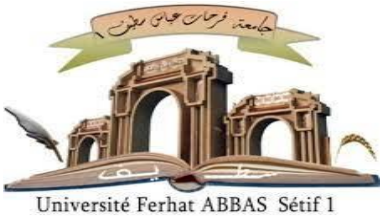
Université Sétif1-Ferhat Abbas
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie

جامعة فرحات عباس، سطيف 1
كلية علوم الطبيعة و الحياة



FILIERE : SCIENCES BIOLOGIQUES

Département De Biologie Et Physiologie Animale.

N...../SNV/2026

Mémoire

Présenté par

OUACEL Khaoula

SAADOUNE Nada

YAGOUBET Assia

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER

Spécialité : Parasitologie

THÈME

Mécanisme d'action et impact écologique des bioinsecticides dans la lutte contre les moustiques

Devant le jury composé de:

Présidente	**MIHOUBI Djamila**	**MCA UFA Sétif 1**
Promotrice	**KHALDI Roumaissa**	**MCB UFA Sétif 1**
Examinatrice	**BARKET Habiba**	**MAA UFA Sétif 1**

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2025/2026

Introduction

Les moustiques sont considérés comme l'un des insectes hématophages les plus dangereux au monde et sont classés comme des vecteurs d'une grande importance médicale, car ils jouent un rôle essentiel dans la transmission de nombreuses maladies infectieuses à l'homme et aux autres animaux via des agents pathogènes et des parasites **(Ragavendran *et al*., 2024).** Les maladies transmises par les moustiques sont responsables d'environ un million de décès chaque année dans le monde, notamment dans les régions endémiques **(Yang *et al*., 2020 ; Sangeetha *et al*., 2021 ; OMS 2023)**.

Parmi les maladies graves transmises par les moustiques, on retrouve le paludisme, la dengue, la West Nil ainsi que d'autres maladies virales et parasitaires **(Wei *et al*., 2025).** Selon l'Organisation mondiale de la santé, les maladies transmises par les moustiques pourraient affecter plus de 40 % de la population mondiale d'ici 2050, dont la moitié sera exposée au risque d'infections par des arbovirus **(Shaw et Catteruccia, 2019 ; Jone *et al*., 2021).**

En raison de l'absence de vaccins et de traitements spécifiques pour ces maladies, les stratégies de prévention reposent principalement sur la lutte contre les différents stades du moustique (larvaire et adulte) à l'aide d'insecticides, qui sont considérés comme l'un des moyens les plus efficaces pour limiter leur reproduction et leur propagation **(Jone *et al*., 2021).**

Les insecticides synthétiques à action neurotoxique sont largement utilisés dans la lutte contre les moustiques **(Ioannou *et al*., 2021).** Cependant, l'usage intensif et répété de ces pesticides conventionnels a entraîné des effets négatifs sur les organismes non ciblés ainsi que sur l'environnement en général. En effet, leur utilisation a favorisé l'accumulation de ces composés dans les milieux naturels, ce qui peut provoquer des dommages aux écosystèmes, notamment en affectant les plantes aquatiques et les animaux (**Hashimi *et al*., 2020)**. À cela s'ajoute l'augmentation importante des coûts opérationnels liés à la prévention de la pollution environnementale causée par l'utilisation des insecticides synthétiques dans la lutte contre les vecteurs **(Sgheir *et al*., 2023).**

Dans le cadre de la lutte contre les insectes nuisibles, le recours aux insecticides d'origine biologique suscite un intérêt croissant à l'échelle mondiale en raison de leur capacité à préserver les organismes non ciblés et à réduire les impacts environnementaux associés aux pesticides chimiques. La lutte biologique est aujourd'hui reconnue comme l'une des approches les plus prometteuses pour une gestion durable des ravageurs, grâce à sa spécificité, sa compatibilité avec les écosystèmes et son intégration dans les programmes de lutte intégrée **(Dara, 2019 ; Kumar *et al*., 2021).** De nombreuses bactéries entomopathogènes ont été identifiées pour leur potentiel dans le contrôle des insectes nuisibles, et les microorganismes

représentent actuellement l'un des principaux groupes d'agents de lutte biologique utilisés dans le monde **(Ruiu, 2018 ; Glare *et al*., 2021).**

Parmi les bioinsecticides microbiens, *Bacillus thuringiensis var*. *israelensis* (Bti) demeure l'un des agents les plus utilisés dans les programmes de lutte contre les moustiques en raison de son efficacité élevée et de sa sélectivité vis-à-vis des organismes non ciblés **(Glare *et al*., 2021 ; Khodyrev, 2024).** De même, *Lysinibacillus sphaericus* (anciennement *Bacillus sphaericus*) continue d'être largement employé dans la lutte larvaire contre plusieurs espèces de moustiques vecteurs, notamment grâce à sa persistance dans les gîtes larvaires et à son efficacité contre certaines populations résistantes aux insecticides conventionnels **(Ruiu, 2018).** Par ailleurs, les produits d'origine végétale constituent une source importante de substances bioactives utilisées dans la lutte antivectorielle. Les extraits de plantes et les huiles essentielles représentent des alternatives écologiques prometteuses grâce à leurs propriétés larvicides, insecticides, répulsives et régulatrices de croissance **(Pavela et Benelli, 2016 ; Isman, 2020).** L'intérêt scientifique pour ces biopesticides naturels s'est considérablement accru ces dernières années en raison de leur biodégradabilité, de leur faible toxicité pour les organismes non ciblés et de leur potentiel dans les programmes de gestion intégrée des vecteurs.

Les plantes médicinales et aromatiques renferment une grande diversité de métabolites secondaires biologiquement actifs, notamment des terpènes, alcaloïdes, flavonoïdes et composés phénoliques, capables d'exercer des effets toxiques, répulsifs ou inhibiteurs sur les moustiques et d'autres insectes d'importance médicale et agricole **(Isman, 2020 ; Pavela *et al*., 2026).**

Ainsi, au regard de l'intérêt croissant accordé aux bioinsecticides dans la lutte contre les moustiques vecteurs de maladies, il apparaît nécessaire de s'interroger sur leur efficacité réelle, leur durabilité ainsi que leur place dans les stratégies modernes de lutte antivectorielle. À cet effet, la présente étude s'articule autour de la problématique suivante :

Dans quelle mesure les bioinsecticides peuvent-ils être considérés comme une option efficace et durable pour la lutte contre les moustiques vecteurs de maladies, comparativement aux insecticides chimiques, en termes d'efficacité biologique, de réduction des risques environnementaux et de leur intégration dans des programmes de lutte intégrée, face aux défis liés à leur application sur le terrain ainsi qu'aux développements récents ?

Ce travail a pour objectif général d'étudier le rôle des moustiques en tant que principaux vecteurs de maladies à impact sanitaire majeur, tout en mettant en évidence les limites des méthodes de lutte chimique actuellement utilisées et l'intérêt croissant des alternatives biologiques plus durables.

Plus spécifiquement, cette étude vise à :

- Analyser la biologie et l'écologie des moustiques (*Anopheles*, *Aedes*, *Culex*), ainsi que leur cycle de vie et les facteurs environnementaux influençant leur développement.
- Mettre en évidence leur rôle épidémiologique dans la transmission de maladies telles que le paludisme, la dengue et le West Nil.
- Évaluer les limites des insecticides chimiques, notamment en termes de résistance des populations et d'impacts environnementaux.
- Étudier les différents types de bioinsecticides, notamment les bioinsecticides microbiens (Bti, *Bacillus sphaericus*), les champignons entomopathogènes et les extraits végétaux.
- Expliquer les mécanismes d'action des bioinsecticides sur les moustiques (bactéries, champignons et composés végétaux).
- Comparer l'efficacité des bioinsecticides à celle des insecticides chimiques en termes de performance et de durabilité.
- Analyser les impacts écologiques des bioinsecticides, notamment sur les organismes non ciblés et leur biodégradabilité.
- Présenter les applications actuelles dans les programmes de santé publique ainsi que des études de cas.
- Explorer les perspectives futures, notamment les innovations telles que les nanobiopesticides et les approches intégrées de lutte antivectorielle.
- Enfin, ce travail vise à contribuer à la promotion des stratégies de lutte biologique comme alternative durable et respectueuse de l'environnement dans la gestion des vecteurs de maladies.

SOMMAIRE

Remerciement

Dédicace

Sommaire

Liste des Tableaux

Liste des Figures

Liste des Abréviation

Résumé

Introduction 1

Chapitre 1: Biologie et écologie des moustiques 5

I. Classification et importance médicale des moustiques 6

II. Morphologie générale de moustique adulte 7

1. Position systématique (Linné, 1758) : 7

2. Cycle biologique 8

2.1. Le stade œuf : pont, résistance et éclosion 8

2.2. Le stade larvaire : développement aquatique en quatre phases 9

2.3. Le stade nymphe : transformation silencieuse avant l'envol 9

2.4. Le moustique adulte : reproduction, alimentation et durée de vie 10

III. Habitat et facteurs environnementaux 10

Chapitre 2: Role vectoriel et impact sanitaire 14

I. Les Maladies transmises 15

1. Dengue 15

2. West Nile 16

3. Paludisme 17

4. Comment se transmet le parasite ? 17

II. Importance épidémiologique 17

1. Épidémiologique de Paludisme (Malaria) 17

2. Épidémiologique de dengue 18

3. Épidémiologique de West Nil 19

Chapitre 3: Typologie des bioinsecticides 21

I. Introduction 22

II. Les bioinsecticides microbiens 22
1. *Bacillus thuringiensis israelensis* (*Bti*): 22
1.1. Position systématique du *Bti*: 23
1.2. Cycle de vie de la bactérie: 23
2. *Bacillus sphaericus*: 24
III. Champignons entomopathogènes 25
1. Définition: 25
2. Position systématique des champignons entomopathogènes: 25
3. Cycle biologique des champignons entomopathogènes: 26
4. Exemples des champignons entomopathogènes: 27
4.1. *Metarhizium anisopliae*: 27
4.2. *Beauveria bassiana*: 28
IV. Bioinsecticides botaniques 29
1. Exemples des bioinsecticides botaniques 29
1.1. *Myrtus communis* L. 29
1.2. *Mentha rotundifolia*: 31
V. Mécanisme d'action des biopesticides 32
1. Mode d'action de *Bti* 33
2. Mode d'action des champignons entomopathogènes 34
3. Mode d'action des extraits végétaux 35
Chapitre 4: Eficacité des bioinsecticides 37
I. Comparaison avec les insecticides chimiques 38
II. Facteurs influençant l`efficacité des bioinsecticides 40
1. Facteurs environnementaux 40
2. Facteurs biologiques 40
3. Facteurs liés au bioinsecticide 40
Chapitre 5: Impact écologique 41
I. Effets sur organismes non ciblés 42
1. Effets sur les oiseaux 42
2. Effets sur les reptiles 43
3. Effets sur les poissons 44
4. Effets sur les insectes bénéfiques 45
5. Effets sur les Amphibiens 46
6. Effets sur la santé humaine 46

II. Biodégradabilité des pesticides 47
1. Les facteurs influençant la biodégradation: 47
1.1. Structure chimique du pesticide: 47
1.2. Type de sol: 48
1.3. PH du sol: 48
1.4. Température et humidité: 48
1.5. Teneur en eau du sol: 48
1.6. Concentration du pesticide: 49
1.7. Activité et diversité des micro-organismes: 49
III. Sécurité environnementale 49
Chapitre 6: Application actuelle et perspectives futures 52
I. Programme de santé publique 53
II. Cas d'étude : Études récentes sur l'effet des bioinsecticides sur les moustiques .. 54
III. Perspectives futures 55
1. Innovation dans la lutte contre les moustiques 55
1.1. Nanobiopesticides 55
1.1.1. Mode d'action des nanobiopesticides 56
1.1.2. Avantages des nanobiopesticides 56
1.1.3. Risques et limites 56
1.2. Génie génétique pour la lutte contre les moustiques 57
1.2.1. Technique RIDL 57
1.2.2. Technique fsRIDL 57
1.2.3. Technologie CRISPR-Cas9 et Gene Drive 57
1.A. Avantages 57
1.B. Risques 58
2. Approches intégrées 58
2.1. Gestion intégrée des vecteurs (Integrated Vector Management, IVM) 58
2.2. Importance de l'IVM dans la lutte contre les moustiques 58
Conclusion 59
Références bibliographiques 61

Résumé

Les moustiques constituent l'un des principaux vecteurs de maladies dans le monde, transmettant de nombreuses infections telles que le paludisme, la dengue et la fièvre du Nil occidental, ce qui représente un important problème de santé publique. Pendant longtemps, la lutte contre ces vecteurs a reposé principalement sur l'utilisation d'insecticides chimiques. Cependant, leur usage intensif a favorisé l'apparition de phénomènes de résistance chez les moustiques et a engendré des impacts négatifs sur l'environnement ainsi que sur les organismes non ciblés. Dans ce contexte, les bioinsecticides apparaissent comme une alternative prometteuse et durable. Basés sur des micro-organismes tels que *Bacillus thuringiensis israelensis (Bti)*, des champignons entomopathogènes ou encore des extraits végétaux, ils ont démontré leur efficacité dans la réduction des populations de moustiques tout en limitant les risques écologiques et sanitaires. Malgré certaines contraintes liées aux conditions environnementales, aux méthodes d'application et à leur persistance parfois limitée, les progrès récents en biotechnologie ont permis d'améliorer leurs performances. Ainsi, l'intégration des bioinsecticides dans les programmes de lutte intégrée constitue une stratégie efficace et durable pour contrôler les moustiques vecteurs de maladies tout en préservant la santé publique et l'équilibre des écosystèmes.

Mots clés : Les moustiques, les biopesticides, la lutte biologique, les vecteurs de maladies, *Bacillus thuringiensis israelensis (Bti)*, *Bacillus sphaericus.*

Abstract

Mosquitoes are among the most important disease vectors worldwide, transmitting several infectious diseases such as malaria, dengue fever, and West Nile fever, which represent a major public health concern. For many years, mosquito control has relied mainly on the use of chemical insecticides. However, their intensive use has led to the development of insecticide resistance in mosquito populations and has caused negative impacts on the environment and non-target organisms. In this context, bioinsecticides have emerged as a promising and sustainable alternative. Based on microorganisms such as *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti), entomopathogenic fungi, and plant-derived extracts, bioinsecticides have demonstrated their effectiveness in reducing mosquito populations while minimizing environmental and health risks. Although their efficacy may be influenced by environmental conditions, application methods, and limited persistence in the field, recent advances in biotechnology have improved their performance and effectiveness. Therefore, the integration of bioinsecticides into integrated vector management programs represents an effective and sustainable strategy for controlling disease-vector mosquitoes while preserving public health and environmental balance.

Key words: Mosquitoes, biopesticides, biological control, disease vectors, *Bacillus thuringiensis israelensis (Bti)*, *Bacillus sphaericus.*

ملخص

يُعدّ البعوض من أخطر النواقل الحشرية للأمراض، حيث يساهم في انتشار العديد من الأمراض المعدية مثل الملاريا وحمى الضنك وحمى غرب النيل، مما يجعله مصدر قلق كبير للصحة العامة. وقد اعتمدت برامج المكافحة لسنوات طويلة على المبيدات الحشرية الكيميائية، إلا أن الاستخدام المكثف لها أدى إلى ظهور سلالات مقاومة لدى البعوض، إضافة إلى تأثيراتها السلبية على البيئة والكائنات غير المستهدفة. وفي هذا السياق، برزت المبيدات الحيوية كبديل واعد وأكثر استدامة، لما تتميز به من فعالية في مكافحة البعوض مع تقليل المخاطر البيئية والصحية. وتشمل هذه المبيدات الكائنات الحية الدقيقة مثل *Bacillus thuringiensis israelensis (Bti)* والفطريات الممرضة للحشرات، إضافة إلى المستخلصات النباتية. وقد أظهرت الدراسات قدرتها على خفض أعداد البعوض في مختلف أطواره مع انخفاض احتمال تطور المقاومة مقارنة بالمبيدات الكيميائية. ورغم بعض التحديات المرتبطة بالظروف البيئية وطرق التطبيق، فإن التطورات الحديثة في مجال التكنولوجيا الحيوية ساهمت في تحسين كفاءتها .وعليه، فإن دمج المبيدات الحيوية ضمن برامج المكافحة المتكاملة يمثل حلاً فعالًا ومستدامًا للحد من انتشار البعوض والأمراض التي ينقلها، مع المحافظة على التوازن البيئي والصحة العامة

الكلمات المفتاحية:

البعوض، المبيدات الحيوية، المكافحة البيولوجية، نواقل الأمراض، *Bacillus sphaericus Bacillus* ، *Bthuringiensis israelensis (Bti)*.