de *C. lameensis* contaminées 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 $87,80 \pm 1,92$ % au 15^{ème} jour de contrôle après introduction de ces femelles contaminées dans les lots des mâles non contaminés (Tableau XVII). Les analyses statistiques ont révélé des différences significatives entre les taux de mortalités avec les différents ratios (mâles contaminés : $F = 32,90$; $ddl = 44$; $p = 0,001$; femelles contaminées : $F = 22,55$; $ddl = 44$; $p = 0,001$).

Tableau XVII : Effectifs 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	0M:0F (0 ± 0 %) g	0M:0F (0 ± 0 %) i	0M:0F (0 ± 0 %) j
2	0M:0F (0 ± 0 %) g	0M:0,23F (1,10 ± 1 %) i	0M:0,17F (1,13 ± 1 %) j
3	0,33M:0,60F (2,22 ± 1,92 %) g	0,67M:1,24F (5,90 ± 1,92 %) h	0M:1F (6,67 ± 3,33 %) i
4	1M:2,10F (7,78 ± 1,92 %) f	1,33M:1,63F (7,76 ± 1,92 %) h	1,67M:1,33F (8,87 ± 1,92 %) i
5	1,67M:3,93F (14,56 ± 1,92 %) e	2M:3,50F (16,67 ± 3,33 %) g	2,67M:3,33F (22,20 ± 3,85 %) h
6	0M:4,50F (16,67 ± 0 %) e	3M:5,13F (24,43 ± 5,09 %) f	3,67M:4,33F (28,87 ± 5,09 %) g
7	0M:6,90F (25,56 ± 5,09 %) d	2M:6,3F (30 ± 5,77 %) e	0,33M:5,17F (34,47 ± 9,62 %) f
8	0M:9,30F (34,44 ± 3,85 %) c	0M:7,23F (34,43 ± 1,92 %) e	0M:5,83F (38,87 ± 5,09 %) f
9	0M:10,80F (40 ± 5,77 %) ab	0M:8,87F (42,24 ± 5,09 %) d	0M:7,33F (48,87 ± 6,93 %) e
10	0M:12F (44,44 ± 6,94 %) a	0M:10,03F (47,76 ± 3,85 %) cd	0M:8,33F (55,53 ± 5,09 %) d
11	0M:12,60F (46,67 ± 3,33 %) a	0M:11,20F (53,33 ± 6,67 %) c	0M:9,67F (64,47 ± 6,94 %) c
12	0M:12,60F (46,67 ± 3,33 %) a	0M:13,07F (62,24 ± 9,62 %) b	0M:10,83F (72,20 ± 8,39 %) b
13	0M:12,60F (46,67 ± 3,33 %) a	0M:14,93F (71,10 ± 8,39 %) a	0M:12F (80 ± 3,33 %) a
14	0M:12,60F (46,67 ± 3,33 %) a	0M:15,17F (72,24 ± 6,94 %) a	0M:12,33F (82,20 ± 3,85 %) a
15	0M:12,60F (46,67 ± 3,33 %) a	0M:15,17F (72,24 ± 6,94 %) a	0M:12,83F (85,53 ± 5,09 %) a

M : Mâles ; F : Femelles ; **M** : Mâles contaminés ; **F** : Femelles non contaminées. Test de Student-Newmans-Keuls au seuil de 5% (F = 32,90 ; ddl = 44 ; p = 0,001). Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

Tableau XVIII : Effectifs 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 introduites dans les lots des mâles non contaminés		
	3F:27M	9F:21M	15F:15M
1	0F:0M (0 ± 0 %) g	0F:0M (0 ± 0 %) h	0F:M (0 ± 0 %) i
2	0F:0M (0 ± 0 %) g	0F:0,23M (1,10 ± 1 %) h	1,67F:0M (0 ± 0 %) i
3	2F:2,10M (7,78 ± 5,09 %) f	1,33F:1,63M (7,76 ± 1,92 %) g	2F:2,33M (15,53 ± 8,89%) h
4	0F:4,20M (15,56 ± 1,92 %) e	3,33F:3,50M (16,67 ± 6,67 %) f	3F:2,33M (15,53 ± 8,89 %) h
5	0F:5,10M (18,89 ± 3,85 %) e	2,67F:4,90M (23,33 ± 3,33 %) e	2,33F:3,33M (22,20 ± 1,92 %) g
6	0F:7,20M (26,67 ± 3,33 %) d	1,67F:5,60M (26,67 ± 5,78 %) e	5,67F:4,33M (28,87 ± 5,09 %) g
7	0F:9M (33,33 ± 3,33 %) c	0F:7,23M (34,43 ± 6,94 %) d	0F:5,67M (37,80 ± 1,92 %) ef
8	0F:9,90M (36,67 ± 3,33 %) bc	0F:8,40M (40 ± 3,33 %) c	0F:6,17M (41,13 ± 3,85 %) e
9	0F:10,50M (38,89 ± 5,09) b	0F:8,87M (42,24 ± 6,93 %) c	0F:7M (46,67 ± 8,82 %) e
10	0F:10,50M (38,89 ± 5,09 %) b	0F:9,57M (45,57 ± 5,09 %) bc	0F:8,33M (55,53 ± 8,39 %) d
11	0F:11,70M (43,33 ± 3,33 %) b	0F:10,50M (50 ± 6,67 %) b	0F:9,17M (61,13 ± 6,75 %) c
12	0F:12,30M (45,56 ± 1,92 %) ab	0F:11,20M (53,33 ± 5,77 %) ab	0F:10,50M (70 ± 6,67 %) b
13	0F:13,80M (51,11 ± 3,85 %) a	0F:12,58M (59,90 ± 3,85 %) a	0F:12,17M (81,13 ± 3,85 %) a
14	0F:13,80M (51,11 ± 3,85 %) a	0F:13,30M (63,33 ± 6,67 %) a	0F:13,17M (87,80 ± 1,92 %) a
15	0F:13,80M (51,11 ± 3,85 %) a	0F:13,30M (63,33 ± 6,67 %) a	0F:13,17M (87,80 ± 1,92 %) a

M : Mâles ; F : Femelles ; F : Femelles contaminées ; M : Mâles non contaminés. Test de Student-Newmans-Keuls au seuil de 5% (F = 22,55 ; ddl = 44 ; p = 0,001). Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

3.1.3.1.2. Transmission horizontale de Met 359

Les adultes mâles de *C. lameensis* contaminés avec le Met 359 ont entraîné des mortalités à partir du 2^{ème} jour aux ratios 9M:21F et 15M:15F lorsqu'ils ont été introduits dans les manchons contenant des femelles non contaminées. Les taux de mortalité les plus élevés $80 \pm 3,33$ % et $93,33 \pm 6,67$ % ont été enregistrés 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 contaminées (Tableau XIX). Les taux de mortalité causés par les femelles de *C. lameensis* contaminées 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 XX). Les analyses statistiques ont révélé des différences significatives entre les taux de mortalités avec les différents ratios (mâles contaminés : $F = 52,77$; $ddl = 44$; $p = 0,001$; femelles contaminées : $F = 34,99$; $ddl = 44$; $p = 0,001$).

Tableau XIX : Effectifs 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 %) h	0M:0F (0 ± 0 %) i	0M:0F (0 ± 0 %) k
2	0M:0F (0 ± 0 %) h	1M:0F (0 ± 0 %) i	0M:0,67F (4,47 ± 1,92 %) j
3	1M:1,20F (4,44 ± 1,92 %) g	2M:0F (0 ± 0 %) i	1M:1,67F (11,13 ± 1,92 %) i
4	2M:2,7F (10 ± 0 %) ef	1M:2,1F (10 ± 3,33 %) h	2M:3,33F (22,20 ± 1,92 %) h
5	0M:3,90F (14,44 ± 1,92 %) e	1,67M:3,03F (14,44 ± 6,94 %) h	0M:4F (26,67 ± 3,33 %) h
6	0M:4,64F (17,19 ± 3,85 %) e	3M:5,37F (25,57 ± 3,85 %) fg	3,33M:5,33F (35,53 ± 3,85 %) g
7	0M:6,30F (23,33 ± 0 %) d	1M:6,30F (30 ± 6,67 %) f	5M:6,67F (44,47 ± 5,09 %) f
8	0M:8,40F (31,11 ± 5,09 %) c	0,33M:7,23F (34,43 ± 3,85 %) f	3,67M:8F (53,33 ± 3,33 %) e
9	0M:9,90F (36,67 ± 6,67 %) c	0M:9,10F (43,33 ± 3,33 %) e	0M:9F (60 ± 3,33 %) d
10	0M:12F (44,44 ± 6,94 %) b	0M:11,43F (54,43 ± 1,92 %) cd	0M:10,50F (70 ± 3,33 %) c
11	0M:12,90F (47,78 ± 6,94 %) ab	0M:12,37F (58,89 ± 5,09 %) c	0M:10,83F (72,20 ± 3,85 %) c
12	0M:13,5F (50 ± 6,67 %) a	0M:13,07F (62,22 ± 5,09 %) c	0M:11,33F (75,53 ± 1,92 %) c
13	0M:14,10F (52,22 ± 3,84 %) a	0M:15,07F (71,76 ± 5,09 %) b	0M:12,17F (81,13 ± 1,92 %) b
14	0M:14,40F (53,33 ± 3,33 %) a	0M:16,80F (80 ± 3,33 %) a	0M:12,83F (85,53 ± 1,92 %) b
15	0M:14,40F (53,33 ± 3,33 %) a	0M:16,80F (80 ± 3,33 %) a	0M:14F (93,33 ± 6,67 %) a

M : Mâles ; F : Femelles ; **M** : Mâles contaminés ; F : Femelles non contaminées. Test de Student-Newmans-Keuls au seuil de 5% (F = 52,77 ; ddl = 44 ; p = 0,001). Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

Tableau XX : Effectifs 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 introduites dans les lots des mâles non contaminés		
	3F:27M	9F:21M	15F:15M
1	0F:0M (0 ± 0 %) i	0F:0M (0 ± 0 %) h	0F:0M (0 ± 0 %) j
2	0,33F:0M (0 ± 0 %) i	1,67F:0M (0 ± 0 %) h	3,33F:0M (0 ± 0 %) j
3	1,67F:2,70M (10 ± 3,33 %) e	2,33F:2,33M (11,10 ± 5,09 %) g	4F:0M (0 ± 0 %) j
4	1F:5,40M (20 ± 3,33 %) d	4F:4,43M (21,10 ± 3,85 %) f	5,67F:4,33M (28,87 ± 5,09 %) h
5	0F:6,30M (23,33 ± 3,33 %) d	1F:5,60M (26,67 ± 3,33 %) f	2F:4,67M (31,13 ± 1,92 %) h
6	0F:7,20M (26,67 ± 5,77 %) d	0F:7M (33,33 ± 3,33 %) e	0F:5,50M (36,67 ± 5,77 %) h
7	0F:9,90M (36,67 ± 3,33 %) c	0F:8,17M (38,90 ± 1,92 %) e	0F:6,33M (42,20 ± 5,09 %) g
8	0F:10,8M (40 ± 3,33 %) bc	0F:8,87M (42,24 ± 1,92 %) de	0F:7M (46,67 ± 8,82 %) g
9	0F:11,10M (41,11 ± 1,92 %) b	0F:9,80M (46,67 ± 6,67 %) d	0F:7,83M (52,20 ± 1,92 %) f
10	0F:11,40M (42,22 ± 1,92 %) b	0F:10,27M (48,90 ± 3,85 %) d	0F:9,17M (61,13 ± 5,09 %) e
11	0F:12,30M (45,56 ± 1,92 %) b	0F:11,43M (54,43 ± 3,85 %) c	0F:10,5M (70 ± 8,82 %) d
12	0F:12,90M (47,78 ± 1,92 %) ab	0F:12,13M (57,76 ± 1,92 %) c	0F:11,50M (76,67 ± 6,67 %) c
13	0F:14,10M (52,22 ± 5,09 %) a	0F:14,23M (67,76 ± 5,88 %) b	0F:12,50M (83,33 ± 6,67 %) b
14	0F:14,10M (52,22 ± 5,09 %) a	0F:16,33M (77,76 ± 5,09 %) a	0F:14,17M (94,47 ± 5,09 %) a
15	0F:14,10M (52,22 ± 5,09 %) a	0F:16,33M (77,76 ± 5,09 %) a	0F:14,50M (96,67 ± 5,77 %) a

M : Mâles ; F : Femelle s; F : Femelles contaminées ; M : Mâles non contaminés. Test de Student-Newmans-Keuls au seuil de 5% (F = 34,99 ; ddl = 44 ; p = 0,001). Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

3.1.3.1.3. Transmission horizontale de Bb 11

Durant les 15 jours de contrôle, les adultes mâles de *C. lameensis* contaminés avec le Bb 11 puis introduits dans les lots des femelles non contaminées n'ont pas pu engendrer 50 % de mortalité (ratio 3M:27F). Le taux de mortalité le plus élevé ($84,47 \pm 6,94$ %) a été enregistré avec le ratio 15M:15F (Tableau XXI). S'agissant des femelles de *C. lameensis* contaminées avec le Bb 11, les ratios 3F:27M; 9F:21M et 15F:15M ont induit respectivement des taux de mortalités de $42,22 \pm 1,92$ % ; $44,43 \pm 1,92$ % et $80 \pm 5,77$ % au 15^{ème} jour de contrôle après introduction de ces femelles contaminées dans les lots des mâles non contaminés (Tableau XXII). Les analyses statistiques ont révélé des différences significatives entre les taux de mortalités des différents ratios (mâles contaminés : $F = 31,76$; $ddl = 44$; $p = 0,001$; femelles contaminées : $F = 38,55$; $ddl = 44$; $p = 0,001$).

Tableau XXI : Effectifs 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 %) f	0M:0F (0 ± 0 %) i	0M:0F (0 ± 0 %) j
2	0M:0F (0 ± 0 %) f	0,33M:0F (0 ± 0 %) i	0,67M:0F (0 ± 0 %) j
3	0M:1,20F (4,44 ± 1,92 %) e	1M:0F (0 ± 0 %) i	2M:0F (0 ± 0 %) j
4	0,67M:2,10F (7,78 ± 1,92 %) de	1M:1,40F (6,67 ± 3,33 %) h	1M:1,33F (8,87 ± 1,92 %) i
5	2,33M:3F (11,11 ± 1,92 %) d	2M:2,57F (12,24 ± 5,09 %) g	4,33M:3F (20 ± 3,33 %) h
6	0M:4,20F (15,56 ± 1,92 %) d	2,67M:4,67F (22,24 ± 5,09 %) f	2,67M:4,17F (27,80 ± 1,92 %) g
7	0M:6,30F (23,33 ± 3,33 %) c	0M:5,83F (27,76 ± 5,09 %) e	3M:5,17F (34,47 ± 5,09 %) f
8	0M:9F (33,33 ± 3,33 %) b	0M:6,77F (32,24 ± 1,92 %) e	0M:5,17F (34,47 ± 5,09 %) f
9	0M:10,20F (37,78 ± 6,94 %) b	0M:8,4F (40 ± 3,33 %) d	0M:6,50F (43,33 ± 6,67 %) e
10	0M:12,90F (47,78 ± 6,94 %) a	0M:10,73F (51,10 ± 5,09 %) c	0M:7,54F (50,27 ± 6,39 %) d
11	0M:12,90F (47,78 ± 6,94 %) a	0M:11,90F (56,67 ± 5,77 %) b	0M:9,17F (61,13 ± 5,09 %) c
12	0M:13,20F (48,89 ± 5,09 %) a	0M:12,60F (60 ± 3,33 %) b	0M:10F (66,67 ± 3,33 %) c
13	0M:13,20F (48,89 ± 5,09 %) a	0M:14,70F (70 ± 6,67 %) a	0M:11,17F (74,47 ± 7,70 %) b
14	0M:13,20F (48,89 ± 5,09 %) a	0M:14,70F (70 ± 6,67 %) a	0M:12F (80 ± 5,77 %) a
15	0M:13,20F (48,89 ± 5,09 %) a	0M:14,70F (70 ± 6,67 %) a	0M:12,67F (84,47 ± 6,94 %) a

M : Mâles; F : Femelles ; **M** : Mâles contaminés ; F : Femelles non contaminées. Test de Student-Newmans-Keuls au seuil de 5% (F = 31,76 ; ddl = 44 ; p = 0,001). Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

Tableau XXII : Effectifs 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 introduites dans les lots des femelles non contaminées		
	3F:27M	9F:21M	15F:15M
1	0F:0M (0 ± 0 %) g	0F:0M (0 ± 0 %) f	0F:0M (0 ± 0 %) i
2	0,33F:0M (1,11 ± 1 %) fg	0,67F:0M (0 ± 0 %) f	1F:0M (0 ± 0 %) i
3	0,33F:0,90M (3,33 ± 0 %) f	1F:0,93M (4,43 ± 1,92 %) e	2F:0M (0 ± 0 %) i
4	0,67F:1,20M (4,44 ± 1,92 %) f	1,33F:1,63M (7,76 ± 1,92 %) e	3:0,67M (4,47 ± 1,92 %) h
5	1,33F:1,50M (5,56 ± 1,92 %) f	1F:2,33M (11,10 ± 1,92 %) de	4F:2,83M (18,87 ± 3,85 %) g
6	0F:3M (11,11 ± 1,92 %) e	3,33F:3,73M (17,76 ± 1,92 %) d	5F:4M (26,67 ± 3,33 %) f
7	0F:4,80M (17,78 ± 1,92 %) cd	0F:5,60M (26,67 ± 3,33 %) c	0F:5M (33,33 ± 0 %) e
8	0F:5,70M (21,11 ± 1,92 %) c	0F:6,77M (32,24 ± 1,92 %) b	0F:5,67M (37,80 ± 5,09 %) e
9	0F:6,60M (24,44 ± 1,92 %) c	1F:7M (33,33 ± 3,33 %) b	0F:6,50M (43,33 ± 6,67 %) d
10	0F:7,80M (28,89 ± 1,92 %) bc	0,67F:7,93M (37,76 ± 1,92 %) b	0F:8,33M (55,53 ± 8,39 %) c
11	0F:9M (33,33 ± 3,33 %) b	0F:9,33M (44,43 ± 1,92 %) a	0F:8,67M (57,80 ± 6,76 %) c
12	0F:9,60M (35,56 ± 3,84 %) b	0F:9,33M (44,43 ± 1,92 %) a	0F:9,83M (65,53 ± 7,70 %) b
13	0F:10,80M (40 ± 3,33 %) a	0F:9,33M (44,43 ± 1,92 %) a	0F:11,50M (76,67 ± 6,67 %) a
14	0F:11,40M (42,22 ± 1,92 %) a	0F:9,33M (44,43 ± 1,92 %) a	0F:12M (80 ± 5,77 %) a
15	0F:11,40M (42,22 ± 1,92 %) a	0F:9,33M (44,43 ± 1,92 %) a	0F:12M (80 ± 5,77 %) a

M : Mâles ; F : Femelles ; F : Femelles contaminées ; M : Mâles non contaminés. Test de Student-Newmans-Keuls au seuil de 5% (F = 38,55 ; dd l= 44 ; p = 0,001). Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

3.1.3.2. Transmission horizontale des champignons entomopathogènes (Met 358, Met 359 et Bb 11) avec les ratios 1:5 ; 1:10 et 1:15

3.1.3.2.1. Transmission horizontale de Met 358

Les premières mortalités causées par les adultes mâles de *C. lameensis* contaminés avec le Met 358 ont été enregistrées à partir du 3^{ème} jour avec les ratios 1M:5F ($20 \pm 5,56$ %); 1M:10F ($3,33 \pm 3,03$ %) et 1M:15F ($2,20 \pm 2$ %) après introduction de ces mâles dans les lots des femelles non contaminées. 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 contaminées (Tableau XXIII). Le ratio 1M:5F a causé le taux de mortalité le plus élevé ($94,40 \pm 5,56$ %) durant les quinze (15) jours de contrôle. S'agissant des femelles de *C. lameensis* contaminées avec le Met 358, les ratios 1F:5M ; 1F:10M et 1F:15M ont induit respectivement des taux de mortalité de $88,80 \pm 11,11$ % ; $53,30 \pm 6,06$ % et $28,87 \pm 4,17$ % au 15^{ème} jour de contrôle après introduction de ces femelles contaminées dans les lots des mâles non contaminés (Tableau XXIV). Les analyses statistiques ont révélé des différences significatives entre les taux de mortalité avec les différents ratios (mâles contaminés : $F = 6,50$; $ddl = 44$; $p = 0,001$; femelles contaminées : $F = 3,91$; $ddl = 44$; $p = 0,001$).

Tableau XXIII : Effectifs 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 %) e	0M:0F (0 ± 0 %) d	0M:0F (0 ± 0 %) f
2	0,33M:0F (0 ± 0 %) f	0M:0F (0 ± 0 %) d	0M:0F (0 ± 0 %) f
3	0,67M:1F (20 ± 5,56 %) e	0M: 0,33F (3,33 ± 3,03 %) c	0M:0,33F (2,20 ± 2 %) f
4	0M:1,56F (31,20 ± 11,60 %) d	1M: 0,67F (6,70 ± 3,03 %) c	0M:1,33F (8,87 ± 2,08 %) e
5	0M:2,78F (55,60 ± 11,11 %) c	0M:2,33F (23,30 ± 3,03 %) b	0M:2F (13,33 ± 3,61 %) d
6	0M:3,89F (77,80 ± 14,70 %) b	0M:3,33F (30,30 ± 3,03 %) a	1M:2,50F (16,67 ± 2,08 %) cd
7	0M:4,44F (88,80 ± 5,56 %) a	0M:3,33F (30,30 ± 3,03 %) a	0M:3F (20 ± 0 %) c
8	0M:4,72F (94,40 ± 5,56 %) a	0M:3,33F (30,30 ± 3,03 %) a	0M:3,33F (22,20 ± 2,08 %) c
9	0M:4,72F (94,40 ± 5,56 %) a	0M:3,37F (33,70 ± 6,06 %) a	0M:4,33F (28,87 ± 5,51 %) ab
10	0M:4,72F (94,40 ± 5,56 %) a	0M:3,37F (33,70 ± 6,06 %) a	0M:5F (33,33 ± 3,61 %) a
11	0M:4,72F (94,40 ± 5,56 %) a	0M:3,37F (33,70 ± 6,06 %) a	0M:5F (33,33 ± 3,61 %) a
12	0M:4,72F (94,40 ± 5,56 %) a	0M:3,37F (33,70 ± 6,06 %) a	0M:5F (33,33 ± 3,61 %) a
13	0M:4,72F (94,40 ± 5,56 %) a	0M:3,37F (33,70 ± 6,06 %) a	0M:5F (33,33 ± 3,61 %) a
14	0M:4,72F (94,40 ± 5,56 %) a	0M:3,37F (33,70 ± 6,06 %) a	0M:5F (33,33 ± 3,61 %) a
15	0M:4,72F (94,40 ± 5,56 %) a	0M:3,37F (33,70 ± 6,06 %) a	0M:5F (33,33 ± 3,61 %) a

M : Mâles ; F : Femelles ; **M** : Mâles contaminés ; **F** : Femelles non contaminées. Test de Student-Newmans-Keuls au seuil de 5% (F = 6,50 ; ddl= 44 ; p = 0,001). Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

Tableau XXIV : Effectifs 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 introduites dans les lots des mâles non contaminés		
	1F:5M	1F:10M	1F:15M
1	0F:0M (0 ± 0 %) g	0F:0M (0 ± 0 %) f	0F:0M (0 ± 0 %) e
2	0,33F:0M (0 ± 0 %) g	0F:0M (0 ± 0 %) f	0,33F:0M (0 ± 0 %) e
3	0F:0,56M (11,20 ± 5,56 %) f	0,67F:0M (0 ± 0 %) f	0F:0,67M (4,47 ± 2,08 %) d
4	0,67F:0,83M (16,60 ± 0 %) e	0,33F:0,91M (9,10 ± 0 %) e	0,67F:0,94M (6,27 ± 0 %) d
5	0F:2,78M (55,60 ± 5,56 %) d	0F:1,33M (13,30 ± 3,03 %) d	0F:1,67M (11,13 ± 4,17 %) c
6	0F:3,33M (66,66 ± 9,62 %) c	0F:3M (30 ± 5,25 %) c	0F:2M (13,33 ± 3,61 %) c
7	0F:3,89M (77,80 ± 14,70 %) b	0F:3,67M (36,70 ± 3,03 %) b	0F:3M (20 ± 6,25 %) b
8	0F:4,17M (83,40 ± 9,62 %) a	0F:5,33M (53,30 ± 6,06 %) a	0F:4M (26,67 ± 3,61 %) a
9	0F:4,17M (83,40 ± 9,62 %) a	0F:5,33M (53,30 ± 6,06 %) a	0F:4,33M (28,87 ± 4,17 %) a
10	0F:4,17M (83,40 ± 9,62 %) a	0F:5,33M (53,30 ± 6,06 %) a	0F:4,33M (28,87 ± 4,17 %) a
11	0F:4,44M (88,80 ± 11,11 %) a	0F:5,33M (53,30 ± 6,06 %) a	0F:4,33M (28,87 ± 4,17 %) a
12	0F:4,44M (88,80 ± 11,11 %) a	0F:5,33M (53,30 ± 6,06 %) a	0F:4,33M (28,87 ± 4,17 %) a
13	0F:4,44M (88,80 ± 11,11 %) a	0F:5,33M (53,30 ± 6,06 %) a	0F:4,33M (28,87 ± 4,17 %) a
14	0F:4,44M (88,80 ± 11,11 %) a	0F:5,33M (53,30 ± 6,06 %) a	0F:4,33M (28,87 ± 4,17 %) a
15	0F:4,44M (88,80 ± 11,11 %) a	0F:5,33M (53,30 ± 6,06 %) a	0F:4,33M (28,87 ± 4,17 %) a

M : Mâles ; F : Femelles ; **F** : Femelles contaminées ; M : Mâles non contaminés. Test de Student-Newmans-Keuls au seuil de 5% (F = 3,91 ; ddl = 44 ; p = 0,001). Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

3.1.3.2.2. Transmission horizontale de Met 359

L'ajout des adultes mâles de *C. lameensis* contaminés avec le Met 359 aux femelles non contaminées avec un ratio 1M:5F, a entraîné la mort à partir du 3^{er} jour de l'introduction. Les ratios 1M:10F et 1M:15F ont induit respectivement des mortalités de $39,40 \pm 6,06$ % et $20,80 \pm 2,08$ % 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 XXV). Les femelles de *C. lameensis* contaminées avec le Met 359 aux ratios 1F:10M et 1F:15M ont causé des taux de mortalité inférieurs 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 % à partir du 7^{ème} jour de contrôle (Tableau XXVI). Les analyses statistiques ont révélé des différences significatives entre les taux de mortalités des différents ratios (mâles contaminés : $F = 9,83$; ddl = 44 ; $p = 0,001$; femelles contaminées : $F = 7,23$; ddl = 44 ; $p = 0,001$).

Tableau XXV : Effectifs 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 (0 ± 0 %) g	0M:0F (0 ± 0 %) d	0M:0F (0 ± 0 %) c
2	0,67M:0F (0 ± 0 %) g	0M:0F (0 ± 0 %) d	0M:0F (0 ± 0 %) c
3	0M:1,67F (33,40 ± 9,62 %) f	0,33M:0F (0 ± 0 %) d	0M:0F (0 ± 0 %) c
4	0M:2,78F (55,60 ± 5,56 %) e	0M:0,91F (9,10 ± 0 %) c	0,33M:0F (0 ± 0 %) c
5	0M:4,17F (83,40 ± 9,62 %) d	0M:1,21F (12,10 ± 3,03 %) c	0,67M:1,56F (10,40 ± 2,08 %) b
6	0M:4,44F (88,80 ± 11,11 %) c	0,67M:2,42F (24,20 ± 3,03 %) b	0M:1,88F (12,53 ± 3,61 %) b
7	0M:4,72F (94,40 ± 5,56 %) b	0M:3,64F (36,40 ± 5,25 %) a	0M:2,81F (18,73 ± 3,61 %) a
8	0M:5F (100 ± 0 %) a	0M:3,64F (36,40 ± 5,25 %) a	0M:2,81F (18,73 ± 3,61 %) a
9	0M:5F (100 ± 0 %) a	0M:3,94F (39,40 ± 6,06 %) a	0M:2,81F (18,73 ± 3,61 %) a
10	0M:5F (100 ± 0 %) a	0M:3,94F (39,40 ± 6,06 %) a	0M:3,12F (20,80 ± 2,08 %) a
11	0M:5F (100 ± 0 %) a	0M:3,94F (39,40 ± 6,06 %) a	0M:3,12F (20,80 ± 2,08 %) a
12	0M:5F (100 ± 0 %) a	0M:3,94F (39,40 ± 6,06 %) a	0M:3,12F (20,80 ± 2,08 %) a
13	0M:5F (100 ± 0 %) a	0M:3,94F (39,40 ± 6,06 %) a	0M:3,12F (20,80 ± 2,08 %) a
14	0M:5F (100 ± 0 %) a	0M:3,94F (39,40 ± 6,06 %) a	0M:3,12F (20,80 ± 2,08 %) a
15	0M:5F (100 ± 0 %) a	0M:3,94F (39,40 ± 6,06 %) a	0M:3,12F (20,80 ± 2,08 %) a

M : Mâles ; F : Femelles ; **M** : Mâles contaminés ; F : Femelles non contaminées. Test de Student-Newmans-Keuls au seuil de 5% (F = 9,83 ; ddl = 44 ; p = 0,001). Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

Tableau XXVI : Effectifs 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 introduites dans les lots des mâles non contaminés		
	1F:5M	1F:10M	1F:15M
1	0,33F:0M (0 ± 0 %) e	0F:0M (0 ± 0 %) f	0F:0,31M (2,07 ± 2 %) c
2	0,67F:0M (0 ± 0 %) e	0F:0M (0 ± 0 %) f	0F:0,31M (2,07 ± 2 %) c
3	0F:0,83M (16,60 ± 0 %) d	0,33F:0M (0 ± 0 %) f	0,33F:0,63M (4,20 ± 2,08 %) c
4	0F:2,22M (44,40 ± 5,56 %) c	0F:0,30M (3 ± 1 %) e	0,67F:0,83M (5,53 ± 2,08 %) c
5	0F:3,33M (66,60 ± 9,62 %) b	0,67F:0,91M (9,10 ± 0 %) d	0F:2,19M (14,60 ± 2,08 %) b
6	0F:4,72M (94,40 ± 5,56 %) a	0F:2,42M (24,20 ± 8,02 %) c	0F:2,50M (16,67 ± 2,08 %) b
7	0F:5M (100 ± 0 %) a	0F:3,33M (33,30 ± 6,06 %) b	0F:3,75M (25 ± 3,61 %) a
8	0F:5M (100 ± 0 %) a	0F:4,55M (45,50 ± 10,50 %) a	0F:3,75M (25 ± 3,61 %) a
9	0F:5M (100 ± 0 %) a	0F:4,55M (45,50 ± 10,50 %) a	0F:3,75M (25 ± 3,61 %) a
10	0F:5M (100 ± 0 %) a	0F:4,55M (45,50 ± 10,50 %) a	0F:3,75M (25 ± 3,61 %) a
11	0F:5M (100 ± 0 %) a	0F:4,55M (45,50 ± 10,50 %) a	0F:3,75M (25 ± 3,61 %) a
12	0F:5M (100 ± 0 %) a	0F:4,55M (45,50 ± 10,50 %) a	0F:3,75M (25 ± 3,61 %) a
13	0F:5M (100 ± 0 %) a	0F:4,55M (45,50 ± 10,50 %) a	0F:3,75M (25 ± 3,61 %) a
14	0F:5M (100 ± 0 %) a	0F:4,55M (45,50 ± 10,50 %) a	0F:3,75M (25 ± 3,61 %) a
15	0F:5M (100 ± 0 %) a	0F:4,55M (45,50 ± 10,50 %) a	0F:3,75M (25 ± 3,61 %) a

M : Mâles ; F : Femelles ; F : Femelles contaminées; M : Mâles non contaminés. Test de Student-Newmans-Keuls au seuil de 5% (F = 7,23 ; ddl = 44 ; p = 0,001). Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

3.1.3.2.3. 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 contaminées, les taux de mortalité ont été inférieurs 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 XXVII). 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 mortalité de $88,80 \pm 11,11$ % ; $42,40 \pm 6,06$ % 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 XXVIII). Les analyses statistiques ont révélé des différences significatives entre les taux de mortalités des différents ratios (mâles contaminés : $F = 4,5$; ddl = 44 ; $p = 0,001$; femelles contaminées : $F = 2,99$; ddl = 44 ; $p = 0,001$).

Tableau XXVII : Effectifs 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	0M:0F (0 ± 0 %) f	0M:0F (0 ± 0 %) g	0M:0F (0 ± 0 %) e
2	0,33M:0F (0 ± 0 %) f	0M:0F (0 ± 0 %) g	0,67M:0F (0 ± 0 %) e
3	0,67M:1,11F (22,20 ± 5,56 %) e	0M:0F (0 ± 0 %) g	0,33M:1,25F (8,33 ± 2,08 %) cd
4	0M:1,33F (26,60 ± 14,70 %) e	1M: 0,61F (6,10 ± 3,03 %) f	0M:1,88F (12,53 ± 3,61 %) c
5	0M:2,22F (44,40 ± 5,56 %) d	0M:1,82F (18,20 ± 5,25 %) e	0M:2,50F (16,67 ± 4,17 %) c
6	0M:3,61F (72,20 ± 14,70 %) c	0M:2,42F (24,20 ± 8,02 %) d	0M:4,38F (29,20 ± 7,51 %) b
7	0M:3,89F (77,80 ± 14,70 %) bc	0M:3,03F (30,30 ± 3,03 %) bc	0M:5,94F (39,60 ± 4,17 %) a
8	0M:4,17F (83,40 ± 16,67 %) b	0M:3,33F (33,30 ± 6,06 %) b	0M:6,25F (41,66 ± 3,61 %) a
9	0M:4,7F (94 ± 5,56 %) a	0M:3,64F (36,40 ± 5,09 %) b	0M:6,25F (41,66 ± 3,61 %) a
10	0M:5F (100 ± 0 %) a	0M:4,24F (42,40 ± 8,02 %) a	0M:6,25F (41,66 ± 3,61 %) a
11	0M:5F (100 ± 0 %) a	0M:4,24F (42,40 ± 8,02 %) a	0M:6,25F (41,66 ± 3,61 %) a
12	0M:5F (100 ± 0 %) a	0M:4,24F (42,40 ± 8,02 %) a	0M:6,25F (41,66 ± 3,61 %) a
13	0M:5F (100 ± 0 %) a	0M:4,24F (42,40 ± 8,02 %) a	0M:6,25F (41,66 ± 3,61 %) a
14	0M:5F (100 ± 0 %) a	0M:4,24F (42,40 ± 8,02 %) a	0M:6,25F (41,66 ± 3,61 %) a
15	0M:5F (100 ± 0 %) a	0M:4,24F (42,40 ± 8,02 %) a	0M:6,25F (41,66 ± 3,61 %) a

M : Mâles ; F : Femelles ; **M** : Mâles contaminés ; **F** : Femelles non contaminées. Test de Student-Newmans-Keuls au seuil de 5% (F = 4,5 ; ddl = 44 ; p = 0,001). Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

Tableau XXVIII : Effectifs 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 introduites dans les lots des mâles non contaminés		
	1F:5M	1F:10M	1F:15M
1	0F:0M (0 ± 0 %) g	0F:0M (0 ± 0 %) f	0F:0M (0 ± 0 %) e
2	0F:0M (0 ± 0 %) g	0F:0M (0 ± 0 %) f	0,33F:0M (0 ± 0 %) e
3	0,33F:0M (0 ± 0 %) g	0F:0M (0 ± 0) f	0F:0,31M (2,07 ± 2 %) de
4	0,67F:1,11M (22,20 ± 5,56 %) f	1F:0,61M (6,10 ± 3,03) e	0F:0,63M (4,20 ± 2,08 %) d
5	0F:1,94M (38,80 ± 11,11 %) e	0F:1,21M (12,10 ± 3,03 %) d	0,67F:0,94M (6,27 ± 0 %) cd
6	0F:2,22M (44,40 ± 14,70 %) d	0F:2,42M (24,20 ± 3,03 %) c	0F:1,56M (10,40 ± 2,08 %) c
7	0F:2,78M (55,60 ± 14,70 %) c	0F:3,33M (33,30 ± 3,03 %) b	0F:2,19M (14,60 ± 2,08 %) c
8	0F:3,61M (72,20 ± 14,70 %) b	0F:3,94M (39,40 ± 3,03 %) a	0F:3,75M (25 ± 3,61 %) b
9	0F:4,19M (83,80 ± 9,62 %) a	0F:3,94M (39,40 ± 3,03 %) a	0F:4,69M (31,27 ± 3,61 %) a
10	0F:4,19M (83,80 ± 9,62 %) a	0F:3,94M (39,40 ± 3,03 %) a	0F:5M (33,33 ± 5,51 %) a
11	0F:4,19M (83,80 ± 9,62 %) a	0F:4,24M (42,40 ± 6,06 %) a	0F:5M (33,33 ± 5,51 %) a
12	0F:4,44M (88,80 ± 11,11 %) a	0F:4,24M (42,40 ± 6,06 %) a	0F:5M (33,33 ± 5,51 %) a
13	0F:4,44M (88,80 ± 11,11 %) a	0F:4,24M (42,40 ± 6,06 %) a	0F:5M (33,33 ± 5,51 %) a
14	0F:4,44M (88,80 ± 11,11 %) a	0F:4,24M (42,40 ± 6,06 %) a	0F:5M (33,33 ± 5,51 %) a
15	0F:4,44M (88,80 ± 11,11 %) a	0F:4,24M (42,40 ± 6,06 %) a	0F:5M (33,33 ± 5,51 %) a

M : Mâles ; F: Femelles ; F : Femelles contaminées ; M : Mâles non contaminés. Test de Student-Newmans-Keuls au seuil de 5% (F = 2,99 ; ddl = 44 ; p = 0,001). Dans la même colonne, les moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

3.1.3.3. Taux de transmission de Met 358, Met 359 et Bb 11

3.1.3.3.1. Taux de transmission de Met 358, Met 359 et Bb 11 par les adultes mâles ou femelles de *C. lameensis* contaminés aux adultes mâles ou femelles de *C. lameensis* non contaminées 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 3:27 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 3:21 et 15:15 (Tableau XXIX).

Tableau XXIX : 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	Mâles contaminés	77,78 %	90,48 %	100 %
	Femelles contaminées	88,89 %	80,95 %	100 %
Met 359	Mâles contaminés	62,96 %	100 %	93,33 %
	Femelles contaminées	81,48 %	95,24 %	100 %
Bb 11	Mâles contaminés	48,15 %	90,48 %	73,33 %
	Femelles contaminées	77,78 %	76,19 %	86,67 %

3.1.3.3.2. Taux de transmission de Met 358, Met 359 et Bb 11 par les adultes mâles ou femelles de *C. lameensis* contaminés aux adultes mâles ou femelles de *C. lameensis* non contaminées 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 contaminées 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 efficaces dans la transmission que les femelles respectivement aux trois ratios (Tableau XXX).

Tableau XXX : 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	Mâles contaminés	100 %	70 %	100 %
	Femelles contaminées	100 %	60 %	46,67 %
Met 359	Mâles contaminés	100 %	80 %	100 %
	Femelles contaminées	100 %	60 %	40 %
Bb 11	Mâles contaminés	100 %	50 %	86,67 %
	Femelles contaminées	80 %	40 %	40 %

3.1.3.4. Sporulation de Met 358, Met 359 et Bb 11 sur les adultes de *C. lameensis* suite à la transmission horizontale avec les ratios 3:27; 9:21 et 15:15 et les ratios 1:5; 1:10 et 1:15

3.1.3.4.1. Sporulation de Met 358, Met 359 et Bb 11 sur les adultes de *C. lameensis* suite à la transmission horizontale avec les ratios 3:27; 9:21 et 15:15

Les adultes de *C. lameensis* morts ou vivants suite à la transmission horizontale de Met 358, Met 359 et Bb 11 par les mâles contaminés aux femelles non contaminées avec les ratios 3M:27F; 9M:21F et 15M:15F ont été recouverts de mycélium. L'application de Met 358 au niveau de tous les ratios, entraîne une sporulation de 100 % sur les insectes morts.

Sur les insectes vivants, la sporulation augmente en fonction du ratio. Elle part de 62,5 % (3M:27F) à 100 % (15M:15F) en passant par 72 % (9M:21F). S'agissant de l'application de Met 359 aux ratios 9M:21F et 15M:15F, il y a sporulation à 100 % sur les insectes morts. Sur les insectes vivants, la sporulation a été 100 % uniquement avec le ratio 9M:21F. Pour le ratio 3M:27F, la sporulation a été 93,75 % (insectes morts) et 35,71 % (insectes vivants). Quant à l'application de Bb 11, il y a sporulation à 100 % chez les insectes morts uniquement avec le ratio 15M:15F. Pour les ratios 3M:27F et 9M:21F, les taux de sporulation ont été respectivement 74,98 et 90,48 % pour les insectes morts et 26,09 et 33,33 % pour les insectes vivants.

Le plus faible taux de sporulation (21,41 %) chez les insectes vivants a été obtenu suite à la transmission horizontale de Bb 11 avec le ratio 15M:15F (Tableau XXXI).

Lorsque les femelles contaminées ont été introduites dans les lots des mâles non contaminés, les taux de sporulation chez les insectes morts ou vivants suite à la transmission horizontale de Met 358, Met 359 et Bb 11 ont été supérieurs à 50 %. L'application de Met 358 et de Met 359 au niveau de tous les ratios, entraîne une sporulation de 100 % chez les insectes morts. Cette même application sur les insectes vivants, a causé une sporulation de 100 % uniquement avec le ratio 15F:15M. Suite à l'application de Bb 11 au ratio 15F:15M, il y a uniquement sporulation à 100 % chez les insectes morts. Sur les insectes vivants, la sporulation augmente en fonction du ratio. Elle part de 59,99 % avec le ratio 9F:21M à 83,33 % (15F:15M) en passant par 75,01 % avec le ratio 3F:27M (Tableau XXXII).

Tableau XXXI : Effectifs et taux de sporulation (%) chez les adultes de *C. lameensis* suite à la transmission horizontale de Met 358, Met 359 et Bb 11 par les mâles contaminés aux femelles non contaminées aux ratios 3:27 ; 9:21 et 15:15

Ratio des mâles contaminés introduits dans le lot des femelles non contaminées						
3M:27F			9M:21F		15M:15F	
Champignons	Morts	vivants	Morts	vivants	Morts	vivants
Met 358	14 (100 %)	16 (62,5 %)	21,67 (100 %)	8,33 (72,03 %)	25,67 (100 %)	4,33 (100 %)
Met 359	16 (93,75 %)	14 (35,71 %)	24 (100 %)	6 (100 %)	28 (100 %)	2 (50 %)
Bb 11	14,67 (74,98 %)	15,33 (26,09 %)	21 (90,48 %)	9 (33,33 %)	25,33 (100 %)	4,67 (21,41 %)

M : Mâles contaminés ; F : Femelles non contaminées

Tableau XXXII : Effectifs et taux de sporulation (%) chez les adultes de *C. lameensis* suite à la transmission horizontale de Met 358, Met 359 et Bb 11 par les femelles contaminées aux mâles non contaminés aux ratios 3:27 ; 9:21 et 15:15

Ratio des femelles contaminées introduites dans le lot des mâles non contaminés						
3F:27M			9F:21M		15F:15M	
Champignons	Morts	vivants	Morts	vivants	Morts	vivants
Met 358	15,33 (100 %)	14,67 (79,98 %)	19 (100 %)	11 (63,64 %)	26,33 (100 %)	3,67 (100 %)
Met 359	15,67 (100 %)	14,33 (62,81 %)	23,33 (100 %)	6,67 (89,96 %)	29 (100 %)	1 (100 %)
Bb 11	12,67 (86,82 %)	17,33 (75,01 %)	13,33 (67,52 %)	16,67 (59,99 %)	24 (100 %)	6 (83,33 %)

F: Femelles contaminées ; M : Mâles non contaminés

3.1.3.4.2. Sporulation de Met 358, Met 359 et Bb 11 sur les adultes de *C. lameensis* suite à la transmission horizontale avec les ratios 1:5 ; 1:10 et 1:15

Les taux de sporulation des champignons entomopathogènes chez les adultes de *C. lameensis* morts suite à la transmission horizontale de Met 358, Met 359 et Bb 11 par les mâles contaminés introduits dans le lot des femelles non contaminées ont été de 100 % avec les ratios 1M:5F et 1M:15F sur les insectes morts. Seule l'application de Met 359 au ratio 1M:10F a entraîné une sporulation de 100 % sur les insectes morts. Sur les insectes vivants, la sporulation augmente en fonction du ratio avec le Met 358. Elle part de 45,45 % (1M:15F) à 100 % (1M:5F) en passant par 68,21 % (1M:10F) (Tableau XXXIII).

Concernant les femelles contaminées puis introduites dans les lots des mâles non contaminés, les taux de sporulation des adultes de *C. lameensis* morts ont été de 100 % suite à la transmission horizontale de Met 358, Met 359 et Bb 11 aux ratios 1F:5M ; 1F:10M et 1F:15M. Chez les insectes vivants, les taux de sporulation ont été inférieurs à 50 % avec les ratio 1F:10M et 1F:15M. Seule l'application de Met 358 au ratio 1F:5M entraine une sporulation de 100 % sur les insectes vivants (Tableau XXXIV).

Tableau XXXIII : Effectifs et taux de sporulation chez les adultes de *C. lameensis* suite à la transmission horizontale de Met 358, Met 359 et Bb 11 par les mâles contaminés aux femelles non contaminées aux ratios 1:5 ; 1:10 et 1:15

Ratio des mâles contaminés introduits dans le lot des femelles non contaminées						
Champignons	1M:5F		1M:10F		1M:15F	
	Morts	vivants	Morts	vivants	Morts	vivants
Met 358	5,67 (100 %)	0,33 (100 %)	3,67 (81,74 %)	7,33 (68,21 %)	5 (100 %)	11 (45,45 %)
Met 359	6 (100 %)	0 (0 %)	4,33 (100 %)	6,67 (74,96 %)	3,33 (100 %)	12,67 (47,36 %)
Bb 11	6 (100 %)	0 (0 %)	4,67 (85,65 %)	6,33 (33,33 %)	6,67 (100 %)	9,33 (32,15 %)

M: Mâles contaminés ; F : Femelles non contaminées

Tableau XXXIV: Effectifs et taux de sporulation chez les adultes de *C. lameensis* suite à la transmission horizontale de Met 358, Met 359 et Bb 11 par les femelles contaminées aux mâles non contaminés aux ratios 1:5 ; 1:10 et 1:15

Ratio des femelles contaminées introduites dans le lot des mâles non contaminés						
Champignons	1F:5M		1F:10M		1F:15M	
	Morts	vivants	Morts	vivants	Morts	vivants
Met 358	5,33 (100 %)	0,67 (100 %)	5,33 (100 %)	5,67 (35,27 %)	4,33 (100 %)	11,67 (34,28 %)
Met 359	6 (100 %)	0 (0 %)	5 (100 %)	6 (33,33 %)	4 (100 %)	12 (25 %)
Bb 11	5,33 (100 %)	0,67 (74,63 %)	4,67 (100 %)	6,33 (15,78 %)	5,33 (100 %)	10,67 (28,12 %)

F: Femelles contaminées ; M : Mâles non contaminés

3.1.4. Traitement avec la concentration minimale efficace de *M. anisopliae* 359 (Met 359) sur *C. lameensis* en plantation

3.1.4.1. Traitement sur *C. lameensis* en plantation à la station de DEKEIL OIL

L'efficacité de Met 359 à la concentration 10^{10} spores/mL sur les adultes de *C. lameensis* est passée de 52 à 72 % du 3 au 10^{ème} jour après traitement. Cette efficacité a atteint 83 % le 15^{ème} jour après traitement. L'efficacité de Met 359 la plus élevée a été obtenue le 15^{ème} jour de contrôle. Du 20 au 90^{ème} jour, cette efficacité a variée de 81 à 67 % (Tableau XXXV). Les taux de sporulation de ce champignon entomopathogène sur les insectes morts collectés sur la bêche de collecte ont été 100 % du 3 au 15^{ème} jour après traitement. Du 20 au 90^{ème} jours, aucun insecte n'a été collecté sur la bêche de collecte. Concernant les insectes capturés lors du contrôle, les taux de sporulation ont varié de 100 % à 42,86 % du 3^{ème} au 90^{ème} jours après traitement (Tableau XXXV).

Tableau XXXV : Efficacité et taux de sporulation de Met 359 en plantation à Ayénouan

Nombre de jour après traitement	Indice avant traitement	Indice après traitement	Efficacité (%)	Effectif et taux de sporulation des insectes après traitement	
				Sur bêche	Capture lors du contrôle
3	6,4	3,1	52	10 (100 %)	31 (100 %)
5	6,4	2,5	61	17 (100 %)	25 (100 %)
10	6,4	1,8	72	20 (100 %)	18 (100 %)
15	6,4	1,1	83	5 (100 %)	11 (100 %)
20	6,4	1,2	81	0 (0 %)	12 (100 %)
25	6,4	2,1	67	0 (0 %)	21 (70 %)
30	6,4	1,2	81	0 (0 %)	12 (58,33 %)
45	6,4	1,3	80	0 (0 %)	13 (53,85 %)
60	6,4	1,4	79	0 (0 %)	14 (50 %)
75	6,4	2,3	64	0 (0 %)	23 (56,52 %)
90	6,4	2,1	67	0 (0 %)	21 (42,86 %)

3.1.4.2. Traitement sur *C. lameensis* en plantation à la station de PALMCI

L'efficacité de Met 359 sur le site de PALMCI de Boubo a varié de 20 à 82 % du 3^{ème} au 90^{ème} jours après traitement. Les pourcentages d'efficacités du 3; 5 et 10^{ème} jours ont été inférieurs à 50 %. L'efficacité de ce champignon entomopathogène a été supérieure à 50 % le 15^{ème} ; 20^{ème} ; 25^{ème} ; 30^{ème} ; 45^{ème} ; 60^{ème} ; 75^{ème} et 90^{ème} jours après pulvérisation. Les taux de sporulation chez les insectes morts collectés sur la bâche ont été 100 % du 3^{ème} au 20^{ème} jour après traitement. Aucun insecte n'a été collecté sur bâche du 25 au 90^{ème} jour. S'agissant des insectes capturés lors du contrôle, le taux de sporulation ont varié de 21,21 % à 100 % du 3 au 90^{ème} jour après traitement (Tableau XXXVI).

Tableau XXXVI : Efficacité et taux de sporulation de Met 359 en plantation à Boubo

Nombre de jour après traitement	Indice avant traitement	Indice après traitement	Efficacité (%)	Effectif et taux de sporulation des insectes après traitement	
				Sur bâche	Capture lors du contrôle
3	7,9	6,3	20	13 (100 %)	63 (100 %)
5	7,9	5,2	34	11 (100 %)	52 (100 %)
10	7,9	4,5	43	17 (100 %)	45 (66,67 %)
15	7,9	3,2	59	9 (100 %)	32 (58,33 %)
20	7,9	3,4	57	4 (100 %)	34 (50 %)
25	7,9	2,5	68	0 (0 %)	25 (48 %)
30	7,9	2,1	73	0 (0 %)	21 (42,86 %)
45	7,9	2,3	71	0 (0 %)	23 (43,48 %)
60	7,9	1,4	82	0 (0 %)	14 (57,14 %)
75	7,9	3,1	61	0 (0 %)	31 (29,03 %)
90	7,9	3,3	58	0 (0 %)	33 (21,21 %)

3.1.4.3. Impact de Met 359 sur les pollinisateurs du genre *Elaeidobius* (*E. plagiatus*, *E. singularis* et *E. kamerunicus*) lors du traitement en plantation

M. anisopliae (Met 359) utilisé contre *C. lameensis* en plantation, n'a pas eu un fort impact sur les pollinisateurs du genre *Elaeidobius* (Figure 43). Les taux de mortalité ont été observés du 10 au 30^{ème} jours après traitement.

Ces taux ont été inférieurs à 3 % (Tableau XXXVII). Les spores fongiques observées au microscope optique correspondent à ceux de Met 359 sur les insectes morts le 15^{ème} et 25^{ème} jours après traitement. Les taux de sporulation obtenus le 15^{ème} et 25^{ème} jours n'ont pas été supérieurs à 25 % (Tableau XXXVII).

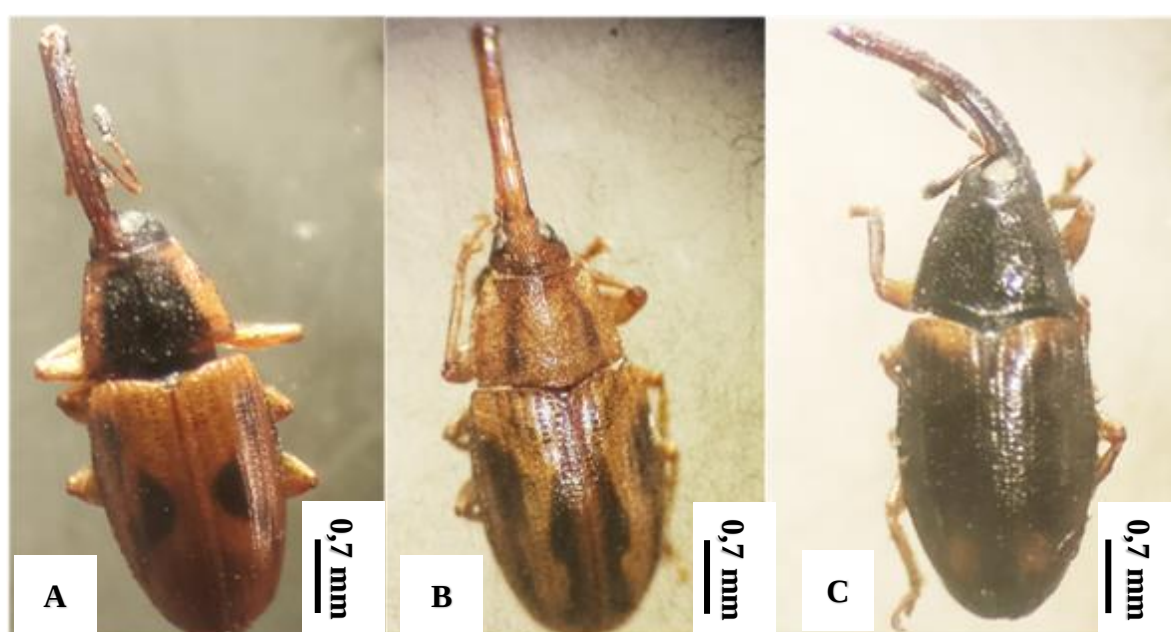


Figure 43 : Trois espèces du genre *Elaeidobius* du palmier à huile sur le site de PALMCI Boubo ;

A : *E. plagiatus* ; B : *E. singularis* ; C : *E. kamerunicus*

Tableau XXXVII : Taux de mortalité et de sporulation de Met 359 chez les pollinisateurs *Elaeidobius* (*E. plagiatus*, *E. singularis* et *E. kamerunicus*) après traitement en plantation

Nombre de jours d'observation après traitement	Nombre d'insectes observés après contrôle sur les inflorescences mâles	Insectes morts	Insectes vivants	Taux de mortalité (%)	Taux de sporulation (%)
1	800 ± 7,52	0 ± 0	800 ± 7,52	0 ± 0	0
3	1000 ± 11	0 ± 0	1000 ± 11	0 ± 0	0
5	956 ± 9,62	0 ± 0	956 ± 9,62	0 ± 0	0
10	768 ± 8,18	3 ± 0	765 ± 7,12	0,08 ± 0,04	0
15	606 ± 11,70	14 ± 1,10	592 ± 9,56	0,46 ± 0,21	3 (21,43 %)
20	855 ± 14,39	4 ± 0,02	851 ± 11,50	0,09 ± 0,03	0
25	910 ± 16,36	10 ± 1,02	900 ± 12	0,22 ± 0,11	1 (10 %)
30	860 ± 9,34	3 ± 0	857 ± 8,02	0,07 ± 0,03	0

3.2. DISCUSSION

3.2.1. Impact des biopesticides sur les stades de développement de *C. lameensis* en infestation contrôlée

3.2.1.1. Impact des biopesticides d'origines végétales sur les stades de développement de *C. lameensis* en infestation contrôlée

Face aux dégâts importants causés par *C. lameensis*, des méthodes de lutte ont été testées pour réduire l'ampleur des attaques. Parmi ces méthodes, le contrôle par l'utilisation de biopesticides d'origines végétales (NECO 50 EC et LIMOCIDE 60 ME) a été évalué. L'essai de ces biopesticides sur les œufs de *C. lameensis* âgés de 2 jours a révélé une réduction du taux d'éclosion des œufs. Ces œufs sont sensibles aux biopesticides. L'application du NECO 50 EC et du LIMOCIDE 60 ME, entraînent une infertilité des œufs pondus par les femelles de *C. lameensis*. Cette infertilité des œufs obtenus après traitement serait due à un effet ovicide de ces biopesticides. Cet effet ovicide serait lié à un blocage de l'embryogenèse comme l'a mentionné Tano (2012).

Selon Tano (2012) & Fondio (2022), les substances actives des biopesticides pénètrent dans l'œuf à travers leur appareil respiratoire. Nos résultats sont similaires à ceux de Johnson *et al.* (2006) sur *Callosobruchus maculatus* FAB. Ces auteurs ont affirmé que les extraits du genre *Ocimum* qui sont les principaux constituants du NECO permettent de réduire le taux d'émergence de ces insectes. Adehan *et al.* (2022) ont aussi révélé dans leur étude réalisée au Bénin, que l'huile essentielle de *Ocimum gratissimum* a une influence sur les œufs de *Rhipicephalus microplus*. De même, Fondio (2022) a rapporté que les extraits aqueux de *O. gratissimum* ont entraîné une diminution des taux de fertilité des œufs de *Leptoglossus membranaceus* Fab.

Concernant les larves de *C. lameensis*, elles ont été sensibles au NECO 50 EC et au LIMOCIDE 60 ME. Seuls les pourcentages d'efficacité du NECO 50 EC ont été supérieurs à 50 % à tous les stades larvaires. L'efficacité du NECO sur tous les stades larvaires serait due à l'effet insecticide du Thymol qui est une molécule de l'huile essentielle de *O. gratissimum*. Cette argumentation rejoint celle de Tchoumboungang *et al.* (2009) et Koul *et al.* (2013) qui ont révélé l'efficacité de cette molécule sur les larves de *Anopheles gambiae* au Cameroun et sur les larves de *Helicoverpa armigera* et de *Spodoptera litura* en Inde. Nos résultats rejoignent ceux de Akantetou *et al.* (2020) qui a montré lors de ses essais que l'huile essentielle de *Ocimum basilicum* a été efficace contre les adultes de *Aphis gossypii* en engendrant des mortalités élevées.

EL-Akhal *et al.* (2014) ont relaté dans leurs travaux que les huiles essentielles de *Citrus sinensis* et *Citrus aurantium* ont une activité larvicide sur les larves de *Culex pipens*. Il ressort aussi de nos résultats que les larves de stade 1 et 2 ont été les plus sensibles aux deux (2) biopesticides utilisés dans cette étude. Cette sensibilité de ces jeunes larves serait due à une perméabilité de leurs cuticules qui sont fragiles. Les molécules actives de ces biopesticides pénètrent donc directement dans l'organisme de ces larves (L1 et L2) comme l'a mentionné Fondio (2022). Nos résultats sont similaires à ceux de Riba *et al.* (2003), qui affirment que les larves des stades 1 et 2 de *Nezara viridula* Linné, 1758 (Hemiptera : Pentatomidae) ont été plus sensibles à l'azadirachtine que celles des stades 3 et 4. Des travaux similaires effectués par Yao (2022), montrent que les larves de *Rhynocoris albopilosus* sont sensibles aux extraits de *Azadirachta indica* entraînant au moins 50 % de mortalité. Lemos *et al.* (2017) ont aussi montré que les larves de *Aleurocanthus woglumi* (Hemiptera : Aleyrodidae), sont sensibles aux extraits de feuilles de *A. indica* entraînant plus de 80 % de taux de mortalité.

De plus, Johnson *et al.* (2018) ont révélé l'efficacité des huiles essentielles de *O. canum* et *O. gratissimum* sur les œufs et les quatre (4) stades larvaires de *Sitophilus zeamais* en induisant des taux de réductions relativement élevés.

Les résultats ont également montré que les produits testés réduisent efficacement les adultes femelles et mâles de *C. lameensis*. Le produit chimique de synthèse (Sivanto Energy 85 EC) s'est révélé le plus efficace pour lutter contre les adultes de *C. lameensis*, suivi de NECO 50 EC et de LIMOCIDE 60 ME, selon le temps d'observation. L'efficacité de Sivanto Energy a été révélée par Kouassi *et al.* (2020) lors de leur étude sur la même espèce d'insecte. Ces auteurs ont rapporté que Sivanto Energy éliminait 100 % des adultes de *C. lameensis* au cours d'une courte période d'observation (2 jours).

Cette efficacité serait due aux différentes capacités insecticides et modes d'action des différents produits. Ces résultats corroborent ceux de Tounou *et al.* (2018), qui ont signalé un pouvoir insecticide plus élevé des produits chimiques synthétiques dans leurs études sur *Podagrica* spp. Sivanto Energy 85 EC est composé de deux principes actifs : la deltaméthrine et le flupyradifurone. Les deux principes actifs agissent sur un grand nombre d'insectes par contact et par ingestion, mais le flupyradifurone est plus puissant par ingestion (Bayer, 2011). L'efficacité de la deltaméthrine a été rapportée sur les ravageurs du niébé au centre du Bénin (Mehinto *et al.*, 2014), sur la blatte de laboratoire *Periplaneta americana* (Caballero, 2019) et sur *Prosoestus sculptilis* et *Prosoestus minor*, ravageur des inflorescences femelles du palmier à huile (Hala, 2020).

Nos résultats ont aussi révélé que la mortalité provoquée par les biopesticides utilisés variait avec le temps et la concentration. Il a été constaté qu'à la concentration de $8,33 \times 10^{-3}$ g/mL, le NECO 50 EC présentait un taux de mortalité de 70 % chez les femelles vingt-quatre heures (24 heures) après pulvérisation. Cette concentration pourrait être jugée efficace. Cette observation est en accord avec Begon *et al.* (1990), Tano *et al.* (2019) et Yéboué *et al.* (2022) qui ont rapporté que les produits à effet insecticide sont efficaces s'ils produisent au moins 70 % de mortalité contre les insectes ravageurs dans les vingt-quatre heures (24 heures) suivant le traitement. Quatre concentrations de NECO 50 EC ($2,38 \times 10^{-3}$ g/mL ; $3,12 \times 10^{-3}$ g/mL ; $4,54 \times 10^{-3}$ g/mL et $8,33 \times 10^{-3}$ g/mL) ont été appliquées à des mâles et femelles adultes de *C. lameensis*. Ces concentrations ont engendré des taux de mortalité de 100 %. Ces résultats corroborent ceux de Nguemtchouin (2012) qui a enregistré des taux de mortalité de 100 % sur les adultes de *Sitophilus zeamais* avec une formulation en poudre par adsorption des huiles essentielles de *Ocimum gratissimum*, composant principal du NECO 50 EC.

Ces résultats rejoignent aussi ceux de Ouédraogo *et al.* (2016), Johnson *et al.* (2018) et Akessé *et al.* (2020) qui ont montré dans leurs études l'efficacité du NECO 50 EC à contrôler les adultes de *S. zeamais* et de *Diastocera trifasciata*.

Plusieurs auteurs ont rapporté les propriétés insecticides des huiles essentielles des espèces du genre *Ocimum* dans le contrôle de divers ordres d'insectes ravageurs (Kobenan *et al.*, 2018 ; Tia *et al.*, 2019 ; Tano *et al.*, 2019 ; Yoboué *et al.*, 2022). Cette efficacité du NECO 50 EC sur les insectes pourrait également être due à l'action insecticide du Thymol et du γ -Terpinène qui constituent les molécules actives de l'huile essentielle de *Ocimum gratissimum* (Koffi *et al.*, 2013 ; Kassi *et al.*, 2014 ; Kobenan *et al.*, 2018).

Avec le LIMOCIDE 60 ME, l'efficacité à 24h n'est pas probante. Toutes les concentrations du LIMOCIDE 60 ME appliquées n'ont pas pu engendrer des taux de mortalité supérieurs ou égaux à 70 % 24h après traitement. Les essais montrent leurs efficacités dans le temps (92 et 100 %). Il ressort de ces résultats que ce biopesticide à base de zeste d'orange est aussi efficace contre les adultes mâles et femelles de *C. lameensis*. Des travaux similaires ont relaté que les huiles essentielles de *Citrus sinensis* et *Citrus aurantium* ont une activité insecticide sur les adultes de *Culex pipens* (EL-Akhal *et al.*, 2014) et sur *Maruca vitrata* (Traoré *et al.*, 2019). Selon Gandebo *et al.* (2022), la poudre et l'huile essentielle des épluchures d'orange ont montré leurs efficacités sur *Callosobruchus maculatus* Fab, un ravageur de niébé en stock. Ces activités insecticides de l'huile essentielle d'orange douce pourraient être dues au limonène qui est l'un des composés majoritaires à leur composition chimique.

EL-Akhal *et al.* (2014) ont révélé que les huiles essentielles de *Citrus sinensis* et *Citrus aurantium* sont majoritairement composées de limonène avec des pourcentages de 95,36 % chez *Citrus sinensis* et 90,0 % chez *Citrus aurantium*. D'un autre côté, des travaux effectués par Rossi & Palacios (2013) et Dongmo *et al.* (2002) sur *C. sinensis* ont corroboré ce résultat avec des pourcentages respectifs de 95,1 % et 82,36 % de limonène dans la peau d'orange.

3.2.1.2. Impact des biopesticides d'origines fongiques sur les stades de développement de *C. lameensis* en infestation contrôlée

Les approches de gestion phytosanitaire durable ont pour but de minimiser la perte économique occasionnée par des insectes ravageurs. Dans la présente étude, le potentiel entomopathogène de deux agents de lutte biologique (*Metarhizium anisopliae* et *Beauveria bassiana*) a été évalué contre les œufs, les larves et les adultes de *Coelaenomenadera lameensis*. Les résultats obtenus montrent que les différents champignons entomopathogènes (Met 358, Met 359 et Bb 11) utilisés ont réduit les taux d'éclosion des œufs de *C. lameensis*.

Ces taux d'éclosion ont été inférieurs à 50 % aux concentrations 10^{10} et 10^{12} spores/mL de ces champignons entomopathogènes.

La réduction des taux d'éclosion serait due à l'infection directe des œufs par les spores et à la production des toxines de *M. anisopliae* (destruxines) et *Beauveria bassiana* (beauvéricine) qui peuvent inhiber le développement normal de l'embryon dans les œufs. Ces toxines peuvent également modifier l'environnement chimique autour des œufs, créant des conditions défavorables à leur viabilité. Ces résultats vont dans le même sens que ceux de Baleba *et al.* (2021) qui ont affirmé que l'isolat ICIPE 30 de *M. anisopliae* a réduit le taux de d'éclosion des œufs déposés par les femelles de *Stomoxys calcitrans*. De même, Matveev *et al.* (2023) ont rapporté lors de leurs travaux que *Metarhizium brunneum* a réduit significativement le taux d'éclosion des œufs pondus par les femelles du charançon rouge du palmier *Rhynchophorus ferrugineus*.

Quant aux larves de *C. lameensis*, elles n'ont pas été sensibles aux champignons entomopathogènes utilisés. La non sensibilité des larves serait liée à leur localisation à l'intérieur des folioles dans les galeries qui constituent des barrières les protégeant contre la diffusion de ces champignons entomopathogènes. Cette faible sensibilité des larves de *C. lameensis* a été évoquée par Tano (2012) lors de l'étude de l'effet des extraits aqueux de *O. gratissimum*, de *Thevetia peruviana*, de *Ricinus communis* et de *Zingiber officinale* sur ces larves.

Les tests biologiques réalisés ont aussi montré que ces champignons entomopathogènes utilisés peuvent infester et induire la mort des individus de *C. lameensis* par contact. Cela serait due à la germination des spores sur la cuticule des insectes, leur pénétration rapide dans les tissus internes, la libération de toxines, d'enzymes virulentes et la propagation rapide de ces spores qui permettent aux champignons entomopathogènes de tuer les insectes hôtes. Ces résultats corroborent ceux de Nébié *et al.* (2022) et de Husain *et al.* (2021; 2023) qui ont montré l'efficacité des isolats de *M. anisopliae* et *B. bassiana* sur la cochenille farineuse du manguier *Rastrococcus invadens* et sur le charançon rouge du palmier, *R. ferrugineus*. Ces résultats rejoignent également ceux de Hala *et al.* (2018) et de Aby *et al.* (2022) qui ont aussi montré dans leurs études, l'efficacité du champignon entomopathogène *M. anisopliae* sur *Prosoestus* spp, ravageurs du palmier à huile et sur le charançon du bananier *Cosmopolites sordidus*.

D'autres auteurs (Douro *et al.*, 2012a ; Tounou *et al.*, 2018) ont également montré la sensibilité des larves de *Helicoverpa armigera*, de l'altise du gombo *Podagrica* spp, des larves de *Spodoptera frugiperda* et du criquet sénégalais *Oedaleus senegalensi* aux isolats de *M. anisopliae* et *B. bassiana*.

Fazlullah *et al.* (2023) ont confirmé le potentiel insecticide de *M. anisopliae* contre *Spodoptera frugiperda* sur les larves de 1^{er}, 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} stades dans des conditions de contrôle au laboratoire au Pakistan. De même, Santi *et al.* (2011), Ashraf *et al.* (2017), Acheampong *et al.* (2020) et Li *et al.* (2021) ont aussi révélé dans leurs différents travaux que les champignons entomopathogènes *M. anisopliae* et *B. bassiana* ont montré leurs efficacités sur les adultes de *Dysdercus pervianus*, *Rhyzopertha dominica*, *Thaumatotibia leucotreta* et *Frankliniella occidentalis*. Il a également été démontré par Akutse *et al.* (2020) que, *Metarhizium anisopliae* ICIPE 18 a provoqué une mortalité de 95 % chez la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* (Meyrick).

Pour les différents champignons entomopathogènes utilisés, les taux de mortalités ont augmenté avec la concentration. Cela s'expliquerait par le fait que les champignons entomopathogènes infectent les insectes en libérant des spores qui se fixent sur leurs cuticules, pénètrent dans leurs corps et prolifèrent à l'intérieur. Plus la concentration de spores est élevée, plus la probabilité de contact et d'infection est grande, ce qui entraîne une augmentation des taux de mortalité. A des concentrations élevées, ces champignons se multiplient plus rapidement chez les insectes infestés. Cela accélère le développement de la maladie et augmente le taux de mortalité, car les insectes ne peuvent pas mobiliser leurs défenses immunitaires suffisamment vite.

Nos résultats sont en adéquation avec les travaux réalisés sur les larves *Maruca vitrata* par Toffa *et al.* (2014) qui stipulent que le taux de mortalité est fonction de la concentration appliquée. Demirci *et al.* (2011) et Mahot *et al.*, (2019) ont également montré dans leurs travaux sur *Planococcus citri* et *Sahlbergella singularis* que les taux de mortalité augmentent avec l'augmentation de la concentration de l'inoculum qui est un facteur important pour la pathogénicité des champignons entomopathogènes. La quantité de conidies doit être suffisamment élevée pour provoquer la mort d'un insecte (Inglis *et al.*, 2001).

Parmi les six concentrations de chaque champignon testé, deux concentrations (10^{10} et 10^{12} spores/ml) ont entraîné chacune 100 % de mortalité. Ces taux de mortalité élevés témoignent de la grande virulence de ces pathogènes. Cela pourrait s'expliquer par leurs (champignons) capacités à infecter rapidement, à produire des toxines puissantes, à se propager efficacement dans la population et à contourner les défenses des hôtes. Cela pourrait également s'expliquer par le fait qu'à haute concentration, les champignons entomopathogènes peuvent libérer plus de toxines, ce qui intensifie l'effet pathogène et réduit davantage la survie des insectes. Le pouvoir pathogène élevé des champignons entomopathogènes utilisés dans l'étude a également été signalé sur d'autres ordres d'insectes dans plusieurs études. Par exemple, *M. anisopliae* ICIPE 69 a été signalé comme étant virulent contre *Frankliniella occidentalis* (Niassy *et al.*, 2012) et contre le faux carpocapse, *Thaumatotibia leucotreta* (Mkiga *et al.*, 2020). Nos résultats sont conformes à ceux de Valda *et al.*, (2003), de Benserradj (2014) et de Toffa *et al.*, (2014). Ces auteurs ont obtenu une mortalité maximale des larves de *Plutella xylostella*, de *Culex pipiens* et de *Maruca vitrata* avec différentes concentrations d'isolats de *B. bassiana* et de *M. anisopliae*. De même, Simarani & Umaru (2020), dans leurs travaux réalisés sur les punaises des graines d'arachide *Elasmolomus pallens*, ont montré une mortalité de 100 % le 7^{ème} jour après le traitement avec *M. anisopliae*. Murigu *et al.* (2016), ont aussi révélé dans leurs essais sur *Rhipicephalus decoloratus* que *M. anisopliae* ICIPE 7 a entraîné une mortalité atteignant 100 %. De plus, Lefort *et al.* (2016) ont également rapporté dans leurs études que *Metarhizium* sp. et *B. bassiana* induisent une virulence importante et un potentiel entomopathogène (100 % de mortalités) contre le puceron *Myzus persicae* après 6 jours de traitement. Cette virulence élevée et rapide de ces champignons s'expliquerait par leur compatibilité avec certains composés présents chez les insectes. Ces composés sont les acides gras, les acides aminés et les glucosamines qui se trouvent dans l'épicuticule de l'insecte (Shahid *et al.*, 2012). Des études ont montré que l'élimination des insectes par des champignons entomopathogènes implique une série d'étapes successives pouvant conduire à la mort de l'hôte selon son stade ontogénique ou immunitaire (Reingold *et al.*, 2021).

Ces étapes impliquent l'adhésion des conidies fongiques sur le tégument de l'insecte, la germination des conidies, la dégradation de la cuticule pour permettre la pénétration et la conversion des hyphes en blastospores. Les blastospores vont utiliser les nutriments de l'hémocèle hôte et libérer également des toxines à l'intérieur de l'hémolymphe. Le champignon sort de l'hôte par les ouvertures situées sur la cuticule pour produire des spores à la surface du cadavre (Khan *et al.*, 2016).

Les résultats obtenus par pulvérisation à des concentrations croissantes de Met 358, Met 359 et Bb 11 indiquent que les adultes mâles et femelles de *C. lameensis* morts ont été recouverts de mycélium de ces champignons. Les taux de sporulations de ces différents champignons entomopathogènes ont augmenté avec les concentrations appliquées. Cette affirmation est conforme à celle de Hala (2020) lors de ses travaux sur *Prosoestus sculptilis* et *Prosoestus minor*, ravageurs des inflorescences du palmier à huile. Cet auteur a affirmé que ces insectes morts ont présenté des pourcentages de sporulation qui sont élevés avec l'augmentation des concentrations de spores de *Metarhizium* appliquées. Cela pourrait s'expliquer par le fait que lorsque la concentration de spores est élevée, les champignons bénéficient d'un microclimat autour des hôtes infectés qui facilite la germination et la sporulation. De même, les concentrations les plus fortes 10^{10} et 10^{12} spores/ml ont permis d'enregistrer des taux de sporulations les plus élevés au niveau des adultes mâles et femelles de *C. lameensis* morts. Ces résultats se rapprochent de ceux de Paraiso *et al.* (2008) qui ont montré lors de leurs travaux sur les sauteriaux que les taux de sporulations ont été 87,7 et 91,74 %. Certains auteurs (Douro, 2011 ; Toffa, 2015 ; Kindozandji *et al.*, 2020) dans leurs études, ont aussi révélé que les larves de *H. armigera* et de *M. vitrata* mortes suite à des traitements avec *M. anisopliae* et *B. bassiana* ont été recouvertes de mycélium. Paradza *et al.* (2021) ont affirmé lors de leurs essais sur *Trialeurodes vaporariorum* que le *Metarhizium anisopliae* utilisé a sporulé sur la cuticule des mâles et femelles de ces insectes morts. De plus, Husain *et al.* (2021) et Azmi *et al.* (2023) ont également montré dans leurs travaux que les spores de *M. anisopliae* ont poussé à la surface du cadavre de *Rhynchophorus ferrugineus*. La sporulation permet l'augmentation de l'inoculum, favorisant ainsi la transmission des spores aux insectes non touchés lors des pulvérisations au champ (Vega *et al.*, 2003 ; Douro *et al.*, 2005 ; Mascarin & Jaronski, 2016). Cette sporulation indique aussi l'effet biologique du champignon et son absence indique sa disparition suite à sa dégradation (Mamour *et al.*, 2018).

La capacité d'un agent pathogène à provoquer la mort d'un insecte est essentielle dans la sélection des souches de champignons entomopathogènes. Un paramètre très important dans cette sélection est sa virulence (Inglis *et al.*, 2001).

La DL₅₀ pourrait être utilisée comme paramètre d'évaluation de la virulence d'un agent de lutte biologique. Sabbahi (2008) signale aussi que la DL₅₀ sert à révéler le potentiel insecticide des champignons entomopathogènes. Nos travaux ont révélé que les plus faibles DL ($2,25.10^7$ et 10^7 spores/mL) causant la mort de 50% des adultes mâles et femelles ont été obtenus avec l'isolat Met 359. Ensuite viennent les DL ($7,35.10^7$ et $1,31.10^7$ spores/mL) de l'isolat Met 358. Les plus fortes DL ($2,46.10^8$ et $2,07.10^8$ spores/mL) induisant 50 % de mortalité des mâles et femelles ont été obtenues avec l'isolat Bb 11. Nos travaux se rapprochent de ceux de Benserradj & Mihoubi (2014) qui ont montré lors de leurs études que la souche du champignon *M. anisopliae* LK9953010 (M3) a une DL₅₀= $2,3.10^7$ spores/mL au 4^{ème} jour après traitement. De même, Narin (2017) a révélé lors de ses travaux sur *Dendroctonus simplex* que la dose causant 50 % de mortalité chez ces insectes après 6 jours a été estimée à $7,4.10^8$ spores/mL avec l'isolat INRS-242 de *B. bassiana*. Amhed & Freed (2021) ont également affirmés que la virulence de *B. bassiana* sur les larves de *Rhynchophorus ferrugineus* collectés dans quatre provinces du Pakistan avait donné des DL₅₀ suivantes : $1,3.10^7$; $1,5.10^7$; $5,3.10^7$ et $1,02.10^8$ spores/mL. Concernant les DL₉₀, nos résultats sur les adultes mâles et femelles de *C. lameensis* ont donné respectivement $1,96.10^{13}$ et $4,58.10^{12}$ spores/mL pour l'isolat Bb 11; $1,34.10^{12}$ et $3,06.10^{11}$ spores/mL pour l'isolat Met 358 et $1,73.10^{11}$ et $9,02.10^{10}$ spores/mL de l'isolat Met 359.

Ces résultats sont proches de ceux de Narin (2017) qui a affirmé que pour une dose de $2,6.10^{10}$ spores/mL, le champignon entomopathogène *B. bassiana* peut entraîner la mort de 90% de la population d'insectes 6 jours après traitement.

3.2.2. Effet des champignons entomopathogènes sur la prise de nourriture et l'activité de ponte de *C. lameensis* en infestation contrôlée

3.2.2.1. Effet des champignons entomopathogènes sur la prise de nourriture de *C. lameensis* en infestation contrôlée

Les champignons entomopathogènes tels que *M. anisopliae* et *B. bassiana*, contrairement aux insecticides chimiques, n'ont pas d'effet rapide sur les insectes ravageurs. Dans cette étude, deux situations ont été suivies pour évaluer l'impact des champignons entomopathogènes (Bb 11, Met 358 et Met 359) sur la prise de nourriture de *C. lameensis* à la concentration de 10^{10}

spores/mL. Dans la première situation, les insectes mâles et femelles ont été mis sur des folioles pulvérisées avec ces champignons entomopathogènes dans les manchons correspondants. Dans la deuxième situation, l'ensemble (insectes et folioles) a été pulvérisé. Les champignons entomopathogènes utilisés dans cette étude réduisent la prise de nourriture des adultes mâles et femelles de *C. lameensis*. Cette réduction la prise de nourriture de *C. lameensis* serait due à la production des toxines qui affectent le système nerveux ou d'autres fonctions physiologiques des insectes. En effet, son action sur la fonction physiologique entraînerait une diminution de l'appétit et de la capacité de se nourrir. Aussi, les travaux de Benfekih (2006) ont confirmé que l'effet des toxines de *Bacillus thuringiensis* sur le système nerveux des larves de *Locusta migratoria* provoque une inhibition de la prise de nourriture. La baisse de la prise de nourriture de *C. lameensis* serait également due à un stress physiologique qui cause une diminution de l'appétit des insectes traités. Ce goût amer des folioles entraînerait un refus de s'alimenter. Cette argumentation a été évoquée par Milat-Bissaad *et al.* (2016) lors de l'étude de l'effet de deux champignons entomopathogènes *B. bassiana* et *M. anisopliae* sur le comportement alimentaire de *Schistocerca gregaria*. Selon ces auteurs, la diminution de la prise de nourriture chez les larves infestées par les deux champignons serait peut-être liée à une diminution de leurs appétits. Pour eux, une importante biomasse fongique réduit l'absorption de nutriment chez les insectes. L'effet nocif de *B. bassiana* et *M. anisopliae* sur le comportement alimentaire des insectes ravageurs des cultures a été démontré par plusieurs auteurs dont Outtar (2009), qui a démontré que *M. anisopliae*, Triflumuron et le henné inhibent l'alimentation chez les larves L5 de *L. migratoria* traitées par contact.

Mohammadbeigi & Port (2015) ont également rapporté que *B. bassiana* et *M. anisopliae* à la concentration 10^6 spores/mL ont entraîné chez les nymphes de *Uvarovistia zebra*, une réduction de la prise de nourriture de 60 % (*B. bassiana*) et 63 % (*M. anisopliae*). De même, Mani *et al.* (2023) ont montré que le mélange de spores de *B. bassiana* à l'alimentation des mouches soldats entraîne une diminution de la prise de nourriture et une réduction du poids des larves et des adultes. Migiro *et al.* (2011), ont aussi relaté une baisse de l'alimentation de la mineuse du pois *Liriomyza huidobrensis* (Diptera : Agromyzidae) suite à son infestation par le champignon *M. anisopliae*. De plus, nos résultats ont aussi montré des mortalités élevées lorsque l'ensemble insectes et folioles ont été pulvérisés avec les champignons entomopathogènes. Une observation similaire a été faite par Migiro *et al.* (2011) qui rapportent que lors de la prise de nourriture de *L. huidobrensis* traité avec *M. anisopliae*, la mortalité de ces insectes était comprise entre 77 à 100 % 5 jours après l'infestation.

3.2.2.2. Effet des champignons entomopathogènes sur l'activité de ponte de *C. lameensis* en infestation contrôlée

Les champignons entomopathogènes (Bb 11, Met 358 et Met 359) utilisés dans ce présent travail sur *C. lameensis* ont eu des effets variables sur le nombre d'œufs pondus par les femelles mises dans les manchons tous les 5 jours durant 40 jours. Sous l'effet des champignons entomopathogènes (Bb 11, Met 358 et Met 359), le nombre d'œufs pondus par femelles de *C. lameensis* a connu une réduction considérable. La réduction considérable du nombre d'œufs pondus par les femelles traitées avec ces champignons entomopathogènes serait due à la capacité de ceux-ci à agir au niveau du système reproducteur de l'insecte. Les résultats obtenus sont conformes à ceux de Douro *et al.* (2012b). En effet, ces auteurs ont rapporté une absence de ponte chez *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera : Noctuidae) lorsque les larves de stade L3 sont soumises au *M. anisopliae* (Met 31) aux concentrations 10^4 ; 10^5 ; 10^6 et 10^7 spores/mL. Ils ont aussi affirmé une baisse de la ponte d'œufs chez *H. armigera* quand ils sont traités au stade L4 avec Met 31 et Bb 11.

La réduction du nombre d'œufs pondus chez les femelles traitées aux champignons (Bb 11, Met 358 et Met 359) serait aussi due à la réduction de l'oviposition. La réduction de l'oviposition serait due au fait que ces champignons entomopathogènes agissent directement sur les organes reproducteurs ou entraînent la réduction des activités physiologiques de l'insecte. Cette argumentation est conforme à celle de Baker *et al.* (2017). En effet, ces derniers ont révélé la réduction du taux d'oviposition chez les femelles de *Musca domestica* (Diptera : Muscidae) de 53 % à 98 % du 3^{ème} au 4^{ème} jours après leur infestation au champignon *M. anisopliae*. Les travaux de Saneddeep *et al.* (2011) ont aussi montré que *B. bassiana* réduit le potentiel reproductif à une concentration de $2,03 \times 10^{10}$ spores/mL. De plus, Migiro *et al.* (2011) lors de leurs travaux, ont rapporté une absence de ponte chez *Liriomyza huidobrensis* traités avec *M. anisopliae*. Mamour *et al.* (2018) ont aussi affirmé dans leur étude sur les larves du criquet sénégalais *Oedaleus senegalensis* que *M. anisopliae* empêche la reproduction de ce criquet. Nos résultats sont aussi en accord avec ceux de Zafar *et al.* (2020) qui ont montré que *M. anisopliae* réduit significativement le nombre d'œufs pondus par les femelles de *Plutella xylostella*. En effet, le nombre d'œufs pondus est de 101,55 œufs et 192,55 œufs respectivement chez les femelles traitées et chez les femelles témoins. Pereira *et al.* (2019) dans leurs travaux sur *Tetranychus ludeni* ont montré que *B. bassiana* a le pouvoir de supprimer les générations futures des acariens tout en réduisant le taux de ponte. De plus, Zhang *et al.* (2015) ont relaté dans leurs études que *B. bassiana* (GZGY-1-3) a des effets toxiques et sublétaux en réduisant le succès de reproduction de *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanotera : Thripidae).

Li *et al.* (2013) dans leurs travaux sur *Frankliniella occidentalis*, ont aussi affirmé que les thrips ayant survécu à l'action de *B. bassiana* ont moins de succès reproducteur. L'impact négatif des champignons entomopathogènes sur la reproduction des insectes serait également dû à des protéines dérivées de ces pathogènes. Cette observation a été faite par Azhar *et al.* (2020) qui rapportent que des protéines dérivées de *B. bassiana* ont un impact sur la reproduction de *Bemisia tabaci*.

3.2.3. Effet de la transmission horizontale des champignons entomopathogènes (Met 358, Met 359 et Bb 11) sur *C. lameensis*

La transmission horizontale des champignons entomopathogènes par des insectes contaminés (donneurs) aux insectes non contaminés (receveurs) par l'accouplement ou par contact physique a fait l'objet de plusieurs travaux.

Ces travaux ont été menés sur les Diptères *Ceratitis capitata* Wiedemann, 1824 (Dimbi *et al.*, 2013), *Anastrepha ludens* Loew, 1873 (Toledo *et al.*, 2007), les Lépidoptères *Diatraea saccharalis* Fabricius, 1794 (Svedese *et al.*, 2013); les Isoptères *Microcerotermes diversus* Silvestri (Cheraghi *et al.*, 2012); les Coléoptères *Cosmopolites sordidus* (Lopes *et al.*, 2011) et les Hémiptères *Triatoma infestans* Klug, 1834 (Forlani *et al.*, 2011). La capacité des champignons entomopathogènes à être transmis horizontalement est un avantage qui peut contribuer à leur succès comme agents de lutte biologique (Cheraghi *et al.*, 2012 ; Dimbi *et al.*, 2013).

Dans cette étude, deux cas ont été observés pour évaluer la transmission horizontale des champignons entomopathogènes (Met 358, Met 359 et Bb 11) à la concentration 10^{10} spores/mL par l'accouplement ou par 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. Quant au deuxième cas, cette transmission des champignons entomopathogènes a été évaluée avec les ratios 1:5 ; 1:10 et 1:15. Il ressort que les insectes contaminés par Met 358, Met 359 et Bb 11 dans les deux cas, ont pu les transmettre aux insectes non contaminés et entraîner leurs morts. Cela pourrait s'expliquer par la propagation des spores des champignons via l'air, l'accouplement, les contacts physiques ou le toilettage des insectes contaminés.

Nos résultats sont similaires à ceux de Mahot (2019) qui a affirmé lors de ses travaux au Cameroun, que les insectes (*Sahlbergella singularis* Haglund, 1895 (Hemiptera : Miridae)) contaminés aux champignons entomopathogènes (BIITAC6.2.2 et MIITAC11.3.4) ont pu transmettre leur infection à d'autres insectes indemnes et causer leur mort.

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 conforme à celle de Mahot (2019) qui a relaté que lorsque le nombre d'individus indemnes augmente, la mortalité chute. Ces résultats corroborent aussi les travaux de Cheraghi *et al.* (2012), qui ont montré que les ratios 30 % et 50 % sont plus efficaces que le ratio 10 %. De plus, Onsongo *et al.* (2022) ont rapportés dans leurs travaux sur *Zeugodacus cucurbitae*, que la transmission horizontale de *M. anisopliae* ICIPE 69 parmi les mâles et les femelles de cet insecte a été confirmée par une mortalité de 59 % et 67 % après exposition des mâles et femelles donneurs infectés.

D'autres auteurs (Opisa *et al.*, 2019 ; Akutse *et al.*, 2020 et Mkiga *et al.*, 2020) ont également montré l'efficacité de la transmission horizontale de *M. anisopliae* 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). Paradza *et al.* (2021) ont aussi révélé dans leurs études sur *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera : Aleyrodidae), que les insectes « donneurs » infestés par *M. anisopliae* ICIPE 18 ont pu transmettre horizontalement les spores acquises aux insectes « receveurs » non infestés, provoquant des taux de mortalité élevés dans les groupes donneurs et receveurs. Nos résultats ont aussi montré que les deux sexes ont été capables de transmettre horizontalement les spores de Met 358, Met 359 et Bb 11 aux sexes opposés. Cette observation rejoint celle de Paradza *et al.* (2021) qui ont affirmé que les deux sexes de *Trialeurodes vaporariorum* étaient capables de transmettre horizontalement les spores de *M. anisopliae* ICIPE 18 au sexe opposé et d'engendrer des taux de mortalité élevés.

Kim *et al.* (2021) ont aussi révélé que la mortalité des adultes de *Kuschelorhynchus macadamiae* (Coleoptera : Curculionidae) sains causée par la transmission de spores provenant d'adultes vivants infestés par le champignon était inférieure à 50 %. Lorsque des adultes sains ont été exposés à des cadavres recouverts de mycélium, la mortalité a atteint 100 %. Les cadavres des différents ratios et sexes ont pu sporuler, ce qui est important car les cadavres des insectes ayant sporulés deviennent des sources de contamination et cela sert de voie d'autopropagation pour les champignons entomopathogènes comme l'ont mentionné Mascarin & Jaronski (2016).

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 ceux de Quesada *et al.* (2008) qui ont attesté dans leur étude 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.

3.2.4. Effet du traitement de la concentration minimale efficace de *M. anisopliae* 359 (Met 359) sur *C. lameensis* en plantation

La présente étude sur l'efficacité de *M. anisopliae* 359 (Met 359) contre *C. lameensis* en plantation à la concentration 10^{10} spores/mL a montré que l'efficacité de ce champignon entomopathogène a varié en fonction du temps. La variation de l'efficacité de ce champignon en fonction du temps serait liée à des facteurs environnementaux (température, humidité, pH) et à la durabilité des spores dans des conditions naturelles. Nos résultats se rapprochent de ceux de Ngakou *et al.* (2008) qui ont obtenu des taux de réduction de la population de *Megalurothrips sjostedti* atteignant 58 % suite au traitement de *M. anisopliae* en plantation sur trois sites au Cameroun.

Qazzaz *et al.* (2015) ont affirmé dans leurs travaux que les souches de *B. bassiana* P.Bv32 et P.Bv39 formulées à partir d'eau distillée stérile et de Tween 20, appliquées en champ, réduisent significativement les mouches de fruit *Ceratitis capitata*. Douro (2011), lors de ses essais sur *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera : Noctuidae) au Bénin, a aussi montré que les différents champignons entomopathogènes (*M. anisopliae* et *B. bassiana*) utilisés, ont réduit les densités de ce ravageur. De même, Toffa (2015) a aussi révélé lors de ses travaux sur *Maruca vitrata* que *B. bassiana* réduit la densité de population de *M. vitrata*, le niveau des dégâts sur les organes fructifères et les pertes en graines du niébé en milieu paysan. Cet auteur a également affirmé que ce champignon entomopathogène s'est révélé efficace sur *C. tomentosicollis*, *M. sjostedti* et les autres insectes ravageurs du niébé tels que, *A. craccivora*, *A. varium* et *O. mutabilis*. Nos résultats diffèrent de ceux de Hala (2020) qui a rapporté que l'application de *Metarhizium* contre *Prosoestus* spp. au champ n'a pas permis d'obtenir des taux de mortalité très élevés. Ces taux de mortalité étaient inférieurs à 55 %.

Nos résultats ont aussi montré des variations de l'efficacité de Met 359 sur les adultes *C. lameensis* avec le temps. Ces variations seraient dues au fait que ces adultes volent de temps en temps, d'un palmier à un autre. Cette argumentation rejoint celle de Mahot (2019) qui affirme dans ses travaux que, les oscillations des taux de réduction des populations de mirides (*Sahlbergella singularis*) avec le temps pourraient être expliquées par le fait que les insectes cibles volent et déménagent de temps en temps d'un arbre à un autre.

Ce champignon entomopathogène (Met 359) a eu un très faible impact sur les pollinisateurs *Elaeidobius plagiatus*, *Elaeidobius singularis* et *Elaeidobius kamerunicus*. Cette observation est similaire à celle faite par Hala *et al.* (2025). Ces auteurs ont affirmé que les isolats de *Metarhizium anisopliae* (BME2 et BME5) testés dans les conditions de son étude ont eu un effet moindre sur le pollinisateur *E. kamerunicus*.

Les adultes de *C. lameensis* infestés et morts ont montré une croissance mycélienne du champignon entomopathogène (*M. anisopliae*) sur la surface de leurs cuticules. La formulation à base de *M. anisopliae* apparaît comme un agent prometteur du bio-contrôle contre la mineuse des feuilles du palmier à huile (*C. lameensis*) en milieu réel. Néanmoins, il faudrait signaler qu'il existe de nombreuses contraintes biotiques et abiotiques qui pourraient influencer les capacités pathogènes d'un agent fongique dans les conditions de terrain (Sabbahi, 2008). Parmi elles, les précipitations, l'humidité relative et la température, peuvent avoir un impact significatif sur la survie et la persistance des spores (Goettel *et al.*, 2000). La température et l'humidité relative affectent la capacité des champignons entomopathogènes à survivre, à sporuler, à infecter et même à tuer les hôtes cibles (Goettel *et al.*, 2000 ; McCoy *et al.*, 2003).

Ces facteurs jouent un rôle important dans la survie des champignons entomopathogènes telluriques (Hussein *et al.*, 2010 ; Hsia *et al.*, 2014). Les précipitations, quant à elles, peuvent provoquer le lessivage des spores (McCoy *et al.*, 2003).

Les radiations solaires affectent la persistance des spores en réduisant leur survie (Inglis *et al.*, 2001). Le micro-habitat dans lequel les champignons entomopathogènes sont déployés influence aussi la persistance de leurs spores. Par exemple, sur le terrain, l'efficacité de *B. bassiana* repose sur la capacité de ses spores à résister à la lumière ultraviolette, à une faible humidité et sa persistance sur le matériel végétal (Leland & Behle, 2005). Mahot (2019) a affirmé que, deux mois après l'application de la formulation du biopesticide à base de *B. bassiana* en champ, l'activité insecticide de ses spores a été maintenue. Cet auteur stipule aussi que les spores de l'isolat BIITAC6.2.2 de *B. bassiana* peuvent persister et infester les populations de mirides jusqu'à 60 jours après application sur les cabosses de cacao.

L'avantage des biopesticides à base de champignons entomopathogènes est le processus de rémanence. La contamination des insectes par le sol et la végétation après une application de formulation à base de champignons entomopathogènes est un facteur important de mortalité (Douro, 2011).

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La nécessité de lutter contre *C. lameensis*, mineuse du palmier à huile en Côte d'Ivoire sans nuire à l'environnement et à la santé de l'homme nous a conduits à utiliser des biopesticides d'origines végétales (NECO 50 EC et Le LIMOCIDE 60 ME) et fongiques (*M. anisopliae* et *B. bassiana*) comme produits alternatifs aux insecticides chimiques. L'objectif visé par ce travail était de contribuer à l'amélioration de la production de palmier à huile par une meilleure gestion du ravageur *C. lameensis* en Côte d'Ivoire. Pour atteindre cet objectif, plusieurs études ont été effectuées. Dans un premier temps, une étude a été réalisée afin de tester le NECO 50 EC, le LIMOCIDE 60 ME et les champignons entomopathogènes sur les œufs, les quatre stades larvaires et les adultes de *C. lameensis* en infestation contrôlée. Dans un second temps, une étude a été conduite pour évaluer l'impact de des champignons entomopathogènes sur la prise de nourriture et l'activité de ponte de *C. lameensis* en infestation contrôlée. Dans un troisième temps, une autre étude a été menée pour évaluer la concentration minimale efficace des champignons entomopathogènes par la transmission des spores de champignons entomopathogènes des mâles et femelles contaminés aux mâles et femelles non contaminés lors de l'accouplement ou par contact physique. Dans un quatrième temps, une étude a été réalisée afin d'évaluer la concentration minimale efficace d'un champignon entomopathogène en plantation.

Concernant l'efficacité des biopesticides d'origines végétales (NECO 50 EC et LIMOCIDE 60 ME) et fongiques (champignons entomopathogènes) sur les stades de développement (œufs, larves et adultes) de *C. lameensis*, les tests réalisés en infestations contrôlées ont montré une meilleure gestion de cet insecte. Le NECO 50 EC ($8,33 \times 10^{-3}$ g/mL) et LIMOCIDE 60 ME ($1,75 \times 10^{-3}$ g/mL) ont causé respectivement des taux de réduction de 73,48 % et de 64,44 % des œufs de *C. lameensis*. Les pourcentages d'efficacité sur les larves de *C. lameensis* ont été supérieurs à 50 % à tous les stades larvaires avec le NECO 50 EC à la concentration $8,33 \times 10^{-3}$ g/mL. Sur les adultes mâles et femelles de *C. lameensis*, le NECO 50 EC et le LIMOCIDE 60 ME ont induit de fortes mortalités (100 %). S'agissant des champignons entomopathogènes, les concentrations les plus élevées (10^{10} et 10^{12} spores/mL) ont pu réduire le taux de fertilité des œufs de *C. lameensis*. Les plus faibles taux de réduction de la fertilité de ces œufs ont été obtenus avec le *M. anisopliae* (Met 359) aux concentrations 10^{10} et 10^{12} spores/mL (53,45 % et 62,29 %). Chez les larves, les pourcentages d'efficacité des différents champignons entomopathogènes (Met 358, Met 359 et Bb 11) ont été inférieurs à 50 % sur les quatre stades larvaires (L1, L2, L3 et L4) à toutes les concentrations. Les taux de mortalité des adultes de *C. lameensis*, sexes confondus, ont atteint 100 % (Met 358 et 359) le 4^{ème} et le 6^{ème}

jours avec respectivement 10^{12} et 10^{10} spores/mL. Les mortalités causées par Bb 11 ont été de 100 % respectivement le 5^{ème} et le 7^{ème} jours (mâles) et 100 % le 5^{ème} et le 6^{ème} jours (femelles). Ces biopesticides d'origines végétales et fongiques pourraient être utilisés pour lutter respectivement contre les œufs, les larves et les adultes de *C. lameensis*.

L'étude de l'impact des champignons entomopathogènes (Bb 11, Met 358 et Met 359) sur la prise de nourriture de *C. lameensis* lorsque les folioles ont été traitées avant de les introduire dans les manchons a montré que la longueur des sillons creusée par les femelles ($8,42 \pm 3,50$ cm) avec Met 359 a été inférieure à celle creusée par les mâles ($11,65 \pm 3,01$ cm) avec Met 359. Lorsque l'ensemble (insectes et folioles) a été pulvérisé, seules les femelles traitées avec Met 359 n'ont pas pu creuser des sillons avant leurs morts.

L'impact de Bb 11, Met 358 et Met 359 sur l'activité de ponte des femelles de *C. lameensis* infectée a révélé que le nombre d'œufs pondus par celles-ci a été réduit de 38 % le 1^{er} jour. A partir du 35^{ème} jour jusqu'au 40^{ème} jour, il n'y a plus eu de ponte.

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 et causer leurs morts. Les ratios 1:5 et 15:15 ont causé les meilleurs taux de transmissions.

L'application de la concentration minimale efficace de Met 359 en plantation a permis de réduire les adultes de *C. lameensis*. De plus, ce champignon entomopathogène a eu un faible impact sur les insectes utiles (pollinisateurs) du palmier à huile. *M. anisopliae* est donc un bon agent de méthode de lutte alternative aux insecticides chimiques à prendre en compte dans des programmes de lutte contre *C. lameensis*.

Les champignons entomopathogènes (Bb 11, Met 358 et Met 359) pourraient être utilisés comme alternative pour contrôler la population de *C. lameensis*.

A l'issue de ce travail, des études supplémentaires méritent d'être réalisées afin d'assurer une meilleure production des palmiers à huile en Côte d'Ivoire. Il faudra procéder à:

- Evaluer l'effet de la transmission horizontale de *M. anisopliae* en faisant des lâchers des adultes de *C. lameensis* en plantation;
- Tester l'effet combiné des biopesticides d'origines fongiques (champignons entomopathogènes) et végétales (NECO 50 EC et le LIMOCIDE 60 ME) sur *C. lameensis*;
- Tester le NECO 50 EC et le LIMOCIDE 60 ME en plantation.

REFERENCES

- Abarna V.P. & Vishnupriya R. (2022). DNA barcoding reveals the natural occurrence of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin in two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch in Bhendi [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench] ecosystem in Coimbatore district of Tamil Nadu. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 32(128) : 1-9.
- Abbott W.S. (1925). A method for computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18 : 265-267.
- Aby N., Kouadio D.L.M., N'guetta A., Koffi K.C.G, Atsin O., Gnonhoury G.P. & Traore S. (2022). Lutte intégrée contre le charançon du bananier *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera : Curculionidae) : Utilisation de pièges inocules avec le champignon entomopathogène *Metarhizium anisopliae*. *European Scientific Journal*, 12 : 119-132.
- Aby N., Kouadio D.L.M, Koffi K.C.G, Atsin O., Gnonhoury G.P. & Traore S. (2023). Lutte intégrée contre le charançon du bananier *Cosmopolites Sordidus* (Germar) (Coleoptera : Curculionidae) : Utilisation de pièges inoculés avec le champignon entomopathogène *Metarhizium anisopliae*. *European Scientific Journal*, 19(3) : 52-63.
- Acheampong M.A., Hill M.P., Moore S.D. & Coombes C.A. (2020). UV sensitivity of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* isolates under investigation as potential biological control agents in South African *Citrus orchards*. *Fungal Biology*, 124(5) : 304-310.
- Adehan S.B., Dah-N.D., Badarou K.O., Akpo Y., Zinsou S.E., Kounonzo M.L., Kandé S., Gbaguidi A.M., Mama T., Boko K.C. & Farougou S. (2022). Évaluation in vivo en station de l'activité acaricide de l'huile essentielle de *Ocimum gratissimum* sur une infestation contrôlée de bovins Borgou par la tique exotique *Rhipicephalus microplus* au Bénin. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 51(1) : 9201-9212.
- Aisagbonhi C.I., Airede C.E., Appiah F.O. & Kolade K.O. (2004). Key pests and diseases of oil palm in Africa : Their biology, epidemiology and methods of control. In : *Proceedings of the international conference on pests & diseases of importance to the oil palm industry*, 18-19 May 2004, Kuala Lumpur, Malaysia : 998-1006.

- Akantetou P.K., Nadio N.A., Bokobana M.E., Tozoou P., Kilimou P., Koba K., Poutouli W., Raynaud C. & Sanda K. (2020). Aphicide effect of the essential oil of *Ocimum basilum* L. and its majority compound on cotton aphid *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) in Togo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14(1) : 84-96.
- Akessé E.N., Ouali N. S-W.M., Minhibo Y.M., Koffi K.M. & Koné D. (2020). Efficacité d'une lutte mécanique associée au biopesticide Neco 50 EC dans le contrôle des adultes de *Diastocera trifasciata* (Coleoptera : Cerambycidae), ciseleur des branches d'anacardier en Côte d'Ivoire. *International Journal Biological and Chemical Sciences*, 14(3) : 1038-1051.
- Akutse K.S., Subramania S., Khamis F.M., Ekesi S. & Mohamed S.A. (2020). Entomopathogenic fungus isolates for adult *Tuta absoluta* (Lepidoptera : Gelechiidae) management and their compatibility with *Tuta* pheromone. *Journal of Applied Entomology*, 144(9) : 777-787.
- Amhed R. & Freed S. (2021). Virulence of *Beauveria bassiana* Balsamo to red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) (Coleoptera : Curculionodae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 31(77) : 1-4.
- Anonyme (2023). La filière palmier à huile représente plus de 4% du PIB de la Côte d'Ivoire. <https://fr.apanews.net> AGRICULTURE. Consulté le 24/06/2024 à 11h24 min.
- Anougba B.D. (2022). Lutte contre le blast dans les pépinières de palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacquin) en Côte d'Ivoire : caractérisation du vecteur *Recilia mica* Kramer, 1962 (Homoptera, Cicadellidae, Deltocephalinae) et tests de nouveaux insecticides. Thèse de Doctorat en Biodiversité et Gestion Durable des Écosystèmes, UFR Science de la Nature, Université Nangui Abrogoua (Abidjan, Côte d'Ivoire), 149 p.
- Ashraf M., Farooq M., Shakeel M., Din N., Hussain S., Saeed N., Shakeel Q. & Rajput N.A. (2017). Influence of entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae*, alone and in combination with *Diatomaceous earth* and thiamethoxam on mortality, progeny production, mycosis, and sporulation of the stored grain insect pests. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(36) : 28165-28174.
- Assiedu J.J. (1982). La transformation des produits agricoles en zone tropicale. Edition Karthala et CTA, Paris, France : 240-250.
- Aribi N., Béatrice D., Samira K-M. & Dominique J. (2020). L'azidirachine, un pesticide naturel aux effets multiples. *Médecine/Science*, 36(1) : 44-49.

- Azhar U.K., Talha N., Tauqir A., Muhammad Z., Yusuf A.A., Ghulam H.J., Muswar A.G. & Dewen Q. (2020). Sub-lethal effects of partially purified protein extracted from *Beauveria bassiana* (Balsamo) and its presumptive role in tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) defense against whitefly (*Bemisia tabaci* Genn.). *Insects*, 11(9) : 1-13.
- Azmi W.A., Lei C.J., Ahmad R.H.I.R., Halim N.A., Asib N. & Zakaria A. (2023). Bioefficacy of an Oil-Emulsion Formulation of Entomopathogenic Fungus, *Metarhizium anisopliae* against Adult Red Palm Weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*. *Insects*, 14(5) : 1-12.
- Baker D.K., Rice S.J., Leemon D.M. & James P.J. (2017). Horizontal transmission of *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales : Clavicipitacea) and the effects of infection on oviposition rate in laboratory population of *Musca domestica* (Diptère : Muscidae). *Pest Management Science*, 74(4) : 987-991.
- Baleba S.B.S., Agbessenou A., Getahun M.N., Akutse K.S., Subramanian S. & Masiga D. (2021). Infection of the Stable Fly, *Stomoxys calcitrans*, L. 1758 (Diptera : Muscidae) by the Entomopathogenic Fungi *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales : Clavicipitaceae) Negatively Affects Its Survival, Feeding Propensity, Fecundity, Fertility, and Fitness Parameters. *Frontiers in Fungal Biology*, 2 : 1-16.
- Bamisile B.S., Akutse K.S., Siddiqui J.A. & Xu Y. (2021). Model application of entomopathogenic fungi as alternatives to chemical pesticides: prospects, challenges, and insights for next-generation sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 12 : 1-21.
- Barbara B., Gautier-Beguín D. & Herzog F. (1994). Le palmier à huile, Sempervira, centre suisse de recherche scientifique en Côte d'Ivoire. Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire, Abidjan, 50 p.
- Bayer (2011). DecisR al Deltaméthrine 0,0075g/l. Fiche technique, Bayer Edition, Leverkusen (Allemagne), 14 p.
- Begon M., Harper J.L. & Townsed C.R. (1990). Ecology : individuals, populations and communities, (2nd edition). Oxford: *Blackwell Scientific Publications*, Oxford (England), 945 p.
- Benfekih A.L. (2006). Recherches quantitatives sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Orth. Oedipodinae) dans le Sahara algérien. Perspectives de lutte biologique à l'aide de microorganismes pathogènes et de peptides synthétiques. Thèse de Doctorat, Faculté de Sciences et Techniques, Université de Limoges (Limoges, France), 140 p.

- Benserradj O. (2014). Evaluation de *Metarhizium anisopliae* à titre d'agent de lutte biologique contre les larves de moustiques. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université des Frères Mentouri Constantine (Constantine, Algérie), 166 p.
- Benserradj O. & Mihoubi I. (2014). Larvicidal activity of entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* against mosquito larvae in Algeria. *International Journal Current Microbiology and Applied Science*, 3(1) : 54-62.
- Berti N. & Mariau D. (1999). *Coelaenomenodera lameensis* n.sp. (Coleoptera : Chrysomelidae: Hispinae) ravageur du palmier à huile. *Nouvelle Revue d'Entomologie*, 16 (3) : 253-267.
- Besombes J.P. & Mariau D. (1971). Traitement sanitaire des plantations des palmiers à huile à l'aide d'un pulvérisateur « Fludair canons jumelés » Tecnomat. *Oléagineux*, 26(11) : 675-681.
- Bidochka M.J. & Small C. (2005). Phylogeography of *Metarhizium*, an insect pathogenic fungus. In : F.E. Vega & M. Blackwell (Eds.) *Insect-Fungal Associations*. Oxford University Press Inc., New York, USA, pp 28-49.
- Blanc-Pamard C. (1980). De l'utilisation de trois espèces de palmier dans le sud du «V Baoulé» (Côte d'Ivoire). L'arbre en Afrique tropicale : la fonction et le signe. *Cahiers ORSTOM, Série Sciences Humaines*, 17 (3-4) : 247-255.
- Blandine de T. (1992). Micropropagation du palmier à huile (*Elaeis guineensis* jacq.) en milieu liquide. Thèse de Doctorat en Science, Université de Paris sud centre d'Orsay (Paris, France) 169 p.
- Braga G., Flint S., Miller C., Anderson A. & Roberts D. (2001). Variability in response to UV B among species and strains of *Metarhizium* isolated from sites at latitudes from 61°N to 54°S. *Journal of Invertebrate Pathology*, 78 : 98-108.
- Caballero J.E.P. (2019). Nanoencapsulation d'un agent synergisant chimique, la deltaméthrine pour potentialiser l'effet d'un insecticide l'indoxacarbe contre les insectes nuisibles. Thèse de Doctorat en Biologie des organismes, Université d'Angers (Angers, France), 91 p.
- CABI (2019). *Beauveria bassiana*. In : Invasive Species Compendium. Wallingford, UK : CAB International. <https://www.cabi.org>. Consulté le 11/10/2024 à 12h31 min.
- Caliman J.P. (1990). Dégradation des propriétés physiques conditionnant la fertilité des sols sous culture du palmier à huile en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat des sciences du sol, Université de Bourgogne (France), 242 p.

- Chen W.H, Man L, Huang Z.X, Yang G.M, Han Y.F., Liang J.D. & Liang Z.Q. (2018). *Beauveria majiangensis*, a new entomopathogenic fungus from Guizhou, China. *Phytotaxa*, 333 : 243-250.
- Cheraghi A., Habibpour B., Mossadegh M.S. & Sharififard M. (2012). Horizontal Transmission of the Entomopathogen Fungus *Metarhizium anisopliae* in *Microcerotermes diversus* Groups. *Insect*, 3 : 709-718.
- Cherry A., Jenkins N., Heviefo G., Bateman R. P. & Lomer C. (1999.) A West African pilot scale production plant for aerial conidia of *Metarhizium* sp for use as a mycoinsecticide against locusts and grasshoppers. *Biocontrol Science Technology*, 9 : 35-51.
- Cheyns E., Akindes F. & Adie A.F. (2000). La filière palmier à huile en Côte d'Ivoire 3 ans après la privatisation: état des lieux d'un procès de recomposition institutionnelle. *Oléagineux, Corps Gras, Lipide*, 7(2) : 166-171.
- Clarkson J.M. & Charnley A.K. (1996). New insights into the mechanisms of fungal pathogenesis in insects. *Trends in Microbiology*, 4 : 197-203.
- CNUCED (2016). Rapport sur la production de l'Huile de palme. Fonds de la CNUCED pour l'information sur les marchés des produits de base agricoles. New York et Genève, 23 p.
- Coffi A., Atachi P. & Philippe R. (2009). Développement de *Coelaenomenodera lameensis* Berti et Mariau (Coleoptera : Chrysomelidae - Hispinae) sur diverses provenances de palmier à huile. *Annales des Sciences Agronomiques*, 12(1) : 1-14.
- Coffi A., Philippe R., Zanou B.E.T. & Glitho I. (2012). Efficacité des composés métabolites secondaires extraits des folioles du palmier à huile contre les larves de la mineuse des feuilles, *Coelaenomenodera lameensis* (Coleoptera : Chrysomelidae). *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)* : 56-65.
- Cochard B., Adon B., Kouamé-Kouamé R., Durand-Gasselin T. & Amblard P. (2001). Intérêts des semences commerciales améliorées de palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Oléagineux*, 8(6) : 654-658.
- Coulibaly S., Kouame D., Dro B., Yeboua B.A.A. & Salla M. (2021). Flore mellifère potentielle du site de l'Université Jean LOROUGNON GUEDE (Daloa, Centre-ouest Côte d'Ivoire) : Quel intérêt apicole ? *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 58(1) : 26-38.

- De Franqueville H. & Diabaté S. (1995). La fusariose du palmier à huile en Afrique de l'Ouest (Oil palm vascularwilt in westafrica). *Plantations, Recherche, Développement*, 2(4) : 5-13.
- Demirci F., Mustu M., Kaydan M.B. & Ülgentürk S. (2011). Laboratory evaluation of the effectiveness of the entomopathogen; *Isaria farinosa*, on citrus mealybug, *Planococcus citri*. *Journal of Pest Sciences*, 84 : 337-342.
- De Theux B. (2004). Utilisation de l'huile de palme comme combustible dans les moteurs diesel. Travail de fin d'études présenté pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur industriel ; Section électromécanique (Haute école Léonard de VINCI : Institut Supérieur Industriel), Paris, France, 119 p.
- Devault D.A., Karolak S., Levi Y., Rousis N.I., Zuccato E. & Castiglioni S. (2018). Exposure of an urban population to pesticides assessed by wastewater-based epidemiology. *Science of the Total Environment*, 644 : 129-136.
- Dhillon M.K., Singh N. & Yadava D.K. (2022). Preventable yield losses and management of mustard aphid, *Lipaphis erysmi* (Kaltenbach) in different cultivars of *Brassica juncea* (L) Czern & Coss. *Crop Protection*, 161(1) : 1-10.
- Diabaté S. & Hala N. (2013). Lutte intégrée contre les Ravageurs du palmier à huile. Formation des contrôleurs phytosanitaires de SOGB, Abidjan (Côte d'Ivoire) : 5-8.
- Diabaté S. & Hala N. (2014). Lutte intégrée contre les Maladies et les Ravageurs du palmier à huile. Formation des Agents de FA et du Service Entomologie CNRA, Abidjan (Côte d'Ivoire) : 5-8.
- Dimbi S., Maniania N. & Ekesi S. (2013). Horizontal transmission of *Metarhizium anisopliae* in fruit flies and effect of fungal infection on egg laying and fertility. *Insects*, 4(2) : 206-216.
- Dongmo P.M.J., Kuate J., Boyom F.F., Ducelier D., Damesse F., Zollo P.H.A., Menut C. & Bessiere M. (2002). Composition chimique et activité antifongique in vitro des huiles essentielles de *Citrus* sur la croissance mycélienne de *Phaeoramularia angolensis*. *Fruits*, 57(2) : 95-104.
- Douro K.O.K. (2011). Potentialités des entomopathogenes *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales : Clavicipitaceae) et *Beauveria bassiana* (Hypocreales : Ophiocordycipitaceae) dans la gestion de *Helicoverpa armigera* (Hübner), (Lepidoptera : Noctuidae) au Bénin. Thèse de Doctorat en Biologie de Développement option Entomologie Appliquée, Faculté des Sciences, Université de Lomé, Togo, 134 p.

- Douro K.O.K., Djegui D.A., Glitho I.A. & Tamò M. (2012a). Sensitivity of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera : Noctuidae) to the entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* in laboratory. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 7 : 1007-1015.
- Douro K.O.K., Djegui D.A., Glitho I.A. & Tamò M. (2012b). Réponse des stades larvaires de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera : Noctuidae) à l'application de champignons entomopathogènes *Metarhizium anisopliae* et *Beauveria bassiana*. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 16(3) : 283-293.
- Douro K.O.K., Gbongboui C., Badou R., Paa-Kwessi E., Ackonor J.B. & Langewald J. (2005). Optimisation de l'application du *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* sur le criquet puant, *Zonocerus variegatus* (Orthoptera : Pyrgomorphidae). *International Journal of Tropical Insect Science*, 25 : 251-258.
- Ekesi S., Maniania N.K & Lux S.A. (2003). Effect of soil temperature and moisture on survival and infectivity to four tephritid fruit fly puparia. *Journal of Invertebrate Pathology*, 83 : 157-167.
- EL-Akhal F., Guemmouh R., Greche H. & El Ouali Lalami A. (2014). Valorisation en tant que bioinsecticide de deux huiles essentielles de *Citrus sinensis* et *Citrus aurantium* cultivées au centre du Maroc. *Journal of Materials and Environmental Sciences*, 5(1) : 2319-2324.
- Fadiji A.E. & Babalola O.O. (2020). Exploring potentialities of beneficial endophytes for improved plant growth. *Journal of Biological Science*, 27(12) : 3622-3633.
- Fages C. (2019). La Côte d'Ivoire veut tripler sa production d'huile de palme sans déforester. [Http://amp.rfi.fr/Chroniques des matières \(/Émission /Chronique-Matières Premières\)](http://amp.rfi.fr/Chroniques_des_matières_(Émission_/Chronique-Matières_Premières)). Consulté le 16-06-2022 à 21 h 39 mn.
- Fargues J. & Luz C. (2000). Effects of fluctuating moisture and temperature regimes on sporulation of *Beauveria bassiana* on cadavers of *Rhodnius prolixus*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 75(3) : 202-211.
- Faria M. & Wraight S.P. (2001). Biological control of *Bemisia tabaci* with fungi. *Crop Protection*, 20 : 767-778.
- Fazlullah S.H., Muzammil F., Aslam M.N. & Zada N. (2023). Insecticidal potential of eco friendly mycoinsecticides for the management of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) under in vitro conditions. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 29 (1) : 124-130.

- Ferron P., Fargues J. & Riba G. (1991). Fungi as microbial insecticides against pests. *Humans, Animals and Insects*, 18(2) : 665-706.
- Fondio D. (2022). Entomofaune de la culture du concombre (*Cucumis sativus* Linné, 1753, Cucurbitaceae), bioécologie et lutte à base d'extraits aqueux de plantes locales contre *Leptoglossus membranaceus* Fabricius, 1781 (Coreidae), principal ravageur du concombre à Daloa, Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat en Entomologie agricole, UFR Agroforesterie, Université Jean LOROUGNON GUEDE (Daloa, Côte d'Ivoire), 140 p.
- Forlani L., Pedrini N. & Juárez M.P. (2011). Contribution of the horizontal transmission of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* to the overall performance of a fungal powder formulation against *Triatoma infestans*. *Research and Reports in Tropical Medicine*, 2 : 135-140.
- Galani G. (1988). Cultivation of some entomopathogenic fungi in liquid media with various initial pH values. *Analele-Institutului-de-cercetari-pentru plantelor*, 21 : 54 p.
- Gandeho G.J., Tchekessi C.K.C., Aboubakar S.D., Tamadaho M.P., Odjoumani E. & Dossou J. (2022). Effet insectifuge et insecticide des extraits totaux des épiluchures d'orange sur *Callosobruchus maculatus* Fab un déprédateur de niébé (*Vigna unguiculata* L., Walp) en stock. *Journal of Applied Biosciences*, 172 : 17881-17892.
- Gautier-Béguin D. (1992). Étude ethnobotanique des plantes de cueillette à utilisation alimentaire dans un village du sud du V-Baoulé (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat en Science Technique, Université de Genève (Suisse), 368 p.
- Goettel M.S. (1992). Des champignons comme agents de lutte biologique. In : La lutte biologique contre les acridiens. CAB International/IITA, Ibadan (Nigeria) : 122-131.
- Goettel M.S., Inglis G.D. & Wraight S.P. (2000). Fungi. In : Field manual technique in invertebrate pathology. Lacey, L.A. & Kaya, H.K. (Eds), Kluwer Academic Publisher, Netherlands, Pays-Bas : 255-282.
- Gullan P.J & Cranston P.S. (2014). The insects : An outline of entomology, 5^{ème} edition, John Wiley & Sons, Chichester (Royaume-Uni), 624 p.
- Hala K.A. (2020). Bioécologie, dégâts, répartition de *Prosoestus scuptilis* et *Prosoestus minor* (Coleoptera, Curculionidae) dans les principales zones de production du palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Côte d'Ivoire et recherche de méthodes de lutte pour l'amélioration du taux de nouaison. Thèse de Doctorat en Entomologie et Gestion des Ecosystèmes, UFR Biosciences, Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY (Abidjan, Côte d'Ivoire), 160 p.

- Hala K.A., Aby N., Hala N., Akpesse A.A.M. & Koua K.H. (2018). *Metarhizium Anisopliae* against *Prosoestus* Spp., Pests of Female Oil Palm Inflorescences: Preliminary Laboratory Tests. *Journal of Life Sciences*, 10 : 173-182.
- Hala K.A., Hala N., Aby N., N'guessan H.A., Akpesse A.A.M. & Koua K.H. (2025). Evaluation de l'efficacité de trois méthodes de lutte contre *Prosoestus* spp. (Coleoptera : Curculionidae), principaux ravageurs des inflorescences femelles du palmier à huile (*Elaeis guineensis*) en Côte d'Ivoire. *Afrique Science*, 26(1) : 84-98.
- Hala N., Tuo Y., Akpesse M.A. A., Koua K.H. & Tano Y. (2012). Entomofauna of Oil Palm Tree Inflorescences at La Mé Experimental Station (Côte d'Ivoire). *American Journal of Experimental Agriculture*, 2(3) : 306-319.
- Hardon J.J., Rajanaidu N. & Van der Vossen H.A.M. (2001). *Elaeis guineensis* Jacq. In : van der Vossen, H.A.M. & Umali, B.E. (Editors). Plant Resources of South-East Asia n°14. Vegetable oils and fats. Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands, Pays-Bas : 85-93.
- Hartley C.W.S. (1988). The oil palm. Longman Scientific and Technical, Longman House, Essex, 3rd edition, London, England, 761 p.
- Henderson C. F. & Tilton W.E. (1955). Tests with acaricides against the brow wheat mite. *Journal Economic Entomology*, 48 : 157-161.
- Herzog F. (1992). Étude biochimique et nutritionnelle des plantes alimentaires sauvages dans le sud du V-Baoulé. Thèse de Doctorat en Sciences Techniques, Ecole Polytechnique Fédérale Zurich, Suisse, 122 p.
- Hevief G.A., Nyamador S.W., Dagbozounkou E.D., Tamò M. & Glitho I.A. (2019). Influence de la température et de la nature du substrat sur la production en masse et la conservation de *Beauveria bassiana* B., champignon entomopathogène. *Revues RAMRes*, 6(2) : 36-44.
- Huang F., Hao Z. & Yan F. (2022). Influence of oilseed rape seed treatment with imidacloprid on survival, feeding behavior, and detoxifying enzymes of Mustard aphid, *Lipaphis erysimi*. *Insects*, 10(5) : 1-9.
- Husain M., Sutanto K.D., Al-Shahwan I.M., Rasool K.G., Mankin R.W. & Aldawood A.S. (2023). Field Evaluation of Promising Indigenous Entomopathogenic Fungal Isolates against Red Palm Weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera : Dryophthoridae). *Journal of Fungi*, 9 : 1-12.

- Husain M., Sutanto K.D., Rasool K.G., Al-Qahtani W.H. & Aldawood A.S. (2021). Pathogenicity of local and exotic entomopathogenic fungi isolates against different life stages of red palm weevil (*Rhynchophorus ferrugineus*). *PLoS ONE*, 16 : 1-12.
- Hussein K.A., Abdel-Rahman M.A.A., Abdel-Mallek A.Y., El-Maraghy S.S. & Joo J.H. (2010). Climatic factors interference with the occurrence of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in cultivated soil. *African Journal of Biotechnology*, 9 : 7674-7682.
- Hsia I.C.C., Islam M.T., Ibrahim Y., Yee H.T. & Omar D. (2014). Evaluation of Conidial Viability of Entomopathogenic Fungi as Influenced by Temperature and Additive. *International Journal of Agriculture & Biology*, 16 : 146-152.
- Inglis G.D., Goettel M.S, Butt T.M & Strasser H. (2001). Use of hyphomycetous fungi for managing insect pests. In : Butt TM, Jackson CW, Magan N. Edition Fungi as biocontrol agents: progress, problems and potential. CABI Publishing, Wallingford, Angleterre : 23-55.
- Jacquemard J.C. (1995). Le palmier à huile. Maisonneuve et Larose Edition, Paris, France, 33p.
- Jacquemard J.C., André B., Jean O., Laurence O., Aude V., Jean G. & Hubert F. (2011). Le palmier à huile. Édition Quæ, CTA, Presses agronomiques de Gembloux, Belgique, 20 p.
- Jannot C. (2013). Les filières oléagineuses en Afrique de l'ouest et du centre: le grand retour du palmier à huile. In : Déméter 2014 : économie et stratégies agricoles. Paris : Club Déméter, France : 247-312.
- Joachim C., Veronique-Baudin J., Ulric-Gervaise S., Pomier A., Pierre-Louis A., Vestris M., Novella J.L., Drame M., Macni J. & Escarmant P. (2019). Cancer burden. In the Caribbean: An overview of the Martinique cancer registry profile. *BMC Cancer*, 19 : 1-9.
- Johnson F, Ouosso K.R, Kanko C, Tonzibo Z.F, Foua-bi K. & Tano Y. (2018). Bioefficacité des huiles essentielles de trois espèces végétales (*Ocimum gratissimum*, *Ocimum canum*) et (*Hyptis suaveolens*), de la famille des Labiées dans la lutte contre *Sitophilus zeamais*. *European Journal of Scientific Research*, 150(3) : 273-284.
- Johnson F., Seri-K.B., Aboua L.R.N. & Foua-Bi K. (2006). Utilisation de poudres et d'extraits totaux issus de plantes locales des genres *Ocimum* sp. et *Mentha* sp. Comme biopesticides dans la lutte contre *Callosobruchus maculatus* FAB. *Agronomie Africaine*, 18(3) : 221-233.

- Joséphine D. & Marie M. (2015). *Metarhizium anisopliae*: à propos d'un cas rare de kératite fongique invasive. *Journal of Medical Mycology*, 25(3) : 237-238.
- Jover H. (1950). Note technique sur la lutte contre *Coelaenomenodera* sp., parasite des palmiers à huile à La Mé. *Oléagineux*, 5(3) : 156-160.
- Kamara-Ajavon S. (1980). L'huile de palme et son utilisation. *Notes africaines*, 165 : 17-21.
- Kassi F.M., Badou O.J., Tonzibo Z.F., Salah Z.A.L.D.G.E. & Koné D. (2014). Action du fongicide naturel NECO contre la cercosporiose noire (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) chez le bananier plantain (AAB) en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 75 : 6183-6191.
- Kaushal K.S, Ajoy K.C. & Priyanka K. (2016). Entomopathogenic Fungi. In : Omkar, editor. Ecofriendly Pest Management for Food Security. Academic Press ; Cambridge, MA, USA : 475-505.
- Keller S. & Zimmermann G.J. (1989). Mycopathogens of soil insects. In Wilding, N., N. Collins, N. M.Hammond, P. M. Webber, and 1. F. Webber (eds.), *Insect-Fungus Interactions*. Academic Press, London, Angleterre : 240-269.
- Kepler R.M., Luangsa-ard J.J., Hywel-Jones N.L., Quandt C.A., Sung G.H, Rehner S.A., Aime M.C., Henkel T.W., Sanjuan T., Zare R, Chen M.Li.Z., Rossman A.Y., Spatafora J.W. & Shrestha B. (2017). A phylogenetically-based nomenclature for *Cordycipitaceae* (*Hypocreales*). *IMA Fungus*, 8(2) : 335-353.
- Kerharo J. & Bouquet A. (1950). Plantes médicinales et toxiques de la Côte d'Ivoire – Haute Volta: mission d'étude de la pharmacopée indigène en A.O.F. Edition Vigot frères, Paris, France : 15-25.
- Khan S., Nadir S., Lihua G., Xu J., Holmes K.A. & Dewen Q. (2016). Identification and characterization of an insect toxin protein, Bb70p, from the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana*, using *Galleria mellonella* as a model system. *Journal Invertebrate Pathology*, 133 : 87-94.
- Kim K.K., Gavin J.A., Mark M.S., Ruth K.H. & Bree A.L.W. (2021). Transmission of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* to adults of *Kuschelorrhynchus macadamiae* (Coleoptera : Curculionidae) from infected adults and conidiated cadavers. *Scientific Reports*, 11 : 1-12.

- Kindozandji A., Douro K.O.K., Amevoin K., Nondichao A.N., Glitho A.I. & Tamó M. (2020). Evaluation au laboratoire de l'efficacité de la combinaison de l'huile de neem et du champignon entomopathogène *Beauveria bassiana* vis-à-vis de *Maruca vitrata* (Fabricius) (Lepidoptera : Crambidae). *Revues RAMRes*, 8(1) : 48-55.
- Klowden M.J. (2007). *Physiological systems in insects*. Academic Press, San Diego, CA, USA, Second Edition, San Diego, USA, 688 p.
- Kobenan K.C., Tia V.E., Ochou G.E.C., Kouakou M., Bini K.K.N., Dagnogo M., Dick A.E. & Ochou O.G. (2018). Comparaison du potentiel insecticide des huiles essentielles d'*Ocimum gratissimum* L. et d'*Ocimum canum* Sims sur *Pectinophora gossypiella* Saunders (Lepidoptera : Gelechiidae), insecte ravageur du cotonnier en Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 14(21) : 286-301.
- Koffi A.M, Tonzibo Z.F, Delort L., Ruiz N., Caldefie-Chézet L. & Chalchat J.C. (2013). Corrélation entre la composition chimique et l'activité antifongique des huiles essentielles à prédominance thymol sur *Candida albicans* et *Aspergillus fumigatus*. *Phytothérapie*, 11 : 134-139.
- Koh L.P. & Wilcove D.S. (2008). Is oil palm agriculture really destroying tropical diversity? *Conservation Letters*, 1(2) : 60-64.
- Konan K.E., Koné B., Adon N.B., Diabaté S., Koutou A. & Ballo K. (2006). Bien cultiver le palmier à huile en Côte-d'Ivoire. Fiche technique palmier n°1 CNRA/CTA, 4 p.
- Koné W.A. (2002). Etude du développement de *Coelaenomenodera lameensis* et incidence sur les divers types de palmier à huile à la station de La Mé. Diplôme d'Études Approfondies (DEA) en Gestion et valorisation des ressources naturelles, Faculté des Sciences de la Nature Université d'Abobo Adjamé, Abidjan, Côte d'Ivoire, 40 p.
- Koua K.H. (2008). Répartition spatio-temporelle des populations et physiologie de la digestion de *Coelaenomenodera lameensis* Berti et Mariau (Coleoptera : chrysomelidae), ravageur du palmier à huile. Thèse de Doctorat d'Etat des Sciences Naturelles en Entomologie, UFR Biosciences Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 152 p.
- Kouassi A.C. (2022). 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 en Écologie Tropicale, UFR Biosciences, Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY (Abidjan, Côte d'Ivoire), 199 p.

- Kouassi A.C., Hala N., Hala K.A. & Kouassi P. (2019). Impact des fourmis rouges *Oecophylla longinoda* Latreille (Hymenoptera : Formicidae) sur la dynamique des populations de *Coelaenomenodera lameensis* Berti et Mariau (Coleoptera : Chrysomelidae), principal ravageur du palmier à huile *Elaeis guineensis* JACQ. En Côte d'Ivoire. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 41(1) : 6757-6766.
- Kouassi A.C, N'guessan A., Hala K.A, Hala N. & Kouassi K.P. (2020). Effect of Sivanto Energy 85 EC (Flupyradifurone 75 g/L, Deltamethrin 10 g/L) on *Coelaenomenodera lameensis* (Coleoptera, Chrysomelidae : Hispinae), main pest of oil palm tree in Côte d'Ivoire. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 16(6) : 7-18.
- Kouchade C.A, Kounouhewa B. & Awokou S.K. (2017). La récolte de vin de palme : procédé et effets des conditions environnementales. *Oilseeds & Crops Lipids*, 24 (5) : 1-8.
- Koul O., Rajwinder S., Birpal K. & Dharamvir K. (2013). Comparative study on the behavioral response and acute toxicity of some essential oil compounds and their binary mixtures to larvae of *Helicoverpa armigera*, *Spodoptera litura* and *Chilo partellus*. *Industrial Crops and Products*, 49 : 428-436.
- Le Guen V., Amblard P., Omore A., Koutou A. & Meunier J. (1991). Le programme hybride interspécifique *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* de l'IRHO. *Oléagineux*, 46(12) : 479-487.
- Lecoustre R. (1988). Approche mathématique d'un équilibre biologique à trois antagonistes: exemple du palmier à huile, de *Coelaenomenodera minuta* Uhmann et de ses parasites d'œufs. Thèse de Doctorat en Physiologie et biologie des organismes et populations, Institut des Sciences et Techniques du Languedoc (Montpellier, France), 289 p.
- Lefort F., Laurent E., Crovadore J., Cochard B., Pelleteret P. & Chablais R. (2016). Isolement, identification et évaluation de champignons entomopathogènes provenant de différents écosystèmes agricoles et naturels du Canton de Genève. Groupe Plantes et pathogènes, Institut Terre Nature et Environnement, hepia, HES-SO//. Journée d'automne SGP / SSP "Interactions complexes entre plantes et organismes nuisibles", 27 octobre 2016, Genève, Suisse, 1 p.
- Leland J.E. & Behle R.W. (2005). Coating *Beauveria bassiana* with lignin for protection from solar radiation and effects on pathogenicity to *Lygus lineolaris*. *Biocontrol Science & Technology*, 15 : 309-320.

- Lemos K.L., Lemos R.N.S., Medeiros F.R., da Silva E.A., Mesquita M.L.R. & Araujo J.R.G. (2017). Insecticidal activity of *Azadirachta indica* A. Juss. extracts on *Aleurocanthus woglumi* Ashby (Hemiptera : Aleyrodidae). *Journal of Medicinal Plants Research*, 11(13) : 260-263.
- Lepesme P. (1947). Les insectes du palmier à huile in : Les insectes des palmiers. *Le chevalier*, Paris : 739-744.
- Li Y., Lei Z. & Wang H. (2013). Selection of *Beauveria bassiana* strains against *Frankliniella occidentalis* and their conodial production characteristics. *Chinese Journal of Biological Control*, 29(2) : 219-226.
- Li J., Xie J., Zeng D., Xia Y. & Peng G. (2021). Effective control of *Frankliniella occidentalis* by *Metarhizium anisopliae* CQMa421 under field conditions. *Journal of Pest Science*, 94(1) : 111-117.
- Liu D., Smagghe G & Liu T-X. (2023). Interactions between Entomopathogenic Fungi and Insects and Prospects with Glycans. *Journal of Fungi*, 9 :1-15.
- Liu H., Skinner M. & Parker B.L. (2003). Bioassay method for assessing the virulence of *Beauveria bassiana* against tarnished plant bug, *Lygus lineolaris* (Hem, Miridae). *Journal Applied Entomology*, 127 : 299-304.
- Lomer C.J. & Prior C. (1992). Biological control of locusts and grasshoppers. Proceedings of a workshop held at the International Institute of Tropical Agriculture, Cotonou, Republic of Benin, 29 April-1 May 1991, Centre for Agricultural Bioscience International (CABI) Publishing, Wallingford, UK : CAB International, 394p.
- Lopes R.B., Michereff-F.M., Tigano M.S., Neves P.M.O.J., López E.L., Fancelle M. & Silva, J.P.D. (2011). Virulence and horizontal transmission of selected Brazilian strains of *Beauveria bassiana* against *Cosmopolites sordidus* under laboratory conditions. *Bulletin of Insectology*, 64 : 201-208.
- LuBiLoSa (1996). Technical Bulletin N° 3. Laboratory techniques in insect pathology, International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Cotonou, Benin, 28-34.
- Mahot H.C. (2019). 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), 135 p.

- Mahot H.C., Membang G., Hanna R., Begoude B.A.D., Bagny B.L. & Bilong B.C.F. (2019). Laboratory assessment of virulence of Cameroonian isolates of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against mirid bugs *Sahlbergella singularis* Haglund (Hemiptera : Miridae). *African Entomology*, 27(1) : 86-96.
- Mani K.A.B., Tzach V.A., Soliman Khatib C.D. & Itai O.A. (2023). Effect of entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* on the growth characteristics and metabolism of black soldier fly larvae. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 197 : 1-9.
- Mamour T., Amadou F., Fawrou S., Raymond D.N., Thierno S.B. & Mady N. (2018). Histopathologie et effet de *Metarhizium anisopliae* sur les stades larvaires du criquet sénégalais (*Oedaleus senegalensis*). *Afrique Science*, 14(2) : 177-185.
- Mariau D. (1988). The parasitoids of hispidae in Biology of chrysomelidae. In : Jolivet P., Petitpierre E., et Siao T.H.H. (eds) biology of chrysomelidae. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, Pays-Bas, pp 449-461.
- Mariau D. (1996). Lutte intégrée contre les ravageurs des cultures pérennes tropicales. Cirad. Document interne, Montpellier, France, 36 p.
- Mariau D. (1999). Les coléoptères Chrysomelidae inféodés au palmier à huile et au cocotier, et leurs parasitoïdes. *Annale de la société Entomologique de France*, 16 (3) : 230-237.
- Mariau D. (2001). Gestion des populations de *Coelaenomenodera lameensis* Berti et Mariau (Coleoptera, Chrysomelidae) en vue de la mise au point d'une stratégie de lutte raisonnée. Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Montpellier (France), 198 p.
- Mariau D., Besombes J.P. & Morin J.P. (1973). Efficacité comparée des traitements aériens et terrestres en plantation de palmier à huile. *Oléagineux*, 28 : 167-174.
- Mariau D., Desmier De C.R. & Julia J.F. (1981). Les ravageurs du palmier à huile et du cocotier en Afrique occidentale. *Oléagineux*, 36 : 169-228.
- Mariau D., Phillipe R. & Lecoustre R. (1978). Les parasites larvaires de *Coelaenomenodera elaeidis* Mlk., Hispine du Palmier à huile en Afrique occidentale. Introduction à une méthode de lutte biologique. *Oléagineux*, 33 (4) :153-160.
- Mariau D., Philippe R. & Morin J.P. (1979). Méthode de lutte contre *Coelanomenodera* (Coleoptera : chrysomelidae) par injection d'insecticides dans le stipe du palmier à huile. *Oléagineux*, 34 : 51-58.

- Marley J. (1999). L'expansion du palmier à huile (*Elaeis guineensis*) en Afrique Centrale au cours des trois derniers millénaires : nouvelles données et interprétations. In: l'homme et la Forêt Tropicale. S. Bahuchet & al. Edition, Travaux Société Ecologie Humaine, Paris, France : 237-254
- Mascarin G.M. & Jaronski S.T. (2016). The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide. *World Journal Microbiology Biotechnology*, 32(11) : 1-26.
- Matveev S., Reingold V., Yossef E., Levy N., Kottakota C., Mechrez G., Protasov A., Belausov E., Birnbaum N., Davidovitz M. & Ment D. (2023). The Dissemination of *Metarhizium brunneum* Conidia by Females of the Red Palm Weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*, Suggests a New Mechanism for Prevention Practices. *Journal of Fungi*, 9 : 1-14.
- Maulik S. (1920). A new hispid beetle injurious to the oil palm in Gold coast. *Bulletin of Entomological Research*, 10(2) : 171-174.
- McCoy C.W. (1990). Entomogenous fungi as microbial pesticides. In : *New direction in biological control*. Baker R.R, Dunn P.E, Liss A.R Edition, New York, USA : 139-159.
- McCoy C., Quintela E.D. & De-Fria M. (2003). Environmental persistence of entomopathogenic fungi. In : *Factors affecting the survival of entomopathogens*. Baur ME, & Fuxa, J.R. (Eds), Southern Cooperative Series Bulletin 400, Louisiana, State University Agricultural Center, 8 p.
- Mehinto J.T., Atachi P., Elégbédé M., Kpindou O.K.D. & Manuele Tamò M. (2014). Efficacité comparée des insecticides de natures différentes dans la gestion des insectes ravageurs du niébé au Centre du Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 84 : 7674-7681.
- Mensah G.A. (1999). Le palmier à huile, un arbre à buts multiples et une source de technologies traditionnelles variées. *Bulletin de la Recherche Agronomique*, 24 : 1-9.
- Migiro L.N., Maniania N.K., Chabi-Olaye A., Wanjoya A. & Vandenberg J. (2011). Effect of infection by *Metarhizium anisopliae* (Hymenoptera : Clavicipitaceae) on the feeding and oviposition of the pea leafminer *Liriomyza huidobrensis* (Diptera : Agromyzidae) on different host plants. *Biological Control*, 56(2) : 179-183.
- Milat-Bissaad F.Z., Bounaceur F., Halouane F., Outtar F. & Doumandji-M.B. (2016). Etude de l'effet de deux champignons entomopathogènes *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* var *acridum* sur le comportement alimentaire de *Schistocerca gregaria*. *Algerian Journal of Arid Environment*, 1(2) : 40-51.

- Mitsuaki S. (2004). Effect of temperature on growth of *Beauveria bassiana* F-263, a strain highly virulent to the Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus*, especially tolerance to high temperatures. *Applied Entomology and Zoology*, 39(3) : 469-475.
- Mkiga A.M., Mohamed S.A., Du Plessis H., Khamis F.M., Akutse K.S. & Ekesi S. (2020). *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) : 660-668.
- Mohammadbeigi A. & Port G. (2015). Effect of Infection by *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* on the Feeding of *Uvarovistia zebra*. *Journal of Insect Science*, 15(1) : 1-4.
- Moraga E.Q., Carballo M.I., Jurado G.I., & Alvares S.C. (2008). Horizontal transmission of *Metarhizium anisopliae* among laboratory populations of *Ceratitis capitata* (Wiedeman) (Diptera : Tephritidae). *Biological Control*, 47 : 115-124.
- Morin J-P. & Mariau D., 1970. Morphologie et étude du développement de *Coelaenomenodera elaeidis*. *Oléagineux*, 25(1) : 11-16.
- Morin J-P. & Mariau D. (1971). La biologie de *Coelaenomenodera elaeidis*. Reproduction. *Oléagineux*, 26(6) : 373-378.
- Morin J-P. & Mariau D. (1974). La biologie de *Coelaenomenodera elaeidis* Maulik : La mortalité au niveau des œufs. *Oléagineux*, 29(5) : 233-238.
- Murigu M.M., Nana P., Waruiru R.M., Nga'nga C.J., Ekesi S. & Maniania N.K. (2016). Laboratory and field evaluation of entomopathogenic fungi for the control of amitraz resistant and susceptible strains of *Rhipicephalus decoloratus*. *Veterinary Parasitology*, 225 : 12-18.
- Nahounou S.C., Koua K.H., Aboua L.R.N., Agnakpa G.J. & Séri-Kouassi B.P. (2010). Comparison of two sanitary control methods of *Coelaenomenodera lameensis* Berti and Mariau (Coleoptera, Chrysomelidae : Hispinae), an oil palm (*Elaeis guineensis*, Jacq.) leaf miner in West Africa. *African Journal of Agricultural Research*, 5(2) : 114-120.
- Narin S. (2017). Impact de la transmission horizontale d'un champignon entomopathogène chez le dendroctone du mélèze, *Dendroctonus simplex* Leconte (Coleoptera : Scolytinae). Thèse de Philosophie Doctor (Ph.D) en Biologie, Institut Armand Frappier, Université du Québec (Québec, Canada), 106 p.
- Nation J.L. (2016). Insect physiology and biochemistry. CRC Press, Boca Raton, FL, Third Edition, Boca Raton, Florida, USA, 690 p.

- Nébié K., Dianda Z.O., Ido B. & Dabiré A.R. (2022). 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 : 17849-17870.
- Ng., S.K., Helmolt V.U. & Rolf H. (2003). Botanical Aspects of the Oil Palm Relevant to Crop Management. *The Malaysian Agricultural Journal*, 13-26.
- Ngakou A., Tamò M., Parh I.A., Nwaga D., Ntonifor N.N., Korie S. & Nebane C.L.N. (2008). Management of cowpea flower thrips, *Megalurothrips sjostedti* (Thysanoptera, Thripidae), in Cameroon. *Crop Protection*, 27 : 481-488.
- Nguemtchouin M.M.G. (2012). Formulation d'insecticides en poudre par adsorption des huiles essentielles de *Xylopi aethiopica* et d'*Ocimum gratissimum* sur des argiles camerounaises modifiées. Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure de chimie de Montpellier (France) et Ecole nationale supérieure des sciences agroindustrielles de l'Université de N'Gaoundéré (Cameroun), 293 p.
- Niamouké E.S., Koua K.H., Séri-kouassi B.P., Aboua N.R.L., Danho M. & Adja N. (2011). Evaluation de l'efficacité du thiaméthoxame sur *Coelaenomenodera lameensis* (Coleoptera : Chrysomelidae) ravageur du palmier à huile (*Elaeis guineensis*) en Côte d'Ivoire. *Annales des Sciences Agronomiques*, 15(1) : 1-19.
- Niassy S., Maniania N.K., Subramanian S., Gitonga L.M., Mburu D.M., Masiga D. & Ekesi S. (2012). Selection of promising fungal biological control agent of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Letters in Applied Microbiology*, 54(6) : 487-493.
- Onsongo S.K., Mohamed S.A., Akutse K.S., Gichimu B.M. & Dubois T. (2022). 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 : 1-14.
- Opisa S., Du Plessis H., Akutse K.S., Fiaboe K.K.M. & Ekesi S. (2019). Horizontal transmission of *Metarhizium anisopliae* between *Spoladea recurvalis* (Lepidoptera : Crambidae) adults and compatibility of the fungus with the attractant phenylacetaldehyde. *Microbial Pathogenesis*, 131 : 197-204.
- Ortiz-Urquiza A., Riveiro-Miranda L., Santiago-Alvarez C. & Quesada-Moraga E. (2010). Insect toxic secreted proteins and virulence of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 105(3) : 270-278.

- Ossey C.L., Aboua L.R.N., Tano D.K.C., ASSI A.N.M. & Obodji A. (2018). Effet insecticide, anti-appétant et répulsif des extraits aqueux de quatre plantes locales sur les adultes de *O. mutabilis* Sahlberg (Coleoptera : Chrysomelidae) au sud de la Côte d'Ivoire. *Afrique Science*, 14(5) : 50-64.
- Ouedraogo A., Fragues J., Goettel M.S. & Lomer C.J. (1997). Effect of temperature on vegetative growth among isolates of *Metarhizium anisopliae* and *M. flavoviride*. *Mycopathologia*, 137 : 37-43.
- Ouédraogo I, Sawadogo A, Nebié R.C.H. & Dakouo D. (2016). Evaluation de la toxicité des huiles essentielles de *Cymbopogon nardus* (L) et *Ocimum gratissimum* (L) contre *Sitophilus zeamais* Motsch et *Rhyzopertha dominica* F, les principaux insectes nuisibles au maïs en stockage au Burkina Faso. *International Journal Biological and Chemical Sciences*, 10(2) : 695-705.
- Outtar F. (2009). L'utilisation de quelques biopesticides sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedopodinae: Acrididae). Thèse Magister, Ecole Nationale Supérieure Agronomique el Harrach (Alger, Algérie), 167 p.
- Palmafrique (2019). Le palmier à huile dans l'économie ivoirienne. <http://www.palmafrique.com/lhuile-de-palme-dans-leconomie-ivoirienne/>. Consulté le 16/06/2022 à 13h38 min.
- Paradza V.M., Khamis F.M., Yusuf A.A., Subramanian S. & Akutse K.S. (2021). 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) : 1-10.
- Paraiso A., Sossou A., Thomas-Odjo A. & Ogouchi G. (2008). Evaluation de l'efficacité des spores de *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* dans une formulation aqueuse contre les sauteriaux au Nord-Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, 62 : 14-23.
- Pereira S.L., Reis C.T., De Oliveira I.T., Ferreira E.A., De Castro B.A., Soares M.A. & Ribeiro V.H.V. (2019). Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* fungi to *Tetranychus ludeni* (Acari : Tetranychidae). *Arquivos do Instituto Biológico*, 86 : 1-7.
- Philippe R. (1990). Etude de l'action de l'Evisect S sur *Coelaenomenodera minuta* (Coleoptera Chrysomelidae - Hispinae). *Oléagineux*, 45 (4) : 143-163.
- Philippe R., Berchoux C. & Mariau D. (1983). Les techniques de traitement dans les plantations de palmier à huile : Méthodes d'appareillages. *Oléagineux*, 38(6) : 349-363.

- Philippe R., Desmier de Chenon R., Lecoustre R., & Mariau D. (1979). Contribution à la mise au point d'une lutte biologique contre *Coelaenomenodera* : Introduction en Côte d'Ivoire de parasites larvaires d'hispines. *Oléagineux*, 34(6) : 271-279.
- Philippe R. & Diarassouba S. (1979). Méthodes de lutte contre *Coelaenomenodera* par introduction d'insecticide systémique dans le stipe du palmier à huile. *Oléagineux*, 38(6) : 349-363.
- Purseglove J.W. (1975). Tropical Crops : Monocotyledons. English Language Book Society/Longman, Harlow, England, 609 p.
- Qazzaz F.O., Al-Masri M.I. & Barakat R.M. (2015). Effectiveness of *Beauveria bassiana* native isolates in the Biological Control of the Mediterranean fruit fly (*Ceratitis capitata*). *Advances in Entomology*, 3 : 44-55.
- Quencez P. (1989). Évolution de la pluviométrie dans le Sud ivoirien. *Cultures et forêts*, 1(2) : 9-14.
- Quesada-M.E., Martin-C.I., Garrido-J.I. & Santiago-Á.C. (2008). Horizontal transmission of *Metarhizium anisopliae* among laboratory populations of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). *Biological Control*, 47 : 115-124.
- Rafflegeau S. (2008). Dynamique d'implantation et conduite technique des plantations villageoises de palmier à huile au Cameroun: facteurs limitant et raisons des pratiques. Thèse de Doctorat en Agronomie, Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech), Paris, France, 148 p.
- Rajinder S., Eng-Ti L.L., Cheng-Li O.L., Meilina O.A., Ngoot-Chin T., Jayanthi N., Rajanaidu N., Mohd D.A., Rozana R., Mohamad A.A.M., Kuang-Lim C., Mohd A.H., Norazah A., Nathan L., Steven W.S., Muhammad A.B., Michael H., Blaire B., Andrew VB., Chunyan W., Jared M.O., Ravigadevi S. & Robert A.M. (2013). The oil palm SHELL gene controls oil yield and encodes a homologue of SEEDSTICK. *Nature*, 500 (7462) : 340-344.
- Rehner S.A., Minnis A.M., Sung G.H., Luangsa-ard J.J., Devotto L. & Humber R.A. (2011). Phylogeny and systematics of the anamorphic, entomopathogenic genus *Beauveria*. *Mycologia*, 103(5) : 1055-1073.
- Reingold V., Kottakota C., Birnbaun N., Goldenberg M., Lebedev G., Ghanim M et Ment D. (2021). Intraspecies variation of *Metarhizium brunneum* against the green peach aphid, *Myzus persicae*, provides insight into the complexity of disease progression. *Pest Management Science*, 77(5) : 2557-2567.

- Riba M., Martí J. & Sans A. (2003). Influence of azadirachtin on development and reproduction of *Nezara viridula* (Het. Pentatomidae). *Journal Applied Entomology*, 127 : 37-41.
- Richard A. & Humber (2012). Manuel des techniques en pathologie de l'invertébrée. Deuxième édition Academic Press Inc. New York, USA, 504 p.
- Rival A. (2013). Palmier à huile : défis et questions à la recherche. *Oils édition Fats Crops et Lipids*, 20(3) : 133-142.
- Rival A. (2020). Huile de palme : Défis renouvelés de la durabilité. *Editions Techniques de l'Ingénieur*, Saint-Denis (France), 17 p.
- Rival A., Levang P. (2013). La palme des controverses : palmier à huile et enjeux de développement, Quae, Versailles (France), 98 p.
- Rossi Y.E. & Palacios S.M. (2013). Fumigant toxicity of *Citrus sinensis* essential oil on *Musca domestica* L. adults in the absence and presence of a P450 inhibitor. *Acta Tropica*, 127 : 33-37.
- Rutkowski A. (1983). Traditional palm oil processing in the western Africa. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 85(7) : 262-267.
- Sabbahi R. (2008). Utilisation du champignon entomopathogène *Beauveria bassiana* dans une stratégie de gestion phytosanitaire des principaux insectes ravageurs en fraiseriaies. Thèse de Philosophie Doctor (Ph.D) en Biologie, Institut Armand Frappier Université du Québec (Québec, Canada), 181 p.
- Samson R.A., Evans H.C. & Latg J.P. (1988). Atlas of entomopathogenic fungi. Editions Springer, Berlin Heidelberg, New York (USA), 208 p.
- Sanheedep K., Harinder P.K., Kirandeep K. & Amarjeet K. (2011). Effect of different concentrations of *Beauveria bassiana* on development and reproductive potential of *Spodoptera litura* (Fabricius). *Journal of Biopesticides*, 4(2) : 161-168.
- Santi L., Silva L.A.D., Da Silva W.O.B., Corrêa A.P.F., Rangel D.E.N., Carlini C.R. & Vainstein M.H. (2011). Virulence of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* using soybean oil formulation for control of the cotton stainer bug, *Dysdercus peruvianus*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 27(10) : 2297-2303.
- Saranraj P. & Jayaparakash A. (2017). Agrobeneificial entomopathogenic fungi– *Beauveria bassiana* : a review. *Asian Journal of Mult idisciplinary Research*, 3(2) : 1051-1087.
- Shahid A., Rao A.Q., Bakhsh A. & Husnain T. (2012). Entomopathogenic fungi as biological controllers: New insights into their virulence and pathogenicity. *Archives of biological sciences*, 64 : 21-42.

- Silvy C. & Riba G. (1989). Biopesticides contre maladies, insectes, mauvaise herbe. *Dossiers de l'Environnement de l'INRA*, 19 : 157-200.
- Simarani K. & Umaru F.F. (2020). Evaluation of the Potential of Fungal Biopesticides for the Biological Control of the Seed Bug, *Elasmolomus pallens* (Dallas) (Hemiptera : Rhyparochromidae). *Insects*, 11(5) : 1-17.
- Sorokin N. (1883). The parasites of plants, man and animals. *Rastitelnye oarazty ceoveska Izitotnyh*, 2 : 268-290.
- Soza-Gómez D.R & Alves S.B. (2000). Temperature and relative humidity requirements for conidiogenesis of *Beauveria bassiana* (Deuteromycetes : Monillicaeae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* (English version), 29 : 515-521.
- Starnes R.L., Liu C.L & Marone P.G. (1993). History, use and future of microbial insecticides. *American Entomologist*, 39(2) : 83-91.
- Svedese V.M., Lima E.A.L.A. & Porto A.L.F. (2013). Horizontal Transmission and Effect of the Temperature in Pathogenicity of *Beauveria bassiana* Against *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera : Crambidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 56 : 413-419.
- Tano D.K.C., (2012). Contrôle de la population de *Coelaenomonedera lameensis* Berti et Mariau, 1999 (Coleoptera : Chrysomelidae), ravageur du Palmier à Huile au moyen du Suneem 1% EC et d'extraits de plantes locales de Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat en Entomologie, UFR Biosciences, Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY (Abidjan, Côte d'Ivoire), 137 p.
- Tano D.K.C., Aboua L.R.N., Séri-Kouassi B.Ph. & Koua K.H. (2012). Evaluation of the insecticidal activity of aqueous extracts of five plants on *Coelaenomenodera lameensis* Berti and Mariau (Coleoptera : Chrysomelidae) pest of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *International Journal of AgriScience*, 2(2) : 120-135.
- Tano D.K.C., Seri-Kouassi B.P. & Aboua L.R.N. (2013). The effect of three plants aqueous extracts on 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 : 2527-2539.
- Tano D.K.C, Tra Bi C.S, Kouassi K.A. Ossey C.L. & Soro S. (2019). Incidences des attaques de *Podagrica decolorata* Duvivier 1892 (Coleoptera: Chrysomelidae) sur la culture du gombo et contrôle de ces adultes au moyen du biopesticide NECO 50 EC (Daloa, Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 143 : 14692-14700.

- Tarocco F., Lecuona R., Couto S.A. & Arcas A.J. (2005). Optimization of erythritol and glycerol accumulation in conidia of *Beauveria bassiana* by solid-state fermentation using response surface methodology. *Applied Microbiology Biotechnology*, 68 : 481-488.
- Tchoumboungang F., Dongmo J.P.M., Sameza M.L., Mbanjo N.E.G., Fotso G.B.T., Amvam Z.P.H. & Menut C. (2009). Activité larvicide sur *Anopheles gambiae* Giles et composition chimique des huiles essentielles extraites de quatre plantes cultivées au Cameroun. *Base*, 1(13) : 77-84.
- Tia E.V., Cissé M., Douan G.B. & Koné A. (2019). Etude comparée de l'effet insecticide des huiles essentielles de *Cymbopogon citratus* DC et d'*Ocimum canum* Sims sur *Cylas puncticollis* Boheman, un charançon de la patate douce. *International Journal Biological and Chemical Sciences*, 13(3) : 1789-1799.
- Todorova S.I., Côté J.C., Martel P. & Coderre D. (1994). Heterogeneity of two *Beauveria bassiana* strains revealed by biochemical tests, protein profiles and bio-assays on *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera : Chrysomelidae) and *Coleomegilla maculata* lengi Timberlake (Coleoptera : Coccinellidae) larvae. *Entomophaga*, 39 : 159-169.
- Toffa M.J. (2015). Contribution aux strategies de gestion durable de *Maruca vitrata* Fabricius en culture de *Vigna unguiculata* (L.) Walp par utilisation des produits entomopathogènes au Bénin. Thèse de Doctorat en Gestion de l'Environnement, Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Université d'Abomey-Calavi (Abomey-Calavi, Bénin), 202 p.
- Toffa M.J., Atachi P., Douro K.O.K. & Tamo M. (2014). Pathogenicity of entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* on larvae of the legume pod borer *Maruca vitrata* (Lepidoptera : Crambidae). *Journal of Agricultural and Biological Science*, 9(2) : 55-64.
- Toledo J., Campos S.E., Flores S., Liedo P., Barrera J., Villasenor A. & Montoya P. (2007). Horizontal Transmission of *Beauveria bassiana* in *Anastrepha ludens* (Diptera : Tephritidae) Under Laboratory and Field Cage Conditions. *Journal of Economic Entomology*, 100 : 291-297.
- Toulemonde M. (2022). Huile de palme: qui sont les gagnants et les perdants africains de la flambée des cours. <https://jeuneafrique.com/1347844/economie-entreprises/huile-de-palme-qui-sont-les-gagnants-et-les-perdants-africains-de-la-flambee-des-cours/>. Consulté le 21 janvier 2025 à 09h24 min.

- Tounou A.K, Agboka K., Bakouma B.E., Aadom M., Adjevi A.K.M. & Sanda K. (2018). 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) : 491-500.
- Traoré F., Ilboudo M.E. & Waongo A. (2019). Activité biologique des huiles de neem (*Azadirachta indica* Juss.) sur les œufs de *Maruca vitrata* Fabricius, foreuse des gousses du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) en conditions de laboratoire. *Journal of Applied Biosciences*, 143 : 14622-14634.
- Tuo Y. (2004). Détermination du critère de choix des produits utilisés dans la lutte contre *Coelaenomenadera lameensis* Berti et Mariau (Coleoptera : Chrysomelidae : Hispinae), principal ravageur du palmier à huile en Afrique de l'Ouest. Mémoire du Diplôme d'Etudes Approfondies d'Entomologie Générale, UFR Biosciences, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 60 p.
- Tuo Y. (2013). État de l'entomofaune des inflorescences du palmier à huile en Côte d'Ivoire : cas de la station CNRA de La Mé. Thèse de Doctrat en Entomologie Agricole, UFR Biosciences, Université FélixHOUPHOUËT-BOIGNY (Abidjan, Côte d'Ivoire), 192 p.
- Tuo Y., Koua K.H. & Hala N. (2011). Biology of *Elaeidobius kamerunicus* and *Elaeidobius plagiatus* (Coleoptera : Curculionidae) Main Pollinators of Oil Palm in West Africa. *European journal of scientific research*, 49(3) : 426-432.
- USDA. (2024). Oilseeds: world market and trade. United States Departement of Agriculture. Foreign Agricultural Service. *Office of Global Analysis*, 13 p.
- Valda C.A.S., Reginaldo B., Edmilson J.M. & Jorge B.T. (2003). Susceptibility of *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera : Plutellidae) to the Fungi *Beauveria bassiana* (Bals) Vuil. And *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. *Neotropical Entomology*, 32 : 653-658.
- Vega F.E., Jackson M.A., Mercadier G. & Poprawski T.J. (2003): The impact of nutrition on spore yields for various fungal entomopathogens in liquid culture. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 19 : 363-368.
- Vidal C., Fragues J. & Lacey L.A. (1997). Intraspecific variability of *Paecilomyces fumosoroseus*: Effect of temperature on vegetative growth. *Journal of Invertebrate Pathology*, 70 : 18-26.

- Willis J.H., Iconomidou V.A., Smith R.F. & Hamodrakas S.J. (2005). Cuticular proteins. *Comprehensive molecular insect science*, Gilbert LI, Iatrou K & Gill SS (Édit.) Elsevier, Oxford, UK, First Edition, Oxford, Angleterre : 79-109.
- Wraight R.J & Roberts D.W. (1987). Insect control effort with fungi. *Developments in Industrial Microbiology*, 28 : 77-87.
- Yao N. (2022). Entomofaune du gombo (*Abelmoschus esculentus* Moench, Malvaceae) et perspectives de contrôle de *Podagrica decolorata* Duvivier, 1892 (Coleoptera : Chrysomelidae), au moyen de la lutte biologique en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat en Entomologie Agricole, UFR Agroforesterie, Université Jean LOROUGNON GUEDE (Daloa, Côte d'Ivoire), 174 p.
- Yarou B.B., Pierre S., Françoise A.K., Armel M., Toafic A., François V. & Frédéric F. (2017). Plantes pesticides et protection des cultures maraichères en Afrique de l'Ouest (synthèse bibliographique). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 21(4) : 288-304.
- Yawson G.K., Shin ichi Tebayashi, Chul-Sa Kim, Davis H.E. & Owusu E.O. (2009). Parasitoids of the oil palm leaf miner *Coelaenomenodera lameensis* Berti and Mariau (Coleoptera : Chrysomelidae) and prospects for biological control. *African Journal of Science and Technology*, 10(1) : 24-31.
- Yee W.L. & Lacey L.A. (2005). Mortality of different life stages of *Rhagoletis indifferens* (Diptera, Tephritidae) exposed to the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. *Journal of Entomological Science*, 40(2) : 167-177.
- Yéboué N.L., Tano D.K.C., Tra Bi C.S., Soro S. & Tano Y. (2022). Control of cassava mealybug *Phenacoccus manihoti* (Homoptera : Pseudococcidae) using NECO 50EC biopesticide in Grand Lahou (Côte d'Ivoire). *International Journal of Biosciences*, 21(3) : 20-28.
- Yoboué M.K.K., Tano C.K.D., Soro S. & N'guessan A.P. (2022). Incidence des attaques de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera : Noctuidae) sur la production de 3 variétés de maïs et essais de lutte au moyen de produits insecticides (Niéllé, Côte d'Ivoire). *Agronomie Africaine*, 34(1) : 133-153.
- Zafar J., Shopukat R.F., Zhang Y., Freed S., Xu X. & Fengliang J. (2020). *Metarhizium anisopliae* challenges immunity and demography of *Plutella xylostella*. *Insects*, 11(10) : 1-15.

- Zhang T., Reitz S.R., Wang H. & Lei Z. (2015). Sublethal effects of *Beauveria bassiana* (Ascomycota : Hypocreales) on life table parameters of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera : Thripidae). *Journal of Economic Entomology*, 108 : 975-985.
- Zimmermann G. (2007). Review on safety of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Beauveria brongniartii*. *Biocontrol Science and Technology*, 17(6) : 553-596.

PUBLICATIONS ISSUES DE LA THESE

PUBLICATION N°1



RESEARCH PAPER

OPEN ACCESS

Effects of the entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* on adults of *Coelaenomenodera lameensis* Berti and Mariau, 1999 (Coleoptera: Chrysomelidae) pest of oil palm (Daloa, Côte d'Ivoire)

N'Guessan Ange Parfait*, Tano Djè Kévin Christian, Yao N'Guessan, Tah Gueu TatianaThérèse et Dao Hassane

Laboratory for Improvement of Agricultural Production, UFR-Agroforestry, University Jean Lorougnon Guédé, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

Key words: *Coelaenomenodera lameensis*, Oil palm, Entomopathogenic fungi, Spores, Daloa

<http://dx.doi.org/10.12692/ijb/24.4.71-82>

Article published on April 03, 2024

Abstract

Coelaenomenodera lameensis is the main pest of oil palm in West Africa, particularly in Côte d'Ivoire. This species is a leaf miner which, by proliferating, causes enormous damage to oil palm. The aim of this study was to evaluate the effect of the entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* (Met 358 and Met 359) and *Beauveria bassiana* (Bb 11) on *C. lameensis* adults. Trials were carried out under controlled infestation on an oil palm plot at the University Jean Lorougnon Guédé in Daloa. Male and female adults were captured and introduced into a muslin-covered cage containing leaflets. Each sex was divided into four batches: a 1st batch treated with Met 358, a 2nd batch treated with Met 359, a 3rd batch treated with Bb 11 and a 4th batch of controls. These adults were sprayed, 48 hours later, at the following concentrations 10^2 ; 10^4 ; 10^6 ; 10^8 ; 10^{10} and 10^{12} spores/ml for each fungal isolate (Met 358, Met 359 and Bb 11). Three replicates were carried out per treatment for each batch containing 40 adult males and 40 adult females. Concentrations of 10^{10} and 10^{12} spores/ml induced mortality rates of up to 100% in less than 7 days with the various fungi. These biopesticides could be an alternative to the abusive use of synthetic insecticides to reduce the damage caused by the pest *C. lameensis*.

* Corresponding Author: N'Guessan Ange Parfait ✉ nguessanangeparfait@gmail.com

Introduction

Oil palm, grown for its oleaginous fruit in some twenty countries around the world, is the leading source of vegetable oil, accounting for 39% of vegetable oil production and 66% of marketed oils (Rival, 2020). In 2016, the oil palm sector recorded 65 million tons worldwide, 85% of which was supplied by Malaysia and Indonesia (Rival, 2020). In Côte d'Ivoire, the palm oil sector ranks 4th in the economy. It employs over a million people in the southern part of the forest zone and generates over 400 billion CFA francs in sales (D'Avignon, 2013), with production of 450,000 tons of crude palm oil a year (Cucumel, 2020). Côte d'Ivoire is the 2nd largest producer and 1st largest exporter in Africa. It also ranks 5th worldwide (Cucumel, 2020).

Unfortunately, this crop, at all stages of development, is exposed to numerous phytosanitary problems. These include attacks by several pests, the most important of which is *Coelaenomenodera lameensis* Berti et Mariau, 1999 (Anougba, 2022). During severe outbreaks, this insect causes extremely serious damage, leading to a drop in production of up to 30-50% over a period of 2-3 years (Mariau, 2001; Coffi *et al.*, 2012; Tano *et al.*, 2013). Controlling this pest is therefore a necessity.

There are many methods of combating this insect: chemical and biological. Unfortunately, these methods have not yet succeeded in completely eliminating this pest (Kouassi *et al.*, 2020). The massive use of synthetic insecticides creates numerous problems: environmental pollution and consequent human poisoning, the elimination of beneficial insects, the destruction of wildlife and the contamination of groundwater and rivers (Hénault-Ethier, 2015).

It would therefore be interesting to focus on other equally effective control methods that cause fewer ecotoxicological problems, including biological control of insect pests, which is a safe and environmentally friendly alternative to chemicals worldwide (Lacey *et al.*, 2015). This control involves

the use of entomopathogenic fungi to control insect pest populations. They are responsible for infections in many insect species (Aby *et al.*, 2022). Among these entomopathogenic fungi, particularly those belonging to the *Metarhizium* and *Beauveria* genera show great promise against insect pests (Mnyone *et al.*, 2009; Lwetoijera *et al.*, 2010; Mnyone *et al.*, 2012).

The aim of this study was to evaluate the effects of the entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* (Met 358 and Met 359) and *Beauveria bassiana* (Bb 11) on *C. lameensis* adults.

Materials and methods

Study site

The study was carried out at the University Jean Lorougnon Guédé, located in the department of Daloa, in the Haut-Sassandra region. The University, located northeast of the town of Daloa, extends from latitude 6°54' north to longitude 6°26' west (Fig. 1), over an area of approximately 415 hectares. It is influenced by a humid tropical climate, with rainfall ranging from 1,200 to 1,600 millimeters per year (Coulibaly *et al.*, 2021). Temperature ranged from 25°C to 28°C, with an average of $26.62 \pm 1.02^\circ\text{C}$. Relative humidity ranged from 73 to 84%, with an average of $79.83 \pm 4.12\%$.

Breeding of *C. lameensis*

Adults (males and females) of *C. lameensis* were used as animal material.

Two types of cylindrical sleeves, made of 0.50 mm white muslin, were made for the tests on these adults. One large (300 cm × 80 cm) for rearing (Fig. 2A) and the other small (100 cm × 80 cm) for treatment (Fig. 2B) of *C. lameensis*. The sleeves were fitted with an opening bordered by adhesive strips to prevent the emergence of insects placed on the leaflets. These insects were captured in the town of Divo and then transferred to the study site in breeding cages for multiplication. Careful and safe control of the breeding was carried out to prevent the insects from escaping.

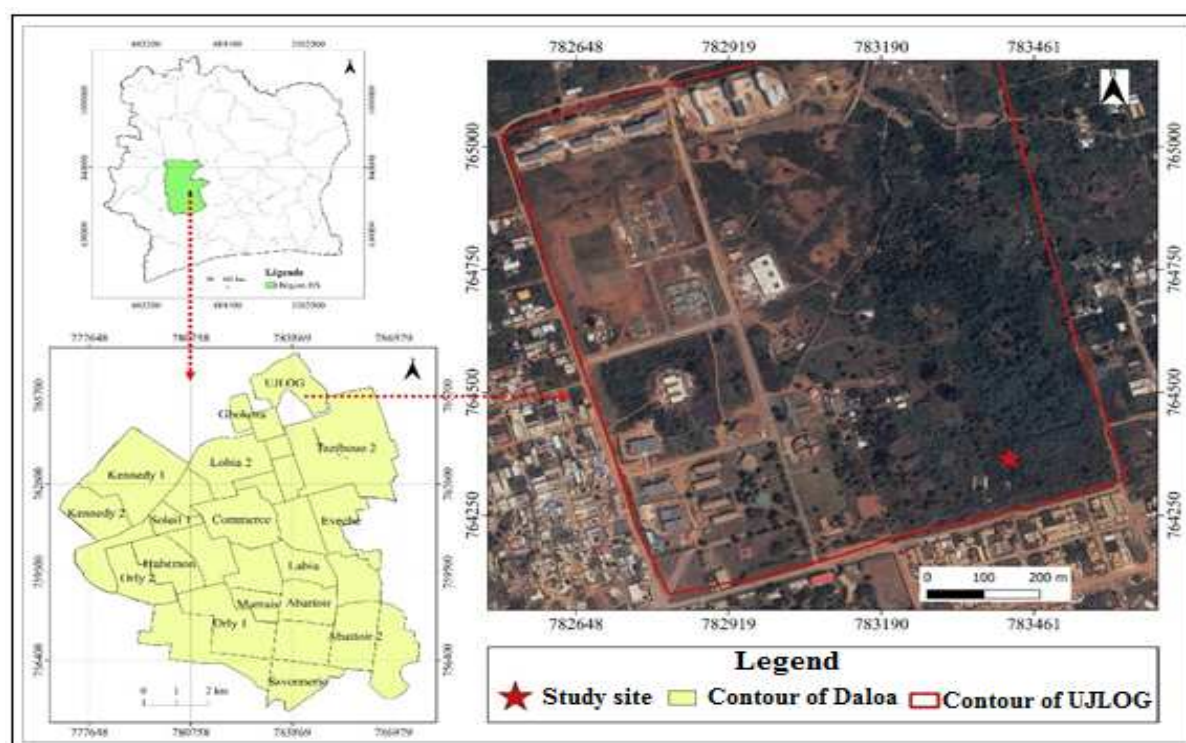


Fig. 1. Map showing the location of the study site.

Using 8 cm-diameter, 10 cm-high cylindrical boxes with lids, adult pairs of *C. lameensis*, including egg-laying females, were placed on leaflets covered with muslin sleeves. The pairs were monitored for 120 days, during which time new individuals were obtained for testing.

Production of entomopathogenic fungi

Two isolates of *M. anisopliae* (Met 358 and Met 359) and one isolate of *B. bassiana* (Bb 11) from the bank of the Institut International d'Agriculture Tropicale du Bénin (IITA-Benin) were used as pathological material.

A quantity of 39 g of Potato Dextrose Agar (PDA) powder was dissolved in 1 l of distilled water in a beaker.

After homogenization in a water bath for 5-10 minutes, the resulting mixture was autoclaved for 15 minutes at a temperature of 120°C and a pressure of 15 PSI for sterilization. Next, the medium was poured into sterile Petri dishes (diameter= 9cm, height= 1.5 cm) under a laminar chamber. After cooling, a small quantity of conidia from the fungal isolates was

removed using a sterilized bacteriological needle and spread over the entire surface of the solidified medium (PDA). Petri dishes were covered with parafilm. Each dish was marked with the isolate name and the date of subculturing.

These Petri dishes were incubated in a photo period of 12 h of light and 12 h of darkness for 21 days.

Inoculum preparation

After 21 days' incubation of the fungi, a few culture fragments were removed and introduced into 9 ml sterile distilled water. After 10 min of agitation, the concentration of the suspension was determined using a Neubauer hematimetric cell. Dilutions were made in distilled water until six concentrations were obtained (10^2 , 10^4 , 10^6 , 10^8 , 10^{10} and 10^{12} spores/ml).

Application of entomopathogenic fungi on C. lameensis adults

A 2430 m² (54 m × 45 m) plot containing 30 oil palms was used for this trial. Cages containing adult males and females of *C. lameensis* were placed on the palms. Each sex was divided into four batches: a 1st batch treated with Met 358, a 2nd batch treated with

Met 359, a 3rd batch treated with Bb 11 and a 4th batch of controls. Three replicates were carried out per treatment for each batch containing 40 adult males and 40 adult females. Controls were not treated.

For each treatment, mean mortality rates were calculated and corrected using the Abbott (1925) formula.

Mortality was corrected according to Abbott's (1925) formula:

$$M = \frac{\text{Number of dead insects}}{\text{Total number of insects}} \times 100$$

$$M_c = \frac{M_o - M_t}{100 - M_t} \times 100$$

100 – Mt

With MC: corrected mortality; Mo: observed treatment mortality rate and Mt: control mortality rate.

The lethal dose (LD) was determined by the regression model using log probit.

Statistical analysis

Data processing was carried out using the software Statistica version 7.1. An analysis of variance (ANOVA) was used to identify significant differences

between the data. The Student-Newman-Keuls test at the 5% threshold was used to classify means into homogeneous groups.

LD₅₀ and LD₉₀ were determined using Rstudio software version 4.3.2. The regression model used to determine lethal doses is log probit, which allows values to be predicted.

Results

Effect of entomopathogenic fungi on adult males and females of C. lameensis

Effect of M. anisopliae (Met 358) on C. lameensis

Mortality rates ranged from 23.89 ± 0.37% to 100 ± 0% for males and 39.70 ± 7.75% to 100 ± 0% for females during the 15-day control period. In males, the lowest concentration (10² spores/ml) failed to cause the death of 50% of the insects. Concentrations of 10⁴, 10⁶ and 10⁸ spores/ml resulted in mortality rates of over 50% (51.35 ± 3.52; 66.38 ± 5.36 and 82.36 ± 6.47%) after 15 days. The highest mortality rates (100 ± 0%) were obtained with concentrations of 10¹⁰ and 10¹² spores/ml on day 6 and day 4 (Fig. 3A). The pathogenicity of Met 358 on females after 15 days at concentration 10² spores/ml caused a mortality of 39.70 ± 7.75%. Mortality rates increased with the following concentrations: 10⁴, 10⁶ and 10⁸ spores/ml to give 59.38 ± 10.48; 79.31 ± 7.70 and 86.19 ± 7.88% respectively.

Table 1. LD₅₀ and LD₉₀ values on day 4 after treatment.

B.	Isolates	LD	Males	Females	Lower		Upper		X ²	
					Males	Females	Males	Females	Males	Females
<i>bassiana</i>	Bb 11	LD50	2.46×10 ⁸	2.07×10 ⁸	1.91×10 ⁷	8.81×10 ⁷	5.30×10 ⁹	5.10×10 ⁸		
		LD90	1.96×10 ¹³	4.58×10 ¹²	3.21×10 ¹¹	10 ¹²	6.74×10 ¹⁶	3.05×10 ¹³	14,7	5,11
	Met 358	LD50	7.35×10 ⁷	1.31×10 ⁷	1.29×10 ⁶	9.37×10 ⁴	8.25×10 ⁹	2.07×10 ⁹		
<i>M.</i>		LD90	1.34×10 ¹²	3.06×10 ¹¹	1.09×10 ¹⁰	1.97×10 ⁹	1.31×10 ¹⁸	3.08×10 ¹⁸	37,6	45
	<i>anisopliae</i>	LD50	2.25×10 ⁷	10 ⁷	1.94×10 ⁷	4.57×10 ⁵	1.80×10 ⁵	5.55×10 ⁸		
		LD90	1.73×10 ¹¹	9.02×10 ¹⁰	2.79×10 ¹¹	2.41×10 ⁹	1.27×10 ⁹	6.13×10 ¹⁵	37,6	37,3

The highest mortality rate (100 ± 0%) was obtained with concentrations of 10¹⁰ and 10¹² spores/ml on days 6 and 4 (Fig. 3B). Statistical analysis revealed significant differences between mortality rates for the different concentrations (adult males: F= 32; ddl= 6; p=0.000; adult females:

F= 16.04; ddl= 6; p=0.000).

Effect of M. anisopliae (Met 359) on C. lameensis

During the 15-day control period, mortality rates ranged from 27.41 ± 2.67% to 100 ± 0% for males and 43.97 ± 2.65% to 100 ± 0% for females. In males, the

lowest concentrations (10^2 and 10^4 spores/ml) failed to cause the death of 50% of the insects. Concentrations of 10^6 and 10^8 spores/ml resulted in mortality rates of over 50% for 15 days (64.56 ± 7.92 and $77.36 \pm 4.29\%$, respectively). The highest mortality rates ($100 \pm 0\%$) were observed with concentrations of 10^{10} and 10^{12} spores/ml on days 7 and 4 (Fig. 4A). Concerning the pathogenicity of Met 359 on females after 15 days at the concentration of 10^2 spores/ml, a mortality of $43.97 \pm 2.65\%$ was

observed. Mortality rates increased with the following concentrations: 10^4 ; 10^6 and 10^8 spores/ml, reaching 50.83 ± 3.26 ; 69.86 ± 3.55 and $80.97 \pm 12.04\%$ respectively. The highest mortality rates ($100 \pm 0\%$) were recorded on day 6 at 10^{10} spores/ml and day 4 at 10^{12} spores/ml (Fig. 4B). Statistical analysis revealed significant differences between the mortality rates of the different concentrations (adult males: $F = 20,17$; $ddl = 6$; $p = 0,0001$; adult females: $F = 13,29$; $ddl = 6$; $p = 0,0001$).



Fig. 2. Breeding (A) and processing (B) sleeves.

Effect of B. bassiana (Bb 11) on C. lameensis

Over the 15-day control period, mortality rates ranged from $31.84 \pm 2.25\%$ to $100 \pm 0\%$ for males, and from $31.87 \pm 3.60\%$ to $100 \pm 0\%$ for females. It's important to note that the lowest concentrations (10^2 and 10^4 spores/ml) in males failed to kill 50% of the insects. In contrast, concentrations of 10^6 and 10^8 spores/ml caused mortality rates in excess of 50% for 15 days, recording 50.45 ± 2.74 and $68.09 \pm 5.77\%$ respectively. The highest concentrations (10^{10} and 10^{12} spores/ml) induced mortality rates of $100 \pm 0\%$ on days 7 and 5 respectively (Fig. 5A). With regard to the pathogenicity of Bb 11 on females after 15 days, the concentrations that induced mortality rates below 50% were 10^2 , 10^4 and 10^6 spores/ml with 31.87 ± 3.60 ; 39.63 ± 3.52 and $49.98 \pm 3.42\%$ respectively. As for the 10^8 spores/ml concentration, it induced a mortality rate of over 50%. The highest concentrations (10^{10} and 10^{12} spores/ml) induced a maximum mortality rate of $100 \pm 0\%$ on days 6 and 5

(Fig. 5B). Statistical analyses revealed significant differences between mortality rates for the different concentrations (adult males: $F = 18,46$; $ddl = 6$; $p = 0,0001$; adult females: $F = 26,9$; $ddl = 6$; $p = 0,0001$).

Lethal doses (LD_{50} and LD_{90}) on day 4 after application of Met 358, Met 359 and Bb 11 to adult males and females of C. lameensis

The corresponding LD_{50} and LD_{90} on day 4 after treatment were determined by transforming the corrected mortality percentages into Probits and the doses of entomopathogenic fungi used into the natural logarithm. It took 2.46×10^8 and 2.07×10^8 spores/ml of isolate Bb 11 to kill 50% of male and female *C. lameensis* adults respectively.

In contrast, 7.35×10^7 and 1.31×10^7 spores/ml of isolate Met 358 and 2.25×10^7 and 10^7 spores/ml of isolate Met 359 were required to kill 50% of male and female *C. lameensis* adults respectively (Table 1).

To kill 90% of *C. lameensis* males and females, 1.96×10^{13} and 4.58×10^{12} spores/ml of isolate Bb 11 were required. In contrast, 1.34×10^{12} and 3.06×10^{11} spores/ml of isolate Met 358 and 1.73×10^{11} and 9.02×10^{10} spores/ml of isolate Met 359 were required to kill 90% of adult males and females (Table 1).

Discussion

Mortalities induced by entomopathogenic fungi on male and female adults of *C. lameensis*

Sustainable pest management strategies aim to minimize the economic loss caused by insect pests. In the present study, the entomopathogenic potential of two biological control agents (*Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*) was evaluated against *Coelaenomenadera lameensis* adults. Biological tests showed that the entomopathogenic fungi used can infect and induce the death of *C.*

lameensis individuals by contact with. These results confirm those of Nébié *et al.* (2022) and Mureed *et al.* (2023), who showed the efficacy of *M. anisopliae* and *B. bassiana* isolates on the mango mealybug *Rastrococcus invadens* and the red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus*. These results are also in line with those of Hala *et al.* (2018) and Aby *et al.* (2022), who have also shown in their studies the efficacy of the entomopathogenic fungus *M. anisopliae* on *Prosoestus* spp, oil palm pests, and on the banana weevil *Cosmopolites sordidus*. Other authors have also shown the susceptibility of *Helicoverpa armigera* larvae, the okra flea beetle *Podagrica* spp, *Spodoptera frugiperda* larvae and the Senegalese locust *Oedaleus senegalensis* to isolates of *M. anisopliae* and *B. bassiana* (Douro Kpindou *et al.*, 2012; Tounou *et al.*, 2018; Ganha, 2020; Bechiri and Hanachi 2020).

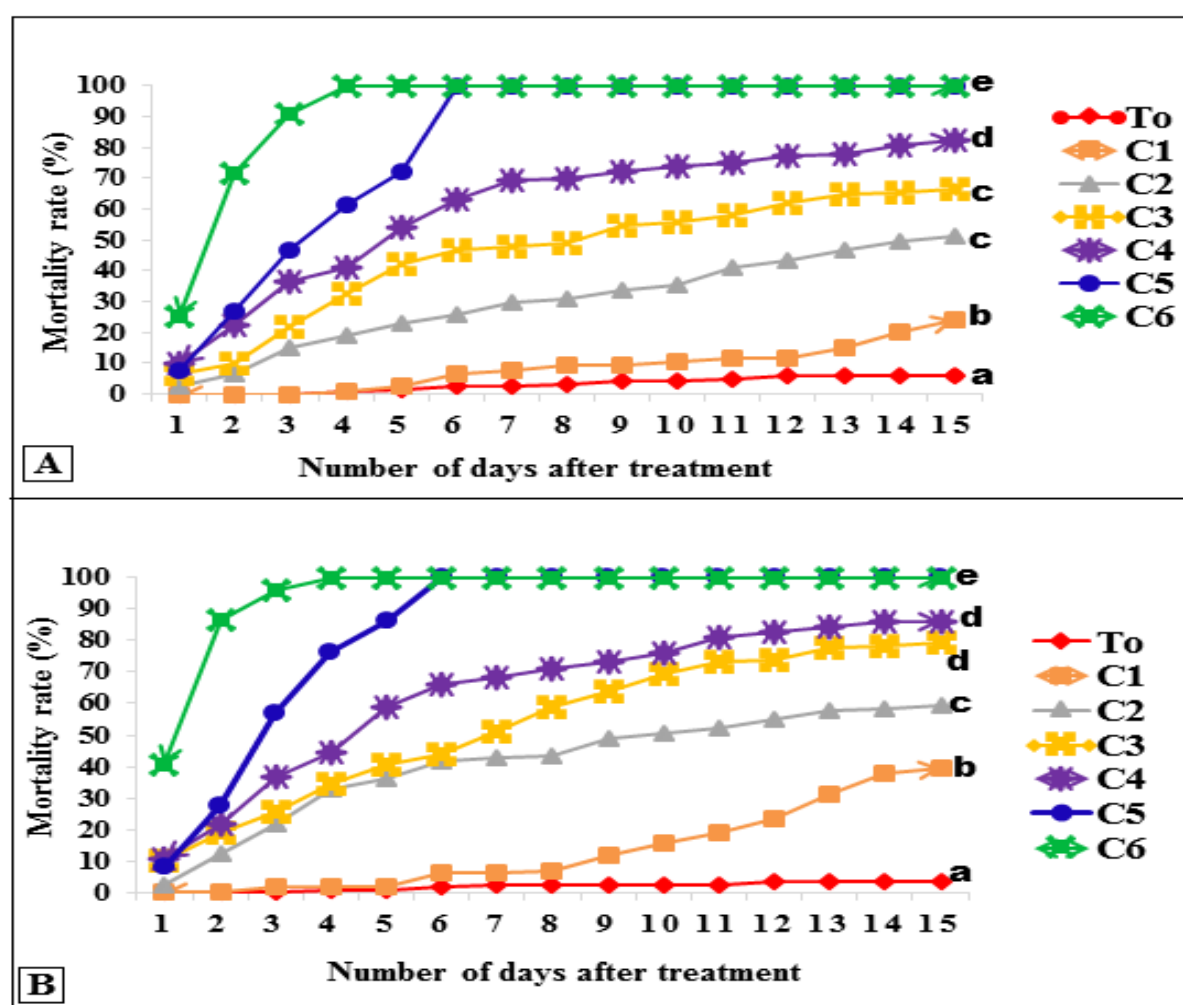


Fig. 3. Variation in mortality of *C. lameensis* males (A) and females (B) after treatment with *M. anisopliae* (Met 358).

For the different entomopathogenic fungi used, mortality rates increased with concentration. This is in line with the work carried out on *Maruca vitrata* larvae by Toffa *et al.* (2014), which states that mortality rates are a function of the concentration applied. Demirci *et al.* (2011) and Mahot *et al.* (2019) have also shown in their work on *Planococcus citri* and *Sahlbergella singularis* that mortality rates

increase with inoculum concentration, which is an important factor in the pathogenicity of entomopathogenic fungi.

The quantity of conidia must be high enough to cause insect death (Inglis *et al.*, 2001). Our results also showed that treatment of the different sexes with entomopathogenic fungi had no significant effect.

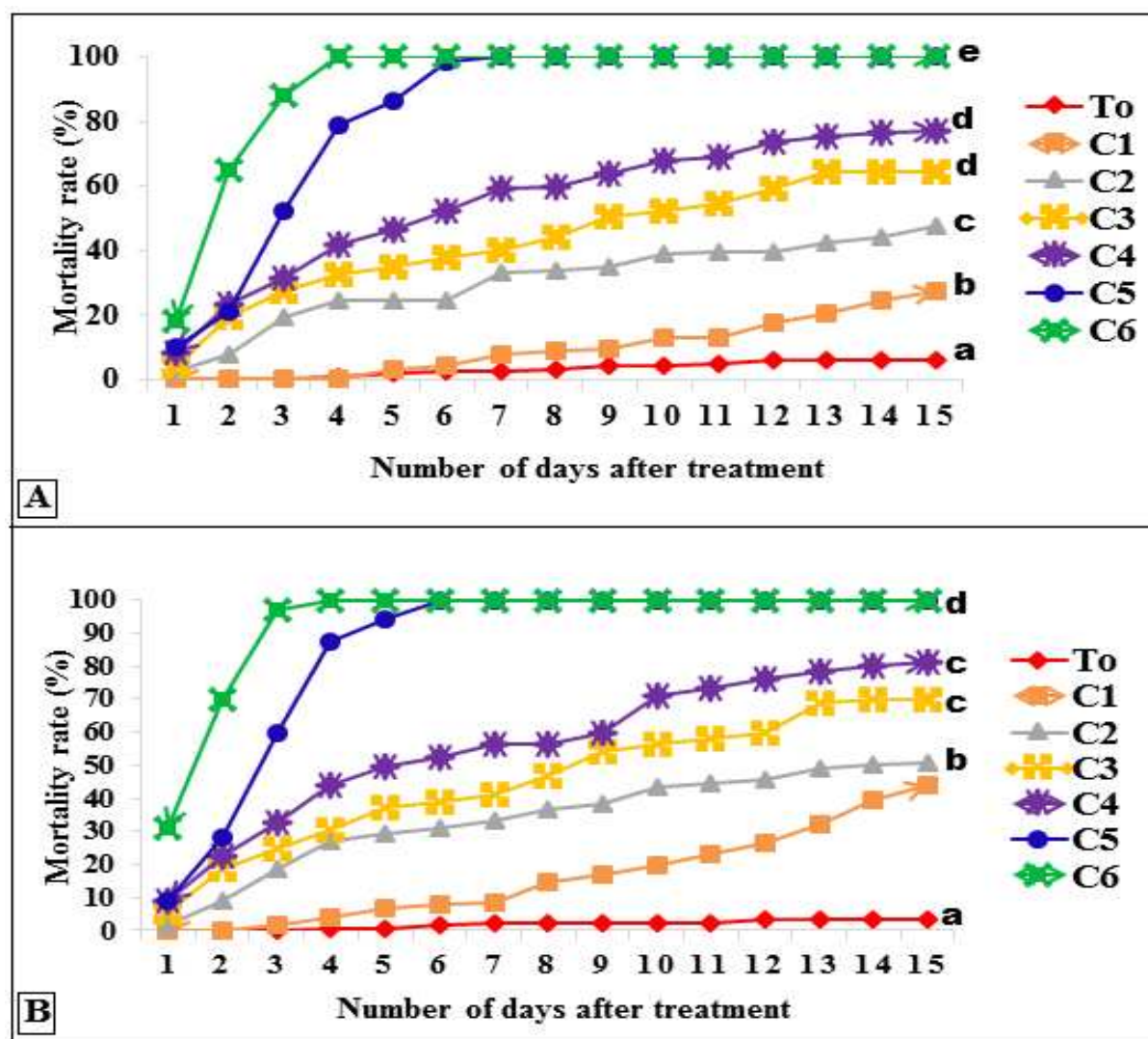


Fig. 4. Variation in mortality of *C. lameensis* males (A) and females (B) after treatment with *M. anisopliae* (Met 359).

Of the six concentrations of each fungus tested, two concentrations, 10^{10} and 10^{12} spores/ml, each achieved 100% mortality. These high mortality rates (100%) testify to the high virulence of these pathogens. These results are in line with those of Valda *et al.* (2003), Benserradj (2014) and Toffa *et al.* (2014). These authors obtained 100% mortality of

Plutella xylostella, *Culex pipiens* and *Maruca vitrata* larvae with different concentrations of *B. bassiana* and *M. anisopliae* isolates. Similarly, Simarani and Umaru (2020), in their work on *Elasmolomus pallens* peanut seed bugs, showed 100% mortality on day 7 after treatment with *M. anisopliae*. Furthermore, François *et al.* (2016) also reported in their studies

that *Metarhizium* sp. and *B. bassiana* induced significant virulence and entomopathogenic potential (100% mortalities) against the aphid *Myzus persicae* after 6 days of treatment. The high and rapid virulence of these fungi is explained by their compatibility with certain compounds found in insects. These compounds are the fatty acids, amino acids and glucosamines found in the insect epicuticle (Shahid *et al.*, 2012). Studies have shown that the elimination of insects by entomopathogenic fungi

involves a series of successive steps that can lead to the death of the host depending on its ontogenic or immune response stage.

These stages involve: adhesion of fungal conidia to the insect integument; germination of conidia; degradation of the cuticle to allow penetration and conversion of hyphae into blastospores. The blastospores use nutrients from the host hemocoel and release toxins within the hemolymph.

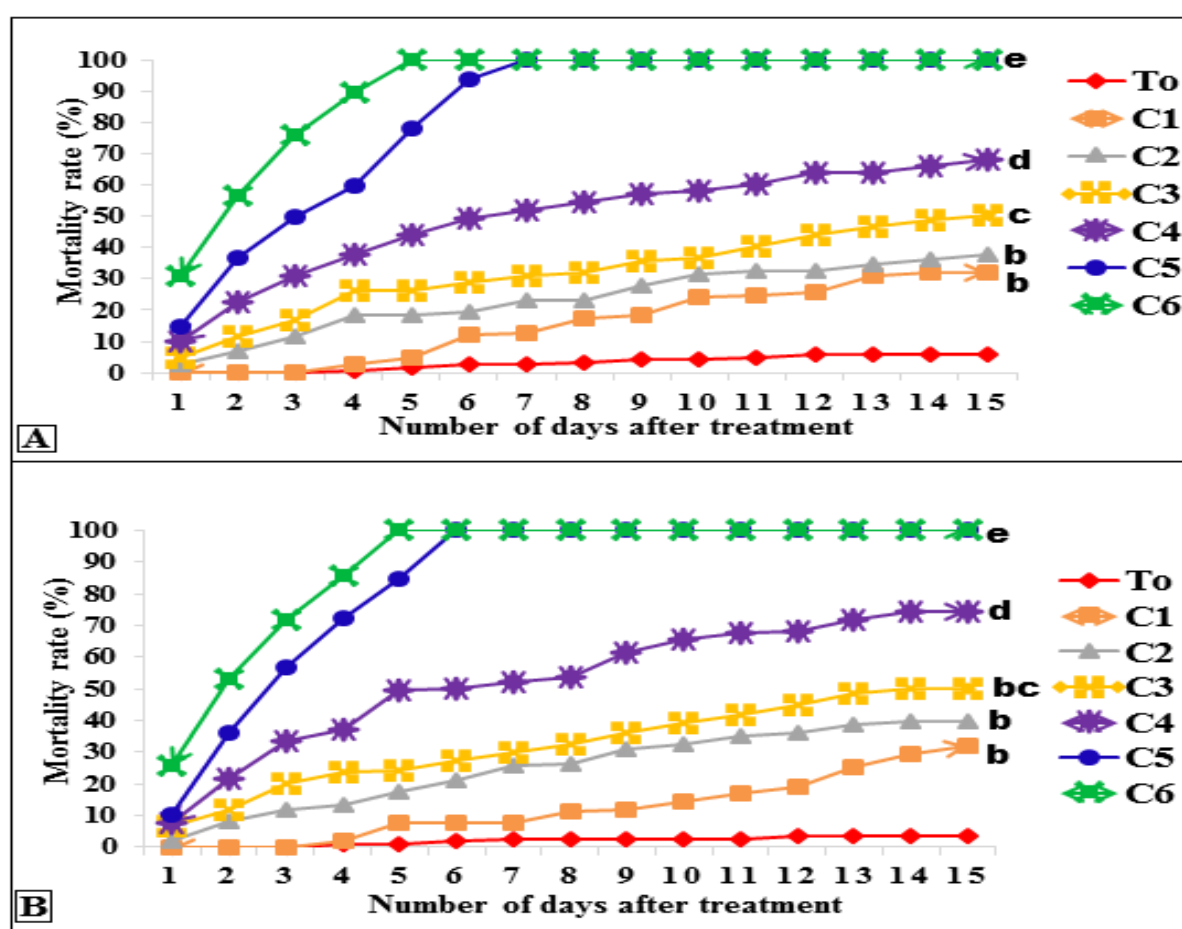


Fig. 5. Variation in mortality of *C. lameensis* males (A) and females (B) after treatment with *Beauveria bassiana* (Bb 11).

The fungus exits the host through openings in the cuticle to produce spores on the surface of the cadaver (Khan *et al.*, 2016).

Lethal doses (LD₅₀ and LD₉₀) induced by entomopathogenic fungi on adult males and females of C. lameensis

The ability of a pathogen to cause insect death is essential in the selection of strains of

entomopathogenic fungi. A very important parameter in this selection is its virulence (Inglis *et al.*, 2001). The LD₅₀ could be used as a parameter for assessing the virulence of a biological control agent. Sabbahi (2008) also reports that LD₅₀ is used to reveal the insecticidal potential of entomopathogenic fungi. Our work revealed that the lowest LDs (2.25×10^7 and 10^7 spores/ml) causing the death of 50% of adult males and females respectively, were obtained with the Met

359 isolate. Next come the LDs (7.35×10^7 and 1.31×10^7 spores/ml) of isolate Met 358. The highest LDs ($2.46.108$ and $2.07.108$ spores/ml) inducing 50% male and female mortality respectively were obtained with isolate Bb 11. Our work is similar to that of Benserradj and Mihoubi (2014), who showed in their studies that the *M. anisopliae* LK9953010 (M3) fungus strain has an $LD_{50} = 2.3 \times 10^7$ spores/ml on day 4 after treatment. Similarly, Narin (2017) revealed in his work on *Dendroctonus simplex* that the dose causing 50% mortality in these insects after 6 days was estimated at 7.4×10^8 spores/ml with *B. bassiana* isolate INRS-242. Ahmed and Freed (2021) also reported that the virulence of *B. bassiana* on *Rhynchophorus ferrugineus* larvae collected in four provinces of Pakistan gave the following LD_{50} s: 1.3×10^7 ; 1.5×10^7 ; 5.3×10^7 and 1.02×10^8 spores/ml. With regard to LD_{90} , our results on adult males and females of *C. lameensis* gave respectively 1.96×10^{13} and 4.58×10^{12} spores/ml for isolate Bb 11; 1.34×10^{12} and 3.06×10^{11} spores/ml for isolate Met 358 and 1.73×10^{11} and 9.02×10^{10} spores/ml for isolate Met 359.

These results are not very close to those of Narin (2017), who stated that for a dose of 2.6×10^{10} spores/ml, the fungus can cause the death of 90% of the insect population 6 days after treatment.

Conclusion

Our results showed that the time/concentration response was significant for the different concentrations of entomopathogenic fungi used on male and female *Coelaenomenadera lameensis* adults. Of the 6 concentrations used (10^2 ; 10^4 ; 10^6 ; 10^8 ; 10^{10} and 10^{12} spores/ml) for each fungus, the 10^{10} and 10^{12} spores/ml concentrations were the most virulent, with mortality rates of 100% on day 4 for 10^{12} spores/ml and 100% on day 6 for 10^{10} spores/ml. The 10^{10} spores/ml concentration could be tested in the field for *C. lameensis* management.

Declaration of interests

The authors declare that they have no conflicts of interest in relation to this article.

Acknowledgements

We sincerely thank the Institut International d'Agriculture Tropicale du Bénin (IITA-Benin) for providing us with isolates of entomopathogenic fungi.

References

- Abbott WS.** 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. Journal of Economic Entomology **18**, 265-267.
- Aby N, Kouadio DLM, Koffi KCG, Atsin O, Gnonhouiri GP, Traore S.** 2023. 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)**, 52-63.
<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n3p52>
- Amhed R, Freed S.** 2021. Virulence of *Beauveria bassiana* Balsamo to red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) (Coleoptera: Curculionidae). Egyptian Journal of Biological Pest Control **31**, 77. 1-4.
- Anougba BD.** 2022. Lutte contre le blast dans les pépinières de palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacquin) en Côte d'Ivoire: caractérisation du vecteur *Recilia mica* Kramer, 1962 (Homoptera, Cicadellidae, Deltocephalinae) et tests de nouveaux insecticides. Thèse de Doctorat, UFR Science de la nature, Université Nangui Abrogoua (Abidjan, Côte d'Ivoire), 149 p.
- Bechiri R, Hanachi H.** 2020. *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, 56 p.
- Benserradj O, Mihoubi I.** 2014. Larvicidal activity of entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* against mosquito larvae in Algeria. International Journal Current Microbiol. Applied Science **3(1)**, 54- 62.

Benserradj O. 2014. Evaluation de *Metarhizium anisopliae* à titre d'agent de lutte biologique contre les larves de moustiques. Thèse En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat 3ème cycle LMD En Biotechnologies, Biologie et Environnement. 166 p.

Berti N, Mariau D. 1999. *Coelaenomenadera lameensis* sp, ravageur du palmier à huile (Coleoptera, Chrysomelidae). *Annales de la Société Entomologique de France*, **16(3)**, 267-268.

Coffi A, Philippe R, Zanou BET, Glitho I. 2012. Efficacité des composés métabolites secondaires extraits des folioles du palmier à huile contre les larves de la mineuse des feuilles, *Coelaenomenadera lameensis* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)*: 56-65.

Coulibaly S, Kouame D, Dro B, Yeboua BAA, Salla M. 2021. 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)**, 26-38 P.

Cucumel M. 2020. La filière palmier à huile en Côte d'Ivoire: Un condensé des enjeux du développement durable, 23 p.

D'Avignon S. 2013. Premier congrès Africain de l'huile de palme à Abidjan: Synergie d'une filière à fort potentiel. Côte d'Ivoire Economie, Business et Finance **25**, 14 p.

Demirci F, Mustu M, Kaydan MB, Ülgentürk S. 2011. Laboratory evaluation of the effectiveness of the entomopathogen; *Isaria farinosa*, on citrus mealybug, *Planococcus citri*. *Journal of Pest Sciences* **84**, 337-342.

Douro Kpindou OK, Djegui DA, Glitho IA, Tamò M. 2012. Sensitivity of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) to the entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* in laboratory. *Journal of Agricultural and Biological Science* **7**, 1007-1015.

Lefort F, Laurent E, Crovadore J, Cochard B, Pelleteret P, Chablais R. 2016. Isolement, identification et évaluation de champignons entomopathogènes provenant de différents écosystèmes agricoles et naturels du Canton de Genève. Groupe Plantes et pathogènes, Institut Terre Nature et Environnement, *hepia, HES-SO*/. Journée d'automne SGP / SSP "Interactions complexes entre plantes et organismes nuisibles", Jeudi 27 octobre 2016, (Genève, Suisse), 1 p.

Ganha SM. 2020. Etude comparative de l'efficacité de deux isolats de champignon entomopathogène *Beauveria bassiana* sur la chenille légionnaire d'automne (CLA) *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Mémoire de Master Professionnel en Protection Ecologique et Durable des Cultures (PROCU), Ecole de Gestion et de Production Végétale et Semencière (EGPVS), Université Nationale d'Agriculture, Bénin, 70 p.

Gundannavar KP, Lingappa S, Giraddi RS. 2006. Susceptibility of *Helicoverpa armigera* (Hubner) to *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. *Journal of Agricultural Sciences* **19**, 952-953.

Hala KA, N'goran A, Hala N, Akpesse AAM, Koua KH. 2018. *Metarhizium Anisopliae* against *Prosoestus* Spp., Pests of Female Oil Palm Inflorescences: Preliminary Laboratory Tests. *Journal of Life Sciences* **10**, 173-182.

Hérault-Ethier L. 2015. Health and environmental impacts of pyrethroid insecticides: What we know, what we don't know and what we should do about it. Executive summary and littérature review Equiterre Montréal, Canada, 68p. insecticides pyrethrinoïdes-sur-la-santé-et-len. Consulté le 16 juin 2022, 68 p.

<http://www.equiterre.org/publication/revue-de-litterature-sur-les-impacts-des>

- Husain M, Sutanto KD, Al-Shahwan IM, Rasool KG, Mankin RW, Aldawood AS.** 2023. Field Evaluation of Promising Indigenous Entomopathogenic Fungal Isolates against Red Palm Weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Dryophthoridae). *Journal of Fungi* **9**, 1-12.
- Inglis GD, Goettel M, Butt M, Strasser H.** 2001. Use of hyphomycetous fungi for managing insect pests. In: *Fungi as Biocontrol Agents Progress, Problems and Potential*. Butt, J.M. (Eds). CABI Publishing, Oxfordshire, UK: 23-69.
- Jacquemard JC.** 1995. Le palmier à huile. Maisonneuve et Larose ed, Paris France, 33 p.
- Khan S, Nadir S, Lihua G, Xu J, Holmes KA, Dewen Q.** 2016. Identification and characterization of an insect toxin protein, Bb70p, from the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana*, using *Galleria mellonella* as a model system. *Journal Invertebrate Pathology* **133**, 87-94.
- Kindozandji A, Datinon BD, Nondichao AN, Glitho AI, Tamó M.** 2019. Efficacité de la combinaison de Mavi MNPV et de *Beauveria bassiana* contre *Maruca vitrata* (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae) au laboratoire. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin. Numéro Spécial Faune, Agriculture & Élevage (FAE)*. 61-67 P.
- Kouassi AC, N'guessan A, Hala KA, Hala N, Kouassi KP.** 2020. Effect of Sivanto Energy 85 EC (Flupyradifurone 75 g/L, Deltamethrin 10 g/L) on *Coelaenomenodera lameensis* (Coleoptera, Chrysomelidae: Hispinae), main pest of oil palm tree in Côte d'Ivoire. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research* **16(6)**, 7-18 p.
- Lacey LA, Grzywacz D, Shapiro-Ilan DI, Frutos R, Brownbridge M, Goettel MS.** 2015. Insect pathogens as biological control agents: Back to the future. *Journal Invertebrate Pathology*, **132**, 1-41.
- Lwetoijera DW, Sumaye RD, Madumla EP, Kavishe DR, Mnyone LL, Russell TL, Okumu FO.** 2010. An extra-domiciliary method for delivering Entomopathogenic fungi, *Metarhizium anisopliae* IP 46 against malaria vectors, *Anopheles arabiensis*. *Parasit and Vectors* **3**, **18**, 1-6.
- Mahot HC, Membang G, Hanna R, Begoude BAD, Bagny BL, Bilong BCF.** 2019. Laboratory assessment of virulence of Cameroonian isolates of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against mirid bugs *Sahlbergella singularis* Haglund (Hemiptera: Miridae). *African Entomology* **27(1)**, 86-96.
- Mariau D.** 2001. Gestion des populations de *Coelaenomenodera lameensis* Berti et Mariau (Coleoptera, Chrysomelidae) en vue de la mise au point d'une stratégie de lutte raisonnée. Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Montpellier (France), 198 p.
- Mnyone LL, Russell TL, Lyimo NI, Lwetoijera DW, Kirby MJ, Luz C.** 2009. First report of *Metarhizium anisopliae* IP 46 pathogenicity in adult *Anopheles gambiae* and *An. Arabiensis* (Diptera; Culicidae). *Parasit and Vectors* **2**, **59**, 1-4.
- Mnyone LL, Kija R, Ng'habi HD, Mazigo AA, Katakweba, Issa NL** 2012. Entomopathogenic fungi, *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* reduce the survival of *Xenopsylla brasiliensis* larvae (Siphonaptera: Pulicidae). *Parasit and Vectors* **5**, 204. 1-3.
- Narin S.** 2017. Impact de la transmission horizontale d'un champignon entomopathogène chez le dendroctone du mélèze, *Dendroctonus simplex* Leconte (Coleoptera: Scolytinae). Thèse de Philosophie doctor (Ph.D) en biologie, Institut Armand Frappier, Université du Québec, Canada, 106 p.

- Nébié K, Dianda ZO, Ido B, Dabiré AR.** 2022. 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**, 17849 – 17870.
- Rival A.** 2020. Huile de palme. Défis renouvelés de la durabilité. *Techniques de l'Ingénieur. Agroalimentaire: F6075 V2*, 17 p.
- Sabbahi R.** 2008. Utilisation du champignon entomopathogène *Beauveria bassiana* dans une stratégie de gestion phytosanitaire des principaux insectes ravageurs en fraiseriaies. Thèse de Doctorat, Institut National de la Recherche Scientifique, Institut Armand Frappier, Université du Québec, Canada: 181 p.
- Shahid A, Rao AQ, Bakhsh A, Husnain T.** 2012. Entomopathogenic fungi as biological controllers: New insights into their virulence and pathogenicity. *Archives of biological sciences, Belgrade* **64**, 21-42.
- Simarani K, Umaru FF.** 2020. Evaluation of the Potential of Fungal Biopesticides for the Biological Control of the Seed Bug, *Elasmolomus pallens* (Dallas) (Hemiptera: Rhyparochromidae). *Insects*, **11**, 277, 1-17.
- Tano DKC, Seri-Kouassi BP, Aboua LRN.** 2013. The effect of three plants aqueous extracts on 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**, 2527-2539.
- Toffa MJ, Atachi P, Douro KOK, Tamo M.** 2014. Pathogenicity of entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* on larvae of the legume pod borer *Maruca vitrata* (Lepidoptera: Crambidae). *Journal of Agricultural and Biological Science* **9(2)**, 55-64.
- Tounou AK, Agboka K, Bakouma BE, Aadom M, Adjevi AKM, Sanda K.** 2018. 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)**, 491 500.
- Valda CAS, Reginaldo B, Edmilson JM, Jorge BT.** 2003. Susceptibility of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) to the Fungi *Beauveria bassiana* (Bals) Vuil. And *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. *Neotropical Entomology* **32**, 653-658.

PUBLICATION N°2



ISSN NO. 2320-5407

Journal Homepage: - www.journalijar.com

INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI: 10.21474/IJAR01/19232
DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/19232>



RESEARCH ARTICLE

EFFICACY OF TWO BIOPESTICIDES NECO 50 EC AND LIMOCIDE 60 ME ON *COELAENOMENODERA LAMEENSIS* (COLEOPTERA, CHRYSOMELIDAE: HISPINAE), THE MAIN PEST OF OIL PALM (DALOA, CÔTE D'IVOIRE)

N'Guessan Ange Parfait*, Tano Djè Kévin Christian, Tah Gueu Tatiana Thérèse and Dao Hassane
Laboratory for Improvement of Agricultural Production, UFR-Agroforestry, University Jean Lorougnon Guédé, BP
150 Daloa, Côte d'Ivoire.

Manuscript Info

Manuscript History

Received: 05 June 2024

Final Accepted: 08 July 2024

Published: August 2024

Key words:-

Oil Palm, *Coelaenomenodera*
Lameensis, Biopesticides, NECO,
LIMOCIDE, Côte d'Ivoire

Abstract

Coelaenomenodera lameensis (Coleoptera: Chrysomelidae, Hispinae), the leafminer of oil palm, is the most feared insect for this crop in Côte d'Ivoire. The aim of this study was to evaluate the efficacy of two biopesticides (NECO 50 EC and LIMOCIDE 60 ME) on *C. lameensis* adults. Trials were carried out under controlled infestation on an oil palm plot at the University Jean Lorougnon Guédé in Daloa. To assess the insecticidal effect of the products, male and female adults of *C. lameensis* were introduced into cages placed on palms containing palm leaflets. These adults were sprayed 48 hours later, at concentrations ranging from: 1.92×10^{-3} to 8.33×10^{-3} g/ml (NECO); from 3.58×10^{-4} to 1.75×10^{-3} g/ml (LIMOCIDE) and from 3.02×10^{-4} to 2.07×10^{-3} g/ml (Sivanto Energy, chemical reference insecticide). Controls were carried out from the 1st to the 15th day after treatment. NECO 50 EC induced maximum mortality rates of 100% (females and males) from day 4 after treatment. For LIMOCIDE, concentrations of 8.9×10^{-4} g/ml and 1.75×10^{-3} g/ml respectively induced mortality rates reaching 100% (females) on days 13 and 10 post-treatment. In males, only the 1.75×10^{-3} g/ml concentration produced mortality rates of 100% on day 12. In the case of Sivanto Energy, mortality rates of 100% (females and males) were recorded as early as day 2 at a concentration of 8.42×10^{-4} g/ml. Lethal Concentrations (LC_{50}) were 4.96×10^{-3} g/ml (females) and 5.37×10^{-3} g/ml (males) for NECO, 1.15×10^{-3} g/ml (females) and 1.38×10^{-3} g/ml (males) for LIMOCIDE. These two biopesticides could be used as an alternative to the abusive use of synthetic insecticides to reduce *C. lameensis* damage and increase palm oil production in Côte d'Ivoire.

Copy Right, IJAR, 2024,. All rights reserved.

Introduction:-

Oil palm is of major importance worldwide. It is a vital crop for many tropical countries, due to the high oil content of its fruit. This crop represents the leading source of vegetable oil, with production of 65 million tonnes worldwide, 85% of which is supplied by Malaysia and Indonesia (Rival, 2020). Since 2018, Côte d'Ivoire has passed the 500,000 tonne mark for crude palm oil, derived from the processing of at least 2,236,000 tonnes of palm bunches from 290,000 ha of plantations, 70% of which are owned by village planters (Bessou and Dubos, 2020). Côte d'Ivoire is

Corresponding Author:- N'Guessan Ange Parfait

Address:- Laboratory for Improvement of Agricultural Production, UFR-Agroforestry,
University Jean Lorougnon Guédé, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire.

Africa's 2nd largest producer and 1st largest exporter. It also ranks 5th worldwide (Cucumel, 2020). The palm oil industry employs over a million people south of the forest zone and generates over 400 billion CFA francs in sales (D'Avignon, 2013).

Unfortunately, this crop is subject to several aggressions throughout its development. These include attacks by insect pests, the most important of which is *Coelaenomenodera lameensis* Berti et Mariau, 1999 (Anougba, 2022). Adult *C. lameensis* insects make grooves measuring 12 to 15 mm across the entire leaflet, starting from the underside, which can lead to palm desiccation (Kouassi et al., 2020). Control of this pest is therefore essential. Various control methods are available, including chemical and biological control. The massive use of synthetic insecticides creates numerous problems, environmental pollution and human poisoning (Hénault-Ethier, 2015). It would therefore be interesting to turn to other control methods that are effective and non-polluting. The aim of this study is to evaluate the efficacy of two biopesticides compared with a reference chemical insecticide on *C. lameensis*.

Materials and Methods:-

Study site

The experiments were carried out at the University Jean Lorougnon Guédé, located in the department of Daloa, in the Haut-Sassandra region. This University, located to the north-east of the town of Daloa, stretches from latitude 6°54' north to longitude 6°26' west. It is influenced by a humid tropical climate, with rainfall ranging from 1,200 to 1,600 millimeters per year (Coulibaly et al., 2021). Temperature ranged from 25 to 28°C, with an average of $26.62 \pm 1.02^\circ\text{C}$. Relative humidity ranged from 73 to 84%, with an average of $79.83 \pm 4.12\%$ (Coulibaly et al., 2021).

Materials:-

The plant material used was oil palm. The animal material consisted of adult males and females of *Coelaenomenodera lameensis*. The treatment equipment consisted of a hand-held sprayer and cylindrical white muslin sleeves (0.50 mm mesh) of large size (300 cm x 80 cm) for rearing and small size (100 cm x 80 cm) for treatment. The products used were two biopesticides, NECO 50 EC and LIMOCIDE 60 ME, and a chemical insecticide, Sivanto Energy 85 EC.

Methods:-

Breeding of *C. lameensis*

For *C. lameensis* rearing, large sleeves (300 cm x 80 cm) were used. These sleeves were fitted with an opening lined with adhesive strips to prevent the insects placed on the leaflets from escaping.

Using cylindrical boxes 8 cm in diameter and 10 cm high, fitted with lids, adult pairs of *C. lameensis*, including egg-laying females, were placed on leaflets covered with muslin sleeves. The pairs were monitored for 120 days, during which time new individuals were obtained for testing.

Evaluating the efficacy of biopesticides

Determination of concentrations

NECO 50 EC is a biopesticide based on the essential oil of *Ocimum gratissimum*. The recommended dose is 1 l of the product diluted in 25 l of water, corresponding to a concentration of 1.92 g/l (1.92×10^{-3} g/ml). Dilution of NECO (1 ml) in distilled water (25 ml; 20 ml; 15 ml; 10 ml and 5 ml) gave five respective concentrations: 1.92×10^{-3} g/ml; 2.38×10^{-3} g/ml; 3.12×10^{-3} g/ml; 4.54×10^{-3} g/ml and 8.33×10^{-3} g/ml. LIMOCIDE 60 ME is a biopesticide based on sweet orange essential oil, extracted from pressed orange peel. The recommended dose is 150 ml of the product diluted in 15 l of water, i.e. 1.5 ml of the product in 150 ml of water (5.9×10^{-4} g/ml). Dilution of LIMOCIDE (1.5 ml) in distilled water (250 ml; 200 ml; 150 ml; 100 ml and 50 ml) gave five respective concentrations: 3.58×10^{-4} g/ml; 4.5×10^{-4} g/ml; 5.9×10^{-4} g/ml; 8.9×10^{-4} g/ml; and 1.75×10^{-3} g/ml.

The chemical reference insecticide used is Sivanto Energy 85 EC, with the following active ingredients: Flupyradifurone 75 g/l, Deltamethrin 10 g/l. The recommended dose for treating one hectare is 250 ml of the product diluted in 40 l of water, which corresponds to 62.5 ml of the product diluted in 10 l of water to treat $\frac{1}{4}$ of a hectare (5.28×10^{-4} g/ml). Dilution (1 ml of the product) in distilled water (280 ml; 220 ml; 160 ml; 100 ml and 40 ml) gave 3.02×10^{-4} ; 3.85×10^{-4} g/ml, 5.28×10^{-4} g/ml; 8.42×10^{-4} g/ml and 2.07×10^{-3} g/ml respectively.

Spraying of products on *C. lameensis* adults

A 2430 m² (54 m x 45 m) plot containing 30 oil palms was used for this trial. Forty (40) adult males and females of *C. lameensis* were introduced into cages (100 cm x 80 cm) covered with white muslin and placed on the palm trees. Two days later, they were treated with the above-mentioned insecticides at different concentrations. Dead insects were counted for 15 days after application.

Three replicates were made per concentration and per insecticide. For each concentration, average mortality rates were calculated and corrected using the Abbott (1925) formula.

$$M = \frac{\text{Number of dead insects}}{\text{Total number of insects}} \times 100$$

$$Mc = \frac{Mo - Mt}{100 - Mt} \times 100$$

With MC: corrected mortality; Mo: observed treatment mortality and Mt: control mortality.

The lethal concentration 50 or LC₅₀ is that which causes the death of 50% of a population of treated insects after 24 hours. It was determined by a regression model using log probit.

Statistical analysis

Data processing was carried out using Statistica version 7.1 software. An analysis of variance (ANOVA) was used to identify significant differences between the data. The Student-Newman-Keuls test at the 5% threshold was used to classify means into homogeneous groups.

LC₅₀ and LC₉₀ were determined using Rstudio software version 4.3.2. The regression model used to determine lethal doses is log probit, which allows values to be predicted.

Results:-

Effect of products on adult males and females of *Coelaenomenadera lameensis*

Effect of NECO 50 EC on adult males and females of *C. lameensis*

Adult males:

Twenty-four hours (24h) after spraying, the five concentrations 1.92×10⁻³ g/ml; 2.38×10⁻³ g/ml; 3.12×10⁻³ g/ml; 4.54×10⁻³ g/ml and 8.33×10⁻³ g/ml recorded mortality rates of 0 ± 0; 0.83 ± 1.44; 25.83 ± 3.81; 56.66 ± 3.81 and 65.83 ± 2.88% respectively. Four days after application, the highest concentration 8.33×10⁻³ g/ml caused a maximum mortality rate of 100 ± 0%. The other concentrations 3.12×10⁻³ g/ml and 4.54×10⁻³ g/ml induced mortality rates of 100 ± 0% on days 7 and 5 respectively (Table 1). Statistical analysis revealed significant differences between mortality rates for the different concentrations (F= 28.7; ddl= 89; p =0.000).

Adult females:

Mortality rates ranged from 0 ± 0% to 70 ± 5% twenty-four hours (24h) after application of the product at different concentrations (1.92×10⁻³ g/ml; 2.38×10⁻³ g/ml; 3.12×10⁻³ g/ml; 4.54×10⁻³ g/ml and 8.33×10⁻³ g/ml). Of the five concentrations, the lowest, 1.92×10⁻³ g/ml; 2.38×10⁻³ g/ml and 3.12×10⁻³ g/ml, failed to cause 50% insect mortality twenty-four hours after spraying. Four days after treatment, the highest concentration 8.33×10⁻³ g/ml induced a mortality rate of 100 ± 0%. Mortality rates increased to a maximum of 100 ± 0% on days 10, 6 and 5 respectively with concentrations 2.38×10⁻³ g/ml; 3.12×10⁻³ g/ml and 4.54×10⁻³ g/ml (Table 2). Statistical analysis revealed significant differences between mortality rates for the different concentrations (F= 12.18; ddl= 89; p =0.000).

Table 1:- Mortality rate of *C. lameensis* males after treatment with NECO 50 EC.

			Concentrations			
Number of days after treatment	1.92×10 ⁻³ g/ml	2.38×10 ⁻³ g/ml	3.12×10 ⁻³ g/ml	4.54×10 ⁻³ g/ml	8.33×10 ⁻³ g/ml	witness
1	0 ± 0 q	0.83 ± 1.44 q	25.83 ± 3.81 mn	56.66 ± 3.81 ij	65.83 ± 2.88 hi	0 ± 0 q
2	6.67 ± 6.29 p	22.50 ± 2.50 mn	55.83 ± 8.77 ij	68.33 ± 5.77 gh	80 ± 5 fg	0 ± 0 q

3	16.64 ± 5.10 o	44.47 ± 3.88 jk	73.87 ± 8.94 fg	80.60 ± 5.46 fg	89.88 ± 2.56 def	1.00 ± 1.00 q
4	26.89 ± 8.63 mn	63.46 ± 3.52 hi	82.16 ± 7.52 def	95.73 ± 3.92 ab	100 ± 0 a	2.00 ± 1.00 q
5	34.51 ± 8.35 lm	72.84 ± 9.39 fg	91.52 ± 3.80 cde	100 ± 0 a	100 ± 0 a	2.00 ± 1.00 q
6	36.98 ± 8.82 kl	85.37 ± 5.30 def	96.57 ± 3.93 ab	100 ± 0 a	100 ± 0 a	3.33 ± 1.52 pq
7	38.32 ± 7.19 kl	87.86 ± 4.41 def	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	4.00 ± 1.00 p
8	39.20 ± 7.70 kl	91.08 ± 6.75 cde	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	6.66 ± 1.52 p
9	42.54 ± 8.77 kl	92.87 ± 8.23 bcd	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7.00 ± 2.00 p
10	42.54 ± 8.77 kl	92.87 ± 8.23 bcd	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7.00 ± 2.00 p
11	45.64 ± 11.95 kl	93.72 ± 8.64 abc	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	8.00 ± 1.00 p
12	45.64 ± 11.95 kl	93.72 ± 8.64 abc	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	8.00 ± 1.00 p
13	45.64 ± 11.95 kl	93.72 ± 8.64 abc	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	8.00 ± 1.00 p
14	45.64 ± 11.95 kl	93.72 ± 8.64 abc	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	8.00 ± 1.00 p
15	45.64 ± 11.95 kl	93.72 ± 8.64 abc	100 ± 0 a	100 ± 0	100 ± 0	8.00 ± 1.00 p

Newman-Keuls test at the threshold of 5% (F= 28.7; ddl= 89 ; p =0.000)

Mortality rates followed by the same letters are not significantly different

Table 2:- Mortality rate of *C. lameensis* females after treatment with NECO 50 EC.

			Concentrations			
Number of days after treatment	1.92×10 ⁻³ g/ml	2.38×10 ⁻³ g/ml	3.12×10 ⁻³ g/ml	4.54×10 ⁻³ g/ml	8.33×10 ⁻³ g/ml	witness
1	0 ± 0 q	1.67 ± 2.87 q	32.50 ± 4.33 lm	61.66 ± 2.88 hi	70 ± 5 gh	0 ± 0 q
2	12.5 ± 5 o	30 ± 2.50 lm	65 ± 6.61 hi	75 ± 5 fg	80.83 ± 6.29 fg	0 ± 0 q
3	27.86 ± 4.52 mn	49.71 ± 6.12 jk	78.21 ± 3.62 fg	85.76 ± 5.12 def	92.46 ± 2.44 abc	0.66 ± 1.54 q
4	38.56 ± 5.14 kl	69.69 ± 2.68 gh	89.06 ± 1.35 def	96.62 ± 1.49 ab	100 ± 0 a	1 ± 1 q
5	41.72 ± 5.15 kl	88.18 ± 8.95 def	98.31 ± 1.45 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	1.33 ± 1.15 q
6	46.53 ± 6.78 jk	92.21 ± 6.91 bcd	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	3.33 ± 0.57 pq
7	48.93 ± 4.46 jk	96.51 ± 4.03 ab	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	3.66 ± 1.15 pq
8	53.74 ± 6.04 ij	98.23 ± 3.07 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	6.33 ± 1.52 p
9	57.16 ± 6.89 ij	99.11 ± 1.54 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	6.66 ± 1.15 p
10	57.16 ± 6.89 ij	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	6.66 ± 1.15 p

11	57.79 ± 7.71 ij	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7.33 ± 1.15 p
12	58.58 ± 8.80 ij	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7.66 ± 1.52 p
13	58.58 ± 8.80 ij	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7.66 ± 1.52 p
14	58.58 ± 8.80 ij	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7.66 ± 1.52 p
15	58.58 ± 8.80 ij	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7.66 ± 1.52 p

Newman-Keuls test at the threshold of 5% (F= 12.18; ddl= 89 ; p =0.000)

Mortality rates followed by the same letters are not significantly different.

Effect of LIMOCIDE 60 ME on adult males and females of *C. lameensis*

Adult males:

Following application of the product at different concentrations (3.58×10^{-4} g/ml; 4.5×10^{-4} g/ml, 5.9×10^{-4} g/ml; 8.9×10^{-4} g/ml; and 1.75×10^{-3} g/ml), mortality rates varied from $0 \pm 0\%$ to $100 \pm 0\%$ over the 15-day control period. Only the 1.75×10^{-3} g/ml concentration was able to induce a mortality rate greater than 50% twenty-four hours (24h) after spraying. Fifteen days after treatment, the highest mortality rate ($100 \pm 0\%$) was obtained with the highest concentration 1.75×10^{-3} g/ml. The other concentrations 3.58×10^{-4} g/ml; 4.5×10^{-4} g/ml, 5.9×10^{-4} g/ml and 8.9×10^{-4} g/ml produced mortality rates of $39.98 \pm 3.37\%$; $52.88 \pm 2.03\%$; $79.17 \pm 4.06\%$ and $92.10 \pm 2.68\%$ respectively (Table 3). Statistical analysis revealed significant differences between mortality rates for the different concentrations (F= 6.74; ddl= 89; p =0.000).

Adult females:

Of the five concentrations 3.58×10^{-4} g/ml; 4.5×10^{-4} g/ml, 5.9×10^{-4} g/ml; 8.9×10^{-4} g/ml; and 1.75×10^{-3} g/ml, those which achieved 50% insect mortality twenty-four hours (24h) after spraying were 8.9×10^{-4} g/ml and 1.75×10^{-3} g/ml. Twelve days after product application, the 4.5×10^{-4} g/ml and 5.9×10^{-4} g/ml concentrations produced mortality rates of $67.60 \pm 9.30\%$ and $81.05 \pm 2.64\%$ respectively. These mortality rates remained stable until day 15 post-treatment. Concentrations of 8.9×10^{-4} g/ml and 1.75×10^{-3} g/ml resulted in mortality rates of $100 \pm 0\%$ on days 13 and 10 post-treatment (Table 4). Statistical analysis revealed significant differences between mortality rates for the different concentrations (F= 5.3; ddl= 89; p =0.000).

Table 3:- Mortality rate of *C. lameensis* males after treatment with LIMOCIDE 60 ME.

			Concentrations			
Number of days after treatment	3.58×10^{-4} g/ml	4.5×10^{-4} g/ml	5.9×10^{-4} g/ml	8.9×10^{-4} g/ml	1.75×10^{-3} g/ml	witness
1	0 ± 0 q	10.83 ± 2.87 o	21.66 ± 3.81 mn	41.66 ± 3.81 kl	52.50 ± 2.89 ij	0 ± 0 q
2	3.33 ± 3.82 pq	17.50 ± 2.50 o	30.83 ± 6.29 lm	51.66 ± 6.29 jk	65.83 ± 6.61 hi	0 ± 0 q
3	5.73 ± 2.16 p	26.72 ± 7.21 mn	37.61 ± 15.33 kl	62.13 ± 4.89 hi	68 ± 4.22 gh	1.00 ± 1.00 q
4	20.06 ± 4.21 mn	31.95 ± 4.19 lm	48.98 ± 11.06 jk	63.47 ± 6.04 hi	69.41 ± 7.53 gh	2.00 ± 1.00 q
5	25.19 ± 4.82 mn	36.20 ± 3.20 kl	56.64 ± 13.39 ij	67.70 ± 2.65 gh	70.26 ± 5.17 gh	2.00 ± 1.00 q
6	34.94 ± 5.27 lm	37.05 ± 3.33 kl	62.00 ± 8.64 hi	69.82 ± 2.92 gh	74.17 ± 5.30 fg	3.33 ± 1.52 pq
7	36.86 ± 5.07 kl	41.79 ± 5.22 kl	63.49 ± 7.22 hi	74.80 ± 4.12 fg	78.33 ± 5.42 fg	4.00 ± 1.00 p
8	37.33 ± 5.40 kl	44.56 ± 8.49 jk	66.90 ± 5.98 hi	82.14 ± 1.52 def	84.86 ± 3.04 def	6.66 ± 1.52 q

9	37.51 ± 5.23 kl	47.95 ± 5.22 jk	67.69 ± 5.68 hi	84.74 ± 1.82 def	89.34 ± 3.04 def	7.00 ± 2.00 q
10	39.07 ± 3.88 kl	51.57 ± 3.37 jk	71.27 ± 4.47 gh	86.49 ± 4.85 def	94.64 ± 0 ab	7.00 ± 2.00 q
11	39.07 ± 3.88 kl	51.96 ± 3.61 jk	74.62 ± 5.74 fg	88.23 ± 5.61 def	97.27 ± 0 ab	8.00 ± 1.00 q
12	39.98 ± 3.37 kl	52.88 ± 2.03 ij	75.54 ± 4.71 fg	90.96 ± 4.06 cde	100 ± 0 a	8.00 ± 1.00 q
13	39.98 ± 3.37 kl	52.88 ± 2.03 ij	77.35 ± 3.15 fg	91.85 ± 2.66 cde	100 ± 0 a	8.00 ± 1.00 q
14	39.98 ± 3.37 kl	52.88 ± 2.03 ij	79.17 ± 4.06 fg	91.85 ± 2.66 cde	100 ± 0 a	8.00 ± 1.00 q
15	39.98 ± 3.37 kl	52.88 ± 2.03 ij	79.17 ± 4.06 fg	92.10 ± 2.68 bcd	100 ± 0 a	8.00 ± 1.00 q

Newman-Keuls test at the threshold of 5% (F= 6.74; ddl= 89 ; p =0.000)

Mortality rates followed by the same letters are not significantly different

Table 4:- Taux de mortalité des femelles de *C. lameensis* après traitement au LIMOCIDE 60 ME.

			Concentrations			
Number of days after treatment	3.58×10⁻⁴ g/ml	4.5×10⁻⁴ g/ml	5.9×10⁻⁴ g/ml	8.9×10⁻⁴ g/ml	1.75×10⁻³ g/ml	witness
1	0 ± 0 q	10.83 ± 3.81 o	29.16 ± 3.81 lm	51.66 ± 3.81 jk	59.17 ± 2.89 ij	0 ± 0 q
2	1.67 ± 1.44 q	21.66 ± 9.46 mn	43.33 ± 6.29 kl	64.16 ± 6.29 hi	70 ± 6.61 gh	0 ± 0 q
3	10.24 ± 2.53 o	34.50 ± 9.64 lm	52.14 ± 5.54 ij	73.91 ± 3.79 fg	77.36 ± 4.22 fg	0.66 ± 1.54 q
4	21.72 ± 2.23 mn	40.16 ± 11.06 kl	57.72 ± 4.48 ij	81.36 ± 2.88 def	82.34 ± 7.53 def	1 ± 1 q
5	29.88 ± 3.41 lm	46.68 ± 13.93 jk	58.73 ± 3.26 ij	82.14 ± 2.55 def	86.51 ± 5.17 def	1.33 ± 1.15 q
6	34.48 ± 1.38 lm	48.23 ± 13.88 jk	62.05 ± 4.12 hi	87.93 ± 1.42 def	88.82 ± 5.30 def	3.33 ± 0.57 pq
7	37.06 ± 3.19 kl	51.51 ± 12.99 jk	65.36 ± 4.38 hi	93.07 ± 3.95 abc	93.92 ± 5.42 abc	3.66 ± 1.15 pq
8	40.40 ± 3.70 kl	57.21 ± 9.72 ij	70.62 ± 2.83 gh	97.33 ± 2.63 ab	98.24 ± 3.04 a	6.33 ± 1.52 p
9	42.86 ± 1.33 kl	58.89 ± 10.29 ij	74.07 ± 4.34 fg	97.33 ± 2.63 ab	98.24 ± 3.04 a	6.66 ± 1.15 p
10	43.76 ± 2.11 kl	61.59 ± 10.83 hi	74.07 ± 4.34 fh	97.33 ± 2.63 ab	100 ± 0 a	6.66 ± 1.15 p
11	44.26 ± 2.40 jk	64.09 ± 10.54 hi	78.41 ± 2.73 fg	99.09 ± 1.56 a	100 ± 0 a	7.33 ± 1.15 p
12	44.98 ± 3.21 jk	67.60 ± 9.30 hi	81.05 ± 2.64 fg	99.09 ± 1.56 a	100 ± 0 a	7.66 ± 1.52 p
13	46.75 ± 1.08 jk	67.60 ± 9.30 hi	81.05 ± 2.64 fg	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7.66 ± 1.52 p
14	46.75 ± 1.08 jk	67.60 ± 9.30 hi	81.96 ± 4.03 def	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7.66 ± 1.52 p
15	46.75 ± 1.08 jl	67.60 ± 9.30 hi	81.96 ± 4.03 def	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7.66 ± 1.52 p

Newman-Keuls test at the threshold of 5% (F= 5.3 ; ddl= 89 ; p =0.000)

Mortality rates followed by the same letters are not significantly different

Effect of Sivanto Energy 85 EC on adult males and females of *C. lameensis*

Adult males:

Twenty-four hours (24h) after spraying, the five concentrations 3.02×10^{-4} g/ml; 3.85×10^{-4} g/ml, 5.28×10^{-4} g/ml; 8.42×10^{-4} g/ml and 2.07×10^{-3} g/ml produced mortality rates of 56.67 ± 2.87 ; 75 ± 5 ; 83.33 ± 7.63 ; 95 ± 6.61 and $100 \pm 0\%$ respectively. Mortality rates caused by concentrations of 3.02×10^{-4} g/ml; 3.85×10^{-4} g/ml, 5.28×10^{-4} g/ml and 8.42×10^{-4} g/ml increased to $100 \pm 0\%$ on days 5, 3 and 2 after product application (Table 5). Statistical analysis revealed significant differences between the mortality rates of the different concentrations ($F = 46$; $ddl = 89$; $p = 0.000$).

Female adults:

Sivanto Energy 85 EC caused high mortality (64.17 ± 5.20 ; 80 ± 8.66 ; 89.16 ± 6.29 ; 98.33 ± 2.88 and $100 \pm 0\%$) of female *C. lameensis* adults at different concentrations (3.02×10^{-4} g/ml; 3.85×10^{-4} g/ml, 5.28×10^{-4} g/ml; 8.42×10^{-4} g/ml and 2.07×10^{-3} g/ml) twenty-four hours (24h) after spraying. These mortality rates reached a maximum of $100 \pm 0\%$ on the 2nd post-treatment day with the 8.42×10^{-4} g/ml concentration, on the 3rd post-treatment day with the 3.85×10^{-4} g/ml and 5.28×10^{-4} g/ml concentrations, and on the 5th day with the 3.02×10^{-4} g/ml concentration (Table 6). Statistical analysis revealed significant differences between mortality rates for the different concentrations ($F = 19.5$; $ddl = 89$; $p = 0.000$).

Table 5:- Mortality rate of *C. lameensis* males after treatment with Sivanto Energy 85 EC.

			Concentrations			
Number of days after treatment	3.02×10^{-4} g/ml	3.85×10^{-4} g/ml	5.28×10^{-4} g/ml	8.42×10^{-4} g/ml	2.07×10^{-3} g/ml	witness
1	56.67 ± 2.87 ij	75 ± 5 fg	83.33 ± 7.63 def	95 ± 6.61 ab	100 ± 0 a	0 ± 0 q
2	65.83 ± 2.87 hi	93.33 ± 2.88 abc	97.50 ± 4.33 ab	100 ± 0 a	100 ± 0 a	0 ± 0 q
3	75.57 ± 3 fg	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	1.00 ± 1.00 q
4	88.94 ± 2.95 def	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	2.00 ± 1.00 q
5	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	2.00 ± 1.00 q
6	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	3.33 ± 1.52 pq
7	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	4.00 ± 1.00 pq
8	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	6.66 ± 1.52 p
9	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7.00 ± 2.00 p
10	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7.00 ± 2.00 p
11	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	8.00 ± 1.00 p
12	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	8.00 ± 1.00 p
13	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	8.00 ± 1.00 p
14	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	8.00 ± 1.00 p
15	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	8.00 ± 1.00 p

Newman-Keuls test at the threshold of 5% (F= 46; ddl= 89 ; p =0.000)

Mortality rates followed by the same letters are not significantly different

Table 6:- Mortality rate of *C. lameensis* females after treatment with Sivanto Energy 85 EC.

			Concentrations			
Number of days after treatment	3.02×10^{-4} g/ml	3.85×10^{-4} g/ml	5.28×10^{-4} g/ml	8.42×10^{-4} g/ml	2.07×10^{-3} g/ml	witness
1	64.17 ± 5.20 hi	80 ± 8.66 fg	89.16 ± 6.29 def	98.33 ± 2.88 a	100 ± 0 a	0 ± 0 q
2	75.83 ± 3.82 fg	95.83 ± 1.44 ab	99.16 ± 1.44 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	0 ± 0 q
3	91.56 ± 8.97 cde	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	0.66 ± 1.54 q
4	98.30 ± 2.95 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	1 ± 1 q
5	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	1.33 ± 1.15 q
6	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	3.33 ± 0.57 pq
7	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	3.66 ± 1.15 pq
8	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	6.33 ± 1.52 p
9	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	6.66 ± 1.15 p
10	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	6.66 ± 1.15 p
11	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7.33 ± 1.15 p
12	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7.66 ± 1.52 p
13	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7.66 ± 1.52 p
14	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7.66 ± 1.52 p
15	100 ± 0 a	100 ± 0	100 ± 0 a	100 ± 0 a	100 ± 0 a	7.66 ± 1.52 p

Newman-Keuls test at the threshold of 5% (F= 19.5; ddl= 89; p =0.000)

Mortality rates followed by the same letters are not significantly different

Overall mortality rate of adult females and males of *C. lameensis* following spraying with products

Overall mortality rates for adult *C. lameensis* females and males ranged for NECO 50 EC from 45.08 ± 18.76 to 96.21 ± 8.88% (females) and from 34.16 ± 16.47 to 95.71 ± 9.84 (males). LIMOCIDE 60 ME rates ranged from 32.77 ± 16.31 to 90.31 ± 13.02% (females) and 29.27 ± 14.82 to 82.98 ± 15.77% (males). For Sivanto Energy, rates ranged from 95.32 ± 10.77 to 100 ± 0% for females and 92.47 ± 14.16 to 100 ± 0% for males (Table 7).

Table 7:- Overall mortality rate of *C. lameensis* females and males.

		Sex	
Products	Concentrations	females	Males
NECO 50 EC	1.92×10^{-3} g/ml	45.08 ± 18.76 hi	34.16 ± 16.47 j
	2.38×10^{-3} g/ml	81.69 ± 30.17 cd	74.85 ± 29.47 d
	3.12×10^{-3} g/ml	90.87 ± 18.79 bc	88.39 ± 21.35 bc

	4.54×10 ⁻³ g/ml	94.60 ± 11.42 ab	93.42 ± 13.54 ab
	8.33×10 ⁻³ g/ml	96.22 ± 8.88 ab	95.71 ± 9.84 ab
LIMOCIDE 60 ME	3.58×10 ⁻⁴ g/ml	32.77 ± 16.31 j	29.27 ± 14.82 k
	4.5×10 ⁻⁴ g/ml	51.05 ± 19.33 g	40.65 ± 13.92 h
	5.9×10 ⁻⁴ g/ml	66.12 ± 15.75 e	60.87 ± 18.99 f
	8.9×10 ⁻⁴ g/ml	88.30 ± 14.80 bc	75.98 ± 15.99d
	1.75×10 ⁻³ g/ml	90.31 ± 13.02 bc	82.98 ± 15.77 cd
SIVANTO ENERGY 85 EC	3.02×10 ⁻⁴ g/ml	95.32 ± 10.77 ab	92.47 ± 14.16bc
	3.85×10 ⁻⁴ g/ml	98.39 ± 5.41 a	97.89 ± 6.53 a
	5.28×10 ⁻⁴ g/ml	99.22 ± 3.05 a	98.72 ± 4.60 a
	8.42×10 ⁻⁴ g/ml	99.89 ± 0.75 a	99.67 ± 1.89 a
	2.07×10 ⁻³ g/ml	100 ± 0 a	100 ± 0 a

Newman-Keuls test at the threshold of 5% (F= 1.95; ddl= 29; p =0.000)

Mortality rates followed by the same letters are not significantly different

Lethal concentrations (LC₅₀ and LC₉₀) of products tested on *C. lameensis*

Lethal concentrations resulting in the death of 50% (LC₅₀) and 90% (LC₉₀) of *C. lameensis* adults twenty-four hours (24h) after spraying were determined for each product. Comparison of the three products used shows that the two biopesticides have higher LC values than the reference insecticide (Table 8).

Table 8:- Lethal concentrations (LC₅₀ and LC₉₀) of products tested during the study.

Products	Sex	Lethal concentrations (LC)	
		LC ₅₀	LC ₉₀
NECO 50 EC (g/ml)	Females	4.96×10 ⁻³	1.03×10 ⁻²
	Males	5.37×10 ⁻³	1.14×10 ⁻²
LIMOCIDE 60 ME (g/ml)	Females	1.15×10 ⁻³	3.33×10 ⁻³
	Males	1.38×10 ⁻³	4.35×10 ⁻³
SIVANTO ENERGY 85 EC (g/ml)	Females	2.46×10 ⁻⁴	5.30×10 ⁻⁴
	Males	2.60×10 ⁻⁴	6.33×10 ⁻⁴

Discussion:-

In view of the extensive damage caused by *C. lameensis*, control methods have been tested to reduce the level of attack to a reasonable economic level. Among these methods, the use of biopesticides (NECO 50 EC and LIMOCIDE 60 ME) was evaluated in the present study. Results showed that the products tested effectively eliminated adult female and male *C. lameensis*. The synthetic chemical (Sivanto Energy 85 EC) proved most effective in managing *C. lameensis* adults, followed by NECO 50 EC and LIMOCIDE 60 ME according to observation time. The effectiveness of Sivanto Energy was revealed by Kouassi et al., (2020) in their work on the same insect. These authors reported that Sivanto Energy at a dose of 2.5 ml eliminated 100% of *C. lameensis* adults at a shorter observation time (2 days). This effectiveness would be due to the difference in insecticidal power and mode of action of the different products. This explanation is in line with that of Tounou et al., (2018), who reported in their work on *Podagricra* spp that synthetic chemicals have a higher insecticidal power. Sivanto Energy 85 EC is composed of two active ingredients, deltamethrin and flupyradifurone. Both active ingredients act both by contact and by ingestion on a large number of insects, but the effect of flupyradifurone is more powerful by ingestion (Bayer, 2011). The efficacy of deltamethrin had already been demonstrated on insect pests of cowpea in Central Benin (Mehinto et al., 2014), on the cockroach *Periplaneta americana* (Blattodea: Blattellidae) in the laboratory (Caballero, 2019) and on *Prosoestus sculptilis* and *Prosoestus minor* (Coleoptera: Curculionidae), insect pests of female oil palm inflorescences (Hala, 2020). The results also showed that the biopesticides used induced mortality rates that evolved as a function of time and concentration. At a concentration of 8.33×10⁻³ g/ml, NECO 50 EC recorded a mortality rate of 70% twenty-four hours (24h) after spraying in females. This formulation could be considered effective. This observation is in line with those of Begnon et al., (1990), Tano et al., (2019) and Yéboué et al., (2022), who reported that a product with an insecticidal effect is effective when it generates a mortality rate of at least 70% on an insect pest twenty-four hours (24h) after treatment. Four concentrations (2.38×10⁻³ g/ml, 3.12×10⁻³ g/ml, 4.54×10⁻³ g/ml and 8.33×10⁻³ g/ml) of NECO 50 EC applied to adult males and females of *C. lameensis*, induced 100% mortality. These results confirm those of Nguemthouin (2012), who recorded mortality rates of 100% on *Sitophilus zeamais* adults with a powder formulation by adsorption of essential oils of *Ocimum gratissimum*, the main component of NECO 50 EC. These results also concur with those of Ouedraogo et al.,

(2016), Johnson et al., (2018) and Akéssé et al., (2020), who in their studies showed its effectiveness in controlling adults of *S. zeamais* and *Diastocera trifasciata*. The insecticidal properties of essential oils from species of the *Ocimum* genus in the control of various orders of insect pests have already been reported by several authors (Kobenan et al., 2018, Tia et al., 2019, Tano et al., 2019, Kassi et al., 2021, Yoboué et al., 2022). This effectiveness of NECO 50 EC on insects could be due to the insecticidal action of Thymol and γ -Terpinene, which are the active molecules in the essential oil of *Ocimum gratissimum* (Koffi et al., 2013; Kassi et al., 2014; Kobenan et al., 2018).

Under the effect of LIMOCIDE 60 ME, only the 1.75×10^{-3} g/ml concentration caused the death of 50% of adult males twenty-four hours (24h) after treatment, while in females, it was the 8.9×10^{-4} g/ml and 1.75×10^{-3} g/ml concentrations that were able to induce a mortality rate in excess of 50%. At 13 and 15 days post-treatment, LIMOCIDE 60 ME induced high mortality rates of $100 \pm 0\%$ in females and $92.10 \pm 2.68\%$ in males at 8.9×10^{-4} g/ml, respectively. These results show that this biopesticide is equally effective against adult males and females of *C. lameensis*. Previous studies have shown that powders and essential oils from the fresh branches and leaves of aromatic plants are used to protect stored cowpea (*V. unguiculata* (L.) Walp.), maize (*Zea mays* L.) and bean (*P. vulgaris* L.) grains from attack by various stock insects (Kalomal et al., 2008). Similar work has reported that essential oils of *Citrus sinensis*, *Citrus aurantium* and neem (*Azadirachta indica* Juss.) have larvicidal and insecticidal activity on *Culex pipens* larvae and adults (EL Akhal et al., 2014) and *Maruca vitrata* (Traore et al., 2019). According to Gandebo et al., (2022), orange peel powder and essential oil have shown efficacy on *Callosobruchus maculatus* Fab, a cowpea predator in stock. These insecticidal activities of sweet orange essential oil could be due to their chemical composition. EL Akhal et al., (2014) revealed that the essential oils of *Citrus sinensis* and *Citrus aurantium* are predominantly composed of limonene, with percentages of 95.36% in *Citrus sinensis* and 90.0% in *Citrus aurantium*. On the other hand, work carried out by Rossi et al., (2013) and Dongmo et al., (2002) on *C. sinensis* proved this result with respective percentages of 95.1% and 82.36% limonene in orange peel.

Conclusion:-

Evaluation of the efficacy of the two biopesticides used on *C. lameensis* showed high mortality rates with NECO 50 EC. These rates were 100% on the 10th, 6th, 5th and 4th days of treatment at the different concentrations 2.38×10^{-3} g/ml; 3.12×10^{-3} g/ml; 4.54×10^{-3} g/ml and 8.33×10^{-3} g/ml in females and 100% on the 7th, 5th and 4th days of treatment at the concentrations 3.12×10^{-3} g/ml; 4.54×10^{-3} g/ml and 8.33×10^{-3} g/ml in males. LIMOCIDE 60 ME produced mortality rates of 100% on day 12 after spraying at 1.75×10^{-3} g/ml (males) and 100% on days 12 and 10 after treatment at 8.9×10^{-4} g/ml and 1.75×10^{-3} g/ml. The results obtained from the mortality rates show that NECO 50 EC and LIMOCIDE 60 ME could be used against adult *C. lameensis* at 8.33×10^{-3} g/ml and 1.75×10^{-3} g/ml respectively.

References:-

1. Akéssé, EN., Ouali, NS-WM., Minhibo, YM., Koffi, KM. and Koné, D. (2020). Efficacité d'une lutte mécanique associée au biopesticide Neco 50 EC dans le contrôle des adultes de *Diastocera trifasciata* (Coleoptera : Cerambycidae), ciseleur des branches d'anacardier en Côte d'Ivoire. International Journal Biological and Chemical Sciences, 14(3): 1038-1051.
2. Anougba, BD. (2022). Lutte contre le blast dans les pépinières de palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacquin) en Côte d'Ivoire: caractérisation du vecteur *Recilia mica* Kramer, 1962 (Homoptera, Cicadellidae, Deltocephalinae) et tests de nouveaux insecticides. Thèse de Doctorat, UFR Science de la nature, Université Nangui Abrogoua (Abidjan, Côte d'Ivoire), 149 p.
3. Bayer (2011). Decis[®] alDeltaméthrine 0,0075g/l. Fiche technique, 14 p.
4. Begon, M., Harper, J.L., and Townsed, C.R. (1990). Ecology: individuals, populations and communities, (2nd edition). Oxford: Blackwell Scientific Publications, 945p.
5. Bessou, C. and Dubos, B. (2020). Filière Palmier à Huile en Côte d'Ivoire. Analyse fonctionnelle et diagnostic agronomique. Rapport d'expertise, Montpellier, France, 42p.
6. Caballero, JEP. (2019). Nanoencapsulation d'un agent synergisant chimique, la deltaméthrine pour potentialiser l'effet d'un insecticide l'indoxacarbe contre les insectes nuisibles. Thèse Université d'Angers, 91 p.
7. Cucumel, M. (2020). La filière palmier à huile en Côte d'Ivoire : Un condensé des enjeux du développement durable. Ressources, 23 p.
8. Coulibaly, S., Kouame, D., Dro, B., Yeboua, BAA. and Salla, M. (2021). 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), pp. 26-38.

9. D'Avignon, S. (2013). Premier congrès Africain de l'huile de palme à Abidjan : Synergie d'une filière à fort potentiel. Côte d'Ivoire Economie, Business et Finance, 25, 14 p.
10. Dongmo, PMJ., Kuate, J., Boyom, FF., Ducelier, D., Damesse, F., Zollo, PHA., Menut, C. and Bessiere M.(2002). Composition chimique et activité antifongique in vitro des huiles essentielles de Citrus sur la croissance mycélienne de *Phaeoramularia angolensis*. Fruits, 57 (2): 95-104.
11. EL-Akhal, F., Guemmouh, R., Greche, H. and El Ouali Lalami, A. (2014). Valorisation en tant que bioinsecticide de deux huiles essentielles de *Citrus sinensis* et *Citrus aurantium* cultivées au centre du Maroc. Journal of Materials and Environmental Sciences, 5(S1): 2319-2324.
12. Gandeho,GJ., Tchekessi,CKC.,Aboubakar,SD.,Tamadaho,MP.,Odjoumani,E. and Dossou J. (2022). Effet insectifuge et insecticide des extraits totaux des épiluchures d'orange sur *Callosobruchus maculatus* Fab un déprédateur de niébé (*Vigna unguiculata* L.,Walp) en stock. Journal of Applied Biosciences, 172:17881–17892.
13. Hala, KA. (2020). Bioécologie, dégâts, répartition de *Prosoestus scuptilis* et *Prosoestus minor* (Coleoptera, Curculionidae) dans les principales zones de production du palmier à huile (*Elaeis Guineensis* Jacq.) en Côte d'Ivoire et recherche de méthodes de lutte pour l'amélioration dutaux de nouaison. Thèse de Doctorat de l'Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côté d'Ivoire, 160 p.
14. Hérault-Ethier,L.(2015).Health and environmental impacts of pyrethroid insecticides:What We know,what we don't know and wha twe should do about it. Executive summary and littérature review Equiterre Montréal, Canada, 68p. <http://www.equiterre.org/publication/revue-de-litterature-sur-les-impacts-des-insecticides-pyrethrinoides-sur-la-sante-et-len>.Consulté le16 juin 2022, 68 p.
15. Johnson, F., Oussou, KR., Kanko, C., Tonzibo, Z.F., Foua-bi, K. and Tano, Y. (2018). Bioefficacité des huiles essentielles de trois espèces végétales (*Ocimum gratissimum*, *Ocimum canum*) et (*Hyptis suaveolens*), de la famille des Labiées dans la lutte contre *Sitophilus zeamais*. European Journal of Scientific Research, 150 (3): 273-284.
16. Kaloma1, A., Kitambala, K., Ndjango, NL., Sinzahera, U. and Paluku, T.(2008). Effet des poudres d'*Eucalyptus citriodora*, de *Cupressus lucitanica* et de *Tagetas minitiflora* dans la conservation du maïs (*Zea mays*) et du haricot (*Phaseolus vulgaris*) dans les conditions de Rethy (République Démocratique du Congo). Tropicultura, 26 (1): 24-27.
17. Kassi, FM., Badou, OJ., Tonzibo, ZF., Salah, ZALDGE. and Koné, D. (2014). Action du fongicide naturel NECO contre la cercosporiose noire (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) chez le bananier plantain (AAB) en Côte d'Ivoire. Journal of Applied Biosciences, 75 : 6183-6191.
18. Kassi, KFJ-M., Johnson, F., Moussa, SA., N'goran, NS., Soro, G., Camara, B and Koné, D. (2021). *Rastrococcus invadens* control in mango orchards by using NECO, ASTOUN and FERCA plant extracts-based biopesticides. Asian Journal of Crop Science, 13(1). 9-16.
19. Kouassi, AC., N'guessan, A., Hala, KA., Hala, N. and Kouassi, K.P. (2020). Effect of Sivanto Energy 85 EC (Flupyradifurone 75 g/L, Deltamethrin 10 g/L) on *Coelaenomenodera lameensis* (Coleoptera, Chrysomelidae: Hispinae), main pest of oil palm tree in Côte d'Ivoire. International Journal of Agronomy and Agricultural Research, 16 (6): 7-18.
20. Kobenan, KC., Tia, V.E., Ochou, G.E.C., Kouakou, M., Bini, K.K.N., Dagnogo, M., Dick, A.E. and Ochou, O.G. (2018). Comparaison du potentiel insecticide des huiles essentielles d'*Ocimum gratissimum* L. et d'*Ocimum canum* Sims sur *Pectinophora gossypiella* Saunders (Lepidoptera : Gelechiidae), insecte ravageur du cotonnier en Côte d'Ivoire. European Scientific Journal, 14(21):286-301.
21. Koffi, AM., Tonzibo, Z.F., Delort, L., Ruiz, N., Caldefie-Chézet, L. and Chalchat, J.C. (2013). Corrélation entre la composition chimique et l'activité antifongique des huiles essentielles à prédominance thymol sur *Candida albicans* et *Aspergillus fumigatus*. Phytothérapie, 11: 134-139.
22. Mehinto, JT., Atachi, P., Elégbédé, M., Kpindou, OKD. and Tamò, M. (2014). Efficacité comparée des insecticides de natures différentes dans la gestion des insectes ravageurs du niébé au Centre du Bénin. Journal of Applied Biosciences, 84: 7674-7681.
23. Nguemtchouin, MMG. (2012). Formulation d'insecticides en poudre par adsorption des huiles essentielles de *Xylopi aethiopica* et d'*Ocimum gratissimum* sur des argiles camerounaises modifiées. Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure de chimie de Montpellier (France) et Ecole nationale supérieure des sciences agroindustrielles de l'Université de N'Gaoundéré (Cameroun), p. 293.
24. Ouédraogo, I., Sawadogo, A., Nebié, RCH., and Dakouo, D.(2016). Evaluation de la toxicité des huiles essentielles de *Cymbopogon nardus* (L) et *Ocimum gratissimum* (L) contre *Sitophilus zeamais* Motsch et *Rhyzopertha dominica* F, les principaux insectes nuisibles au maïs en stockage au Burkina Faso. International Journal Biological and Chemical Sciences,10(2): 695-705.

25. Rival, A.(2020). Huile de palme. Défis renouvelés de la durabilité. Techniques de l'Ingénieur. Agroalimentaire: F6075 V2, 17 p.
26. Rossi, YE. and Palacios, SM. (2013). Fumigant toxicity of *Citrus sinensis* essential oil on *Musca domestica* L. adults in the absence and presence of a P450 inhibitor, *ActaTropica*, 127, pp. 33–37.
27. Tano, DKC., Tra Bi, CS., Kouassi, KA., Ossey, CL. and Soro, S. (2019). Incidences des attaques de *Podagrica decolorata* Duvivier 1892 (Coleoptera: Chrysomelidae) sur la culture du gombo et contrôle de ces adultes au moyen du biopesticide NECO 50 EC (Daloa, Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 143: 14692-14700.
28. Tia, EV., Cissé, M., Douan, GB. and Koné, A. (2019). Etude comparée de l'effet insecticide des huiles essentielles de *Cymbopogon citratus* DC et d'*Ocimum canum* Sims sur *Cylas puncticollis* Boheman, un charançon de la patate douce. *International Journal Biological and Chemical Sciences*, 13(3): 1789-1799.
29. Tounou, AK., Agboka, K., Bakouma, BE., Aadam, M., Adjevi, AKM. and Sanda K. (2018). 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): 491-500.
30. Traore, F., Ilboudo, ME. And Waongo, A. (2019). Activité biologique des huiles de neem (*Azadirachta indica* Juss.) sur les œufs de *Maruca vitrata* Fabricius, foreuse des gousses du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) en conditions de laboratoire; *Journal of Applied Biosciences*, 143:14622-14634.
31. Yéboué, NL., Tano, DKC., Tra Bi, CS., Soro, S. and Tano, Y. (2022). Control of cassava mealybug *Phenacoccus manihoti* (Homoptera: Pseudococcidae) using NECO 50EC biopesticide in Grand Lahou (Côte d'Ivoire). *International Journal of Biosciences*, 21(3), p. 20-28.
32. Yoboué, MKK., Tano, CKD., Soro, S. and N'guessan, AP.(2022). Incidence des attaques de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) sur la production de 3 variétés de maïs et essais de lutte au moyen de produits insecticides (Niéllé, Côte d'Ivoire). *Agronomie Africaine*, 34 (1) : 133 – 153.

PUBLICATION N°3

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 lutttes 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* ICIPE 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. A 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	OF:0M (0 ± 0) †	OF:0M (0 ± 0) †	OF:M (0 ± 0) †
2	OF:0M (0 ± 0) †	OF: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	OF:4,67M (15,56 ± 1,92) pqr	3,33F:1M (16,67 ± 6,67) pqr	3F:0,67M (15,56 ± 8,89)
5	OF: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	OF:8M (26,67 ± 3,33) lmnp	1,67F:6,33M (26,67 ± 5,78) lmnp	5,67F:3M (28,89 ± 5,09) klmno
7	OF:10M (33,33 ± 3,33) jklmn	OF:10,33M (34,44 ± 6,94) ijklm	OF:11,33M (37,78 ± 1,92) hijkl
8	OF:11M (36,67 ± 3,33) ijklm	OF:12M (40 ± 3,33) ghijk	OF:12,33M (41,11 ± 3,85) fghij
9	OF:11,67M (38,89 ± 5,09) ghijk	OF:12,67M (42,22 ± 6,93) fghij	OF:14M (46,67 ± 8,82) efghi
10	OF:11,67M (38,89 ± 5,09) ghijk	OF:13,67M (45,56 ± 5,09) efghij	OF:16,67M (55,56 ± 8,39) cde
11	OF:13M (43,33 ± 3,33) efghij	OF:15M (50 ± 6,67) defgh	OF:18,33M (61,11 ± 6,75) bcd
12	OF:13,67M (45,56 ± 1,92) efghij	OF:16M (53,33 ± 5,77) cdef	OF:21M (70 ± 6,67) b
13	OF:15,33M (51,11 ± 3,85) defg	OF:17,67M (58,89 ± 3,85) cd	OF:24,33M (81,11 ± 3,85) a
14	OF:15,33M (51,11 ± 3,85) defg	OF:19M (63,33 ± 6,67) bc	OF:26,33M (87,78 ± 1,92) a
15	OF:15,33M (51,11 ± 3,85) defg	OF:19M (63,33 ± 6,67) bc	OF: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 (F50 ± 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) opq	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	OF:0M (0 ± 0) op	OF:0M (0 ± 0) op	OF: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	OF: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	OF:5,33M (17,78 ± 1,92) kl	OF:8M (26,67 ± 3,33) hij	OF:10M (33,33 ± 0) efg
8	OF:6,33M (21,11 ± 1,92) jk	OF:9,67M (32,22 ± 1,92) efg	OF:11,33M (37,78 ± 5,09) def
9	OF:7,33M (24,44 ± 1,92) ijk	1F:9M (33,33 ± 3,33) efg	OF:13M (43,33 ± 6,67) de
10	OF:8,67M (28,89 ± 1,92) ghi	0,67F:10,67M (37,78 ± 1,92) def	OF:16,67M (55,56 ± 8,39) c
11	OF:10M (33,33 ± 3,33) efg	OF:13,33M (44,44 ± 1,92) d	OF:17,33M (57,78 ± 6,76) c
12	OF:10,67M (35,56 ± 3,84) efg	OF:13,33M (44,44 ± 1,92) d	OF:19,67M (65,56 ± 7,70) b
13	OF:12M (40 ± 3,33) def	OF:13,33M (44,44 ± 1,92) d	OF:23M (76,67 ± 6,67) a
14	OF:12,67M (42,22 ± 1,92) de	OF:13,33M (44,44 ± 1,92) d	OF:24M (80 ± 5,77) a
15	OF:12,67M (42,22 ± 1,92) de	OF:13,33M (44,44 ± 1,92) d	OF: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	OM:0F (0 ± 0) h	OM:0F (0 ± 0) h	OM:0F (0 ± 0) h
2	0,33M:0F ($5,56 \pm 5$) fg	OM:0F (0 ± 0) h	OM:0F (0 ± 0) h
3	0,67M:1F ($27,78 \pm 5,56$) d	OM:0,67F ($6,06 \pm 3,03$) fg	OM:0,33F ($2,08 \pm 2$) h
4	OM:2,67F ($31,11 \pm 11,60$) d	1M:0,33F ($12,12 \pm 3,03$) ef	OM:1,33F ($8,33 \pm 2,08$) ef
5	OM:3,33F ($55,56 \pm 11,11$) c	OM:2,33F ($21,21 \pm 3,03$) cd	OM:2F ($12,50 \pm 3,61$) ef
6	OM:4,67F ($77,78 \pm 14,70$) ab	OM:3,33F ($30,30 \pm 3,03$) d	1M:1,67F ($16,67 \pm 2,08$) de
7	OM:5,33F ($88,89 \pm 5,56$) a	OM:3,33F ($30,30 \pm 3,03$) d	OM:3F ($18,75 \pm 0$) de
8	OM:5,67F ($94,44 \pm 5,56$) a	OM:3,33F ($30,30 \pm 3,03$) d	OM:3,33F ($20,83 \pm 2,08$) de
9	OM:5,67F ($94,44 \pm 5,56$) a	OM:3,37F ($33,33 \pm 6,06$) d	OM:4,33F ($27,08 \pm 5,51$) d
10	OM:5,67F ($94,44 \pm 5,56$) a	OM:3,37F ($33,33 \pm 6,06$) d	OM:5F ($31,25 \pm 3,61$) d
11	OM:5,67F ($94,44 \pm 5,56$) a	OM:3,37F ($33,33 \pm 6,06$) d	OM:5F ($31,25 \pm 3,61$) d
12	OM:5,67F ($94,44 \pm 5,56$) a	OM:3,37F ($33,33 \pm 6,06$) d	OM:5F ($31,25 \pm 3,61$) d
13	OM:5,67F ($94,44 \pm 5,56$) a	OM:3,37F ($33,33 \pm 6,06$) d	OM:5F ($31,25 \pm 3,61$) d
14	OM:5,67F ($94,44 \pm 5,56$) a	OM:3,37F ($33,33 \pm 6,06$) d	OM:5F ($31,25 \pm 3,61$) d
15	OM:5,67F ($94,44 \pm 5,56$) a	OM:3,37F ($33,33 \pm 6,06$) d	OM: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 $39,39 \pm 6,06$ et $20,83 \pm 2,08$ % 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 $\pm$ 0) n	OM:0F (0 $\pm$ 0) n	OM:0F (0 $\pm$ 0) n
2	0,33M:0F (5,56 $\pm$ 5) klm	OM:0F (0 $\pm$ 0) n	0,67M:0F (4,17 $\pm$ 2,08) klm
3	0,67M:0,67F (22,22 $\pm$ 5,56) fgh	OM:0,67F (6,09 $\pm$ 3,03) klm	0,33M:1F (8,33 $\pm$ 2,08) ijk
4	OM:1,33F (22,22 $\pm$ 14,70) fgh	1M:0F (9,09 $\pm$ 0) ijk	OM:2F (12,50 $\pm$ 3,61) hij
5	OM:2,67F (44,44 $\pm$ 5,56) c	OM:2F (18,18 $\pm$ 5,25) ghi	OM:2,67F (16,67 $\pm$ 4,17) ghi
6	OM:4,33F (72,22 $\pm$ 14,70) b	OM:2,67F (24,24 $\pm$ 8,02) fgh	OM:4,67F (29,17 $\pm$ 7,51) efg
7	OM:4,67F (77,78 $\pm$ 14,70) ab	OM:3,33F (30,30 $\pm$ 3,03) efg	OM:6,33F (39,58 $\pm$ 4,17) cd
8	OM:5,33F (83,33 $\pm$ 16,67) ab	OM:3,67F (33,33 $\pm$ 6,06) def	OM:6,67F (41,67 $\pm$ 3,61) c
9	OM:5,67F (94,44 $\pm$ 5,56) ab	OM:4F (36,36 $\pm$ 5,09) cde	OM:6,67F (41,67 $\pm$ 3,61) c
10	OM:6F (100 $\pm$ 0) a	OM:4,67F (42,42 $\pm$ 8,02) c	OM:6,67F (41,67 $\pm$ 3,61) c
11	OM:6F (100 $\pm$ 0) a	OM:4,67F (42,42 $\pm$ 8,02) c	OM:6,67F (41,67 $\pm$ 3,61) c
12	OM:6F (100 $\pm$ 0) a	OM:4,67F (42,42 $\pm$ 8,02) c	OM:6,67F (41,67 $\pm$ 3,61) c
13	OM:6F (100 $\pm$ 0) a	OM:4,67F (42,42 $\pm$ 8,02) c	OM:6,67F (41,67 $\pm$ 3,61) c
14	OM:6F (100 $\pm$ 0) a	OM:4,67F (42,42 $\pm$ 8,02) c	OM:6,67F (41,67 $\pm$ 3,61) c
15	OM:6F (100 $\pm$ 0) a	OM:4,67F (42,42 $\pm$ 8,02) c	OM:6,67F (41,67 $\pm$ 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 $\pm$ 0) k	OF:0M (0 $\pm$ 0) k	OF:0M (0 $\pm$ 0) k
2	OF:0M (0 $\pm$ 0) k	OF:0M (0 $\pm$ 0) k	0,33F:0M (2,08 $\pm$ 2) jk
3	0,33F:0M (5,56 $\pm$ 5) ij	OF:0,67M (6,06 $\pm$ 3,03) ij	OF:0,33M (2,08 $\pm$ 2) jk
4	0,67F:0,67M (22,22 $\pm$ 5,56) fg	1F:0M (9,09 $\pm$ 0) hi	OF:0,67M (4,17 $\pm$ 2,08) ij
5	OF:2,33M (38,89 $\pm$ 11,11) cde	OF:1,33M (12,12 $\pm$ 3,03) h	0,67F:0,33M (6,25 $\pm$ 0) ij
6	OF:2,67M (44,44 $\pm$ 14,70) cd	OF:2,67M (24,24 $\pm$ 3,03) f	OF:1,67M (10,42 $\pm$ 2,08) hi
7	OF:3,33M (55,56 $\pm$ 14,70) bc	OF:3,67M (33,33 $\pm$ 3,03) def	OF:2,33M (14,58 $\pm$ 2,08) h
8	OF:4,33M (72,22 $\pm$ 14,70) ab	OF:4,33M (39,39 $\pm$ 3,03) cde	OF:4M (25 $\pm$ 3,61) f
9	OF:5M (83,83 $\pm$ 9,62) a	OF:4,33M (39,39 $\pm$ 3,03) cde	OF:5M (31,25 $\pm$ 3,61) def
10	OF:5M (83,83 $\pm$ 9,62) a	OF:4,33M (39,39 $\pm$ 3,03) cde	OF:5,33M (33,33 $\pm$ 5,51) def
11	OF:5M (83,83 $\pm$ 9,62) a	OF:4,67M (42,42 $\pm$ 6,06) cd	OF:5,33M (33,33 $\pm$ 5,51) def
12	OF:5,33M (88,89 $\pm$ 11,11) a	OF:4,67M (42,42 $\pm$ 6,06) cd	OF:5,33M (33,33 $\pm$ 5,51) def
13	OF:5,33M (88,89 $\pm$ 11,11) a	OF:4,67M (42,42 $\pm$ 6,06) cd	OF:5,33M (33,33 $\pm$ 5,51) def
14	OF:5,33M (88,89 $\pm$ 11,11) a	OF:4,67M (42,42 $\pm$ 6,06) cd	OF:5,33M (33,33 $\pm$ 5,51) def
15	OF:5,33M (88,89 $\pm$ 11,11) a	OF:4,67M (42,42 $\pm$ 6,06) cd	OF:5,33M (33,33 $\pm$ 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 Ressources 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 *Kuschelorrhynchus 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

COMMUNICATION ORALE

92 Effet du champignon entomopathogène *Metarhizium anisopliae* (Met 358) sur *Podagrica decolorata* Duvivier, 1982 (Coleoptera: Chrysomelidae) ravageur du gombo (Daloa, Côte d'Ivoire)

N'GUESSAN A.P^{1*}, YAO K.F¹, N'DOUBA A.P¹, TANO D.K.C¹

¹Laboratoire d'Amélioration de la Production Agricole, UFR-Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

Auteur correspondant : N'GUESSAN Ange Parfait, 07 47 31 59 55, nguessanangeparfait@gmail.com

Résumé

Podagrica decolorata est l'un des principaux ravageurs de la culture du gombo *Abelmoschus esculentus*, en Côte d'Ivoire. La lutte contre cet insecte nécessite l'utilisation de plusieurs méthodes dont la principale est chimique. L'objectif de cette étude était d'évaluer l'effet du champignon entomopathogène *Metarhizium anisopliae* sur les adultes de *P. decolorata*. Les essais ont été réalisés en champ sur une parcelle à l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa. Des adultes mâles et femelles ont été capturés et introduits dans une cage recouverte de mousseline contenant un plant de gombo. Vingt-quatre heures plus tard, ces adultes ont reçu des pulvérisations à des concentrations suivantes : $C_1=10^8$; $C_2=10^{10}$ et $C_3=10^{12}$ Spores/ml pour *M. anisopliae* et 0,093g/L pour le K-Optimal 35 EC (insecticide chimique de référence). Les taux de mortalité les plus élevés (100 %) ont été observés chez les adultes femelles et mâles dès le 7^{ème} jour de contrôle avec les concentrations $C_2=10^{10}$ spores/ml et $C_3=10^{12}$ spores/ml. La mise en contact des adultes sur des feuilles préalablement traitées a induit des taux de mortalité de moins de 70 % chez les femelles et les mâles au 15^{ème} jour de contrôle après traitement. Le K-Optimal a entraîné des taux de mortalité de 100% chez femelles et mâles au bout de 4 jours après les traitements. Le champignon entomopathogène *M. anisopliae* pourrait être utilisé pour contrôler les adultes de *P. decolorata*.

Mots clés: *Abelmoschus esculentus*, *Podagrica decolorata*, *Metarhizium anisopliae*, Côte d'Ivoire

RESUME

Cette étude vise à contribuer à l'amélioration de la production de palmier à huile par une meilleure gestion du ravageur *C. lameensis* en Côte d'Ivoire. Les travaux sur la gestion de cet insecte ravageur par les biopesticides d'origines végétales (NECO 50 EC et LIMOCIDE 60 ME) et fongiques (champignons entomopathogènes : *Metarhizium anisopliae* et *Beauveria bassiana*) ont été menés à l'Université Jean Lorougnon Guédé Daloa en infestation contrôlée et en plantation à Ayénouan (DEKEL OIL) et Boubo (PALMCI). Des élevages en masse en infestation contrôlée dans des manchons ont permis d'avoir différents stades de développements sur lesquels ont été appliqué différentes concentrations des biopesticides. Ces champignons ont été testé sur la prise de nourriture et l'activité de ponte de *C. lameensis*. La concentration minimale efficace des champignons entomopathogènes a permis d'évaluer la transmission horizontale en fonction de différents ratios. Des traitements ont été réalisés en plantation avec le champignon entomopathogène qui a induit la meilleure efficacité en infestation contrôlée. Après la pulvérisation, des contrôles ont été effectués sur *C. lameensis* et sur les inflorescences mâles où se trouvaient les pollinisateurs. Il ressort de ces travaux que les biopesticides ont induit des faibles taux de fertilités des œufs de *C. lameensis* à la concentration $8,33 \times 10^{-3}$ g/ml (23,15 %) pour le NECO 50 EC et à la concentration $1,75 \times 10^{-3}$ g/ml (31,04 %) pour le LIMOCIDE 60 ME. Sur les larves, seul les pourcentages d'efficacité du NECO 50 EC ont été supérieur à 50 % à tous les stades larvaires. Chez les adultes (mâles et femelles), les taux de mortalité les plus élevés (65,83 % et 70 %), obtenus 24 h après traitements ont été induits par le NECO 50 EC à la concentration $8,33 \times 10^{-3}$ g/ml. S'agissant des champignons entomopathogènes *M. anisopliae* (Met 358 et Met 359) et *B. bassiana* (Bb 11), les plus faibles taux de fertilités (%) des œufs de *C. lameensis* après pulvérisation obtenus à la concentration 10^{12} spores/ml ont été 35,63 % (Met 358), 32,92 % (Met 359) et 38,44 % (Bb 11). Les pourcentages d'efficacité de ces champignons entomopathogènes sur les quatre stades larvaires ont été inférieurs à 50 % à toutes les concentrations. Sur les adultes (mâles et femelles) de *C. lameensis*, deux concentrations 10^{10} et 10^{12} spores/ml des champignons entomopathogènes ont induit chacune 100 % de mortalité. Les adultes mâles et femelles de *C. lameensis* morts suite à la pulvérisation des différentes concentrations de Met 358, Met 359 et Bb 11 ont sporulés. Par ailleurs, l'étude de l'impact de ces champignons sur la prise de nourriture a montré des taux de réduction de la longueur des sillons creusés par les adultes de *C. lameensis*. Ces champignons entomopathogènes ont entraîné une réduction significative du nombre d'œufs pondus par les femelles *C. lameensis* (de 40 à 0). 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 et entrainer leurs morts. Les ratios 1:5 et 15:15 ont causé les meilleurs taux de transmissions. En plantation, à Ayénouan et à Boubo, la concentration minimale efficace (10^{10} spores/ml) du Met 359 a entraîné un pourcentage d'efficacité variant de 20 à 83 % durant les trois (3) mois de contrôle. Ces biopesticides pourraient être utilisés comme alternative à l'utilisation abusive des insecticides de synthèse pour la gestion de *C. lameensis* et accroître la production d'huile de palme en Côte d'Ivoire.

Mots-clés: *Elaeis guineensis*, Spores, Stade de développement, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*

ABSTRACT

The aim of this study is to help improve oil palm production through better management of the pest *C. lameensis* in Côte d'Ivoire. Work on the management of this insect pest using biopesticides of plant origin (NECO 50 EC and LIMOCIDE 60 ME) and fungi (entomopathogenic fungi: *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*) was carried out at the University Jean Lorougnon Guédé Daloa under controlled infestation and in plantations at Ayénouan (DEKEL OIL) and Boubo (PALMCI). Mass rearing under controlled infestation in sleeves provided different stages of development to which different concentrations of biopesticides were applied. These fungi were tested on the food intake and oviposition activity of *C. lameensis*. The minimum effective concentration of entomopathogenic fungi was used to assess horizontal transmission according to different ratios. Treatments were carried out in plantations with the entomopathogenic fungus that produced the best efficacy in controlled infestation. After spraying, checks were carried out on *C. lameensis* and on the male inflorescences where the pollinators were located. The results showed that the biopesticides induced low fertility rates in *C. lameensis* eggs at a concentration of 8.33×10^{-3} g/ml (23.15%) for NECO 50 EC and at a concentration of 1.75×10^{-3} g/ml (31.04%) for LIMOCIDE 60 ME. In larvae, only NECO 50 EC was more than 50% effective at all larval stages. In adults (males and females), the highest mortality rates (65.83% and 70%), obtained 24 h after treatment, were induced by NECO 50 EC at a concentration of 8.33×10^{-3} g/ml. With regard to the entomopathogenic fungi *M. anisopliae* (Met 358 and Met 359) and *B. bassiana* (Bb 11), the lowest fertility rates (%) of *C. lameensis* eggs after spraying obtained at a concentration of 10^{12} spores/ml were 35.63% (Met 358), 32.92% (Met 359) and 38.44% (Bb 11). The percentage effectiveness of these entomopathogenic fungi on the four larval stages was less than 50% at all concentrations. On adults (males and females) of *C. lameensis*, two concentrations 10^{10} and 10^{12} spores/ml of entomopathogenic fungi each induced 100 % mortality. Male and female adults of *C. lameensis* that died following the spraying of different concentrations of Met 358, Met 359 and Bb 11 sporulated. In addition, the study of the impact of these fungi on food intake showed rates of reduction in the length of furrows dug by *C. lameensis* adults. These entomopathogenic fungi caused a significant reduction in the number of eggs laid by *C. lameensis* females (from 40 to 0). 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. In plantation, at Ayénouan and Boubo, the minimum effective concentration (10^{10} spores/ml) of Met 359 resulted in a percentage of effectiveness varying from 20 to 83% during the three (3) months of control. These biopesticides could be used as an alternative to the abusive use of synthetic insecticides to manage *C. lameensis* and increase palm oil production in Côte d'Ivoire.

Keywords: *Elaeis guineensis*, Spores, Development stage, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*