



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Abou Bekr Belkaïd Tlemcen
Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la
Terre et de l'Univers
Département Ecologie et Environnement

Laboratoire de recherche

« Valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'Environnement et
application en santé publique »

Mémoire

Présenté par

ZIDOURI Sanaâ

En vue de l'obtention du diplôme de Master en

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Ecologie animale

Thème

Activité insecticide des huiles essentielles de deux plantes aromatiques contre *Tribolium castaneum* (Herbest, 1779)

Soutenu le 24 juin , devant le jury composé de :

Présidente : DEKKAK- BENMOUSSET Soumia MCA Université de Tlemcen

Encadrante : BOUKLIKHA-KASSEMI Naima MCB Université de Tlemcen

Examineur : MESLI Lotfi Professeur Université de Tlemcen

Année universitaire : 2025 / 2026

REMERCIEMENTS

Je remercie الله سبحانه و تعالى qui m'a atteint ce jour pour soutenir, et ma donnée la force et la patience de terminer mon parcours universitaire toute cette période de 17 ans des études et principalement 5 ans dans l'université de Abou Bekr Belkaid Tlemcen.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à **Mme BOUKLIKHA-KASSEMI Naima**, mon encadrante, pour son accompagnement, sa disponibilité, ses précieux conseils et son soutien tout au long de la réalisation de ce travail.

Je remercie également **Mme DEKKAK Soumia**, présidente du jury, pour l'honneur qu'elle me fait en présidant cette soutenance.

Mes sincères remerciements s'adressent également à **M. MESLI Lotfi**, pour avoir accepté d'examiner ce mémoire et pour l'intérêt porté à cette étude.

Je leur adresse à tous mes plus vifs remerciements et ma profonde reconnaissance pour leur contribution à l'évaluation de ce travail.

Sanaâ



Dédicace

واخر دعواهم ان الحمد لله رب العالمين

من قال أنا لها نالها وأنا لها وإن أبت رَغْمًا عنها أتيتُ بها

« À moi-même, ambitieuse, qui ai choisi ce chemin et l'ai suivi avec détermination, qui ai affronté les défis en silence, je te dédie ce diplôme, car tu le mérites. »

« À celui qui a embelli mon nom des plus beaux titres, qui m'a soutenue sans limites et m'a tout donné sans rien attendre en retour, à la lumière qui a illuminé mon cœur et à la lampe dont l'éclat ne s'éteindra jamais dans mon âme. »

« Mon cher père »

« À celle sous les pieds de qui le Paradis a été placé, dont le cœur m'a enveloppée avant même ses mains, et qui a rendu les épreuves plus légères grâce à ses prières, à ce cœur si tendre »

« Ma chère mère »

« À mon pilier inébranlable, à ma source de force, à ceux qui me soutiennent et me portent »

« À mes frères »

À une âme chère qui m'a quittée alors que je reste encore attachée à elle.

À ma tante, j'aurais tant souhaité ta présence, mais le destin en a décidé autrement. Qu'Allah t'accorde Sa miséricorde à la Hauteur de la bonté de ton cœur.

À mon fiancé, merci pour ton soutien, ta confiance et tes encouragements tout au long de ce parcours

Sanaâ



SOMMAIRE

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

LES ABREVIATIONS

RESUME

INTRODUCTION

CHAPITRE I: Présentation de l'insecte étudié

I. Description générale.....	1
II. Origine et répartition géographique	2
III. Position systématique.....	3
IV. Biologie et Cycle de Vie	6
V. Description des différents stades de développement de <i>Tribolium castaneum</i>	7
VI. Régime alimentaire et dégâts	9
VII. Importance économique.....	9
VIII. Moyens de lutte.....	10
VIII.1. Lutte préventive	10
VIII.2. Lutte curative	10
VIII.3. Lutte biologique.....	11

CHAPITRE II : Présentation des plantes étudiées et des huiles essentielles

I- <i>Origanum compactum</i>	13
I-1 Description botanique	13
I.2. Classification botanique.....	14
I.3. Habitat et répartition géographique	14
I.4. Usage traditionnel	14
I.5. Huile essentielle d'Origan	15
II. <i>Lavandula angustifolia</i>	15
II.1 Description générale	15
II.2. Classification botanique.....	16
II.3. Habitat et répartition géographique	17
II.4. Usage traditionnelle.....	17
II. 5. Les huiles essentielles de <i>Lavandula angustifolia</i>	17
III. Huiles essentielles	18
III.1. Définition.....	18
III.2. Répartition et localisation.....	19
III.3. Principales techniques d'extraction des huiles essentielles.....	20
III.3.1. Hydrodiffusion.....	20
III.3.2. Hydrostillation (distillation à la vapeur).....	21
III.4. Compositions physico-chimiques des huiles essentielles	22

CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES

I. L'objectif de l'étude	27
II. Matériel utilisé.. ..	27
II.1. Matériel animal	27
II.2. Matériel au laboratoire	28
II.3. Matériel végétale.....	29

III. Evaluation de l'activité insecticide d'huile essentielle d'Origan	29
IV. Calcul de mortalité corrigée.....	30
V. Analyse statistiques	31
VI. Calcul de la dose létale	31
VII. Calcul de temps létale	32
CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION	
I. Evaluation de l'effet insecticide de l'He sur les adultes de <i>Tribolium castaneum</i>	33
I.1. <i>Origanum compactum</i>	33
I.2. <i>Lavandula angustifolia</i>	34
CONCLUSION	49
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	43

Liste des tableaux

Tableau 1 : Evolution de la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* (%) en fonction du temps et des doses de l'huile essentielle d'*Origanum compactum*

Tableau 2: Evolution de la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum*(%) en fonction du temps et des doses de l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia*

Tableau 3: Valeurs de DL50 après trois jours d'exposition aux huiles essentielles étudiées

Tableau 4: Valeurs de TL50 en utilisant la dose 3µl/ 5g de semoule des deux huiles essentielles étudiées

Liste des figures

Figure 1: Cycle biologique de <i>Tribolium castaneum</i> . (Arab,2012).....	7
Figure 2 : Larves de <i>Tribolium castaneum</i> (Christine,2001).	8
Figure 3: Vues dorsale et ventrale de nymphes de <i>Tribolium castaneum</i> (Christine. 2001).....	8
Figure 4 : Aspect dorsale d'un individu adulte de <i>Tribolium castaneum</i> (Christine,2001).....	9
Figure 5: Origanum compactum (Bouyahya et al, 2016).	13
Figure 6: Lavandula angustifolia (kothe,2007).....	16
Figure 7 : Schéma du dispositif d'hydrodiffusion (Lucchesi, 2005)	21
Figure 8 : Schéma des étapes de l'hydrodistillation (Attou,2001)	21
Figure 9 : Elevage en masse des insectes (Originale 2026)	24
Figure 10 : Le matériel utilisé au laboratoire (Originale 2026)	25
Figure 11 : Huiles essentielles d'Origan compact et Lavande officinale(Originale ,2026).....	25
Figure 12 : Tests sur les adultes de <i>Tribolium castaneum</i> (Originale, 2026)	26
Figure 13 : Taux de mortalité des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> en fonction du temps et des doses de l'huile essentielle d'Origanum compactum	29
Figure 14 : Taux de mortalité adultes de <i>Tribolium castaneum</i> en fonction du temps et doses de l'huiles essentielles de Lavandula angustifolia.....	31
Figure 15 : Droit de régression (ajustement) Log doses en huile extrait de l'Origanum compactum /mortalité (probit) des adultes	35
Figure 16 : Droit de régression (ajustement) Log doses en huile extrait de Lavandula angustifolia /mortalité (probit) des adultes	36
Figure 17 : Droite de régression (ajustement)Log temps en huile extraite d'Origanum compactum /mortalité (probit) des adultes	38
Figure 18 : Droite de régression (ajustement)Log temps en huile extraite de Lavandula angustifolia /mortalité (probit) des adultes	39

Les abréviations

FAO : Food and Agriculture Organization.

°C : Degré Celsius.

CO₂ : dioxyde de Carbon.

HE : Huile essentielle.

T : Tribolium.

µl : microlitre.

% : Pourcentage.

PAM : Plantes aromatique et médicinales.

Cm : centimètre.

Mc : mortalité corrigée.

D : Dose.

J : Jour.

DL50 : Dose létale pour tuer 50% de population.

TI 50 : Temps létale pour tuer 50% de population.

Résumé

L'utilisation des huiles essentielles dans la lutte contre les nuisibles des denrées stockées constitue une alternative prometteuse aux insecticides chimiques. Les études en cours se concentrent sur la découverte de substances naturelles qui peuvent garantir une protection efficace des produits stockés tout en limitant les risques environnementaux et sanitaires.

Cette étude vise principalement à analyser l'effet insecticide des huiles essentielles d'*Origanum compactum* et de *Lavandula angustifolia* sur *Tribolium castaneum* en laboratoire. L'effet insecticide a été examiné par inhalation-contact avec cinq dosages distincts variant de 1 à 5 μ l, en plus d'un groupe témoin, sur une durée d'exposition de six jours.

Les résultats montrent que les huiles essentielles d'*Origanum compactum* et de *Lavandula angustifolia* ont une forte action insecticide contre le *Tribolium castaneum*. La mortalité augmente progressivement avec la dose et la durée d'exposition. L'*Origanum compactum* a provoqué un taux de mortalité de 100 % avec une application de 5 μ l au sixième jour, alors que *Lavandula angustifolia* a connu un taux de mortalité complet à 4 μ l. Les fortes doses se sont révélées plus efficaces et plus rapides que les faibles doses, tandis que le groupe témoin a montré une mortalité minimale tout au long de l'expérience.

Mots-clés : Huiles essentielle, *Origanum compactum*, *Lavandula angustifolia*, *Tribolium castaneum*, Mortalité.

Summary

The use of essential oils in the control of stored-product pests represents a promising alternative to chemical insecticides. Current studies are focused on the discovery of natural substances capable of ensuring effective protection of stored products while reducing environmental and health risks.

The main objective of this study was to analyze the insecticidal effect of the essential oils of *Origanum compactum* and *Lavandula angustifolia* against *Tribolium castaneum* under laboratory conditions. The insecticidal activity was evaluated by inhalation-contact using five different doses ranging from 1 to 5 µl, in addition to a control group, over an exposure period of six days.

The results showed that the essential oils of *Origanum compactum* and *Lavandula angustifolia* exhibited strong insecticidal activity against *Tribolium castaneum*. Mortality increased progressively with both dose and exposure time. *Origanum compactum* caused a mortality rate of 100% at a dose of 5 µl on the sixth day, whereas *Lavandula angustifolia* achieved complete mortality at 4 µl. Higher doses proved to be more effective and faster acting than lower doses, while the control group showed minimal mortality throughout the experiment.

Keywords: Essential oils, *Origanum compactum*, *Lavandula angustifolia*, *Tribolium castaneum*, mortality.

ملخص

يُعد استخدام الزيوت العطرية في مكافحة الآفات المسببة للضرر للمواد المخزنة بديلاً واعداً للمبيدات الحشرية الكيميائية. وتركز الدراسات الحالية على اكتشاف مواد طبيعية يمكن أن تضمن حماية فعالة للمنتجات المخزنة مع الحد من المخاطر البيئية والصحية.

تهدف هذه الدراسة بشكل رئيسي إلى تحليل التأثير المبيد للحشرات للزيوت العطرية من الزعتر وخزامى على *Tribolium castaneum* في المختبر. وقد تم فحص التأثير المبيد للحشرات عن طريق الاستنشاق-الاتصال باستخدام خمسة تراكيز مختلفة تتراوح من 1 إلى 5 ميكرو لتر، بالإضافة إلى مجموعة ضابطة، على مدى فترة تعرض بلغت ستة أيام.

تظهر النتائج أن الزيوت الأساسية *Lavandula angustifolia* و *Origanum compactum* لها تأثير قوي كمبيد حشري ضد *Tribolium castaneum*. تزداد نسبة الوفيات تدريجياً مع زيادة الجرعة ومدة التعرض. أدى استخدام زيت الزعتر إلى معدل وفاة بلغ 100% عند تطبيق 5 ميكرو لتر في اليوم السادس، بينما سجل زيت الخزامى معدل وفاة كامل عند 4 ميكرو لتر. وأظهرت الجرعات العالية فاعلية وسرعة أكبر مقارنة بالجرعات المنخفضة، بينما أظهر مجموعة الشاهدة معدل وفاة ضئيل طوال فترة التجربة.

الكلمات المفتاحية: الزيوت العطرية، *Tribolium*، *Lavandula angustifolia*، *Origanum compactum*، *castaneum*، الوفيات.

Introduction Générale

Introduction générale

Le recours à des insecticides botaniques en substitut des insecticides chimiques représente une option encourageante pour gérer les nuisibles des produits conservés, tout en minimisant l'impact sur la santé humaine et l'environnement. Plusieurs recherches se focalisent sur diverses méthodes de lutte, en mettant un accent particulier sur l'utilisation de substances végétales ayant un effet insecticide (**Cissokho et al., 2015**).

Les insectes nuisibles peuvent entraîner des pertes partielles ou totales de céréales en stockage. Selon **Rajashekar et al. (2010)**, ces insectes causent une perte mondiale annuelle de grains stockés estimée entre 10% et 40%. L'emploi de pesticides est la technique la plus répandue pour réduire leurs actions, cependant cela provoque de nombreux impacts non désirés. Plusieurs recherches ont prouvé que l'usage excessif de pesticides chimiques a pour effet de réduire la biodiversité et de favoriser l'émergence de résistances aux insecticides. De nombreux insectes de stockage ont montré une résistance à différents types d'insecticides, comme cela a été rapporté, dont *Rhyzopertha dominica* (F.), *Sitophilusoryzae*(F.), *Sitophiluszeamais* (Motschulsky) et *Tribolium castaneum* (Herbst), contre le malathion, le pirimiphos-méthyl, le fenitrothion et la phosphine (**Sartori et al., 1990**).

Les extraits végétaux, notamment les huiles essentielles, représentent une solution alternative pour la protection des denrées alimentaires stockées. Au cours de la dernière décennie, leur utilisation a fait l'objet de nombreuses études, traduisant un intérêt scientifique grandissant. Cet engouement se manifeste par l'augmentation du nombre de recherches portant sur l'efficacité des huiles essentielles dans la conservation des céréales et des produits stockés (**Tunc et al., 2000 ; Camara, 2009**).

Face aux attaques des insectes ravageurs des denrées stockées, la stratégie de lutte repose principalement sur l'utilisation de pesticides chimiques. Malgré leur efficacité dans des conditions contrôlées, ces produits présentent plusieurs limites importantes. Ils favorisent notamment l'apparition de phénomènes d'ac2coutumance chez les insectes et la sélection de populations résistantes (**Benhalima et al., 2004**). À cela s'ajoutent des risques pour la santé humaine, ainsi que des effets néfastes sur l'environnement et l'équilibre des écosystèmes (**Regnault-Roger et al., 2002**).

Ces contraintes soulignent la nécessité de développer des méthodes de lutte alternatives, plus sûres et durables. Dans cette optique, les extraits végétaux, reconnus pour leurs propriétés insecticides et répulsives, constituent une piste intéressante. Leur faible coût, leur efficacité et leur facilité d'utilisation en font des solutions particulièrement adaptées aux contextes des pays en développement.

Introduction générale

Le développement se produit à l'intérieur des grains, comme c'est le cas pour le charançon (*Sitophilus* sp.) *Rhyzopertha dominica*, connu sous le nom de capucin, et *Sitotrogacereallega*, l'aleurite du maïs et du riz. Leur existence encourage l'émergence d'insectes secondaires tout aussi périlleux, qui se reproduisent dans les sacs poussières et les farines, à l'instar du *Tribolium* sp. (Fleurat-Lessard, 2011).

Tribolium castaneum est considéré comme un ravageur secondaire des produits stockés. Incapable d'infester des grains sains, il se développe uniquement sur des substrats préalablement endommagés par des ravageurs primaires (Upadh-Yay et al., 2018). En outre, sa présence entraîne une augmentation de la température et de l'humidité au sein des stocks, favorisant ainsi la prolifération des champignons et aggravant la détérioration des grains (Yun et al., 2018).

L'Algérie, grâce à sa situation géographique, possède une végétation riche et diversifiée, comprenant de nombreuses plantes aromatiques qui poussent à l'état spontané. L'intérêt pour ces plantes n'a cessé de croître ces dernières années. Dans ce cadre, nous nous sommes intéressés à l'extraction de l'huile essentielle d'une plante appartenant à la famille des Lamiaceae : *Lavandula angustifolia* (lavande vraie). Originaires notamment de certaines régions montagneuses, cette plante est largement reconnue pour ses nombreuses propriétés médicinales et aromatiques, et *Origanum compactum* (origan compact). Cette plante, largement répandue dans certaines régions, est reconnue pour ses importantes propriétés médicinales et aromatiques.

Cette étude s'inscrit dans une démarche de valorisation des substances naturelles en vue de proposer des alternatives aux insecticides chimiques utilisés pour la protection des produits stockés. L'objectif principal est d'évaluer le potentiel insecticide de l'huile essentielle extraite de la plante étudiée sur un ravageur majeur des denrées entreposées, *Tribolium castaneum*, dans des conditions contrôlées au laboratoire.

Pour cela, nous avons testé l'activité de cette huile essentielle en utilisant une méthode d'exposition combinée par inhalation et par contact. Cette approche permet d'observer à la fois les effets directs des vapeurs sur l'insecte ainsi que l'impact du contact avec la substance. L'ensemble des résultats obtenus permettra d'apprécier l'efficacité insecticide de l'huile essentielle et son éventuelle utilisation comme biopesticide naturel.

Notre travail est structuré en quatre chapitres, permettant d'aborder progressivement les différents aspects de l'étude.

Introduction générale

Le premier chapitre est consacré à une présentation de l'insecte étudié *Tribolium castaneum*, aborde sa classification, sa morphologie, son cycle de développement, et les dégâts qu'il occasionne dans les produits stockés.

Le deuxième Chapitre porte sur la présentation des plantes aromatiques étudiées *Lavandula angustifolia* et *Origanum compactum* et les huiles essentielles, la description botanique, la répartition géographique, les méthodes d'extraction (notamment l'hydrodistillation), ainsi que leurs propriétés biologiques, en particulier leurs activités insecticides, antifongiques et antimicrobiennes.

Le Troisième chapitre de ce travail est consacré au matériel et méthodes utilisés sans cette, dans laquelle on a décrit le matériel utilisé ainsi que les méthodes adoptées pour la réalisation des différentes expérimentations.

Le Quatrième chapitre est consacré à la présentation des résultats obtenus ainsi qu'à leur discussion, en mettant en évidence l'interprétation des données expérimentales.

Enfin nous terminons cette étude par une conclusion générale et quelques perspectives.

Chapitre I :

Présentation de l'insecte étudié

Chapitre I : Présentation de l'insecte étudié

Tribolium castaneum figure parmi les principaux ravageurs affectant les stocks alimentaires (Syed Shayfur et al., 2007). Selon les données de la FAO, l'impact des insectes nuisibles est considérable, engendrant la perte de près de 35 % de la production agricole à l'échelle mondiale.

I. Description générale

C'est un insecte appartenant à la famille des Tenebrionidae. L'adulte mesure de 3 à 4 mm, de couleur uniformément brun rougeâtre. Il est étroit, allongé, à bord parallèles, à pronotum presque aussi large que les élytres et non rebordé antérieurement. Les 3 derniers articles des antennes sont nettement plus gros que les autres. La larve mesure 6mm, environ 8 fois plus longue que large, d'un jaune très pale à maturité, avec latéralement quelques courtes soies jaunes. La capsule céphalique et la face dorsale sont légèrement rougeâtres (Camara, 2009).

II. Origine et répartition géographique

L'aire de distribution de *Tribolium castaneum* est très étendue à travers le monde. Bien que l'Inde soit considérée comme son centre d'origine selon Lepesme (1944), cette espèce est actuellement présente dans de nombreux pays, notamment en Amérique du Nord. Dans le monde, on compte de nombreuses lignées qui montrent une résistance confirmée aux insecticides, qu'il s'agisse de fumigants ou de non fumigants (Delobel et Tran, 1993).

Cet insecte colonise les ruines, les éboulis et le dessous des pierres (Lerant., 2015). En période de fortes chaleurs, les adultes sont capables de voler et peuvent être dispersés par le vent vers les habitations et divers bâtiments (Dave et al., 2001). Cette espèce est particulièrement répandue dans les régions tropicales, où elle présente une forte abondance (Christine, 2001).

III. Position systématique

D'après Lepesme (1994), *Tribolium castaneum* occupe la position systématique suivante :

Chapitre I : Présentation de l'insecte étudié

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Classe : Insecta

Ordre : Coleoptera

Famille : Tenebrionidae

Genre : Tribolium

Espèce : *Tribolium castaneum*

IV. Biologie et Cycle de Vie

Comme l'ensemble des coléoptères, *Tribolium castaneum* est un insecte holométabole, dont le développement se déroule selon une métamorphose complète comprenant les stades œuf, larve, nymphe et adulte.

Selon **Delobel et Tran (1993)**, la femelle, dont la durée de vie varie généralement entre 8 et 20 mois, commence à pondre dès l'âge de trois jours. Elle dépose quotidiennement environ une dizaine d'œufs, fixés à la surface de la farine grâce à une substance adhésive.

D'après **Robinson (2005)**, près de 90 % des œufs sont viables. À une température de 30 °C, l'éclosion intervient après environ cinq jours, tandis qu'en conditions moins favorables, la période d'incubation peut atteindre dix jours.

Les larves se déplacent librement dans les denrées infestées où elles poursuivent leur développement avant de se transformer en nymphes (**Chenni, 2016**). Le stade larvaire dure approximativement trois semaines, et l'adulte émerge de la nymphe environ six jours après sa formation.

Les adultes et les larves sont capables de cannibalisme vis-à-vis des œufs et des nymphes la consommation des œufs par les larves accroît leurs chances de survie, réduit la durée du développement et augmente la fécondité des femelles (**Dajoz, 2002**). Ils peuvent se nourrir de champignons qui pourraient envahir le stock et d'une infinie variété de matières végétales sèches et sont toujours présents dans les stocks.

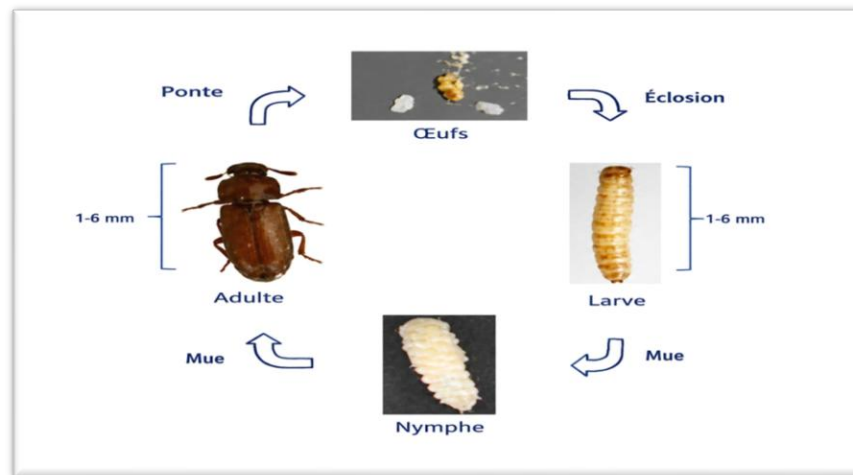


Figure 1: Cycle biologique de *Tribolium castaneum*. (Arab,2012)

V. Description des différents stades de développement de *Tribolium castaneum*

a- Les œufs

Sont ovulaires. Ils mesurent en moyenne 0,6 mm de long (Stefane, 1978). Ils sont de couleur blanche au moment de la ponte et recouverts par une substance visqueuse qui leur permet de se coller aux particules de nourritures et d'autre débris (Balachowsky et Mensil ,1936).

b- Larves

Les larves sont vermiformes et mesurent environ 6 mm de long et 0,7mm de largeur. Elles sont de couleur jaunâtre avec des bandes brun pâle à maturité (Figure 2). Elles sont munies latéralement de quelques courtes soies jaunes. Le dernier segment abdominal est terminé par une paire d'urogomphes recourbés vers le haut, dans un plan perpendiculaire à celui du corps. (Delobel et Tran, 1993 ; Badr,2014)



Figure 2 : Larves de *Tribolium castaneum* (Christine,2001).

c- Nymphe

Après son ultime mue larvaire, la nymphe entre dans une phase d'inanition. Sa coloration évolue du blanc vers le jaune (**Figure 3**). Cette étape est marquée par une profonde métamorphose, tant interne qu'externe, aboutissant à l'émergence de l'adulte (Delobel 6et Tran, 1993).



Figure 3: Vues dorsale et ventrale de nymphes de *Tribolium castaneum*(Christine. 2001)

d- Adulte

C'est un petit coléoptère brun rougeâtre d'environ 2,3 à 4,5mm de longueur (**Figure 4**). Il est étroit, allongé à bords parallèles et à pronotum presque aussi large que les élytres (Delobel et Tran, 1993).



Figure 4 : Aspect dorsale d'un individu adulte de *Tribolium castaneum*(Christine,2001)

VI. Régime alimentaire et dégâts

Tribolium castaneum est l'un des ravageurs les plus dangereux des grains stockés et des produits connexes (Rees, 1995). C'est un ravageur primaire de la farine et d'autres produits de mouture de céréales et un ravageur secondaire du blé stocké. La croissance la plus rapide est obtenue sur farine

Des céréales (dans l'ordre : blé dur, blé tendre, sorgho, mil, riz et maïs). Il peut infester pratiquement n'importe quel type de grain, des produits ou de la poudre de nourriture sèche pour animaux de compagnie, des fleurs séchées, des noix, des graines pour oiseaux, des arachides, des fruits secs, des épices, du cacao, des gâteaux à base de produits huileux et tous les produits céréaliers (Suresh et White, 2001). Ravageurs secondaires, les adultes comme les larves peuvent facilement infester les grains endommagés ou cassés (Cruz et Diop, 1989). En effet, des lésions microscopiques suffisent pour permettre à la larve d'entamer le grain. Seul le germe est consommé dans la plupart des temps. En cas de pullulation, les larves et les adultes sont cannibales et se nourrissent de leurs propres œufs et nymphes (Delobel et Tran, 1993).

VII. Importance économique

Cette espèce est étroitement associée depuis longtemps aux denrées alimentaires stockées par l'homme. Elle a été observée sur une grande variété de produits tels que les céréales, la farine, les pois, les haricots, le cacao, les noix, les fruits secs et les épices. Toutefois, les produits céréaliers transformés, notamment la farine, semblent constituer sa source de nourriture privilégiée (Campbell et Runnion, 2003).

Les larves et les adultes de *Tribolium castaneum* s'attaquent principalement aux grains déjà endommagés par d'autres insectes, contribuant ainsi à aggraver les dégâts. Ils sont souvent associés aux charançons, dont ils complètent l'action destructrice. Toutefois, certains auteurs signalent que larves et adultes peuvent également infester des grains de céréales sains. Des observations réalisées

Chapitre I : Présentation de l'insecte étudié

par **Desmarchelier (1988)** et **Sinha et al. (1988)** ont mis en évidence la présence de ces stades sur des grains et de la farine stockés.

L'infestation entraîne une altération de la qualité de la farine, qui prend une coloration brunâtre et dégage une odeur désagréable pouvant persister même après transformation (**Christine, 2001**). Par ailleurs, ces insectes contaminent les denrées en y laissant des résidus, notamment les exuvies issues des mues larvaires.

VIII. Moyens de lutte

Il existe plusieurs méthodes pour maîtriser les nuisibles et maintenir les pertes économiques à un niveau supportable.

VIII.1. Lutte préventive

Selon **De Groot (2004)**, il s'agit de toutes techniques destinées à réduire l'infestation au champ, au début du stockage ainsi que pendant le stockage. Les précautions à prendre au niveau du champ commencent par :

- Le choix des variétés résistantes aux agressions (biotiques et abiotiques) ;
- L'utilisation des techniques culturales appropriées (rotation, désherbage, récolte au moment opportun).

En outre, d'autres précautions sont à entreprendre :

- Traitement des locaux de stockage ; _ propreté de la céréale à stocker ;
- Suivi régulier et contrôle rigoureux (de la teneur en eau des grains, la faculté germinative des semences, température, humidité de stockage et la présence éventuelle d'organismes nuisibles) (**Ducomp, 1982**).

VIII.2. Lutte curative

- **Lutte chimique**

On distingue habituellement deux modes opératoires pour la protection des stocks (**Cruz et al., 1988**). D'une part, le traitement par contact, qui s'appuie sur la persistance d'une pellicule insecticide déposée sur les surfaces et les denrées. D'autre part, la fumigation, qui utilise des substances gazeuses pour éliminer les nuisibles au cœur même du stockage.

- **Lutte physique**

Bien que les mesures préventives soient impératives, elles s'avèrent souvent incomplètes, rendant l'application de traitements curatifs inéluctable.

Chapitre I : Présentation de l'insecte étudié

- **L'atmosphère modifiée**

Pour éliminer les insectes par asphyxie, on utilise une technique qui consiste à appauvrir l'air situé entre les grains en oxygène. Lorsque la teneur en oxygène descend sous la barre des 1 %, elle devient mortelle (**Cruz et al., 1988**). Pour parvenir à ce résultat, on augmente la concentration d'autres gaz : une présence de CO₂ supérieure à 60 % ou un taux d'azote (nitrogène) compris entre 97 % et 99 % suffit à éradiquer les populations d'insectes (**Gwinner et al., 1996**).²

- **Chaleur**

L'exposition des denrées stockées à une température de 60°C pendant 10 minutes permet l'élimination totale des ravageurs, quel que soit leur stade de développement (**Fleurat-Lessard, 1989**). Ce traitement thermique présente l'avantage de préserver l'intégralité des propriétés technologiques du grain, notamment son pouvoir germinatif et sa valeur boulangère.

Le traitement thermique des grains offre l'avantage complémentaire d'assainir la denrée en réduisant la charge microbienne (fongique et bactérienne). Toutefois, la viabilité de cette méthode repose sur le maintien des propriétés technologiques du produit. Cette exigence de qualité a été validée lors d'études sur le blé dur et les semoules par (**Fleurat-Lessard et Trentessaux, 1977**)

- **Froid**

L'abaissement de la température limite le métabolisme biologique et assure l'élimination de plusieurs espèces de ravageurs. Selon (**Sinha et Watters (1985)**), le développement larvaire est entravé dès que la température descend sous 8°C, rendant la graine impénétrable. Par ailleurs, une ambiance thermique inférieure à -1°C entraîne la mort des insectes après un mois d'exposition.

VIII.3. Lutte biologique

La lutte biologique repose sur l'utilisation d'organismes vivants, tels que les micro-organismes, les prédateurs et les parasitoïdes, ainsi que de substances naturelles d'origine végétale, dans le but de réguler et de réduire les populations de ravageurs (Auger et al., 1999).

(Madjdoub, 2013) souligne que l'usage intensif et souvent incontrôlé des pesticides chimiques a entraîné d'importants effets négatifs sur l'environnement et la santé. Face à cette situation, le développement de solutions alternatives, telles que les biopesticides végétaux et plus particulièrement les huiles essentielles, apparaît comme une approche prometteuse en raison de leur biodégradabilité et de leur respect de l'environnement.

CHAPITRE II :

Présentation des plantes étudiées et des huiles essentielles

I- *Origanum compactum*

I-1 Description botanique

Origanum compactum est une plante herbacée vivace caractérisée par une odeur aromatique marquée et une saveur amère, légèrement âpre, avec des notes aromatiques distinctes (Chafi et al., 2014).

Les tiges, toutes dressées, sont fines et couvertes de poils, avec une longueur variant de 20 cm à 1 m. Les feuilles, opposées et munies d'un pétiole, sont presque entières, de forme ovale, et présentent des bords plus ou moins velus. Elles sont également parsemées de glandes, qui correspondent à de minuscules réservoirs d'huile essentielle (Ait youcef, 2006).

Les inflorescences se présentent sous forme d'épis courts et compacts, d'une teinte violette intense, composés de grandes fleurs opposées (5 à 12 mm), sessiles. Au sein de ces épis, les fleurs se développent à l'aisselle des feuilles, lesquelles atteignent ou dépassent le calice. Après la floraison, elles demeurent étroitement rapprochées (Belkamel et al., 2013).

La caractéristique morphologique essentielle de cette espèce est la présence d'organes sécréteurs, constitués de trichomes glandulaires et non glandulaires. Ces derniers assurent la production d'huiles essentielles à la saveur distinctive, principalement liée à la présence de composés majeurs tels que le carvacrol et le thymol (Bouyahya et al., 2016).



Figure 5: *Origanum compactum* (Bouyahya et al, 2016).

CHAPITRE II : Présentation des plantes étudiées et des huiles

Nom botanique : *Origanum compactum*

Nom local en arabe : Zatar ; zaâteur (Algérie).

Nom en français : origan ; Origans à inflorescence compacte.

II.2. Classification botanique

Selon **Bouyahya et al. (2016) b**, l'Origan est classé comme suit :

Règne : Plantae

Embranchement : Spermatophyta

Sous embranchement : Angiospermae

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Asteridae

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiaceae

Genre : *Origanum*

Espèce : *Origanum compactum*

II.3. Habitat et répartition géographique

Sur le plan biogéographique, *Origanum compactum* croît spontanément dans les forêts, sur les substrats calcaires, ainsi que dans les zones arbustives et les pâturages rocheux des plaines et des basses montagnes. Elle est principalement présente au Maroc, dans le sud-ouest de l'Espagne et en Afrique du Nord (**Belkamel et al., 2013**).

II.4. Usage traditionnel

Les feuilles séchées de cette plante sont utilisées à des fins médicinales ainsi que comme source d'arômes. La plante, une fois séchée et fumée, possède des propriétés antiseptiques et désinfectantes. Elle est traditionnellement utilisée pour apaiser le rhume, la bronchite et les maux de tête. De plus, l'infusion obtenue à partir de la poudre de la plante (feuilles et fleurs) est considérée comme un remède efficace contre la diarrhée et divers troubles intestinaux (**Kellal et al., 2017**).

CHAPITRE II : Présentation des plantes étudiées et des huiles

L'huile essentielle (HE) issue de cette espèce est généralement reconnue pour ses effets tonifiants, ainsi que pour ses propriétés stimulantes sur les plans mental et sexuel (**Chafai et al., 2014**).

II.5. Huile essentielle d'Origan

Origanum compactum produit une huile essentielle particulièrement riche en composés tels que le thymol et le carvacrol. Cette essence peut atteindre environ 67 % de phénols totaux, le thymol étant le constituant majoritaire (**Ait youcef, 2006**).

La richesse de cette huile essentielle en composés actifs expliquerait ses propriétés antiseptiques, ce qui justifie son utilisation traditionnelle comme agent antibactérien, antiviral et antifongique (**Ait youcef, 2006**).

Du point de vue organoleptique, l'huile essentielle d'origan se distingue par une palette de couleurs assez étendue, variant du jaune clair jusqu'au brun foncé, pouvant parfois tirer vers le noir. Elle possède en outre une odeur intense, épicée et fortement piquante, généralement plus marquée et irritante que celle des autres huiles essentielles.

II. *Lavandula angustifolia*

II.1 Description générale

La lavande possède des feuilles de forme lancéolée et des fleurs très odorantes (**Kothe, 2007**). Elle est particulièrement répandue sur les terrains calcaires des zones montagneuses. Sa tige, droite et non ramifiée, porte de petites fleurs bleu violacé à deux lèvres, regroupées en épis terminaux denses. Les feuilles, opposées, sont fines, allongées et de couleur grisâtre. Lorsque la plante est froissée, elle libère un parfum aromatique agréable, surtout au niveau des inflorescences (**Jourdain, 1997**). Il s'agit d'un sous-arbrisseau vivace mesurant généralement entre 20 et 60 cm de hauteur (**Julve, 2013**).



Figure 6: *Lavandula angustifolia* (kothe,2007).

Plante aromatique emblématique du bassin méditerranéen, elle se distingue par son feuillage vert gris et ses jolies fleurs en épis bleu violacé. Il s'agit d'une espèce à pollinisation croisée dont les insectes garantissent la pollinisation. Leurs distinctions variées sont basées sur la taille, la solidité et la profusion des tiges, l'allongement des inflorescences ainsi que les traits distinctifs de l'essence révèlent deux espèces majeures : La lavande aspic (*Lavandula latifolia*) et la lavande vivace ou fine (*Lavandula angustifolia*) citées par **Aubineau et al(2002)**.

II.2. Classification botanique

Selon **Spichiger et al., 2004**, *Lavandula angustifolia* appartient au :

Règne : Plantae

Embranchement : Spermatophyta

Sous-embranchement : Angiospermae

Classe : Eudicotyledones

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiaceae

Genre : *Lavandula*

Espèce : *Lavandula angustifolia*

II.3. Habitat et répartition géographique

En Algérie, la lavande est présente à l'état spontané dans l'ensemble du Tell algérien. Elle est également cultivée dans plusieurs régions, notamment dans la wilaya de Tlemcen ainsi que dans la région d'Azzaba, située dans la wilaya de Skikda (Delille, 2007 ; Boughendjioua, 2017).

II.4. Usage traditionnelle

Les fleurs séchées de lavande sont traditionnellement utilisées sous forme de sachets placés dans les armoires afin de parfumer le linge et repousser les mites. Cette plante constitue également un remède de premiers secours grâce à ses propriétés antiseptiques ; elle favorise la cicatrisation des brûlures et des plaies et apaise les inflammations provoquées par les piqûres d'insectes. Elle est aussi employée dans le traitement de certaines affections cutanées comme la gale et les poux. Pour soulager les céphalées, quelques gouttes de son huile essentielle peuvent être appliquées en massage sur le cuir chevelu. Enfin, pour ses effets relaxants, tonifiants sur le système nerveux et facilitant le sommeil, il est courant d'ajouter cinq gouttes d'huile essentielle de lavande à l'eau du bain. **(Douachi et Yahiaoui, 2020)**

L'huile essentielle de lavande possède de nombreuses propriétés thérapeutiques. Elle présente une activité antibactérienne efficace, notamment contre certaines souches de *Staphylococcus* résistantes **(Roller et al., 2009)**, ainsi qu'une action antifongique. Elle est également reconnue pour ses effets antispasmodiques. Son activité anti-infectieuse serait liée à une synergie entre les hydrocarbures terpéniques, le linalol et le 1,8-cinéole **(Sonboli et al., 2006)**.

Par ailleurs, elle exerce des effets sur le système nerveux central, notamment des propriétés anticonvulsivants, calmantes, hypnotiques **(Elisabetsky et al., 1999)** et anxiolytiques marquées, même par inhalation, en contribuant à la réduction du stress par diminution du cortisol circulant **(Shiina et al., 2008)**. Elle possède aussi des propriétés antalgiques, anti-inflammatoires **(Denner, 2009)**, anesthésiques locales **(Ghelardini et al., 1999)**, sympatholytiques entraînant un effet hypotenseur **(Duraffourd et Lapraz, 2002)**

II. 5. Les huiles essentielles de *Lavandula angustifolia*

L'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* est l'une des huiles les plus utilisées en aromathérapie. Extraite des sommités fleuries par distillation, elle est particulièrement appréciée pour son parfum agréable et sa faible toxicité, ce qui lui confère une grande sécurité d'utilisation **(Iserin, 2001)**. De nombreuses études lui attribuent diverses propriétés

CHAPITRE II : Présentation des plantes étudiées et des huiles

biologiques, notamment des activités antimicrobiennes, anticancéreuses (**Gören et al., 2002**), anxiolytiques, analgésiques, antioxydantes, anti-inflammatoires ainsi **qu'insecticides (Chu et Kemper, 2001)**.

L'huile essentielle de lavande est composée essentiellement de : - Esters terpéniques : acétate de linalyle (25-45%), acétate de lavandulyl

- Monoterpénols : linalol (20 à 40%), α -terpinéol, terpinène-4-ol

– Autre composant en faibles quantités : limonène, 1,8 cinéole, camphre, octanone, β -caryophyllène.

III. Huiles essentielles

III.1. Définition

Les huiles essentielles, également désignées sous les termes d'« essences » ou d'essences aromatiques végétales, sont des substances d'origine végétale caractérisées par leur aspect huileux, leur volatilité et leur forte odeur (**Lardry et Haberkorn, 2007**).

Selon la définition technique la plus largement admise, une huile essentielle est un composé plus ou moins volatil extrait d'une espèce botanique aromatique. Son obtention repose sur un procédé physique spécifique qui doit impérativement préserver l'intégrité de sa structure moléculaire, évitant ainsi toute modification chimique notable (**Rassem et al., 2016**).

Sur le plan chimique, ces substances se distinguent par un parfum intense et une densité généralement plus faible que celle de l'eau (**Bakkali et al., 2008**). À température ambiante, elles se présentent le plus souvent sous la forme de liquides incolores. Leur profil de solubilité est strictement lipophile : elles sont insolubles dans l'eau mais parfaitement miscibles dans l'alcool et l'éther. En outre, elles sont caractérisées par des constantes physiques spécifiques, notamment un indice de réfraction marqué et une activité optique importante (**Dhifi et al., 2016**).

Il est important de ne pas confondre une huile essentielle (HE) avec les huiles végétales ou les huiles synthétiques. En effet, au-delà de leurs différences marquées en termes de composition chimique, les huiles essentielles présentent des caractéristiques spécifiques : elles sont volatiles à température ambiante, ne laissent pas de taches permanentes après évaporation et ne peuvent pas subir de saponification (**Khezari, 2013**).

De plus, une huile essentielle ne constitue pas réellement une « huile » au sens classique, puisqu'elle ne contient pas de corps gras. Elle est extraite de matières premières riches en composés

aromatiques naturels et en principes actifs (**Butnariu et Sarac, 2018**). Ces substances confèrent aux huiles essentielles de nombreuses propriétés intéressantes, notamment dans le domaine de la santé, où elles sont reconnues pour leurs activités antibactériennes, antifongiques et insecticides (**Properzi et al., 2013**).

III.2. Répartition et localisation

D'après **Franchomme et al. (2003)**, les huiles essentielles sont élaborées au niveau du cytoplasme des cellules sécrétrices. Elles se concentrent ensuite dans des structures glandulaires spécialisées situées à la surface des cellules et protégées par une cuticule, puis sont emmagasinées dans des cellules spécifiques appelées cellules à huile essentielle.

Selon un niveau de spécialisation croissant, on peut distinguer les différentes catégories de tissus sécréteurs suivantes

- Les cellules sécrétrices isolées

Se différencient au sein de divers parenchymes. Elles apparaissent le plus souvent sous forme de cellules uniques, dispersées de manière irrégulière dans les tissus, et présentent généralement une forme arrondie (**Camefort, 1986**).

- Les tissus sécréteurs externes (situés à l'extérieur de la plante) on distingue

• Les poils épidermiques

Il s'agit de cellules épidermiques de forme conique, spécialisées dans la sécrétion d'huiles essentielles et caractérisées par une grande diversité morphologique. Ce type est couramment observé chez les Lamiacées, les Géraniacées et les Verbénacées (**Callow, 2000**).

• Les poils sécréteurs (trichomes glandulaires)

Selon **Callow (2000)**, il s'agit d'éléments du trichome spécialisés dans la sécrétion. Les trichomes sont des cellules différenciées dérivées de l'épiderme, formant des excroissances dont certaines assurent la production d'huiles essentielles ou de résines. Ils comportent une partie non sécrétrice, le pédicelle, et une partie sécrétrice appelée tête, pouvant être uni-, bi- ou pluricellulaire (de 2 à 12 cellules). L'huile sécrétée par les cellules de la tête traverse la paroi cellulosique et s'accumule dans une cavité formée par le soulèvement de la cuticule, qui se distend tout en demeurant intacte. Ces structures se rencontrent notamment sur les tiges et les feuilles des Astéracées et des Lamiacées.

(**Gershenzon et al., 1992 ; Turner et al., 1999 ; Wagner et al, 2004**).

- Les tissus sécréteurs internes

- Les poches schizogènes (ou poches sécrétrices)

Ces structures se rencontrent notamment dans l'épicarpe de divers types d'organes, en particulier chez les Astéracées, les Hypéricacées, les Rosacées, les Rubiacées et les Rutacées. Elles se caractérisent par la présence d'un espace intercellulaire, généralement sphérique, dans lequel s'accumule le produit sécrété par les cellules qui le délimitent.(Franchomme et *al.*, 2003)

- Les canaux sécréteurs (canaux glandulaires lysigènes)

D'après Franchomme et *al.* (2003), ce sont de fins canaux susceptibles de parcourir toute la longueur de la plante, délimités par une assise de cellules sécrétrices. Ils sont caractéristiques des bois résineux et se rencontrent notamment chez les Abiétacées, les Cupressacées et les Apiacées.

III.3. Principales techniques d'extraction des huiles essentielles

Les principales techniques d'extraction sont les suivantes :

III.3.1. Hydrodiffusion

Consiste à faire circuler de la vapeur d'eau à travers la matière végétale du haut vers le bas. Contrairement aux méthodes classiques de distillation, le flux de vapeur est donc descendant et non ascendant. Ce procédé repose sur l'entraînement des composés volatils par la vapeur d'eau, formant un azéotrope qui se diffuse dans la masse végétale avant d'être récupéré et condensé sous l'effet de la pesanteur (Musseli et *al.*, 1997).

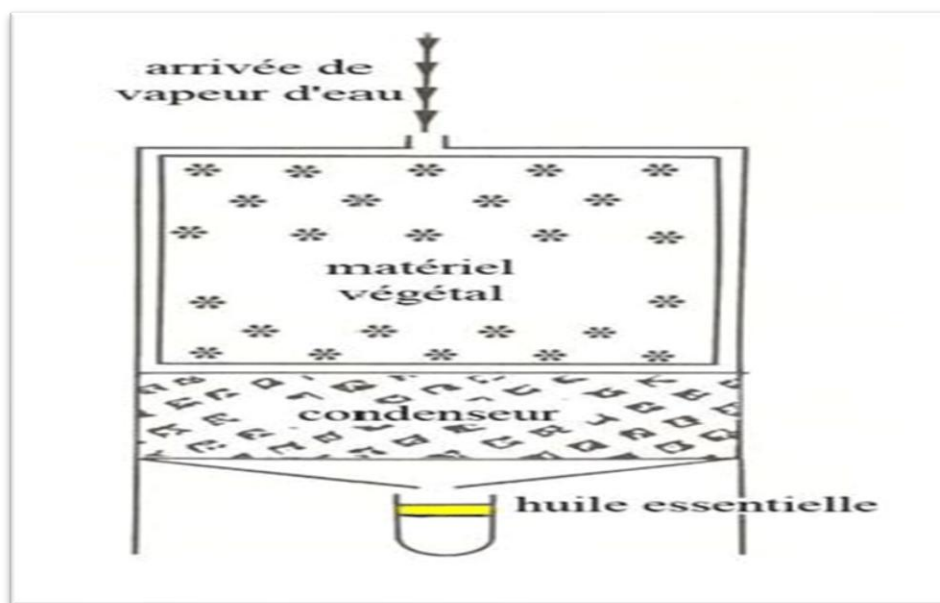


Figure 7 : Schéma du dispositif d'hydrodiffusion (Lucchesi, 2005)

III.3.2. Hydrostillation (distillation à la vapeur)

La distillation peut être définie comme un procédé permettant de séparer les constituants d'un mélange en fonction de leur température de volatilisation (ébullition ou sublimation). Appliquée aux plantes aromatiques, cette définition laisserait penser que l'extraction repose uniquement sur l'évaporation des composés volatils. En réalité, le mécanisme est plus complexe : les huiles essentielles, situées à l'intérieur des tissus végétaux, doivent d'abord atteindre la surface du végétal avant de pouvoir être évaporées et entraînées. Ce transfert, de l'intérieur vers l'extérieur du tissu (par exemple au niveau des feuilles), s'effectue principalement par diffusion (Benjilali, 2001).

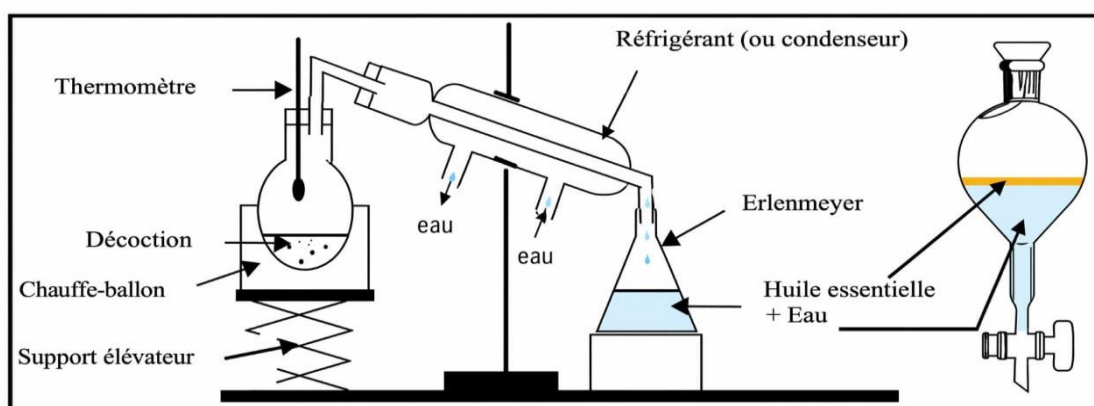


Figure 8 : Schéma des étapes de l'hydrodistillation (Attou, 2001)

III.4. Compositions physico-chimiques des huiles essentielles

Contrairement à ce que leur nom pourrait laisser penser, les huiles essentielles naturelles ne contiennent pas de corps gras. Elles sont constituées de molécules à squelette carboné et ne renferment ni vitamines ni sels minéraux. Toutefois, elles peuvent influencer leur absorption et leur assimilation par l'organisme (**Guerrouf, 2017**).

Les huiles essentielles sont formées d'un ensemble de molécules chimiques d'origine naturelle. Leur composition varie selon l'espèce végétale, la nature du sol, la période de récolte, la partie de la plante utilisée, les conditions de préparation de l'échantillon ainsi que la méthode d'extraction(**Noun, 2013**).

Les HE sont des mélanges complexes de composants appartenant principalement à deux groupes, caractérisés par des origines biogénétiques apparentes dont les terpinoïdes et les composés aromatiques dérivés du phénylpropane (**Bruneton, 1999**).

- Les terpinoïdes

Les terpinoïdes retrouvés dans les huiles essentielles sont les terpènes les plus volatiles, c'est-à-dire ceux dont la masse moléculaire n'est pas trop élevée : mono et sesquiterpènes(**Bruneton, 1999**).

-Les monoterpènes

Toujours présents, les carbures monoterpéniques, sont constitués de 10 molécules de carbones C₁₀, peuvent être acyclique myrcène, ocimène..., monocyclique α et β- terpène, paracymène... ou bicycliques: pinènes, delta-3-caréne, camphène, sabinène. Ils constituent parfois plus de 90% de l'huile essentielle : Citrus, térébenthines (**Bruneton, 1999**).

Mise à part les carbures d'autres molécules fonctionnalisées sont rencontrées comme

- **Les alcools** : ils peuvent être acycliques : geraniol, linalol, monocycliques menthol, ou bien bicycliques comme bornéol, fenchol.
- **Les phénols** : Thymol, carvacrol, eugenol et anéthol.
- **Les aldéhydes**: acycliques le plus souvent : géraniol, néral, citronelal
- **Les esters** : pouvant être acycliques, acétate ou propionate de linalyle, acétate de citronellyle, monocyclique : acétate de menthyle et bicycliques : acétate d'isobornyle.
- **Les cétones** : acyclique tagétone, monocycliques menthone, carvone et bicyclique, Thuyone, fenchone, camphre.
- **Les pyroxydes**: ascaridole

CHAPITRE II : Présentation des plantes étudiées et des huiles

- Les sesquiterpènes

Dans cette famille de produits, nous trouvons les mêmes groupements fonctionnels que dans le cas des monoterpènes, à savoir carbures, alcools, cétones étant les plus courants. A titre d'exemple nous citons quelques composés caractéristiques des huiles essentielles

- **Carbures** : α -bisabolène, α -caryophyllène, les alcools farnésol, carotol
- **Les cétones** : α -vétivone, les aldéhydes comme sinénals
- **Les esters** : acétate de cédryl, cette famille est constituée de 10 carbonnes (BRUNETON, 1999).

- Les composés aromatiques

Les composés aromatiques dérivent du phénylpropane (C₆–C₃) et sont moins répandus que les terpènes. Cette classe regroupe plusieurs molécules odorantes, telles que la vanilline, l'eugénol, l'anéthole et certains composés présents chez *Artemisia*. On les retrouve fréquemment dans les huiles essentielles de plantes de la famille des Ombellifères (comme le cumin, le fenouil ou le persil), ainsi que dans diverses herbes aromatiques telles que l'estragon, le basilic ou encore le clou de girofle (Chemat et *al.*, 2012).

Chapitre III :

Matériel et méthodes

I. L'objectif de l'étude

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer l'effet insecticide des huiles essentielles (HE) extraites de deux plantes aromatiques lavande et Origan comme alternative aux produits chimiques de synthèse pour la protection des denrées stockées contre *Tribolium castaneum*.

II. Matériel utilisé

II.1. Matériel animal

L'élevage de l'insecte a été effectué au laboratoire de Valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'environnement et application en santé public. Un nombre non défini d'adultes de *Tribolium castaneum* prélevé à partir d'une semoule déjà infestée a été mis dans des pots en plastique son diamètre est de 15 cm remplis de 500g semoule (**Figure10**). Les boîtes ont été maintenues dans une étuve à une température de 28°C, avec une humidité relative comprise entre 70 et 80 %.



Figure 9 : Elevation en masse des insectes (Originale 2026)

II.2. Matériels du laboratoire

- Huiles essentielles de Lavande officinale et Origan compact (commercialiser)
- Les boîtes de Pétri de 10 cm diamètre et 2 cm hauteur
- Micropipette
- Acétone
- Pipette graduée
- Semoule
- Balance analytique

Chapitre III : Matériel et méthodes

- Une étuve à une température de 27 °C



Figure 10 : Le matériel utilisé au laboratoire (Originale 2026)

II.3. Matériel végétal

Les huiles essentielles des deux plantes aromatiques de notre étude commercialisées par une marque locale « Puriflore bien connue en Algérie, ont été achetées auprès d'une pharmacie (Tlemcen). Elles ont été utilisées pour évaluer leur activité insecticide dans le cadre de la lutte contre l'insecte étudié.



Figure 11 : Huiles essentielles d'Origan compact et Lavande officinale(Originale ,2026).

III. Evaluation de l'activité insecticide d'huile essentielle d'Origan compact et Lavande officinale

- Mettez 5g de semoule dans tous les boîtes de Pétri
- Préparation des différentes dilutions consiste à élaborer, pour chaque huile essentielle, une série de concentrations de 1,2,3,4 et 5µl, chacune étant diluée dans 1 ml d'acétone afin d'assurer une homogénéisation complète de la solution et une application uniforme lors des tests biologiques.
- À l'aide d'une micropipette, un volume précis de chaque solution d'huile essentielle est prélevé puis réparti de façon homogène sur la surface interne de la boîte de Petri afin d'assurer une exposition uniforme. Parallèlement, une pipette graduée est utilisée pour appliquer l'acétone seule dans les boîtes témoins, dans les mêmes conditions expérimentales, permettant ainsi de comparer l'effet du solvant par rapport aux traitements à base d'huile essentielle.
- Cinq adultes de *Tribolium castaneum* sont déposés au centre de chaque boîte de Petri, de manière homogène et sans distinction de sexe. Les boîtes sont ensuite immédiatement fermées afin d'éviter toute fuite des insectes et de maintenir des conditions d'exposition constantes durant l'expérimentation.
- Trois répétitions ont été réalisées pour chaque concentration ainsi que pour chaque huile essentielle, afin d'assurer la fiabilité et la reproductibilité des résultats expérimentaux.
- Les décès ont été enregistrés pour chaque boîte à intervalles réguliers, fixés à six jours, afin de suivre l'évolution de l'effet de l'insecticide pendant la période de l'expérience.



Figure 12 : Tests sur les adultes de *Tribolium castaneum*(Originale, 2026)

IV. Calcul de mortalité corrigée

La mortalité enregistrée est présentée après ajustement à l'aide de la formule d'Abbott (**Abbott, 1925**).

$$Mc = [(Mo-Mt) / (100-Mt)] 100$$

Mc : taux de mortalités corrigées (%)

Mo : mortalité de l'échantillon testé

V. Analyses statistiques

Toutes les données ont été consignées dans une base de données standard (Excel 2010). L'analyse statistique a englobé le calcul des taux de mortalité, Le test d'ANOVA à deux facteurs a permis d'apprécier l'influence des diverses doses des huiles essentielles des deux plantes et de la durée d'exposition sur le paramètre examiné grâce à l'analyse statistique(**Dagnelie, 1975**).

VI. Calcul de la dose létale

La dose provoquant la mortalité de 50 % de la population d'insectes, a été déterminée selon la méthode des probits décrite par **Finney (1971)**. Les pourcentages de mortalité observés ont été convertis en valeurs probit, puis une analyse de régression a été réalisée entre le logarithme des doses appliquées et les probits correspondants à l'aide du logiciel Minitab (version 16). Cette approche a permis d'estimer la DL50 des huiles essentielles étudiées pour les adultes de *Tribolium castaneum*

VI. Calcul du temps léthal

Le TL50, le temps léthal nécessaire pour provoquer la mortalité de 50 % des adultes de *Tribolium castaneum* à une dose donnée a été déterminé à l'aide de l'analyse Probit, en établissant la relation entre les pourcentages de mortalité observés et les temps d'exposition correspondants. Cette méthode a permis d'estimer le temps nécessaire pour atteindre 50 % de mortalité et de confirmer les résultats obtenus lors de la détermination de la DL50 chez les adultes.

Chapitre IV :

Résultats et Discussion

I. Evaluation de l'effet insecticide de l'HE sur les adultes de *Tribolium castaneum*

I.1. *Origanum compactum*

L'examen de la toxicité se réalise en comptant les insectes morts et en calculant le taux de mortalité corrigée. Les observations indiquent une intéressante action insecticide de l'HE d'*Origanum compactum*, qui est dépendante de la dose et du temps (Tableau 1). En effet, l'effet insecticide de l'HE s'accroît avec la concentration et le temps d'exposition. Les conclusions concernant l'efficacité de l'HE sont résumées dans le tableau.

Tableau 1 : Evolution de la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* (%) en fonction du temps et des doses de l'huile essentielle d'*Origanum compactum*

	J1	J2	J3	J4	J5	J6
Témoin	0	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
1µl	6,42	3,64	35,76	42,82	35,76	63,59
2µ	6,42	14,34	21,41	35,75	57,17	78,58
3µl	21,41	21,41	35,76	49,89	57,17	63,5
4µl	14,13	21,41	35,76	49,89	63,59	83,25
5µl	14,13	57,17	71,13	71,13	85,65	100

L'étude du tableau montre que le taux de mortalité des adultes de *T. castaneum* augmente progressivement avec la dose d'huile essentielle et la durée d'exposition. Dès le premier jour, les doses les plus élevées (3 à 5 µl) provoquent une mortalité plus importante que les faibles doses, tandis qu'aucun individu mort n'est observé dans le témoin. Au fil des jours, la mortalité s'accroît pour toutes les doses, avec une efficacité particulièrement marquée pour la dose de 5 µl. Au sixième jour, cette dose atteint 100 % de mortalité, alors que les autres doses enregistrent des taux compris entre 63,5 % et 83,25 %. Ces résultats confirment une relation positive entre la concentration appliquée, la durée d'exposition et l'efficacité du traitement .

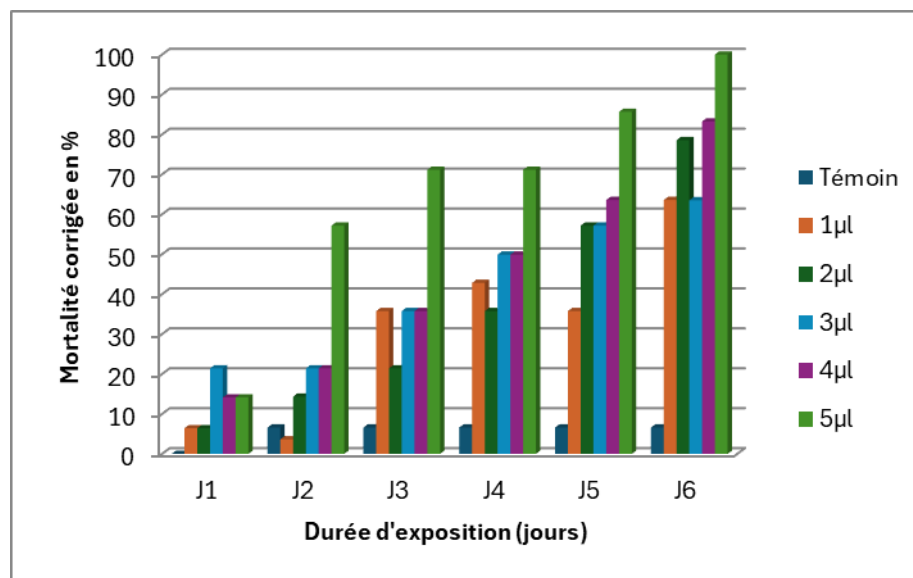


Figure 13 : Taux de mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* en fonction du temps et des doses de l'huile essentielle d'*Origanum compactum*

La figure illustre une augmentation du taux de mortalité des individus en rapport avec le temps et la quantité d'HE utilisée.

Pour bien expliquer nos résultats nous nous sommes appuyés sur l'analyse de la variance à deux critères de classification, qui montre que selon le facteur Dose en HE de *Origanum* qu'il y a une différence significative entre les taux de mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* avec $F= 16,27$ et $P=3,65 \times 10^{-7}$

Selon le facteur durée d'exposition il y a une différence entre les taux de mortalité avec $F= 16,79$ et $P=2,72 \times 10^{-7}$

1.2. Lavandula angustifolia

L'évaluation de la toxicité s'effectue en dénombrant les insectes morts et en déterminant le taux de mortalité corrigé. Les observations révèlent une action insecticide intéressante de l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia*, qui varie en fonction de la dose et du temps. Effectivement, l'action insecticide de l'huile essentielle augmente en fonction de la concentration et de la durée d'exposition. Le tableau résume les résultats concernant l'efficacité de l'HE. (Tableau 2)

Chapitre IV : Résultats et Discussion

Tableau 2: Evolution de la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum*(%) en fonction du temps et des doses de l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia*

	1	2	3	4	5	6
Témoin	0	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
1µl	26,6	28,58	35,76	49,89	28,58	78,58
2µl	0	28,58	49,89	57,17	71,3	85,01
3µl	13,2	14,34	35,76	42,82	71,3	85,01
4µl	26,6	35,76	57,17	71,3	78,58	100
5µl	33,2	35,76	49,89	57,17	73,2	91,41

L'huile essentielle présente une activité insecticide croissante chez les adultes de *T. castaneum* en fonction de la dose appliquée et de la durée d'exposition. Les taux de mortalité sont faibles durant les deux premiers jours, puis augmentent progressivement à partir du troisième jour. La dose de 4 µl s'est révélée la plus efficace, atteignant 100 % de mortalité au sixième jour. Les autres doses ont également montré une forte efficacité avec des taux de mortalité compris entre 78,58 % et 91,41 % à J6. Ces résultats démontrent que l'efficacité insecticide de l'huile essentielle dépend à la fois de la concentration utilisée et du temps d'exposition

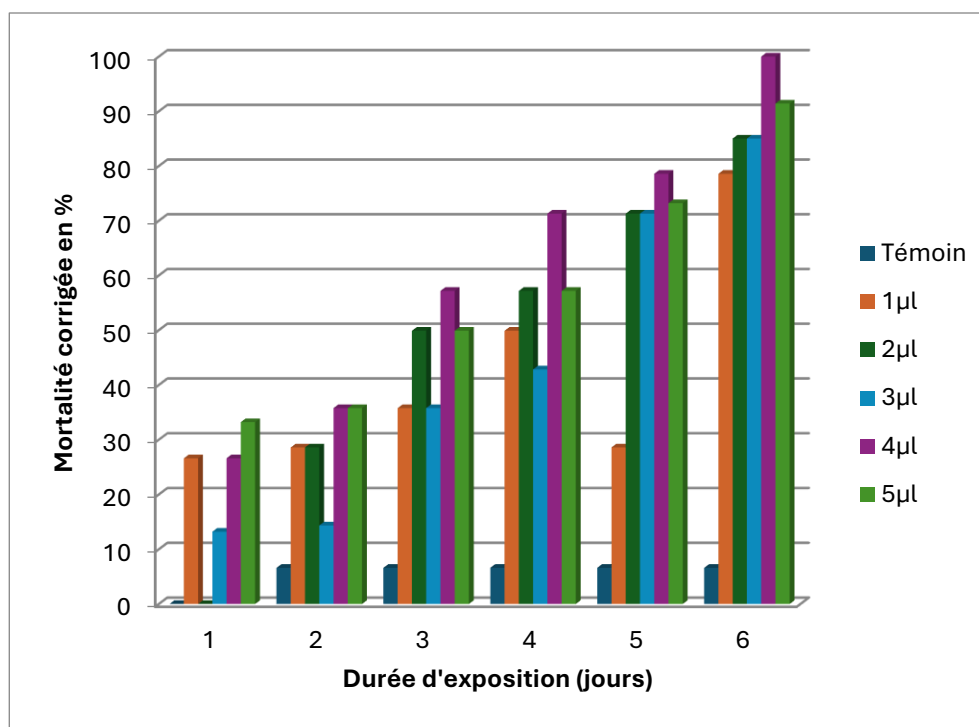


Figure 14 : Taux de mortalité adultes de *Tribolium castaneum* en fonction du temps et doses de l'huiles essentielles de *Lavandula angustifolia*

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre que, selon le facteur Dose en HE de Lavande il y a une différence significative entre les taux de mortalité des adultes de *Tribolium* avec $F= 14,02$ et $P= 1,40 \times 10^{-6}$

Selon le facteur durée d'exposition il y a une grande différence significative entre les taux de mortalité avec $F= 15,53$ et $P= 5,60 \times 10^{-7}$

Discussion

Les résultats obtenus illustrent une augmentation de la mortalité en relation avec la durée d'exposition et les doses testées.

Pour l'huile essentielle d'*Origanum compactum* les doses plus faibles (1 µl et 2 µl) montrent une mortalité assez basse au début de l'expérience, alors que les doses supérieures (3 µl, 4 µl et surtout 5 µl) révèlent des effets plus marquants dès les tous premiers jours.

Avec le temps, les taux de mortalité tendent à augmenter progressivement pour chaque dose. Durant toute l'expérimentation, la dose de 5 µl se révèle être la plus performante, provoquant des taux de mortalité considérables dès le deuxième jour et culminant à 100% au sixième jour. Les doses de 3 µl et 4 µl montrent aussi une grande efficacité, avec des taux de mortalité qui excèdent 60 % à la fin

Chapitre IV : Résultats et Discussion

de l'essai. Toutefois, la dose de 1 μl demeure la moins efficace même si une augmentation progressive de la mortalité est observée.

L'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* appliquées provoque pour chaque dose examinée, une montée graduelle des barres du premier au sixième jour, on constate que l'impact toxique de l'huile essentielle s'intensifie au fil du temps. Des doses faibles, comme 1 μl et 2 μl , entraînent une mortalité modérée et une progression relativement lente, tandis que les doses plus élevées conduisent à une hausse rapide et significative de la mortalité. La dose de 4 μl semble être la plus performante, car elle parvient à un taux de mortalité de 100 % le sixième jour.

Il faut noter que les valeurs détectées chez le groupe témoin demeurent très basses tout au long de l'expérimentation, ce qui indique que la mortalité naturelle est insignifiante et que les mortalités consignées proviennent essentiellement de l'effet de l'huile essentielle.

Globalement, les résultats indiquent que l'efficacité du traitement est directement liée à la dose utilisée et à la durée de l'exposition

Les résultats de l'ANOVA 2 démontrent un impact fortement significatif des doses d'huile essentielle d'*Origanum compactum* sur le paramètre examiné avec une valeur de **F observée** = 16,27, largement supérieure à la valeur critique **F critique** = 2,60. De plus, la valeur de probabilité obtenue (**P** = 3,65 $\times 10^{-7}$) est très inférieure au seuil de signification de 0,05

Les différences observées entre les différentes concentrations ne sont donc pas dues au hasard, mais reflètent une action réelle du traitement.

On peut attribuer cette activité à la forte concentration de composés bioactifs présents dans cette huile essentielle, particulièrement les phénols monoterpéniques comme le carvacrol et le thymol. Il apparaît donc que l'augmentation de la dose modifie graduellement la réaction expérimentale, ce qui reflète une relation caractéristique dose-réponse des substances naturelles actives.

Concernant la durée d'exposition, les résultats montrent également une différence hautement significative avec une valeur de **F observée** = 16,79, supérieure à **F critique** = 2,60, et une probabilité très faible (**P** = 2,72 $\times 10^{-7}$).

Ces résultats montrent que la durée d'exposition a un impact significatif sur la réponse observée. Effectivement, une exposition prolongée à l'huile essentielle peut intensifier l'effet des molécules actives par un processus cumulatif ou en prolongeant le temps de contact avec les cellules ou microorganismes concernés.

Chapitre IV : Résultats et Discussion

Cette observation suggère que l'efficacité biologique de l'huile essentielle est influencée non seulement par la concentration appliquée, mais aussi par le temps d'application, ce qui correspond aux mécanismes d'action habituellement décrits pour les huiles essentielles.

L'application du test ANOVA à deux facteurs dans l'analyse statistique a servi à mesurer l'influence des diverses quantités d'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* ainsi que celle du temps d'exposition sur le taux de mortalité des insectes examinés. Les données recueillies indiquent des écarts hautement significatifs pour les deux facteurs testés.

Les résultats de l'ANOVA révèlent une valeur de **F observée = 14,02**, supérieure à la valeur critique **F critique = 2,60**. De plus, la valeur de probabilité obtenue (**P = $1,40 \times 10^{-6}$**) est largement inférieure au seuil de signification de **0,05**

Ces observations mettent en évidence l'impact notable des quantités d'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* sur le taux de mortalité des insectes. Les variations constatées entre les diverses concentrations employées ne sont pas le fruit du hasard, mais révèlent une réelle action insecticide de l'huile essentielle.

L'accroissement graduel des doses conduit à une hausse du taux de mortalité, illustrant ainsi un lien dose-réponse. Les doses plus importantes montrent une efficacité insecticide supérieure par rapport aux doses inférieures.

En ce qui concerne le temps d'exposition, les résultats indiquent aussi une différence fortement significative avec un F observé de 15,53, dépassant la valeur critique de F à 2,60, et une probabilité très minime ($P = 5,60 \times 10^{-7}$). Ces résultats montrent que la durée d'exposition a un impact considérable sur l'activité insecticide de l'huile essentielle. Effectivement, pour toutes les doses examinées, le taux de mortalité s'élève progressivement avec le temps.

Cette hausse peut s'expliquer par un effet cumulatif des composés actifs présents dans l'huile essentielle, dont l'efficacité tend à s'accroître avec la prolongation du temps de contact avec les insectes. Donc, plus le temps de contact est prolongé, plus l'efficacité insecticide augmente.

Pour résumer, même si les deux huiles essentielles démontrent une action insecticide importante, l'huile essentielle d'*Origanum compactum* semble plus efficace que celle de *Lavandula angustifolia*, peut-être grâce à sa forte concentration en composés phénoliques bioactifs

Yahyaoui, (2005) a réalisé des tests sur l'efficacité par inhalation et contact des HE de la menthe verte agit sur *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium confusum*, à une concentration de 3,12%,

Chapitre IV : Résultats et Discussion

l'huile essentielle de menthe verte a montré pratiquement les mêmes effets sur *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum*, entraînant une mortalité de 100%.

Les résultats obtenus selon **Traore, (2023)** montrent que l'huile essentielle de *Coriandrum sativum* possède une activité insecticide et larvicide significative contre *Tribolium castaneum*. Son efficacité varie selon le stade de développement de l'insecte et se manifeste par une mortalité importante des larves et des adultes. La dose de 12 µl/10 g de farine a notamment entraîné une mortalité supérieure à 56 % chez les larves, confirmant ainsi le potentiel de cette huile essentielle dans la lutte contre ce ravageur des denrées stockées.

D'après **Kemassi et al. (2019)**, le pur extrait aqueux d'*E. guyoniana* cause une mortalité totale chez les imagos de *Tribolium castaneum* qui ont été traités. D'après leurs observations, ils concluent que les taux de mortalité observés varient en fonction de la concentration d'extraits appliquée.

Selon **Jacobson (1989)**, plus de 2000 espèces de plantes possèdent des propriétés insecticides.

Elguedoui (2003) a testé l'efficacité des huiles essentielles de romarin et de thym sur *Rhyzopertha domica* ; par contact et par inhalation, il prouvé l'effet insecticide de ces deux huiles. En effet ; le romarin s'est montré efficace par contact à la dose de 1,384mg / cm² en provoquant 89,72% de mortalité alors que le thym à la même dose donna un taux de 100%.

II. Comparaisons de la toxicité des huiles essentielles étudiées sur les adultes de *Tribolium castaneum*

II.1. Dose létale pour 50% des adultes de *Tribolium castaneum*

La transformation des pourcentages de mortalité pour les adultes après trois jours d'exposition en probit et la régression de ces données en fonction du logarithme de la dose en huiles essentielles a permis d'obtenir les valeurs des DL50 suivantes :

Chapitre IV : Résultats et Discussion

- *Origanum compactum*

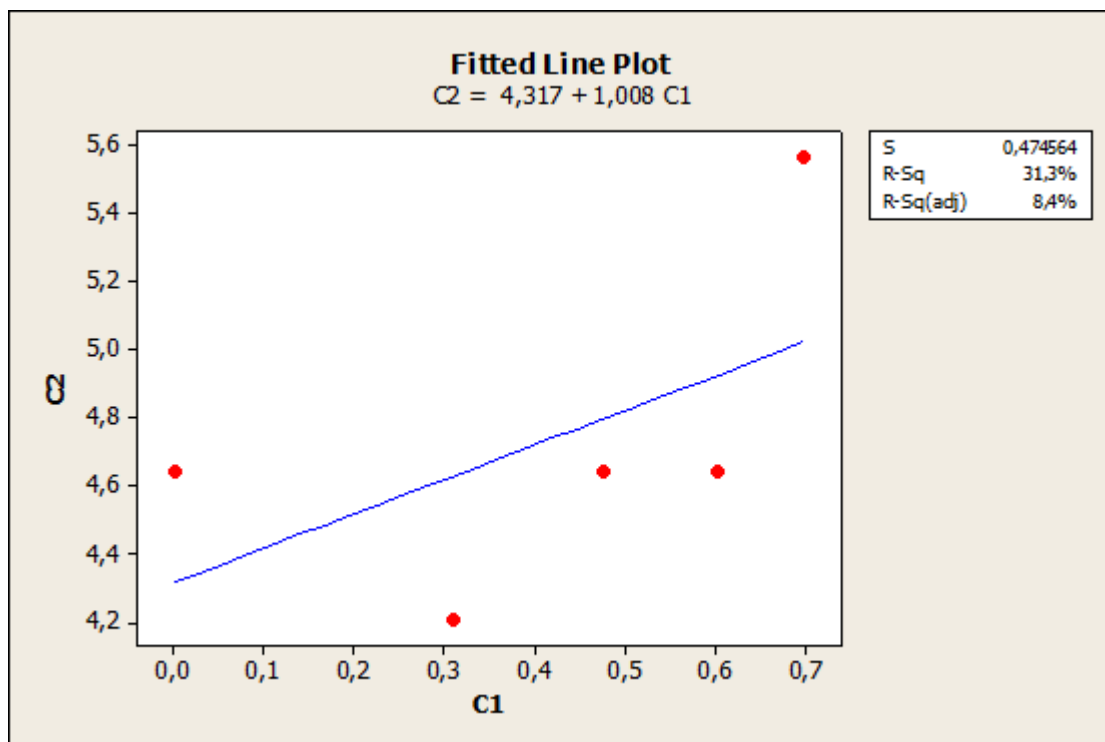


Figure 15 : Droit de régression (ajustement) Log doses en huile extrait de l'*Origanum compactum* /mortalité (probit) des adultes

Cette droite de régression nous a permis de faire sortir le Log de DL50 qui sert à déterminée la DL 50 :

Log D= 0,677

DL50= 4,75 µl/5g de semoule

L'obtention d'une valeur de Log D = 0,677 a permis de calculer une DL50 de 4,75 µl/5 g de semoule. Cette dose correspond à la quantité d'huile essentielle nécessaire pour entraîner la mortalité de 50 % des individus de *Tribolium castaneum* dans les conditions expérimentales

Ces résultats indiquent que l'huile essentielle a une action insecticide contre ce nuisible. La valeur DL50 assez basse révèle une intéressante efficacité biologique, suggérant que cette huile essentielle pourrait offrir une solution naturelle aux insecticides chimiques pour la protection des denrées stockées.

Chapitre IV : Résultats et Discussion

- *Lavandula angustifolia*

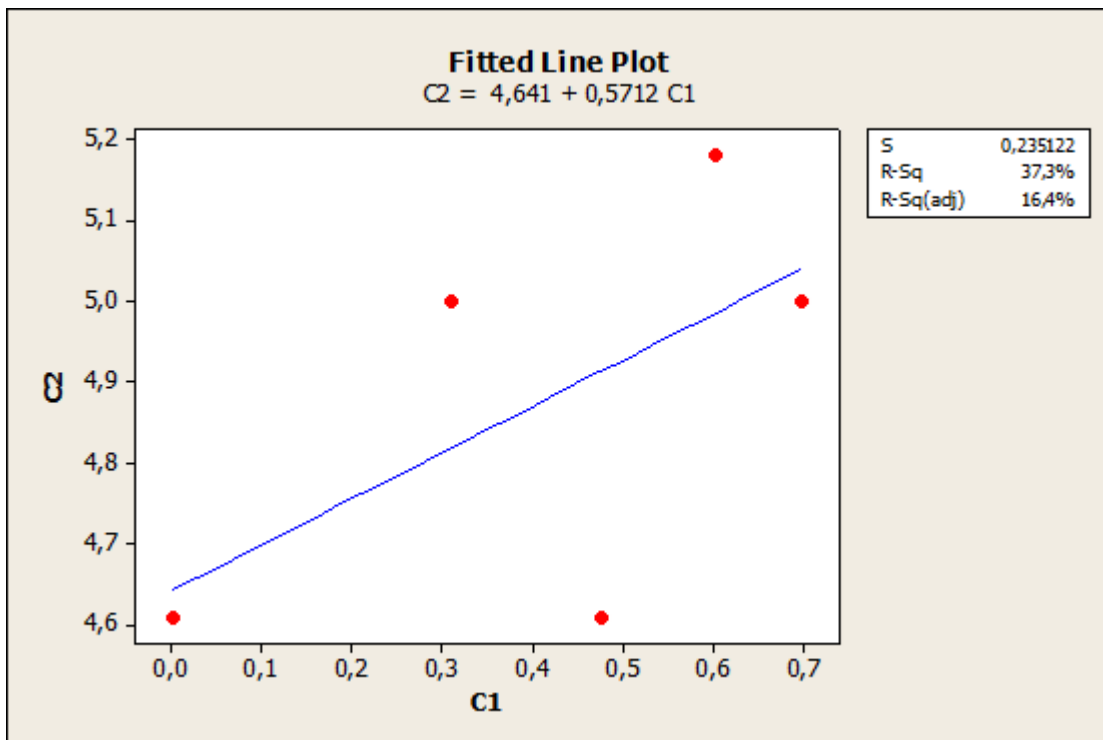


Figure 16 : Droit de régression (ajustement) Log doses en huile extrait de *Lavandula angustifolia* /mortalité (probit) des adultes

Cette droite de régression nous a permis de faire sortir le Log de DL50 qui sert à déterminée la DL 50 :

Log D= 0,628

DL50= 4,24 µl/5g de semoule

Le DL50 déterminé (4,24 µl/5 g de semoule) suggère que cette dose d'huile essentielle est adéquate pour entraîner la mort de 50 % des spécimens de *Tribolium castaneum* dans les conditions expérimentales analysées.

Ainsi, cette mesure reflète la puissance insecticide de l'huile essentielle examinée : plus la DL50 est basse, plus le produit est perçu comme nocif et performant contre l'insecte visé. Par conséquent, les résultats indiquent que l'huile essentielle a une activité biologique intéressante qui pourrait être utilisée comme une alternative naturelle aux insecticides chimiques.

Tableau 3: Valeurs de DL50 après trois jours d'exposition aux huiles essentielles étudiées

	<i>Lavandula angustifolia</i>	<i>Origanum compactum</i>
DL50	4,24 µl/5g de semoule	4,75 µl/5g de semoule

Les données récoltées indiquent que l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* a une DL50 de 4,24 µl pour 5 g de semoule, alors que l'huile d'*Origanum compactum* présente une DL50 de 4,75 µl pour 5 g de semoule. La DL50 correspond à la dose nécessaire pour entraîner la mortalité de 50 % des individus testés. C'est un paramètre crucial pour évaluer de la toxicité et de l'efficacité d'un insecticide.

L'analyse comparative des résultats indique que l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* possède une action insecticide légèrement plus forte que celle d'*Origanum compactum*, car sa DL50 est inférieure. En effet, une DL50 plus petite signifie que la substance est perçue comme plus toxique et efficace contre l'insecte cible. Ainsi, une dose moindre d'huile essentielle de lavande suffit pour obtenir un taux de mortalité similaire à celui de l'huile essentielle d'origan compact.

Cette variation d'efficacité pourrait être due à la composition chimique particulière de chaque huile essentielle, en particulier en ce qui concerne la nature et la concentration de leurs composés actifs dominants.

II.2. Temps léthal pour 50% des adultes de *Tribolium castaneum*

La transformation en probits des pourcentages de mortalité ; la régression du logarithme de la durée d'exposition en fonction des probits des mortalités a permis de déterminer la TL50 des adultes pour une dose bien déterminée :

- *Origanum compactum*

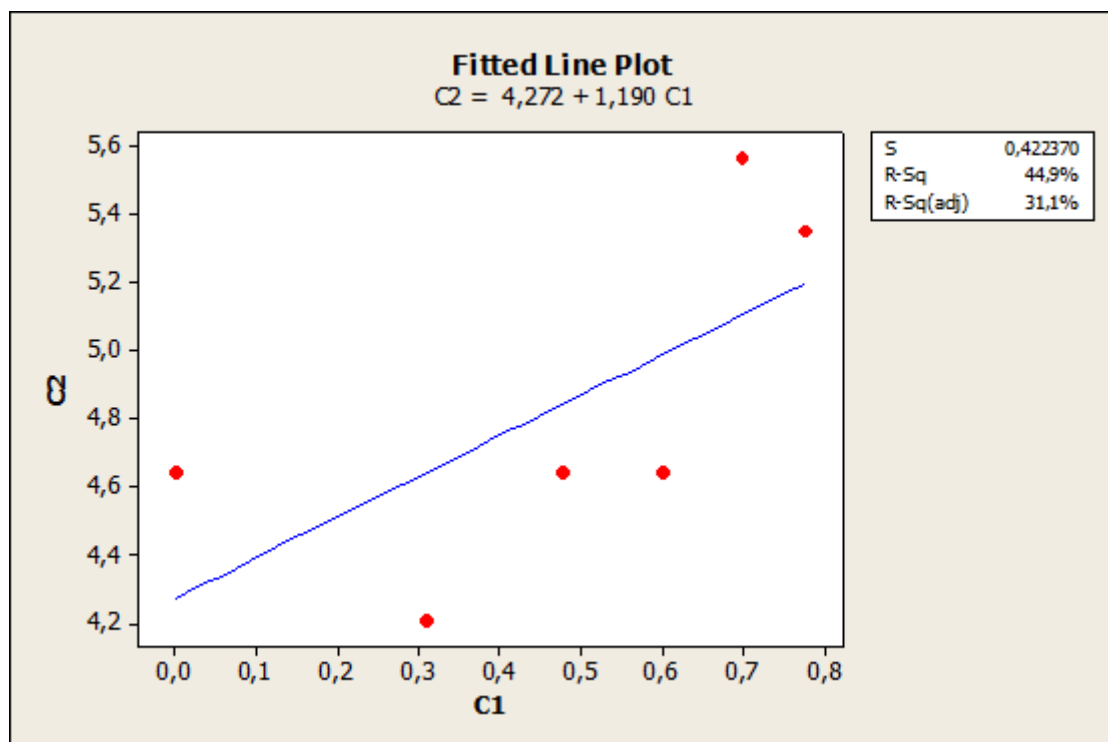


Figure 17 : Droite de régression (ajustement) Log temps en huile extraite d'*Origanum compactum* /mortalité (probit) des adultes

Cette droite de régression nous a permis de faire sortir le Log du TL50 qui sert à déterminer la TL 50 :

Log T= 0,611

TL50= 4,08 jours

La mesure de TL50 (4,08 jours) suggère que l'huile essentielle examinée a besoin d'environ 4,08 jours pour entraîner la mort de 50 % des adultes de *Tribolium castaneum* dans les conditions d'expérimentation

Cette mesure indique la rapidité de l'action de l'huile essentielle : plus la TL50 est basse, plus l'effet insecticide est immédiat. Ces résultats indiquent ainsi que l'huile essentielle a une action insecticide capable de diminuer significativement la population de *Tribolium castaneum*, ce qui

Chapitre IV : Résultats et Discussion

valide son intérêt potentiel comme substitut naturel aux pesticides chimiques dans la protection des denrées stockées.

- *Lavandula angustifolia*

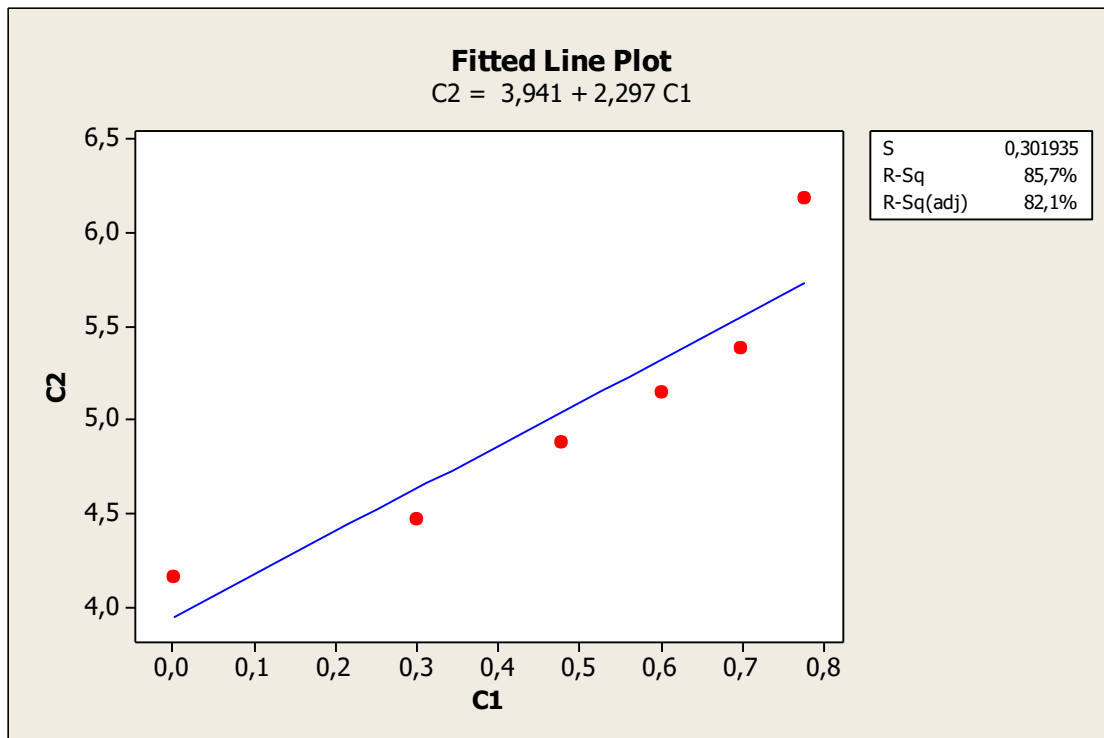


Figure 18 : Droite de régression (ajustement) Log temps en huile extraite de *Lavandula angustifolia* /mortalité (probit) des adultes

Cette droite de régression nous a permis de faire sortir le Log du TL50 qui sert à déterminer la TL 50 :

Log T= 0,461

TL50= 2,89 jours

Cette valeur indique qu'il faut environ 2,89 jours pour entraîner la mortalité de 50% des individus de *Tribolium castaneum* à la dose testée. La TL50 est donc un indicateur de la vitesse d'action de l'huile essentielle : plus cette valeur est faible, plus l'effet insecticide est rapide.

Ainsi, les observations indiquent que l'huile essentielle a une action toxique assez rapide sur cet insecte nuisible, ce qui confirme son potentiel comme alternative naturelle aux insecticides chimiques dans la protection des denrées stockées.

Chapitre IV : Résultats et Discussion

Tableau 4: Valeurs de TL50 en utilisant la dose 3µl/ 5g de semoule des deux huiles essentielles étudiées

	<i>Lavandula angustifolia</i>	<i>Origanum compactum</i>
<i>TL50</i>	2,89 jours	4,08 jours

Les résultats obtenus indiquent que l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* a une durée de vie de 2,89 jours, alors que celle d'*Origanum compactum* a une durée de vie de 4,08 jours.

Donc l'huile essentielle de lavande a un effet plus rapide sur les adultes de *Tribolium castaneum* en comparaison avec l'huile essentielle d'origan compact.

Cette variation peut être liée à la composition chimique des huiles essentielles et à la concentration de leurs composants actifs. Les résultats démontrent l'efficacité insecticide de deux huiles essentielles, avec une activité plus rapide pour *Lavandula angustifolia*. Ainsi, ces huiles essentielles pourraient offrir des substituts naturels attrayants aux pesticides chimiques pour la protection des denrées stockées.

Discussion

Les résultats obtenus indiquent que les huiles essentielles de *Lavandula angustifolia* et *Origanum compactum* manifestent une action insecticides significative contre *Tribolium castaneum*. Cette efficacité augmente généralement avec l'augmentation des doses appliquées et du temps d'exposition, ce qui suggère une relation dose-réponse caractéristique des substances bioactives d'origine végétale.

Les huiles essentielles de *Lavandula angustifolia* et *Origanum compactum* utilisées ont donné de bons résultats sur les individus de *Tribolium castaneum*.

L'étude de la toxicité des huiles essentielles de *Lavandula angustifolia* et d'*Origanum compactum* vis-à-vis de *Tribolium castaneum* a révélé une activité insecticide notable pour les deux espèces végétales. Cependant, des différences d'efficacité ont été observées entre les deux huiles essentielles.

Chapitre IV : Résultats et Discussion

Selon **Lalitha et al. (2011)**, l'huile essentielle extraite des graines de coriandre a présenté une remarquable activité antifongique contre plusieurs agents pathogènes associés aux semences de riz, notamment *Fusarium oxysporum*

Les résultats obtenus par **Safi N, (2021)** indiquent que l'huile d'*Inula viscosa* testée possède une action insecticide sur les adultes de *Tribolium castaneum*. De plus, elle suggère que l'huile issue des feuilles de cette plante aromatique est variable selon le stade de développement examiné.

Abdelli et al. (2016) ont montré que l'huile essentielle de *Mentha pulegium*, administrée par inhalation, a provoqué une mortalité totale (100 %) chez les adultes de *Tribolium castaneum* et de *Sitophilus oryzae* après 24 heures d'exposition à des doses de 10 et 20 µL.

D'après **Kim et al., (2003)**, l'efficacité des huiles essentielles dépend de leur composition et de l'espèce d'insecte traité. En effet, **Shaaya et al., (1997)**, décrivent un *T. castaneum* plus résistant que *S. oryzae* ou *Rhyzopertha dominica* au traitement à l'HE de menthe, par fumigation. L'activité insecticide des HEs peut également dépendre du sexe des insectes.

Conclusion

L'objectif de cette étude était d'apprécier l'action insecticide des huiles essentielles d'*Origanum compactum* et de *Lavandula angustifolia*. L'analyse des résultats a démontré une forte activité insecticide pour les deux huiles essentielles, l'augmentation de la dose provoque une hausse du taux de mortalité chez les adultes de l'insecte traités, reflétant une relation dose-effet typique des substances bioactives naturelles. De façon similaire, la durée d'exposition est un facteur déterminant de l'intensité des effets toxiques observés, les taux de mortalité les plus élevés ayant été notés après une exposition prolongée.

Cette étude met également en évidence l'intérêt de valoriser les ressources végétales locales pour la lutte biologique et la préservation des produits stockés. L'usage des huiles essentielles pourrait favoriser l'élaboration de techniques de contrôle plus écologiques, biodégradables et respectant l'environnement.

L'analyse statistique via l'ANOVA 2 a révélé des différences considérablement significatives entre les traitements, prouvant ainsi que les variations constatées ne sont pas le produit du hasard expérimental. Ces conclusions révèlent le véritable potentiel insecticide des huiles essentielles examinées et leur aptitude à altérer les fonctions physiologiques du *Tribolium castaneum*.

Les effets notés peuvent être dus à la concentration élevée en composés bioactifs présents dans les huiles essentielles, tels que les terpènes, les phénols ou les composés aromatiques volatils, qui sont réputés pour leurs actions neurotoxiques, répulsives ou inhibitrices sur les insectes. L'usage des huiles essentielles pourrait favoriser l'élaboration de techniques de contrôle plus écologiques, biodégradables et respectant l'environnement.

En perspective, il serait intéressant d'approfondir cette recherche par :

- L'évaluation de l'action insecticide des principaux composants de l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* et *Origanum compactum* sur *Tribolium castaneum* ainsi que d'autres nuisibles des produits stockés
- L'évaluation des effets des huiles essentielles sur la qualité organoleptique et nutritionnelle des denrées alimentaires susceptibles d'être infestées par les insectes .

Références bibliographiques

1. **Aissata C, 2009** - lutte contre *sitophylusOryzael* L. (coléoptera : Curculionidaie) et *Tribolium C.* Herbst (coléoptéra : tenebrionidae) dans les stocke de riz par la technique d'étuvage traditionnelles pratique en basse guinée et l'utilisation des huiles essentielles végétales, thèse Doc. Sc. Montréal, 154p.
2. **Arab R., 2012.** Effet insecticide des plantes *Melia azedarach* L. et *Peganumharmala* L.sur l'insecte des céréales stockées *Triboliumcastaneum* Herbst (Coleoptera, Tenebrionidae). Mémoire présenté à la faculté sciences Département de biologie Pour l'obtention du diplôme de MAGISTER, université Ferhat Abbas-setif
3. **Aubineau M., Bermond A., Bongler J. & Roger-Estrad J. 2002.** Larousse agricole. Larousse /VUEF.Canada, p. 379
4. **Badr F., 2014.** Aspects Techniques de Récoltes et Stockage : La qualité Sanitaire des denrées stockées et les techniques de préservation. ACLIMAS, 10 - 12 Juin 2014, 25 p.
5. **Bakkali, F, Averbeck, S, Averbeck, D, & Idaomar, M. (2008).** Biological effects of essential oils A review. Food and Chemical Toxicology, 46(2) : 446–475.
6. **Balachowky et Mensil., 1936.** Les insectes nuisibles aux plante cultuvées, leur mœurs, et leur des tractions, Ed. Etablissementbusson, tome 2, paris, pp.1722-1724.
7. **Baser K.H.C. et Buchbauer G. (2009).** Handbook of essential oils: science, technology and applications. CRC Press 1ère éd. 991p.
8. **Benhalima H., Chaudhry M.Q., Mills K.A., & Price N.R., 2004.**Phosphine resistance in stored-product insects collected from various grain storage facilities in Morocco. J. Stored Prod. Res., 40, 241-249
9. **Benjilali B., 2001.** Extraction des plantes aromatiques et médicinales : Cas particulier de l'entraînement à la vapeur d'eau et ses équipements, Département des sciences alimentaires et nutritionnelles, Institut agronomique et vétérinaire (I.A.V.) Hassan II, Rabat, Maroc, 43p
10. **Boughendjioua, H., (2017)**« composition chimique et activité antibactérienne de l'huile essentielle de *L. officinalis* cultivée dans la région de Skikda-Algérie. Bulletin de la société Royale des sciences de liège, vol : 86, pp88-95
11. **Bruneton, J. (1999).** Pharmacognosie « Phytochimie Plantes » médicinales 3eme éd, Tec et Doc, Paris

Références bibliographiques

12. **Butnariu, M., & Sarac, I. (2018).** Essential Oils from Plants. Journal of Biotechnology and Biomedical Science. 1(4): 35-43.
13. **Callow J.A., 2000.** Advances in botanical research: Plant Trichomes, Ed. ACADAMIC PRESS, vol. 31, 311 p.
14. **Camara A. 2009** - Lutte contre *sitophilusoryzae* et *tribolium castaneum* dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en basse guinée et l'utilisation des huiles essentielles végétales. Thèse de doctorat, université de Québec, Montréal, 154P.
15. **Camara A., 2009.** Lutte contre *Sitophilusoryzae* l. (Coleoptera : Curculionidae) et *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera : Tenebrionidae) dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en basseguinée et l'utilisation des huiles essentielles thèse du doctorat, 173p
16. **Camefort A., 1986.** Morphologie des végétaux vasculaires : cytologie-Anatomie Adaptations. Ed. Doin. 432p.
17. **Campbell J. F et Runnion C., 2003.** Patch exploitation by female red flour beetles, *Triboliumcastaneum*. Journal of Insect Science, 3(20), 8p.
18. **Chenni M., (2016).** Etude comparative de la composition chimique et de l'activité biologique de l'huile essentielle des feuilles du basilic « *Ocimum basilicum* L » extraite par hydro-distillation et par micro-ondes. Thèse doctorat; Université Ahmed Benbella Oran : pp14-27.
19. **Chenni., 2016-** Etude comparative de la composition chimique et de l'activité biologique de l'huile essentielle des feuilles du basilic *Ocimum basilicum* l'extraite par hydrodistillation. Thèse de doctorat : chimie moléculaire. Oran : Université Ahmed Ben Bella. 36p.
20. **Christine B., 2001.** Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux, guide pratique. 2ieme Edition, 124-154.
21. **Cissokho PS, Guèye MT, Sow EH, Diarra K. 2015.** Substances inertes et plantes à effet insecticide utilisées dans la lutte contre les insectes ravageurs des céréales et légumineuses au Sénégal et en Afrique de l'Ouest. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 9(3) : 1644-1653.
22. **Cruz, J.F. et Diop, A. 1989.** Génie agricole et développement : techniques d'entreposage. Food & Agriculture Org, 126p.
23. **Dagnelie P. 1975.** Théories et méthodes statistiques. Les presses agronomiques de Gembloux.
24. **Dajoz R. 2002** - Les coléoptères carabideés et ténébrionidés, Ed. Lavoisier, Paris, pp. 1-89.

Références bibliographiques

25. **Dave A., Colin J., Demianyk P.G., Fields D.S., Jayas J.T.M., William E.M., Blaine T., Noel D.G.W., 2001.** Protection des céréales, des oléagineux et des légumineuses à grain entreposés à la ferme contre les insectes, les acariens et les moisissures (Éd. Rev.) (Manitoba) Canada. 59 p
26. **Delille, L.,(2007)** « les plantes médicinales d'Algérie »Ed. Berte Edition. 240p.
27. **Delobel A. et Tran M., 1993.** Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes, IRD Editions, 424 p.
28. **Desmarchelier J.M., 1988.**The relationship between wet-bulb temperature and the intrinsic rate of increase of eight species of stored product Coleoptera. J. stored prod. Res, 24(2), 107 113
29. **Deysson G., 1978.** Organisation et classification des plantes vasculaires Tome II. Edition SEDES & CDVI. 381 p
30. **Dhifi, W., Bellili, S., Jazi, S., Bahloul, N., & Mnif, W. (2016).**Essential Oils Chemical Characterization and Investigation of Some Biological Activities: A Critical Review. Medicines. 3(4) : 25.
31. **Douachi, I., Yahiaoui, B. 2020.** Étude phytochimique de la plante « *Lavandula officinalis* L. » Mémoire de fin d'études, Université de Biskra, spécialité chimie pharmaceutique, 81 p.
32. **Finney D.J., 1971.**Statistical method in biological Assay, 2nd edition. London: Griffin
33. **Fleurat-Lessard F., 2011.**Détermination des facteurs de transfert des résidus de pesticides des céréales traitées aux produits transformés par une approche expérimentale à priori, 2èmes rencontres techniques du RMT QUASAPROVE à Paris - 16 juin 2011 Journée séminaire : Evaluation et gestion des insectes et des résidus pesticides dans les grains stockés après récolte.
34. **Franchomme P., Penoël, D. et Jollois R., 2003.** L'aromathérapie exactement. Ed. Roger Jollois
35. **Gershenzon J., M8ccaskill D., Rajaonarivony J.I.M., Mihaliak C., Karp F. et Croteau R., 1992.** Isolation of secretory cells from plant glandular trichomes and their use in biosynthetic studies of monoterpenes and other gland products. Anal. Biochem., Vol. 200, pp 130-138.
36. intrinsic rate of increase of eight species of stored product Coleoptera. J. stored
37. **Jacobson., (1989).** Etude comparative de l'activité insecticide d'un pesticide chimique et des huiles essentielles vis-à-vis du charançon du Riz (*Sytophilus oryzae*). 36p.
38. **Jourdain, D., 1997** - Dictionnaire des plantes médicinales, Québec, Quebecor, P 120-122-136.

Références bibliographiques

39. **Julve, P., 2013** - Tela Botanica Base de Données Nomenclaturale de la Flore de France par Benoît Bock BDNFF (4)02
40. **KASSEMI N., 2014.**Activité biologique des poudres et des huiles essentielles de deux plantes aromatiques (*Pseudo cytisus integrifolius* Salib et *Nepeta nepetella*L.) sur les ravageurs du blé.
41. **Kellal, C. et LACETE, D. (2017).**Évaluation de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*Origanum compactum* et *Cedrus atlantica* : application pour la conservation des fruits de pomme.
42. **Kemassi A, Herouini A, Hadji S, Cherif R &Ould E., (2019).**Effet insecticide des extraits aqueux d'*Euphorbia guyoniana* (Euphorbiaceae) récolté dans oued Sebseb (Sahara Algérien) sur le *Tribolium castaneum*.
43. **Khezar, H. (2013).** What is the Difference Between Volatile Oil and Fixed Oil? MEDIMOON.
44. **Knorr E., 2014.** Functional characterisation of mirnas in LOEWE Center for Insect Biotechnology & Bioresources. <http://www.insekten-biotechnologie.de/en/ng-knorr.html>
45. **Kothe, H.W., 2007** - 1000 Plantes aromatiques et médicinales. Terres Editions.ISBN:978-2-35530-pp003-5.
46. **Lalitha &al., (2011).** Applications musculo-squelettiques de l'élastographie : un essai pictural de notre expérience initiale.
47. **Lardry J.M et Haberkorn V, 2007.** L'aromathérapie et les huiles essentielles, KinesitherRev. Ed.p. Lechevalier. Paris, P33.
48. **Lepesme P., 1944.** Les coléoptères des denrées alimentaire et des produits industriels entreposé. Ed. Paul le chevalier, Paris, 335 p.
49. **Lerant P., 2015-** Les insectes : Histoires insolites. Versailles : Quae.
50. **Madjdoub, 2013.**Étude de l'activité insecticide des huiles essentielles de rutacha lepnensis(l.) sur les adultes de tribolium castaneum (herbst.) et *sitophilus zeamais* (motsch.). 4ème journée scientifique sur la valorisation des bios ressources. Masson (Paris).
51. **Moro Buronzo A., 2008.** Le Grand Guide des huiles essentielles : Santé, Beauté, Bien être. Ed. HACHETTE PRATIQUE. 2256p.
52. Prod. Res, 24(2), 107 113.
53. **Properzi, A., Angelini, P., Bertuzzi, G. &Venanzoni, R. (2013).** Some Biological Activities of Essential Oils. Medicinal & Aromatic Plants, 02(05)
54. **Quezel P and Santa S. 1963.**Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome II. Ed. C.N.R.S. Paris

Références bibliographiques

55. **Rajashekar Y., Gunasekaran N., Shivanandappa T., 2010.** Insecticidal activity of the root extract of *Decalepishamiltonii* against stored product insect pests and its application in grain protection. *J Food Sci Technol* 47 :310–314.
56. **Rassem, H. A.H, Nour, A, H., & Yunus, R. M. (2016).** Techniques For Extraction of Essential Oils from Plants: A Review, *Australian Journal of Basic and Applied Science*, 10(16): 117-127.
57. **Regnault-Roger C., Philogène B. J. R., Vincent C., 2002.** Biopesticides d'origines végétales. Tec 8& Doc Eds, Paris, 337 p
58. **Robinson H., 2005-** Urban Insects And Arachnids: A Handbook Of Urban.
59. **Safi N., (2021).** Comportement insecticide des huiles essentielles des plantes aromatiques sur *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coléoptère : Tenebrionidae). Mémoire de Master. Université Aboubakr Belkaid de Tlemcen.
60. **Sartori M.R., Pacheco I.A., Villar R.M.G., 1990.** Resistance to phosphine in stored grain insects in Brazil In: Proceedings of the 5th. International Working Conference on Stored-Product Protection Bordeaux, France, 2, 1041-1104.
61. **Sawamura M., 2011.** Citrus Essential Oils: Flavor and Fragrance. Ed. John Wiley & Sons, 398 p.
62. **Sinha R.N., Demianyk C.J. et Mc Kenzie R.I.H., 1988.** Vulnerability of common wheat cultivars to major stored - product - beetles. *Canadian J. of Plant Sci.*, 68 (2), 337- 343.
63. **Spichiger R., Savolainen V., Figeat M., Jeanmonod D., & Perrett M., 2004.** Botanique systématique des plantes à fleurs. Edition 3. Presses Polytechniques Universitaires Roman des, Lausanne.
64. **Suresh S. et White N.D.G., 2001.** Mortality resulting from interactions between the red flour beetle and the rusty grain beetle. *Proceedings of the Entomological Society of Manitoba* 57, 2001, pp 11-18.
65. **Syed shayfur R., Md. Mizanur., Mohammad Mizanur R. K., shameem A. B., Balaran R. nad Fakruddin shahed S.M. 2007-** Ethanolic Extract of *melyota* (*Macaranga postulata*) for repellency. Insecticidal Activity against rice weevil (*Sitophilus oryzae*). *African journal of biotechnology*, 6 (4), 379 -383.
66. **Traore F., (2023).** Activité biologique de l'huile essentielle de *Coriandrum sativum* L. sur l'insecte ravageur du blé en post-récolte *Tribolium castaneum* (Herbst.). Mémoire de Master. Université Aboubakr Belkaid de Tlemcen.

Références bibliographiques

67. **Tunc I. Berger. B. M., Erler. F. et Dagli. F., 2000.**Ovicidal activity of essential oils from five plants against two stored product insects. *Journal of Stored Products Research*. 36 (2): PP. 161-168.
68. **Turner G., Gershenzon J., Nielson E.E., Froehlich J.E. et Croteau R., 1999.** Limonene Synthase, the Enzyme Responsible for Monoterpene Biosynthesis in Peppermint, Is Localized to Leucoplasts of Oil Gland Secretory Cells. *Plant Physiology*, July 1999, Vol. 120, pp 879-886.
69. **Upadhyay, N., Dwivedy, A. K., & Dubey, N. K. (2018).** Evaluation of plant essential oils against rice weevil *Sitophilus oryzae* and red flour beetle *Tribolium castaneum* in stored grains. *Journal of Food Science and Technology*, 55(11), 4413–4421.
70. **Wagner G.J., Wang E. et Shepherd R.W., 2004.** New Approaches for Studying and Exploiting an Old Protuberance, the Plant Trichome. *Ann. Bota.* Vol. 93 N°1, pp 3-11
71. **YAHYAOU, N. (2005).** Extraction, analyse et évaluation de l'effet insecticide des huiles essentielles de *Menthe Spicata* L sur *Rhyzoperth dominica* (F.) (Coleoptera, Bostrychidae) et *Tribolium confusum* (Duv.) (Coleoptera, Tenebrionidae).Thèse de Magister en sciences agronomiques, option Ecologie, INA, El-Harrach. Site parkesbi.
72. **Yun, J., Lee, D. G., & Lee, H. S. (2018).** Insect infestation and fungal contamination in stored grains caused by *Tribolium castaneum*. *Journal of Stored Products Research*, 77, 159–166.