

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 biologiques

Spécialité/Option : Phytopharmacie et protection des végétaux

Département : Ecologie et génie de l'environnement

Thème

Préservation des produits stockés par l'utilisation d'un insecticide botanique sur un redoutable ravageur *Ephestia kuehniella*.

Présenté par :

❖ Elaggoune Sabrina

❖ Khelil Haoua

Devant le jury composé de :

Présidente : M^{me} Aissani F. M.C.B. Université de Guelma

Examinatrice : M^{me} Chahat N. M.C.B. Université de Guelma

Encadrante : M^{me} Hami M. M.C.B. Université de Guelma

Juin 2024

Remerciements

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

Nous exprimons notre profonde gratitude envers les membres du jury, Mme Aissani F. pour avoir accepté la présidence du jury, et Mme Chahat N. pour avoir accepté d'étudier ce travail. Nous adressons toute notre gratitude et nos vifs remerciements à notre encadrante Mme Hami M., qui nous a honorés en acceptant de diriger ce travail, pour ses encouragements, ses conseils et sa disponibilité. Merci de nous avoir guidés avec patience et d'avoir consacré autant d'heures à la correction de ce manuscrit. Merci pour votre soutien, votre respect et votre gentillesse, qui nous ont beaucoup touchés. Remerciements chaleureux.

Nous remercions également Mme Aissani F. et Mme Bousnane, qui nous ont aidés pendant notre travail en laboratoire. Nous exprimons également notre gratitude envers tous les enseignants de la spécialité de phytopharmacie et protection des végétaux, chacun d'entre vous est pour nous rester une personne généreuse, tant dans la recherche que dans les relations humaines. Merci infiniment pour tout ce que vous avez fait pour nous.

Nous tenons à remercier chaleureusement Mme Nassima et Mme Ratiba, les ingénieures de laboratoire, pour leur travail acharné et leur aide constante.

*À toute la promotion PPV : 2023 – 2024, nos remerciements
chaleureux .*

Dédicaces

Avec fierté et gratitude, je dédie ce travail à ma grand-mère bien-aimée et à mes chers parents... Les mots de remerciement ne suffiront jamais à exprimer ce que vous méritez, pour tous les sacrifices que vous avez faits pour moi depuis ma naissance. Spécialement à ma grand-mère, tu es mon guide dans la vie.

À ma chère grand-mère **Hakima**, rien dans ce monde ne peut égaler les efforts que vous avez déployés jour après jour pour m'enseigner, prendre soin de moi et me soutenir. Ce travail est le fruit de vos sacrifices pour mon éducation et ma formation, et des nobles valeurs morales que vous m'avez inculquées. Vos prières et bénédictions ont été d'une grande aide pour réussir mes études et obtenir toujours les premières places dans mon parcours académique. Avec l'aide d'Allah, je réaliserai mes objectifs et votre travail acharné ne sera pas vain.

À mes parents, **Mohammed** et **Moufida**, en témoignage de ma gratitude pour votre soutien, votre amour, vos câlins et vos préoccupations, les mots ne suffisent pas pour exprimer tout l'amour et l'admiration que j'ai pour vous. Vous êtes pour moi le symbole par excellence de la bonté, la source de tendresse et l'exemple de dévouement qui n'a jamais cessé de me soutenir et de prier pour moi. Qu'Allah vous protège et vous garde.

À ma chère sœur **Maissa**, chahede, mon cher frère **Akram Abed- Elrahim** et ma cousine **Hala** ma vie aurait été vide et ennuyeuse sans vous... Grâce à votre soutien et vos conseils, j'ai pu atteindre mes objectifs et réussir mes études. Je vous souhaite à tous les deux le succès dans vos vies et le bonheur qui remplit vos cœurs.

À mes copines proches **Feriel**, **Rym**, **Najla** et ma collègue **Haoua**, je vous aime beaucoup, merci pour votre soutien et votre amour.

SABRINA

Dédicaces

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

*A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père **Menich**.*

*A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse : mon adorable mère **Razika**.*

*A **Ma grand-mère** et **Mon grand -père**. Que Dieu leur donne une longue et joyeuse vie.*

*A mes frères **Abed El moumen** et **Salah Eddine**, et mon adorable petite sœur **Kawther**, qui sait toujours Comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille.*

*A ma chère chère tante **Nadia** et **mes oncles** , je vous aime et je souhaite que vous soyez toujours mon soutien .*

A tous les cousins, et les amis que j'ai connu jusqu'à maintenant. Merci pour leurs amours.

*Sans oublier ma collègue **Sabrina** pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.et leurs encouragements.*

HAOUA

Liste des abréviations

Liste des figures

Listes des tableaux

Résumés

Introduction.....01

Chapitre 01. Revue bibliographique

1. Généralités sur la plante *Citrus aurantium* L.....04

1.1. Description botanique.....04

1. 2. La position systématique.....04

1. 3. Usage traditionnel.....05

1. 4. Données phytochimiques.....06

2. Les principaux ravageurs des denrées stockées.....06

3. Généralités sur *Ephestia kuehniella*10

3. 1. Description morphologique.....10

3. 2. Position systématique.....10

3. 3. Cycle biologique d '*E. kuehniella*.....11

3. 4. Dégâts causés par les insectes des denrées stockées par *E. kuehniella*.....13

3. 5. Techniques de contrôle des insectes nuisibles dans les produits entreposés.....14

3. 5. 1. Lutte préventive.....14

3. 5. 2. Lutte curative.....15

3. 5. 2. 1. Lutte physique.....15

3. 5. 2. 2. Lutte par le froid.....16

3. 5. 2. 3. Lutte par le chaud.....	16
3. 5. 2. 4. Isolation.....	16
3. 5. 3. Lutte chimique.....	16
3. 5. 3. 1. Traitement par contact.....	16
3. 5. 3. 2. Traitement par fumigation.....	16
3. 5. 4. Lutte biologique.....	17
4. Généralités sur Les plantes aromatiques.....	17
4. 1. Définition des plantes aromatiques.....	17
4. 2. Exemples de certaines plantes aromatiques.....	18
5. Généralités sur les HEs.....	20
5. 1. Définition des HEs.....	20
5. 2. Localisation et répartition des HEs.....	21
5. 3. Composition chimique des HEs.....	22
5. 4. Facteurs influençant la composition chimique des HEs.....	23
5. 5. Contrôle de la qualité des HEs.....	23
5. 6. Techniques d'extraction des HE.....	24
5. 7. Propriétés des HEs.....	24
5. 8. Conservation des HEs.....	26
5. 9. Utilisation des HES en tant que bio-pesticides.....	27
5. 10. Toxicité des HEs.....	27
6. Métabolites secondaires.....	28
6. 1. Composés phénoliques.....	28

6. 1. 1. Classification des composés phénoliques	29
6. 2. Terpènes.....	29
6. 3. Alcaloïdes.....	30

Chapitre 02. Matériel et méthodes

1. Objectifs de l'étude.....	31
2. Matériel biologique.....	31
2. 1. Collecte et séchage de la plante.....	32
2. 2. Conditions d'élevage.....	33
3. Méthode de travail.....	33
3. 1. Screening phytochimique.....	33
3. 2. Extraction en poudre.....	34
3. 3. Extraction aqueuse.....	36
3. 3. 1. Préparation de macération.....	36
3. 3. 2. Détermination du rendement.....	37
3. 4. Extraction d'H.E par hydrodistillation.....	38
3. 4. 1. Le rendement en HE.....	39
3. 4. 2. Étude des propriétés organoleptiques de HE de <i>C. aurantium</i>	39
4. Evaluation de l'activité bio-insecticide de l'HE de <i>C. aurantium</i>	39
4. 1. Traitement par application topique.....	39
4. 2. Effet d'HE de <i>C. aurantium</i> sur le potentiel reproducteur d' <i>E. kuehniella</i>	39
5. Effets insecticides de la bio-formulation avec l'HE de <i>C.aurantium</i>	41
5. 1. Traitement par ingestion	41
6. Détermination des types et taux morphologiques induits.....	42

Chapitre 03. Résultats

1. Screening phytochimique.....	43
1. 2. Rendement de l'extrait aqueux.....	45
1. 3. Rendement d'HE.....	45
2. Evaluation de l'activité bio-insecticide de l'HE de <i>C. aurantium</i>	46
2. 1. Effet de l'HE sur la durée du dév nymphale et la longévité des adultes.....	46
2. 2. Effet de l'HE sur les périodes de préoviposition et d'oviposition.....	47
2. 3. Effet d'HE sur la fécondité et la viabilité des œufs pondus par la femelle.....	48
3. Effets insecticides de la bio-formulation entre l'argile blanche et l'HE	49
3. 1. Étude toxicologique sur <i>E. kuehniella</i>	49
4. Effet de l'HE de <i>C. aurantium</i> sur les types morphologiques induits.....	50

Chapitre 04. Discussion

1. Screening phytochimique	54
1. 1. Rendement de l'extrait aqueux et des HEs.....	55
2. Evaluation de l'activité bio-insecticide de l'HE de <i>C. aurantium</i>	56
2. 1. Effets de l'HE sur la durée du dév nymphal et la longivité des adultes.....	56
2. 2. Effets de l'HE de <i>C. aurantium</i> sur le potentiel reproducteur.....	57
3. Effets insecticides de la bio-formulation de <i>C. aurantium</i>	60
4. Effet de l'HE de <i>C. aurantium</i> sur les types morphologiques induits.....	61
Conclusion.....	63

Références bibliographiques

Liste des abréviations

<i>E. Kuehniella</i> :	<i>Ephestia kuehniella</i> .
<i>C. aurantium</i> :	<i>Citrus aurantium</i> .
<i>C. paradisi</i> :	<i>Citrus paradisi</i> .
<i>C. limonum</i> :	<i>Citrus limonum</i> .
<i>C. reticulata</i> :	<i>Citrus reticulata</i> .
µl :	Microlitre.
µg :	Microgramme.
µm:	Micromètre.
<i>T.castaneum</i> :	<i>Triboliumcastanum</i> .
H :	Heures.
HE /HEs :	Huile essentielle / Huiles essentielles.
DL₂₅ :	Dose létale 25.
DL₅₀ :	Dose létale 50.
DL₉₀ :	Dose létale 90.
M±S :	La moyenne ± l'écartype.
J :	Jours.
% :	Pourcentage.

Liste des figures

N°	TITRE	PAGE
1	<i>C.aurantium</i> L.	4
2	Les déférents produits extraits de l'oranger amer	6
3	La farine infestée par <i>E. kuehniella</i> Zeller	10
4	Adulte d' <i>E. kuehniella</i>	10
5	Les oeufs de <i>E. kuehniella</i>	11
6	Les larves male (A) et femelle (B) d' <i>E. kuehniella</i>	12
7	Les chrysalides d' <i>E. kuehniella</i>	12
8	Le cycle de développement d' <i>E. kuehniella</i>	13
9	La distance sanitaire entre chaque pile de sac a CCLS de Ouargla	15
10	L'ensemble des espèces de plantes aromatiques	18
11	Les organes végétaux contenant des HES	21
12	Les méthodes d'extraction des HES.	24
13	Les composés phynoliques	29
14	Les feuilles de <i>C. aurantium</i> . avant et après le séchage	32
15	La poudre des feuilles de <i>C.aurantium</i>	32
16	Les fleurs fraiches de <i>C. aurantium</i>	32
17	Localisation géographique de la région de collect de <i>C.aurantium</i>	32
18	Elevage d' <i>E. kuehniella</i> à 27°C	33
19	Localisation géographique de la région de collecte de <i>E. kuehniella</i>	33
20	Préparation de l'extraction par solution aqueuse	36
21	Représentation de l'équipement d'hydrodistillation de type Celenger	38
22	Evaporation des HES par l'évaporateur rotatif	38
23	Application topique de l'HE sur les chrysalides de <i>E.kuehniella</i>	40
24	Le traitement des chrysalides par application topique de l'HE de <i>C. aurantium</i>	41

25	Traitement par ingestion des adultes nouvellement ténues par la bioformulation par <i>C. aurantium</i>	41
26	Effet insecticide de l'HE de <i>C. aurantium</i> administrée par application topique sur les chrysalides nouvellement ténue d' <i>E. kuehniella</i> , sur la durée de développement nymphal (j) et la longévité (J) ($m \pm s$, n=3 répétitions, 7 insectes/répétition).	46
27	Effet de HE de <i>C. aurantium</i> administrée par application topique, sur les chrysalides nouvellement ténue d' <i>E. kuehniella</i> , sur la durée préoviposition et l'oviposition ($M \pm S$; n= 3 répétitions, 7 insectes / répétition).	47
28	Effet de HE de <i>C. aurantium</i> administrée par application topique, sur les chrysalides nouvellement ténue d' <i>E. kuehniella</i> , sur la fécondité et la viabilité ($M \pm S$; n= 3 répétitions , 7 insectes / répétition).	48
29	Effet de l'HE de <i>C. aurantium</i> sur la mortalité observée des adultes d' <i>E. kuehniella</i> (%) en fonction des doses (μ l) et du temps d'exposition (h).	49
30	Les divers types morphologiques pendant le développement nymphal .	52
31	Répartition (%) des divers types morphologies observées chez les chrysalides, qu'elles soient traitées ou non avec l'HE de <i>C. aurantium</i> d' <i>E. kuehniella</i> .	53

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
1	Les principaux ravageurs des denrées stockées.	07
2	Les principaux plantes aromatiques.	18
3	La composition chimique de huile essentielles de <i>C.aurantium</i>	23
4	Les résultats de screening phytochimique de <i>C. aurantium</i>	43
5	Propriété organoleptique et rendement de l'extrait aqueux des feuilles de <i>C.aurantium</i>	45
6	Le pourcentage de rendement et les propriétés organoleptiques des HE de <i>C. aurantium</i>	45
7	Effet de l'HE de <i>C. aurantium</i> administrée par application topique, sur les chrysalides nouvellement éxuvies d' <i>E. kuehniella</i> , sur la durée de développement nymphal et la longévité ($M \pm S$; n= 3 répétitions , 7 insectes / répétition).	46
8	Effet de l'HE de <i>C. aurantium</i> administrée par application topique, sur les chrysalides nouvellement éxuvies d' <i>E. kuehniella</i> , sur la duréepréoviposition + oviposition($M \pm S$; n= 3 répétitions , 7insectes / répétition).	47
9	Effet de l'HE de <i>C. aurantium</i> administrée par application topique, sur les chrysalides nouvellement éxuvies d' <i>E. kuehniella</i> , sur la fécondité et la viabilité ($M \pm S$; n= 3 répétitions , 7insectes / répétition) .	48
10	Effet de l'HE 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 (h).	49

Résumé

Les substances d'origine naturelle, et plus particulièrement les HEE représentent actuellement une alternative aux produits chimiques pour la protection des produits alimentaires stockés. L'activité insecticide de *C. aurantium* a été évaluée contre *E. kuehniella*, un ravageur des produits stockés.

L'extrait a été obtenu par macération de la poudre des feuilles de *C. aurantium* dans un mélange hydrométhanolique. Il récupéré avec un rendement de 17,5 % a été soumis à un screening phytochimique pour mettre en évidence la composition qualitative de la plante en métabolites secondaires. Cette analyse montre la présence des flavonoïdes, des leucoanthocyanes, des saponines, des stéroïdes, des terpénoïdes, des mucilages, des tanins et des alcaloïdes, tandis que les quinones et les coumarines étaient absentes. L'extraction par hydrodistillation des fleurs de *C. aurantium* donne un rendement de 0,12 % en HE.

Différents paramètres biologiques ont été déterminés initialement sur des chrysalides nouvellement exuviées d'*E. kuehniella*, traitées par application topique avec différentes doses létales d'HE. Les résultats obtenus montrent que l'HE de *C. aurantium* entraîne un allongement de la durée du développement nymphal et de la période de préoviposition, ainsi qu'une diminution de la longévité des adultes, de la période d'oviposition, de la fécondité des femelles et de la viabilité des œufs, avec l'apparition de quatre types morphologiques différents.

Les résultats de notre étude confirment l'effet insecticide de la bio-formulation testée contre *E. kuehniella*, où les adultes ont été exposés à différentes concentrations de l'huile. Ce traitement a montré un effet notable sur le taux de mortalité, atteignant 100 % après 48h à la concentration la plus élevée de 5 µL.

Cette étude a montré que l'utilisation de l'HE de *C. aurantium* comme insecticide d'origine végétale constitue une alternative naturelle aux pesticides chimiques contre les ravageurs des denrées stockées, de manière durable pour l'environnement.

Mots clés : *Citrus aurantium*, *Ephestia kuehniella*, screening phytochimique, paramètres biologiques, bio-formulation.

Abstract

Natural substances, particularly essential oils (EOs), currently represent an alternative to chemical products for protecting stored foodstuffs. The insecticidal activity of *C. aurantium* L. was evaluated against *E. kuehniella*, a pest of stored products.

The extract was obtained by maceration of *C. aurantium* L. leaf powder in a hydro-methanolic mixture, yielding 17.5%. Phytochemical screening of the extract revealed the presence of flavonoids, leucoanthocyanins, saponins, steroids, terpenoids, mucilages, tannins, and alkaloids, with quinones and coumarins absent. Hydrodistillation of *C. aurantium* L. flowers yielded 0.12% essential oil (EO).

Various biological parameters were initially determined on newly exuviated *E. kuehniella* pupae treated topically with different lethal doses of EO. Results showed that *C. aurantium* EO prolonged nymphal development and pre-oviposition period, decreased adult longevity, oviposition period, female fecundity, and egg viability, with four different morphological types appearing.

Our study confirms the insecticidal effect of the tested bio-formulation against *E. kuehniella* adults exposed to varying concentrations of the oil. This treatment significantly increased mortality rates, reaching 100% after 48 hours at the highest concentration of 5 μ L.

Key words: *Citrus aurantium*, *Ephesia kuehniella*, phytochemicals screening, biological parameters, bio-formulation.

الملخص

تُعتبر المواد الطبيعية، وخاصة الزيوت العطرية الأساسية، حالياً بديلاً عن المواد الكيميائية من أجل حماية المنتجات الغذائية المخزنة. تم تقييم النشاط المبيد لزيوت *C. aurantium* في ظروف مثالية ضد *E. kuehniella* التي تعد آفة للمنتجات المخزنة.

تم الحصول على المستخلص بواسطة غمر مسحوق أوراق *C. aurantium* في مزيج مائي-ميثانولي). تم جمع المستخلص بنسبة استرداد 17.5% وتم تعريضه للتحليل النباتي الكيميائي لإظهار التركيب الكيميائي للنبات من المركبات الثانوية. أظهرت هذه التحليلات وجود الفلافونويدات، الليكوانثوسيانين، السابونينات، الستيرويدات، التيربينويدات، الموسيليجات، التانينات، والقلويات، بينما كانت الكينونات والكومارينات غير موجودة في الاستخراج المائي. يُعطي استخراج زهور *C. aurantium* عن طريق التقطير المائي استرداداً بنسبة 0.12% من الزيت العطري.

تم تحديد معايير حيوية مختلفة أولاً، على اليرقات حديثة الـ *E. kuehniella* المعالجة بواسطة تطبيق موضعي بجرعات مختلفة مميتة من زيت *C. aurantium*، حيث أظهرت النتائج أن زيت *C. aurantium* يؤدي إلى تأخير في مدة التطور اليرقي وفترة ما قبل الوضع، وانخفاض في طول البالغين، وفترة الترسيب البيضي، وخصوبة الإناث، ونسبة البيض المفقوص، مع ظهور أربع أنواع مورفولوجية مختلفة.

تؤكد نتائج دراستنا تأثير مبيد الحشرات للصبغة الحيوية المختبرة ضد *E. kuehniella*، حيث تمت تعريض البالغين إلى تراكيز مختلفة من الزيت عن طريق الابتلاع. أظهر هذا العلاج تأثيراً ملحوظاً على معدل الوفيات، حيث بلغت نسبة الوفيات 100% بعد 48 ساعة عند التركيز الأعلى للزيت وهو 5 ميكرو لتر.

أظهرت هذه الدراسة أن استخدام زيت البرتقال المر كمبيد حشري نباتي بشكل بديلاً طبيعياً للمبيدات الكيميائية ضد آفات المخزونات الغذائية، بطريقة مستدامة للبيئة.

الكلمات المفتاحية: زيت البرتقال المر، عثة الطحين، التحليل النباتي الكيميائي، المعايير البيولوجية، التركيب الحيوي.

Introduction

Introduction:

Les produits agricoles, en tant que fondement de notre existence, sont considérés comme un pilier essentiel de notre société, nourrissant les populations, façonnant les économies, et tissant des liens culturels à travers le monde. Pourtant, ils sont généralement saisonniers malgré la demande continue des consommateurs tout au long de l'année. Avec la croissance significative de la population mondiale qui approche les 7 milliards de personnes actuellement, la nécessité en produits alimentaires est en augmentation continue. Par conséquent, les agriculteurs ont tenté de doubler la production de ces produits et de les stocker de manière appropriée et optimale pour répondre à cette demande croissante (**Ammouri, 2023**).

Les céréales sont les produits les plus stockés, constituant la principale source alimentaire pour les humains et les animaux domestiques. À l'échelle mondiale, les pertes de ces produits agricoles dues aux ravageurs des denrées stockées sont estimées à environ 10%. Parmi les pays les plus touchés par ces pertes, les pays africains sont en tête de liste (**Merghid et al., 2017**). En Algérie, les céréales et leurs dérivés occupent une place importante dans le régime alimentaire, fournissant plus de 60% des calories et de 75% à 80% des protéines de l'alimentation nationale (**Benlameur, 2016**).

Les insectes responsables des dommages aux produits stockés représentent une part importante des ravageurs affectant les céréales entreposées, notamment *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera :Pyralidae), l'une des espèces les plus redoutées dans ce contexte (**Titouhi et al., 2017 ; FAO, 2019**). Cet insecte est extrêmement nuisible et représente une menace significative en raison de sa capacité à causer la détérioration du stockage, ainsi que des pertes partielles et parfois totales des produits (**Rajashekar et al., 2010**). De plus, d'autres types d'organismes nuisibles aux produits stockés sont bien connus en Algérie, tels que *Sitophilus granarius*, *Rhyzoperta dominica* et *Tribolium castenium*, qui revêtent une importance particulière en raison de l'ampleur des dommages qu'ils peuvent causer aux cultures des zones semi-arides. Ces ravageurs peuvent entraîner d'importantes pertes en réduisant la qualité et la quantité des produits stockés (**Yezli et al., 2019**). Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, la dégradation qualitative et quantitative des produits stockés par les insectes ravageurs représente 29,6 % de la production mondiale dans les pays le monde (**FAO, 2022**).

D'habitude, les approches chimiques sont utilisées pour gérer la contamination par les ravageurs dans les installations de stockage des produits (Giunti *et al.*, 2019). Bien que cette méthode soit largement considérée depuis longtemps comme le meilleur moyen efficace et économique de protéger les cultures contre les ravageurs (Akantetou *et al.*, 2020), l'utilisation intensive et non étudiée de ces insecticides peut conduire à la pollution de la chaîne alimentaire, à l'élimination des espèces non ciblées, ainsi qu'à l'émergence de formes de résistance chez les insectes cibles (Zerrougi et Boukhatem, 2021).

En réponse à ces préoccupations croissantes, les recherches récentes se sont largement concentrées sur la découverte de substances insecticides sûres pour la santé humaine et respectueuses pour l'environnement, telles que l'utilisation des phytoinsecticides. Cette approche s'avère extrêmement efficace, étant donné que l'utilisation de substances végétales dans la préservation était bien pratiquée avant l'avènement des produits chimiques et des pesticides synthétiques (Nadio *et al.*, 2021).

Les HEs sont considérées comme de bonnes alternatives aux insecticides chimiques et ont prouvé leur efficacité dans la lutte contre les ravageurs au cours de la dernière décennie et suscitant un grand intérêt scientifique (Deravel *et al.*, 2013). Cela est illustré par le nombre d'études examinant leur efficacité dans la protection des céréales et des denrées alimentaires stockées contre l'insecte *E.kuehniella* (Rahabi *et al.*, 2023 ; Aissaoui, 2022 ; Bendjedid, 2022 ; Taffar, 2022 ; Boukhalfa et Rouabah, 2020 ; Cherfi et Gassi, 2020 ; Maizi et Lemita, 2019 ; Sedira et Ramdani, 2018 ; Taibi *et al.* 2018).

Dans ce cadre, nous menons cette étude afin d'évaluer l'effet d'un bio-insecticide dérivé de l'HE de *C. aurantium* L., extraite des plantes d'agrumes de la famille Rutaceae, sur le potentiel reproducteur d'*E. Kuehniella*, un ravageur des denrées stockées, appartenant à la famille des pyralidés. Et nous avons évalué l'effet d'une formulation biologique de ce insecticide végétal sur les adultes de cette espèce. Cette recherche est structurée en quatre chapitres :

- Chapitre I : Aborde les aspects bibliographiques concernant l'orange amère, les types de ravageurs des grains stockés et leurs méthodes de lutte, ainsi qu'une vue d'ensemble sur la plante aromatique.
- Chapitre II : Met l'accent sur la partie expérimentale, incluant l'étude de l'analyse phytochimique et du processus d'extraction de l'HE , ainsi que l'évaluation de son impact.

Introduction

- Chapitre III : Rassemble tous les résultats obtenus au cours des expériences et des analyses.
- Chapitre IV : Comprend la discussion des résultats, leur analyse par rapport aux recherches antérieures et leur discussion.
- En fin, le travail se termine par une conclusion générale.

Revue bibliographique

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

1.1 . Description botanique :

C. aurantium Connu également sous le nom vernaculaire de bigaradier, oranger amer, oranger de Séville ou bigarade, est une espèce d'arbre à feuilles persistantes pouvant atteindre une hauteur de 5 à 8 mètres son tronc est ramifié (Ghédiraet Goetz, 2015). Qui appartient à la famille des Rutacées (Suntar et al., 2018). Ses feuilles vertes brillantes ont une légère odeur et un goût amer. Elles sont ovales, pointues à l'extrémité, attachées par un pétiole articulé. Elles mesurent environ 8 cm de longueur et 4 cm de largeur. Les fleurs peuvent atteindre 25 mm (Escarti, 2008). Et disposées en groupes de deux ou trois, émettent un parfum suave et plaisant. Les fruits qui se forment après la floraison sont de forme arrondie et présentent une couleur orangée attrayante (Cerdagen, 2004).

C. aurantium produit deux types HEs, le néroli et l'orange douce, à partir des fleurs et des parties végétales plus petites, respectivement. Cette production est due à la présence de métabolites secondaires tels que les flavonoïdes, les limonoïdes, les stéroïdes et les alcaloïdes ...qui sont considérés comme bénéfiques pour la santé humaine. (Maksoud et al., 2021).

1. 2. Position systématique : (Suryawanshi, 2011).

Règne : Végétale

Sous-division : Angiospermes

Classe : Dicotyledoneae

Sous-classe : Archychalmydeae

Ordre : Géraniale

Sous-ordre : Géraniineae

Famille : Rutaceae

Sous-famille : Aurantiodeae

Tribus : Citreae

Sous-tribus : Citrina

Genre : *Citrus*

Espèce : *aurantium*



Figure 01: *C.aurantium* L. (Photo originale, 2024).

1. 3. Usage traditionnel :

Depuis l'époque médiévale jusqu'à nos jours, les scientifiques ont considéré l'utilisation des plantes comme des médicaments naturels comme possible et probable. Parmi ces plantes, on trouve le *C. aurantium*. L'HE est obtenue à partir de ses fleurs, connues sous le nom de néroli en hommage à la princesse Nérolie (XVIII^e siècle). Cette huile possède diverses propriétés médicinales et est utilisée dans le traitement de plusieurs maladies (**Bousbia, 2011**).

En se basant sur son utilisation traditionnelle, des études ont été menées sur les préparations extraites afin d'évaluer leur efficacité de manière scientifique et rigoureuse comme son utilisation traditionnelle dans la protection cardiovasculaire, anticancéreux, anti-rhumatismal, anti-arthritique, anti-inflammatoire, antioxydant, antituberculeux, anti-asthmatique et antihypertenseur. (**Yogeshwaran et al., 2022**). Et utilisé également dans la perte de poids et la gestion du poids en raison de sa principale composante, le protoalkaloid p-synéphrine (**Stohs et al., 2011**).

De plus, les diverses parties de la plante telles que les feuilles, les fruits, les graines et les écorces de *C. aurantium*, sont utilisées dans la formulation de produits cosmétiques tels que les produits de bronzage artificiel, les savons et les démaquillants. Leur utilisation présente des avantages pour l'amélioration de la pigmentation cutanée, tandis que leur intégration dans les compositions de parfums est également bénéfique (**Jyotsna, 2011**).

La Chine occupe une place prépondérante dans l'exploitation de la médecine traditionnelle pour la plante *C. aurantium*, dans diverses applications cliniques, notamment pour le traitement de la diarrhée et de la constipation, ainsi que son utilisation comme stimulant respiratoire. Par ailleurs, l'Amérique du Sud a également employé cette plante dans le traitement des troubles anxieux et épileptiques (**Stohs et al., 2011**).

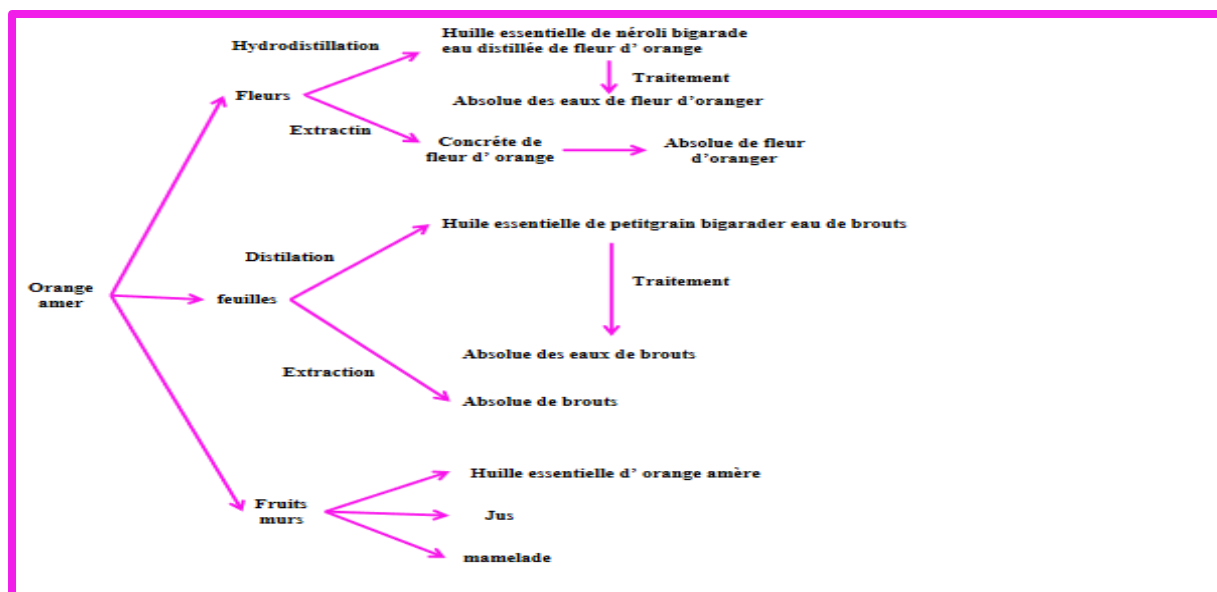


Figure 02 : Les différents produits extraits de l'orange amère (Cerdagne, 2004).

1. 4. Données phytochimiques :

En dépit de sa structure complexe et non simpliste de *C. aurantium* mais il est envisageable d'identifier les constituants chimiques de cette plante par le biais d'approches scientifiques rigoureuses (Javid et al., 2012). Et ainsi l'orange amère présente une composition chimique complexe, et son nom est généralement associé à son huile essentielle contenue dans sa peau. L'HE courante qui apparaît après le pelage des agrumes, y compris l'orange amère, lui donne son parfum et son goût prononcés, et lui attribue de nombreux bienfaits médicaux. En plus de l'HE, l'écorce contient d'autres composés importants tels que les flavonoïdes et les alcaloïdes comme la synéphrine et l'octopamine (Jyotsna, 2011).

2. Principaux ravageurs des denrées stockées :

Parmi les espèces d'insectes les plus remarquables qui attaquent les réserves de grains se trouvent les lépidoptères et les coléoptères. Ces taxons spécifiques sont responsables de la plupart des pertes dans les entrepôts des nations industrialisées (Chenni, 2016). En raison de cela, diverses études ont signalé l'utilisation des HEs comme moyen de protection des produits alimentaires stockés contre les insectes nuisibles, en raison de leur contenu en composés secondaires bénéfiques (Belarouci, 2017). Les insectes nuisibles qui attaquent les semences stockées se divisent en trois catégories (Arrab, 2016).



La première catégorie comprend les ravageurs primaires, également appelés “formes cachées”, capables d’attaquer des grains sains et entiers, comme le *charançon* du riz (**Arrab, 2016**). Les ravageurs primaires représentent un grand danger car ils mènent leur cycle de vie exclusivement sur les grains et de manière cachée.





La deuxième catégorie inclut les ravageurs secondaires ou “formes libres”, qui n’affectent les grains qu’après avoir été endommagés par les ravageurs primaires, tels que le *Tribolium noir* (**Bekon et Fleurat-Lessrd, 1989**).


La troisième catégorie englobe les ravageurs tertiaires qui se nourrissent des graines cassées, de la poussière de graines et de la poudre restante des catégories précédentes, tels que *letrogoderme* des denrées alimentaires (**Inge de Groot, 2004**).

On mentionne quelques insectes nuisibles aux denrées alimentaires stockées :

Tableau 01 : Les principaux ravageurs des denrées stockées (**Benlameur, 2016**) .

Nom d’insecte	Type d’insecte	Denrées attaqués	Dégats
<i>Tribolium confusum</i> 	Primaire	Blé dur et blé tendre	L’intensification des dommages causés par les charançons (les insectes adultes ou les larves qui se nourrissent de grains et consomment soit l’albumen, soit le germe, voire les deux) est accompagnée d’une sécrétion malodorante..
<i>Sitophilus granarius</i> 	Primaire	Blé	Les grains présentent des perforations où le germe et l’amande ont été dévorés.

<p><i>Oryzaephilus surinamensis</i></p> 	Primaire	Blé et maïs	L'aggravation des dommages causés par les charançons (insectes adultes ou larves se nourrissant de grains, consommant l'albumen ou le germe, parfois les deux) se manifeste.
<p><i>Cryptolestes ferrugineus</i></p> 	Secondaire	Blé	Endommagement du germe.
<p><i>Trogoderma granarium</i></p> 	Primaire	Blé, riz et millet	Les grains sont excavés jusqu'à être complètement vidés.
<p><i>Rhizopertha dominica</i></p> 	Primaire	Blé, riz, millet, orge, maïs et sorgho	Le contenu du grain est réduit en poudre.

<p><i>Callosobruchus maculatus</i></p> 	Tertiaire	Poischiche	Il applique une force qui entraîne la formation de trous d'émergence dans les grains.
<p><i>Plodia interpunctella</i></p> 	Secondaire	Blé, Riz, millet, orge, maïs et sorgho.	Le germe est attaqué et la qualité de la marchandise est dégradée par les fils de soie gluants provenant de son cocon.
<p><i>Sitotrogacelella</i></p> 	Secondaire	Maïs et blé	Trou dans les grains Goût de rance.
<p><i>Ephestia kuehniella</i></p> 	Secondaire	Maïs	Le cocon obstrue les équipements et les systèmes de manutention.

3. Généralités sur *Ephestia kuehniella* Zeller :

3. 1. Description morphologique :

E. kuehniella Zeller (1879) est une espèce de lépidoptère nocturne holométabole de la famille pyralidés (Ngamo L.S.T., 2001). nuisible majeure dans les installations de minoterie (Trematerra et Gentile, 2010 cité in Taffar, 2022). Cet insecte est considéré comme un ravageur des denrées stockées en raison de son potentiel à causer des dommages biologiques et économiques. Les larves ciblent les aliments de base tels que la farine et les céréales telles que le blé et le maïs, ainsi que la semoule, les pâtes alimentaires et les fruits secs tels que les raisins secs. De plus, il est reconnu comme une source d'allergie, augmentant ainsi le risque de développer des affections respiratoires telles que l'asthme et la rhinite chez l'homme (Bataille et al., 1995 ; Yezli, 2014).



Figure 03 : La farine infestée par *E. kuehniella* Zeller (**Photo originale, 2024**).

3. 2. Position systématique : selon le Centre National d'Information sur la Biotechnologie «NCBI » (2018) Sa position systématique est la suivante:

Règne : Animalia

Sous règne : Metazoa

Embranchement : Arthropoda

Classe : Insecta

Sous classe : *Pterygota*

Super ordre : Endopterygota

Ordre : Lepidoptera

Famille : Pyralidae

Genre : *Ephestia*

Espèce : *kuehniella* (Zeller, 1879)



Figure 04 : Adulte d'*E. kuehniella* (**Photo originale, 2024**).

3. 3. Cycle biologique d'*E. kuehniella*:

La période totale du cycle de développement fluctue entre 25 et 200 jours en fonction des conditions alimentaires et thermiques. Il s'agit d'un insecte de type holométabole avec des habitudes nocturnes (**Hami, 2004**). Elle passe par quatre stades bien déterminés : oeuf, larve, chrysalide et adulte (emago).

- ✧ **L'œuf** : Il a une forme ovale (ovoïde) presque sphérique, est de couleur blanchâtre, et il est à la fois brillant et opaque (**Aissaoui, 2020**). Il passe par une incubation durant 3 à 14 jours. Présente une longueur de 460 μm , et une largeur de 230 μm (**Yezli-Touiker et al., 2016**).

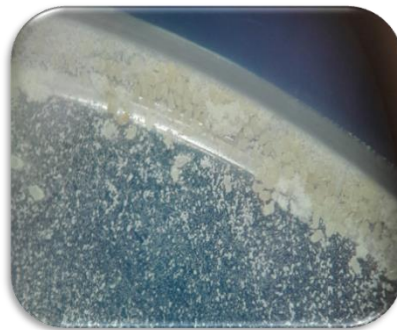


Figure 05 : Les oeufs de *E. kuehniella* (**Photo originale, 2024**).

- ✧ **La larve (chenille)** : De teinte rose-blanc, ces larves mesurent entre 1 et 1,5 mm au premier stade, pour atteindre 15 à 20 mm de long à leur dernier stade larvaire. Dès l'éclosion, la larve commence à se nourrir directement, se déplaçant rapidement et montrant une forte activité de filature. Après six mues larvaires, elles terminent leur croissance, pouvant atteindre jusqu'à 400 mm. Les larves du dernier stade s'éloignent alors de leur source de nourriture et entament la nymphose en fabriquant une enveloppe en soie appelée "Nymphe" ou "cocon", contenant des nutriments dans lesquels elles évolueront pendant 8 à 12 jours pour former la chrysalide (**Taibi, 2007 ; Delhoum et al., 2016 cité in Bendjedid, 2022**).

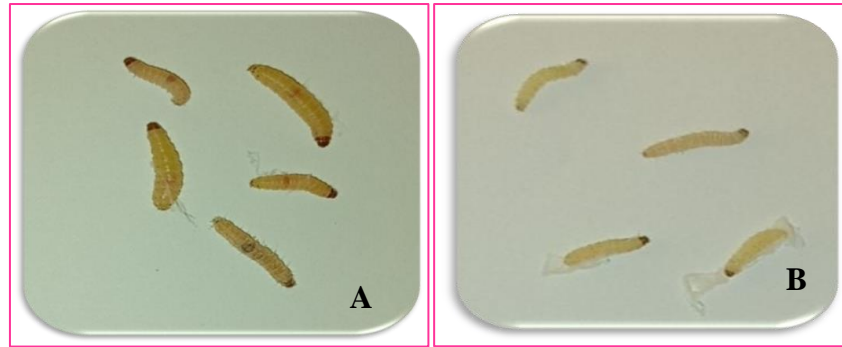


Figure 06 : Les larves male (A) et femelle (B) d'*E. kuehniell* (**Photo originale, 2024**).

- ✧ **La chrysalide (nymphé) :** au départ blanchâtre, prend une teinte plus sombre en vieillissant. Elle est enveloppée dans un cocon de soie blanche qui renferme des substances nutritives. Après une période de développement nymphale de 8 à 12 jours, la chrysalide se transforme en un adulte (**Ozar,1953**).



Figure 07 : Les chrysalides d'*E. kuehniella* (**Photo originale, 2024**).

- ✧ **L'adulte (imago) :** L'insecte adulte possède une tête globulaire de petite taille et a une envergure de 20 à 25 mm. Ses ailes antérieures sont grisâtres et satinées, tandis que ses ailes postérieures sont finement frangées. Les femelles pondent leurs œufs juste après l'accouplement, qui survient quelques heures après l'émergence. La fécondité est estimée entre 200 et 300 œufs(**hami, 2004**).

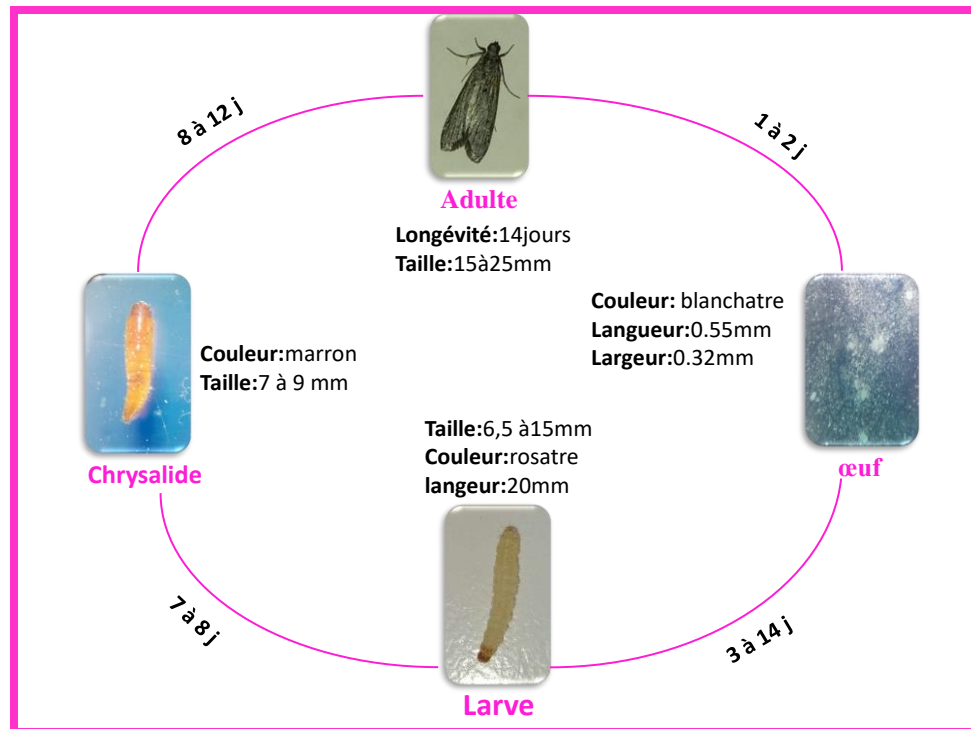


Figure 08 : Le cycle de développement d'*E. kuehniella* (Photo originale, 2024) .

3. 4. Dégâts causés par les insectes des denrées stockées par *E. kuehniella*:

Selon le rapport de **Wertheimer (1958)**, le taux d'attaque dépasse 10 % et peut atteindre 30 % en Afrique du Nord. *E. kuehniella* est considéré comme l'une des espèces les plus courantes et les plus spécifiquement reconnues en Algérie, en particulier sur les produits céréaliers stockés tels que la farine et la semoule en raison de leur large destruction dans les entrepôts. Les larves se nourrissent du tégument et de la germination qui sort des grains. Les individus construisent des réseaux à toutes les étapes larvaires lorsque le moment de la transformation en insectes adultes approche, et la densité élevée de la population produit des tapis de grains entrelacés de toiles atteignant une profondeur de 50 cm (**Doumandji, 1981**). Après la propagation de ces ravageurs sur les denrées alimentaires stockées, des dommages directs se manifestent comme suit :

- 1. Pert de poids** : une diminution de la masse des denrées affectées
- 2. Pert de qualité et de valeur marchande** : une altération de la qualité intrinsèque des produits, entraînant une dépréciation de leur valeur sur le marché.
- 3. Diminution de la faculté de germination des semences** : une baisse de la capacité des graines à germer et à produire de nouvelles plantes

4. Perte de valeur nutritive : une diminution de la valeur nutritionnelle des produits affectés. De plus, on observe des dommages indirects tels que l'altération du goût alimentaire et de ses propriétés sensorielles, ainsi que la production de grandes quantités de poussière de farine, la libération continue de phéromones, et la contamination des produits par les excréments, les poils et les débris des larves, ce qui contribue à la détérioration de la qualité alimentaire et à des risques sanitaires accrus. Ces conséquences affectent à la fois la consommation humaine et la production alimentaire destinée aux animaux domestiques (Ncibi, 2020).

En 2001, Christine a souligné que les larves d'*E. kuehniella* préfèrent se nourrir de produits transformés plutôt que de grains. Ces insectes représentent une menace sérieuse dans les moulins, car leurs cocons peuvent obstruer les machines et les conduits hélicoïdaux avec leurs sacs d'œufs. Les dommages les plus importants surviennent lorsque les larves entravent la production de farine en accumulant de grandes quantités de débris, entravant ainsi considérablement le processus de criblage (David et Bhadriraju, 2009).

3. 5. Techniques de contrôle des insectes nuisibles dans les produits entreposés :

La méthode de lutte contre les ravageurs des produits entreposés explore diverses techniques pour contenir ces ravageurs tout en maintenant un niveau d'infestation économiquement viable. La régulation de la multiplication des insectes pendant le stockage repose sur un ensemble de stratégies telles que décrites par Wirtzmer(1958)et ces stratégies comprennent des mesures préventives et curatives.

3. 5. 1. Lutte préventive:

Il est impératif de sécher les grains, et la méthode de séchage varie en fonction des conditions locales. L'exposition au soleil provoque la fuite des insectes adultes, qui ne tolèrent ni les températures élevées (au-dessus de 40-44 °C), ni une forte luminosité (le séchage artificiel offre des températures bien plus élevées).

Il est crucial de ne jamais mélanger la nouvelle récolte avec les résidus de la récolte précédente lors du stockage.

Pour minimiser les pertes, on sélectionne uniquement les meilleurs produits pour le stockage à long terme.

Les sacs doivent être disposés de manière à permettre une ventilation optimale, facilitant ainsi le séchage et le refroidissement des grains. De plus, il est préférable de placer ces sacs sur des palettes en bois pour une meilleure circulation d'air et une protection contre l'humidité.

Il est essentiel de laisser un espace entre chaque groupe de sac (**Fig 09**) ainsi qu'entre les sacs et le mur pour faciliter la circulation et la traçabilité. En cas d'épidémie, cette mesure empêche la propagation aux sacs adjacents (**Groot, 2004**).



Figure 09 : La distance sanitaire entre chaque pile de sac a CCLS de Ouargla (**Bencheikh, 2021**).

3. 5. 2. Lutte curative:

3. 5. 2. 1. Lutte physique :

1. Régulation de l'humidité : Assurez-vous de surveiller le niveau d'humidité des grains stockés, car une humidité élevée favorise l'auto-échauffement des grains et le développement des parasites. Ainsi, il est essentiel de procéder au séchage des grains pour éviter ces problèmes.

2. Utilisation de la ventilation : La ventilation est utilisée pour abaisser la température du stock après la récolte et réduire les coûts liés à la lutte contre les insectes. Assurez-vous donc de disposer d'un système de ventilation adéquat.

3. Piégeage : Utilisez des pièges à insectes pour détecter les infestations dans les entrepôts et limiter la prolifération des insectes. Choisissez le type de piège approprié en fonction du type et de la quantité de grains.

4. Traitement thermique : Optez pour le traitement thermique en utilisant la ventilation avec de l'air chaud ou froid, ou des systèmes de lit fluidisé pour préserver la qualité des grains et éliminer efficacement les insectes (**Bettahar, 2016**).

3. 5. 2. 2. Lutte par le froid :

Ces méthodes se manifestent par la réduction de la température de stockage, ce qui entraîne un ralentissement de la croissance des insectes, et cet effet cesse lorsque la température descend en dessous de 10 degrés Celsius (**Gueye et al., 2011**).

3. 5. 2. 3. Lutte par le chaud :

Une approche alternative implique une augmentation de la température (supérieure à 50°C), entraînant ainsi la mort des insectes. Le processus de séchage des produits élimine les insectes présents dans les grains (**Gueye et al., 2011**).

3. 5. 2. 4. Isolation :

L'exposition aux rayons du soleil est une étape essentielle avant le stockage des récoltes, permettant de compléter le processus de séchage et d'éloigner les insectes grâce à la chaleur et à l'impact direct des rayons solaires (**Lale et Vidal, 2003**).

3. 5. 3. Lutte chimique :

Actuellement, l'utilisation des insecticides chimiques est considérée comme le principal moyen de lutter efficacement et facilement contre les insectes nuisibles, selon un rapport de Leonard (**Léonard, 2004**). Deux types de traitement sont généralement Employés :

3. 5. 3. 1. Traitement par contact : Le traitement par contact avec les pesticides est réalisé comme suit :

- Appliquez les pesticides sur les grains, l'emballage et les entrepôts de stockage.
- Le pesticide agit directement sur les ravageurs, entraînant un effet rapide avec une durée d'efficacité prolongée. (**Léonard, 2004**).
- Ces produits peuvent être utilisés sous forme de poudre ou dilués selon les besoins (**Cruz et al., 1988**).

3. 5. 3. 2. Traitement par fumigation :

Le traitement par fumigation implique l'utilisation d'un gaz toxique appelé fumigant pour traiter les grains. L'avantage principal de ce processus est de faciliter la pénétration du

gaz à l'intérieur des grains, ce qui entraîne la destruction des œufs, des larves et des nymphes qui s'y développent (**Cruz et Troude, 1988**). Malheureusement, l'application de ces insecticides chimiques entraîne une série de problèmes graves, notamment des effets néfastes sur l'environnement (**Fianko et al., 2011**), le développement de la résistance aux insecticides par certains ravageurs (**Schuster et Smeda, 2007**), ainsi que des problèmes de santé résultant de l'accumulation de résidus de ces substances dans la chaîne alimentaire, entraînant des cas d'intoxication (**Pretty et Hine, 2005**).

3. 5. 4. Lutte biologique :

Ce mode de lutte contre les ravageurs repose principalement sur l'utilisation des auxiliaires tels que les parasitoïdes, les prédateurs et les antagonistes comme moyens de régulation des populations d'organismes nuisibles. Des efforts ont été déployés pour développer de nouveaux composés afin de remplacer ceux couramment utilisés (**Messaoudene et Mouhou, 2017**).

4. Généralités sur Les plantes aromatiques:

4. 1. Définition des plantes aromatiques :

Si l'on consulte le dictionnaire, les plantes aromatiques sont définies comme des plantes produisant des aromates, c'est-à-dire des composés parfumés. Elles font partie du groupe des "herbes", terme qui désignait autrefois toutes les plantes utilisées en cuisine, en parfumerie, en médecine, en agrément, et qui n'étaient pas toutes parfumées. Ces plantes avaient des propriétés insecticides, étaient utilisées dans la fabrication de lessives et certaines étaient même associées à des vertus magiques, bénéfiques ou maléfiques (**Complan, 1999**).

Une plante aromatique est une plante qui contient dans un ou plusieurs de ses éléments végétaux, sur des huiles aromatique volatiles sous sa forme libre ou sous une autre forme, transformée ou dégradée en huile aromatiques à odeur raisonnables prouvent être extrait par des méthodes conventionnelles, naturellement (Frais ou sec), ou dans sa forme pure après extraction (**Haïkal, 1993**).





Il peut également être utilisé sous forme de drogues brutes, qui sont des parties séchées des plantes aromatiques (racines, tiges, bois, écorce, feuilles, fleurs, fruits et graines, dans certains cas, plantes entières) (**Namdeo, 2018**).






Figure 10 : L'ensemble des espèces de plantes aromatiques

4. 2. Exemples de certaines plantes aromatiques :

Tableau 02 : Les principaux plantes aromatiques (Amiour , 2018).

Plantes aromatiques	Nom scientifique	Familles (APG III)	Vertus
Ail 	<i>Allium sativum</i>	Amaryllidacée	Il aiderait à prévenir certains cancers, fluidifierait le sang et favoriserait la digestion.
Persil 	<i>Petroselinum crispum</i>	Apiacée	Il protège les cellules contre le vieillissement, il nous apporte de grandes quantités de vitamine C et de bêta-carotène qui aident à fortifier le système immunitaire.
Basilic 	<i>Ocimum basilicum</i>	Lamiacée	Il améliore la santé respiratoire, il protège les reins, il soulage les maux de tête et il améliore la digestion.
Citronnier 	<i>Citrus limon</i>	Rutacée	Perte de poids, ralentir la progression du cancer et calmer les inflammations.

Oranger 	<i>Citrus sinensis</i>	Rutacée	Prévention du cancer, maladies cardiovasculaires, vasculaires cérébrales et inflammatoires.
Verveine Citronnelle 	<i>Aloysia citrodora</i>	Verbénacée	Traiter les ulcères de l'estomac, les troubles de la digestion et les inflammations du système respiratoire.
Oignon 	<i>Allium cepa</i>	Amaryllidacée	Il améliore la circulation sanguine, il prévient l'anémie, il aide à soulager le rhume et il améliore l'asthme et l'inflammation.
Laurier Noble 	<i>Laurus nobilis</i>	Lauracée	La feuille de laurier est bénéfique pour le système digestif et un remède naturel contre le diabète et les affections respiratoires.
Coriandre 	<i>Coriandrum sativum</i>	Apiacée	Riche en antioxydant, bonne pour la digestion, et une protection contre le cancer.
Menthe Poivrée 	<i>Mentha piperita</i>	Lamiacée	Troubles digestifs, urinaires, toux et rhume et antidouleur -Problèmes respiratoires - Contre les affections de la peau.
Céleri 	<i>Apium graveolens</i>	Apiacée	Aide la perte de poids, facilite le transit, aide la sécrétion d'urine et protège du cancer.

Armoise 	<i>Artemisia vulgaris</i>	Astéracée	Soulage les troubles digestifs, stimule la sécrétion du suc gastrique, favorisant ainsi l'appétit et stimule la circulation sanguine.
Lavande 	<i>Lavandula angustifolia</i>	Lamiacée	Réduire l'anxiété et l'agitation, traiter l'agitation, l'insomnie et les malaises digestifs d'origine nerveuse.
Fenugrec 	<i>Trigonella foenumGraecum</i>	Fabacée	Contribuer au contrôle du taux de glucose et du taux de lipides sanguins chez les personnes diabétiques, stimuler l'appétit et soulager l'inflammation, traiter les blessures, les ulcères de jambe et la goutte.

5. Généralités sur les HEs:

5. 1. Définition des HEs:

Ces substances, souvent désignées sous le nom d'essences, représentent les éléments odorants volatils présents dans les plantes. Leur volatilité les distingue des huiles fixes, qui sont des lipides. Les HEs sont des mélanges complexes de différents composants, généralement liquides (**Paris et Moyse, 1976**). Selon la définition de la Pharmacopée Européenne, les HEs sont des composés odorants distinctifs, généralement caractérisés par une structure complexe. Ces huiles sont obtenues à partir de matières végétales spécifiques par des procédés tels que la distillation à la vapeur, la distillation sèche, ou des méthodes mécaniques appropriées sans chauffage. Habituellement, l'extraction de l'HE de la phase aqueuse se fait par des processus physiques qui préservent sa composition sans altération significative (**EDKM, 2019**).

Les HEs sont définies selon une autre définition par l'ANSM (Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des Produits de Santé) comme des produits parfumés, généralement caractérisés par une composition complexe, obtenus à partir de matières végétales spécifiquement identifiées, soit par distillation à la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, soit par des procédés mécaniques appropriés sans chauffage. En général, l'HE est séparée de la phase aqueuse par des procédés physiques qui préservent sa composition sans changement significatif (**Desmares, 2008**). Ces HEs sont extraites de diverses sources telles

que les feuilles, les graines, les bourgeons, les fleurs, les branches, les arbres, les racines, les tiges ou les fruits (**Fig 11**). De plus, certaines HES sont également extraites de la résine qui s'écoule des troncs des arbres. Les processus d'extraction de ces HES comprennent la distillation à la vapeur d'eau et l'expression à froid, comme cela se produit lors de l'extraction des HES des agrumes (**Burt, 2004**). Les HES contiennent une large gamme de composés chimiques, comprenant souvent des alcools, des cétones, des aldéhydes terpéniques, des esters, des éthers et des terpènes. Certaines HES peuvent également contenir d'autres composés en faible proportion, tels que les coumarines volatiles (**Zekri et al., 2016**).



Figure 11 : Les organes végétaux contenant des HES (**Deschepper, 2017**) .

5. 2. Localisation et répartition des HES:

Les HES n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs : il y aurait, selon Lawrence , 17 500 espèces aromatiques.. La production et l'accumulation de ces composés dans les organes sont influencées par la présence de structures histologiques spécialisées telles que les cellules sécrétrices, les poches sécrétrices, les poils sécréteurs ou les canaux sécréteurs, en fonction de l'espèce botanique (**Deysson, 1978**).

Les HES peuvent être stockées dans diverses parties des plantes : non seulement dans les fleurs (le bergamotier, la tubéreuse), mais aussi dans les feuilles (l'eucalyptus, le laurier noble, la menthe poivrée), et même, bien que moins fréquemment, dans les écorces (le cannellier), les bois (le bois de rose, le santal blanc), les racines (l'angélique), les rhizomes (le curcuma, le gingembre), les fruits (l'aneth, l'anis, la badiane), et les graines (la muscade).

Lorsque tous les organes d'une même espèce peuvent contenir de l'HE, sa composition peut varier en fonction de son emplacement. Par exemple, dans le cas de l'oranger amer (*C. aurantium* L. Ssp. *aurantium*, Rutaceae), le fruit frais fournit l'HE d'orange amère ou "essence de Curaçao", la fleur fournit "l'essence de Néroli", tandis que l'hydrodistillation des feuilles, des rameaux et des petits fruits conduit à "l'essence de petit grain bigaradier". La composition de ces trois HES est différente (Figuredo, 2007).

5. 3. Composition chimique des HES :

La composition des HES dépend d'une variété de facteurs, allant des méthodes d'extraction utilisées à la composition chimique de base des plantes utilisées. Cette composition est principalement influencée par des éléments tels que l'environnement dans lequel les plantes poussent et leur patrimoine génétique.

En ce qui concerne la composition des composés chimiques dans les HES, la concentration de chaque composé varie en fonction de la plante et de ses conditions de croissance. Certaines huiles peuvent contenir une gamme diversifiée de composés chimiques à des proportions variables, tandis que d'autres peuvent présenter une concentration élevée d'un seul composé chimique, dominant ainsi la composition chimique globale. Les processus d'extraction ont un impact sur la composition des HES, car elles contiennent une variété de composés produits naturellement par les plantes, ainsi que des composés générés ou réorganisés lors de l'extraction (Fernandez et al., 2012 cité in Deschepper, 2017).

Tableau 03 : La composition chimique de l'HE de *C.aurantium* L. (Deschepper, 2017).

Composés	Familles	Formule brute	%
1 Terpinol	Monoterpenols	C10H8O	21
2 Anthranilic acid 1,5-dimethyl-1-vinyl-4-hexyl ester	Alcaloides	C7 H7NO2	12
3 2-methoxy-4-vinylphenol	Alcools	C9H10O2	4,3
4 Nerolacetate	Ester D Alcool	C12H20O2	2,1
5 Geraniolacetate	Monoterpènes	C12H20O2	18
6 Caryophyllene	Sesquiterpènes	C15H24	11,66
7 Elixene	Sesquiterpènes	/	2,92
8 Nerolidol	Sesquiterpènes	/	1,48
9 Germacerene	Sesquiterpènes	C15H26O	3,96
10 A-cadinol	Sesquiterpènes	C15H26O	3,50
11 PhynolAlcool	Duterpènes	C20H40O	4,36
Total des substances identifiées en %			
Sesquiterpènes			23,52
Alcools			10,76
Monoterpènes			39
Alcaloides			12
Total			85,28

5. 4. Facteurs influençant la composition chimique des HES :

Les compositions chimiques des plantes et la production d'HES sont influencées par plusieurs facteurs, tels que la température, l'humidité, la durée d'exposition au soleil, la composition du sol, le génome, l'origine géographique, la période de récolte, la méthode de séchage, le lieu et la durée du séchage, ainsi que par l'impact des parasites, des virus et des mauvaises herbes, la partie de la plante utilisée, et la méthode d'extraction des HES(Bruneton, 1999).

5. 5. Contrôle de la qualité des HES :

Les recommandations de l'Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des Produits de Santé (ANSM), en date du 21Mai 2008, portent principalement sur les critères de qualité des matières premières végétales utilisées pour extraire les HES (tels que les noms botaniques, les conditions de culture, les parties de plantes utilisées, les familles chimiques et les méthodes d'identification des parties utilisées pour la production d'HE) (Bonnaïous, 2013 cité in badoui et al., 2020). Les HES sont soumises à deux types de facteurs de variabilité :

1. Les facteurs de variabilité intrinsèques qui concernent l'espèce, le genre, la souche, les organes sécréteurs, la localisation géographique, la saison, l'environnement, le stade de maturité de la plante aromatique, le moment de la récolte, le type de séchage, de stockage et de conditionnement...
 2. Les facteurs de variabilité extrinsèques qui sont influencés par les méthodes d'extraction, d'analyse et d'identification des composés (Bonnaïous, 2013 cité in Badaoui et al., 2020).
- Les recommandations incluent :

- ✓ Les caractéristiques sensorielles (telles que l'odeur, la couleur, le goût).
- ✓ Les mesures physiques (comme la densité, l'indice de réfraction, le pouvoir rotatoire).
- ✓ Les analyses chimiques (telles que la chromatographie gazeuse / spectrométrie de masse) (Bounafous, 2013 cité in Badaoui et al., 2020).

5. 6. Techniques d'extraction des HES :

Plusieurs méthodes permettent d'extraire les HES des plantes, telles que la distillation à la vapeur, la distillation à l'eau, la diffusion aqueuse, la pression à froid et l'extraction par micro-ondes. Bien que chacune ait été testée, leur importance dans l'industrie varie. Le choix de la méthode dépend des normes industrielles et de l'emplacement des composés odorants dans la plante. Il est à noter que la composition aromatique diffère en quantité selon la méthode d'extraction utilisée (Rakotomalala, 2004).

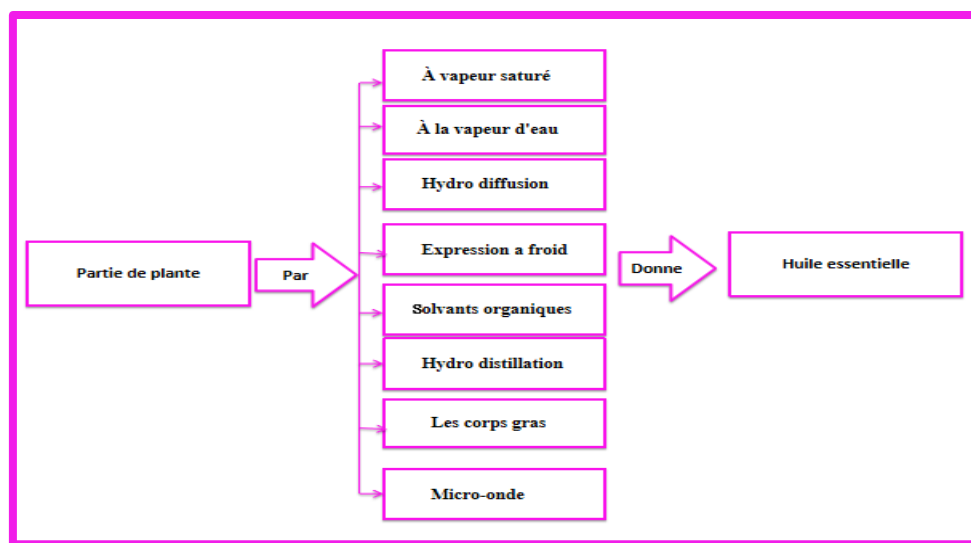


Figure 12 : Les méthodes d'extraction des HES.

5. 7. Propriétés des HES :

a) Propriétés physico-chimiques :

Les HES ont des propriétés physico-chimiques communes. Elles ne sont pas solubles dans l'eau mais le sont dans les solvants organiques et les huiles végétales (Abbou et Benabida, 2017).

- Liquides à température ambiante.
- Dépourvus de la texture grasse et douce caractéristique des huiles fixes.
- Généralement non colorés, mais parfois légèrement teintés.

- Possédant une faible densité, notamment dans les HES riches en monoterpènes.
- L'indice de réfraction varie essentiellement en fonction du contenu en monoterpènes et en dérivés oxygénés. Ainsi, une forte concentration de monoterpènes augmentera l'indice de réfraction, tandis qu'une concentration élevée en dérivés oxygénés aura l'effet inverse.
- Dotés d'une activité optique en raison de leur composition principalement asymétrique.
- Très sensibles à l'oxydation et ont tendance à cristalliser, formant des produits résineux. Par conséquent, il est recommandé de les conserver à l'abri de la lumière et de l'humidité (**Zabeirou et Hachimou, 2005**).

b) Propriétés biologiques :

Les HES se distinguent par leurs propriétés et leurs modes d'utilisation uniques, et ont contribué à l'émergence d'une nouvelle branche de la phytothérapie connue sous le nom d'aromathérapie. Ces huiles possèdent une large gamme d'activités biologiques, utilisées principalement en phytothérapie pour leurs propriétés antimicrobiennes qui combattent les maladies infectieuses, ainsi que pour leurs propriétés cytotoxiques qui les rendent utiles en tant qu'agents antimicrobiens à large spectre (**ilammoudi, 2008 ; Ferhat et al., 2009 cité in Agrane et Dorbane, 2017**).

c) Propriétés pharmaco-thérapeutiques :

Il semblerait que de par leur hydrophobie, elles aient une activité antibactérienne *in vitro*. En effet, même si leur mode d'action n'est pas bien établi, les HES se solubiliseraient dans les membranes et permettrait ainsi d'altérer la structure et la fonctionnalité des membranes bactériennes. Certaines HE sont actives *in vitro* sur les champignons responsables de mycoses et sur les levures du genre *Candida* d'où leur activité antifongique. La plupart des HES auront les propriétés générales suivantes de façon plus ou moins importante chacune selon le type de composants existants et selon la quantité Antibactérienne, antifongique, antivirale, antiparasitaire, spasmolytiques et apaisantes (**Mille Nowicki, 2019**). En plus de leurs propriétés générales, chaque HE aura ses propriétés spécifiques. La connaissance de leurs propriétés et utilisations est donc très complexe.

On aura parmi les composants principaux des HES :

- ✧ Les phénols aromatiques .

- ✧ Les alcools monoterpéniques ou monoterpénols.
- ✧ Les alcools sesquiterpéniques (sesquiterpénols) et diterpénols .
- ✧ Les aldéhydes terpéniques.
- ✧ Les cétones terpéniques.
- ✧ Les oxydes terpéniques.
- ✧ Les éthers méthyliques.
- ✧ Les esters.
- ✧ Les terpènes et sesquiterpènes.
- ✧ Les lactones.
- ✧ Les coumarines.
- ✧ Les phtalides.

5. 8. Conservation des HE_s :

La stabilité des molécules constitutives des HE_s rend leur conservation soigneuse nécessaire. Leur qualité est influencée par trois facteurs principaux :

- **La température** : il est préférable de stocker les HE_s dans un environnement où la température varie entre 8 et 25C°.
- **La lumière** : les HE_s doivent être conservées dans un endroit sombre et dans un récipient de couleur sombre, de préférence brun. Il est également recommandé de remplir complètement les flacons et de les fermer hermétiquement pour préserver leur qualité. Des antioxydants peuvent également être utilisés à cet effet.
- **L'air** : il est essentiel de remplir complètement les flacons et de les fermer hermétiquement pour empêcher l'entrée d'air, ce qui contribue à préserver la pureté des HE_s. La durée de conservation des HE_s stockées est généralement comprise entre deux et cinq ans (**Bruneton, 1993**).

5. 9. Utilisation des HE_s en tant que bio-pesticides :

Les biopesticides sont des organismes vivants ou des produits dérivés de ces organismes utilisés depuis des siècles par les agriculteurs pour tuer ou réduire les ennemis des cultures. Ils sont actuellement classés en trois grandes catégories selon leur origine et présentent de nombreux avantages. Ils sont utilisés aussi bien dans l'agriculture conventionnelle que biologique, aidant les plantes à résister aux stress environnementaux non vivants. Bien qu'ils soient moins efficaces que les pesticides chimiques, ils suscitent un intérêt croissant de la part des agriculteurs, notamment dans le cadre des stratégies de lutte intégrée (**Deravel et al., 2023**).

Leur effet insecticide a été documenté par contact, ingestion et inhalation. Plusieurs études ont examiné l'efficacité des HE_s contre les prédateurs des denrées alimentaires (**El-Nahl et al., 1989**). Elle affecte les fonctions de l'insecte, telles que son alimentation et sa reproduction, et peut entraîner des effets physiologiques tels que l'inhibition de l'activité des ATPases. Ces divers objectifs justifient leur utilisation en tant qu'insecticide, rendant ainsi difficile pour l'insecte le développement de résistance génétique contre eux. (**Abdelgaleil et al., 2016 cité in Defat, 2023**).

5. 10. Toxicité des HE_s :

Comme tous les produits naturels, il est important d'éviter l'utilisation excessive des substances essentielles (**Fekih, 2014**).

Il est essentiel de respecter la posologie recommandée et la durée d'utilisation conseillée. Les effets secondaires possibles comprennent :

- ✧ Sensibilité ou hypersensibilité
- ✧ Sensibilité à la lumière due aux furocoumarines
- ✧ Neurotoxicité due aux cétones
- ✧ Néphrotoxicité due aux terpènes principaux dans l'huile de pin et les branches de genévrier
- ✧ Hépatotoxicité due aux phénols en cas d'utilisation prolongée ou à doses élevées. L'eugénol, présent dans le thym, est considéré comme toxique pour le foie, et chez les enfants, la prise de 10 ml d'eugénol peut entraîner une insuffisance rénale. Il a

également été observé que le linalol, présent dans une autre variété de thym, peut causer une toxicité pour les cellules de la peau humaine (Elkolli, 2008).

6. Métabolites secondaires :

Le terme "métabolite secondaire", attribué à Albrecht Kossel en 1891, est utilisé pour décrire une large gamme de composés chimiques présents dans les plantes. Ces composés sont responsables de fonctions secondaires indirectement essentielles à la survie des plantes, telles que la communication intercellulaire, la défense et la régulation des cycles biochimiques (Yezza et Bouchama, 2014). Ces composés se distinguent par la complexité de leur structure chimique et s'accumulent généralement dans les parties vertes ou lignifiées des plantes. Bien qu'ils soient produits en petites quantités, ils jouent un rôle crucial dans les réactions de défense et l'équilibre biologique des plantes. Ces composés sont classés en trois principales catégories : les polyphénols, les terpènes et les alcaloïdes (Lutge et al., 2002).

Les métabolites secondaires jouent un rôle essentiel dans la lutte contre les défis biotiques tels que les insectes, ainsi que les défis abiotiques comme les variations de température (Naboulsi et Aboulmouhajir, 2018). Les principes actifs se distinguent par leur diversité structurale exceptionnelle et leur production en faibles quantités. Ces molécules se distinguent de manière unique pour certaines espèces, familles ou genres de plantes, et contribuent parfois à l'établissement d'une classification chimique (Yezza et Bouchama, 2014).

6. 1. Composés phénoliques:

Les polyphénols constituent une classe large et diversifiée de composés végétaux, et sont considérés comme l'une des familles les plus répandues et présentes dans le règne végétal, avec plus de 8000 structures phénoliques documentées à ce jour. Les plantes produisent des polyphénols en réponse à des conditions environnementales et des stimuli externes, et ces composés comprennent une large gamme de fonctions biologiques et d'effets sur la santé. Les polyphénols sont dérivés de deux voies synthétiques principales, à savoir la voie du shikimate et la voie de l'acétate (Lugasi et al., 2003).

- a) La voie du shikimate: Également connue sous le nom de voie du phénylpropanoïde, est la voie principale dans la biosynthèse du noyau aromatique. Elle commence par l'utilisation de l'acide shikimique (C6-C1) pour produire de l'acide phénylpyruvique, puis de l'acide cinnamique (C6-C3) à partir de la phénylalanine.

- b) La voie de l'acétate malonate est un mode de formation secondaire impliquant la cyclisation des chaînes polykétoniques, obtenues par condensation de groupes acétates. La condensation des groupes acétates intervient après la carboxylation de l'acétyl-CoA en malonyl-CoA (Merghem, 2009).

6. 1. 1. Classification des composés phénoliques :

Les composés phénoliques conservent leur statut de composés secondaires chez les plantes, caractérisés par la présence de groupes phénoliques, soit un ou plusieurs cycles aromatiques (benzéniques) portant un ou plusieurs groupes OH. Ces composés comprennent les monophénols, les diphenols et les polyphénols, dont les molécules contiennent respectivement une, deux ou plusieurs fonctions phénoliques (fonctions phénols) (Labbani, 2022).

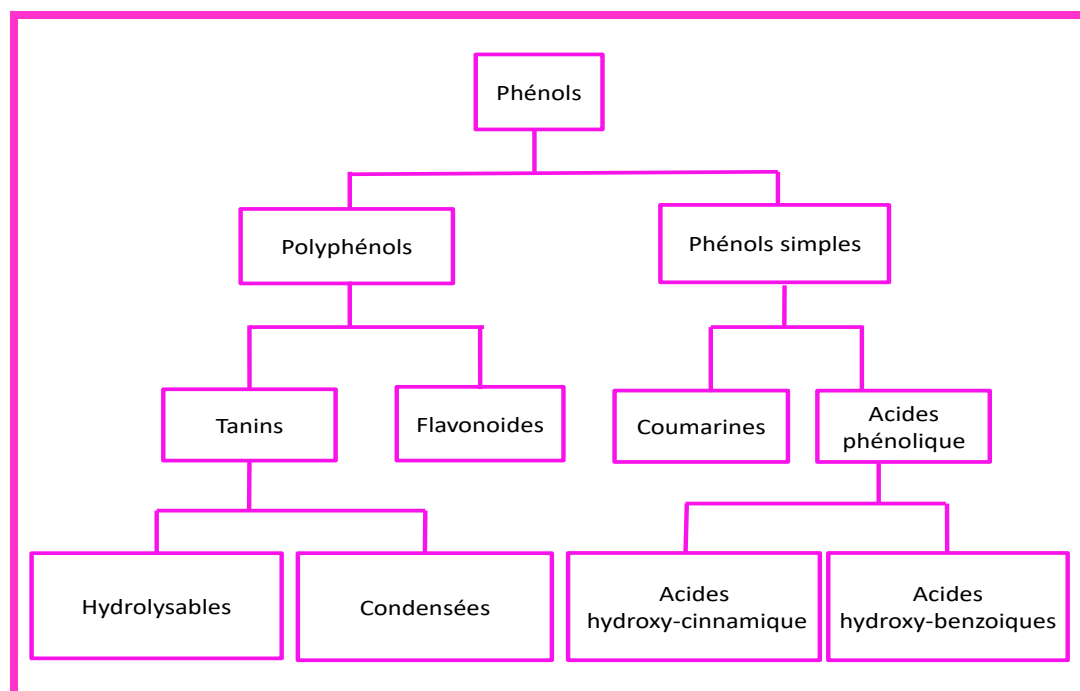


Figure 13 : Les composés phénoliques .

6. 2. Terpènes :

Les terpènes également connus sous le nom de terpénoïdes, représentent la plus vaste classe de composés organiques naturels, avec plus de 40 000 structures documentées à ce jour. Leur structure chimique de base est constituée d'une unité d'isoprène (C_5H_8). Les terpènes sont classés en monoterpènes (C_{10}) et sesquiterpènes (C_{15}) en fonction du nombre d'unités d'isoprène.

D'autres classes avancées de terpènes incluent les diterpènes (C_{20}), les triterpènes (C_{30}), les tétraterpènes (C_{40}) et les polyterpènes (supérieurs à C_{40}) (**Kyoung et al., 2017**).

6. 3. Alcaloïdes :

Les alcaloïdes sont des composés organiques naturels principalement dérivés des plantes, caractérisés par la présence d'au moins un atome d'azote dans leur structure chimique, et ayant un degré de caractère basique variable. Le premier alcaloïde identifié était la morphine, isolée à partir de l'opium en 1806(**Harborne,1995**).Selon **Jean(2009)**, les alcaloïdes sont des composés organiques d'origine naturelle, parfois synthétisables, principalement dérivés des plantes, contenant de l'azote et présentant généralement un caractère basique variable.Les alcaloïdes sont des composés à base d'azote hétérocyclique, issus de la synthèse des acides aminés ou de leurs dérivés directs, se retrouvant généralement en quantité limitée. Ils présentent divers niveaux de toxicité et agissent principalement sur le système nerveux central (**Aniszewski, 2015**).

Matériel et méthodes

Matériel et méthodes

1. Objectifs de l'étude :

- ✓ Évaluation de l'effet bio-insecticide de l'HE de *C. aurantium L.* sur quelques paramètres biologiques, sur un insecte ravageur des produits stockés, en effet la durée du développement nymphal, la longévité des adultes et le potentiel reproducteur (les périodes de pré-oviposition et d'oviposition, la fécondité et la viabilité des œufs d'*E. kuehniella*).
- ✓ Appréciation l'effet d'une bio-formulation d'un insecticide botanique avec l'HE de *C. aurantium L.* sur les adultes d'*E. kuehniella*.

2. Matériel biologique :

L'analyse botanique a été réalisée au sein du laboratoire numéro 1 spécialisé en zoologie et parasitologie, relevant du Département de Biologie de l'Université 8 Mai 1945 à Guelma. L'étude a été menée pendant la période débutant le 06 mars au 08 mai 2024.

Les étapes de notre travail sont résumées sur le schéma ci-dessous :

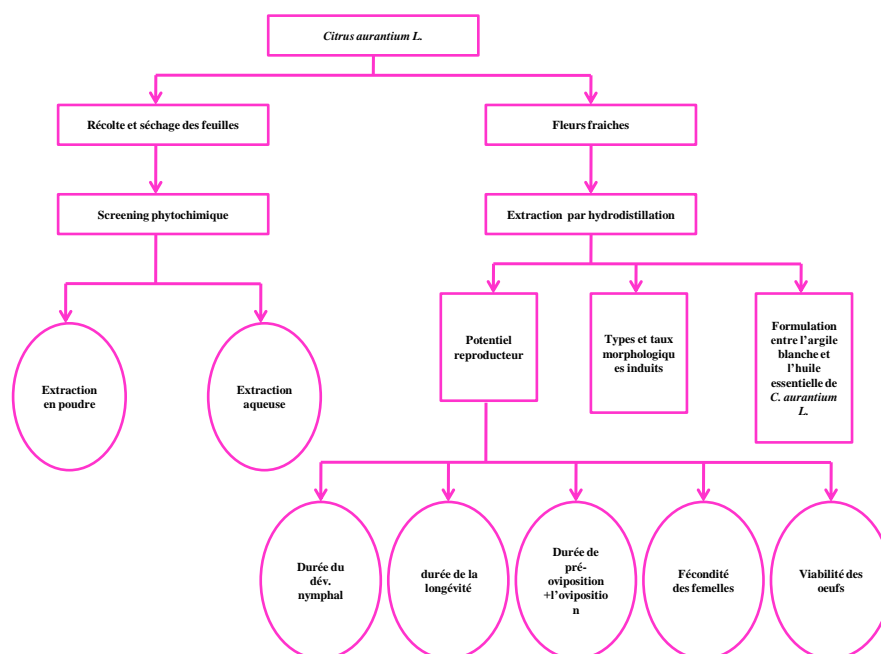


Diagramme général de la procédure expérimentale.

2. 1. Collecte et séchage de la plante :

Dans notre étude, nous avons choisi une plante indigène appelée *C. aurantium* connue pour ses propriétés pharmaceutiques et ses composés secondaires bénéfiques. La plante a été récoltée à la région d'Oued Zennati, de la wilaya de Guelma, en février 2024. Les feuilles sont soigneusement lavées à l'eau froide et séchées dans un endroit sec et bien ventilé. Pour faciliter le processus de séchage, les échantillons sont remués quotidiennement, surtout au début, tout en évitant une exposition directe au soleil et en maintenant une température appropriée et basse pour préserver la qualité. Cette étape prend environ 15 à 20 jours. Par la suite, les feuilles sont broyées et tamisées à l'aide d'un tamis pour obtenir une poudre fine. La poudre est conservée aux conditions optimales jusqu'à leurs utilisation.



Figure 14 : Les feuilles de *C. aurantium* L. avant et après le séchage (**Photo originale, 2024**).



Figure 15 : La poudre des feuilles de *C. aurantium* L. (**Photo originale, 2024**).



Figure 16 : Les fleurs fraîches de *C. aurantium* L. (**Photo originale, 2024**).

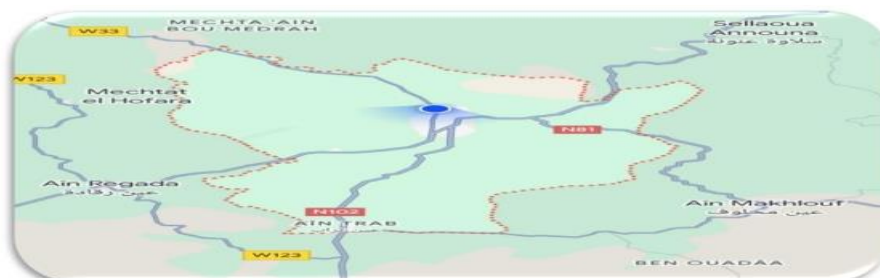


Figure 17 : Localisation géographique de la région de collect de *C.aurantium* L. (**Googlemaps.com**).

2. 2. Conditions d'élevage :

La farine infestée a été obtenue à partir des moulins de Sibous situés dans la ville d'Annaba, au nord-est de l'Algérie, le 06 mars, à une distance de 73,8 km de Guelma. Les insectes ont été élevés dans des conditions de laboratoire optimales dans une étuve sous des conditions de développement idéales, caractérisées par une température de 27°C° et une humidité relative avoisinant les 70 %, et ce dans l'obscurité. Les insectes d'*E. kuehniella* ont été placés dans des bocaux cylindriques mesurant 20 cm de longueur et 14 cm de diamètre, remplis de farine et recouverts d'un tissu poreux maintenu par un élastique.



Figure 18 : Elevage d'*E. kuehniella* à 27°C (Photo originale, 2024).



Figure 19 : Localisation géographique de la région de collecte de *E. kuehniella* (Googlemaps.com).

3. Méthode de travail:

3. 1. Screening phytochimique :

Le screening phytochimique est utilisée comme outil pour examiner et identifier les composés chimiques présents dans les plantes ou d'autres substances naturelles. Cela est réalisé en utilisant divers tests et techniques pour identifier et analyser chimiquement les

composés actifs dans les matières végétales, tels que les alcaloïdes, les flavonoïdes, les tanins, les mucilages, les coumarines et les saponines... (**El-Houad *et al.*, 2018**). Notre étude vise à rechercher les principales catégories de composés chimiques en effectuant des réactions en tube en verre. Ce test permet une analyse qualitative basée sur des réactions de coloration et/ou de précipitation en utilisant des réactifs spécifiques (**Boudjema *et al.*, 2021**).

3. 2. Extraction en poudre :

1. Recherche des flavonoïdes et des leucoanthocyanes :

✓ Principe :

En présence de NaOH, de HCl concentré et des copeaux de Magnésium, les flavonoïdes donnent les réactions de coloration caractéristique. La même réaction effectuée au bain marie en absence de copeaux de Magnésium. L'apparition de la coloration rouge confirme la présence des leucoanthocyanes.

✓ Mode opératoire :

20 g de matériel végétal placés dans un Erlenmeyer sont infusés dans 200 ml d'eau distillée. Pendant 30 minutes puis filtrée le mélange. Après la filtration, prélever 24 ml d'infusé et les introduire dans 3 tubes à Essai à raison de 8 ml par tube, additionner respectivement à l'infuser contenu dans les 3 tubes à essai, 4 ml de NaOH, 4 ml d'eau distillée et 4 ml de HCl concentré et de copeaux de Magnésium. En présence des flavonoïdes, les colorations suivantes : rouge, jaune-rougeâtre, Rouge à rouge-violacé, rouge-foncé au violet ou bleu, jaune, et rose peuvent être observées et ces couleurs correspondent respectivement aux anthocyanes, flavones, flavonols, flavonones, Isoflavones et leucoanthocyanes.

2. Recherches des quinones :

✓ Principe :

En présence de NaOH à 10 %, les solutions des quinones présentent une coloration caractéristique virant du rouge au violet.

✓ Mode opératoire :

Broyer 20g de matériel végétal et les humecter de quelques gouttes de HCl. Mettre à macération ce matériel végétal pendant 24 heures dans un Erlen Meyer fermé et contenant 400 ml d'éther de pétrole. Après la filtration prélevé 10 ml de filtrat sont agités avec 10 ml de NaOH à 10 %. La coloration rouge virant au violet apparaît en présence des quinones.

3. Recherche des saponines :

✓ Principe :

Par agitation, une mousse persistante dont la hauteur est mesurable apparaît dans les solutions de saponines.

✓ Mode opératoire :

20 g de matériel végétal trituré sont mis dans un Erlen Meyer dans lequel on y ajoute 200 ml d'eau distillée pour réaliser une décoction pendant 30 minutes. Après refroidissement, filtrer et prélever 5 ml du décocté, et les introduire dans un tube à essai de 16 mm de diamètre, et 160mm de hauteur après agitation. L'apparition d'une mousse persistante indique la présence des saponines.

- ✓ **Remarque :** en cas d'une faible mousse, le décocté est testé avec un mélange à volume égal de H_2SO_4 1N et K_2CrO_3 à 10 % (chrome de potassium).

4. Recherche des tanins:

✓ Principe :

En présence de Chlorure ferrique à 1% ; les extraits aqueux tanniques donnent des Colorations bleu-vert, bleu-sombre, et verte ou des précipités.

✓ Mode opératoire :

20 g de matériel végétal sont infusés dans 200 ml d'eau bouillante contenue dans un Erlen Meyer pendant 30 minutes 10 ml de l'infusé sont prélevés et mis dans un tube à essai dans Lequel on ajoute quelques gouttes de chlorure ferrique à 1% l'apparition d'une coloration ou la formation d'un précipité indique la présence des tanins catéchiques. Prendre encore 10 ml de l'infusé, et les placer dans un tube à essai saturé en acétate de Sodium et y ajouter quelques gouttes de FeCl_3 . La formation d'un précipité indique la présence des tanins galliques.

5. Recherche des stéroïdes:

✓ Principe :

En présence de l'acide acétique anhydre, et de l'acide sulfurique concentré (réactif de LIEBERMAN-BURCHARD), l'extrait organique étheré contenant les stéroïdes donne des Colorations mauves et vertes.

✓ Mode opératoire :

Prendre 20g de matériel végétal qu'on met à macération pendant 24 heures dans 200 ml de l'éther de pétrole après la filtration et l'introduction dans un Erlen Meyer de 100 ml, le solvant est évaporé au bain de sable et le résidu est récupéré par 5 ml de chloroforme, 5 ml d'anhydride acétique, et 9 gouttes d'acide sulfurique concentré, il se produit une coloration violette devenant progressivement verte. La coloration verte se stabilise au bout de 30 minutes et indique la présence des stéroïdes (Gouami et Nebili, 2020).

3. 3. Extraction aqueuse :

Dans cette méthode, trois techniques sont utilisées pour préparer les extractions solides/liquides (infusion, macération et décoction) dans un milieu hydroalcoolique (méthanol 70%/eau 30%). Cependant, nous avons utilisé l'extraction par macération.

3. 3. 1. Préparation de macération :

Macération sous agitation, pendant 24 h à température ambiante. Une quantité de 10g du matériel végétal mélanger avec 100ml de solution hydro-méthanolique (70/30). En fin le filtrat est récupéré après la filtration du mélange à l'aide d'un papier whatman (Haoulia, 2015).

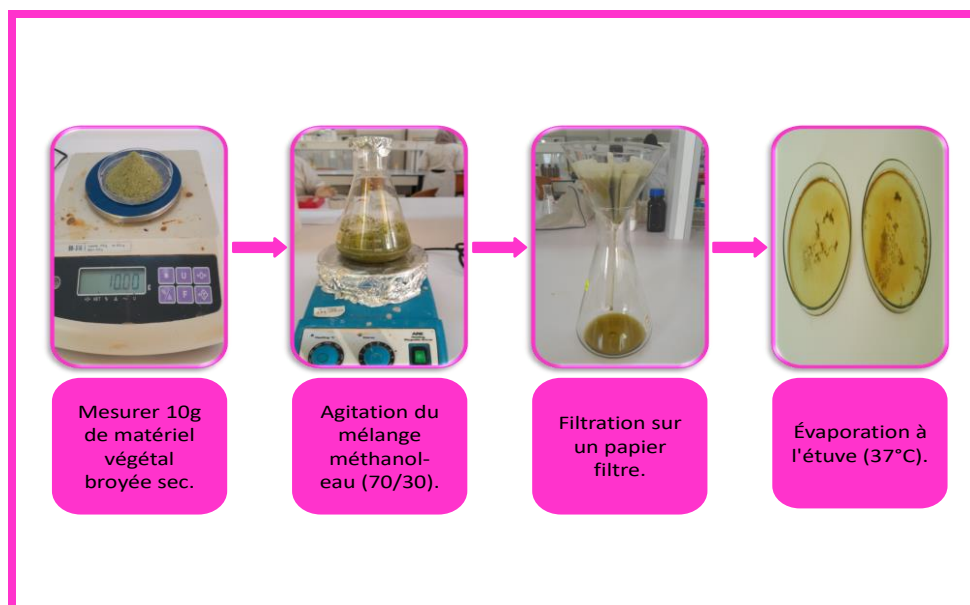


Figure 20 : Préparation d'une solution hydro-méthanolique (Photo originale, 2024).

❖ Coumarines :

Introduire 5ml d'extrait dans un tube, ajouter 0,5ml de NH_4OH à 10%, mélanger et observer sous lumière UV à 366 nm. Une fluorescence intense indique la présence de coumarines.

❖ Alcaloïdes :

Les tests sont réalisés par des réactions de précipitation avec les réactifs de Mayer et Wagner. 1ml de chaque extrait est divisé en deux volumes égaux. Un volume est traité par 0,5ml de réactif de Mayer, l'autre par 0,5ml de réactif de Wagner. L'apparition d'un précipité blanc ou brun, respectivement révèle la présence des alcaloïdes.

❖ Terpénoides :

5ml d'extrait est ajouté à 2ml de chloroforme et 3ml d'acide sulfurique concentré. La formation de deux phases, une couleur marronne à l'interphase indique la présence des terpénoides.

❖ Mucilages :

Introduire 5 ml d'éthanol absolu et 1 ml d'extrait dans un tube à essai. Après 10 minutes, la capacité du mélange à produire une précipitation floconneuse indique la présence de mucilages.

3. 3. 2. Détermination du rendement :

Le rendement en extrait sec est défini comme le rapport entre la masse de l'extrait sec obtenu et la masse du matériel végétal traité en grammes. Ce rendement est calculé en utilisant l'équation suivante :

$$R (\%) = (M/M_0) \times 100$$

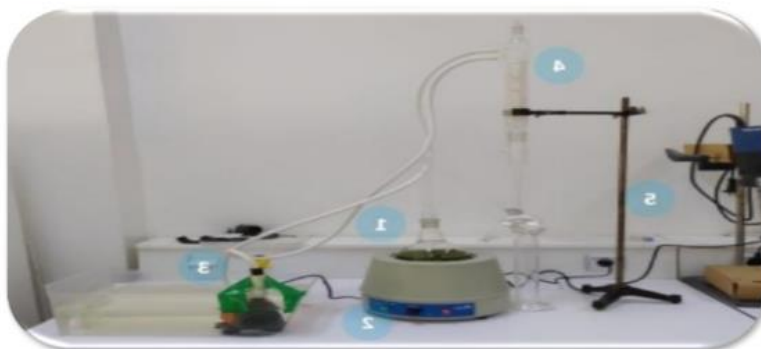
R (%) : Rendement exprimé en %.

M : Masse en g de l'extrait sec résultant.

M₀ : Masse en g de la matière végétale initial utilisée pour l'extraction (**Carré, 1953**).

3. 4. Extraction d'HE par hydrodistillation :

L'extraction des HEs a été réalisée au niveau du laboratoire d'immunologie appliquée d'université 8 mai 1945-Guelma. Sur un montage d'hydrodistillation de type Clevenger, Les fleurs de *C. aurantium* sont placées en contact avec de l'eau dans un ballon lors du processus d'extraction, puis le mélange est porté à ébullition pendant 3 à 4 h à une température de 100°C. Après la distillation, le distillat a été soumis à une étape de décantation pour séparer les HEs de la phase aqueuse, utilisant le cyclohexane et le NaCl dans une extraction liquide-liquide (**Fig 21**). Ce processus de décantation est généralement réalisé dans une ampoule à décantation. La solution organique contenant l'HE est dirigée vers un évaporateur rotatif, où le solvant (cyclohexane) est rapidement évaporé à une température de 45°C pendant quelques minutes (**Fig 22**). Une fois le solvant évaporé, l'HE purifiée est collectée dans un flacon en verre teinté, hermétiquement fermé, et stockée à 4°C jusqu'à son utilisation ultérieure.



(1) ballon en verre, (2) chauffe ballon, (3) surcircuit fermé d'eau, (4) condenseur, (5) tripaille

Figure 21 : Représentation de l'équipement d'hydrodistillation de type Celenger
(Photo originale, 2024).



Figure 22 : Evaporation des HEs par l'évaporateur rotatif (Photo originale, 2024).

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

3. 4. 1. Rendement en HE :

Le rendement en HE est défini comme étant le rapport entre la masse d'HE et la masse végétale sèche à traiter. Il est déterminé selon l'équation suivante :

$$R = PH \times 100 / P_p$$

PH : poids de HE extraite en gramme.

P_p : poids de la plante traitée en gramme (Benabdelkrim, 2013).

3. 4. 2. Étude des propriétés organoleptiques de HE de *C. aurantium* :

Pour déterminer les propriétés organoleptiques de l'HE de *C. aurantium*, une évaluation sensorielle a été réalisée en examinant la couleur, l'odeur et l'aspect physique. Cette analyse a été menée par un groupe témoin composé de cinq étudiants de troisième cycle de l'Université 08 Mai 1945 - Guelma.

4. Évaluation de l'activité bio-insecticide de l'HE de *C. aurantium* sur *E. kuehniella*:

4. 1. Traitement par application topique :

L'HE de *C. aurantium* a été testée par application topique sur la phase ventrale de l'abdomen des chrysalides femelles nouvellement exuviées d'*E. kuehniella*. L'HE a été diluée dans de l'acétone, permettant la préparation de différentes concentrations (0.5 ,1 et 4 µl/ml d'acétone ainsi que la dose brute). Chaque dose a été répétée trois fois, avec sept couples de répétition , et chaque couple étant contenu dans une boîte de pétri. Le groupe témoin n'a reçu aucun traitement.

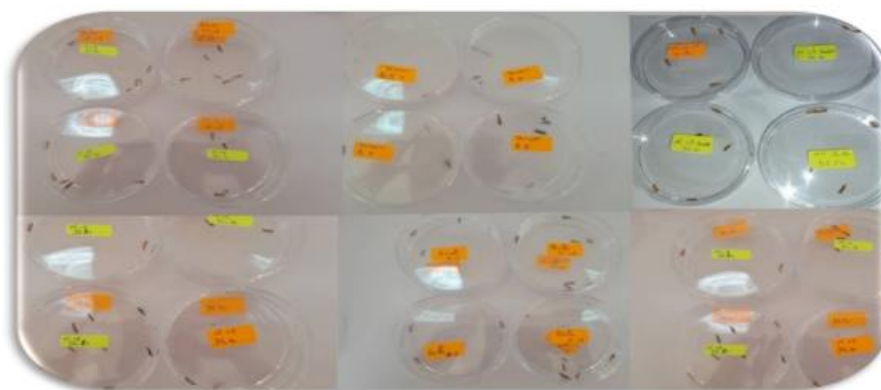


Figure 23 : Traitement des chrysalides par application topique de l'HE de *C. aurantium* (Photo originale, 2024).

4. 2. Effet d'HE de *C. aurantium* sur le potentiel reproducteur d'*E. kuehniella*:

Les chrysalides femelles nouvellement exuviées (<8h) ont été traitées par application topique avec des doses létales (DL₂₅, DL₅₀, DL₉₀ et brute) d'HE de *C. aurantium*. Suite à l'application des HEs, plusieurs paramètres du potentiel reproducteur ont été évaluées, comprenant notamment :

- ❖ **La durée du développement nymphal** : est la durée en jours qui sépare l'exuviation nymphale de l'exuviation adulte.
- ❖ **La durée de la longévité** : est la durée moyenne des adultes depuis l'exuviation adulte jusqu'à la mort naturelle, généralement exprimée en jour.
- ❖ **La durée de la période de pré-oviposition**: déterminée par le nombre de jours séparant l'émergence et le début de la ponte.
- ❖ **La durée de la période de l'oviposition**: correspond à la durée (en jours) de la période de la ponte.
- ❖ **La fécondité des femelles** : exprime le nombre total d'œufs pondus par femelle durant toute la période d'oviposition.
- ❖ **La viabilité des œufs** : nombre d'œufs éclos parmi la totalité des œufs pondus par femelle.

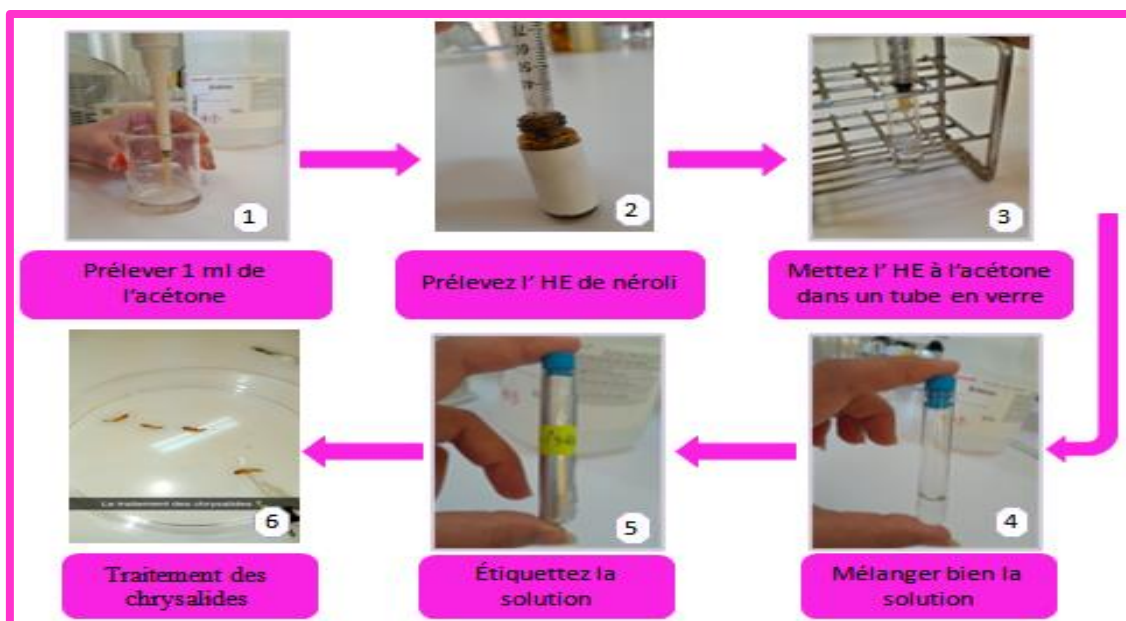


Figure 24 : Application topique de l'HE *C. aurantium* sur les chrysalides d'*E. kuehniella* (Photo originale, 2024).

5. Effets insecticides de la bio-formulation avec l'HE de *C. aurantium* sur les adultes d'*E. kuehniella* :

5. 1. Traitement par ingestion :

Pour évaluer l'effet insecticide de la bio-formulation de l'HE de *C. aurantium* sur *E. kuehniella*, celle-ci a été administrée par ingestion aux adultes immédiatement après leur exuviation nymphale. Diverses doses ont été testées à différents temps d'exposition. Nous avons réalisé trois répétitions comptant chacune 10 individus. Un suivi quotidien des insectes nous a permis d'enregistrer le taux observé de la mortalité des adultes.



Figure 25 : Traitement par ingestion des adultes nouvellement éxuvies par la bio-formulation par *C. aurantium* (Photo originale, 2024).

6. Détermination des types et taux morphologiques induits :

Le test de l'HE de *C. aurantium* a été réalisé par application topique en utilisant quatre doses différentes sur les chrysalides d'*E. kuehniella* nouvellement exuviées (< 8 heures), dans le but de déterminer ses effets sur leur formation morphologique. 20 chrysalides ont été distribuées dans chaque dose, y compris le groupe témoin. Le nombre total de chrysalides utilisées dans l'expérience était de 100 chrysalides.

Résultats






Résultats :

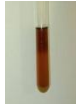






1. Screening phytochimique :

Les tests de screening phytochimique ont été réalisés sur les extraits en poudre et aqueux de *C. aurantium*. Ces tests impliquent la détection des différentes familles de composés présents dans la plante à travers des réactions qualitatives de caractérisation. Et ces réactions reposent sur l'utilisation de réactifs spécifiques.

La présence (+) ou l'absence (-) de composants actifs particuliers est déterminée en fonction des changements de couleur visibles ou de la formation d'un précipité, ainsi que des analyses en lumière UV (Kholkhal et al., 2013). Les résultats du screening chimique, révélant la composition phytochimique de la plante, sont synthétisés dans le **Tab 04**:

Tableau 04 : Les résultats de screening phytochimique de *C. aurantium*.

Métabolites secondaires	Types d'extraction	Réactifs	Résultats	Observations
Flavonoïdes et Leucoanthocyanes	Poudre	NAOH	+++	
		HCL	+++	
		Copeaux de Magnésium	+++	
Quinones	Poudre	NAOH(10%)	—	
Saponines	Poudre	Indice de mousse	+++	

Tanins catéchiques	Poudre	Chlorure ferrique(1%)	++	
Tanins galliques	Poudre	FeCL₃	++	
Stéroïdes	Poudre	Anhydride acétique + Acide sulfurique	+++	
Terpinoides	Poudre	Chloroforme + H₂SO₄	+++	
Alcaloïdes	Aqueux	Réactif de Mayer	+	
Mucilages	Aqueux	Indice de mélange	+++	
Coumarines	Aqueux	NH₄OH + Fluorescence U.V	—	

(-) : Absence, (+) : Présence en faible quantité, (++) : Présence en quantité moyenne,

(+++): Présence en quantité importante.

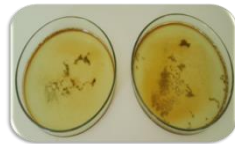
En se basant sur les données présentées sur le **Tab 04**, nous remarquons que les principaux composés présents en grande quantité dans la poudre de la feuille de *C. aurantium* sont les flavonoïdes, les leucoanthocyanes, les saponines, les stéroïdes, les térpinoides et les mucilages. Les tanins galliques et catéchiques sont moyennement présents tandis que les

autres composés tels que les alcaloïdes sont présents en faible quantité. Seules les quinones et les coumarines sont absentes de cette plante.

1. 2. Rendement de l'extrait aqueux :

Après l'extraction aqueuse des composés phénoliques à partir de la poudre de *C. aurantium*. (feuilles). Le rendement de l'extrait polyphénolique brut est calculé à partir de la masse de l'extrait avant et après évaporation par rapport à 100g de poudre végétale.

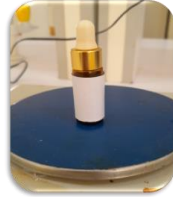
Tableau 05 : Propriété organoleptique et le rendement de l'extrait aqueux des feuilles de *C.aurantium*.

Extrait	Aspect	Couleur	Rendement %	Photo
Aqueux	Poudre	Brun claire	17.5	

Le résultat obtenu lors de cette étude montre que l'extrait aqueux du *C. aurantium L.* a donné un rendement important de 17,5%.

1. 3. Rendement de l'HE :

Tableau 06 : Propriété organoleptique et le rendement de l'HE de *C. aurantium*.

Plante	Couleur	Aspect	Odeur	Rendement (%)	Photo
<i>C. aurantium</i>	Jaune clair	Liquide visqueux	Citronnée	0,12	

L'hydrodistillation permet d'obtenir des huiles aux teintes, aux odeurs et aux rendements variés. Pour ce qui est de l'HE de *C. aurantium* elle arbore généralement une couleur allant du jaune pâle à l'ambre, et dégage une fragrance douce, florale et légèrement citronnée. Le rendement en HE de cette plante est généralement faible, se situant autour de 0,12% du poids frais des fleurs.

2. Evaluation de l'activité bio-insecticide de l'HE de *C. aurantium* sur *E. kuehniella*:

2. 1. Effet de d'HEs de *C. aurantium* sur la durée du développement nymphale et la longévité des adultes:

Dans le but d'évaluer l'impact biologique de l'HE de *C. aurantium* sur la période de développement nymphal et la longévité des adultes d'*E. kuehniella*, différentes doses (0,5 ; 1 et 4 μ l ainsi que la dose brute) ont été administrées par application topique sur des chrysalides nouvellement exuviées (0 j). Les résultats obtenus sont mentionnés sur le **Tab 07**.

Tableau 07 : Effet de l'HE de *C. aurantium* administrée par application topique, sur les chrysalides nouvellement exuviées, sur la durée de développement nymphal et la longévité des adultes d'*E. kuehniella* ($M \pm S$; n= 3 répétitions, 7 insectes / répétition).

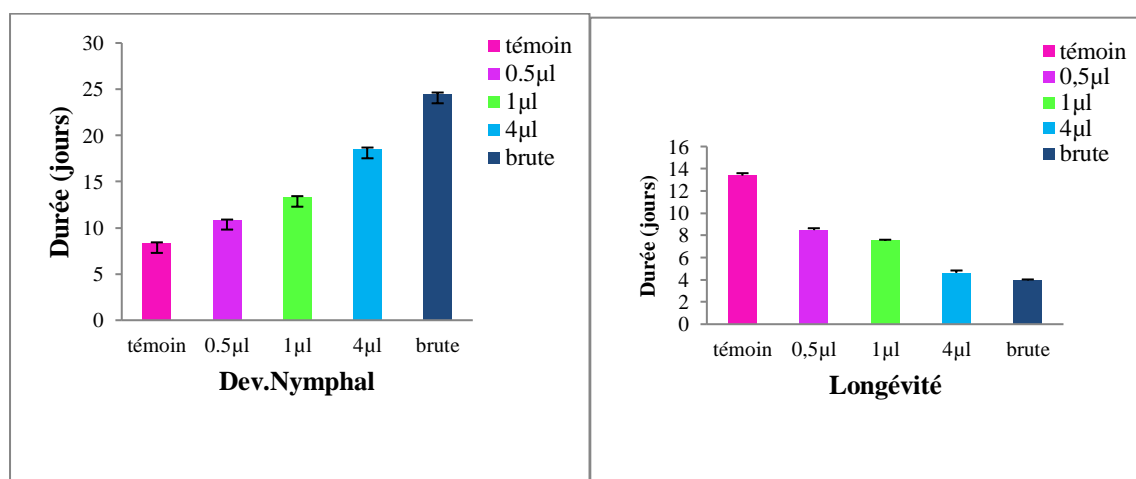


Figure 26 : Effet de l'HE de *C. aurantium* administrée par application topique, sur les chrysalides nouvellement exuviées, sur la durée de développement nymphal et la longévité des adultes d'*E. kuehniella* ($M \pm S$; n= 3 répétitions, 7 insectes / répétition).

Les résultats mentionnés sur le **Tab 07** et la **Fig 26** montrent que l'HE de *C. aurantium* administrées par application topique sur des chrysalides âgées de 0j à différentes doses létales et sub-létales ($DL_{25}= 0,5$; $DL_{50}=1$ et $DL_{90}=4$ μ l/ml d'acétone ; ainsi qu'à une dose brute), entraîne une perturbation remarquable sur la durée du développement nymphal par rapport au groupe témoin. Cette période dans le groupe témoin est d'environ $8,29 \pm 0,14$ j, tandis qu'elle augmente de manière notable chez les traités avec l'HE respectivement aux doses DL_{25} ; DL_{50} ; DL_{90} et la dose brute atteignant des moyennes de $10,80 \pm 0,08$; $13,28 \pm 0,14$; $18,52 \pm 0,16$ et $24,47 \pm 0,16$ j. Cela entraîne également une diminution de la longévité des adultes comparativement au témoin, passant de $13,38 \pm 0,22$ j à $8,48 \pm 0,16$,

$7,52 \pm 0,08$; $5,71 \pm 0,14$ et $3,95 \pm 0,07$ j respectivement pour les séries traitées en séquence (DL₂₅ ; DL₅₀ ; DL₉₀ et la dose brute).

2. 2. Effet d'HE de *C. aurantium* sur les périodes de préoviposition et d'oviposition:

Tableau 08 : Effet de l'HE de *C. aurantium* administrée par application topique, sur les chrysalides nouvellement éxuvée d'*E. kuehniella*, sur la durée préoviposition + oviposition (M \pm S ; n= 3 répétitions , 7 insectes / répétition).

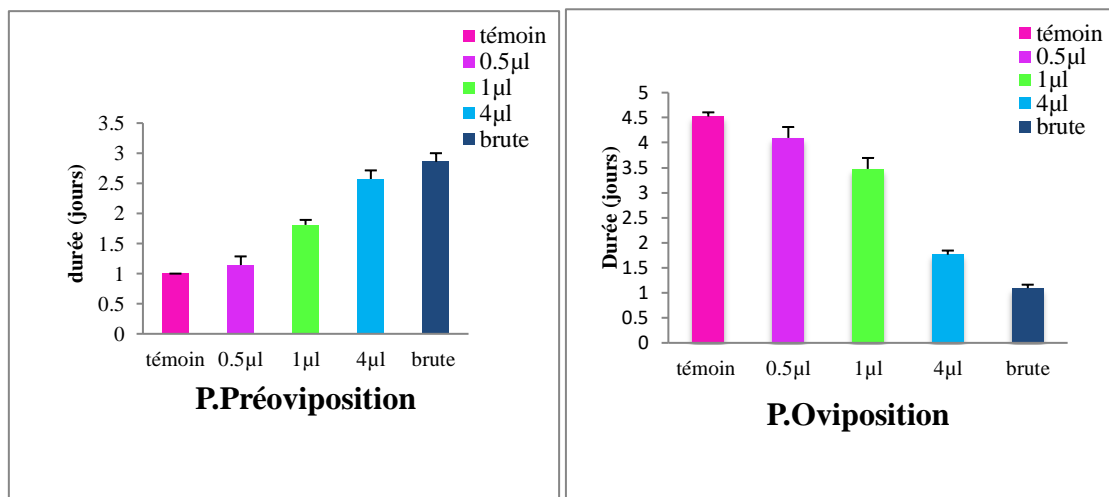


Figure 27 : Effet de l'HE de *C. aurantium* administrée par application topique, sur les chrysalides nouvellement éxuvée d'*E. kuehniella*, sur la durée préoviposition et l'oviposition (M \pm S ; n= 3 répétitions, 7 insectes / répétition).

Après l'application de l'HE de *C. aurantium* sur les chrysalides nouvellement éxuvée d'*E. kuehniella*, les résultats ont été analysés. Nous avons observé un effet important de cette huile, conduisant à un allongement de la période préoviposition, avec un effet moindre aux doses DL₂₅ et DL₅₀. Les groupes témoins ont montré une période de 1 ± 0 j, tandis que les doses DL₂₅ et DL₅₀ ont respectivement une période de $1,14 \pm 0,4$ et $1,81 \pm 0,08$ j. L'effet le plus marqué est observé avec les doses DL₉₀ et la dose brute, augmentant la période de préoviposition de manière séquentielle ($2,57 \pm 0,14$ et $2,85 \pm 0,14$ j). Pendant la durée d'oviposition, l'HE de *C. aurantium* montre un effet notable en réduisant cette période, contrairement à la période de préoviposition. la femelle témoin commence sa ponte d'oeuf après 1 ± 0 j et continue pendant environ $4,52 \pm 0,08$ j. Nos résultats montre que l'HE de *C. aurantium* administrée à différentes doses létales (DL₂₅ ; DL₅₀ ; DL₉₀ et dose brute), la période de ponte diminue légèrement avec les deux doses DL₂₅= et DL₅₀=respectivement ($4,1 \pm 0,22$ et

3,47±0,22j). Des baisses marquées sont également observées avec les doses DL₉₀ et la dose brute respectivement (1,76 ± 0,08 et 1,1 ± 0,07 j) par rapport aux témoins.

2. 3. Effet d'HE de *C. aurantium* sur la fécondité et la viabilité des œufs pondus par la femelle d'*E. kuehniella* :

Tableau 09 : Effet de l'HE de *C. aurantium* administrée par application topique, sur les chrysalides nouvellement éxuvée d'*E. kuehniella*, sur la fécondité et la viabilité (M±S ; n= 3 répétitions , 7 insectes / répétition).

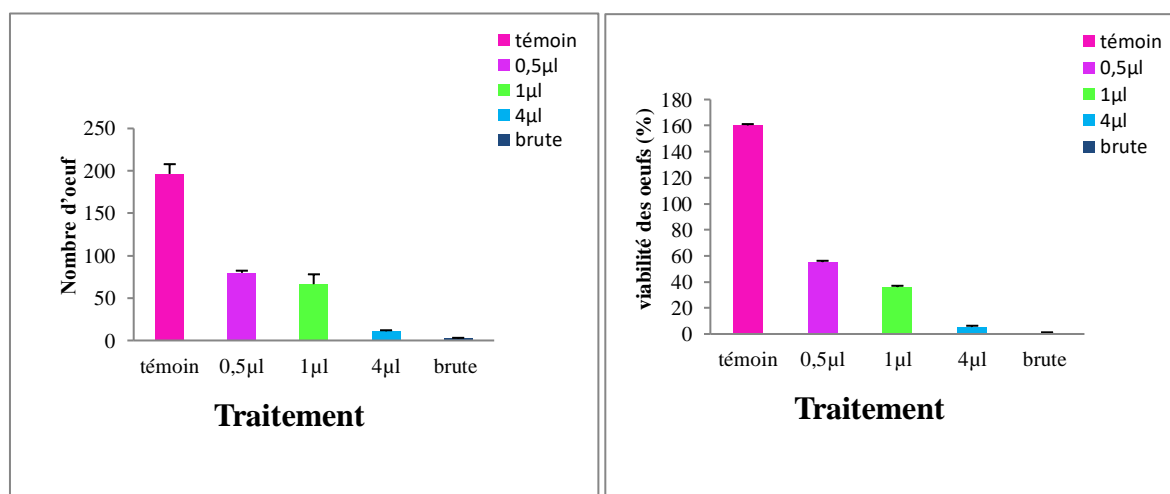


Figure 28 : Effet de l'HE de *C. aurantium* administrée par application topique, sur les chrysalides nouvellement éxuvée d'*E. kuehniella*, sur la fécondité et la viabilité (M±S ; n= 3 répétitions , 7 insectes / répétition).

Le nombre d'œufs pondus par la femelle d'*E. kuehniella* témoins est de 196.38 ± 11.29 œufs/ femelle pendant la période d'oviposition. Ce nombre est significativement affecté par l'application des H.E (DL₂₅, DL₅₀, DL₉₀ et la dose brute) de *C. aurantium* puisqu'il atteint seulement 79,76 ± 2,52œufs/ femelle pour la DL₂₅ ; 66 ,43 ± 11 ,58 œufs/ femelle pour la DL₅₀ ; 10,90 ± 1,15 œufs/ femelle pour la DL₉₀ et 2,66 ± 0,43 œufs/ femelle pour la dose brute. Par ailleurs, une réduction notable des taux d'éclosion est observée à toutes les doses traités, à savoir DL₂₅, DL₅₀, DL₉₀ et la dose brute, respectivement (55,19±0,50 ; 36±0,79 ; 5,33±0,35 et 0,29±0) par rapport au groupe témoin 160,14±11,29.

3. Effets insecticides de la bio-formulation entre l'argile blanche et l'HE de *C.aurantium*:

3. 1. Étude toxicologique sur *E. kuehniella* :

Les essais de toxicité visent à déterminer l'activité biologique des HEs de *C. aurantium* contre un ravageur des stocks, *E. kuehniella*, en enregistrant le taux de mortalité à 24 ; 48 ; 72 et 96h. Différentes doses ont été administrées (0,5 ; 1 ; 2 et 5 μ l) par application topique sur des adultes nouvellement émergés. Cette étude vise à évaluer la toxicité de l'HE de *C. aurantium* et à identifier les traitements les plus efficaces contre cet insecte. Pour évaluer l'impact toxique des HEs par une bio-formulation sur les ravageurs des stocks. Les taux de mortalité observés sont présentés sur le tab et la fig ci-dessous

Tableau 10 : Effet de l'HE de *C. aurantium* sur la mortalité observée des adultes d'*E. kuehniella* (%) en fonction des doses (μ l) et du temps d'exposition (h).

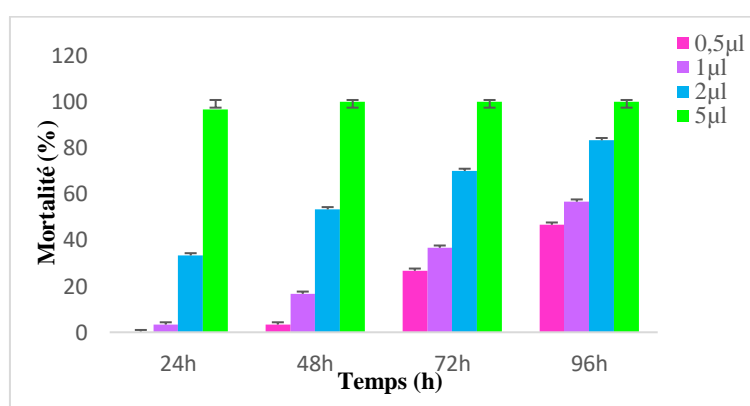


Figure 29 : Effet de l'HE de *C. aurantium* sur la mortalité observée des adultes d'*E. kuehniella* (%) en fonction des doses (μ l) et du temps d'exposition (h).

Les résultats obtenus à partir du **Tab 10** et la **Fig 29** révèlent un effet très efficace de l'HE de *C. aurantium* sur la mortalité observée des adultes d'*E. Kuehniella*, en fonction de différentes doses et durées d'exposition. À la dose de 0,5 μ l, aucune mortalité n'a été observée au cours des premières 24h, mais elle a augmenté légèrement à 3,33% après 48h, puis à 26,66 %a 72h, et a plus de 46% après 96h. Le taux de mortalité augmente légèrement avec la dose 1 μ l il atteind3,33% ;16,66% ; 36,66%et 56,66 % respectivement aux temps d'exposition de 24h, 48h, 72h et 96 h. Pour la dose la plus élevée (2 μ l), les taux de mortalité étaient respectivement de 33,33 % à 24h ; de 53,33 % à 48h ; de 70% à 72h et de 83,33% à 96h. Pour la dose maximale (5 μ l), le taux de mortalité est de 96 % à 24h et atteint un maximum de 100 % apartir de 48h de traitement.

4. Effet de l'HE de *C. aurantium* sur les types morphologiques induits:

Suite à l'administration topique d'HE de *C. aurantium* aux chrysalides femelles d'*E. akuehniella* dès leur émergence, des altérations dans leur développement nymphal ont été constatées, entraînant l'apparition de plusieurs types morphologiques distincts lors de leur exuviation adulte (**Fig 30**).

- ✧ **Type 1 : Adultes normaux (N)** : Après traitement à l'HE, le taux de formation d'adultes normaux est estimé à 65% pour la DL_{25} , 45% pour la DL_{50} , 25% pour la DL_{90} et 10% pour la dose brute en comparaison avec les témoins, avec un taux de 85 % (**Fig 31**).
- ✧ **Type 2 : Adultes malformés (M)** : Lorsque les insectes adultes atteignent l'étape de la mue, il se produit un changement radical dans la structure de leur corps. Leurs ailes sont généralement incomplètes ou déformées, soit en raison de leur petite taille, soit en raison de dysfonctionnements dans leurs structures anatomiques qui donnent l'impression d'ailes brisées. L'application de l'HE de *C. aurantium* révèle un taux de 10% ,20%, 25% et 30% respectivement aux doses létales testées en comparaison avec les témoins avec un taux de 5% (**Fig 31**)
- ✧ **Type 3 : Mue partielle (MP)**:Se caractérise par une exuviation adulte incomplète, où une partie du corps adulte apparaît tandis que l'autre partie demeure au stade nymphal (bloquée). Cette émergence de chrysalides partiellement exuvées représente un taux croissant de 5% ,10%,15% et 20% en comparaison avec les témoins avec 00.00% de mue partielles (**Fig 31**).
- ✧ **Type 4: Mue bloquée (MB)** : Le développement nymphal a été bloqué, certaines chrysalides présentant un corps peu ou pas coloré, tandis que d'autres se désintègrent au toucher. L'application d'H.E de *C. aurantium* a entraîné un taux de 20% pour la DL_{25} , 25% pour la DL_{50} , 35% pour la DL_{90} et 40% pour la dose brute. Les témoins présentent un taux de 10 %de mue bloquée par (**Fig 31**).



Figure 30 : Les divers types morphologiques pendant le développement nymphal (**Photo originale, 2024**).

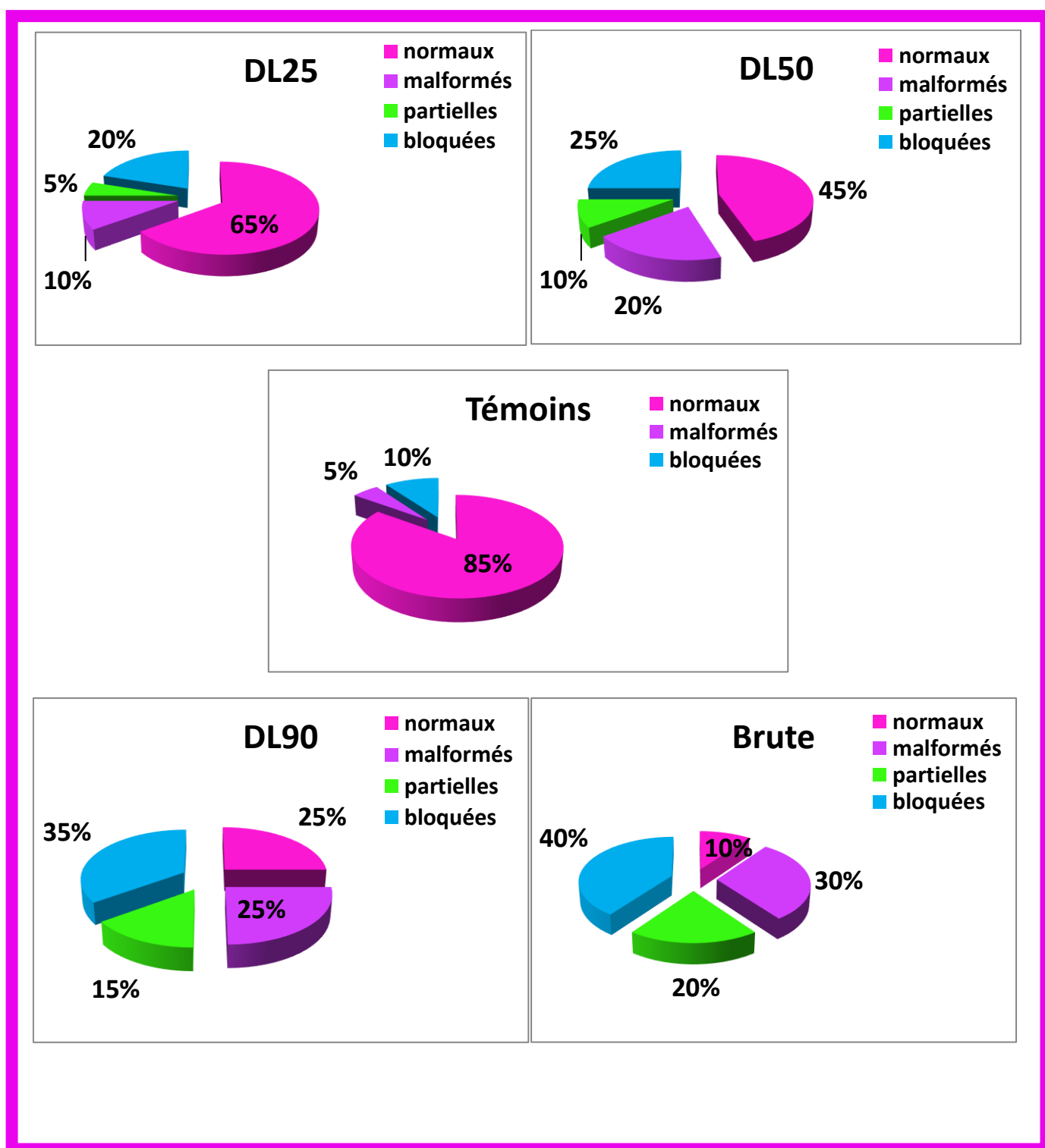


Figure 31 : Répartition (%) des divers types morphologies observées chez les chrysalides, qu'elles soient traitées ou non avec l'H.E de *C. aurantium* L. d'*E. kuehniella*.

Discussion

Discussion:

1. Screening phytochimique :

La poudre des feuilles de *C. aurantium L.* également connue sous le nom d'orange amère, est largement utilisée en phytothérapie en raison de ses nombreux composés bioactifs. Une analyse détaillée de sa composition chimique révèle la présence significative de divers métabolites secondaires tels que les flavonoïdes, les leucoanthocyanes, les saponines, les stéroïdes, les terpénoides et les mucilages ont été identifiés en grande quantité. Ces composés sont connus pour leurs propriétés pharmacologiques diverses, notamment leurs effets antioxydants, anti-inflammatoires et antiviraux (**Elazzouzi et al., 2018; Cao et al., 2015**). Les tanins galliques et catéchiques sont présents de manière modérée dans la poudre de feuille de cette plante. Ces composés sont également associés à des effets bénéfiques pour la santé, tels que le diabète, les propriétés antioxydantes et antimicrobiens (**Ouijdane et al., 2021**). Et contribuent aux propriétés pharmacologiques de la plante. En revanche, les alcaloïdes sont présents en faible quantité dans notre échantillon. Bien que leur concentration soit faible, certains alcaloïdes présents dans *C. aurantium L.* comme la synéphrine, peuvent avoir des effets stimulants et sont parfois utilisés pour favoriser la perte de poids (**Fugh-Berman et Myers, 2021**). L'absence totale des quinones et des coumarines de feuille de cette plante est également notable. Ces composés, bien que présents dans d'autres plantes, sont absents ici, ce qui pourrait indiquer une spécificité de composition chimique et ses applications potentielles (**Jones et al., 2019**).

Nos résultats concordent avec ceux de **Bouabid et al. (2016)** qui ont réalisé une analyse phytochimique de *C. paradisi*, confirmant la présence de tanins, flavonoïdes, dérivés d'anthracène, quinones et alcaloïdes, tandis que d'autres composés chimiques tels que les mucilages et les coumarines n'ont pas été détectés. De plus, nos résultats sont similaires à ceux de l'étude de **Dridi et Zaknoun (2020)**, qui ont évalué trois plantes (*Zanthoxylumarmatum*, *Rutagraveolens* et *C. aurantium L.*) par extraction aqueuse. Leur analyse phytochimique a révélé la présence de flavonoïdes, saponines, alcaloïdes, tanins, saponosides, vitamines et minéraux dans *C. aurantium*. Ils ont également signalé l'absence d'isolement et de détermination des coumarines et stéroïdes dans cette plante, leurs analyses montrant des niveaux élevés de ces composés phénoliques.

En outre, les résultats de **Lagha-Benamroyche et al., (2017)** dans leur étude phytochimique, englobant sept espèces de plantes dont *C.aurantium L.* , ont démontré la

présence significative de toutes les classes de composés chimiques étudiés, notamment les tanins totaux, galliques et catéchiques, les flavonoïdes, les coumarines, les mucilages, les sucres, les composés réducteurs, et les terpénoïdes. Cependant, aucune trace d'alcaloïdes, d'anthocyanes, et de saponines n'a été détectée. Les auteurs ont conclu que *C. aurantium* est la plante la plus riche en ces composés comparée aux autres espèces testées.

Nos résultats sont en grande partie conformes à ceux obtenus par **Oueldyerou et Righi (2020)** lors de leur travail sur trois types de plantes (*malvasylvestris*, *Olea europea* et *C. aurantium L.*), dont notre plante étudiée, le *C. aurantium L.*, cultivé dans la région de Mascara. En réalité, ces chercheurs signalent la présence de grandes quantités de sucres réducteurs, de flavonoïdes et de tanins catéchiques en quantités modérées. De plus, on trouve une petite quantité de quinones libres et une absence totale d'alcaloïdes, de saponines, de terpénoïdes, de coumarines, d'anthraquinones, de stéroïdes et de terpènes.

La présence ou l'absence des composés chimiques varie entre les plantes en raison de différences géographiques, physicochimiques ou biologiques, telles que : les variations dans le site de récolte, y compris l'environnement de la plante, l'intensité lumineuse, les précipitations, les caractéristiques topographiques, les changements saisonniers, le type de sol, la période de récolte, le patrimoine génétique de la plante, les méthodes d'extraction des composés, ainsi que la partie de la plante étudiée ou les produits phytochimiques qu'elle contient (**Lagha-Benamrouche et al., 2017; Mahmoudi et al., 2013**).

L'étude phytochimique approfondie de *C. aurantium L.* a révélé une composition chimique complexe comprenant divers composés bioactifs. Parmi les composés principaux identifiés, on trouve les flavonoïdes, les leucoanthocyanes, les tanins, les alcaloïdes, les saponines, les stéroïdes, les terpénoïdes et les mucilages qui ont montré de forts effets insecticides contre *E. kuehniella*. Ces résultats ouvrent la voie à de nombreuses applications potentielles, notamment en médecine traditionnelle et en pharmacologie moderne.

1. 1. Rendement de l'extrait aqueux et des HES :

Les techniques d'extraction utilisant des solvants se distinguent comme les méthodes privilégiées pour obtenir des extraits de matières végétales, offrant à la fois une simplicité d'utilisation, une efficacité remarquable et une large gamme d'applications. Diverses études ont souligné que le rendement de l'extraction chimique est étroitement lié au choix du solvant, à ses différentes polarités, ainsi qu'au temps, à la température et au rapport entre l'échantillon

et le solvant, tout en tenant compte de la composition chimique et des propriétés physiques des extraits. Les résultats indiquent une préférence pour les extraits obtenus avec de l'eau et du méthanol par rapport à l'hexane et au dichlorométhane. Notamment, le méthanol s'est révélé être le solvant le plus performant, suivi de près par l'eau et l'acétate d'éthyle. Par ailleurs, l'étude confirme que la macération dans l'eau se positionne comme la technique optimale pour l'identification et la caractérisation des métabolites polyphénoliques, surclassant ainsi la méthode utilisant le méthanol, une conclusion déjà étayée par des recherches antérieures (**EL-Haoud et al., 2018**). Les quantités d'HE présentes dans les plantes sont généralement très faibles, nécessitant parfois plusieurs tonnes de plantes pour obtenir seulement un litre d'HE. Selon **Hessas et Simoud (2018)** les rendements en HEs peuvent varier selon divers facteurs, notamment l'origine géographique de la récolte, le moment de la récolte, la partie de la plante utilisée, la durée de séchage et la méthode d'extraction. Ces éléments peuvent également avoir un impact direct sur les quantités des HEs obtenues.

Dans notre étude, l'extrait aqueux de *C. aurantium L.* a montré un rendement important de 17,5%. Une étude antérieure menée par **Muthiah et Sankar (2012)** a rapporté un taux d'extraction similaire de 17,5% pour les feuilles de *C. aurantium* en utilisant de l'éthanol, avec 120g de matière sèche. Dans une recherche récente également menée par **Saouli et Abdennebi (2020)** sur *Rosmarinus officinalis L.*, le rendement d'extraction aqueuse a été mesuré à 17,4%. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus dans notre propre étude.

Le rendement en HE des fleurs de *C. aurantium L.* récoltées dans la région de Guelma (Algérie) est de 0,12%. En comparaison avec l'étude réalisée par **Khanjani et al., (2021)** sur le rendement en HE de cette plante récoltée en Iran, un taux voisin de 0,13%. De même, le rendement en HE des fleurs de *C. aurantium* récoltées en Égypte est de 0,20% (**Khalid, 2021**). Par ailleurs, **Ghédira et Goetz (2015)** ont noté un taux de rendement en HE de cette plante compris entre 0,21% et 0,50% lorsqu'il est récolté en Égypte.

2. Evaluation de l'activité bio-insecticide de l'HE de *C. aurantium L.* sur *E. kuehniella*:

2. 1. Effets de l'HE de *C. aurantium* sur *L.* sur la durée du développement nymphal et la longévité des adultes :

Chez les insectes, la reproduction et le développement sont régulés par des facteurs externes tels que la température, la nutrition et la photopériode, ainsi que par des facteurs internes tels que les hormones et les neurohormones (**Gilbert et al., 2002 ; Lafont et al.,**

2005 ; Gruntenko et Rauschenbach, 2009 ; Hiruma et Kaneko, 2013). Cependant, l'exposition à différents insecticides peut perturber ce développement, entraînant généralement un allongement de la durée de développement et une réduction de la longévité (**Louat, 2013**).

Dans notre étude, nous avons examiné l'effet de l'HE de *C. aurantium L.* sur le développement nymphal d'*E. kuehniella*. Nous avons appliqué différentes doses d'huile essentielle (0,5, 1 et 4 µl, ainsi que la dose brute) sur les chrysalides nouvellement écloses. Nos résultats ont montré que l'application de l'HE a perturbait le développement en prolongeant la durée d'émergence et en réduisant la longévité des adultes.

Ces résultats sont cohérents avec ceux de **Delimi et al. (2013)**, qui ont étudié les effets des HE d'*Artemisia herba alba* sur les chrysalides d'*E. kuehniella*. Ils ont observé une prolongation de la durée du développement nymphal avec des enregistrements spécifiques pour chaque dose ($11,33 \pm 1,52$ et $13,66 \pm 0,57$, respectivement).

Par ailleurs, d'autres recherches ont montré que l'efficacité de l'azadirachtine est comparable à celle de l'HE de *C. aurantium* en ce qui concerne l'effet sur le développement. L'azadirachtine prolonge également la durée d'émergence et réduit la période de la longévité des adultes chez plusieurs espèces d'insectes, notamment *E. kuehniella*, *Spodoptera litura*, *Bactrocera dorsalis*, *Galleria mellonella* et *Tirathia baruffivena* (**Taffar, 2022 ; Abhay et al., 2021 ; Zhou et al., 2020 ; Aylin et al., 2016 ; Boazhu et al., 2017**).

Des études antérieures ont donné des résultats divergents. Par exemple, **Bendjedid (2022)** a évalué l'effet de l'HE de *Thymus munbyanus* sur *E. kuehniella* en utilisant les doses DL₅₀ et DL₉₀, tandis que **Zekri (2016)** a mené une étude similaire avec l'huile de *Laurus nobilis*. Les deux études ont abouti aux mêmes conclusions concernant l'effet de ces huiles sur la prolongation de la durée du développement nymphal et la réduction de la longévité.

2. 2. Effets de l'HE de *C. aurantium L.* sur le potentiel reproducteur de *E. kuehniella* :

Le potentiel reproducteur des insectes demeure le principal déterminant de leur prolifération indéniable. Ainsi, une analyse approfondie de la reproduction est essentielle dans toute approche raisonnée visant à réduire de manière significative les dommages causés par les insectes (**Farsi et al., 2020 ; Soltani-Mazouni et al., 2012**). Plusieurs facteurs abiotiques peuvent affecter le succès de la reproduction, tels que l'humidité relative (**Webster et Cardé,**

2013) et la température (Delisle, 2008 ; Hiruma et Kaneko, 2013). Toutefois, ce développement peut être perturbé par différents insecticides, entraînant généralement un allongement de la durée de développement et une réduction de la longévité (Louat, 2013).

Le succès reproducteur d'un individu est défini par sa capacité à produire une descendance viable et capable de se reproduire à son tour (Barnes et al., 2008).

Nos résultats indiquent que l'HE de *C. aurantium* a un impact notable sur le potentiel reproducteur des femelles d'*E. kuehniella*. En traitant les chrysalides femelles dès leur mue nymphale, *C. aurantium* prolonge la période de préoviposition, tout en réduisant la durée d'oviposition ainsi que la fécondité et la viabilité des œufs.

En accord avec nos résultats des travaux similaires sur *E. kuehniella*, les HEs variées (*Laurus nobilis*, *Armoise blanche*, *Origanum vulgare*, *C. limon*, *Chenopodium botrys*, *Myrtus communis*, *Satureja thymbra* et *Thymus munbyanus*) ont montré qu'elles possédaient le même effet que l'HE de *C. aurantium* L. que nous avons testée sur le même insecte, en augmentant la période de préoviposition et en réduisant l'oviposition (Zekri, 2016 ; Delimi et al., 2013 ; Mahfouf, 2018 ; Taibi et al., 2018 ; Chebari et al., 2020 ; Karaborklu et al., 2011 Bendjedid, 2022). Ce qui réduit le nombre d'œufs déposés (Delimi et al., 2013).

D'autre part, Sabbour et Abd El-Aziz (2019) ainsi que Bouchikh et al., (2008) ont observé une inhibition de l'oviposition, une diminution du nombre d'œufs éclos et une réduction quasi-complète du taux d'émergence de la descendance chez *E. kuehniella*.

Les HEs de *Laurus nobilis*, *Romarinus officinalis*, *Thymus vulgaris*, *Mentha communis* et *Mentha rotundifolia* ont significativement réduit la fertilité, la fécondité, le taux d'éclosion et le taux d'inhibition de la ponte chez *E. kuehniella* (Zekri, 2016 ; Bouchikh et al., 2008 ; Aouadi et al., 2020).

Comme l'a montré une étude menée par Hamdani (2012), l'utilisation des HEs extraites du citron, de l'orange et du pamplemousse réduit le nombre moyen d'œufs pondus à moins de 20 œufs/5 femelles à partir de la dose de 8 µg, tandis que l'huile d'orange diminue la fécondité à moins de 12 œufs/5 femelles dès la dose de 4 µg. De plus, les poudres de feuilles de quatre espèces du genre *Citrus* diminuent la fécondité des femelles du ravageur *A. obtectus* à mesure que la dose de poudre utilisée augmente, avec la poudre d'orange ayant l'effet le plus marqué, réduisant le nombre moyen d'œufs pondus à moins de 40 œufs/5 femelles dès la dose de 2 %.

En outre, une autre étude menée par **Goucem-Khelfane (2014)** a montré que les HEs des arbres de citron et de laurier ont un impact significatif sur la fécondité des femelles, réduisant celle-ci à $1,25 \pm 2,5$ et $1,6 \pm 1,91$ œufs/5 femelles respectivement. À la dose la plus élevée (8 µg), en revanche, les HEs des arbres d'eucalyptus et de mandarinier annulent complètement la ponte des femelles (0 ± 0 œufs/5 femelles).

Par ailleurs, dans une étude menée par **Hamdani (2012)**, il a été observé que les quatre huiles extraites de l'orange, du citron et du pamplemousse ont un effet notable sur la ponte des œufs des insectes. En particulier, l'huile d'orange a montré une réduction très marquée de la ponte à moins de 5 œufs éclos/5 femelles à une dose de 4 µl.

Quant à **Goucem-Khelfane (2014)**, ses résultats ont montré que l'HE de laurier noble réduit significativement la ponte des œufs de l'insecte. De plus, les HEs de *C. limonum*, *C. reticulata* et *Eucalyptus globulus* annulent complètement la fertilité à la dose de 8 µg.

D'autres études indiquent que l'HE de *C. aurantium L.* présente un effet similaire à celui de l'azadirachtine, réduisant de manière significative la fécondité et la viabilité des œufs chez plusieurs espèces d'insectes, notamment *E. kuehniella*, *Cnaphalocrocis medinalis*, *D. melanogaster*, *L. migratoria*, *Muscadomestica* et *Lobesia botrana* (**Taffar, 2022 ; Radwan et al., 2019 ; Bezzar-Bendjazia et al., 2016 ; Mordue et al., 2005 ; Ghoneim et al., 2007 ; Pineda et al., 2009 ; Irigaray et al., 2010**).

Conformément aux résultats de plusieurs études, plusieurs HEs, notamment *Artemisia herba-alba*, *Artemisia compestris*, *Thymus mongolicus*, *Cinnamomum verum* et *Origanum vulgare*, ont démontré un effet marqué sur divers insectes tels que *Acanthoscelides obtectus*, *Helicoverpa armigera*, *E. kuehniella*, *Ectomyeloiscera toniae*, *Hyalommadromedarii* et *T. confusum*. Ces HEs ont été observées pour réduire la période de fécondité et la viabilité des insectes, utilisant diverses méthodes d'administration, y compris par voie orale ou par application topique (**Ismahane et al., 2021 ; Bendjedid, 2022 ; Qiao et al., 2021 ; Tabari et al., 2020**).

Chez *E. kuehniella*, la vitellogénèse se déroule durant la période nymphale. L'accouplement et la fécondation ont lieu dans les 12 premières heures suivant la mue à l'âge adulte (période de préoviposition), suivis d'une période d'oviposition qui s'étend sur 3 à 4 j (**Taïbi, 2007 ; Khebbeb et al., 2008 ; Soltani-Mazouni et al., 2011 ; Taffar, 2022 et Bendjedid, 2022**).

La fécondation et la fertilité sont directement liées aux processus d'ovogenèse et de vitellogenèse, régulés par les mêmes contrôles endocriniens. Ces processus peuvent donc être affectés de manière similaire. Par exemple, l'ovogenèse, la vitellogenèse, la maturation des œufs et l'oviposition sont contrôlées par les ecdystéroïdes et les hormones juvéniles (Jagadeeshan et al., 2015).

Selon la bibliographie, les HEs montrent un effet marqué sur la capacité de reproduction des ravageurs des produits alimentaires stockés, y compris leur fertilité. Nos résultats renforcent cet effet chez l'insecte du grain *E. kuehniella*. Même si la femelle parvient à s'accoupler, la fertilité sera considérablement réduite en raison d'une diminution de la période de mise en œuvre, indiquant ainsi un effet continu des composés essentiels contenus dans l'HE de *C. aurantium L.* sur le cycle de vie reproductif de l'insecte.

3. Effets insecticides de la bio-formulation de *C. aurantium L.* sur les adultes d'*E. kuehniella* :

Les bioformulations, combinant des matériaux naturels tels que l'argile blanche et des HEs, représentent une approche prometteuse dans le domaine de la lutte contre les insectes. L'argile blanche, connue pour ses propriétés absorbantes et protectrices, est souvent utilisée comme vecteur pour les composés actifs et pour stabiliser et distribuer uniformément l'HE contribuant ainsi à augmenter l'efficacité des bio insecticides. D'autre part, les HEs, comme celle de *C. aurantium L.*, sont riches en composés bioactifs ayant des propriétés insecticides bien documentées.

Nos résultats obtenus dans cette étude révèlent un effet notable de l'HE de *C. aurantium* sur le taux de mortalité des adultes d'*E. kuehniella*, modulé par différentes doses et durées d'exposition. L'analyse des données a mis en évidence une relation dose-dépendante claire de l'HE, où les doses les plus élevées ont entraîné des taux de mortalité plus élevés sur une période prolongée.

À faible dose (0,5 µl), l'effet insecticide de l'HE est initialement faible, sans mortalité observée dans les premières 24h. Cependant, la mortalité augmente progressivement avec le temps, atteignant 46,66% à 96h. Cela suggère que même de faibles doses de l'HE peuvent avoir des effets retardés mais cumulés, probablement en raison d'une accumulation progressive de composés toxiques dans l'environnement immédiat des insectes.

À une dose modérée (1µl), une mortalité plus rapide et plus élevée est observée, avec des taux de 56,66% à 96h. Cette augmentation de la mortalité en fonction de la dose suggère que l'HE a un effet toxique direct sur les insectes, accentué par une plus grande quantité de l'HE disponible pour interagir avec les cibles biologiques de l'insecte.

Pour la dose la plus élevée testée (2µl), la mortalité atteint 83,33% à 96h, avec une réponse significative dès les premières 24h (33,33%). Cette dose démontre l'efficacité potentiellement immédiate de l'HE à des concentrations plus élevées, ce qui pourrait être attribué à une saturation rapide de l'environnement de l'insecte par les composés actifs, provoquant une intoxication rapide.

À la dose maximale (5µl), la mortalité atteint un taux exceptionnellement élevé de 96,66 % dès 24h et 100% à 48h, maintenant ce niveau constant. Cette réponse quasi-instantanée et complète indique une forte efficacité insecticide de l'HE à des doses très élevées, suggérant que la formulation avec l'argile blanche pourrait améliorer la diffusion et l'exposition des insectes aux composés toxiques, maximisant ainsi l'effet létal.

En comparant les résultats de notre étude avec ceux de **Defat (2023)** au Sénégal, qui a étudié les effets insecticides de la bioformulation entre l'argile et l'HE, mais en utilisant un autre type d'HE et d'argile également, Trois types d'argile ont été utilisés avec l'HE de *Lippia alba* contre l'insecte *Sitophiluszeamaïs*. Les argiles locales 1 et 2 se distinguent par des concentrations différentes de silice naturelle avec des taux respectifs de (SiO₂) de 17% et 41%. Les résultats ont montré que l'argile contenant de la montmorillonite /HE de *L. alba* ont montré une efficacité significative comme insecticide après 24h de test, tandis que l'argile 1/HE a montré une efficacité après 48h de test. En revanche, l'argile 2/ HE n'a montré aucun effet significatif par rapport au témoin après 24h.

Et ainsi, l'HE de *C. aurantium L.* montre une efficacité élevée et rapide contre l'insecte *E. kuehniella*, probablement en intervenant dans les processus biologiques fondamentaux de cet insecte. De plus, l'étude a montré que la formulation contenant de l'argile blanche améliore la dispersion et l'exposition des insectes aux composés toxiques, renforçant ainsi l'effet létal de cette huile.

4. Effet de l'HE de *C. aurantium L.* sur les types morphologiques induits:

Le traitement des chrysalides femelles nouvellement exuviées avec différentes doses d'HE de *C. aurantium L.* (0,5 ; 1 ; 4 µl et la dose brute) a provoqué l'émergence de quatre

types morphologiques distincts lors de la phénologie imaginaire : adultes normaux, adultes présentant des malformations des ailes, une exuviation incomplète ou partielle, ainsi que des mues bloquées .

Les résultats de notre étude concordent parfaitement avec ceux de l'étude menée par **Taffar (2022)**, qui révèle que le traitement des chrysalides du dernier stade d'*E. kuehniella* avec deux doses létales différentes (DL₂₅ et DL₅₀) d'azadirachtine conduit à des résultats prometteurs. De plus, des effets similaires ont été observés chez plusieurs autres espèces d'insectes, telles que *Spodopteralitura*, *Spodopteramauritia*, *Manducasexta*, *Philosamiaricini*, *Papilio demoleus* et même *Drosophila melanogaster* après traitement des larves du dernier stade avec différentes formulations d'azadirachtine (**Gujar et Mehrotra, 1983 ; Jagannadh et Nair, 1992 ; Martinez et al., 2001 ; Gnanamani et Dhanasekaran, 2013 ; Pandey et al., 2011 ; Bezzar-Bendjazia et al., 2016**). De plus, l'étude de **Ochi et al., (2020)** a démontré que l'application topique d'azadirachtine sur *Popilliajaponica Newman* entraîne une perturbation complète du développement normal jusqu'au stade adulte.

Conclusion

Conclusion :

L'usage irrationnel des insecticides synthétiques est devenu une menace majeure pour la santé humaine et l'environnement, ce qui a conduit à envisager l'adoption d'autres alternatives naturelles. Les plantes aromatiques et leurs HEs ont été identifiées comme une source naturelle essentielle en tant qu'insecticides et comme une alternative aux insecticides synthétiques.

Dans ce cadre, notre étude vise à utiliser des produits naturels pour lutter contre l'insecte nuisible des denrées stockées *E. kuehniella*. Nos expériences ont été menées pour évaluer l'effet de l'insecticide biologique à base d'HE de *C. aurantium L.* sur plusieurs paramètres biologiques de cet insecte, tels que la durée du développement nymphal, la longévité des adultes, ainsi que les capacités de reproduction (périodes de pré-oviposition et d'oviposition, fécondité et viabilité des œufs). De plus, nous avons évalué l'effet d'une formulation biologique de ce insecticide végétal sur les adultes de cette espèce.

L'étude phytochimique approfondie de *C. aurantium L.* a révélé une composition chimique complexe comprenant divers composés bioactifs tels que les flavonoïdes, les leucoanthocyanes, les tanins, les alcaloïdes, les saponines, les stéroïdes, les terpénoides et les mucilages à l'exception de seulement deux composés, les quinones et les coumarines. Le rendement de l'extrait hydrométhanolique atteint 17.5%, ce qui est significatif, tandis que le rendement de l'HE par hydro-distillation est d'environ 0.12%, considéré comme relativement faible.

L'évaluation de l'HE de *C. aurantium L.* sur les chrysalides nouvellement écloses d'*E. kuehniella* révèle que l'effet toxique de cet huile affecte considérablement les paramètres biologiques de cet insecte. Il allonge la période de développement nymphal et le pré-oviposition, tout en réduisant la durée de la longévité, l'oviposition, la fécondité et la viabilité des œufs. Ces réductions sont particulièrement marquées dans la fécondité à la dose brute de $2,66 \pm 0,43$ œufs/ femelle par rapport au témoin qui était de $196,38 \pm 11,53$; ainsi que la viabilité des œufs qui a enregistré $0,29 \pm 0$ par rapport au groupe témoin qui était à $160,14 \pm 11,29$.

Les études toxicologiques ont montré que l'effet de la formulation biologique administrée par ingestion contre l'insecte *E. kuehniella* a entraîné une mortalité significative au cours des premières 24 h après exposition à la dose la plus élevée (5 µl), avec un taux de mortalité atteignant 96,66 %. Ce taux est monté à 100 % après 48h d'exposition. Le taux de

mortalité augmente de manière proportionnelle à l'augmentation des concentrations avec le temps.

Sur la base des résultats obtenus l'huile de *C. aurantium L.* peut être considérée comme un insecticide efficace contre l'insecte *E. kuehniella*, tant à ses stades chrysalides qu'adultes, que ce soit par contact direct ou par ingestion. Cela confirme son potentiel en tant qu'alternative naturelle efficace et sûre pour les consommateurs, tout en préservant la qualité des aliments dans les environnements de stockage contre cette nuisance.

Cependant, il serait bénéfique à l'avenir d'explorer les effets de l'HE de *C. aurantium L.* sur d'autres types de ravageurs et de tester son efficacité dans une gamme plus large de conditions de stockage réelles. Une évaluation exhaustive des effets environnementaux et sanitaires d'une utilisation répétée de ces huiles est également nécessaire. L'intégration de cette méthode avec d'autres techniques de gestion intégrée des ravageurs pourrait fournir une approche globale et durable pour la conservation des produits stockés.

Références Bibliographiques

A

Abbott W.S. 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18 : 265-267.

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 .

Akantetou KP., Nadio NA., Bokobana EM., Tozoou P., Poutouli W., Koba K. et Sanda K. 2020. Effet aphicide de l'huile essentielle de *Ocimum basilicum L.* et de son Composé majoritaire sur le puceron du cotonnier *Aphis gossypii Glover* (Homoptera : Aphididae) au Togo. 14 : 1.

Ammouri B. 2023. Support du cours: Marché et analyse des prix. Université de Carthage.

Arrab R. 2016. Effet insecticide des plantes *Melia azedarach L.* et *Peganumharmala L.* sur l'insecte des céréales stockées *Tribolium castaneumherbest* (Coleoptera, Tenebrionidae). Magister, unv. Farhat Abbas Sétif.

B

Bekon K. et Fleurat-Lessard F. 1989 . Evolution des pertes en matiere seche des grains dues a un ravageur secondaire : *Tribolium castaneum* (Herbst), coleoptere Tenebrionidae, lors de la conservation des céréales. , Céréales en région chaudes P 97-104.

Bencheikh A. 2021. Effet de l'inhalation des huiles essentielles des deux plantes (Rutacée et Lamiacée) sur *Tribolium castaneum* (Coleoptera, Tenebrionidae) (Doctoral dissertation, UNIVERSITE KASDI MERBAH–OUARGLA).

Bendjedid H. 2022. Étude in vivo de l'efficacité des huiles essentielles d'une plante *Thymus munbyanus* (Boiss&Reut.) à l'égard d'un ravageur à intérêt agronomique *Ephestia kuehniella* (LepidopteraPyralidae): impact biochimique et physiologies , Mémoire de master, Université Badji Mokhtar - Annaba.

Benlameur Z. 2016. Les ravageurs des denrées stockées et leur impact sur la santé Humaine. Doctorat en Sciences Agronomique. Ecole Nationale Supérieure Agronomique El-Harrach Alger. P1-2.

Bettahar F. 2016. Conception et prototypage d'un système complet pour la surveillance du grain dans les silos de stockage, Thèse de doctorat, Université Toulouse le Mirail – Toulouse II, Français, 153p.

Bezzar-Bendjazia R., Kilani-Morakchi S., et Aribi N. 2016. Larval exposure to azadirachtin affects fitness and oviposition site preference of *Drosophila melanogaster*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 133, 85-90.

Bouaida R.H. 2016. Essai de formulation d'un pesticide à base de la poudre des feuilles de Quelques plantes aromatique (chou, ortie, la lavande, basilic thym). Master académique En agronomie. Université Abou bakrBelkaïd. Tlemcen. P.67.

Bouchikhi T.Z. 2010. Lutte contre la bruche du haricot *Acanthoscelidesobtectus*(Coleoptera, Bruchidae) et la mite *Tineolabisselliella* (Lepidoptera, Tineidae) par des plantes aromatiques et leurs huiles essentielles. Thèse de doctorat en écologie animale. Université Abou bakrBelkaïd. Tlemcen. P.128.

Références bibliographiques

Boukhalf H. et Rouabah, I. 2020. L'utilisation des huiles essentielles dans la lutte contre les insectes des denrées stockées (Recherche bibliographique). Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi. URL Momaceuniv 55 0 27 443/smchandle/123456789/400.

Boukhalfa H. et Rouabah I.2020. L'utilisation des huiles essentielles dans la lutte Contre les insectes des denrées stockées.

Boukhatem M. N., Ferhat, A. et Kameli A. 2019. Méthodes d'extraction et de distillation des huiles essentielles: revue de littérature. Une, 3(4), 1653-1659.

Bousbia N. (2011). Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires (Doctoral dissertation, Université d'Avignon).

Bruneton J. 1999. Pharmacognosic, phytochimic. Plantes médicinales. Edition Technique et documentation, 3ème Edition Lavoisier, Paris. 1120.

BURT S.A. 2004. Essential oils:theirantibacterialproperties and potentiel applications in foods-a rewiew International. J. Food Microbiol, 94 :pp223-253.

e

Cassan A. 2008. Guide des agrumes. Institut Klorane, Fondation d'Entreprise pour la Protection et la Bonne Utilisation du Patrimoine Végétal. Conception/Rédaction par Isabelle Scarlatine. Illustrations par André Boos. Prépresse et impression par Art & Caractère (SIA), 81500 Lavaur.

Références bibliographiques

Cerdagne I.2004. L'oranger amer : *Citrus aurantium* var. amara Link .Thèse de doctorat. Université de La Réunion

Chebari S., Quartz, A. et Rehahlia, R. 2020. Effet bio-insecticide des huiles essentielles de lantanier (*Lantana camara*) et de l'Ortie (*Urticadioica*), sur un ravageur des denrées stockées *Ephestia kuehniella* (Zeller) , Université de Guelma. Récupéré sur <http://dspace.univ-guelma.dz/jspui/handle/123456789/10636>

Chen Y., Wright, N., Guo, Y., Turnbull, I., Kartsonaki, C., Yang, L. et Yu, M. 2020. Mortality and recurrent vascular events after first incident stroke : a 9-year community-based study of 0,5 million Chinese adults. The Lancet Global Health, 8(4), e580-e590.

Chenni M., El Abed D., Rakotomanomana N., Fernandez X. et Chemat F. 2016. Comparative study of essential oils extracted from Egyptian basil leaves (*Ocimum basilicum* L.) using hydro-distillation and solvent-free microwave extraction. *Molecules*, 21(1), 113.

CONPLAN F., 1999-Guide des condiments et épice du monde .suisse.

2

Defat L. 2023. Etude d'une formulation insecticide composée d'huile essentielle de *Lippia alba* et d'argiles locales sénégalaises contre *Sitophilus zeamais*(*curculionidae*) Travail de fin d'études, Master en bioingénieur: chimie et bioindustries, à finalité spécialisée, Gembloux Agro-Bio Tech. Promoteur: M.-L. Fauconnier. <http://hdl.handle.net/2268.2/17868>.

Delimi A., Taibi F., Fissah A., Herib, S., Bouhkari M. et Cheffrou A. 2013. Bioactivité 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>

Delisle H. F. 2008. Poverty : the double burden of malnutrition in mothers and the intergenerational impact. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1136(1), 172-184.

Deravel J., Krier F. et JacquesP. (2013). Les biopesticides, compléments et alternatives aux produits phytosanitaires chimiques (synthèse bibliographique). *Biotechnologie, agronomie, société et environnement*.

<https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=16839&file=1&pid=11072>

Deschepper R. 2017. Variabilité de la composition des huiles essentielles et intérêt de la notion de chémotype en aromathérapie. *Sciences pharmaceutiques*.

Desmares C. 2008. Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles Essentielles: Contribution pour l'évaluation de la sécurité des produits cosmétiques contenant.

Doumandji S. 1981. Biologie et écologie de la pyrale des caroubes dans le nord de l'Algérie: *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera pyralidae). Université Pierre et Marie Curie, Paris.

Dridi Z. et Zaknoun N. 2020. Etude phytochimique et l'activité antioxydante et antibactérienne de trois plantes de la famille de Rutaceae (*Zanthoxylumarmatum*, *Rutagraveolens* et *Citrus aurantium*), Master'sthesis, Université de Bouira.

ε

EL-Haoud H., Boufellous M., Berrani A., Tazougart H. et Bengueddour R. 2018. Screening phytochimique d'une plante médicinale: *Mentha spicata* L. *Phytochemical*

Références bibliographiques

screening of a medicinal plant: *Mentha spicata* L. Université Ibn Tofail, Département de Biologie, Laboratoire de Biochimie, Biotechnologies, Santé et Environnement, Kénitra, Maroc.

El kolli M. 2008. Contribution à l'étude de la composition chimique et de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*Athemispedunculata* Desp, d'*Athemispunctatavahl* et de *Daucus crinitus* Desf. Mémoire de Magistère, Département de biologie, Faculté des sciences, UFA de Sétif.

7

FAO Statistics, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022.
<http://faostat.fao.org/>

Farsi F., Goldansaz SH. et Ashouri A.2020. Effect Of Different Light Spectra On Fecundity Of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). Actaentomol. Serb.

Fekih A. 2014. Fault diagnosis and fault tolerant control design for aerospace systems: A bibliographical review. In 2014 American Control Conference (pp. 1286-1291). IEEE.

Ferdenache M., Bendjazia R., Marion-Poll F. et Kilani Morakchi S. 2019. Transgenerational effects from single larval exposure to azadirachtin on life history and behavior traits of *Drosophila melanogaster*. *Scientific Reports*, 9(1), 17015. DOI: 10.1038/s41598-019-53474-x.

Fianko J. R., Donkor A., Lowor S. T. et Yeboah P. O.2011. Agrochemicals and the Ghanaian environment, a review. Journal of Environmental Protection, 2(03), 221.

Références bibliographiques

Figueredo G. 2007. Etude chimique et statistique de la composition d'huiles essentielles d'origans (Lamiaceae) cultivés issus de graines d'origine méditerranéenne Doctoral dissertation, Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II.

Fleurat-Lessard F. 2003. Optimisation des conditions de stockage des blés: Nouveaux concepts pour la maîtrise de la qualité des grains stockés. Bibliothèque-Centre de Documentation de la Faculté des Sciences Agronomiques.

FOA. 2019. Outils de formation pour la production de semences. P120.<http://faostat.fao.org/>.

Foua-Bi K. 1992. La Post-récolte: en Afrique. Canada:Foua-Bi.

9

GEORG G., KERSTIN H. et LEO YENDOUBAN L. 2005. Petit manuel d'identification des Principaux ravageurs des denrées stockées en Afrique de l'Ouest, Bénin, Ed.INRAB-LITA : 20p.

Gouami C. et Nebili I. 2020. Screening phytochimique d'une plante médicinale *Ruta graveolens* et l'étude théorique de son activité biologique sur un modèle biologique *Drosophila melanogaster*.Mémoire de master. Université Larbi Tébessa, Tébessa.

Ghédira K. et Goetz P. 2015. *Citrus aurantium L.* var. amara Link Orangeramer–Bigaradier (Rutaceae). Phytothérapie, 13(5), 320-327.

Références bibliographiques

Giunti G., Palermo D., Laudani F., Algeri G.M., Campolo O. et Palmeri, V. 2019. Repellence and acute toxicity of a nano-emulsion of sweet orange essential oil toward two major Stored grain insect pests. Ind Crops Prod. 142 : 111869.

Gladrich M. T. F., Joseph M., Hélène M. G. et Léon T. A. 2021. Effet Bio-Insecticide de l'huile Essentielle de la Poudre De *ChenopodiumAmbrosioides L.* Sur les imagos de bruches de haricots en stockage. European Scientific Journal, ESJ, 17(25), 267.

Gnanamani R. et Dhanasekaran S. 2017. Efficacy of Azadirachta Indica Leaf Extract on the Biochemical Estimation of a Lepidopteran Pest *Pericalliaricini* (Lepidoptera :Arctiidae). World. Appl. Sci. J. 35(2) : 177-181.

Goergen G., Fandoham P., Hell K. et Lamboni Y.2005. Petit manuel d'identification des principaux ravageurs des denrées stockées en Afrique de l'Ouest. IITA Cotonou/Bénin, 25pp.

Gruntenko N. et Rauschenbach I. 2009. 20-hydroxyecdysone, juvenileHormone and biogenic amines : Mechanisms of interaction in control of *Drosophila* Reproduction under normal and stressful conditions. In Ecdysone. Structures and Functions. Springer, Dordrecht. 317- 332.

Guèye M.T., Seck D., Wathelet J-P. et Lognay G. 2011. Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 15(1), 183-194.

#

Références bibliographiques

Haiahem L. T. et Bencheghib B. 2019. Activité bio-insecticide des huiles essentielles de *l'Ortie urticadioica L.* sur, un ravageur des denrées stockées *Ephestia Kuehniella* (Zeller) , Université de Guelma. <http://dspace.univ-guelma.dz/jspui/handle/123456789/3845>.

Hamdani D. 2012. Action des poudres et des huiles de quelques plantes aromatiques sur les Paramètres biologiques de la *bruche* du Haricot, *Acanthoscelidesobtectus* Say. (Coleoptera : Bruchidae). Thèse de magister en écologie et biodiversité animales des Ecosystèmes continentaux. Université Mouloud Mammeri. Tizi-Ouzou. P.96.

Hami M. 2004. Activite comparée de quelques effecteurs des ecdysteroides en traitement combine chez un model de laboratoire , *Ephestia kuehniella Zeller*. thèse de doctorat Université Baji Mokhtar , Annaba.

Hanane A., et Wissam B. 2017. Activité antioxydante et antimicrobienne des huiles essentielles de *Lavandulastoechas L.* (Doctoral dissertation).

Haoulia A. 2015. Tests phytochimiques, dosage et recherche d'effet hémolytique des polyphénols totaux extraits de la partie aérienne *d'Ammoides verticillata* . Mémoire de master. Université Abou baker belkaid, tlemcen.

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.*

Hiruma, K. et Kaneko, Y. 2013. Hormonal regulation of insect metamorphosis with special reference to juvenile hormone biosynthesis. Current topics in developmental biology, 103, 73-100. <http://www.afriquescience.info>

In Bull. D'information Phytosanitaire-Phytosanitary News Bulletin, vol. 43, P. 12-23.

Inge de groot, 2004. Protection des céréales et des légumineuses stockent, c'est un Agrodok (livre) première édition: 1996 deuxièmes éditions: 2004 conception: jannekereijnders traduction: Evelyne Codazzi ISBN, p 74.

9

Jagannadh V. et Nair V. S. K. 1992. Azadirachtin-induced effects on larval-pupal transformation of *Spodoptera mauritia*. Physiological Entomology, 17(1), 56-61.

Javid Ali J. A., Asfandiyar Khan A. K., Naseem Ullah N. U., Muhammad Amin M. A., Zia-ur-Rahman Z. U. R., Khayam S. M. U. et Quarashi M. N. A. 2012. Essential oil chemical composition and antimicrobial activity of sour oranges (*Citrus aurantium*) peels, Journal of Pharmacy Research, vol.5, no.3, pp.1690-1693.

7

Karabörklü S., Ayvaz A., Yilmaz S. et Akbulut M. 2011. Chemical composition and fumigant toxicity of some essential oils against *Ephestia kuehniella*. Journal of economic entomology, 104(4), 1212-1219.

Kokubun T. et Harborne J. B. 1995. Phytoalexin induction in the sapwood of plants of the Maloideae (Rosaceae) : biphenyls or dibenzofurans. Phytochemistry, 40(6), 1649-1654.

Kyoung S. C., Young-ran L., Kyungho L., Jaeseok L., Jang H. L. and Im-Lafont R., Dauphin-Villemant C., Warren JT. et Rees H. 2005. Ecdysteroid Chemistry and biochemistry. Comprehensive Insect Molecular Science. Elsevier. 3 : 125-195



Lagha-Benamrouche S., Addar L., Boudershem H., Saïda T. A. N. I. et Madani, K. 2018. Caractérisation chimiques des écorces d'oranges, identification par GC-MS et évaluation du pouvoir antioxydant de leurs huiles essentielles. Revue Nature et Technologie, 10(01), 112-115.

Lale N.E.S. et Vidal S. 2003. Simulation studies on the effects of solar heat on egg- laying, development and survival of *Callosobruchus maculatus* (F.) and *Callosobruchus subinnotatus* (Pic) in stored bambara groundnut *Vigna subterranea* (L.) Verdcourt. J. Stored Prod. Res. 39,447-458.

Laurent J. 2017. Conseils et utilisations des huiles essentielles les plus courantes et Diplôme d'état de docteur en pharmacie. Université Paul Sabatier Toulouse II. Trance. P.219

Leonard M.2004. Bonding and bridging social capital. Reflections from Belfast. Sociology, 38(5), 927-944.

Leonard S.T.N. 2004. La recherche d'une alternative aux polluants organiques persistants.

Louat F. 2013. Etude des effets liés à l'exposition aux insecticides chez un insecte modèle, *Drosophila melanogaster*, Université d'Orléans.

Lugasi A., Hóvári J., Sági K.V. et Biról. 2003. The role of antioxidant phytonutrients in The prevention of diseases. Acta. Biol. Szeged., 47 : 119-125.



Mahfouf N. 2018. Étude de l'espèce *Origanum vulgare*L.. Botanique. Université Chadli Benjedid El Tarf .<https://hal.science/tel-01894678>

Maizi S. L. et Lemita H. 2019. Activités antifongique et insecticide des huiles essentielles de deux plantes aromatiques sur la pyrale de la farine *Ephestia kuehniella* .UniversitéLaarbi Tebessi Tebes .<http://localhost:8080/jspui/handle/123456789/1584>

Maksoud S., Abdel-Massih R. M., Rajha H. N., Louka N., Chemat F., Barba F. J. et Debs E. 2021. *Citrus aurantium* L. active constituents, biological effects and extraction methods. an updated review. Molecules, 26(19), 5832.

Meddahi, F. et Benabbou, A. 2019. Etude des propriétés physico-chimiques et biologiques des feuilles *Citrus sinensis*, *Citrus aurantium* et la plante *Ammi visnagapar* différentes méthodes d'extraction. <http://e-biblion.unie-moita.dibandle/123456789/13341>

Merghem R. 2009. Eléments de biochimie végétale. Alger : Bahaeddine. Bio-V/085. SBI/8625.

Références bibliographiques

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 -. Mémoire de Master. Université des FrèresMentouri.Constantine.

Mordue A. J., Morgan, E. D., Nisbet, A. J., Gilbert, L. I. et Gill, S. S. 2010. Azadirachtin, a natural product in insect control. Insect control : biological and synthetic agents, 185-197.

Mikolo B., Massamba D., Matos L., Lenga A., Mbani G. et Balounga P. 2007. Conditions de stockage et revue de l'entomofaune des denrées stockées du Congo-Brazza Ville. J.Sci. 7, N°1, 30-38.

Muthiah P. et Sankar P. 2012. Phytochemical analysis and in vitro antioxidant activity of *Citrus aurantium L.* Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 2(3), S1635-S1639. doi:10.1016/S2221-1691(12)60406-7

n

Naboulsi I. et Aboulmouhajir A. 2018. Plants extracts and secondary metabolites, their Extraction methods and use in agriculture for controlling crop stresses and improving Productivity. Acad. J. Med. Plants, 6(8) : 223–240.

Nadio N. A., Bokobana E. M., Akantetou K. P., Tozoou P., Poutouli W., Koba K. et Raynaud C. 2021 . Efficacy of bioinsecticides based on the essential oil of *Cymbopogon schoenanthus* (L.) Spreng against red bugs (*Dysdercus voelkeri* Schmidt) in cotton cultivation in Togo.

Références bibliographiques

Namdeo A. G. 2018. Cultivation of medicinal and aromatic plants. In Natural products and drug discovery (pp. 525-553). Elsevier.

National Center for Biotechnology Information (NCBI), 2018.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/taxonomyhome.html/>

Ncibi S., 2020. Potentiel bioinsecticide des huiles essentielles sur deux ravageurs des céréales stockées *Rhyzoperthadominica* (Fabricius, 1792) et *Tribolium castaneum*(Herbst, 1797) et Identification de leurs ennemis naturels.Doctoral dissertation, Institut National Agronomique de Tunisie, Ecole Doctorale Sciences et Techniques de L’Agronomie et de l’Environnement.

O

Ouldyerou K. et Righi S. 2020. Etude comparative entre les plantes: *Malvasylvestris*, *Olea europea*, *Citrus aurantium*, utilisées dans le traitement du diabète dans la médecine traditionnelle de la région de Mascara. Recherche avancée en science et technologie, JARST. ISSN: 2352-9989.

Ozer M. 1953. Etude anatomique et biologique d’*Ephestia kuehniella*. La teigne des Farines. Comportement de ponte et alimentation des chenilles. Inst. National de la Recherche Agronomique. Paris.

P

Paris R. R. et Moyse H. 1976. *Précis de matière médicale: Schizophytes (Bactéries)-Actinomycétales-Thallophytes (Champignons, Algues, Lichens)-Ptéridophytes (Fougères)-Spermaphytes (Gymnospermes).* Pharmacognosie générale. Pharmacognosie Spéciale. Masson.

Pawar H., Kashyap M. K., Sahasrabuddhe N. A., Renuse S., Harsha H. C., Kumar, P. et Pandey A. 2011. Quantitative tissue proteomics of esophageal squamous cell carcinoma for novel biomarker discovery. *Cancer biology & therapy*, 12(6), 510-522.

2

Qiao J., Zou X., Lai D., Yan Y., Wang Q., Li W., Deng S., Xu H. et Gu H. 2014. Azadirachtin blocks the calcium channel and modulates the cholinergic miniature synaptic current in the central nervous system of *Drosophila*. *Pest Manag. Sci.* 70 (7) : 1041- 1047.

R

Rahabi A., Gherib H. et Belaïfa, A. A. 2023. Activité biologique de l'huile essentielle d'une plante aromatique sur deux insectes ravageurs des denrées stockées. Mémoire de Master, Université 8 mai 1945 Guelma.

Rakotomalala H. 2004. Etude des huiles essentielles de *Cedrelopsis grevei*. Caractérisation—identification des constituants, activités biologiques .Thèse de Doctorat. Université d'Antananarivo.

Regnault-Roger C. et Hamraoui A. 1997. Lutte contre les insectes phytophages par les Plantes aromatiques et leurs molécules allélochimiques. *Acta Botanica Gallica*, 144 (4) .P.401-412. DOI : 10.1080/12538078.1997.10515779.

Robin D. 2017. Variabilité de la composition des huiles essentielles et intérêt de la notion de chémotype en aromathérapie. *Sciences pharmaceutiques*. dumas-01515314f.

S

Sabbour M. M. et Abd El-Aziz S. E. S. 2019. Impact of certain nano oils against *Ephesiakuehniella* and *Ephesiacutella* (Lepidoptera-Pyralidae) under laboratory and store conditions. Bulletin of the national research Centre, 43, 1-7.

Sanda K. 2020. Effet aphicide de l'huile essentielle de *Ocimum basilicum L.* et de son Composé majoritaire sur le puceron du cotonnier *Aphis gossypii* Glover (Homoptera :Aphididae) au Togo.

Saouli S. et Abdennébi B. 2020. Contribution à l'étude des caractéristiques phytochimiques de l'extrait aqueux de *Rosmarinus officinalis L.*. Mémoire de master, Université de Biskra, Biskra, Algérie.

Schuster C. L. et Smeda R. J. 2007. Management of *Amaranthus rudis* S. in glyphosate-resistant corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L. Merr.). Crop protection, 26 (9), 1436-1443.

Sedira F. et Ramdani L. 2018. Activité répulsive et larvicide de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* sur *Plodiainterpunctella* et *Ephestia kuehniella*, deux espèces ravageurs des denrées stockées. 8080/js/handle/123456789/1578.

Soon L. 2017. Terpenes from Forests and Human Health. Toxicological Research, vol. 33, No. 2, pp : 97-106. <https://doi.org/10.5487/TR.2017.33.2.097>.

Références bibliographiques

Suntar I., Khan H., Patel S., Celano R. et Rastrelli L. 2018. An overview on *Citrus aurantium* L. Its functions as food ingredient and therapeutic agent. Oxidative medicine and cellular longevity.

Suryawanshi J. A. S. 2011. An overview of *Citrus aurantium* used in treatment of various diseases. African Journal of Plant Science, 5(7), 390-395.

7

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.

Taïbi F. 2007. Etude comparée du développement et de la reproduction chez deux ravageurs des denrées stockées *Ephestia kuehniella* et *Tenebriomolitor*: Aspect endocrinien en rapport avec l'impact d'un mimétique de l'hormone de mue, le RH0345. Thèse de doctorat en Biologie et Physiologie Animale. Université d'Annaba. Algérie.

Titouhi F., Amri M., Messaoud C. et Ben Jemâa J. M. 2017. Protective effects of three *Artemisia* essential oils against *Callosobruchus maculatus* and *Bruchus rufimanus* (Coleoptera: Chrysomelidae) and the extended side-effects on their natural enemies. Journal of Stored Products Research, 72, 11-20. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2017.02.007>

7

Vama TIA E., CISSE M., DOUAN G. B. et KONE A. 2019. Etude comparée de l'effet insecticide des huiles essentielles de *Cymbopogon citratus* DC et d'*Ocimum canum* Sims sur

Références bibliographiques

CylaspuncticollisBoheman, un charançon de la patate douce. *International Journal of Biological and Chemical Sciences, 13*(3), 1789-1799. Available online at <http://www.ifgdg.org>

Viau C. et Tardif R.2003. Toxicologie. In M. Gérin, P. Gosselin, S. Cordier, C. Viau, P. Quénel, É. Dewailly (Eds.), Environnement et santé publique - Fondements et pratiques (pp. 119-143). Acton Vale, Canada / Paris, France: Edisem/Tec & Doc.

W

Webster B. et Cardé R. T.2017. Use of habitat odour by host-seeking insects. Biological Reviews, 92(2), 1241-1249.

Widdison S., Watson M., Piercy J., Howard C. et Coffey T. J.2008. Granulocyte chemotactic properties of M. tuberculosis versus M. bovis-infected bovine alveolar macrophages. MolecularImmunology, 45(3), 740-749.

Y

Yezli-Touiker S. et Soltani-Mazouni N. 2010. Profil des ecdystéroïdes durant la métamorphose et rapport avec le cycle cuticulaire chez *Ephestia kuehniella* (Insecta, Lepidoptera, Pyralidae). Laboratoire de Biologie Animale Appliquée, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Balji Mokhtar, BP 12, Annaba 23000, Algérie.

Yezli-Touiker S., Kirane-Amrani L., Meskache R. et Soltani N. 2019. Effect of captopril on growth development and cuticular secretion in pupae of themediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* Zeller. Fresenius Environ. Bull. 28 (2) :526-531.

Références bibliographiques

Yezli-Touiker S., Soltani-Mazouni N., Kirane-Amrani L. et Soltani N. 2016. Delayed effects of captopril on the Mediterranean flour moth: reproductive events, biochemical composition and molting hormone contents of ovaries. Fresen. Environ. Bull, 25, 1199-1205.

Yezza S. et Bouchama S. 2014: index des métabolites secondaires végétaux, université kasdimerbah, Ouargla Faculté des sciences de la nature et de la vie département des sciences biologiques. 47 pages.



Zarazaga A., Garcia-De-Lorenzo L., Garcia-Luna P. P., Garcia-Peris P., Lopez-Martinez J., Lorenzo V. et Del Llano J. 2001. Nutritional support in chronic renal failure : systematic review. Clinical Nutrition, 20(4), 291-299.

Zerrougui N. et Boukhatem A. 2021. Activité adulticide et larvicide de l'huile essentielle de *Origanum vulgare* sur un ravageur secondaire des denrées stockées-*Tribolium confusum* . Thèse de doctorat. Université laarbi tebessi.tebessa.

Zekri F. 2016. Contribution à l'étude des propriétés insecticides du Laurier noble, *Laurus nobilis* L. (Lauraceae), sur un insecte ravageur des denrées stockées, *Ephesia kuehniella* (Lepidoptera, Pyralidae). Master académique en science biologique. Université des Frères Mentouri. Constantine. P.40.

