

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DES
SCIENCES DE
LA NATURE ET DE LA VIE
N° :.....



DOMAINE : Sciences de la Nature et de la Vie
FILIERE : BIOTECHNOLOGIE
OPTION : BIOTECHNOLOGIE
VEGETAL

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique
Par:**

CHELLALI Nourelhouda ; HAITAMA Djemaa ; KARA Hibatealah

Intitulé

**Optimisation de l'extraction des métabolites
secondaire et l'activité biologique d'une espèce de la
flore algérienne**

Soutenu : Mercredi 12 Juin 2024 à 11.00 devant le jury composé de:

ADOUI Nabila	MCA	Université de M'Sila	Président
BENDIF Hamdi	Pr.	Université de M'Sila	Rapporteur
CHAABANE Sara	MCB	Université de M'Sila	Examineur
HADJI Marawa	PhD	Université de M'Sila	Invitée

Année universitaire : 2023 /2024

DEDICACE

Avec une fierté immense, je dédie ma réussite à la source de sécurité d'où je puise ma force, à la lumière des yeux de **mon père**, à ceux qui ont été les premiers soutiens de mon ambition, à ceux qui ont été mon refuge et mon bras droit, ma **chère mère**, à ceux avec qui j'ai tracé mon chemin de vie et forgé mon estime de soi, mes sœurs **Khadija** et **Nawal**, à mes frères **Suleiman**, **Ahmed** et **Mohamed**, à mon cher époux **Rashid**, à ceux qui ont guidé mon parcours scientifique, à ceux qui ont illuminé mon chemin scientifique d'une lumière inextinguible, mon cher professeur Jeddawi Al-Masoud, à toute la noble famille, à tous ceux qui m'ont aidé à accomplir ce mémoire, et je dédie cette pensée à l'âme de la bonne femme **Huria**, que Dieu ait pitié d'elle et lui accorde une place dans ses vastes jardins, ainsi qu'à tous ceux que mon cœur a gardés, et que le stylo a pu mentionner.

Djemaa

DEDICACE

Je remercie Dieu Tout-Puissant,

Puis mon père **Kamel** Kara, **ma mère** et mes frères qui étaient toujours avec moi.

À toute ma **famille**, mes **grands-parents**, mes oncles, mon oncle et ma tante.

Au professeur superviseur **Hamdi BENDIF**.

À mes amis qui ont été mon soutien : **Chaima, Zineb, Qamar, Houda, Fatima, Asmaa**.

À mon mari **Abdul Raouf** qui m'a soutenue dans chacune de mes démarches.

Merci à tous.

Hibatealah

DEDICACE

Je remercie Dieu Tout-Puissant, par la grâce duquel les bonnes actions sont accomplies.

Ensuite, après la grâce de Dieu, je remercie mes **parents** et mes **frères** qui m'ont toujours accompagnée dans ma carrière, ainsi qu'un grand merci à l'honorable mari qui m'a soutenue à chaque étape de celle-ci.

Je dois également exprimer ma gratitude envers mon fils bien-aimé, **Zaid**.

Un immense merci également au professeur superviseur, **Hamdi BENDIF**,

à toute ma famille, à la famille de mon mari et à mes amis, **Hiba, Fatima, Nour, Kholoud, et Yasmine**.

Merci à tous.

Nour el-Houda chellali.

Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu le Tout-Puissant, le Miséricordieux, de nous avoir accordé le courage, la force, la santé et la persévérance nécessaires pour mener à bien cette étude dans les meilleures conditions.

Nous exprimons également notre gratitude envers notre directeur de thèse, **Pr. Hamdi BENDIF**, pour avoir accepté de nous encadrer dans la conception et le développement de ce travail, ainsi que pour le dévouement dont il a fait preuve malgré ses multiples obligations professionnelles.

Nous tenons à exprimer notre sincère gratitude au président du jury, **Dr. ADOUI Nabila**, et à l'examineur : **Dr. CHAABANE S., Dr. HADJI M.**, pour leur précieuse contribution à l'évaluation de notre travail. Leur expertise, leurs conseils et leurs commentaires ont été essentiels pour enrichir notre recherche et nous aider à progresser dans notre parcours académique. Nous sommes reconnaissants pour le temps et l'attention qu'ils ont consacrés à examiner notre travail et pour leur engagement envers l'excellence académique. Merci infiniment pour leur soutien et leur implication dans notre réussite académique.

Sommaire

Résumé

Liste des figures

Listes des tableaux

Introduction	1
Chapitre I. Synthèse bibliographique	
I.1. Plantes médicinales	3
1. Généralité sur les plantes médicinales.....	3
2. Origine des plantes médicinales.....	3
3. Importance des plantes médicinales.....	4
4. Métabolites secondaires.....	4
I.2. Monographie de la plante médicinale <i>Mentha suaveolens</i>	5
1. Famille des Lamiacées.....	6
2. Le genre <i>Mentha</i> :	6
3. La plante <i>Mentha suaveolens</i>	7
3.1. Description botanique et Taxonomie de <i>Mentha suaveolens</i> :	7
3.2. Distribution de la plante <i>Mentha suaveolens</i> :.....	8
3.3. Utilisation médicinale de la plante <i>Mentha suaveolens</i> :	8
I.3. Généralités sur les insectes de la farine des céréales	9
1. Introduction.....	9
2. Généralités sur <i>Tribolium confusum</i>	9
3. Effet des extraits de plantes sur <i>Tribolium confusum</i>	10
I.4. Activités biologiques des extraits de plantes.....	10
4.1. Activité antioxydante	10
4.2. Activité antimicrobienne.....	12
4.3. Activité insecticide.....	13
Chapitre 2. Matériels et méthodes	
1. Matériels utilisés.....	16

1.1 Matériels et produits de laboratoire	16
1.2 Matériel biologique	16
1.3. Matériel entomologique	17
2. Préparation des extraits	18
3. Analyses colorimétriques par spectrophotométrie	19
4. Evaluation des activités biologiques	20
4.1. Activité antioxydante	20
4.2. Activité insecticide	23
4.2.1. Evaluation de la toxicité par effet contact	23
4.2.2. Evaluation de la toxicité par effet inhalation	24
4.2.3. Evaluation de la répulsivité des extraits	25
4.3. Activité antimicrobienne	27
Chapitre 3 : Résultat et Discussion	
1. Rendement d'extraction	32
2. Résultats d'analyse spectrophotométrique	33
3. Evaluation des activités biologiques	34
3.1. Activité antioxydante	34
3.2. Activité insecticide	36
3.2.1. Evaluation de la toxicité par effet contact	36
3.2.2. Evaluation de la toxicité par effet inhalation	41
3.2.3. Evaluation de la répulsivité des extraits	45
4. Activité antimicrobienne	48
Conclusion	53
Références	54

Résumé

Ce mémoire de master a porté sur l'étude phytochimique et biologique de la *Mentha suaveolens*, une plante aromatique réputée pour ses vertus médicinales. L'objectif principal était d'approfondir la connaissance des composés de cette plante et d'évaluer leur activité antioxydante, insecticide et antimicrobienne, afin de mieux appréhender son potentiel thérapeutique et ses applications pratiques. La méthodologie a consisté en l'extraction des composés de la plante par macération, donnant des extraits concentrés ethanologique et hexaniques. Le dosage des polyphénols a été réalisé par la méthode de Folin-Ciocalteu, tandis que l'activité antioxydante a été évaluée à l'aide du test DPPH. Les tests d'activité insecticide ont inclus des évaluations par contact, inhalation et répulsion sur des adultes de *Tribolium confusum*, avec l'application directe des extraits sur les insectes pour mesurer la mortalité. Enfin, l'activité antimicrobienne a été étudiée par la technique de diffusion sur disque, permettant une évaluation qualitative. Les résultats ont révélé un rendement d'extraction élevé de 12,5%, indiquant une efficacité notable dans la récupération des composés actifs. Les extraits de *Mentha suaveolens* se sont avérés riches en composés phénoliques, avec des taux élevés de phénols totaux. Concernant l'activité antioxydante, les extraits ethanologique et hexanique ont présenté des IC₅₀ de 0,13 mg/ml et 0,12 mg/ml respectivement, soulignant leur potentiel antioxydant important. Pour l'activité insecticide, les tests ont montré une mortalité moyenne de 85% chez les insectes exposés aux extraits, démontrant ainsi une forte efficacité dans la lutte contre les insectes nuisibles. Par ailleurs, une activité antimicrobienne significative a été observée sur toutes les souches bactériennes testées, notamment contre *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli*. En conclusion, cette étude confirme le potentiel prometteur des extraits de *Mentha suaveolens* en tant qu'agents thérapeutiques. Pour les perspectives futures, il est recommandé de poursuivre les recherches pour approfondir la connaissance des composés actifs, explorer d'autres méthodes d'extraction et d'évaluation de l'activité, et réaliser des tests in vivo pour valider leur efficacité dans des conditions cliniques réelles. Ces avancées pourraient contribuer au développement de nouveaux traitements naturels et à une meilleure utilisation des ressources végétales en santé.

Mots-clés: *Mentha suaveolens*, antioxydante, insecticide, antimicrobienne, polyphénols, DPPH, *Tribolium confusum*.

الملخص:

تركزت هذه الرسالة العلمية على الدراسة الفيتوكيميائية والبيولوجية لنبات النعناع البري (*Mentha suaveolens*) ، وهو نبات عطري مشهور بخصائصه الطبية. كان الهدف الرئيسي هو تعميق المعرفة بالمركبات في هذا النبات وتقييم نشاطها المضاد للأكسدة والمبيد للحشرات والمضاد للميكروبات لفهم أفضل لإمكاناته العلاجية وتطبيقاتها العملية. تضمنت منهجية البحث استخلاص المركبات من النبات من خلال عملية التنقيع بالبارد، مما أسفر عن استخلاصات مركزة من الإيثانول والهكسان. تم قياس كمية البوليفينولات باستخدام طريقة فولين-سيوكالتيو، بينما تم تقييم النشاط المضاد للأكسدة باستخدام اختبار DPPH. شملت اختبارات نشاط المبيدات الحشرية التقييمات بالتلامس والاستنشاق والتأثير الطارد لحشرة *Tribolium confusum* القواطع البنية، مع التطبيق المباشر للمستخلصات على الحشرات لقياس الوفيات. ودرست النشاط المضاد للميكروبات باستخدام تقنية الانتشار على قرص، مما سمح بالتقييم الكيفي. كشفت النتائج عن نسبة استخلاص عالية تبلغ 12.5%، مما يشير إلى كفاءة ملحوظة في استخلاص المركبات النشطة. واتضح أن مستخلصات نبات النعناع البري غنية بالمركبات الفينولية، مع مستويات عالية من الفينول الكلي. وفيما يتعلق بالنشاط المضاد للأكسدة، أظهرت المستخلصات الإيثانولية والهكسانية قيم IC_{50} بلغت 0.13 ملغ/مل و 0.12 ملغ/مل على التوالي، مما يبرز إمكانيتها العالية كمضادات للأكسدة. أما بالنسبة للنشاط المبيد للحشرات، فقد أظهرت الاختبارات متوسط معدل وفيات يبلغ 85% في الحشرات المعرضة للمستخلصات، مما يشير إلى فعالية قوية في مكافحة الحشرات الضارة. وبالإضافة إلى ذلك، لوحظ وجود نشاط مضاد للميكروبات ملحوظ ضد جميع سلالات البكتيريا المختبرة، ولا سيما ضد ستافيلوكوكس أوريوس وإشيريشيا كولاي. في الختام، تؤكد هذه الدراسة على الإمكانات العلاجية الواعدة لمستخلصات نبات النعناع البري. وللأفاق المستقبلية، يُوصى بمواصلة البحث لتعميق فهم المركبات النشطة، واستكشاف طرق استخراج وتقييم نشاط أخرى، وإجراء اختبارات في الجسم لتحقيق فعاليتها تحت ظروف سريرية حقيقية. يمكن أن تسهم هذه التطورات في تطوير علاجات طبيعية جديدة واستخدام أفضل للموارد النباتية في الرعاية الصحية.

الكلمات الرئيسية: *Mentha suaveolens* ، مضاد للأكسدة، مبيد حشري، مضاد للميكروبات، بوليفينولات، DPPH، *Tribolium confusum*

Abstract

This master's work focused on the phytochemical and biological study of *Mentha suaveolens*, a aromatic plant renowned for its medicinal properties. The main objective was to deepen the knowledge of the compounds in this plant and evaluate their antioxidant, insecticidal, and antimicrobial activity to better understand its therapeutic potential and practical applications. The methodology involved extracting compounds from the plant through maceration, resulting in concentrated ethanol and hexanic extracts. Polyphenol quantification was conducted using the Folin-Ciocalteu method, while antioxidant activity was assessed using the DPPH test. Insecticidal activity tests included evaluations by contact, inhalation, and repellency on adult *Tribolium confusum*, with direct application of the extracts on the insects to measure mortality. Lastly, antimicrobial activity was studied using the disk diffusion technique, allowing for qualitative evaluation. The results revealed a high extraction yield of 12.5%, indicating notable efficiency in recovering active compounds. *Mentha suaveolens* extracts were found to be rich in phenolic compounds, with high total phenol levels. Regarding antioxidant activity, the ethanol and hexane extracts showed IC₅₀ values of 0.13 mg/ml and 0.12 mg/ml respectively, highlighting their significant antioxidant potential. For insecticidal activity, tests demonstrated an average mortality rate of 85% in insects exposed to the extracts, indicating strong efficacy in combating harmful insects. Additionally, significant antimicrobial activity was observed against all tested bacterial strains, particularly against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. In conclusion, this study confirms the promising potential of *Mentha suaveolens* extracts as therapeutic agents. For future perspectives, further research is recommended to deepen the understanding of active compounds, explore other extraction and activity evaluation methods, and conduct in vivo tests to validate their effectiveness under real clinical conditions. These advancements could contribute to the development of new natural treatments and a better utilization of plant resources in healthcare.

Keywords: *Mentha suaveolens*, antioxidant, insecticidal, antimicrobial, polyphenols, DPPH, *Tribolium confusum*

Liste des figure

Figure01 : La plante <i>Mentha suaveolens</i> (photo personnelle bejaia 2023).....	7
Figure02 : <i>Tribolium</i> rouge de la farine.....	10
Figure03 : Spécimen de la partie aérienne de <i>Mentha suaveolens</i> (Mai 2023) Béjaïa, Pr. K. Rebbas Université de M'Sila (Algérie).....	17
Figure04 : Elevage en masse de <i>Tribolium castaneum</i> (photo originale).....	17
Figure05 : Les étapes de la préparation des extraits.....	18
Figure 06 : réduction du DPPH* par un antioxydant.....	21
Figure 07 : pourcentage d'inhibition de l'extrait hexanique de <i>Mentha suaveolens</i>	21
Figure08 : Pourcentage d'inhibition de l'extrait éthanolique de <i>Mentha suaveolens</i>	21
Figure09 : Dispositif expérimental du traitement par contact des insectes	24
Figure10 : Dispositif expérimental de test d'inhalation (Photo originale).....	25
Figure11 : Dispositif expérimental de test de répulsivité.(Photo originale).....	26
Figure12 : Les différentes dilutions d'extrait de plante.....	28
Figure 13 : Principe de l'aromatogramme.....	29
Figure 14 : Méthode de diffusion sur disque (aromatogramme).....	30
Figure 15 : La concentration (IC50) d'extrait de <i>Mentha suaveolens</i>	35
Figure 16: Mortalité corrigée des adultes de <i>T. confusum</i> traitée par l'extrait éthanolique	38
Figure 17: Mortalité corrigée des adultes de <i>T. confusum</i> traitée par l'extrait hexanique.....	39
Figure 18: Détermination de la DL50 De l'extrait hexanique.....	40
Figure 19: Détermination de la DL50 De l'extrait éthanolique.....	41
Figure 20: Mortalité corrigée des adultes de <i>T. confusum</i> traitée par l'extrait hexanique	43
Figure 21: Mortalité corrigée des adultes de <i>T. confusum</i> traitée par l'extrait éthanolique...	44
Figure 22 : Photos montrant des zones d'inhibition de la croissance bactérienne.....	49

Listes des tableaux :

Tableau 01: Préparation de la gamme d'étalon de l'acide gallique	19
Tableau 02 : Les réactifs utilisés.....	21
Tableau 03 : le classement proposé par Mc Donald et ses collaborateurs.....	26
Tableau04: Les souches bactériennes sélectionnées:.....	27
Tableau05 : Rendement d'extraction de <i>Mentha suaveolens</i>	33
Tableau 06 : la teneur en polyphénols.....	33
Tableau 07: Valeurs de la mortalité moyenne des adultes de <i>T. confusum</i> traitée par l'extrait hexanique en fonction de la dose et du temps.....	37
Tableau08 : Valeurs de la mortalité moyenne des adultes de <i>T. confusum</i> traitée par l'extrait éthanolique en fonction de la dose et du temps.....	37
Tableau 09 : Valeurs de la mortalité corrigée MC (%) et de Probit des adultes de <i>T. confusum</i> traitée par l'extrait éthanolique en fonction de la dose et du temps.....	38
Tableau10 : Valeurs de la mortalité corrigée et de Probit des adultes de <i>T. confusum</i> traitée par l'extrait hexanique en fonction de la dose et du temps.....	39
Tableau 11 : Les DL50 obtenus par la méthode de Finney après 48h de traitement.....	40
Tableau 12 : Les équations des droites de régressions. (y: probits des taux de mortalités, x: logarithme décimal des concentrations. R ² : Coefficient de détermination).....	40
Tableau 13: Valeurs de la mortalité corrigée des adultes de <i>T. confusum</i> traitée par l'extrait hexanique en fonction de la dose et du temps par inhalation.....	42
Tableau 14: Les valeurs de la mortalité corrigée des adultes de <i>T. confusum</i> traitée par l'extrait éthanolique en fonction de la dose et du temps par inhalation.....	42
Tableau15 : Nombre de <i>T. confusum</i> recensés dans les parties traitées et non traitées de l'extrait éthanolique de plante.....	47
Tableau16 : Nombre de <i>T. confusum</i> recensés dans les parties traitées et non traitées de l'extrait hexanique de plante.....	47
Tableau 17: le pourcentage et le classement de répulsion de l'extrait hexanique de plante.....	48
Tableau 18: Diamètre des zones d'inhibition (mm) des différentes concentrations de l'extrait hexanique de <i>Mentha suaveolens</i> et du DMSO vis-à-vis des différentes souches bactériennes.....	50
Tableau 19: Diamètre des zones d'inhibition (mm) des différentes concentrations l'extrait éthanolique de <i>Mentha suaveolens</i> et du DMSO relatif aux différentes souches bactériennes.....	50

Introduction

Introduction

Les plantes médicinales ont joué un rôle essentiel dans les sociétés humaines depuis les temps les plus reculés. Leur utilisation remonte à l'aube de l'humanité, lorsque nos ancêtres ont découvert les propriétés curatives des plantes qui les entouraient. En Algérie et dans le Maghreb, cette tradition millénaire de la phytothérapie a perduré à travers les âges, façonnant la culture et les pratiques médicales de la région. L'Algérie, pays riche en biodiversité, abrite une multitude de plantes aux propriétés médicinales remarquables. De l'Atlas saharien aux montagnes de Kabylie, en passant par les plaines côtières, chaque région recèle des trésors botaniques utilisés depuis des siècles par les populations locales pour soigner divers maux. Ces plantes, souvent transmises de génération en génération, sont le fruit d'un savoir ancestral précieux qui se perpétue encore aujourd'hui. Dans ce contexte, la phytothérapie occupe une place prépondérante dans le système de santé traditionnel en Algérie. Les herboristes, les guérisseurs et les praticiens de médecine traditionnelle jouent un rôle crucial en offrant des remèdes naturels à base de plantes pour traiter un large éventail de maladies. Leur expertise repose sur une connaissance approfondie des plantes médicinales, de leurs propriétés pharmacologiques et de leurs modes d'utilisation, transmise de génération en génération.

Dans ce contexte on focalise dans de ce mémoire sur l'étude de la plante médicinale *Mentha suaveolens* (menthe) par l'extraction des composés phytochimiques, la caractérisation des constituants chimiques par des techniques analytiques appropriées (chromatographie, spectrométrie, etc.), et l'évaluation des activités biologiques des extraits de la plante (activité antimicrobienne, antioxydante, insecticides etc.).

Les objectifs de la recherche menée dans ce mémoire sont sur l'étude de la plante médicinale *Mentha suaveolens* et qui sont multiples et visent à approfondir la connaissance de cette plante aromatique sous différents aspects :

- *Étudier la composition phytochimique de *Mentha suaveolens* pour identifier les principaux composés actifs présents dans la plante.
- *Évaluer l'activité antioxydante de *Mentha suaveolens* afin de comprendre son potentiel en tant qu'agent antioxydant naturel.
- *Investiguer l'activité insecticide de la plante pour explorer ses propriétés répulsives ou toxiques vis-à-vis des insectes nuisibles.
- *Analyser l'activité antimicrobienne de *Mentha suaveolens* contre des micro-organismes pathogènes pour évaluer son potentiel en tant qu'agent antimicrobien naturel.

La problématique de cette recherche réside dans la nécessité d'approfondir la connaissance des propriétés pharmacologiques et des activités biologiques de *Mentha suaveolens*, en particulier en ce qui concerne son potentiel antioxydant, insecticide et antimicrobien. Il s'agit de comprendre comment les composés présents dans cette plante peuvent agir sur différents organismes et quelles applications thérapeutiques ou environnementales peuvent en découler.

L'étude de *Mentha suaveolens* revêt une importance significative dans le domaine de la phytothérapie et de la lutte antiparasitaire en raison de ses potentielles propriétés médicinales et insecticides. Comprendre les mécanismes d'action des composés de cette plante peut ouvrir la voie au développement de nouveaux agents thérapeutiques naturels et de produits respectueux de l'environnement pour lutter contre les maladies et les ravageurs. De plus, cette recherche contribue à enrichir la base de connaissances sur les plantes médicinales et à promouvoir leur utilisation dans des applications pratiques bénéfiques pour la santé humaine et l'environnement.

La structure de ce mémoire sur l'étude de la plante médicinale *Mentha suaveolens* est organisée de manière à présenter de manière claire et logique les différentes étapes de la recherche menée.

En commençant par : Introduction, qui expose le contexte de l'étude, les objectifs de la recherche, la problématique, l'importance du sujet et la méthodologie utilisée.

Chapitre de synthèse bibliographique : Une revue de la littérature sur le sujet de recherche, mettant en lumière les travaux antérieurs, les concepts clés et les lacunes à combler.

Chapitre de méthodologie : Description détaillée des méthodes et des outils utilisés pour mener l'étude, y compris les matériaux, les techniques d'analyse, les protocoles expérimentaux, etc.

Chapitre de résultats et discussion : Présentation des données obtenues au cours de l'étude, souvent sous forme de tableaux, de graphiques ou de figures, suivie d'une analyse des résultats. Aussi, Interprétation des résultats, comparaison avec la littérature existante, discussion des implications des résultats et des limites de l'étude.

Conclusion : Récapitulation des principaux résultats, des contributions de l'étude, des recommandations et des perspectives pour de futures recherches.

Bibliographie : Liste de toutes les sources citées dans le mémoire, suivant un format bibliographique spécifique.

Chapitre I. Synthèse bibliographique

Chapitre I. Synthèse bibliographique

I.1. Plantes médicinales

1. Généralité sur les plantes médicinales

L'utilisation des plantes pour leurs propriétés médicinales est une pratique ancienne qui remonte aux premières civilisations et qui a été préservée à travers les siècles dans le monde entier (**Landoulsi et al., 2018**). En Algérie et dans le Maghreb, les premières écritures sur les plantes médicinales remontent au 9ème siècle, où Ishâ-Ben-Amran a rédigé divers traités sur la médecine et les drogues simples (**Baba Aissa, 2000**). Pendant la période du colonialisme français, de 1830 à 1962, des botanistes ont réussi à cataloguer un grand nombre d'espèces médicinales dans un livre publié en 1942 par Fourment et Roques. Ils ont mentionné 200 espèces décrites et étudiées, la plupart d'entre elles se trouvant dans le nord de l'Algérie, avec seulement 6 espèces répertoriées au Sahara. Aujourd'hui, en Algérie, la phytothérapie est largement répandue pour le traitement de plusieurs maladies telles que le diabète, le rhumatisme, la minceur et même des affections considérées comme incurables (**Belkhodja, 2016**). Une plante médicinale est une plante dont l'un des organes, tel que la feuille ou l'écorce, possède des vertus curatives, et parfois toxiques selon son dosage. Au Moyen Âge, on parlait de simples. L'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) considère comme "plante médicinale" tout végétal contenant, dans l'un ou plusieurs de ses organes, des substances pouvant être utilisées à des fins thérapeutiques ou qui sont précurseurs dans la synthèse chimico-pharmaceutique (**OMS, 2000**).

2. Origine des plantes médicinales

Les plantes sauvages sont des membres du règne végétal capables de se reproduire sans l'aide de l'homme. La première catégorie de plantes est appelée "spontanée", tandis que les plantes introduites par l'homme s'adaptent ensuite parfaitement à leur nouvel environnement (**Couplan, 2009**). Dans la majorité des cas, les plantes médicinales sont obtenues par culture. Ce mode de production peut être organisé afin d'abaisser les coûts de production. De plus, la qualité des plantes cultivées peut être améliorée pour augmenter les teneurs en principes actifs et renforcer leur résistance à divers agents tels que les conditions climatiques défavorables, les maladies et les parasites.

3.Importance des plantes médicinales

Au cours des dernières décennies, la recherche pharmaceutique a décrypté la composition chimique de nombreuses plantes médicinales. L'industrie pharmaceutique a réussi à reproduire chimiquement un grand nombre de leurs composantes et à découvrir de nouvelles combinaisons, au bénéfice des patients et de la préservation des ressources naturelles. Chaque plante est composée de milliers de substances actives présentes en quantité variable. Ces principes actifs isolés ne sont pas très efficaces individuellement, mais lorsqu'ils sont combinés avec d'autres substances de la plante, ils révèlent leur potentiel pharmacologique. Les plantes médicinales ont des effets curatifs et préventifs. Les premiers produits de la photosynthèse sont des métabolites primaires tels que les sucres, les acides gras et les acides aminés. Par la suite, les métabolites spécialisés sont produits, qui possèdent des vertus thérapeutiques (**Bruneton, 1999**).

4. Métabolites secondaires

Les métabolites secondaires sont des composés biosynthétisés naturellement par les végétaux mais qui ne participent pas directement au métabolisme végétal (**Guillaume et Charrouf, 2005**). Leurs principales fonctions dans les plantes sont la protection contre les virus, les maladies bactériennes, les infections fongiques, et la résistance au stress environnemental (**Pegoraro, 2007**). Les substances naturelles issues du métabolisme secondaire sont classifiées en plusieurs grands groupes, qui sont très inégalement répartis chez les végétaux (**Macheix et al., 2005**). Ces composés sont très nombreux et variés, certains étant largement répandus comme les alcaloïdes, les terpènes et les tanins, tandis que d'autres ont une distribution plus restreinte comme les composés soufrés (**Najjaa et al., 2011**).

4.1. Les polyphénols

Les polyphénols sont caractérisés par la présence de plusieurs groupements phénoliques et possèdent d'autres fonctions telles qu'alcoolique, carboxylique, etc. Ils regroupent un vaste ensemble de substances chimiques comprenant au moins un noyau aromatique, ainsi qu'un ou plusieurs groupes hydroxyles. Ils peuvent être des molécules simples, comme les acides phénoliques, les tanins et coumarines, les anthocyanidines, les flavonoïdes, et les lignines. Actuellement, plus de 8000 composés ont été isolés et identifiés (**Mompon et al., 1998**). Ils sont présents dans tous les niveaux de la plante, des racines aux fleurs, et jouent un rôle important dans de nombreux processus physiologiques tels que la croissance cellulaire, la rhizogenèse, la germination des graines et la maturation des fruits. Leur rôle d'antioxydants naturels suscite de

plus en plus d'intérêt pour la prévention et le traitement du cancer, des maladies inflammatoires et cardiovasculaires, ainsi que pour leur utilisation comme additifs dans l'industrie agroalimentaire, pharmaceutique et cosmétique (Talbi et al., 2015).

4.2. Les terpènes

Le terme "terpène", inventé par Kekulé, vient de leur origine historique de l'arbre térébinthe (*Pistacia Terebinthus*). Ils représentent l'une des plus grandes catégories de métabolites secondaires (Leonard et al., 2010) et constituent la famille de produits naturels la plus diverse structurellement, stéréochimiquement et fonctionnellement, avec plus de 55 000 molécules identifiées à ce jour dans toutes les formes de vie (Christianson, 2008). Tous les terpénoïdes proviennent des précurseurs simples à 5 atomes de carbone, l'isopentényl diphosphate (IPP) et son isomère le diméthylallyl diphosphate (DMAPP), assemblés et modifiés de milliers de façons. Les terpènes ont une masse moléculaire relativement faible, ce qui leur confère un caractère volatil et est à l'origine de leurs propriétés olfactives (Jean, 2009). Ils sont classés selon le nombre d'unités isoprène dans leur structure de base en terpènes simples ou monoterpènes, sesquiterpènes, triterpènes, etc. Chez les végétaux, les terpénoïdes sont produits par tous les tissus végétatifs, y compris les racines, et sont souvent colorés et plus légers que l'eau. Ils possèdent des fonctions biologiques importantes dans la croissance, le développement et le métabolisme général des plantes, ainsi que dans leurs interactions avec l'environnement (Tholl, 2006).

4.3. Les alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des substances naturelles stables, cycliques, contenant dans leurs structures un ou plusieurs atomes d'azote. Plus de alcaloïdes ont été identifiés, principalement dans les plantes à fleurs, mais ils sont également produits par d'autres organismes tels que les fourmis, les grenouilles et les coccinelles (Dunet et al., 2009). Ils sont produits à partir de différentes voies biosynthétiques, la plupart du temps à partir des acides aminés (Dewick, 2002), et sont classés en fonction de l'acide aminé qui fournit l'atome d'azote. Par exemple, la lysine produit la pipéridine, la quinolizidine alcaloïde et l'acide nicotinique produisent de la pyridine, et la tyrosine produit des phényléthylamines et des tétrahydroisoquinolines simples (Dewick, 2002). Les alcaloïdes sont largement utilisés dans le domaine de la santé, avec des exemples tels que la morphine pour ses puissantes activités thérapeutiques, l'opium pour ses propriétés analgésiques, la vinblastine et la vincristine pour leurs propriétés anticancéreuses, et la quinine pour traiter le paludisme (Dunet et al., 2009).

I.2. Monographie de la plante médicinale *Mentha suaveolens*

1. Famille des Lamiacées

La famille des Lamiacées, également connue sous le nom de famille des Labiées, est une famille de plantes à fleurs largement répandue dans le monde entier. Les plantes de cette famille se trouvent dans une grande variété d'habitats, des régions tempérées aux climats tropicaux. Elles sont souvent présentes dans les prairies, les forêts, les zones humides et les régions montagneuses. Les membres de cette famille se présentent généralement sous forme d'herbes, d'arbustes ou d'arbres. Ils sont caractérisés par leurs feuilles opposées, souvent aromatiques, et leurs fleurs à corolle bilabée. Les feuilles des Lamiacées sont souvent simples, avec des bords dentelés ou crénelés. Elles sont généralement riches en huiles essentielles, ce qui leur confère souvent une odeur distinctive. Les fleurs des Lamiacées sont généralement regroupées en inflorescences caractéristiques, telles que des épis ou des verticilles. Elles sont bilabées, avec une lèvre supérieure et une lèvre inférieure, et peuvent être de différentes couleurs.

De nombreuses espèces de Lamiacées sont utilisées en médecine traditionnelle pour leurs propriétés médicinales. Leurs feuilles, fleurs et racines sont souvent utilisées pour traiter une variété de troubles de santé. Plusieurs membres de cette famille sont utilisés comme herbes aromatiques dans la cuisine. La menthe, le basilic, le romarin et le thym sont parmi les plus connus pour leur utilisation en cuisine. Les huiles essentielles extraites de certaines Lamiacées sont utilisées en parfumerie et dans l'industrie des cosmétiques pour leurs arômes agréables et leurs propriétés bénéfiques pour la peau. Certains membres de cette famille sont cultivés comme plantes ornementales pour leurs feuilles attrayantes et leurs fleurs colorées (**Quezel & Santa, 1962; Harley, 2004**).

2. Le genre *Mentha* :

La menthe (*Mentha*), appartenant à la famille des Lamiacées, est une plante herbacée vivace au parfum distinctif. Ce genre compte environ 20 espèces réparties à travers le monde, parmi lesquelles certaines, comme *M. pulegium* et *M. suaveolens*, poussent spontanément en Algérie. La Menthe revête une grande importance en raison de leur polyvalence d'utilisation. Elles sont largement exploitées dans divers domaines, notamment, la médecine traditionnelle, Cuisine, Cosmétiques en raison de leurs propriétés bénéfiques pour la peau et les cheveux. Aromathérapie : Les huiles essentielles sont utilisées en aromathérapie pour leurs propriétés relaxantes et

apaisantes. Production d'huiles essentielles : la menthe, sont cultivées à des fins commerciales pour la production d'huiles essentielles utilisées dans divers produits (Riahi et al., 2013).

3. La plante *Mentha suaveolens*

3.1. Description botanique et Taxonomie de *Mentha suaveolens*:

Mentha suaveolens, également connue sous le nom de menthe odorante ou menthe ananas, est une plante herbacée vivace. Elle se caractérise par des feuilles ovales, crénelées et légèrement velues, et des fleurs blanches ou roses regroupées en épis à l'extrémité des tiges. Cette plante aromatique atteint généralement une hauteur de 30 à 60 cm et se propage facilement grâce à ses rhizomes (Figure 01).

Plante à fleurs en épis cylindriques terminaux sans feuilles. Corolle non velue à la gorge. Feuilles sessiles ou presque sessiles, ovales obtuses de moins du double de leur largeur, ridées en réseau. Plante pubescente avec des épis floraux minces et allongés provenant de lieux humides et inondés. L'aire d'origine de cette espèce est la Macaronésie, de l'Europe à la Méditerranée. C'est une plante vivace qui pousse principalement dans le biome tempéré. Elle est utilisée à des fins environnementales, médicinales et alimentaires (POWO, 2024 ; Quezel et Santa, 1963).



A ; les feuilles ; B : la plante complete

Figure 01 : La plante *Mentha suaveolens* (photo personnelle, Rebbas bejaia 2023)

La plante *Mentha suaveolens* appartient au règne Plantae (plantes), à la division Magnoliophyta (plantes à fleurs), à la classe Magnoliopsida (dicotylédones), à l'ordre Lamiales, à la famille des Lamiaceae (Lamiacées), et au genre *Mentha*. Son nom binomial est *Mentha suaveolens*.

La taxonomie complète de la plante est la suivante :

Règne : Plantae (Plantes)

Division : Magnoliophyta (Plantes à fleurs)

Classe : Magnoliopsida (Dicotylédones)

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiaceae (Lamiacées)

Genre : *Mentha*

Espèce : *Mentha suaveolens*

Cette classification taxonomique est basée sur les caractéristiques morphologiques, anatomiques et génétiques de la plante.

3.2. Distribution de la plante *Mentha suaveolens*:

La plante *Mentha suaveolens* est largement répandue dans le monde entier, mais elle est plus abondante dans les régions tempérées de l'hémisphère nord. En Europe, elle est présente dans de nombreux pays, notamment en France, en Italie, en Espagne, en Allemagne et au Royaume-Uni. En Asie, on la trouve notamment en Russie, en Turquie et en Inde. Elle est également répandue en Afrique du Nord, y compris en Algérie. En Algérie, *Mentha suaveolens* est principalement présente dans les régions tempérées et humides, telles que les montagnes et les zones côtières. Elle peut être trouvée le long des cours d'eau, dans les prairies humides et les zones marécageuses (POWO, 2024 ; Quezel et Santa, 1963).

3.3. Utilisation médicinale de la plante *Mentha suaveolens*:

La plante *Mentha suaveolens* est utilisée dans la médecine traditionnelle pour ses propriétés médicinales comme le traitement des troubles gastro-intestinaux (soulager les maux d'estomac, les ballonnements, les nausées et les troubles digestifs). Soulagement des voies respiratoires, les feuilles de *menthe suaveolens* peuvent être utilisées pour soulager la toux, les maux de gorge et les problèmes respiratoires mineurs. Effet antispasmodique, certains composés présents dans la *menthe suaveolens* ont des propriétés antispasmodiques, ce qui peut aider à soulager les crampes musculaires et les spasmes intestinaux. Action anti-inflammatoire, des études suggèrent que la *menthe suaveolens* pourrait avoir des propriétés anti-inflammatoires, ce qui en fait un remède potentiel pour soulager les douleurs articulaires et musculaires. Effet rafraîchissant, en raison de son arôme rafraîchissant et de ses propriétés aromatiques, la *menthe suaveolens* est souvent

utilisée dans les produits d'hygiène buccale, les baumes pour les lèvres et les produits de soins de la peau (Bouhdid et al., 2010 ; Zekri et al., 2013).

I.3. Généralités sur les insectes de la farine des céréales

1. Introduction

Les insectes des céréales, souvent appelés "insectes de la farine", sont des ravageurs courants qui infestent les céréales stockées. Parmi les insectes les plus courants dans ce contexte:

Tribolium confusum (le charançon de la farine)

Tribolium confusum (le charançon de la farine confus)

Sitophilus granarius (le charançon du blé)

Sitophilus oryzae (le charançon du riz)

Rhyzopertha dominica (le charançon du grain)

Ces insectes peuvent causer des dommages importants aux céréales stockées, réduisant leur valeur nutritionnelle et commerciale. Ils peuvent également contaminer les aliments avec des excréments et des cadavres, ce qui pose des risques pour la santé humaine (Hagstrum & Subramanyam, 2009; Athanassiou et al., 2019).

2. Généralités sur *Tribolium confusum*

Tribolium confusum, également connu sous le nom de "coléoptère de la farine", est une espèce de coléoptères de la famille des Tenebrionidae. Le *Tribolium confusum* est originaire d'Asie mais est maintenant répandu dans le monde entier en raison de son association avec les grains stockés. Ces coléoptères sont souvent trouvés dans les entrepôts, les silos à grain, les moulins à farine et d'autres installations de stockage de grains. Ils se nourrissent de grains et de produits à base de céréales, ce qui les rend nuisibles aux stocks de denrées alimentaires. Le cycle de vie du *Tribolium confusum* comprend les stades d'œuf, de larve, de nymphe et d'adulte. Les conditions idéales pour leur développement sont une température chaude et une humidité relative élevée. En raison de leur capacité à infester et à endommager les stocks de grains, le *Tribolium confusum* est considéré comme un ravageur économique important dans l'industrie alimentaire. Le contrôle de cette espèce peut être réalisé par des moyens tels que la gestion des stocks, le traitement chimique des entrepôts, l'utilisation de pièges et de prédateurs naturels. (Figure 02).



Figure 02 : *Tribolium* rouge de la farine

3. Effet des extraits de plantes sur *Tribolium confusum*

L'effet des extraits de plantes et des huiles essentielles sur *Tribolium confusum* (coléoptère de la farine) a été étudié dans diverses recherches. Certains extraits de plantes et huiles essentielles ont montré un effet répulsif sur *Tribolium confusum*, les empêchant de s'installer dans les stocks de grains ou réduisant leur taux d'infestation. De nombreux extraits de plantes et huiles essentielles ont également montré des propriétés insecticides contre *Tribolium confusum*, provoquant la mortalité des coléoptères à différents stades de développement, y compris les œufs, les larves et les adultes. Certains extraits de plantes ont été observés pour inhiber le développement des stades larvaires de *Tribolium confusum*, réduisant ainsi la population d'insectes adultes. Les extraits de plantes peuvent également perturber le comportement de *Tribolium confusum*, affectant leur capacité à se nourrir, se reproduire ou à trouver des sites de ponte appropriés (**Regnault-Roger et al., 1993**).

I.4. Activités biologiques des extraits de plantes

4.1. Activité antioxydante

L'organisme dispose d'un ensemble de systèmes de défense très efficaces contre la surproduction d'espèces réactives de l'oxygène (ERO) et d'espèces réactives de l'azote (ERN) (**Halliwell, 1999**). Les antioxydants sont définis par Halliwell (1999) comme « toute substance qui, en faible concentration par rapport au substrat susceptible d'être oxydé, prévient ou ralentit l'oxydation de ce substrat ». Ils peuvent être classés selon leur mode d'action, leur localisation cellulaire et leur origine (**Halliwell, 1999**).

Les extraits de plantes sont riches en composés phénoliques, flavonoïdes, caroténoïdes, tocophérols et acides ascorbiques, qui sont des antioxydants naturels (**Prior et al., 2005**). Ces composés interagissent avec les radicaux libres pour neutraliser leur action oxydante et protéger les cellules contre les dommages oxydatifs (**Wang et Jiao, 2000**).

L'activité antioxydante des extraits de plantes peut être évaluée à l'aide de diverses méthodes *in vitro*, telles que le piégeage des radicaux libres, l'activité de piégeage des ions métalliques, et l'activité de réduction des capacités ferriques (**Prior et al., 2005**). Ces méthodes permettent de mesurer la capacité des extraits de plantes à neutraliser les radicaux libres et à prévenir les dommages oxydatifs. Des études ont montré que les extraits de plantes présentent une activité antioxydante significative, ce qui peut contribuer à prévenir diverses maladies chroniques telles que les maladies cardiovasculaires, le cancer et le vieillissement prématuré (**Prior et al., 2005**). De plus, l'activité antioxydante des extraits de plantes peut également jouer un rôle dans la préservation des aliments en inhibant l'oxydation des lipides et en prolongeant leur durée de conservation (**Wang et Jiao, 2000**).

La plante *Mentha suaveolens*, également connue sous le nom de menthe à feuilles rondes, quelques études ont également été réalisées, et qui fournissant des informations sur ses propriétés bénéfiques pour la santé. **El Ouariachi et al. (2018)** ont évalué l'activité antioxydante de l'huile essentielle de *Mentha suaveolens*. Les résultats ont montré que l'huile essentielle avait une forte activité antioxydante, mesurée par plusieurs tests *in vitro*, tels que le piégeage des radicaux libres et l'inhibition de la peroxydation lipidique. Ces résultats suggèrent que l'huile essentielle de *Mentha suaveolens* pourrait être utilisée comme agent antioxydant naturel dans l'industrie alimentaire et pharmaceutique. **Benabdallah et al. (2016)** ont examiné les effets de l'extrait aqueux de *Mentha suaveolens* sur le stress oxydatif induit chez des rats. Les résultats ont montré que l'extrait avait des propriétés antioxydantes significatives, réduisant les dommages causés par le stress oxydatif dans les tissus des rats traités. Ces résultats suggèrent que *Mentha suaveolens* pourrait avoir un potentiel thérapeutique dans la prévention et le traitement des maladies liées au stress oxydatif chez l'homme. **Dib et al. (2014)** ont évalué l'activité antioxydante des extraits de *Mentha suaveolens* utilisant plusieurs tests *in vitro*. Les résultats ont montré que les extraits de cette plante présentaient une activité antioxydante significative, attribuée à leur teneur élevée en composés phénoliques et flavonoïdes. Ces résultats suggèrent que *Mentha suaveolens* pourrait être utilisée comme source d'antioxydants naturels pour prévenir les dommages oxydatifs dans le corps humain. Ces études démontrent que *Mentha suaveolens* possède une activité antioxydante importante, ce qui en fait une plante intéressante pour ses applications potentielles

dans la prévention des maladies liées au stress oxydatif. Cependant, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour comprendre pleinement les mécanismes d'action de cette plante et son potentiel thérapeutique dans différentes conditions pathologiques.

4.2. Activité antimicrobienne

L'activité antibactérienne des extraits de plantes est un domaine de recherche crucial dans le développement de nouvelles thérapies antimicrobiennes. De nombreuses études ont été menées pour évaluer l'efficacité des extraits de plantes contre diverses souches bactériennes, démontrant ainsi leur potentiel en tant qu'agents antimicrobiens. L'activité antibactérienne de la plante *Mentha suaveolens* a été largement étudiée, mettant en lumière ses propriétés bénéfiques dans la lutte contre les infections bactériennes. Une étude de **Bouhdid et al. (2010)** a examiné l'activité antibactérienne des extraits de *Mentha suaveolens*, montrant leur efficacité contre des souches bactériennes pathogènes, y compris *Staphylococcus aureus* et *Escherichia coli*. **Bouhdid et al. (2010)** ont examiné l'activité antibactérienne de l'huile essentielle de *Mentha suaveolens*. Les résultats ont montré que l'huile essentielle présentait une activité significative contre un large éventail de bactéries pathogènes, y compris des souches résistantes aux antibiotiques. Cette activité antibactérienne a été attribuée à la nature chimique des molécules aromatiques présentes dans l'huile essentielle. **Lakhdar (2015)** ont également évalué l'activité antibactérienne des extraits de *Mentha suaveolens*. Les résultats ont montré que les extraits de cette plante avaient à la fois un effet bactéricide, en tuant directement les bactéries, et un effet bactériostatique, en inhibant leur croissance. Ces effets ont été observés contre plusieurs souches bactériennes pathogènes, suggérant un large spectre d'action. Une étude de **Mimica-Dukić et al. (2003)** a examiné l'activité antibactérienne des extraits aqueux et alcooliques de *Mentha suaveolens* contre différentes souches de bactéries. Les résultats ont montré que les extraits de cette plante avaient une activité significative contre plusieurs souches bactériennes, y compris des souches résistantes aux antibiotiques courants. Aussi, **Bennis et al. (2004)** ont évalué l'activité antibactérienne de différents extraits de *Mentha suaveolens* contre des souches de bactéries responsables d'infections nosocomiales. Les résultats ont montré que les extraits de cette plante présentaient une activité bactéricide efficace, ce qui en fait un candidat potentiel pour le développement de nouveaux agents antimicrobiens. Ces études démontrent que *Mentha suaveolens* possède une activité antibactérienne remarquable, ce qui en fait une plante intéressante pour ses applications potentielles dans le traitement des infections bactériennes. Cependant, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour comprendre pleinement les mécanismes d'action de cette plante et son potentiel thérapeutique dans différentes conditions pathologiques.

4.3. Activité insecticide

L'activité insecticide des extraits de plantes est un domaine de recherche en plein essor, notamment dans le cadre du développement de méthodes de lutte alternatives aux pesticides chimiques. De nombreuses études ont été menées pour évaluer l'efficacité des extraits de plantes dans la lutte contre les insectes nuisibles, tant dans le domaine agricole que dans la protection des denrées stockées ou des habitations.

L'activité insecticide des extraits de *Mentha suaveolens*, ainsi que d'autres espèces de menthe, a été étudiée dans plusieurs recherches, mettant en évidence leur potentiel en tant qu'agents de lutte contre les insectes nuisibles. Une étude menée par **Pavela et al. (2015)** a examiné l'activité insecticide des extraits de *Mentha suaveolens* contre l'insecte *Tribolium confusum*, également connu sous le nom de *tribolium* de la farine ou coléoptère des grains. Les chercheurs ont évalué l'efficacité des extraits de différentes parties de la plante, y compris les feuilles, les fleurs et les tiges, contre les adultes de *Tribolium confusum*. Les résultats de l'étude ont montré que les extraits de *Mentha suaveolens* présentaient une activité insecticide significative contre les adultes de *Tribolium confusum*. Plus précisément, les extraits de feuilles ont montré une forte activité insecticide, entraînant une mortalité élevée des coléoptères après exposition aux extraits. Cette étude suggère que les extraits de *Mentha suaveolens* pourraient être utilisés comme agents insecticides potentiels pour le contrôle des populations de *Tribolium confusum* dans les entrepôts de stockage de grains et les installations de transformation des aliments. Une étude de **Pavela et al. (2008)** a évalué l'activité insecticide des extraits de différentes parties de *Mentha suaveolens* contre les larves de moustiques et les insectes adultes. Leurs résultats ont montré une forte activité insecticide de ces extraits, suggérant leur utilisation potentielle dans la lutte contre les moustiques vecteurs de maladies.

Ces études démontrent l'efficacité des extraits de différentes espèces de menthe dans la lutte contre les insectes nuisibles, offrant ainsi une alternative naturelle aux pesticides chimiques. Cependant, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour mieux comprendre les mécanismes d'action des extraits de menthe et leur utilisation pratique dans la lutte antivectorielle.

Chapitre 2.

Matériel et méthodes

Chapitre 2. Matériel et méthodes

Ce mémoire de master a été mené au laboratoire de graduation de la Faculté des Sciences de l'université de Msila mohammed boudiaf.

L'objectif principal de cette étude était d'étudier une plante médicinale phytochimiquement et déterminer quelques activités biologiques.

1. Matériels utilisés

1.1 Matériels et produits de laboratoire

Verrerie : béchers, tubes à essais, pipette pasteur, fioles, erlenmeyers, flacons, entonnoir, verre de montres.....

Autres matériel : papier filtre stérile, écouvillons, anse à platine, disques en papier stériles, bec benzène, boîte de pétri (de 8,5cm de diamètre et de 1cm de hauteur), les microplaques, micropipette, moulin électrique, rouleau adhésif

Milieux de culture utilisés : gélose Müller Hinton, bouillon nutritif, bouillon Müller Hinton, milieux PDA, bouillon PDA.

Appareil utilisés : balance, rotavapeur, autoclave, étuve, plaque chauffante, bain marie, la haute, loupe binoculaire (Gx30).

Micro-organisme : les bactéries utilisées sont les suivantes : *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus*, *Agrobacterium*

Solvant utilisés : Eau distillée, Eau physiologique, Acétone, éthanol, hexane.

1.2 Matériel biologique

Matériel végétal

L'étude a porté sur une espèce de plante médicinales aromatiques ; *Mentha suaveolens* qui a été identifiées en présence du Pr. K. Rebbas de l'Université de M'Sila (Algérie). Un spécimen témoin (Numéro N° KR0100) a été identifié et déposé dans l'herbier personnel de K. Rebbas.

La partie aérienne a été récoltées en mai 2023 dans la région de Chemini (Béjaïa), située au nord de l'Algérie. (**Figure 03**)



Figure 03 : Spécimen de la partie aérienne de *Mentha suaveolens* (Mai 2023) Béjaïa, Pr. K. Rebbas Université de M'Sila (Algérie)

1.3. Matériel entomologique

Pour élever en masse le *Tribolium confusum*, des bocaux en plastique sont utilisés, comme illustré dans la figure 04. Les bocaux contiennent un milieu nutritif composé de semoule de blé et de farine. Ils sont laissés à température ambiante pendant un mois.

L'élevage en masse de *Tribolium confusum* a été réalisé dans des boîtes de pétri en verre (15 cm de diamètre), sur des grains de blé dur (*Triticum durum*) et semoule. Les boîtes de pétri ont été maintenues à l'obscurité dans une étuve réglée à une température de $33 \pm 1^\circ\text{C}$ et une humidité relative de $50 \pm 5\%$.



Figure 04 : Elevage en masse de *Tribolium confusum* (photo originale)

2. Préparation des extraits

Pour réaliser l'extraction, nous avons en premier lieu sécher le matériel végétal (le séchage a pris 7 jours) et broyer avant leur utilisation. Nous avons traité 20 gr de l'échantillon à extraire en poudre par 200 ml d'un solvant (éthanol et hexane) dans Becher, puis laisser sous agitation pendant 24 heures. Après 24 heures d'extraction, le mélange obtenu avec chaque solvant a ensuite été filtré sur papier filtre Whatman, et le filtrat a été évaporé à 40°C par un évaporateur rotatif (Falleh et al., 2008) (figure 05). Les extraits bruts sont récupérés et sont conservé dans un flacon sombre « sous l'abri de la lumière » bien fermé à une température inférieure à 6°C jusqu'à leur usage.

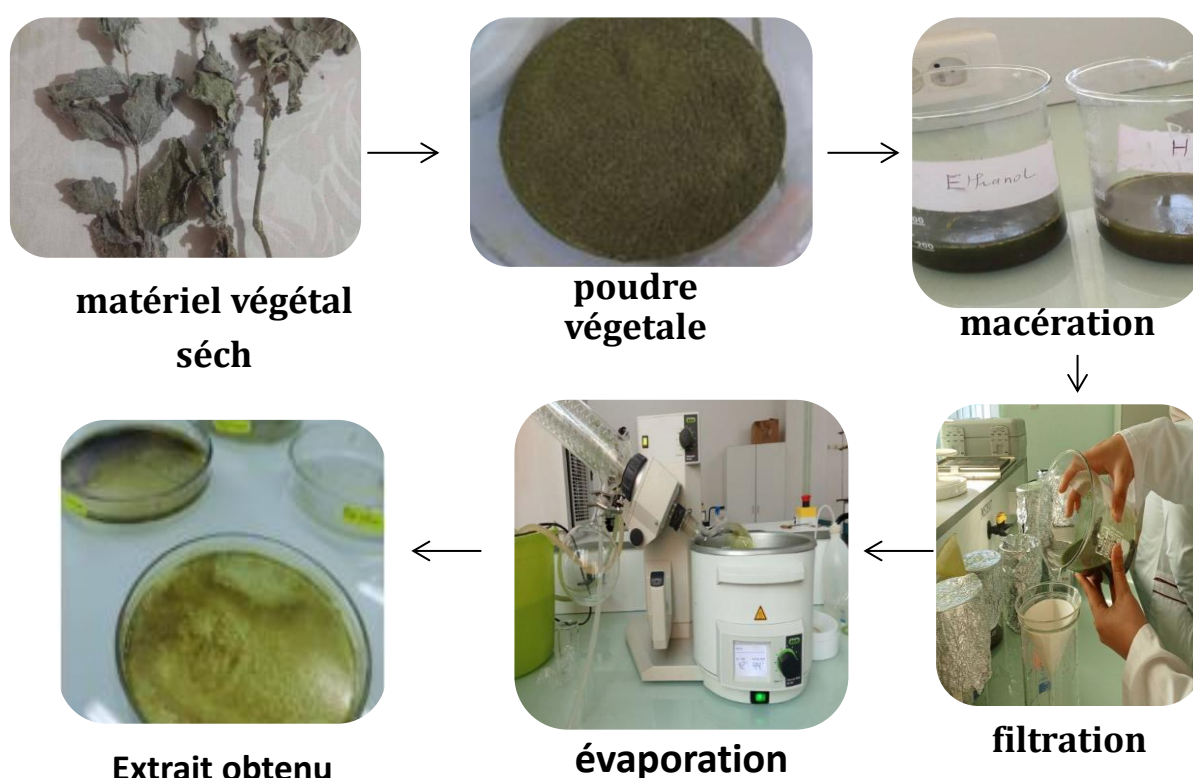


Figure 05 : Etapes de la préparation des extraits.

***Détermination du rendement d'extractions**

Après l'étape d'extraction, on calcule le rendement d'extraction ; le rendement exprimé en pourcentage par rapport au poids du matériel de départ est déterminé par la relation suivante :

$$R = M_{\text{ext}} \times 100 / M_{\text{éch}}$$

Où : R : rendement en % ; M_{ext} : est la masse de l'extrait après l'évaporation du solvant en gr.

$M_{\text{éch}}$: est la masse de l'échantillon végétal en gr (clémence et dongmo, 2009).

3. Analyses colorimétriques par spectrophotométrie

*Dosage des polyphénols totaux

La teneur en polyphénols totaux est déterminée en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu (Singleton et Rossi, 1965) selon une méthode de dosage sur microplaque décrite par Muller et al. (2010). Le réactif FCR, constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ($\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$), est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en mélange d'oxydes de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}). La coloration bleue produite est proportionnelle à la teneur en phénols totaux et possède une absorption maximum aux environs de 750 -765 nm.

Gamme d'étalonnage : Préparation de la gamme d'étalon de l'acide gallique :

On prend 0,5 mg de l'acide gallique et on le dissout dans 5 ml de Méthanol pour obtenir la solution S1 (0,2mg/ml). Les dilutions sont préparées dans des eppendorfs comme la suite :

25µg/ml	—————>	25µl de S1+ 175µl de MeOH
50 µg /ml	—————>	50µl de S1+ 150µl de MeOH
75µg/ml	—————>	75µl de S1+ 125µl de MeOH
100µg/ml	—————>	100µl de S1+ 100µ de MeOH
125µg /ml	—————>	125µl de S1+ 75µl de MeOH
150µg /ml	—————>	150µl de S1+ 50µl de MeOH
175 µg /ml	—————>	175µl de S1+ 25µl de MeOH
200µg /ml	—————>	200µl de S1

20µl de chaque dilution sont transférés dans une microplaque + 100µl FCR (1 :10) + 75µl de Na_2CO_3 (7,5%) + incubation 2h + lecture à 765nm. (**Tableau 01**).

Tableau 01: Préparation de la gamme d'étalon de l'acide gallique

96-well microtitre plate	blank	Extracts	Standards Contrôle positif
Extracts (0.08 mg/ mL)	-	20 µL	-
Galic acid	-	-	20 µL
Water or Méthanol	20µl	-	-
Folin-Ciocalteu reagent dilué (1:10)	100µl	100µl	100µl
incubation for 120 min at room temperature			
Solution (7,5% ;75g/l) (Na ₂ CO ₃)	75 µL	75 µL	75 µL
mixture was left in dark for 2 hours température ambiante			
Absorbance was measured at 765 nm using a SPECTROstar Omega (BMG LABTECH GmbH, Ortenberg, Germany) microplate reader			

Le contenu phénolique total des extraits a été calculé à partir de l'équation de régression de la courbe d'étalonnage, et les résultats ont été exprimés en mg d'équivalent d'acide gallique (EAG) par gramme de poids sec (ps) grâce à la courbe d'étalonnage de l'acide gallique (25-500 mg/L).

Le contenu polyphénolique total (CPTP) a été calculé selon l'équation suivante :

$$Y_{\text{TPC}} (\text{mg GAE g}^{-1} \text{ dw}) = \frac{C_{\text{TPC}} \times V}{m}$$

Où V représente le volume du milieu d'extraction (L) et m représente la quantité de matériau séché (g).

4.Evaluation des activités biologiques

4.1. Activité antioxydante

Test DPPH• (2,2-diphenyle-1-picrylhydrazyle)

L'activité anti-radicalaire libre est déterminée par spectrophotométrie par le dosage du DPPH (Blois 1958), la Quercétine est utilisée comme standards antioxydants. Le composé chimique 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyle (DPPH) est un radical libre qui possède un électron non apparié sur

un atome du pont d'azote (**figure 06**). Pour cela les molécules du radical forment monomère relativement stable à température ambiante, elle présente une couleur violette en solution, ayant une absorbance caractéristique dans l'intervalle de 512 et 517 nm. Lorsque le radical libre 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyle (DPPH) est réduit par des composés anti-radicalaires, son absorbance à 517 nm diminue, ce qui correspond à la disparition de sa couleur violette en solution. Cette réduction peut être quantifiée à l'aide de la spectrométrie UV-Visible en mesurant l'intensité de la couleur jaune formée par le produit réduit. Ainsi, plus l'absorbance à 517 nm diminue rapidement, plus la présence d'antioxydants efficaces dans le milieu est indiquée (**Molyneux, 2004**).

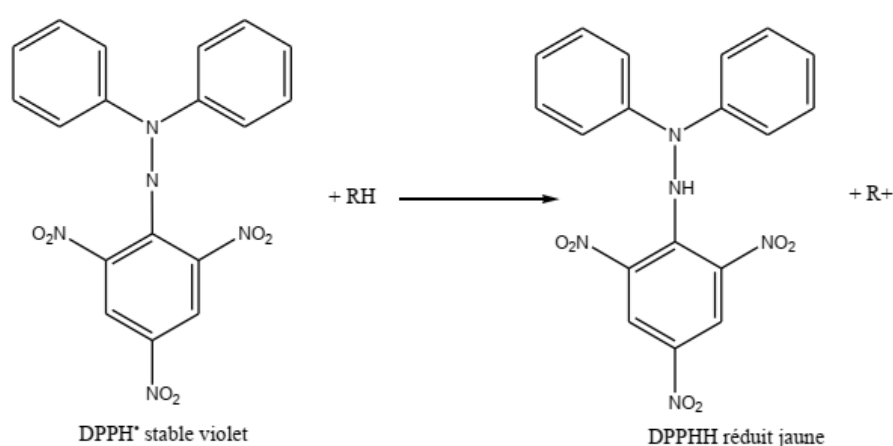


Figure 06 : réduction du DPPH* par un antioxydant (**Molyneux, 2004**).

Réactifs utilisés :

- 1- Ethanol
- 2- DPPH: 6 mg de DPPH dans un volume de 100 ml de méthanol gardé à -20°C à l'abri de la lumière L'absorbance est 0.5 nm (517 nm) dans le spectrophotometer (ou 2,4 mg/2 ml)
- 3- Extrait de plante : (0.08 mg/ml de MeOH).

*Standard : Quercétine : à différentes concentrations (0–50µmol/L MeOH) ; $c = n * M = cvM = 50/1\ 000\ 000\ M/l * 1/1\ 000\ L * 250,29\ g/M = 0,0125\ mg/ml\ MeOH$ avec dilution. ont été utilisés pour l'étalonnage. (**Tableau 02**).

96-well microtitre plate	contrô negative	Échantillon	Standards	Blanc échantillon
DPPH (methanol)	160µL	160µL	160µL	
Extraits	-	40µL	-	160µL
Quercétine	-	-	40µL	-
Meoh	40µL	-	-	40µL
Totl volume	250µL	250µL	250µL	250µL
L'incubation a été effectuée pendant 30 minutes à 37°C.				
L'absorbance de chaque solution a été déterminée à 517 nm à l'aide d'un lecteur de microplaques SPECTROstar Omega (BMG LABTECH GmbH, Ortenberg, Allemagne) (Molyneux, 2004).				

Le piégeage du radical DPPH exprimé en pourcentage d'inhibition a été calculé de la manière suivante :

$$\text{Inhibition (\%)} = ((\text{Abs}_{\text{control neg}} - (\text{Abs}_{\text{échantillon}} - \text{Abs}_{\text{blanc echa}})) / \text{Abs}_{\text{control}}) \times 100$$

Où: Abs control est l'absorbance du contrôle négatif (préparé de la même manier que les autres puits sauf que 40 de l'extrait ont été remplacé par le méthanol), et Abs échantillon : est l'absorbance de l'échantillon.

La concentration inhibitrice de 50 % de radicaux (IC50) a été calculée a été exprimées en IC50 (µg/mL).

Les concentrations fournissant une inhibition de 50% sont calculées par la méthode de régression linéaire à partir de la courbe :

$$[\% \text{ inhibition} = f(\text{concentrations de l'échantillon})].$$

Les résultats ont été exprimés en mg d'équivalents Trolox (TE)/g DWE

Toutes les données sur l'activité antioxydante ont été exprimées sous forme de moyennes ± écarts types (ET) de mesures en triple. Les limites de confiance ont été fixées à $p < 0,05$. L'écart-type n'a pas dépassé 5% pour la majorité des valeurs obtenues.

On travaille avec l'équation de la courbe d'étalonnage. L'absorbance de l'extrait d'échantillon que vous avez obtenu doit être utilisée dans l'équation générée à partir des valeurs d'absorbance des étalons de trolox (axe y) par rapport à la concentration de trolox (axe des x). $y(\text{abs}) = a(x) + b$

Vous devez remplacer "y" pour votre valeur d'absorbance, vous aurez alors une valeur exprimée en uM Trolox Equivalent / ml d'échantillon. **(Figure 07 ,08)**

Pour convertir de uM TE/ml d'échantillon en uM TE/g d'échantillon, vous devez utiliser l'équation suivante : $\text{uM TE/g} = (C \times V) / M$ Où:

C : Concentration en uM TE/ml d'échantillon

V : Volume utilisé pour l'extraction de l'échantillon

M : Masse de l'échantillon utilisé pour l'extraction

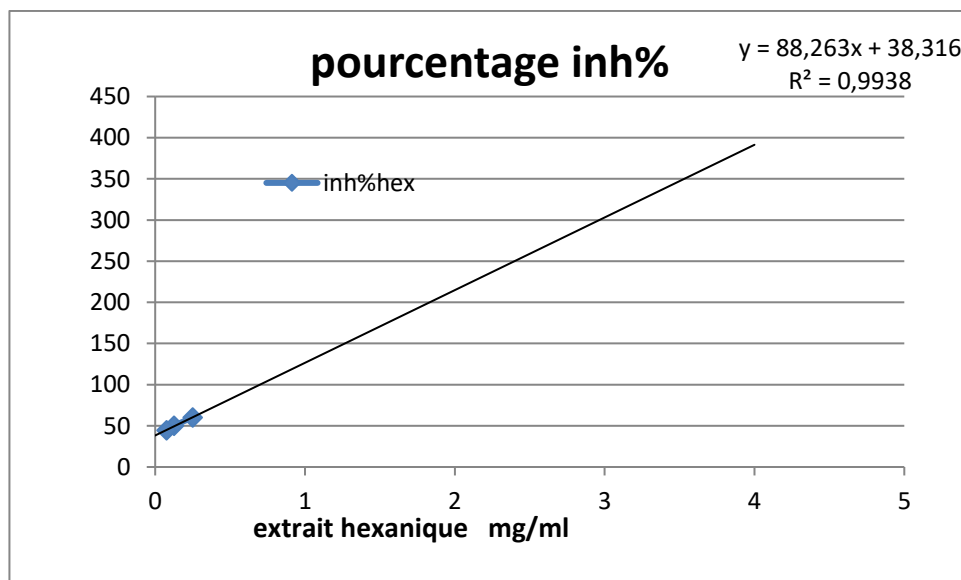


Figure 07 : pourcentage d'inhibition de l'extrait hexanique de *Mentha suaveolens*

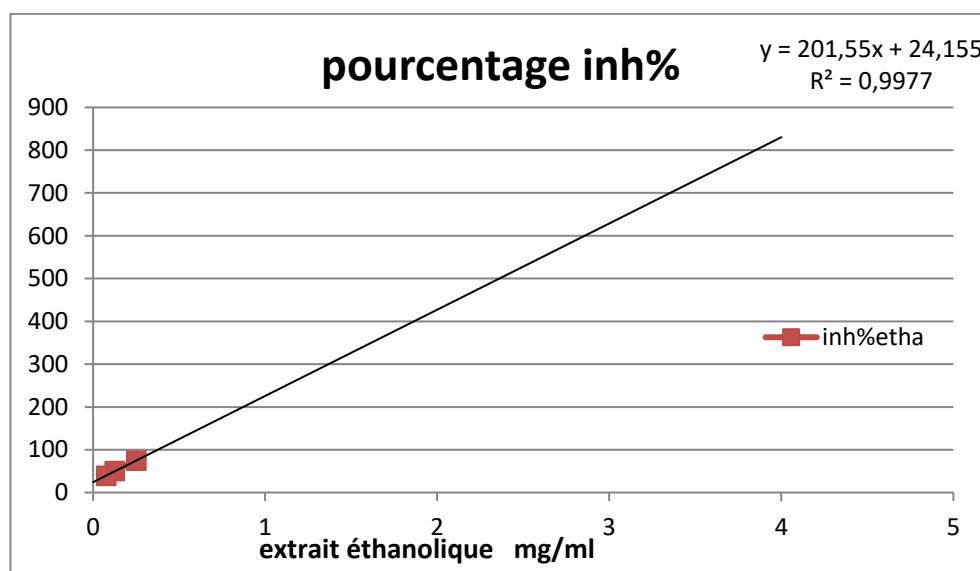


Figure 08: Pourcentage d'inhibition de l'extrait éthanolique de *Mentha suaveolens*

4.2. Activité insecticide

4.2.1. Evaluation de la toxicité par effet contact

Consiste à tester quatre doses différentes de nos extraits, les traitements ont été administrés par contact direct sur le pronotum à des adultes de *Tribolium confusum*. Ce test vise à évaluer l'effet des extraits éthanolique et hexanique sur la mortalité des adultes d'une espèce d'insectes (*Tribolium confusum*)

Par la dilution, il faut préparer différentes concentrations des extraits (10ul) (0 ; 1.25% ; 2.5% ; 5% ; 10%), et le met dans des boîtes de Pétri en verre contient les insectes, puis mises après à l'étuve à 28°C.

Les essais sont répétés 3 fois pour chaque dose. Chaque boîte contient 10 insectes adultes non sexés âgés de 2 jours maximum (**Figure09**).

L'évaluation de la mortalité a été réalisée après (2h ; 4h ; 24h ; 48h). Il s'agit de dénombrer les individus morts. Les adultes ont été considéré comme morts lorsque, poussés avec une brosse fine. Ils ne montrent aucun mouvement d'appendice.

Les taux de mortalité sont exprimés après ajustement des résultats du témoin (dose zéro) selon la formule d'Abbott (**Tapondjou & al., 2003**).



Figure 09 : Dispositif expérimental du traitement par contact des insectes (photo originale)

4.2.2. Evaluation de la toxicité par effet inhalation

L'évaluation de la toxicité par l'effet d'inhalation est réalisée par la saturation de l'environnement. Des papiers filtres de 4 centimètres de diamètre sont traités chacun avec 300µL d'une solution des extraits (0.62%, 1.25%, 2.5%, 5% et 10 % dans le solvant) ou de solvant (témoin). Les différentes doses sont pulvérisées sur papier buvard.

Après évaporation de solvant, chaque papier est placé dans le couvercle d'un flacon de 4 centimètres de diamètre et 7 cm de hauteur. Ces derniers sont maintenus fermés pendant 10 min avant d'introduire les insectes.

10 insectes sont placés à l'intérieur des piluliers.

3 répétitions ont été réalisées, (**Figure 10**)

La mortalité des insectes est observée (10h ; 15h ; 20h ; 25h ; 30h ; 48h) après traitement (**Khalfi-Habes, 2007**).

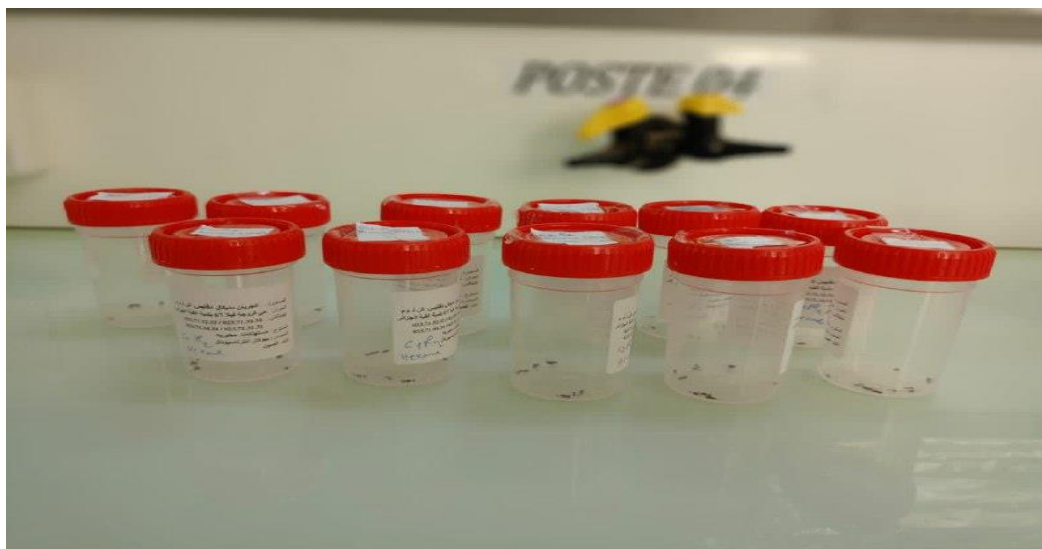


Figure 10 : Dispositif expérimental de test d'inhalation (Photo originale)

4.2.3. Evaluation de la répulsivité des extraits

L'effet répulsif des extraits à l'égard des adultes de *Tribolium confusum* a été évalué en utilisant la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre décrite par **McDonald & al, 1970**.

Le principe de ce test consiste à placer les disques du papier filtre ou Wattman de 8,5 cm dans chaque boîte de Pétri en verre après avoir été découpés en deux parties égales, 4,5 cm de diamètre chacune.

Quatre teneurs différentes d'extrait ont été préparées par dilution dans le solvant, dans les proportions de 2 ; 4 ; 8 et 12 µl/ml.

À l'aide d'une micropipette de 1000 µL, un volume de 300ul de chaque solution a été uniformément répandue sur une moitié de disque, tandis que l'autre moitié a reçu uniquement 300ul de solvant.

Après évaporation complète du solvant, les deux moitiés de disque ont été ressoudées au moyen d'une bande adhésive. Le disque de papier filtre ainsi reconstitué a été placé dans une boîte de Pétri de 8 cm de diamètre.

Un lot de 10 insectes adultes âgés de 2 jours au plus a été placé au centre de chaque disque de papier dans les boîtes de Pétri et 3 répétitions ont été effectuées pour chaque dose d'extrait testée.

(Figure11)

Au bout de (1h ;3h ;5h), on a relevé le nombre d'insectes présents sur la partie de disque traitée à l'extrait (Nt) et le nombre de ceux présents sur la partie traitée uniquement au solvant (Nc).

Le pourcentage de répulsion (PR) a été calculé en utilisant la formule suivante **(Mc Donald et al., 1970)**

Pourcentage de répulsion:

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

NC : le nombre d'insectes présents sur la partie du papier non traitée. NT : le nombre d'insectes présents sur la partie du papier traitée avec les différentes doses.

Le pourcentage de répulsion moyen pour chaque dose est calculé sera attribuée à l'une des différentes classes répulsives selon le classement de **(Mc Donald et al., 1970)**

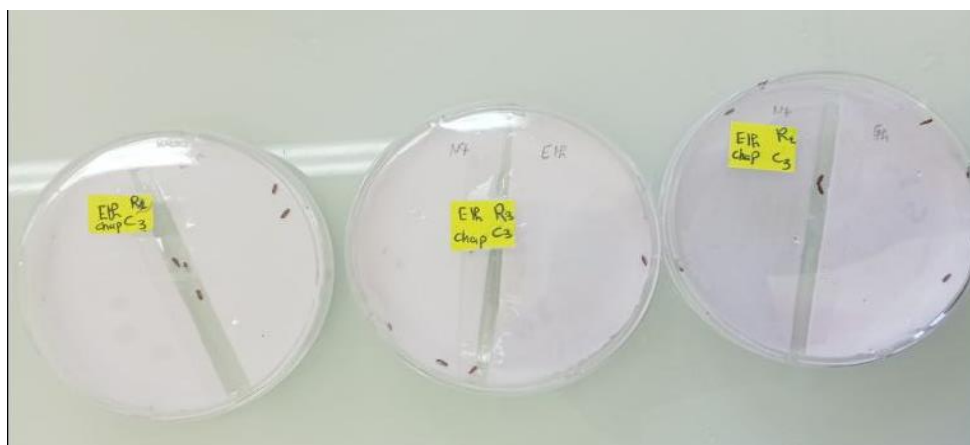


Figure 11 : Dispositif expérimental de test de répulsivité.(Photo originale)

Selon le classement proposé par Mc Donald et ses collaborateurs **(Tapondjou et al., 2003)** le pourcentage de répulsion moyen est réparti suivant six classes, la classe 0 étant celle qui contient moins de 0,1% de répulsion **(Tableau 03)** . Ceci est résumé comme suit :

Tableau 03 : le classement proposé par Mc Donald et ses collaborateurs

Classe	Intervalle de répulsion	Propriété de la substance traitée
Classe 0	PR<0,1%	Non répulsive
Classe 1	10_20%	Très faiblement répulsive
Classe 2	20_40%	Faiblement répulsive
Classe 3	40_60%	Modérément répulsive
Classe 4	60_80%	Répulsive
Classe 5	80_100%	Très répulsive

4.2.4. Méthodes d'analyse des données

Les données brutes récoltées durant nos expériences sont soumises à un post traitement qui tient compte des éventuelles causes de mortalité.

4.2.4.1. Correction de la mortalité par la méthode d'Abbott

Afin de trouver l'efficacité d'un produit traité, il est nécessaire de corriger la mortalité des insectes, car le nombre d'individus dénombrés morts dans une population traitée par la substance toxique n'est pas le nombre réel d'individus tués par ce toxique. Il existe en fait dans toute population traitée une mortalité naturelle qui vient s'ajouter à la mortalité provoquée par ce toxique. Pour cela, les pourcentages de mortalité doivent être corrigés, la formule à suivre est :

$$MC (\%) = [M - Mt / 100 - Mt] * 100$$

Avec :

MC(%) : pourcentage de mortalité corrigée.

M(%) : pourcentage de mort dans la population traitée avec l'huile.

Mt(%) : pourcentage de morts dans la population témoin.

4.2.4.2. Détermination de la DL50

L'un des moyens d'estimer l'efficacité d'un produit est le calcul de la DL50 qui correspond à la quantité de substance toxique entraînant la mort de 50% d'individus d'un même lot. Elle est déduite par le tracé de la droite de régression mortalité / dose. De ce fait, les pourcentages de mortalité corrigés sont transformés en probit selon la méthode de **Finney (1952)**.

4.3. Activité antimicrobienne

Pour mettre en évidence l'activité antimicrobienne in vitro de l'extrait du *Mentha suaveolens*, nous avons utilisé la méthode de diffusion sur disques (aromatogramme) pour tester la sensibilité des souches

Les souches utilisées sont cinq souches bactériennes (**Tableau 04**), On été choisis pour leur fréquence élevée à contaminer les denrées alimentaires et pour leur pathogénicité (**Boukhatem et al., 2014**).

Tableau 04: Les souches bactériennes sélectionnées:

NOM DE BACTERIES	GRAM	CODE
Escherichia coli	Gram -	ATCC25922
Staphylococcus aureus	Gram +	ATCC25935
Pseudomonas aeruginosa	Gram -	ATCC27853
Bacillus cereus.	Gram +	ATCC14579
Agrobacterium	Gram -	ATCC 31749

4.3.1. Mise en culture des souches :

Les souches, conservées sur gélose nutritive inclinée à 4 °C, sont revivifiées dans du bouillon nutritif à 37 °C pour les bactéries, puisensemencées sur boîtes contenant des milieux sélectifs pour vérifier leur pureté.

Après L'incubation, les souches sontensemencées sur bouillon nutritif puis incubées à 37 °C pour les bactéries. De cette dernière culture, on prélève quelques gouttes et on les met dans 9 ml d'eau physiologique stérile à 0,9%. La suspension microbienne est bien homogénéisée. La turbidité est ensuite ajustée au standard McFarland 0,5 avec un spectrophotomètre, ce qui correspond à $1-2 \times 10^8$ UFC/ml pour les bactéries ($DO = 0,08$ à $0,1 / \lambda = 625$ nm), et $1-5 \times 10^6$ UFC/ml pour les levures ($DO = 0,12$ à $0,15 / \lambda = 530$ nm).

4.3.2. Préparation des dilutions d'extrait de plante :

L'extrait de plante est solubilisé dans des volumes variables de DMSO en vue d'obtenir un mélange homogène à différentes concentrations 25mg/ml, 50mg/ml, 100mg/ml, 150mg/ml (**Figure 12**)

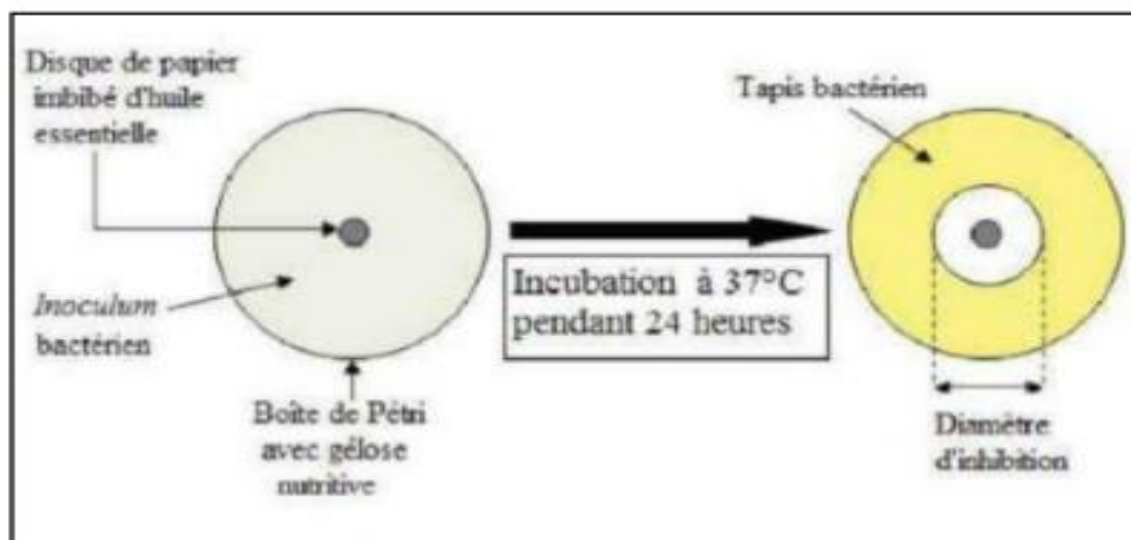


Figure 13 : Principe de l'aromatogramme

Ensemencement et dépôt des disques

En boîte de pétri (3 disque par boîte) préalablement ensemencées la souche à tester sur bouillon Müller-Hinton a été préalablement préparée à une concentration $\approx 10^8$ UFC/ml en mesurant la DO (abr) à 625 nanomètre entre 0,08 et 0,13 (**Hussain et al., 2013**).

Pour effectuer cette méthode, des boîtes de pétri remplies par un milieu de culture solide (gélase MH pour les bactéries sont ensemencées par écouvillonnage en nappe à partir des inocula standardisés à 10^8 UFC/ml, selon les recommandations de CLSI. Puis des disques en papier (Whatman No. 3 de 6 mm de diamètre) imprégnés de 5 μ l de chacun extrait ont été déposés sur la surface de la gélase préensemencée, même manière avec les solvants témoins (ethanol, hexane). Ensuite, les boîtes sont incubées à 37 °C pendant 18-24 h pour les bactéries. Après incubation, le diamètre de zone d'inhibition est mesuré en millimètres (mm) à l'aide d'un pied à coulisse (**Figure 14**).

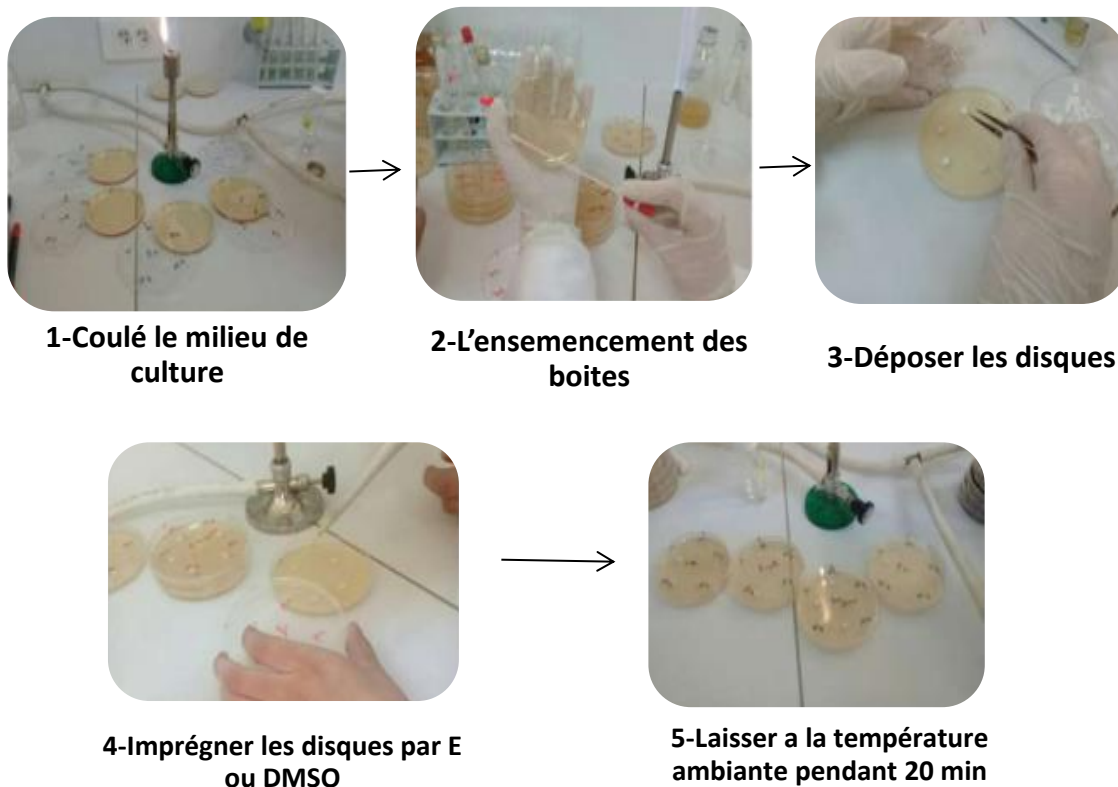


Figure 14 : Méthode de diffusion sur disque (aromatogramme)

La lecture des résultats

La lecture des résultats se fait par la mesure des diamètres d'inhibition en millimètres (mm) à l'aide d'un pied à coulisse. qui sont représentés par une auréole claire formée autour de chaque disque. Les résultats sont exprimés selon les niveaux d'activité.

Chapitre 3 :

Résultat et Discussion

Chapitre 3 : Résultat et Discussion

L'objectif principal de ce mémoire de master est d'approfondir l'étude phytochimique de la plante médicinale *Mentha suaveolens*. En outre, nous visons à évaluer l'activité antioxydante, insecticide et antimicrobienne de cette plante, afin de mieux comprendre son potentiel thérapeutique et ses applications pratiques. Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une recherche visant à exploiter les ressources naturelles pour le développement de nouveaux agents thérapeutiques et de produits biologiques respectueux de l'environnement.

1. Rendement d'extraction

Le rendement d'extraction est une mesure importante dans l'étude des extraits de plantes, car il indique l'efficacité avec laquelle les composés actifs sont récupérés à partir du matériel végétal. Un rendement d'extraction élevé indique une extraction efficace des composés souhaités, tandis qu'un rendement plus faible peut indiquer des inefficacités dans le processus d'extraction ou une faible concentration de composés actifs dans le matériel végétal. **(Tableau 05)**

Tableau 05 : Rendement d'extraction de *Mentha suaveolens*

	Le poids des extraits (g)	Le rendement (%)
Extrait éthanolique	5g	25%
Extrait hexanique	2g	10%

Les données présentées indiquent les rendements d'extraction pour deux types d'extraits de *Mentha suaveolens*, à savoir l'extrait éthanolique et l'extrait hexanique.

Pour l'extrait éthanolique, un poids total de 5 grammes de substance extraite a été obtenu à partir de la matière végétale. Cela représente un rendement d'extraction de 25%. En d'autres termes, pour chaque 100 grammes de matière végétale utilisée dans le processus d'extraction, 25 grammes de substance extraite ont été récupérés. Pour l'extrait hexanique, un poids total de 2 grammes de substance extraite a été obtenu, ce qui correspond à un rendement d'extraction de 10%. Cela signifie que pour chaque 100 grammes de matière végétale utilisée, seulement 10 grammes de substance extraite ont été récupérés. Ces données indiquent que l'extrait éthanolique a un rendement d'extraction plus élevé que l'extrait hexanique.

2. Résultats d'analyse spectrophotométrique

*Dosage des polyphénols

Lors de notre étude, on a mesuré la teneur en polyphénols d'extrait éthanolique de *Mentha suaveolens*, le résultat est figuré dans le tableau (**Tableau 06 ; Figure 14**) avec les résultats d'autre travaux pour la même espèce.

Tableau 06 : la teneur en polyphénols

Travaux		Taux de polyphenols (mg EGA/g ex sec)
Notre étude		137.14
<i>Benabdallah et al., 2016</i>	<i>M. aquatica</i>	43.21

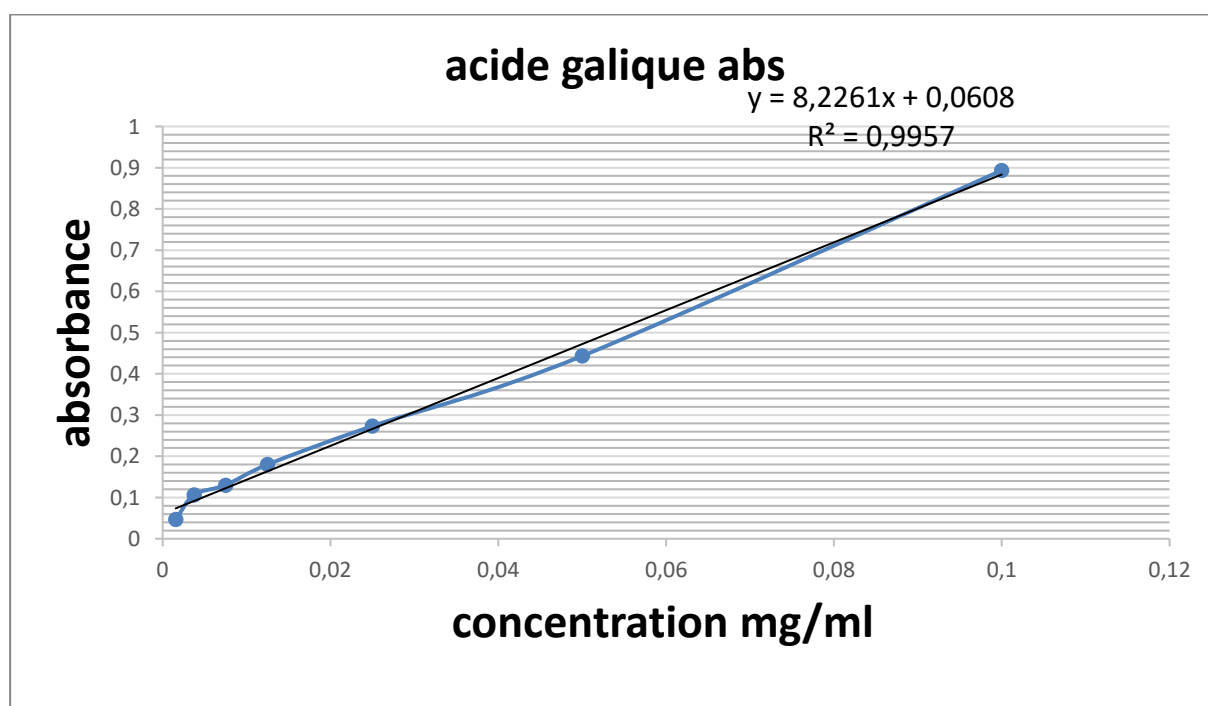


Figure 14 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique. Chaque point de la courbe représente la moyenne $\pm$ SEM (n = 3).

Ce résultat est inférieure à celui obtenue par **Zekri (2017)** qui ont trouvé que la taux des composés phénolique dans l'extrait aqueux de l'espèce *M.suaveolens* de la région Maroc (581mg/l) ainsi que notre résultat est presque même à celui obtenue par l'autre groupe qui travaillé sur l'espèce *M. suaveolens* a l'origine Sétif qui ont trouvé une concentration de 138 mg/g.

Benabdallah et al. (2016) indiquent que toutes les extractions effectuées ont révélé la présence de quantités significatives de composés phénoliques. Cependant, les quantités totales de phénols

variaient considérablement d'une espèce étudiée à l'autre. Les quantités les plus élevées ont été observées pour *M. aquatica* (43,21 mg EAG/g), tandis que les quantités les plus faibles ont été observées pour *M. villosa* (14,66 mg EAG/g). En outre, les résultats montrent que les quantités totales de phénols diminuent dans l'ordre suivant : *M. aquatica* > *M. arvensis* > *M. piperita* > *M. pulegium* > *M. rotundifolia* > *M. villosa*. Cela indique une variation significative de la teneur en composés phénoliques entre les différentes espèces de *Mentha* étudiées, avec *M. aquatica* présentant les niveaux les plus élevés et *M. villosa* les niveaux les plus bas.

Les composés phénoliques sont des composants bioactifs importants que l'on retrouve dans différentes espèces de *Mentha*, notamment dans les plantes de *Mentha* d'Algérie. Des études ont montré que les plantes de *Mentha*, telles que *M. piperita* et *M. spicata*, sont riches en composés phénoliques, comprenant des phénols, des flavonoïdes et des terpènes (**Ćavar Zeljković et al., 2021 ; Saqib et al., 2022**). Ces composés phénoliques contribuent aux activités antioxydantes des plantes de *Mentha*, les rendant précieuses pour leurs potentiels bienfaits pour la santé (**Brahmi et al., 2022 ; Benabdallah et al., 2016**). La recherche s'est concentrée sur l'optimisation des méthodes d'extraction pour obtenir des composés phénoliques à partir des espèces de *Mentha*, telles que l'extraction assistée par micro-ondes verte et l'extraction à l'eau subcritique (**García-Sarrió et al., 2023**). Ces études ont souligné l'importance des composés phénoliques dans les plantes de *Mentha* et leurs activités biologiques potentielles (**Moshari-Nasirkandi et al., 2023**). De plus, la composition chimique des espèces de *Mentha*, y compris les huiles essentielles et les composés phénoliques, a été largement étudiée (**Brahmi et al., 2017**). Cet aperçu de la littérature met en avant l'importance des composés phénoliques dans certaines espèces de *Mentha* d'Algérie et leurs potentiels bienfaits pour la santé. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour explorer les contenus phénoliques spécifiques et les activités antioxydantes des plantes de *Mentha* algériennes afin de comprendre pleinement leurs caractéristiques nutritionnelles et médicinales (**Saqib et al., 2022**).

3. Evaluation des activités biologiques

3.1. Activité antioxydante

*Test DPPH• (2,2-diphenyle-1-picrylhydrazyle)

Le DPPH• (1,1-Diphényl-2-picrylhydrazyl) est un radical libre stable de couleur violacée qui absorbe à 517 nm. En présence de composés anti-radicalaires, le radical DPPH• est réduit et change de couleur en virant au jaune. Les absorbances mesurées à 517 nm servent à calculer le

pourcentage d'inhibition du radical DPPH $\cdot$, qui est proportionnel au pouvoir antiradicalaire de l'échantillon.

La **figure15** montre que la capacité de piégeage des radicaux DPPH des échantillons peut être classée comme suit : extrait hexanique > extrait éthanolique > quercétine. La quercétine a montré la plus haute activité de piégeage des radicaux DPPH avec une IC₅₀ 0.004 mg/ml. Les IC₅₀ des extraits de l'hexane et l'éthanol à 50% et de méthanol étaient respectivement de 0.12 et 0.13 mg/ml.

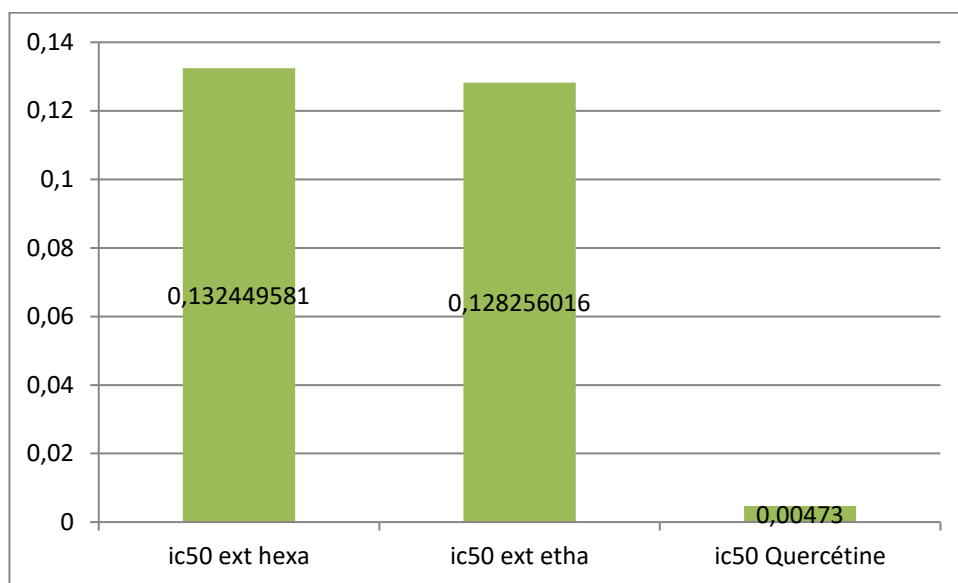


Figure15 : La concentration (IC₅₀) d'extrait de *Mentha suaveolens*

Les résultats obtenus par **Djemai (2009)** démontrent que la quercétine présente une activité antioxydante remarquable vis-à-vis du DPPH (0,005 mg/ml), ce qui corrobore entièrement nos propres observations. Les analyses des extraits éthanolique et hexanique révèlent une activité antioxydante moindre par rapport à une étude précédente menée sur la même espèce, originaire de Sétif (0,5762 mg/ml ; 0,4790 mg/ml). Cette disparité pourrait être attribuée aux variations dans les méthodes d'extraction et aux différences dans l'origine de la plante (lieu et date de récolte, mode de séchage, etc.).

Dans la présente étude, nous avons remarqué que l'extrait éthanoliques de *Mentha* d'Algérie étaient riches en composés phénoliques, ce qui confère à cette espèce une capacité antioxydante importante. À partir de nos données, *M. aquatica* se distingue par une capacité antioxydante efficace, corrélée aux taux élevés de phénols totaux, suivie de près par *M. arvensis* et *M. piperita* avec des teneurs très proches, comparées à *M. pulegium*, *M. rotundifolia* et *M. villosa* avec les valeurs les plus basses. En revanche, les coefficients de corrélation entre les teneurs en phénols et l'activité antioxydante des six menthes algériennes suggèrent que l'activité antioxydante des

menthes est principalement corrélée aux tanins et aux polyphénols, et dans une moindre mesure aux flavonoïdes.

L'activité antioxydante de *Mentha suaveolens* a été un sujet d'intérêt dans diverses études. **Oumzil et al. (2002)** ont identifié la pulégone, l'oxyde de pipériténone (PEO) et l'oxyde de pipéritone (PO) comme principaux constituants aromatiques de *Mentha suaveolens*, qui ont été testés pour leur activité antimicrobienne. **Mimica-Dukić et al. (2003)** ont également exploré l'activité antioxydante des huiles essentielles de différentes espèces de *Mentha*, notamment *Mentha aquatica*, *Mentha longifolia* et *Mentha piperita*. De plus, **Elmastaş et al. (2006)** ont étudié l'activité antioxydante de la S-carvone isolée de la menthe verte (*Mentha spicata*), mettant en évidence les propriétés antioxydantes potentielles des espèces de *Mentha*. En outre, **Barros et al. (2015)** ont évalué les propriétés fonctionnelles des huiles essentielles de différentes espèces de *Mentha*, y compris l'activité antioxydante, l'activité anticholinestérase et l'activité antifongique. L'étude a révélé que les huiles essentielles des espèces de *Mentha* présentaient une activité antifongique modérée contre certains agents pathogènes. Ces résultats soutiennent l'activité antioxydante potentielle des espèces de *Mentha*, y compris *Mentha suaveolens*. Bien que certaines études se soient concentrées sur les propriétés antimicrobiennes des espèces de *Mentha* (**Bupesh et al., 2007 ; Mahboubi et al., 2008 ; Desam et al., 2019**), la présence de composés antioxydants dans ces plantes suggère une gamme plus large de bénéfices potentiels pour la santé.

3.2. Activité insecticide

L'activité insecticide de *Mentha suaveolens* a également été étudiée dans plusieurs recherches. Les résultats de ces études suggèrent que les extraits de *Mentha suaveolens* peuvent avoir un effet répulsif ou toxique sur certains insectes.

L'évaluation de l'effet de l'extrait hexanique et éthanolique de *Mentha suaveolens* sur la longévité des adultes de *T. confusum* nous renseigne sur la toxicité évaluée en fonction du temps et des doses administrées.

3.2.1. Evaluation de la toxicité par effet contact

L'évaluation de la toxicité par effet contact consiste à mesurer la toxicité d'une substance lorsqu'elle entre en contact direct avec un organisme. Dans le cas de *Mentha suaveolens*, cette évaluation impliquerait de tester les extraits hexanique et éthanolique de cette plante sur des *T. confusum* pour déterminer leur effet toxique après un contact direct.

Les résultats des calculs de moyenne de la mortalité, et du mortalité corrigée de chaque extrait sont présentés dans les **tableaux 07 et 08**.

Tableau 07 : Valeurs de la mortalité moyenne des adultes de *T. confusum* traitée par l'extrait hexanique en fonction de la dose et du temps.

L'extrait hexanique							
C/H	M.temoin	c0	c1	c2	c3	c4	Sur
2h	0	0,666	1,333	2,333	3	4	10
4h	2	2,666	3,333	4	4,666	5,666	8
24h	3	3,666	4,666	5	5,333	6,333	7
48h	3	4,333	5,333	5,666	6	6,666	7

Tableau 08 : Valeurs de la mortalité moyenne des adultes de *T. confusum* traitée par l'extrait éthanolique en fonction de la dose et du temps.

L'extrait éthanolique							
C/H	M.temoin	c0	c1	c2	c3	c4	Sur
2h	0	0,666	1,333	2	3	3,333	10
4h	1	2	2,666	3,333	4	4,67	9
24h	2	3	3,666	4,333	4,666	5,666	8
48h	3	4	4,666	5,333	5,666	6,333	7

Le **tableau 07,08 et la figure 15** montre que l'extrait éthanolique a provoqué un pourcentage de mortalité corrigée allant de 6 % à 47%, et cela de la plus faible à la plus forte dose. Ces mortalités augment avec le temps aussi. Au cours des 48 heures elles sont de 6%, 11%, 12%, jusqu'à 14% après 2h, 4h, 24h et 48h respectivement, pour la première dose. Pour la deuxième dose nous avons obtenus une mortalité corrigée de 13% après 2 heure jusqu'à 23% après 48h. La troisième dose a provoqué 20% de mortalité après juste deux heure de temps d'exposition à l'extrait jusqu'à 33% après 48h. puis dans la quatrième dose nous avons enregistré 30% de mortalité jusqu'à 38% après 48h. le cinquième dose nous avons obtenus une mortalité corrigée de 33% après 2 heure jusqu'à 47% après 48h.

Tableau 09: Valeurs de la mortalité corrigée MC (%) et de Probit des adultes de *T. confusum* traitée par l'extrait éthanolique en fonction de la dose et du temps.

		Extrait éthanolique				
Temps	Les doses	C0	C1	C2	C3	C4
2h	MC (%)	6,666	13,333	20	30	33,333
	Probit	3.45	3.87	4.16	4.48	4.56
4h	MC (%)	11,111	18,518	25,925	33,333	40,740
	Probit	3.77	4.08	4.33	4.56	4.75
24h	MC (%)	12,5	20,833	29,166	33,333	45,833
	Probit	3.82	4.16	4.45	4.56	4.87
48h	MC (%)	14,285	23,809	33,333	38,095	47,619
	Probit	3.92	4.26	4.56	4.69	4.92

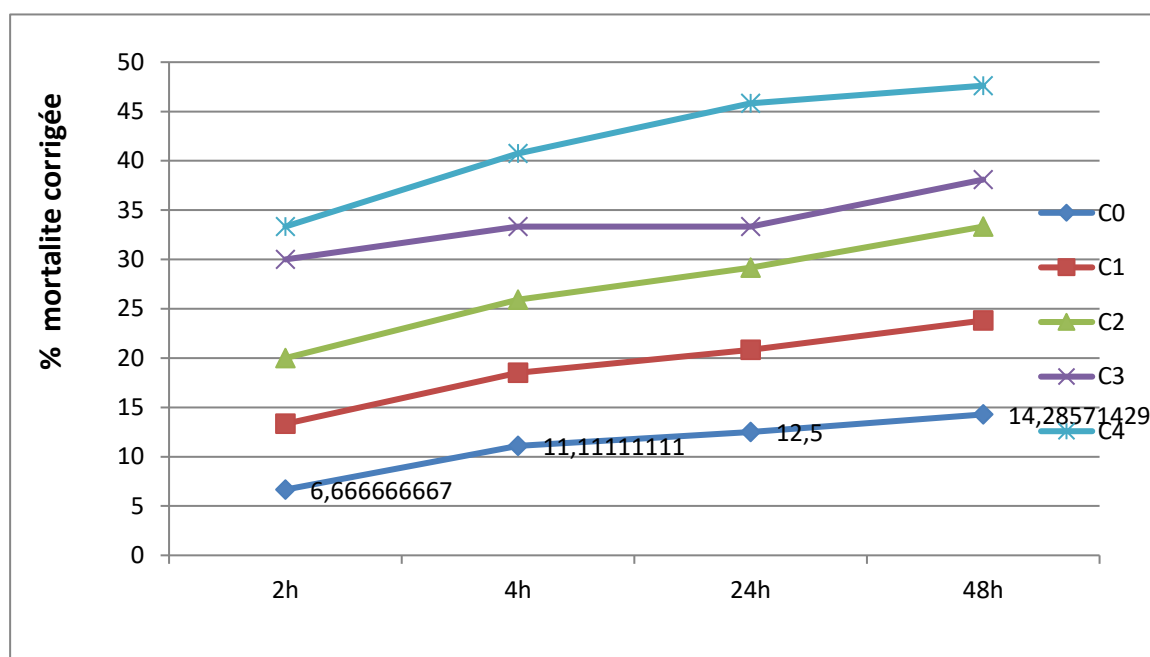


Figure 16: Mortalité corrigée des adultes de *T. confusum* traitée par l'extrait éthanolique. Pour l'extrait hexanique de la plante, les résultats ont montré qu'il a présenté une efficacité contre *T. confusum*. Avec la faible dose, il a donné 6% de mortalité après 2 heures (2h) de traitement. Après 48h, ce taux a atteint les 19%. La forte mortalité est engendrée par la plus forte dose qui avait causé 52% de mortalité (Tableau 09 Figure 16).

Tableau 10 : Valeurs de la mortalité corrigée et de Probit des adultes de *T. confusum* traitée par l'extrait hexanique en fonction de la dose et du temps.

Extrait hexanique						
Temps	Doses	C0	C1	C2	C3	C4
2h	MC (%)	6,666	13,333	23,333	30	40
	Probit	3.45	3.87	4.26	4.48	4.75
4h	MC (%)	8,333	16,666	25	33,333	45,833
	Probit	3.59	4.01	4.33	4.56	4.87
24h	MC (%)	9,523	23,809	28,571	33,333	47,619
	Probit	3.66	4.26	4.42	4.56	4.92
48h	MC (%)	19,047	33,333	38,095	42,857	52,380
	Probit	4.12	4.56	4.69	4.80	5.05

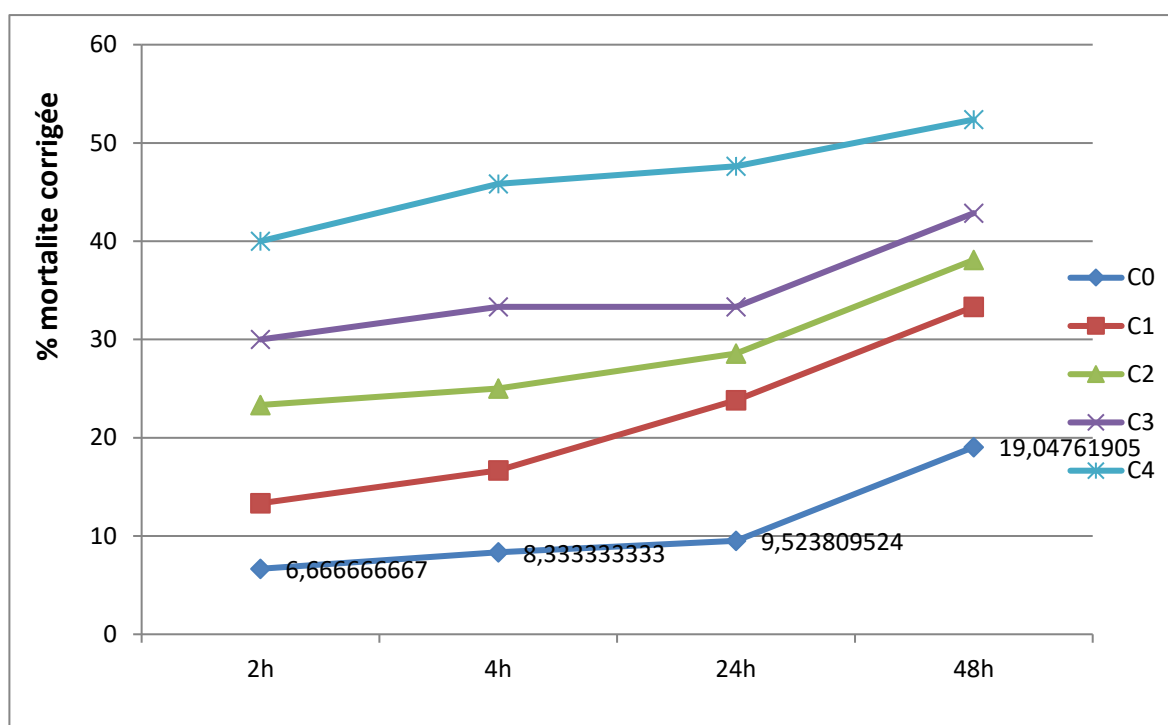


Figure 17: Mortalité corrigée des adultes de *T. confusum* traitée par l'extrait hexanique

Détermination de la DL50

Les équations des droites des régressions (**Figure 18,19**) sont obtenues par la transformation des pourcentages de mortalités en Probit (unité de probabilité), après 48h de traitement et la régression de ces données en fonction du logarithme décimal. Ces dernières sont représentées par les Figures,

Tableau 11: Les équations des droites de régressions. (y: probits des taux de mortalités, x: logarithme décimal des concentrations. R² : Coefficient de détermination).

Extrait	Equations de droite de régression	R ²
L'extrait hexanique	$y = 0,724x + 0,7245$	R ² = 0,9042
L'extrait ethanolic	$y = 0,8432x - 0,095$	R ² =0,9579

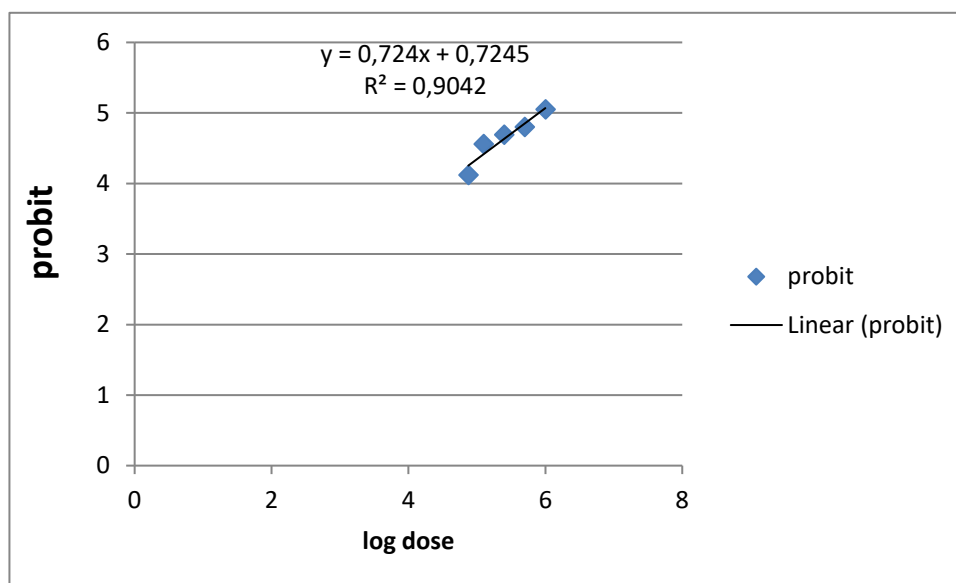


Figure 18: Détermination de la DL50 De l'extrait hexanique

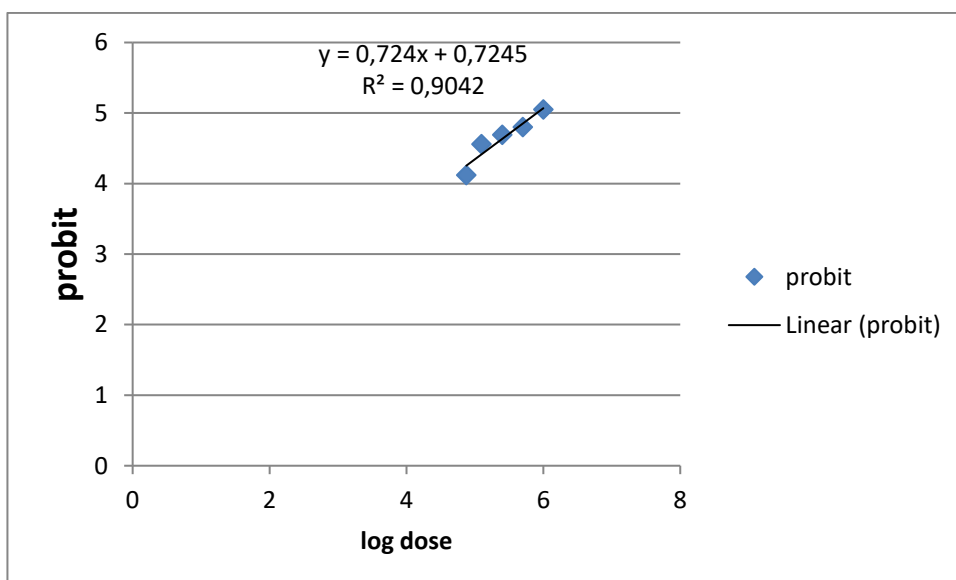


Figure19: Détermination de la DL50 De l'extrait ethanolic

Les DL50 sont calculées par la méthode de **Finney**, après 48 heure seulement du traitement, comme c'est après ce temps qu'on a enregistré la mortalité la plus importante due aux extraits de

plante. Les résultats obtenus sont représentés par le (**Tableau 12**). Pour l'extrait hexanique la DL50 est de 0.80 mg/ml, cette dose suffit pour tuer 50% des adultes de *T. confusum*. Tandis qu'il faut une dose de 1.1mg/ml pour l'extrait éthanolique.

Tableau 12 : Les DL50 obtenus par la méthode de Finney après 48h de traitement

Extrait	DL50
L'extrait hexanique	0.80 mg/ml
L'extrait éthanolique	1.10mg/ml

La toxicité des extraits de plantes sur les insectes des produits stockés a été un sujet d'intérêt dans diverses études. **Su (1985)** a réalisé une évaluation en laboratoire de l'activité biologique du *Cinnamomum cassia* sur quatre espèces d'insectes des produits stockés. **Haouas et al. (2012)** ont trouvé une relation entre la composition chimique des huiles essentielles et leur activité insecticide contre *Tribolium confusum*. **Ali et al. (2013)** ont étudié l'effet toxique des extraits de méthanol de six plantes locales, dont *Mentha longifolia*, sur la mortalité des larves de *Tribolium confusum*. De même, **Mackled et al. (2019)** ont évalué la toxicité des huiles naturelles de *Mentha piperita* contre les insectes des produits stockés. **Ravan et al. (2019)** ont proposé l'utilisation de composés à base de plantes, tels que l'extrait de feuilles de *Pistacia khinjuk*, comme méthode alternative de lutte contre les insectes. **Yakhlef et al. (2020)** ont souligné l'effet insecticide de l'huile essentielle de *Mentha rotundifolia* contre *Tribolium confusum*. Ces études démontrent le potentiel des extraits de plantes, y compris les espèces de *Mentha*, dans le contrôle des insectes des produits stockés grâce à leurs effets toxiques sur les ravageurs cibles.

3.2.2. Evaluation de la toxicité par effet inhalation

L'évaluation de la toxicité par effet inhalation consiste à déterminer les effets toxiques d'une substance lorsqu'elle est inhalée par un organisme. Dans le cas de *Mentha suaveolens*, cette évaluation impliquerait de tester l'extrait de *Mentha suaveolens* pour évaluer leur impact sur adultes de *T. confusum*.

L'évaluation de la toxicité par effet inhalation de *Mentha suaveolens* sur les adultes de *T. confusum* impliquerait de tester les effets de l'inhalation des vapeurs des extraits sur ces insectes. Cette évaluation vise à déterminer si l'inhalation de *Mentha suaveolens* a un effet toxique sur les adultes de *T. confusum* et peut potentiellement être utilisée comme méthode de lutte contre ces insectes nuisibles.

Pour mener cette évaluation, les adultes de *T. confusum* seraient exposés à l'air contenant les vapeurs des extraits de *Mentha suaveolens*. Les effets de cette exposition seraient ensuite évalués en observant la mortalité, le comportement, la reproduction et d'autres paramètres de santé des adultes de *T. confusum* après l'exposition.

Les résultats de cette étude fourniraient des informations sur l'efficacité de *Mentha suaveolens* comme agent insecticide par effet inhalation sur les adultes de *T. confusum*, ainsi que sur son potentiel pour la gestion et le contrôle de ces insectes nuisibles. Cependant, il est important de noter que des précautions doivent être prises pour assurer la sécurité des chercheurs lors de la manipulation de *Mentha suaveolens* et des adultes de *T. confusum* pendant l'expérience.

L'estimation de l'effet toxique de l'extrait de *Mentha suaveolens* a été appliquée par saturation de l'environnement des adultes de *T. confusum*, le **Tableau13 et la figure** suivante nous renseigne le taux de mortalité par les deux extraits.

Tableau13 : Valeurs de la mortalité corrigée des adultes de *T. confusum* traitée par l'extrait hexanique en fonction de la dose et du temps par inhalation.

C/H	c0 0,075%	c1 0,125%	c2 0,25%	c3 0,5%	c4 1%
10h	5	15	20	35	60
15h	5,555	16,6667	22,222	38,888	72,222
20h	5,555	16,666	22,222	55,555	83,333
25h	6,25	12,5	37,5	62,5	87,5
30h	6,25	18,75	43,75	68,75	93,75
48h	6,25	25	43,75	68,75	93,75
72h	7,142	21,428	50	78,571	100

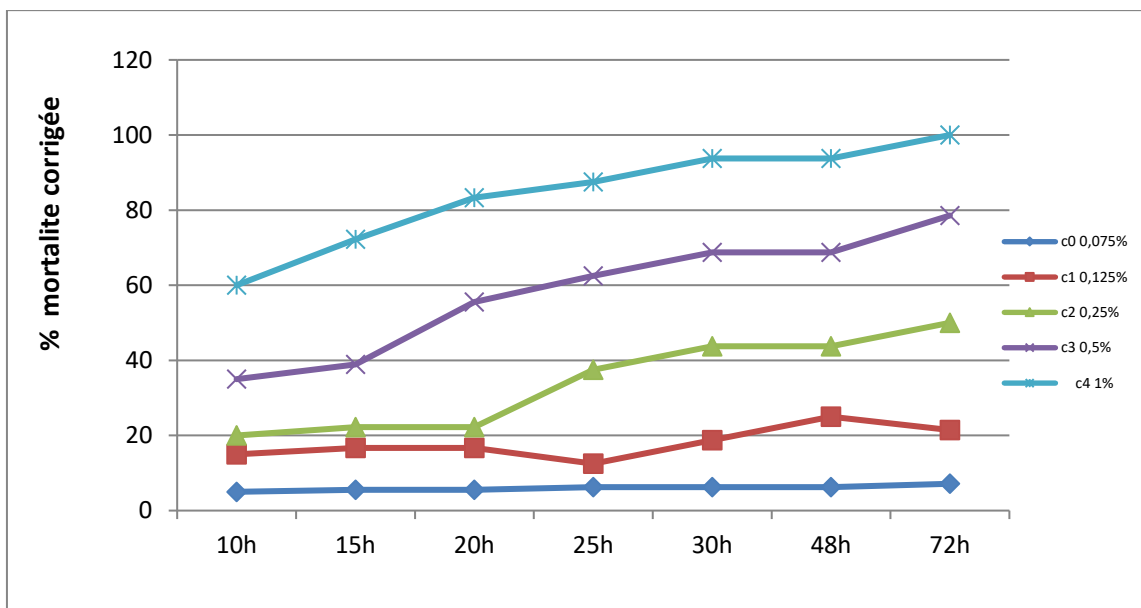


Figure20 : Mortalité corrigée des adultes de *T. confusum* traitée par l'extrait hexanique

A partir de la figure 20, nous remarquons que la mortalité corrigée des adultes de *T. confusum* exposés par inhalation de l'extrait hexanique de plante est égale à 5% à dix heures, cette mortalité augmente avec le temps pour atteindre une moyenne totale à 72h.

Tableau 14: Les valeurs de la mortalité corrigée des adultes de *T. confusum* traitée par l'extrait ethanologique en fonction de la dose et du temps par inhalation.

C/H	c0 0,075%	c1 0,125%	c2 0,25%	c3 0,5%	c4 1%
10h	5	10	20	40	60
15h	5,555	16,666	22,222	44,444	61,111
20h	6,25	18,75	31,25	50	62,5
25h	12,5	18,75	37,5	50	68,75
30h	18,75	18,75	37,5	62,5	81,25
48h	21,428	28,571	50	71,428	85,714
72h	21,428	42,8571	57,14286	78,571	92,857

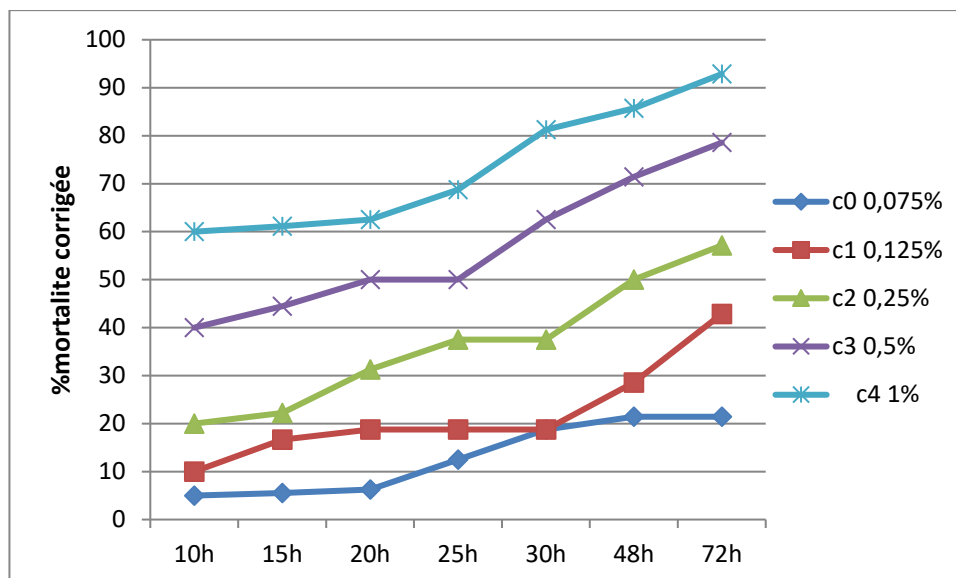


Figure21 : Mortalité corrigée des adultes de *T. confusum* traitée par l'extrait éthanolique

La **figure 21** montre que l'extrait éthanolique de la plante manifeste une activité insecticide par inhalation sur les adultes de *T. confusum*, dès la dixième heure avec une mortalité corrigée qui est égale à 5% et qui augmente avec temps pour atteindre la mortalité égale à 92% à 72h.

La toxicité des extraits de plantes sur les ravageurs des grains stockés a été un sujet d'intérêt dans les recherches récentes. **Ali et al. (2013)** ont étudié l'effet toxique des extraits de méthanol de diverses plantes, dont *Mentha longifolia*, sur la mortalité des larves de *Tribolium confusum*. L'étude visait à évaluer la valeur de mortalité des larves exposées à différents extraits de plantes pendant des durées variables. De même, **Ravan et al. (2019)** ont enquêté sur l'effet insecticide de l'extrait de feuilles de *Pistacia khinjuk* sur *T. confusum*, mettant en évidence le potentiel des composés à base de plantes comme alternatives aux pesticides conventionnels. Dans une étude connexe, **Yakhlef et al. (2020)** ont exploré l'activité insecticide de l'huile essentielle de *Mentha rotundifolia* contre les adultes de *T. confusum*, soulignant le potentiel de la plante en tant que pesticide naturel. Ces résultats s'inscrivent dans l'intérêt plus large pour l'utilisation d'extraits botaniques pour la lutte antiparasitaire, comme le montrent les recherches de **Zuhra et al. (2018)** et **Ziaee et al. (2016)** sur le potentiel toxique des insecticides et des nanoparticules de silice contre les ravageurs des grains stockés. Bien que l'accent ait principalement été mis sur les propriétés insecticides des extraits de plantes, **Moreno et al. (2002)** ont examiné les propriétés pharmacologiques de l'extrait de *Mentha suaveolens*, notant son action dépressive sur le système nerveux central et ses effets analgésiques. Cela suggère que les extraits de plantes peuvent avoir des activités biologiques diverses au-delà de leurs propriétés insecticides. De plus, **Molinelli et al. (2002)** ont étudié l'effet de l'élimination des métaux sur la toxicité des particules en suspension

dans l'air, soulignant l'importance de considérer les facteurs environnementaux dans les études de toxicité. Cela souligne la nécessité d'évaluations complètes de la toxicité des extraits de plantes, en particulier lors de la considération de leurs applications potentielles dans la gestion des ravageurs. Dans l'ensemble, la littérature indique un intérêt croissant pour l'exploration de la toxicité et des effets pharmacologiques des extraits de plantes, y compris ceux dérivés des espèces de *Mentha*, sur divers organismes tels que *T. confusum*. Des recherches supplémentaires dans ce domaine pourraient fournir des informations précieuses pour le développement de stratégies de lutte antiparasitaire respectueuses de l'environnement.

3.2.3 Evaluation de la répulsivité des extraits

Le test de répulsivité des extraits de *Mentha suaveolens* contre *Tribolium confusum* vise à évaluer la capacité des extraits de cette plante à repousser ou à décourager les insectes de s'approcher ou de rester dans les zones traitées. Le principe de ce test repose sur l'observation du comportement des insectes en présence des extraits de *Mentha suaveolens*, afin de déterminer s'ils évitent ou préfèrent les zones traitées par rapport aux zones non traitées. Le comportement des insectes est observé pendant une période déterminée. Les paramètres d'observation incluent le nombre d'insectes dans chaque zone de l'arène, les mouvements exploratoires, les tentatives d'évasion et toute réaction de répulsion ou d'évitement des zones traitées avec les extraits de *Mentha suaveolens*. Les données recueillies sont analysées pour évaluer la répulsivité des extraits de *Mentha suaveolens*. Les paramètres d'analyse peuvent inclure le temps passé par les insectes dans chaque zone, le nombre d'insectes présents dans les zones traitées par rapport aux témoins non traités, et toute différence significative dans le comportement des insectes entre les groupes.

En résumé, le test de répulsivité des extraits de *Mentha suaveolens* contre *Tribolium confusum* repose sur l'observation du comportement des insectes pour déterminer leur réponse à la présence des extraits de la plante, ce qui permet d'évaluer leur potentiel comme agent de lutte antiparasitaire.

D'après le **tableau14**, le nombre de *T. confusum* présents dans les parties non traitées est plus élevé par rapport aux parties traitées par de l'extrait éthanolique de plante.

Le pourcentage de répulsion des différentes doses de l'extrait éthanolique de plante sont récapitulés dans le **tableau 14** dessous.

Tableau 14: le pourcentage et le classement de répulsion de l'extrait éthanolique de plante

	C0		C1		C2		C3		C4	
	1h	4h	1h	4h	1h	4h	1h	4h	1h	4h
% de rep	40	26,666	0	-13,333	26,667	-6,666	-40	-6,667	13,333	-26,666
classe	II	II	0	0	II	0	0	0	I	0

Les résultats obtenus dans nos essais montrent que l'extrait éthanolique de plante présente une activité insecticide sur l'insecte ravageur de *T. confusum* et elle appartient, selon le classement de (**McDonald et al., 1970**), à la classe II avec un taux de répulsivité égale à 40%.

D'autre part, les résultats obtenus par l'effet répulsif de l'extrait hexanique de plante sur les adultes de *T. confusum* sont présentés dans le **Tableau 15, 16** suivantes :

Tableau 15: Nombre de *T. confusum* recensés dans les parties traitées et non traitées de l'extrait éthanolique de plante

C/H	c0 0.075%						c1 0.125%						c2 0.25%						c3 0.5%						c4 1%					
	R1		R2		R3		R1		R2		R3		R1		R2		R3		R1		R2		R3		R1		R2		R3	
	NT	NC	NT	NC	NT	NC	NT	NC	NT	NC	NT	NC	NT	NC	NT	NC	NT	NC	NT	NC	NT	NC	NT	NC	NT	NC	NT	NC	NT	NC
1h	3	7	4	6	2	8	6	4	5	5	4	6	2	8	6	4	3	7	6	4	8	2	7	3	3	7	5	5	5	5
4h	4	6	2	8	5	5	3	7	8	2	6	4	3	7	6	4	7	3	5	5	4	6	7	3	5	5	5	5	9	1

Tableau 16: Nombre de *T. confusum* recensés dans les parties traitées et non traitées de l'extrait hexanique de plante

C/H	c0 0.075%						c1 0.125%						c2 0.25%						c3 0.5%						c4 1%					
	R1		R2		R3		R1		R2		R3		R1		R2		R3		R1		R2		R3		R1		R2		R3	
	NT	NC	NT	NC	NT	NC	NT	NC	NT	NC	NT	NC	NT	NC	NT	NC	NT	NC	NT	NC	NT	NC	NT	NC	NT	NC	NT	NC	NT	NC
1h	3	7	4	6	2	8	4	6	5	5	4	6	2	8	6	4	3	7	4	6	8	2	7	3	3	7	2	8	5	5
4h	4	6	3	7	5	5	3	7	8	2	6	4	3	7	4	6	7	3	5	5	4	6	7	3	4	6	3	7	1	9

Tableau17: le pourcentage et le classement de répulsion de l'extrait hexanique de plante

	C0		C1		C2		C3		C4	
	1h	4h	1h	4h	1h	4h	1h	4h	1h	4h
% de rep	40	20	13,333	26,666	26,667	6,6667	13,333	-6,667	33,333	46,666
Classe	II	I	I	II	II	I	II	0	II	III

Les résultats obtenus montrent que le pourcentage de répulsion augmente en fonction de la dose administrée (**Tableau17**), ceci peut être dû au fait que les adultes de *T. confusum* exposés de plus en plus à des doses élevées peuvent être désorientés ; ce qui peut influencer leur capacité d'attraction de répulsion vis-à-vis d'un stimulus. A la lumière de ces résultats, on peut noter que l'extrait hexanique des plantes *Mentha suaveolens*. a également une activité insecticide à l'égard des adultes de *Tribolium constanum* plus que l'extrait éthanolique et appartiendrait selon le classement de **McDonald et al., 1970** a la classe III (Modérément répulsion) avec un taux de répulsion moyen de 46%.

Notre travail a démontré l'effet insecticide de deux extraits de la plante *Mentha suaveolens* : l'extrait éthanolique et l'extrait hexanique. Nous avons constaté que l'extrait hexanique a montré une efficacité très importante, avec un taux de mortalité atteignant 92% par contact ou inhalation sur *Tribolium* après 72 heures.

Les résultats obtenus montrent que l'extrait de *Mentha suaveolens* est considéré comme un insecticide à double effet, à savoir par inhalation et répulsion sur les adultes de *T. confusum*. Nous avons enregistré une mortalité totale après une exposition des adultes à une forte dose pendant 72 heures par saturation de leur environnement, ainsi qu'une répulsion de 46% induite par cet extrait.

4. Activité antimicrobienne

L'activité antimicrobienne des extraits de plantes repose sur plusieurs principes. Tout d'abord, ces extraits peuvent contenir des composés chimiques, tels que des polyphénols, des terpènes, des alcaloïdes, et des flavonoïdes, qui ont démontré des propriétés antimicrobiennes. Ces composés peuvent agir en perturbant la membrane cellulaire des micro-organismes cibles, en inhibant leur

croissance ou en interférant avec leurs processus métaboliques vitaux. En outre, les extraits de plantes peuvent induire des réponses immunitaires chez l'hôte, renforçant ainsi sa capacité à combattre les infections. Enfin, certains extraits de plantes peuvent agir en synergie avec les antibiotiques conventionnels, augmentant ainsi leur efficacité contre les micro-organismes résistants.

L'activité antibactérienne des extraits obtenus est déterminée par la méthode de diffusion en milieu gélosé. Elle nous a permis de mettre en évidence le pouvoir antibactérien vis-à-vis de quatre bactéries de références. Les souches bactériennes utilisées sont des souches de référence obtenues de l'American Type Culture Collection (ATCC). Le DMSO ont servi de témoins négatifs.

L'activité antibactérienne des différents extraits de *Mentha suaveolens* a été évaluée contre cinq souches bactériennes par la méthode de diffusion sur disque, une technique qualitative basée sur la mesure du diamètre des zones d'inhibition apparentes autour des disques chargés d'extraits végétaux (**tableau18, 19 et figure22**). les photos illustrant les zones d'inhibition sont présentées ci-dessous

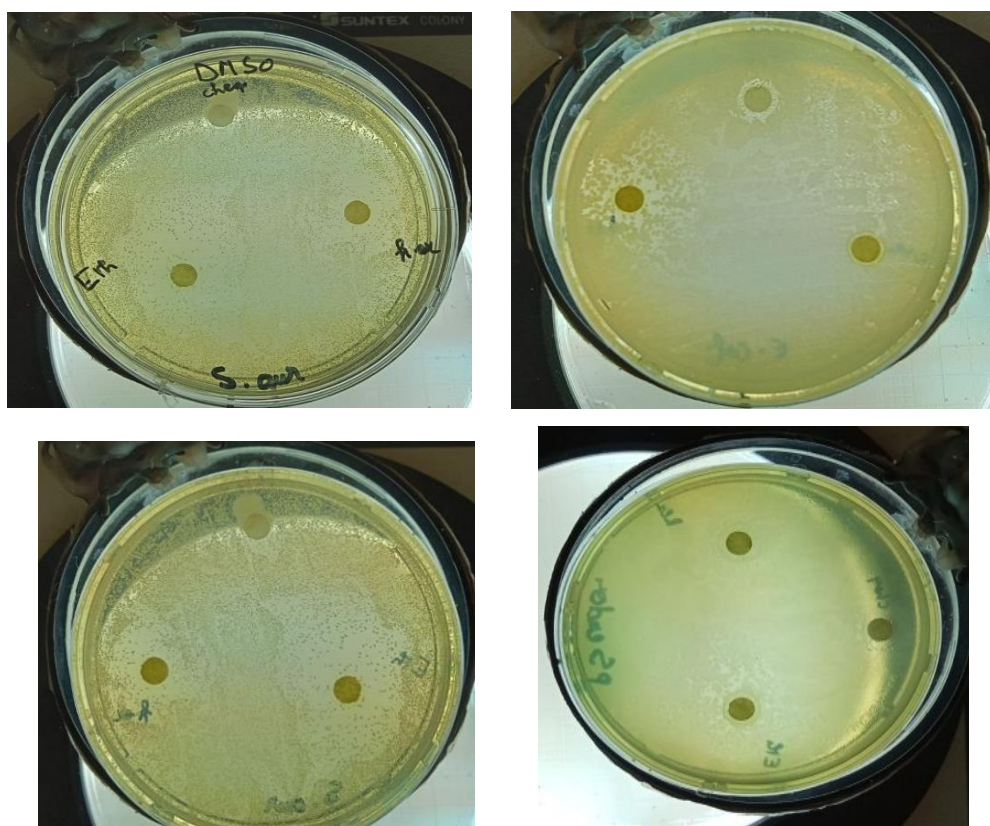


Figure 22: Photos montrant des zones d'inhibition de la croissance bactérienne

Les résultats des tests d'inhibition de l'activité microbienne sont illustrés dans le tableau ci-dessous. Nous avons comparé l'effet microbien de différentes concentrations de l'extrait hexanique de *Mentha suaveolens* et du DMSO relatif aux différentes souches bactériennes.

Tableau 18 : Diamètre des zones d'inhibition (mm) des différentes concentrations de l'extrait hexanique de *Mentha suaveolens* et du DMSO vis-à-vis des différentes souches bactériennes

Les souches	Diamètres des zones d'inhibition en (mm)				
	C0 (25mg/ml)	C1 (50mg/ml)	C2 (100mg/ml)	C3 (150mg/ml)	DMSO
<i>Escherichia coli</i>	0	2	2	4	6
<i>Staphylococcus aureus</i>	11	14	19	25	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	11	11	12	
<i>Bacillus cereus.</i>	10	10	11	16	
<i>Agrobacterium</i>	0	1	2	2	

Tableau 19 : Diamètre des zones d'inhibition (mm) des différentes concentrations de l'extrait éthanolique de *Mentha suaveolens* et du DMSO relatif aux différentes souches bactériennes.

Les souches	Diamètres des zones d'inhibition en (mm)				
	C0 (25mg/ml)	C1 (50mg/ml)	C2 (100mg/ml)	C3 (150mg/ml)	DMSO
<i>Escherichia coli</i>	0	0	2	4	6
<i>Staphylococcus aureus</i>	9	11	17	20	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0	10	12	
<i>Bacillus cereus.</i>	0	8	10	13	
<i>Agrobacterium</i>	0	0	1	2	

Nous constatons que notre extrait a montré une bonne activité sur toutes les souches bactériennes testées, en particulier une forte activité sur *S. aureus*, *Bacillus cereus*, et *P. aeruginosa*, et une activité relativement plus faible sur *E. coli* et *Agrobacterium*. Le diamètre de la zone d'inhibition variait de 0 à 25 mm. Ces résultats indiquent que l'extrait de *Mentha suaveolens* possède un effet inhibiteur significatif.

Les résultats de l'activité antibactérienne montrent que les espèces bactériennes étudiées présentent des degrés de sensibilité différents vis-à-vis de la quantité et du type d'extrait testé. Nous avons observé que la plus grande surface d'inhibition a été enregistrée avec l'extrait hexanique. Le meilleur résultat obtenu est celui avec une concentration de 150 mg/ml sur la souche bactérienne *S. aureus*, avec un diamètre d'environ 25 mm.

Les bactéries Gram positif sont plus sensibles à l'action des extraits que les bactéries Gram négatif. Cette observation est cohérente avec les études antérieures qui ont montré que les bactéries Gram négatif sont généralement plus résistantes aux traitements antimicrobiens en raison de leur structure de paroi cellulaire.

En comparant nos résultats avec d'autres travaux, nous constatons qu'ils concordent avec plusieurs études antérieures. Par exemple, les résultats obtenus sont similaires à ceux de **Chebaibi et al. (2016)** et **Oumzil et al. (2002)** sur l'espèce *M. rotundifolia* du Maroc, qui ont également montré un effet inhibiteur sur toutes les souches bactériennes étudiées. De plus, nos résultats sont cohérents avec les études de **Sutour et al. (2008)** et **Riahi et al. (2013)** sur l'espèce *M. suaveolens* d'Ajaccio et de la Tunisie, respectivement, qui ont démontré une activité antimicrobienne plus élevée contre les bactéries Gram positif que Gram négatif.

Conclusion

Conclusion

En conclusion, cette étude approfondie de *Mentha suaveolens* a permis de mettre en évidence sa richesse en composés phytochimiques aux propriétés antioxydantes, insecticides et antimicrobiennes. Les résultats obtenus ont démontré que les extraits de cette plante présentent une activité antioxydante significative, attribuée à leur teneur élevée en composés phénoliques, suggérant ainsi son potentiel en tant que source d'antioxydants naturels pour la prévention des dommages oxydatifs dans le corps humain.

De plus, l'activité insecticide et antimicrobienne de *Mentha suaveolens* a été confirmée, mettant en lumière ses propriétés bénéfiques dans la lutte contre les insectes nuisibles et les infections bactériennes. Ces résultats soulignent l'intérêt de cette plante en tant qu'agent thérapeutique potentiel et comme alternative naturelle pour la gestion des ravageurs agricoles.

Cependant, malgré ces avancées prometteuses, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour comprendre pleinement les mécanismes d'action de *Mentha suaveolens* et explorer son potentiel thérapeutique dans différentes conditions pathologiques. Il est essentiel de poursuivre les investigations pour approfondir notre compréhension des applications médicales et environnementales de cette plante, ouvrant ainsi la voie à de nouvelles opportunités dans le domaine de la phytothérapie et de la lutte antiparasitaire.

En définitive, cette étude contribue à enrichir les connaissances sur les propriétés pharmacologiques de *Mentha suaveolens* et souligne son importance en tant que ressource naturelle précieuse pour le développement de thérapies alternatives et de produits respectueux de l'environnement.

Références

Références

1. A Ferreira; C Proença; M L M Serralheiro; M E M Araújo; "The in Vitro Screening for Acetylcholinesterase Inhibition and Antioxidant Activity of Medicinal Plants from Portugal", journal of ethnopharmacology, 2006.
2. Ahmed Abdelkhalek; Mohamed Z M Salem; Ahmed M Kordy; Abdelfattah Z M Salem; Said I Behiry; "Antiviral, Antifungal, and Insecticidal Activities of Eucalyptus Bark Extract: HPLC Analysis of Polyphenolic Compounds", microbial pathogenesis, 2020.
3. Alejandro R Molinelli; Michael C Madden; John K McGee; Jacqueline G Stonehuerner; Andrew J Ghio; "effect of metal removal on the toxicity of airborne particulate matter from the utah valley", inhalation toxicology, 2002.
4. Alexandre de Sousa Barros; Selene Maia de Moraes; Pablito Augusto Travassos Ferreira; Ícaro Gusmão Pinto Vieira; Afrânio Aragão Craveiro; Raquel Oliveira dos Santos Fontenelle; Jane Eire Silva Alencar de Menezes; Francisco Walber Ferreira da Silva; Halisson Araujo de Sousa; "Chemical Composition and Functional Properties of Essential Oils from Mentha Species", industrial crops and products, 2015.
5. Athanassiou, C. G., Rumbos, C. I., Stephou, V. K., Sakka, M., Schaffert, S., Sterz, T., ... & Austin, J. W. (2019). Field evaluation of Carifend® net for the protection of stored tobacco from storage insect pests. *Journal of stored products research*, 81, 46-52
6. Batool Zuhra; Khalil Ahmad; Shaukat Ali; Azhar Hussain; Maisoor Ahmad Nafees; Salar Ali; Muhammad Ali; Sadiq Hussain; Zulfiqar Ali; "Assessing The Toxic Potential of Insecticide and Indigenous Botanical Extract Against The Stored Grain Pest Tribolium Castaneum (Coleoptera: Tenebrionidae)", polish journal of environmental studies, 2018.
7. Benabdallah, A., Rahmoune, C., Boumendjel, M., Aissi, O., & Messaoud, C. (2016). Total phenolic content and antioxidant activity of six wild Mentha species (Lamiaceae) from northeast of Algeria. *Asian Pacific journal of tropical biomedicine*, 6(9), 760-766.
8. Bennis, S., Chami, F., Chami, N., Bouchikhi, T., & Remmal, A. (2004). Surface alteration of *Saccharomyces cerevisiae* induced by thymol and eugenol. *Letters in Applied Microbiology*, 38(6), 454-458.
9. Bouhdid, S., Abrini, J., Amensour, M., Zhiri, A., Espuny, M. J., & Manresa, A. (2010). Functional and ultrastructural changes in *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus* cells induced by *Cinnamomum verum* essential oil. *Journal of applied microbiology*, 109(4), 1139-1149.
10. Brahmi, F., Khodir, M., Mohamed, C., & Pierre, D. (2017). Chemical composition and biological activities of Mentha species. *Aromatic and medicinal plants-Back to nature*, 10, 47-79.
11. Brahmi, F., Lounis, N., Mebarakou, S., Guendouze, N., Yalaoui-Guellal, D., Madani, K., ... & Duez, P. (2022). Impact of growth sites on the phenolic contents and antioxidant activities of three algerian mentha species (*M. pulegium* L., *M. rotundifolia* (L.) Huds., and *M. spicata* L.). *Frontiers in Pharmacology*, 13, 886337.
12. Bruneton, J. (1999). Huiles essentielles. *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales*. Éditions Tec & Doc, 3e édition, Lavoisier, Paris, France.

13. Čavar Zeljković, S., Šišková, J., Komzáková, K., De Diego, N., Kaffková, K., & Tarkowski, P. (2021). Phenolic compounds and biological activity of selected *Mentha* species. *Plants*, 10(3), 550.
14. Christianson, D. W. (2008). Unearthing the roots of the terpenome. *Current opinion in chemical biology*, 12(2), 141-150.
15. Couplan, F. (2009). *Le régal végétal: plantes sauvages comestibles* (Vol. 1). Editions Ellebore.
16. Dalila Haouas; Pier Luigi Cioni; Monia Ben Halima-Kamel; Guido Flamini; Mohamed Habib Ben Hamouda; "Chemical Composition and Bioactivities of Three Chrysanthemum Essential Oils Against *Tribolium Confusum* (du Val) (Coleoptera: Tenebrionidae)", *JOURNAL OF PEST SCIENCE*, 2012.
17. Dib, M. E. A., Allali, H., Djabou, N., Tabti, B., & Muselli, A. (2014). Antioxidant, antibacterial and allelopathic activities of essential oil of *Mentha suaveolens* ssp. *insularis* (Req.) Greuter & Burdet. *American Journal of Phytomedicine and Clinical Therapeutics*, 2(9), 1181-1194.
18. El Ouariachi, E. M., Lahhit, N., Bouhdadi, Y., Bakha, M., Amahmid, O., & Jana, M. (2018). Antioxidant activity of *Mentha suaveolens* essential oil. *Moroccan Journal of Chemistry*, 6(1), 71-77.
19. Eltahir Bakheet Eltahir Zeinab; Adam Dahab Abdelhafiz; "Effectiveness of Using Oils Extracts of *Peganum Harmala* and *Rhanterium Epapposum* Against Khapra Beetle (Coleoptera: Dermestidae) and Their Chemical Compositions", *scientific research and essays*, 2019.
20. G. Bupesh; C. Amutha; S. Nandagopal; "Antibacterial Activity of *Mentha Piperita* L. (peppermint) from Leaf Extracts – A Medicinal Plant", *acta agriculturae slovenica*, 2007.
21. Ghania Yakhlef; Leila Hambaba; Diana C.G.A. Pinto; Artur M.S. Silva; "Chemical Composition and Insecticidal, Repellent and Antifungal Activities of Essential Oil of *Mentha Rotundifolia* (L.) from Algeria", *industrial crops and products*, 2020.
22. Ghania Yakhlef; Leila Hambaba; Diana C.G.A. Pinto; Artur M.S. Silva; "Chemical Composition and Insecticidal, Repellent and Antifungal Activities of Essential Oil of *Mentha Rotundifolia* (L.) from Algeria", *industrial crops and products*, 2020.
23. H Oumzil; S Ghouлами; M Rhajaoui; A Ilidrissi; S Fkih-Tetouani; M Faid; A Benjouad; "Antibacterial and Antifungal Activity of Essential Oils of *Mentha Suaveolens*", *phytotherapy research*, 2002.
24. Hagstrum, D., & Subramanyam, B. (2017). *Stored-product insect resource*. Elsevier.
25. Halliwell, B. (1999). Antioxidant defence mechanisms: from the beginning to the end (of the beginning). *Free radical research*, 31(4), 261-272.
26. Harley, R. M., Atkins, S., Budantsev, A. L., Cantino, P. D., Conn, B. J., Grayer, R., ... & Upson, T. (2004). Labiatae. In *Flowering plants: Dicotyledons: Lamiales (except Acanthaceae including Avicenniaceae)* (pp. 167-275). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
27. Helen C. F. Su; "laboratory evaluation of biological activity of cinnamomum cassia to four species of stored-product insects1", *journal of entomological science*, 1985.
28. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:841206-1>

29. Khalis Ali; Hena Hashim Mohammed; "Toxic Effect of Some Plant Extracts on The Mortality of Flour Beetle *Tribolium Confusum* (Duval) (Coleoptera: Tenebrionidae)", 2013.
30. Khalis Ali; Hena Hashim Mohammed; "Toxic Effect of Some Plant Extracts on The Mortality of Flour Beetle *Tribolium Confusum* (Duval) (Coleoptera: Tenebrionidae)", 2013.
31. Kim SoonIl, K. S., Chang KyuSik, C. K., Yang YoungCheol, Y. Y., Kim ByungSeok, K. B., & Ahn YoungJoon, A. Y. (2004). Repellency of aerosol and cream products containing fennel oil to mosquitoes under laboratory and field conditions.
32. Lakhdar, M. (2015). Activité antibactérienne et caractérisation phytochimique de l'huile essentielle de *Mentha pulegium* L. et *Mentha suaveolens* Ehrh. (Doctoral dissertation, Université Kasdi Merbah Ouargla).
33. Lucrecia Moreno; Regina Bello; Eduardo Primo-Yúfera; Juan Esplugues; "Pharmacological Properties of The Methanol Extract from *Mentha Suaveolens* Ehrh", phytotherapy research, 2002.
34. M. Elmastaş; Ibrahim Dermirtas; O. Isildak; H. Aboul-Enein; "Antioxidant Activity of S-Carvone Isolated from Spearmint (*Mentha Spicata* L. Fam Lamiaceae)", journal of liquid chromatography & related technologies, 2006.
35. Marta Cristina Teixeira Duarte; Glyn Mara Figueira; Adilson Sartoratto; Vera Lúcia Garcia Rehder; Camila Delarmelina; "Anti-Candida Activity of Brazilian Medicinal Plants", journal of ethnopharmacology, 2005.
36. Marwa I. Mackled; Mervat EL-Hefny; May Bin-Jumah; Trandil F. Wahba; Ahmed A. Allam; "Assessment of The Toxicity of Natural Oils from *Mentha Piperita*, *Pinus Roxburghii*, and *Rosa* Spp. Against Three Stored Product Insects", 2019.
37. Masumeh Ziaee; Zahra Ganji; "Insecticidal Efficacy of Silica Nanoparticles Against *Rhyzopertha Dominica* F. and *Tribolium Confusum* Jacquelin Du Val", journal of plant protection research, 2016.
38. Mimica-Dukić, N., Božin, B., Soković, M., Mihajlović, B., & Matavulj, M. (2003). Antimicrobial and antioxidant activities of three *Mentha* species essential oils. *Planta medica*, 69(05), 413-419.
39. Mohaddese Mahboubi; Ghasem Haghi; "Antimicrobial Activity and Chemical Composition of *Mentha Pulegium* L. Essential Oil", journal of ethnopharmacology, 2008.
40. Mohamed E El-Boshy; Bassem Refaat; Ahmed H Qasem; Anmar Khan; Mazen Ghaith; Hussain Almasmoum; Amani Mahbub; Riyadh A Almaimani; "The Remedial Effect Of *Thymus Vulgaris* Extract Against Lead Toxicity-induced Oxidative Stress, Hepatorenal Damage, Immunosuppression, And Hematological Disorders In Rats", environmental science and pollution research international, 2019.
41. Moshari-Nasirkandi, A., Alirezalu, A., Alipour, H., & Amato, J. (2023). Screening of 20 species from Lamiaceae family based on phytochemical analysis, antioxidant activity and HPLC profiling. *Scientific Reports*, 13(1), 16987.
42. Nagarjuna Reddy Desam; Abdul Jabbar Al-Rajab; Mukul Sharma; Mary Moses Mylabathula; Ramachandra Reddy Gowkanapalli; Mohammed Albratty; "Chemical Constituents, in Vitro Antibacterial and Antifungal

- Activity of Mentha×Piperita L. (peppermint) Essential Oils", JOURNAL OF KING SAUD UNIVERSITY - SCIENCE, 2019.
43. Neda Mimica-Dukić; Biljana Bozin; Marina Soković; Biserka Mihajlović; Milan Matavulj; "Antimicrobial and Antioxidant Activities of Three Mentha Species Essential Oils", PLANTA MEDICA, 2003.
 44. Pavela, R. (2009). Larvicidal property of essential oils against *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). *Industrial Crops and Products*, 30(2), 311-315.
 45. Pavela, R., et al. (2015). Essential oils of *Mentha suaveolens* and *Mentha pulegium*: Insecticidal activity and midgut effects on larvae of the tobacco cutworm *Spodoptera littoralis*. *Industrial Crops and Products*, 76, 817-825.
 46. Peeyush Kumar; Sapna Mishra; Anushree Malik; Santosh Satya; "Insecticidal Properties of Mentha Species: A Review", INDUSTRIAL CROPS AND PRODUCTS, 2011.
 47. POWO, 2024. *Daucus sahariensis*.
 48. Prior, R. L., Wu, X., & Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(10), 4290-4302.
 49. Quézel, P., & Santa, S. (1962). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales.
 50. Rana Akyazi; Mete Soysal; Errol Hassan; "Toxic and Repellent Effects of *Prunus Laurocerasus* L. (Rosaceae) Extracts Against *Tetranychus Urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)", TURKISH JOURNAL OF ENTOMOLOGY, 2015.
 51. Regnault-Roger, C., Hamraoui, A., & Bateau, I. (1993). Effects of Some Plant Essential Oils on the Survival of *Tribolium confusum* (Herbst) (Coleoptera, Tenebrionidae). *Journal of Stored Products Research*, 29(4), 259–264. [https://doi.org/10.1016/0022-474x\(93\)90011-v](https://doi.org/10.1016/0022-474x(93)90011-v)
 52. Riahi, L., et al. (2013). Ethnopharmacological survey of medicinal plants used in traditional medicine in the region of Oued Righ (Algerian Sahara). *Journal of Medicinal Plants Research*, 7(19), 1375-1388.
 53. S A Tasduq; K Singh; N K Satti; D K Gupta; K A Suri; R K Johri; "Terminalia Chebula (fruit) Prevents Liver Toxicity Caused By Sub-chronic Administration of Rifampicin, Isoniazid and Pyrazinamide in Combination", human and experimental toxicology, 2006.
 54. S. Ravan; A. Khani; Nahid Veysi; "GC-MS Analysis and Insecticidal Effect of Methanol Extract of *Pistacia Khinjuk* Stocks Leaves", acta agriculturae slovenica, 2019.
 55. S. Ravan; A. Khani; Nahid Veysi; "GC-MS Analysis and Insecticidal Effect of Methanol Extract of *Pistacia Khinjuk* Stocks Leaves", acta agriculturae slovenica, 2019.
 56. Saqib, S., Ullah, F., Naeem, M., Younas, M., Ayaz, A., Ali, S., & Zaman, W. (2022). *Mentha*: Nutritional and health attributes to treat various ailments including cardiovascular diseases. *Molecules*, 27(19), 6728.
 57. Shaaya, E., Kostjukovski, M., Eilberg, J. E., & Sukprakarn, C. (1997). Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, 33(1), 7-15.
 58. T Komutarin; S Azadi; L Butterworth; D Keil; B Chitsomboon; M Suttajit; B J Meade; "Extract of The Seed Coat of *Tamarindus Indica* Inhibits Nitric

- Oxide Production By Murine Macrophages in Vitro and in Vivo", food and chemical toxicology : an international journal ..., 2004.
59. Traboulsi, A. F., El-Haj, S., Tueni, M., Taoubi, K., Nader, N. A., & Mrad, A. (2005). Repellency and toxicity of aromatic plant extracts against the mosquito *Culex pipiens molestus* (Diptera: Culicidae). *Pest Management Science: Formerly Pesticide Science*, 61(6), 597-604.
 60. Wang, S. Y., & Jiao, H. (2000). Scavenging capacity of berry crops on superoxide radicals, hydrogen peroxide, hydroxyl radicals, and singlet oxygen. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(11), 5677-5684.
 61. Xue Pang; Yi-Xi Feng; Xiao-Jie Qi; Yang Wang; Borjigidai Almaz; Chao Xi; Shu-Shan Du; "Toxicity and Repellent Activity of Essential Oil from *Mentha Piperita* Linn. Leaves and Its Major Monoterpenoids Against Three Stored Product Insects", environmental science and pollution research international, 2019.
 62. Zekri, M., Bendahmane, M., & Hammou, M. (2013). Activité antimicrobienne des extraits de quelques plantes médicinales de la flore algérienne. *Journal of Applied Biosciences*, 65(1), 4929-4940.
-