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 facteurs abiotiques sur l'activité insecticide et répulsive de l'huile essentielle de *Schinus molle*.

Présenté par : Melle FETNI Sourour

Melle KOUIDRI Aridj

Devant le jury :

Dr. MAHMOUDI Khaoula	**M.C.B**	U. Echahid Cheikh Larbi Tébessi-Tébessa	Présidente
Dr. BOUZIDI Olfa	**M.C.B.**	U. Echahid Cheikh Larbi Tébessi-Tébessa	Examinatrice
Dr. HALAIMIA Samira	**M.C.B.**	U. Echahid Cheikh Larbi Tébessi-Tébessa	Encadrante

Année universitaire : 2024/2025

Remerciement

Louange à Dieu, par la grâce duquel les bonnes actions s'accomplissent, Lui qui nous a donné la force et la patience nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude à notre encadrante Dr. HALAIMIA Samira, pour son accompagnement, ses conseils précieux et son soutien constant tout au long de ce travail. Que Dieu la récompense pour ses efforts.

Nos remerciements les plus sincères vont également à Dr. BOUZIDI Oulfa, pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant d'évaluer ce mémoire, et pour ses remarques constructives qui ne manqueront pas d'enrichir notre travail.

Nous adressons aussi nos vifs remerciements à Dr. MAHMOUDI khaoula, pour son appui, son écoute et son encouragement tout au long de notre parcours.

Nous tenons à remercier chaleureusement nos enseignants pour la qualité de l'enseignement qu'ils nous ont transmis, et pour leur dévouement tout au long de notre formation.

À nos chères familles, et tout particulièrement à nos parents, nous exprimons toute notre reconnaissance pour leur amour inconditionnel, leurs prières et leur soutien indéfectible. Aucune parole ne saurait exprimer notre gratitude envers eux.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui nous ont soutenues de près ou de loin, par un mot, un geste ou une pensée bienveillante, et qui ont contribué, d'une manière ou d'une autre, à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Par la grâce de Dieu et Sa louange, c'est grâce à Sa bienveillance et Sa miséricorde que j'ai pu achever ce travail scientifique. Un chemin parsemé de défis et d'efforts, où Dieu a été ma lumière et mon soutien à chaque étape. Je Le remercie pour la force, la patience et la réussite qu'il m'a accordée.

Je dédie cet effort et j'adresse toute ma gratitude à ma chère famille, qui a été mon refuge et mon pilier :

A ma tendre mère, dont la douceur et les prières constantes ont été ma source d'inspiration, Elle a semé en moi l'espoir et m'a encouragé à avancer malgré les difficultés,

A mon père respectable, qui m'a enseigné la valeur du travail acharné et de la persévérance face aux obstacles, Il m'a toujours soutenu avec sa sagesse silencieuse et ses conseils profonds,

A ma sœur bien-aimée Rahma, compagne de route, qui a partagé mes joies et mes peines, Elle a été un soutien inépuisable et une source d'espoir dans les moments de fatigue.

Je tiens également à exprimer ma profonde reconnaissance à mon enseignante et encadrante, Dr. HALAIMIA Samira, pour ses conseils avisés, la patience et l'expertise ont été essentiels dans la réalisation de ce travail.

Je dédie aussi ce travail à moi-même, qui ai tenu bon face aux tempêtes, Persévérant sans jamais reculer, convaincu que le succès vient de la ténacité et de la détermination,

Et je remercie tous ceux qui m'ont épaulé, amis et enseignants, qui ont cru en moi et contribué à la réalisation de ce rêve.

Je prie Dieu que ce travail soit utile pour moi et pour mon pays,

Et qu'il soit une étape sur le chemin de la science et de la connaissance.

-SOUROUR -

Dédicaces

À celui dont la présence dans ma vie était une bénédiction, et son départ était une douleur qui ne disparaît pas…
À l'âme pure de mon père,
Qui m'a appris le sens de la patience et de la force,
Et inculquer dans mon cœur l'amour de la science et de la diligence.
Qu'Allah ait pitié de vous et fasse de votre lieu de repos le paradis,
Je demande à Dieu de faire en sorte que cela fonctionne dans l'équilibre de vos bons actes.

À ma mère bien-aimée,
La source de tendresse et de supplication, et le soutien de mon âme en toutes circonstances,
Tout grâce à vous, tout l'amour,
J'ai été patient avec vos prières, avec vos paroles, j'ai été encouragé, et par votre présence, j'étais toujours plus fort.

À mes chers frères :
Khaled, mon grand frère et mon ami permanent,
Votre soutien et votre soutien étaient une lumière sur mon chemin, alors merci du fond du cœur pour tout ce que vous m'avez donné. Et à mes chères sœurs :
Imen et Samia,
Qui étaient plus que des sœurs pour moi,
Vous étiez l'étreinte chaleureuse dans les moments de faiblesse et la forte motivation dans les moments difficiles.
Merci à tous les deux pour chaque moment de soutien, le sourire sincère et le mot d'encouragement.

À mon cher collègue Sourour,
Le compagnon de ce voyage, le miroir de la patience et de la persévérance,
Merci pour votre amitié, votre soutien et votre esprit positif qui m'ont beaucoup soulagé.
Vous étiez et êtes toujours le meilleur compagnon sur cette voie scientifique.

À tous ceux qui m'ont soutenu, m'ont soutenu et se sont tenus à mes côtés avec un mot, avec une invitation ou avec un sourire…

À vous tous, je dédie cette humble œuvre, un dépôt de gratitude et d'amour sans fin.

Je tiens également à exprimer ma profonde reconnaissance à mon enseignante et encadrante, Dr. HALAIMIA Samira,

Pour ses conseils avisés, la patience et l'expertise ont été essentiels dans la réalisation de ce travail.

-ARIDJ-

TABLE DES MATIERES

SOMMAIRE

I. INTRODUCTION	**01**
II. MATERIEL ET METHODES	**03**
2.1. Les analyses du sol	**03**
2.1.1. Textures de sol	**03**
2.1.2. Humidité de sol	**03**
2.1.3. Mesure de potentiel d'hydrogène (pH)	**04**
2.1.4. Mesure de la conductivité électrique (CE)	**05**
2.1.5. Mesure du carbone organique	**06**
2.1.6. Mesure du calcaire total	**08**
2.1.7. Mesure du calcair eactif	**09**
2.2. Présentation du ravageur, *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797)	**10**
2.3. Présentation de la plante, *Schinus molle* (Linné, 1758)	**12**
2.4. Extraction de l'huile essentielle *Schinus molle*	**13**
2.5. Traitement de bioessais	**15**
2.5.1. Toxicité par fumigation	**15**
2.6. Test de répulsion	**15**
2.7. Analyses statistiques	**17**
III. RESULTATS	**18**
3.1. Les analyses du sol	**18**
3.1.1. Texture du sol	**18**
3.1.2. Potentiel d'hydrogène	**18**
3.1.3. Conductivité	**19**
3.1.4. Matière organique	**19**
3.1.5. Calcaire actif	**20**
3.1.6. Calcaire total	**20**
3.1.8. Humidité	**21**
3.2. Rendement de l'huile essentielle	**21**
3.3. Essais toxicologiques	**23**

3.3.2. Toxicité par fumigation	**23**
3.4. Effet répulsif de l'HE de *Schinus molle*	**25**
IV. DISCUSSION	**27**
4.1. Effet des facteurs abiotiques	**27**
4.1.1. Potentiel d'hydrogène (pH)	**27**
4.1.2. Conductivité électrique	**27**
4.1.3. La matière organique	**28**
4.1.4. Calcaire Total	**28**
4.1.5. Calcaire actif	**28**
4.1.1. Humidité	**29**
4.2. Rendement en huile essentielle	**29**
4.3. Toxicité de l'HE de S. molle à l'égard des ravageurs	**30**
4.5. Effet répulsif de l'HE de *Schinus molle* à l'égard des ravageurs	**30**
V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES	**32**
RÉSUMÉS	**34**
Français	**34**
Anglais	**35**
Arabe	**36**
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	**37**

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX

Tableaux	Titres	Pages
Tableau 1.	Les classes du sol selon le taux d'humidité.	**04**
Tableau 2.	Classes des sols selon leurs statut acido-basique (Baize,2000).	**05**
Tableau 3.	Classes de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux (Mathieu, 2003).	**06**
Tableau 4.	Classification des sols selon la teneur en carbone organique.	**07**
Tableau 5.	Classification des sols selon le taux de matière organique (Schaefer, 1975).	**08**
Tableau 6.	Classification des sols selon le taux du calcaire total (Baize et Jabiol, 1995).	**09**
Tableau 7.	Classification du sol selon le taux du calcaire actif (Baize, 1995).	**10**
Tableau 8.	Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald *et al.* (1970).	**16**
Tableau 9.	Texture du sol des sites d'étude Tébessa et Hammamet.	**18**
Tableau 10.	Caractéristiques organoleptiques de l'HE extraite des feuilles de *Schinus molle*.	**22**
Tableau 11.	Efficacité de l'HE extraite des feuilles de *Schinus molle* de Tébessa et Hammamet appliquée par fumigation sur les adultes de *T. castaneum* : analyse des probits.	**25**
Tableau 12.	Pourcentages (PR), indices (IR) et classes (CR) de répulsion de l'HE testée sur les Adultes de *T. castaneum*.	**26**

LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

Figures	Titres	Pages
Figure 1.	Échantillon du sol pour détermination de la texture des deux sites Hammamet **(A)** et Tébessa **(B)** (Photos personnelles, 2025).	**03**
Figure 2.	Détermination de l'humidité du sol ; **(A, B) :** Peser et préparation des échantillons. **(C) :** Séchage à l'étuve **(Photos personnelles, 2025).**	**04**
Figure 3.	**(A)** Mélange (sol : eau) après l'homogénéisation. **(B)** Le pH mètre. **(Photos personnelles, 2025).**	**05**
Figure 4.	**(A)** Mélange (sol : eau) après l'homogénéisation. **(B)** Le conductimètre. **(Photos personnelles, 2025).**	**06**
Figure 5.	Mesure du carbone organique ; **(A) :** Ajout du bichromate au sol. **(B) :** Rinçage avec l'eau distillée. **(C) :** Titration avec sel de Mohr. **(Photos personnelles, 2025).**	**07**
Figure 6.	Mesure du calcaire total ;**(A) :** Préparation de l'HCl dilué**. (B) :** Réaction d'effervescence entre le sol et l'HCl **(Photos personnelles, 2025).**	**08**
Figure 7.	Mesure du calcaire actif. **(A) :** Agitation**. (B) :** Filtration. **(C) :** permanganate de potassium. **(Photos personnelles, 2025).**	**09**
Figure 8.	*Tribolium castaneum* **(A) :** face ventrale laterale. **(B) :** face dorsale. **(Photos personnelles, 2025).**	**12**
Figure 9.	Présentation de *Schinus molle* **(A) :** Site de Tébessa. **(B) :** Site de Hammamet, **(C) :** Baies de *Schinus molle.* **(D) :** Feuilles de *Schinus molle.* **(Photos personnelles, 2025).**	**13**
Figure 10.	Extraction de l'HE de *Schinus molle* : **(A, B) :** Séchage de la plante. **(C) :** Mélange eau et feuilles. **(D) :** Hydrodistillateur. **(Photos personnelles, 2025).**	**14**
Figure 11.	Test de toxicité par fumigation **(Photos personnelles, 2025)**.	**15**
Figure 12.	Test de répulsion **(Photos personnelles, 2025)**.	**16**
Figure 13.	pH des sites d'étude Tébessa et Hammamet (m ± SEM, n=5) : Test t Student.	**18**
Figure 14.	Conductivité (µS/cm) des sites d'étude Tébessa et Hammamet (m ± SEM, n=5) : Test t Student.	**19**
Figure 15.	Matière organique (%) des sites d'étude Tébessa et Hammamet (m ± SEM, n=5) : Test t Student.	**19**
Figure 16.	Calcaire actif (%) des sites d'étude Tébessa et Hammamet (m ± SEM, n=5) : Test t Student.	**20**
Figure 17.	Calcaire total (%) des sites d'étude Tébessa et Hammamet (m ± SEM, n=5) : Test t Student.	**20**
Figure 18.	Taux d'humidité (%) des sites d'étude Tébessa et Hammamet (m ± SEM, n=5) : Test t Student.	**21**

Figure 19.	Le rendement de l'huile essentielle extraite des feuilles de la plante *Schinus molle* récoltées sur Hammamet et Tébessa (m ± SEM, n=3) : Test t Student.	**22**
Figure 20.	Toxicité de l'HE extraite des feuilles de *Schinus molle* collectées du site de Tébessa **(A)** et de Hammamet **(B)** appliquée par fumigation (µl/l d'air) sur adultes de *T. castaneum* à différentes périodes : Mortalité corrigée (%) (m ± SEM, n=4 répétitions de 10 individus chacune) : test HSD de Tukey.	**24**
Figure 21.	Effets de l'HE extraite des feuilles de *Schinus molle* collectées du site de Tébessa **(A)** et de Hammamet **(B)** appliquée par fumigation (µl/l d'air) sur les adultes de *T. castaneum* à différentes périodes : Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.	**24**

INTRODUCTION

I. INTRODUCTION

La définition actuelle de la sécurité alimentaire fait apparaitre clairement le caractère multidimensionnel du concept, qui se décline aussi bien quantitativement que qualitativement selon quatre aspects : la disponibilité alimentaire, l'accessibilité alimentaire, la stabilité alimentaire et l'utilisation alimentaire. Cette définition explique les différentes dimensions de la sécurité alimentaire (Diallo *et al*., 2022). La sécurité alimentaire est au cœur des débats actuels concernant les politiques de développement agricole. Il s'agit notamment d'arbitrer entre le soutien à la production locale et l'ouverture au commerce international pour répondre à l'essor rapide de la demande (Mamine *et al*., 2021). En Algérie, la sécurité alimentaire, comme ailleurs, est une priorité de l'État, en raison des besoins nutritionnels de la population en termes de quantité et de qualité (Bouzidi, 2020).

Pour assurer une sécurité alimentaire et éviter une grave crise, l'agriculture doit augmenter la production des céréales et des légumineuses (Unicef, 2024). Face à cette demande et afin de prévenir l'insécurité alimentaire mondiale, il est impératif de réduire les pertes de nourriture avant et après la récolte des cultures. De plus, la connaissance des phénomènes régissant leur conservation et la maîtrise des techniques de leur stockage sont déterminantes pour la survie de millions de personnes (Aoues *et al*., 2017). En Algérie, la production céréalière pour 2025 est estimée à environ 55 millions de quintaux, couvrant une superficie de 3,75 millions d'hectares. Actuellement, la superficie consacrée à la culture des céréales est de 2,9 millions d'hectares (Rabhi ,2024). Cependant, cette production demeure insuffisante face à l'augmentation de la population et à la forte demande en céréales, notamment en blé. Selon l'USDA (FAS Staff, 2025), les importations algériennes de blé ont atteint environ 7,7 millions de tonnes en 2021/2022.

Le blé subit des attaques de divers bioagresseurs à différents stades de son développement, entraînant des pertes considérables, pouvant atteindre 40 % (FAO, 2022). L'utilisation d'insecticides et d'efforts externes pour contrôler les ravageurs agricoles améliore la production des cultures en réduisant les pertes causées par les insectes (Misra *et al*., 2021). De nombreux travaux de recherche et rapports officiels ont mis en lumière les effets négatifs des pesticides et des engrais sur l'environnement et la santé humaine, avec une documentation plus abondante concernant les pesticides. Ces derniers sont généralement nocifs en raison de leur nature intrinsèquement toxique, puisqu'ils sont conçus pour éliminer des insectes, plantes ou autres

organismes vivants indésirables. Toutefois, leur toxicité peut également avoir un impact sur des espèces non ciblées (FAO et OMS, 2014).

Ce problème complexe a poussé de nombreux chercheurs à explorer des solutions naturelles, notamment les huiles essentielles extraites de plantes médicinales, en particulier celles contenant des composés naturels à activité biologique, tels que les terpènes et les phénols, qui se sont révélés efficaces pour lutter contre divers types d'insectes sans affecter négativement la qualité des aliments. Les plantes aromatiques, en particulier, contiennent des composés aromatiques sous forme d'huiles essentielles volatiles (Aoudjit et Benkadour, 2023). L'Algérie se distingue par sa richesse en plantes aromatiques et médicinales, en raison de sa vaste superficie et de sa diversité bioclimatique (Moral, 2002 ; Nait, 2012). Par ailleurs, la composition chimique et le métabolisme secondaire des plantes sont affectés par les facteurs biotiques tels que les microorganismes, et les facteurs abiotiques tels que les conditions de croissance, la température, le vent, la lumière, les nutriments, l'eau, etc…(Selmar et Kleinwächter, 2013 ; Moustakime *et al*., 2016).

Dans ce cadre, notre étude vise à évaluer l'effet de certains facteurs abiotiques sur le rendement et l'efficacité de *Schinus molle*.

La ***première partie*** est consacrée à analyser quelques paramètres du sol (texture, pH, conductivité électrique, taux de la matière organique, calcaire total, calcaire actif et humidité).

La ***deuxième partie*** vise à l'extraction de l'huile essentielle de *Schinus molle* extraite à partir de deux site distincts Tébessa et Hammamet, ainsi que la détermination de son rendement.

La troisieme partie est consacrée à l'évaluation de la toxicité de l'huile de *Schinus molle* par fumigation sur les adultes de *Tribolium castaneum* et de leur potentiel de répulsion vis-à-vis de cet insecte ravageur.

MATERIEL ET METHODES

II. MATERIEL ET METHODES

2.1. Les analyses du sol

Les échantillons de sol prélevés sur les deux sites Hammamet et Tébessa ont été séchés à l'air et tamisés à 2 mm pour obtenir la terre fine qui a été utilisée pour l'ensemble des analyses.

Dans le but de déterminer la nature du notre échantillon du sol et afin d'évaluer sa qualité, quelques paramètres ont été déterminés : La texture, le pH, la conductivité électrique, le calcaire total et actif, le taux de matière organique et l'humidité. Cinq répétitions ont été analysés pour chaque paramètre étudié.

2.1.1. Textures de sol

Afin de déterminer les proportions approximatives de sable, de limon et d'argile dans l'échantillon de sol des sites de Hammamet et Tébessa. L'échantillon de sol séché et tamisé à 2 mm est placé à une hauteur de 7 cm dans une bouteille en verre transparent. Ensuite, l'eau a été ajoutée jusqu'au trois tires de la bouteille (fig.01) (Bruand et Chenu, 1994). Le mélange a été homogénéisé et laisser sédimenter pendant 24 h. Cette séparation visible des couches a permis de calculez les pourcentages de chaque couche à partir du triangle des textures (Duchraufour, 1997).

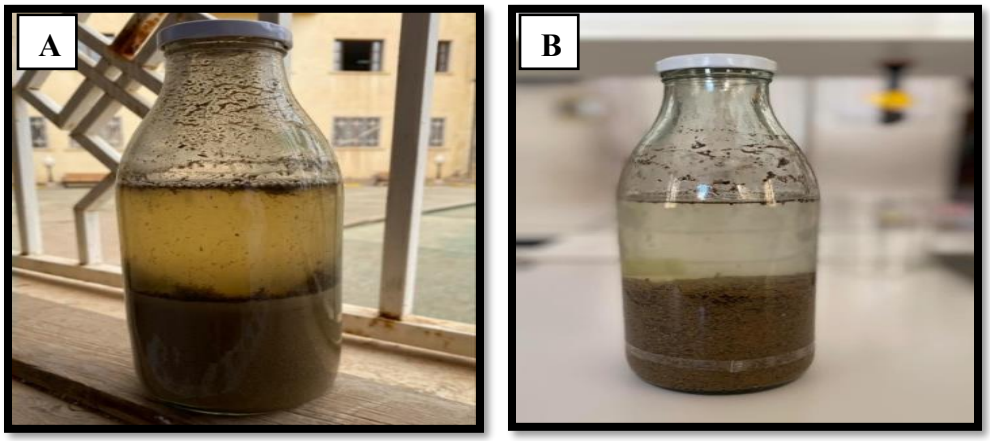


Figure 01. Échantillon du sol pour détermination de la texture des deux sites Hammamet **(A)** et Tébessa **(B) (Photos personnelles, 2025).**

2.1.2. Humidité de sol

Afin de mesurer l'humidité du sol des sites de Hammamet et Tébessa, la méthode de séchage gravimétrique à l'étuve a été adoptée (Mathieu et Pieltain, 2003), celle-ci étant l'une des méthodes les plus précises et reconnues. Au départ, une quantité de sol de 50 g subit un séchage pendant 24 heures à l'étuve à une température constante de 105 °C (Fig.02). Ensuite, l'humidité est déterminée

par la perte de masse du sol après séchage déterminée d'après le tableau 01 et calculée par la formule suivante :

Taux d'humidité (%) = (Pf- Ps) / Pf x 100

Où :

Pf : poids du sol frais (g).

Ps : poids du sol sec (g).

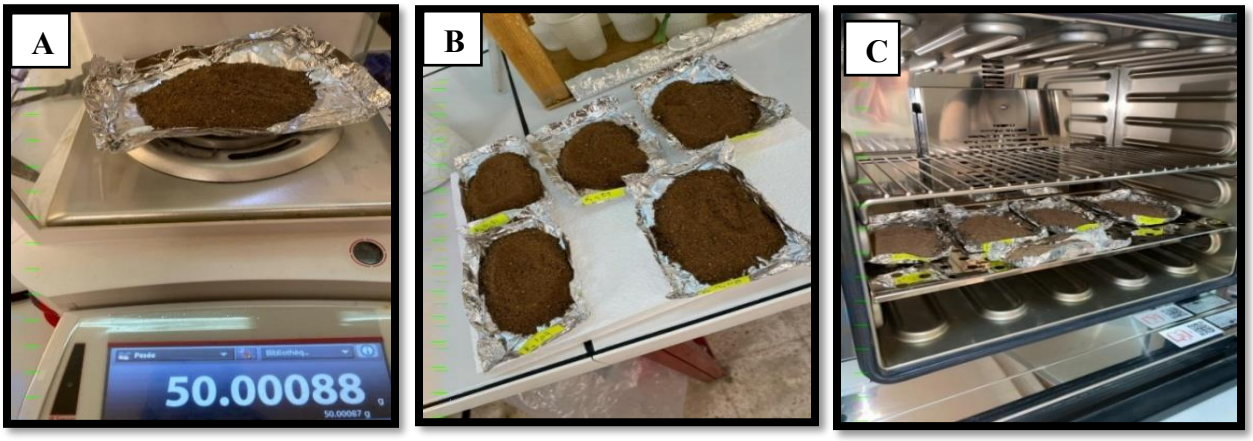


Figure 02. Détermination de l'humidité du sol ; **(A, B) :** Peser et préparation des échantillons. **(C) :** Séchage à l'étuve **(Photos personnelles, 2025).**

Tableau 1. Les classes du sol selon le taux d'humidité.

Humidité (%)	Classe
<10	Très faible
10-20	Faible
20-30	Moyenne
30-40	Élevée
>40	Très élevée

2.1.3. Mesure de potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH du sol représente la mesure de son acidité ou alcalinité (Tableau. 2). Il a été mesuré dans une suspension du sol mélangé avec l'eau distillée (rapport (v/v) 1:5) à l'aide d'une électrode de verre d'un pH-mètre dont le Potentiel varie en fonction de la concentration d'ion d'hydrogène (Fig. 2).

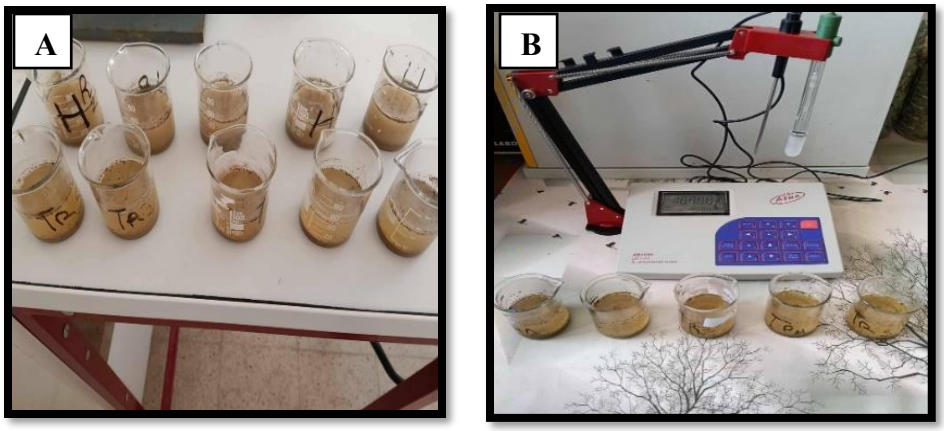


Figure 03. (A) Mélange (sol : eau) après l'homogénéisation. **(B)** Le pH mètre. **(Photos personnelles, 2025).**

Tableau 02. Classes des sols selon leurs statut acido-basique (Baize,2000).

pH	Type de sol
<5	Fortement acide
5-6	Franchement acide
6-6.6	Légèrement acide
6.6-7.4	Neutre
7,4-7,8	Légèrement alcalin
> 7.8	Alcalin

2.1.4. Mesure de la conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique indique la concentration en sels dissous dans le sol et détermine leur degré de salinité ; elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre (Fig. 4), exprimé en µS/cm dont le rapport de terre/liquide est de : 1/5. Plus il y a d'ions en solution, plus la conductivité est élevée (Tableau. 3).

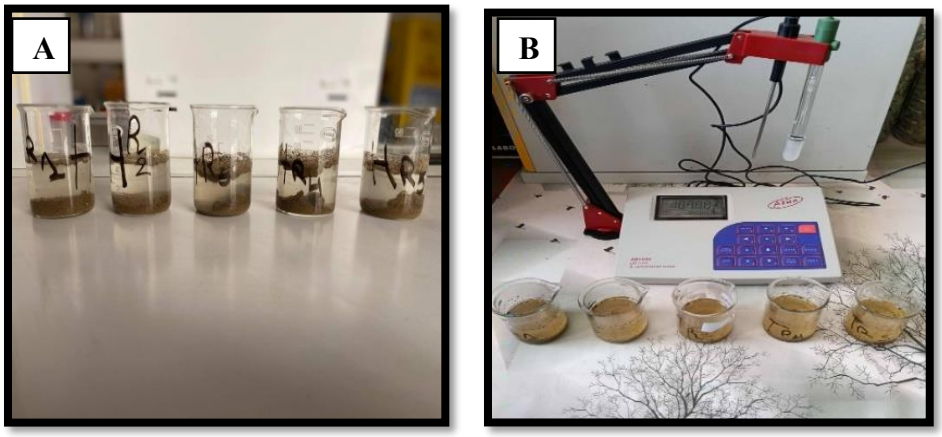


Figure 04. (A) Mélange (sol : eau) après l'homogénéisation. **(B)** Le conductimètre. **(Photos personnelles, 2025).**

Tableau 03 : Classes de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux (Mathieu, 2003).

CE (µS/cm)	Type de sol selon la salinité
< 600	Non salé
600-1000	Légèrement salé
1000-2000	Salé
2000-3000	Très salé
3000-4000	Extrêmement salé

2.1.5. Mesure du carbone organique

Le carbone organique du sol a été mesuré selon la méthode Walkley-Black (Baize, 2018). Par l'oxydation du sol avec du bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) dans la présence de l'acide sulfurique. Le bichromate non réduit par le carbone organique subit une titration avec une solution de sels de Mohr (sulfate ferreux), en présence de diphénylamine comme indicateur coloré qui vire au vert foncé lorsque l'excès de bichromate est complètement réduit (Fig. 5). Un témoin sans terre fine a été réalisé dans les mêmes conditions. La teneur en carbone organique a été calculée selon la formule suivante (Boudjabi et Chenchouni, 2022) :

$$\textbf{SOC (\%)} = 0{,}615 \times (V_1 - V_2)$$

Où :

V_1 : le volume du témoin et

V_2 : le volume de l'échantillon de sol.

À partir de la mesure du carbone organique, on peut calculer le taux de la matière organique selon la formule suivante (Duchraufour, 1997) :

Matière organique SOM= taux du carbone x 1.724

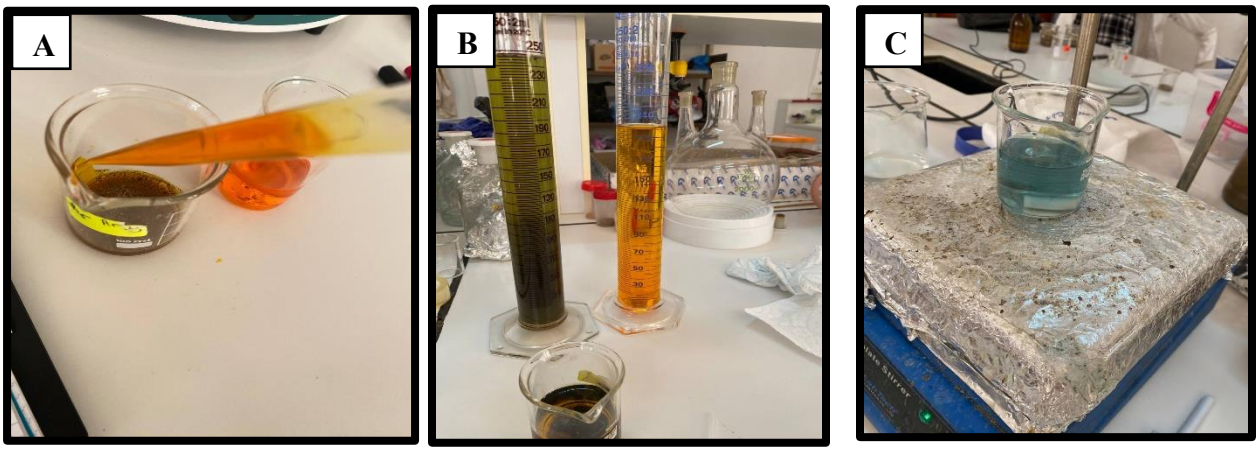


Figure 05. Mesure du carbone organique ; **(A) :** Ajout du bichromate au sol. **(B) :** Rinçage avec l'eau distillée. **(C) :** Titration avec sel de Mohr. **(Photos personnelles, 2025).**

Tableau 04. Classification des sols selon la teneur en carbone organique.

Teneur en carbone organique (%)	Terre
<0.6	Très faible
0.6-1.2	Faible
1.2-2	Moyenne
2.0-3.5	Riche
>3.5	Très Riche

Tableau 05. Classification des sols selon le taux de matière organique (Schaefer, 1975).

Taux de la matière organique (%)	Terre
<1	Très pauvre
1-2	Pauvre
2-4	Moyenne
>4	Riche

2.1.6. Mesure du calcaire total

Le but du dosage du calcaire total dans le sol est de déterminer la quantité de carbonates présents dans le sol, en particulier le carbonate de calcium ($CaCO_3$). Il est déterminé après dissolution en présence d'un acide moins concentré qui va attaquer le carbone du $CaCO_3$. 2 g de terre fine ont été ajouté dans un bécher contenant 10 ml d'acide chlorhydrique dilué (HCl dilué) (1/3) du poids connu (P1). Le volume de CO_2 rejeté a été utilisé pour déterminer la quantité de $CaCO_3$ (Baize, 2018). Après agitation, la solution est à nouveau pesée pour obtenir le poids (P2) (Fig. 6). Le poids de CaCO3 total a ensuite été déduit de la formule :

$CaCO_3$ (%) = (P1 - P2) x 2,274 x 100/poids du sol

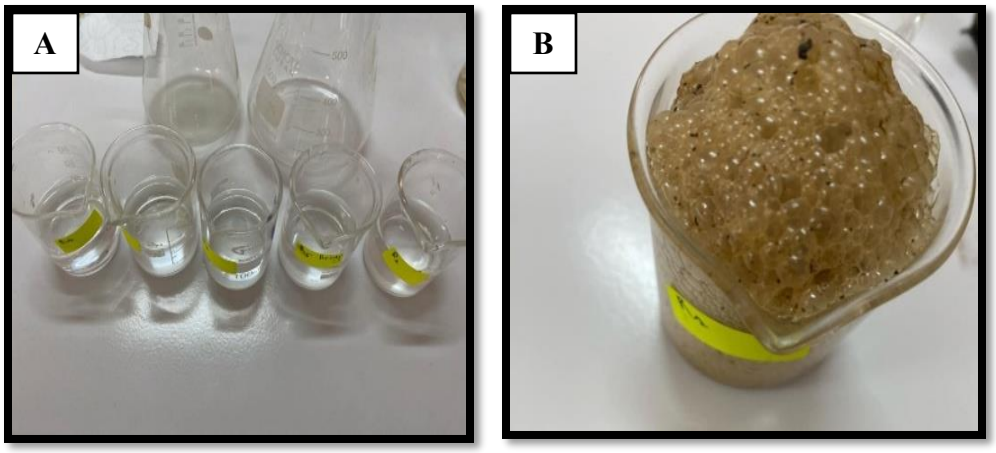


Figure 06. Mesure du calcaire total ;**(A) :** Préparation de l'HCl dilué**. (B) :** Réaction d'effervescence entre le sol et l'HCl **(Photos personnelles, 2025).**

Tableau 06. Classification des sols selon le taux du calcaire total (Baize et Jabiol, 1995).

Calcaire (%)	Type de sol
<1	Non calcaire
1-5	Peu calcaire
5-25	Modérément calcaire
25-50	Fortement calcaire
50-80	Très fortement calcaire
>80	Excessivement calcaire

2.1.7. Mesure du calcaire actif

Le calcaire actif correspond à la fraction du calcaire total qui est dispersée et très fine, capable de réagir avec les éléments chimiques du sol, notamment les nutriments et les oligoéléments. Il se compose principalement de carbonate de calcium ($CaCO_3$), qui se dissout dans l'eau. Le calcaire actif a été déterminé à partir d'un échantillon de 2 g de sol ajouté à 100 ml d'une solution d'oxalate 0,2 N et agiter pendant deux heures. 10 ml du filtrat ont été prélevés dans un bécher contenant 50 ml d'eau distillée et 5 ml d'acide sulfurique concentré ont été chauffés à 70° C. Par la suite, un titrage a été réalisé avec une solution de permanganate de potassium (0,2 N) sur le contenu du bécher jusqu'à obtention d'une couleur rose persistante, puis un volume de titrage (v1) pour l'échantillon de sol a été déterminé (Fig. 7). Un témoin sans terre a été réalisé pour obtenir le volume (v2) (Mathieu et Pieltain, 2003 ; Boudjabi et Chenchouni, 2022). La teneur en $CaCO_3$ actif a été calculée selon la formule :

$$CaCO_3 \text{ actif } (\%) = (v2 - v1) \times 0{,}005$$

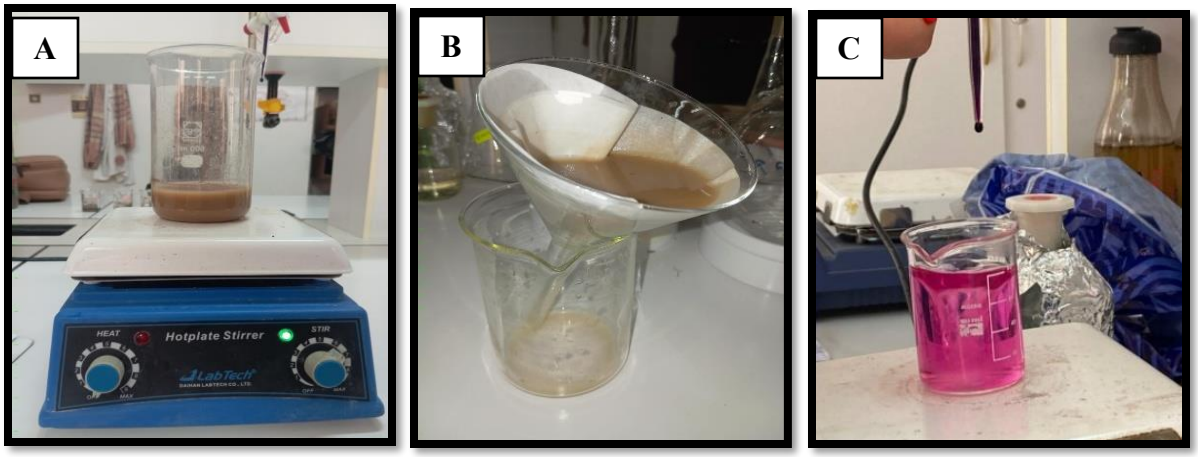


Figure 07. Mesure du calcaire actif. **(A) :** Agitation**. (B) :** Filtration. **(C) :** permanganate de potassium. **(Photos personnelles, 2025).**

Tableau 07. Classification du sol selon le taux du calcaire actif (Baize, 1995).

Calcaire actif (%)	Classe
< 2	Très faible
2-4	Faible
4-8	Moyenne
8-12	Élevée
> 12	Très élevée

2.2. Présentation du ravageur, *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797)

Tribolium castaneum, nommé aussi le coléoptère rouge de la farine (Fig. 8), appartient la famille des *Tenebrionidae*. Il est particulièrement préjudiciable aux produits stockés, tels que la farine les céréales et les produits dérivés, en raison de sa capacité à se nourrir de ces denrées (Rahabi *et al.,* 2023). Originaire d'Asie mais désormais répandu dans le monde entier (Kabri, 2022). Leur présence peut entraîner des pertes considérables en réduisant à la fois la qualité et la quantité des produits stockés (Boukhalfa et Merabet, 2023). Les *Ténébrionidés* sont des coléoptères mesurant entre 2 et 80 mm, avec un tégument rigide et souvent noir, possédant des antennes comportant 11 segments et des pattes adaptées parfois au fouissage (Balachowsky, 1962). La larve de *Tribolium* est de couleur blanche avec des bandes brune et mesure environ 8 mm avant la nymphose. Elle attaque principalement les grains, les produits contenant de l'amidon, les légumineuses, les épices

et les racines séchées. Elle préfère les grains endommagés, mais peut également s'attaquer aux grains sains en commençant par le germe (Benlameur, 2016).

Le cycle de vie ce ravageur comprend quatre stades successifs ; œuf, larve, nymphe et adulte (Mbacké, 2018).

Œuf : La première phase du cycle débute avec la ponte des œufs. Ces derniers incubent pendant environ sept jours avant d'éclore, donnant naissance aux larves (Gueye *et al*., 2015).

La larve : Les larves sont actives, de couleur blanche légèrement jaunâtre, et passent par un nombre variable de mues, généralement entre cinq et onze stades larvaires. À la fin de cette phase, elles cessent de s'alimenter et s'immobilisent en préparation de leur transformation (Gueye *et al.,* 2015).

La nymphe : À ce stade, l'insecte devient fixe et prend une teinte blanchâtre. Cette étape dure plusieurs jours et précède directement l'émergence de l'adulte (Gueye *et al*., 2015).

L'adulte : L'adulte émerge approximativement six jours après la formation de la nymphe. Dans un environnement favorable, notamment à une température de 31°C et une humidité relative de 75 %, le cycle complet peut être bouclé en 28 jours. Toutefois, cette durée est susceptible de varier selon les conditions ambiantes (Kassem, 2014).

La position systématique de *Tribolium castaneum,* (Herbst, 1797).

-Règne : Animalia

-Embranchement : Arthropoda

-Sous embranchement : Hexapodea

-Classe : Insecta

-Ordre : Lamiales

-Famille : Tenebrionidae

-Genre : Tribolium

-Espèce : *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797)

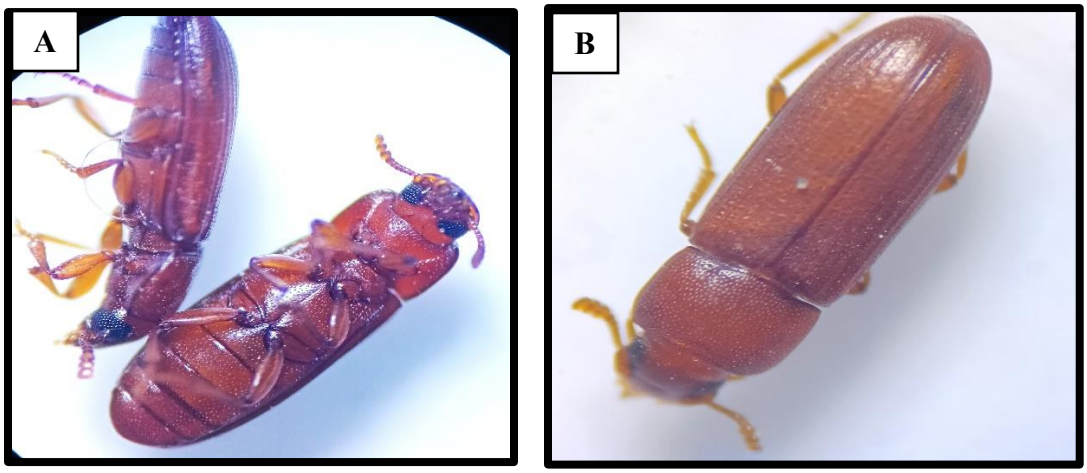


Figure 08. *Tribolium castaneum* **(A) :** face ventrale laterale. **(B) :** face dorsale. **(Photos personnelles, 2025).**

2.3. Présentation de la plante, *Schinus molle* (Linné, 1758)

Schinus molle est une espèce végétale appartenant à la famille des Anacardiaceae, originaire des zones arides d'Amérique du Sud, notamment du Pérou, du nord de l'Argentine et du Chili (Fig. 9). Grâce à sa grande capacité d'adaptation, cet arbre s'est largement naturalisé dans diverses régions du monde. Il est désigné par plusieurs noms vernaculaires tels que « poivrier du Pérou » ou « faux poivrier », et se distingue par son feuillage aromatique, sa croissance rapide, ainsi que ses grappes de fruits rouges à maturité (Zerrouk,2019). Au-delà de ses usages traditionnels, *Schinus molle* présente un intérêt écologique et économique en raison de sa facilité de reproduction, de sa rusticité, et de sa richesse en composés bioactifs. Ses feuilles, son écorce et ses fruits contiennent des huiles essentielles et des substances secondaires dotées de diverses propriétés biologiques (Bennetto, 2024). Cette plante est largement répandue dans tout le territoire algérien, en particulier dans la région du Tell et sur la côte. En Algérie, *Schinus molle* est utilisé pour les projets d'aménagement urbain et de verdissement (Rouibi *et al*., 2010).

La position systématique de cette plante est la suivante :

-Règne : Végétal

-Embranchement : Spermaphytes

-Sous-embranchement : Angiospermes

-Classe : Dicotylédones

-Sous classe : Rosidae

-Ordre : Sapindales

-Famille : Anacardiacées

-Genre : Schinus

-Espèce : *Schinus molle* L.

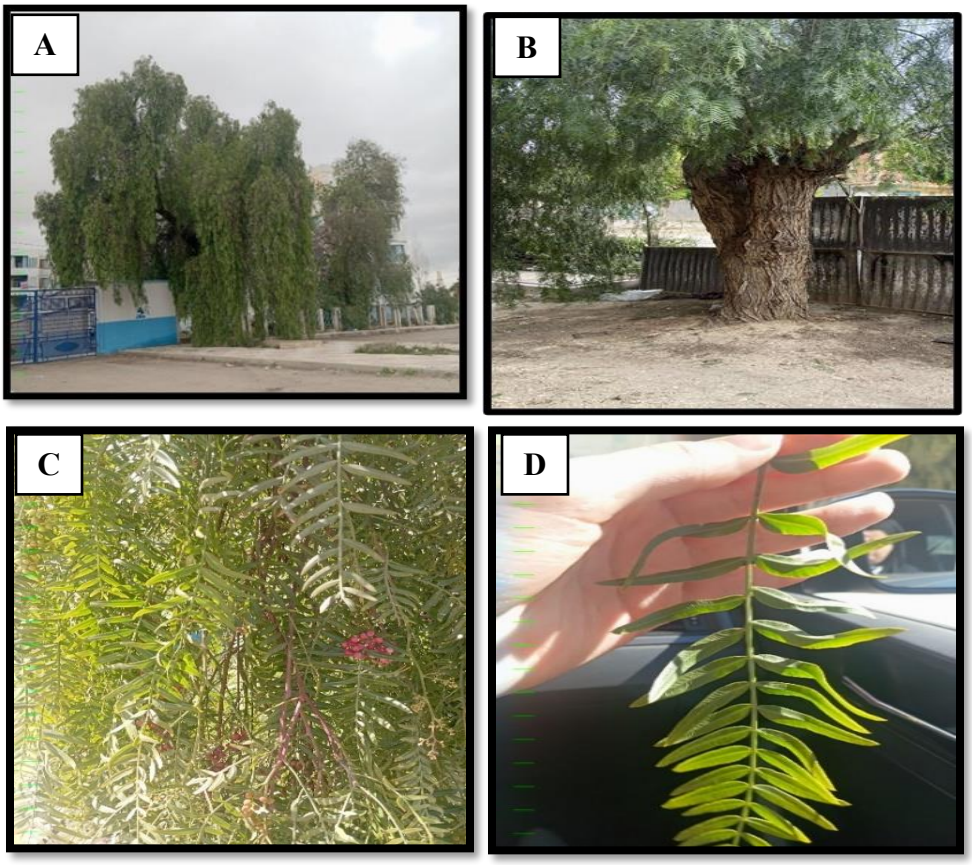


Figure 09. Présentation de *Schinus molle* **(A) :** Site de Tébessa. **(B) :** Site de Hammamet, **(C) :** Baies de *Schinus molle.* **(D) :** Feuilles de *Schinus molle.* **(Photos personnelles, 2025).**

2.4. Extraction de l'huile essentielle *Schinus molle*

Les feuilles *Schinus molle* ont été récolté pendant le mois d'avril 2025 à partir de deux sites distincts, Tébessa et Hammamet. Après la récolte, les feuilles ont été lavées à l'eau du robinet pour éliminer le sol et les autres contaminants de surface. Après séchage des feuilles à l'air libre et à l'obscurité, 100 g de la matière sèche a été mélangée 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. 10). 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.

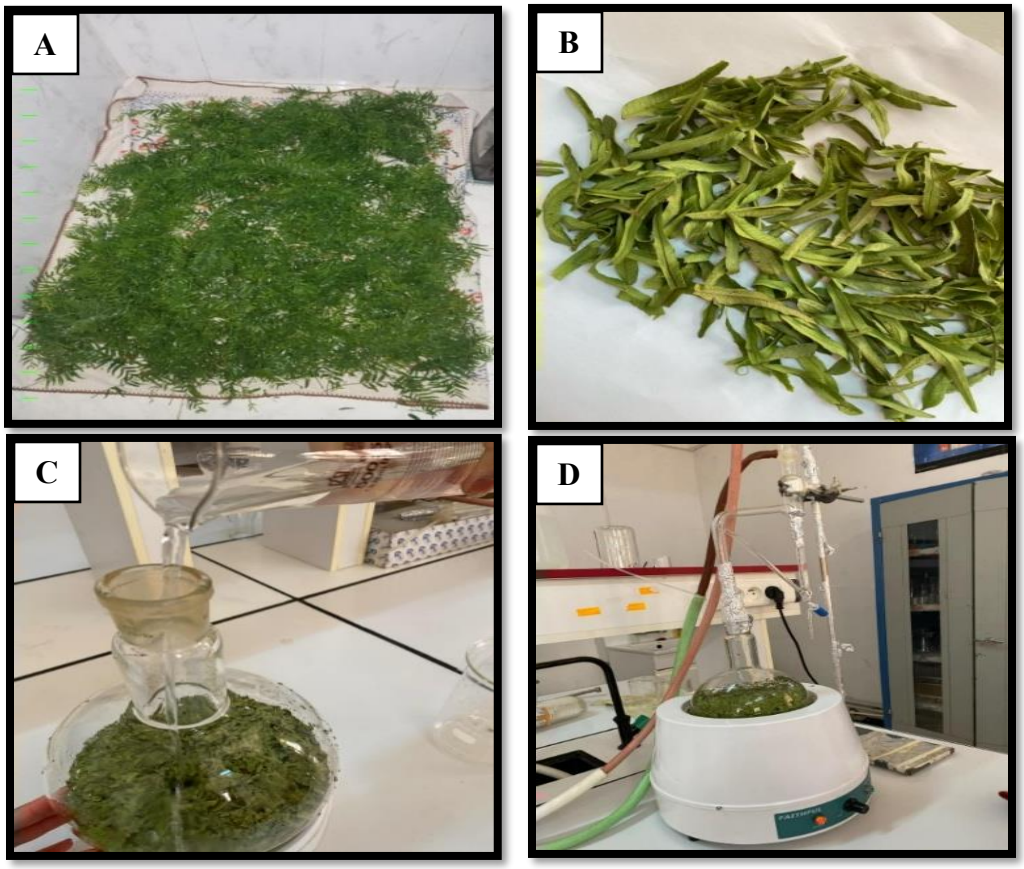


Figure 10. Extraction de l'HE de *Schinus molle* : **(A, B) :** Séchage de la plante. **(C) :** Mélange eau et feuilles. **(D) :** Hydrodistillateur. **(Photos personnelles, 2025).**

2.5. Traitement de bioessais

2.5.1. Toxicité par fumigation

Après un screening préalable, l'effet toxique de l'huile essentielle de *Schinus molle* extraite de Tébessa et Hammamet, sur les adultes de *T. castaneum*. Différentes concentrations (325, 650, 1300 et 1700 µl/l d'air) ont été appliquées 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. 11). 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 11. Test de toxicité par fumigation **(Photos personnelles, 2025)**.

2.6. Test de répulsion

L'effet répulsif de l'huile essentielle de *Schinus molle* extraite des feuilles collectées à partir de deux sites, Tébessa et Hammamet a été évalué sur les adultes de *Tribolium castaneum*, 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. 12). 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 :

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

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.

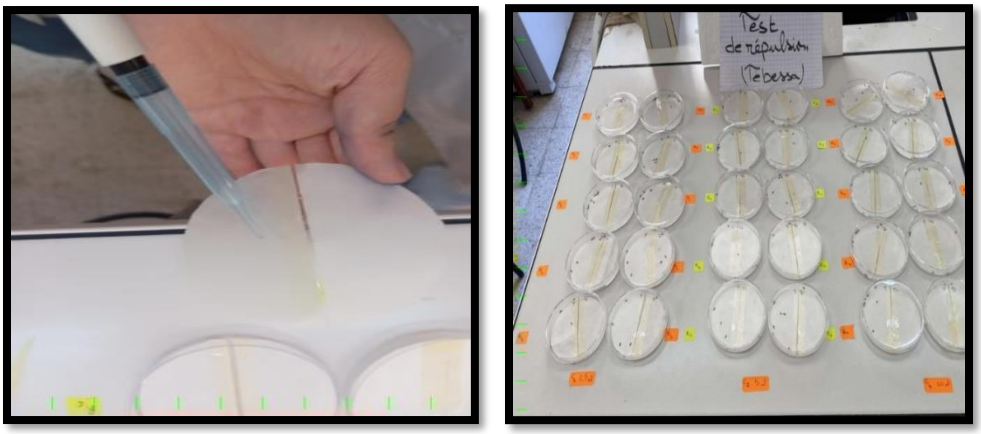


Figure 12. Test de répulsion **(Photos personnelles, 2025)**.

Le pourcentage de répulsion calculé, est attribué à l'une des différentes classes variant de 0 à 5 (Mc Donald *et al.,* 1970) (Tableau. 8).

Tableau 08. 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

2.7. 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.

RESULTATS

III. RESULTATS

3.1. Les analyses du sol

3.1.1. Texture du sol

Les résultats présentés dans le tableau 9 montrent que les sols des deux sites étudiés, Tébessa et Hammamet**,** appartiennent à deux types distincts ; un sol limono-sableux pour Tébessa et un sol sablo-limoneux pour Hammamet

Tableau 09 : Texture du sol des sites d'étude Tébessa et Hammamet.

Site	Texture
Tébessa	Limono-sableuse
Hammamet	Sable limoneuse

3.1.2. Potentiel d'hydrogène

Les résultats illustrés indiquent que les sols des deux sites, Tébessa et Hammamet, présentent un caractère alcalin, avec des valeurs de pH respectives de 8,01 et 8,00 (Fig. 13). Aucune différence significative n'a été observée entre les deux sites ($P > 0,05$).

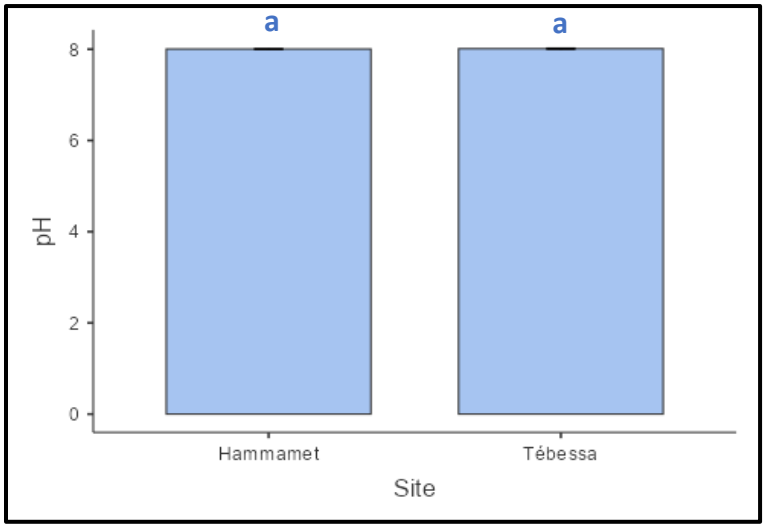


Figure 13 . pH des sites d'étude Tébessa et Hammamet (m ± SEM, n=5) : Test t Student.

3.1.3. Conductivité

La figure14 met en évidence une différence significative (P < 0,01) de la conductivité électrique des sols entre les sites étudiés ; 788,6 et 420 µS/cm pour Tébessa et Hammamet respectivement. Le sol de Tébessa est légèrement salé tandis que celui de Hammamet est non salé.

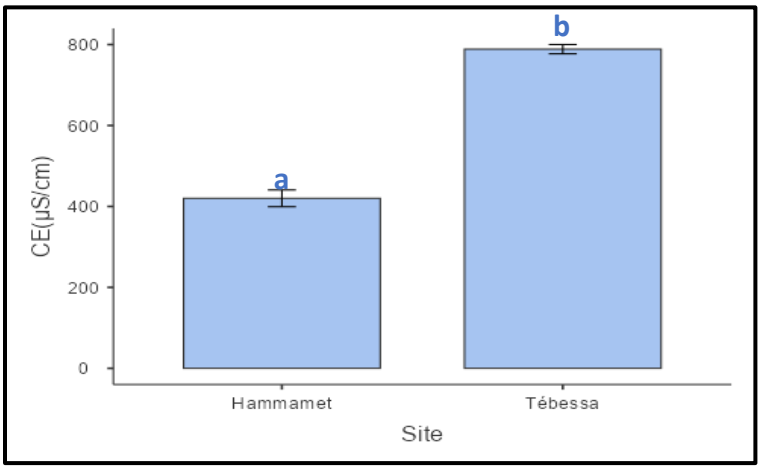


Figure 14. Conductivité (µS/cm) des sites d'étude Tébessa et Hammamet (m ± SEM, n=5) : Test t Student.

3.1.4. Matière organique

Les analyses réalisées mettent en évidence une différence significative (P = 0,002) entre les deux sites d'étude en ce qui concerne la teneur en matière organique (Fig. 15). Le sol de Tébessa présente une concentration plus élevée que celui de Hammamet. Bien que les deux sols présentent une carence marquée en matière organique.

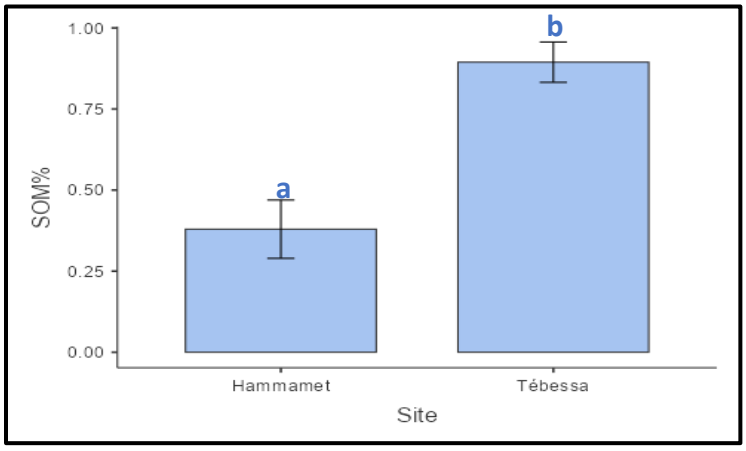


Figure 15. Matière organique (%) des sites d'étude Tébessa et Hammamet (m ± SEM, n=5) : Test t Student.

3.1.5. Calcaire actif

La figure 16 révèle une différence significative (P < 0,01) dans la teneur en calcaire actif entre les sols des deux sites. Le sol de Hammamet présente une teneur très élevée, atteignant 20,9 %, tandis que celui de Tébessa affiche une teneur élevée de 12,9 %.

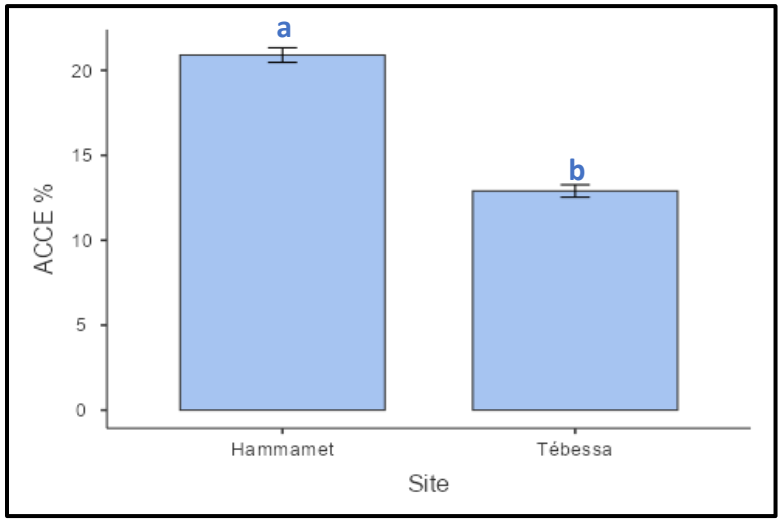


Figure 16. Calcaire actif (%) des sites d'étude Tébessa et Hammamet (m ± SEM, n=5) : Test t Student.

4.1.6. Calcaire total

La figure présente une différence significative de la teneur en calcaire total (%) dans les sols des deux sites (P =0,02), Tébessa et Hammamet présentent un sol fortement calcaire ; dont les valeurs sont 25,83 % pour Tébessa et 37,20 % pour Hammamet (Fig. 17).

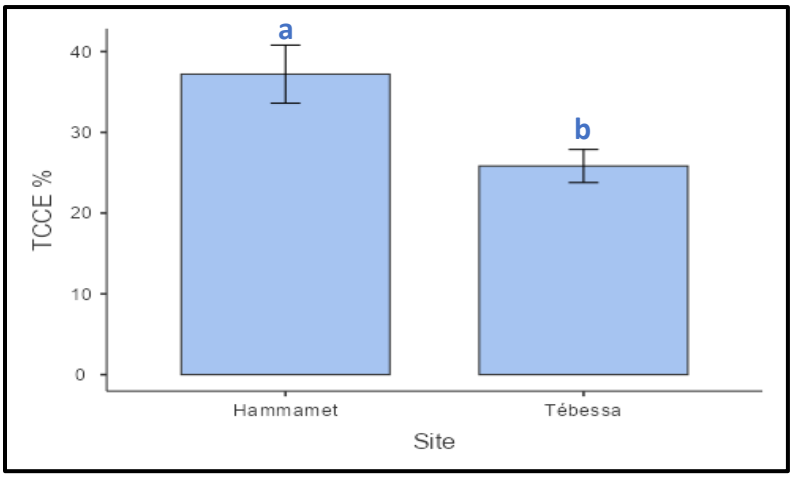


Figure 17. Calcaire total (%) des sites d'étude Tébessa et Hammamet (m ± SEM, n=5) : Test t Student.

3.1.8. Humidité

Les résultats montrent aucune différence entre les taux d'humidité des sols des sites étudiés, Tébessa et Hammamet (P>0,05) (Fig. 18).

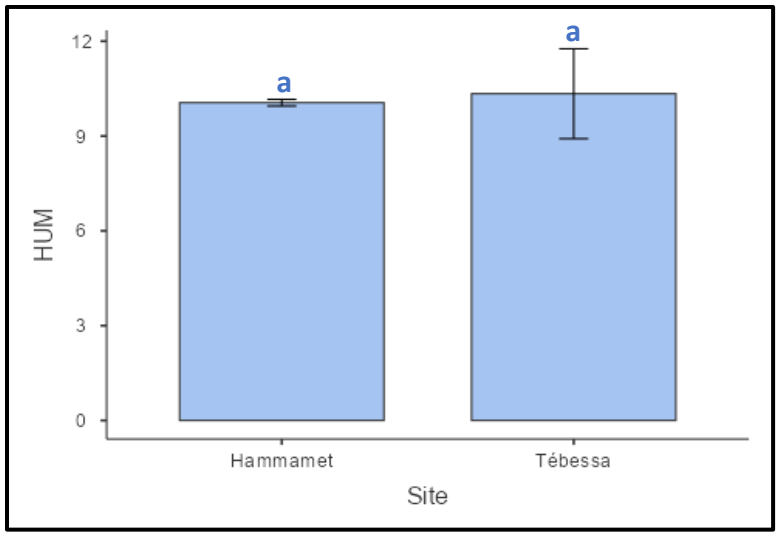


Figure 18. Taux d'humidité (%) des sites d'étude Tébessa et Hammamet (m ± SEM, n=5) : Test t Student.

3.2. Rendement de l'huile essentielle

La figure 19 illustre le rendement en huile essentielle extrait par hydrodistillation des feuilles de *Schinus molle*, récoltées sur deux sites distincts : Hammamet et Tébessa. Les résultats mettent en évidence une différence significative entre les deux sites (P < 0,01), avec un rendement plus élevé à Hammamet (2,73 %) comparé à Tébessa (1,58 %). L'huile essentielle obtenue se présente sous forme d'un liquide limpide, caractérisé par une odeur aromatique intense. Les propriétés organoleptiques de cette huile sont décrites dans le tableau 10**.**

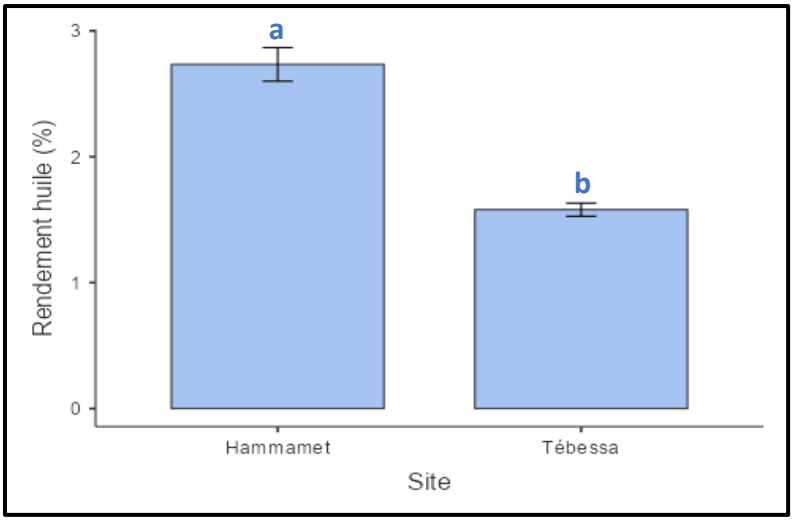


Figure 19. Le rendement de l'huile essentielle extraite des feuilles de la plante *Schinus molle* récoltées sur Hammamet et Tébessa (m ± SEM, n=3) : Test t Student.

Tableau 10. Caractéristiques organoleptiques de l'HE extraite des feuilles de *Schinus molle*.

Huile essentielle / Partie de la plante	Site	Couleur	Limpidité	Viscosité	Odeur
Feuilles de *Schinus molle*	Tébessa	Jaune pâle	Clair	Lègére et fluide	Forte et épicée
	Hammamet	Jaune très pâle	Clair	Lègére et fluide	Forte et épicée

3.3. Essais toxicologiques

Les essais toxicologiques ont permis de déterminer **l'**activité insecticide de l'huile essentielle de *Schinus molle*, extraite à partir des feuilles collectées sur deux sites Tébessa et Hammamet, évaluée à partir de la mortalité enregistrée chez les adultes de *Tribolium castaneum* à différentes périodes après traitement.

3.3.2. 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 *Tribolium castaneum*. Les concentrations testées étaient de 325, 650,

1300 et 1700 µl/l d'air, pour l'huile extraite du site de Tébessa ainsi que celle du site de Hammamet . Aucune mortalité n'a été observée dans les séries témoins.

Les mortalités corrigées enregistrées chez les adultes de *T. castaneum* au cours des tests de toxicité par fumigation en utilisant l'huile extraite à partir des feuilles du site de Tébessa, varient de 20% à 24 h jusqu'à 32,5% à 72 h pour la dose la plus faible (325 µl/l d'air) et de 90 % à 24 h jusqu'à 100% à 72 h pour la plus forte dose (1700 µl/l d'air) (Fig 20. A). Ces mortalités augmentent de façon significative en fonction des doses appliquées et du temps après traitement des adultes de *T. castaneum* par fumigation à 24 ($F_{3,12}$ =140 ; p<0,0001), à 48 ($F_{3,12}$ =168,8 ; p<0,0001), et à 72 h ($F_{3,12}$ =74,68 ; p<0,0001) après traitement.

Les résultats des mortalités corrigées obtenus après application par fumigation de l'HE des feuilles de *S. molle* du site Hammamet, montrent des taux variant de 17,5% à 24 h jusqu'à 35% à 72 h pour la dose la plus faible (325 µl/l d'air) et de 80% à 24 h jusqu'à 97,5% à 72 h pour la dose la plus forte (1700 µl/l d'air) (Fig. 20 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 ($F_{3,12}$ =70,05 ; p<0,0001), à 48 h ($F_{3,12}$ =118,3 ; p<0,0001) et à 72 h ($F_{3,12}$ =64,14 ; 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 de*s* adultes *de T.castaneum*. Le classement des doses par le test HSD de Tukey révèle l'existence de 4 groupes de moyennes à 24 h et 48 h, et 2 groupes à 72 h pour les mortalités obtenues par l'huile de Tébessar. Par contre, le taux de mortalités enregistrées après traitement avec l'huile du site de Hammamet, met en évidence 3 groupes de moyennes à 24 h, et 4 groupes à 48 h et 72 h.

La courbe dose-réponse exprimant le pourcentage des mortalités en fonction du logarithme des doses appliquées (Fig. 21A et B) a permis l'estimation des concentrations létales (CL) ainsi que leurs intervalles de confiance et le HillSlope (Tableau. 11). De plus, on note que le l'HE de *S. molle* extraite du site de Tébessa est plus efficace que celle du Hammamet sur toutes les périodes testées (24 h, 48 h et 72 h).

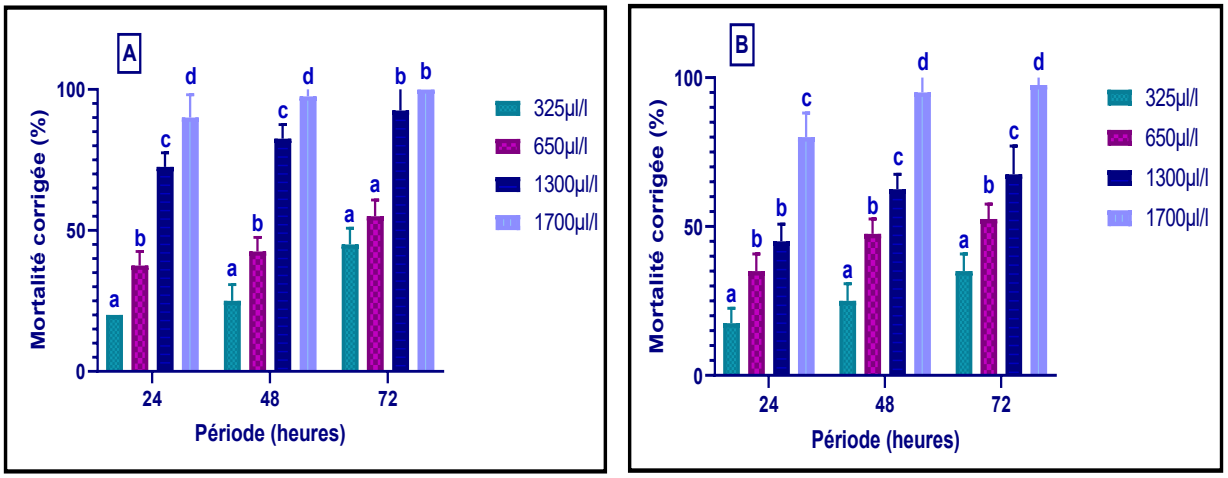


Figure 20. Toxicité de l'HE extraite des feuilles de *Schinus molle* collectées du site de Tébessa **(A)** et de Hammamet **(B)** appliquée par fumigation (µl/l d'air) sur adultes de *T. castaneum* à différentes périodes : Mortalité corrigée (%) (m ± SEM, n=4 répétitions de 10 individus chacune) : test HSD de Tukey.

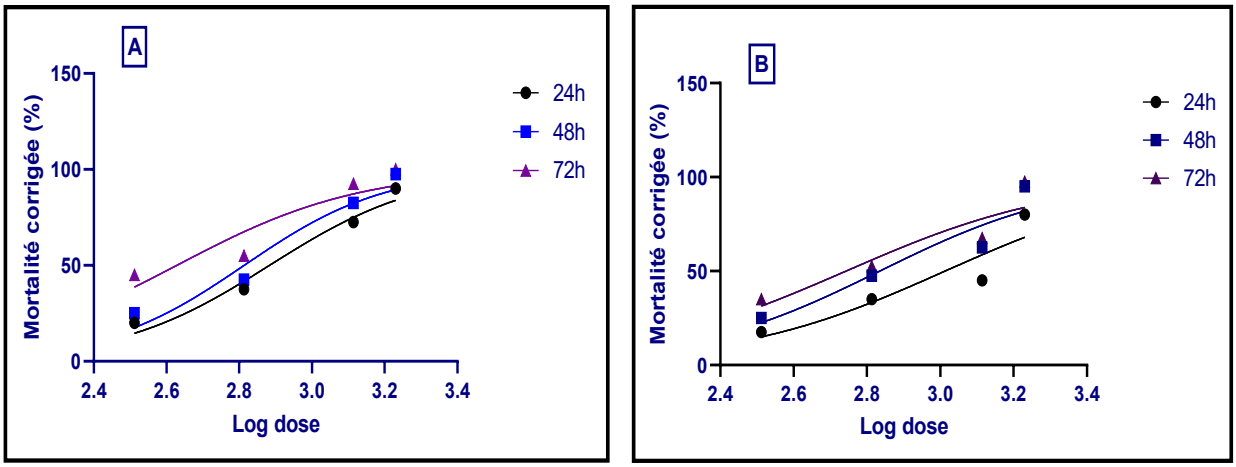


Figure 21. Effets de l'HE extraite des feuilles de *Schinus molle* collectées du site de Tébessa **(A)** et de Hammamet **(B)** appliquée par fumigation (µl/l d'air) sur les adultes de *T. castaneum* à différentes périodes : Courbe dose-réponse exprimant le pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme des doses.

Tableau 11. Efficacité de l'HE extraite des feuilles de *Schinus molle* de Tébessa et Hammamet appliquée par fumigation sur les adultes de *T. castaneum* : analyse des probits.

L'HE	Temps (Heures	R^2	HillSlope	CL_{25} (µl/l) IC (95%)	CL_{50} (µl/l) IC (95%)
Tébessa	**24h**	0,97	2,06	**448,9** [156,3-783,4]	**764,1** [471,2-1116]
	48h	0,94	2,22	**397,3** [243,5-828,3]	**650,8** [251,5-1087]
	72h	0,86	1,71	**224,1** [115,3-670,9]	**424,9** [120,3-956,2]
Hammamet	**24h**	0,83	1,50	**496,5** [302,4-1360]	**1031** [622,7-1300]
	48h	0,87	1,65	**399,5** [133-542,2]	**683,7** [424,9-834]
	72h	0,84	1,46	**261,5** [99,5-867,8]	**553,2** [378,4-766,9]

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

Les résultats du pouvoir répulsif à l'égard des adultes des adultes de *Tribolium castaneum* sont présentés dans le tableau 12. 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 faible concentration (2,5 µl/ml), atteignant une répulsion de 66 % jusqu'au 84 % après 3 et 6 heures de traitement et une répulsion importante de 66 % jusqu'au 92 % pour (5 µl/ml) et de 96 % jusqu'au 100 % pour la plus forte dose en utilisant l'huile de Tébessa pour toutes les périodes testées. Par ailleurs, l'huile de Hammamet aprés application a induit des niveaux de répulsion moins élevés de 66 jusqu'au 74 tes 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 Tébessa qui possède 6 classes en categorie 5 de répulsion répulsion comparativement à celui provenant de Hammamet qui atteint seulement deux classes, traduisant une efficacité nettement moindre.

Tableau12. Pourcentages (PR), indices (IR) et classes (CR) de répulsion de l'HE testée sur les Adultes de *T. castaneum*.

Concentrations	Périodes	*Tribolium castaneum*					
		Tébessa			Hammamet		
		PR %	IR	Classe	PR %	IR	Classe
2,5 µl/ml	30 min	48	0,26	3	26	0,37	2
	1 heure	56	0,22	3	30	0,35	2
	3 heures	66	0,17	4	44	0,28	3
	6 heures	84	0,08	5	56	0,22	3
5 µl/ml	30 min	66	0,17	4	52	0,24	3
	1 heure	78	0,11	4	60	0,20	3
	3 heures	82	0,09	5	66	0,17	4
	6 heures	92	0,04	5	74	0,13	4
10 µl/ml	30 min	76	0,12	4	68	0,16	4
	1 heure	86	0,07	5	78	0,11	4
	3 heures	94	0,03	5	88	0,06	5
	6 heures	100	0	5	96	0,02	5

DISCUSSION

IV. DISCUSSION

4.1. Effet des facteurs abiotiques

Les facteurs environnementaux, en particulier climatiques affectent directement la production et la qualité des métabolites secondaires (Rosua et Granados, 1987 ; Bruneton, 1999). Par ailleurs, les facteurs biotiques et abiotiques régulent leur biosynthèse, car les plantes réagissent aux contraintes de leur environnement en produisant métabolites secondaires spécifiques (Zhi-lin *et al*., 2007). Les facteurs édaphiques sont parmi les facteurs abiotiques qui conditionnent le métabolisme secondaire des plantes. De ce fait, plusieurs paramètres ont été mesuré tels que, la texture, l'humidité, le pH, la conductivité, le carbone organique, le calcaire actif et total.

4.1.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH du sol correspond à la mesure de la concentration des ions H^+ dissociés dans la suspension du sol (Souna, 2013). Les résultats obtenus révèlent que les deux site Tébessa et Hammamet possèdent un sol alcalin selon Baize (2018), et différents rendements en huile essentielle ; Hammamet a enregistré un rendement plus élevé que Tébessa (2,73 % et 1,58 respectivement).

Par ailleurs, l'étude menée par Bensaadi (2025) sur *Tetraclinis articulata* dans les quatre régions cardinales a montré que le rendement varie entre 0,07 et 0,33 % pour un pH légèrement alcalin et alcalin. Ces données suggèrent une relation possible entre le pH du sol et le rendement en huiles essentielles. Les rendements les plus élevés ont été associés à des pH avoisinant ou supérieurs au (pH 8,0), ce qui pourrait indiquer une corrélation positive entre un pH alcalin et une production accrue d'huiles essentielles. Cette observation est en accord avec les résultats de Diomonde *et al.* (2014), qui ont souligné l'influence des propriétés du sol, notamment le pH, sur la qualité et la quantité des huiles essentielles produites par les plantes.

4.1.2. Conductivité électrique

La conductivité électrique d'une solution du sol reflète la quantité de sels solubles dissous dans cette solution (Souna, 2013). Le rendement en huile essentielle de *Schinus molle* a été plus important au site de Hammamet qui est légèrement salé (788,6 µS/cm) comparativement au sol non salé de Tébessa (420 µS/cm). En comparaison, l'étude d'Allane (2011) sur *Artemisia herba-alba* a rapporté un rendement en huile variant entre 0,45 % et 1,5 %, avec une conductivité électrique très faible de 0,62 µS/cm, classée également comme sol non salé. Bien que la salinité ait généralement un effet négatif sur la croissance et le développement des plantes ainsi que sur leur

approvisionnement en eau, elle peut avoir des effets positifs sur l'induction du métabolisme secondaire tel que la production des huiles essentielles (Chrysargyris *et al*., 2016).

4.1.3. La matière organique

Les résultats montrent que les sols de Tébessa (0,89 %) et Hammamet (0,38 %) présentent une teneur en carbone organique très faible. Cette faible teneur peut influencer négativement la fertilité du sol et potentiellement le rendement en huile essentielle. Par ailleurs, le sol étudié par Benbouabdellah (2011) ayant une teneur moyenne en matière organique (3,59 %), peut favoriser un meilleur développement végétal et un rendement en huile plus important. Par contre, l'étude de Beldjelil et Bekhti (2023) montre un rendement en huile d'*Ocimum basilicum* faible collecté à partir d'un sol riche en matière organique 5,618 %.

La matière organique joue un rôle essentiel dans l'amélioration des propriétés physiques du sol, constitue une réserve importante d'éléments nutritifs, et contribue, parfois par des mécanismes encore mal compris, à l'augmentation des rendements agricoles (Feller, 1982).

4.1.4. Calcaire Total

La détermination du calcaire total repose sur la réaction spécifique du carbonate de calcium ($CaCO_3$) avec l'acide chlorhydrique (HCl), qui libère du dioxyde de carbone (CO_2) sous forme de dégagement gazeux. (Souna, 2013). Les résultats obtenus indiquent que les sols des deux site Tébessa et Hammamet sont fortement calcaire. En comparant avec les résultats de Benbouabdellah (2011), montrent un rendement de 1,08 % en huile de *Artemisia herba-alba* dont le sol est fortement calcaire avec une teneur de 27,23 %. Quant à l'étude de Beldjelil et Bekhti (2023) portant sur la plante *Ocimum basilicum*, un faible rendement en huile de 0,2 % a été enregistré, dans un sol fortement calcaire (37,42 %)

4.1.5. Calcaire actif

Le pH et le calcaire actif sont universellement reconnus comme des facteurs d'importance primordiale pour la mobilité des éléments traces et l'assimilation des principaux éléments fertilisants et des oligo-éléments dans les sols agricoles (Baize, 2018 ; Benzahra, 2019). Les résultats obtenus, tandis qu'une valeur plus élevée a été enregistrée dans la région de Hammamet avec 2,73 %. En ce qui concerne le calcaire actif, il a atteint 12,9 % à Tébessa et 20,9 % à Hammamet, ce qui indique une variation claire entre les deux régions.

En comparaison avec les résultats de Benbouabdellah (2011), qui a étudié la plante *Artemisia herba-alba*, un rendement en huile de 1,08 % a été enregistré avec une teneur élevée en calcaire actif de 73 %. À partir de ces données, on constate que le rendement en huile de *Schinus molle* est supérieur à celui observé chez *Artemisia herba-alba*, notamment dans la région de Hammamet.

4.1.1. Humidité

L'humidité est définie comme le rapport entre la masse d'eau contenue dans le sol et la masse du sol (Hillel, 1988). Dans notre étude, les de sites de collecte présentent une faible humidité et un bon rendement en huile essentielle de l'espèce *Schinus molle* surtout au site de Hammamet. Cela peut etre expliquer par la nature de cette plante qui se caractérise par sa grande tolérance à la sécheresse et à la chaleur (Iponga, 2008). Ces résultats ont été comparés à ceux d'autres études menées sur l'espèce *Pinus halepensis* (Mill.). En effet, dans la station de Thniet El Had, le rendement en huile est de 0,71 % avec une humidité du sol de 64,78 %, tandis qu'à Blida, il est de 0,5 % avec une humidité de 67,69 % (Boudelali et Harazi, 2022).

4.2. Rendement en huile essentielle

Les résultats de la présente étude montrent que le rendement de l'huile essentielle extraite des feuilles de *Schinus molle* varie selon le site de collecte. En effet, un rendement de 2,73 % a été enregistré à Hammamet, contre un rendement de 1,58 % à Tébessa.

Ces valeurs sont relativement élevées comparées à certaines études antérieures, telles que celle de Soltani et Abess (2021), qui ont rapporté un rendement plus faible de 0,75 %. De même, Aoudjit, et Benkadou (2023) ont signalé un rendement variable allant de 1,32 % dans la wilaya de Ouargla à seulement 0,32 % à Tébessa. Ayad (2024) a constaté un rendement intermédiaire de 1,43 %.

Ces résultats suggèrent une influence notable des facteurs environnementaux et climatiques sur le rendement de l'huile essentielle, même au sein d'une même espèce. À titre de comparaison, Abdish, (2024) a enregistré un rendement de 0,36 % pour *Crithmum maritimum,* illustrant également la faible productivité de certaines espèces. Par ailleurs, Khouas (2023) a rapporté des rendements de 1,2 % pour *Mentha piperita* et de 0,6 % pour *Salvia officinalis L.*

Les différences observées dans les rendements peuvent être attribués à plusieurs facteurs, notamment : l'espèce végétale, de la partie utilisée, de la nature de l'organe végétal ainsi que de la durée de séchage avant l'extraction Bouderbala *et al*. (2020). Ces facteurs jouent un rôle crucial

dans la quantité et la qualité de l'huile obtenue. Par ailleurs, Boualleg et Bousnobra (2021) ont indiqué que les variations de la teneur en huiles essentielles peuvent être attribuées à plusieurs facteurs abiotiques tels que la période de récolte, la température, l'humidité, le type de sol et les conditions climatiques ‹ De plus, la technique et le matériel d'extraction utilisés influencent également le rendement final.

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

L'efficacité de l'huile essentielle de *Schinus molle*, issue des régions de Tébessa et de Hammamet, a été évaluée contre *Tribolium castaneum* par fumigation. Les résultats obtenus montrent que l'huile de Tébessa a provoqué des taux de mortalité variant entre 20 % et 100 %, tandis que celle de Hammamet a induit des mortalités comprises entre 17,5 % et 97,5 %. Les mortalités augmentent en fonction du temps d'exposition et des doses de traitement.

Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par Soltani et Abess (2021), qui ont enregistré des mortalités allant de 14 % à 98 % chez *Sitophilus granarius* et de 14 % à 94 % chez *Rhyzopertha dominica*, avec une progression temporelle marquée. L'huile essentielle de *Schinus molle* s'est révélée efficace par fumigation dans leur étude. Par ailleurs, l'étude de Khouas et Sadi (2023) a montré des différences d'efficacité entre plusieurs huiles essentielles utilisées contre *T. castaneum* par fumigation. L'huile essentielle de menthe poivrée a induit un taux de mortalité atteignant 90 %, contre un taux inférieur pour la sauge officinale, soulignant ainsi l'influence du type de plante sur l'activité insecticide.

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

Les résultats de notre étude ont révélé que l'huile essentielle de *Schinus molle* extraite de Tébessa présente une efficacité répulsive élevée, avec des taux variants entre 66 % et 100 % selon la concentration et la durée d'exposition. En revanche, l'huile provenant de Hammamet a affiché des taux plus faibles, allant de 50 % à 78 %, indiquant ainsi une meilleure performance de l'huile de Tébessa.

Les résultats de l'étude menée par Sadi et Khouas (2023) ont montré que l'huile essentielle de *Salvia officinalis* L. possède un pouvoir répulsif faible contre *Tribolium castaneum*, avec un taux de répulsion de 20 % aux doses de 20 et 30 µL, atteignant 60 % à la dose de 40 µL après 30 minutes d'exposition. L'étude de Abdiche et Bouafina (2023) montre que les huiles essentielles extraites des feuilles et des graines de *Crithmum maritimum* ont montré une forte activité

répulsive contre *T. castaneum* et *R. dominica*, atteignant respectivement 99,3 % pour l'huile des feuilles et 98,2 % pour celle des graines à une concentration de 150 ppm, avec une légère supériorité pour l'huile des feuilles à fortes concentrations.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette étude est consacrée à évaluer l'impact des facteurs abiotiques (physiques et chimiques) sur l'activité insecticide et répulsive de l'huile essentielle de *Schinus molle*, collectées à partir de deux régions présentant des caractéristiques environnementales et pédologiques distinctes : Tébessa (milieu urbain) et Hammamet (milieu rural).

L'efficacité de cette huile a été testée contre l'insecte *Tribolium castaneum* à travers des essais biologiques de toxicité par fumigation et des tests répulsifs à différentes concentrations. Les résultats montrent que l'huile essentielle extraite des feuilles de *Schinus molle* de la région de Tébessa présente une forte activité insecticide et répulsive comparativement à celle extraite de Hammamet. De même, l'huile de Tébessa a affiché un pouvoir répulsif important traduisant un effet puissant et durable.

Ces différences d'efficacité entre les deux huiles sont directement liées aux facteurs abiotiques propres à chaque site, tels que la texture du sol, la teneur en calcaire actif, la salinité, le pH et l'humidité. Les analyses pédologiques indiquent que le sol de Tébessa, limoneux-sableux et alcalin, pauvre en matière organique mais riche en calcium actif, pourrait favoriser la concentration des composés bioactifs dans l'huile essentielle. À l'inverse, le sol sableux-limoneux de Hammamet, non salé, semble produire une huile moins riche en composés à activité insecticide élevée malgré un rendement huileux supérieur.

Sur la base de ces observations, cette étude recommande d'élargir les recherches aux huiles essentielles extraites d'autres plantes et d'autres environnements afin de déterminer les conditions optimales de production de composés à forte activité, en mettant l'accent sur l'isolement et la caractérisation des molécules responsables de l'effet insecticide. Cela contribuera au développement de pesticides végétaux efficaces et durables dans le cadre des stratégies intégrées de gestion des ravageurs.

Les études futures devraient se concentrer sur une analyse approfondie des composés chimiques actifs présents dans l'huile essentielle de *Schinus molle*, tout en évaluant l'impact de facteurs environnementaux supplémentaires tels que la température, l'humidité, l'intensité lumineuse, ainsi que les conditions nutritives et pédologiques sur l'efficacité de l'huile. Il est également recommandé de tester cette huile sur diverses espèces d'insectes afin d'élargir son spectre d'utilisation, ainsi que de développer des formes d'application adaptées à la conservation. Par

ailleurs, il est essentiel d'évaluer la toxicité de l'huile sur les organismes non ciblés pour garantir sa sécurité environnementale, et de réaliser des essais sur le terrain afin de confirmer son efficacité en conditions naturelles. De plus, une comparaison avec d'autres huiles essentielles végétales est préconisée afin d'identifier l'option la plus efficace et économique, renforçant ainsi le potentiel d'utilisation de cette huile comme pesticide naturel durable.

RESUMES

RÉSUMÉ

Cette étude vise à évaluer l'impact des facteurs abiotiques (pH, salinité, humidité, matière organique, calcaire actif et total, texture du sol) sur le rendement et l'efficacité biologique de l'huile essentielle extraite de *Schinus molle* issue de deux régions distinctes (Tébessa et Hammamet).

L'huile a été extraite par hydrodistillation, son rendement a été mesuré, puis ses effets insecticides ont été testés sur les adultes de *Tribolium castaneum* à travers des tests de fumigation et de répulsion.

Les résultats montrent un rendement supérieur à Hammamet (2,73 %) par rapport à Tébessa (1,58 %). Les huiles présentent une toxicité notable selon les doses et le temps d'exposition, avec un pouvoir répulsif particulièrement élevé pour l'huile de Tébessa. Cette recherche confirme le rôle majeur des facteurs abiotiques dans l'efficacité des huiles essentielles et suggère leur potentiel comme biopesticides alternatifs dans la lutte contre les ravageurs des denrées stockées.

Mots-clés : *Schinus molle*, huile essentielle, facteurs abiotiques, *Tribolium castaneum*, toxicité, répulsion.

ABSTRACT

This study aims to assess the impact of abiotic factors (pH, salinity, humidity, organic matter, active and total limestone, soil texture) on yield and biological activity of the essential oil extracted from *Schinus molle* collected from two different sites (Tébessa and Hammamet).

The oil was obtained by hydrodistillation, its yield was measured, and its insecticidal effects were tested on *Tribolium castaneum* adults using fumigation and repellency bioassays.

Results indicated that the Hammamet oil had a higher yield (2.73%) compared to Tébessa (1.58%). Both oils exhibited significant fumigant toxicity and increasing repellency with higher concentrations and exposure durations, especially the oil from Tébessa. The study concludes that abiotic factors significantly influence the quality, quantity, and biological efficacy of essential oils, supporting their use as eco-friendly alternatives in stored-product pest management.

Keywords: *Schinus molle*, essential oil, abiotic factors, *Tribolium castaneum*, toxicity, repellency.

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير العوامل البيئية اللاحيـوية (pH، الملوحة، الرطوبة، المادة العضوية، الكلسي النشط والكلي، نسيج التربة) على المردود والفعالية البيولوجية للزيت الأساسي لنبات *Schinus molle* المأخوذة من منطقتين مختلفتين (تبسة وحمامـات).

تم استخلاص الزيت بطريقة التقطير المائي، ثم تم تحديد مردوديته وتقييم نشاطه الحشري على خنفساء الطحين الأحمر *Tribolium castaneum* من خلال اختبار السمية بالتبخير واختبار الطرد.

أظهرت النتائج أن الزيت المستخلص من موقع حمامات سجل مردودًا أعلى (2.73%) مقارنةً بتبسة (1.58%). كما أظهر الزيت فعالية حشرية بنسب وفيات عالية في اختبارات التبخير، ونشاط طردي يتزايد بزيادة التركيز ومدة التعرض، خاصة بزيت تبسة. توصلت الدراسة إلى أن العوامل اللاحيوية تلعب دورًا مهمًا في تعديل جودة وكمية الزيت الأساسي وتأثيره البيولوجي، مما يفتح آفاقًا لاستخدامه كمبيد حشري طبيعي في حماية المخزونات الزراعية.

الكلمات المفتاحية: *Schinus molle*، الزيت الأساسي، العوامل اللاحيوية، *Tribolium Castaneum*، السمية، الطرد.

REFFERECES BIBLIOGRAPHIQUES

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

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

-Abdiche, N., & Bouafina, M. (2024). Analyse des effets insecticides potentiels de l'huile essentielle de *Crithmum maritimum* sur des insectes nuisibles. Mémoire de master, Université Abdelhafid Boussouf – Mila. 98 p.

-**Aoudjit, S., & Benkadour, H. (2023).** Effet des huiles essentielles extraites de plantes aromatiques sur le contrôle des insectes nuisibles dans le stockage du blé : Une étude des propriétés biologiques des terpènes et phénols. Journal des Sciences Agronomiques. 45(3) : 123-134.

-Aoues, K., Boutoumi, H., & Benrima, A. (2017). État phytosanitaire du blé dur locale stocké en Algérie. AGROBIOLOGIA. 7(1) : 286-296.

-Aoudjit, S., & Benkadour, H. (2023). Étude comparative entre deux huiles essentielles du Faux Poivrier : Cas du Nord et Sud Algérien. Mémoire de master académique, Université Kasdi Merbah Ouargla. 62 p.

-Allane, H. (2011). Effet du stress salin sur le rendement en huiles essentielles chez *l'Artemisia herba-alba Asso*. Mémoire de Master, Université Saad Dahlab de Blida.

-Ayad-Zeddam, S. (2024). Étude de l'effet de l'huile essentielle de *Schinus molle* dans la lutte contre *Dactylopius opuntiae*, le principal ravageur *d'Opuntia ficus indica* L. Mémoire de master, Université Aboubakr Belkaid – Tlemcen. 71 p.

B

-Baize, D. (1995). Taux de matières organiques et interprétation des analyses de sols : Guide pratique pour l'interprétation des résultats d'analyses de sols. Paris : INRA Éditions.

-Baize, D. (2000). Guide des analyses en pédologie. Choix, expression, présentation, interprétation (2e éd.). INRA. 257p.

-Baize, D. (2018). Guide des analyses en pédologie. Guide des analyses en pédologie, pp. 1-328.

-Baize. D., & Jabiol. B. (1995). Guide pour la description des sols.

-Balachowsky, A. S. (1962). Entomologie Appliquée À L'agriculture : Coléoptères. (Vol. Numéro 1). Masson, Éd. University of Minnesota.

-Beldjelil, M., & Bekhti, F. (2023). Essai de la production du basilic et extraction des huiles essentielles (cas de la wilaya de Tlemcen). Mémoire de Master, Université de Tlemcen. 97 p.

-Benbouabdellah, K. (2011). Description morphologique, anatomique et dénombrement en huile essentielle de *l'Artemisia herba-alba* récoltée à Reffana (Tébessa). Mémoire de Master, Université Saad Dahlab de Blida. 79 p.

-Benlameur, Z. (2016). Les ravageurs des denrées stockées et leur impact sur la santé humaine. Thèse de doctorat, École nationale supérieure agronomique, Alger. 132p.

-Bennetto, L. (2024). *Schinus molle* Peppercorn. Plants in Focus, Friends of Geelong Botanic Gardens. 10-13

-Bensaadi, N. (2025). Extraction, détermination et valorisation des huiles essentielles de Thuya de Maghreb *etraclinis articulata* (Vahl) Masters. Thèse de doctorat, Université Ibn Khaldoun – Tiaret. 127 p.

-Benzahra, S. (2019). Impact de La Salinite des Eaux et du Potentiel Hydrogène sur L'écophysiologie de Quelques Glycophytes Cultivées En Hors-Sol. Revue Agrobiologia. (1) : 786-791.

-Boualleg, M., & Bousnobra, R. (2021). Optimisation des paramètres d'extraction de l'huile essentielle de *Lavandula stoechas L.* et son application comme antifongique. Mémoire de Master, Université 8 Mai 1945, Guelma, Algérie. 72 p.

-Boudelali, K. & Harazi, N. (2022). Étude morphométrique et influence des facteurs climatiques sur la composition chimique des huiles essentielles de *Pinus halepensis (Mill.)* « *Pin d'Alep* » dans deux régions différentes. Mémoire de Master, Université Saad Dahlab – Blida 1, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie.

-Bouderbala, A., Sandli, R., & Grana, N. (2020). Étude du potentiel de rendement en huiles essentielles de deux espèces végétales du Nord-Est Algérien (*Eucalyptus camaldulensis et Citrus sinensis*). (Mémoire de Master, Université 8 Mai 1945, Guelma, Algérie).

-Bouzidi, A. (2020). Factors influencing the adoption of innovation in agriculture in Algeria: Case of two strategic crops: durum wheat and potato. Revue Cahiers d'Agriculture. 29 (15): 1-10.

-Bruand, A., & Chenu, C. (1994). Constitution physique du sol. Techniques agricoles. Unité de recherche Science du Sol (USS) ; Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), pp.1-12.

C

-Chrysargyris, A., Laoutari, S., Litskas, V., Stavrinides, M., & Tzortzakis, N. (2016). Effects of water stress on lavender and sage: Biomass production, essential oil composition and biocidal properties against *Tetranychus urticae* (Koch). Scientia Horticulturae, 213 : 96-103.

D

-Diallo, F., CAMARA, M., & KONDO, H. (2022). Analyse des fondements théoriques de la sécurité alimentaire. Revue Française d'Economie et de Gestion. 3(11) : 363-385.

-DUCHAUFOUR, P. (1997). Conserving soil resources. European perspectives. Écologie. 28(3) : 273.

-Diomande, L. B., kanko, C., Tia, E. V., kone, B., & Yao-kouam, A. (2014). Occurrence et Composition chimique de l'huile essentielle des feuilles de *Lippia multiflora M.* (thé de savane) Selon le pH, les teneurs en Carbone, en Azote et Phosphore du sol en zones de savane guinéenne En Côte d'Ivoire. Afrique Science : Revue Internationale des Sciences et Technologie. 10(4) : 93-108.

F

-FAO. (2022). Crop Prospects and Food Situation (2022). Quaterly Global Report N04 December 2022. Rome. 42p.

-FAO & OMS. (2014). Code international de conduite pour la gestion des pesticides : Directives sur les pesticides hautement dangereux. Rome : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

-FAS Staff. (2025). Grain and Feed Annual: Algeria (AG2025-0002). U.S. Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service.1-17

-Feller, C. (1982). La matière organique du sol dans quelques agrosystèmes tropicaux (Sénégal) : Utilisation de résidus de récolte (Rapport provisoire, Document de travail). ORSTOM. pp. 1-98.

G

-Gueye, A. C., Diome, T., Thiaw, C., & Sembene, M. (2015). Évolution des paramètres biodémographiques des populations de *Tribolium castaneum* H. (Coleoptera, Tenebrionidae) inféodé dans le mil (*Pennisetum glaucum* Leek) et le maïs (*Zea mays* L.). Journal of Applied Biosciences. 90: 8361-8376.

H

-Hillel, A. (1988). L'Eau et le Sol Principes et processus Physiques. pedasup-Université catholique de Louvain.

I

-Iponga, D. M., Cuda, J. P., Milton, S. J., & Richardson, D. M. (2008). Insect seed predation in *Schinus molle* (Peruvian pepper tree) differs with rainfall seasonality in South Africa: Implications for invasiveness. African Entomology. 16 : 127-131.

K

-Kabri L, (2022). Lutte biologique de Tribolium rouge de la farine *Tribolium castaneum* Par deux huiles essentielles ; l'huile d'Orange doux *Citrus sinensis* et l'huile de Géranium rosat *Pelargonium graveolens*. Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 24p.

-Kassem, M. (2014). Effect of temperature and humidity on development of *Tribolium Castaneum.* Journal of Stored Products Research.

--Khouas, N., & Sadi, H. (2023). Effet insecticide des huiles essentielles de sauge officinale (*Salvia officinalis L.*) et de menthe poivrée (*Mentha piperita*) sur *Tribolium castaneum.* Mémoire de master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 61 p.

M

-Mathieu, C., Pieltain, F., & Jeanroy, E. (2003). Analyse chimique des sols : Méthodes choisies. Tec & doc. 408 p.

-Mbacké, A. A. (2018). Collecte et remontée multi-sauts de données issues de lecteurs RFID pour la surveillance d'infrastructures urbaines. Thèse de doctorat, Université de Lille.139 p.

-Mc Donald, L. L., Guy, R. H. & Speirs, R. D. (1970). Preliminary evaluation of new candidate Materials as toxicants, repellents, and attractants against stored-product insects. Unites States Department Agriculture. Marketing Research Report. 882p.

-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).

-Mamine, F., Fares, M. H., Duteurtre, G., & Madani, T. (2021). Régulation du secteur laitier en Algérie entre sécurité alimentaire et développement d'une production locale : synthèse. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux. 74(2) : 73-81.

-Misra, A. K., Patel, R., & Jha, N. (2021). Modeling the effects of insecticides and external efforts on crop production. Nonlinear Analysis: Modelling and Control. 26(4): 539-558.

-Morales, R. (2002). The history, botany and taxonomy of the *genus Thymus*. In Thyme: The *genus Thymus*. London: Taylor & Francis. (pp. 1-43)

Moustakime, Y., Hazzoumi, Z., & Amrani Joutei, K. (2016). Effect of proteolytic activities in combination with the pectolytic activities on extractability of the fat and phenolic compounds from olives. SpringerPlus. 5(1) : 1-9.

N

-Nait, A. K. (2012). Étude de la composition chimique des essences de quatre espèces *d'eucalyptus* poussant dans la région de Tizi Ouzou (Thèse de Magistère, Université Mouloud Mammeri).

-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.

R

-Rahabi A., Gherib B., Belaifa A. A. (2023). Activité biologique de l'huile essentielle D'une plante aromatique sur deux insectes ravageurs des denrées stockées. Mémoire De Master, Université 8 Mai 1945 Guelma. 94 p.

-Rosua, J. L., & Garcia-Granados, A. (1987). Analysis of essential oils of species of the genus Rosmarinus L. and their interest as a taxonomic characteristic.

-Rouibi, A., Saidi, F., & Boutoumi, H. (2010). Identification par CG/MS et détermination des effets antimicrobiens des huiles essentielles du faux poivrier (*Schinus molle L.*). *Acta Horticulturae.* 853 : 219-228.

S

-Sadi, H., & Khouas, N. (2023). Effet insecticide des huiles essentielles de sauge officinale *(Salvia officinalis L.*) et de menthe poivrée (*Mentha piperita*) sur *Tribolium castaneum.* Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 61 p.

-Schaffer, R. (1975). Matiere organique du sol. 1er séminaire sur la croissance du Maghreb. INA, Alger. 64 p.

-Selmar, D., & Kleinwächter, M. (2013). Influencing the product quality by deliberately applying drought stress during the cultivation of medicinal plants. Industrial Crops and Products. 42: 558-566.

-Soltani, M., & Abess, I. F. Z. (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.

-Souna, H. (2013). Effet de stress salin sur le rendement en huiles essentielles chez *l'Artemisia herba alba Asso* cultivé sous serre (Mémoire de master, Université Saad Dahlab de Blida). DSpace Université de Blida.

T

-Tchoumbougnang, F., Dongmo, P. M. J., Sameza, M. L., Mbanjo, E. G. N., Fotso, G. B. T.& Menut, C. (2009). Activité larvicide sur *Anopheles gambiae Giles* et composition chimique Des

huiles essentielles extraites de quatre plantes cultivées au Cameroun. Biotechnologie, Agronomie Société et Environnement. 13(1) : 77-84.

U

-Unicef. (2024). The State of Food Security and Nutrition in the World 2024.

Z

-Zerrouk, M. (2019). Mise en valeur des huiles essentielles des plantes aromatiques algériennes (*Schinus molle*). Thèse de doctorat, Université Kasdi Merbah, Ouargla. 191 p.

-Zhi-lin, Y., Chuan-chao, D., & Lian-qing, C. (2007). Regulation and accumulation of secondary metabolites in plant-fungus symbiotic system. African Journal of Biotechnology, 6(11) : 1266-1271.