République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi – Tébessa –

Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Êtres vivants

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de **MASTER**

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Biologie Animale

Spécialité : Écophysiologie Animale

Thème :

Impact des variations saisonnières sur l'activité insecticide d'une huile essentielle *Schinus molle* contre les ravageurs *Trogoderma granarium.*

Présenté par : ALIOUA Oumaima

DEBBOUS Rim

Devant le jury :

Pr. TINE-DJEBBAR Fouzia	**Pr.**	U. Echahid Cheikh Larbi Tébessi-Tébessa	Encadrante
Dr. Djelab Siham	**M.C.A.**	U. Echahid Cheikh Larbi Tébessi-Tébessa	Présidente
Dr. Mebarkia Nadjoua	**M.C.B.**	U. Echahid Cheikh Larbi Tébessi- Tébessa	Examinatrice
Dr. HALAIMIA Samira	**M.C.B.**	U. Echahid Cheikh Larbi Tébessi-Tébessa	Co-Encadrante

Année universitaire : 2024/2025

REMERCIEMENTS

Louange à Dieu, Seigneur des mondes, qui nous a inspiré la patience, accordé la persévérance, et facilité l'accomplissement de ce travail scientifique.

Nous exprimons nos plus sincères remerciements à Monsieur le Doyen de la Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie, pour les efforts concrets qu'il déploie au service des étudiants, ainsi que pour son engagement constant à offrir un cadre scientifique stimulant et propice à l'excellence.

Nos remerciements les plus profonds vont à Madame **TINE DJEBBAR Fouzia**, notre encadrante, pour son dévouement exemplaire, sa disponibilité précieuse, ses conseils judicieux et ses orientations rigoureuses. Elle a su nous accompagner à chaque étape de ce travail avec bienveillance et exigence scientifique. Aucune parole ne saurait exprimer pleinement notre gratitude à son égard. Nous adressons également toute notre reconnaissance à Madame **HALAIMIA Samira**, co-encadrante de ce mémoire, pour son implication active, ses remarques pertinentes et son accompagnement constant.

Sa présence attentive et son soutien scientifique ont été aussi précieux que ceux de notre encadrante principale. Nos remerciements vont également à Madame **DJELLAB Sihem**, notre enseignante principale, pour sa contribution significative à notre formation tout au long de notre parcours universitaire. Nous lui témoignons notre plus grand respect et toute notre considération pour ses efforts continus.

Nous remercions chaleureusement Madame **MEBARKIA Nadjoua**, pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant d'examiner ce travail, ainsi que pour ses observations constructives et ses remarques enrichissantes, que nous accueillerons avec grand intérêt.

Enfin, nous exprimons notre profonde gratitude à l'ensemble des enseignants du Département de Biologie des Êtres Vivants, pour la qualité de leur enseignement, leur encadrement et leurs efforts constants dans notre formation scientifique et humaine.

الإهداء

الحمد لله الذي بنعمته تتمّ الصالحات، له الحمد ملء السماوات والأرض، على توفيقه وعونه، وعلى نعمة العلم .إليه أرفع شكري وامتناني، فهو من يسّر لي الطريق، وثبّت قلبي، وبارك خطواتي .والصبر والإصرار

وإلى نفسي، إلى تلك الفتاة التي آمنت بحلمها، التي واصلت رغم التعب، التي بكت، ثم وقفت، ثم ابتسمت، ثم أكملت .الطريق، أهدي هذا العمل عربون فخر واعتزاز بما قطعته من مسافة، وما تعلمته من دروس، وما حققته من نمو

ثم

إلى من كانت لي وطنًا قبل أن أعرف معنى الوطن، إلى **أمي الغالية،** يا من حملتني في قلبها قبل رحمها، ورافقتني في دربي لولاكِ، ما كنتُ .بالدعاء والصبر والنصح، كل حرف في هذه المذكرة يحمل من روحك شيئًا، ومن دفء حنانك الكثير .أنا... وما كان هذا العمل ليكتمل

وإلى **والدي العزيز،** نبع الحكمة والوقار، والسند الذي لا يتعب، يا من كنت ظلي حين اشتدّ الحر، ونوري في عتمة الدرب، رافقتني بصمتك المليء بالمحبة، وبكلماتك القليلة التي تحمل في عمقها كل المعاني، كنتَ داعمي الأول، لك الامتنان كله، ولك في هذا العمل نصيب لا يقل عنّي

إلى إخوتي الأحبة: **عومار، ويحيى، وسعيدة،** كنتم لي عائلة ورفاق درب،

.ضحكاتكم، نصائحكم، وحتى خلافاتكم الصغيرة، كلها كانت جزءًا من الرحلة التي قادتني إلى هنا

نزار ومؤمن، يا أولاد أختي، وفرحتي في كل زيارة، :إلى أبنائي الصغار الذين أراهم أمل المستقبل

وإلى **وتين،** وردة العائلة الجميلة، وبنت أخي الغالية، وإلى زوجة أخي العزيزة، التي كانت دومًا حاضرة بالدعم والحنان، .أنتم زينة العمر، وبسمتكم كانت دومًا تشعل في قلبي نور الأمل وسط التعب

إلى جدّيَّ الراحلَين، اللذين رحل جسداهما، وبقيت حكمتهما تهمس لي كلما اشتدت الحياة، رحمكما الله، فلكما في قلبي .مقام لا يزول، وذكراكما ترافقني في خطواتي، وكأنكما لا تزالان هنا، تباركان سعيي

وإلى صديقاتي العزيزات: **ريان، رميسة، أميمة، شيماء،** كنتنّ البلسم وقت الضيق، والفرح وقت الإنجاز، ضحكنا، تعبنا، .تشاركنا القلق والطموح، أنتنّ الجزء الجميل من رحلتي الجامعية، وأحد أجمل ما وهبني الله في هذه المرحلة

كل من ذكرت، ولكل من زرع في طريقي وردة، أو أزاح حجرًا، أهدي هذا العمل المتواضع، تعبيرًا عن امتناني، ووفاءً .للمحبة التي لا توصف بالكلمات

".علّمني الطريق أن الخطى الصغيرة، حين تتّجه بثبات، تصنع المعجزات"

ريم

الاهداء

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات وبفضله تكتمل المساعي و تتحقق الامنيات له الحمد في الاولى و الاخرة
عدد ما كان وعدد ما سيكون

الى ذاتي الى تلك الفتاه التي سهرت و ضحت و بكت بصمت ثم نهضت بكل مره بقوه جديدة اهديك هذا الانجاز يا انا
من ثمار سنوات من الكفاح و سهر الليالي و السير عكس التيار لانكي لم تستسلمي يوما لانك امنت ان لكل تعب جزاء هذا
ثمارك فافخري

الى من كان وجوده امانا وصمته حكمه وكلماتة قلة الا انها تعني الكثير الى ابي **العزيز الغالي العلالي** الذي زرع في القوه بصموده
و الرضا بابتسامته علمني الا مستحيل امام الاراده فكنت اول من امنت بي حتى حين شككت في نفسي لك كل الدعاء كل
الحب و كل الامتنان

الى من كانت دعواتها سر النجاح و عينيها تفيض بالحب كلما نقرت اليها الى **امي الحبيبة خديجة** التي حملتني
في قلبها قبل ان احمل قلمي علمتني ان الطموح لا يعرف حدودا حين تسنده ام عظيمة مثلك ,وكل
حرف كتبته كان لك فيه نبض

الى اخوتي الاعزاء , **رياض ,عمر و ياسين** كنتم لي اكثر من اخوة كنتم الدعم و الضحكة وقت التعب و السند حين تنزل الخطى
ومهما كبرت ستبقون في عيني اول اصدقائي , واقربهم اليقلبي

و الى اختي **الغالية سندي سارة** ,رفيقتي في الطفولة ومراتي في الحياة لك مني كل الامتنان على وجودك الدائم
و ابتسامتك التي كانت بلسما في الاوقات الصعبة

و الى **زوجة اخي الحبيبة كوثر** ,التي منحتني اختا لم تلدها امي شكرا لك على ما قدمته من حب
وعلى حظورك حظورك الدافئ الذي لا ينسى كنتي دوما منبع راح ة و دعم

و الى **ابنت خالتي العزيزة اسماء** رفيقتي فالهمس ,و صديقتي في الدعم كانت كلماتك طوق نجاة في لحظات الانكسار
ووجودك طمانينة في كل محنة لك من القلب شكر لا ينتهي وذكرى لا تغيب

الى صديقاتي الرائعات ,زهرات دربي و جمال ايامي ,**زينب ,نسرين , ايمان ,ريان ,ريم ,شيماء و رميساء**
كنتن االضوء الذي انار خطواتي و النبض الذي خفف عني مشقة الطريق ,بكن كتنت الايام الطف و الذكريات
ابهى و المواقف اثمن ,لا الكلمات تفيكن حقكن ولا الصفحات تتسع لعطائكن ورفقتكن الحلوة

و الى كل من امن بي ولو بكلمة ,,,الى كل من كان سببا في ان اصل الي هطذه اللحظة اهديكم هذا العمل المتواضع راجية
ان يحمل في طياته شيئا من حبي و امتناني

اميمة

TABLE DES MATIERES

SOMMAIRE

I. INTRODUCTION	**1**
II. MATERIEL ET METHODES	**3**
2.1. Présentation de l'insecte étudié	**3**
2.2. Collecte et élevage du ravageur	**4**
2.3. Présentation de *Schinus molle*	**4**
2.4. Collecte des échantillons	**5**
2.5. Extraction et rendement de de l'HE de *Schinus molle*	**6**
2.6. Traitement et bioessais	**7**
2.6.1. Toxicité par ingestion	**7**
2.6.2. Toxicité par fumigation	**8**
2.7. Test de répulsion	**9**
2.8. Analyses statistiques	**10**
III. RESULTATS	**11**
3.1. Rendement de l'huile essentielle	**11**
3.2. Essais toxicologiques	**12**
3.2.1. Toxicité par ingestion	**12**
3.2.2. Toxicité par fumigation	**14**
3.3. Effet répulsif de l'HE de *Schinus molle*	**16**
IV. Discussion	**18**
4.1. Rendement de l'huile essentielle	**18**
4.2. Couleur de l'huile essentielle	**19**
4.3. Toxicité de l'HE de S. molle à l'égard des ravageurs	**21**
4.4. Effet répulsif de l'HE de *Schinus Molle* à l'égard des ravageurs	**22**
V. CONCLUSION ET TERSPECTIVES	**23**
RESUMES	**24**
Français	**24**
Anglais	**25**
Arabe	**26**
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	**27**

LISTES DES TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX

Tableaux	Titres	Pages
Tableau 1.	Paramètres saisonniers et altitude relatifs à la collecte de la plante étudiée	**06**
Tableau 2.	Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald *et al*. (1970).	**10**
Tableau 3.	Caractéristiques organoleptiques de l'HE extraite des feuilles de *Schinus molle.*	**11**
Tableau 4.	Efficacité de l'HE extraite des feuilles de *Schinus molle* récoltées en hiver et au printemps appliquée par ingestion sur les adultes de *T. granarium* : analyse des probits.	**14**
Tableau 5.	Efficacité de l'HE extraite des feuilles de *Schinus molle* collectées en hiver et au printemps appliquée par fumigation sur les larves de *T. granarium* : analyse des probits.	**16**
Tableau 6.	Pourcentages (PR), indices (IR) et classes (CR) de répulsion de l'HE testée sur les larves de *T. granarium.*	**17**

LISTES DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

Figures	Titres	Pages
Figure 1.	*Trogoderma granarium* **(A) :** Adulte, **(B) :** Larve **(Alioua et Debous, 2025)**.	**04**
Figure 2.	Présentation de *Schinus molle* **(Alioua et Debbous, 2025).**	**05**
Figure 3.	Extraction de l'HE de *Schinus molle* : **(A) :** Séchage de la plante. **(B) :** Hydrodistillateur. **(C) :** L'huile essentielle. **(D) :** Couleurs différentes de l'huile. **(Alioua et Debbous, 2025).**	**06**
Figure 4.	Test de toxicité par ingestion **(Alioua et Debbous, 2025).**	**08**
Figure 5.	Test de toxicité par fumigation **(Alioua et Debbous, 2025)**.	**09**
Figure 6.	Test de répulsion **(Alioua et Debbous, 2025)**.	**10**
Figure 7.	Le rendement de l'huile essentielle extraite des feuilles de la plante *Schinus molle* récoltées en hiver et au printemps (m ± SEM, n=3) : Test t Student.	**11**
Figure 8.	Toxicité de l'HE extraite des feuilles de *Schinus molle* collectées en hiver (A) et au printemps (B) appliquée par ingestion (µl/ml) sur les larves de *T. granarium* à différentes périodes : Mortalité corrigée (%) (m ± SEM, n=4 répétitions de 10 individus chacune) : test HSD de Tukey.	**13**
Figure 9.	Effets de l'HE extraite des feuilles de *Schinus molle* collectées en hiver **(A)** et au printemps **(B)** appliquée par ingestion (µl/ml) sur les larves de *T. granarium* à différentes périodes : Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.	**13**
Figure 10.	Toxicité de l'HE extraite des feuilles de *Schinus molle* collectées en hiver **(A)** et au printemps **(B)** appliquée par fumigation (µl/l d'air) sur les larves de *T. granarium* à différentes périodes : Mortalité corrigée (%) (m ± SEM, n=4 répétitions de 10 individus chacune) : test HSD de Tukey.	**15**
Figure 11.	Effets de l'HE extraite des feuilles de *Schinus molle* collectées en hiver **(A)** et au printemps **(B)** appliquée par fumigation (µl/l d'air) sur les larves de *T. granarium* à différentes périodes : Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.	**16**

INTRODUCTION

I. INTRODUCTION

La sécurité alimentaire est l'un des défis majeurs auxquels sont confrontés les pays en développement (Zarei *et* Azizi, 2024), notamment durant les périodes de pénurie d'approvisionnements en denrées alimentaires fraîches (Ahmad *et al.,* 2021). Dans la plupart des régions du monde, les cultures alimentaires sont produites de manière saisonnière, tandis que leur consommation se fait tout au long de l'année (Abass *et al*., 2014). De plus, les pertes post-récolte constituent l'une des principales causes d'insécurité alimentaire parmi les petits exploitants agricoles dans les pays en développement (Manandhar *et al*., 2018). Les êtres humains dépendent principalement des céréales stockées comme source essentielle de nourriture. Cependant, ces céréales sont particulièrement vulnérables aux infestations parasitaires (Ahmad *et al.,* 2021).

L'un des principaux ravageurs qui affectent les produits stockés dans les zones chaudes et sèches du monde est le Beetle Kabra*, Toguderma granarium* (Yadav *et al.,* 2022). Ce scarabée est généralement répandu en Asie et en Afrique (Wilches *et al.,* 2019), grâce à la capacité de ses larves à survivre sur des aliments contenant un taux d'humidité très faible. De plus, sa tolérance au froid, aux températures élevées et à une humidité relative extrêmement basse en fait l'un des plus aptes à survivre et à se reproduire sur les céréales et leurs produits dérivés (Ahmedani *et al.*, 2007). Cet arthropode se propage facilement à l'échelle du commerce international (Athanassiou *et al.*, 2019). Sa capacité à se nourrir de produits stockés, à développer une résistance accrue aux pesticides et à survivre pendant de longues périodes sans nourriture, en fait l'un des ravageurs les plus destructeurs des denrées entreposées (Honey *et al.*, 2017).

La gestion des ravageurs est confrontée à d'importants défis économiques et environnementaux dans le monde entier en raison de l'utilisation intensive et de la dépendance excessive aux pesticides (Ngegba *et al*., 2022). L'utilisation à grande échelle des pesticides représente également un danger pour la santé humaine et les écosystèmes naturels (Punniyakotti *et al*., 2024). De plus, leur faible biodégradabilité a conduit à les classer parmi les substances toxiques persistantes. Par ailleurs, les pesticides organochlorés ont provoqué divers problèmes de santé, notamment des effets sur la croissance et des troubles neurologiques chez les humains et les animaux (Boudh *et* Singh, 2018). Ainsi, afin d'améliorer durablement l'efficacité de la production agricole et de réduire la crise alimentaire tout en préservant la santé des consommateurs, les pesticides d'origine végétale sont considérés comme une alternative respectueuse de l'environnement. Ils sont peu coûteux et biodégradables (Souto *et al*., 2021).

Un exemple majeur de pesticides d'origine végétale est constitué par les huiles essentielles, qui sont un mélange de composés volatiles et qui démontrent une efficacité contre les ravageurs, les insectes et les champignons pathogènes (Assadpour *et al*., 2024.). Les huiles essentielles se dégradent biologiquement (Maurya *et al*., 2021), et en même temps, leurs effets nocifs sur les organismes non ciblés sont limités (Chaudhari *et al*., 2021). Elles agissent principalement comme ovicides, larvicides, insecticides pour les adultes, répulsifs, agents anti-alimentation et inhibiteurs de croissance et de reproduction (Gnankiné, 2017).

La composition chimique en huile essentielle est fortement influencée par les facteurs biotiques et abiotiques. Elle dépend des conditions climatiques, saisonnières et géographiques ainsi que de la période de récolte de la plante voire de la technique d'extraction (Kapoor *et al.,* 2002 ; Colombo *et al*., 2013 ; Zerrouk, 2019). Le changement climatique constitue une menace significative pour la biodiversité des plantes et altère les processus physiologiques et morphologiques des plantes. L'impact du changement climatique sur la composition chimique des plantes et la teneur en métabolites secondaires doit être évalué et prédit (Laftouhi *et al*., 2023).

Dans ce contexte, notre étude a été consacrée dans une première partie à l'extraction de l'huile essentielle de *Schinus molle* à partir des feuilles collectées en hiver et au printemps, ainsi que la détermination de son rendement.

La deuxième partie est consacrée à l'évaluation de la toxicité de l'huile de *Schinus molle* par ingestion et par fumigation sur les larves de *Trogoderma granarium* et de leur potentiel répulsif vis-à-vis de cet insecte ravageur.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

II. MATERIEL ET METHODES

2.1. Présentation de l'insecte étudié

Trogoderma granarium Everts (Coleoptera : Dermestidae) est un insecte nuisible des produits stockés (Fig. 01), classé parmi les espèces de quarantaine par l'Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plantes et d'autres organismes (EPPO, 2013 ; Myers et Hagstrum, 2012).

Trogoderma granarium est considéré l'un des ravageurs les plus dangereux des céréales stockées au monde, classée parmi les 100 espèces les plus nuisibles au monde (Lawe *et al*., 2000). Ces larves sont caractérisées par l'hibernation, qui est considérée comme l'une des caractéristiques essentielles contribuant à l'expansion de leur aire de répartition géographique (Hadawi, 1956 ; Athanassiou *et al*., 2019). Sa longueur varie de 2,2 mm à 3,9 mm, en plus les mâles sont plus petits que les femelles (Holloway *et al*., 2023).

La position systématique de *Trogoderma granarium* est la suivante :

-Règne : Animalia

-Embranchment : Arthropoda

-Sous-embranchement : Hexapod

-Classe : Insecta

-Ordre : Coleoptera

-Sous-ordre : Polyphaga

-Super-famille : Bostrichoidea

-Famille : Dermestidea

-Sous-famille : Anthreninae

-Genre : Trogoderma

-Espèce : *Trogoderma granarium* (Everts, 1898)

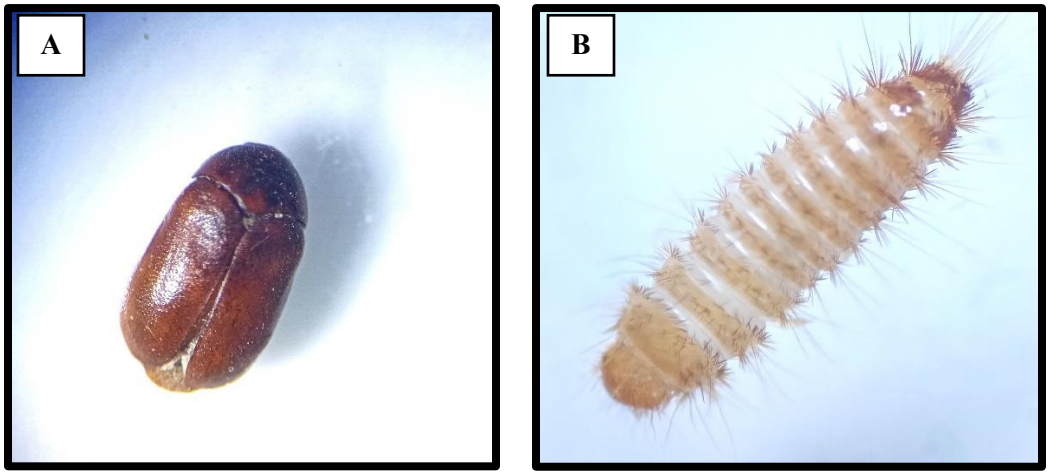


Figure 01. *Trogoderma granarium* **(A) :** Adulte, **(B) :** Larve **(Alioua et Debous, 2025)**.

2.2. Collecte et élevage du ravageur :

Ce ravageur a été collecté auprès de l'Office Algérien Interprofessionnel des Céréales (OAIC) à Tébessa. Il a été élevé en masse au laboratoire de l'eau et de l'environnement de l'Université de Tébessa. Les individus ont été placés dans des récipients en plastique contenant du blé sain, non infesté et non traité, fourni par la Coopérative des Céréales et Légumineuses, servant de substrat alimentaire. L'élevage a été maintenu à une température de 27 °C et une humidité relative comprise entre 65 % et 70 %, afin d'obtenir des individus sains et purs.

2.3. Présentation de *Schinus molle*

Schinus molle est un type de plante ligneuse que l'on trouve en abondance en Amérique, en Asie et en Afrique. Ses huiles aromatiques se caractérisent par un parfum aromatique très épicé (Khemaissia *et al*., 2022). *Schinus molle* pousse dans les zones sèches qui peuvent supporter des températures élevées, comme l'Afrique du Nord. Elle est considérée comme une plante ornementale (Iponga *et al*., 2009). En outre, Elle est considérée comme une plante médicinale plusieurs recherches récentes ont prouvé que cette plante possède des propriétés insecticides naturelles, en plus de sa capacité à repousser plusieurs types d'insectes nuisibles (Soltani et Abes, 2021). C'est un arbre à feuilles persistantes, généralement de taille supérieure à la moyenne, caractérisé par ses nombreux troncs s'étendant vers le sol. Sa hauteur varie de 6 à 15 mètres. Son tronc est de couleur brun foncé et ses feuilles ont la forme d'une fine plume. Chaque petite branche porte des dizaines de longues folioles, leurs bords sont lisses et leur couleur varie du vert clair au vert foncé (Shehata *et al*., 2025) (Fig, 2).

La position systématique de cette plante est la suivante (Linné, 1758) :

-Règne : Végétal

-Embranchement : Spermaphytes

-Sous-embranchement : Angiospermes

-Classe : Dicotylédones

-Sous classe : Rosidae

-Ordre : Sapindales

-Famille : Anacardiacées

-Genre : Schinus

-Espèce : *Schinus molle* L.



Figure 02. Présentation de *Schinus molle* **(Alioua et Debbous, 2025).**

2.4. Collecte des échantillons

La collecte des feuilles de *Schinus molle* a été faite pendant la saison d'hiver et du printemps dans la région de Chéria à Tébessa. Lors de chaque prélèvement, l'altitude et des données environnementales telles que la température, l'humidité ainsi que la date de collecte ont été systématiquement enregistrées afin de mieux caractériser les conditions saisonnières des sites d'échantillonnage (Tableau. 1).

Tableau 01. Paramètres saisonniers et altitude relatifs à la collecte de la plante étudiée.

Plante	Saison	Température (°C)	Humidité(%)	Date	Altitude (m)
Date de collecte	**Hiver**	15,4	69	Février 2025	1090
	Printemps	20,1	57	Avril 2025	

2.5. Extraction et rendement de de l'HE de *Schinus molle*

Les feuilles de *Schinus molle*, fraîchement collectées en hiver et au printemps à la région de Chéria à Tébessa, ont été lavées à l'eau du robinet pour éliminer le sol et les autres contaminants de surface. Après séchage à l'ombre dans un endroit sec et aéré pendant sept jours. L'extraction a été réalisée par hydrodistillation consiste à immerger 100 g des feuilles sèches avec 1000 ml d'eau distillée. Le mélange est introduit dans un ballon d'une capacité de deux litres, à fond rond et à 3 cols, surmonté d'une colonne de 60 cm de longueur. Le tout sera mis sur une chauffe ballon à une température voisine de 100°C et raccordé avec le reste de l'appareil d'extraction. Ce mélange est porté à ébullition pendant 2 heure, pendant ce temps, la vapeur se dirige vers le col du cygne puis dans le réfrigérant où elle se condense rapidement et tombe dans l'ampoule de décantation (Fig. 3).

L'huile essentielle recueillie a été filtrée en présence de sulfate de sodium (Na_2SO_4) pour éliminer les traces d'eau résiduelle. Elle est ensuite récupérée et stockée à 4°C et à l'obscurité dans un flacon en verre, hermétiquement fermé et couvert du papier aluminium pour la préserver de la lumière. La quantité d'huile obtenue est pesée pour le calcul du rendement (Mawussi, 2008 ; Tchoumbougnang *et al*., 2009).

Le rendement en HE est le rapport entre de poids de l'HE extraite et le poids de la biomasse végétale utilisée. Il est exprimé en pourcentage (%) et calculé par la formule suivante :

$$\mathbf{R\ (\%)} = [\Sigma\ PB / \Sigma\ PA] \times 100$$

R : Rendement en huile (%).

PA : Poids de la matière sèche de la plante en g.

PB : Poids de l'huile en g.



Figure 03. Extraction de l'HE de *Schinus molle* : **(A) :** Séchage de la plante. **(B) :** Hydrodistillateur. **(C) :** L'huile essentielle. **(D) :** Couleurs différentes de l'huile. **(Alioua et Debbous, 2025).**

2.6. Traitement de bioessais

2.6.1. Toxicité par ingestion

Après un screening préalable, l'huile de *Schinus molle* dissous dans 1 mL d'acétone a été appliquée à différentes concentrations par ingestion sur les larves de *Trogoderma granarium* (70, 80, 90, 100, et 120 µl/l d'air) pour l'huile extraite à partir des feuilles d'hiver et (70, 80, 90 et 100 µl/ml) pour celle du printemps. Le traitement a été réalisée sur 3g de blé sain dans des flacons en plastique (Fig. 4). Après une évaporation totale du solvant pendant 15 min, 10 adultes mâles et femelles (sexes confondus) de *T. granarium* sont introduits dans les flacons. Le bioessai a été réalisé en six répétitions pour chaque dose. Une série témoin est conduite en parallèle et les grains de blé reçoivent uniquement du solvant (acétone). Les mortalités enregistrées à 12 h, 24 h et 48 h après traitement ont été corrigées selon la formule D'Abbott (1925), afin d'éliminer les mortalités

naturelles. Les concentrations létales ainsi que leurs intervalles de confiance (95% IC) ont été calculées grâce à un Logiciel GRAPH PAD PRISM 8.



Figure 04. Test de toxicité par ingestion **(Alioua et Debbous, 2025).**

2.6.2. Toxicité par fumigation

Après un screening préalable, l'huile de *Schinus molle* extraite en hiver et au printemps a été appliquée à différentes concentrations par fumigation sur les larves de *Trogoderma granarium* (800, 1000, 1500, 1700 µl/l d'air), sur un disque de papier filtre de 2 cm de diamètre suspendue à l'aide d'un fil à la face interne du couvercle. Le traitement a été administré dans des boîtes en plastiques d'une capacité de 60 ml contenant 3 g de blé sain. Six répétitions de 10 individus ont été réalisées pour chaque concentration. Une série témoin est conduite en parallèle avec des disques sans traitement (Fig. 5). Les mortalités enregistrées à 24, 48 et 72 h après traitement ont été corrigée selon la formule d'Abbott (1925), et les concentrations létales ainsi que leurs intervalles de confiance (95% IC) ont été calculées grâce à un Logiciel GRAPHPAD PRISM 8.

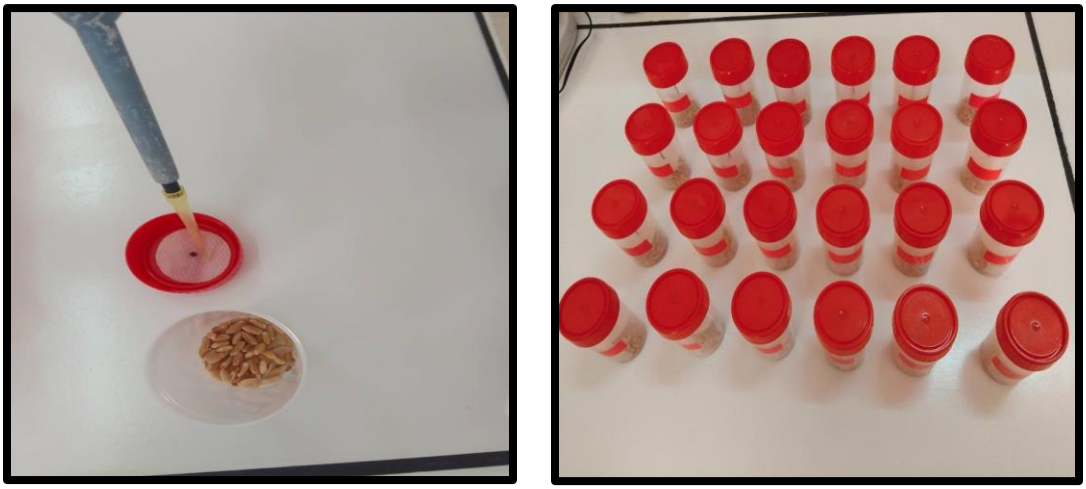


Figure 05. Test de toxicité par fumigation **(Alioua et Debbous, 2025)**.

2.7. Test de répulsion

Le test de répulsion est utilisé afin de calculer le pourcentage de répulsion de l'huile essentielle de *Schinus molle* contre des larves de *T. granarium,* par la méthode préférentielle sur papier filtre décrite par MacDonald *et al*. (1970). Chaque disque de papier filtre mesurant 8 cm de diamètre, est coupé en deux parties égales et la moitié du papier est traitée avec l'huile additionnée de l'acétone et l'autre moitié est traitée avec de l'acétone uniquement. Des doses de 2,5 µL, 5 µL et 10 µL d'huile sont diluées dans 1 ml d'acétone, de sorte que la répartition soit homogène sur le papier filtre. Les deux demi disques de papier filtre sont séchés à l'air libre et le disque est reconstitué puis mis dans une boîte de pétri (Fig. 6). Dix individus sont déposés sur le papier filtre au milieu des boîtes de pétri et dix répétitions sont réalisées pour chaque dose. Le dénombrement des insectes sur les demi-disques est réalisé après 30 min, 1 h, 3 h et 6 h de traitement. Le pourcentage de répulsion (PR) est ainsi calculé selon la formule utilisée par Nerio *et al*. (2009) comme suit :

$$\mathbf{PR\ (\%)} = [(NC-NT) / (NC+NT)] \times 100$$

NC : Nombre d'insectes présents sur le demi-disque traité uniquement avec l'acétone.

NT : Nombre d'insectes présents sur le demi-disque traité avec l'huile.

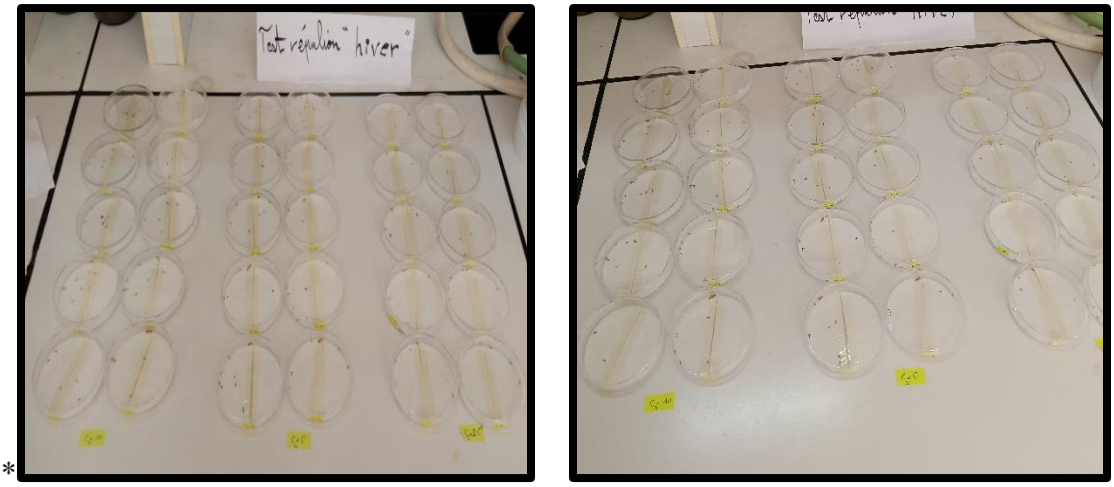


Figure 06. Test de répulsion **(Alioua et Debbous, 2025)**.

Le pourcentage de répulsion calculé, est attribué à l'une des différentes classes variant de 0 à 5 (Mc Donald *et al.,* 1970) (Tableau. 3).

Tableau 02. Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald *et al.* (1970).

Classes	Intervalles de répulsion	Propriétés
0	PR ≤ 0,01%	Très faiblement répulsif
I	0,1% < PR ≤ 20%	Faiblement répulsif
II	20% < PR ≤ 40%	Modérément répulsif
III	40% < PR ≤ 60%	Moyennement répulsif
IV	60% < PR ≤ 80%	Répulsif
V	80% < PR ≤ 100%	Très répulsif

2.8. Analyses statistiques

L'analyse statistique a été réalisée grâce au logiciel Jamovi version 2.6.44 et GRAPHPAD PRISM 8. Les résultats obtenus ont été exprimés par la moyenne ± l'écart-moyen (SEM). Le test t Student et de la variance à un critère de classification et le test HSD de Tukey ont été utilisés.

RÉSULTATS

III. RESULTATS

3.1. Rendement de l'huile essentielle

Le rendement de l'huile essentielle extraite par hydrodistillation des feuilles cueillies en hiver et au printemps (fig. 9) présente une augmentation significative du rendement au printemps par rapport à l'hiver ($P < 0,01$). Le rendement enregistré en hiver est d'environ 1,42 %, contre 2,14 % au printemps. L'huile essentielle se présente sous forme d'un liquide limpide, doté d'une forte odeur aromatique caractéristique. Ses propriétés organoleptiques de cette sont détaillées dans le tableau 3.

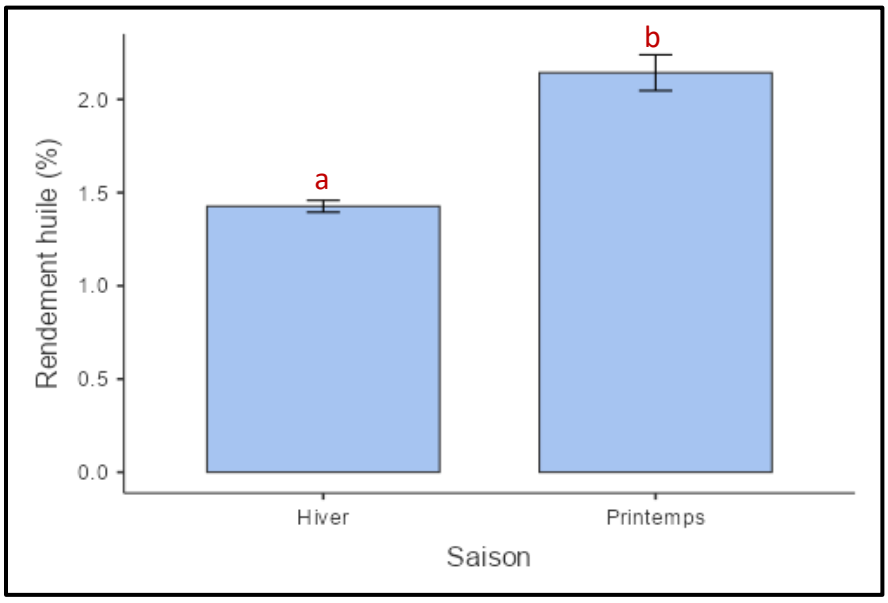


Figure 07. Le rendement de l'huile essentielle extraite des feuilles de la plante *Schinus molle* récoltées en hiver et au printemps (m ± SEM, n=3) : Test t Student.

Tableau 03. Caractéristiques organoleptiques de l'HE extraite des feuilles de *Schinus molle*.

Huile essentielle / Partie de la plante	Saison	Couleur	Limpidité	Viscosité	Odeur
Feuilles de *Schinus molle*	Hiver	Incolore	Clair	Fluide et légère	Forte et épicée
	Printemps	Jaune pâle	Clair	Fluide et légère	Forte et épicée

3.2. Essais toxicologiques

Les essais toxicologiques ont permis de déterminer l'efficacité de l'HE de *Schinus molle* extraite à partir des feuilles cueillies en hiver et au printemps, évaluée à partir de la mortalité enregistrée chez les larves de *Trogoderma granarium* à différentes périodes après traitement.

3.2.1. Toxicité par ingestion

Après un test de screening, différentes concentrations de l'HE de *S. molle* ont été appliquées par ingestion sur les larves de *Trogoderma granarium* (70, 80, 90, 100, et 120 µl/l d'air) pour l'huile extraite à partir des feuilles d'hiver et (70, 80, 90 et 100 µl/ml) pour celle du printemps. Aucune mortalité n'a été observée dans les séries témoins.

Les mortalités corrigées enregistrées chez *T. granarium* au cours des tests de toxicité par ingestion varient de 12,5% à 12 h jusqu'à 25% à 48 h pour la dose la plus faible (70 µl/ml) et de 85% à 12h jusqu'à 100% à 48 h pour la plus forte dose (120 µl/ml) (Fig. 10 A). Ces mortalités augmentent de façon significative en fonction des doses appliquées et du temps après traitement par ingestion des larves de *T. granarium* en utilisant l'huile extraite à partir des feuilles d'hiver à 12 ($F_{4,15}$ =82,02 ; p<0,0001), à 24 ($F_{4,15}$ =73,09 ; p<0,0001), et à 48 h ($F_{4,15}$ =108,9 ; p<0,0001) après traitement.

Les résultats des mortalités corrigées obtenus après application par ingestion de l'HE des feuilles de *S. molle* du printemps, révèlent des taux variant de 15% à 12 h jusqu'à 27,5% à 48 h pour la dose la plus faible (70 µl/ml) et de 67,5% à 12 h jusqu'à 100% à 48 h pour la dose la plus forte (100 µl/ml) (Fig. 10 B). Ces mortalités augmentent de façon significative en fonction des doses appliquées et du temps après traitement chez les larves de *T. granatium* traité par ingestion à 12 ($F_{3,12}$ = 35,9 ; p<0,0001), à 24 h ($F_{3,12}$ =79,00 ; p<0,0001) et à 48 h ($F_{3,12}$ =74,20 ; p<0,001).

Les résultats montrent que le faux poivrier appliqué par ingestion exerce une activité insecticide avec une relation dose-réponse à l'égard des larves de *T. granatium*. Le classement des doses par le test HSD de Tukey révèle l'existence de 4 groupes de moyennes à 12 h et 3 groupes à 24 h et et 5 groupes à 48 h pour les mortalités obtenues chez les larves de *T. granarium* traités par l'huile d'hiver. Par contre, le taux de mortalités enregistrées après traitement par l'huile du printemps, met en évidence 3 groupes de moyennes à 12 h et 4 groupes à 24 et 48 h.

La courbe dose-réponse exprimant le pourcentage des mortalités en fonction du logarithme des doses appliquées (Fig.11 A et B) a permis l'estimation des concentrations létales (CL) ainsi que

leurs intervalles de confiance et le HillSlope (Tableau. 4). De plus, on note que l'huile essentielle extraite des feuilles d'hiver montre une efficacité légèrement supérieure à celle du printemps, à 12 heures d'exposition. Et le contraire à 24 et 48 h l'huile du printemps est plus efficace vis-à-vis les larve de *T. granarium* comparativement à celle extraite en hiver.

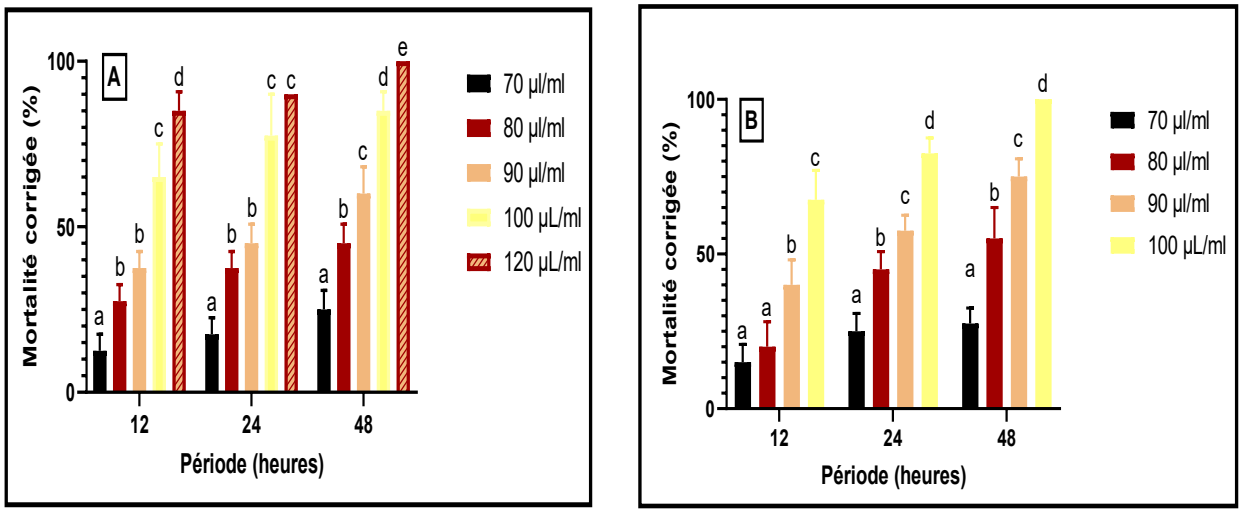


Figure 08. Toxicité de l'HE extraite des feuilles de *Schinus molle* collectées en hiver (A) et au printemps (B) appliquée par ingestion (µl/ml) sur les larves de *T. granarium* à différentes périodes : Mortalité corrigée (%) (m ± SEM, n=4 répétitions de 10 individus chacune) : test HSD de Tukey.

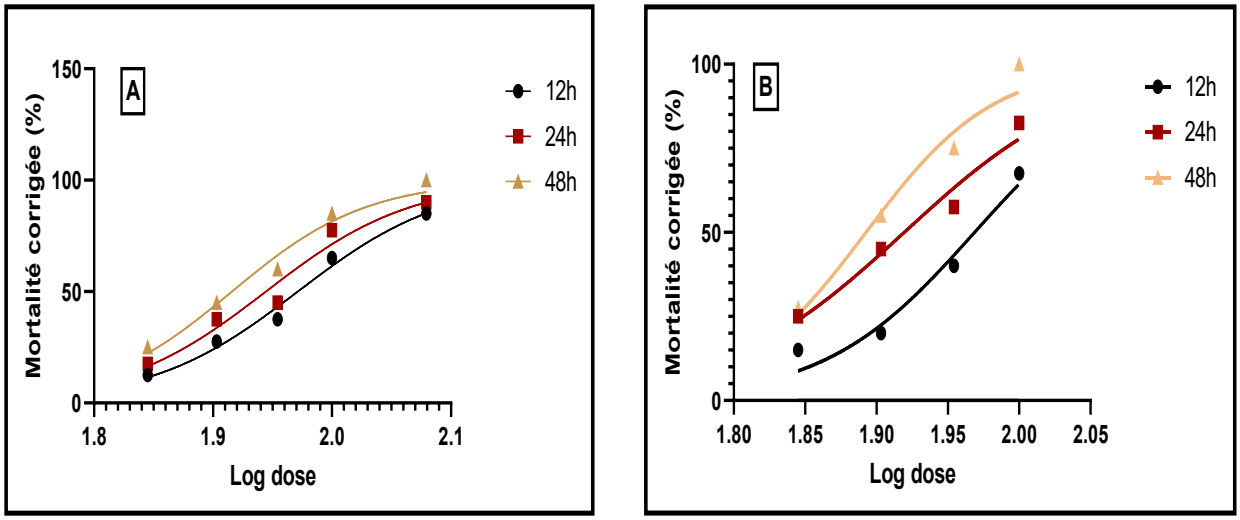


Figure 09. Effets de l'HE extraite des feuilles de *Schinus molle* collectées en hiver **(A)** et au printemps **(B)** appliquée par ingestion (µl/ml) sur les larves de *T. granarium* à différentes périodes : Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.

Tableau 04. Efficacité de l'HE extraite des feuilles de *Schinus molle* récoltées en hiver et au printemps appliquée par ingestion sur les adultes de *T. granarium* : analyse des probits.

L'HE	Temps (Heures	R^2	HillSlope	CL_{25} (µl/ml) IC (95%)	CL_{50} (µl/ml) IC (95%)
Hiver	**12h**	0,98	7,02	**80,04** [74,05-85,06]	**93,58** [89,48-98,11]
	24h	0,96	7,09	**75,35** [64,37-83,07]	**89,97** [81,54-94,63]
	48h	0,97	7,64	**71,36** [63,22-77,28]	**82,38** [77,38-87,03]
Printemps	**12h**	0,96	8,12	**81,40** [66,95-89,92]	**93,04** [86,19-108,1]
	24h	0,96	6,75	**70,59** [53,10-79,07]	**83.06** [75,09-90,54]
	48h	0,96	9,73	**69,76** [52,37-78,04]	**78,10** [68,60-84,96]

3.2.2. Toxicité par fumigation

Après un test de screening, différentes concentrations de l'HE de *S. molle* ont été appliquées par fumigation sur les adultes de *Trogoderma granarium*. Les concentrations testées étaient de 800, 1000, 1300, 1500, et 1700 µl/l d'air, aussi bien pour l'huile extraite durant l'hiver que pour celle issue du printemps. Aucune mortalité n'a été observée dans les séries témoins.

Les mortalités corrigées enregistrées chez les larves de *T. granarium* au cours des tests de toxicité par fumigation en utilisant l'huile extraite à partir des feuilles d'hiver, varient de 10% à 24 h jusqu'à 33,33% à 72 h pour la dose la plus faible (800 µl/l d'air) et de 100% à 24 h jusqu'à 100% à 72 h pour la plus forte dose (1700 µl/l d'air) (Fig. 12 A). Ces mortalités augmentent de façon significative en fonction des doses appliquées et du temps après traitement des larves de *T. granarium* par fumigation à 24 ($F_{4,10}$ =321,8 ; p<0,0001), à 48 ($F_{4,10}$ =128,1 ; p<0,0001), et à 72 h ($F_{4,10}$ =1136,7 ; p<0,0001) après traitement.

Les résultats des mortalités corrigées obtenus après application par fumigation de l'HE des feuilles de *S. molle* du printemps, révèlent des taux variant de 7,5% à 24 h jusqu'à 22,5% à 72 h pour la dose la plus faible (800 µl/l d'air) et de 82,5% à 24 h jusqu'à 100% à 72 h pour la dose la plus forte (1700 µl/l d'air) (Fig. 12 B). Ces mortalités augmentent de façon significative en fonction des doses appliquées et du temps après traitement des larves de *T. granarium* par fumigation à 24 ($F_{4,15}$ =102,4 ; p<0,0001), à 48 h ($F_{4,15}$ =158,4 ; p<0,0001) et à 72 h ($F_{4,15}$ =83,64 ; p<0,0001).

Les résultats montrent que l'huile essentielle de *Schinus molle* appliquée par fumigation exerce une activité insecticide avec une relation dose-réponse à l'égard des *larves de T.granarium*. Le classement des doses par le test HSD de Tukey révèle l'existence de 5 groupes de moyennes à 24 h et 3groupes à 48 h et 72 h pour les mortalités obtenues par l'huile d'hiver. Par contre, le taux de mortalités enregistrées après traitement avec l'huile du printemps, met en évidence 4 groupes de moyennes à 24h, 48 h et 72 h.

La courbe dose-réponse exprimant le pourcentage des mortalités en fonction du logarithme des doses appliquées (Fig.13 A et B) a permis l'estimation des concentrations létales (CL) ainsi que leurs intervalles de confiance et le HillSlope (Tableau. 05). De plus, on note que le l'HE de *S. molle* extraite en hiver est plus efficace que celle du printemps sur toutes les périodes testées (24h, 48h, 72h).

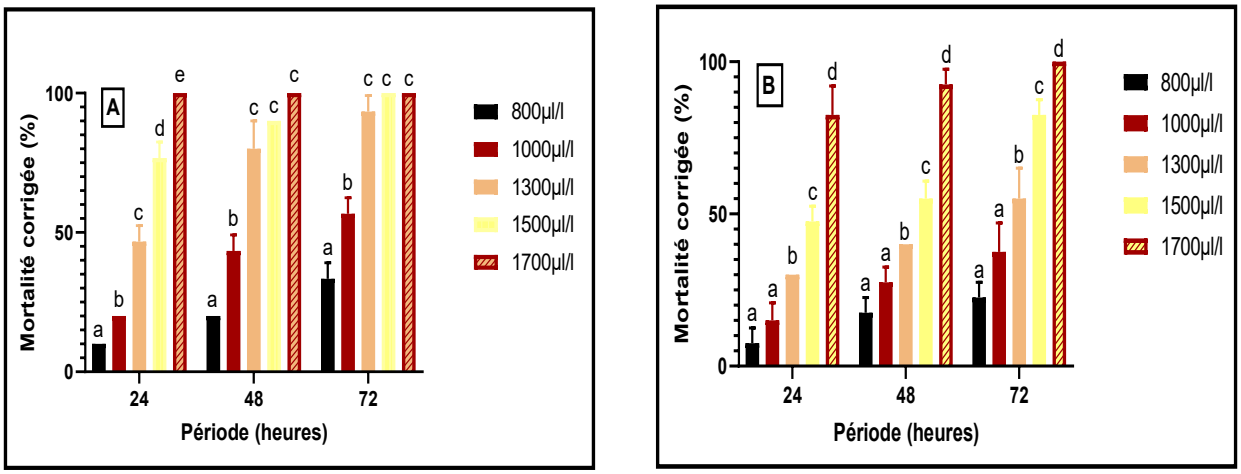


Figure 10. Toxicité de l'HE extraite des feuilles de *Schinus molle* collectées en hiver **(A)** et au printemps **(B)** appliquée par fumigation (µl/l d'air) sur les larves de *T. granarium* à différentes périodes : Mortalité corrigée (%) (m ± SEM, n=4 répétitions de 10 individus chacune) : test HSD de Tukey.

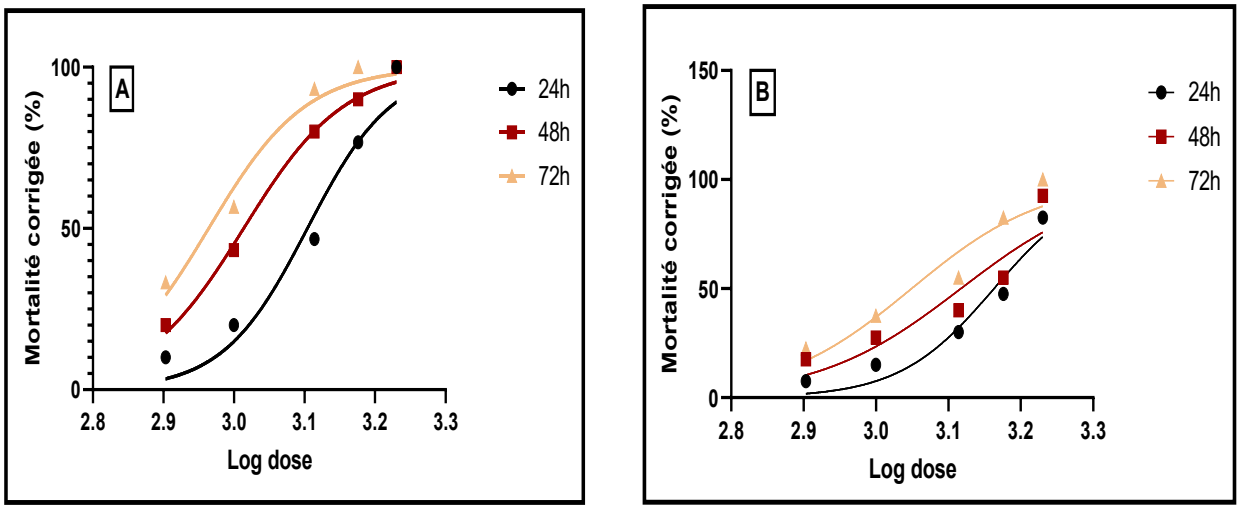


Figure 11. Effets de l'HE extraite des feuilles de *Schinus molle* collectées en hiver **(A)** et au printemps **(B)** appliquée par fumigation (µl/l d'air) sur les larves de *T. granarium* à différentes périodes : Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.

Tableau 05. Efficacité de l'HE extraite des feuilles de *Schinus molle* collectées en hiver et au printemps appliquée par fumigation sur les larves de *T. granarium* : analyse des probits.

L'HE	Temps (Heures	R^2	HillSlope	CL_{25} (µl/l) IC (95%)	CL_{50} (µl/l) IC (95%)
Hiver	**24h**	0,95	7,25	**1092** [925,7-1447]	**1271** [1280-1664]
	48h	0,99	6,06	**861,1** [333,8-1421]	**1032** [961,7-1858]
	72h	0,97	6,27	**772,9** [532,2-1158]	**920,7** [883,4-1329]
Printemps	**24h**	0,93	6,66	**1234** [844,4-1309]	**1455** [1099-1419]
	48h	0,84	4,38	**1019** [794,1-922]	**1310** [980,4-1085]
	72h	0,91	4,72	**887,3** [645-868,4]	**1120** [833,5-1002]

3.3. Effet répulsif de l'HE de *Schinus molle*

Les résultats du pouvoir répulsif à l'égard des adultes des larves de *Trogoderma granarium* sont présentés dans le tableau 06. Le pourcentage de répulsion marque une augmentation en fonction des concentrations appliquées et du temps d'exposition. Les taux les plus élevés de répulsion ont été enregistrés après l'application de la forte concentration (10 µl/ml), atteignant une répulsion de 70 jusqu'au 86 % en utilisant l'huile extraite en hiver. Par ailleurs, cette même concentration en

huile du printemps a induit des niveaux de répulsion moins élevés durant toutes les périodes d'essai (de 50 jusqu'à 78 %). En parallèle, les indices de répulsion marquent une diminution en fonction du temps d'exposition et des concentrations appliquées, traduisant ainsi une répulsion croissante.

De plus, on note que l'activité répulsive varie selon l'huile testée, les fortes valeurs sont constatées en appliquant l'huile de l'hiver comparativement à l'huile extraite au printemps et seulement l'huile de l'hiver atteint la catégorie 5 de répulsion.

Tableau 06. Pourcentages (PR), indices (IR) et classes (CR) de répulsion de l'HE testée sur les larves de *T. granarium*.

Concentrations	Périodes	Larves *T. granarium*					
		Hiver			Printemps		
		PR %	IR	Classe	PR %	IR	Classe
2,5 µl	30 min	12	0,44	1	10	0,45	1
	1 heure	18	0,41	1	14	0,43	1
	3 heures	22	0,39	2	18	0,41	1
	6 heures	26	0,37	2	28	0,36	2
5 µl	30 min	36	0,32	2	26	0,37	2
	1 heure	40	0,30	2	28	0,36	2
	3 heures	50	0,25	3	34	0,33	2
	6 heures	52	0,24	3	40	0,30	2
10 µl	30 min	70	0,15	4	50	0,25	3
	1 heure	74	0,13	4	60	0,20	3
	3 heures	78	0,11	4	66	0,17	4
	6 heures	86	0,07	5	78	0,11	4

DISCUSSION

IV. DISCUSSION

La production, l'aspect et la composition des huiles essentielles varient considérablement selon les conditions environnementales. Parmi ces facteurs, les variations saisonnières jouent un rôle déterminant dans la qualité et la quantité de l'huile extraite des plantes aromatiques (Bakkali *et al*., 2008). Cette étude met en évidence l'influence des variations saisonnières sur l'huile essentielle de *Schinus molle* à travers le rendement, la couleur et le pouvoir insecticide et répulsif.

L'étude de Pereira *et al*. (2019) montre que l'analyse chimique de l'huile essentielle de *Schinus molle* met en évidence d'importantes fluctuations saisonnières sur les teneurs des constituants principaux. En hiver, les plus fortes concentrations ont été enregistrées pour l'α-pinène (19,7 %), le β-pinène (26,9 %) et le myrcène (22,0 %), avec une nette prédominance du sabinène (45,5 %), qui demeure également élevé en automne avec un taux similaire (45,39 %), suivi du bicyclogermacrène (21,06 %). En été, le bicyclogermacrène atteint sa concentration maximale à 34,3 %, indiquant un changement dans la dominance des composés. En printemps, la composition est comparable à celle de l'automne, avec une concentration de sabinène à 45,50 % et de bicyclogermacrène à 22,91 %, suggérant une stabilité relative de ces composés durant ces deux saisons (Rocha da Silva et de Souza, 2019).

Dans des études menées dans la région de Ouargla, 22 composés représentant 99,98 % de la composition totale ont été identifiés, parmi lesquels : 1,4,6,7,8,9-hexahydro-2-méthoxy-3-méthyl-6,6-diisopropylnaphtalène (16,03 %), β-phélandrène (13,17 %) et α-phélandrène (12,83 %) (Zerrouk *et al*., 2018). Dans les feuilles sèches, les composés dominants étaient le cubénol (27,1 %), l'oxyde de caryophyllène (15,3 %) et le spathulénol (12,4 %). Quant aux fruits, ils ont montré une diminution des monoterpènes tels que l'α-pinène et le β-pinène, accompagnée d'une augmentation des sesquiterpènes comme le spathulénol (Cavalcanti *et al*., 2015). Ces variations sont attribuées aux conditions climatiques, à la méthode d'extraction, à la période de récolte, ainsi qu'à des facteurs génétiques et écologiques (Zerrouk *et al*., 2018).

4.1. Rendement de l'huile essentielle

Les résultats de cette étude ont montré que le rendement de l'huile essentielle extraite des feuilles de *Schinus molle* est clairement influencé par les variations saisonnières, avec un taux de 1,73 % en hiver et de 2,02 % au printemps. Ces résultats sont confirmés par une étude locale menée dans la wilaya de Tébessa, qui a enregistré un rendement faible (0,75 %) durant l'hiver, ce qui

confirme la baisse de productivité pendant cette saison (Soltani et Abess, 2021). Une autre étude dans la région de Béjaïa a montré un rendement plus élevé (2,11 %) au printemps, en accord avec nos présents résultats (Belhamel *et al*., 2008). À Ouargla, un rendement de 2,0 % a été observé en été (Didi et Koull, 2021). À Blida, le rendement est passé de 2,03 % en hiver à 3 % en été (Benoaie *et al*., 2013). En outre, une étude menée au Brésil a enregistré un rendement maximal (3,26 %) en automne et au printemps, et un rendement minimal (1,30 %) en été (Pereira *et al*., 2019). Ces résultats confirment que les variations saisonnières et les conditions environnementales telles que la température, la lumière et l'humidité influencent considérablement la production d'huile essentielle (Bakkali *et al*., 2008 ; Aprotosoaie *et al*., 2010 ; Mohammedi, 2011).

4.2. Couleur de l'huile essentielle

Nos résultats montrent que la couleur de l'huile essentielle varie selon les saisons ; elle est transparente en hiver et jaune au printemps, ce qui reflète l'influence des facteurs environnementaux sur les caractéristiques physiques de l'huile. Ces résultats concordent avec celle de Bruneton (2008), où l'huile est décrite comme jaune. Ainsi l'étude de Benoaie (2013) montre une couleur allant du jaune clair au transparent pour cette huile. Par ailleurs, une autre étude a également signalé que l'huile extraite des feuilles sèches présente une couleur jaune pâle et une odeur similaire à celle des fruits de *Schinus terebinthifolius* (Pereira *et al*., 2019). Ces observations confirment l'impact des variations saisonnières sur l'aspect visuel et olfactif de l'huile.

Le changement de couleur de l'huile essentielle, passant de transparente en hiver à jaune au printemps, est lié à sa composition chimique. En hiver, l'huile est dominée par des composés monoterpéniques légers tels que le sabinène (45,5%), l'a-pinène (19,7%), le ß-pinène (26,9%) et le myrcène (22,0%), qui sont généralement incolores ou légèrement teintés (Mohammedi, 2011 ; Bruneton, 2008). Au printemps, bien que le sabinène reste majoritaire, l'augmentation de la proportion de sesquiterpènes tels que le bicyclogermacrène (22,91%), connus pour leur couleur plus foncée et leur densité plus élevée, explique la teinte jaune observée (Benoaie *et al.,* 2013 Pereira *et al*., 2019).

4.3. Toxicité de l'HE de *S. molle* à l'égard des ravageurs

De manière générale, les huiles essentielles et leurs composés bioactifs présentent une toxicité notable à des concentrations élevées. Toutefois, à des concentrations plus faibles, elles peuvent exercer des effets soit répulsifs, soit attractifs sur les insectes. Elles traversent également une phase

neutre, durant laquelle un équilibre subtil s'établit entre leurs effets attractifs et répulsifs (Bedini *et al*., 2019). Nos résultats ont montré que l'efficacité insecticide de l'huile essentielle extraite de *Schinus molle* contre les larves de *Trogoderma granarium* varie considérablement selon la saison de récolte. En hiver, l'huile a présenté une efficacité maximale en fumigation, avec un taux de mortalité de 100 % après 24 heures à une concentration de 1700 µl/l, et une LC_{50} estimée à 920,7 µl/l après 72 heures. En revanche, au printemps, l'efficacité à la même concentration et au même temps d'exposition a diminué à 82,5 %, avec une augmentation de la LC_{50} à 1120 µl/l, traduisant une baisse notable de la toxicité biologique due à une variation de la composition chimique influencée par les conditions climatiques saisonnières. En application par contact, les variations saisonnières étaient moins prononcées : les valeurs de toxicité en hiver étaient de LC_{25} et LC_{50} égales à 71,36 et 82,38 µl/ml respectivement, contre 69,76 et 78,10 µl/ml au printemps.

Ces résultats soulignent que l'effet de la saison est plus marqué en fumigation qu'en contact, mettant en évidence l'importance de la méthode d'application en plus de la saison de récolte. Par ailleurs, l'étude menée dans la wilaya de Tébessa (Algérie) en hiver a révélé une efficacité plus élevée de l'huile contre *Sitophilus granarius* et *Rhyzopertha dominica,* avec des valeurs de LC_{25} et CL_{50} variant entre 22,95 et 33,03 µl/ml pour le premier, et entre 27,66 et 38,17 µl/ml pour le second, ce qui reflète une différence marquée de sensibilité entre les espèces (Abbas *et al*., 2024). L'efficacité de l'huile a été évaluée selon deux méthodes : par ingestion et par fumigation. Les résultats ont montré que l'ingestion était plus marquée.

Ces données confirment l'influence de la méthode d'application et de la sensibilité spécifique sur l'efficacité insecticide (Abbas *et al*., 2024). Dans le même contexte, une étude récente menée en Algérie également en hiver, a montré une forte sensibilité de *Tribolium confusum* (Coleoptera : Tenebrionidae) à l'huile essentielle de *S. molle*. Lors des tests par contact, la CL_{50} après 24 heures était de 19,99 µl/ml, indiquant une sensibilité relativement élevée comparée à celle d*e T. granarium,* ce qui renforce l'hypothèse d'une variation interspécifique de la réponse aux huiles essentielles (Sekrane *et al*., 2024). En parallèle, l'étude réalisée au Brésil en hiver, a montré que l'huile essentielle de *S. molle* présente une efficacité modérée contre les larves d'*Anticarsia gemmatalis*, avec un taux de mortalité d'environ 30 % après 72 heures à une concentration de 2,0 %, illustrant la diversité des réponses selon l'espèce ciblée (Vicenço *et al*.,2020).Lors d'une étude menée en automne dans la région de Tébessa, l'huile de *Schinus molle* extraite durant cette saison

montrent que *R. dominica* s'est révélée plus sensible à la fumigation que *S. granarius*. L'ingestion s'est avérée plus toxique pour *S. granarius*. Ces résultats appuient le potentiel d'utilisation de l'huile de *S. molle* extraite en automne à Tébessa comme insecticide naturel pour la protection des denrées stockées (Nasri et Bousensla, 2024).

L'efficacité de l'huile essentielle de *S. molle* est influencée par plusieurs facteurs, notamment l'espèce ciblée, la saison de récolte, ainsi que la méthode d'application. Ces variables doivent impérativement être prises en compte dans le développement de biopesticides végétaux efficaces et spécifiques. En hiver, l'efficacité de l'huile en fumigation était plus élevée (100 % après 24 h, CL_{50} = 920,7 µl/l), période durant laquelle la concentration en composés volatils de faible poids moléculaire, tels que les monoterpènes (sabinène, α-pinène, β-pinène), augmente, facilitant ainsi leur évaporation et leur diffusion (Pereira *et al*., 2019 ; Rocha *et al*., 2019). Au printemps, avec une augmentation des composés moins volatils comme le bicyclogermacrène, l'efficacité de la fumigation diminue (82,5 %, CL_{50} = 1120 µl/l), ce qui indique une relation directe entre la volatilité et la composition chimique (Mohammedi, 2011 ; Zerrouk *et al*., 2018). Contrairement à la fumigation, les différences d'efficacité par contact entre l'hiver et le printemps étaient limitées. Cela s'explique par le fait que l'effet de contact ne dépend pas de la volatilité du composé, mais plutôt de ses propriétés physico-chimiques (Bakkali *et al*., 2008). Les monoterpènes comme le sabinène, bien que volatils, sont capables de pénétrer la couche cireuse du corps de l'insecte (Nishimura *et al*., 1969 ; Tak et Isman, 2015). Tandis que, les sesquiterpènes comme le bicyclogermacrène contribuent également à l'effet de contact (Zoubiri et Baaliouamer, 2011).

4.4. Effet répulsif de l'HE de *Schinus molle* à l'égard des ravageurs

La répulsion constitue un mécanisme de défense naturel chez les plantes contre les insectes, et cette interaction physiologique peut être exploitée afin de prévenir les dommages causés par ces ravageurs nuisibles (Jayakumar *et al*., 2017 ; Adjou *et al*., 2019). Les résultats de notre étude ont montré un effet répulsif significatif de l'huile essentielle de *Schinus molle* contre les larves de *Trogoderma granarium*. Il a été constaté que le pourcentage de répulsion augmente avec la concentration et la durée d'exposition. Les taux les plus élevés ont été enregistrés à la concentration maximale (10 µl/ml). Notons que seule l'huile hivernale a été classée dans la cinquième catégorie d'efficacité répulsive, témoignant de sa supériorité par rapport à l'huile de printemps.

Une autre étude portant sur l'huile essentielle de menthe verte (*Mentha spicata*), menée en automne, a révélé un effet répulsif modéré contre les larves de *T. granarium*. Le taux de répulsion a augmenté avec la concentration et le temps d'exposition, atteignant la quatrième catégorie de répulsion. Malgré une action répulsive notable, l'efficacité de l'huile de menthe reste inférieure à celle obtenue avec l'huil de *Schinus molle* extraite en hiver (Nasrin et Bousensl, 2024). Nos résultats sont également cohérents avec ceux de l'étude menée par Abbas *et al*. (2024), où des taux de répulsion sont important contre *Sitophilus granarius* et *Rhyzopertha dominica*. Par ailleurs, une étude brésilienne similaire (Vicenço *et al*., 2020) a confirmé la forte efficacité de cette huile contre *Tribolium confusum*, avec un taux de répulsion atteignant 100 % à la concentration maximale testée (20 µl/ml).

Ainsi, il est possible de conclure que l'huile essentielle de *S. molle*, notamment celle extraite en hiver, possède un potentiel répulsif élevé, ce qui en fait un candidat prometteur dans les stratégies de lutte contre les ravageurs des denrées stockées. L'efficacité répulsive a été plus marquée avec l'huile essentielle d'hiver, ce qui est en accord avec sa composition chimique. Des composés tels que le sabinène, l'α-pinène et le β-pinène possèdent des propriétés répulsives bien connues, et exercent un effet direct sur le système nerveux des insectes en interférant avec les récepteurs olfactifs (Bakkali *et al*., 2008 ; Bedini *et al*., 2019). La forte concentration de ces composés en hiver explique l'efficacité répulsive élevée, atteignant 86 %, contre seulement 78 % au printemps, période durant laquelle la proportion de ces molécules diminue au profit de composés moins répulsifs tels que les sesquiterpènes (Vicenço *et al*., 2020). Les variations saisonnières (température, lumière, humidité) influencent les voies métaboliques chez les plantes, et par conséquent la proportion des composés produits (Bakkali *et al*., 2008 ; Aprotosoaie *et al*., 2010). En hiver, l'activité métabolique réduite tend à produire des monoterpènes simples, tandis qu'au printemps et en été, les voies métaboliques se dirigent vers la production de composés plus lourds et plus complexes tels que les sesquiterpènes (Zerrouk *et al*., 2018 ; Didi et Koull, 2021). Cela explique pourquoi l'efficacité insecticide (fumigation ou par ingestion) et l'effet répulsif varie selon la saison, et pas seulement en fonction de la composition.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les expériences de cette étude menées afin d'évaluer l'impact des variations saisonnières sur les propriétés physiques et la toxicité de l'huile essentielle extraite des feuilles de *Schinus molle*. Il a été constaté que les facteurs environnementaux saisonniers, tels que la température et l'humidité relative, jouent un rôle crucial dans la détermination de la quantité (rendement d'extraction et couleur) et la toxicité de l'huile.

Le rendement enregistré en hiver est d'environ 1,42 %, contre 2,14 % au printemps. L'huile extraite en hiver s'est révélée transparente en raison de sa forte teneur en composés légers. Au printemps, elle était jaune en raison de la prédominance de composés lourds.

Deux méthodes ont été utilisées pour évaluer la toxicité : la fumigation et l'ingestion. Les résultats ont montré une nette variation de l'efficacité de l'huile essentielle selon la saison. La toxicité par fumigation était plus élevée en hiver comparativement au printemps, tandis que la toxicité par ingestion était légèrement plus élevée au printemps.

Les tests de répulsion comportementale réalisés ont également démontré que l'huile essentielle possède un fort pouvoir répulsif contre *Trogoderma granarium*, cette efficacité étant plus marquée en hiver qu'au printemps.

À l'avenir, il serait intéressant de compléter le présent travail par :

- ✓ Analyser la composition chimique de l'huile essentielle. Il est également recommandé d'isoler les composés actifs et de les tester individuellement et en combinaison afin d'évaluer leur effet inhibiteur.
- ✓ Étendre les expériences à toutes les saisons climatiques afin d'étudier l'efficacité de l'huile essentielle dans différentes conditions environnementales.
- ✓ Étudier le rendement biologique et chimique de l'huile essentielle à l'aide de mesures précises pour estimer la productivité.
- ✓ Appliquer cette huile lors d'essais sur le terrain dans des silos à grains afin d'évaluer son efficacité en conditions réelles.

RÉSUMÉS

RESUME

Cette étude vise à évaluer l'effet des variations saisonnières sur le rendement et l'efficacité de l'huile essentielle extraite des feuilles de *Schinus molle* contre les larves de *Trogoderma granarium,* en utilisant deux méthodes de toxicité : l'ingestion et la fumigation, en plus de l'évaluation de l'effet répulsif.

L'huile extraite par hydrodistillation a montré un rendement de 1,42 % en hiver et de 2,14 % au printemps. Les tests de toxicité ont révélé que l'huile hivernale est plus efficace en fumigation. Tandis que l'huile du printemps est plus toxique par ingestion, avec des taux de mortalité atteignant 100 %.

L'huile hivernale a également montré un effet répulsif plus marqué, avec un taux de 86 % contre 78 % pour l'huile du printemps, grâce à sa richesse en composés volatils à propriétés neurotoxiques répulsives.

Les résultats soutiennent l'utilisation de l'huile essentielle de *S. molle* comme insecticide naturel efficace, en tenant compte de la saison de récolte et de la méthode d'application.

Mots-clés : *Schinus molle*, *Trogoderma granarium*, huile essentielle, variations saisonnières, toxicité, fumigation, ingestion, répulsion.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the effect of seasonal variations on the yield and efficacy of the essential oil extracted from *Schinus molle* leaves against *Trogoderma granarium* larvae, using two toxicity methods: ingestion and fumigation, in addition to assessing the repellent effect.

The oil extracted by hydrodistillation showed a yield of 1.42% in winter and 2.14% in spring. Toxicity tests revealed that the winter oil is more effective via fumigation, while the spring oil is more toxic through ingestion, with mortality rates reaching 100%.

The winter oil also showed a stronger repellent effect, with a rate of 86% compared to 78% for the spring oil, due to its richness in volatile compounds with neurotoxic repellent properties.

The results support the use of *S. molle* essential oil as an effective natural insecticide, while taking into account the harvest season and the method of application.

Keywords: *Schinus molle*, *Trogoderma granarium*, essential oil, seasonal variations, toxicity, fumigation, ingestion, repulsion.

المخلص

الغرض من هذه الدراسة هو تقييم تأثير التغيرات الموسمية على مردودية الزيت الأساسي المستخلص من أوراق نبات الفلفل الكاذب ضد يرقات *Trogoderma granarium* باستخدام طريقتي التناول والتبخير، بالإضافة إلى دراسة التأثير الطارد.

الزيت المستخلص بالتقطير المائي سجّل مردودًا قدره 1.42% في الشتاء و2.14% في الربيع. أظهرت اختبارات السمية أن الزيت الشتوي أكثر فعالية في التبخير، بينما الزيت الربيعي كان أكثر سمية عند التطبيق بالتناول، مع تسجيل وفيات تصل إلى 100 %.

كما أظهر الزيت الشتوي فعالية طاردة أقوى، بنسبة بلغت 86% مقابل 78% للزيت الربيعي، بفضل تركيبته الغنية بالمواد الطيارة ذات الخصائص العصبية الطاردة.

النتائج تدعم استخدام زيت سينيس مول كمبيد حشري طبيعي فعال، مع ضرورة أخذ الموسم وطريقة التطبيق بعين الاعتبار

الكلمات المفتاحية: *Schinus molle*، *Trogoderma granarium*، الزيت الأساسي، التغيرات الموسمية، السمية، التبخير، التناول، الطرد.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

-Abass, A. B., Ndunguru, G., Mamiro, P., Alenkhe, B., Mlingi, N., & Bekunda, M. (2014). Post-harvest food losses in a maize-based farming system of semi-arid savannah area of Tanzania. Journal of stored products research. 57: 49-57.

-Abbott, W. S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. Journal of Economic Entomology. 18(2) : 265-267.

-Adjou, E. S., Chougourou, D., & Soumanou, M. M. (2019). Insecticidal and repellent effects of essential oils from leaves of *Hyptis suaveolens* and *Ocimum canum* against *Tenebroides mauritanicus* (L.) isolated from peanut in post-harvest. Journal of Consumer Protection and Food Safety. 14 : 25-30.

-Ahmad, R., Hassan, S., Ahmad, S., Nighat, S., Devi, Y. K., Javeed, K., ... & Hussain, B. (2021). Stored grain pests and current advances for their management. Postharvest technology-recent advances, new perspectives and applications.

-Ahmedani, M. S., Khaliq, A., Tariq, M., Anwar, M., & Naz, S. (2007). Khapra beetle (Trogoderma granarium Everts): A serious threat to food security and safety. Pakistan Journal of Agricultural Sciences. 44(3): 481-493.

-Aprotosoaie, A. C., Hăncianu, M., Costache, I. I., & Miron, A. (2010). Linalool: A review on a key odorant molecule with valuable biological properties. Flavour and Fragrance Journal. 29(4): 19-21.

-Assadpour, E., Can Karaça, A., Fasamanesh, M., Mahdavi, S. A., Shariat-Alavi, M., Feng, J., ... & Jafari, S. M. (2024). Application of essential oils as natural biopesticides; recent advances. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 64(19): 6477-6497.

-Athanassiou, C. G., Phillips, T. W., & Wakil, W. (2019). Biology and control of the khapra beetle, *Trogoderma granarium*, a major quarantine threat to global food security. Annual Review of Entomology. 64(1): 131-148.

B

-Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils – A review. Food and Chemical Toxicology. 46(2): 446-475.

-Barroso, M. S. T., Villanueva, G., Lucas, A. M., Pérez, G. P., Vargas, R. M. F., Brun, G. W., & Cassel, E. (2011). Supercritical fluid extraction of volatile and non-volatile compounds from *Schinus molle* L. Brazilian Journal of Chemical Engineering. 28: 305-312.

-Beal, R. S. Jr. (1956). Biology and taxonomy of the Nearctic species of Trogoderma (Coleoptera: Dermestidae). University of California Publications in Entomology. 10(2): 35-102.

-Beal, R. S. Jr. (1960). Descriptions, biology, and notes on the identification of some Trogoderma larvae (Coleoptera: Dermestidae). Technical Bulletin No. 1228, United States Department of Agriculture.

-Belhamel, K., Abderrahim, A., & Ludwig, R. (2008). Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Schinus molle* L. grown in Algeria. International Journal of Essential Oil Therapeutics. 2(4): 175-177.

-Belhoussaine, O., El Kourchi, C., Harhar, H., Bouyahya, A., El Yadini, A., Fozia, F., ... & Tabyaoui, M. (2022). Chemical composition, antioxidant, insecticidal activity, and comparative analysis of essential oils of leaves and fruits of *Schinus molle* and *Schinus terebinthifolius*. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. 2022 (1): 1-12.

-Bendaoud, H., Romdhane, M., Souchard, J. P., Cazaux, S., & Bouajila, J. (2010). Chemical composition and anticancer and antioxidant activities of *Schinus molle* L. and *Schinus terebinthifolius* Raddi berries essential oils. Journal of food Science. 75(6) : C466-C472.

-Benoaie, S. (2013). Étude comparative de deux huiles essentielles du Faux poivrier de la région du Sud Algérien. Mémoire de Master. Université Kasdi Merbbah Ourgla. 70 p.

-Bigliani, M. C., Rossetti, V., Grondona, E., Presti, S. L., Paglini, P. M., Rivero, V., ... & Ponce, A. A. (2012). Chemical compositions and properties of *Schinus areira* L. essential oil on airway inflammation and cardiovascular system of mice and rabbits. Food and Chemical Toxicology. 50(7): 2282-2288.

-Boudh, S., & Singh, J. S. (2018). Pesticide contamination: environmental problems and remediation strategies. In Emerging and eco-friendly approaches for waste management (pp. 245-269). Singapore: Springer Singapore.

C

-Chaudhari, A. K., Singh, V. K., Kedia, A., Das, S., & Dubey, N. K. (2021). Essential oils and their bioactive compounds as eco-friendly novel green pesticides for management of storage insect pests: Prospects and retrospects. Environmental Science and Pollution Research. 28 : 18918-18940.

D

-Didi, A., Koull, M. (2021). Étude comparative de deux huiles essentielles du Faux poivrier de la région du Sud Algérien.

-do Rosário Martins, M., Arantes, S., Candeias, F., Tinoco, M. T., & Cruz-Morais, J. (2014). Antioxidant, antimicrobial and toxicological properties of *Schinus molle* L. essential oils. Journal of ethnopharmacolog. 151(1) : 485-492.

-dos Santos Cavalcanti, A., de Souza Alves, M., da Silva, L. C. P., dos Santos Patrocínio, D., Sanches, M. N., de Almeida Chaves, D. S., & de Souza, M. A. A. (2015). Volatiles composition and extraction kinetics from *Schinus terebinthifolius* and *Schinus molle* leaves and fruit. Revista Brasileira de Farmacognosia. 25 : 356-362.

E

-Eryigit, T., Yildirim, B., Ekici, K., & Çirka, M. (2017). Chemical composition, antimicrobial and antioxidant properties of Schinus molle L. essential oil from Turkey. Journal of Essential Oil-Bearing Plants. 20(2): 570-577.

-European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). (2013). PM 7/13 (2) *Trogoderma granarium* – Diagnostic protocol. EPPO Bulletin. 43(3): 431-448.

-Everts, E. (1898). *Trogoderma granarium* n. sp. Tijdschrift voor Entomologie. 41: 1-4.

F

-Faber, W. (1971). *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae): biology and control. EPPO Bulletin. 1(1): 1-6.

G

-Gnankiné, O., & Bassolé, I. H. N. (2017). Essential oils as an alternative to pyrethroids' resistance against *Anopheles* species complex giles (Diptera: Culicidae). Molecules. 22(10) : 1-23.

-Gomes, V., Agostini, G., Agostini, F., Dos Santos, A. A., & Rossato, M. (2013). Variation in the essential oils composition in Brazilian populations of *Schinus molle* L. (Anacardiaceae). Biochemical Systematics and Ecology. 48: 222-227.

H

-Hadaway, A. B. (1956). The biology of the dermestid beetles *Trogoderma granarium* Everts and *Trogoderma versicolor* (Creutz). Bulletin of Entomological Research. 46(4): 781-796.

-Hinton, H. E. (1945). A monograph of the beetles associated with stored products. London: British Museum (Natural History).

-Holloway, G. J., & Sparks, M. (2023). A morphological examination of *Trogoderma angustum* (Coleoptera: Dermestidae). Bulletin of Insectology. 76(1): 155-159.

-Honey, S. F., Bajwa, B., Mazhar, M. S., & Wakil, W. (2017). *Trogoderma granarium* (everts) (Coleoptera: Dermestidae), an alarming threat to rice supply chain in Pakistan. International Journal of Entomological Research. 5(1): 23-31.

I

-Iponga, D. M., Milton, S. J., & Richardson, D. M. (2009). Soil type, microsite, and herbivory influence growth and survival of *Schinus molle* (Peruvian pepper tree) invading semi-arid African savanna. Biological Invasions. 11(1) : 159-169.

J

-Jean Bruneton (2008). Pharmacognosie, photochimie, plantes médicinales, plante médicinale. Lavoisier Technique & Documentation. Journal of stored products research. 57: 49-57.

K

-Khemaissia, O., & Benchikh, A. (2022). État des connaissances portant sur les activités biologiques de l'huile essentielle de *Syzygium aromaticum*. Mémoire de Master, Université Larbi Tébessi, Tébessa. 56 p.

L

-Laftouhi, A., Eloutassi, N., Ech-Chihbi, E., Rais, Z., Abdellaoui, A., Taleb, A., ... & Taleb, M. (2023). The impact of environmental stress on the secondary metabolites and the chemical compositions of the essential oils from some medicinal plants used as food supplements. Sustainability. 15(10): 2-15.

-Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., & De Poorter, M. (2000). 100 of the World's Worst Invasive Alien Species: A selection from the Global Invasive Species Database. The Invasive Species Specialist Group (ISSG), IUCN.

M

-MacDonald, R. S., Lichtenstein, E. P., & Rieck, C. E. (1970). Repellency of essential oils to stored-product insects. Journal of Economic Entomology. 63(2) :558-562.

-Manandhar, A., Milindi, P., & Shah, A. (2018). An overview of the post-harvest grain storage practices of smallholder farmers in developing countries. Agriculture. 8(4): 1-21.

-Maurya, A., Singh, V. K., Das, S., Prasad, J., Kedia, A., Upadhyay, N., ... & Dwivedy, A. K. (2021). Essential oil nanoemulsion as eco-friendly and safe preservative: Bioefficacy against microbial food deterioration and toxin secretion, mode of action, and future opportunities. Frontiers in Microbiology. 12: 1-17.

-Mawussi, G. (2008). Bilan environnemental de l'utilisation de pesticides organochlorés dans les cultures de coton, café et cacao au Togo et recherche d'alternatives par l'évaluation du pouvoir insecticide d'extraits de plantes locales contre le scolyte du café (*Hypothenemus hampei Ferrari*). Thèse De Doctorat De L'université De Toulouse.

-Mohammedi, Z., & Atik-Bekkara, F. (2011). Essential oil composition and antioxidant activity of *Thymus numidicus* Poir. and *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. from Algeria. International Journal of Aromatherapy. 21(2): 103-109.

-Myers, S. W., & Hagstrum, D. W. (2012). Quarantine. In D. W. Hagstrum, T. W. Phillips, & G. Cuperus (Eds.) Stored Product Protection (pp. 297–304). Kansas State University.

N

-Nerio, L. S., Olivero-Verbel, J., & Stashenko, E. E. (2009). Repellent activity of essential oils from seven aromatic plants grown in Colombia against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera). Journal of Stored Products Research. 45(3): 212-214.

-Nishimura, K., Shinoda, N., & Hirose, Y. (1969). A new sesquiterpene, bicyclogermacrene. Tetrahedron Letters. 10(36): 3097-3100.

-Ngegba, P. M., Cui, G., Khalid, M. Z., & Zhong, G. (2022). Use of botanical pesticides in agriculture as an alternative to synthetic pesticides. Agriculture. 12(5): 1-24.

P

-Pereira, B. D., Epifanio, N. M. M., Souza, M. A. A., & Chaves, D. S. A. (2019). Seasonality effect on essential oil yield and chemical composition of four accessions of *Schinus molle* L. Revista Virtual de Química. 11(5): 1551-1561

-Punniyakotti, P., Vinayagam, S., Rajamohan, R., Priya, S. D., Moovendhan, M., & Sundaram, T. (2024). Environmental fate and ecotoxicological behaviour of pesticides and insecticides in non-target environments: Nanotechnology-based mitigation strategies. Journal of Environmental Chemical Engineering, 113349.

R

-Rocha, R. S., da Silva, G. D., & de Souza, R. M. C. R. (2019). Estudo da influência da sazonalidade na composição do óleo essencial de folhas secas de *Schinus molle* L. Revista Virtual de Química. 11(5) : 1082-1092

S

-Shehata, M. E., El-Sherbiny, G. M., Sharaf, M. H., Kalaba, M. H., & Shaban, A. S. (2025). Phytochemical analysis, antimicrobial, antioxidant, and cytotoxicity activities of *Schinus molle* (L.) extracts. Biomass Conversion and Biorefinery. 15(3) : 3753-3770.

-Soltani M, Abess I. (2021). Effet d'une huile essentielle extraite de *Shinus molle* sur les ravageurs des denrées stockées. Mémoire de master. Université Larbi Tébessi Tébessa. 95 p.

-Souto, A. L., Sylvestre, M., Tölke, E. D., Tavares, J. F., Barbosa-Filho, J. M., & Cebrián-Torrejón, G. (2021). Plant-derived pesticides as an alternative to pest management and sustainable agricultural production: Prospects, applications and challenges. Molecules. 26(16): 1-34.

T

-Tak, J. H., & Isman, M. B. (2015). Enhanced cuticular penetration as the mechanism for synergy of insecticidal constituents of rosemary essential oil in *Trichoplusia* ni. Scientific reports. 5(1) : 1-10.

-Tchoumbougnang, F., Jazet, D. P. M., Sameza, M. L., Fombotioh, N., Vyry, W. N. A., Henri, A. Z. P., & Menut, C. (2009). Comparative essential oils composition and insecticidal effect of different tissues of *Piper capense* L., *Piper guineense* Schum. et Thonn., *Piper nigrum* L. and *Piper umbellatum* L. grown in Cameroon. African Journal of Biotechnology. 8(3) : 424-431.

V

-Vicenço, C. B., Silvestre, W. P., Silva, V. T. D., Menegol, I. V., Hahn, R. C., Lima, T. S., ... & Pauletti, G. F. (2020). Bioactivity of *Schinus molle* L. and *Schinus terebinthifolia* Raddi. Essential oils on *Anticarsia gemmatalis* (Hübner 1818). Brazilian Archives of Biology and Technology. 6: 1-12.

W

-Wilches, D. M., Laird, R. A., Floate, K. D., & Fields, P. G. (2019). Control of *Trogoderma granarium* (Coleoptera: Dermestidae) using high temperatures. Journal of economic entomology. 112(2): 963-968.

Y

-Yadav, S. K., Bhowmik, S., Yadav, P. C., & Sharma, K. C. (2022). Identification and control of *Trogoderma granarium* (Coleoptera: Dermestidae), a potential threat to stored

products and international trade. International Journal of Tropical Insect Science. 42(2): 999-1017.

Z

-Zarei, N., & Azizi, J. (2024). Correlation Between Food Security, Climate Change, and Women Role. Climate Change, and Women Role (February 24, 2024).

-Zerrouk, M., Segni, L., Bellemssoud, R., & Gherraf, N. (2018). Chemical Composition, Antibacterial and Antioxidant Activities Of Essential Oil Extracted From *Schinus molle* Of Algeria. Journal of Wood Science. 10(3): 394-404.

-Zoubiri, S., & Baaliouamer, A. (2011). Chemical composition and insecticidal properties of some aromatic herbs essential oils from Algeria. Food Chemistry. 129(1): 179-182.