

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة 8 ماي 1945 قالمة

Université 8 Mai 1945 Guelma

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la Terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences biologique

Spécialité/Option : Biochimie Appliquée

Département : Biologie

Thème

Activité biologique de l'huile essentielle d'une plante aromatique sur deux insectes ravageurs des denrées stockées.

Présenté par :

- Rahabi Aya
- Gherib Bochra
- Belaifa Aymen Abdallah

Devant le jury composé de :

| | | | |
|--------------------|---------------|------------|-----------------------------|
| Président : | Mme. Zidi S. | M. C. B | Université de Guelma |
| Examineur : | Mme. Grara N. | Professeur | Université de Guelma |
| Encadreur : | Mme. Hami M. | M. C. B | Université de Guelma |

Juin 2023

REMERCEMENT

Nous rendons grâce à Allah, le Clément, le tout Miséricordieux, pour la chance qui nous somme donnée pour poursuivre nos études supérieures, et pour le courage qu'il a donné pour nous pour bien mener ce travail. Gloire à Allah.

Nous exprimons toute notre gratitude aux membres de jury : Mme Zidi S. pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant de présider le jury. Et de Vous remercier pour tout ce que vous avez apporté tout au long de nos études.

Hommage respectueux Mme Grara N. pour avoir accepté d'examiner ce travail. Nous exprimons toute notre gratitude et nos vifs remerciements à notre encadreur Mme Hami M. qui nous a honoré en acceptant de diriger ce travail, pour ses encouragements, ses conseils, sa disponibilité. Merci d'avoir nous guidée avec patience et d'avoir consacré autant d'heures pour les corrections de ce manuscrit. Merci, pour votre soutien, votre respect votre gentillesse nous ont beaucoup touché. Remerciements chaleureux.

Nous remercions aussi l'ensemble du personnel travaillant au laboratoire de Zoologie et parasitologie de l'université 8 Mai 1945, Guelma. Nous vous remercions d'avoir enrichis nos connaissances et de nous avoir guidés durant toute la période de stage. Nous remercions vont aussi à tous nos enseignants de département de biologie, particulièrement les enseignants de la Biochimie appliquée chacun personne, vous restez à nos yeux des personnes entières et pleins de talents aussi bien dans la recherche que dans les relations humaines. Merci beaucoup à tous ce que vous avez fait pour nous.

Merci...

Dédicaces

Dédicaces Avec toute sincérité et avec tout respect, je dédie ce travail à:

A ma chère mère qui s'est toujours sacrifiée pour mon éducation, qui ma entourée de son amour et de son affection, je la remercie et je n'oublierai jamais son soutien moral dans les moments les plus difficiles, que dieu la protege.

Mon cher père en témoignage de l'amour, affection et le soutien que tu m'as offerts depuis ma naissance. Pour toutes les peines et tous les sacrifices que tu as consentis pour mon éducation, tu m'as appris à me battre jusqu'au bout pour réussir, je n'ai été guidée jusqu'à présent que par le désir de t'honorer. Puisse Dieu, tout puissant, te prêter longue vie, santé et bonheur

*Je dédie mon travail aussi à Mes sœurs **Soundous et Rania** A tous ceux que j'ai rencontrés et marché avec eux sur le chemin de la connaissance et de l'apprentissage; **chaima ,salsabil et chaima.***

À chaque personne chère dont le nom n'est pas mentionné à travers cette dédicace, son nom est gravé dans le cœur et n'a pas besoin d'être gravé avec un stylo dont l'encre s'estompe avec le temps . a tous, je dédie le fruit de mes efforts.

AYA

Dédicaces

Avec un énorme plaisir, un coeur ouvert et une immense joie que je dédie ce travail :

*A **ma mère** qui m'a entouré d'amour, d'affection et qui fait tout pour ma réussite, que dieu la garde, Je me souviens des prières de ma mère et elles m'ont persécuté toute ma vie. Ils se sont accrochés à moi toute ma vie.*

*A **mon père** qui m'a aidé à devenir ce que je suis aujourd'hui, que dieu le garde et le protège*

*A ma chère sœur **Rania**, qui m'a toujours soutenu, je vous souhaite tout le bonheur du monde.*

*A mes chère frères **Moncef** et **sidali**, pour leurs encouragements qui m'ont été d'un grand soutien.*

*A toute la famille **Belaifa** et la famille **Nehar**.*

Aux meilleurs et aux plus merveilleux amis du monde.

*A mes collègues **Aya** et **Bouchra**, ainsi qu'à leurs familles.*

A tous les professeurs et tous les cadres de biologie.

A tous les membres du Bio Art Club et des autres clubs auxquels j'ai participé.

A tous mes collègues et mes amies.

A tous ceux qui m'ont soutenu, de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

AYMEN



Dédicaces

Je dédie ce travail à moi-même et mes très chers parents, qui ont toujours été là pour moi, particulièrement à la femme qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui épargné des efforts pour me rendre heureuse : mon adorable **maman** que j'adore. A toi **papa** qui a toujours su me guider vers la bonne voie.

A mon frère **Houssein**, sa femme Hanane et leurs enfants Ranim, **Rawan**, **Manar**, **Mohamed Amine** et ma sœur **Amel** pour leurs encouragements.

A toute ma famille **Gherib** et **Arabi**.

Enfin, Je voudrais exprimer ma reconnaissance envers mes amis et mes collègues Hadada.M, Hamidoude.B qui m'ont apporté leur soutien moral et inconditionnel tout au long de ma démarche.

A tous ces intervenants, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude

BOCHRA

Résumé

La présente étude a pour objectifs l'évaluation de l'activité bioinsecticide et répulsive d'huile essentielle de *Citrus aurantium* vis-à-vis deux ravageurs de denrées stockées *E. kuehniella* et *T. castaneum*. Cette étude a été réalisée par l'essai de trois tests, en utilisant différentes doses, un test par inhalation pour évaluer la mortalité des adultes et le deuxième test pour évaluer le pouvoir répulsif de cette huile et le troisième a été administré par application topique sur des larves du dernier stade d'*E. kuehniella*, afin d'estimer l'activité larvicide. Les résultats obtenus révèlent une variabilité dans les taux de mortalité en fonction des doses et de temps d'exposition. Les taux de mortalités sont de 71,33 % à la plus forte dose (2 μ l) au bout de 48h, pour atteindre un maximum de mortalité de 95,24% après 72h de traitement par inhalation chez *E. kuehniella*. Dont les résultats montrent une activité toxique considérable par le calcul des DL50 et DL90 et le pourcentage de répulsion. Les doses létales calculées sont respectivement de l'ordre de 2,19 μ l ; 1,54 μ l et 0,098 μ l/ml pour les DL50 ainsi que 9,42 μ l ; 9,30 μ l et 3,94 μ l/ml pour les DL90 respectivement à 24h, 48h et 72h d'exposition. Ce qui concerne l'efficacité de *C. aurantium* sur les adultes de *T. castaneum* nous avons enregistré des taux de mortalité variant de 46,66% à la dose 0,25 μ l/ml à 93,33% avec la dose la plus élevée (2 μ l), avec une DL 50 de 0,30 μ l/ml et une DL90 de 12,33 μ l/ml. L'activité répulsive de l'huile essentielle de *C. aurantium* testée sur des adultes de *Tribolium castaneum* et *E. kuehniella*. Les pourcentages de répulsion en l'huile augmentent variant de 13% à 40 % après 2 heures d'exposition chez *T. castanum* dont le taux moyen de répulsion est de 24,44 %. De plus cette huile essentielle exerce une activité répulsive importante sur les adultes d'*E. kuehniella*, il y a une augmentation considérable des pourcentages en fonction des doses et en fonction du temps (24h, 48h et 72h). L'huile de *C. aurantium* passent de la classe II (40%, faiblement répulsif), à la dose 0,5 μ l/ml, à la classe IV (80%, répulsif) à la dose 2 μ l après 72h d'exposition. Le traitement des larves d'*E. Kuehniella* par application topique manifeste une certaine résistance à cette huile vis-à-vis les faibles doses utilisées (2 μ l ; 6 μ l et 8 μ l/ml). Les mortalités enregistrées sont de l'ordre de 6,66% à la dose 6 μ l et 10% à la dose 8 μ l. Cette étude démontre que les formulations des huiles essentielles à base de *C. aurantium* pourraient être considérées comme des alternatives efficaces aux insecticides chimiques pour la lutte contre les ravageurs des denrées stockés d'une manière écologiquement durable.

Mots clés : activité bioinsecticide , *Citrus aurantium*, *Tribolium castaneum*, *Ephestia kuehniella*, huile essentielle, toxicité, taux de mortalité.

Abstract:

The objectives of this study are to evaluate the bioinsecticide and repellent activity of *Citrus aurantium* essential oil against two stored food pests *E. kuehniella* and *T. castaneum*. This study was carried out by using three tests, at different doses, The first test by inhalation to evaluate adult mortality and the second test to determine the repellency activities of this oil and the third was administered topically on newly emerged larvae of *E. kuehniella*, to estimate larvicidal activity. The results obtained indicate the variability in mortality rates as a function of doses and exposure time. Mortality rates are 71.33% at the highest dose (2 μ l) after 48 hours, to reach a maximum mortality of 95.24% after 72 hours by inhalation treatment in *E. kuehniella*. The results show considerable toxic activity by the calculation of LD50 and LD90 and the repulsion percent. The calculated lethal doses are respectively in the order of 2.19 μ l; 1.54 μ l and 0.098 μ l ml for LD50 and 9.42 μ l; 9.30 μ l and 3.94 μ l ml for DL90 respectively at 24.48 hours and 72 hours of exposure. For the efficacy of *C. aurantium* in adults of *T. castaneum*, mortality rates ranged from 46.66% at dose 0.25 μ l ml to 93.33% at the highest dose (2 μ l), with DL 50 of 0.30 μ l ml and DL90 of 12.33 μ l ml. The repellent activity of *C. aurantium* essential oil tested in adults of *Tribolium castaneum* and *E. kuehniella*. The repulsion percent increase by 13% to 40% after 2 hours of exposure in *T. castanum* with an average repulsion rate of 24.44%. Moreover, this essential oil exerts a significant repulsive activity on adults of *E. kuehniella*, there is a significant increase in dose and time percentages (24h,48h and 72h). The *C. aurantium* oil changes from Class II (40%, weakly repellent), at the 0.5 μ l/ml dose, to Class IV (80%, repellent) at the 2 μ l dose after 72h of exposure. The treatment of *E. Kuehniella* larvae by topical application shows some resistance to this oil in relation to the low doses used (2 μ l;6 μ l and 8 μ l/ml). The recorded mortalities are around 6.66% at 6 μ l dose. This study demonstrates that formulations of *C. aurantium*-based essential oils could be considered as effective alternatives to chemical insecticides for pest control of stored commodities in an environmentally sustainable manner.

Keywords: bioinsecticide activity, *Citrus aurantium*, *Tribolium castaneum*, *Ephestia kuehniella*, essential oil, toxicity, mortality rate.

ملخص:

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم فعالية الزيوت الأساسية لـ *C. aurantium* بالإضافة إلى إختبار التنافر للكبار ضد الحشرتين الضاريتين بالمواد المخزنة: *E. Kuehniella* و *T. castaneum*

تمت هذه الدراسة عن طريق ثلاث اختبارات باستعمال جرعات مختلفة. الاختبار الأول عن طريق الاستنشاق من أجل تحديد نسبة الموت، الاختبار الثاني باستعمال طريقة التنافر لكبار الحشرات. اما الاختبار الثالث كان عن الحقن الموضعي لليرقات *E. Kuehniella* من أجل تحديد نسبة الموت. النتائج المتحصل عليها أثبتت أن الزيت الأساسي *C. aurantium* ذات فعالية سمية ضد كبار *E. Kuehniella* عن طريق الاستنشاق (inhalation) وتختلف نسبة الموت من 71% إلى 95%. هذه المعالجة سمحت لنا بتقدير الجرعات القاتلة 50% و 90% كما يلي:

- DL50= 2.19 , DL90= 9.42 في 24 ساعة

- DL50= 1.54 , DL90= 9.30 في 48 ساعة

- DL50= 0.98 , DL90= 3.94 في 72 ساعة

بالنسبة لحشرة *T. castanum* لقد تم تسجيل نسبة الموت تقدر ب 46% عند الجرعة $0.25\mu\text{l}$ إلى 93.33% عند الجرعة $2\mu\text{l}$. فيما يخص فعالية *C. aurantium* ضد *T. castanum* عن طريق التنافر تم تسجيل نسبة 13% إلى 40% بعد 2 سا من المعالجة حيث كان متوسط التنافر 22.44%. كما أن النتائج أثبتت فعالية كبيرة للزيت الأساسي *C. aurantium* ضد *E. kuehnilla* عن طريق التنافر بنسبة تتغير من 48% إلى 80% علاج يرقات *E. kuehnilla* عن طريق الحقن الموضعي أوضح أن *C. aurantium* أثبتت عدم فعاليته بنسبة لا تتجاوز 10%

أظهرت هذه الدراسة أن استعمال الزيت الأساسي *C. aurantium* كمبيدات حشرية من أصل نباتي كبديل طبيعي للمبيدات الكيميائية ضد الحشرات الضارة للمواد المخزنة بطريقة دائمة للحفاظ على البيئة.

الكلمات المفتاحية: نشاط مبيدات حشرية حيوية، البرتقال المر ، خنفساء الدقيق الأحمر ، عثة الطحين ، زيت عطري ، سمية، معدل الوفيات.

Table des matières

| | |
|--|----|
| Résumé | |
| Liste Des Tableau | |
| Liste Des Figures | |
| Liste des abréviations | |
| Introduction : | 1 |
| Chapitre I : Revue Bibliographique | |
| I.1. Généralités sur la plante <i>Citrus aurantium L</i> : | 4 |
| I.1.1. Description botanique : | 4 |
| I.1.2. La position systématique : | 5 |
| I.1.3. Usage traditionnel : | 5 |
| I.1.4. Données phytochimiques : | 6 |
| I.2. Les principaux ravageurs des denrées stockées : | 6 |
| I.3. Généralités sur <i>Ephestia kuehniella zeller</i> : | 6 |
| I.3.1. Description morphologique : | 6 |
| I.3.2. position systématique : | 7 |
| I.3.3. Cycle biologique d' <i>Ephestia kueniella (Zeller)</i> : | 8 |
| I.4. Généralités sur <i>Tribolium castaneum</i> : | 10 |
| I.4.1. Description morphologique : | 10 |
| I.4.2. Position systématique : | 11 |
| I.4.3. Cycle biologique de <i>T. castaneum</i> : | 11 |
| I.5. Dégâts causés par les insectes des denrées stockées par <i>E. kuehniella</i> et <i>T. castanum</i> : | 13 |
| I.5.1. Perte et dégâts d' <i>E. kuehniella</i> : | 13 |
| I.5.2. Perte et dégâts de <i>T. Castaneum</i> : | 14 |
| I.6. Méthode de lutte contre les insectes nuisibles des denrées stockées: | 14 |
| I.6.1. La lutte chimique: | 14 |
| I.6.2. La lutte physique : | 15 |
| I.6.3. La lutte préventive: | 15 |
| I.6.4. La Lutte intégrée: | 15 |
| I.6.5. La lutte biologique: | 15 |
| I.7. Généralités sur les huiles essentielles | 16 |
| I.7.1. Définition des huilés essentielles: | 16 |

| | |
|--|----|
| I.7.2. Localisation et Répartition de l'huile essentielle:..... | 16 |
| I.7.3. Fonction de l'H.E dans la plante:..... | 17 |
| I.7.4. La composition chimique des huiles essentielles de <i>Citrus aurantium L</i> :..... | 17 |
| I.7.5. Paramètres influençant la composition quantitative et qualitative des H.E:..... | 18 |
| I.7.5.1. Facteurs intrinsèques :..... | 18 |
| I.7.5.2. Influence des facteurs extrinsèques: | 19 |
| I.7.6. Propriétés physico-chimiques: | 19 |
| I.7.7. Méthodes d'extractions des huiles essentielles :..... | 20 |
| I.8. Domaines d'utilisations des huiles essentielles: | 21 |
| I.9. L'utilisation des huiles essentielles en tant que biopesticide:..... | 23 |
| I.9.1. Difficultés liées à l'utilisation des biopesticides:..... | 23 |
| I.10. Les H.E dans la protection des cultures: | 24 |

Chapitre II : Matériels et méthodes

| | |
|---|----|
| II.1. Matériel..... | 29 |
| II.1.1. Matériel de laboratoire : | 29 |
| II.1.2. Matériel biologique : | 29 |
| II.1.1.1. Élevage de <i>Tribolium castaneum</i> : | 29 |
| II.1.1.2. Élevage d' <i>Ephestia kuehniella</i> : | 30 |
| II.2. Méthode de travail :..... | 31 |
| II.2.1. Extraction des huiles essentielles de <i>Citrus aurantium</i> :..... | 31 |
| II.2.2. Calcul du rendement en huile essentielle :..... | 33 |
| II.2.3. Préparation de la gamme des doses utilisée: | 33 |
| II.2.4. Évaluation de l'activité bioinsecticide des huiles essentielles de <i>C. aurantium</i> par inhalation sur <i>E. kuehniella</i> et <i>T. castanum</i> :..... | 34 |
| II.2.5. Évaluation de l'activité répulsive de l'huiles essentielles de <i>C. aurantium</i> sur <i>E. kuehniella</i> et <i>T. castanum</i> : | 35 |
| II.2.6. Effet larvicide de <i>C. aurantium</i> sur <i>E. kuehniella</i> par application topique : | 38 |
| II.3. Correction de la mortalité :..... | 38 |
| II.4. Détermination des doses létales la DL50 et la DL90 : | 39 |
| II.5. Analyses statistiques des résultats :..... | 39 |

Chapitre III : Résultats

| | |
|--|----|
| III. Résultats : | 42 |
| III.1. Rendement d'huile essentielle : | 42 |
| III. 2. Étude toxicologique sur <i>Tribolium castanum</i> et <i>Ephestia kuehniella</i> :..... | 42 |

| | |
|--|----|
| III.2.1. Effet insecticide d'huile essentielle de <i>C.aurantium</i> par inhalation sur la mortalité des adultes de <i>T.castaneum</i> : | 42 |
| III.2.2. Effet insecticide d'huile essentielle de <i>C.aurantium</i> par inhalation sur la mortalité des adultes d' <i>E. kuehniella</i> : | 45 |
| III.2.3. Analyse des probits : calculer de la DL50 et DL90 chez <i>E. kuehniella</i> : | 47 |
| III.2.4. Effet répulsif de l'huile essentielle de <i>C.aurantium</i> sur les adultes de <i>T. castaneum</i> : | 51 |
| III.2.5 Effet répulsif de l'huile essentielle de <i>C.aurantium</i> sur les adultes d' <i>E. kuehniella</i> : . | 52 |
| III.2.6. Traitement par application topique sur les larves d' <i>E. kuehniella</i> : | 53 |

Chapitre IV : Discussion

| | |
|--|----|
| IV. Discussion : | 56 |
| IV.1. Rendement des huiles essentielles : | 56 |
| IV.2. Étude toxicologique sur <i>Tribolium castanum</i> et <i>Ephestia kuehniella</i> : | 56 |
| IV.2.1. Efficacité de l'huiles essentielles de <i>Citrus aurantium</i> dministrée par inhalation sur la mortalité des adultes de <i>T. castaneum</i> et <i>E. kuehniella</i> : | 56 |
| IV.2.2. Activité répulsive de l'huile essentielle de <i>Citrus aurantium</i> sur les adultes de <i>T. castaneum</i> et <i>E.kuehniella</i> | 59 |
| IV.2.3. Efficacité de L'HE de <i>Citrus aurantium</i> par application topique sur les larves d' <i>E.kuehniella</i> : | 60 |
| Conclusion générale : | 63 |
| Références bibliographiques : | 66 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Composition volatile d'H.E de <i>Citrus aurantium L.</i> | 18 |
| Tableau 2 : Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald et al. (1970). | 36 |
| Tableau 3 : le pourcentage de rendement d'H.E de <i>C.aurantium</i> | 42 |
| Tableau 4 : Effet de l'H.E de <i>C.aurantium</i> sur les adultes de <i>T. castaneum</i> par inhalation, sur le taux de mortalité observée (M±S, n=3 répétitions comportant chacune 10 individus)..... | 43 |
| Tableau 5 : Effet de l'H.E de <i>C. aurantium</i> sur les adultes de <i>T. castaneum</i> par inhalation, sur le taux de mortalité corrigée (M±S, n=3 répétitions comportant chacune 10 individus)..... | 43 |
| Tableau 6 : Effet de l'H.E de <i>C. aurantium</i> sur les adultes de <i>T.castaneum</i> par inhalation, sur le taux de mortalité corrigée: transformation en probits des mortalités corrigées (M±S ; n= 3 répétitions comportant chacune 10 individus). | 44 |
| Tableau 7 : Efficacité de l'H.E, de <i>C. aurantium</i> sur les adultes de <i>T. castaneum</i> par inhalation : Analyse des probits de la DL50 et DL90. | 44 |
| Tableau 8 : Effet de l'H.E de <i>C. aurantium</i> sur les adultes d' <i>E. kuehniella</i> par inhalation, sur le taux de mortalité observée après 24h (M±S, n=3 répétitions comportant chacune 7 individus). | 45 |
| Tableau 9 : Effet de l'H.E de <i>C.aurantium</i> sur les adultes d' <i>E. kuehniella</i> par inhalation, sur le taux de mortalité observée après 48h (M±S, n=3 répétitions comportant chacune 7 individus). | 46 |
| Tableau 10 : Effet de l'H.E de <i>C. aurantium</i> sur les adultes d' <i>E. kuehniella</i> par inhalation, sur le taux de mortalité observée après 72h (M±S, n=3 répétitions comportant chacune 7 individus). | 46 |
| Tableau 11 : Effet de l'H.E de <i>C. aurantium</i> sur les adultes d' <i>E. kuehniella</i> par inhalation (24h), sur le taux de mortalité corrigée : transformation en probits des mortalités corrigées (M±S ; n= 3 répétitions comportant chacune 7 individus). | 47 |
| Tableau 12 : Effet de l'H.E de <i>C. aurantium</i> sur les adultes d' <i>E. kuehniella</i> par inhalation (48h), sur le taux de mortalité corrigée : transformation en probits des mortalités corrigées (M±S ; n= 3 répétitions comportant chacune 7 individus). | 48 |
| Tableau 13 : Effet de l'H.E de <i>C. aurantium</i> sur les adultes d' <i>E. kuehniella</i> par inhalation (72h), sur le taux de mortalité corrigée : transformation en probits des mortalités corrigées (M±S ; n= 3 répétitions comportant chacune 7 individus). | 49 |

| | |
|---|----|
| Tableau 14 : Efficacité de l'H.E de <i>C. aurantium</i> sur les adultes d' <i>E. kuehniella</i> par inhalation : Analyse des probits de la DL50 et DL90. | 49 |
| Tableau 15 : Résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification pour le facteur dose dans le traitement par inhalation à différents temps d'exposition (24h, 48h et 72h). | 50 |
| Tableau 16 : pourcentages (PR) et classes (CR) de répulsion de l'huile essentielle de <i>C.aurantium</i> testée sur <i>T.Castaneum</i> à différentes concentrations. (N =3 répétitions comportant chacune 10 adultes). | 51 |
| Tableau 17 : pourcentages (PR) et classes (CR) de répulsion de l'huile essentielle de <i>C. aurantium</i> testée sur <i>E.kuehniella</i> à différentes concentrations. (N =3 répétitions comportant chacune 5 adultes). | 52 |
| Tableau 18 : Effet de l'H.E de <i>C. aurantium</i> administrée <i>in vivo</i> par application topique sur les larves d' <i>E. kuehniella</i> , sur le taux de mortalité observée (M±S, n=3 répétitions comportant chacune 10 individus)..... | 53 |

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1: <i>Citrus aurantium</i> | 4 |
| Figure 2 : <i>Ephesiakuehniellazeller</i> | 7 |
| Figure 3 : Cycle de développement d' <i>E. kuehniella</i> à 27°C. | 9 |
| Figure 4 : Dimorphisme sexuel de la pyrale de la farine (A: Male, B: Femelle)..... | 10 |
| Figure 5: <i>Tribolium castaneum</i> | 10 |
| Figure 6 : Cycle de développement de <i>T. castaneum</i> | 13 |
| Figure 7: Dégâts causés par <i>T.castaneum</i> (A) et <i>E. kuehniella</i> (B) sur la semoule | 14 |
| Figure 8 : Élevage de <i>T.castaneum</i> à 27°C | 30 |
| Figure 9 : Élevage d' <i>E. kuehniella</i> à 27°C..... | 30 |
| Figure 10 : Les fleurs de <i>C. aurantium. L.</i> | 30 |
| Figure 11 : Localisation géographique de la région de collecte de <i>C.aurantium L.</i> | 31 |
| Figure 12: Représentation de l'équipement d'hydrodistillation de type Clevenger..... | 32 |
| Figure 13 : La préparation de l'étape de décantation des huiles essentielles | 32 |
| Figure 14 : Évaporation des H.E par l'évaporateur rotatif | 32 |
| Figure 15: Préparation des doses d'huile essentielle de <i>C. aurantium.</i> | 34 |
| Figure 16: Dispositif expérimental de test d'inhalation (A: <i>T.castanum</i> , B: <i>E.kuehniella</i>).... | 35 |
| Figure 17: Traitement par application topique sur les larves d' <i>E. kuehniella</i> | 38 |
| Figure 18 : Effet de l'H.E de <i>C. aurantium</i> sur les adultes de <i>T. castaneum</i> par inhalation, sur le taux de mortalité corrigée (M±S, n=3 répétitions comportant chacune 10 individus)..... | 43 |
| Figure 19 : Efficacité de l'H.E, de <i>C. aurantium</i> sur les adultes de <i>T. castaneum</i> par inhalation : analyse des probits. | 44 |
| Figure 20 : Effet de l'H.E de <i>C. aurantium</i> sur les adultes d' <i>E. kuehniella</i> par inhalation, sur le taux de mortalité corrigée après 24h (M±S, n=3 répétitions comportant chacune 7 individus)..... | 45 |
| Figure 21 : Effet de l'H.E de <i>C. aurantium</i> sur les adultes d' <i>E. kuehniella</i> par inhalation, sur le taux de mortalité corrigée après 48h (M±S, n=3 répétitions comportant chacune 7 individus)..... | 46 |
| Figure 22 : Effet de l'H.E de <i>C. aurantium</i> sur les adultes d' <i>E. kuehniella</i> par inhalation, sur le taux de mortalité corrigée après 72h (M±S, n=3 répétitions comportant chacune 7 individus)..... | 47 |
| Figure 23: Efficacité de l'H.E, de <i>C. aurantium</i> sur les adultes d' <i>E. kuehniella</i> par inhalation après 24h : analyse des probits. | 48 |

| | |
|--|----|
| Figure 24 : Efficacité de l'H.E, de <i>C. aurantium</i> sur les adultes d' <i>E. kuehniella</i> par inhalation après 48h : analyse des probits..... | 48 |
| Figure 25 : Efficacité de l'H.E, de <i>C. aurantium</i> sur les adultes d' <i>E. kuehniella</i> par inhalation après 72h : analyse des probits..... | 49 |
| Figure 26 : Effet de l'H.E de <i>C. aurantium</i> sur la mortalité corrigée des adultes d' <i>E. kuehniella</i> (%) en fonction des doses (μ l) et du temps d'exposition (heures). | 50 |
| Figure 27 : Pourcentages (%) de répulsion de l'huile essentielle <i>C. aurantium</i> L. vis-à-vis des adultes de <i>T. Castaneum</i> | 51 |
| Figure 28 : Pourcentages (%) de répulsion sur papier filtre de l'huile essentielle <i>C. aurantium</i> L vis-à-vis des adultes d' <i>E. kuehniella</i> | 52 |
| Figure 29 : Activité répulsive de l'huile essentielle de <i>C.aurantium</i> sur <i>E.kuehniella</i> à différentes concentrations. (N =3 répétitions comportant chacune 5 adultes). | 53 |
| Figure 30 : Effet de l'H.E de <i>C. aurantium</i> administrée par application topique sur les larves d' <i>E. kuehniella</i> , sur le taux de mortalité et corrigée (M \pm S, n=3 répétitions comportant chacune 10 individus)..... | 54 |

Liste des abréviations

| | |
|-----------------------------|---|
| % | Pourcentage. |
| AFNOR/ISO | Association française de normalisation. |
| ANSM: | Agence nationale de sécurité du médicament. |
| <i>C. aurantium:</i> | <i>Citrus aurantium.</i> |
| cm: | centimètre. |
| D: | Dose. |
| DI50/DL50 | Dose d'inhibition 50 / Dose létale 50. |
| DI90/DL90 | Dose d'inhibition 90 / Dose létale 90. |
| <i>E. Kuehniella</i> | <i>Ephestia kuehniella.</i> |
| <i>T.castaneum</i> | <i>Tribolium castanum.</i> |
| H: | heures. |
| H.E /H.Es | Huile essentielle / Huiles essentielles. |
| G | Gramme. |
| L | litre. |
| m₁ | masse en grammes d'huile essentielle. |
| m₂ | masse en grammes de la matière végétale sèche. |
| M±S | la moyenne ± l'ecartype. |
| N_c | Nombre d'insectes présents sur le demi-disque traité avec l'acétone uniquement. |
| N_t | Nombre d'insectes présents sur le demi-disque traité avec la solution huileuse. |
| PC | classe de répulsion. |
| PMA | plantes Médicinales et Aromatiques. |
| PR | Pourcentage de répulsion. |
| R | Rendement en huiles essentielles en %. |
| X | probit de mortalité corrigée. |
| Y | logarithme des doses ou du temps. |

Introduction

Introduction :

Le blé, le riz et le maïs sont reconnus comme les bases alimentaires des peuples du monde entier. Pendant le développement de la civilisation indo-européenne, le blé est devenu la principale céréale des peuples occidentaux dans le climat tempéré. Leur conservation est d'une importance vitale pour les être humain et les animaux domestiques. En raison de leur importance, il est nécessaire de les protéger contre de multiples sources de détérioration pendant le transport et le stockage (Cognez, 2020). En Algérie, les céréales et leurs dérivés sont l'épine dorsale du régime alimentaire. En effet, ils fournissent plus de 60% des calories et plus de 75 % de l'apport en protéines de l'alimentation nationale. (Benlameur ; 2016).

Les pertes post-récolte des céréales reste un problème majeur du pays et de nombreux moyens ont été utilisés pour réduire ces pertes, y compris la lutte chimique qui est le moyen majeur utilisé à grand échelle pour le contrôle des ravageurs des denrées stockées (Merghid *et al.*, 2017). Les insectes sont les principaux ennemis de stockage qui peut causer des dégâts considérables, même si le problème se pose d'une manière générale. Dans les pays développés, nous estimons que 20 % des grains consommables sont attaqués par les insectes. La situation était pire dans les pays en développement, où les conditions de stockage étaient précaires (Benlameur, 2016).

En réponse à ces problèmes, les agriculteurs utilisent des insecticides de synthèse qui sont largement utilisés pour réduire les pertes de production, mais il se rend rapidement compte de leurs effets néfastes, tantôt sur le plan agronomique, écologique et sur la santé humaine (Nadio *et al.*, 2021). Il est donc nécessaire de poursuivre la recherche de molécules nouvelles en prenant en compte d'autres critères que l'efficacité.

A l'heure actuelle, une plus grande attention semble porter sur l'utilisation des biopesticides à base des plantes aromatiques comme une méthode alternative de lutte moins nocive et non polluantes (EL-Akhal *et al.*, 2014). De nombreuses études se développent pour isoler ou identifier des métabolites secondaires extraites des huiles essentielles qui ont une activité insecticide, répulsive ou antiappétante vis-à-vis des insectes ravageurs des produits entreposés, notamment *E. kuehniella* et *T. castaneum* (Rekioua *et al.*, 2022)

Dans ce contexte notre travail vise à évaluer l'activité insecticide et répulsive de l'huile essentielle extraite par hydrodistillation de la plante aromatique *Citrus aurantium* sur deux insectes ravageurs des denrées stockées, *T. castaneum* et *E. kuehniella*. Cet objectif se décline en quatre sous objectifs opérationnels :

- i. Une partie bibliographique portant sur une synthèse des données relatives à notre thématique.
- ii. Une seconde partie expérimentale, qui décrit le matériel ainsi que les démarches méthodologiques.
- iii. Une troisième partie regroupe l'ensemble des résultats obtenus.
- iv. Dans la dernière partie, la discussion des résultats obtenus est rapportée. Enfin, une conclusion relatant les résultats obtenus, accompagnée de perspectives concluent notre manuscrit.

Chapitre I :

Revue Bibliographique

I.1. Généralités sur la plante *Citrus aurantium* L :

I.1.1. Description botanique :

L'orange amère ou orange aigre, également connue sous le nom scientifique de *C. aurantium*.L, est un arbre appartenant à l'ordre des Geraniales (Degirmenci et Erkurt., 2020) et à la famille des Rutaceae (Scandurra *et al.*, 2022). Le *C.aurantium* quant à lui, est un arbrisseau épineux très décoratif pouvant atteindre 4 à 5 mètres de hauteur (Karahacane, 2015). Il possède un tronc ramifié et un feuillage toujours vert brillant, caractérisé par des feuilles entières, elliptiques et persistantes (Ghédira et Goetz., 2015). Le fruit est globuleux et généralement oblat, avec une couleur orange prononcée (Karthikeyan et Karthikeyan., 2014).

Le *C.aurantium* est réputé pour ses fleurs blanches parfumées (Maksoud *et al.*, 2021), qui sont utilisées pour la production d'eau de fleur d'oranger appelée "Zhar", ainsi que d'huile essentielle appelée "Neroli". Cette dernière possède une légère odeur très agréable et une couleur jaune caractéristique de la fleur d'oranger qui est « zesté », « frais » et « citral » (Souiy *et al.*, 2022).

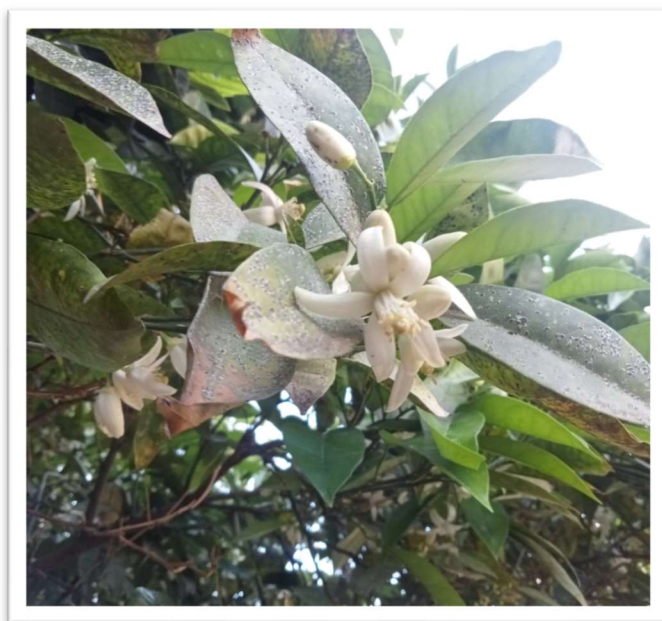


Figure 1: *Citrus aurantium* (originale, 2023)

I.1.2. La position systématique :

La position systématique de *C. aurantium.L* est la suivante (Suryawanshi, 2011):

- **Règne** : Plantae
- **Division** : Eudicots
- **Classe** : Rosids
- **Ordre** : Sapindales
- **Famille** : Rutaceae
- **Genre** : *Citrus*
- **Espèce** : *aurantium*
- **Nom binomial (Nom botanique)** : *Citrus aurantium L.*
- **Sous-espèces** : *Citrus amara*, *Citrus bergamia*, *Citrus bigaradia*, et *Citrus vulgaris*.
- **Synonyme** : *orange amère*, *acide orange*, *orange de Séville*, *orange bigarade*. (Karthikeyan et Karthikeyan., 2014).

I.1.3. Usage traditionnel :

Depuis l'Antiquité, et certainement bien avant, les plantes ont servi de pharmacopée naturelle et pragmatique. Parmi ces plantes, on peut citer le *C.aurantium L* (Doukani et Tabak., 2017). À travers le monde, cette plante est utilisée dans le traitement de diverses maladies, notamment pour faciliter la digestion et soulager les flatulences, ainsi que pour maintenir la santé cardiovasculaire. Elle est également connue pour ses propriétés dans la lutte contre le cancer et le traitement des accidents vasculaires cérébraux. En effet, la consommation quotidienne d'un verre de jus d'orange réduirait le risque d'AVC de 25%.

Les parties les plus utilisées du *C.aurantium L.* en médecine traditionnelle sont les fruits secs, les fruits, les pelures, les feuilles, les fleurs, les graines et l'huile essentielle (Suryawanshi, 2011).

En Algérie, le *C.aurantium* occupe une place importante dans la médecine traditionnelle, qui est largement employée pour traiter divers problèmes de santé. Les zestes des agrumes sont considérés comme une source potentielle de molécules naturelles bioactives, utilisées comme antioxydants, agents antimicrobiens, anti-inflammatoires et anticancéreux (Doukani et Tabak., 2017).

I.1.4. Données phytochimiques :

L'orange amère possède une composition chimique complexe. Bien qu'on puisse la qualifier d'huile volatile présente dans sa pelure, ce qui reste après l'extraction de la pelure des agrumes, y compris les oranges amères, correspond à cette huile volatile familière. L'orange amère contribue à son arôme et à sa saveur puissante, et renferme de nombreux effets médicaux. En plus de l'huile volatile, les principaux composés biologiquement actifs présents dans les fruits de *C. aurantium* sont les alcaloïdes de phénéthylamine, tels que l'octopamine, la synéphrine, la tyramine, la N-méthyltyramine et la hordénine. L'orange amère est également riche en vitamine C et en flavonoïdes (Suryawanshi, 2011).

I.2. Les principaux ravageurs des denrées stockées :

Diverses études indiquent l'utilisation d'huiles essentielles pour protéger les denrées alimentaires stockées contre les insectes nuisibles. Limonène agit contre lésions différentes, de même composé, il a une activité attrayante pour les prédateurs et offre ainsi des vues intéressantes dans la lutte biologique. Les ingrédients d'huiles essentielles sont des sources potentielles d'insecticides végétaux.

Plusieurs ingrédients sont des insecticides. Le safrole et l'eugénol ont une forte activité insecticide sur les organismes noirs en particulier *T. castaneum* ainsi que sur le butin des haricots.

Plusieurs molécules du métabolisme secondaire des principaux ingrédients des huiles essentielles : polyphénols, les terpènes, alcaloïdes ou glycosides cyanogènes sont facilement biodégradable par enzyme (Hance et Ngamo., 2007).

I.3. Généralités sur *Ephestia kuehniella zeller* :

I.3.1. Description morphologique :

Ephestia kuehniella Zeller, communément appelée la pyrale de la farine (Bouzeraa, 2014), est l'un des ravageurs cosmopolites les plus destructeurs des denrées alimentaires stockées, en particulier de la farine (Mamay *et al.*, 2022).



Figure 2 : *Ephestiakuehniellazeller* (Originale 2023).

Cette mite des denrées stockées possède des larves qui s'attaquent principalement aux aliments stockés tels que la farine, les céréales (riz, maïs et blé), la semoule, les pâtes, ainsi que certains fruits rarement séchés comme les raisins secs, les figues et les abricots (Lahcene *et al.*, 2018) (Aissaoui, 2022). Les facteurs environnementaux tels que la température, l'humidité, la photopériode et les besoins en nutriments ont une incidence sur leur développement et leur potentiel reproducteur (Kilci et Altun, 2020).

I.3.2. position systématique :

Sa position systématique est la suivante (Selmane-Meskache., 2014) :

| | |
|--------------------|----------------------------------|
| Embranchement | Arthropodes |
| Sous embranchement | Antennates-Mandibulates |
| Classe | Insectes |
| Super classe | Trachéates |
| Ordre | Lepidoptères |
| Super ordre | Endopterygotes |
| Famille | Pyralidae |
| Super famille | Pyraloidea |
| Genre | <i>Ephestia</i> |
| Espèce | <i>kuehniella</i> (Zeller, 1879) |

I.3.3. Cycle biologique d'*Ephestia kueniella* (Zeller) :

❖ L'œuf :

L'œuf est de forme légèrement ovoïde, presque sphérique. Sa surface n'est pas lisse, mais plutôt brillante et opaque, de couleur blanchâtre (Aissaoui, 2022). Les dimensions moyennes de l'œuf sont d'environ 500 à 550 µm de longueur sur 290 à 325 µm de largeur, pour un poids moyen de 0,023 mg (Lahcene, 2020). Les œufs prennent en moyenne 4 à 5 jours pour éclore (Bouzeraa, 2014).

❖ La larve (chenille) :

Les larves se présentent avec des teintes blanchâtres ou rosâtres (Bouzeraa, 2014), accompagnées d'une capsule céphalique et d'une carapace de nuque marron. La capsule céphalique est aisément identifiable (Aissaoui, 2022). Le développement de la chenille se produit en six stades larvaires s'étalant sur une période de 20 à 30 jours. Au premier stade, la longueur de la larve varie entre 1 et 1,5 mm (Bhavanam et Trewick., 2017) (Lahcene, 2020), mais elle peut atteindre 15 à 20 mm à son stade de maturité (Selmane-Meskache., 2014).

La différenciation des sexes est facilement identifiable au stade larvaire, car les larves mâles possèdent deux points bruns situés sur la face dorsale de l'abdomen, qui correspondent à leurs testicules (Lahcene, 2020).

❖ La nymphe (chrysalide) :

La nymphe est d'une teinte blanchâtre qui devient plus foncée avec l'âge. Elle se protège dans un cocon de soie blanche (Lahcene, 2020) pendant 8 à 12 jours avant d'émerger (Bouzeraa, 2014). Sa longueur varie entre 7 et 9 mm et sa largeur au niveau de l'abdomen est d'environ 1,8 mm (Aissaoui, 2022).

❖ L'adulte :

Les papillons, également appelés imagos, présentent une petite tête globuleuse (Lahcene, 2020), avec des palpes labiaux cornus. Les ailes antérieures sont de couleur grise avec quelques marques brunes et blanches, tandis que les ailes postérieures sont généralement plus foncées et grises (Aissaoui, 2022). Ces insectes adultes ont une envergure de 15 à 25 mm et mesurent entre 7,5 et 15 mm de longueur. Leur longévité est d'environ 14 jours. La ponte commence juste après l'accouplement et la durée totale du cycle de vie varie de 25 à 200 jours (Selmane-Meskache., 2014). Les mâles ont tendance à mourir quelques jours après

l'accouplement, tandis que les femelles meurent après avoir pondu leurs œufs (Bouzeraa, 2014).

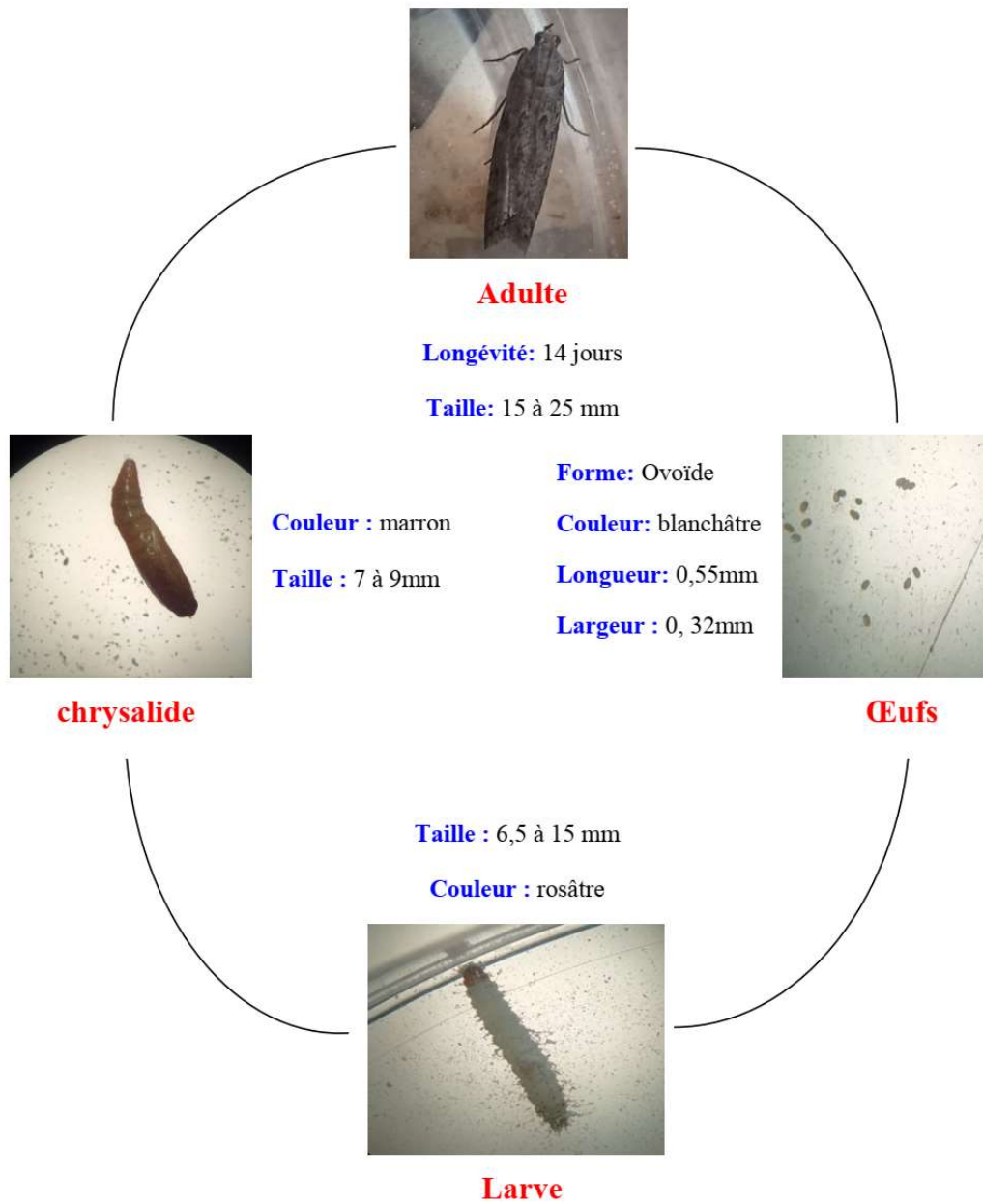


Figure 3 : Cycle de développement d'*E. kuehniella* à 27°C. (Originale, 2023)



Figure 4 : Dimorphisme sexuel de la pyrale de la farine (A: Male, B: Femelle).

(Originale, 2023)

I.4. Généralités sur *Tribolium castaneum* :

I.4.1. Description morphologique :

Le terme "*tribolium*" dérive du verbe latin "*tribulo*". Ceci est probablement une référence au fait que le premier coléoptère du tribolium à être découvert (Pai et Bucher., 2019), Le *T.castaneum*, également appelé *Tribolium* rouge de la farine (Campbell *et al.*, 2022), Il est connu comme un insecte nuisible pour les denrées alimentaires stockées, et est particulièrement répandu dans les régions tropicales et subtropicales (Kemassi *et al.*, 2019). Il s'agit d'une variété d'insectes qui fait partie de la famille des Tenebrionidae, appartenant à l'ordre des coléoptères (Carvalho *et al.*, 2023) (Ngamo et Hance., 2007).



Figure 5: *Tribolium castaneum* (originale, 2023)

L'insecte appelé *Tribolium* rouge de la farine mesure entre 3 et 4 mm de long et est considéré comme facile à élever. Son cycle de développement est court, ne durant que 30 jours, tandis que sa longévité peut varier de six mois à quatre ans (**Bonneton, 2010**).

Les produits céréaliers stockés tels que la farine, les céréales, les biscuits, les haricots, les épices, les pâtes, les mélanges à gâteau, les aliments secs pour animaux domestiques, les fleurs séchées, les noix et les graines sont tous des cibles potentielles des triboliums rouges de la farine (**pungitore et al., 2005**).

I.4.2. Position systématique :

Selon **Abdullahi, Muhamad et Sule (2019)**, la classification du *T.confusum* est la suivante :

| | |
|----------------|------------------|
| Règne | Animalia |
| Embranchement | Arthropoda |
| Classe | Insecta |
| Ordre | Coleoptera |
| Famille | Tenebrionidae |
| Sous -famille | Tenebrioninae |
| Super -famille | Tenebrionoidea |
| Genre | <i>Tribolium</i> |
| Espèce | <i>castaneum</i> |

I.4.3. Cycle biologique de *T. castaneum* :

Le cycle de vie du *Tribolium* se compose de quatre stades distincts : œuf, larve, nymphe et adulte (**Pai et Bucher., 2019**).

❖ L'œuf :

L'œuf a une forme allongée et une couleur variant du blanc à l'incolore. Il est recouvert d'un enduit visqueux qui le rend collant, pouvant entraîner l'agglutination de grains de farine et/ou de poussières sur sa surface (**Ncibi, 2020**). Les dimensions de l'œuf varient de 0,13 à 0,3 mm de longueur et de 0,42 à 0,61 mm de largeur (**Abdullahi et al., 2019**). En général, les œufs éclosent entre 6 et 14 jours à une température comprise entre 22 et 27°C (**Cheikh, 2019**). Au

cours d'un cycle biologique, la femelle pond en moyenne de 200 à 500 œufs (**Kumar et al., 2018**).

❖ La larve :

Le cycle de vie de la larve de *Tribolium* se compose de 4 à 12 stades (**Ncibi, 2020**). La larve mesure environ 6 mm de longueur, soit environ 8 fois sa largeur. À maturité, elle prend une couleur jaune très pâle, avec quelques courtes soies jaunes, tandis que la capsule céphalique et la face dorsale présentent une légère teinte rougeâtre (**Karahacane, 2015**). Les larves peuvent se déplacer librement dans les denrées infestées et effectuer leur nymphose sans former de cocon (**Kemassi et al., 2019**). Après avoir atteint le dernier stade larvaire, elles cessent de se nourrir, s'immobilisent et se transforment en nymphes immobiles (**Gueye et al., 2015**).

❖ Nymphes :

La nymphe est blanche et nue, arbore un abdomen agrémenté de lames rectangulaires à bords crantés sur les côtés (**Ncibi, 2020**). Les nymphes passent par une phase nymphale au cours de laquelle leur teinte blanche d'origine s'obscurcit progressivement jusqu'à leur épanouissement en adultes, un processus qui prend entre 9 et 17 jours (**Gueye et al., 2015**).

❖ L'adulte :

Le petit coléoptère adulte mesure entre 3 et 4 mm et est de couleur brun roux (**Ncibi, 2020**). Il se distingue facilement par sa tête, son thorax et son abdomen bien définis, ainsi que par ses antennes dont les trois derniers articles sont plus larges que les suivants. De plus, il a un chaperon qui ne dépasse pas l'œil sur les côtés, il est étroit, allongé et a des bords parallèles. *T. castaneum* présente des yeux ovales et non surmontés d'un bourrelet semblable à une paupière (**Cheikh, 2019**). Les adultes se nourrissent des mêmes aliments que les larves et ont une durée de vie comprise entre 15 et 20 mois (**Gueye et al., 2015**).

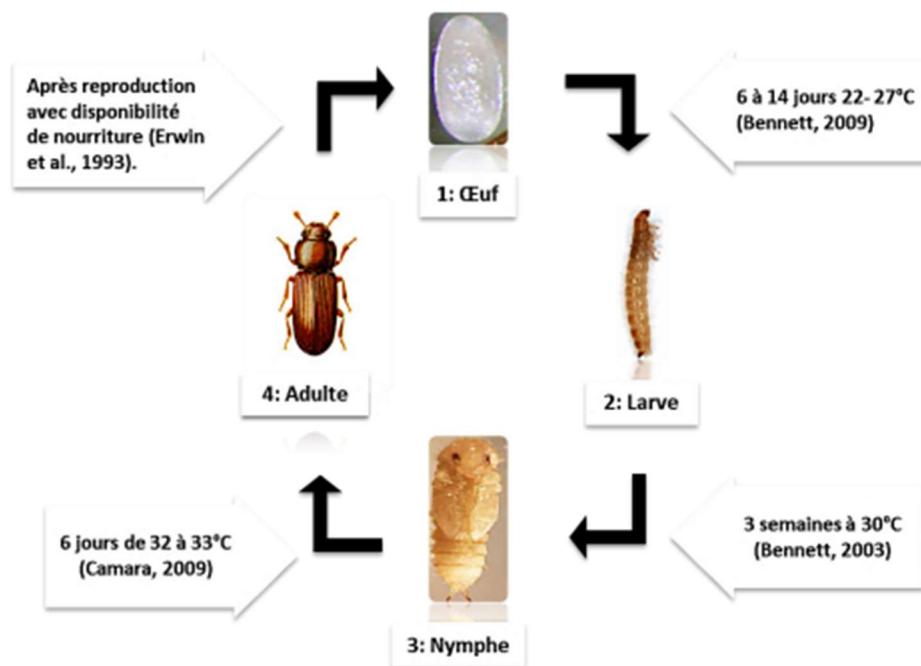


Figure 6 : Cycle de développement de *T. castaneum*.

I.5. Dégâts causés par les insectes des denrées stockées par *E. kuehniella* et *T. castanum*:

Domages causés aux insectes par les aliments entreposés les céréales comme le blé, le maïs et le sorgho sont les coûts le plus bas dans le monde. Ils sont les principaux Sources de protéines, glucides, vitamines B et certains métaux. L'invasion d'insectes des denrées stockées. Les aliments entreposés causent des dégâts directs : la capacité de germer, Poids, production de poussière, puanteur, extérieur larves, cheveux, litière et indirect : goût de l'aliment et les caractères organoleptiques. Pas seulement l'évolution et la propagation de ces ravageurs entraîne une perte de germination et substance (grain que vous videz par prélèvement) mais aussi produire une quantité de farine poussiéreuse : juments et continue à sentir (Pheromone) en plus de la contamination du produit (exuvie larves, poils, poils et excréments), qui s'accumulent dans la farine contribue encore à la consommation et à la fabrication d'aliments Plus ou moins impropres à la consommation humaine que pour les animaux de compagnie (Ncibi, 2020).

I.5.1. Perte et dégâts d'*E. kuehniella*:

Ephestia kuehniella Zeller est un ravageur majeur dans les minoteries ; connue sous le nom de "parle de la farine", c'est un papillon des aliments stockés dont les larves attaquent

principalement la farine, les céréales (blé, maïs, riz), la semoule, les pâtes et les fruits secs (raisins, figues et abricots) (Taffar, 2022).

I.5.2. Perte et dégâts de *T. Castaneum*:

Tribolium castaneum est caractérisé par une très grande polyphagie. Les produits infestés par cet insecte sont les céréales entreposées, les oléagineux, les matières contenant de l'amidon, les haricots, les pois, les épices et les racines séchées. Ils préfèrent les grains endommagés, mais ils envahissent aussi les grains de blé sains qu'ils consomment avant un glissement (Benlameur, 2016).



Figure 7: Dégâts causés par *T.castaneum* (A) et *E. kuehniella* (B) sur la semoule (Originale, 2023).

I.6. Méthode de lutte contre les insectes nuisibles des denrées stockées:

I.6.1. La lutte chimique:

En raison de son efficacité, il est largement utilisé et doit être utilisé avec prudence pour limiter les risques qu'il peut faire peser sur les consommateurs alimentaires. Traitement par contact. Elle consiste à recouvrir les grains, les emballages et les compartiments de stockage d'un film insecticide qui agit sur les prédateurs au contact. Plus lent, plus durable (Aidani, 2015).

Parmi les méthodes utilisées pour limiter les pertes dans les stocks et les plus couramment utilisées sont l'utilisation d'insecticides de synthèse chimique (Adjalian *et al.*, 2014). Les agriculteurs utilisent une large gamme de produits chimiques synthétiques ayant un fort pouvoir insecticide. Cependant, il convient de noter que ces produits sont rémanents et présentent une toxicité élevée pour la santé humaine et l'environnement (Bokobana *et al.*,

2014). Leurs composés insecticides sont classés en différentes catégories, notamment les organochlorés, les organophosphorés, les carbamates et les pyréthrinoïdes (**Nadio *et al.*, 2015**).

Traitement par fumigation, qui traite le grain avec des gaz toxiques appelés fumigants. Le but principal de la fumigation est de faciliter la pénétration des gaz à l'intérieur des grains et de détruire les œufs, les larves et les pupes qui s'y développent (**Aidani, 2015**).

I.6.2. La lutte physique :

Elles concernent toutes les techniques de mécano-thérapie adaptées à l'assainissement des troupeaux. Cela consiste à utiliser du froid ou du chaud (**Arrab, 2016**).

I.6.3. La lutte préventive:

Les contrôles préventifs sont basés sur diverses pratiques culturelles qui peuvent réduire les dommages, telles que : B. Détermination des dates de semis et de récolte appropriées, rotation des cultures avec des plantes attirant les pucerons, association des cultures et lutte contre les ravageurs, les mauvaises herbes ou les résidus de culture pouvant héberger des pucerons (**Bouaid, 2016**).

I.6.4. La Lutte intégrée:

La lutte antiparasitaire intégrée est la combinaison et l'utilisation judicieuse de tous les outils de lutte antiparasitaire à la disposition des agriculteurs pour maintenir les populations de ravageurs suffisamment faibles pour tolérer économiquement les dommages aux cultures (**Bouaid, 2016**).

I.6.5. La lutte biologique:

Ce type de lutte repose principalement sur l'utilisation de parasites, de parasites et de prédateurs comme agents de lutte antiparasitaire. Des efforts ont été faits pour développer de nouveaux composés pour remplacer les composés couramment utilisés. L'utilisation de matières premières renouvelables d'origine végétale pour la production de biopesticides répond à la nécessité de faire face à la situation sanitaire et environnementale (**Messaoudene et Mouhou, 2017**).

I.7. Généralités sur les huiles essentielles

I.7.1. Définition des huiles essentielles:

Les plantes médicinales et aromatiques (PMA) contiennent une multitude de composés pharmacologiques bioactifs ayant d'énormes effets bénéfiques. Comme son nom l'indique, les plantes aromatiques ont des composés aromatiques, plus précisément les huiles essentielles (HE) (Salvi *et al.*, 2022). C'est dernier sont généralement composés d'un mélange complexe de métabolites secondaires (terpènes, composés phénoliques, alcool) (falleh *et al.*, 2020) synthétisés dans le cadre du métabolisme des plantes aromatiques et médicinales. Elles sont des liquides aromatiques volatils concentrés dérivés de plantes naturelles et peuvent être extraits de leurs fleurs, feuilles, graines, pelures, branches, écorce, bois, racines, tiges souterraines, gencives ou résine huileuse (Liang *et al.*, 2023). Néanmoins, l'HE peut varier dans diversité selon la partie de la plante utilisée comme matière première (Baptista-Silva *et al.*, 2020) .

Le produit d'extraction peut varier en qualité et en composition selon le climat, la composition du sol, l'organe végétal, l'âge et le cycle végétatif. Donc, pour obtenir la même composition d'HE, ils doivent être extraits dans les mêmes conditions : du même organe de la plante, qui doit être cultivé sur le même sol, sous le même climat et cueilli pendant la même saison (Baptista-Silva *et al.*, 2020). Le terme HE est défini à la fois par l'Agence nationale de sécurité du médicament (ANSM) et par l'AFNOR/ISO (Association française de normalisation). Il s'agit d'un produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie (Kurihara, 2022), soit par distillation à la vapeur, par procédés mécaniques de l'épicerie des agrumes ou par distillation sèche après séparation de la phase aqueuse par des procédés physique. donc selon ces procédés L'huile essentielle est le produit concentré obtenu lorsque l'on extrait, cette substance odorante complexe que l'on peut appeler « essence végétale » (Baptista-Silva *et al.*, 2020).

I.7.2. Localisation et Répartition de l'huile essentielle :

Les huiles essentielles sont le résultat du métabolisme secondaire des plantes aromatiques et sont produites dans leur protoplasme cellulaire (Hessas et Simoud., 2018). Habituellement, la synthèse et l'accumulation des huiles essentielles se produisent dans des structures histologiquement spécialisées, qui sont fréquemment localisées à proximité de la surface de la plante ou à sa surface même. Certaines de ces structures incluent :

- les cellules à huiles essentielles : chez les Lauracées et les Zingiberacées.

- les poils sécréteurs : chez les Lamiacées.
- les poches sécrétrices : chez les Myrtacées et les Rutacées.
- les canaux sécréteurs : chez les Apiacées et les Astéracées (**Laurent, 2017**).

Bien que présentes dans de nombreuses familles végétales, les huiles essentielles sont particulièrement concentrées dans un nombre limité d'entre elles, par exemple chez les Myrtacées, les Lauracées, les Astéracées, les Apiacées, les Rutacées et les Lamiacées (**Zaibet, 2016**).

Les plantes peuvent produire des huiles essentielles dans tous leurs organes:

- 3 Fleurs : oranger, rose, lavande, bouton floral (girofle) ...
- 4 Feuilles : eucalyptus, menthe, thym, laurier, sarriette, sauge
- 5 Fruits : fenouil, anis, épicarpes des Citrus ...
- 6 Tiges : citronnelles....
- 7 Rhizomes et racines : gingembre, vétiver, iris
- 8 Graines : noix de muscade, coriandre
- 9 Bois et écorces : cannelle, santal, bois de rose..... (**Bouaid., 2018**).

I.7.3. Fonction de l'HE dans la plante:

La présence d'HE dans les plantes peut répondre aux besoins de conservation d'espèces spécifiques en fonction de leur environnement, bien que leur fonction ne soit pas toujours connue avec précision (**Laurent, 2017**). Je me contente ici d'énumérer quelques hypothèses d'auteurs.

Les essences naturelles sont des répulsifs contre les prédateurs (micro-organismes, insectes, etc.) et peuvent paralyser les muscles masticateurs des agresseurs en raison des propriétés toxiques et non comestibles des substances qu'elles contiennent (**Samate, 2002**).

Intervient dans les réactions redox en tant que donneur d'hydrogène (**Memmu, 2015**).

I.7.4. La composition chimique des huiles essentielles de *Citrus aurantium L.*

Le tableau 1 présente la liste des principaux composés identifiés dans les huiles essentielles extraites de *C.aurantium L.* Ces résultats ont été obtenus grâce à une analyse par chromatographie, qui a permis d'identifier 44 composés différents représentant 98,87 % de l'huile essentielle totale de néroli (**Souiy et al., 2022**).

Tableau 1: Composition volatile d'H.E de *Citrus aurantium L*

| composés | % |
|------------------------|-------|
| 1. linalool | 38,03 |
| 2. acétate de linalyle | 25,40 |
| 3. alpha-terpinéol | 6,84 |
| 4. limonène | 4,24 |
| 5. acétate de géranyle | 4,48 |
| 6. lécétate de neryle | 3,85 |

I.7.5. Paramètres influençant la composition quantitative et qualitative des H.E:

Les huiles essentielles sont très variables en termes de composition et de rendement des plantes d'origine, en raison de facteurs intrinsèques liés au patrimoine génétique de la plante et d'autres facteurs extrinsèques liés aux conditions de croissance et de développement de la plante (Alloun, 2019).

I.7.5.1. Facteurs intrinsèques :

➤ Selon l'organe :

La composition et le rendement d'une huile essentielle peuvent varier en fonction de la partie de la plante utilisée pour son extraction (Hessas et Simoud., 2018), ce qui entraîne des propriétés pharmacologiques distinctes (Laurent, 2017).

1. Au cours du cycle végétatif :

Le cycle de croissance des plantes est un facteur important à prendre en compte lors de la production d'huiles essentielles. Pour une espèce donnée, la proportion des différents constituants peut varier considérablement tout au long de son développement, ce qui peut entraîner des variations importantes dans la composition de l'huile essentielle (Hessas et Simoud., 2018).

a. Existence de chimiotypes :

Les chimiotypes, également appelés races chimiques, sont courants chez les plantes qui produisent des huiles essentielles. Il s'agit de plantes de la même espèce botanique présentant des compositions différentes en fonction des conditions écologiques et de légères variations

dans les voies de biosynthèse. Ces différences peuvent avoir une incidence sur l'activité thérapeutique de l'huile essentielle produite (**Hessas et Simoud., 2018**). L'utilisation des chimiotypes permet une compréhension approfondie du mode d'action des huiles essentielles, ce qui conduit à la création de traitements naturels puissants et efficaces (**Zaibet, 2016**). En outre, le climat et le terrain peuvent modifier le chimiotype de l'essence produite (**Vaissière et Escale, 2020**).

I.7.5.2. Influence des facteurs extrinsèques:

Les facteurs environnementaux ont une influence directe sur la composition des huiles essentielles. Parmi ceux-ci, on peut citer les variations de température, d'humidité, de régime des vents et de durée d'exposition au soleil (**Laurent, 2017**). En outre, la technique d'extraction et de distillation sont également des facteurs déterminants pour la qualité de l'huile essentielle produite (**Lebon, 2020**).

Il est crucial de sélectionner la période de récolte pour obtenir la plante la plus riche en huile essentielle. De plus, la saison peut également avoir un impact sur la qualité de l'huile essentielle produite. Enfin, pour une même plante, l'âge et le degré de maturité des parties récoltées peuvent également modifier la composition moléculaire de l'huile essentielle (**Laurent, 2017**).

I.7.6. Propriétés physico-chimiques:

Bien que leur composition varie, les huiles essentielles ont un certain nombre de caractéristiques communes. Elles sont :

- Liquide à température normale.
- Graisse soluble : soluble dans les huiles, les solvants organiques non polaires et l'alcool.
- Odeur aromatique fluctuante et propre.
- La vapeur peut être payée.
- Elle est rarement de couleur fraîche, sauf si elle est azilienne.
- Souvent très instable (non-saturation, aldéhydes, etc.).
- Insoluble et plus léger que l'eau.
- Ils ont la capacité de faire tourner la lumière polarisée à travers eux vers la droite (dextrogyre) ou vers la gauche (lévogyre).
- Il peut contenir de nombreuses molécules qui agissent en synergie pour donner une main-d'œuvre incomparable.

- L'une des propriétés les plus importantes et largement utilisées bien au-delà des médicaments chimiques est son énorme résistance contre l'infection.
- Il est également actif dans d'autres domaines, comme nous le verrons (**Zahalka, 2010**).

I.7.7. Méthodes d'extractions des huiles essentielles :

Il existe plusieurs façons de les extraire, mais on utilise généralement quatre procédés principaux : la distillation, l'expression, l'extraction au solvant et l'extraction assistée par micro-ondes.

➤ **La distillation :**

C'est de loin la méthode la plus courante, car elle convient à la plupart des plantes. Puisque les huiles essentielles ne sont pas solubles dans l'eau (ce sont des huiles !) Mais solubles dans la vapeur, quand la vapeur d'eau est envoyée à la plante, elle est expédiée comme les huiles passent. Dans un dispositif spécial, la vapeur d'eau lourde de ces espèces est envoyée dans une chambre pour y refroidir, et la vapeur redevient liquide et les huiles se désintègrent (flottant sur la surface). Ils sont ensuite récupérés par stabilité. Le temps de distillation dépend de la plante en question : 3 heures pour le géranium dans la zone, 4 heures pour les girofles... Le temps de distillation complet doit être respecté pour une huile aromatique de qualité qui révèle "toute son activité." Pour information, le temps de distillation est d'à peine 30 minutes pour les huiles essentielles des machines à laver : les machines à laver ne se soucient pas des qualités thérapeutiques des huiles essentielles, seule leur molécule odorante leur importe (**Festh a, 2014**).

➤ **L'expression à froid :**

L'expression à froid est une extraction sans chauffage d'agrumes (citron, mandarine, orange, pamplemousse). Le principe de ce processus mécanique est de décomposer les petites vésicules et les sacs de carburant. Ainsi, l'essence lib r e est entraînée par un jet d'eau. Le processus consiste à attacher le fruit à des morceaux équipés de lames et d'autres pièces pour les entourer. Un couteau circulaire perce un trou dans la base du fruit. La pression sur les parois des fruits extrait le jus qui sera transféré au collecteur tout en extrayant l'essence de la peau et en la recueillant avec un jet d'eau. L'émulsion d'eau et l'essence sont alors séparées par la décantation. L'intérêt de la technologie réside dans la production d'essence, qui n'a subi aucune modification chimique liée à la chaleur. De même, combiné avec la production de jus de fruits (**Mnayer, 2014**).

➤ **L'extraction par solvant :**

Dissoudre l'essence dans un solvant volatil (pas dans l'eau). Le résultat est appelé "absolu", qui est à peu près similaire à l'huile essentielle. Il est utilisé dans l'industrie du parfum et non dans les traitements (**Festh a, 2014**).

➤ **Extraction assistée par micro-ondes :**

Ces dernières années, nous avons vu le développement de nouvelles technologies. C'est notamment le cas de la distillation d'eau par micro-ondes sous décharge. Dans ce processus, l'usine est chauffée sélectivement par rayonnement micro-ondes dans un récipient dont la pression est réduite séquentiellement, et l'EH est piégé dans le mélange de propriété de vapeur d'eau de l'usine de traitement (un ajout sain d'eau aux produits frais transformés). Très rapide et économe en énergie, le procédé fournit un produit qui est généralement de meilleure qualité qu'un produit de distillation d'eau traditionnel (temps de travail divisé par 5   10 et température inférieure). Les micro-ondes produisent généralement un chauffage rapide et intense des matériaux polaires avec une réduction significative du temps de réaction et, dans la plupart des cas, une productivité élevée (**Bekhechi et Abdelouahid., 2010**).

I.8. Domaines d'utilisations des huiles essentielles:

Les huiles essentielles, destinées aux parfums et aux médicaments, étaient omniprésentes dans notre quotidien : dans les cosmétiques, dans les produits d'hygiène ou dans les parfums environnants, dans les huiles aromatiques destinées au massage, ou commercialisées comme complexes pour purifier notre air contaminé. L'industrie et l'industrie agroalimentaire s'y intéressent de plus en plus. On estime qu'il y a environ 3000 huiles essentielles connues et environ 300 huiles d'intérêt commercial, en particulier pour l'industrie du parfum et de la saveur (**Deschepper, 2017**). Les HE peuvent être utilisés :

- Soit pure dans les maladies aiguës évite la peau (quelques gouttes suffisent).
- Dilué avec des huiles végétales (HV) pour les grandes surfaces ou les zones sensibles et pour les enfants de 3 à 25 % (**Zahalka, 2010**).
- Il est utilisé par l'industrie du parfum, dans l'industrie alimentaire comme parfum pour sauces et épices, et en médecine comme antispasmodique et régulateur du système nerveux (**Deschepper, 2017**).

▪ En pharmacie :

L'importance des plantes aromatiques est indiscutable. Leur contenu intrinsèque et la nature chimique des ingrédients leur donnent de grandes perspectives d'application. Ces matériaux sont d'une grande importance pour le domaine médical et pharmaceutique **(2002)**. Les Substances actives pour plantes médicinales de deux types : **(Marouf et Tremblin.,**

- Les produits métaboliques primaires (principalement les sucres), qui sont des substances essentielles à la vie végétale, sont formés dans toutes les plantes vertes par photosynthèse.
- Le deuxième type de substance est constitué de produits métaboliques secondaires résultant principalement de l'absorption d'azote **(Bekhechi et Abdelouahid., 2010)**.

La grande majorité des plantes médicinales sont utilisées dans la nature, en particulier pour la préparation des injections et sous forme de préparations galéniques simples. Ils sont également utilisés pour obtenir des huiles essentielles, dont certaines peuvent avoir des soins médicaux (en particulier dans le domaine des désinfectants externes) mais sont, pour la plupart, principalement destinés aux formes aromatiques de médicaments destinés à la voie orale.

En fait, les huiles essentielles ont un champ de travail très large, elles empêchent la croissance des bactéries ainsi que des levures et des moisissures. L'effet biologique était souvent supérieur à celui de nombreux fongicides commerciaux **(Bekhechi et Abdelouahid., 2010)**.

▪ En agriculture :

Comme les consommateurs sont de plus en plus préoccupés par les insecticides synthétiques, surtout en Europe et en Amérique du Nord, l'alternative est de recourir aux pesticides naturels. Il est donc proposé d'utiliser des pesticides naturels à base d'HE ou de certains de ses propres ingrédients. Cette HE est préparé à partir de certaines feuilles de plantes aromatiques.

▪ En industrie alimentaire :

Dans la nourriture, ils donnent leur saveur aux épices (poivre, gingembre, etc.) et aux saveurs (menthe, orange, citron, romarin, etc.). Chacune de ces espèces doit sa saveur à un ou plusieurs des principes particuliers de sa composition : limonine et anthranilate de méthyle à base d'huile d'orange, menthe mâle. Par conséquent, ces substances isolées ou parfois obtenues

peuvent être utilisées par synthèse pour remplacer l'essence ou pour goûter la saveur de certains produits alimentaires : boissons gazeuses, charcuterie,.....etc.

▪ **En parfumerie et produit cosmétiques :**

L'industrie du parfum et de la cosmétique est le principal consommateur des usines HE. Actuellement, environ 300 HE est commercialement important et utilisé dans les produits de parfum, cosmétiques ou d'hygiène. Les plus célèbres sont les roses, le jasmin, le citron, l'agitation, etc. Il est rarement utilisé seul (ennuyeux, parfois avec une odeur désagréable, forte, arc). Ils sont habituellement dilués (souvent dans l'alcool) pour faire croître leur odeur (**Marouf et Tremblin., 2002**).

I.9. L'utilisation des huiles essentielles en tant que biopesticide:

Les biopesticides sont des substances présentes dans environnement naturel, origine minérale ou organique, mais aussi produits de synthèse chimique si la molécule prolifère dans même produit naturel utilisé pour le contrôle et agresseurs biologiques. Meilleur respect des phénomènes biologiques et de l'environnement (**Ncibi, 2020**).

Les biopesticides d'origine animale sont des animaux tels que les prédateurs ou les parasites, ou les molécules dérivée d'animaux, et les invertébrés tels que les toxines d'araignées, les scorpions, les hormones d'insectes et les phéromones sont souvent les effets de ces dernières, en particulier les insectes assistés sur les animaux locaux, sont soigneusement étudiés avant d'être utilisés Comme les coléoptères, les acariens utilisent la prédation pour se nourrir de certains insectes nuisibles des plantes. Ce sont des petites particules que les insectes produisent naturellement et qui sont détectées dans leurs antennes homogènes. Ces molécules peuvent être éphémères ou stationnaires, mais dans tous les cas véhiculent un message (**Duravel et al., 2014**).

I.9.1. Difficultés liées à l'utilisation des biopesticides:

L'huile essentielle peut contenir entre 50 et 200 molécules différentes, explique Lauren Distant, assistante technique en charge des expériences chez Agri-Conseil, qui a incorporé des huiles essentielles dans ses protocoles de test. La concentration de chacune de ces molécules peut changer en fonction des conditions de l'année, de la phase végétale à la date de récolte (**Catherine et al., 2002**).

- Les Avantages :

Ce sont les biopesticides ont de nombreux avantages écologiques, étant :

- Sont biodégradables.
- Ont une activité sélective.
- Diminuent effets imprévus sur les espèces non ciblées.
- Réduire la résistance à certains d'entre eux (**Ncibi, 2020**).
- Un temps de stabilisation et de stockage intéressant.
- Facilité d'application (**Karam, 2020**).

5 Les inconvénients :

Toutefois, les biopesticides présentent certains défauts et certaines limites :

- La grande intimité de la plupart nécessite une identification précise du ravageur ou un agent pathogène cible et peut nécessiter l'utilisation de plusieurs produits pour divers traitements vitaux.
- Souvent sa vitesse est plus lente que les pesticides synthétiques, il n'est pas s'attaquer à une menace directe à la culture, comme la pandémie.
- Il existe également des problèmes de résistance aux pressions biologiques ciblées en relation avec des facteurs ou substances actives de certains biopesticides (**Karam, 2020**).
- La lutte se fait souvent en prévention et est moins efficace lors du traitement.
- Impact moins grave des pesticides (plus d'applications).
- Très faible roulement pour les ravageurs (**Chebari et al., 2020**).

I.10. Les H.E dans la protection des cultures:**✓ Activité insecticide :**

L'HE a montré un excellent potentiel dans la lutte contre les parasites des insectes et des acariens. Ils se sont révélés efficaces par fumigation et application topique, en plus de leurs propriétés anti-alimentantes et répulsives (**Digilio et al., 2007**). Les aldéhydes des HEs les plus connus sont l'eucalyptus citronné et la citronnelle de Ceylan (Citronnelle) (**Zahalka, 2010**). L'huile est efficace pour réduire la fertilité des pucerons et son utilité dans la lutte contre les pucerons a été signalée pour sa répulsion et son activité alimentaire (**Digilio et al., 2007**).

✓ **Activité antibactérienne :**

Selon **Toninori et Megliori (2013)**, l'HE neutralise la majorité des bactéries. La composition chimique des HEs à activité antibactérienne la plus élevée est : carvacrol, thymol, eugénol, le groupe des cétones présente un intérêt dans le traitement des affections infectieuses mucopurulentes : verbénone, thuyone, bornone, pinocampone, carvone. Vous êtes le partenaire quotidien de votre interlocuteur désigné aromathérapeute (**Pierron, 2014**).

Les études sur l'activité antibactérienne ont été positives, montrant un potentiel contre les bactéries buccales telles que *Fusobacterium nucleatum*, *Porphyromonas gingivalis* et *Streptococcus mutans* (**Babar et al., 2015**).

✓ **Activité antifongique :**

Les HE possèdent des substances à très large spectre d'action et leur rôle est de protéger les plantes de microorganismes pathogènes spécifiques (**Nazzaro et al., 2017**). En effet, des extraits de plusieurs plantes telles que le basilic, les agrumes, le fenouil, la citronnelle, l'origan, le romarin et le thym ont montré une activité antifongique importante contre les principaux pathogènes des plantes (**Tariq et al., 2019**). De nombreuses HE aux propriétés antifongiques agissent sur les mycoses lorsque leur diffusion est abusive (**Toninoli et Meglioli, 2013**). Les alcools sesquiterpéniques trouvés dans le palma rosa, l'eucalyptus globulose de l'arbre à thé, le géranium zonale et l'adjwain sont également d'une grande valeur (**Zahalka, 2010**).

✓ **Activité larvicide :**

Selon **Belarouci (2017)**, les huiles essentielles extraites de *Rosmarinus officinalis* et de *Thymus ciliatus* sont plus toxiques pour les larves de *Tribolium castaneum* traitées. Il est plus actif contre les larves de troisième stade d'*A. aegypti* que *O. gratissimum* (LC50 60 ppm) *O. americanum* (L50 67 ppm), *Citratrus cymbopogon* est plus actif contre *A. aegypti* (**Cavalcantisolon et al., 2004**).

✓ **Activité antiparasitaire:**

Des HEs qui repoussent les insectes et les parasites (**Toninoli et Meglioli, 2013**). Les phénols, les alcools monoterpéniques, les oxades et les cétones (à utiliser avec prudence) sont d'excellents vermifuges (**Zahalka, 2010**).

✓ **Activité antivirale :**

Les virus sont très sensibles aux molécules aromatiques et les cellules saines acquièrent une certaine résistance à l'invasion virale. De nombreuses H.Es sont efficaces pour renforcer l'immunité du corps contre les virus (**Zahalka, 2010**). Les H.E sont un traitement alternatif pour ces infections (**Toninoli et Meglioli, 2013**).

✓ **Activités insecticides des H.E :**

Un grand nombre d'études de recherche visant à évaluer l'activité insecticide des huiles essentielles contre les ravageurs des cultures, ainsi que contre les vecteurs de maladies (**Campolo et al., 2018**).

✓ **Activité réplusif :**

L'huile essentielle est un mélange complexe de composés organiques volatils d'entrée d'entrée de plante. Il s'avère que l'existence de styrène unique, semi -semi -sirius et d'alcool est attribuée aux propriétés d'exclusion des huiles essentielles. En particulier, la limonis, le citron, l' α -clamplene et la limonine sont des ingrédients courants de nombreuses huiles essentielles avec des effets de département. Des données récentes montrent que les neurones récepteurs puants dans les tentacules sensoriels des moustiques sont activés par Linalol. Linalol est un alcool de glycol naturel. Parmi de nombreuses fleurs et plantes d'épices, et un eucalyptus organique naturel des composés. La plate-forme d'écran de détection de l'odeur anti-résistante peut être une nouvelle stratégie pour développer un insectifuge ou un nouveau composé qui joue un nouveau composé d'animaux des membres (**Mi Young Lee, 2018**).

✓ **Activité anti-appétant :**

Les huiles essentielles ont essentiellement les caractéristiques du tueur de larves, la croissance inhibitrice et les caractéristiques anti-nutritionnelles. Ces potentiels se sont révélés à travers plusieurs études. Les insectes des aliments stockés du *Tribolium confusum* ont testé les caractéristiques de l'huile essentielle. Cette huile montre un calcaire anti-phosphore intéressant. Une étude préliminaire montre que cette huile est très toxique dans ce type d'insecte (**Kechroud, 2012**).

✓ **Activités anti-croissance et de développement :**

Des études antérieures ont rapporté que certaines huiles essentielles et leurs constituants ont des propriétés similaires aux hormones juvéniles et agissent comme des IGR. Ils provoquent

un retard de croissance et nuisent à la reproduction des insectes. Par exemple, les huiles essentielles de certaines plantes comme *A. graveolens*, *C.cuminum* et *I.verum* ont une activité reproductrice contre certains insectes. De plus, des changements dans la croissance et la reproduction de *C.chinensis* ont été induits par les huiles essentielles de *M.fragrans*, *N.sativa*, *P.nigrum* et *T.ammi*. Cette perturbation de la croissance des insectes peut être due à l'inhibition de différents processus de biosynthèse chez les insectes à différents stades de développement (Abdel-Taweb, 2016).

Chapitre II :

Matériels et méthodes

Nous avons réalisé notre travail expérimental au niveau du laboratoire de Zoologie et parasitologie de l'université de Guelma. L'objectif de nos expériences est de déterminer l'évaluation de l'effet insecticide par inhalation et ainsi que la répulsion de l'huile essentielle de *Citrus aurantium* sur deux insecte ravageur des denrées stockées *Tribolium castaneum* et *E. kuehniella*.

II.1. Matériel

II.1.1. Matériel de laboratoire :

Pour réaliser l'extraction des plantes, nous avons utilisé le matériel suivant :

- Eau distillée
- Acide acétone
- Cyclohexane (C₆H₁₂)
- Appareil de clevenger / hydro-distillation
- Balance électronique
- Réfrigérateur décanté
- Étuve
- Becher
- Boîtes de pétries
- Spatule
- L'évaporateur rotatif
- Ampoule à décanté
- Flacon en verre teinté opaque
- Pulvérisateur manuel

II.1.2. Matériel biologique :

II.1.1.1. Élevage de *Tribolium castaneum* :

L'élevage de masse de *T. castaneum* a été réalisé au laboratoire de zoologie et parasitologie de la faculté des Sciences de la nature et de la vie. L'élevage est entretenu dans des récipients en plastique contenant de la semoule dans une étuve à une température de 30 C° et une humidité relative de 70 C°.

II.1.1.2. Élevage d'*Ephestia kuehniella* :

La farine infestée a été obtenue à partir des moulins Seybousse de la ville d'Annaba (Nord-Est Algérie). L'élevage a été réalisé dans les mêmes conditions optimales de laboratoire. Les insectes d'*E. kuehniella* sont déposés dans des bocaux de 20 cm de long avec un diamètre de 10cm. ils contiennent de la farine et sont recouverts d'une tulle fixée par un élastique.



Figure 8 : Élevage de *T. castaneum* à 27°C (Originale 2023).



Figure 9 : Élevage d'*E. kuehniella* à 27°C (Originale 2023).

II.1.2. Récolte de la plante :

En avril 2023, des fleurs de *C. aurantium* L. ont été récoltées de la région d'Heliopolis, dans la wilaya de Guelma (figure 11). Les fleurs ont été utilisées à l'état frais.



Figure 10 : Les fleurs de *C. aurantium*. L (originale, 2023).



Figure 11 : Localisation géographique de la région de collecte de *C.aurantium L.* (Googlemaps.com).

II.2. Méthode de travail :

II.2.1. Extraction des huiles essentielles de *Citrus aurantium* :

L'extraction de l'huiles essentielle de *Citrus aurantium* a été réalisée au laboratoire d'immunologie appliquée de l'université 8 mai 1945-Guelma, en utilisant un montage d'hydrodistillation de type Clevenger. Pour ce faire, une quantité de 100g de fleurs fraîches ont été mise en contact avec de l'eau dans un ballon de 2 L, puis le tout a été porté à ébullition pendant 3 à 4 heures (l'extraction est répétée trois fois). Après la distillation, une étape de décantation a été effectuée sur le distillat pour séparer les huiles essentielles de la phase aqueuse (méthode d'extraction liquide-liquide). Par la suite il est nécessaire de faire passer la phase organique contenant l'huile essentielle à travers un évaporateur rotatif, qui permet une évaporation rapide du solvant (cyclohexane) à une température de 40°C pendant quelques minutes. Une fois que le solvant est évaporé, l'huile essentielle purifiée est récupérée dans un flacon en verre teinté et hermétiquement fermé, puis conservée à une température de 4°C jusqu'à son utilisation.

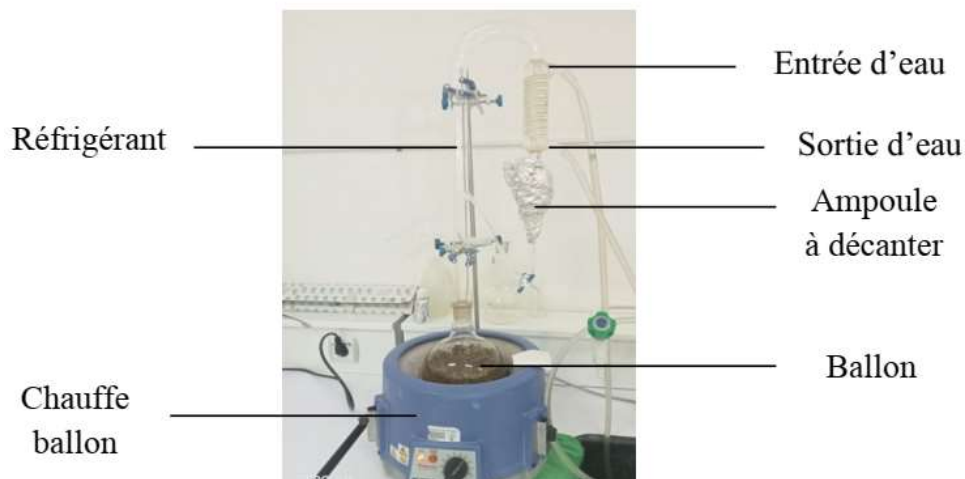


Figure 12: Représentation de l'équipement d'hydrodistillation de type Clevenger (**Originale, 2023**).

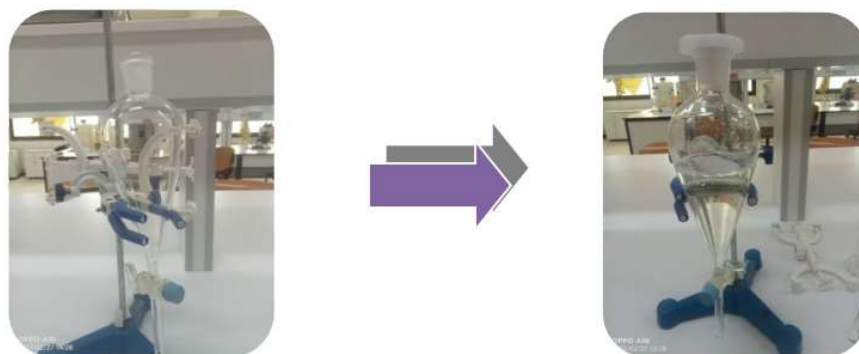
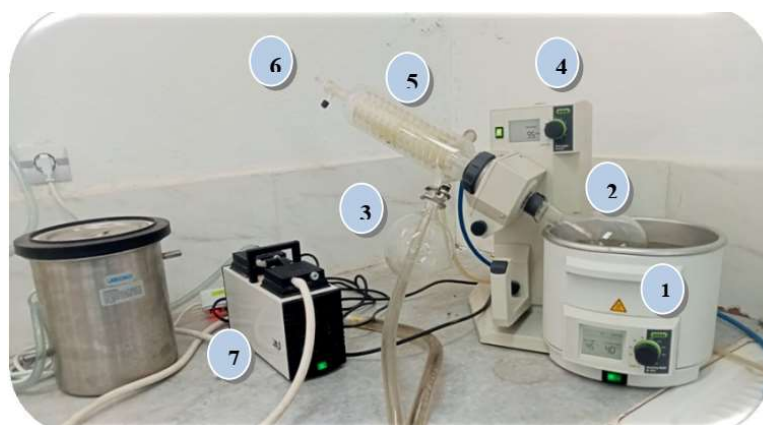


Figure 13 : La préparation de l'étape de décantation des huiles essentielles (**Originale, 2023**).



(1) bain thermostaté, (2) ballon d'évaporation, (3) ballon de réception, (4) régleur de la vitesse de rotation, (5) réfrigérateur, (6) robinet de mise sous vide, (7) Moteur.

Figure 14 : Évaporation des H.E par l'évaporateur rotatif (**Originale, 2023**).

II.2.2. Calcul du rendement en huile essentielle :

L'intérêt du calcul de rendement en huiles essentielles est à caractère économique et se résume dans la rentabilité d'utilisation de la plante choisie. Les rendements d'extraction sont calculés en tenant compte du taux de matière sèche de la plante (**Karahacane, 2015**) selon la relation

$$R (\%) = [m_1 / m_2] \times 100$$

Où:

R (%): rendement en huile essentielle en %.

m₁ : masse en grammes d'huile essentielle.

m₂ : masse en grammes de la matière végétale sèche.

II.2.3. Préparation de la gamme des doses utilisées :

Pour la préparation de la gamme des doses nous avons choisi huit concentrations : une concentration pure (sans dilution) et sept autres concentrations après dilution dans l'acétone. Trois répétitions ont été effectuées pour chaque dose selon le test. Les témoins ne reçoivent aucun traitement.

Les doses utilisées sont :

- ✓ Première dose (D1 = 100% (dose pure : solution mère), il s'agit de traiter directement avec l'huile essentielle.
- ✓ 2^{ème} dose (D2 = 6µl), Prendre 6µl d'huile pure, et l'ajouter dans un tube contient 1ml d'acétone.
- ✓ 3^{ème} dose (D3 = 4µl), Prendre 4µl d'huile pure, et l'ajouter dans un tube contient 1ml d'acétone.
- ✓ 4^{ème} dose (D4 = 3µl), Prendre 3µl d'huile pure, et l'ajouter dans un tube contient 1ml d'acétone.
- ✓ 5^{ème} dose (D5 = 2µl), Prendre 2µl d'huile pure, et l'ajouter dans un tube contient 1ml d'acétone.
- ✓ 6^{ème} dose (D6 = 1µl), Prendre 1µl d'huile pure, et l'ajouter dans un tube contient 1ml d'acétone.
- ✓ 7^{ème} dose (D7 = 0.5µl), Prendre 0.5µl d'huile pure, et l'ajouter dans un tube contient 1ml d'acétone.

- ✓ 8ième dose (D7 = 0.25 μ l), Prendre 0.25 μ l d'huile pure, et l'ajouter dans un tube contient 1ml d'acétone.

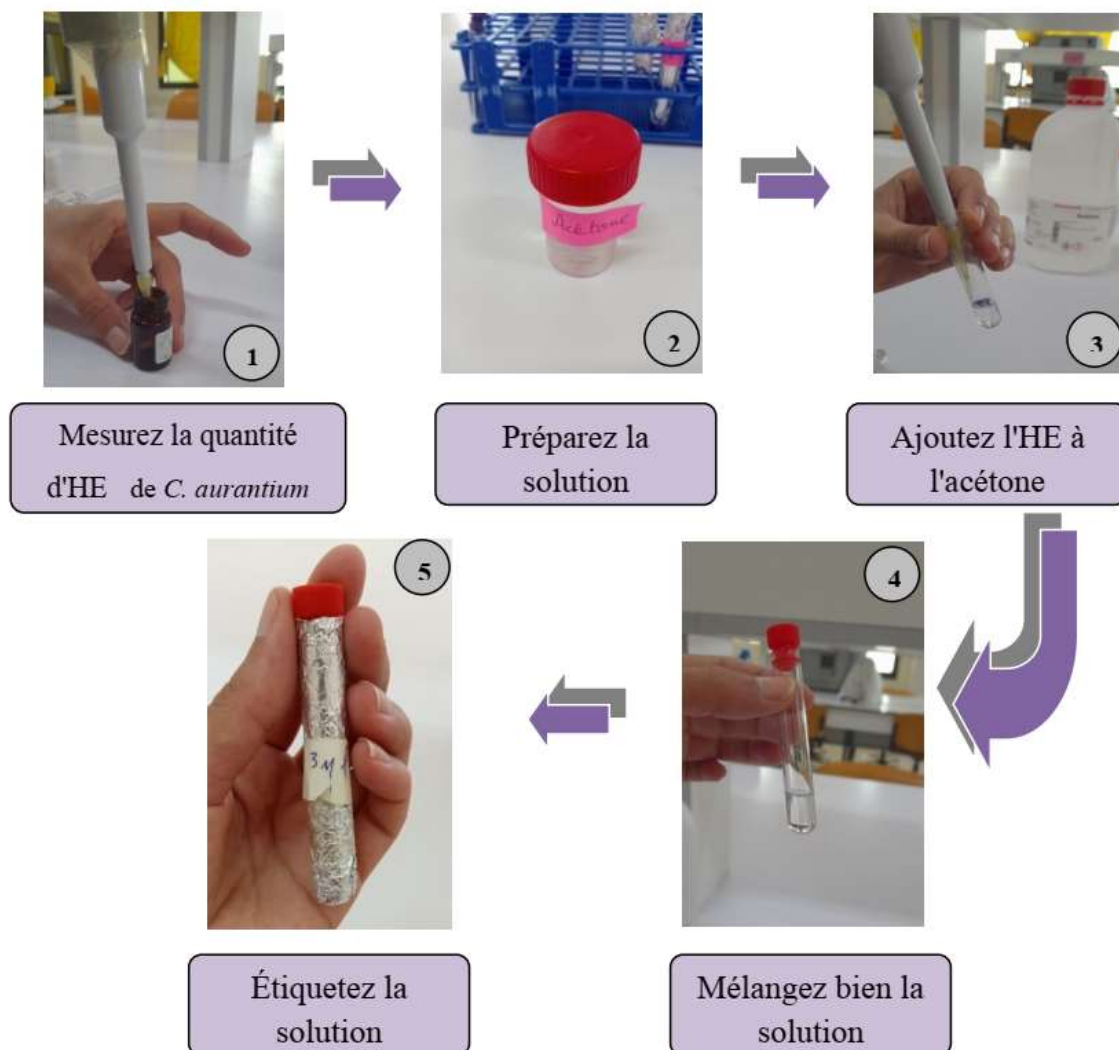


Figure 15: Préparation des doses d'huile essentielle de *C. aurantium* (Originale, 2023).

II.2.4. Évaluation de l'activité bioinsecticide des huiles essentielles de *C. aurantium* par inhalation sur *E. kuehniella* et *T. castanum* :

Le principe de ce test consiste à étudier l'effet de l'huile essentielle de *C. aurantium* administrée par inhalation sur la mortalité des adultes de *T. castanum* et *E. kuehniella*. Les expérimentations ont été réalisées sur la longévité des adultes de *T. castaneum* traité par l'huile essentielle de *C. aurantium*. Dix adultes de *T. castanum* ont été introduits dans des flacons en plastique de 80 ml de volume fermé hermétiquement aussitôt, où sont suspendu des disques du papier filtre de 2,5cm de diamètre a la face interne du couvercle. Des doses d'huile essentielles de 0,25; 0.5 ; 1 et 2 μ l pour *T. castanum*, ainsi que trois doses (1 ; 2 et 3 μ L/ml d'acétone) ont

été testées pour les adultes *d'E. kuehniella* qui sont déposés préalablement dans trois boîtes contenant chacune 30 g de farine et infestée par 7 adultes. Trois répétitions pour chaque dose sont nécessaires pour le traitement statistique. Les témoins ne reçoivent aucun traitement. Nous avons procédé au comptage des insectes morts soumis à l'expérimentation et cela après 3 temps d'exposition 24h, 48h et 72h.

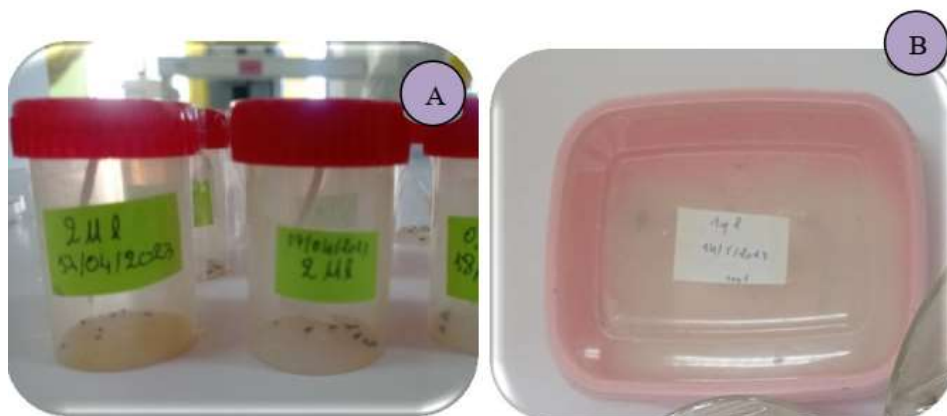


Figure 16: Dispositif expérimental de test d'inhalation (A: *T.castanum*, B: *E.kuehniella*).

(Originale, 2023)

II.2.5. Évaluation de l'activité répulsive de l'huiles essentielles de *C. aurantium* sur *E. kuehniella* et *T. castanum* :

Afin d'estimer l'effet répulsif de l'huile essentielle de *C. aurantium* à l'égard *d'E. kuehniella* et *T. castanum* nous avons utilisé la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre décrite par McDonald & al., 1970. À l'aide d'une micropipette, pour chaque test un demi-disque est traité avec une dose d'huile essentielle diluée dans l'acétone et le deuxième ne reçoit que de l'acétone et un témoin ou l'on traite qu'un demi-disque avec 1ml d'acétone (trois répétitions pour chaque dose). Après évaporation complète du solvant à l'air libre pendant 15mn, nous rassemblons les deux parties traitée et non traitée par une bande adhésive et nous les plaçons dans une boîte de pétri en verre.

Un lot de dix insectes adultes de *T. castanum* et 5 adultes *d'E. kuehniella* ont été déposés au centre de chaque papier filtre et les boîtes sont fermées. Trois répétitions ont été effectuées pour chaque dose. Au bout de 2h, nous comptons le nombre des deux insectes testés présents sur la partie du disque traitée avec l'huile essentielle et le nombre d'individus présents sur la partie traitée uniquement avec l'acétone.

Le pourcentage de répulsion moyen pour chaque huile est calculé et attribué à l'une des différentes classes répulsives, selon le classement de Mc Donald qui sont indiqués dans le tableau 2.

Tableau 2 : Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald et al. (1970).

| Classe | Intervalle de répulsion | Propriétés |
|-------------------|-------------------------|--------------------------|
| Classe 0 | PR ≤ 0,1%) | Très faiblement répulsif |
| Classe I | 0,1 % < PR ≤ 20% | faiblement répulsif |
| Classe II | 20% < PR ≤ 40 % | Modérément répulsif |
| Classe III | 40 % < PR ≤ 60 % | Moyennement répulsif |
| Classe IV | 60% < PR ≤ 80 % | répulsif |
| Classe V | 80 % < PR ≤ 100 % | Très répulsif |

Le pourcentage de répulsion (PR) est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Pourcentage de répulsion (PR) \%} = [(N_c - N_t) / (N_c + N_t)] \times 100$$

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

N_t : nombre d'insectes présents sur le demi-disque traité avec la solution huileuse.

Test de répulsion

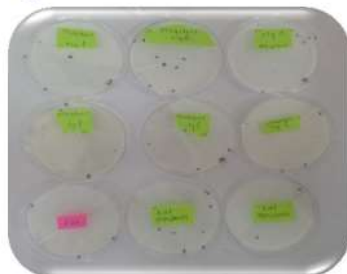
Papier Whatman



Partie traitée (T) :
(250µl) dose préparée

Partie témoin C :
(250µl) Acétone

Séchage 15min



T. Castaneum

E. kuehniella

II.2.6. Effet larvicide de *C. aurantium* sur *E. kuehniella* par application topique :

L'HE de *C. aurantium* a été administré in vivo par application topique sur la face abdominale ventrale des larves mâles et femelles d'*E. kuehniella* à l'aide d'une micro-seringue de type Hamilton. L'HE de la plante *C.aurantium* a été administrée à une dose brute et à des doses de 2, 6, 8µl/ml d'acétone. Les témoins ne reçoivent aucun traitement. Les essais ont été répétés 3 fois pour chaque dose. Les comptages des insectes morts ont été effectués après 24h quotidiennement jusqu'à la mort de tous les insectes.



Figure 17: Traitement par application topique sur les larves d'*E. kuehniella*

(Originale, 2023)

II.3. Correction de la mortalité :

L'efficacité d'un produit est évaluée en termes de mortalité. Le nombre d'individus comptabilisés comme morts dans une population traitée avec un produit toxique ne correspond pas au nombre réel d'individus tués par ce produit. En effet, il existe une mortalité naturelle au sein de toute population traitée qui vient s'ajouter à la mortalité provoquée par le produit toxique. Les pourcentages de mortalité doivent donc être corrigés en utilisant la formule d'Abbott :

$$\text{Mortalité corrigée (\%)} = \frac{\text{Mortalité du lot traité (\%)} - \text{Mortalité du lot non traité (\%)}}{100 - \text{Mortalité du lot non traité (\%)}} \times 100$$

Mc (%) = Pourcentage de mortalité corrigée.

II.4. Détermination des doses létales la DL50 et la DL90 :

Pour estimer la DL50 et la DL90 (temps au bout duquel il y a mortalité de 50% ou 90 % d'une population, on se sert de la transformation des pourcentages de mortalités moyennes corrigées en probit (Cavelier, 1976) et de la transformation en logarithme décimal des doses et du temps (Cavelier, 1976).

Les transformations nous permettent par l'intermédiaire de logiciels d'établir les droites de régression de type :

$$Y=ax +b$$

Y : probit de mortalité corrigée X : logarithme des doses ou du temps.

II.5. Analyses statistiques des résultats :

Afin de vérifier une éventuelle efficacité de l'huile essentielle de *C. aurinium* vis-à-vis *T. castanum* et *E. kuehniella* nous avons utilisé des différents tests tels que l'analyse de la variance à deux critères de classification. et la régression linéaire, les analyses statistiques ont été réalisées avec logiciel MINITEB version 18, les résultats des témoins et traités se sont exprimés par la moyenne \pm l'écartype.

Chapitre III :

Résultats

III. Résultats :**III.1. Rendement d'huile essentielle :**

L'extraction par hydrodistillation produit des huiles de différentes couleurs, odeurs et rendements. Dans le cas de l'huile essentielle de *Citrus aurantium*, la couleur est généralement jaune pâle à ambrée, et elle présente une odeur douce, florale et légèrement citronnée. Le rendement en huiles essentielles de *C.aurantium*, est faible il est de l'ordre de 0,12% de la matière fraîche des fleurs (Tableau 3).

Tableau 3: le pourcentage de rendement d'H.E de *C.aurantium*

| Plante | <i>Citrus aurantium</i> |
|--------------|-------------------------|
| Rendement(%) | 0,12 |

III. 2. Étude toxicologique sur *Tribolium castanum* et *Ephestia kuehniella* :

Les tests de toxicité ont permis de déterminer la bioactivité des huiles essentielles de *C. aurantium* vis-à-vis deux ravageur des denrées stockées *E. kuehniella* et *T. castaneum* évalués à partir de la mortalité enregistrée chez les deux insectes testés. Différentes doses ont été utilisées (0,25µl ; 0,5µl ; 1µl et 2µl) sur les adultes de *T. castanum* et sur les larves (3µl et 6µl et 8µl ml) et les adultes d'*E. kuehniella* (0,5µl ; 1µl et 2µl) pendant 24, 48 et 72 heures. Cette étude a pour but de déterminer la toxicité de l'huile essentielle de *C. aurantium* et de calculer les doses létales 50 et 90 à différent temps d'exposition ainsi que, déterminer le traitement le plus efficaces contre les deux insectes.

Pour caractériser l'effet toxicologique des huiles essentielles sur les ravageurs des stocks, les pourcentages des mortalités observés sont corrigés par la formule d'Abbott (1925) qui permet d'éliminer la mortalité naturelle et de connaître l'effet toxique réelle du bio insecticide par l'analyse des probits (1971). Les résultats de mortalité sont mentionnés dans les tableaux et les figures ci-dessous.

III.2.1. Effet insecticide d'huile essentielle de *C.aurantium* par inhalation sur la mortalité des adultes de *T.castaneum* :

Les résultats mentionnés sur le tableau 04, ont montré que l'huile essentielle de *C. aurantium* a un effet bioinsecticide très important sur les adultes de *T. castaneum*, après 24 heures d'exposition à cette l'huile essentielle. Nous avons enregistré une mortalité de 46,66%

pour la dose la plus faible (0,25 $\mu\text{l/ml}$) et une mortalité qui dépasse 93% pour la plus forte dose (2 $\mu\text{l/ml}$).

Tableau 4 : Effet de l'H.E de *C.aurantium* sur les adultes de *T. castaneum* par inhalation, sur le taux de mortalité observée ($M\pm S$, n=3 répétitions comportant chacune 10 individus).

| Répétition | Témoin | 0.25 μl | 0,5 μl | 1 μl | 2 μl |
|---------------------------|-----------------|--------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| R1 | 0 | 50 | 50 | 100 | 100 |
| R2 | 0 | 40 | 60 | 70 | 90 |
| R3 | 10 | 50 | 60 | 90 | 90 |
| M\pmS | 3,33 \pm 5,77 | 46,66 \pm 5,77 | 56,66 \pm 5,77 | 86,66 \pm 15,27 | 93,33 \pm 5,77 |

Tableau 5 : Effet de l'H.E de *C. aurantium* sur les adultes de *T. castaneum* par inhalation, sur le taux de mortalité corrigée ($M\pm S$, n=3 répétitions comportant chacune 10 individus).

| Répétition | 0.25 μl | 0,5 μl | 1 μl | 2 μl |
|---------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| R1 | 50 | 50 | 100 | 100 |
| R2 | 40 | 60 | 70 | 90 |
| R3 | 44,44 | 55,55 | 88,89 | 88,89 |
| M\pmS | 44,81 \pm 5,01 | 55,18 \pm 5,01 | 86,29 \pm 15,16 | 92,96 \pm 6,11 |

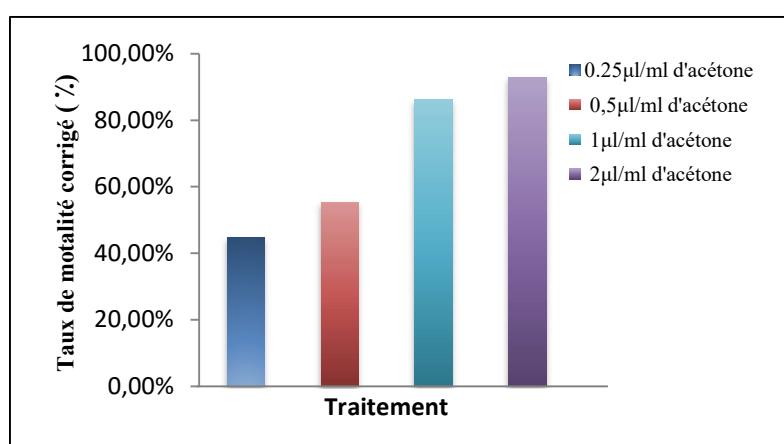


Figure 18 : Effet de l'H.E de *C. aurantium* sur les adultes de *T. castaneum* par inhalation, sur le taux de mortalité corrigée ($M\pm S$, n=3 répétitions comportant chacune 10 individus).

Les résultats obtenus montrent clairement que cette huile possède une forte activité insecticide à l'égard des adultes de *T. castanum*, car les taux de mortalité corrigée augmentent significativement en fonction des doses testées pour atteindre un maximum de 92,96% chez les traitées avec la dose 2µl (Tableau 05, figure 18).

Tableau 6 : Effet de l'H.E de *C. aurantium* sur les adultes de *T. castaneum* par inhalation, sur le taux de mortalité corrigée: transformation en probits des mortalités corrigées (M±S ; n= 3 répétitions comportant chacune 10 individus).

| Doses (µl) | 0.25µl | 0,5µl | 1µl | 2µl |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Mortalités corrigées (%) | 44,81 | 55,18 | 86,29 | 92,96 |
| Probits | 4,8662 | 5,1336 | 6,0945 | 6,4583 |

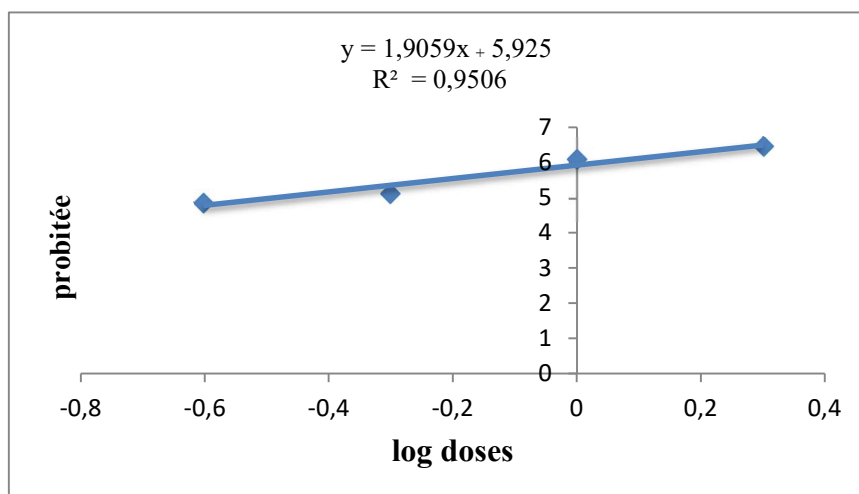


Figure 19 : Efficacité de l'H.E, de *C. aurantium* sur les adultes de *T. castaneum* par inhalation : analyse des probits.

Tableau 7 : Efficacité de l'H.E, de *C. aurantium* sur les adultes de *T. castaneum* par inhalation : Analyse des probits de la DL50 et DL90.

| Traitement | Equation de régression | Slope | DL50 | DL90 |
|-------------------------|------------------------|--------|--------|--------|
| H.E <i>C. aurantium</i> | $Y=1,9059x + 5,925$ | 1,9059 | 0,3094 | 12,338 |

Les doses létales la DL 50 et la DL90 ont été déterminées à partir de l'équation de la droite de régression qui exprime le probit du pourcentage de mortalité corrigée en fonction du logarithme décimal des doses des H.E Le coefficient de détermination ($R^2 = 0,95$) révèle une liaison positive forte entre les

probits et le logarithme des doses testées. Les doses DL 50 et DL 90, déterminées sont respectivement de 0,31 et 12,34 μ l/ml d'acétone.

III.2.2. Effet insecticide d'huile essentielle de *C. aurantium* par inhalation sur la mortalité des adultes d'*E. kuehniella* :

Les mortalités corrigées enregistrées au cours des tests de toxicité par fumigation (inhalation) en fonction des temps d'exposition, varient de 19,05% à 24h (Tableau8; Figure 20) jusqu'à 57,14% à 72h pour la dose la plus faible (1 μ l/l) (Tableau 9; Figure 21) et de 60,32% à 24h jusqu'à 95,24% à 72h pour la plus forte dose (3 μ l/l) (Tableau 10; Figure 22). Ces mortalités augmentent de façon significative en fonction des doses appliquées et du temps d'exposition des adultes d'*E. kuehniella*.

Tableau 8 : Effet de l'H.E de *C. aurantium* sur les adultes d'*E. kuehniella* par inhalation, sur le taux de mortalité observée après 24h (M \pm S, n=3 répétitions comportant chacune 7 individus).

| Répétition | témoin | 1 μ l | 2 μ l | 3 μ l |
|------------|-----------------|-------------------|------------------|-----------------|
| R1 | 0 | 28,57 | 42,86 | 57,14 |
| R2 | 0 | 28,57 | 42,86 | 57,14 |
| R3 | 14,29 | 14,29 | 71,43 | 71,43 |
| M \pm S | 4,76 \pm 8,24 | 23,81 \pm 16,49 | 52,38 \pm 8,25 | 61,9 \pm 8,25 |

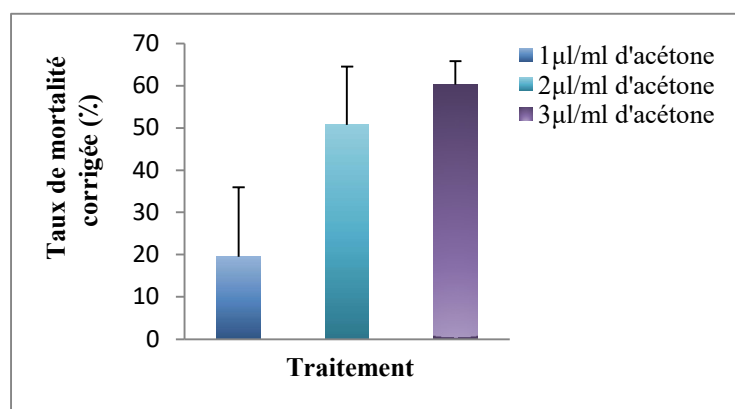


Figure 20 : Effet de l'H.E de *C. aurantium* sur les adultes d'*E. kuehniella* par inhalation, sur le taux de mortalité corrigée après 24h (M \pm S, n=3 répétitions comportant chacune 7 individus).

Les mortalités observées des adultes *d'E. kuehniella* ont commencé dès le premier temps d'exposition soit 24 heures après traitement à l'huile essentielle. Les mortalités varient de 23,81 à la dose 1 μ l jusqu'à 61,9,66% à la dose 3 μ l. Au niveau des témoins pour chaque dose les mortalités sont de 4% pour chaque temps d'exposition

Tableau 9 : Effet de l'H.E de *C.aurantium* sur les adultes d'*E. kuehniella* par inhalation, sur le taux de mortalité observée après 48h (M \pm S, n=3 répétitions comportant chacune 7 individus).

| Répétition | témoin | 1 μ l | 2 μ l | 3 μ l |
|------------|-----------------|------------------|------------------|---------------|
| R1 | 0 | 42,86 | 57,14 | 71,43 |
| R2 | 0 | 42,86 | 57,14 | 71,43 |
| R3 | 14,29 | 28,57 | 71,43 | 71,43 |
| M \pm S | 4,76 \pm 8,25 | 38,10 \pm 8,25 | 61,90 \pm 8,25 | 71,43 \pm 0 |

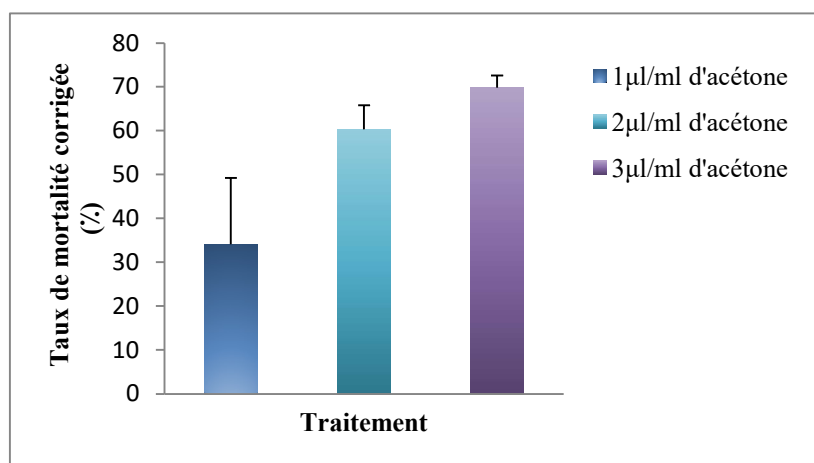


Figure 21 : Effet de l'H.E de *C.aurantium* sur les adultes d'*E. kuehniella* par inhalation, sur le taux de mortalité corrigée après 48h (M \pm S, n=3 répétitions comportant chacune 7 individus).

Tableau 10 : Effet de l'H.E de *C.aurantium* sur les adultes d'*E. kuehniella* par inhalation, sur le taux de mortalité observée après 72h (M \pm S, n=3 répétitions comportant chacune 7 individus).

| Répétition | témoin | 1 μ l | 2 μ l | 3 μ l |
|------------|-----------------|-----------------|-------------------|------------------|
| R1 | 0 | 71,43 | 57,14 | 85,71 |
| R2 | 14,29 | 57,14 | 71,43 | 100 |
| R3 | 14,29 | 57,14 | 85,71 | 100 |
| M \pm S | 9,53 \pm 8,25 | 61,9 \pm 8,25 | 71,43 \pm 14,28 | 95,24 \pm 8,25 |

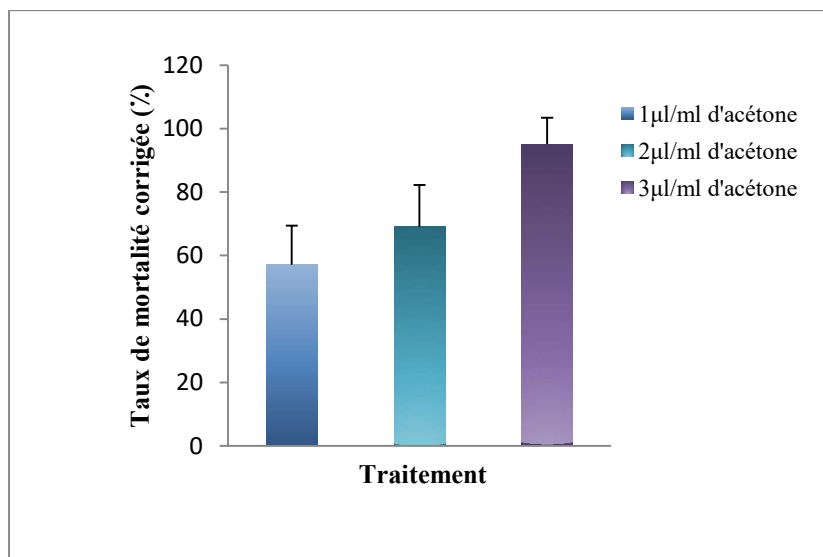


Figure 22 : Effet de l'H.E de *C. aurantium* sur les adultes d'*E. kuehniella* par inhalation, sur le taux de mortalité corrigée après 72h ($M \pm S$, $n=3$ répétitions comportant chacune 7 individus).

Après 48heures d'exposition on a enregistré des mortalités de l'ordre de 38,10 % chez les traitées avec la dose 1 µl. Ensuite elles ont commencé à évoluer pour arriver à un taux de 71,43 % à la plus forte dose (2µl), pour atteindre un maximum de 95,24% après72h de traitement.

III.2.3. Analyse des probits : calculer de la DL50 et DL90 chez *E. kuehniella* :

*Après 24h :

Tableau 11 : Effet de l'H.E de *C. aurantium* sur les adultes d'*E. kuehniella* par inhalation (24h), sur le taux de mortalité corrigée : transformation en probits des mortalités corrigées ($M \pm S$; $n= 3$ répétitions comportant chacune 7 individus).

| Doses (µl) | 1µl | 2µl | 3µl |
|--------------------------|--------|--------|--------|
| Mortalités corrigées (%) | 34,13 | 60,32 | 69,84 |
| Probits | 4,5926 | 5,2596 | 5,5168 |

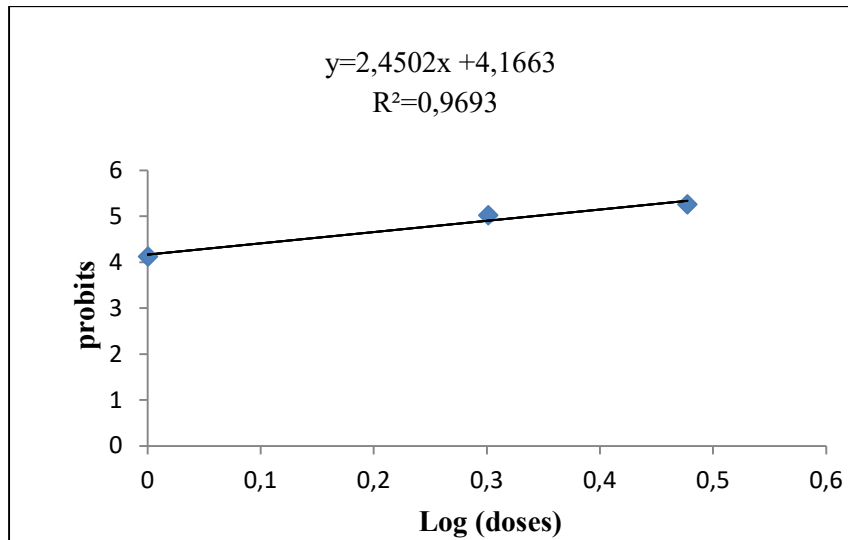


Figure 23: Efficacité de l’H.E. de *C. aurantium* sur les adultes d’*E. kuehniella* par inhalation après 24h : analyse des probits.

***Après 48heurs**

Tableau 12 : Effet de l’H.E de *C. aurantium* sur les adultes d’*E. kuehniella* par inhalation (48h), sur le taux de mortalité corrigée : transformation en probits des mortalités corrigées (M±S ; n= 3 répétitions comportant chacune 7 individus).

| Doses (µl) | 1µl | 2µl | 3µl |
|--------------------------|-------|-------|--------|
| Mortalités corrigées (%) | 19,05 | 50,8 | 60,32 |
| Probits | 4,122 | 5,024 | 5,2596 |

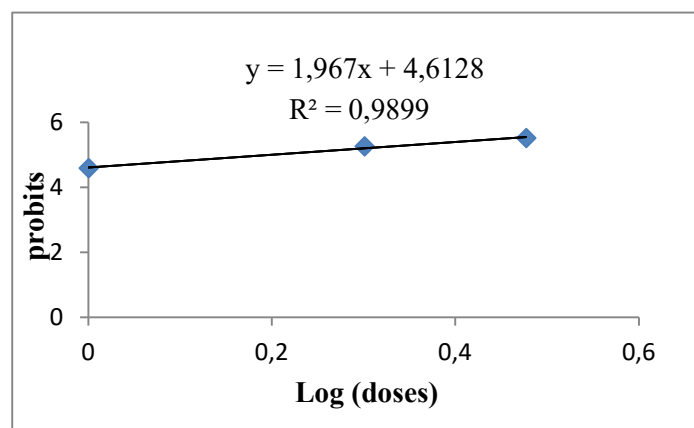


Figure 24 : Efficacité de l’H.E. de *C. aurantium* sur les adultes d’*E. kuehniella* par inhalation après 48h : analyse des probits.

*Après 72 heures

Tableau 13 : Effet de l'H.E de *C. aurantium* sur les adultes d'*E. kuehniella* par inhalation (72h), sur le taux de mortalité corrigée : transformation en probits des mortalités corrigées ($M \pm S$; n= 3 répétitions comportant chacune 7 individus).

| Doses (μ l) | 1 μ l | 2 μ l | 3 μ l |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Mortalités corrigées (%) | 57,14 | 69,05 | 95,24 |
| Probits | 5,1828 | 5,501 | 6,6664 |

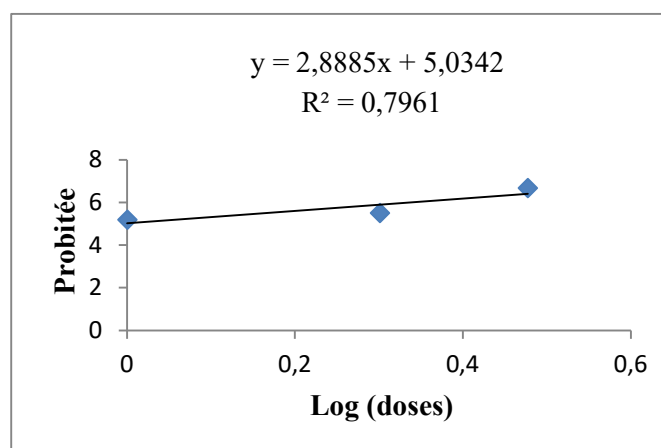


Figure 25 : Efficacité de l'H.E, de *C. aurantium* sur les adultes d'*E. kuehniella* par inhalation après 72h : analyse des probits.

Tableau 14 : Efficacité de l'H.E de *C. aurantium* sur les adultes d'*E. kuehniella* par inhalation : Analyse des probits de la DL50 et DL90.

| Traitement | Temps (heures) | Equation de régression | Slope | DL50 | DL90 |
|---|----------------|------------------------|--------|--------|--------|
| H.E <i>C.aurantium</i> Sur l' <i>E.</i> <i>kuehniella</i> | 24 | $Y = 2,4502x + 4,1663$ | 2,4502 | 2,1918 | 9,4249 |
| | 48 | $Y = 1,967x + 4,6128$ | 1,967 | 1,5488 | 9,3037 |
| | 72 | $Y = 2,8885x + 5,0342$ | 2,8885 | 0,9882 | 3,9472 |

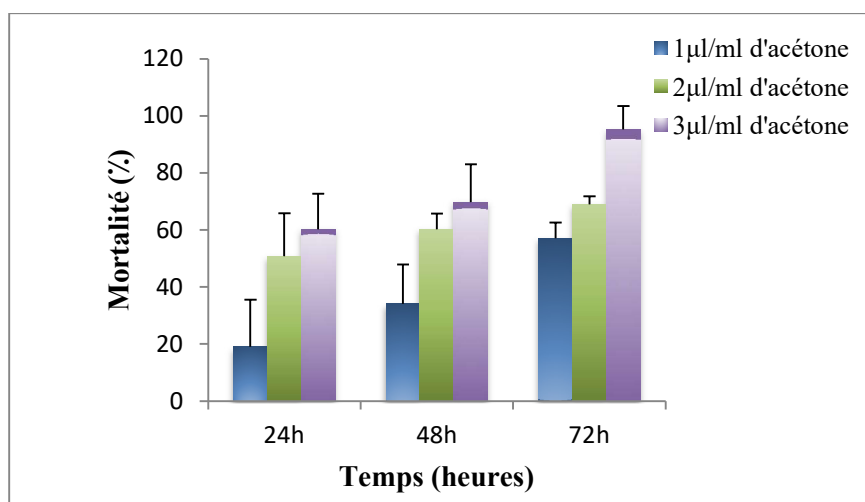


Figure 26 : Effet de l'H.E de *C. aurantium* sur la mortalité corrigée des adultes d'*E. kuehniella* (%) en fonction des doses (μl) et du temps d'exposition (heures).

A partir des valeurs de DL50 et la DL 90, on peut ordonner l'efficacité de l'huile essentielle de *C. aurantium* contre les adultes d'*E. kuehniella* et *T. castanum*, Cependant il présente une efficacité importante contre les adultes de *T. castanum* avec une DL 50 de l'ordre de 0,31 μl et une DL90 de 12,33 μl ainsi que sur *E. kuehniella* avec une DL 50 de l'ordre de 2,19 μl et une DL90 de 9,42 μl après 24heures de traitement et une DL 50 de l'ordre de 1,54 μl et une DL90 de 9,30 μl après 48heures de traitement. Après 72h de traitement nous avons estimé une Dl 50 de 0,98 μl et une DL90 de 3,94 μl (Tableau 14).

Tableau 15 : Résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification pour le facteur dose dans le traitement par inhalation à différents temps d'exposition (24h, 48h et 72h).

| Source | DL | SomCar ajust | CM ajust | Valeur F | Valeur de p |
|-------------|----|--------------|----------|----------|-------------|
| Doses | 2 | 2240,9 | 1120,45 | * | * |
| Temps | 2 | 1417,5 | 708,75 | * | * |
| Doses*Temps | 4 | 136,8 | 34,19 | * | * |
| Erreur | 0 | * | * | | |
| Total | 8 | 3795,2 | | | |

Les résultats de l'analyse de la variance obtenus à deux facteurs de classification (dose, temps) révèlent une différence très hautement significative pour le facteur dose avec ($P=0,0000$) et pour le facteur temps avec ($P=0,0000$). Ainsi que pour l'interaction (dose \times temps) ($P=0,0000$) (Tableau 15).

III.2.4. Effet répulsif de l'huile essentielle de *C. aurantium* sur les adultes de *T. castaneum* :

Les pourcentages de répulsion de l'H.E de *C. aurantium L* à l'égard des adultes de *T. castaneum* 2 heures d'exposition aux différentes doses de L'huiles (0,5; 1 et 2 μ l) sont récapitulés dans la figure 27.

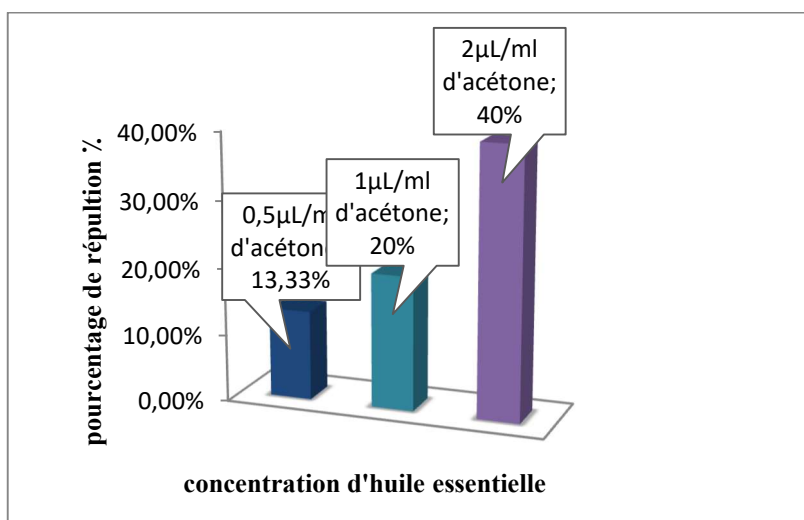


Figure 27 : Pourcentages (%) de répulsion de l'huile essentielle *C. aurantium L.* vis-à-vis des adultes de *T. Castaneum*.

Le test de répulsion avec les doses testées (0,5; 1 et 2 μ l) a occasionné respectivement un taux de récursivité de 13,33%, 20% et 40%, vis-à-vis des adultes de *Tribolium Castaneum*. Ceci montre clairement que le pourcentage de répulsion augmente en fonction de la dose, l'effet le plus remarquable est enregistré avec la dose la plus forte 2 μ l (figure27).

A la lumière de ces résultats, on peut noter que l'H.E de la plante de *C. aurantium.L* a également une activité biocide à l'égard des adultes de *T. Castaneum* et appartiendrait selon le classement de **Mc Donald** a la Classe III (Modérément répulsif) avec un taux de répulsion moyen de 24,44 % (Tableau 16).

Tableau 16 : pourcentages (PR) et classes (CR) de répulsion de l'huile essentielle de *C.aurantium* testée sur *T.Castaneum* à différentes concentrations. (N =3 répétitions comportant chacune 10 adultes).

| Insecte | Concentrations (μ l/ml) | Répulsion (%) | | | moyenne répulsion(%) | Classe de répulsion |
|---------------------|------------------------------|---------------|-----|----|----------------------|---------------------|
| | | R1 | R2 | R3 | | |
| <i>T. castaneum</i> | 0,5 μ l | 20 | -20 | 40 | 13,33 | I |
| | 1 μ l | 40 | 0 | 20 | 20 | I |
| | 2 μ l | 40 | 40 | 40 | 40 | II |

III.2.5 Effet répulsif de l'huile essentielle de *C. aurantium* sur les adultes d'*E. kuehniella* :

L'activité répulsive est un phénomène physiologique qui se produit chez les insectes comme mécanisme de défense contre les substances toxiques sécrétées par les plantes. L'étude de ce phénomène permet d'identifier le potentiel répulsif des huiles essentielles contre les ravageurs des stocks. Dans cette étude les résultats du pouvoir répulsif de *C. aurantium* à l'égard des adultes d'*E. kuehniella* sont présentés dans le (Tableau 17 ; Figure 28). La moyenne de répulsion affiche à la concentration la plus faible 0,5 μ l une valeur de 40%, et un maximum de répulsion a été enregistré à 80% à la concentration de 2 μ l. Le pourcentage de répulsion marque une augmentation en fonction des concentrations appliquées. La moyenne de répulsion est de 66,22% (Classe IV ; répulsif).

Tableau 17 : pourcentages (PR) et classes (CR) de répulsion de l'huile essentielle de *C. aurantium* testée sur *E.kuehniella* à différentes concentrations. (N =3 répétitions comportant chacune 5 adultes).

| | | répulsion (%) | | | | |
|----------------------|------------------------------|---------------|-----|-----|----------------------|---------------------|
| Insecte | Concentrations (μ l/ml) | 24h | 48h | 72h | moyenne répulsion(%) | Classe de répulsion |
| <i>E. kuehniella</i> | 0,5 μ l | 0 | 40 | 80 | 40 | II |
| | 1 μ l | 40 | 80 | 80 | 66,67 | IV |
| | 2 μ l | 80 | 80 | 80 | 80 | IV |

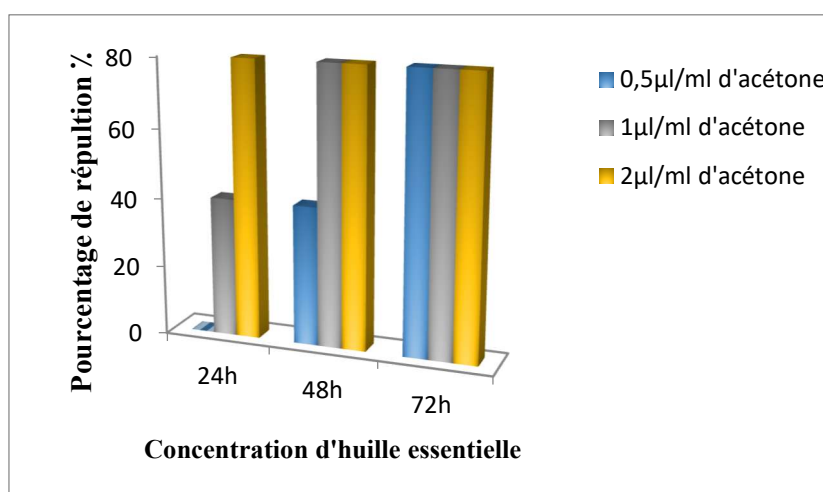


Figure 28 : Pourcentages (%) de répulsion sur papier filtre de l'huile essentielle *C. aurantium* L vis-à-vis des adultes d'*E. kuehniella*.

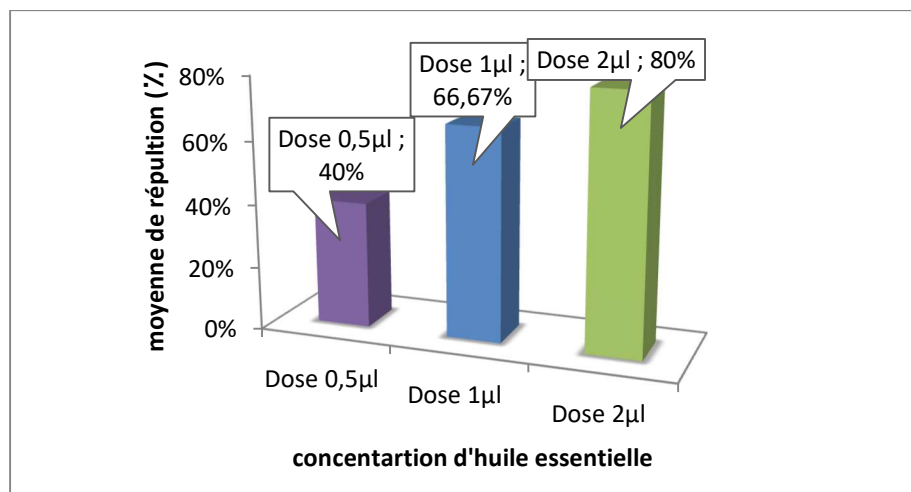


Figure 29 : Activité répulsive de l'huile essentielle de *C.aurantium* sur *E.kuehniella* à différentes concentrations. (N =3 répétitions comportant chacune 5 adultes).

III.2.6. Traitement par application topique sur les larves d'*E. kuehniella* :

D'après les résultats enregistrés, on remarque que la mortalité dans les lots traités augmente en fonction de la dose utilisée. Le taux de mortalité est de 6,66 % à la dose 2µl/ml et 6µl/ml, et il atteint 10,00 % à la dose 8µl/ml, qui restent loin de l'efficacité bioinsecticide recherchée. L'action toxique par application topique d'huile essentielle à l'égard des insectes est relatée par une littérature abondante. Néanmoins, l'activité insecticide de l'huile essentielle de *C. aurantium* contre les larves d'*E. kuehniella* est très faible voire pratiquement inexistante. Cela est peut-être dû à l'utilisation des doses faibles. Ces résultats ont été confirmés par l'utilisation de l'huile essentielle de *C. aurantium* à l'état brut qui a montré une mortalité de 100 % sur les larves d'*E. kuehniella* après 2h de traitement (Tableau 18; figure 30).

Tableau 18: Effet de l'H.E de *C. aurantium* administrée *in vivo* par application topique sur les larves d'*E. kuehniella*, sur le taux de mortalité observée (M±S, n=3 répétitions comportant chacune 10 individus).

| Répétitions | Témoin | 2µl | 6µl | 8µl |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-------|
| R1 | 0 | 0 | 10 | 10 |
| R2 | 10 | 10 | 10 | 20 |
| R3 | 0 | 10 | 0 | 0 |
| M±S | 3,33±5,77 | 6,66±5,77 | 6,66±5,77 | 10±10 |

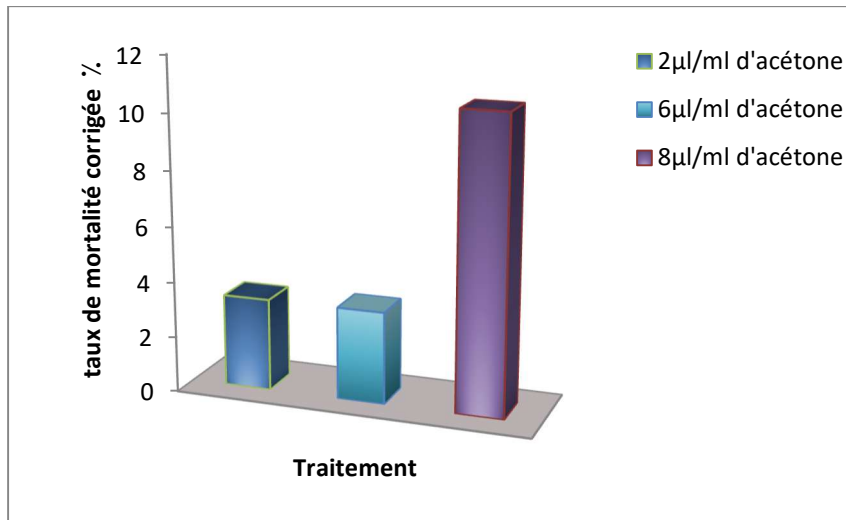


Figure 30: Effet de l'H.E de *C. aurantium* administrée par application topique sur les larves d'*E. kuehniella*, sur le taux de mortalité et corrigée ($M \pm S$, $n=3$ répétitions comportant chacune 10 individus).

Chapitre IV :

Discussion

IV. Discussion :

IV.1. Rendement des huiles essentielles :

Plusieurs auteurs ont signalé des variations de rendements en huiles essentielles selon nombreux facteurs, tels que l'origine de la récolte de l'espèce, la période de récolte, l'organe de la plante, la durée de séchage et la méthode d'extraction peuvent également influencer directement les rendements en huile essentielle (Alloun, 2019; Hesas et Simoud., 2018; Laurent, 2017)

Le rendement d'HE des fleurs de *C.aurantium* récolté à la région de Guelma (Algérie) est de 0,12%. En comparant nos résultats avec les travaux précédents, l'huile essentielle de *C.aurantium* a enregistré un rendement supérieur 0,13% récolté à Iran (Khanjani *et al.*, 2021). De plus, le rendement d'HE des fleurs de *C.aurantium* récolté en Égypt est de 0,20% (Khalid,2021). Alors que Ghédira et Goetz (2015) ont trouvé un rendement en huile essentielles de *C.aurantium* de 0,21 à 0,50 % récolté en Égypt.

IV.2. Étude toxicologique sur *Tribolium castanum* et *Ephestia kuehniella* :

Les plantes aromatiques médicinales sont considérées, d'après leurs constituants en huiles essentielles, comme un bio insecticide qui permet de lutter contre une variété d'insectes et ravageurs des stocks (Delimi *et al.*, 2013).

Dans cette étude, les effets insecticides et l'activité répulsive de l'huile essentielle de *C.aurantium* a l'égard de deux insectes ravageurs *T. castaneum* et *E. kuehniella* ont été déterminés. Les résultats obtenus indiquent que cette l'huile essentielle présente une efficacité bioinsecticide et activité répulsive très prononcée, avec des taux variables en fonction de la dose d'HE et du mode d'application ainsi que la durée d'exposition des insectes.

Le pouvoir répulsif et insecticide et les différences observées dans la toxicité entre les l'huiles essentielles sont attribuées pour sa composition et sa richesse en composés bioactifs. Il est cependant clair qu'elles interviennent directement sur la morphologie ou la physiologie de l'organisme nuisible (Plata-Ruedaa *et al.*, 2018; Teke et Mutlu. 2020; Najem *et al.*, 2020).

IV.2.1. Efficacité de l'huiles essentielles de *Citrus aurantium* dministrée par inhalation sur la mortalité des adultes de *T. castaneum* et *E. kuehniella*:

Au cours des dernières années, les huiles essentielles (HE) dérivées des plantes ont été largement étudiées en tant que voies prometteuses pour réguler les ravageurs. De nombreux travaux ont été consacrés à leur utilisation dans la protection des stocks. Leur toxicité s'exprime de différentes manières : activité ovicide, larvicide, anti-nutritionnelle et inhalatrice (**Mahfouf, 2018**).

L'étude toxicologique par inhalation a révélé que l'huile essentielle de *C. aurantium* a un effet bioinsecticide important sur les adultes de *T. castaneum* (coléoptère de la farine) et *E. kuehniella* (pyrale de la farine). Les résultats montrent que l'huile essentielle a provoqué une mortalité significative chez les deux espèces, mais avec des variations dans les taux de mortalité en fonction des doses et des temps d'exposition. Des études similaires ont montré l'effet toxique des huiles essentielles extraites des différentes plantes envers les adultes de *T. castaneum* et d'*E. kuehniella* : *Satureja hortensis* et *S. intermedia*, *Ruta chalepensis* L, *Artemisia herba-alba* et *Laurus nobilis* (**Ebadollahi et al., 2021; Najem et al., 2020; Delimi et al., 2013; Mediouni-Ben Jemâa et al., 2013**). En revanche, peu d'études ont été réalisées sur l'huile essentielle de *C. aurantium* sur les insectes ravageurs des denrées stockées.

Dans notre étude, à l'égard de *T. castaneum* nous avons observé que la dose la plus faible de 0,25 µl/ml a entraîné une mortalité de 46,66 %, tandis que la dose la plus élevée de 2 µl/ml a provoqué une mortalité dépassant 93 %. Les taux de mortalité corrigée augmentent de manière significative avec l'augmentation des doses, atteignant un maximum de 92,96 % avec la dose de 2 µl/ml. De plus, nous avons estimé les doses létales 50 et 90 (DL50 et DL90) d'huile essentielle de *C. aurantium* (DL50 = 0,31 µl/ml, DL90 = 12,34 µl/ml) après les premières 24 heures.

Dans le même contexte **Souguie et al., (2017)** ont mis en évidence l'efficacité biocide des huiles essentielles des feuilles et des fleurs de la plante Marjolaine sur les adultes de *T. castaneum*. D'autres chercheurs ont signalé également la propriété insecticide d'autres plantes, telles que le Safran et l'Eugénol qui présentent des forts potentiels biocides sur le *T. castaneum*. Selon **Arezzo et al., (2019)**, l'action des huiles essentielles de *Mentha pulegium* à l'aide du traitement par inhalation sur *Tribolium castaneum* ont donné des mortalités de 86,03% après 72h de traitement et une CL50 de 7,93 µl/m.

Chez *E. kuehniella*, les mortalités corrigées varient de 19,05% à 24 heures jusqu'à 57,14% à 72 heures pour la dose la plus faible de 0,5 µl/ml, et de 60,32% à 24 heures jusqu'à

95,24% à 72 heures pour la dose la plus élevée de 3 µl/ml. Les taux de mortalité augmentent de manière significative avec les doses appliquées et le temps d'exposition.

En ce qui concerne les doses létales (DL50 et DL90), elles représentent les doses nécessaires pour causer la mortalité de 50% et 90% de la population des adultes d'*E. kuehniella*. Les valeurs de DL50 à 24 heures, 48 heures et 72 heures d'exposition sont respectivement de l'ordre de 2,19 µl, 1,54 µl et 0,98 µl par ml. De même, les valeurs de DL90 à ces mêmes temps d'exposition sont de l'ordre de 9,42 µl, 9,30 µl et 3,94 µl/ml. Ces données montrent que les doses létales nécessaires pour atteindre ces niveaux de mortalité diminuent avec le temps d'exposition, ce qui suggère une augmentation de l'efficacité de l'huile essentielle avec une durée d'exposition plus longue.

Des études similaires ont démontré que les huiles essentielles extraites des tissus floraux et racinaires de la plante *Ferula persica* présentent une toxicité élevée et possèdent une activité insecticide à l'égard des insectes adultes de *T. castaneum*. Les résultats indiquent une augmentation des taux de mortalité moyens de cet organisme nuisible en fonction de la concentration croissante d'HE appliquée, avec des concentrations létales médianes (CL50) de 220,832 µL/L pour l'HE de la fleur et de 371,475 µL/L pour l'HE de la racine contre *T. castaneum* (Chaghakaboodi *et al.*, 2022).

Wanna et Wongsawas (2022) ont testé la toxicité de l'huile essentielle (HE) de la plante *E. foetidum* en utilisant un test d'inhalation sur des adultes de *T. castaneum*. Leurs résultats ont démontré que l'HE d'*E. foetidum* était efficace, entraînant une mortalité des adultes de *T. castaneum* jusqu'à 100% après 120h d'exposition. De plus, ces résultats ont montré que l'HE d'*E. foetidum* présentait un potentiel de bioinsecticide contre *T. castaneum*.

Les travaux de Aouadi *et al* (2020) ont montré que le traitement par inhalation de l'huile essentielle de la plante *M. rotundifolia* et de *M. communis L* est efficace contre les insectes adultes d'*E. kuehniella*. Les résultats ont démontré l'efficacité de l'huile essentielle de *M. rotundifolia* avec des concentrations létales de CL50=0,54 µL/L d'air, LC50=0,004 µL/cm² par rapport à l'huile de *M. communis* (CL50=2,91 µL/L d'air, LC50=0,025 µL/cm²).

L'étude de Rekioua *et al* (2022), montre que les huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* et de *Rosmarinus officinalis* ont un effet insecticide sur les adultes d'*Ephestia kuehniella Zeller*. Ces huiles essentielles soutiennent la toxicité en réduisant la longévité des adultes chez *E. kuehniella*. De plus, il a été constaté que l'huile essentielle de *R. officinalis* est

plus efficace que celle d'*E. globulus* avec des concentration létales CL50= 4,032 µl/l d'air; CL95=14.73µl/l air pour *R.officinalis* et CL50=7,756 µl/l d'air; CL95=14.73µl/l d'air pour *E. globulus*. De même, l'huile essentielle de *R.officinalis* était plus rapide pour provoquer la mortalité des adultes d'*E.kuehniella* par rapport à l'huile essentielle d'*E.globulus*.

IV.2.2. Activité répulsive de l'huile essentielle de *Citrus aurantium* sur les adultes de *T. castaneum* et *E.kuehniella*

Les pourcentages de répulsion de l'HE de *C. aurantium L* à l'égard des adultes de *T. castanum* 2 heures d'exposition aux différentes doses de l'huiles (0,5;1et 2µl). Le test de répulsion avec les doses utilisées a occasionné respectivement un taux de récursivité croissant en fonction des doses de 13,33%, 20% et 40%, vis-à-vis des adultes de *Tribolium Castaneum*. Ceci montre clairement que le pourcentage de répulsion augmente en fonction de la dose, l'effet le plus remarquable est enregistré avec la dose la plus forte 2µl. A la lumière de ces résultats, on peut noter que l'HE de la plante de *C. aurantium.L* a également une activité biocide à l'égard des adultes de *T. Castaneum* (Modérément répulsif) avec un taux de répulsion moyen de 24,44 %.

De nombreux travaux scientifiques publiés dans la littérature ont mis en évidence l'effet répulsif des produits qui sont à base de plante contre les insectes des stocks. Parmi eux, (Kassem, 2014) signale que la poudre des feuilles de deux plantes *Nepeta nepetelle* et *Pseudocytisus integrifolius* et les huiles essentielles extraites de ces plantes révèlent un effet néfaste sur le *Tribolium castaneum* en appliquant un traitement par contact.

L'effet répulsif des huiles essentielles sur les ravageurs des denrées stockées est largement documenté. C'est ainsi que Kishan *et al* (2001), ont montré que l'huile essentielle d'*Artemisia annua* sont modérément répulsifs vis à vis de trois coléoptères de denrées stockées, *Callosobruchus maculatus F.*, *Rhyzoperta dominica F.* et *Sitophilus orizae*, avec une répulsion moyenne de 65-74% à la plus forte dose testée 4µl/ml pendant 1 heure. De même, Roy *et al* (2005), affirment que les huiles essentielles extraite de *Blumea lacera* manifestent une répulsivité de 55.7% pour *R. dominica F.*

De même les résultats obtenus par Abdellaoui *et al.*, (2018) montrent que l'effet répulsif de l'huile essentielle de *R. chalepensis* a montré une forte répulsion contre *T. castaneum* même à faible concentration (0,06 µL/cm²). Selon Wanna et Wongsawas (2022), l'huile essentielle d'*E. foetidum* a montré une forte répulsion contre les adultes de *T. castaneum* à une

concentration de 2,5 µL/L d'air, avec une activité répulsive maximale de 100 % observée après 7 heures d'exposition. De plus, les résultats ont démontré que l'activité répulsive de l'huile essentielle d'*E. foetidum* augmentent avec les concentrations en HE dans l'air.

Ce qui concerne l'activité répulsive de l'huile essentielle de *C.aurantium* sur les adultes d'*E.kuehniella*, les résultats enregistré montrent une augmentation considérable des pourcentages en fonction des doses et en fonction du temps (24h, 48h et 72h). Selon le classement de Mc Donald, l'huile de *C.aurantium* passent de la classe II (40%, faiblement répulsif), à la dose 0,5µl/ml, à la classe IV (80%, répulsif) à la dose 2µl après 72h.

Les résultats de **Taibi et al. (2018)**, ont montré que l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* possède un effet répulsif contre les adultes d'*Ephestia kuehniella*, et ont classé cette huile comme "moyennement repoussante". Leurs résultats ont également montré qu'à une dose de 5 µl de l'HE d'*O.vulgare*, le taux de répulsion chez les adultes est de 52,37 %, ce qui permet de la qualifier de "modérément répulsive". Les doses de 1 µl et 3 µl sont considérées comme étant "faiblement répulsives" avec des taux respectifs de 23,28 % et 33,32 %. De plus, le comportement de ces insectes dans ce test était observable après une exposition de trente minutes au traitement.

Les travaux de **Rekioua et al (2022)** ont examiné les effets répulsifs des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* et de *Rosmarinus officinalis* sur les adultes d'*Ephestia kuehniella*. Selon les chercheurs, le taux d'effet répulsif observé augmentait en fonction de la concentration et de la qualité de l'huile essentielle testée. L'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* a montré un pouvoir relativement répulsif avec un pourcentage de répulsion de 43,22 %. De son côté, l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* a démontré une puissance répulsive plus élevée, avec un pourcentage de répulsion de 60,00 %.

IV.2.3. Efficacité de L'HE de *Citrus aurantium* par application topique sur les larves d'*E.kuehniella* :

Le test de toxicité a permis de déterminer l'activité larvicide d'huile essentielle de *C.aurantium* à l'égard des larves d'*E.kuehniella*. Dans notre étude, L'évaluation de l'effet larvicide par application topique d'H.E de *C.aurantium* sur les larves d'*E. Kuehniella* a donné un effet bioinsecticide très faible contre cet insecte dans les différentes doses utilisées (faibles doses). Nous avons obtenus une mortalité corrigé qui ne dépasse pas les 10,55 % chez les traitées avec H.E de *C.aurantium* à la dose 8µl.

Ces résultats sont similaires à plusieurs recherches dans ce contexte, **Bousnoubra et Brouk (2022)** ont montré que les huiles essentielles de *G. rosat* et *G. zonale*, administrées par application topique sur les larves d'*E. Kuehniella*, ont donné un effet bioinsecticide très faible contre cet insecte, quelles que soient les différentes doses utilisées. Leurs résultats ont également montré qu'à une dose de 20 µl de l'HE de *G. rosat*, le taux de mortalité corrigé ne dépasse pas 17 %. Tandis que l'HE de *G. zonale* provoque un taux de mortalité seulement de 10% pour la dose 15µl. Les travaux de **Sedira et Ramdani (2018)**, notent aussi que l'activité réplétive d'*H.Es d'Atemisia Herba alba* sur les larves d'*E. Kuehniella* a donné une mortalité corrigée de 40 % à la concentration de 600µl/L, cette mortalité a été enregistrer après deux jours.

L'efficacité des huiles essentielles contre les insectes en générales et *T. castaneum* et *E. kuehniella* en particulier est principalement due à sa composition chargée par des constituants caractérisés par leurs activités insecticides et répulsives. Alors que, les différences observées dans l'efficacité sont attribués aux différents composés bioactifs et à leur variabilité, en fonction de l'espèce végétale d'origine. La littérature a confirmé que plusieurs composés chimiques ayant un large spectre d'effets répulsifs et toxiques, notamment les phénols (1,8 cinéole et carvacrol), les alcools (α -terpinéol, terpinen-4-ol et linalol), les aldéhydes, les cétones (camphre et citronellal) et les hydrocarbures monoterpéniques (camphène, α -pinène et p-cimène) (**Rekioua et al., 2022; Delimi et al., 2017; Ebadollahi et al., 2021; Gong et Ren, 2020**).

D'après les analyses GC-MS effectuée par **Souiy et al., 2022**, l'acétate de linalyle et le linalool sont les composants les plus abondants pour l'huile essentielle de *C. aurantium*, Il a déjà été rapporté que le composé linalool exerce des activités répulsives et toxiques contre les ravageurs des denrées stockés, en particulier sur *T. castaneum* et *E. kuehniella* (**Mediouni-Ben Jemâa et al., 2013; Amini et al.,2018**). Le linalool (2,6-diméthyl-2,7-octadien-6-ol) est un composé monoterpénique (monoterpène alcoolique) considéré le principal produit actif contre les deux ravageurs. Il présente une toxicité plus élevée que les autres composés d'HE de *C. aurantium* (**Al-Khayri et al., 2023; Amini et al.,2018**).

Conclusion générale

Conclusion générale :

L'utilisation abusive des pesticides synthétiques est devenue un risque majeur pour la santé humaine et son environnement, ce qui conduit à envisager l'utilisation d'autres moyens naturels de protection et de lutte contre les ravageurs des stocks. Les plantes aromatiques et leurs huiles essentielles ont été reconnues depuis longtemps de leurs effets thérapeutiques et médicinaux. Elles constituent une ressource naturelle importante d'insecticides et comme une alternative aux insecticides synthétiques.

L'objectif de notre étude est d'évaluer l'activité bioinsecticide et répulsif de l'huile essentielle de *C. aurantium* à l'égard de deux redoutables ravages des denrées stockées, *T. castaneum* et *E. kuehniella*. Cette étude a été réalisée par l'essai de trois tests, en utilisant différentes doses, un test par inhalation pour évaluer la mortalité des adultes et le deuxième test pour évaluer le pouvoir répulsif de cette huile et le troisième test par application topique sur des larves d'*E. kuehniella* du dernier stade, afin d'estimer l'activité larvicide. Dont les résultats montrent une activité toxique par le calcul des DL50 et DL90 et le pourcentage de répulsion.

Les études toxicologiques révèlent que L'huiles essentielles étudiées manifeste une efficacité vis-à-vis les deux insectes. Les résultats révèlent une variabilité dans les taux de mortalité en fonction des doses et de temps d'exposition. Les taux atteignent 71,33 % à la plus forte dose (2 μ l) au bout de 48h, pour atteindre un maximum de 95,24% après 72h de traitement chez *E. kuehniella*. Les doses létales occasionnant les mortalités de 50% et 90% (DL50 et DL90) de la population des adultes de ce ravageur sont de l'ordre de 2,19 μ l ; 1,54 μ l et 0,0,98 μ l/ml pour les DL50 ainsi que 9,42 μ l ; 9,30 μ l et 3,94 μ l/ml pour les DL90 respectivement à 24h, 48h et 72h d'exposition. Ce qui concerne le traitement des larves d'*E. Kuehniella* par application topique nous avons constaté une certaine résistance à cette huile vis-à-vis les faibles doses utilisées (2 μ l ; 6 μ l et 8 μ l/ml). Les mortalités enregistrées sont de l'ordre de 6,66% à la dose 6 μ l/ml. De plus les résultats obtenus dans cette étude montrent également un effet insecticide remarquable par inhalation sur les adultes de *T. Castaneum* où les taux de mortalité enregistrés varient de 46,66 à la dose 0,25 μ l/ml à 93,33 avec la dose la plus élevée (2 μ l). Les doses létales calculées sont respectivement de l'ordre de 0,30 μ l/ml pour la DL50 et 12,33 μ l/ml pour la DL90.

L'activité répulsive de l'huile essentielle de *C. aurantium* testée sur des adultes de *Tribolium castaneum* et *E. kuehniella* augmente au fur et à mesure que les concentrations en l'huile augmentent variant de 13% à 40 % après 2 heures d'exposition chez *T. castanum* dont le taux moyen de répulsion est de 24,44 %, Cependant l'action de ce dernier est modérée (Classe

III). En ce qui concerne l'activité répulsive de cette huile sur les adultes *d'E. kuehniella*, on a enregistré une augmentation considérable des pourcentages en fonction des doses et en fonction du temps (24h, 48h et 72h). Selon le classement de Mc Donald, l'huile de *C. aurantium* passent de la classe III (40%, modérément répulsif), à la dose 0,5µl/ml, à la classe IV (80%, répulsif) à la dose 2µl après 72h d'exposition.

D'après les résultats de notre étude, on peut conclure que l'activité bio-insecticide et répulsive de l'huile essentielle de la plante aromatique utilisée *Citrus aurantium* est efficace contre les ravageurs des aliments stockées *E. kuehniella* et *T. castaneum*. Cela nous conduit à dire que la plante étudiée est prometteuse comme une source de Bio-insecticide et se prêtent pour être titulaire dans le domaine de la lutte biologique.

De nombreuses perspectives de recherche sont dégagées de notre travail notamment, l'extraction des huiles essentielles à partir de plantes aromatiques locales et l'identification de leurs principes actifs. Il serait également intéressant d'évaluer l'activité insecticide des composés majeurs des huiles essentielles sur les insectes des céréales stockées. Il serait aussi intéressant de compléter l'optimisation des paramètres d'extraction aqueuse de *Citrus aurantium* et d'évaluer l'effet insecticide de leur monoterpène (linalol).

Références

Bibliographiques

Références bibliographiques :

A

- **Abdellaoui, K., Acheuk, F., Miladi, M., Boughattas, I et Omri, G. 2018.** Phytochemistry, Biochemical And Insecticidal Activities Of Ruta Chalepensis Essential Oils On Tribolium Confusum. Journal Agriculture and Forestry. Vol 64.p 31-40. DOI: [10.17707/AgricultForest.64.3.03](https://doi.org/10.17707/AgricultForest.64.3.03).
- **Abdel-Tawab H.M. 2016.** Green Pesticides: Essential Oils As Biopesticides In Insect-Pest Management. Journal Of Environmental Science And Technology,9:P.354-378. DOI:[10.3923/Jest.2016.354.37](https://doi.org/10.3923/Jest.2016.354.37)
- **Abdullahi, G., Muhamad, R Et Sule, H.2019.** Biology, Host Range And Management Of Red Flour Beetle Tribolium Castaneum (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae): A Review .Journal Of Agricultural Research Jar . Vol 7.P 49-50.DOI: https://www.researchgate.net/publication/337824598_Biology_Host_Range_And_Management_Of_Red_Flour_Beetle_Tribolium_Castaneum_Herbst_Coleoptera_Tenebrionidae_A_Review
- **Adjalian, E., Noudogbessi, J.P., Kossou, D Et Sohounhloue, D. 2014.** État et perspectives de lutte contre Sitotroga Cerealella (Olivier, 1789) de prédateur des céréales au Benin.Journal of Applied Biosciences. Vol79.p 6955 – 6967. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v79i1.16> . ISSN: 1997–5902.
- **Aidani H., 2015.** Effet Des Attaques De Capucin Des Grains (Rhizopertha Dominica) Sur Les Céréales Stockées « Estimation Sur La Perte Pondérale Et Le Pouvoir Germinatif Cas De Blé Dur Dans La Région De Tlemcen ». Mémoire De Master, Univ: Tlemcen. p80
- **Aissaoui, F .2022.** Biologie Et Lutte Contre Trois Pyrales Des Denrées Stockées .Thèse De Doctorat En Sciences Biologiques .Universite Mouloud Mammeri .Tizi-Ouzou . P24 - 27 .
- **Al-Khayri, J.M., Banadka,A., Nandhini, M., Nagella, P., Al-Mssallem, M.Q et Alessa,F.M. 2023.** Essential Oil from Coriandrum sativum: A Review on Its Phytochemistry and Biological Activity. Molecules. Vol 28.p 1-14. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules28020696>.
- **Alloun, K .2019.** Composition Chimique Et Activités Biologiques De Métabolites Secondaires De Crithmum Maritimum L., De Melissa Officinalis L. Et De Thymus Pallescens De Noé Et Effet De L'irradiation Gamma Sur Les Huiles Essentielles Du Thym

.These De Doctorat En Sciences Agronomiques .Ecole Nationale Superieure Agronomique El-Harrach –Alger- .P 13.

- **Amini, S.h., Tajabadi, F., Khani M ., Labbafi, M.R et Tavakoli, M. 2018.** Identification of the Seed Essential Oil Composition of Four Apiaceae Species and Comparison of their Biological Effects on *Sitophilus oryzae* L. and *Tribolium castaneum* (Herbst.). *Journal of Medicinal Plants*. Vol 17. p68-75. DOI: <https://www.researchgate.net/publication/326983794>.
- **Aouadi, G., Haouel, S., Soltani, A., Ben Abada, M., Boushah, E., Elkahoui, S., Taibi, F., Ben Jemâa, J.M et Bennadja, S. 2020.** Screening for insecticidal efficacy of two Algerian essential oils with special concern to their impact on biological parameters of *Ephesia kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Plant Diseases and Protection*. Vol 127. p 47. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41348-020-00340-y>.
- **Arrab, R. (2016).** Effet Insecticide Des Plantes *Melia azadirachta* L Et *Peganum Harmala* L. Sur l'insecte Des Céréales Stockées *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera , Tenebrionidae). Magister, Univ. Farhat Abbas Sétif

B

- **Babar A ; Naser Ali A ; Saiba S ; Aftab A ; Shah A Et Firoz A. 2015.** Les Huiles Essentielles Utilisées En Aromathérapie : Examen Systémique. *Journal Of Tropical Biomédecine Asie. Pacifique*, 5(8) : P.589-598.
- **Baptista-Silva, S ., Borges, S ., Oscar, L. R ., Pintado , M Et Sarmiento , B .2020.** The Progress Of Essential Oils As Potential Therapeutic Agents: A Review . *Journal Of Essential Oil Research* .P 1-2 DOI: [10.1080/10412905.2020.1746698](https://doi.org/10.1080/10412905.2020.1746698)
- **Bekhechi, charades et Abdelouahid, Djamel. 2010.** Les huiles essentielles. Edition : 1.04.5145 .P15-P20.
- **Belarouci, A. 2017.** Comportement insecticide des huiles essentielles du Romarin et du Thym sur *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera : Tenebrionidae). Master En Ecologie. Université Abou Bekr Belkaïd. Tlemcen. P.49.
- **Benlameur., Z. 2016.** Les ravageurs des denrées stockées et leur impact sur la santé humaine. Doctorat en Sciences Agronomique. Ecole Nationale Superieure Agronomique El-Harrach Alger. P1-2.
- **Bhavanam,S Et Trewick,S .2017.** Effects Of Larval Crowding And Nutrient Limitation On Male Phenotype, Reproductive Investment And Strategy In *Ephesia Kuehniella* Zeller

(Insecta: Lepidoptera). Journal Of Stored Products Research .Vol 71. P65 . DOI : [Http://Dx.Doi.Org/10.1016/J.Jspr.2017.01.004](http://Dx.Doi.Org/10.1016/J.Jspr.2017.01.004) .

- **Bokobana, E.M., Koba, K., Poutouli, W.P., Akantetou, P.K., Nadio, N.A., Laba, B., Tozoou, P., Raynaud, C et Sanda, K. 2014.**Evaluation Du Potentiel Insecticide Et Repulsif De L'huile Essentielle De Cymbopogon Schoenanthus (L.) Spreng. Sur Aphis Gossypii Glover (Homoptera: Aphididae), Ravageur Du Cotonnier Au Togo. Revue de CAMES. Vol 2. P 48 - 55. ISSN 2424-7235. DOI : <http://publication.lecames.org/index.php/svt/article/download/421/280>.
- **Bonneton, F. 2010.** Quand Tribolium Complémente La Génétique De La Drosophile. Medecine/Sciences .Vol 26. p267. DOI:[Https://Doi.Org/10.1051/Medsci/2010263297](https://Doi.Org/10.1051/Medsci/2010263297).
- **Bonneton,F. 2010.** Quand *Tribolium* Complémente La Génétique De La Drosophile . Medecine/Sciences .Vol 26. P267.DOI:[Https://Doi.Org/10.1051/Medsci/2010263297](https://Doi.Org/10.1051/Medsci/2010263297)
- **Bouaiad, R. H., (2016).** Essai De Formulation D'un Pesticide À Base De La Poudre Des Feuilles De Quelques Plantes Aromatiques (Chih, Ortie, La Lavende, Basilic Thym). Mémoire De Master. Université De Tlemcen. Algéri
- **Bousnoubra, D et Brouk, F. 2022.** Potentialité insecticide de deux huiles essentielles à l'égard de deux ravageurs de denrées stockées, aspect biologique. Mémoire de Master en Science agronomique. Universite 8 Mai 1945 Guelma.
- **Bouzeraa , H .2014** .Evaluation De L'impact De Deux Mimétiques De L'hormone De Mue (Rh-2485 Et Rh-5992) Sur Les Gonades Males D'ephestia Kuehniella, Un Lepidoptere Ravageur Des Denrees Stockees :Aspect Structural, Biochimique Et Hormonal .Thèse De Docteur En Biologie Animale . P 13-14 .
- **Bouzi, D. 2018.** Evaluation De L'activité Biologique De L'huile Essentielle D'une Plante Endémique Hélichrysum Italicum (Roth) G. Don .Thèse De Doctorat En Sciences .Université Ferhat Abbas Sétif 1 .P 6.

C

- **Campbell,J.F ., Athanassiou,C.G ., Hagstrum ,D.W ., Et Kun Yan Zhu .2022.** Tribolium Castaneum: A Model Insect For Fundamental And Applied Research . Annual Review Of Entomology . Vol 67 . P 348 . DOI : [Https://Doi.Org/10.1146/Annurev-Ento-080921-075157](https://Doi.Org/10.1146/Annurev-Ento-080921-075157)

- **Campolo O ; Giunti L ; Russo L ; Palmeri V Et Zappalà L.L. 2018.** Essential Oils In Stored Product Insect Pest Control. Journal Of Food Quality. Vol. P.18. Article ID 6906105 DOI: [10.1155/2018/6906105](https://doi.org/10.1155/2018/6906105).
- **Carvalho, M.O ., Geirinhas, H ., Duarte, S ., Graça ,C ., De Sousa ,I .2023 .**Impact Of Red Flour Beetle Infestations In Wheat Flour And Their Effects On Dough And Bread Physical, Chemical, And Color Properties .Journal Of Stored Products Research .Vol1102 . P 2 . DOI : <https://doi.org/10.1016/J.Jspr.2023.102095>
- **Catherine,R.R., Bernard,J.R., Philogène et Charles,V. 2002.** Biopesticides d'origine végétale. Edition TEK&DOC. P15-20.
- **Cavalcanti Solon E.B ; De Morais S.M ; Ashley Lima M Et Santana Pinho E.W. 2004.** Activité Larvicide Des Huiles Essentielles De Plantes Contre Brésil Aegypti L. Cours Des Sciences Chimiques Et Centre De Technologie. Ecole De Médecine Du Health Sciences Centre. Université d'Etat De Ceara. Av. Paranjana.Vol. 99 (5) : P.41-544
- **Chaghakaboodi, Z., Nasiri, J et Farahani, S. 2022.** Fumigation Toxicity of the Essential Oils of *Ferula persica* against *Tribolium castaneum* and *Ephestia kuehniella*. Journal of Agrotechniques in Industrial Crops. Vol 2. p 123-128. DOI: <https://www.researchgate.net/publication/366006189>.
- **CHEBARI, Selma., OUARTSI, Abderraouf et REHAHLIA, Rayane. 2020.**Effet bio-insecticide des huiles essentielles de lantanier (*Lantana Camara*) et de l'Ortie (*Urtica Dioica*), sur un ravageur des denrées stockées *Ephestia kuehniella* (Zeller). Mémoire de Master en Phytopharmacie et protection des végétaux. Université 8 mai 1945 Guelma. Algérie. P10.
- **Cheikh , A. 2019.** Caractérisation Morphogénétique Des Populations Ouest-Africaines De *Tribolium Castaneum* Herbst, Ravageur Des Céréales Stockées : Différenciation En Races Hôtes Et Écotypes. Doctorat Unique En Biologie Animale. Université Cheikh Anta Diop De Dahar. Dakar. P 27.
- **Cognez.,N. 2020.**Exposition résidentielle aux pesticides pendant la grossesse et santé du jeune enfant. Thèse De Doctorat en Épidémiologie. UNIVERSITE DE RENNES 1.P9.

D

- **Degirmenci ,H Et Erkurt , H .2020.**Relationship Between Volatile Components, Antimicrobial And Antioxidant Properties Of The Essential Oil, Hydrosol And Extracts Of *Citrus Aurantium* L. Flowers .Journal Of Infection And Public Health .Vol 13.P 59 .DOI: <https://doi.org/10.1016/J.Jiph.2019.06.017> .

- **Delimi, A., Taibi, F., Bouchelaghem, S., Boumendjel, M., Hennouni-Siakhène, N et Cheffrou, A. 2017.** Chemical composition and insecticidal activity of essential oil of *Artemisia herba alba* (Asteraceae) against *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). *International Journal of Biosciences*. Vol 10. p 130-137. DOI: <https://www.researchgate.net/publication/317953760>.
- **Delimi, A., Taibi, F., Fissah, A., Herib, S., Bouhkari, M et Cheffrou, A. 2013.** Bio-activité des huiles essentielles de l'Armoise blanche *Artemisia herba alba* : effet sur la reproduction et la mortalité des adultes d'un ravageur des denrées stockées *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera). *Afrique SCIENCE*. Vol 9.p 82-90. DOI: <http://www.afriquescience.info>.
- **Deschepper, R. 2017.** Variabilité de la composition des huiles essentielles et intérêt de la notion de chémotype en aromathérapie. Thèse de doctorat en pharmacie. Université d'Aix-Marseille. P14.
- **Digilio M.C ; Mancini E ; Voto E Et De Foo V. 2007.** L'activité Insecticide Des Huiles Essentielles Méditerranéennes. *Journal Des Interactions Plantes*. Vol. 3, N°1. P.17-23
- **Doukani, K et Tabak, S. 2017.** Profil phytochimique de quelques espèces de Citrus (*C. aurantium*, *C. sinensis* et *C. limonum*). *Revue Écologie-Environnement*. Vol 13. ISSN: 1112-5888. P1. DOI: <http://fsnv.univ-tiaret.dz/index.php/13-la-revue/10-la-revue>.
- **Duravel, J., Krier, F et Jacques, Ph. 2014.** Les biopesticides, compléments et alternatives aux produits phytosanitaires chimiques (synthèse bibliographique). Université Lille 1. *Revue en Sciences et Technologies* .P224.

E

- **Ebadollahi, A., Taghinezhad, E., Setzer, W.N et Chen, G. 2021.** susceptibility of *Tribolium castaneum* (Coleoptera:Tenebrionidae) to the Fumigation of Two Essential Satureja Oils: Optimization and Modeling. *Journal of Processes*. Vol 9. p 1-6. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr9071243>.
- **EL-Akhal, F., Guemmouh, R., Greche, H et El Ouali Lalami, A. 2014.** Valorisation en tant que bioinsecticide de deux huiles essentielles de *Citrus sinensis* et *Citrus aurantium* cultivées au centre du Maroc (Valorization as a bio-insecticide of essential oils of *Citrus sinensis* and *Citrus aurantium* cultivated in center of Morocco). P 2320. ISSN : 2028-2508. DOI: <http://www.jmaterenvirosci.com>.

F

- **Falleh, H., Ben Jemaa, M., Saada, M., Ksouri, R . 2020 .** Essential Oils: A Promising Ecofriendly Food Preservative. Journal Of Food Chemistry, Vol 330 .P02 .DOI: <https://doi.org/10.1016/J.Foodchem.2020.12726>
- **Festhea A, D. 2014.** Ma bible des huiles essentielles. Édition Quotidien Malin.PARIS.P35.
- **Festhea, D. 2014.** Ma bible des huiles essentielles. Édition Quotidien Malin.PARIS.P35.

G

- **Ghédira ,K Et Goetz, P .2015.**Citrus Aurantium L. Var. Amara Link Oranger Amer – Bigaradier (Rutaceae).Phytothérapie .P 1 .DOI :[10.1007/S10298-015-0983-6](https://doi.org/10.1007/S10298-015-0983-6) .
- **Ghédira, K., Goetz, P. 2015.** Citrus aurantium L. var. amara Link. Phytothérapie .VOL 13.P 320–327. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10298-015-0983-6>.
- **Gong .X et Ren. Y. 2020.** Larvicidal and ovicidal activity of carvacrol, p-cymene, and γ -terpinene from Origanumvulgare essential oil against the cotton bollworm, Helicoverpaarmigera (Hübner). Journal of Environmental Science and Pollution Research. Vol 27. p 18708–18716. DOI: [10.1007/s11356-020-08391-2](https://doi.org/10.1007/s11356-020-08391-2).
- **Gueye ,A.C ., Diome ,T., Thiaw ,C Et Sembene ,M . 2015.** Évolution Des Paramètres Biodémographiques Des Populations De Tribolium Castaneum H. (Coleoptera,Tenebrionidae) Inféodé Dans Le Mil (Pennisetum Glaucum Leek) Et Le Maïs (Zea Mays L.) .Journal Of Applied Biosciences .P 8362 - 8363. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/Jab.V90i1.8>

H

- **Hessas,T Et Simoud, S .2018.**Contribution À L'étude De La Composition Chimique Et À L'évaluation De L'activité Antimicrobienne De L'huile Essentielle De Thymus Sp. Thèse De Doctorat En Pharmacie .Université Mouloud MAMMERI.TIZI-OUZOU .P 9-16

K

- **Karahacane , T. 2015 .** Activité Insecticide Des Extraits De Quelques Plantes Cultivées Et Spontanées Sur Les Insectes Du Blé En Post Récolte . Doctorat En Sciences Agronomiques . Ecole Nationale Supérieure Agronomique. P 26.
- **Karahacane , T. 2015 .** Activité Insecticide Des Extraits De Quelques Plantes Cultivées Et Spontanées Sur Les Insectes Du Blé En Post Récolte . Doctorat En Sciences Agronomiques . Ecole Nationale Supérieure Agronomique. P 7-52

- **Karahacane, T. 2015.** Activité Insecticide Des Extraits De Quelques Plantes Cultivées Et Spontanées Sur Les Insectes Du Blé En Post Récolte. Thèse de doctorat En Sciences Agronomiques. École Nationale Supérieure Agronomique. P 52.
- **Karam, A. 2020.** Produits de protection des plantes contre les ravageurs des cultures et les agents phytopathogènes : revue scientifique. Faculté des sciences de l'Agriculture et de l'alimentation. Université Laval. P61-62.
- **Karthikeyan ,V ., Karthikeyan, J .2014.**Citrus Aurantium (Bitter Orange): A Review Of Its Traditional Uses, Phytochemistry And Pharmacology .INTERNATIONAL JOURNAL OF DRUG DISCOVERY AND HERBAL RESEARCH (IJDDHR) .Vol 4.P 766 -767 . ISSN: [2231-6078](https://doi.org/10.2231-6078) .
- **Kassemi, N.2014.**activité biologique des poudres et des huiles de deux plantes aromatiques (pseudocytisus intergrifolius salib et nepeta nepetella l.) sur les ravageurs du blé et des légumes secs .thèse de doctorat en biologie, université de tlemcen. Vol 17 .
- **Kechroud M.2012.** Effet Insecticide Des Huiles Essentielles De Pinusnigraarlsppmauritanica Maire Et Peyer Sur Les Ravageurs Des Denrées Stockées. Mémoire De Master En Biologie.Option Environnement Et Sécurité Alimentaire. Université De Bejaia Algérie.P.62
- **Kemassi,A., Herouini,A ., Hadj,S.A ., Cherif, R ., Ould Elhadj, M.D .2019.**Effet Insecticide Des Extraits Aqueux D'euphorbia Guyoniana (Euphorbiaceae) Recoltee Dans Oued Sebseb (Sahara Algerien) Sur Le Tribolium Castaneum .Lebanese Science Journal .Vol 20 . P 58. DOI : <https://www.researchgate.net/publication/333040073>
- **Khalid, A.K. 2021.** Growth sites and their impacts on sour orange 'Citrus aurantium (Tournef.)' essential oil. Journal of the International Society of Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. Vol 31.p 2. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.101909>.
- **Khanjani, R., Dehghan, H. Et Sarrafi, Y. 2021.** Antifungal edible tomato coatings containing ajwain, neroli, and rosemary essential oils. Food Measure. Vol 15. p 5139–5148. DOI:<https://doi.org/10.1007/s11694-021-01067-6>.
- **Kilci, L ., Altun,N .2020.**The Effect Of Carbohydrates On Nutritional Preference And Development Of Mediterranean Flour Mouth, Ephestia Kuehniella Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) .Journal Of Stored Products Research .Vol 87 .P 1 .DOI : <https://doi.org/10.1016/J.Jspr.2020.101620>.

- **Kishan, K.A., Arun, K.T., Veena, P and Sushil, K. 2001.**Toxicity of 1,8-Cineole Towards Three Species of Stored Product Coleopterans. *Insect Sci. Applic.* Vol. 21, p. 155-160.
- **Kumar,H .,Panigrahi,M ., Chhotaray,S ., Bhanuprakash,V ., Shandilya,R ., Sonwane, A Et Bhushat, B .2018.** Red Flour Beetle (*Tribolium Castaneum*): From Population Genetics To Functional Genomics .*Journal Of Veterinary World* .Vol 11 . P1043 . DOI: [10.14202/Vetworld.2018.1043-1046](https://doi.org/10.14202/Vetworld.2018.1043-1046) .
- **Kurihara , F . 2022.** Dermatoses Induites Par Les Huiles Essentielles Ou Végétal Essential Oils And Vegetable Oils Induced Dermatitis . *Revue Française D'allergologie* , Vol 62 . P 279 . DOI : <https://doi.org/10.1016/J.Reval.2022.02.216>

L

- **Lahcene , S .2020** .Caractérisation Biochimique Et Activités Biologiques Des Extraits De L'olivier De Laperrine *Olea Europaea Subsp Laperrinei* (Batt. Et Trab.) Cifferi .Doctorat Es Sciences .Université Mouloud Mammeri (Tizi Ouzou).P 15-17 .
- **Lahcene,S .,Taibi,F ., Mestar,N ., Ali Ahmed,S ., Boumendjel ,M ., Ouafi,S Ethouali,K.2018** .Insecticidal Effects Of The *Olea Europaea Subsp. Laperrinei* Extracts On The Flour Pyralid *Ephestia Kuehniella* .*Cellular And Molecular Biology* .P 6 . DOI: <http://dx.doi.org/10.14715/Cmb/2018.64.11.2> .
- **Laurent J. 2017.** Conseils Et Utilisations Des Huiles Essentielles Les Plus Courantes En Officine. Diplôme D'état De Docteur En Pharmacie. Université Paul Sabatier Toulouse III. France. P.219
- **Lebon , A .2020** . Guide À L'usage Des Huiles Essentielles Dans L'industrie Cosmétique : Comprendre Les Huiles Essentielles De La Plante Au Flacon, L'évaluation De Leur Sécurité Et Analyse Des Dispositions Règlementaires.Thèse De Doctorat En Pharmacie .Université Toulouse Iii Paul Sabatier .P 109.
- **Lee, M. Y. 2018.** Essential Oils as Repellents against Arthropods. *Biomed Research International*. P9. DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/6860271>.
- **Liang, J., Zhang ,Y ., Chi, P., Liu, H ., Jing, Z ., Cao, H ., Du, Y., Zhao, Y., Qin, X ., Zhang , W ., Kong ,D.2023.** Essential Oils: Chemical Constituents, Potential Neuropharmacological Effects And Aromatherapy - A Review. *Pharmacological Research - Modern Chinese Medicine*. Vol 6. P 2. DOI : <https://doi.org/10.1016/J.Prmcm.2022.100210>

- **Maksoud, S.; Abdel-Massih, R.M ., Rajha, H.N ., Louka, N ., Chemat, F ., Barba, F.J Et Debs, E.2021.** Citrus Aurantium L. Activeconstituents, Biological Effects And Extraction Methods. An Updated Review. Molecules.Vol 26 .P 1. DOI : <https://doi.org/10.3390/Molecules26195832> .

M

- **Mamay,M .,Karakus,H .,Ghramh ,H.A Et Çikman,E .2022.**Optimizing Diet Thickness And Egg Density For Economic Mass Rearing Of Ephestia kuehniella Zeller, 1879 (Lepidoptera: Pyralidae): A Laboratory Host For Biological Control Agents. Journal Of King Saud University – Science . Vol 34. P 2. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102276> .
- **Marouf, A et Tremblin, G. 2002.** Abrége De Biochimie Appliquées. Edition EDB Sciences. P133-P142.
- **Mc Donald, L. L., Guy, R. H., et Speirs, R. D. 1970.** Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants, repellents, and attractants against stored-product insects. Usda marketing research report. 882.
- **Mediouni-Ben Jemâa, J., Tersim, N., Boushah, E., Taleb-Toudert, K., et Khouja, M.L. 2013.** Fumigant control of the Mediterranean flour moth Ephestia kuehniella with the noble laurel Laurus nobilis essential oils. Tunisian Journal of Plant Protection. Vol 8. p 33- 40. DOI: <https://www.researchgate.net/publication/30620264>.
- **Memmo F. 2015.**Synthèse, Etudes cinétiques Et Evaluation De L'activité De Derivés De L'eugénol. Composition De L'huile Essentielle Extraite Du Clou De Girofle. Doctorat En Chimie Organique Appliquée. Université Abou Bekr Belkaid. Tlemcen. P.183
- **Merghid, M., Debbache, M et Foughali, I. 2017.** Impacts des pesticides utilisés dans la plasticulture sur la santé humaine En Algérie - Etude de cas la wilaya de Constantine -. Master académique en science biologique. Université des Frères Mentouri.Constantine. P 101.
- **Messaoudene H., Mouhou N., (2017).** Etude De La Toxicité Des Huiles Essentielles Contre Les Ravageurs Des Denrées Stockées, Mémoire De Master, Univ: Abderrahmane MIR-Bejaia, 35

- **Mi Young, L. 2018.** Essential Oils as Repellents against Arthropods, BioMed Research International. Vol. P.9.
- **Mnayer, D. 2014.** Eco-Extraction des huiles essentielles et des arômes alimentaires en vue d'une application comme agents antioxydants et antimicrobiens. L'Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse. Doctorat en chimie. P11.

N

- **Nadio. N. A., Bokobana. E. M., Akantetou. K. P., Tozoou. P., Poutouli. W, Koba. K., Sanda. K et Raynaud.C.2021.** Efficacite Des Bioinsecticides A Base De L'huile Essentielle De Cymbopogon Schoenanthus (L.) Spreng Contre Les Punaises Rouges (Dysdercus Voelkeri, Schmidt) En Culture Cotonniere Au Togo.P17730.DOI: <https://doi.org/10.18697/ajfand.98.20095>.
- **Najem, M., Bammou, M., Bachiri, L., Bouiamrine, E.H., Ibijbijen, J et Nassiri,L. 2020.** Ruta chalepensis L. Essential Oil Has a Biological Potential for a Natural Fight against the Pest of Stored Foodstuffs: Tribolium castaneum Herbst . Journal of HINDAWI. p 1-5. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/5739786>.
- **Nazzaro F ; Fratianni F ; Coppola R Et De Foo V. 2017.** Huiles Essentielles Et Une Activité Antifongique. Médicaments. 10, 86. P.1-20
- **Ncibi , S. 2020 .** Potentiel Bioinsecticide Des Huiles Essentielles Sur Deux Ravageurs Des Céréales Stockées Rhyzopertha Dominica (Fabricius, 1792) Et Tribolium Castaneum (Herbst, 1797) Et Identification De Leurs Ennemis Naturels. Doctorat En Sciences Agronomiques. Institut National Agronomique De Tunisie. P 22-23
- **Ngamo ,L.S.T., Et Hance ,Th . 2007 .**Diversité Des Ravageurs Des Denrées Et Méthodes Alternatives De Lutte En Milieu Tropical .Revue De Tropicultura .Vol 25 . P 216 .

P

- **Pai, A Et Bucher, G . 2019 .** Tribolium . Encyclopedia Of Animal Behavior .Vol 3 .P 232 . DOI : <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.01216-4>
- **Papachristos, D.P et Stamopoulos, D.C.2002.** Reppelent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oil vapours on Acanthoscelides obtectus (Say) (Coleoptera : Bruchidae). Journal of Stored Products Research. Vol.38 : 117-128.
- **Pierron, S. 2014.** Les Essentielles Et Leurs Expérimentation Dans Les Services Hospitaliers De France : Exemples D'applications En Gériatrie Gérontologie Et Soins Palliatifs. Diplôme D'état De Docteur En Pharmacie. Université De Lorraine. France. P.25

- **Plata-Ruedaa, A., Campos, J.M., da Silva Rolim, G., Martínez, L.C., Dos Santos, M.H., Fernandes, F.L., Serrão, J.E et Zanuncio, J.C. 2018.** Terpenoid constituents of cinnamon and clove essential oils cause toxic effects and behavior repellency response on granary weevil, *Sitophilus granarius*. *Journal of Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol 156. p 263–270. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.03.033>.
- **Pungitore ., Carlos R ., García , M ., Gianello, J.C ., Tonn, C.E Et Sosa, M.E . 2005.** Efectos Letales Y Subletales De Triterpenos Aislados De *Junellia Aspera* (Verbenaceae) Sobre El Insecto De Granos Almacenados *Tribolium Castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Revista De La Sociedad Entomológica Argentina* .Vol.64 .P46. Issn: [0373-5680](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.03.033).

R

- **Rekioua, N., Boumendjel, M., Taibi, F., Samar, M.F., Ben Jemaa, J.M., Benaliouch, F., Negro, C., Nicoli, F., De Bellis., Boushah, E et Haouel, S. 2022.** Insecticidal Effect Of *Eucalyptus Globulus* And *Rosmarinus Officinalis* Essential Oils On A Stored Food Pest *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera, Pyralidae). *Cellular And Molecular Biology*. Vol 68. p 144-150. DOI: <https://doi.org/10.14715/cmb/2022.68.4.18>.
- **Roy B., Amin R., Uddin M.N ., Islam A.T.M.S., Islam M.J ., Hadler B.C. 2005.** Leaf extracts of *Shyalmutra* (*Blumea lactera* Dc.) as botanical insecticides against lesser grain borer and rice weevil. *Journal of Biological Sciences*. vol. 5. p.201-204.
- **Salvi, P ., Kumar, G ., Gandass, N ., Verma, A ., Rajarammohan, S ., Rai, N ., Gautam, V .2022.** Antimicrobial Potential Of Essential Oils From Aromatic Plant *Ocimum* Sp.; A Comparative Biochemical Profiling And In-Silico Analysis . *Journal Of Agronomy* .12(3).P627. DOI : <https://doi.org/10.3390/Agronomy12030627>

S

- **Samate, A.D. 2012.** Compositions Chimiques D’hulles Essentielles Extraites De Plantes Aromatiques De La Zone Soljdanienne Du Burkina Faso : Valorisation. Doctorat en science physique. Université d’Ouagadougou. Burkina-Faso. P.162.
- **Scandurra ,C ., Mezzalira, S ., Cuttillo ,S ., Zapparella ,R ., Statti ,G ., Maldonato, N.M ., Locci, M Et Bochicchio, V .2022.** The Effectiveness Of Neroli Essential Oil In Relieving Anxiety And Perceived Pain In Women During Labor: A Randomized Controlled Trial . *Healthcare* .Vol 10 . P 2 .DOI: <https://doi.org/10.3390/Healthcare10020366> .

- **Selmane-Meskache ,R.2014.** Impact Des Mimétiques De L'hormone De Mue (Rh-5849, Rh-5992, Rh-0345 Et Rh-2485) Sur La Reproduction D'un Modèle De Laboratoire *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera : Pyralidae) Après Traitement Des Mâles. Diplôme De Doctorat. Université Badji Mokhtar . Annaba .P 7 .
- **Souiy, Z., Zakhama ,N ., Cheraief ,I Et Hammami ,M .2022.**Nutritional, Physical, Microbial, And Sensory Characteristics Of Gluten-And Sugar-Free Cereal Bar Enriched With Spirulina And Flavored With Neroli Essential Oil .Journal Of Lwt - Food Science And Technology .Vol169 .P 2 .DOI : <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113955>
- **Suryawanshi , J.A.S . 2011 .** An overview of *Citrus aurantium* used in treatment of various diseases. African Journal of Plant Science . vol 5 . p390-391. **ISSN :** [1996-0824](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113955)

T

- **TAFFAR. A. 2022.**Effets d'un biopesticide l'Azadirachtine, sur la reproduction d'un Lépidoptère ravageur des denrées stockées *Ephestia kuehniella*. Thèse de doctorat en Physiologie et Environnement. Université Badji Mokhtar-Annaba. P7.
- **Tariq S ; Wani S ; Rasool W ; Shafi K ; Ahmad Bhat M ; Prabhakar A ; Shalla A.H Et Rather M.A. 2019.** A Comprehensive Review Of The Antibacterial, Antifungal And Antiviral.Potential Of Essential Oils And Their Chemical Constituents Against Drugresistant Microbial Pathogens. Microbial Pathogenesis.134. P.1-20.
- **Teke, M.A et Mutlu, Ç. 2020.** Insecticidal and behavioral effects of some plant essential oils against *Sitophilus granarius* L. and *Tribolium castaneum* (Herbst). Journal of Plant Diseases and Protection. Vol 128.p 109-119. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41348-020-00377-z>.
- **Toninoli F Et Meglioli V. 2013.** Huiles Essentielles L'encyclopédie. France. 13. P.531-342.

V

- **Vaissière, M et Escale, J .2020.** Huiles Essentielles & Grossesse Au Travail Essential Oils & Pregnancy At Work . Journal Of Archives Des Maladies Professionnelles Et De L'environnement .Vol 81. P 16. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.admp.2019.09.011> .

W

- **Wanna, R et Wongsawas, M. 2022.**Toxicity and bioactivity of essential oil of Cilantro (*Eryngium foetidum* L.) against red flour beetle [*Tribolium castaneum* (Herbst)]. Australian journal of crop science.vol 16.p 259- 262. **DOI:** [10.21475/ajcs.22.16.02.3414](https://doi.org/10.21475/ajcs.22.16.02.3414).

Z

- **ZAHALKA, J. P. 2010.** Les huiles essentielles - 230 HE répertoriées, 170 maux du quotidien traités par les HE. Édition du Dauphin. PARIS .P32-P367. **ISBN :** [978-2-7163-1415-2](https://www.isbn-international.org/product/9782716314152).
- **Zaibet, W.2016** .composition Chimique Et Activité Biologique Des Huiles Essentielles De *Daucus Aureus* (Desf) Et De *Reutera Lutea* (Desf.) Maire, Et Leur Application Comme Agents Antimicrobiens Dans Le Polyéthylène Basse Densité (Pebd).Thèse De Doctorat En Sciences .Universite Ferhat Abbas-Setif-1.P8- 13.