



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Larbi Tébessi  
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la vie



Département des Sciences des Etres Vivants

**MEMOIRE DE MASTER**

**Domaine** : Sciences de la Nature et de la Vie (SNV)

**Filière** : Sciences Biologiques

**Spécialité** : Ecophysiologie Animale

**Effets insecticides de deux huiles essentielles**  
***Origanum vulgare* et *Allium sativum***  
**sur un ravageur des denrées stockées**  
***Ephestia kuehniella*.**

Par

**Chergui el Khansa**

Devant le jury :

Dr. AMAMRA Rym	MCB	Université de Tébessa	Président
Dr. BOUZERAA Hayette	MCB	Université de Tébessa	Rapporteur
Dr. MESSADIA Amira	MCB	Université de Tébessa	Examinateur

Date de soutenance : 30/6/2018

Note : /20

## Remerciements

*Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer tous nos remerciements à **DIEU** tout puissant, qui en son nom et avec sa protection, nous avons réussi à réaliser ce travail.*

*Je remercie infiniment **Mme Amamra** d'avoir acceptée de présider ce jury.*

*Mes profonds remerciements vont à **Mme Bouzeraa** qui a accepté d'encadrer mon travail, pour tout le temps qu'elle m'a consacré, ses directives précieuses et pour ses riches conseils qu'elle m'a apporté durant toute la période de ce travail.*

*Mes remerciements vont également à **Mme Messaadia** pour avoir accepté de faire partie de ce jury et de juger ce travail.*

*J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé nos réflexions jusqu'à l'obtention du diplôme de Master.*

*A mes parents et tous mes frères et soeurs de leur soutien et de leur grande affection et les grands efforts qu'ils nous ont apporté pour nous aider à réaliser ce travail.*

*Mes remerciements s'adressent également à ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce travail.*

*Merci*

## Liste des figures

<b>Figure N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Figure 01</b>	Développement schématisé d'un lépidoptère	5
<b>Figure 02</b>	Structure chimique de quelques composés des huiles essentielles	5
<b>Figure 03</b>	<i>Ephestia kuehniella</i>	6
<b>Figure 04</b>	Cycle de développement d' <i>E.kuehniella</i> à 27 C°	8
<b>Figure 05</b>	Larves <i>Ephestia kuehniella</i> Distinction du sexe male (♂) et femelle (♀) (Le cercle représente la paire de testicules)	8
<b>Figure 06</b>	<i>Origanum vulgare</i>	10
<b>Figure 07</b>	<i>Allium sativum</i>	11
<b>Figure 08</b>	Elevage de masse des larves d' <i>E.kuehniella</i> au laboratoire	12
<b>Figure 09</b>	Plante séchée d' <i>Origanum vulgare</i>	13
<b>Figure 10</b>	Préparation du matériel végétal	13
<b>Figure 11</b>	Hydrodistillation de <i>Origanum vulgare</i> par Clevenger	14
<b>Figure 12</b>	Hydrodistillation de <i>Allium sativum</i> par clevenger	14
<b>Figure 13</b>	Pourcentage de mortalité corrigée d' <i>E.kuehniella</i> après application topique de l'huile essentielle <i>O.vulgare</i> sur des chrysalides nouvellement exuvies. (m±SEM, n=3 répétitions comportant chacune 10 larves)	17
<b>Figure 14</b>	Pourcentage de mortalité corrigée d' <i>E.kuehniella</i> après application topique de l'huile essentielle <i>A.sativum</i> sur des chrysalides nouvellement exuvies. (m±SEM, n=3 répétitions comportant chacune 10 larves)	18
<b>Figure 15</b>	Courbe de référence exprimant les Probits en fonction des logarithmes décimaux des concentrations	18
<b>Figure 16</b>	DL 50 et DL90 de l'huile essentielle de <i>O.vulgare</i> et d' <i>A.sativum</i> contre les chrysalides de <i>E.kuehniella</i> (m±SEM, n=3 répétitions comportant chacune 10 chrysalides)	19

<b>Figure 17</b>	Effet de l'huile essentielle de <i>O.vulgare</i> et de <i>A.sativum</i> , en application topique sur les chrysalides nouvellement exuvies, sur la durée du développement nymphal ( $m \pm SD$ , $n = 12$ )	19
<b>Figure18</b>	Répartition (%) des différents types morphologiques observés après traitement A l'huile d'origan et à l'huile d'ail les chrysalides d' <i>E. kuehniella</i> . (n= 12).	20

## Liste des tableaux

Tableau N°	Titre	Page
Tableau 01	Pourcentage de mortalité corrigée d' <i>E.kuehniella</i> après application topique de deux huiles essentielles <i>O.vulgare</i> et <i>A.sativum</i> sur des chrysalides nouvellement exuvies. (m±SEM, n=3 répétitions comportant chacune 10 larves)	17
Tableau 02	Analyse des Probits (DL 50 et DL90) de la toxicité de l'huile essentielle de <i>O.vulgare</i> et d' <i>A.sativum</i> contre les chrysalides de <i>E.kuehniella</i> (m±SEM, n=3 répétitions comportant chacune 10 chrysalides)	18

## Liste des abréviations

**FAO** : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

**APS** : Algérie Presse Service

**nAChR** : Récepteur nicotinique à l'acétylcholine

**R** : Rendement

**Ph** : Poids de l'huile essentielle en g

**Pp** : Poids de la plante en g

**DL50** : Dose létale de 50% de la population

**DL90** : Dose létale de 90% de la population

**g** : Gramme

**HE** : Huile essentielle

## Table des matières

N°	Contenu	page
1	Introduction	1
2	Matériel et méthodes	6
2.1	Matériel biologique	6
2.1.1	Présentation de l'insecte	6
2.1.2	Cycle de développement	6
2.1.3	Présentation des plantes	9
2.1.3.1	<i>Origanum vulgare</i>	9
2.1.3.2	<i>Allium sativum</i>	10
2.2	Méthodes d'étude	11
2.2.1	Technique d'élevage	11
2.2.2	Extraction des huiles essentielles	12
2.2.3	Mode opératoire	12
2.2.4	Calcul du rendement	14
2.2.5	Traitement par les huiles essentielles extraites d' <i>Origanum vulgare</i> et d' <i>Allium sativum</i>	15
2.2.5.1	Test de toxicité	15
2.2.5.2	Détermination des différents types morphogénétiques	15
2.2.5.3	Traitement statistique	15
3	Résultats	16
3.1	Rendement en huile essentielle	16
3.2	Détermination de la toxicité de l'huile essentielle	16
3.3	Effets de l'huile essentielle de <i>O.vulgare</i> et de <i>A.sativum</i> sur le développement	19
3.3.1	Effet sur le développement nymphal	19
3.3.2	Détermination des différents types morphologiques induits par traitement	20
4	Discussion	21
5	Conclusion et perspectives	24
	Résumés	25
	Références bibliographiques	

---

## 1- Introduction

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Les céréales sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale (Slama *et al.*, 2005). Selon FAO (2007), leur production arrive jusqu'à 2 Milliards de tonnes.

En Algérie, les céréales sont les principales cultures, cultivées sur une superficie annuelle d'environ 3,6 millions d'hectares (MADR, 2012). En 2015- 2016 et selon l'Agence officielle APS (Algérie Presse Service) la production nationale des céréales (orge, blé tendre et dur) a chuté à 3,3 millions de tonnes, comparativement aux années précédentes. Cette chute est due à plusieurs facteurs notamment les contraintes techniques (excès de maturité, choix des variétés, les insectes...), les conditions climatiques (intempéries) et l'explosion démographique (le Maghreb, 2016). Selon les estimations récentes de la FAO (2011), rien qu'en Afrique, les pertes post-récoltes ont été estimées à 25 % pour les céréales (NEPAD PCA, 2011). Dans le monde, des pertes de récoltes estimées à 40% de la production potentielle (Dimetry, 2014) sont dues essentiellement à des ravageurs (KulKarni *et al.*, 2009)

La nature des dommages causés par les insectes des denrées stockées est très variable. Non seulement ils dévorent une quantité importante de nourriture, mais ils contaminent aussi ces denrées avec leurs fèces, leurs odeurs, leurs toiles de soie, leurs cadavres et leurs mues. Cela peut entraîner, parfois, des réactions allergiques chez les consommateurs. Leur présence peut aussi entraîner une humidité suffisante pour le développement de microorganismes causant ainsi des pertes quantitatives et qualitatives du produit.

Pour les combattre efficacement, il est important de les connaître et de disposer d'une base de données sur leur biologie et leur zone d'habitation (Ndiaye, 1999).

Chez les insectes et au niveau du système nerveux central, l'influx nerveux arrivant dans la terminaison présynaptique entraîne une libération d'acétylcholine, principal neurotransmetteur excitateur, qui se fixe sur des récepteurs placés sur la membrane post-synaptique (Fournier, 2005). Cette fixation permet l'ouverture des canaux sodium et potassium, laquelle entraîne la dépolarisation à l'origine de l'influx nerveux sur l'élément post-synaptique (Dohi *et al.*, 2009 ; Kwon *et al.*, 2010).

---

Le rôle de l'acétylcholinestérase est d'hydrolyser l'acétylcholine ce qui permet la fermeture des canaux associés au récepteur du neurotransmetteur (Dohi *et al.*, 2009 ; Kwon *et al.*, 2010). Si l'action de cette enzyme est bloquée, la membrane post-synaptique se trouve continuellement excitée (Anderson et Coats, 2012). L'accumulation de l'acétylcholine dans la région synaptique provoque une hyperexcitation des liaisons cholinergiques causant finalement la mort de l'insecte (Dohi *et al.*, 2009).

Bien que le système nerveux de l'insecte soit à l'origine de l'orchestration des activités reproductrices, le système endocrinien n'en joue pas moins un rôle clé (Barth et Lester, 1973 ; Koeppel *et al.*, 1985 ; Hagedorn, 1985 ; Raina et Klun, 1984 ; Davies *et al.*, 2006).

Les insectes possèdent un squelette externe inextensible. Pour croître, ils doivent se débarrasser périodiquement de leur ancienne cuticule et en sécréter une nouvelle au cours d'un cycle de mue. Chaque mue conduit à une larve de plus en plus grosse jusqu'à la métamorphose en adulte chez les holométaboles (Figure 1). Ce dernier va engendrer par la suite, l'orchestration des activités reproductives. Il est classiquement admis que ces événements sont directement contrôlés par le système neuroendocrinien qui secrète les hormones nécessaires dont les ecdystéroïdes et l'hormone juvénile ainsi que certaines neurohormones (Hagedorne, 1985; Davies *et al.*, 2006).

Les insecticides sont toutes les substances qui tuent les insectes, empêchent l'éclosion des oeufs, altèrent le développement normal des larves ou la maturation sexuelle (Faurie *et al.*, 2003 ; Hordé, 2015). Ils sont, aussi, définis comme des produits neurotoxiques (Scotti, 1978). Ils provoquent une hyperactivité générale, perturbant les mouvements, l'alimentation et entraînent des tremblements et ou des convulsions, aboutissant à la paralysie et à la mort de la cible (Regnault-Roger, 2002). Une fois en contact avec l'insecte, pénètrent dans son système nerveux et le tuent en perturbant la transmission synaptique. Ces neurotoxiques ont pour cibles majeures: (1) les récepteurs canaux de l'acide  $\gamma$ -aminobutyrique (GABA), cibles des phénylpyrazoles et de certains organochlorés, (2) les canaux sodium voltage-dépendant, cibles des pyréthrinoïdes et de certains organochlorés, (3) l'acétylcholinestérase, cible des organophosphorés et des carbamates et (4) le récepteur nicotinique à l'acétylcholine (nAChR), cible des spinosynes et des néonicotinoïdes.

---

Les insecticides neurotoxiques ont l'avantage d'agir rapidement et efficacement pour stopper les dégâts engendrés dans les cultures. Ils agissent également sur les insectes vecteurs de maladies humaines comme le moustique (Casida et Durkin, 2013).

Les méthodes utilisées pour limiter les pertes dans les stocks dues aux insectes ravageur sont généralement les insecticides chimiques qui ont démontré une efficacité certaine. Malheureusement ces produits sont toxiques aux consommateurs, et ont un impact négatif sur l'environnement (FAO, 2014). Pour remédier aux problèmes, il existe des luttes alternatives basées sur la lutte biologique (Lambert, 2010), en utilisant des substances naturelles actives, non polluantes, pour une lutte efficace et moins nocifs sur l'environnement et sur les animaux non ciblés telles que les huiles essentielles extraites par les végétaux (Delim *et al.*, 2013). Les insecticides d'origine végétale, sont efficaces et agissent via les récepteurs de l'acétylcholine sur le système nerveux central et périphérique des insectes (Kiryama *et al.*, 2003).

L'Algérie est considéré comme un pays riche en plantes aromatiques et médicinales qui sont à l'origine des produits à forte valeur ajoutée (huiles essentielles, extraits, résines...) Elle sont susceptibles d'être utilisées dans différents domaines (pharmacie, parfumerie, cosmétique, agroalimentaire) pour leurs propriétés thérapeutiques, organoleptiques et odorantes. Elles possèdent également des activités biologiques, antioxydantes, neurotoxiques et majoritairement une activité répulsive pour les insectes.

Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs, et les plantes capables d'élaborer les constituants qui composent ces huiles essentielles sont connues sous le nom de plantes aromatiques. Il y aurait environ 17 500 espèces aromatiques réparties dans une cinquantaine de familles, comme les Lamiacées (thym, menthe, lavande, origan), les Apiacées (anis, fenouil, angélique, cumin, coriandre), les Myrtacées (myrthe, eucalyptus) et les Lauracées (camphrier, laurier-sauce, cannelle). Ces espèces sont caractérisées par la présence d'organes spécifiques responsables de la synthèse et du stockage des huiles essentielles (Werker *et al.*, 1993).

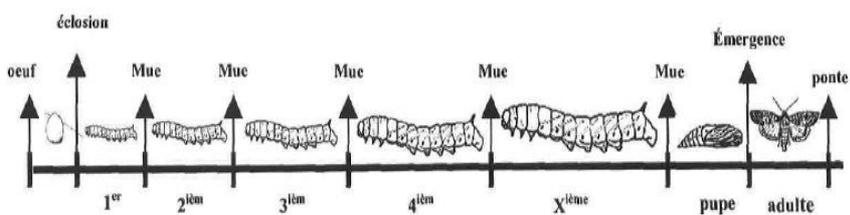
Du point de vue chimique, les huiles essentielles sont constituées de mélanges extrêmement complexes. Les constituants des huiles essentielles peuvent être répartis en deux classes en fonction de leur voie de biosynthèse : les terpénoïdes (monoterpènes, peuvent

---

constituer parfois plus de 90% des huiles essentielles (Bruneton, 2009) et sesquiterpènes, et les phénylpropanoïdes (Buchanan *et al.*, 2000) (Figure2).

L'activité insecticide des huiles essentielles extraites des plantes aromatiques a fait l'objet de nombreuses recherches en vue de réduire les pertes occasionnées par les insectes ravageurs des denrées stockées. Utilisées par contact, ingestion ou par fumigation, leur toxicité s'exprime de différentes manières : activités ovicide, larvicide, (Huang *et al.*, 2000 ; Kéïta *et al.*, 2000 ; Ibrahim *et al.*, 2001 ; Regnault-Roger *et al.*, 2002 ; Regnault-Roger, 2002 ; Kim *et al.* , 2003 ; Clemente *et al.*, 2003 ; Kellouche et Soltani, 2004 ; Yahyaoui, 2005 ; habiba,2007 ; Bouchikhi *et al.*, 2008 ; Cosimi *et al.*2009 ; Bouchikhi Tani *et al*, 2010 ; Gueye *et al.*, 2011 ; Aïboud , 2012 ; Delimi *et al.*, 2013) et aussi bien activités inhibitrices sur la croissance et le développement ;antinutritionnelle (Waliwitiya *et al.*, 2008).

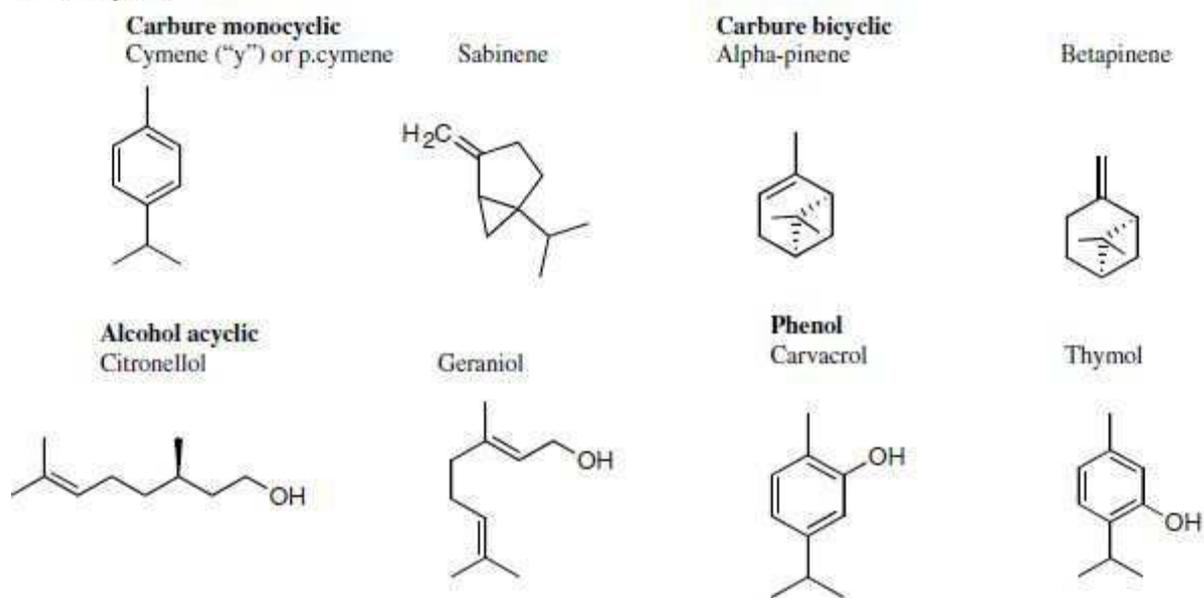
Dans notre travail nous évaluant la toxicité des huiles essentielles de deux plantes aromatiques : l'ail (*Allium sativum*, Liliaceae) et l'origan (*Origanum vulgare*, Lamiaceae) sur un important ravageur des denrées stockées, pyrale de la farine, *Ephestia kuehniella*, on déterminant leurs effets sur le développement nymphal.



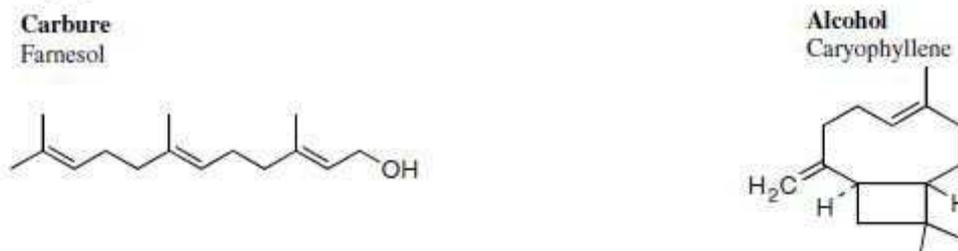
**Figure .1.**Développement schématisé d'un lépidoptère(Frisco,2006)

## I. Terpenes

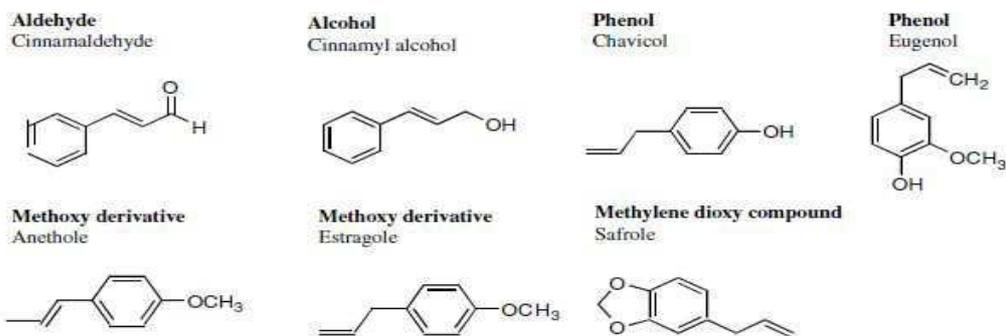
### -Monoterpenes



### -Sesquiterpenes



## 2. Aromatic compounds



**Figure 2.** Structure chimique de quelques composés des huiles essentielles (Bakkali *et al.*,2008)

---

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Matériel biologique

#### 2.1.1. Présentation de l'insecte

*Ephestia kuehniella* (Zeller), communément appelée pyrale de la farine, est une espèce méditerranéenne originaire de l'Inde. Elle provoque des dégâts principalement sur la farine ainsi que sur les grains de céréales (blé, maïs, riz), la semoule, les flocons d'avoine, les biscuits, les pâtes alimentaires et les fruits desséchés (raisins, figues, abricots). Sa position systématique est la suivante :

Embranchement	: Arthropoda
Classe	: Insecta
Sous classe	: Pterygota
Super ordre	: Endopterygota
Ordre	: Lepidoptera
Famille	: Pyralidae
Genre	: Ephestia
Espèce	: kuehniella (Zeller, 1879)



**Figure .3.***Ephestia kuehniella*

#### 2.1.2. Cycle de développement

Chez *Ephestia kuehniella*, la durée totale du cycle varie de 80 jours à une température de 27C° et une humidité de 80% (Bouzeraa, 2010). Le cycle de vie des lépidoptères est dit holométabole, il passe par les stades : oeuf, larve, chrysalide ou nymphe et adulte (Figure 4). Le passage du stade chrysalide au stade adulte constitue la métamorphose (Jean-Lou, 1978).

---

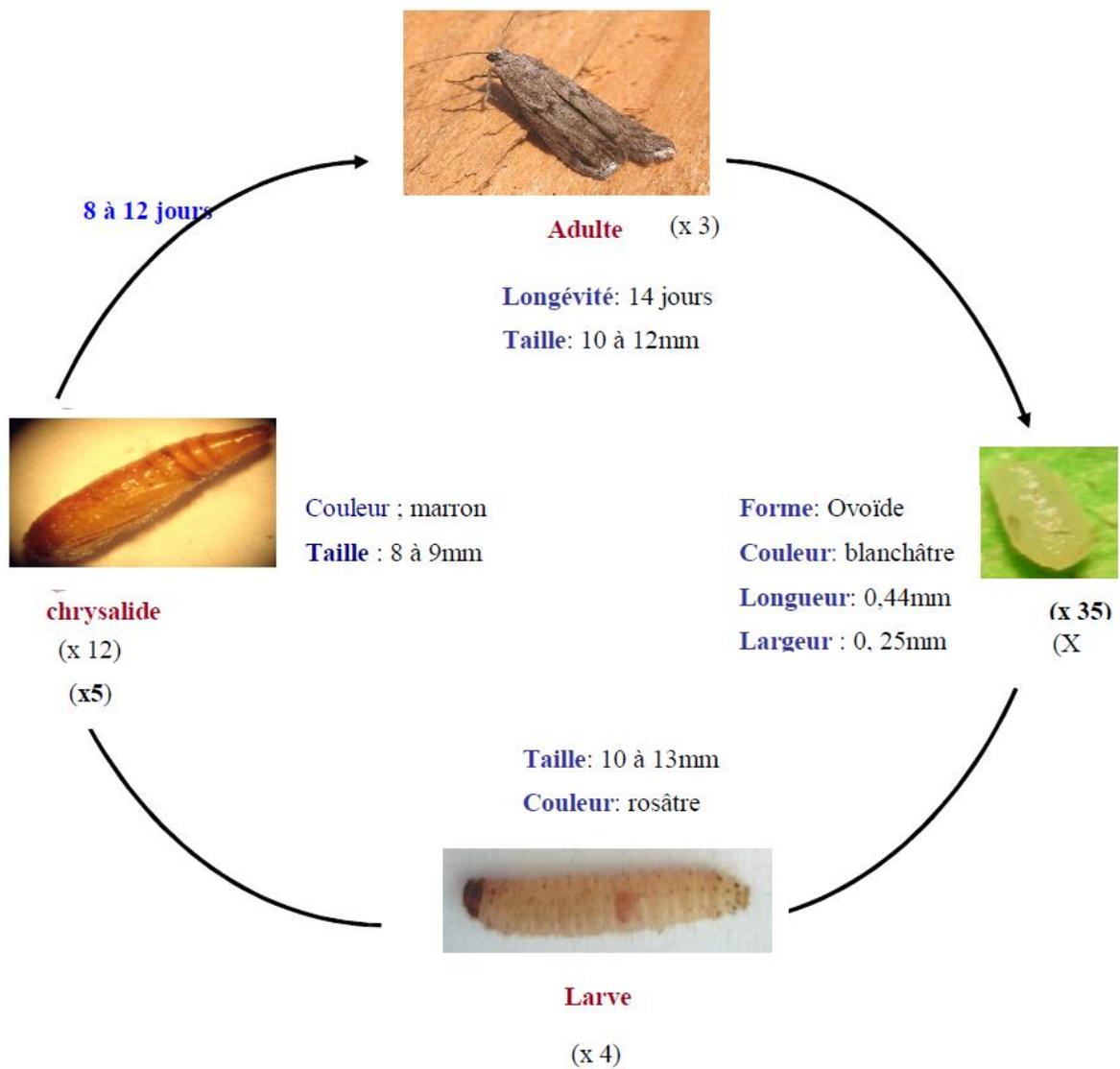
**Oeuf :** généralement ovoïde, 100 à 200 œufs, à une température de 27C° et une humidité de 80%, sont pondus dans les céréales par la femelle adulte (Bouzeraa, 2010) dans lesquelles vont se développer les larves (Khelil, 1995).

**Larve:** C'est le stade de croissance. La larve consomme plusieurs fois son propre poids de nourriture et, comme son tégument est rigide, elle mue périodiquement, ce qui lui permet de croître. À son premier stade, la larve, blanche tirant sur le rosé, mesure 1 à 1,5mm. Après six mues larvaires (Bouzeraa, 2010), elle atteint 10 à 13 mm au stade final et peut parcourir jusqu'à 400 mm. Le mâle se différencie de la femelle par la présence de deux tâches noires à la face dorsale de l'abdomen, qui correspondent aux testicules (Hami, 2004; Taibi, 2007) (Figure 5). La larve se dirige en général vers les endroits sombres et se tient au repos entre les plis ou caché dans la farine (Balachowsky, 1972).

**Nymphe:** les larves du dernier stade commencent à se nymphoser en tissant une enveloppe de soie « cocon » contenant des substances nutritives dans laquelle elle évoluera pendant 8 à 12 jours donnant un stade immobile. Elle est de couleur brune et mesure environ 8 à 9 mm de long.

**Adulte:** L'insecte adulte a une petite tête globuleuse et fait 10 à 12 mm d'envergure, les ailes antérieures sont grisâtres et satinées, avec des points noirs, les ailes postérieures, finement frangées, sont blanchâtres (Jean-Lou, 1978). Les adultes se déplacent dans les interstices, entre les grains et, peuvent pénétrer profondément dans la masse et peuvent voler et ont une vaste aire de répartition (Doumandji-Mitiche, 1997).

L'adulte vit jusqu'à deux semaines, elle est sensible au froid mais pendant l'hiver, il vit en hibernation. Dans les lieux chauffés, il peut naître 3 à 6 générations par an, voire davantage. (Jean-Lou, 1978).



**Figure 4.** Cycle de développement d'*E. kuehniella* à 27 C°. (photos H.BOUZERAA).



**Figure.5.** Larves *Ephestia kuehniella*

Distinction du sexe male (♂) et femelle (♀) (Le cercle représente la paire de testicules)

---

## 2.1.3. Présentation des plantes

### 2.1.3.1. *Origanum vulgare*

#### - Description botanique :

L'origan est une herbacée vivace de 30 à 60 cm de hauteur, au feuillage et aux fleurs, très odorants quand on les froisse. Elle est ainsi reconnaissable à son odeur et à sa saveur phénolée, épicée et chaude (Arvy et Gallouin, 2003 ; Teuscher *et al.*, 2004).

Les tiges dressées souvent rougeâtres et velues, portent les feuilles ovales opposées et espacées. Celles-ci possèdent des glandes sécrétrices sessiles non apparentes. Les fleurs blanches ou roses sont groupées en inflorescences. Chaque fleur est située à l'aisselle d'une bractée ovale, et dépassant le calice. Ce calice est lui-même en tube gamosépale et persistant. La corolle, plus grande que le calice, est quant à elle bilabée à tube saillant à la base et gamopétale. Le fruit est constitué d'akènes. La floraison se prolonge de mai à octobre (Baba Aissa, 1990 ; Teuscher *et al.*, 2004 ; Figueredo, 2007).

En Algérie, communément appelé « zaâter », l'origan est une plante essentiellement médicinale qui jouit d'une grande ferveur populaire (Baba Aissa, 1990). Elle est très commune dans la colline algérienne, en particulier dans les zones sèches et exposées au soleil.

La sous-espèce *O. vulgare glandulosum* est utilisée comme tisane par la population locale pour guérir plusieurs maladies telles que : rhumatismes, toux, rhume et troubles digestifs (Mahmoudi ,1990 ; Erdogan et Belhattab, 2010).

#### -Position systématique :

Embranchement : Spermatophyta

Sous-embranchement : Angiospermea

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Asteridae

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiaceae

Genre : *Origanum*

Espèce: *vulgare* (Linné., 1753)



**Figure 6.** *Origanum vulgare*

### **2.1.3.2. *Allium sativum***

#### **-Description botanique:**

Est une plante monocotylédone et herbacée appartenant à l'ordre des liliales. La plante est bulbeuse, vivace et a nombreuses petites fleurs blanches linéaires, engainantes et formant une inflorescence en ombelle. Le bulbe mère repose sur une structure plate appelée plateau d'où partent les racines. Il est entouré de cinq à dix petits bulbes secondaires (caieux), couramment désignés sous le terme de gousses. L'ensemble (bulbe et caieux) est enveloppé d'une fine pellicule de couleur blanche ou rose selon les espèces. La plante dégage une forte odeur piquante.

La reproduction de *Allium sativum* est strictement végétative et ceci à partir d'une gousse. Au printemps, le bulbe donne naissance à une mince tige cylindrique d'environ 30cm de hauteur engainée par de longues feuilles étroites.

L'aile est originaire du centre de l'Asie mais la plante est actuellement très cultivée dans toutes les régions du monde particulièrement dans les pays tempérés et subtropicaux. En Algérie elle est cultivée dans la wilaya de Skikda, Annaba, Naama, Mostaganem et Mila.

---

L'ail possède des activités anti tumorales, anti inflammatoires et anti oxydantes. Elles ont été attribuées aux extraits d'ail et leur effet potentiel biologique a été extensivement examiné sur la santé humaine (Afzal et al., 2000). Toutes les activités biologiques de l'ail, sont liées à la présence des composés organosulfurés et phénolique. On l'utilise aussi bien comme condiment pour sa saveur et son odeur piquante .il est apprécié pour ses multiples propriétés médicinales.



**Figure 7.** *Allium sativum*

**-Position systématique :**

Embranchement : Spermatophyta

Sous-embranchement : Angiospermea

Classe : Liliopsida

Sous-classe : Liliidae

Ordre : Liliales

Famille : Liliaceae

Genre : *Allium*

Espèce : *sativum* L. (Goetz, *et al.*, 2012).

## **2.2. Méthodes d'étude**

### **2.2.1. Technique d'élevage**

La farine infestée a été prélevée d'un dépôt de stockage de la wilaya d'Annaba. *E. kuehniella* (Zeller) est élevée au laboratoire à une température de  $25\pm 3^{\circ}\text{C}$ . Les larves mâles et femelles sont isolées dans des boîtes en plastique contenant de la farine et du papier plissé

---

pour qu'elles puissent se nymphoser. Après la mue nymphale les chrysalides sont traités et mises dans des boîtes de pétri jusqu'à la mue imaginale



**Figure 8.** Elevage de masse des larves d'*E.kuehniella* au laboratoire.

### **2.2.2. Extraction des huiles essentielles**

Les huiles essentielles des deux plantes (*Origanum vulgare* et *Allium sativum*) sont extraites par le procédé d'hydrodistillation, grâce à un appareil de type Clevenger qui est constitué d'un chauffe ballon qui permet la distribution homogène de la chaleur dans le ballon, un ballon en verre pyrex où l'on place la matière végétale séchée et l'eau distillée et une colonne de condensation de la vapeur (réfrigérant). Cette technique est basée sur l'immersion d'un échantillon solide dans l'eau portée à ébullition. La vapeur saturée en huile essentielle traverse un serpentin où elle se condense pour donner deux produits: l'eau florale et l'huile essentielle.

### **2.2.3.Mode opératoire**

250g de la partie aérienne séchée de la plante *Origanum vulgare* originaire de Sétif ont été achetés chez un herboriste au niveau de la wilaya de Tebessa (Figure 9). La plante a été émietée puis introduites dans un ballon monocol contenant 2.5L d'eau distillée.

300g de gousses d'*Allium sativum* ont été achetés chez un commerçant. Les gousses ont été écrasées dans 3 L d'eau distillée à l'aide d'un mélangeur pendant une minute à vitesse moyenne, l'homogénat obtenu est gardé pendant une heure en macération (Figure 10).



**Figure 9.** Plante séchée d'*Origanum vulgare*



Les gousses d'ail

Les morceaux de gousses en macération

**Figure 10.** Préparation du matériel végétal

Le mélange de chaque plante est porté à ébullition pendant 3 à 4h. La vapeur chargée d'huile essentielle provenant des deux plantes passe à travers le tube vertical puis dans le serpentín de refroidissement où aura lieu la condensation. Les gouttelettes ainsi produites s'accumulent dans un collecteur. L'huile essentielle de faible densité par rapport à l'eau, surnage à la surface de cette dernière (Figure 11 et 12). L'huile ainsi obtenue est récupérée par décantation puis traitée par un déshydratant, le sulfate de sodium ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), pour éliminer le peu d'eau susceptible d'avoir été retenue dans l'huile. Elle est alors conservée dans des flacons opaques bien scellés à température basse (4 à 5°C).



**Figure 11.** Hydrodistillation de *Origanum vulgare par* Clevenger



**Figure 12.** Hydrodistillation de *Allium sativum par* clevenger

#### **2.2.4. Calcul du rendement**

Le rendement en huile essentielle est défini comme étant le rapport entre la masse d'huile essentielle obtenue après l'extraction et la masse de la matière végétale utilisée (AFNOR, 1986). Le rendement (R) est exprimé en pourcentage (%) et il est donné par la formule suivante :

$$R = Ph / Pp \times 100$$

P<sub>h</sub>: poids de l'huile essentielle en g

P<sub>p</sub>: poids de la plante en g

---

## **2.2.5. Traitement par les huiles essentielles extraites d'*Origanum vulgare* et d'*Allium sativum***

### **2.2.5.1- Test de toxicité**

Différentes concentrations d'origan et d'ail ont été préparées par dilution dans l'acétone (0,1, 0,5, 1, 6, 12, 20%) et (0,01, 0,5, 1, 2%) respectivement. 2µl/individu de chaque concentration ont été appliquées par voie topique sur la face ventrale des chrysalides mâles et femelles d'*E. Kuehniella* nouvellement exuviés (<8h). Les chrysalides traitées avec 2µl d'acétone seule sont considérés comme témoin positif (+) et les non traitées comme témoins négatif (-). Une série de trois répétitions comportant 10 chrysalides chacune a été effectuée pour chaque concentration.

La détermination du taux de mortalités a été faite durant tout le stade nymphal (environ 12jours) pour les séries traitées et non traitées.

Les pourcentages de mortalité observée sont corrigés selon la formule d'Abbott (1925) qui permet d'éliminer la mortalité naturelle et de déterminer la toxicité réelle des huiles essentielles. La détermination des concentrations dose létale à 50% (DL50) et à dose létale à 90% (DL90) a été faite grâce à un logiciel GRAPH PAD PRISM 7.

### **2.2.5.2. Détermination des différents types morphologiques**

La durée du développement nymphal a été déterminée en nombre de jours qui sépare l'exuviation nymphale de l'exuviation adulte. Durant cette période, une observation des éventuels différents types morphologiques ont été notés.

### **2.2.5.3 Traitement statistique**

Les données de nos résultats sont exprimées statistiquement par la moyenne plus ou moins l'écart-type ( $m \pm SD$ ). Les moyennes des différentes séries sont comparées par l'analyse de la variance à un critère de classification (ANOVA) avec un seuil de signification  $P \leq 0,05$  et le test de Tukey pour le groupement des moyennes. Le test T-student est utilisé pour la comparaison deux à deux entre les moyennes des séries témoin et traités de la durée du développement nymphal.

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel MINITAB (Version 17, PA State College, USA).

---

## 3. Résultats

### 3.1. Rendement en huile essentielle

L'hydrodistillation de la partie aérienne sèche de la plante *Origanum vulgare* a permis d'obtenir un rendement en huile essentielle de 2,9%. L'huile essentielle obtenue est de couleur jaune ocre et d'une odeur aromatique.

L'huile essentielle extraite de la plante *Allium sativum* par hydrodistillation est de couleur incolore à jaune très claire et d'une odeur très prononcée et piquante. La plante présente un faible rendement en huile essentielle 0,001%. Pour nos essais biologiques nous avons utilisées 1kg de gousses d'ail.

### 3.2. Détermination de la toxicité de l'huile essentielle

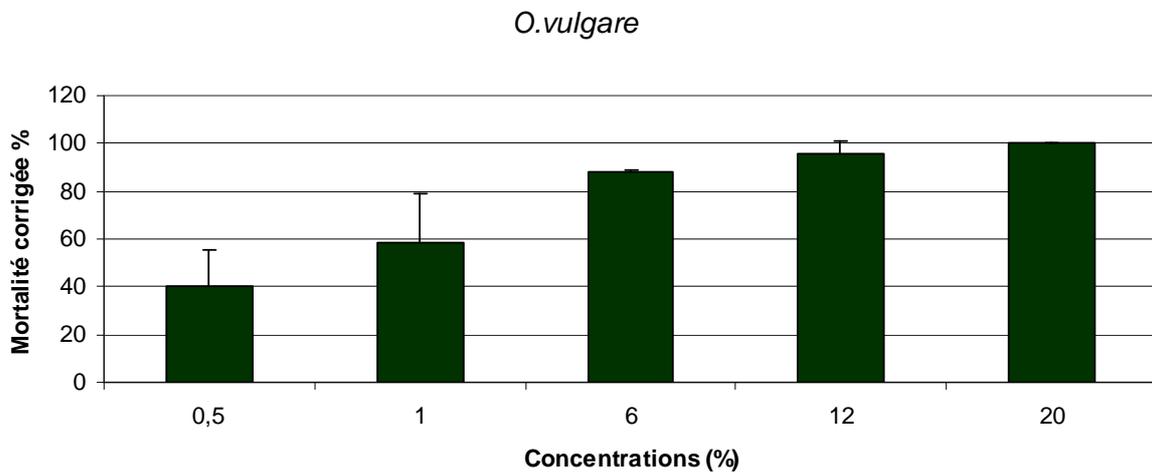
Le test de toxicité par contact a permis de déterminer l'activité toxique de l'huile essentielle de *O.vulgare* et d'*A. sativum* sur *E.kuehniella* à partir de la mortalité enregistrée chez les chrysalides comparativement aux témoins. Différentes doses ont été testées (0.5, 1, 6, 12, 20%) et ( 0.01 et 0.5 %) respectivement. Les mortalités corrigées et les DL50 et DL90 sont mentionnées dans le tableau 1 et 2.

Les résultats montrent une augmentation du taux de mortalité corrigée en fonction des concentrations. L'activité insecticide de l'huile essentielle de *O.vulgare* cause une toxicité par contact enregistrée à 0.5%. La dose létale moyenne (DL50) est à 0.72 %. Une concentration de 20% cause 100% de mortalité. La dose létale 90% de mortalité (DL90) est à 5.85%. Le test ANOVA révèle une différence significative entre les concentrations ( $p=0.001$ ). L'activité insecticide de l'huile essentielle de *A.sativum* est plus toxique. Elle enregistre une mortalité à de très faible dose 0.01%. La dose létale moyenne (DL50) est à 0.03%. La dose létale 90% de mortalité (DL90) est enregistrée à 1.56%.

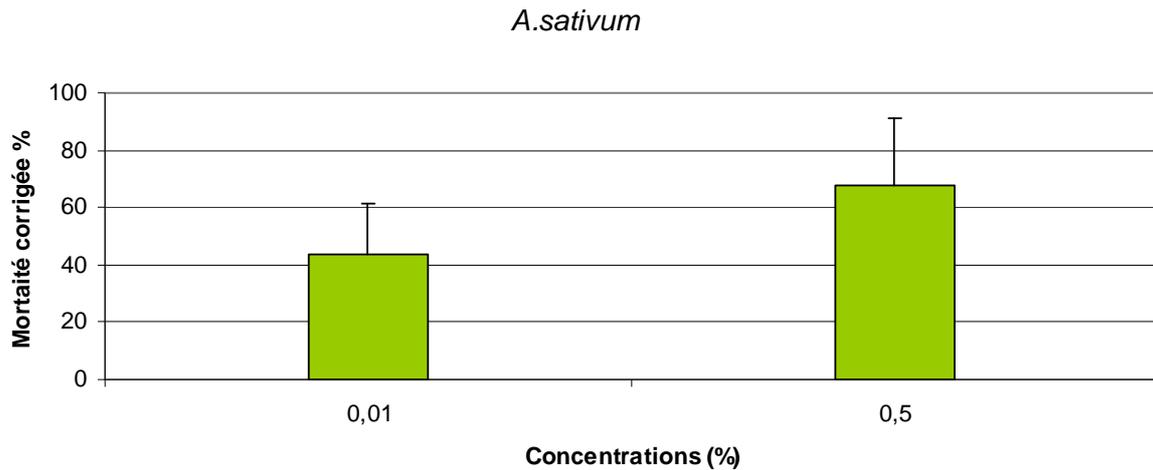
**Tableau 1.** Pourcentage de mortalité corrigée d'*E.kuehniella* après application topique de deux huiles essentielles *O.vulgare* et *A.sativum* sur des chrysalides nouvellement exuvies. (m±SEM, n=3 répétitions comportant chacune 10 larves).

Plante	Nombre	Concentration (%)	% de mortalité
<i>Origanum vulgare</i>	10	0.5	40.27±14.81 <sup>C</sup>
	10	1	58.79±20.06 <sup>BC</sup>
	10	6	87.96±0.61 <sup>AB</sup>
	10	12	95.83±5.55 <sup>AB</sup>
	10	20	100±0.00 <sup>A</sup>
<i>Allium sativum</i>	10	0.01	43.51±17.85 <sup>A</sup>
	10	0.5	67.59±23.25 <sup>A</sup>

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont sensiblement différentes entre les concentrations pour chaque insecte



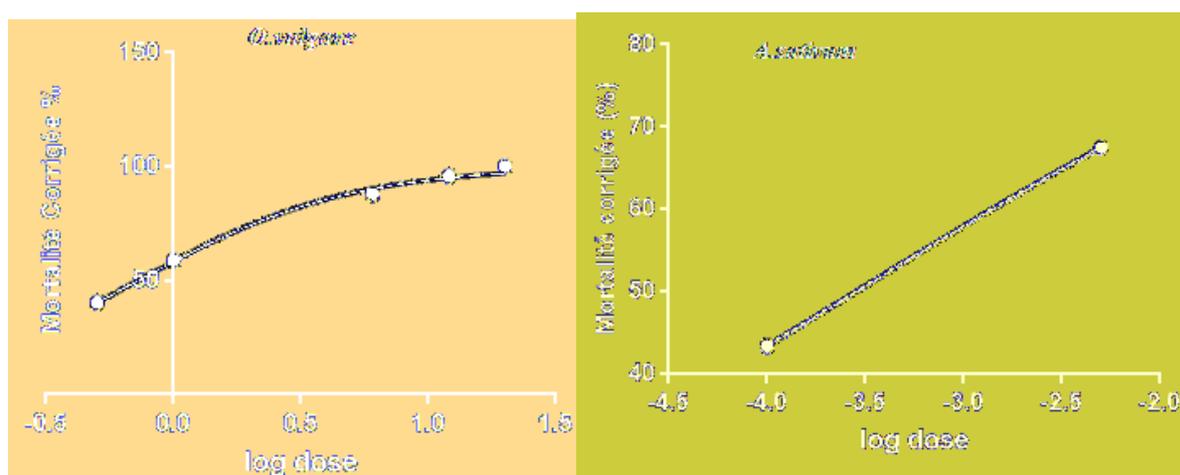
**Figure 13.** Pourcentage de mortalité corrigée d'*E.kuehniella* après application topique de l'huile essentielle *O.vulgare* sur des chrysalides nouvellement exuvies. (m±SEM, n=3 répétitions comportant chacune 10 larves)



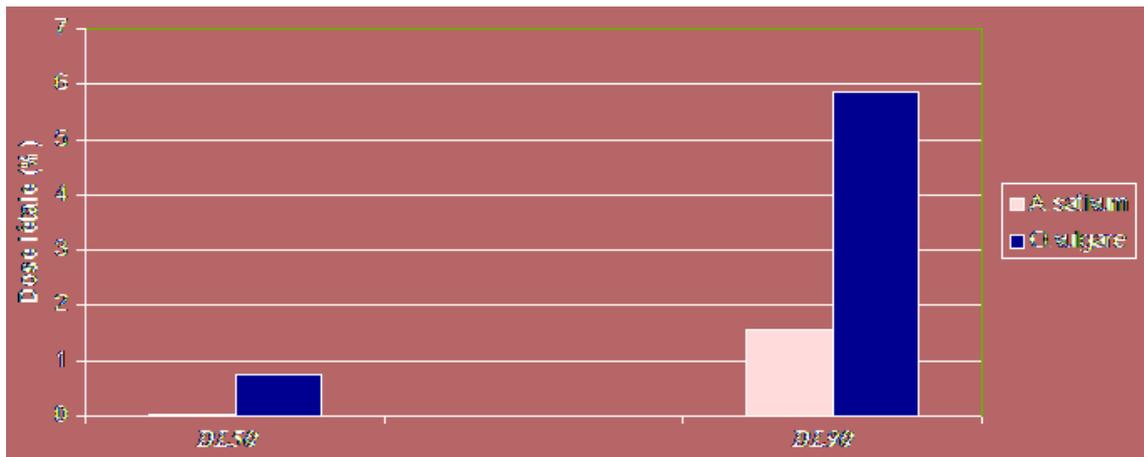
**Figure 14** Pourcentage de mortalité corrigée d'*E.kuehniella* après application topique de l'huile essentielle *A.sativum* sur des chrysalides nouvellement exuvies. ( $m \pm SEM$ ,  $n=3$  répétitions comportant chacune 10 larves)

**Tableau 2.** Analyse des Probits (DL 50 et DL90) de la toxicité de l'huile essentielle de *O.vulgare* et d'*A.sativum* contre les chrysalides de *E.kueniella* ( $m \pm SEM$ ,  $n=3$  répétitions comportant chacune 10 chrysalides)

Plantes	Nombre	slope	R <sup>2</sup>	DL50 (%) IC 95%	DL90 (%) IC 95%
<i>O.vulgare</i>	10	1.05	0.99	0.72 (0.58-0.87)	5.85 (3.52-9.79)
<i>A.sativum</i>	10	0.25	1	0.03	1.56



**Figure 15** .Courbe de référence exprimant les Probits en fonction des logarithmes décimaux des concentrations

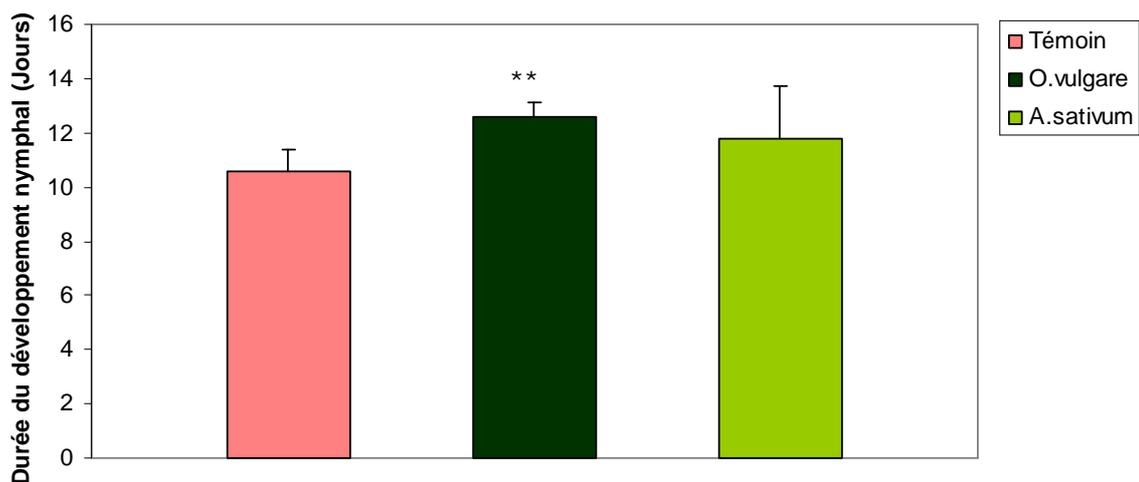


**Figure 16.** DL 50 et DL90 de l'huile essentielle de *O.vulgare* et d'*A.sativum* contre les chrysalides de *E.kuehniella* ( $m \pm SEM$ ,  $n=3$  répétitions comportant chacune 10 chrysalides)

### 3.3. Effets de l'huile essentielle de *O.vulgare* et de *A.sativum* sur le développement

#### 3.3.1. Effet sur le développement nymphal

Durant le développement nymphal, l'insecte se métamorphose en une moyenne de dix jours chez *E. kuehniella* dans les conditions expérimentales standardisées (Température  $25 \pm 3$ ). L'application topique de l'huile essentielle d'*O.vulgare* sur les chrysalides à 0 jours a prolongé de manière très significative la durée du développement nymphal ( $p = 0,003$ ) par rapport au témoin. Par contre, l'effet de l'huile essentielle de *A.sativum* n'a pas donné statistiquement un effet significatif ( $p=0.4$ ) par rapport au témoin (Fig. 17).



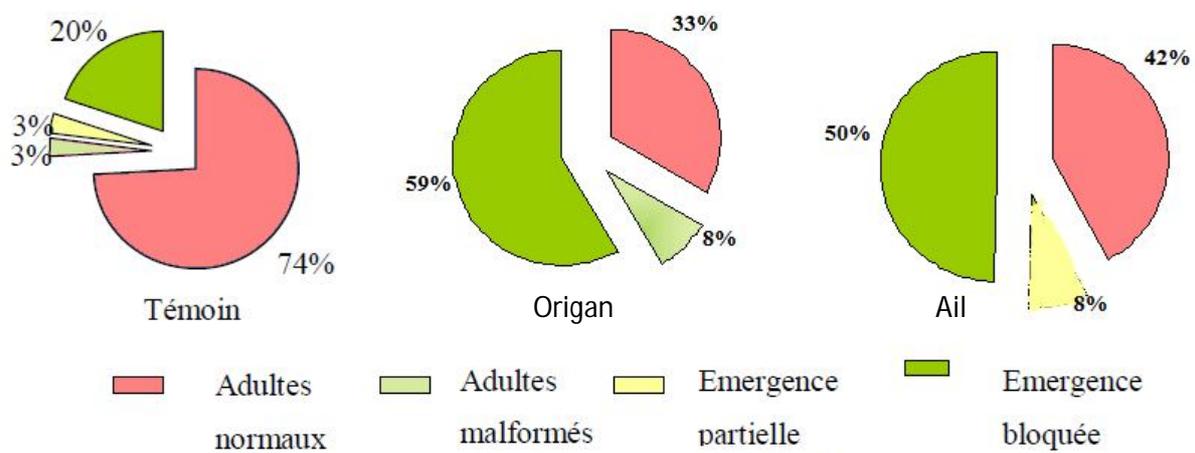
**Figure 17.** Effet de l'huile essentielle de *O.vulgare* et de *A.sativum*, en application topique sur les chrysalides nouvellement exuvies, sur la durée du développement nymphal ( $m \pm SD$ ,  $n = 12$ )

### 3.3.2. Détermination des différents types morphologiques induits par traitement

Après traitement des chrysalides à 0 jours, l'observation de perturbations morphologiques durant le stade nymphal et à l'âge adulte a mis en évidence l'apparition de quatre différents types morphologiques chez *E. kuehniella* (Fig.18)

– Adultes : un taux de formation d'adultes normaux après traitement avec l'huile de l'ail est estimé à 42% et à 33 % avec l'huile d'origan dont 8% d'adultes malformés.

– chrysalides : un taux de 50% et de 59% respectivement d'émergence bloquées ont été observées avec l'apparition de 8% d'émergence partielle sous l'effet de l'huile de l'ail.



**Figure 18 .** Répartition (%) des différents types morphologiques observés après traitement

A l'huile d'origan et à l'huile d'ail les chrysalides d'*E. kuehniella*. (n= 12).

---

## 4-Discussion

La composition chimique et le rendement en huiles essentielles varient suivant diverses conditions telles que l'environnement, le génotype et l'origine géographique. D'autres facteurs interviennent également tels que la période de récolte, le séchage, lieu de séchage, la contamination par des parasites, des virus et des mauvaises herbes et le choix de la méthode d'extraction. Dans notre étude l'huile essentielle obtenue par l'hydrodistillation de la plante *O.vulgare* originaire de Sétif a donnée un rendement de 2.9%.

Le rendement en huile essentielle de la sous espèce d'*O.vulgare glandulosum* originaire de la région de Nechmaya wilaya de Guelma et celle de la wilaya de Setif est estimé à 2.52% révélant sa richesse en molécules bioactives (Sahraoui et al., 2007 ; Bouhaddouda et Aouadi, 2016). Ce rendement est important comparé à celui rapporté par Berrehal et al. (2010) indiquant que les parties aériennes d'*O. glandulosum* récolté en période de floraison dans la région de Jijel et de Constantine, ont une teneur en huiles essentielles de 2.0%. Même constatation quant aux résultats de Semra et al. (2013) avec un rendement en huile essentielle de 2.2% de la même espèce récoltée dans la région de Zighoud Youcef (wilaya de Constantine) en période de floraison. Cependant un rendement plus élevé a été rapporté par Bendahou et al. (2008) sur cette même espèce récoltée dans la région de Tlemcen, le résultat était estimé à 4.8%.

L'hydrodistillation de notre deuxième plante *A.sativum* à donner un rendement très faible en huile essentielle 0.001%. L' *A. sativum* provenant de la région d'EL Harrouche de la wilaya de Skikda a donnée un rendement en huile essentielle égal à 0.09% (Khadri et Abbaci, 2009).

Jacobson (1989) a indiqué que les composants majeurs de la plante les plus efficaces contre les insectes nuisibles sont présents dans les familles de Annonaceae, Asteraceae, Canellaceae, Lamiaceae, Meliaceae et Rutaceae.

Dans notre étude l'application topique de l'huile essentielle de *O.vulgare* (Lamiaceae) sur *E.kuehniella* provoque une mortalité 100% à la dose de 20%. La DL50 déterminée est à 5.85%.

Des résultats similaires montrent que l'huile essentielle de la même plante testée dans notre étude a provoqué une mortalité de 100% à des doses plus faible de 10-2 $\mu$ l/cm<sup>3</sup> lorsque

---

elle a été appliquée aux adultes de *Acanthoscelides obtectus* (Regnault-Roger & Hamraoui, 1994).

Il a été rapporté par Ayvaz et al. (2010) que la plante *O.onites* a approuvée l'efficacité insecticide de son huile essentielle sur *E.kuehniella*.

Des études effectuées sur l'activité insecticide des huiles essentielles extraites du genre *Origanum* sur différents ordres d'insectes ont démontré que la toxicité de l'huile est plus prononcée par fumigation (Tunc *et al.* 2000; Erler et Tunc 2005; Erler, 2005). Les mêmes auteurs ont déterminé les composants major de ces huiles en carvacrol, thymol,  $\gamma$ -terpinen et terpinen-4-ol comme des agents toxiques.

L'huile essentiel de l'ail *A.sativum* administrée par application topique sur les chrysalides de *E.kuehniella* provoque une mortalité de 43.5% à la dose 0.01%. La DL50 est déterminée à la dose 0.03%. Cette huile est très toxique elle tue les insectes à de très faible doses.

Des études similaires ont montré que l'huile essentielle de *A.sativum* est plus toxique par application topique envers les larves de *Tenebrio molitor* suivie des pupes et des adultes Plata-Rueda et al., (2017). Les mêmes auteurs ont déterminé que les composants majeurs de cette huile en diallyl disulfide et diallyl sulfide causent des effets létaux et sublétaux et induisent des symptômes d'intoxication et de nécrose.

Il a été également rapporté précédemment que l'huile essentielle de *A.sativum* a une activité insecticide envers les adultes et les larves de *E.kuehniella* et d'autres ravageurs de stockes *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus zeamais* (Huang et al., 2000 ; Mikhaïel, 2011).

Il a été signalé par plusieurs auteurs que certaines huiles essentielles peuvent jouer le rôle d'insecticides et larvicides sur des insectes ravageurs, mais leurs effets différent selon le type d'insecte, la plante utilisée (Bekle *et al.*, 1996; ISchaaya *et al.* , 1997; Seko *et al.*, 2000; Seko *et al.*, 2001; Ngama *et al.*,2001; Lee, 2002; Kim *et al.* , 2003; Ngassoum *et al.*, 2003 ) et le mode d'administration de l'huile.

Des essais toxicologiques ont montré que les larves et les adultes de *Tribolium confusum* sont les plus tolérants que les œufs et les pupes au traitement par fumigation à l'huile de l'ail (Şikber *et al.*, 2016)

---

Selon Sahar, (2011) l'efficacité de l'huile essentielle de *A.sativum* a été rapportée d'avoir une activité toxique et répulsive envers le coléoptère adulte *Tribolium castaneum* et *Callosobruchus maculatus* respectivement.

La toxicité de l'huile essentielle de l'ail indique son action neurotoxique envers différents ordres d'insectes : *Delia radicum* Linnaeus, *Musca domestica* Linnaeus (Diptera: Muscidae), *Cacopsylla chinensis* (Yang et Li), et *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) avec une hyperactivité de l'insecte et un effet de démolition (konck-down) ou d'immobilisation (Plata-Rueda *et al.*, 2017).

Il a été rapporté que les plantes terpénoïdes ont une activité biologique incluant l'inhibition de la croissance, l'inhibition enzymatique, l'effet répulsive et toxique (Harborne 1993).

Des études précédentes ont montrées que l'enzyme Acetylcholinestérase chez *Musca domestica*, *Trogoderma granarium* a été inhibée par les composants de l'ail diallyl disulfide, diallyl trisulfide et allicin (Bhatnagar-Thomas *et al.*, 1974 ; Singh *et al.*, 1996).

Des investigations ont été effectuées par Ahmed (1998), Abdalla (2003), Khiralla (2007), Taha (2008), Elsonoussy (2009), (Abdalla et Abdelbagi, 2015) et (Şikber *et al.*, 2016) indiquent le potentiel d'action de l'ail comme bio-fumigant dans le contrôle des ravageurs de stokes.

D'autres études ont été effectuées sur le potentiel d'action des huiles essentielles de différentes plantes sur *E.kuehniella* : *Anethum graveolens* (dill) ; *Ocimum basilicum* (basil) et *Zingiber officinale* (ginger) (Mikhaïel, 2011).

---

## 5- Conclusion et perspectives

Afin de diminuer les pertes post-récoltes tout en préservant l'environnement et surtout les organismes non ciblés, le recours à l'utilisation des bio-insecticides est un potentiel major et efficace pour la protection des cultures. L'usage des huiles essentielles extraites des plantes aromatiques a démontré leur activité insecticide envers les insectes ravageurs des stocks. Dans notre étude, l'huile essentielle de *Origanum vulgare* et d'*Allium sativum* est toxique sur les chrysalides d'*Ephestia kuehniella* après application topique. L'activité insecticide des huiles essentielles testées dans notre étude a induit un prolongement de la durée du développement nymphal d'*E.kuehniella* et des différents types morphologiques.

A l'issu de cette étude, les résultats obtenus sont en accord avec des résultats antérieurs. Ils confirment largement l'utilité des huiles essentielles dans le programme de lutte contre les insectes nuisibles notamment chez *E. kuheniella* et chez différents ordres d'insectes.

Des travaux envisagés sur le potentiel reproducteur, le dosage de l'acétylcholine estérase (AChE) pourrait apporter des informations complémentaires sur le mécanisme d'action de l'huile de l'origan et l'huile de l'ail sur la fécondité et la neurotoxicité chez *E. kuehniella*.

---

## Résumé

Afin de rationaliser l'usage des plantes aromatiques pour les appliquer comme bio-insecticides alternatifs aux produits chimiques à risque écotoxicologique, nous nous sommes intéressées dans le présent travail à l'activité insecticide de deux huiles essentielles extraites de deux plantes aromatiques l'origan (*Origanum vulgare*, Lamiaceae) et l'ail (*Allium sativum*, Liliaceae) sur les chrysalides d'*Ephestia kuehniella*, pyrale de la farine. La toxicité par contact (application topique) a été testée à différentes concentrations (0.5, 1, 6, 12, 20%) et (0.01 et 0.5 %) respectivement dans les conditions du laboratoire.

Les résultats montrent que l'huile essentielle de *O.vulgare* et de *A.sativum* est très toxique envers *E.kuehniella* à de très faibles doses. Le test de toxicité révèle que la dose létale moyenne DL50 est enregistrée à 0.72%, 0.03% et la dose létale 90% DL90 est enregistrée à 5.85%, 1.56% respectivement ce qui montre que l'ail est plus toxique.

L'activité insecticide des huiles essentielles testées dans notre travail a induit plus de 50% d'émergences bloquées. Des émergences partielles et d'adultes malformés ont été aussi signalés. La durée du développement nymphal des chrysalides qui ont survies aux traitements a été prolongée de manière très significative sous l'effet de l'huile d'*O.vulgare*.

Ces résultats s'ajoutent à ceux obtenus par d'autres auteurs sur l'utilité et l'efficacité des huiles essentielles dans le contrôle des différents ordres d'insectes nuisibles des denrées stockées et s'intègre dans le programme de lutte contre les nuisibles de culture (*I<sub>n</sub>tegrated P<sub>est</sub> M<sub>an</sub>agement*).

**Mots clés :** Ravageurs des stocks, *Ephestia kuehniella*, Plantes aromatiques, huiles essentielles, *Origanum vulgare*, *Allium sativum*, toxicité.

---

## Abstract

In order to rationalize the use of aromatic plants to apply them as alternative bio-insecticides to chemicals with ecotoxicological risk, we are interested in the present work in the insecticidal activity of two essential oils extracted from two aromatic plants oregano (*Origanum vulgare*, Lamiaceae) and garlic (*Allium sativum*, Liliaceae) on the chrysalis of *Ephestia kuehniella*, flour moth. Contact toxicity (topical application) was tested at different concentrations (0.5, 1, 6, 12, 20%) and (0.01 and 0.5%) respectively under laboratory conditions.

The results show that the essential oil of *O.vulgare* and *A. sativum* is very toxic to *E. kuehniella* at very low doses. The toxicity test reveals that the average lethal dose LD50 is recorded at 0.72%, 0.03% and the lethal dose 90% LD90 is recorded at 5.85%, 1.56% respectively, which shows that garlic is more toxic.

The insecticidal activity of the essential oils tested in our work induced more than 50% of blocked emergences. Partial emergences and malformed adults have also been reported. The duration of nymphal development of chrysalis that survived treatments was prolonged very significantly under the effect of *O.vulgare* oil.

These results are in addition to those obtained by other authors on the usefulness and effectiveness of essential oils in controlling the different orders of insect pests of stored commodities and is part of the pest control program of Integrated Pest Management.

Key words: Stock pests, *Ephestia kuehniella*, Aromatic plants, essential oils, *Origanum vulgare*, *Allium sativum*, toxicity.

## الملخص

من أجل ترشيد استخدام النباتات العطرية لتطبيقاتها كمبيدات بيولوجية بديلة على مواد كيميائية ذات خطر إيكولوجي ، نحن مهتمون بالعمل الحالي في النشاط الحشري لزيتين أساسيتين استخلصتا من نباتين توأمين عطريين (*Lamiaceae* ، *Origanum vulgare*) .) والثوم (*Liliaceae* ، *Allium sativum*) على الشرنقة من *floth moth* ، *Ephestia kuehniella*. تم اختبار السمية الاتصال (تطبيق موضعي) في تركيزات مختلفة (0.5 ، 1 ، 6 ، 12 ، 20 ٪) و (0.01 و 0.5 ٪) على التوالي تحت ظروف المختبر.

أظهرت النتائج أن الزيت العطري لـ *O.vulgare* و *A. sativum* سام جداً لـ *E. kuehniella* بجرعات منخفضة جداً. ويكشف اختبار السمية أن متوسط الجرعة المميتة الجرعة المميتة 50 يتم تسجيله عند 0.72 ٪ ، 0.03 ٪ والجرعة المميتة 90 ٪ LD90 مسجلة عند 5.85 ٪ ، 1.56 ٪ على التوالي ، مما يدل على أن الثوم أكثر سمية.

أدى نشاط المبيدات الحشرية للزيوت الأساسية التي تم اختبارها في عملنا إلى أكثر من 50 ٪ من حالات الطوارق المحظورة. كما تم الإبلاغ عن حالات الطوارئ الجزئية والبالغين المشوهين. تم إطالة مدة تطور الحامض من الشرنقة التي نجت من العلاج بشكل كبير جدا تحت تأثير زيت *O.vulgare*.

هذه النتائج بالإضافة إلى تلك التي حصل عليها مؤلفون آخرون حول فائدة وفعالية الزيوت العطرية في التحكم في الطلبات المختلفة للأفات الحشرية للسلع المخزنة وهي جزء من برنامج مكافحة الآفات في مكافحة المتكاملة للآفات

الكلمات المفتاحية: الآفات السوقية ، كوفينيليا الافستيا ، النباتات العطياتية ، الزيوت الأساسية ، أوجانان فولجير ، الليوم ساتيفوم ، السمية.

## Références bibliographiques

- Abdallah, M.I. (2003).** Evaluation of the fumigant action of garlic (*Allium sativum*) oil vapor against some major store pests. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture. University of Khartoum. *Advances in Plant Biopesticides*. Springer, New York, Dordrecht, London. 1-20.
- Abdalla, M. I. and Abdelbagi, A.O. 2015.** Garlic Volatile Oil as Promising Fumigant for the Control of the Lesser Grain borer *Rhyzopertha dominica* (adult). *Scientific Research Journal*, III (IV): 5-10.
- Afzal M., Ali M., THOMSO M., ARMSRRONG D. 2000.** garlic and its medicinal potentielle *inflammopharmacology*. 2000., 8: 123-48.
- Ahmed, M.A. 1998.** The efficacy of five insecticides and garlic oil against *Tribolium castaneum* (Herbst) (Tenebrionidae: Coleoptera) and *Rhyzopertha dominica*(f) (Bostrichidae: Coleoptera) M.Sc.Thesis University of Khartoum.
- Arvy M.P. & Gallouin F., 2003.** Epices, aromates et condiments. Ed. Belin, Paris. 412 p.
- Ayvaz A., Sagdic O., Karaborklu S., Ozturk I. 2010.** Insecticidal activity of the essential oils from different plants against three stored-product insects. *Journal of Insect Science*: Vol. 10, N° 21.
- Baba Aissa F., 1991.** Les plantes médicinales d'Algérie: identification, description, principes actifs, propriétés et usage traditionnel des plantes communes en Algérie. Ed. Bouchène et Ad. Diwan, Alger. p: 121.
- Balachowsky ,1972** Blood sucking ticks (Ixodoidea) - Vectors of diseases of man and animals. *Mix. Publ. Ent. Soc. Am.*, 8: 161-376.
- Barth, R.H., & Lester, L.J. 1973.** Neurohormonal control of sexual behavior insects. *Ann Rev. Entomol* .18 :445-472.
- Bendahou M., Muselli A., Grignon-Dubois M., Benyoucef M., Desjobert J.M., Bernardini A.F. & Costa J., 2008.** Antimicrobial activity and chemical composition of *Origanum glandulosum* Desf. essential oil and extract obtained by microwave extraction: Comparison with hydrodistillation. *Food Chem*. 106: 132-139.

**Berrehal D., Boudiar T., Hichem L., Khalfallah A., Kabouche A., Al-Freihat A., Ghannadi A., Sajjadi E., Mehrabani M., Safaei-Ghomi J. & Kabouche Z., 2010.**

Comparative composition of four essential oils of Oregano used in Algerian and Jordanian folk medicine. *Nat. Prod. Commun.* **5**: 957 – 960.

**Bhatnagar-Thomas, P. L. & Pal, A. K. 1974.** Studies on the insecticidal activity of garlic oil 2. Mode of action of the oil as a pesticide in *Musca domestica* Linn and *Trogoderma granarium* Everts. *J. Food Sci. Technol.* **11**, 153–158 .

**Bouchikhi, T.Z, Hassani, F. & Khelil, M.A. (2008).** Bioefficacy of essential oils extracted from the leaves of *Rosmarinus officinalis* et *Artemisia herba alba* towards the bruchid bean *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera :Bruchidae). *Journal of pure and applied microbiology.* **2**(1) : 165-170.

**BOUCHIKHI TANI, Z.; BENDAHO, M. & KHELIL, M. A. 2010.** Lutte contre la bruche *Acanthoscelides obtectus* et la mite *Tineola bisselliella* par les huiles essentielles extraites de deux plantes aromatiques d'Algérie. *Lebanese Science Journal*, **11** (1): 55-68.

**Bouhaddouda N. & Aouadi S. 2016.** Activités antioxydante et antimicrobienne de deux plantes du sol local : *Origanum vulgare* et *Mentha pulegium*. Thèse de Doctorat. Département de biochimie. Laboratoire de biochimie et de microbiologie appliquée. Annaba, Algérie.

**Bouzeraa, 2010 .**Impact de deux mimétiques de l'hormone de mue (RH-2485) et (RH-5992)

sur le devenir des oeufs d'un lépidoptère, ravageur des denrées stockées: *Ephesia kuehniella* (Lepidoptera : Pyralidae) après traitement des mâles. Mémoire de Magister Physiologie Animale. Université d'Annaba. Algérie.

**Casida, J.E. & Durkin, K.A. 2013.** Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance, and secondary effects. *Annu Rev Entomol.* **58**: 99-117.

**Clemente, S., Mareggiani, G., Brousalis, A., Mallino, V. & Ferraro, G. (2003).** Insecticidal effect of Lamiaceae species against stored products insects

**COSIMI, S.; ROSSI, E.; CIONI, P. L. & CANALE, A. 2009.** Bioactivity and qualitative analysis of some essential oils from Mediterranean plants against stored-product pests:

Evaluation of repellency against *Sitophilus zeamais* Motschulsky, *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) and *Tenebrio molitor* (L.). *Journal of Stored Products Research*, 45: 125–132.

**Davis ,R.E., Williams D.R., Turner, P.C., & Rees, H.H. 2006.** Characterization in relation to development of an ecdysteroid agonist-responsive cytochrome P450, CYP18A1, in *Lepidoptera*. *Arch.Biochem.biophysics*. **453** :2-10.

**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 *Ephesiakuehniella* (Lepidoptera).

**Dimetry, N.Z. 2014.** Different plant families as bioresource for pesticides. In : Singh, D. (Ed). *Advances in Plant Biopesticides*. Springer, New York, Dordrecht, London. 1-20.

**Erdogan O.I, Belhattab R., 2010.** Profiling of cholinesterase inhibitory and antioxidant activities of *Artemisia absinthium*, *A. herba-alba*, *A. fragrans*, *Marrubium vulgare*, *M. astranicum*, *Origanum vulgare subsp. glandulosum* and essential oil analysis of two *Artemisia* species. *Ind. Crop. Prod.* **32**: 566–71.

**Erler F, Tunc I. 2005.** Monoterpenoids as fumigants against greenhouse pests: toxic, development and reproduction inhibiting effects. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 112: 181-192.

**Erler F. 2005.** Fumigant activity of six monoterpenoids from aromatic plants in Turkey against the two stored-product insects confused flour beetle, *Tribolium confusum*, and Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella*. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 112: 602–611.

**Faurie C., Ferra C., Medori P., devaux J et Hempitienne J.I., 2003 .**Ecologie, Approche scientifique et pratique .5eme édition , Ed.tec et Doc .Paris.407 pp.

**Figueredo G., 2007.** Etude chimique et statistique de la composition d'huiles essentielles d'origans (Lamiaceae) cultivés issus de graines d'origine méditerranéenne. Thèse de Doctorat, Université Clermont-Ferrand, France.

**Fournier, D., 2005.** Mutations of acetylcholinesterase which confer insecticide resistance in insect populations. *Chem. Biol. Interact.* 157-158, 257–261.

**Frisco,2006.**Arret du développement chez les lepidoptères :la20-hydroxyencysone est elle toujours impliquée ?Faculté de foresterie et geomatique .Université Larval Quebec.

**GUEYE M.T., SECKD., WATHELET J-P., et LOGNAY G., 2011.** Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Mrique occidentale: synthèse bibliographique. *Bioteehmol. Agron. Soc. Environ.*15(1), 183-194.

**Habiba k,2007 ;** Étude des potentialités d'utilisation d'huiles essentielles pour le contrôle de deux insectes ravageurs des grains *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae) et *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) au Nord Cameroun. Thèse de doctorat: Faculté des Sciences, Centre de Recherche sur la Biodiversité, Université Catholique de Louvain, Belgique.

**Hagedorne, H.H.1985;** The role of ecdysteroids in reproduction.In: Kerkut G.A.,Gilbert L.I.(Eds),Comprehensive Insect Physiology,Biochemistry and Pharmacology,*Pergamon Press*,Oxford ,pp.205-262

**Hami, M. (2004) .F. TAIBI & N. SOLTANI-MAZOUNI, 2004.** Effet de quelques régulateurs de croissance mimétiques de l'hormone de mue en application topique, sur le développement et la reproduction d'un ravageur des denrées stockées *Ephestia kuehniella* (zeller). Thèse de Magister en Physiologie Animale. Université d'Annaba.

**Harborne JB. 1993.** Introduction to Ecological Biochemistry, 4th ed. Academic Press.Helicovertarmigera cucumissativus. *AsianAgric Hist.* 13(4): 327–on 332.

**Huang Y., Chen S.X. & Ho S.-H., 2000,** Bioactivities of methyl allyl disulfide and diallyl trisulfide from essential oil of garlic to two stored product pests, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Economic Entomology*, **93**, 2, 537-543.

**Ibrahim M.A., Kainulainen P., Aflatuni A., Tilikkala K. & Holopainen J.K.,2001,** Insecticidal, repellent antimicrobial activity and phytotoxicity of essential oils: with special reference to limolene an dits suitability for control of insect pests. *Agricultural and Food Science in Finland*, 10(3), 243-259

**Ibrahim, Sahar I. A.2011.** Repellent and insecticidal activity of derived plant oils against some stored grain insects. *J. Plant Prot. and Path.*, Mansoura Univ., Vol. 2 (10): 893 - 903,

**Ischayaa, E., Kostjukovski, M., Eillerg, J. Sukprakarm, C. (1997).** Plant oils as fumigants and contact insecticide for the control of stored- fproduct insects. *Journal of stored product*

research .

**IŞIKBER A.A., TUNAZ H., Kubilay M. E.R, SAĞLAM O.2016.** Fumigant toxicity of garlic essential oil and their active components against life stages of confused flour beetle *TRIBOLIUM CONFUSUM*. Jacquelin du Val. VII International Scientific Agriculture

Symposium “Agrosym 2016” Jahorina, October 06-09, 2016, Bosnia and Herzegovina and contact insecticide for the control of stored- product insects. *Journal of stored product*

**Jacobson M. Botanical pesticides: past, present, and future. In: Arnason, J.T., 1989.** Philog"ene, B.J.R., Morand, P. (Eds.), *Insecticides of Plant Origin*. ACS Symposium Series No. 387. American Chemical Society, Washington, DC. ; 1-10

**Kaita, S.M., Vincent, C.S., Ramaswany, J.P. & Belanger A. (2000).** Effect of variones essential oil on *callosobruchusmaculatus* (F) (Coleoptera : Brichidae ). *J.Stored prod .Res*, Vol 36 :355-364

**Khelil, M. A. (1995).** Abrégé d’entomologie. Université de Tlemcen. Institut de biologie

**Kellouch, A. & ISoltani, N. (2004).** Activité biologique des poudres de cinq plantes des huiles essentielles, d’une d’entre elle sur *Callosbruchusmaculatus* (F). *International Journal Tropical Insect Sciences* 24 (2): 184-191.

**Khelil, M. A. (1995).** Abrégé d’entomologie. Université de Tlemcen. Institut de biologie.

**Kim, S., Roh, J., KimD., Lee, H. & Ahn, Y. (2003).** Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilusoryzae* and *Callosobruchuschinensis*. *J. StoredProd. Res.* 39: 293-303

**Koeppe, J.K., Fuchs, M., T.T., Hunt, L.M., Kovalick, G.E., &Briers,T. 1985.** The role of juvenile hormone in reproduction in : *Comprehensive Insect Biochem. And pharmacology*, Kerkut, G.A. and Gilbert, L.I.(eds) *Pergamon Press*, Oxford., 8 : 165-203.

**Kulkarni, J., Kapse, N. &Kulkarni, D.K. 2009.** Plant based pesticides for control of *Helicoverpaarmigera cucumissativus*. *AsianAgric Hist.* 13(4): 327–on 332.

**Lambert,N. 2010.** Lutte biologique aux ravageurs, applicabilité au Québec.

**Lee, S.E. (2002).** Lee BH, Lee SE, Annis PC, Pratt SJ, Park BS, Tumaalii F. Fumigant toxicity of essential oils and monoterpenes against the red flour beetle, *Tribolium castaneum* Herbst. *Journal of Asia-Pacific Entomology.* 5(2):237-240.

**MADR. (2012).** Annuaire statistiques du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Série B.

**Mahmoudi Y., 1990.** La thérapeutique par les plantes communes en Algérie. Ed. Palais du Mali. *Journal of Essential Oil Research*, **15** (4): **267-269**.

**Mikhaïel, A. A. 2011.** Potential of some volatile oils in protecting packages of irradiated wheat flour against *Ephestia kuehniella* and *Tribolium castaneum*. *J. Stored Prod. Res.* 47, 357–364, doi: 10.1016/j.jspr.2011.06.002

**Ndiaye, (1999).** Ingénieur Technologue en Stockage Et Conservation des Grains et Graines ;  
**Ngamo, T.L.S., Ngassoum, M.B., Jirovertz, L., Ousman, A., Nukenine, E. & Moukala, O.E. (2001).** Protection of stored Maize against *Sitophilus zeamais* (Motsch.) by use of essential oils of spices from Cameroon. *Medical faculty Landbouww University of Gent*, 66 (2a): 473-478.

**Ngassoum, M.B., Ngamo, T.L.S., Maponmetsem, P.M., Jirovertz, L. & Buchbauer, G. (2003).** Investigation of medicinal aromatic plants from Cameroon: GC/FID, 253 GC/MS and olfactoric analyses of essential oils *Ocimum suave* Willd. (Lamiaceae). *Acta Pharmaceutica Turcica*, 45 : 69-75.

**Plata-Rueda A., Martínez L.C., Henrique Dos Santos M., Lemes Fernandes F., Frederico Wilcken C., Alvarenga Soares M., Serrão J.E & Cola Zanuncio J. 2017.** Insecticidal activity of garlic essential oil and their constituents against the mealworm beetle, *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae). *Scientific Reports* | 7:46406 | DOI: 10.1038/srep46406.

**Raina, A., & Klum, J.A. 1984.** Brain factor control of sex pheromone production in the female corn earworm moth. *Science* **225**, 531-533.

**Regnault-Roger C & Hamraoui, 1994.** Inhibition of reproduction of *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera), a kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) bruchid, by aromatic essential oils. *Crop Protection*, 13 (8): 624-628.

**Regnault-Roger C., Philogène B.J.R. & Vincent C., 2002,** Biopesticides d'origines végétales. Tec & Doc Eds. Paris, 337 p.

**Sahraoui N., Bentahar F. & Boutekedjiret C., 2007.** Analytic study of the essential oil of *Origanum glandulosum* (Desf.) from Algeria. *J. Essent. Oil Bear. Pl.* **10(2)**: 145 – 150.

**Sékou Moussa, K., Sidibe, L., Figueredo, G. & Chalchat, J.C. (2001).** Chimical composition of the essential oil of *Xylopiiaethiopica*(Dunal) A. Ch. From Mali. *Journal of Essential Oil Research*, **15** (4): **267-269**.

**Sékou Moussa, K., Vincent, C., Schmit, J-P., Ramaswamy, S. & Belanger, A. (2000).** Effect of various essential oils on *Callobruchus maculatus*. *Journal of Products Research*, **36** : 355-364.

**Semra I., Benmerache A., Chibani S., Kabouche A., Abuhamdah S. & Kabouche Z., 2013.** Composition and antioxidant activity of the essential oil of *Origanum glandulosum* Desf. from Algeria. *Der Pharmacia Lettre*. **5(3)**: 381-385.

**Slama, A., Ben Salem, M., Ben Naceur, M., & Zid, E., (2005).** Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance (*Inrat*), **16** (3) : 225-229

**Taha, M. A. (2008).** Fumigant Action of Egyptian garlic oil against two stored legumes pests; *Bruchidius incarnatus* and *Callosobruchus maculatus*, (Coleoptera: Bruchidae). M.Sc. Thesis, University of Khartoum. Sudan.

**Taibi, F. (2007).** Etude comparée du développement et de la reproduction chez deux ravageurs des denrées stockées *Ephestiakuehniella* et *Tenebriomolitor*. Aspect endocrinien en rapport avec l'impact d'un mimétique de l'hormone de mue, le RH-0345. Thèse de Doctorat. Université d'Annaba .Algérie

**Teuscher E., Anton R. & Lobstein A., 2004.** Plantes aromatiques: Epices, aromates condiments et huiles essentielles. Ed. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

**Tunc I, Berger BM, Erler F, Dagli F. 2000.** Ovicidal activity of essential oils from five plants against two stored-products insects. *Journal of Stored Products Research* **36**: 161-168.

**Yahyaoui, 2005 ;** Extraction. analyse et évaluation de l'effet insecticide des huiles essentielles de *Menlhaspicata L* sur *Rhyzoperthadominica (F.)* (Coleoptera, Bostrychidae) et *Triboliumconfusm*(Duv.) (Coleoptera, Tenebrionidae). Thèse de Magister en sciences.

