الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Université Sétif 1, Ferhat ABBAS
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie

جامعة، سطيف 1، فرحات عباس
كلية علوم الطبيعة والحياة

Université Ferhat ABBAS Sétif 1

Département de Biologie et Physiologie Animales

N°...../SNV/**2026**

MEMOIRE

Présenté par

Metrah Hachem Abderrahmane

Osmani Seif El-Islem

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Parasitologie

THEME

EFFET DES BIOPESTICIDES SUR LA FAUNE AQUATIQUE

Soutenue publiquement le : **30/06/2026.**

Devant le Jury :

PRESIDENT:	**Ben Sebaa Fethi**	**MCA**	**UFA Sétif 1**
ENCADRANT :	**Bounechada Mustapha**	**Professeur**	**UFA Sétif 1**
CO- ENCADRANT :	**Madani Farouk**	**Docteur**	**UFA Sétif 1**
EXAMINATEUR :	**Bouchama Badreddinne**	**MCA**	**UFA Sétif 1**

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2025/2026

Laboratoire d'Amélioration et de Développement de la production Végétale et Animale (LADPVA)

INTRODUCTION

Les moustiques, appartenant à la famille des Culicidae, occupent une place majeure dans la recherche entomologique mondiale en raison de leur rôle important dans la transmission de nombreuses maladies vectorielles. Parmi les principales pathologies associées figurent le paludisme, la dengue, la fièvre jaune, le chikungunya, le virus Zika, le virus du Nil occidental, ainsi que plusieurs encéphalites et la filariose lymphatique. Ces maladies représentent un enjeu majeur de santé publique à l'échelle mondiale et sont responsables de centaines de milliers de décès chaque année, particulièrement dans les régions tropicales et subtropicales **(OMS, 2020)**.

À ce jour, plus de 3 500 espèces de moustiques ont été décrites dans le monde, présentant une grande diversité écologique et occupant des habitats variés. Leur développement dépend étroitement de la présence de milieux aquatiques servant de gîtes larvaires, tels que les mares, les étangs, les fossés, les eaux stagnantes ou encore certains récipients artificiels. Les caractéristiques physicochimiques de ces milieux, notamment la teneur en matière organique et en ammoniac, influencent fortement la survie et l'abondance des stades immatures **(Hinne *et al.*, 2021)**.

Les écosystèmes aquatiques hébergent également une faune associée très diversifiée, composée principalement d'arthropodes et de microcrustacés jouant un rôle écologique essentiel dans l'équilibre biologique des milieux. Parmi cette faune figurent notamment les daphnies ainsi que les larves de libellules (Odonates) **(Genin *et al.*, 2003)**, qui participent activement aux chaînes trophiques aquatiques et peuvent même agir comme prédateurs naturels des larves de moustiques **(Vinogradov *et al.*, 2022)**.

Les éphéméroptères, représentés par plus de 4 000 espèces, constituent un maillon essentiel de la faune aquatique souvent associé aux larves de moustiques dans les écosystèmes dulçaquicoles. Contrairement aux larves de moustiques, qui occupent souvent des eaux stagnantes riches en matières organiques, les éphéméroptères colonisent une plus large gamme d'habitats, allant des sources aux grandes rivières, où ils jouent un rôle crucial en tant que consommateurs primaires ou secondaires. En raison de leur sensibilité aux variations environnementales, leur présence conjointe avec d'autres invertébrés aquatiques est fréquemment utilisée comme indicateur biologique pour évaluer la qualité et l'intégrité des milieux aquatiques **(Sartori et Gattolliat, 2024).**

En Algérie, la faune culicidienne suscite un intérêt scientifique particulier en raison de son implication dans plusieurs maladies à transmission vectorielle. Plus d'une cinquantaine d'espèces de moustiques y ont été recensées, appartenant principalement aux genres *Culex*, *Aedes* et *Anopheles* **(merabti *et al*., 2021)**. Cette diversité souligne l'importance de renforcer la surveillance entomologique et de développer des stratégies de lutte adaptées et respectueuses de l'environnement **(Arsevska *et al.,* 2016)**.

Depuis plusieurs décennies, la lutte contre les moustiques repose largement sur l'utilisation d'insecticides chimiques. Toutefois, l'usage intensif de ces substances a entraîné de nombreuses conséquences négatives, notamment l'apparition de phénomènes de résistance chez les moustiques, la contamination des écosystèmes aquatiques et l'impact toxique sur les organismes non cibles. Dans ce contexte, les biopesticides et les extraits végétaux représentent des alternatives prometteuses grâce à leur biodégradabilité, leur sélectivité et leur faible impact environnemental **(Bawin *et al.,* 2014)**.

Parmi les plantes d'intérêt biocide, *Juniperus phoenicea* (Cupressaceae) occupe une place importante en raison de ses nombreuses propriétés biologiques et médicinales. Plusieurs travaux ont mis en évidence l'activité insecticide et répulsive de son huile essentielle contre différents arthropodes nuisibles, suggérant ainsi son potentiel dans les programmes de lutte biologique **(Akrout, 2004 ; Ahmed *et al.,* 2010)**. À cet égard, (**Hakimi *et al.,*2024)** ont évalué l'efficacité insecticide de l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea* contre *Aphis gossypii* et ont rapporté une activité insecticide significative. De même, (**Elmahlli *et al.,* 2021)** ont étudié l'effet de cette huile essentielle sur les nymphes de *Ixodes ricinus*, mettant en évidence son efficacité biologique contre cette espèce.

Ainsi, l'objectif principal de cette étude est d'évaluer l'efficacité de l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea* comme bio-insecticide dans la lutte contre les arthropodes vecteurs, notamment les *Culex pipiens* (trois stades œufs, larves et nymphes) tout en étudiant son innocuité vis-à-vis de la faune aquatique non cible, en particulier les daphnies et les larves de éphéméroptères (*Cloeon dipterum*).

Cette approche vise à développer une stratégie de lutte biologique durable, efficace et sélective.

D’autres objectifs secondaires plus spécifiques, ont été cibles :

- Identifier et caractériser les principaux constituants chimiques de l’huile essentielle par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse en tandem (CPG-SM/SM).
- Évaluer l’effet de l’huile essentielle de *Juniperus phoenicea* sur les variations des principaux constituants biochimiques corporels, notamment les protéines, les lipides et les glucides, chez les larves du quatrième stade (L_4) de *Culex pipiens*.
- Étudier les altérations histopathologiques du mésentéron, correspondant à la partie médiane du tube digestif, chez les larves du stade L_4 de *Culex pipiens* exposées aux concentrations létales CL_{25} et CL_{50} de l’huile essentielle.
- Évaluer le potentiel inhibiteur des principaux composés chimiques de l’HE de *Juniperus phoenicea* par une approche du docking moléculaire, en analysant leur affinité de liaison et leur interaction avec acétylcholinestérase, une enzyme clé de la transmission nerveuse chez les moustiques.

TABLE DES MATEIRES

I. RESUME

II. REMERCIMENT

III. DEDICACE

IV. LISTE DES FIGURES

VI. LISTE DES TABLEAUX

VII. LISTE DES ABREVIATIONS

INTRODUCTION 1

CHAPITRE 01 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE 4

1.1. Généralités sur les Culicidae 4

1.2. Biodiversité des moustiques 4

1.3. Présentation des moustiques 5

1.3.1. Stades préimaginaux 6

1.4. Anatomie de tube digestif chez les moustiques 12

1.5. Bio écologie 13

1.5.1. Cycle de vie 13

1.5.2. Facteurs influençant le cycle de vie 15

1.5.3. Répartition géographique 16

1.6. Principaux constituants chimiques chez les moustiques 17

1.6.1. Protéines 18

1.6.2. Lipides 18

1.6.3. Glucides 18

1.7. Intérêt médical et vétérinaire des moustiques 18

1.7.1. Maladies 19

1.8. La lutte contre les moustiques 21

1.8.1. Lutte physique 21

1.8.2. Lutte chimique 22

1.8.3. Lutte biologique 22

1.8.4. Lutte génétique 24

1.8.5. Lutte combinée ou intégrée 24

CHAPITRE 02 : MATERIELS ET METHODES 25

2.1. Matériels Biologiques 25

2.1.1. Matériels animaux 25
2.1.2. Matériels végétales 28
2.2.1. Echantillonnage et élevage de moustique 29
2.2.2. Échantillonnage de *Juniperus phoenicea* 29
2.2.3. Extraction d'huile essentielle de *Juniperus phoenicea* 30
2.2.4. Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) 31
2.2.5. Évaluation toxicologique par bio-essais, dose–réponse 32
2.2.6. Extraction et détermination quantitative des constituants biochimiques 34
2.2.7. Etude histologique 38
2.2.8. Docking moléculaire 39
2.2.9. Etude statistique 39
CHAPITRE 03 : RESULTATS 40
3.1. Etude phytochimique des huiles essentielles 40
3.1.1. Évaluation du rendement d'extraction et des caractéristiques organoleptiques de l'huile essentielle 40
3.1.2. Analyse de la composition chimique des huiles essentielles 40
3.2. Activité toxique de l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea* 44
3.2.1. Effet toxicologique sur la faune aquatique -*Culex pipiens*- 44
3.2.2. Effet toxicologique sur la faune aquatique associée 50
3.3. Analyse quantitative des principaux constituants biochimiques corporels (protéines, glucides et lipides) 51
3.3.1. Protéines 51
3.3.2. Lipides 52
3.3.3. Glucides 53
3.4. Etude histopathologique 53
3.5. Docking moléculaire 55
CHAPITRE 04 : DISCUSSION 58
4.1. Etude phytochimique de l'huile essentielle 58
4.1.1. Rendement et identification d'huile essentielle 58
4.2. Effet toxique de l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea* sur *Culex pipiens* 59
4.3. Evaluation de l'effet de l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea* sur la faune aquatique associées 60

4.4. Effet de l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea* sur les métabolites primaires des larves du *Culex pipiens* 60

4.5. Étude Histopathologique du mésentéron des larves du quatrième stade de *Culex pipiens* traitées par l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea* 61

4.6. Docking moléculaire 62

CONCLUSION ET PERSPECTIVES 64

LISTE DES REFERENCES 66

ANNEXES

ملخص

تُعدّ البعوضيات، وخاصة *Culex pipiens*، من أهم مشكلات الصحة العمومية نظرًا لدورها في نقل العديد من الأمراض المنقولة بالنواقل. هدفت هذه الدراسة إلى تقييم الفعالية الإبادية للزيت العطري لنبات *Juniperus phoenicea* ضد مختلف الأطوار التطورية لهذا النوع، بالإضافة إلى تحديد آليات تأثيره .أظهرت الاختبارات الحيوية نشاطًا ملحوظًا في إبادة البيوض واليرقات والعذارى. وقد بلغت قيم التركيزات القاتلة LC_{25} وLC_{50} وLC_{90} المسجلة للبيوض بعد 72 ساعة من التعرض 105.4 و130.5 و200.1 ميكرو لتر/لتر على التوالي. أما بالنسبة لليرقات بعد 24 ساعة من التعرض، فقد بلغت هذه القيم 37.22 و56.56 و130.6 ميكرو لتر/لتر، في حين وصلت لدى العذارى إلى 75.86 و106.8 و211.9 ميكرو لتر/لتر. وتُظهر هذه النتائج أن الطور اليرقي هو الأكثر حساسية لتأثير الزيت العطري. أتاح التحليل الكيميائي بواسطة كروماتوغرافيا الغاز المقترنة بمطيافية الكتلة (GC-MS) التعرف على 101 مركبًا، كان من أبرزها الفا بينين (21.12٪)، وترانس-كالامينين (4.87٪)، و1,10-دي-إيبي-كيوبينول (3.69٪). وقد يُعزى التأثير الحشري الملحوظ إلى التأثير التآزري بين هذه المركبات. كما أظهرت دراسة المعايير البيوكيميائية حدوث اضطراب ملحوظ في الأيض لدى اليرقات. فقد ارتفعت مستويات البروتينات والكربوهيدرات خلال الساعات الأولى من التعرض، ثم انخفضت بعد 24 ساعة. في المقابل، سجلت كمية الدهون زيادة معنوية بعد ساعة واحدة وساعتين و24 ساعة من التعرض. وكشفت التحاليل النسيجية المرضية للأمعاء الوسطى عن تغيرات بنيوية شديدة، تمثلت في اختلال تنظيم الظهارة المعوية، وانتفاخ الخلايا، وانفصال الغشاء القاعدي، وحدوث تغيرات واضحة على مستوى الأنوية. علاوة على ذلك، أظهرت نتائج الإرساء الجزيئي (Molecular Docking) أن مركب Manooloxide يمتلك أعلى ألفة تجاه إنزيم الأستيل كولين إستيراز، بطاقة ارتباط بلغت 8.2- كيلو كالوري/مول، مما يشير إلى احتمال تثبيطه لهذا الإنزيم الأساسي في عمل الجهاز العصبي للحشرات. وأخيرًا، أظهر الزيت العطري سمية ضعيفة جدًا تجاه الكائنات المائية غير المستهدفة، وخاصة *Daphnia sp.,* (بنسب 13.33٪ و26.66٪) ونوع (0٪) *Cloeon dipterum*، عند تعريضها للتركيزين القاتلين LC_{25} وLC_{50}. وتبرز هذه النتائج الانتقائية الحيوية للزيت العطري وإمكاناته الواعدة كمبيد حيوي طبيعي ضمن برامج المكافحة المتكاملة لنواقل الأمراض .

الكلمات المفتاحية: البعوضيات (Culicidae)، *Culex pipiens*، *Juniperus phoenicea*، النشاط الإباضي (إبادة البيوض)، النشاط المبيد لليرقات، النشاط المبيد للعذارى، المكونات البيوكيميائية، علم الأمراض النسيجي، الإرساء الجزيئي.

ABSTRACT

Mosquitoes, particularly *Culex pipiens*, represent a major public health concern due to their role in the transmission of numerous vector-borne diseases. This study aimed to evaluate the biocidal potential of the essential oil of *Juniperus phoenicea* against different developmental stages of this species, as well as to identify its mechanisms of action. Bioassays revealed significant ovicidal, larvicidal, and nymphicidal activities. The LC_{25}, LC_{50}, and LC_{90} values recorded for eggs after 72h of exposure were 105,4; 130,5 and 200 µL/L, respectively. For larvae after 24h of exposure, the corresponding values were 37,22; 56,56, and 130,6 µL/L, where as for pupae they reached 75,86; 106,8, and 211,9 µL/L. These results demonstrate that the larval stage is the most sensitive to the action of the essential oil. Chemical analysis by gas chromatography–mass spectrometry (GC–MS) led to the identification of 101 compounds, among which α-pinene (21.12%), trans-calamenene (4.87%), and 1,10-di-epi-cubenol (3.69%) were the major constituents. The observed insecticidal effect may be attributed to the synergistic action of these compounds. The study of biochemical parameters revealed a significant disruption of larval metabolism. Protein and carbohydrate contents increased during the first hours of exposure (p = 0,007; p = 0,00) and (p = 0,00; p = 0,001), respectively, before decreasing after 24h (p = 0,002; p = 0,007), respectively. Lipid levels showed a significant increase after 1h, 2h, and 24h of exposure (p = 0,02; p = 0,00; p = 0,00), respectively. Histopathological analyses of the midgut revealed severe structural alterations, including disorganization of the intestinal epithelium, cellular swelling, separation of the basement membrane, and marked nuclear modifications. Furthermore, molecular docking analysis indicated that Manooloxide exhibited the highest affinity toward acetylcholinesterase, with a binding energy of −8.2 kcal/mol, suggesting a potential inhibitory effect on this enzyme, which is essential for the proper functioning of the insect nervous system. Finally, the essential oil exhibited very low toxicity toward non-target aquatic organisms, particularly *Daphnia sp*., (13,33% and 26,66%) and *Cloeon dipterum* (0%), exposed to the LC_{25} and LC_{50} concentrations. These findings highlight its biological selectivity and its potential as a natural biopesticide for use in integrated vector management programs.

Keywords: Culicidae, *Culex pipiens*, *Juniperus phoenicea*, ovicidal activity, larvicidal activity, nymphicidal activity, biochemical constituents, histopathology, molecular docking.

RESUME

Les moustiques, notamment *Culex pipiens*, représentent un important problème de santé publique en raison de leur rôle dans la transmission de nombreuses maladies vectorielles. Cette étude a porté sur l'évaluation du potentiel biocide de l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea* contre différents stades de développement de cette espèce, ainsi que sur l'identification de ses mécanismes d'action. Les bioessais ont révélé une activité ovicide, larvicide et nymphicide importante. Les valeurs de CL_{25}, CL_{50} et CL_{90} enregistrées chez les œufs après 72h d'exposition étaient respectivement de 105,4 ; 130,5 et 200,1 µL/L. Chez les larves, après 24h d'exposition, elles étaient de 37,22 ; 56,56 et 130,6 µL/L, tandis que chez les nymphes, elles atteignaient 75,86 ; 106,8 et 211,9 µL/L. Ces résultats démontrent que le stade larvaire est le plus sensible à l'action de l'huile essentielle. L'analyse chimique par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CG/SM) a permis d'identifier 101 composés, dont les principaux étaient l'α-pinène (21,12 %), le trans-calaménène (4,87 %) et le 1,10-di-épi-cubénol (3,69 %). L'effet insecticide observé pourrait être lié à l'action synergique de ces constituants. L'étude des paramètres biochimiques a montré une perturbation significative du métabolite primaire. Les teneurs en protéines et en glucides ont augmenté durant les premières heures d'exposition (p = 0,007 ; p = 0,00) et (p = 0,00 ; p = 0,001) respectivement, avant de diminuer après 24h (p = 0,002 ; p = 0,007) respectivement, tandis que les lipides ont présenté une augmentation significative après 1h ,2h et 24h (p = 0,02 ; p = 0,00 ; p = 0,00) respectivement. Les analyses histopathologiques du mésentéron ont révélé de graves altérations structurales, notamment une désorganisation de l'épithélium intestinal, un gonflement cellulaire, une séparation de la membrane basale et des modifications nucléaires marquées. Par ailleurs, le docking moléculaire a indiqué que le Manooloxide possède la meilleure affinité envers l'acétylcholinestérase, avec une énergie de liaison de −8,2 kcal/mol, suggérant une inhibition potentielle de cette enzyme essentielle au fonctionnement du système nerveux des insectes. Enfin, l'huile essentielle a présenté une très faible toxicité envers les organismes aquatiques non cibles, notamment *Daphnia sp*., (13,33 % et 26,66 %) et *Cloeon dipterum* (0 %), traités par les concentration létales CL_{25} et CL_{50}, mettant en évidence sa sélectivité biologique et son potentiel comme biopesticide naturel dans les programmes de lutte antivectorielle intégrée.

Mots clés : Culicidae, *Culex pipiens*, *Junipurus phonicea*, activités ovicide, Activité larvicide, activité nymphecide, constituants biochimiques, Histopathologie, docking moléculaire.