

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur
et de la recherche scientifique
Université Chadli Bendjedid
El Tarf



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشاذلي بن جديد
الطارف

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie

جامعة الشاذلي بن جديد
UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID

كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم العلوم البيولوجيا



Mémoire de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master 2
Académique

« Toxicologie Fondamentale & Appliquée »

THÈME

**Étude de l'effet répulsif des trois espèces du
genre *Citrus* (*C. reticulata*, *C. sinensis* et *C. limon*)
à l'égard de quelques espèces ravageuses des
denrées stockées dans la région de El Tarf**

Soutenu le : 23/06/2024

Présenté Par : Bougherara Noussiba / Hamdani Boutheina

Devant le jury composé de :

Dr. TOUIL Wided	MCA	Présidente	UCBET
Dr. FELLAH Imen	MCA	Examinatrice	UCBET
Dr. Amoura Mounia	MCA	Promotrice	UCBET

Année universitaire 2023 - 2024

Remerciements

Je remercie avant tout Dieu (Allah) le tout puissant de m'avoir accordé force et volonté pour terminer ce travail.

Mes remerciements s'adressent à Mme **AMOURA Mounia** de m'avoir encadré durant la réalisation de mon mémoire de Master, pour ces précieux conseils, son dévouement, sa patience, sa générosité et sa disponibilité à tout moment.

Je remercie également : Mme **TOUIL Wided** qui a bien voulu accepter de présider mon jury

Mes vives gratitude vont aussi à Mme **FELLAH Imen** qui a bien voulu examiner ce travail.

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à tous les enseignants de la spécialité Toxicologie de l'université de Chadli Bendjedid ELTREF

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mon père **Ali** et à mon oncle **Said** à mon grand-père **lakhdar**, qui nous ont quittés pour la demeure de l'éternité, avec tout mon amour et ma gratitude ,vous avez toujours été ma source d'inspiration et de soutien ,et j'espère avoir réalisé quelque chose digne de votre mémoire parfumée ,
qui dieu ait pitié de vous et vous fasse habiter dans ses vastes jardins .

A ma mère **Mabrouka**, maman chérie, tu as consacré ta vie à notre bonheur et notre bien être, merci et je vous souhaite une bonne santé.

A ma deuxième mère **ghania** merci du fond du cœur pour tout ce que tu as fais pour moi.

A mes chers frères (**Amir ,Mouhammed et Nasseridine**).

A mon unique sœur **Asma**

A ma grand-mère **hafsia** Dieu la garde.

A mes tantes, oncles, cousines et cousins.

A mon adorable amies **Imen, Oumaima ,Chaima , Amina et khaoula**

A mon collègue **Noussiba**

Boutheina

Dédicace

Avec toute fierté je dédie ce travail à trois personnes que j'aime le plus sur terre et auxquelles je ne cesserai de dédier tous mes succès.

*A mon défunt oncle, **Lamine Bougherara**, le seul qui a cru en mes capacités et m'a encouragé dans mon travail le plus simple. Combien j'ai souhaité sa présence, que Dieu ait pitié de lui et le fasse habiter son spacieux paradis.*

*A toi cher père (**Bougherara Taher**), mon exemple éternel, mon soutien moral et ma source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir. Je t'aime papa sache que quoique je fasse je ne saurai point te remercier.*

*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, chère maman (**Nacira chine**) : à toi qui m'as tout donné, sans rien demander, à toi qui as tout laissé pour moi. Quoi que je fasse ou quoi que je te dise je ne saurai point te remercier comme il se doit .Tu es une mère courageuse, exceptionnelle, tu es tout pour moi. Je t'aime ma belle.*

*À mon mari, **Atef Malek**, pour sa patience et ses encouragements. Et à ses parents.*

*À ma vilaine fille, **Isra Malek**.*

A la promo de zeme année Master Toxicologie de l'année 2023- 2024

Noussiba ...

Résumé

Ce travail vise à évaluer et comparer l'effet répulsif des huiles essentielles extraites des plantes médicinales *Citrus reticulata*, *Citrus sinensis* et *Citrus limon* à l'égard de trois espèces ravageuses des denrées stockées *Ephestia kuehniella*, *Ectomyelois ceratoniae* et *Tribolium castaneum*.

Les Huiles Essentielles extraites par hydrodistillation à partir des écorces d'agrumes du genre *Citrus* ont présenté un pourcentage du rendement très élevé et notable de l'ordre de 1.91%, 4.06% et 3.6% pour *C. réticulata*, *C. sinensis* et *C. limon* respectivement. Le test de répulsion montrent que les Huiles essentielles des trois agrumes ont un effet répulsif très important contre les adultes de *T. castanum*, avec un taux de répulsion de l'ordre de 73.33%, 68,33% et 96.66% pour *C. réticulata*, *C. sinensis* et *C. limon* respectivement. Leur efficacité reste moindre contre les larves d'*Ephestia kuehniella* et d'*Ectomyelois ceratoniae* dont l'Huiles essentielles de *Citrus limon* présente des effet très faiblement répulsive avec un taux de répulsion de l'ordre de 8,33% et 13.33% respectivement, tandis que l'Huile essentielle *Citrus reticulata* est considéré comme faiblement à modérément répulsive avec un taux de répulsion de l'ordre de 53.33% et 21.66% respectivement. En ce qui concerne l'Huile essentielle de *Citrus sinensis* présente un effet faiblement répulsive et très faiblement répulsive sur les larves de la pyrale de la farine et les larves de la caroube avec un taux de répulsion de l'ordre de 30% et 9,99% respectivement. Nos résultats sont très encourageant et permettront une meilleure valorisation des écorces de agrumes du genre *Citrus* de notre région, qu'elles constituent des sous-produits peut être utilisé comme des bio-insecticides sur les ravageurs des produits stockées notamment *Tribolium castaneum* et *Ephestia kuehniella*.

Mots clés : bio-insecticides, Huiles Essentielles, *Citrus reticulata* , *Citrus sinensis*, *Citrus limon*, *Ephestia kuehniella*, *Ectomyelois ceratoniae*, *Tribolium castaneum* , Test de répulsion.

Abstract

This work aims to evaluate and compare the repellent effect of essential oils extracted from the medicinal plants *Citrus reticulata*, *Citrus sinensis* and *Citrus limon* with regard to three species that pest stored commodities *Ephestia kuehniella*, *Ectomyelois ceratoniae* and *Tribolium castaneum*.

Essential Oils extracted by hydrodistillation from the peels of citrus fruits of the *Citrus* genus presented a very high and notable yield percentage of the order of 1.91%, 4.06% and 3.6% for *C. reticulata*, *C. sinensis* and *C. silt* respectively. The repulsion test shows that the EOs of the three citrus fruits have a very significant repellent effect against adults of *T. castanum*, with a repulsion rate of around 73.33%, 68.33% and 96.66% for *C. reticulata*, *C. sinensis* and *C. limon* respectively. Their effectiveness remains less against the larvae of *Ephestia kuehniella* and *Ectomyelois ceratoniae* whose *Citrus limon* Essential Oils has a very weak repellent effect with a repulsion rate of around 8.33% and 13.33% respectively, while *Citrus reticulata* Essential Oils is considered weakly to moderately repellent with a repulsion rate of around 53.33% and 21.66% respectively. Regarding the Essential Oils of *Citrus sinensis*, it has a weakly repellent and very weakly repellent effect on the larvae of the meal moth and the larvae of the carob with a repulsion rate of around 30% and 9.99 % respectively. Our results are very encouraging and will allow better valorization of the peels of *citrus fruits* of the *Citrus* from our region, which constitute by-products and can be used as bio-insecticides on stored product pests including *Tribolium castaneum* and *Ephestia kuehniella*.

Keywords: bio-insecticides, Essential Oils, *Citrus reticulata* , *Citrus sinensis* , *Citrus limon*, *Ephestia kuehniella* , *Ectomyelois ceratoniae* *Tribolium costaneum*, Repulsion test

ملخص

يهدف هذا العمل إلى تقييم ومقارنة التأثير الطارد للزيوت الأساسية المستخرجة من النباتات الطبية *Citrus reticulata* و *Citrus sinensis* و *Citrus limon* فيما يتعلق بثلاثة أنواع من السلع المخزنة في الآفات *Ephestia kuehniella* و *Ectomyelois ceratoniae* و *Tribolium castaneum*..

أظهرت الزيوت الأساسية المستخرجة بالتقطير المائي من قشور الحمضيات من جنس الحمضيات نسبة عالية جدا وملحوظة من المحصول تبلغ حوالي 1.91% و 4.06% و 3.6% ل *C. reticulata* ، *Citrus sinensis* و *Citrus limon* على التوالي. أظهر اختبار الطارد أن للزيوت الأساسية من ثمار الحمضيات الثلاثة كان لها تأثير طارد قوي جدا ضد البالغين من *T. castanum* ، مع معدل تنافر حوالي 96.66% ; 68.33% , 73.33% ل *C. reticulata* ، *Citrus sinensis* و *Citrus limon* على التوالي. فعاليتها أقل ضد يرقات *Ephestia kuehniella* و *Ectomyelois ceratoniae* ، بما في ذلك للزيوت الأساسية من *Citrus limon* تأثيرات طاردة ضعيفة للغاية بمعدل طارد يبلغ حوالي 13.3% ; 8.33% على التوالي ، بينما للزيوت الأساسية تعتبر *C. reticulata* طاردة ضعيفة إلى متوسط بمعدل طارد يبلغ حوالي 21.66% , 53.33% على التوالي. بقدر ما للزيوت الأساسية من *Citrus sinensis* تأثيرا طاردا ضعيفا و ضعيفا جدا على يرقات *Ephestia kuehniella* و *Ectomyelois ceratoniae* بمعدل طارد 30% , 9.99% على التوالي. نتائجا مشجعة للغاية وستسمح بتثمين أفضل لقشور ثمار الحمضيات من جنس الحمضيات في منطقتنا ، والتي تشكل منتجات ثانوية يمكن استخدامها كمبيدات حشرية حيوية على آفات المنتجات المخزنة ، ولا سيما *Tribolium castaneum* و *Ephestia kuehniella*.

الكلمات الرئيسية: مبيدات حشرية حيوية، زيوت أساسية *Citrus reticulata* ، *Citrus limon* , *sinensis* , *Ectomyelois ceratoniae* , *Ephestia kuehniella* , *T. castanum* ، اختبار النفور.

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Listes des figures, tableaux

Abstract

Résumé

ملخص

introduction..... 1

Première partie : Synthèse Bibliographique

CHAPITRE I :Généralité sur les huiles essentielles

1. Généralité sur les huiles essentielles.....	3
1.1. Définition.....	3
1.2. Localisation des huiles essentielles dans la plante	3
1.3. Composition chimique des huiles essentielles	4
1.3.1. Les Terpénoïdes	4
1.3.2. Les Monoterpenes	4
1.3.3. Les sesquiterpènes.....	4
1.3.4. Les composés aromatiques dérivés du phenylpropane	5
1.3.5. Les composés d'origines diverses	5
1.4. Utilisation des huiles essentielles en tant que biopesticides.....	5
1.5. Techniques d'extraction des huiles essentielles	6
1.5.1. Méthodes conventionnelles	7
1.5.1.1. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau	7
1.5.1.2. Extraction par hydrodistillation	8

1.5.1.3. Turbo hydrodistillation	8
1.5.1.4. Hydrodiffusion.....	9
1.5.1.5. Expression à froid ou Expression mécanique	9
1.5.1.6. Extraction par solvants volatil	10
1.5.1.7. Extraction par Enfleurage	10
1.5.2. méthodes innovantes	10
1.5.2.1. Extraction assistée par micro-ondes	11
1.5.2.2. L'Extraction au CO ₂ supercritique	11

Chapitre II : Généralité sur les agrumes (*Citrus*)

2. Définition	14
2.1. Origine de <i>Citrus</i>	14
2.2. Description morphologique des <i>agrumes</i>	14
2.2.1. Le système racinaire.....	14
2.2.2. Le système aérien	15
2.2.2.1. Tronc et rameaux.....	15
2.2.2.2. Les feuilles	15
2.2.2.3. Les fleurs	16
2.2.2.4. Fruits et graines	16
2.3. Classification des <i>Citrus</i>	17
2.4. Structure des agrumes	18
2.5. Différentes variétés de <i>Citrus</i>	19
2.7. Oranger (<i>Citrus sinensis</i>).....	19
2.7.1. Définition et origine	19
2.7.2. Description botanique	21
2.7.3. L'huile essentielle d'orange	21
2.7.4. Production mondiale d'oranges.....	21

2.8	L'espèce <i>Citrus limon</i>	21
2.8.1.	Origine et définition	21
2.8.2.	Description botanique	22
2.8.3.	L'huile essentielle de citron	22
2.8.4.	Production mondiale de citron	23
2.9	L'Espèce <i>Citrus reticulata</i>, Blanco	23
2.9.1.	Origine et définition	23
2.9.2.	Description botanique	23
2.9.3.	L'huile essentielle de mandarine.....	24
2.9.4.	Production mondiale de mandarine.....	24

Deuxième partie : Expérimentation

Chapitre III : Matériels et Méthodes

3.1.	Matériel biologique	26
3.1.1.	Matériel animal	26
3.1.1.1.	Présentation de l'insecte ravageur <i>Ephestia kuehniella</i> (Zeller).....	26
3.1.1.2.	Description morphologique de cycle biologique de la pyrale.....	27
3.1.2.	Présentation de l'insecte ravageur <i>Ectomyelois ceratoniae</i> (Zeller).....	30
3.1.2.1.	Description morphologique.....	31
3.1.3.	Présentation de l'insecte ravageur <i>Tribolium castaneum</i>	33
3.1.3.1.	Description morphologique.....	33
3.1.2.	Matériel végétal.....	35
3.1.4.1.	Présentation des espèces utilisées du genre <i>Citrus</i>	35
3.1.4.2.	Présentation de l'espèce végétale <i>Citrus reticulata</i> Blanco	35
3.2.1.1.	Présentation de l'espèce végétale <i>Citrus sinensis</i>	35
3.3.1.1.	Présentation de l'espèce végétale <i>Citrus limon</i>	36
3.3.2.	Méthode de travail	36
3.3.2.1.	Echantillonnage	36

3.3.2.2.	Extraction des huiles essentielles	37
3.3.2.3	Calcul du rendement en huiles essentielles	38
3.3.2.4.	Test de l'effet répulsif de l'huile essentielle sur papier filtre.....	39

Chapitre VI :Résultats et Discussion

4.1.	Rendement des huiles essentielles	39
4.2.	Effet répulsif des huiles essentielles à l'égard de l'espèce <i>Ephestia kuehniella</i> ...	40
4.2.1.	L'effet répulsif de l'HE de <i>Citrus réticulata</i> contre les larves de l'espèce <i>Ephestia kuehniella</i>	40
4.2.2.	L'effet répulsif de l'huile essentielle de <i>Citrus sinensis</i> sur les larves de l'insecte <i>Ephestia kuehniella</i>	41
4.2.3.	L'effet répulsif de l'huile essentielle de <i>Citrus limon</i> sur les larves de l'insecte <i>Ephestia kuehniella</i>	41
4.2.4.	Classement des huiles essentielles <i>Citrus reticulata</i> , <i>Citrus sinensis</i> et <i>Citrus limon</i> selon leur propriété de répulsion sur les larves d' <i>Ephestia kuehniella</i>	42
4.3.	Effet répulsif des huiles essentielles à l'égard de l'espèce <i>Ectomyelois ceratoniae</i>	43
4.3.1.	L'effet répulsif d'huile essentielle de <i>Citrus reticulata</i> sur les larves de la pyrale des dattes <i>Ectomyelois ceratoniae</i>	43
4.3.2.	L'effet répulsif d'huile essentielle de <i>Citrus sinensis</i> sur les larves de l'insecte <i>Ectomyelois ceratoniae</i>	44
4.3.3.	L'effet répulsif de l'huile essentielle de <i>Citrus limon</i> sur les larves de l'insecte <i>Ectomyelois ceratoniae</i>	45
4.3.4.	Classement des huiles essentielles <i>Citrus reticulata</i> , <i>Citrus sinensis</i> et <i>Citrus limon</i> selon leur propriété de répulsion sur les larves d' <i>Ephestia kuehniella</i>	46
4.4.	L'effet répulsif de l'huile essentielle de <i>Citrus reticulata</i> sur les adultes de l'espèce ravageuse <i>Tribolium castaneum</i>	47
4.4.1.	L'effet répulsif d'huile essentielle de <i>Citrus sinensis</i> sur les adultes de l'insecte <i>Tribolium castaneum</i>	47

4.4.2. L'effet répulsif d'huile essentielle de <i>Citrus limon</i> sur les adultes de l'insecte <i>T. castaneum</i>	48
4.4.3. Classement des huiles essentielles <i>Citrus reticulata</i> , <i>Citrus sinensis</i> et <i>Citrus limon</i> selon leur propriété de répulsion sur les adultes de <i>Tribolium castaneum</i>	49
4.5. Comparaison du taux de répulsion des trois huiles essentielles vis-à-vis les trois espèces ravageuses.....	50
Conclusion.....	51
Référence bibliographique.....	52

Liste des figures

Figure 01: Extraction par entrainement à la vapeur d'eau Error! Bookmark not defined.	
Figure 02 : Représentation schématique de quelques Type de feuilles.....	15
Bigaradier 2) Oranger 3) Citronnier 4) Pomelo 5) Poncirus trifoliata 6) Mandarinier 7) Clémentinier	15
Figure 03 : Fleures d'oranger.	16
Figure 04 : Origine des formes cultivées d'agrumes	18
Figure 05 : Coupe transversale d'une orange	19
Figure 06 : Feuilles, fleurs et fruits d'oranger.....	20
Figure 07 : Feuilles, et fruits de citrus limon.....	22
Figure 08 : Le Mandarinier (<i>Citrus reticulata</i> Blanco)	24
Figure 09 : <i>Ephestia Kuhniella</i>	27
Figure 10 : Adulte d' <i>Ephestia kuehniella</i> Zeller	28
Figure 11 : Cycle de développement d' <i>E. kuehniella</i> à 27°C	29
Figure 12 : Adulte de la pyrale des dattes, <i>Ectomyelois ceratoniae</i> (Zeller).....	30
Figure 13 : Œufs de la pyrale des dattes.....	31
Figure 14 : Stades larvaires d' <i>Ectomyelois ceratoniae</i>	31
Figure 15 :Chenille de la pyrale	31
Figure 17 : Cycle de développement de Tribolium rouge de la farine, <i>Tribolium castaneum</i>	34
Figure 18: Observation De Matériel Biologique	37
Figure 19: A : Ecorces Séchées De <i>Citrus Réticulata</i> B : Ecorces Broyée	37
figure 20: Montage d'extraction par Hydro distillation type Celevenger	38

Figure 21 : Le rendement des huiles essentielles des différentes espèces (<i>Citrus reticulata</i> , <i>Citrus sinensis</i> et <i>Citrus limon</i>)	39
Figure22 : Pourcentage de répulsion des larves d' <i>Ephestia kuehniella</i> traités avec les différentes concentrations de l'huile essentielle de <i>Citrus reticulata</i>	40
Figure23 : Pourcentage de répulsion des larves de la pyrale <i>Ephestia kuehniella</i> traités avec les différentes concentrations d'huile essentielle de <i>Citrus sinensis</i>	41
Figure 24 :Pourcentage de répulsion des larves de l'espèce <i>Ephestia kuehniella</i> traités avec les différentes concentrations d'huile essentielle de <i>Citrus limon</i>	42
Figure25 : Pourcentage de répulsion des larves d' <i>Ectomyelois ceratoniae</i> traités avec les différentes concentrations d'huile essentielle de <i>Citrus reticulat</i>	44
Figure 26 :Pourcentage de répulsion des larves d' <i>Ectomyelois ceratoniae</i> traités avec les différentes concentrations d'huile essentielle de <i>Citrus sinensis</i>	45
Figure 27 : Pourcentage de répulsion des larves d' <i>Ectomyelois ceratoniae</i> traités avec les différentes concentrations d'huile essentielle de <i>Citrus limon</i>	46
Figure28 : Pourcentage de répulsion des larves de de <i>T.castanum</i> traités avec les différentes concentrations d'huile essentielle de <i>Citrus reticulata</i>	47
Figure 29 : Pourcentage de répulsion des adultes de <i>T. castaneum</i> traités avec les différentes concentrations de l'huile essentielle de <i>Citrus sinensis</i>	48
Figure 30 : Pourcentage de répulsion des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> traités avec les différentes concentrations d'huile essentielle de <i>Citrus limon</i>	49
Figure 31 : Histogramme récapitulatif de taux de répulsion de trois HE testées à l'égard de trois espèces ravageuses	51

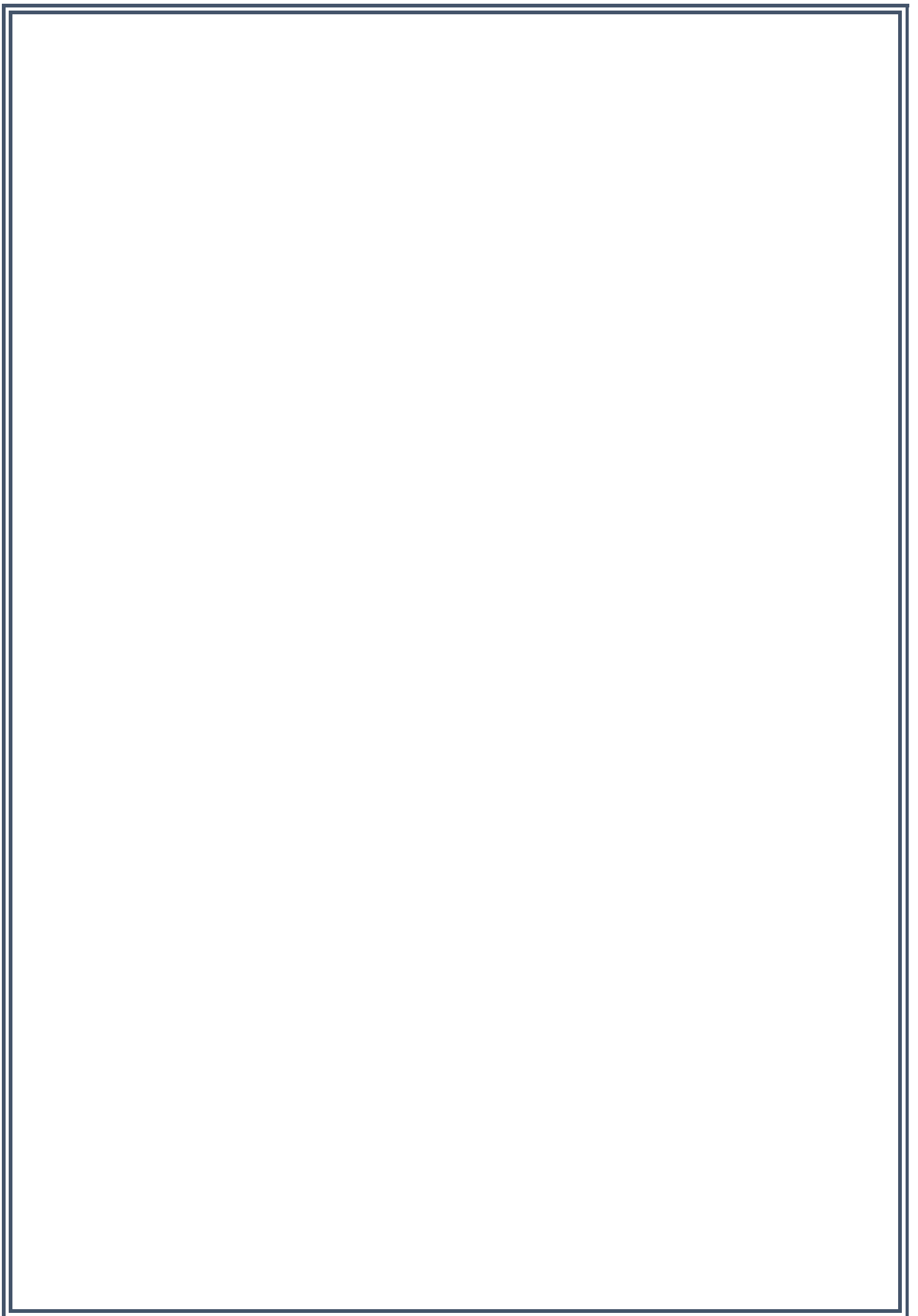
Liste des tableaux

Tableau 1 : Description de quelques espèces de <i>Citrus</i>	25
Tableau 02 : Pourcentages de répulsion selon le classement de Mc Donald et <i>al.</i> , (1970) 40	
Tableau 03 : Le rendement (%) des huiles essentielles du zeste des plantes utilisées.....	39
Tableau 04 : Classement des huiles essentielles <i>Citrus reticulata</i> , <i>Citrus sinensis</i> et <i>Citrus limon</i> selon leur propriété de répulsion sur les larves d' <i>Ephestia kuehniella</i>	42
Tableau 05 :Classement des huiles essentielles <i>Citrus reticulata</i> , <i>Citrus sinensis</i> et <i>Citrus limon</i> selon leur propriété de répulsion sur les larves De la pyrale <i>Ectomyelois ceratoniae</i>	46
Tableau 06 : Classement d'huile essentielle <i>Citrus reticulata</i> , <i>Citrus sinensis</i> et <i>Citrus limon</i> selon leur propriété de répulsion sur les adultes de <i>T. castaneum</i>	49
Tableau 07 : Le taux de répulsion des trois huiles essentielles à l'égard des différentes espèces ravageuses, sur les larves d' <i>Ephestia kuehniella</i> , les larves d' <i>Ectomyelois ceratoniae</i> et les adultes de <i>Tribolium castaneum</i>	50



INTRODUCTION





I. INTRODUCTION

Les denrées alimentaires sont la principale source de protéines dans de nombreux pays en développement et les pertes liées à ce type de denrées lors de leur stockage sont estimées à 100 millions de tonnes, dont 13 millions sont causées par les insectes. Dans les pays développés, ces pertes sont d'environ 3%, tandis qu'en Afrique, elles atteignent 30% (**Silvy, 1992**). Les denrées conservées sont susceptibles d'être attaquées par des insectes, des champignons et des rongeurs, avec les dommages causés par les insectes étant les plus importants (**Inge de Groot, 2004 ; Ndomo et al., 2009**).

Parmi lesquelles, les Coléoptères qui peuvent causer une perte totale d'un stock (**Ngamo et al., 2007**), et plus particulièrement les insectes ravageurs des denrées du genre *Tribolium*. Aussi, le principal ravageur de plusieurs grains stockés, y compris la semoule, le sorgho, est *Tribolium confusum*, les adultes et les larves se nourrissent de grains, ce qui accroît les dommages causés par les ravageurs. L'adulte est à l'origine de pertes estimées à huit fois plus importantes que celles de la larve. Leurs présences dans les stocks entraînent des pertes de poids, une réduction des acides aminés essentiels, une diminution du pouvoir germinatif des grains utilisés comme semences et une diminution de la vigueur des plants à la levée. (**Waongo et al., 2018**)

Parmi les lépidoptères, Le ravageur des denrées stockées, *Ephestia kuehniella* (Lépidoptera, Pyralidae), cause principalement des dommages à la farine, aux céréales et aux dattes (**El-Ouar et al., 2010**). Ces dattes emmagasinées sont aussi infestées par d'autres chenilles des Lépidoptères telles que *Ectomyelois ceratoniae* et *Plodia interpunctella* (**Doumandji et al., 1974**). D'après **Shaaya et al., (2006)** la pyrale de dattes *Ectomyelois ceratoniae* est le principal ravageur des dattes. Elle cause des infestations aux champs et dans les aires de stockage dépréciant énormément la qualité marchande des dattes et risque de compromettre les exportations notamment la variété Deglet-Nour. Les attaques d'*E. ceratoniae* débutent avant la récolte et continuent dans les lieux de stockage.

La lutte chimique peut entraîner la disparition complète du ravageur pendant la durée du traitement. Toutefois, cela ne dure pas longtemps, car les insectes ravageurs peuvent s'adapter à l'action des produits chimiques et former une souche résistante grâce à leur métabolisme secondaire. De plus, cette approche présente plusieurs désavantages tels que le coût élevé de l'utilisation des produits chimiques et toutes les perturbations causées par

l'introduction des résidus toxiques dans les différentes dimensions de l'écosystème **(Kassem, 2006)**.

La recherche de moyen de lutte alternative de protection des denrées stockées par l'usage des bio pesticides d'origine végétale, se présente aujourd'hui comme une méthode très efficace. Plusieurs Africains utilisent les extraits des plantes, tel que les extraits aqueux et les huiles essentielles, comme un insecticide afin de préserver les denrées alimentaires **(Huignard et al., 2008)**.

L'efficacité des différentes huiles essentielles contre les insectes ravageurs des denrées stockées a été démontré par les travaux de plusieurs chercheurs citons **(Haouel et al., 2010; Mediouni et al., 2012 ; Hedjal-Chebheb et al., 2013 ; Toudert-Taleb et al., 2014, Khelfane- Goucem et al., 2014)**.

Notre travail consiste à utiliser les huiles essentielles en tant que bio insecticide pour remplacer les produit chimique dans le contexte de développer l'utilisation des produits agro-phytosanitaire qui sont bio et sans danger pour l'environnement et la santé humaine. L'objectif principal de la présente étude est d'évaluer in vitro l'efficacité insecticide par l'étude de l'effet répulsif des trois huiles essentielles extraites du zeste des fruits appartient des trois plantes du genre *Citrus*, très cultivées dans la wilaya d'El Tarf *C. tranculata*, *C. sinensis* et *C. limon* à l'égard des trois insectes très abondants sur les denrées stockées : *Ephestia kuehniella*, *Ectomyelois ceratoniae* et *Tribolium castaneum* .

Dans la partie bibliographique :

- Le Premier chapitre relatif à généralité sur les huiles essentielles
- Le Deuxième chapitre porte sur une généralité les agrumes.

Une partie expérimentale présentée par le troisième chapitre Matériel et méthodes. Le quatrième chapitre comporte les résultats et discussion, suivi par une conclusion.



La première partie
Synthèse Bibliographique





Chapitre I :

Généralité sur les huiles essentielles



1. Généralité sur les huiles essentielles

1.1. Définition

Les huiles essentielles sont des produits odorants, obtenus par distillation, à la vapeur d'eau, des matières végétales d'origine botanique spécifiée, ou par expression du péricarpe des agrumes et séparées de la phase aqueuse par des procédés physiques (**Huit, 1991**). Elle est sécrétée par des cellules spécialisées se trouvant aussi bien dans les feuilles (menthe poivrée, basilic grand vert), les fleurs (lavande, ylang ylang), le bois (cèdre Atlas, santal blanc), les racines (gingembre, valériane, vetiver), les graines (coriandre, anis vert, carotte). De nouvelles techniques permettant d'augmenter le rendement de production, ont été développées, comme l'extraction au moyen de dioxyde de carbone liquide à basse température et sous haute pression (**Santoyo et al., 2005**) ou l'extraction assistée par ultrasons ou micro-ondes (**Kimbaris et al., 2006**).

1.2. Localisation des huiles essentielles dans la plante

Les huiles essentielles se rencontrent dans tout le règne végétal avec des familles à haute teneur en matières odorantes. Les genres riches en huile essentielle appartiennent aux familles de *Myrtaceae*, *Lauraceae*, *Rutaceae*, *Lamiaceae*, *Asteraceae*, *Apiaceae*, *Cupressaceae*, *Zingiberaceae*, etc. Les huiles essentielles sont souvent localisées sur ou à proximité de la surface de la plante. Ils peuvent être stockées dans tous les organes végétaux (**Bruneton, 1993 ; Rahili, 2002 ; Tenschler, 2005**) :

- ✚ Les fleurs (Oranger, rose, lavande, menthe) ;
- ✚ Les feuilles (Eucalyptus, menthe, thym, laurier, sauge, aiguilles de pin, le basilic) ;
- ✚ Les organes souterrains : racines, rhizomes (Gingembre) ;
- ✚ Les fruits (Fenouil, poivre, épicarpe des citrus) ;
- ✚ Les graines (Noix de muscade, coriandre) ;
- ✚ Le bois et les écorces (Cannelle, camphrier, bois de rose) ;
- ✚ Les poils sécréteurs épidermiques qui s'accumulent dans des cellules glandulaires spécialisées, situées en surface de la cellule et recouvertes d'une cuticule rencontrés souvent chez les *Lamiaceae* , les *Myrtaceae* et les *Apiaceae* (**Fahn, 1988**).

1.3. Composition chimique des huiles essentielles

L'étude de la composition chimique des huiles essentielles révèle qu'il s'agit de mélanges complexes et variables de constituants appartenant exclusivement à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes : Les terpénoïdes et les composés aromatiques dérivés du phenylpropane (Teisseire, 1991) .

1.3.1. Les Terpénoïdes

Les terpènes sont des hydrocarbures formés par assemblage de deux ou plusieurs unités isopréniques, ce sont des polymères de l'isoprène de formule brute (C₅H₈). On distingue ainsi selon le nombre d'entités isoprènes le groupe des monoterpènes (C₁₀H₁₆), les sesquiterpènes (C₁₅H₂₄), les diterpènes (C₂₀H₃₂), les tétraterpènes de huit isoprènes qui conduisent aux caroténoïdes et les polyterpènes (C₅H₈)_n où n peut-être de 9 à 30 (Hernandez-Ochoa, 2005).

1.3.2. Les Monoterpènes

Ces composés légers sont couramment présents dans les huiles essentielles. Ils ont la possibilité d'être acycliques (terpinène, cymène) ou bicycliques (camphène, sapinène). Parfois, ils représentent plus de 90% des huiles essentielles (chez les Citrus, les térébenthines). (Bruneton, 2008). Les substances monoterpéniques se composent de deux unités d'isoprène, avec une formule chimique brute de C₁₀H₁₆. (Rahali, 2004). D'après (Bruneton, 1999), la réactivité des cations intermédiaires explique la présence de diverses molécules qui se distinguent par leurs fonctions variées : les alcools, les cétones, les esters, les aldéhydes, les éthers, les peroxydes et les phénols.

1.3.3. Les sesquiterpènes

Il y a trois unités d'isoprène dans leur composition, leur formule est C₁₅H₂₄, ce qui correspond à une fois et demie (sesqui) la molécule des terpènes.(Belaiche, 1979). Les sesquiterpènes ont aussi la possibilité d'être acycliques (comme le farnésol), monocycliques (comme l'humulène, l' α -zingibèrene) ou polycycliques (comme la matricine, l'artéannuine, l'artémisinine). Les alcools (farnésol, carotol, β -santalol, patchoulol) ainsi que les cétones (nootkatone, cis-longipinane-2.7-dione, β -vétivone), les aldéhydes (sinensals) et les esters (acétate de cédryle) sont également présents dans ces produits.). (Bruneton, 1999 ; Laouer, 2004).

1.3.4. Les composés aromatiques dérivés du phénylpropane

Selon **Bakkali et al.,2008**, Les composés aromatiques dérivés du phénylpropane (C₆- C₃) sont beaucoup moins fréquents que les terpènes. Souvent, il s'agit d'anilyles- et de propénylphénols, parfois d'aldehydes. Des composés en (C₆-C₁) tels que la vanilline ou l'anthranilate de méthyle peuvent également être trouvés dans les huiles essentielles.(**Bruneton, 1999**). Il est également possible qu'elles incluent différents produits provenant du processus de dégradation qui implique des composants non volatils. (**Bouras, 2018**). Les composés aromatiques comprennent:

- ✚ **Aldéhydes** : Cinnamaldéhyde
- ✚ **Alcool** : l'alcool cinnamique
- ✚ **Phénol** : chavicol, eugénol
- ✚ **Dérivées de méthoxy** : anéthole, estragole.

1.3.5. Les composés d'origines diverses

En fonction de leur procédé d'extraction, les huiles essentielles peuvent contenir différents composés aliphatiques, souvent de faible masse moléculaire, qui peuvent être entraînés lors de l'hydro distillation. Ces produits ont la possibilité d'être azotés, soufrés, contenant des carotènes ou des acides gras (**Bencheikh, 2017**)

- ✚ **Alcools** : Menthol, géranol, linalol,...
- ✚ **Aldéhydes** : Géranial, citronellal,...
- ✚ **Cétones** : Camphre, pipéritone
- ✚ **Phénols**: Thymol, carvacrol ...
- ✚ **Esters** : Acétate de géranyle,.

1.4. Utilisation des huiles essentielles en tant que biopesticides

Les insecticides synthétiques sont largement utilisés pour le contrôle phytosanitaire. Par contre, ces produits chimiques peuvent entraîner des résidus toxiques dans les plantes. De même, ils peuvent provoquer la pollution de l'environnement à cause de leur lente dégradation et avoir des effets néfastes sur la santé humaine. Ceci a conduit à des réglementations de plus en plus sévères visant la restriction de leur utilisation voire même leur interdiction totale (**Mnayer, 2014**).

Les plantes aromatiques sont parmi les insecticides les plus efficaces d'origine botanique et les huiles essentielles constituent souvent la fraction bioactive des extraits de plantes (Shaaya et al., 1997). Plus récemment il a été démontré que de nombreux constituants terpénoïdes d'huiles essentielles végétales sont toxiques au contact, pour un large éventail d'insectes et peuvent être utilisés comme insecticides d'origine végétale (Muhannad et al., 2002). Un nombre important de composés chimiques sont connus. De ce type, les plus puissants figurent le thymol, extrait de thym (*Thymus vulgaris*, Lamiacées), la pulégone, extraite de menthe pouliot (*Mentha pulegium*, Lamiacées) et l'eugénol, extrait du clou de girofle (*Eugenia caryophyllus*, Myrtacées) (Regnault-Roger, 2005).

Le mode d'action des huiles essentielles peut être par contact, inhalation, ingestion ou par combinaison de ces modes. Les techniques de détermination de l'activité insecticide d'une huile essentielle ont une grande influence sur les résultats. Elles se répartissent en deux catégories principales, la méthode de micro-atmosphère et de contact direct. Quelle que soit la technique utilisée, la lecture porte sur le nombre d'insectes morts après un temps bien déterminé d'exposition à l'huile essentielle (Mnayer, 2014).

Les insecticides à base de huiles essentielles peuvent fonctionner en tant que :

- ✚ Répulsifs
- ✚ Anti-appétant
- ✚ Toxicité
- ✚ Retardateurs de croissance et inhibiteurs de développement
- ✚ Attractants

1.5. Techniques d'extraction des huiles essentielles

Différentes méthodes sont mises en œuvre pour l'extraction des essences végétales, cette diversité est due à la variété des matières et à la sensibilité considérable de leurs certains constituants. Le choix de méthode la mieux adaptée se fait en fonction de la nature de la matière végétale à traiter, des caractéristiques physico-chimiques de l'essence à extraire et de l'usage de l'extrait.

1.5.1. Méthodes conventionnelles

1.5.1.1. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau

À la différence de l'hydrodistillation, cette technique ne met pas en contact direct l'eau et la matière végétale à traiter. L'entraînement à la vapeur d'eau consiste à récupérer l'huile essentielle des végétaux (**Guenther, 1972**) en faisant passer à travers ces derniers un courant de vapeur d'eau, qui traverse la matière végétale située au-dessus d'une grille. Durant le passage de la vapeur à travers le matériel, les cellules éclatent et libèrent l'huile essentielle qui est vaporisée sous l'action de la chaleur pour former un mélange « vapeur d'eau + huile essentielle ». Le mélange est ensuite véhiculé vers le condenseur et l'essencier, avant d'être séparé en une phase aqueuse et une phase organique : l'huile essentielle. L'absence de contact direct entre l'eau et la matière végétale, puis entre l'eau et les molécules aromatiques évite certains phénomènes d'hydrolyse ou de dégradation pouvant nuire à la qualité de l'huile (Figure 01).

C'est la seule technique, avec l'expression à froid dans le cadre des huiles essentielles de zestes d'agrumes, qui est autorisée par la Pharmacopée européenne.

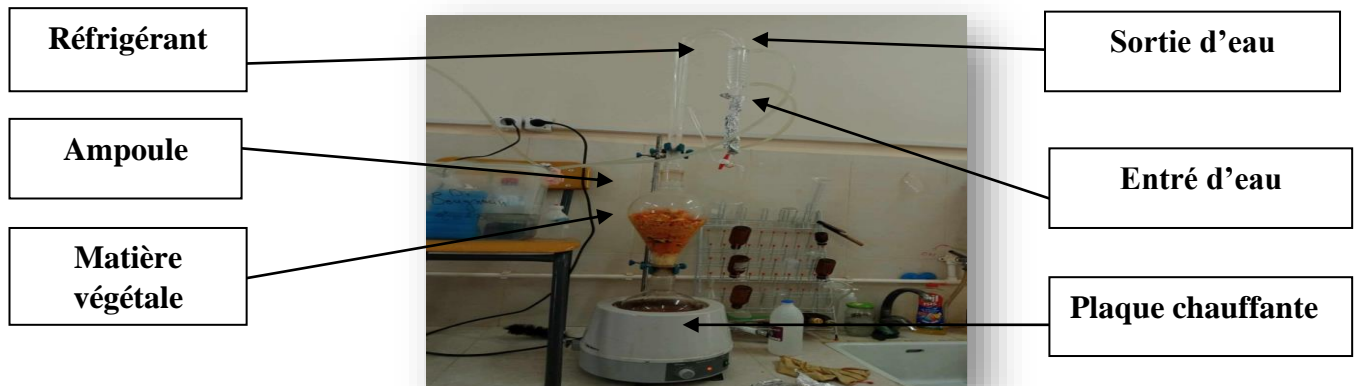


Figure 1: Extraction par entraînement à la vapeur d'eau (originale, 2024)

1.5.1.2. Extraction par hydrodistillation

La découverte de cette technique est attribuée au médecin et philosophe persan IBN SINA, qui a extrait la première huile essentielle pure à partir de la rose (**Penchev, 2010**). La méthode d'extraction des huiles essentielles la plus simple est l'hydrodistillation. Son principe consiste à immerger la matière végétale dans un bain d'eau, ensuite l'ensemble est porté à ébullition sous pression atmosphérique. La chaleur permet l'éclatement et la libération des molécules odorantes contenues dans les cellules végétales. Ces molécules aromatiques forment avec la vapeur d'eau, un mélange azéotropique. La solution aqueuse chargée de composés volatils, diffuse ensuite à travers le tissu de l'organe végétale vers la surface extérieure où l'huile essentielle sera vaporisée. À la température d'ébullition, les pressions de vapeurs combinés sont égales à la pression d'évaporation. Aussi les températures d'ébullition des composés aromatiques sont pour la plupart très élevées. Il est ensuite condensé, refroidi et récupéré dans un essencier ou vase florentin. Une fois condensées, eau et molécules aromatiques du fait de leurs différences de densité, se séparent en une phase aqueuse et une phase organique : L'huile essentielle (**Baĉer & Buchbauer, 2010**).

Bien que la distillation (l'hydrodistillation ou la distillation à la vapeur) soit la méthode normalisée pour l'extraction des huiles essentielles, l'effet de la chaleur peut causer des modifications chimiques et des dégradations des composants thermosensibles. Par conséquent, l'huile essentielle récupérée est un produit qui diffère de l'essence originelle, d'autant plus que la durée de distillation est longue (3 heures). (**Mnayer, 2014**). La durée de la distillation influe non seulement sur le rendement mais également sur la composition de l'extrait.

1.5.1.3. Turbo hydrodistillation

L'hydrodistillation peut être optimisée par l'installation d'un agitateur électrique dans le mélange d'eau et de la plante durant tout le processus d'extraction. Il est équipé de lames pour cisailer et déstructurer la matrice végétale. L'agitation sera donc favorisée, permettant la réduction du temps de distillation d'un facteur de β ou γ , ce qui engendre une réduction de la consommation de vapeur de chauffe et ainsi une réduction de la consommation énergétique. Par ailleurs, cette technique offre l'avantage d'extraction des huiles essentielles des plantes difficilement distillables (bois, racines, bulbes d'ail et d'oignon) (**Chemat, Fabiano-Tixier et Abert Vian, 2012**).

1.5.1.4. Hydrodiffusion

L'hydro-diffusion est une variante de l'entraînement à la vapeur. La différence tient à la façon dont la vapeur entre dans l'alambic : le flux de vapeur n'est pas ascendant mais descendant. La vapeur d'eau est pulsée du haut vers le bas à travers la plante aromatique. Cette technique exploite ainsi l'action osmotique de la vapeur d'eau. Le principe de cette méthode réside dans l'utilisation de la pesanteur pour dégager et condenser le mélange « vapeur d'eau -huile essentielle » dispersé dans la matière végétale. Comme l'entraînement à la vapeur d'eau, l'Hydrodiffusion présente l'avantage de ne pas mettre en contact le matériel végétal et l'eau. La composition des produits obtenus est qualitativement sensiblement différente de celle des produits obtenus par les méthodes classiques (Samadja, 2009).

1.5.1.5. Expression à froid ou Expression mécanique

L'expression à froid est une technique qui a pris naissance en Sicile et en Calabre, avant d'être utilisée par tous les pays producteurs d'agrumes (Bruneton, 2011). La technique est réservée à l'extraction des essences volatiles contenues dans les péricarpes d'agrumes en déchirant ces dernières par un traitement mécanique (Boukhatem et al., 2009). Toutefois, ce sont des produits fragiles en raison de leur composition en terpènes et aldéhydes. Le procédé consiste à fixer le fruit sur une coupe équipée de lames et une seconde coupe pour l'enfermer. Un couteau circulaire creuse un trou à la base du fruit. L'application d'une pression sur les parois du fruit entraîne l'extraction du jus qui va être transporté jusqu'au collecteur pendant que l'essence est extraite de la peau et collectée à l'aide d'un jet d'eau. L'émulsion eau-essence est ensuite séparée par décantation. L'intérêt de cette technique réside dans l'obtention d'essence n'ayant pas subi de modification chimique liée à la chaleur (barçer & Buchbauer, 2010; Wilson, 2010).

En effet, la distillation produit des huiles aromatiques de moindre qualité principalement due à une présence importante d'aldéhydes, composés sensibles à l'oxydation et à la chaleur (Boukhatem et al., 2009)

1.5.1.6. Extraction par solvants volatil

L'extraction par solvant volatil est aujourd'hui la méthode la plus usitée pour l'extraction à partir de matrices végétales de composés peu ou pas entraînés par la vapeur d'eau. C'est un procédé qui consiste à épuiser le matériel végétal par un solvant à bas point d'ébullition (pentane, dichlorométhane, hexane, ...) qui sera ensuite éliminé par évaporation sous pression réduite. On n'obtient pas une huile essentielle mais une concrète, mélange odorant de consistance pâteuse ou solide due à la présence de cires extraites par le solvant. Après extraction à froid à l'alcool (95°), et filtration des cires précipitées, la concrète devient l'absolue. (**Gbenou, 1999**). Des combinaisons de solvants sont également utilisées, comme par exemple des mélanges hydro-alcooliques pour l'extraction des poly phénols.

1.5.1.7. Extraction par Enfleurage

La technique de l'enfleurage (ou macération à saturation) est ancienne, et n'est plus guère usitée. Le principe consiste à placer les fleurs odorantes dans la graisse, afin de laisser les arômes y pénétrer. Une fois saturée, celle-ci est ensuite lavée à l'alcool pour extraire les composés odorants. L'alcool obtenu est ensuite évaporé pour donner l'absolue. Cette méthode est peu utilisée de nos jours à cause de l'utilisation de la graisse animale et du coût de production élevé. Elle a été remplacée par l'extraction aux solvants (**De Silva, 1995; Wilson, 2010**). Si le procédé se fait à froid, il s'agit d'une extraction par enfleurage ; si par contre l'opération se pratique à chaud, les graisses étant fondues au bain-marie (50°C-70°C), la technique est appelée digestion. (**Bruneton, 1993 ; Iserin, 1997**).

1.5.2. méthodes innovantes

Les technologies traditionnelles d'extraction solide-liquide et d'entraînement à la vapeur, dont certaines sont séculaires, ont certes démontré leur efficacité mais aussi leurs limites en termes de productivité, de rentabilité et de qualité des extraits. La nécessité de dépasser ces limites a favorisé l'émergence de technologies nouvelles, dont font partie les procédés d'extraction assistée par micro-ondes

1.5.2.1. Extraction assistée par micro-ondes

Les micro-ondes sont des ondes électromagnétiques qui se propagent dans le vide à la vitesse de la lumière. Elles sont caractérisées par une fréquence comprise entre 300 MHz et 300 GHz, c'est-à-dire par une longueur d'onde comprise entre 1m et 1 cm. Sur le spectre électromagnétique, elles sont situées entre les radiofréquences et les infrarouges . La fréquence de 2450 MHz, ce qui correspond à une longueur d'onde dans l'air de 12,2cm (Anizon et al., 2003) est généralement la plus utilisée pour les applications industrielles afin d'éviter le risque d'interférence avec les radiocommunications et les radars. (Chekoual, 2019).

Au début des années 1990 est apparue une toute nouvelle technique appelée hydrodistillation par micro-ondes sous vide (Zenasni, 2014). Cette méthode permet de réaliser des extractions du matériel végétal frais à pression atmosphérique, sans ajout d'eau ou de solvant. Elle consiste à placer le matériel végétal dans un réacteur au sein d'un four micro-ondes. Le chauffage interne de l'eau intrinsèque de la plante permet de dilater ses cellules et provoquer la distillation azéotropique d'un mélange d'eau/huile essentielle. Un système réfrigérant situé à l'extérieur du four à micro-ondes permet la condensation du distillat en continu, puis le mélange est dirigé dans l'appareil de Clévenger où les composés aromatiques sont obtenus par simple séparation de phase. L'excès d'eau est réintroduit dans le réacteur de manière à restaurer la quantité d'eau initialement présente dans la plante. (Mnayer, 2014).

L'avantage de ce procédé est de réduire considérablement la durée de distillation et incrémenter le rendement.

1.5.2.2. L'Extraction au CO₂ supercritique

Le terme super critique signifie que le CO₂ sous pression et a une température de 31°C se trouve entre l'état liquide et l'état gazeux. L'originalité de cette technologie repose sur le solvant utilisé : le CO₂ en phase supercritique. L'extraction consiste à comprimer le dioxyde de carbone à une pression et une température supérieures à son point critique (P = 72,8 bars et T = 31,1°C). A l'état supercritique, le CO₂ n'est ni liquide ni gazeux, ce qui lui confère une excellente capacité d'extraction et peut être ajusté à volonté en ajustant la température de traitement. Les fluides supercritiques comme le CO₂ sont de bons solvants à l'état supercritique et de mauvais solvants à l'état gazeux.

Les avantages de ce procédé sont les suivants:

- Le CO₂ est totalement inerte chimiquement, il est naturel, non toxique et peu coûteux.
- En fin de cycle, la séparation entre le solvant d'extraction et le soluté pour obtenir l'extrait est facile (simple détente qui ramène le CO₂ à l'état gazeux), avec une récupération quasi totale et peu coûteuse.
- L'extraction des huiles essentielles par le CO₂ supercritique fournit des huiles de très bonne qualité et en temps d'extraction relativement court par rapport aux méthodes classiques. Cependant l'installation industrielle de ce procédé reste onéreuse, et l'appareillage est encore envahissant. **(Bouras, 2018)**.



CHAPITRE II
LES AGRUMES (*GENRE CITRUS*)



Généralité sur les agrumes (*Citrus*)

2. Définition

Les Hespérides ou les agrumes viennent du mot italique *Acrumen* qui signifie saveur âcre, d'origine végétale composés de deux parties :

- La peau (la surface) : appelée le zeste riche en glande à huiles essentielles ;
- La pulpe organisée en quartiers comprenant des pépins et de nombreux poils gorgés de jus (**Kara, 2018**).

C'est un terme générique désignant plusieurs espèces, dont les plus connues sont les citrons, les oranges, les pamplemousses, les mandarines et les clémentines (**Escartin, 2008**).

2.1. Origine de *Citrus*

Les *Citrus* sont probablement originaires du Sud-Est asiatique, des enterrages de l'Himalaya. Les arbres de *Citrus* se distribuent dans les régions intertropicales où la température est constante (20°C à 25°C) et l'humidité très forte. On trouve une première mention de leur culture dans les livres religieux indiens et chinois, entre 800 et 500 av. J.C. (**Harley et al., 2006 ; Bachèse & Bachèse, 2011**).

2.2. Description morphologique des *agrumes*

Les agrumes sont des petits arbres, dont la hauteur ne dépasse pas le 10 mètres. Leur frondaison est généralement dense et leurs feuilles sont persistantes, à l'exception de genre *poncirus* (**Site 1**). Toutes les parties de cet arbre renferment des glandes à essence : L'écorce, les feuilles, les branches, les fleurs Le parfum fait partie de l'agrumes, beaucoup d'industries se sont employées à utiliser cette richesse.

2.2.1. Le système racinaire

Le système racinaire comporte les racines principales, deux à trois qui assurent la fonction d'ancrage de l'arbre, les racines secondaires, leur importance dépend généralement du porte greffe, du sol et des pratiques culturales, les radicules et les poils absorbants (chevelu) qui assurent la nutrition et la respiration de l'ensemble de l'arbre (**Site 2**).

2.2.2. Le système aérien

Le système aérien est constitué du tronc, à partir duquel se développent les branches charpentières, puis les ramifications qui porteront les feuilles, les fleurs et les fruits :

2.2.2.1. Tronc et rameaux

Les espèces composant les agrumes présentant habituellement un seul tronc presque cylindrique ; mais on observe parfois, sur des arbres non transplantés, de fortes cannelures donnant au tronc l'aspect de colonnes soudées entre elle (**Parloran, 1971**).

C'est au niveau du tronc que se situe la ligne de greffe résultant de l'association de la variété et de la porte greffe choisi la variété qui lui est associée, le point de greffe est plus ou moins apparent (**Dehegani, 2020**)

2.2.2.2. Les feuilles

Sont simples ou composées, sans stipules, éparses ou opposées. Un de leurs caractères communs est la présence de glandes oléifères qui apparaissent par transparence comme des points translucides. Toutes les parties de la plante possèdent en outre des tissus sécrétant des huiles essentielles à odeur aromatique (**Courboulex et Lorrain, 1998 in Matmati, 2005**).

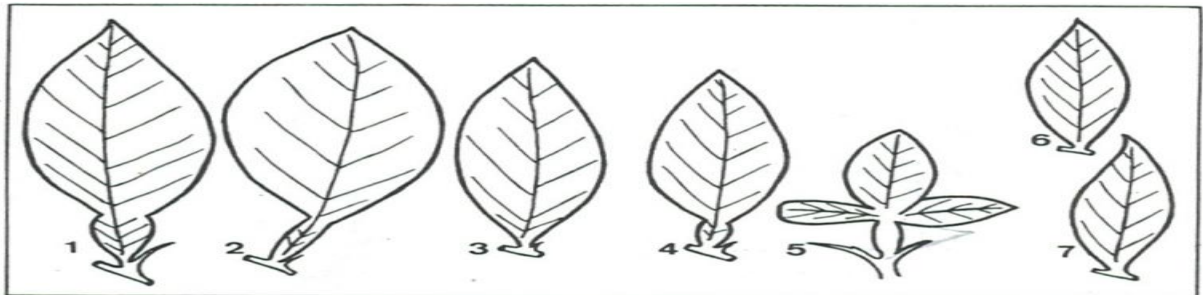


Figure 02 : Représentation schématique de quelques Type de feuilles
Bigaradier 2) Oranger 3) Citronnier 4) Pomelo 5) Poncirus trifoliata 6) Mandarinier
7) Clémentinier (Guenouni et kacemi, 2013).

2.2.2.3. Les fleurs

La structure des fleurs d'agrumes ne présente pas d'organisation très particulière. Elles ont de 3 à 5 sépales, le plus souvent 5 ; 4 à 8 pétales, en générale 5 ; et habituellement 20 à 40 étamines, plus ou moins soudées entre elles à la base par le groupe de 3. A l'intérieur du verticille des étamines et juste au-dessus de celui-ci, on observe un disque sur lequel l'ovaire est fixé. Ce disque sécrète en abondance un nectar qui lui vaut son nom de disque nectarifère. L'ovaire pluriloculaire (5 à 18 loges) se termine en un style cylindrique de diamètre souvent inférieur à celui du stigmate, comparativement gros (**Praloran, 1971**).

Les fleurs des agrumes sont hermaphrodites .Chez les agrumes, la fécondation est généralement effectué par les insectes, et se produit soit par autopollinisation ou par pollinisation croisée (**Snoussi, 2013**).



Figure 03 : Fleures d'oranger (Guenouni et kacemi, 2013).

2.2.2.4. Fruits et graines

Les fruits des principales espèces et variétés cultivées du genre *Citrus* diffèrent par leur coloration, leur forme, leur calibre, la composition de leur jus et leur époque de maturité.

Cependant, tous les fruits des *Citrus* cultivés présentent la même structure anatomique présentée dans la figure 12 (**Ramful et al., 2010**). D'un point de vue botanique, les agrumes sont des fruits charnus de type baie avec un péricarpe structuré en trois parties bien différenciées : l'épicarpe appelé *flavédo*, le mésocarpe appelé *albédo* et l'endocarpe (pulpe) .Les graines des citrus sont de couleur blanchâtre à verdâtre pâle, aplatie, et angulaire. Elles son généralement poly embryonnaires comme dans les cas de *Citrus aurantium*, ce qui signifie qu'elles ont plusieurs embryons qui peuvent germer. Les

embryons sont soit Zygotiques, dérivent de la pollinisation de l'ovaire par reproduction sexuée, soit Nucellaire, provenant entièrement à partir de la plante mère et présentent des caractéristiques très similaires à la plante mère. (Harley et al., 2006 ; Bachès et Bachès, 2011 ; Haineault, 2011).

2.3. Classification des *Citrus*

D'après Swingle et Reece (1967) la position taxonomique des agrumes est celle indiquée comme suite :

Règne :	Végétale
Embranchement :	Angiospermes
Classe :	Eudicotes
Sous classe :	Archichlomydeae
Ordre :	Germinale (Rutales)
Famille :	Rutaceae
Sous-famille :	Aurantioideae
Tribus :	Citreae
Sous-tribu :	Citrinae
Genre :	<i>Poncirus</i> , <i>Fortunella</i> et <i>Citrus</i>

Le terme d'agrumes correspond à 3 genres botaniques : *Citrus*, *Fortunella* et *Poncirus*

- ✓ ***Poncirus*** : Est un genre monospécifique, représenté par une seule espèce qui est *poncirustrifoliata*. Il est essentiellement utilisé comme porte-greffe des variétés cultivées.
- ✓ ***Forunella*** : Constitue le groupe des Rumuates produisant de petite allonge utilisée en confiserie.
- ✓ ***Citrus*** : Constitue avec 145 espèces cultivées, le genre le plus important

C'est au dernier genre qu'appartiennent les principales espèces cultivées (Praloran, 1971)

- ✓ **Oranger** : *Citrus sinensis* OSBACK
- ✓ **Mandarinier** : *Citrus reticulata* BLANCO
- ✓ **clémentinier** : *Citrus clementina* CLEMENT
- ✓ **Citronnier** : *Citrus limon* BRUN
- ✓ **Pomplemoussier** : *Citrus grandis* OSBACK
- ✓ **cédratier** : *Citrus medica* LINN
- ✓ **bigaradier** : *Citrus aurantium* LINN

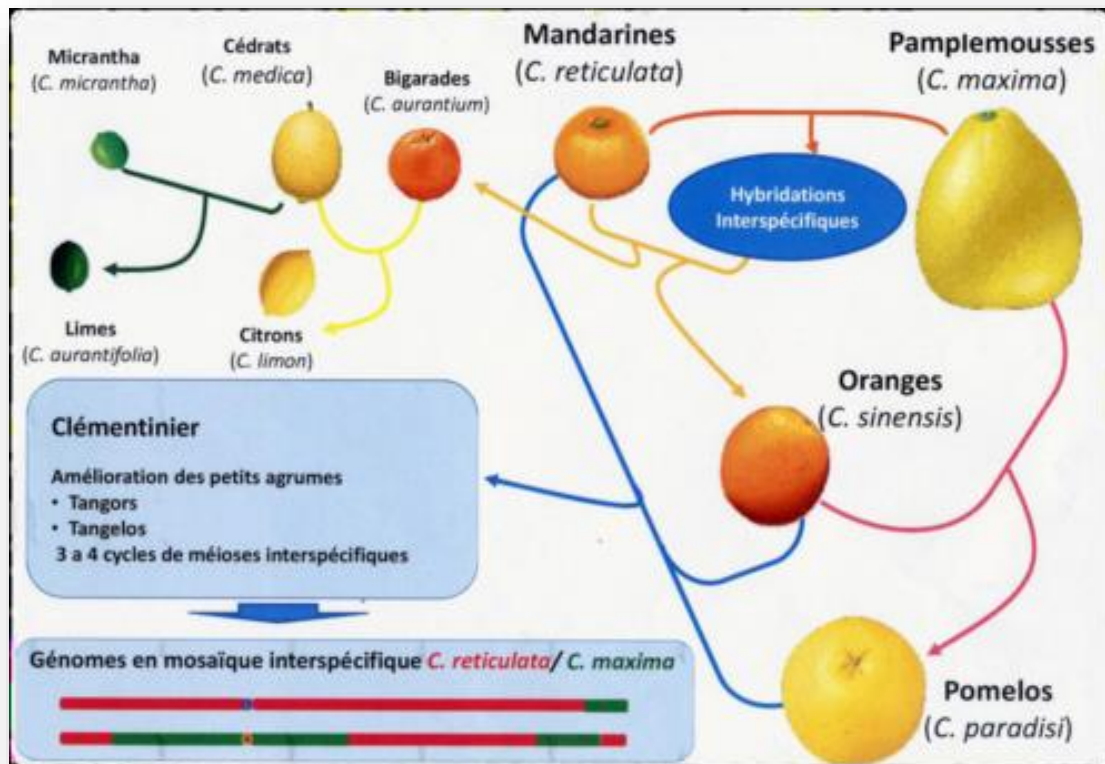


Figure 04 : Origine des formes cultivées d'agrumes (Nicolas, 2013).

2.4. Structure des agrumes

Tous les fruits des *citrus* cultivés ont presque la même structure : l'écorce, partie non comestible du fruit est peu développée chez les oranges, les mandarines et les clémentines. Elle constitue en revanche la majeure partie du fruit des cédrats ou du pamplemousse. La pulpe, partie comestible, est constituée de poils ou de vésicules enfermant le jus et qui sont regroupés en quartiers peuvent varier de 5 à 18 (Spiegel_Roy et Goldschmidt, 1996).

- ✓ Une peau ou une écorce rugueuse, résistante, de couleur vive (du jaune à l'orange), plus connue sous le nom d'épicarpe (ou *flavedo*), qui recouvre le fruit et le protège des dommages. Ses glandes oléifères contiennent des huiles essentielles qui donnent au fruit son odeur caractéristique (Hendrix et Redd, 1995).
- ✓ Un mésocarpe ou (*l'albédo*) : blanc, épais et spongieux, qui forme avec l'épicarpe, le péricarpe ou peau du fruit. L'épaisseur de l'albédo varie selon le type d'agrumes

et le type de cultures. Il est très riche en flavonoïdes, responsable de l'amertume du jus. (Kerfi Gueteb et Benyahia, 2020)

- ✓ La partie interne, constituée de la pulpe, est divisée en segments (carpelle) où se concentre le jus (avec ou sans pépins selon les variétés) et en une enveloppe radiale épaisse (ou endocarpe). Cette partie, riche en sucres solubles, renferme des quantités significatives de vitamine C, de pectine, de fibres, de différents acides organiques et de sel de potassium, qui donnent au fruit son acidité caractéristique (Hendrix et Redd, 1995).

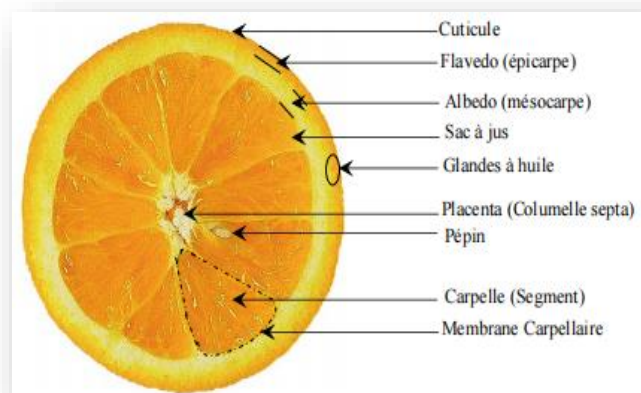


Figure 05 : Coupe transversale d'une orange (Hendrix et Redd, 1995).

2.5. Différentes variétés de *Citrus*

Il existe différentes variétés de *Citrus*, agrumes consommés et utilisés industriellement partout dans le monde : Les Oranges ; Les Bigarades ; Les mandarines ; Les citrons ; Les Limes ; Les Cédrats ; Les pomelos ; Les pamplemousses ; Les cambavas ; Les Kumquats.

2.6. Oranger (*Citrus sinensis*)

2.6.1. Définition et origine

Le genre *Citrus* contient deux espèces d'orange. La première, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, correspond aux oranges douces, la deuxième, *Citrus aurantium* L., correspondant aux oranges amères. Ces dernières sont également appelées bigarades, elles sont peu comestibles et leur utilisation est principalement réservée à la production de marmelades ou d'huiles essentielles

Les oranges douces (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) comprennent différentes variétés parmi lesquelles nous pouvons citer :

- A. **Les oranges Thomson navel (Synonymes Bahia) :** Selon **Jacquemond et al., (2009)** l'orange Thomson navel est issu d'une mutation précoce de navel introduite en Californie en 1891. Les fruits sont plutôt gros (100 à plus de 200 g) et sans pépin. Ils sont de couleur orange, faciles à éplucher. La production de cette variété s'échelonne de la mi-novembre à Janvier (**Mioulane, 1996**)
- B. **Les oranges blondes :** dont la principale variété est la Valencia, première variété commerciale de tous les types d'agrumes. Celle-ci peut être rencontrée dans toutes les zones principales de production d'oranges (**Kimball, 1999**). Les oranges blondes développent beaucoup moins d'amertume que les oranges navels lors de leur pressage. Elles sont donc principalement transformées en jus.
- C. **Les oranges sanguines :** Les oranges sanguines sont le résultat d'une mutation génétique spontanée qui est apparue il y a plusieurs siècles dans des plantes originaires de Chine, en raison des mouvements migratoires à travers la Méditerranée (**Cebadera et al., 2019**). L'orange Maltaise est la reine des oranges sanguine, elle est décrite comme le meilleur orange dans le monde.

Selon (**Barreca et al., 2018**), on distingue trois types d'orange sanguines les plus courantes(La Sanguinello , La Tarocco et La Moro)



Figure 06 : Feuilles, fleurs et fruits d'oranger

2.6.2. Description botanique

L'oranger est un arbre à croissance rapide. Son aspect est plutôt arrondi et coriace avec un apex aigu et une base arrondie (tab.1). Les branches portent des feuilles vert sombre, ovales, coriaces et finement denticulées (**Escartin ,2008**).Le pétiole est légèrement ailé. Les fleurs sont blanches et très odorantes, isolées ou en groupe. La corolle possède 5 pétales blancs recourbés ver l'arrière. Le fruit est une baie généralement ronde contenant de pépin et dans épicarpe (les zestes) contient nombreuse glandes à essences (**Colombo, 2004**).

2.6.3. L'huile essentielle d'orange

Les orangers peuvent être considérés comme des plantes médicinales. On utilise en phytothérapie des extraits de leurs feuilles, de leurs fleurs, et de leurs fruits et en aromathérapie les huiles essentielles distillées à partir de fleurs, et des feuilles et des jeunes rameaux des écorces des fruits (huiles essentielles d'oranges) (**Fenniche et Guicheniti, 2019**). D'après **Bousbia (2011)**, l'huile essentielle de zeste d'orange contient majoritairement des monoterpaine dont 83 à 90% de limonène suivis par des esters (2.9% de l'huile), des aldéhydes (1.8% de l'huile) et enfin des aldéhydes et des alcools.

2.6.4. Production mondiale d'oranges

En 2002, les agrumes occupaient la première place des productions fruitières dans le monde avec plus de 97 millions de tonnes produites (**FAO, 2003**). A elles seules, les oranges représentent 66% de la production totale en agrumes. Entre 1980 et 2002, la quantité d'oranges produites a été multipliée par plus de 1,5. Les pays qui ont connus la plus forte augmentation sont la Chine, l'Iran et le Mexique. Le premier producteur mondial demeure le Brésil qui représente près de 30% de la production mondiale, suivi des Etats-Unis (17 %).

2.7. L'espèce *Citrus limon*

2.7.1. Origine et définition

Le citron (ou citron jaune) est un agrume, fruit du citronnier (*Citrus limon*, plante médicinale importante de la famille des rutacées, originaire du bassin méditerranéen et

répandu particulièrement en Italie, en Espagne, et Chypre (**Mohanapriya et al., 2013; Leroy, 2016**). Il existe sous deux formes: le citron doux, fruit décoratif de cultivars à jus peu ou pas acide néanmoins classé *Citrus limon* (L.) Burm. f. (classification de **Tanaka**) ; et le citron acide, le plus commun de nos jours, dont le jus a un pH d'environ 2,5.

2.7.2. Description botanique

Le citronnier, un membre de la famille des Rutacées, est un petit arbre (arbuste) vert et aromatique dont la taille peut varier de 2 à 10m de haut, porte 5-6 branches charpentières très fournies en rameaux, les racines superficielles forment un réseau dans les 80 premiers centimètres de sol. (**Gollouin et Tonelli, 2013**). Les feuilles alternes et coriaces (tab.1) sont grandes et très parfumées avec un pétiole légèrement ailé. Les fleurs sont blanches et peu odorantes, regroupées à l'aisselle des feuilles (**Colombo, 2004**). Les fruits sont des baies ovales, d'un jaune vif, avec un mamelon au sommet (**Escartin, 2011**).

Enfin, la pulpe très acide et juteuse entoure quelques pépins. L'origine de cet arbre est inconnue, mais on pense qu'il provient d'Asie Mineure (ou d'Afrique du Nord). Très cultivé en Égypte et en Irak vers 700 après. J.-C., c'est Christophe Colomb qui l'introduisit en Amérique Centrale en 1493(**Escartin, 2008**).



Figure 07 : Feuilles, et fruits de citrus limon.

2.7.3. L'huile essentielle de citron

L'huile essentielle de Citron, d'odeur très agréable et tonique, peut être recommandée en olfactothérapie, en diffusion comme par voie orale ou topique. Sa richesse en limonène explique ses nombreuses propriétés : anti nauséuse, digestive, anti-inflammatoire, antistress, voire antidépressive. Des études récentes suggèrent également un impact

métabolique intéressant en cas de surcharge pondérale. Son mode d'obtention par expression à froid des péricarpes des fruits du citronnier impose la sélection de citrons de qualité biologique. Des risques de photosensibilisation existent en cas d'usage topique d'HE de Citron doit contenir : 56 à 78 % de limonène ; 7 à 17 % de β -pinène ; 6 à 12 % de γ -terpinène ; 1 à 3 % de sabinène ; 0,5 à 2,3 % de gèranial ; 0,3 à 1,5 % de néral ; 0,2 à 0,9 % d'acétate de néryle ; 0,1 à 0,8 % d'acétate de gèranyle ; au maximum 0,6 % d' α -terpinéol et 0,5 % de β -caryophyllène (Lobstein et al.,2016).

2.7.4. Production mondiale de citron

Selon l'organisation pour l'Alimentation et l'Agriculture des Nations Unies les principaux pays producteur de citron et de limes sont l'Inde, le Mexique l'Argentine et l'Espagne avec un taux de 10,34 millions de tonnes (FAO, 2010). La production de citrons obtenue en Algérie durant la saison 2011-2012 est de 760 823 tonnes (Madr,2012).

2.8. L'Espèce *Citrus reticulata*, Blanco

2.8.1. Origine et définition

La mandarine appartient à la famille des Rutacées et du genre *Citrus*. Sa culture est notamment dans les régions Méditerranéennes, au Japon, au Brésil, en Argentine, aux États-Unis et en Australie (Mazza, 1987).

2.8.2. Description botanique

Certainement importé de l'Île Maurice où il fut introduit en 1606. C'est un arbre de taille variable, mais caractéristique par son port érigé. Les fleurs sont petites et blanches (tab.1), en bouquet. Le fruit est une baie globuleuse, et aplatie sur ses deux pôles. La peau est fine et d'un orange intense à maturité. À noter que la clémentine, parfois confondue avec la mandarine, est un hybride entre cette dernière et l'orange. (Escartin, 2011).



Figure 08 : Le Mandarinier (*Citrus reticulata* Blanco) (Plantes du Monde en ligne)

2.8.3. L'huile essentielle de mandarine

Il existe différents types d'huile essentielle de mandarine : toutes viennent du même fruit mais à des stades de maturité différents (**Site 3**):

- L'huile essentielle de mandarine rouge : celle-ci est obtenue à partir de l'écorce d'une mandarine bien mûre de couleur rouge. Elle se caractérise par son odeur d'agrumes délicate, fruitée et douce.
- L'huile essentielle de mandarine verte : celle-ci est issue du zeste d'une mandarine verte qui n'est pas encore parvenue à maturité. Elle se distingue des autres variétés en raison de son odeur plus tonique.
- L'huile essentielle de mandarine jaune : cette dernière est fabriquée à partir des péricarpes de l'agrumes mûr. Elle est connue pour son odeur florale et douce. Elle se caractérise également par sa couleur jaune à Orange.

La composition biochimique dépend des conditions de production. L'huile essentielle de mandarine contient en moyenne (**Site 3**) :

- ✚ Limonène : environ 70 %
- ✚ Y-terpinène : environ 20 %
- ✚ A-pinène : environ 3 %
- ✚ Myrcène : environ 2 %
- ✚ N-méthyle antranilate de méthyle : environ 1,1 %

2.8.4. Production mondiale de mandarine

Selon les données mondiale du Département des agrumes Américain de l'Agriculture USDA, la production mondiale d'agrumes tous produits confondus s'élève à plus 90 Mt pour la campagne 2016/2017 avec un TCAM de 1,2% durant la période 2007-2017.

En général, la production mondiale des agrumes se décline en quatre catégories ainsi réparties: Oranges 54%, Tangerines, Mandarines 31%, Citrons 8% et Pamplemousses 7%.

Tableau 1 : Description de quelques espèces de *Citrus* (Harley et al., 2006 ; Bachès et Bachès, 2011 ; Haineault, 2011)

Espèce	nom commun	Taille de l'arbre	Couleur du fruit	Forme du fruit	La pulpe	Epines
<i>C. aurantifolia</i>	Chaux (Limettier)	4 m	Vert jaune verdâtre	petite taille sub-globuleux ou ovales	juteuse, très acide	Sans épines
<i>C. aurantium</i>	Bigaradier (Orange amère)	10 m	Rouge Orange	Taille moyenne à peau rugueuse ronds ou ovale	acide et amère	à court épines
<i>C. paradisi,</i>	Pomelos (grappfuit)	12 m	Jaune ou rosée	Fruits en grappe à écorce lisse	tendre uteuse légèrement amère	Sans épines
<i>C. hystrix</i>	Lime, (ombava)	3à4 m	Verdâtre,	Petit, ronds	Acide amère	court épines
<i>C. limon</i>	Citronnier	6 m	Verdâtre, jaunâtre	Moyens à grand, ovoïdes	fine , juteuse, acide	Demi-Epines
<i>C. bergamia</i>	Orange sauvage	5 m	Jaune	Petite à moyenne, ronds, lisse	Juteuse, acide, amère	Peu épineux,
<i>C. medica</i>	Cédrat (cédratier)	3 m	Jaunâtre	Très grand, ronds ou ovales	Presque pas de pulpe acide amère	Plutôt épineux
<i>C. madurensis</i>	Calamondin	12 m	Orange	Petite taille ronds	Légèrement amères	Peu épineux
<i>C. grandis</i>	Pamplemousse	15 m	Jaune ou vert claire	Très Grand aplatie ou piriforme	Grossière faiblement amer	Sans épines



La deuxième partie

Partie expérimental





Chapitre III

Matériel & Méthodes



Matériels et Méthodes

Ce chapitre est consacré à la description du matériel utilisé au laboratoire ainsi qu'aux méthodes adoptées. La partie expérimentale de ce travail a été réalisée au sein du laboratoire pédagogique de phytochimie et de parasitologie de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Chadli Bendjedid El-Tarf, pendant une période allant du mois de janvier 2024 jusqu'au mois d'Avril 2024.

3.1. Matériel biologique

3.1.1. Matériel animal

3.1.1.1. Présentation de l'insecte ravageur *Ephestia kuehniella* (Zeller)

Ephestia kuehniella (Zeller, 1879) est une espèce cosmopolite d'insectes holométaboles Lépidoptères de la famille des pyralidés. Elle est originaire de l'Inde mais se rencontre également dans les régions tempérées, en particulier en Méditerranée. Elle cause principalement des dommages à la farine (**Doumandji-Mitiche, 1977**), ce qui lui a valu le nom de « Pyrale de la farine », mais aussi aux grains de céréales, aux biscuits, aux pâtes alimentaires, au chocolat et au riz (**Cherirou- Bakli, 2017**). Sa position systématique selon **Doumandji-Mitichi, (1997)** est la suivante :

Règne :	Animalia
Sous règne :	Metazoa
Embranchement :	Arthropoda
Sous Embranchement :	Hexapoda
Classe :	Insecta
Sous classe :	Pterygota
Super ordre :	Endopterygota
Ordre :	Lepidoptera
Famille :	Pyralidae
Genre :	<i>Ephestia</i>
Espèce :	<i>kuehniella</i> (Zeller)

Ephestia kuehniella (Zeller) est une espèce à mœurs nocturnes qui se repose contre les murs ou se cache dans la farine (**Balachowsky, 1972**). Il a des larves très visibles, avec une tête bien développée et un corps bien divisé en segments. Leur évolution dépend

grandement de l'environnement, notamment de la température, de l'humidité et des sources de nourriture (**Herirou- Bakli, 2017**).



Figure 09 : Epesthia Kuehniella (Hami et al., 2012)

3.1.1.1.1. Description morphologique de cycle biologique de la pyrale

Selon **Delimi et al., (2013)**, la pyrale de farine est une espèce de mites alimentaires. Ces larves attaquent principalement la farine, les grains de céréales (blé, maïs, riz), la semoule, les flocons d'avoine, le muesli, les biscuits, les pâtes alimentaires et plus rarement les fruits desséchés (raisins, figes, abricots). Les larves d'*E. kuehniella* peuvent perforer un emballage légèrement épais.

a. Adulte (papillon)

L'adulte d'*E. kuehniella* présente une tête globuleuse de 20 à 25 mm de longueur. L'aile antérieure est grisâtre et satinée avec des motifs noirs, tandis que l'aile postérieure, finement frangée, est blanchâtre (fig10). Les organes reproducteurs sont situés dans l'abdomen de cette espèce. Les individus adultes se déplacent dans les espaces entre les grains. Ils ont la possibilité d'entrer à l'intérieur de la masse et peuvent également voler. Les adultes possèdent une grande zone de répartition. (**Delimi et al., 2013**)



Figure 10 : Adulte d'*Ephestia kuehniella* Zeller)
<https://www.galerieinsecte.org/galerie/fichier.php>

b. Nymphe (chrysalide)

Chez certaines espèces, la nymphe ne se nourrit pas et est enfermée dans un cocon tissé par la larve lors de la mue finale. Pendant sa période nymphale, l'insecte subit une transformation interne et externe complète qui le conduit à l'état adulte. (Zekri et al., 2016) .

c. Larve (chenille)

La larve d'*E. Kuehniella* traverse six étapes de croissance. Au stade initial, la larve a une longueur de 1 à 1,5 mm, et elle peut atteindre jusqu'à 15 à 20 mm au stade final. Dès qu'elle est exuvie, la larve se nourrit de la farine. La larve a une teinte blanche légèrement rosâtre (Hami et al., 2005).

d. Œuf

L'œuf d'*E. kuehniella* est d'un blanc pâle, ovoïde et un peu microscopique (Khelil, 1995).

3.1.1.2. Biologie

Le développement complet d'*E. kuehniella* dure 80 jours (figure 11). L'accouplement se produit immédiatement après le commencement de la vie adulte. Peu de temps après, sur 3 jours, la femelle de la Pyrale de la farine pond 100 à 200 œufs de couleur blanchâtre, ovoïdes, de 440 µm de long et 250 µm de large. Les œufs qui sont accumulés au fond et sur les parois des sacs de farine éclosent après 4 à 5 jours et donnent naissance à des larves

blanchâtres ou rosâtres de 1 à 1,5 mm, avec des tubes de soie tissée dans lesquels elles résident. La croissance des larves est terminée 6 mues plus tard, elles sont entièrement brunes et mesurent entre 10 et 13 mm. Ainsi, les larves de la Pyrale de la farine errent en s'éloignant de leur source de nourriture et en formant une enveloppe de soie appelée "cocon" contenant des substances nutritives. Dans cette enveloppe, elles évolueront pendant 8 à 12 jours, se fixant immobilement dans les coins sombres des bâtiments ou des machines. À l'apparition de l'adulte, il est alors de couleur grise et mesure entre 10 et 12 mm de taille.

Les points sont noirs et les ailes postérieures sont blanchâtres et finement frangées. Elle dure 14 jours. La vie adulte vise à se reproduire. Les mâles d'*E. kuehniella* décèdent généralement quelques jours après l'accouplement, tandis que les femelles meurent après la ponte. (Bouzeraa,2014).

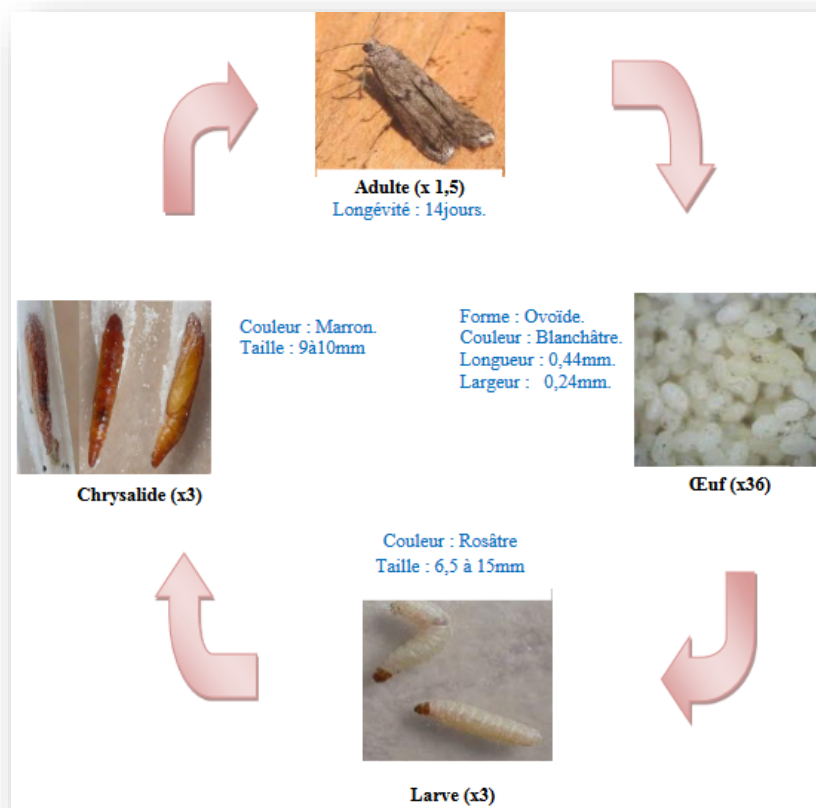


Figure 11 : Cycle de développement d'*E. kuehniella* à 27°C (Hami ,2005).

3.1.1.3. Présentation de l'insecte ravageur *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller)

Ectomyelois ceratoniae, communément connue sous le nom de la pyrale des dattes ou la pyrale des caroubes, est un lépidoptère appartenant à la famille des Pyralidae, dont le développement larvaire se déroule en cinq stades. Particulièrement vorace et polyphage, cet insecte s'attaque aussi bien aux cultures au niveau des champs qu'aux denrées stockées (Gothilf, 1969).

La taxonomie de la pyrale des dattes se base essentiellement sur les critères morphologiques des adultes (Grasse, 1951 & Doumandji, 1981) ;

- Embranchement :** Arthropoda
Sous embranchement : Mandibulata
Classe : Hexapoda
Ordre : Lépidoptera
Famille : Pyralidae
Sous famille : Phycitinae
Genre : *Ectomyelois*.
Espèce : *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller)



Figure 12 : Adulte de la pyrale des dattes, *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller)

3.1.1.3.1. Description morphologique

a. L'œuf

Les œufs sont ovales, dépassant à peine 0,56 mm. Ils sont de couleur claire lors de la ponte et acquièrent une couleur rose avec le temps s'ils sont fertiles (Wertheimer, 1958).

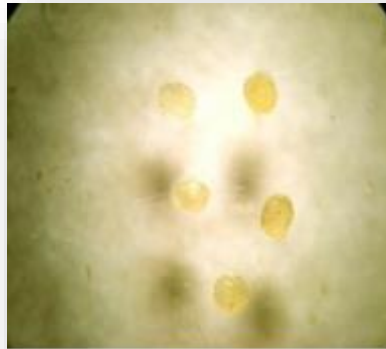


Figure 13 : Œufs de la pyrale des dattes

b. La larve

Les larves d'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller, sont des larves éruciformes, de couleur rose ou d'un blanc jaunâtre avec une tête brune (Doumandji, 1981). La larve est polyphage, on distingue 5 stades larvaires se différencient les uns des autres par la taille (Jerraya, 1993).



Figure 14 : Stades larvaires d'*Ectomyelois ceratoniae* Figure 15 : Chenille de la pyrale des dattes

c. Chrysalide

Selon **Le Berre (1978)**, les caractéristiques particulières ne sont pas présentes dans la chrysalide d'*E. ceratoniae*. La chenille tisse généralement un fourreau de soie lâche avant sa mue nymphale autour de son enveloppe chitineuse de couleur brun testacé, qui mesure environ 1 cm de long. Selon **Doumandji (1981)**, la chrysalide a un corps de forme cylindro-conique et a une longueur d'environ 8 mm.



Photo 16 : Chrysalide de la pyrale des dattes (**originale, 2024**)

d. Papillon adulte

L'adulte d'*E. ceratoniae* est de couleur gris clair, avec une longueur de corps comprise entre 6 et 12 mm et une envergure de 24 à 26 mm. Les ailes antérieures sont gris pâle avec deux lignes claires bordées d'écailles noirâtres, tandis que les ailes postérieures sont homochromatiques et plus claires avec une frange soyeuse. Les ailes ont de longs poils clairs sur les ailes postérieures. (**Manuel Angel , 2022**).

La vie des papillons est courte et ne dépasse pas 3 à 5 jours. Elle est essentiellement occupée par la recherche de l'accouplement et pour la femelle, par la ponte qui dure plusieurs heures (jusqu'à 12 heures). (**Wertheimer, 1958**).

3.1.1.4. Présentation de l'insecte ravageur *Tribolium castaneum*

Le *Tribolium castaneum* (*Tribolium* rouge de la farine) est une espèce d'insectes de la famille des Tenebrionidae, qui est l'un des insectes les plus répandus et les plus polyphages des stocks. En règle générale, les adultes et les larves ne pénètrent dans les grains qu'après les attaques de ravageurs primaires qui leur permettent d'entrer (**Camara, 2009**). On considère que *T. castaneum* est un ravageur secondaire strict qui cause de graves dommages aux stocks de nombreuses denrées amylacées, en particulier les farines de céréales. (**Bonneton, 2010**).

Selon (**Haines, 1991**) La classification de *Tribolium castaneum* est la suivante :

Règne:	Animalia
Embranchement :	Arthropodes
Classe:	Insect
Sous-classe:	Ptérygotes
Ordre:	Coleoptera
Sous –ordre:	Polyphaga
Famille:	Tenebrionidae
Sous-famille:	Tenebrioninae
Genre:	<i>Tribolium</i>
Espèce:	<i>Tribolium castaneum</i>

3.1.1.4.1. Description morphologique

Selon **Gueye et al., (1997)**, Le développement optimal de *Tribolium castaneum* se déroule à une température de 25 à 38 °C. La femelle pond entre 500 et 800 œufs dès trois jours. Cette espèce de larves est mobile et se nourrit. Ceux-ci sont blancs avec du jaune et ont entre 5 et 11 mues, puis atteignent 5 mm à la fin de leur croissance. À la fin de la phase larvaire, les larves s'arrêtent, arrêtent de se nourrir et deviennent des nymphes immobiles. Cette procédure dure entre 3 et 9 semaines (**figure 17**) On trouve les nymphes nues, dans les mêmes aliments que les larves. Initialement blanches, elles s'assombrissent progressivement avant de devenir adultes. À partir de 9 à 17 jours, les adultes se nourrissent des mêmes aliments que les larves et vivent de 15 à 20 mois. Cinq générations sont rencontrées chaque année.

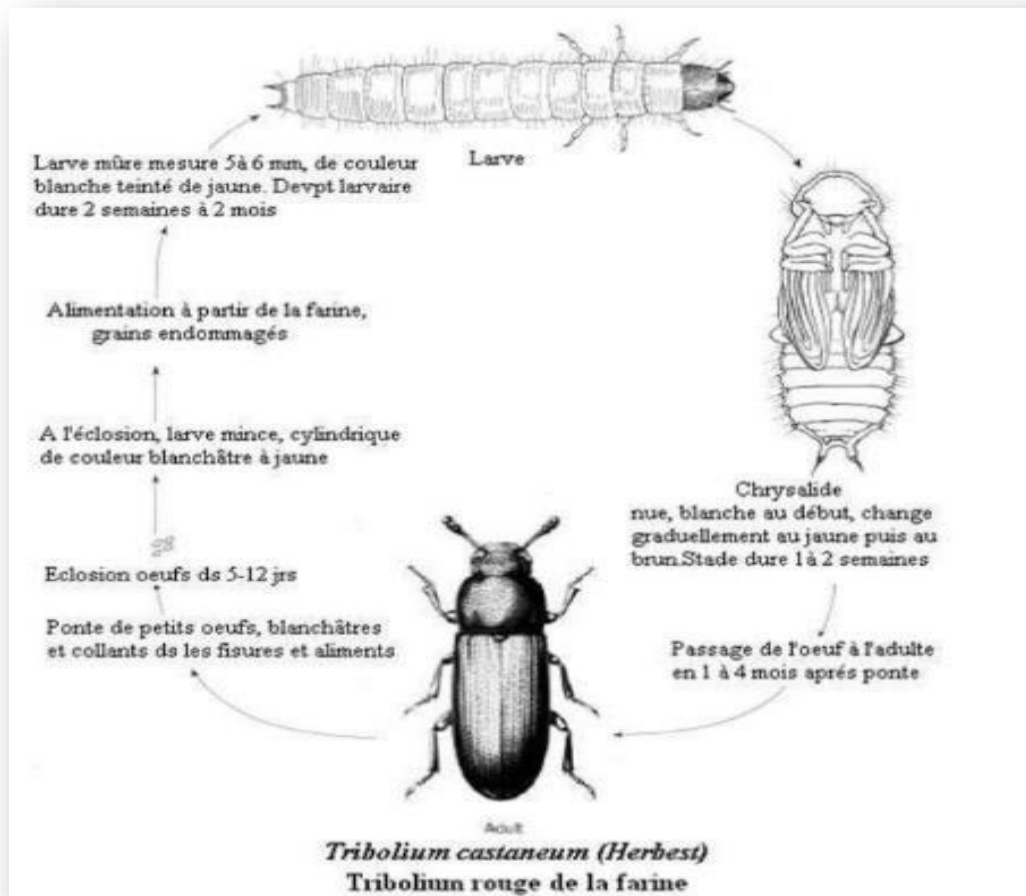


Figure 17 : Cycle de développement de Tribolium rouge de la farine, *Tribolium castaneum* (Boles, 2011).

3.1.2. Matériel végétal

3.1.2.1. . Présentation des espèces utilisées du genre *Citrus*

Dans la présente étude, le zeste de trois espèces de la famille des Rutaceae a été utilisé. Il s'agit de *Citrus reticulata* (mandarine), *Citrus sinensis* (orange), et *Citrus limon* (citron), séchées à l'air libre, à l'abri de la lumière et à la température ambiante.

D'après **Swingle et Reece (1967)**, la position taxonomique des agrumes est la suivante :

Règne :	Végétale
Embranchement :	Angiospermes
Classe :	Eudicotes
Sous classe :	Archichlomydeae
Ordre :	Germinale (Rutales)
Famille :	<i>Rutaceae</i>
Sous-famille :	Aurantioideae
Tribus :	Citreae
Sous-tribu :	Citrinae
Genre :	<i>Poncirus, Fortunella et Citrus</i>

3.1.2.2. Présentation de l'espèce végétale *Citrus reticulata* Blanco

Le fruit est une baie globuleuse, et aplatie sur ses deux pôles. La peau est fine et d'un orange intense à maturité. À noter que la clémentine, parfois confondue avec la mandarine, est un hybride entre cette dernière et l'orange. (**Escartin, 2011**). La Position Systématique du *Citrus réticulata* Blanco:

Ordre :	Sapindales
Famille :	<i>Rutaceae</i>
Genre :	<i>Citrus L</i>
Espèces :	<i>Citrus réticulata</i> Blanco
Noms communs :	mandarine

3.1.2.3. Présentation de l'espèce végétale *Citrus sinensis*

Selon **Jacquemond et al., (2009)** l'orange Thomson navel est issu d'une mutation précoce de navel introduite en Californie en 1891. Les fruits sont plutôt gros (100 à plus de 200 g) et sans pépin. Ils sont de couleur orange, faciles à éplucher .La production de cette variété

s'échelonne de la mi-novembre à Janvier (**Mioulane, 1996**). Sa position Systématique du *Citrus sinensis* :

- Ordre :** Sapindales
- Famille :** *Rutaceae*
- Genre :** *Citrus*
- Espèce :** *Citrus sinensis*
- Noms communs :** oranger

3.1.2.4. Présentation de l'espèce végétale *Citrus limon*

Les fruits du citron sont des baies ovales, d'un jaune vif, avec un mamelon au sommet (**Escartin, 2011**) la pulpe très acide et juteuse entoure quelques pépins. Sa position Systématique du *Citrus limon*:

- Ordre :** Sapindales
- Famille :** *Rutaceae*
- Genre :** *Citrus*
- Espèce :** *Citrus limon*
- Noms communs :** citronnier

3.1.3. Méthode de travail

3.1.3.1. Echantillonnage

Les échantillons des larves *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) sont prélevés à partir des dattes stockées, originaire de la wilaya de Biskra. Les dattes récoltées sont ouvertes à l'aide d'un scalpel pour vérifier la présence de larves ou de nymphes de la pyrale. C'est une observation directe à l'œil nu (figure 18) Les larves ont été recueillies dans des boîtes de Pétri. Les échantillons d'*Ephesia kuehniella* ont été récoltés à partir de semoule. Les adultes de *Tribolium castaneum* sont obtenues à partir de Maïs, notant que l'élevage a été réalisé par Melle Hussein Khawla, M2 Biodiversité et environnement au niveau de laboratoire de parasitologie, département de biologie, université Chadli Bendjedid El Tarf.



Figure 18: Observation de matériel biologique (originale ,2024)

3.1.3.2. Extraction des huiles essentielles

L'extraction de huiles essentielles été réalisée par hydro distillation en utilisant un appareil de type Clévenger à partir des zestes des trois plantes choisis. Ces dernières sont séchées à l'abri de la lumière, et à la température ambiante puis broyée pour faciliter leur introduction dans un ballon en verre de 1 L.



Photo 19: A : Ecorces Séchées de *Citrus reticulata* B : Ecorces Broyée (originale, 2024)

Avant l'emploi, l'appareil a été nettoyé à l'acétone puis rincé à l'eau distillée afin d'éliminer les poussières et les graisses probablement présentes dans l'appareil afin d'éviter toute contamination de l'huile au cours de l'extraction.

Une quantité de 100g de la poudre obtenue a été introduite dans un ballon de 1 litre et imprégnée d'eau distillée. L'eau est ensuite chauffée dans la chauffe ballon jusqu'à ébullition, ce qui entraîne la formation d'une vapeur qui va entraîner les constituants volatiles. Ces vapeurs s'élèvent et passent dans le réfrigérant qui est constamment refroidi à une température comprise entre 15°C et 18°C. La durée de l'extraction est deux heures cela a été déterminé après un premier essai. L'huile finale obtenue est conservée dans des tubes Eppendorf enveloppé de papier para film à une température de 4°C. (Merabet, 2018)

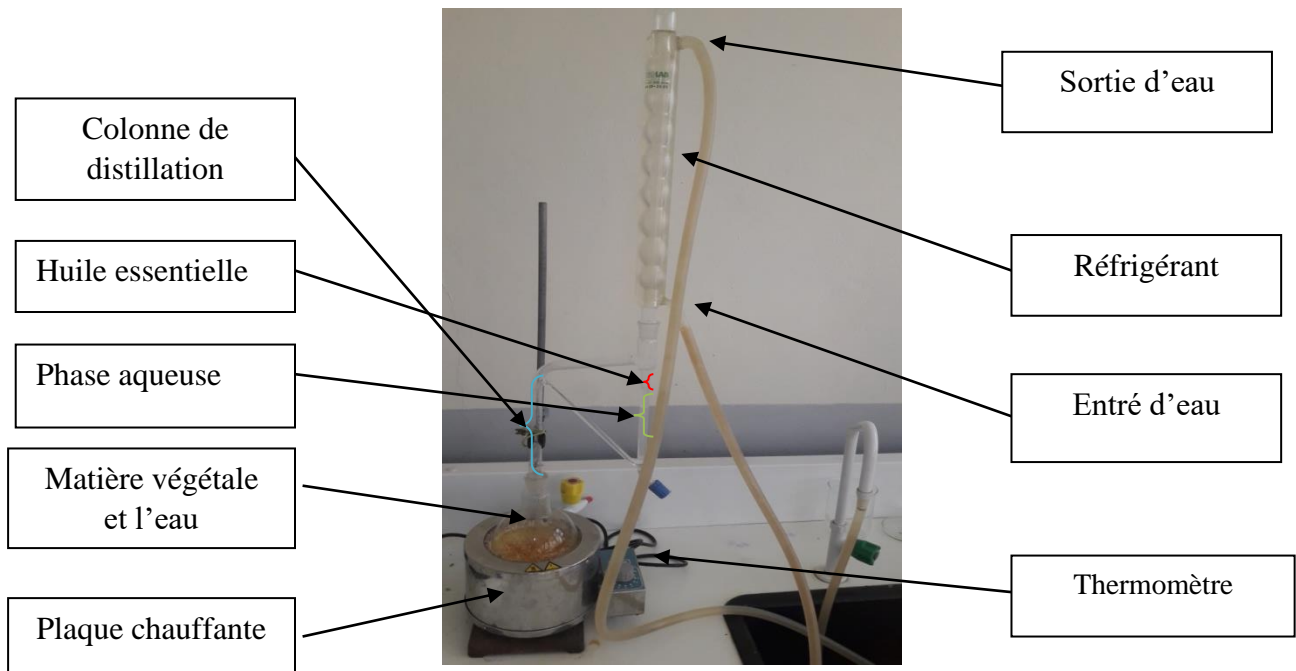


Figure 20: Montage d'extraction par Hydro distillation type Clévenger
(originale, 2024)

3.1.3.3. Calcul du rendement en huiles essentielles

Selon la norme **Afnor (1986)** le rendement en huile essentielles de chaque plante est calculé en rapportant la masse de l'huile extraite à la masse végétale utilisée, selon la formule suivante :

$$\text{RHE (\%)} = \frac{\text{Masse (HE)}}{\text{Masse (M V S)}} \times 100$$

- **R (%)** : Rendement en huile essentielle. (En%)
- **Masse (HE)** : masse de l'huile essentielle. (En gramme)
- **Masse (MVF)** : masse du matériel végétal sec. (En gramme)

3.1.3.4. Test de l'effet répulsif de l'huile essentielle sur papier filtre

Les tests de répulsivité *in vitro* sont utilisés pour vérifier si un produit choisi (ici une huile essentielle) appliqué sur un papier filtre, à une dilution donnée, repousse ou non les ravageurs. L'état repoussé ou non est défini en fonction de la position des larves ou les adultes au bout d'un laps de temps défini (Kröber *et al.*, 2013).

L'effet répulsif de l'huile essentielle de chaque plante à l'égard des larves de la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae*, larves Pyrale de la farine *Ephestia kuehniella* (Zeller) et les adultes de *Tribolium castaneum* a été évalué en utilisant la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre de 9cm de diamètre décrite par Mc Donald *et al.*, (1970). Le papier a été coupé en deux, Une des parties du disque est traitée avec une dose 1 µL d'huile diluée dans 0.5 ml d'acétone, et l'autre partie est traitée uniquement avec 0.5 ml l'acétone. Après quinze minutes, temps nécessaire pour l'évaporation complète du solvant de dilution Par la suite, les deux moitiés coupées du papier filtre ont été adhésées et placées dans les boites pétris de 9cm de diamètre. Dix larves du même âge de *Ectomyelois ceratoniae*, *E. kuehniella* et de adultes de *Tribolium castaneum* ont été mises au centre du papier filtre dans chaque boîte de pétri, la procédure est répétée pour les doses (1, 2.5, 5 et 7,5 µL). Ces essais sont répétés trois fois pour chaque dose.

Après une deux heures de traitement le dénombrement de ces derniers sur les demi-disques est réalisé. Le pourcentage de répulsion (PR) est ainsi calculé selon la formule utilisée par Nerio *et al.*, (2009) comme suit:

$$\text{PR (\%)} = \left[\frac{(\text{Nac} - \text{Nh})}{(\text{Nac} + \text{Nh})} \right] \times 100$$

- **Nac** : Nombre d'insectes présents sur le demi-disque traité avec l'acétone.
- **Nh** : Nombre d'insectes présents sur le demi-disque traité avec la solution huileuse.

Le pourcentage de répulsion moyen pour chaque huile est calculé et attribué à l'une des différentes classes répulsives variant de 0 à V (Mc Donald *et al.*, 1970), qui sont présentés dans le tableau 02

Tableau 02 : Pourcentages de répulsion selon le classement de Mc Donald et *al.*, (1970)

Classes	Intervalle de répulsion	Propriétés
Classe 0	$PR \leq 0,1\%$	N'est pas répulsif répulsive
Classe I	$0,1\% < PR \leq 20\%$	Très Faiblement répulsive
Classe II	$20\% < PR \leq 40\%$	Faiblement répulsif
Classe III	$40\% < PR \leq 60\%$	Modérément répulsif
Classe IV	$60\% < PR \leq 80\%$	Répulsif
Classe V	$80\% < PR \leq 100\%$	Très répulsif



Chapitre IV :

Résultats et Discussion



Chapitre VI :Résultats et Discussion

4.1.Rendement des huiles essentielles

Le rendement des huiles essentielles de trois agrumes, *Citrus reticulata*, *Citrus sinensis* et *Citrus limon*) de la famille des Rutaceae obtenue par hydrodistillation pendant deux heures.

Tableau 03 : Le rendement (%) des huiles essentielles du zeste des plantes utilisées

Espèce	Méthode d'extraction	Durée d'extraction	Rendement (%)
<i>Citrus reticulata</i>	Hydrodistillation de type Clévenger	02 heures	1.91
<i>Citrus sinensis</i>			4.06
<i>Citrus limon</i>			3.6

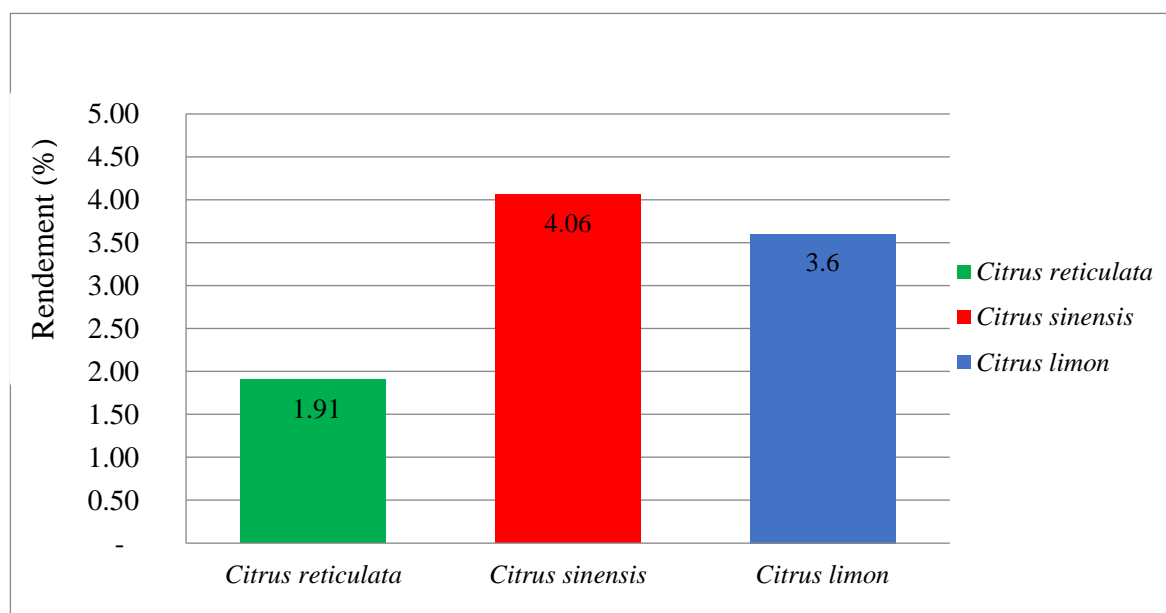


Figure 21 : Le rendement des huiles essentielles des différentes espèces (*Citrus reticulata*, *Citrus sinensis* et *Citrus limon*)

Les résultats calculés indiquent qu'après l'extraction par hydrodistillation de 100g de la poudre du zeste du *Citrus reticulata*, *Citrus sinensis* et du *Citrus limon*, nous avons pu obtenir un rendement en huiles essentielles de l'ordre de 1.91%, 4.06% et 3.6% respectivement. Les taux du rendement très élevés comparant à celui trouvaient par **Ouchekhdidh (2021)** et **Boukhdid (2020)** qui sont de l'ordre de 2.77 et 3.41 pour 100g de la matière sèche du *C. sinensis* et *C. limon* respectivement récolté de la même région, des vergés différents. Le rendement d'huile essentielle de *C. Réticulata* Blanco reste un peu

faible comparant à ceux obtenus par **Maiouche & Zaidi (2021)** qui est de l'ordre de 2,36 % pour 100 gr de la matière sèche.

D'après **kelen et Tepe (2008)** la différence entre les taux du rendement peut être expliqué par le fait que les rendements d'HEs sont influencés par plusieurs facteurs lors de leurs extractions (conditions expérimentales au laboratoire : durée de séchage, durée d'extraction, climat, humidité, appareillage,) soit par des facteurs en relation directe avec la plante utilisée tel la nature du sol et la race chimique, ... etc.

4.2.Effet répulsif des huiles essentielles à l'égard de l'espèce *Ephestia kuehniella*

4.2.1. L'effet répulsif de l'HE de *Citrus réticulata* contre les larves de l'espèce *Ephestia kuehniella*

Les pourcentages de répulsion des différentes concentrations d'huile essentielle de *Citrus réticulata Blanco* sont récapitulés dans la figure (22). Il en ressort qu'après une heure d'exposition, les différentes doses (1, 2.5, 5 et 7.5 μ L) de l'huile essentielle de *C. réticulata Blanco* ont occasionné respectivement 26.67%,20 %,26.67 %, 46.66% de répulsion vis-à-vis les larves de la pyrale de la farine « *Ephestia kuehniella* ». Ceci montre clairement que le pourcentage de répulsion augmente en fonction de la dose et le temps, l'effet le plus remarquable est enregistré avec la dose 7.5 μ L.

Les résultats obtenus par l'effet répulsif de l'huile essentielle *Citrus reticulata* sur les larves d'*Ephestia kuehniella* sont présentés dans la figure suivante :

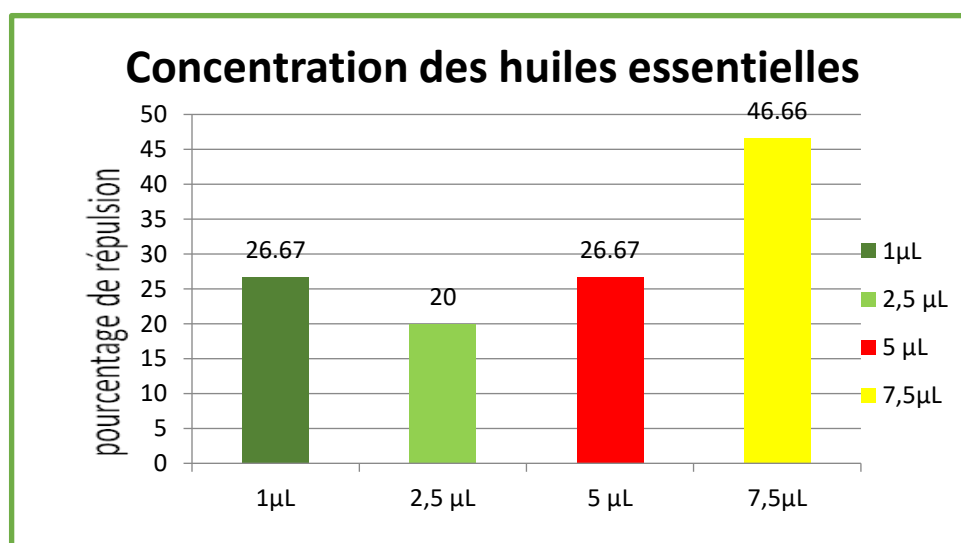


Figure22: Pourcentage de répulsion des larves d'*Ephestia kuehniella* traités avec les différentes concentrations de l'huile essentielle de *Citrus reticulata*.

4.2.2. L'effet répulsif de l'huile essentielle de *Citrus sinensis* sur les larves de l'insecte *Ephestia kuehniella*

Les pourcentages de répulsion des différentes doses d'huile essentielle de *Citrus sinensis* Blanco sont récapitulés dans la figure (23). Il en ressort qu'après une heure d'exposition, les différentes doses (1, 2.5, 5 et 7.5 μL) de l'huile essentielle de *C. sinensis* ont occasionné respectivement 33.33 %, 40 %, 66.67 %, 73.33% de répulsion vis-à-vis les larves de la pyrale de la farine *Ephestia kuehniella*. Ceci montre clairement que le pourcentage de répulsion augmente en fonction de la dose et le temps, l'effet le plus remarquable est enregistré avec la dose 7.5 μL .

Les résultats obtenus par l'effet répulsif de l'huile essentielle *Citrus sinensis* sur les larves d'*Ephestia kuehniella* sont présentés dans la figure suivante :

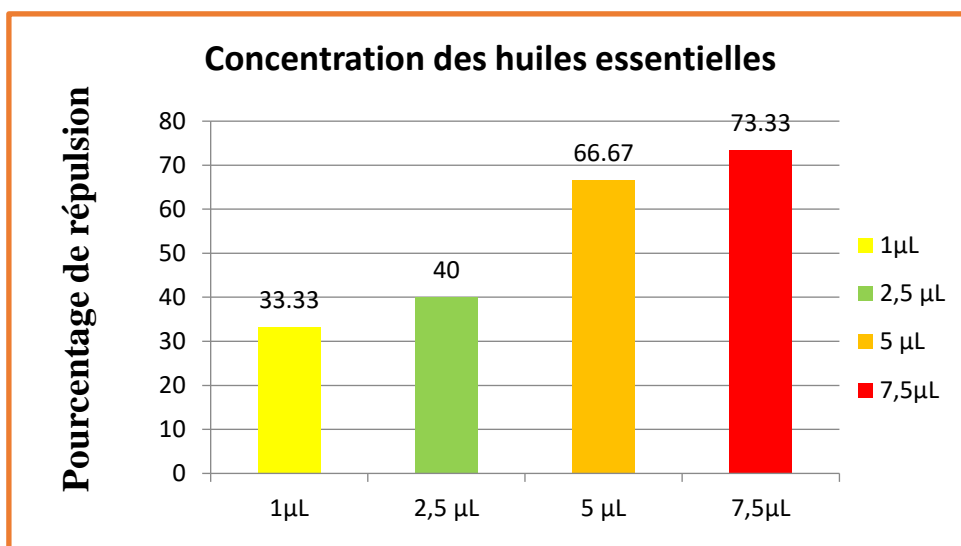


Figure23 : Pourcentage de répulsion des larves de la pyrale *Ephestia kuehniella* traités avec les différentes concentrations d'huile essentielle de *Citrus sinensis*

4.2.3. L'effet répulsif de l'huile essentielle de *Citrus limon* sur les larves de l'insecte *Ephestia kuehniella*

Les pourcentages de répulsion des différentes concentrations de l'huile essentielle de *Citrus limon* sont récapitulés dans la figure (24). Ces résultats montrent faible réponse des larves de la pyrale aux différentes concentrations (1, 2.5, 5 et 7.5 μL) de l'huile essentielle de *C. limon* ont occasionné respectivement -20 %, 0 %, 20 %, 40 % de répulsion. Ceci

montre clairement que le pourcentage de répulsion augmente en fonction de la dose et le temps, l'effet le plus remarquable est enregistré avec la concentration 7.5 μ L .

Les résultats obtenus par l'effet répulsif de l'huile essentielle *Citrus limon* sur les larves d'*Ephestia kuehniella* sont présentés dans la figure suivante :

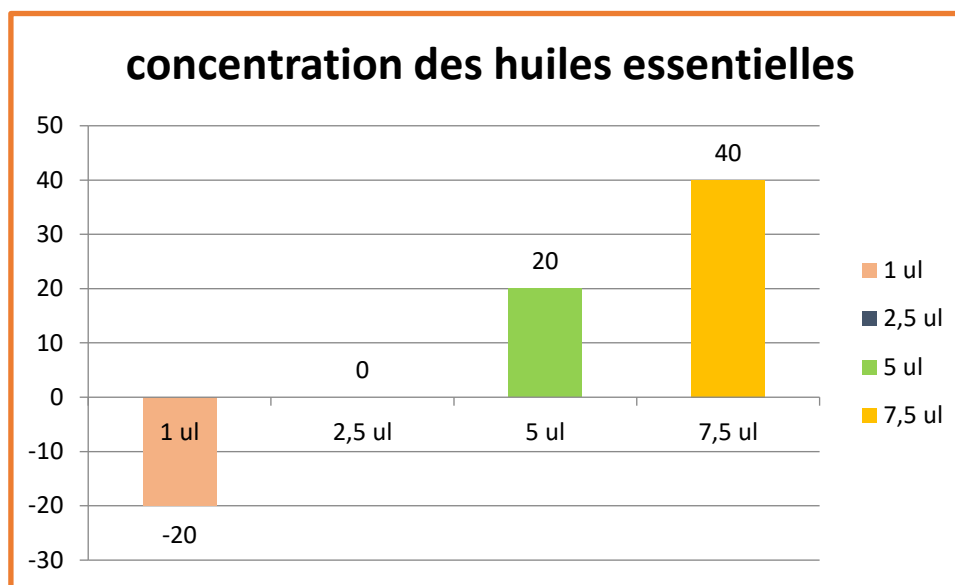


Figure 24 : Pourcentage de répulsion des larves de l'espèce *Ephestia kuehniella* traités avec les différentes concentrations d'huile essentielle de *Citrus limon*.

4.2.4. Classement des huiles essentielles *Citrus reticulata*, *Citrus sinensis* et *Citrus limon* selon leur propriété de répulsion sur les larves d'*Ephestia kuehniella*

Tableau 04 : Classement des huiles essentielles *Citrus reticulata*, *Citrus sinensis* et *Citrus limon* selon leur propriété de répulsion sur les larves d'*Ephestia kuehniella*

Les résultats obtenus des essais réalisés et selon le classement de McDonald et al. (1970), montrent que l'huile essentielle de la plante *Citrus sinensis* a une activité insecticide appartiendrait à la **classe III** à l'égard des larves de cet insecte et avec un taux de répulsion moyen de **53.33%**, l'HE de *Citrus reticulata* a montré un effet insecticide faiblement répulsif appartient à la **classe II** avec un taux de répulsion de l'ordre de **30 %**, par contre l'HE de citron a indiqué un effet faiblement répulsif avec un taux de répulsion qui ne dépasse pas les **9%**.

Huile	<i>Citrus reticulata</i>	<i>Citrus sinensis</i>	<i>Citrus limon</i>
Taux de répulsion	30 %	53.33%	8.33%
Classe de répulsion	II	III	I
Effet	Faiblement répulsif	Modérément répulsif	Très Faiblement répulsif

4.3. Effet répulsif des huiles essentielles à l'égard de l'espèce *Ectomyelois ceratoniae*

4.3.1. L'effet répulsif d'huile essentielle de *Citrus reticulata* sur les larves de la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae*

Les pourcentages de répulsion des différentes concentrations de l'huile essentielle de *Citrus reticulata* sont récapitulés dans la figure (25) ci-dessous. Il en ressort qu'après une heure d'exposition, les différentes doses (1, 2.5, 5 et 7.5 μL) de l'huile essentielle de *C. reticulata* Blanco ont occasionné respectivement 0%, 13.33%, 33.33%, 40% de répulsion vis-à-vis des larves d'*Ectomyelois ceratoniae*. Ceci montre clairement que le pourcentage de répulsion augmente en fonction de la dose et le temps, l'effet le plus remarquable est enregistré avec la dose 7.5 μL .

Les résultats obtenus par l'effet répulsif de l'huile essentielle *Citrus reticulata* sur larves de la pyrale des dattes sont présentés dans la figure suivante :

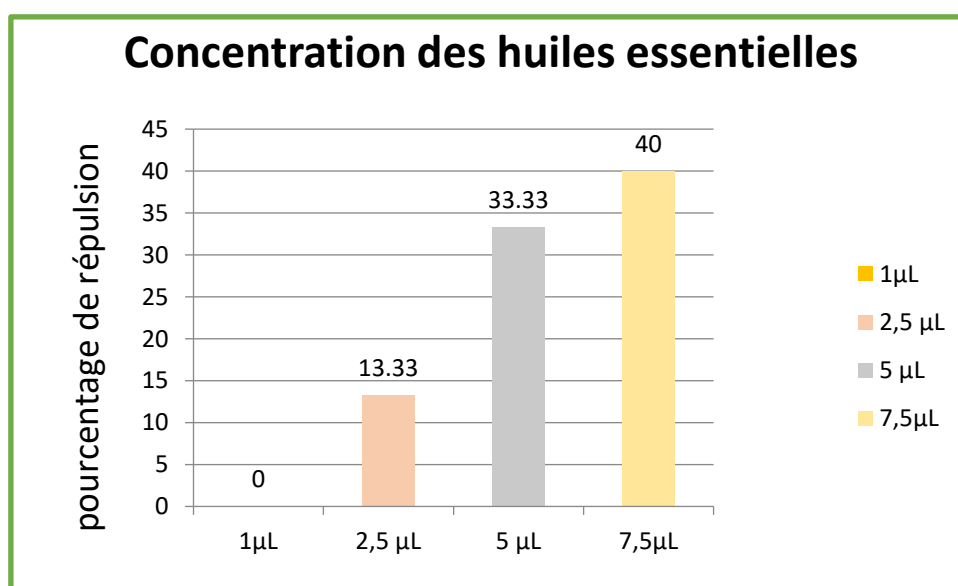


Figure25 : Pourcentage de répulsion des larves d'*Ectomyelois ceratoniae* traités avec les différentes concentrations d'huile essentielle de *Citrus reticulata*

4.3.2. L'effet répulsif d'huile essentielle de *Citrus sinensis* sur les larves de l'insecte *Ectomyelois ceratoniae*

Les pourcentages de répulsion des différentes concentrations de l'huile essentielle de *Citrus sinensis* sont récapitulés dans la figure (26). Ces résultats montrent une très faible réponse des larves de la pyrale aux différentes concentrations (1, 2.5, 5 et 7.5 µL) de l'huile essentielle de *C. sinensis* ont occasionné respectivement 13.33%,6.66%, 13.33%, 6.66% de répulsion. Ceci montre clairement que le pourcentage de répulsion augmente en fonction de la dose et le temps, l'effet le plus remarquable est enregistré avec la concentration 1et 5µL. Ces résultats montrent clairement que ce ravageur est très rousté vis-à-vis l'HE testée

Les résultats obtenus par l'effet répulsif de l'huile essentielle *Citrus sinensis* sur larves d'*Ectomyelois ceratoniae* sont présentés dans la figure suivante :

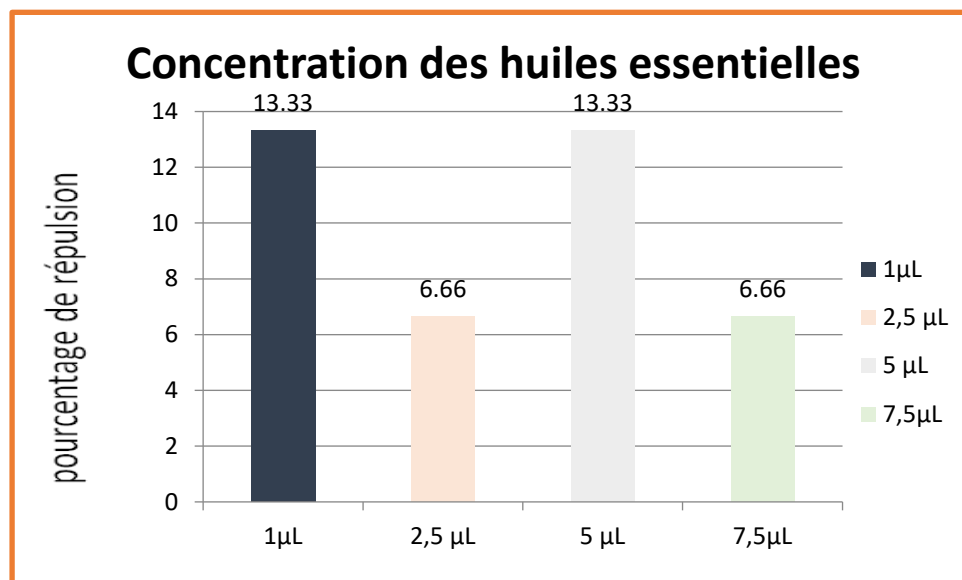


Figure 26 :Pourcentage de répulsion des larves d'*Ectomyelois ceratoniae* traités avec les différentes concentrations d'huile essentielle de *Citrus sinensis*

4.3.3. L'effet répulsif de l'huile essentielle de *Citrus limon* sur les larves de l'insecte *Ectomyelois ceratoniae*

Les pourcentages de répulsion des différentes concentrations de l'huile essentielle de *Citrus limon* sont récapitulés dans la figure (27) ci-dessous qui montrent une faible réponse des larves de la pyrale aux différentes concentrations (1, 2.5, 5 et 7.5 µL) de l'huile essentielle de *C. limon* ont occasionné respectivement -6.66%, 13.33%, 20.%, 26.67% de répulsion. Ceci montre clairement que le pourcentage de répulsion augmente en fonction de la dose et le temps, l'effet le plus remarquable est enregistré avec la concentration 7.5µL.

Les résultats obtenus par l'effet répulsif de l'huile essentielle *Citrus limon* sur larves d'*Ectomyelois ceratoniae* sont présentés dans la figure suivante :

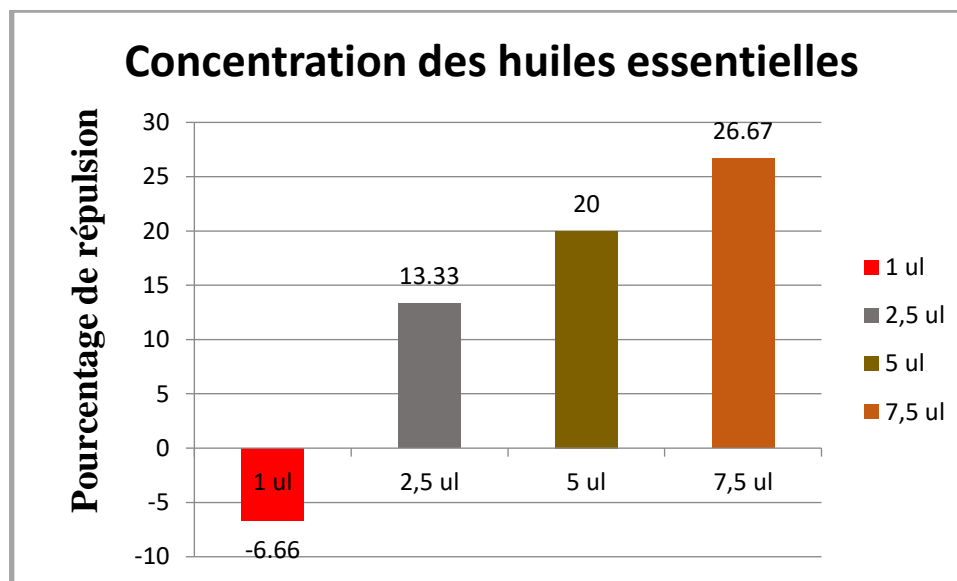


Figure 27 : Pourcentage de répulsion des larves d’*Ectomyelois ceratoniae* traités avec les différentes concentrations d’huile essentielle de *Citrus limon*

4.3.4. Classement des huiles essentielles *Citrus reticulata*, *Citrus sinensis* et *Citrus limon* selon leur propriété de répulsion sur les larves d’*Ephestia kuehniella*

Les résultats obtenus des essais réalisés par (McDonald et al., 1970), montrent que l’ensemble des huiles essentielles extraites du zeste des agrumes *Citrus reticulata*, *Citrus sinensis* et *Citrus limon* ont une activité insecticide faible à très faible à l’égard des larves de la pyrale *Ectomyelois ceratoniae* justifié par les classes et les pourcentages de répulsion calculées (Tableau 5).

Tableau 05 :Classement des huiles essentielles *Citrus reticulata*, *Citrus sinensis* et *Citrus limon* selon leur propriété de répulsion sur les larves De la pyrale *Ectomyelois ceratoniae*

Huile	<i>Citrus reticulata</i>	<i>Citrus sinensis</i>	<i>Citrus limon</i>
Taux de répulsion	21.66%	9.99%	13.33%
Clase de répulsion	II	I	I
Effet	Faiblement répulsif	Très Faiblement répulsif	Très Faiblement répulsif

4.4. Effet répulsif des huiles essentielles à l'égard de l'espèce *Tribolium castaneum*

4.4.L'effet répulsif de l'huile essentielle de *Citrus reticulata* sur les adultes de l'espèce ravageuse *Tribolium castaneum*

Les pourcentages de répulsion des différentes concentrations de l'huile essentielle de *Citrus reticulata* sont récapitulés dans la figure (28) ci-dessous. Ces résultats montrent une réponse des jeunes adultes de *T. castaneum* aux différentes concentrations (1, 2.5, 5 et 7.5 μL) de l'huile essentielle de *C. reticulata*, ont respectivement 60%, 66.67%, 80%,86.67.% de répulsion. Ceci montre clairement que le pourcentage de répulsion augmente en fonction de la dose et le temps, l'effet le plus remarquable est enregistré avec la concentration 5 μL .

Les résultats obtenus par l'effet répulsif de l'huile essentielle *Citrus reticulata* sur adultes de *Tribolium castaneum* sont présentés dans la figure suivante :

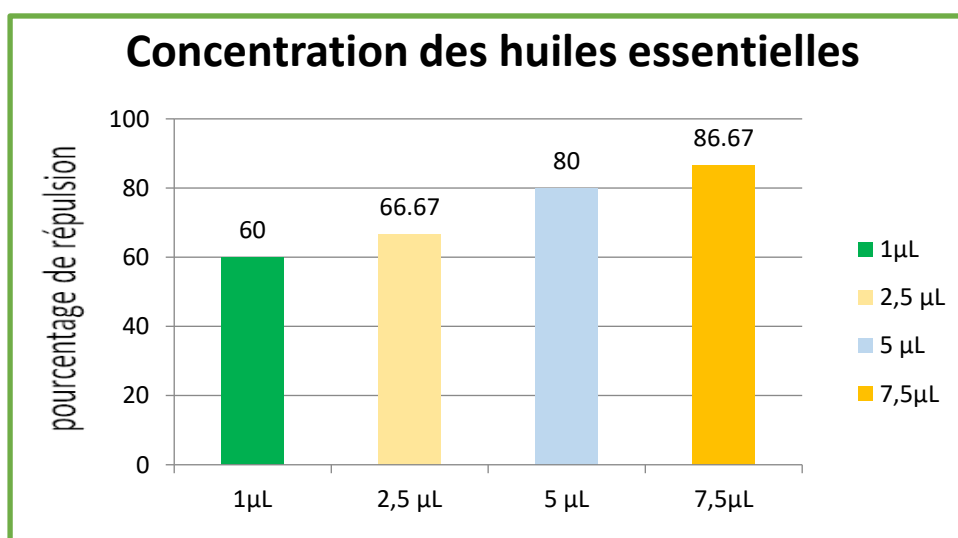


Figure28 : Pourcentage de répulsion des larves de *T.castaneum* traités avec les différentes concentrations d'huile essentielle de *Citrus reticulata*

4.4.1. L'effet répulsif d'huile essentielle de *Citrus sinensis* sur les adultes de l'insecte *Tribolium castaneum*

Les pourcentages de répulsion des différentes concentrations de l'huile essentielle de *Citrus reticulata* sont récapitulés dans la figure (29) ci-dessous. Ces résultats montrent un effet répulsif remarquable traduit par une réponse des jeunes adultes de *T. castaneum* aux différentes concentrations (1, 2.5, 5 et 7.5 μL) de l'huile essentielle de *C. sinensis* ont

occasionné respectivement 20%, 73.33%, 80 %, 100 % de répulsion. Ceci montre clairement que le pourcentage de répulsion augmente en fonction de la dose et le temps, l'effet le plus remarquable est enregistré avec la concentration 7.5 μ L.

Les résultats obtenus par l'effet répulsif de l'huile essentielle *Citrus sinensis* sur adultes de *T.castaneum* sont présentés dans la figure suivante :

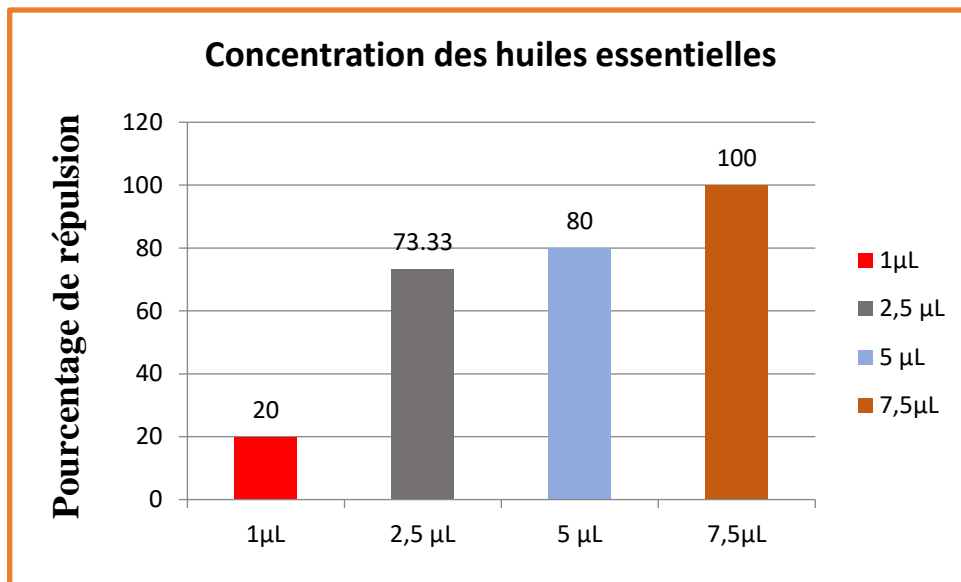


Figure 29 : Pourcentage de répulsion des adultes de *T. castaneum* traités avec les différentes concentrations de l'huile essentielle de *Citrus sinensis*

4.4.2. L'effet répulsif d'huile essentielle de *Citrus limon* sur les adultes de l'insecte *T. castaneum*

Les pourcentages de répulsion des différentes concentrations de l'huile essentielle de *Citrus reticulata* sont récapitulés dans la figure ci-dessous. Ces résultats montrent un effet répulsif très efficace traduit par une réponse des jeunes adultes de *T. castaneum* aux différentes concentrations (1, 2.5, 5 et 7.5 μ L) de l'huile essentielle de *C. limon* ont occasionné respectivement 100%,100%,100%, 86.67% de répulsion. Ceci montre clairement que le pourcentage de répulsion augmente en fonction de la dose et le temps, l'effet le plus remarquable est enregistré avec la concentration 1, 2.5 ,5 μ L.

Les résultats obtenus par l'effet répulsif de l'huile essentielle *Citrus limon* sur adultes de *Tribolium castaneum* sont présentés dans la figure suivante :

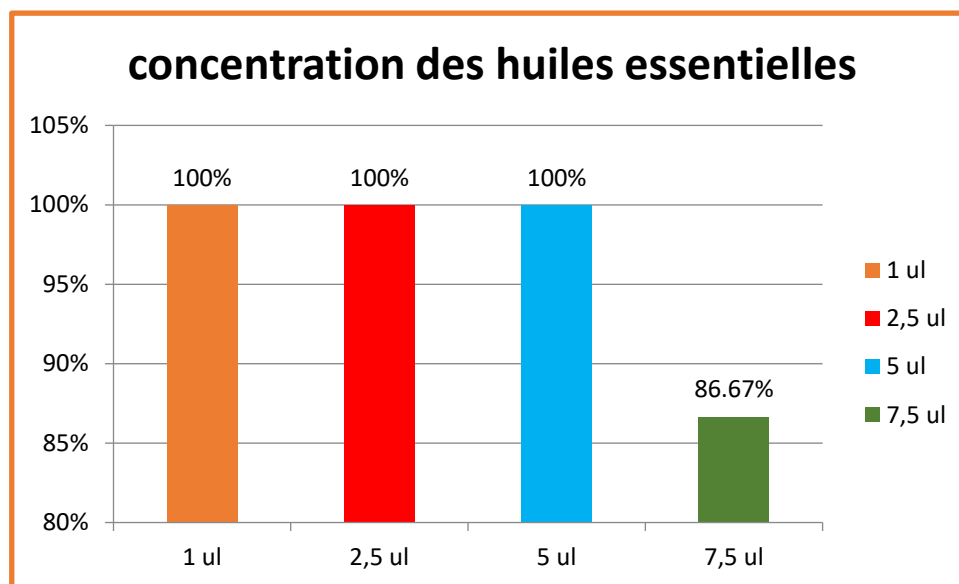


Figure 30 : Pourcentage de répulsion des adultes de *Tribolium castaneum* traités avec les différentes concentrations d'huile essentielle de *Citrus limon*

4.4.3. Classement des huiles essentielles *Citrus reticulata*, *Citrus sinensis* et *Citrus limon* selon leur propriété de répulsion sur les adultes de *Tribolium castaneum*

Les résultats obtenus des essais réalisés par **McDonald et al., (1970)**, ont montré un taux de répulsion très élevés **68.33%**, **73.33%** et **96.66%** respectivement pour les trois huiles essentielles extraites du zeste des *Citrus reticulata*, *Citrus sinensis* et *Citrus limon* inspirant a une activité insecticide élevée à l'égard des adultes de l'espèce ravageuse *Tribolium castaneum*.

Tableau 06 : Classement d'huile essentielle *Citrus reticulata*, *Citrus sinensis* et *Citrus limon* selon leur propriété de répulsion sur les adultes de *T. castaneum*

Huile essentielle	<i>Citrus reticulata</i>	<i>Citrus sinensis</i>	<i>Citrus limon</i>
Taux de répulsion	73.33%	68.33%	96.66%
Classe de répulsion	IV	IV	V
Effet	répulsive	Répulsive	Très répulsive

4.5.Comparaison du taux de répulsion des trois huiles essentielles vis-à-vis les trois espèces ravageuses

Le tableau suivant montre une différence de tolérance des différentes espèces ravageuses par l'effet répulsif des trois huiles essentielles des agrumes du genre *Citrus*.

Tableau 07 : Le taux de répulsion des trois huiles essentielles à l'égard des différentes espèces ravageuses, sur les larves d'*Ephestia kuehniella*, les larves d'*Ectomyelois ceratoniae* et les adultes de *Tribolium castaneum*

Répulsion HE	<i>Ephestia kuehniella</i>	<i>Ectomyelois ceratoniae</i>	<i>Tribolium castaneum</i>
<i>Citrus reticulata</i>	30% Classe II	21.66 % Classe II	73.33 Classe IV
<i>Citrus sinensis</i>	53.33% Classe III	9.99 % Classe II	68.33 % Classe IV
<i>Citrus limon</i>	8.33% Classe I	13.33 Classe I	96.66 % Classe V

Le calcul des taux de répulsion (**tableau 7**), représentés par **la figure (8)**, permet de constater que celui de l'huile essentielle de *Citrus sinensis* (**53.33%**) est plus élevé que l'HE du *Citrus reticulata* (**30 %**) et celui de *Citrus limon* (**8.33 %**). Ceci montre que l'huile essentielle de *Citrus sinensis* possède un effet plus toxique par rapport à l'huile essentielle de *C. reticulata* et *C. limon* sur les larves du dernier stade d'*Ephestia kuehniella*

.Le calcul du taux de répulsion (**tableau 7**), représenté par **la figure(8)**, permet de constater que celui de l'huile essentielle de *Citrus reticulata* (**21.99%**) est plus élevé que celui de *C. limon* et *C. sinensis* par un effet très faiblement répulsif traduit par les taux de répulsion **13.33% et 9.99%**. Ceci montre que l'ensemble des huiles essentielles testées à l'égard des larves de la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* présente un effet très faible sur les larves ravageuses. Notant que cette pyrale de caroube se montre redoutable, de Barcelone à Cadix, sur oranges Navel (*Citrus reticulata*) d'après **Agenjo R., (1959)**. Même en Algérie, **Piguet P. en 1960** dresse une liste suffisamment détaillée des plantes hôtes, mentionnant d'abord *Ceratonia Cliqua*, *Ficm carica*, *Phoenix dactylifera*, *Prunus amygdalus*, *Juglans regia*, *Eriobotrya japonica*, *Sterculia* et les variétés oranges Navel ; ce qui explique sa faible répulsion vis-à-vis les huiles essentielles des agrumes .

Le calcul du taux de répulsion (**tableau 11**), représenté par la **figure(8)**, permet de constater que les huiles essentielles de *C. reticulata* et *C. limon* ont donné un taux de répulsion très élevé appartient à la classe **IV (73.33%)** et la classe **V(96.66 %)** ceci indique un effet toxique très significatif à l'égard des adultes de *Tribolium castaneum*, de même pour l'HE du *Citrus sinensis* qui a montré un taux de répulsion de l'ordre de **(68.33%)** qui appartient à la classe **IV**. C'est résultats nous encourageant pour utiliser les HE extraites du zestes des agrumes de notre région comme un bio insecticide contre *T. castaneum*

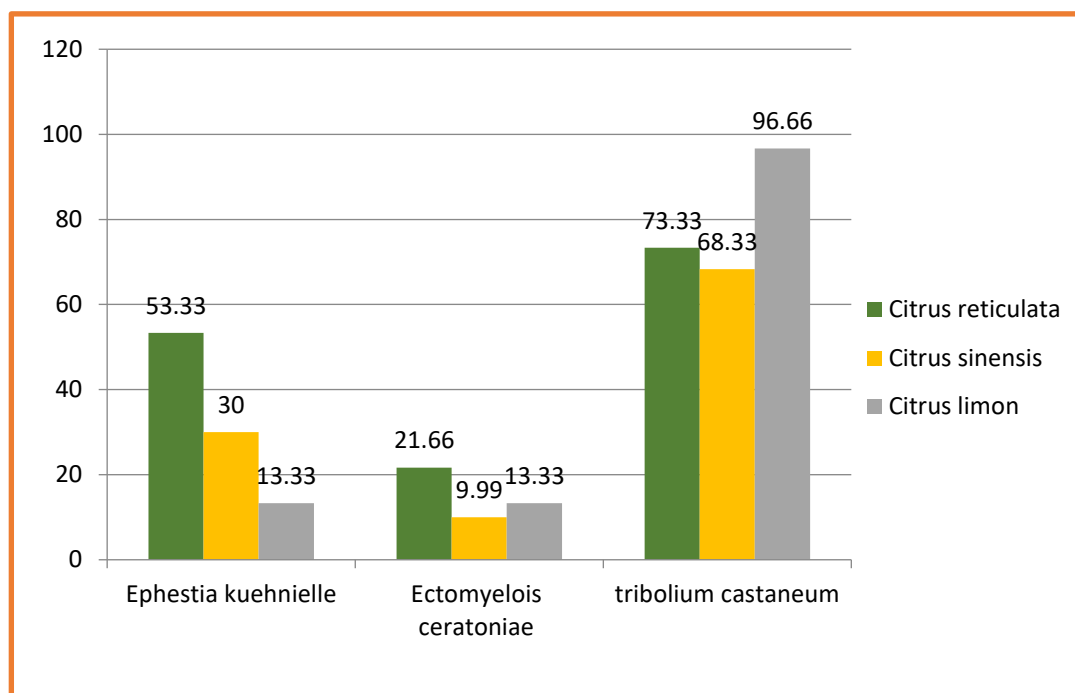


Figure 31: Histogramme récapitulatif de taux de répulsion de trois HE testées à l'égard de trois espèces ravageuses



Conclusion



Conclusion

Les dégâts considérables provoqués par les insectes ravageurs des denrées stockées, sont souvent contraints et imposent à l'agriculteur de recourir à des mesures de protection, dont la plus utilisée est la lutte chimique. A l'heure actuelle, l'utilisation de ces produits synthétiques devient de plus en plus non souhaitable en raison de leur nocivité pour l'organisme et l'environnement, et surtout le développement des insectes résistants. La recherche de nouvelles méthodes alternatives plus efficaces et moins polluantes s'avère donc nécessaire, ainsi l'utilisation de formulations à base des plantes aromatiques peut présenter de nombreux avantages par rapport aux insecticides de synthèses.

Dans cette optique, notre étude a visé à déterminer la potentialité insecticide de l'huile essentielle *Citrus reticulata*, *Citrus sinensis*, *Citrus limon* comme une méthode de lutte alternative à l'utilisation des insecticides conventionnels contre trois ravageurs potentiels de céréales et des dattes à savoir *Ectomyelois ceratoniae*, *Ephestia kuehniella* et *Tribolium castaneum*

Il est évident que cette étude suggère que les trois plantes sélectionnées, à savoir *Citrus réticulata*, *Citrus sinensis* et le *Citrus limon*, peuvent être employées pour combattre les insectes présents dans les céréales stockées (*E. kuehniella*, *T. castaneum*), à l'exception de la pyrale du datté, qui n'a pas été affectée. Car leur effets répulsif et insecticide a été mis en évidence. Ces trois espèces végétales possèdent un pouvoir insecticide car elles contiennent des composés actifs à effet insecticide ou répulsif. L'analyse des huiles essentielles par Hydrodistillation des trois plantes révèle que l'espèce *Citrus sinensis* enregistre le taux de rendement le plus élevé (4.06%).

À la lumière de tous ces résultats auxquels nous sommes parvenus, il est important de noter que les résultats des études sur l'effet des huiles essentielles sur les insectes nuisibles peuvent varier en fonction de nombreux facteurs, tels que l'espèce d'insecte, la dose utilisée, la durée d'exposition, les conditions environnementales, l'origine et la qualité de l'huile essentielle, etc. Par conséquent, il est essentiel de prendre en compte les résultats de plusieurs études et de réaliser des tests sur le terrain pour évaluer l'efficacité réelle des huiles essentielles dans la lutte contre les populations d'insectes nuisibles dans des conditions réelles et pour déterminer les doses optimales à utiliser.

Référence bibliographique

A

- ❖ **Afnor, E. (1986).** Méthodes d'essai. *Recueil des normes françaises*, 64-65
- ❖ **Anizon, J.Y., Lemaire, B. (2003).** Extraction assistée par micro-ondes. *Techniques de l'Ingénieur*, F3060.

B

- ❖ **Baçer, K. H. C., Buchbauer, G. (2010).** Handbook of essential oils: science, technology, and applications. Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis.
- ❖ **Bachès, B., Bachès, M. (2011).** Agrumes, nouvelle édition ULMER: 7- 127
- ❖ **Balachowsky, A. S. (1972).** *Entomologie appliquée à l'agriculture: Lépidoptères*. 2 v (Vol. 2, No. 2). Masson.
- ❖ **Bakkali, F., Averbeck, S. (2008).** Biological effects of essential oils-A review. *Food and Chemical toxicology*. 46, 446-475.
- ❖ **Barreca, D., Bellocco, E., Ficarra, S., Laganà, G., Galtieri, A., Tellone, E., Gattuso, G. (2018).** Analysis of C-Glycosyl Flavones and 3-Hydroxy-3-methylglutaryl-glycosyl Derivatives in Blood Oranges (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) Juices and Their Influence on Biological Activity *Advances in Plant Phenolics: From Chemistry to Human Health* (pp. 67-80): ACS Publications.
- ❖ **Belaiche ,P.(1979).** *Traité de Phytothérapie et d'Aromathérapie*, Tome 1 : L'aromatogramme ; Ed: Paris, Maloine.
- ❖ **Berlinet, C. (2006).** Etude de l'influence de l'emballage et de la matrice sur la qualité du jus d'orange. Thèse de doctorat.
- ❖ **Bencheikh,S.E .(2017).** Etude de l'activité des huiles essentielles de la plante *Teucrium polium ssp Aurasianum Labiatae*. Université . Thèse de Doctorat. Kasdi Merbah – Ouargla.
- ❖ **Boles, P.(2011).** *Rhyzopertha dominica* Fabricius - Lesser Grain Borer. Agricultural Research Service, United States, Department of Agriculture.
- ❖ **Bonneton ,F.(2010).** The beetle by the name of *Tribolium* Typology and etymology of *Tribolium castaneum* Herbst, 1797. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 38, 377–379.

- ❖ **Boukhatem, M .,Nadjib, Ferhat, A., Kameli ,A.(2009).** Méthodes D'extraction Et De Distillation Des Huiles Essentielles : Revue De Littérature. *Revue Agrobiologia* 9(2): 1653-1659
- ❖ **Bouras, M. (2018).** Évaluation de l'activité antibactérienne des extraits de certaines plantes de l'est algérien sur des souches résistantes aux antibiotiques. Thèse de Doctorat. Université Badji Mokhtar-Annaba. Algérie.
- ❖ **Bouzeraa, H., Soltani-Mazouni, N. (2014).** Comparative effects of two moulting hormone agonists (methoxyfenozide and tebufenozide) on the Mediterranean flour moth *Ephesia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae): Ecdysteroids amounts of testes and reproductive events. *World Applied Sciences Journal*, 31(11), 1903-1910.
- ❖ **Bruneton ,J. (1999) .** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3ème édition, Ed. TEC et DOC, Paris.
- ❖ **Bruneton , J.(2008).**Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3 éditions, Tec et Doc., Lavoisier., Paris.
- ❖ **Bruneton ,J. (1993).** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Techniques et documentation, 2ème éd. Lavoisier (France). 915 p.

C

- ❖ **Camara, A. (2009).** Lutte contre *Sitophilu soryzae* L.(Coleoptera: Curculionidae) et *Tribolium castaneum* Herbst(Coleoptera: Tenebrionidae) dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en Basse Guinée et l'utilisation des huiles essentielles végétales Doctoral dissertation, Université du Québec à Montréal.
- ❖ **Cebadera-Miranda, L., Domínguez, L., Dias, M. I., Barros, L., Ferreira, I. C., Igual, M., Cámara, M. (2019).** Sanguinello and Tarocco (*Citrus sinensis* L. Osbeck): Bioactive compounds and colour appearance of blood oranges. *Food Chem* 270: 395-402.
- ❖ **Chekoual,L. (2019).** Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles de *Lavandula stoechas* L. du Nord de l'Algérie extraites par Hydrodistillation et Ultrasons. Thèse Doctorat.
- ❖ **Chemat, F., Fabiano-Tixier, A. S. Abert Vian, M. (2012).** Éco-extraction des huiles essentielles: Intensification et innovation. In X. Fernandez & F. Chemat (Eds). *La chimie des huiles essentielles: Tradition et innovation.* (pp.102-123). Paris: Vuibert

- ❖ **Cherirou- bakli,D.J. (2017).** Effet in vivo d'un agoniste de l'hormone de mue le Méthoxyfénozide, sur la reproduction et le développement des chrysalides femelles d'un ravageur des denrées stockées : *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera, Pyralidae).thèse doctorat. Université BADJI MOKHTAR-ANNABA. P74
- ❖ **Colombo, A. (2004).** La culture des agrumes. Ed. De Vicchi, Paris. 142p.
- ❖ **Courboulex et lorrain. (1998)** . Les agrumes-M. Courboulex & h. De lorrain – éditions rustica.

D

- ❖ **Delimi, A., Taibi, F., Fissah, A., Gherib, S., Bouhkari, M.,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).
- ❖ **Dehegani , S. (2020).** Etude de la compatibilité et de l'affinité de quatre variétés de greffons d'agrumes « Washington Navel, Navelina, Orograndé, Nules »sur deux porte-greffes « Citrange Carrizo, *Citrus Volkameriana* ». Master en agronomie. Université Abdelhamid Iben Badis Mostaganem.
- ❖ **De Silva, T. (1995).** Development of essential oil industries in developing countries. *Austria*: K.Tuley de Silva
- ❖ **Doumandji, S. (1981).** Biologie et écologie de la pyrale des caroubes dans de l'Algérie *Ectomyelois ceratonia* Zeller (Lepidoptera, pyralidae). Thèse de doctorat. Univ-Pierre et Marie Curie. Paris VI, 145 p.
- ❖ **Dueñas-lópez ,M. A. (2022).** *Ectomyelois ceratoniae* (teigne du caroubier). [Compendium CABI . https://doi.org/10.1079/cabicompendium.35348](https://doi.org/10.1079/cabicompendium.35348)
- ❖ **Doumandji_Mitiche B., Doumandji, S.(1977)** .La lutte biologique contre les déprédateurs des cultures. Collection cours d'agronomie .Ed. Office des publications universitaires, Alger. 99 p.

E

- ❖ **Escartin, I. (2008).**guide des agrumes. Institut klorane .
- ❖ **Escartin, I. (2011).**Guide des agrumes. Protection et valorisation du patrimoine végétal. Ed. Institut Klorane. CIRAD. Montpellier. 19p.

- ❖ **EL Ouar, I., Aribi, N., Soltani-Mazouni, N.(2010).** Dosage des ecdystéroïdes chez *Ephestia kuehniella*. Travaux de l'institut scientifique, Série, Zoologie, Rabat, 47(1) :137-140.

F

- ❖ **Fahn, A. (1988).** Tansley Review No. 14 Secretory tissues in vascular plants. *New Phytol* 108 : 229 - 257.
- ❖ **FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2003).** Agrumes, statistiques : agrumes frais et transformés.
- ❖ **Fenniche , I. ,Guicheniti , F.(2019).**étude de effets sublétale des huiles essentielles extraite des *citrus* sur un *coccinalidea aphidiphage* .

G

- ❖ **Gbenou, J. D. (1999).** Huiles essentielles de quelques plantes aromatiques des genres *eucalyptus* et *malaleuga (myrtacees)* et *chenopodium (chenopodiacees)* du benin : variations inter et intraspecificques du rendement et de la composition chimique et proprietes pharmacodynamiques. Thèse de doctorat.
- ❖ **Ghelamallah ,A.(2005)** . Étude bio écologique du complexe parasitaire inféodé à *phylocnistis citrella stainton* dans la région de Mostaganem. Mémoire d'ingénieur agronome, spécialité : protection des végétaux. Université de Mostaganem. 65 pages.
- ❖ **Gothlif , S. (1969)** .The biology of the carob moth *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) in Israel, II. Effect of food, temperature and humidity on development Israel. *J Entomol*15: 107-116
- ❖ **Gollouin, F., Tonelli ,N. (2013).** De fruits et de graines comestibles du monde entier. Edition Brigitte Peyrot Poos, Paris, La voisier SAS.PP. 186-195.
- ❖ **Grasse, P.P. (1951).** Traité de zoologie : Anatomie, Systématique, Biologie. Insecte supérieurs et Hémiptéroïdes. Ed. Masson et cie .paris. T. X, fasc. II.pp 978-1948.
- ❖ **Guenouni et kacemi. (2013).** Créations d'un verger agrumicole (cas du citronnier) dans la région de Mostaganem.
- ❖ **Guenther, E. (1972).** The essential oils. Ed. Robert Krieger publishing Co. H. Huntington. New York

- ❖ **Gueye, A. Diome, T. Thiaw, CH. Sembene, M. Appl, J. (1997).** Évolution des paramètres biodémographiques des populations de *Tribolium castaneum* H. (Coleoptera, Tenebrionidae) inféodé à l'mil (*Pennisetum glaucum* Leek) et le maïs (*Zea mays* L.) *Journal of Applied Biosciences*.

H

- ❖ **Harley, I. M., Richard, S. B., Smith, V.E, Deborah, W., Craig, R. E. (2006)** .Citrus (*citrus*) and *Fortunella* (kumquat). Species Profiles for Pacific Island Agroforestry, p: 2-22.
- ❖ **Haines ,C.P (1991)** .Insects and arachnids of tropical stored products: Their biology and identification (a training manual).
- ❖ **Hernandez-Ochoa ,L. R. (2005).** Substitutions des solvants et matières actives de synthèse par combiné « Solvant/Actif » d'origine végétale. Thèse de Doctorat. Institut National Polytechnique de Toulouse. France, 225 p.
- ❖ **Hendrix, C.M., Redd, J.B. (1995)** .Chemistry and Technology of Citrus Juices and By Products. *In* : Ashurst, P.R., 1995 : Production and Packaging of Non-Carbonated Juices and Fruit Beverages. Edition Blackie Academic & Professional, pp: 53-87.
- ❖ **Huit, R. (1991).** Les huiles essentielles d'agrumes. *Fruits*, Jul.-Aug ., vol . 46, n° 4, p . 501-513
- ❖ **Hami, M., Taibi, F., Soltani-Mazoni, N.(2005).** Toxicité Comparée de quelques Mimétiques de l'hormone de Mue à l'égard des Chrysalides d'*Ephestia kuehnielle*, Euro méditerranéen workshop on animal Ecology, 22-24
- ❖ **Haouel, S., Mediouni-Ben Jemâa, J., Khouja, M. L.(2010).** Postharvest control of the date moth *Ectomyelois ceratoniae* using eucalyptus essential oil fumigation. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 5(2), 201-212.
- ❖ **Hedjal-Chebheb, M.(2014).** Identification des principes actifs des huiles essentielles de quelques résineux et plantes aromatiques de provenance Algérienne et Tunisienne. Etude de leurs activités biologiques à l'égard d'un insecte ravageur des graines stockées, *Callosobruchus maculatus* F.1775 (Coléoptéra : Bruchidae). Thèse de doctorat en sciences biologiques. Université de Tizi Ouzou. p81.

I

- ❖ **Iserin, P. (1997).** Encyclopédie des plantes médicinales : Identification, préparation et soins. Larousse- Bordas. pp 1-130.

J

- ❖ **Jacquemond, C., Agostini, D., Curk. (2009).** Des agrumes pour l'Algérie, Bureau d'ingénierie en horticulture et agro-industrie, p 4
- ❖ **Jerraya, A. (1993).** Principaux ravageurs du Palmier dattier et moyens préconisés pour les combattre. Rapport de synthèse de l'atelier "Lutte biologique dans les oasis ". Ed.CIHEM Montpellier, Options méditerranéennes: Sér. A. Séminaires Méditerranéens: 181-182.

K

- ❖ **Kara, M. (2018).** Les agrumes. Cour en ligne.
- ❖ **Kerfi Gueteb, I., Benyahia, R. (2020).** Caractérisation physico-chimique des huiles essentielles de l'écorce de citron (*Citrus limon*) et évaluation les activités antioxydante et anti inflammatoire. Mémoire de Fin de Cycle En vue de l'obtention du diplôme.
- ❖ **Khelfane-Goucem, K., Medjdoub-Bensaad, F., Leppik, E., Frérot, B.(2014).** Dry bean volatile organic compounds mediating host choice in *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). In Annales de la Société entomologique de France (NS) (Vol. 50, No. 2, pp. 167-176). Taylor & Francis.
- ❖ **Khelil, M. A. (1995).** Abrégé d'entomologie. Université de Tlemcen. Institut de biologie.
- ❖ **Kimball, D.A. (1999).** *Citrus* processing, a complete guide, second édition . Kimball D.A., Ed. Gaithersburg: An Aspen publication.
- ❖ **Kimbaris, A. C., Siatis, N. G., Daferera, D. J., Tarantilis, P. A., Pappas, C. S., & Polissiou, M. G. (2006).** Comparison of distillation and ultrasound-assisted extraction methods for the isolation of sensitive aroma compounds from garlic (*Allium sativum*). *Ultrasonics sonochemistry*, 13(1), 54-60.
- ❖ **Kröber, T., Bourquin, M., Guerin, P.M. (2013)** A standardised in vivo and in vitro test method for evaluating tick repellents. *Pesticide Biochemistry and*

L

- ❖ **Laouer, H. (2004)** .Inventaire de la flore médicinale utilisée dans les régions de Sétif, de Bejaia, de Msila et de Djelfa, composition et activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*Ammoides pusilla* et de *Magydaris pastinacea*. Thèse de Doctorat d'état, Département de Biologie, Faculté des sciences, UFA de Sétif.
- ❖ **Le Berre, M. (1978)**. Mise au point le problème du ver de la date, *Myelois ceratoniae* Zeller.
- ❖ **Leroy, E. (2016)**. Mon amie le citron :le citron et ses bienfaits sur la santé. Bodbooks on demande, amazon, France.
- ❖ **Lobstein ,A., Marinier, F.(2016)**. Huile essentielle de Citron. Actualités pharmaceutiques n° 561. 57_58.

M

- ❖ **Madr. (2012)**. Ministère de l'agriculture et de développement rural algérien.
- ❖ **Mazza, G. (1987)**. Etude de la composition aromatique de l'huile essentielle de mandarine par chromatographie gazeuse et spectrométrie de masse. Sciences des aliments, 7(3), 459- 479.
- ❖ **Mc Donald, L.L., Guy ,R.H., Speirs ,R.D. (1970)**. Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants, repellents and attractants against stored product insects. Marketing Research Report. N° 882. Washington: Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture. 183 p.
- ❖ **Mediouni Ben-Jemaa, J., Haouel, S., Khouja, M.L.(2012)**. Control of the Carob moth *Ectomyelois ceratoniae* with essential oil fumigation. Arbre professional congress services, Turkeu: 58-62p.
- ❖ **Mioulane, P. (1996)**. Encyclopédie pratique illustrée du jardin, 768p.
- ❖ **Merabet G. (2018)**. Huiles essentielles de trois espèces d'Eucalyptus d'Algérie composition et activité acaricide (*Varroa destructor*). Thèse de doctorat :Université des frères Mentouri constantine1.
- ❖ **Mohanpriya, M., Ramaswamy, L., Rajendran, R. (2013)**. Health and medicinal proprieties of lemon (*Citrus limonum*). International journal of Ayurvedic and Herbal medicine.3.1 (1095-1100)

- ❖ **Mnayer, D. (2014).** « Eco-Extraction des huiles essentielles et des arômes alimentaires en vue d'une application comme agents antioxydants et antimicrobiens ». Thèse de Doctorat. Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse (France).
- ❖ **Muhannad, J., Franz, H., Furkertb Müller, W. (2002).** Eur. J. Pharm. Biopharm. 53 115–123

N

- ❖ **Nagamo, T. S. L., Noudjou, W. F., Kouninki, H., Ngassoum, M. B., Mapongmestsem, P. M., Malaisse, F., Haubruge, E., Lognay, G., Hance, T. (2007).** Use of essential oils of aromatic plants as protectant of grains during storage. *Agricultural Journal*. 2(2) :204-209.
- ❖ **Nerio, L.S., Olivero-Verbel, J., Stashenko, E. (2009).** Repellency activity of essential oils from seven aromatic plants grown in Colombia against Motschulsky (Coleoptera). *Journal of stored Products Research* 45: 212-214
- ❖ **Ndomo, A. F., Tapondjou, A. L., Tendonkeng, F., Tchouanguép, F. M. (2009).** Evaluation des propriétés insecticides des feuilles de *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) contre les adultes d'*Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera; Bruchidae), *Tropicultura J.*, 27 (3):137-143.

O

P

- ❖ **Penchev, P.I. (2010).** Étude des procédés d'extraction et de purification de produits bioactifs à partir de plantes par couplage de techniques séparatives à basses et hautes pressions.
- ❖ **Praloran, J. C. (1971).** Les agrumes, techniques agricoles et productions tropicales. Ed. Maisonneuve et Larosse, Paris, 565 p

Q

R

- ❖ **Rahal, S. (2004).** Chimie des produits naturels et des êtres vivants. O.P.U. Edition. p.162
- ❖ **Rahili, G. (2002).** Les huiles essentielles et leurs intérêts. La forêt algérienne n°4. Institut national de la recherche forestière. Bainem Alger.

- ❖ **Ramful, D., Bahorun , T., Bourdon, E., Tarnus, E., Aruoma, O. I. (2010).** Bioactive phenolics and antioxidant propensity of *flavedo* extracts of Mauritian citrus fruits: Potential prophylactic ingredients for functional foods application. *Toxicology*, 278(1), 75-87.
- ❖ **Regnault-Roger ,C.(2005).** Molécules allélochimiques et extraits végétaux dans la protection des plantes : nature, rôle et bilan de leur utilisation au XXe siècle. In Regnault-Roger, C, Fabres G. Philogène, B J.R .Enjeux phytosanitaires pour l’agriculture et l’environnement. Lavoisier Tec & Doc, Paris, pp 625-650.

S

- ❖ **Santoyo ,S., Cavero, S., Jaime, L., Ibanez E., Senorans F.J. Reglero, G.(2005).** Chemical composition activity of *Rosmaris officinalis L.* Essential oil obtained via supercritical fluid extraction. *Journal of Food Protection*. 68: 790-795
- ❖ **Silvy, C. (1992).** Quantifions... le phytosanitaire. Courrier de la Cellule Environnement INRA, 18(18), 29-44.
- ❖ **Shaaya ,E., Kostjukovski ,M., Eilberg J. et Sukprakarn ,C.(1997).** Plant oils as fumigants and contact insecticides for control of stored product insects, *Journal Stored Product Research*.N° 33, pp 7-15.
- ❖ **Smadja, J. (2009).** Essential Oils: Chemical Composition and Localization in Essential Oils and Aromas : Green Extractions and Applications. Farid Chemat editor. Har Krishan Bhalla &Son, India.
- ❖ **Snousi, H. (2013).** Diversité génétique intra et interspécifique des portegreffes d'Agrumes utilisés en Tunisie. Thèse de doctorat en sciences agronomiques. Tunisie: Institut nationale agronomique de Tunisie.
- ❖ **Souci, S. W., Fachmann, W., Kraut, H. (1996).** Fruit. In “Food composition and nutrition tables”. Ed. CRC.
- ❖ **Spiegel-Roy, P., Goldschmidt, E.E. (1996).** Biology of Citrus. 1ère édition; Edition Cambridge University Press. 239 p.
- ❖ **Swingle, W.T.P.C. Reece. (1967).** The botany of *citrus* and its relatives. In W. Reuther H.J Webber, and L.D. batchelor [eds.], the *citrus* industry, Vol. 1, History, world distribution, botany, and varieties, 190-430. University of California, California, USA.

T

- ❖ **Teisseire, P J. (1991).** Chimie des substances odorantes. Tec et Doc., *Lavoisier*, Paris, France. 480p.
- ❖ **Tenscher, E., Anton, R., Lobstein A. (2005).** Plantes aromatiques. Épices, aromates, condiments et huiles essentielles. Ed. Tec et Doc. Pp 3 - 50 / 121 - 124.
- ❖ **Toudert-Taleb, K., Hedjal-Chebheb, M., Hami, H., Kellouche, A., Debras, J. F.(2014).** Composition of essential oils extracted from six aromatic plants of kabylian origin (Alegria) and evaluation of their bioactivity on *Callosobruchus maculatus* (Fabricius,1775) (Coleoptera: Bruchidae). *African Entomology*, 22(2), 417-427.

U

- ❖ **USDA, National Agricultural Statistics Service, 2016.** In: <https://www.nass.usda.gov/>.

V

W

- ❖ **Wertheimer, M. (1958).** Un des principaux parasites du palmier-dattier algérien, *le Myelois decolor*. *Fruits*, 13(8) 309-323.
- ❖ **Wilson, M. (2010).** Huiles essentielles pour la cuisine et le bien-être. Montréal: Fides.
- ❖ **Wango, A., Yamkoulga, M., Dabire-Binso,C.L., Ba, M.N., Sanon, A.(2013).**Conservation post-récolte des céréales en zones soudanienne du Burkina Faso :Perception paysanne et évaluation des stocks-Int.J. Biol. Chen. Sci.7.1157-1167.

Z

- ❖ **Zenasni, L. (2014).** Etude du polymorphisme chimique des huiles essentielles de *Thymus satureioides* Coss et d'*Origanum compactum* Benth gu genre *Nepta* et évaluation de leur propriété antibactérienne. Thèse de doctorat. Université Mohammed-Agdal, Rebat. Maroc.
- ❖ **Ekri, F. (2016).** Contribution à l'étude Des propriétés insecticides du Laurier Noble, *Laurus Nobilis* L. (Lauraceae), sur un insecte ravageur de denrées stockées , *Ephestia Kuehniella* (Lepidoptera, Pyralidae). Mémoire de master. Université de Les frères Mentouri. Constantin

Sites internet

- ❖ Site 1. <https://maisondesagrumes.com/2011/05/18/botanique-des-agrumes/>
- ❖ Site 2. <https://maisondesagrumes.com/2011/05/18/botanique-des-agrumes/>
- ❖ Site 3. www.olyaris.com/fr/content/284-huile-essentielle-mandarine