

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DE BLIDA 1
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET LA VIE
DEPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention d'un diplôme de Master II

En Sciences de la nature et de la vie

Option : Phytopharmacie et Protection des Végétaux

Thème

**Etude de l'activité insecticide de l'huile essentielle d'origan
(*Origanum vulgare*) sur un modèle d'insectes ravageurs**

Présenté par :

M^{elle} Achour Ihcene et M^{me} Boukhalfa Bennai Hasna

Membres du jury

Présidente	M ^{me} Baba Aissa K.	M.A.A.	U.S.D.B.1
Promotrice	M ^{me} Allal Benfekih L.	Pr	U.S.D.B.1
Examinatrice	M ^{me} Brahimi L.	M.C.B.	U.S.D.B.1
Co-promotrice	M ^{me} Mohamed Ali L.	Doctorante	U.S.D.B.1

Année universitaire : 2019/2020

Dédicaces

Nous dédions ce travail à :
Nos très chers parents qui
nous ont toujours encouragé et Que dieu les protège.

Nos chers frères.

Nos amies

et Toutes les personnes qui ont participé
à la réalisation de ce travail.

Hasna, Ihcene

Remerciements

Louanges à dieu qui nous a donné la force et l'aptitude physique et mentale sans lesquelles on n'aurait pas pu accomplir ce travail aujourd'hui, et mener à terme notre formation de Master.

*Notre gratitude s'adresse à notre directrice de mémoire Madame le professeur **Allal Benfekih Leila**, du département des Biotechnologies, Université Saad Dahlab Blida 1, d'avoir accepté d'encadrer ce travail, pour son aide précieuse, son orientation, sa disponibilité, et ses précieux conseils qui ont fait progresser ce travail.*

*Nous tenons à remercier madame **Mohamed Ali Leila** notre Co-promotrice, et doctorante au département des Biotechnologies, qui nous a aidé à réaliser ce modeste travail.*

Nos vifs remerciements vont aux membres du jury d'avoir accepté d'évaluer ce travail :

*A **Mme Baba Aissa Karima**, Maitre assistante A au département des Biotechnologies, Université Saad Dahlab Blida 1, pour l'honneur qu'elle nous a fait pour présider le jury.*

*A **Mme Brahimi Latifa**, Maitre de Conférences B, au département des Biotechnologies, Université Saad Dahlab Blida 1, d'avoir accepté de juger notre travail.*

Nous tenons à remercier tous nos enseignants du département des biotechnologies qui ont contribué à notre formation.

Nous tenons à remercier également nos familles pour leurs aides et leurs soutiens tout au long des années d'étude.

Etude de l'activité insecticide de l'huile essentielle d'origan (*Origanum vulgare*) sur un modèle d'insectes ravageurs

Résumé

Ce travail vise à évaluer l'effet insecticide de l'huile essentielle d'*Origanimum vulgare* L sur deux modèles de ravageurs, un insecte des denrées stockées *Tribolium confusum* et un insecte opophage l'aleurode des citrus, afin de développer des alternatives à la lutte chimique toxique. L'huile essentielle (HE) de la plante a été obtenue par hydrodistillation en utilisant un appareil d'extraction de type Clevenger. Le rendement moyen en huile est de 1,9%/100g de matière sèche. L'étude de la cinétique d'extraction a mis en évidence un maximum de rendement au bout d'un temps d'extraction de 90 mn, après lequel, nous avons obtenu une stabilité de rendement. L'analyse préliminaire de travaux portant sur l'activité insecticide de l'HE de l'origan est discutée. Ce travail reste un préalable à des investigations plus approfondies dans le cadre de la gestion raisonnée de bioagresseurs majeurs.

Mots clés : efficacité insecticide, huile essentielle, *Origanum vulgare*, *Tribolium confusum*, *Dialeurodes citri*.

Study of the insecticidal activity of oregano (*Origanum vulgare*) essential oil on a model of insect pests

Abstract

This work aims to evaluate the insecticidal effect of *Origanimum vulgare* L essential oil on two models of pests, an insect of stored products *Tribolium confusum* and a sap sucking insect the citrus whitefly, in order to develop alternatives to toxic chemical control. The plant's essential oil (EH) was obtained by hydrodistillation using a Clevenger-type extraction apparatus. The average oil yield is 1.9%/100g of dry matter. The study of the extraction kinetics revealed a maximum yield after an extraction time of 90 minutes, after which we obtained a stability of yield. Preliminary analysis of research work on the insecticide activity of oregano CH is discussed. This work remains a prerequisite for further investigation in the context of the rational management of major pests.

Key words. insecticide efficacy, essential oil, *Origanum vulgare*, *Tribolium confusum*, *Dialeurodes citri*.

دراسة النشاط الحشري للزيوت الاساسية للزعر البري (*Origanum vulgare*) على نموذج من الآفات الحشرية

ملخص

يهدف هذا العمل إلى تقييم اثر الزيوت الاساسية للزعر البري *Origanum vulgare* على نموذجين من الآفات حشرة من المنتجات المخزنة *Tribolium confusum* وحشرة الدباب الابيض للحمضيات ، من أجل تطوير بدائل للسيطرة الكيميائية السامة. وكان الحصول على الزيت الأساسي (EH) للمنشأة بواسطة التقطير المائي باستخدام جهاز استخراج من نوع Clevenger. يبلغ متوسط إنتاجية الزيت 1.9%/100 جرام من المادة الجافة. كشفت دراسة حركة استخراج المعادن عن أقصى عائد بعد فترة استخراج قدرها 90 دقيقة، وبعد ذلك حصلنا على استقرار العائد. ونوقش التحليل الاولي للاعمال البحثية المتعلقة بنشاط مبيدات الحشرات في الزعر البري. ويظل هذا العمل شرطاً أساسياً لمواصلة التحقيق في سياق الإدارة الرشيدة للآفات الرئيسية.

الكلمات الرئيسية: فعالية المبيدات الحشرية، الزيوت الأساسية , *Origanum* , *Tribolium confusum* , *vulgare*, *D citri*.

Liste des tableaux

Tableau 01: Répartition géographique des deux espèces d'origan en Algérie (Mahfouf, 2018).

Tableau 02: Caractéristiques organoleptiques d'*O. vulgare*

Tableau 03 : Rendements en pourcentage de l'huile essentielle d'*O.vulgare* de cette étude.

Tableau 04 : Valeurs des DL50 et DL90 ($\mu\text{l}/\text{cm}^2$) des huiles essentielles de différentes espèces de thym testées contre les adultes de *Tribolium castaneum*, évaluées par contact sur papier-filtre après 48 heures de traitement. D'après Alaoui-Jamali et al., (2016).

Tableau 05 : Analyse qualitative et quantitative de l'huile essentielle d'*O. vulgare subsp. hirtum*. (Karpouhtsis, et al., 1998).

Liste des figures

- Figure 01** : Différents états de *T confusum* (Duval.) A : l'œuf (Rebecca et al, 2003) ; B : larve, C : nymphe, D : adulte (Walter, 2002).
- Figure 02** : Cycle de développement chez *Tribolium confusum* du val
- Figure 03** : Dégâts de *T. confusum* sur la farine commerciale (Benazzeddine.S., 2010).
- Figure 04** : Adulte de mouche blanche des agrumes, *Dialeurodes citri*.
- Figure 05** : Larves de mouche blanche des agrumes, *Dialeurodes citri*.
- Figure 06** : Cycle de développement de mouche blanche.
- Figure 07** : Dégâts de *Dialeurodes citri* sur les feuilles de citronnier, face inférieure envahie de miellat et fumagine.
- Figure 08** : Morphologie de l'origan.
- Figure 09** : Montage de distillateur
- Figure 10** : Cinétique d'extraction de l'huile essentielle d'O. vulgare.

Liste des abréviations

HE : huile essentielle

AFNOR : L'association française de normalisation

USDA : le Département d'Agriculture des Etats-Unis

DL50 : dose létale pour 50% de la population d'insectes

TL50 : temps létale pour 50% de la population d'insec

Table des matières

Dédicaces	
Remerciements	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction générale	1
1. CHAPITRE I: Aperçu général sur les modèles biologiques de l'étude	
1 Le modèle <i>Tribolium confusum</i> Insecte ravageur des denrées stockées	3
1.1 Systématique	3
1.2 Description des différents états biologiques de <i>Tribolium confusum</i>	3
a) L'œuf	3
b) La larve	3
c) La nymphe	4
d) L'imago	4
1.3 Biologie	5
1.4 Régime alimentaire et dégâts	6
1.5 Les ennemis naturels	6
2. Le modèle mouches blanches, homoptères ravageurs	7
2.1 Systématique	7
2.2 Description des différents états biologiques	7
a) adulte	7
b) Larve	7
c) L'œuf	8
2.3 Biologie	9
2.4 Régime alimentaire et dégâts	9
2.5 Les ennemis naturels	10
3. Le modèle <i>origanum vulgare</i>	11
3.1 systématique	11
3.2 origine et répartition	11
3,3 Description botanique	12
3.4 Utilisation et effets de l'origan	13
3.5 Caractéristiques du l'huile essentielle d'origan	13
3.6 Composition chimique de l'huile essentielle d'origan	13
4. les huiles essentielles	14

4.1 Définition	
4.2 Localisation des huiles essentielles dans la plante	14
4.3 Rôle biologique des huiles essentielles dans les plantes	14
4.4 Utilisation des huiles essentielles en tant que biopesticide	15
4.5 Méthodes d'extraction des huiles essentielles	
4.5.1 L'hydrodistillation	15
4.5.2 Extraction par entraînement à la vapeur	16
4.5.3 Expression à froid	17
4.5.4 Extraction par solvant organique	17
4.5.5 Extraction assistée par micro-onde	17
Chapitre 2 : Matériels et méthodes	
1. Rappel des objectifs de l'étude	18
2. Matériel :	18
2.1 Matériel végétal	18
2.2 Matériel animal	18
3. Méthode :	18
3.1 Extraction de l'huile essentielle	18
3.2 Calcul du rendement en huile essentielle	19
3.3 choix des doses et préparation des dilutions	19
3.4 Traitements et mode opératoire	19
3.4.1 Traitement par contact sur les deux ravageurs cibles	19
3.4.2 traitement par inhalation et par ingestion Sur tribolium confusum	20
Chapitre 3 : résultats et analyse de travaux de littératures	
1 Rendement en huile essentielle	21
1.1 Caractéristiques organoleptiques de l'huile essentielle	21
1.2 La cinétique d'extraction de l'huile essentielle	22
2 Analyse de travaux de littérature	23
2.1 Effet insecticide de quelques HE en générale sur les insectes des denrée stocké	24
2.2 Activité insecticide des huiles essentielles d'origan sur quelques insectes ravageurs et les insectes des denrée stocké en particulier	27
2.3 Effet insecticide de HE en générale sur les mouche blanche	30
Conclusion	31
Références	

Introduction générale

Les denrées stockées occupent une partie importante ou majoritaire dans l'alimentation humaine plus exactement dans les pays en voie de développement (blés, semoule, farine, orge, son de blé, maïs, farine de maïs, les céréales...), sous forme de grain ou graines entreposées. Elles sont exposées aux attaques des ravageurs qui infestent à l'intérieur où ils vont se nourrir, se multiplier, croître et sécréter des substances collantes odorifères qui contaminent tous le stock dans lequel ils atterrissent.

Les pertes les plus importantes sont infligées par différentes espèces de Coléoptères, entre autre le tribolium brun de la farine *Tribolium confusum* (Herbst) (Coleoptera : Tenebrionidae).

Les agrumes sont attaqués par plusieurs insectes nuisibles dont l'aleurode des agrumes, *Dialeurodes citri* (Ashmead, 1885) causant des dommages économiques considérables. Les populations d'aleurodes des agrumes sont envahissantes et provoquent des infestations avec de graves dommages au secteur des agrumes (Mahmoudi et *al.*, 2018).

La lutte chimique contre les ravageurs des cultures est connue pour ses effets négatifs sur la santé humaine et l'environnement, ainsi que pour sa faible efficacité contre les populations d'aleurodes (Nega, 2011; Mahmoudi et *al.*, 2018). Cette résistance aux insecticides est due aux filaments de cire semblables à de la laine qui recouvrent les nymphes et pupes de 3^e et 4^e stades d'Aleurode, empêchant ainsi la pénétration des insecticides (Katsoyannos et *al.*, 1997).

L'utilisation des produits chimiques pour le contrôle des insectes soulève plusieurs inquiétudes liées à l'environnement, à la santé humaine, aux espèces non cibles et au développement des populations résistantes (Moussaoui Baba Aissa. et *al.*, 2012).

A cet effet de nombreux travaux récents se sont penchés sur la recherche de substances ayant des pouvoirs insecticides et respectueux pour la santé humaine et de l'environnement.

En effet les substances d'origine naturelle plus particulièrement les huiles essentielles représentent aujourd'hui une solution alternative de lutte pour la protection des denrées stockées et des cultures.

Dans cette optique, l'objectif principal de ce travail consiste à évaluer l'efficacité insecticide de l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* par contact sur les deux ravageurs cibles et par inhalation et ingestion sur *Tribolium confusum*.

Le document de cette étude est organisé en trois chapitres. Le premier chapitre comporte des données bibliographiques sur les trois modèles biologiques présentés. Le second chapitre présente les matériels et méthodes utilisés. Le troisième chapitre porte sur les résultats préliminaires obtenus et une discussion de travaux de littérature similaires Enfin, nous terminons la présente étude par une conclusion générale.

CHAPITRE I : Aperçu général sur les modèles biologiques de l'étude

1. Le modèle *Tribolium confusum* Duval : Insecte ravageur des denrées stockées

1.1 Systématique :

Selon Gretia (2009), la classification du *Tribolium confusum* est la

suivante : Règne : Animal

Embranchement : Arthropoda

Classe : Insecta

Ordre : Coleoptera

S/Ordre : Polyphaga

Famille : Tenebrionidae

Genre : *Tribolium*

Espèce : *Tribolium confusum* Duval

Nom français : Tribolium brun de la farine

Nom anglais : Confused Flour Beetle

1.2 Description des différents états biologiques de *Tribolium confusum*

a) L'œuf

Les œufs sont de forme oblongue à extrémités arrondies, de couleur blanche ou rose pâle. Ils peuvent mesurer une longueur de 0,6 mm et un diamètre de 0,2 mm (Ajaykumara et al., 2018).

b) La larve

La Larve à l'éclosion, présente une épine pygidiale caractéristique, de couleur jaune, insérée au bord dorsal d'une cavité formant ventouse. A maturité, la larve mesure un peu

moins de 3 mm de long, est de couleur blanche à tête brunâtre, avec les mandibules plus sombres, armées de 3 dents distinctes (Delobet et Tran, 1993).

c) La nymphe

La nymphe est blanchâtre, avec une tête déprimée et un thorax élargi. Elle peut atteindre 3,07 mm de longueur et 1,03 mm de largeur (Ajaykumara et *al.*, 2018).

d) L'imago

Les adultes sont des couleurs brun rougeâtre, ils peuvent atteindre 2,5 à 3 mm de long, d'un corps étroit et cylindrique. Antennes à dix (10) articles les trois derniers étant très grandes subtriangulaires et velus, leur longueur globale étant supérieure à celle des autres articles. Le pronotum est très bombé plus fortement granulé en avant, avec les élytres 2,5 fois plus long que larges, arrondis à l'arrière et présentant des stries de grosses ponctuations (Delobet et Tran, 1993). **La figure 01** représente chaque état biologique de l'insecte.

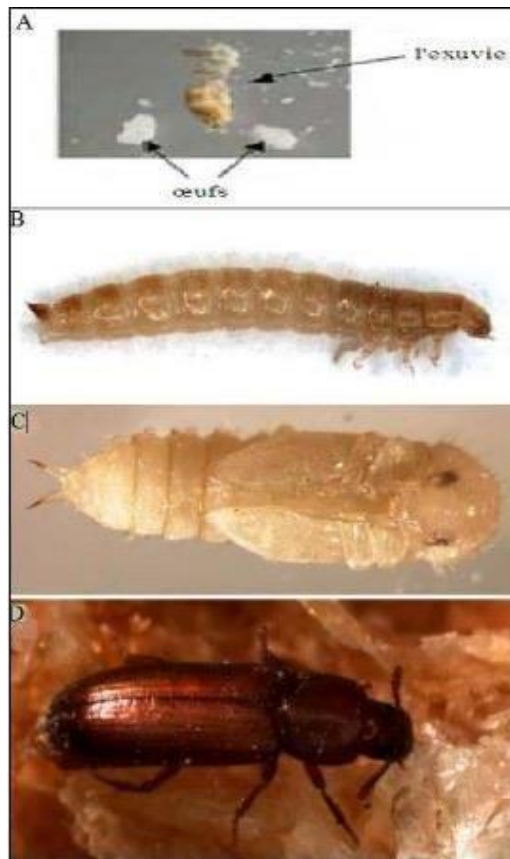


Figure 01 : Différents états de *Tribolium confusum* Duval. A : l'œuf (Rebecca et al, 2003) ; B : larve, C : nymphe, D : adulte (Walter, 2002).

1.3 Biologie

Les larves et les adultes se nourrissent de grains brisés. Le développement de l'œuf à l'adulte est bouclé en 28 jours (**figure 02**) lorsque les conditions de température et d'humidité sont optimales (31 °C et 15 %). Le développement est plus lent en présence de faibles conditions d'humidité (8 %) (Dave et *al.*, 2001). Dès trois jours, la femelle pond quotidiennement une dizaine d'œufs qui, vers 30°C, éclosent au bout de cinq jours. Les œufs sont déposés en vrac sur les graines et sont difficiles à déceler. Les larves circulent librement dans les denrées infestées et s'y nymphosent sans cocon. À 30°C, la vie larvaire dure à peu près trois semaines et l'adulte émerge de la nymphe six jours après sa formation (Kassimi, 2014). La durée moyenne de développement de l'œuf à l'adulte sur millet est de 37 jours à 25°, de 26 jours à 28°, de 23 jours à 35°, de 21 jours à 38° (pour une HR de 70%). Selon le régime alimentaire, la durée du cycle peut atteindre 120 jours à des températures comprises entre 35° et 38°. La longévité moyenne est de 250 jours à 25°, 200 jours à 30°, 2 à 3 mois à 35° sur grains de blé, plus d'une année sur farine (maximum observé : 4 ans) (Delobel et Trane, 1993). La femelle pond entre 500 et 800 œufs (Kassimi, 2014).

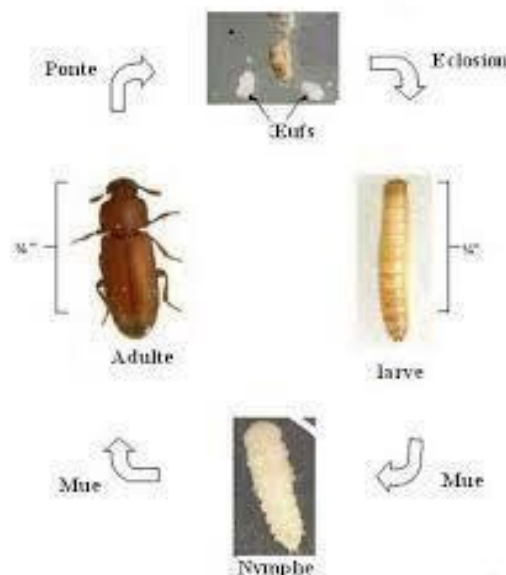


Figure 02 : Cycle de développement chez *Tribolium confusum* Duval

1.4 Régime alimentaire et dégâts

Selon Delobel et Tran (1993), *Tribolium confusum* est un ravageur majeur des produits stockés. Il infecte principalement les graines, les noyaux et les autres produits déjà endommagés par des ravageurs ou blessés lors de la récolte et du stockage.

L'insecte est caractérisé par une très grande polyphagie et s'attaque aussi bien au blé qu'au maïs et aux légumineuses. En cas de forte infestation, l'adulte libère des substances quinoléiques qui confèrent à la denrée une odeur répulsive caractéristique (Seck, 2009). Les pertes économiques consistent en un poids et une qualité réduits. De plus, il constitue un allergène pouvant provoquer des allergies chez les boulangers (**figure 03**).



Figure 03 : Dégâts de *Tribolium confusum* sur la farine commerciale (Benazzeddine, 2010).

1.5 Les ennemis naturels

Parmi les ennemis naturels du *Tribolium*, on peut compter les acariens tels que *Pediculoides ventricosus*, *Acarophenax tribolii*, *Blattisocius keegani* et *Blattisocius tarsalis* (prédateur des

œufs) et des insectes hyménoptères parasitoïdes de la famille des Bethylidae, comme *Holepyris syvanidis* (syn : *Rhabdepyris zea*), qui parasitent les larves.

2. Le modèle mouches blanches, homoptères ravageurs

2.1 Systématique

Selon la base des données Fauna Europaea (De Jong et *al.*, 2014) l'aleurode des citrus *Dialeurode citri* est classé comme suit dans le règne animal :

Règne : Animalia

Sous-règne : Eumetazoa

Embranchement : Arthropoda

Classe : Hexapoda

Sous-classe : Insecta

Ordre : Hemiptera

Sous-ordre : Sternorrhyncha

Super famille : Aleyrodoidea

Famille : Aleyrodidae

Genre : *Dialeurodes*

Espèce : *D. citri* Ashmed

2.2 Description des différents états biologiques des aleurodes

a) Les adultes :

Les adultes mesurent 1mm, sont jaune soufre et recouvert d'une cire blanche, ils possèdent 2 paires d'ailes blanches. **(Figure 04).**

b) Les larves :

On compte quatre stades larvaires le premier stade larvaire est mobile, le 4^{ème} stade construit un puparium jaune-roux, dépourvu d'expansions latérales dans lequel il se métamorphose en adulte. **(Figure 05).**

c) Les œufs :

Les œufs sont ovales, allongés, jaunâtres, disposés généralement en cercle. Ils possèdent des pédicelles les fixant à la plante.



Figure 04 : Adulte de mouche blanche des agrumes, *Dialeurodes citri*.



Figure 05 : Larves de la mouche blanche des agrumes, *Dialeurodes citri*.

2.3 Biologie

Le cycle de développement des aleurodes comprend 3 phases qui se déroulent à la face inférieure des feuilles des plantes attaquées : œuf, 4 stades larvaires et adultes. Seul le premier stade larvaire est mobile et le dernier en fin de développement est appelé nymphe ou puparium. La durée du cycle complet (**figure 06**) varie en fonction de la température, de la plante-hôte et des différentes espèces, et est d'environ 3 semaines en conditions tropicales. Dans les conditions tropicales, les cycles sont continus et tous les stades sont présents à un même moment.

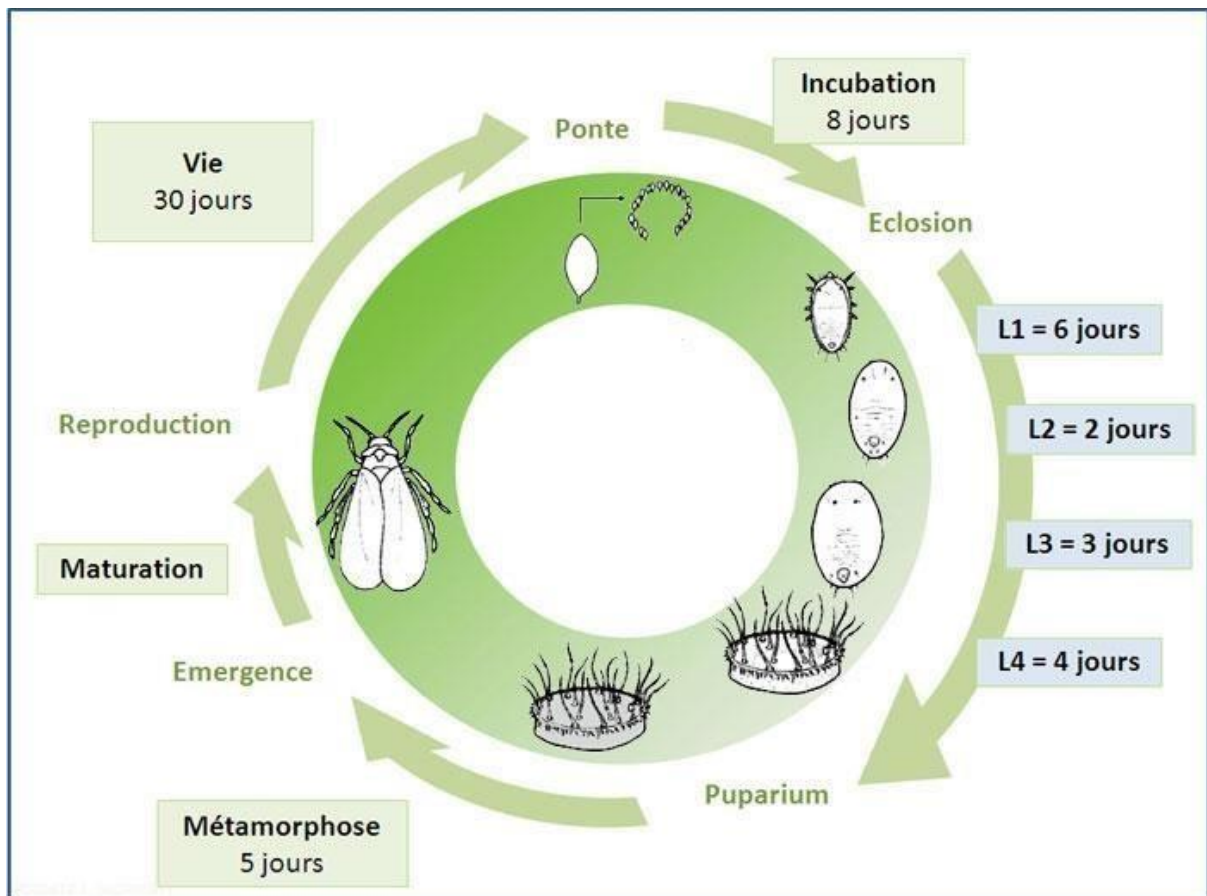


Figure 06 : Cycle de développement de mouche blanche.

2.4 Régime alimentaire et dégâts

L'espèce *Dialeurodes citri* est assez polyphage ; on le retrouve sur différents végétaux. Mais ses hôtes principaux sont sans doute les citrus. La prise de nourriture sous forme de sève sucée par une multitude de larves appartenant aux divers stades affaiblit les Agrumes au fil des ans et risque même de les tuer. Par ailleurs, le rejet d'un miellat abondant sur les feuilles, sur les fruits

et sur les rameaux situés plus bas, favorise l'installation d'une couche épaisse de fumagine (**figure 07**) diminuant d'une manière notable la fonction photosynthétique. De cette manière également, l'arbre peut dépérir (Doumandji-Mitiche et *al.*1988).



Figure 07 : Dégâts de *Dialeurodes citri* sur les feuilles de citronnier, face inférieure envahie de miellat et de fumagine.

2.5 Les ennemis naturels

Selon (Maskell, 1974), un certain nombre de parasites et de prédateurs sont associés à la mouche blanche et engendre une sérieuse limitation de ses populations, une liste des entomophages peut être donnée :

Coleoptera : *Cryptoleamus montrouzieri*, *Clitostethus arcuatus*, *Pharoscymnus anchrago*
Lindorus lophantae, *Rhizobius chrysomeloides*, *Chilocorus bipustulatus*, *Novius cardinalis* et
Harmonia sp.

Hymenoptera : *Cales noacki*, *Encarsia*

Neuroptera : *Chrysopa sp*

Parmi les ennemis naturels redoutables de la mouche blanche on peut citer aussi les coccinelles et la punaise prédatrice des aleurodes *Macrolophus caliginosus*.

D'autres organismes, les champignons, sont susceptibles sous certaines conditions climatiques, d'exercer lors de l'implantation du nouveau ravageur, un contrôle biologique intéressant susceptible de développements ultérieurs à grande échelle. C'est ainsi que l'action d'*Aschersonia aleurodis*, d'*A. Flavocitrina* et d'*Aegerita webberi* était observée sur *Dialeurodes citri* et *D. citrifolii* en Floride (Onillon, J.1975)

3. Le modèle *Origanum vulgare*

3.1 Systématique

Origanum vient de 2 mots grecs, "oros" qui veut dire montagne et "ganos" qui signifie éclat ; ce mot signifierait "ornement des montagnes"(Mahfouf, 2018).

La détermination des différentes espèces d'origans est assez délicate. Les termes zâatar, et sâatar répondent à plusieurs genres voisins de labiées, chez les arabes (Baba Aissa, 2011).

Selon le Département d'Agriculture des Etats-Unis (USDA), l'origan se positionne comme suit dans le règne végétal : Règne : Plantae, Division : Magnoliophyta, Sous-division : Spermatophytina, Classe : Magnoliopsida, Superordre : Asteranae, Ordre : Lamiales, Famille : Lamiaceae, Genre : *Origanum*, Espèce: *Origanum vulgare* L.

3.2 Origine et répartition

L'origan *Origanum sp* est une plante qu'on trouve dans plusieurs régions du monde, en Europe, au nord-ouest de l'Afrique, en Turquie, à Chypre, en Mongolie, en Chine et en Amérique du Nord (Seidemann, 2005).

Mais, la région méditerranéenne représente son aire de distribution la plus importante. Il reconnaît 3 groupes, 10 sections, 38 espèces, 6 sous-espèces, 3 variétés et 16 hybrides (Mahfouf, 2018).

En Algérie, c'est une plante assez répandue, représentée par deux espèces : *Origanum vulgare* ssp *glandulosum* et *Origanum floribundum*. Cette dernière est d'ailleurs une espèce endémique algérienne (Quezel et santa, 1963).

Le tableau 01 indique la localisation des deux espèces.

Tableau 01. Répartition géographique des deux espèces d'origan en Algérie (Mahfouf, 2018).

Espèces	Localisation et caractéristiques
<i>Origanum floribundum</i> Mumby	Pousse en pâturage et surtout en montagne. Espèce rare dans le sous-secteur du littoral et le secteur de Kabylie. Endémique d'Algérie
<i>Origanum vulgare</i> L. subsp. <i>glandulosum</i> (Desf.) Ietswaart	Commune dans tout le Tell. Endémique AlgéroTunisienne. Pousse dans les garrigues et broussailles.

3.3 Description botanique

L'origan est une plante herbacée ou sou-ligneuse (**Figure 08**), à la base. Haute de 30 à 90 cm, cette plante présente des tiges carrées portant une quarantaine de branches à feuilles vert foncé, petites et ovales. Les inflorescences sont en épis, eux-mêmes réunis en inflorescences composées (Richard, 1992).

Le calice de l'origan est tubuleux à cinq dents courtes, bilabié ou non. La corolle quant à elle est blanche, rosée ou bien violette (Quenzel et Santa, 1963).



Figure 08 : Morphologie de l'origan.

3.4 Utilisation et effets de l'origan

La famille des Lamiacées est très connue pour posséder des propriétés thérapeutiques (Sagdiç, 2002) dont l'origan qui a une composition chimique riche, il renferme une huile essentielle, des tanins, résine, flavonoïdes, stéroïdes (Baba Aissa, 2011). Il est aussi largement utilisé comme épice en méditerranée (Carmo, et *al.* 1989).

En médecine populaire, il est établi qu'il combat les flatulences et stimule la sécrétion biliaire. L'origan est utilisé pour soigner les affections respiratoires telles que toux, angine, bronchite et asthme. Il favorise l'apparition des règles. En application, l'huile diluée soulage les douleurs dentaires et articulaires. (Larousse, 2001). A dose trop élevée, l'origan peut se révéler excitant, il convient donc de surveiller le dosage en cas de troubles cardiaques ou nerveux (Baba Aissa, 2011). Cependant, aucun risque de toxicité n'a été signalé. La sensibilisation, bien que rare, est possible (Paul Goetz, 2012).

L'effet antioxydant de l'huile essentielle d'origan est due à sa haute concentration en carvacrol, thymol, ρ -cymène et γ -terpène (Kosar, et *al.*, 2003; Al-Bandak, 2007), les deux premiers composants lui confèrent, en outre, ses activités antifongique et antiseptique (Larousse, 2001).

3.5 Caractéristiques de l'huile essentielle d'origan

L'huile essentielle d'origan est de couleur jaune foncé à brun clair, d'odeur phénolique agreste, très aromatique et de saveur amère, chaude et épicée. D'une densité de 0,870 à 0,910 (Bardeau, 2009), Sa composition varie sensiblement suivant les espèces et leur provenance.

3.6 Composition chimique de l'huile essentielle d'origan

Il y a un certain nombre de publications se référant à la chimie d'*Origanum*. L'origan recouvre des espèces riches en monoterpénoïdes phénoliques, principalement carvacrol, parfois thymol. Les espèces d'*Origanum* sont également riches en d'autres composés, tels que divers composés phénoliques, lipides et acides gras, flavonoïdes et anthocyanides. Les phénols totaux le thymol et son isomère le carvacrol (Ruberto, et *al.*, 2002) représentent jusqu'à 90 % de l'essence, avec un peu de pinène, terpinéol, bornéol et des traces d'esters (Ultee et *al.* 1999 ; Bardeau, 2009).

4. Les huiles essentielles

4.1 Définition

Les huiles essentielles appelées aussi essences (Bonnafous, 2013) sont des mélanges de substances aromatiques produites par de nombreuses plantes et se présentent sous forme de minuscules gouttelettes dans les feuilles, la peau des fruits, la résine, les branches, les bois. Elles sont présentées en petites quantités par rapport à la masse du végétal, elles sont odorantes et très volatiles, c'est-à-dire qu'elles s'évaporent rapidement dans l'air (Padrini et *al.* 2003).

Selon l'association française de normalisation (AFNOR), une huile essentielle HE désigne un produit obtenu à partir d'une matière première d'origine végétale, après séparation de la phase aqueuse par des procédés physiques : soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des plantes contenant des citrals, soit par distillation sèche. Une HE contient en moyenne soixante-quinze molécules actives (AFNOR, 2000).

4.2 Localisation des huiles essentielles dans la plante

Les HE ne sont pas présentes chez tous les végétaux. Parmi les 1 500 000 espèces végétales, 10% seulement sont dites « aromatiques », c'est-à-dire qu'elles synthétisent et sécrètent des infimes quantités d'essence aromatique (Bruneton, 1999 ; Degryse et *al.* 2008).

Les HE sont obtenues à partir de feuilles, de graines, de bourgeons, de fleurs, de brindilles, d'écorces, de bois, de racines, de tiges ou de fruits, mais également à partir de gommages qui s'écoulent du tronc des arbres (Daouda, 2015).

Les HE sont produites dans le cytoplasme des cellules sécrétrices et s'accumulent en général dans des cellules glandulaires spécialisées, situées en surface de la cellule et recouvertes d'une cuticule. Ensuite, elles sont stockées dans des cellules dites cellules à huiles essentielles, dans des poils sécréteurs, dans des poches sécrétrices ou dans des canaux sécréteurs (Bruneton, 1999).

4.3 Rôle biologique des huiles essentielles dans les plantes

Les plantes assurent leur défense par les structures physiques (épines, aiguilles, etc) ou chimiques (substances toxiques ou repoussantes). Beaucoup de plantes produisent les huiles

essentielles en tant que métabolites secondaires, mais leur rôle exact dans les processus de la vie de la plante demeure le plus souvent obscur (Bruneton 1999 ; Zenasni.2014).

Certains auteurs pensent que la plante utilise l'huile pour repousser ou attirer les insectes, et dans ce dernier cas, pour favoriser la pollinisation. D'autres considèrent l'huile comme source énergétique, facilitant certaines réactions chimiques, et conservant l'humidité des plantes dans les climats désertiques (El Kalamouni, 2010 ; Zenasni, 2014).

4.4 Utilisation des huiles essentielles en tant que biopesticide

L'utilisation répandue des insecticides synthétiques a mené à beaucoup de conséquences négatives (c.-à-d., résistance des insecticide, toxicité sur la faune auxiliaire, problèmes de résidu, pollution environnementale) ayant pour résultat l'attention croissante étant donnée aux produits naturels (Isman, 2005). Les plantes peuvent fournir des solutions de rechange potentielles aux agents actuellement utilisés contre les insectes parce qu'elles constituent une source riche en produits chimiques bioactifs. Beaucoup d'effort a été donc concentré sur les matériaux dérivés de plante pour les produits potentiellement utiles en tant qu'agents commerciaux de lutte contre les insectes (Kim et *al.*, 2003). 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).

4.5 Méthodes d'extraction des huiles essentielles

4.5.1 L'hydrodistillation

C'est le seul procédé retenu par la pharmacopée européenne (Mimica-Dukic, et *al.* 2004) car elle convient aux huiles ayant une forte composante volatile qui peut être facilement transportée par des particules de vapeur d'eau en mouvement. (Padrini ; Lucheroni ; 1996). Ce procédé d'extraction est fortement préconisé du fait qu'elle produit des substances volatiles facilement analysables par chromatographie en phase gazeuse et exigeant une technologie relativement simple, donc un coût plus bas ainsi qu'une reproductibilité facilement contrôlable. (Benjilali, 2004). La plupart des huiles essentielles sont obtenues par distillation, à l'exception des huiles essentielles d'hespéridés (citron, orange, etc) et l'huile de cade (Belaïche, 1979). Le matériel végétal est immergé dans un alambic rempli d'eau, le mélange est porté à ébullition à pression

atmosphérique, ce qui permet la libération des molécules odorantes que renferment les cellules végétales. Le mélange bouille lorsque la somme des tensions de vapeur de chacun des constituants est égale à la pression d'évaporation, elle est donc inférieure à chacun des points d'ébullition des substances pures. Ainsi le mélange azéotropique « eau + huile essentielle » distille à une température égale 100°C à pression atmosphérique, les vapeurs hétérogènes sont condensées sur une surface froide et l'huile essentielles se sépare par différence de densité. On les récupère alors par décantation (Bruneton, 1999 ; Franchomme et Penoel, 1990).



Figure 09 : Montage de l'hydrodistillateur (Type Clevenger).

4.5.2 Extraction par entrainement à la vapeur

Dans ce système d'extraction, le matériel végétal est soumis à l'action d'un courant de vapeur sans macération préalable. Les vapeurs saturées en composés volatils sont condensées puis décantées dans l'essencier, avant d'être séparées en une phase aqueuse et une phase organique. 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. De plus, le parfum de l'HE obtenue est plus délicat et la distillation, régulière et plus rapide, fait que les notes de tête sont riches en esters. (Boukhatem et *al.*, 2019).

4.5.3 Expression à froid

La technique est réservée à l'extraction des essences volatiles contenues dans les péricarpes d'agrumes en déchirant ces dernières par un traitement mécanique (abrasion, compression, incision). Elle consiste à rompre ou dilacérer les parois des sacs oléifères contenus dans le mésocarpe situé juste sous l'écorce du fruit, l'épicarpe, pour en recueillir le contenu qui n'a subi aucune modification. (Boukhatem et *al.*, 2019).

4.5.4 Extraction par solvant organique

Raynaud (2006) souligne que l'extraction par solvant est une technique qui utilise des solvants comme l'éthanol, moins fréquemment le dichlorométhane et l'acétone. Le solvant est ensuite éliminé par distillation. Elle ne doit pas être employée si l'huile essentielle préparée est à usage thérapeutique, car il pourrait y rester des traces de solvant. Elle est parfois utilisée dans l'industrie des parfumes.

4.5.5 Extraction assistée par micro-onde

Elle consiste à placer le matériel végétal dans un réacteur au sein d'un four micro-ondes sans ajout d'eau ou de solvant. Le chauffage interne de l'eau contenue dans la plante permet d'en dilater ses cellules et conduit à la rupture des glandes et des réceptacles oléifères. L'HE ainsi libérée est évaporée avec l'eau de la plante. Très rapide est peu consommateur d'énergie ce procédé fournit un produit de quantité et de qualité supérieure à celle obtenue par hydrodistillation. (Boukhatem et *al.*, 2019).

Chapitre 2 : Matériels et méthodes

1. Rappel des objectifs de l'étude

Le but de l'étude est de déterminer l'effet insecticide de l'huile essentielle formulée d'*origanum vulgare* contre le ravageur des denrées stockées *Tribolium confusum* (Duval) et contre les aleurodes *Dialeurodes citri*.

L'expérimentation a été réalisée dans le laboratoire de recherche sur les plantes aromatiques et médicinales de l'université Saad Dahleb de Blida, au mois de mars

2. Matériel

2.1 Matériel végétal

Les parties feuillues et les sommités florales de l'origan *Origanum vulgare* spontanées ont été récoltées dans la région de Djelfa puis séchées à l'air libre, à l'abri de la lumière et à la température ambiante.

2.2 Matériel animal

L'élevage de masse de *Tribolium confusum* est effectué dans un bocal en plastique contenant 1000g (1kg) de semoule de blé dur, dans des conditions de laboratoire à température de 20-25°C et à une humidité relative comprise entre 65 et 70%.

Les feuilles infestées par des aleurodes ont été ramenées de vergers d'agrumes abandonnés en vue de prélever un feuillage non traité.

3. Méthode

3.1 Extraction de l'huile essentielle

L'extraction de l'huile essentielle d'*O. vulgare* été réalisée par hydrodistillation en utilisant un appareil de type Clevenger selon la technique décrite par la Pharmacopée Européenne (1997).

Elle consiste à introduire 100 g de la plante séchée dans un ballon en verre de la capacité de 1000 ml puis rempli d'eau distillée jusqu'à immersion totale de la matière végétale. Le ballon est ensuite mis à chauffer dans un chauffe-ballon électrique. La durée de l'extraction est de deux heures, cela a été déterminé après un premier essai.

L'huile essentielle a été récupérée dans des tubes Eppendorf stérilisés d'une capacité de 2ml, ces derniers seront enveloppés avec du papier aluminium puis conservés à une température de 4°C.

3.2 Calcul du rendement en huile essentielle

Le rendement en huile essentielle de la plante est calculé en rapportant la masse de l'huile extraite à la masse de la matière végétale utilisée, selon la formule décrite par Benabdelkader et *al.* (2011) :

$$\text{RHE (\%)} = \frac{M}{M_0} \times 100$$

Avec :

- RHE (%) : Rendement en huile essentielle (en %).
- M : Masse de l'huile essentielle (en gramme).
- M₀ : Masse de la matière végétale sèche utilisée (en gramme).

3.3 Choix des doses et préparation des dilutions

La préparation des dilutions des huiles essentielles a été faite par l'utilisation de Tween 80 a des concentrations croissantes : 5%, 10%, 20% et 40%.

Pour obtenir la concentration de 40%, nous avons pris à l'aide d'une micropipette 0.2ml de l'huile essentielle ajoutée dans 0.5ml de Tween 80 et les mettre dans un tube à essai stérilisé en bien agitant pour bien homogénéiser le mélange.

Pour préparer les autres concentrations, nous avons suivi les mêmes procédures, la quantité de l'huile essentielle prélevée et de Tween 80 se changent selon la concentration que nous avons voulu obtenir.

3.4 Traitements et mode opératoire

3.4.1 Traitement par contact sur les deux ravageurs cibles

- **Sur Tribolium :**

Ce test consiste à pulvériser un volume d'huile directement en contact avec des individus de l'insecte qui ont été préalablement déposés dans une boîte de pétrie en verre. Le comportement

de l'insecte est observé par la suite sur une durée d'exposition connue. Parallèlement, la mortalité des individus est évaluée.

- **Sur aleurodes :**

Le mode opératoire consiste à récolter des feuilles infestées par l'aleurode des citrus et à les tremper dans un volume de solutions diluées de l'huile essentielle de l'origan, à concentrations connues. Les larves de différents stades seront ainsi directement en contact avec la solution de traitement. La mortalité des larves chez les traités est comparée avec un témoin représenté par des feuilles infestées non traitées.

3.4.2 Traitement par inhalation et par ingestion sur *Tribolium confusum*

- **Traitement par inhalation**

Ce test consiste à introduire dans des bocaux en verre 20 individus adultes de *Tribolium confusum* et à fixer sur le couvercle de chaque bocal un fil collé à du papier filtre préalablement imbibé dans une dose de l'huile essentielle diluée d'*Origanum vulgare* à des durées d'exposition de 24h, 48h, 72h et 96h. Des répétitions sont réalisées pour chaque dose et un témoin.

- **Traitement par ingestion**

Ce test consiste à ajouter une dose de l'huile essentielle formulée d'*Origanum vulgare* à 20gde semoule contenus dans une boîte de Pétri, l'ensemble est convenablement mélangé. Puis on dépose dans les boîtes 20 insectes adultes de *Tribolium confusum* et on réalise un suivi pendant quatre jours.

Chapitre 3 : Résultats préliminaires et analyse de travaux de littératures

1. Rendement en huile essentielle de l'origan

La distillation a été conduite pendant 2 heures sur les feuilles d'origan séchées, à l'aide d'un hydrodistillateur de type « Clevenger », dont les conditions opératoires ont été décrites dans le chapitre 2

1.1 Caractéristiques organoleptiques de l'huile essentielle

L'HE obtenue par hydrodistillation est de couleur jaune (**figure 09**), elle a une saveur fortement piquante et une odeur forte caractéristique des plantes aromatiques.



Figure 09 : Couleur de l'HE obtenue d'*Origanum vulgare* (originale)

Tableau 02 : Caractéristiques organoleptiques d'*Origanum vulgare*

Aspect	Liquide
Couleur	Jaune
Saveur	Piquante Epicée
Odeur	Thymolée

L'*O.vulgare* étudié dans ce travail possède un rendement relativement moyen de (1,9%) (**Tableau 02**), plus élevé que celui trouvé par (Mahfouf, 2018) avec l'origan récolté dans la région de Guelma (1.15%) et celui trouvé par (Derwich et *al.* 2010) avec l'origan du Maroc (1.15%).

Les espèces d'*O. vulgare* de la Tunisie (Mechergui et *al.*, 2010) ont fourni les plus faibles rendements (0,1-0,7%).

Un rendement plus élevé a été obtenu par (Bouhaddouda et *al.* 2016) qui a travaillé sur la sous espèce (*O. vulgare glandulosum*) poussant dans le biotope (Nechmaya, Guelma) avec une valeur de (2,52%). Cependant, le rendement le plus élevé a été obtenu par (Sari Madani, 2011) avec l'origan de (Bougâa) qui atteint jusqu'à (5%) de rendement.

La différence existante entre les rendements d'extraction obtenus est probablement liée aux facteurs suivants :

- Le temps de l'hydrodistillation
- La durée de séchage
- Le rapport Eau/Matière végétale
- La température de chauffage (Fadil et *al.*, 2014).

Elle peut être liée, également aux facteurs climatiques (chaleur, froid, stress hydrique), facteurs géographiques (altitude, nature du sol, taux d'exposition au soleil) et génétiques (croisements naturels), (Veres et *al.*, 2003).

L'huile essentielle	<i>Origanum vulgare</i>
Rendement en (%)	1.9 ± 0.2 %

Tableau 03 : Rendements en pourcentage de l'huile essentielle d'*O.vulgare* de cette étude.

1.2 La cinétique d'extraction de l'huile essentielle d'*O. vulgare*

Dans le but d'étudier la cinétique d'extraction, l'évaluation du rendement en huile essentielles en fonction de la durée d'extraction a été réalisée.

Une masse d'environ 100g a été soumise à une hydrodistillation pendant une durée de 2h, les fractions de l'huile essentielle ont été récupérées à des intervalles de temps réguliers. Les résultats de la cinétique sont regroupés dans la figure suivante.

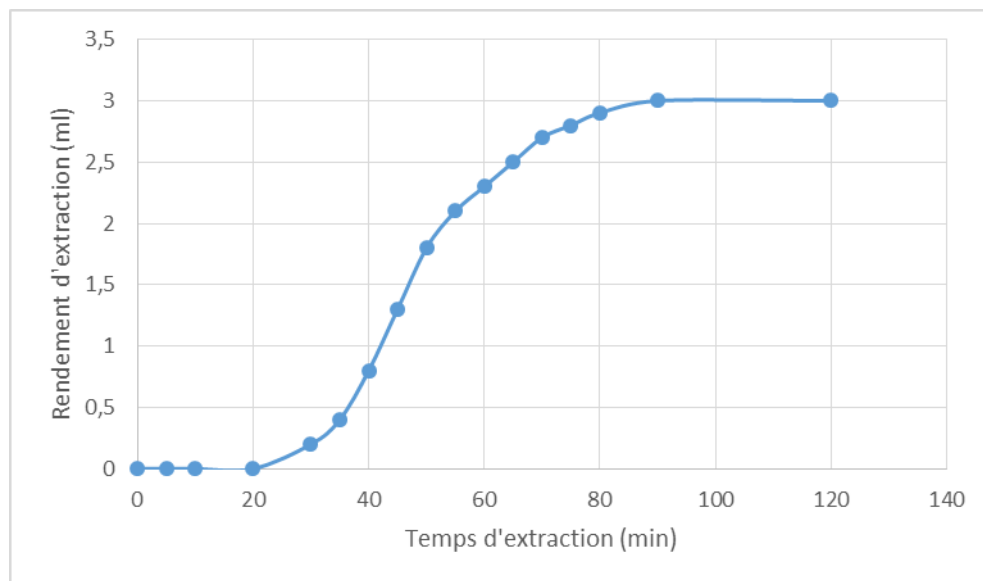


Figure 10 : Cinétique d'extraction de l'huile essentielle d'*Origanum vulgare*.

La cinétique d'extraction de l'huile essentielle de l'espèce *Origanum vulgare* récoltée de la région de Djelfa, se divise en trois étapes :

- Dans la première phase d'extraction, nous observons un palier caractérisé par un rendement nul, correspondant à la phase de chauffage de la matrice.
- La seconde d'extraction correspond à une augmentation marquée de la quantité d'HE récupérée dans un intervalle temporel entre 20 et 90mn.
- Enfin, au cours de la troisième étape, la courbe tend vers un second palier qui correspond au rendement maximum possible à atteindre.

2. Analyse de travaux de littérature

Notre travail avait pour objectif principal d'évaluer l'effet insecticide de l'huile essentielle de l'origan sur un modèle d'insecte des denrées stockées *Tribolium confusum*.

Différents travaux de littérature (articles publiés, mémoires, thèses de Doctorat) ont été consultés, pour avoir des éléments d'analyse préliminaire. Les informations recueillies ont porté

sur différents cas de figures de l'effet insecticide des huiles essentielles sur les insectes des denrées stockées en particulier.

Nous avons réalisé une compilation des résultats obtenus par différents auteurs comme suit

- 1) Effet des HEs sur les insectes des denrées stockées
- 2) Effet des HEs de l'origan sur les insectes en général et sur le *Tribolium* (en particulier)
- 3) Effet des HEs sur les mouches blanches

2.1 Effet insecticide de quelques HEs sur les insectes en général et les insectes des denrées stockées en particulier

Les huiles essentielles de plantes aromatiques iraniennes sont riches en 1,8-cinéole, Limonène, Carvacrol, Citronellal, Thymol, Eugénoï, Camphre, Terpinène, α -pinène, β -pinène, Linalool, Carvone et Anethole qui sont des composés connus pour montrer des effets contre diverses espèces d'insectes.

Belarouci, en 2017 a étudié l'effet par ingestion des HEs de *Thymus ciliatus* et *Rosmarinus officinalis* avec un substrat alimentaire, sur les larves et les adultes de *Tribolium castaneum*, aux doses de 1, 2, 3, 4, 5,6 μ l/20g. Les essais sont répétés 3 fois pour chaque dose en plus du témoin qui est traité avec l'acétone seulement. Le suivi et le dénombrement est ensuite réalisé quotidiennement pendant 6 jours.

Au bout de 2 jours d'exposition, la DL₅₀ de l'HEs de *Thymus ciliatus* a été de 2.37 μ l sur les larves et 2 μ l sur les adultes, contre la DL₅₀ de l'HEs de *Rosmarinus officinalis* avec des valeurs de 5.65 μ l et 3.35 μ l respectivement.

Les adultes de *Tribolium castaneum* étaient beaucoup plus résistants aux huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* et de *Thymus ciliatus* comparativement aux larves. Selon ce même auteur, l'efficacité des huiles essentielles sur la mortalité de l'insecte varie selon la dose utilisée et la durée d'exposition.

L'étude de la toxicité des huiles essentielles des espèces de thym *Thymus satureioides* Coss., *Thymus broussonetii* Boiss., *Thymus maroccanus* Ball., *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth., *Thymus*

pallidus Batt., et *Thymus leptobotrys* Murb., originaires du Sud-Ouest marocain a été également réalisée sur la même espèce par Alaoui-Jamali, et *al.*, (2016).

Quatre doses ont été préparées en diluant chaque fois dans 1 ml d'acétone les volumes respectifs de 5, 10, 15 et 20 µl des huiles essentielles. Ces volumes correspondent aux doses de 0,09, 0,16, 0,24 et 0,31 µl/cm².

Les résultats obtenus ont montré que toutes les huiles essentielles testées ont présenté par contact sur papier-filtre un effet insecticide important vis-à-vis des adultes de *Tribolium castaneum* *Herbst.* .

Cette toxicité a été variable d'une espèce de thym à l'autre. La toxicité la plus importante a été enregistrée par l'huile essentielle de *Thymus leptobotrys*, avec des valeurs de DL50 et DL90 de 0,08 et 0,19 µl/cm², respectivement.

Les autres huiles essentielles ont montré une toxicité similaire, avec des valeurs de DL50 qui varient entre 0,19 et 0,23 µl/cm² et des valeurs de DL90, allant de 0,39 à 0,49 µl/cm², d'après Alaoui-Jamali et *al.*, (2016) (tableau 4).

L'huile essentielle d'une plante peut contenir des centaines de constituants différents, mais certains composants seront présents en plus grande quantité.

Tableau 04 : Valeurs des DL50 et DL90 (µl/cm²) des huiles essentielles de différentes espèces de thym testées contre les adultes de *Tribolium castaneum*, évaluées par contact sur papier-filtre après 48 heures de traitement. D'après Alaoui-Jamali et *al.*, (2018)

Huile essentielle	DL ₅₀ (µl/cm ²)	DL ₉₀ (µl/cm ²)
<i>Thymus satureioides</i> Coss	0,23	0,49
<i>Thymus broussonetii</i> Boiss	0,20	0,44
<i>Thymus maroccanus</i> Ball	0,19	0,39
<i>Thymus ciliatus</i> (Desf.) Benth	0,22	0,48
<i>Thymus pallidus</i> Batt	0,22	0,40
<i>Thymus leptobotrys</i> Murb	0.08	0.19

La toxicité des huiles essentielles obtenues à partir de plantes aromatiques d'Iran, contre les parasites des stocks est liée aux principaux composants de l'huile tels que 1,8 Cinéole, Carvacrol, Thymol, Eugénol, Terpinène, Limonène, α -Pinène, entre autres.

Par exemple, le 1,8-cinéole était prédominant dans les huiles essentielles de *Achillea millefolium* (22 %), *Artemisia aucheri* (22,8 %), *Eucalyptus camaldulensis* (69,46 %), *Eucalyptus globulus* (31,42 %), *Lavandula stoechas* (7,02 %), *Laurus nobilis* (48,5%) et *Perovskia atriplicifolia* (20,74%), (**Gar Ebadollahi, 2011**) (**Tableau 06**).

Pour leur part, **Obeng-Ofori et al., (1997)** ont trouvé que le 1,8-cinéol est très répulsif et toxique pour *Sitophilus granarius* L., *S. zeamais*, *Tribolium confusum* Duval et *Prostephanus truncatus* (Corne). Il a été démontré également que ce composé a une activité contre *T. castaneum* (**Tripathi et al., 2001**). L'application du 1,8-Cinéole a réduit le taux de ponte de ce ravageur de 30 à 50 % à une concentration de 1,0 %, par rapport aux témoins non traités selon **Koschier et Sedy, (2001)**. **Lee et al., (2002)** ont signalé que le 1,8-cinéol était le constituant fumigant le plus toxique contre les adultes de *Tribolium castaneum* Herbst. (DL50 = 7,4 μ l /L.air), suivi du menthone (DL50 = 8,5 μ l /L air) et du p-cymène (DL50 = 11,4 μ l /L. air).

Le limonène a été trouvé dans un grand nombre de plantes, dont *Anethum graveolens* (33,2%), *Artemisia scoparia* (9,19%), *Carum carvi* (23,8%), *Citrus paradisi* (91,5%), *Citrus sinensis* (94,3%) et *Cupressus arizonica* (14,44%). *Heracleum persicum* (11,5 %) et *Mentha longifolia* (13,7 %) (Tableau 2). De même, le Limonène a montré des propriétés importantes pour la lutte contre les insectes de dentées stockées tel que le *Tribolium confusum*.

Carvacrol dans les huiles essentielles isolées de *Achillea wilhelmsii* (25,1%), *Satureja hortensis* (54,14%), *Thymus persicus* (44. 7%) et de *Zataria multiflora* (37%), le Citronellal dans l'huile essentielle de *Melissa officinalis* et le Thymol dans les huiles essentielles de *Carum capticum* (43%), *Melissa officinalis* (10,5%), *Thymus daenensis* (51,3%), *Thymus persicus* (11,05%) et *Thymus vulgaris* (43,8%) étaient des composants majeurs (Tableau 2). Le thymol et le carvacrol sont très efficaces pour inhiber la reproduction de l'*Acanthosceides obtectus* (Say) (**Regnault-Roger et Hamraoui, 1995**). Ces composés sont également efficaces contre *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (**Shaaya et al., 1991**). Le carvacrol était très toxique pour les nymphes du termite *Reticulitermes speratus*, les adultes du charançon du riz *Sitophilus oryzae* L., le légumineux *Callosobruchus chinensis* (L.), le coléoptère *Lasioderma serricornis* F.

Ils ont évalué aussi les effets insecticides du Thymol, du Citronellal et de l'Eugénol sur les larves de dernier stade d'*Agriotes obscurus* (L.) (Coleoptera : Elateridae). Ils ont trouvé que le

Thymol avait la plus grande toxicité de contact (DL50 = 196,0 µg L⁻¹ arva), alors que le Citronellal et l'Eugénol étaient moins toxiques (DL50 = 404,9 et 516,5 µg L⁻¹ arva, respectivement). En termes de toxicité volatile, le citronellal était le plus toxique pour les larves de taupin (CL50 = 6,3 µg cm³), suivi par le thymol (CL50 = 17,1 µg cm³) et l'eugénol (CL50 = 20,9 µg cm³). L'Eugénol et ses dérivés étaient les principaux constituants des huiles essentielles isolées d'*Artemisia dracunculus* (8,06%), *Carthamus tinctorius* (4,21%), *Cinnamomum zelanicum* (6,2%) et *Syzygium aromaticum* (52,11%+6,77%) (Tableau 2). Ogendo et al. (2008) ont étudié les effets fumigants et répulsifs de l'Eugénol sur les adultes de *S. oryzae*, *T. castaneum*, *O. surinamensis*, *Rhyzopertha dominica* (F.) et *C. chinensis*. Sauf pour *T. castaneum* qui était plus tolérant.

Lee et al., (2001) ont démontré que les 1,8-cineole aux différentes DL50 (DL50 = 23.5 µl /L d'air), p-cymene (DL50 = 25.0 µl /L d'air), Terpine-4-ol (DL50 = 25.6 µl /L d'air), Linalool (LD50 = 39.2 µl /L d'air), Eugenol (DL50 = 50.7 µl /L d'air), α-pinene (DL50 = 54.9 µl µl /L d'air), Limonène (DL50 = 61.5 µl /L d'air), α-terpineol (DL50 = 69.1 µl /L d'air), Thymol (DL50 = 69.7 µl /L d'air), α-terpinene (DL50 = 71.2 µl µl /L d'air) and Carvacrol (DL50 = 79.7 µl /L d'air) avaient une possible toxicité par fumigation envers *S. oryzae*.

Sur le même ordre d'idées, **Erlor (2005)** rapportent le même effet toxique du Carvacrol, 1,8-cineole, Menthol, γ-terpinene, Terpinen-4-ol et du Thymol à l'encontre des adultes et des œufs de *T. confusum*.

2.2 Activité insecticide des huiles essentielles d'origan sur quelques insectes ravageurs et les insectes des denrées stockées en particulier

Les huiles essentielles obtenues à partir des plantes *Origanum vulgare subsp. hirtum*, *Coridothymus capitatus* et *Satureja thymbra* ont été examinés par une combinaison de GC et GCMS et se sont révélés riches en carvacrol, thymol, γ-terpinène et p-cymène (tableau 5). Ces HEs et leurs principaux constituants (carvacrol et thymol) ont été testés pour leurs activités insecticides sur la Drosophile (*Drosophila Melanogaster*).

Les résultats de L'HE de *S. thymbra* ont montré que cette dernière est la plus efficace comme insecticide avec une DL₅₀ de 3.3, tandis que le carvacrol est plus toxique que le thymol. Les toxicités du carvacrol et du thymol ne correspondent pas à leur participation aux huiles

essentielles, les mélanges de ces deux phénols à des niveaux rassemblant leur teneur dans les trois huiles a montré que la toxicité du carvacrol était réduite en présence de thymol, suggérant ainsi des phénomènes antagonistes, (Karpouhtsis, et al., 1998).

Tableau 05 : Analyse qualitative et quantitative de l'huile essentielle d'*O. vulgare subsp. hirtum*. (Karpouhtsis, et al., 1998).

Composants majoritaires	Quantité
Thymol	0.71%
γ -terpinene 5.92	5.92%
p-cymene	9.71%
Carvacrol	74.56%

Sharififard. et al.(2018) ont fait une étude sur l'effet répulsif de l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* dans les conditions de laboratoire sur la punaise des lits (*Cimex lectularius*), un ectoparasite nocturne considéré urbain qui se nourrit de sang.

L'huile essentielle a été préparée à partir de feuilles séchées par d'hydrodistillation, un test de (GC-MS) a été réalisé pour l'analyse et l'identification des composés de l'huile essentielle d'origan. L'étude du potentiel répulsif a été réalisé par contact sur papier filtre en boîte de pétri sur les nymphes de quatrième et cinquième stade et les adultes avec des concentrations de 0,625, 1,25, 2,5, 5, 10, 20 et 40% et des doses de 0,1, 0,21, 0,43, 0,86, 1,72, 3,45, 6,9mg/cm², un calcul de La réponse concentration-répulsion et une comparaison avec un bâton insectifuge commercial contenant 33% de N, N-diéthyl-méta-toluamide (DEET) a été fait.

Ces auteurs ont trouvé que l'huile essentielle d'origan était constituée de 158 composés avec du terpinéol (22,85%) et du α -terpinène (20,60%) étant les principales composantes.

La CE₅₀ et la CE₉₉ de l'huile d'origan (concentrations efficaces causant 50 % et 90% de répulsion) étaient de 1,61 et 6,57mg/cm² après 9h de l'application.

L'huile essentielle d'origan à 40 % a montré une répulsion à 100 % contre les punaises de lit à 3, 5, 9 et 24 heures après l'application, tandis que l'indice de répulsion du DEET 33% (bâtons insectifuges commerciaux) était de 100% à 3 heures et 5heures et il a chuté de 80% à 27% entre 9h et 24 heures.

L'étude réalisée par Kherroub en 2018 a montré la potentialité insecticide de l'huile essentielle d'*Origanum vulgare* sur les adultes de puceron vert des agrumes *Aphis spiraecola* in vitro par pulvérisation directe sur l'insecte. Des doses de 0.1, 1.2, 1.3, 1.4ml de l'huile essentielle pure ont été diluées dans une solution d'acétone diluée à 70%. Avec des concentrations de 0.1, 1.2, 1.3, 1.4%.

Vingt pucerons portés sur des feuilles fraîches de bigaradier sont introduits dans 4 boîtes Pétri à raison de 5 pucerons par boîte. Le traitement est effectué par pulvérisation de l'extrait et l'huile essentielle séparément sur chaque lot de pucerons et ceci pour chaque dose, le témoin est pulvérisé par de l'eau distillée. Des observations sont effectuées quotidiennement pendant six jours pour déterminer l'effet du traitement sur la mortalité des pucerons en fonction du temps.

Dans ces essais, pour les trois premières concentrations, la mortalité a varié entre 10 et 80 % jusqu'au quatrième jour pour atteindre une mortalité totale (100%) au cinquième jour dans le lot traité avec une concentration de 0.3% (v/v). L'effet insecticide le plus marqué est celui de la dose 0.4%(v/v), dès le premier jour une mortalité de 60% est enregistrée sous l'effet de cette concentration, et une mortalité totale a été notée au quatrième et cinquième jour.

On peut dire que le pouvoir insecticide de l'huile essentielle est plus lent mais aussi efficace, dont la mortalité totale est notée pour les quatre concentrations testées.

Plusieurs travaux antérieurs ont montré que l'huile essentielle du genre *Origanum* possède un effet insecticide. Les travaux de **Souguir et al (2013)** ont montré que les huiles essentielles de feuilles et fleurs d'*Origanum majorana* ont un effet important sur les larves de *Spodoptera littoralis* par inhalation avec les concentrations de 25, 50, 100 et 200 µl/l air. Ceux d'Abderrahmane (2012) ont mis en évidence la sensibilité du puceron de la luzerne *Macrosiphum crelii* à l'égard de l'HE d'*Origanum compactum* par contact.

Les résultats rapportés par **Arab et al (2018)** signalent même l'effet insecticide par contact de l'extrait aqueux d'*Origanum vulgare* sur le puceron noir de la fève *Aphis fabae* aux concentrations de 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 100%. Ces auteurs ont enregistré un taux de mortalité qui dépasse 50% avec la dose 40% et une mortalité totale à partir de la dose 50%.

Mahfouf (2018) a évalué l'effet insecticide de l'HE d'*Origanum vulgare* par inhalation à la dose de 500µl sur les adultes de la pyrale de la farine *Ephesia kuehniella*. Elle a marqué une mortalité totale au bout de 10ème jour.

Par ailleurs, **Siad et al (2016)** ont marqué une mortalité totale des adultes de charançon du riz par contact avec une dose de 40µld'He de l'origan/ml d'acétone au bout du deuxième jour.

2.3 Effet insecticide des HE en général sur les mouches blanches

Çalmaşur.et al., (2006) ont fait une étude sur l'effet insecticide de 3 espèces de Lamiacée *Micromeria fruticosa*, *Nepeta racemosa* et *Origanum vulgare* sur une espèce d'aleurode *Bemisia tabaci* (Homoptera). Les doses des huiles essentielles testées sont (2, 4, 6 et 8µl/L air) dans chacun des dessiccateurs d'une capacité de 4L se qui correspond à (0.5, 1, 1.5 et 2µl/L air). Les huiles essentielles des trois plantes ont causé une mortalité totale à une dose de 2µl/L air et à 120h d'exposition. Les données peuvent suggérer que les huiles essentielles des trois espèces de plantes peuvent être utilisées pour la gestion de ravageurs de *Bemisia tabaci* dans des conditions de serre.

Baidon (2016) a évalué l'effet insecticide d'un mélange de huile essentielle de Moutarde avec du savon liquide appliqués par pulvérisation sur tous les stades de développement de *Bemisia tabaci* à des doses de (0.010%, 0.025%, 0.05%, 0.1% et 0.25%) contre les œufs de cette espèce, (0.05%, 0.1%, 0.25%, 0.5% et 1%) contre les nymphes et (0.25%, 0.1%, 1.5% et 2%) contre les adultes.

Une mortalité de (95.8%) des œufs avec la dose (0.25%) et des taux de mortalité de (43%) et (50%) avec les doses (0.1%) et (0.05%) ont été obtenus respectivement. Les DL₅₀ et DL₉₀ calculés sont de (0.44%) et (1.73%) respectivement. Sur les jeunes larves et les nymphes âgées, une mortalité de (86.4%) et (47.4%) a été constatée respectivement avec la dose (0.25%) du mélange. Les valeurs des DL₅₀ et DL₉₀ de (0.13%) et (0.44%) ont été obtenues respectivement sur les jeunes nymphes et (0.55%) et (2.91%) respectivement sur les nymphes âgées. Les jeunes nymphes étaient plus sensibles au traitement.

D'après les tests effectués sur des adultes, les taux de mortalité avec les doses (0,25%) et (0,5%) étaient (34%) et (37%) respectivement. La DL₅₀ et la DL₉₀ du mélange contre les adultes étaient de (0,42%) et (1,06%), respectivement.

Conclusion générale

Les dégâts considérables provoqués par les insectes ravageurs des denrées stockées et les aleurodes des agrumes, 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 d'*Origanum vulgare* comme une méthode de lutte alternative à l'utilisation des insecticides conventionnels contre deux ravageurs potentiels de céréales et des agrumes à savoir *Tribolium confusum* et *Dialeurodes citri*.

Les résultats de synthèse portant sur des essais in vitro de l'effet des huiles essentielles des différentes espèces et sous espèces de l'origan sont aussi nombreux que diversifiés. L'effet insecticide des HE de cette plante a été particulièrement étudié contre les insectes des denrées stockées. Toutefois, très peu de travaux à notre connaissance, mettent en évidence une efficacité confirmée sur d'autres groupes de ravageurs laquelle doit apparaître à travers des travaux similaires réalisés par plusieurs auteurs, d'après l'analyse préliminaire effectuée durant notre étude,

Notre analyse fait ressortir les points phares suivants :

-L'origan est globalement toxique envers des ravageurs à cuticule dure peu mobiles comme les insectes des denrées stockées. Les adultes sont aussi sensibles que les larves à l'effet des HE de cette plante.

-Les différents travaux font ressortir un meilleur effet répulsif des HE de l'origan par fumigation généralement.

-Des DL50 et DL90 ont été mises en évidence ce qui permet de statuer sur une dose optimale d'utilisation dans des conditions semi contrôlées.

- L'effet des HE de l'origan (extraits des feuilles et fleurs) varie selon l'espèce et la provenance géographique de l'espèce. Les principaux constituants de ces huiles : carvacrol et thymol et 1-8 cinéole, terpinéol et α -terpinène manifestent une importante activité insecticide.

-A part, les insectes ravageurs des denrées stockés, d'autres insectes sont sensibles à l'effet des HE e l'origan. Nous pouvons mentionner la mouche du vinaigre *Drosophila melanogaster*, la punaise des lits *Cimex lectularius*, les pucerons *Aphis spireacola* et *Aphis fabae* et *Macrosiphum crelii* (le puceron vert des agrumes et le puceron noir de la fève, le puceron de la luzerne), les larves de *Spodoptera littoralis*, la pyrale de la farine *Epehstia kuehniella* et l'aleurode des serres *Bemisia tabaci*.

Nous pensons que cette étude nécessite d'être approfondie : d'abord en continuité avec les travaux sur l'évaluation comparée de la toxicité des HE de différentes espèces d'origan sur d'autres espèces d'insectes des denrées stockées, à travers l'application des tests *in vitro* avec différentes conditions. Puis, en considérant l'aspect des effets sublétaux sur les descendances des ravageurs visés.

Plusieurs autres perspectives sont à envisager pour la protection des lieux de stockage et entrepôts à travers des moyens de diffusion de ces bioinsecticides.

Références bibliographiques

1. Abderrahmane, K. (2012). Comparison of insecticide effect of plant extracts on aphids of watermelon and green alfalfa. *Sustainable Agriculture Research*, 1(526-2016-37837).
2. AFNOR, 2000. Echantillonnage et méthodes d'analyse. Recueil de normes : les huiles essentielles. AFNOR, Paris, 440 p.
3. Ajaykumar K.M., Thirumalaraju G.T .and Anjali A.S. (2018). Seasonal Variations in the Biology of Lesser Grain Borer *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae) on Stored Maize under Laboratory Conditions. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(1): 516-522.
4. Alaoui-Jamali, C., Kasrati, A., Leach, D., & Abbad, A. (2018). Étude comparative de l'activité insecticide des huiles essentielles des espèces de thym originaires du Sud-Ouest marocain. *Phytothérapie*, 16(5), 268-274.
5. AL-Bandak G. and Oreopoulou V., 2007. Antioxidant properties and composition of *Majorana syriaca* extracts. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109(3): 247-255.
6. Arab H., Feddi I., 2018. Etude de l'effet biocide de quatre extraits végétaux : l'origan (*Origanum vulgare*), le thym (*Thymus numidicus*), le romarin (*Rosmarinus officinalis*) et la lavande (*lavandula stoechas*) à l'égard du puceron noir de la fève *Aphis fabae* Scopoli, 1763. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
7. Baba Aïssa F., 2011. Encyclopédie des plantes utiles. El Maarifa, Alger, 471 p.
8. Bardeau F., 2009. Les Huiles Essentielles, découvrir les bienfaits et les vertus d'une médecine ancestrale. Edition Lanore, Paris, 315 p.
9. Baidon Y. (2016)- A critical evaluation of the effects of plant essential oil formulation against silverleaf whitefly, *Bemisia tabaci*, B biotype (Gennadius) and its natural enemies. Thèse de Docteur en Philosophie, Université de Queensland, Australie, p54.
10. Belaiche P., 1979. Traité de phytothérapie et d'aromathérapie. Editions Maloine, S.A, 204 p.
11. BELAROUCI Amina. 2017. Comportement insecticide des huiles essentielles du Romarin et du Thym sur *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera : Tenebrionidae). Université de Tlemcen. Algérie
12. Benabdelkader T., Zitouni A., Guitton Y., Jullien F., Maitre D., Casabianca H., Legendre L. and Kameli A., 2011. Essential oils from wild populations of Algerian *Lavandula Stoechas* L.: composition, chemical variability, and in vitro biological properties. *Chemistry & Biodiversity*, 8(5): 937-953.

13. Benazzeddine Sidali.2010. Effet insecticide de cinq huiles essentielles vis-à-vis vis-à-vis de *Sitophilus oryzae* (Coleoptera; Curculionidae) et *Tribolium confusum* (Coleoptera; Tenebrionidae). Ecole nationale supérieure agronomique El- Harrach d'Alger
14. Benjlali B., (2004). Extraction des plantes aromatiques et médicinales : cas particulier de l'entraînement à la vapeur d'eau et ses équipements. Institut agronomique et vétérinaire, Maroc.
15. Bruneton J., (1999). Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3ème édition, Ed. TEC et DOC, Paris.
16. Bonnafous C., 2013. Traité scientifique Aromathérapie: Aromatologie & aromachologie. Dangles Ed., Paris, 522.
17. Bouhaddouda, N., Aouadi, S., Labiod, R. (2016). Evaluation of Chemical Composition and Biological Activities of Essential Oil and Methanolic Extract of *Origanum vulgare* L. ssp. *glandulosum* (Desf.) Ietswaart from Algeria. International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research.2016 : 104-112.
18. Boukhatem M.N., Ferhat A., et Kameli A.. 2019. Méthodes d'extraction et de distillations des huiles essentielles : revue de littérature. Revue Agrobiologia. 9(2): 1653-1659.
19. Çalmaşur, Ö., Aslan, İ., & Şahin, F. (2006). Insecticidal and acaricidal effect of three Lamiaceae plant essential oils against *Tetranychus urticae* Koch and *Bemisia tabaci* Genn. Industrial Crops and Products, 23(2), 140-146.
20. Carmo M.M., Frazao S. and Venancio F., 1989. The chemical composition of portugese *Origanum vulgare*. Journal of essential oil research. 1(2) : 69-71.
21. Daouda.T, 2015. Etudes chimique et biologique des huiles essentielles de quatre plantes aromatiques médicinales de côte d'ivoire. Thèse de doctorat. Université Félix Houphouëtboigny.
22. Dave A., Colin J., Demianyk P.G., Fields D.S., Jayas J.T.M., William E.M., Blaine T., Noel D.G.W., 2001. Protection des céréales, des oléagineux et des légumineuses à grains entreposés à la ferme contre les insectes, les acariens et les moisissures. (éd. rev.) (Manitoba) Canada. 59 p.
23. Degryse A.C., Delpla I. & Voinier M.A., 2008. Risques et bénéfices possibles des huiles essentielles. Atelier santé environnement -IGS- EHESP, 87p.
24. De Jong, Y. et al. 2014 Fauna Europaea - all European animal species on the web. Biodiversity Data Journal 2: e 4034.Doi : [10.3897/BDJ.2.e4034](https://doi.org/10.3897/BDJ.2.e4034).

25. Delobel A et Tran M. 1993 .Les Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes. Ed. Orstom. Paris. 275, 424 p.
26. Derwich, E., Benzyane, Z., Mnar, A., Boukir, A. and Taouil, R. (2010). Phytochemical analysis and in vitro antibacterial activity of the essential oil of *Origanum vulgare* from Morocco. *American Eurasian Journal of Scientific Research*. 5(2) : 120-129.
27. Doumandji –Mitiche B et Doumandji S.E. 1988. Note sur l'installation en Mitidja de *Cales Noacki*. Département de Zoologie Agricole et Forestière. P,nn. Inst. Nat. Agro. El-Harrach, Vol. 12, no spécial, pp. 66-88.
28. El Kalamouni C., 2010. Caractérisations chimiques et biologiques d'extraits aromatiques oubliées de Midi- Pyrénées ; thèse de doctorat ; Université de Toulouse.
29. Gar Ebadollahi, A. (2011). Iranian plant essential oils as sources of natural insecticide agents. *International Journal of Biological Chemistry*, 5(5), 266-290.
30. Goetz P. et Ghédira K., 2012. Phytothérapie anti-infectieuse. Springer, Paris, 394 p.
31. Gretia. (2009). Etat des lieux des connaissances sur les invertébrés continentaux des Pays de la Loire ; bilan final. Rapport GRETIA pour le Conseil Régional des Pays de la Loire. 396 p.
32. Isman, M.B., 2005 - Botanical insecticides, deterrents and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu. Rev. Entomol.*, N° 51, pp. 45-66
33. Karpouhtsis, I., Pardali, E., Feggou, E., Kokkini, S., Scouras, Z. G., & Mavragani-Tsipidou, P. (1998). Insecticidal and genotoxic activities of oregano essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(3), 1111-1115.
34. Kassemi N., 2014. Activité biologique des poudres et des huiles essentielles de deux plantes aromatiques (*Pseudocytisus integrifolius* Salib et *Nepeta nepetella* L.) sur les ravageurs du blé et des légumes secs. Thèse de doctorat en biologie, option biologie animale, Université de Tlemcen.
35. Katsoyannos, P., Kontodimas, D.C., Stathas, G.J. 1998. The inundative release of *Cales noacki* Howard (Hymenoptera: Aphelinidae), for curative treatment of *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) (Homoptera: Aleyrodidae) on heavily infested citrus in Greece. *Annals of the Benaki Phytopathological Institute*, 18, 111–122.
36. Kherroub, Nadia.2018. Le pouvoir insecticide de l'extrait et huile essentielle d'*Origanum vulgare* vis-à-vis de pucerons d'agrumes. Université Abdelhamid ibn Badis Mostaganem. Algérie.
37. Kim, S., Park C., Ohh M., Cho H. and Ahn Y., 2003. Contact and fumigant activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae). *J. Stored Prod. Res.*, N° 29, pp. 11-19.

38. Kosar M., Dorman H. J. D., Bachmayer O., Baser K. H. C. and Hiltunen R., 2003. An improved on-line HPLC-DPPH* method for the screening of free radical scavenging compounds in water extracts of Lamiaceae plants. *Chemistry of natural Compounds*. 39(2) : 161–166.
39. Koschier, E.L. and K.A. Sedy, 2001. Effects of plant volatiles on the feeding and oviposition of *Thrips tabaci*. In: *Thrips and Tospoviruses*, Marullo, R. and L. Mound (Eds.). CSIRO, Australia, pp: 185-187.
40. Larousse, 2001. *Encyclopédie des plantes médicinales*. LAROUSSE, S.A., 335 p.
41. Lee, B.H., W.S. Choi, S.E. Lee and B.S. Park, 2001. Fumigant toxicity of essential oils and their constituent compounds towards the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.). *Crop Prot.*, 20: 317-320.
42. Mahmoudi, A., Benfekih, L. A., Yigit, A., & Goosen, M. F. 2018. An assessment of population fluctuations of citrus pest woolly whitefly *Aleurothrixus floccosus* (Maskell, 1896) (Homoptera, Aleyrodidae) and its parasitoid *Cales noacki* Howard, 1907 (Hymenoptera, Aphelinidae): A case study from Northwestern Algeria. *Acta agriculturae Slovenica*, 111(2), 407-417.
43. Maskell, A. F. (1974). Présence au Maroc d'une nouvelle espèce d'aleurode, *Aleurothrixus Floccosus* Maskell (Homoptère Aleyrodidae)-ennemis naturels, mesure de lutte. *Al-Awamia*, 51, 1-8.
44. Mechergui, K., Coelho, JA., Serra, MC., Lamine, SB., Boukhchina, S., Khouja, ML. (2010). Essential oils of *Origanum vulgare* L. subsp. *Glandulosum* (Desf.) Ietswaart from Tunisia: chemical composition and antioxidant activity. *J. Sci. Food Agric.* 90:1745-1749.
45. Mimica-Dukic N., Bozin B., Sokovic M. and Simin N., 2004. Antimicrobial and antioxidant activities of *Melissa Officinalis* L. (Lamiaceae) essential oil. *Journal of agricultural and food chemistry*. 52(9) : 2485-2489.
46. Moussaoui Baba Aissa K., Belhani M., Belkhoumali S., Merah O., Zebib B., Djazouli Z.E. 2012. Etude comparée de l'efficacité des huiles essentielles formulées à base de thym et d'origan sur différents aphides. *Revue Agrobiologia* ; N°3, 77-86.
47. Nega, A., (2011). Integrated management of woolly whitefly [*Aleurothrixus floccosus* (maskell) Homoptera: Aleyrodidae] on citrus at Adama, east Shewa zone, Ethiopia. Thesis Haramaya University.
48. Mahfouf N., 2018. Etude de l'espèce *Origanum vulgare*, Université Chadli Benjedid – El Tarf, Algérie, 150 p.

49. Obeng-Ofori, D., C.H. Reichmuth, J. Bekele and A. Hassanali, 1997. Biological activity of 1,8 cineole, a major component of essential oil of *Ocimum kenyense* (Ayobaugira) against stored product beetles. *J. Applied Entomol.*, 121: 237-243.
50. Onillon, J. 1975. Sur quelques aspects de la lutte biologique contre les aleurodes des agrumes.
51. -Oucherif N., Bouzar F., 2016. Effet insecticide d'huile essentielle d'une plante spontanée, *Lantana camara* sur l'insecte ravageur de blé en post-récolte *Tribolium castaneum*. Université de Khemis-Miliana
52. Padrini F. et Lucheroni M.T. 2003. Le grand livre des huiles essentielles. De Vecchi, Paris, 206 p.
53. Quezel P. et Santa S., 1963. Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales .Ed. CNRS, Paris.
54. Raynaud J., 2006. Prescription et conseil en aromathérapie. Tec et Doc Lavoisier, Paris, pp 148-149.
55. Rebecca B., Thomas S F., Andrew K., 2003 - Guide de gestion de la Floride d'insectes ravageurs des grains entreposés. Université de la Floride. http://edis.ifas.ufl.edu/le09/06/2010_
56. Regnault-Roger, C. and Hamraoui, 1995. Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (coleoptera), a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Stored Prod. Res.*, 31: 291-299.
57. Richard H., 1992. Epices et aromates. Ed. Technique et documentation-Lavoisier, Paris, 339.
58. Ruberto G., Baratta M. T., Sari M. and Kaâbeche M., 2002. Chemical composition and antioxydant activity of essential oil from Algerian *Origanum glandulosum* Desf. *Flavour and Fragrance Journal*. 17(4) : 251-254.
59. Sağdıç O., Kuşçu A., Özcan M. and Özçelik S., 2002. Effect of Turkish spice extracts at various concentrations on the growth of *Escherichia coli* O157: H7. *Food Microbiology*. 19(5): 473–480.
60. Sari madani, 2011. Etude biologique et phytochimique de l'origan (*Origanum vulgare* L. ssp *glandulosum* (Desf.) Letswaart) espèce endémique d'Algérie – Tunisie, Université Ferhat Abbas-Sétif, Algérie, 31 p.
61. Seidemann J. 2005. *World Spice Plants: Economic Usage, Botany, Taxonomy*. Springer Science & Business Media, Berlin, 262 p.

62. Seck D. (2009). Stockage, conservation et transformation des récoltes en zones tropicales. Notes de cours. 31 P.
63. Shaaya, E., U. Ravid, N. Paster, B. Juven, U. Zisman and V. Pissarev, 1991. Fumigant toxicity of essential oils against four major stored-product insects. *J. Chem. Ecol.*, 17: 499-504.
64. 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.
65. Sharififard, M., Alizadeh, I., Jahanifard, E., Wang, C., & Azemi, M. E. (2018). Chemical Composition and Repellency of *Origanum vulgare* Essential Oil against *Cimex lectularius* under Laboratory Conditions. *Journal of arthropod-borne diseases*, 12(4), 387.
66. Siad.F, Chabane.S, Baazizi.H 2016, L'effet bio-insecticide de l'huile essentielle de l'origan *Origanum vulgare* (Lamiaceae) vis-à-vis de deux espèces d'insectes ravageurs le charançon *Sylophilus oryzae* (Coleoptera) et le thrips *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera), Université M'Hamed Bouguera de Boumerdes
67. Souguir, S., Chaieb, I. Ben cheikh Z., & Laarif, A.. 2013. Activité Bio-insecticide des huiles essentielles de Marjolaine (*Origanum majorana*) et de Fenouil (*Foeniculum vulgare*) sur les larves de *Spodoptera littoralis*.
68. Ultee A., Kets E.P.W. and Smid E.J., 1999. Mechanisms of action of carvacol towards the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *Journal of Food Protection*. 63: 620-624.
69. USDA, NRCS. 2020. The plants Database (<http://plants.usda.gov>, 16 August 2020). National Plant Data Team, Greensboro, NC 27401-4901 USA.
70. Veres, K., Varga, E., Dobos, A., Hajdu, Zs., Mathe, I., Nemeth, E., Szabo. (2003). Investigation of the composition and stability of the essential oils of *Origanum vulgare* ssp., *vulgare* L., and *O.vulgare* ssp.*Hitus* (Link) Ietswaart. *Chromatographia*. 57 (12), 95-98
71. Walter E., 2002. Pest of stored food product <http://entomology.ucr.edu/ebeling/ebeling> le 13/06/2010
72. Zenasni.L., 2014. Etude de polymorphisme chimique des huiles essentielles de *Thymus satureioides* Coss et d'*Origanum compactum* Benth et du genre *Nepeta* et évaluation de leur propriété antibactérienne. Thèse de doctorat. Université Mohammed V – Agdal. Rabat.