

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

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de MASTER

En : Sciences Biologiques

Spécialité : Ecophysiologie Animale



**Activité répulsive et larvicide de l'huile essentielle
d'*Artemisia herba alba*
sur *Plodia interpunctella* et *Ephestia kuehniella*,
deux espèces ravageurs des denrées stockées**

Par :

SEDIRA Fatiha

RAMDANI Linda

Devant le jury :

Pr. TINE-DJEBBAR Fouzia	Pr	Université de Tébessa	Président
Dr. BOUZERAA Hayette	MCB	Université de Tébessa	Rapporteur
Dr. TINE Samir	MCA	Université de Tébessa	Examineur

Date de soutenance : 29/5/2018

Note / 20

Remerciements

Avant tout, je remercie le bon Dieu qui m'a éclairé le chemin et m'a donné la patience et le courage pour réaliser ce travail.

Mes plus vifs remerciements et toute ma considération à M^{me}. Fouzia TINE-DJEBBAR qui m'a fait l'honneur de présider le présent jury.

C'est un devoir d'exprimer toute ma gratitude et une infinie reconnaissance à M^{me}. Hayette BOUZERAA pour avoir dirigé ce travail. Grâce à elle j'ai appris une bonne méthodologie de recherche et le goût du travail bien fait, je lui témoigne respect et déférence.

Mes plus vifs remerciements et toute ma considération à M. Samir TINE qui a bien voulu accepter d'être membre de ce même jury et de me faire l'honneur de juger ce travail. Je lui témoigne mes sentiments de considération et de respect.

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

Liste des tableaux

Tableau	titre	page
01	Pourcentage de répulsion selon Mc Donald <i>et al.</i> (1970)	16
02	Activité répulsive de l'huile essentielle d' <i>A. herba alba</i> sur <i>P. interpunctella</i> et sur <i>E.kuehniella</i> à différentes concentrations	19
03	Pourcentage de mortalité corrigée des larves de <i>P. interpunctella</i> et d' <i>E.kuehniella</i> après 24h d'exposition à l'huile essentielle d' <i>A.herba alba</i>	20
04	Analyse des Probits (CL25 et CL50) de la toxicité de l'huile essentielle d' <i>A.herba alba</i> contre les larves du dernier stade de <i>P. interpunctella</i> et d' <i>E.kuehniella</i> après 24h d'exposition au traitement	21
05	Pourcentage de mortalité corrigée des larves de <i>P. interpunctella</i> et d' <i>E.kuehniella</i> après 48h d'exposition à l'huile essentielle d' <i>A.herba alba</i>	21
06	Analyse des Probits (CL 25 et CL50) de la toxicité de l'huile essentielle d' <i>A.herba alba</i> contre les larves du dernier stade de <i>P. interpunctella</i> et d' <i>E.kuehniella</i> comportant après 48h d'exposition au traitement	22
07	Pourcentage de mortalité corrigée des larves de <i>P. interpunctella</i> et d' <i>E.kuehniella</i> après 72h exposition à l'huile essentielle d' <i>A.herba alba</i>	22
08	Analyse des Probits (CL50 et CL99) de la toxicité de l'huile essentielle d' <i>A.herba alba</i> contre les larves du dernier stade de <i>P. interpunctella</i> et d' <i>E.kuehniella</i> après 72h d'exposition au traitement	23

Liste des figures

Figure	Titre	page
01	Développement schématisé d un lépidoptère (Frisco, 2006)	5
02	Structure chimique de certains composés d huiles essentielles (Bakkali <i>et al.</i> , 2008)	5
03	<i>Plodia interpunctella</i> (photo personnelle)	6
04	cycle de développement de <i>Plodia interpunctella</i> (photo personnelle)	8
05	<i>Ephestia kuehniella</i> (photo personnelle)	8
06	Cycle de développement d' <i>Ephestia kuehniella</i> (photo personnelle)	10
07	Artemisia herba-alba (photo personnelle)	12
08	Elevage de masse de <i>Plodia interpunctella</i> (Ph. ci dessus) et d' <i>E.kuehniella</i> (Ph. ci dessous) au laboratoire (Photo personnelle)	12
09	<i>Artemisia herba-alba</i> : après séchage (Photo personnelle).	13
10	Montage de l'hydrodistillateur de type Clevenger (photo personnelle)	14
11	Photo expérimentale du teste répulsif (photo personnelle)	15
12	Photo expérimentale de teste de toxicité (photo personnelle)	16
13	Photo expérimentale du teste répulsif (photo personnelle)	18
14	Pourcentage de répulsion à différentes concentrations chez <i>P.interpunctella</i> et <i>E.kuehniella</i> après 2h d'exposition au traitement à l'huile essentielle d <i>A.herba alba</i>	19
15	Courbe de référence exprimant les Probits en fonction des logarithmes décimaux des concentrations	23

Liste des symboles et abréviations

CL25	Concentration létale de 25% de la population
CL50	Concentration létale de 50% de la population
AChE	Acétylcholinestérase
FAO	Food and Agriculture Organisation
m	Moyenne
SEM	Ecart- moyen
n	Nombre de répétitions
%	Pourcentage
°C	Degré Celsius
µl	Microlitre
g	Gramme
µm	Micromètre
mm	Millimètre
cm	Centimètre
h	Heure
mn	Minute
HE	Huile Essentiel
ml	Millilitre
L	Litre
R ²	Coefficient de détermination
IC	Intervalle de Confiance
Log	Logarithme

Sommaire

Page

1. Introduction	1
2. matériel et méthodes	6
2.1. Matériel biologique.....	6
2.1.1. Présentation des insectes.....	6
2.1.2. Présentation de la plante.....	10
2.2. Méthodes d'étude.....	12
2.2.1. Techniques d'élevage.....	12
2.2.2. Extraction de l'huile essentielle.....	13
2.2.3. Test de fumigation.....	15
2.2.4. Traitement statistique.....	17
3. Résultats	18
3.1. Rendement en huile essentielle.....	18
3.2. Détermination de l'activité répulsive de l'huile essentielle.....	18
3.3. Détermination de la toxicité de l'huile essentielle.....	19
3.3.1. Toxicité de l'huile essentielle sur les larves de <i>P.interpunctella</i> et d' <i>E.kuehniella</i> après 24h d'exposition.....	20
3.3.2. Toxicité de l'huile essentielle sur les larves de <i>P.interpunctella</i> et d' <i>E.kuehniella</i> après 48h d'exposition.....	21
3.3.3. Toxicité de l'huile essentielle sur les larves de <i>P.interpunctella</i> et d' <i>E.kuehniella</i> après 72h d'exposition.....	22
4. Discussion	24
5. Conclusion et perspectives	27
Résumés	28
Références bibliographiques	31

Introduction

Le regroupement des récoltes sous formes de stocks, effectué depuis la haute antiquité, crée un système écologique artificiel particulièrement vulnérable aux attaques des ravageurs animaux : rongeurs, oiseaux, insectes, acariens,...etc. (Sigaut, 1978). Les insectes sont les plus nuisibles, et ils sont très redoutés car leur seule présence est néfaste, et déprécie le stock tout entier, quelque soit leur nombre (Fleurrat-Lessard, 1982).

Les dégâts aux denrées stockées liés aux insectes sont considérables. Selon FAO (2011), 20 à 40% des récoltes mondiales de céréales et de légumineuses sont détruits par les insectes nuisibles pendant leur stockage. Dans les pays développés, on estime que 20% des grains de consommation sont attaqués. La situation est pire dans les pays en développement, où la quantité de l'importation des grains est importante, les conditions de stockage sont précaires et de ce fait les pertes estimées sont beaucoup plus importantes. Selon les estimations du Système d'Information Africain sur les pertes post-récolte, les pertes en grains qui surviennent avant les procédés de traitement et de transformation varient de 10 à 20 % soit 1,6 milliard de dollars par an de la valeur totale de la production de grains. La valeur totale des pertes post-récolte en Afrique subsaharienne serait de 4 milliards de dollars par an pour une production totale annuelle évaluée à 27 milliards de dollars (moyenne annuelle 2005-2007) (FAO, 2011). En Algérie, le degré d'attaque provoqué par les insectes nuisibles sur les céréales stockées atteint une moyenne annuelle de l'ordre de 15,02% durant l'année 2003/2004 (Mebarkia & Guchi, 2004).

La nature des dommages causés par les insectes des denrées stockées est très variable. Les insectes se développent et se nourrissent dans les denrées alimentaires, causant ainsi des pertes quantitatives et qualitatives (Ndiaye, 1999). Non seulement ils dévorent une quantité importante de nourriture, mais ils contaminent aussi ces denrées avec leurs fèces, des odeurs, des toiles de soie, des cadavres et d'exuvies. Cela peut entraîner, parfois, des réactions allergiques chez les consommateurs. Leur présence peut aussi entraîner une humidité suffisante pour le développement de microorganismes.

Limiter les pertes postes récoltes repose sur la nature de la lutte et de l'insecticide utilisé contre ces insectes ravageurs. Ce choix doit mettre en évidence, et en premier lieu, l'environnement et les insectes non ciblés ainsi la connaissance de la biologie et de la physiologie de l'insecte ciblé (Bouzeraa, 2014).

Le système nerveux sert à commander les muscles, les viscères, et assure grâce au comportement, le maintien de l'individu dans des conditions optimales pour l'espèce (Raccaud-Schoeller, 1980).

La communication entre organes se fait par l'intermédiaire des systèmes nerveux et endocrinien. Le système nerveux est particulièrement bien adapté pour la communication rapide en contrôlant les organes à travers des neurotransmetteurs tandis que le système endocrinien, par l'intermédiaire d'hormones, exerce un contrôle sur des processus à plus long terme. Les systèmes nerveux et endocrinien sont étroitement associés. L'un et l'autre agissent sur le contrôle des fonctions alimentaire, respiratoire, excrétoire, reproductive, la croissance et le développement (Kopec, 1922).

L'acétylcholine (ACh) est le plus important neurotransmetteur excitateur au sein du système nerveux central des insectes. Il joue un rôle primordial dans la transmission synaptique neuronale des insectes (Gerschenfeld, 1973; Callec & Sattelle, 1973; Gundelfinger & Hess, 1992; Thany *et al.*, 2007). Une fois l'information transmise, l'acétylcholine est hydrolysée par l'acétylcholinestérase. Si cette hydrolyse n'a pas lieu, l'augmentation d'acétylcholine induit une hyperactivité aboutissant à la mort de l'insecte (Manahan, 2002).

Chez les insectes, le développement est rythmé par des processus de mues. Les mues de croissance permettent à la larve d'augmenter sa taille alors que les mues de métamorphose induisent de nombreux changements morphologiques aboutissant à l'imago. Ces différentes étapes sont régulées par deux hormones principales: l'ecdysone, hormone stéroïdienne de mue (active sous forme de 20-hydroxyecdysone, 20E) et les hormones juvéniles (JH) (Dhadialla *et al.*, 1998). (Fig.01)

Les neurotoxiques restent la classe la plus importante qui correspond à plus de 75% du marché mondial des insecticides (Casida, 2009). Ils agissent au niveau du système nerveux des insectes en perturbant la transmission synaptique. Les neurotoxiques ont l'avantage d'agir rapidement et efficacement pour stopper les dégâts engendrés dans les cultures.

Pour éviter ces pertes aux niveaux des stocks, très souvent les agriculteurs ont recours à la lutte chimique; alors que plusieurs auteurs ont associé l'application des pesticides à des problèmes de santé humaine et environnementaux (Isman, 2005; Carlos, 2006).

Pour cela, de nombreux chercheurs s'orientent vers les moyens naturels et l'utilisation des insecticides d'origine végétale moins toxiques. Les moyens naturels de contrôle constituent des éléments représentant les débouchés les plus prometteurs pour les insecticides d'origine végétale (Camara, 2009).

L'Algérie, pays connu par ces ressources naturelles, dispose d'une flore singulièrement riche et variée. On compte environ 3000 espèces de plantes dont 15% endémique et appartenant à plusieurs familles botaniques (Gaussen & Leroy, 1982). Selon Mokkaïem (1999), l'Algérie comprenait plus de 600 espèces de plantes aromatiques et médicinales (Benziane & Ismail, 2001).

Les plantes représentent une source inépuisable de remèdes traditionnels et efficaces grâce aux principes actifs qu'elles contiennent: alcaloïdes, flavonoïdes, hétérosides, saponosides, quinones, vitamines,...et huiles essentielles (Lafon *et al.*, 1991).

Substances de composition chimique complexe, les huiles essentielles extraites des plantes renferment des principes actifs volatils élaborés par des végétaux supérieurs appartenant à une cinquantaine de Familles botaniques réparties, principalement, en 5 Ordres : Lamiales, Astérales, Rutales, Laurales et Magnoliales, les 4 premiers sont largement représentés en Algérie (Nouioua, 2011).

Elles sont constituées principalement de deux groupes de composés odorants distincts selon la voie métabolique empruntée ou utilisée. Il s'agit des terpènes (mono et sesquiterpènes), prépondérants dans la plupart des essences, et des composés aromatiques dérivés du phénylpropane (Kurkin, 2003). (Fig2)

Les huiles essentielles des plantes ont déjà trouvé leur place en aromathérapie, en pharmacie, en parfumerie, en cosmétique et dans la préservation des aliments. Leur utilisation est liée soit à leurs larges spectres d'activités biologiques, soit à des ciblage très spécifiques (Cimanga *et al.*, 2002).

L'usage des plantes indigènes dans la conservation des récoltes a été pratiqué avant même l'apparition des insecticides de synthèse. En effet, les substances d'origine naturelle et plus particulièrement les huiles essentielles représentent actuellement une solution alternative de lutte pour la protection des denrées stockées. Les plantes sont utilisées contre les ravageurs pour leurs effets répulsifs, de contact ou fumigant. Les molécules actives peuvent varier d'une

famille à une autre et à l'intérieur d'une même famille et la sensibilité peut différer pour un insecte donné d'un stade à un autre (Boeke *et al.*, 2004).

Leur utilisation a fait l'objet de plusieurs travaux de recherche cette dernière décennie et a suscité un vif intérêt scientifique traduit par le nombre de travaux traitant de l'efficacité des huiles essentielles dans la protection des grains et des denrées stockées (Isman, 2000; Belaygoubi, 2006; Gueye *et al.*, 2010; Ikbal *et al.*, 2017).

Dans ce travail nous avons choisis une plante aromatique *Artemisia herba alba* (Asteraceae) pour son abondance en Algérie et également pour ses propriétés médicinales et son effet répulsif reconnu depuis l'antiquité. Nous proposons d'évaluer l'effet répulsif et la toxicité de son huile essentielle sur deux importants ravageurs des denrées stockées *Plodia interpunctella* et *Ephestia kuehniella*; afin de diminuer leurs pullulations et de minimiser les pertes post-récoltes.

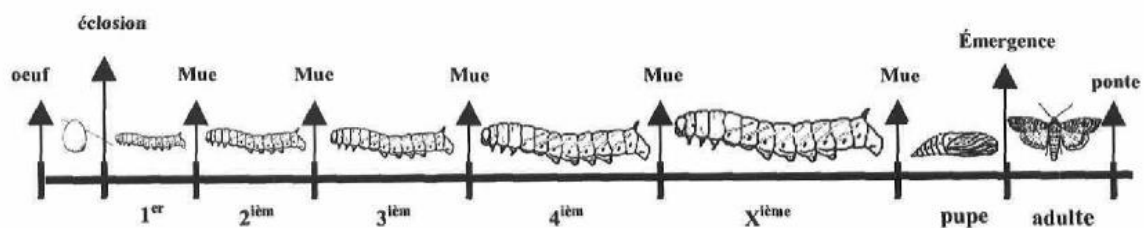


Figure1. Développement schématisé d'un lépidoptère (Frisco, 2006)

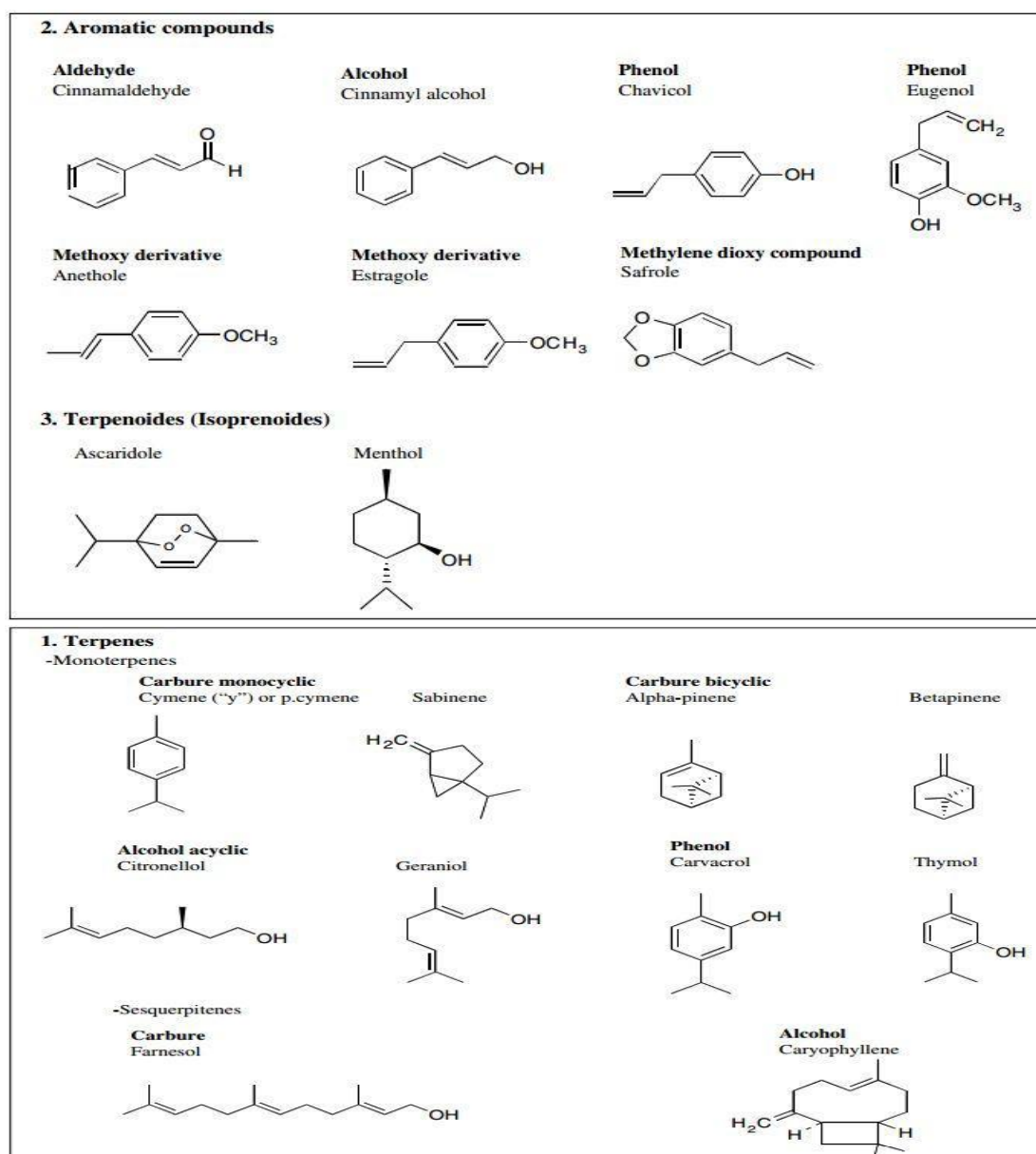


Figure 2. Structure chimique de certains composés d'huiles essentielles (Bakkali *et al.*, 2008)

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel biologique

2.1.1. Présentation des insectes

Plodia interpunctella est une pyrale indienne de la semoule. Elle vit dans les régions tempérées et méditerranéennes. Elle peut également s'attaquer aux grains de céréales (Storey, 1983; Vick, 1986; Cuperus, 1990; Doud & Phillips 2000; Nansen *et al.*, 2004), les fruits secs (Johnson *et al.*, 1992) et les pâtes alimentaires. Ses larves facilement identifiables, présentent une tête bien développée et un corps clairement découpé en trois segments. Leur développement est fortement influencé par l'environnement, à savoir la température, l'humidité, et les sources de nourriture. On les trouve dans les magasins à grains, entrepôts, silos, moulins, appartements.



Figure 03. *Plodia interpunctella* (photo personnelle)

- **Position systématique**

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Sous- embranchement	Hexapoda
Classe	Insecta
Sous- classe	Pterygota
Super- ordre	Holometabola
Ordre	Lepidoptera
Famille	Pyralidae
Genre	<i>Plodia</i>
Espèce	<i>interpunctella</i> (Hubner, 1813).

- **Cycle de développement**

La durée totale de cycle de développement est de 40-74 jours dans les conditions optimales de 25 – 27° C et 70% d'humidité relative. La femelle débute généralement la ponte 3 jours après son émergence. Elle pond de 200 à 400 œufs sur les produits alimentaires qu'elle a infestés, ou elle la dépose à proximité (Campos-Figueroa, 2009).

- ✓ **Œuf** : mesure entre 0.3- 0.5 mm de longueur. Il est de couleur jaune claire (Jun Yang *et al.*, 2014). Il eclose après 3 à 5 jours dans les conditions optimales (Campos-Figueroa, 2009).
- ✓ **Larve** : est de couleur crème tirant sur le rosé. La larve s'accroît durant tout le stade larvaire. Elle passe par cinq mues larvaires déterminées par la largeur de la capsule céphalique (Imura & Sinha, 1986; Allotey & Goswani, 1990). À son premier stade larvaire, la larve mesure 0.5 à 1 mm jusqu'à atteindre à son dernier stade larvaire la longueur de 10 mm. La larve par la suite s'isole dans un endroit convenable pour subir la nymphose en s'enveloppant dans un fil de soie qu'elle tisse par la bouche « cocon », contenant des substances nutritives, donnant une chrysalide.
- ✓ **Chrysalide** : mesure entre 6 à 11 mm de long et est de couleur brune (Fasulo & Knox, 2004). Durant ce stade, la chrysalide va subir la métamorphose. Elle reste immobile tout au long de ce stade dans son cocon dans laquelle elle évoluera pendant 7 jours afin d'émerger en un adulte (Bell, 1975).
- ✓ **Adulte** : le papillon mesure 10mm de long et a une envergure de 1.25cm (Mason, 2003). Il est formé par deux paires d'aile; les écailles de la moitié apicale de l'aile antérieure sont brunes et celle de la moitié basale est cuivre. De plus, les ailes postérieures présentent des écailles de couleur grises. Sa longévité est de 5 à 7 jours (Campos-Figueroa, 2009).

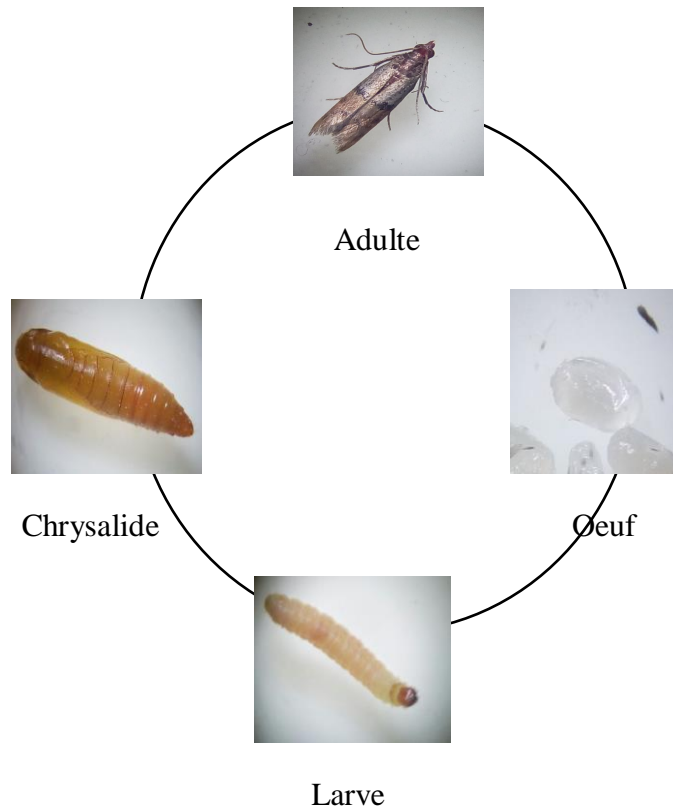


Figure 04. Cycle de développement de *Plodia interpunctella* (photos personnelles)

Ephestia kuehniella (Zeller) est un lépidoptère holométabole originaire de l'Inde. Il existe dans les régions tempérées et méditerranéennes. Il a une nette préférence pour la farine d'où « Pyrale de la farine », il peut également s'attaquer aux grains de céréales, biscuits, pâtes alimentaires, chocolat, riz. De type à mœurs nocturnes, *Ephestia kuehniella* (Zeller) se tient au repos contre les murs ou caché dans la farine. Ses larves facilement identifiables, présentent une tête bien développée et un corps clairement découpé en trois segments. Leur développement est fortement influencé par l'environnement.



Figure 05. *Ephestia kuehniella* (photos personnelle)

- **Position systématique**

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Sous embranchement	Hexapoda
Classe	Insecta
Sous classe	Pterygota
Super ordre	Endopterygota
Ordre	Lepidoptera
Famille	Pyralidae
Genre	<i>Ephestia</i>
Espèce	<i>kuehniella</i> (Zeller, 1879)

- **Cycle de développement**

Le cycle complet du développement d'*Ephestia kuehniella* (Zeller) est de 80 jours à la température de 25 – 27° C et 70% d'humidité relative. L'accouplement a lieu immédiatement après le début de la vie adulte. Juste après, sur une période de 3 jours, la femelle pond environ 100 à 200 œufs.

- ✓ **Les œufs** : de couleur blanchâtre, de forme ovoïde, d'une longueur de 440 µm, et une largeur de 250 µm (Bouzeraa, 2010). Les œufs forment un amas au fond et sur les parois des sacs de farine Ils éclosent après 4 à 5 jours.
- ✓ **Les larves** : à leur premier stade sont de couleur blanchâtre ou rosâtre mesurant 1 à 1,5 mm de long. Six mues plus tard, achèvent leur croissance, elles sont totalement brunes et mesurent entre 10 à 13 mm. (Bouzeraa, 2010). Elles errent alors en s'éloignant de leur source de nourriture en tissant une enveloppe de soie « cocon » contenant des substances nutritives dans laquelle elles évolueront pendant 8 à 12 jours donnant un stade immobile appelé chrysalide.
- ✓ **La Chrysalide** : formée après la dernière mue larvaire, ne se nourrit pas. Durant sa vie nymphale, l'insecte subit une métamorphose interne et externe complète qu'il l'amène au stade adulte.
- ✓ **L'adulte** : est de couleur grise, mesure 10 à 12 mm d'envergure. Il est formé par deux paires d'ailes : deux ailes antérieures grisâtres avec des points noirs et deux ailes postérieures blanchâtres finement frangées. Sa longévité est de 14 jours.

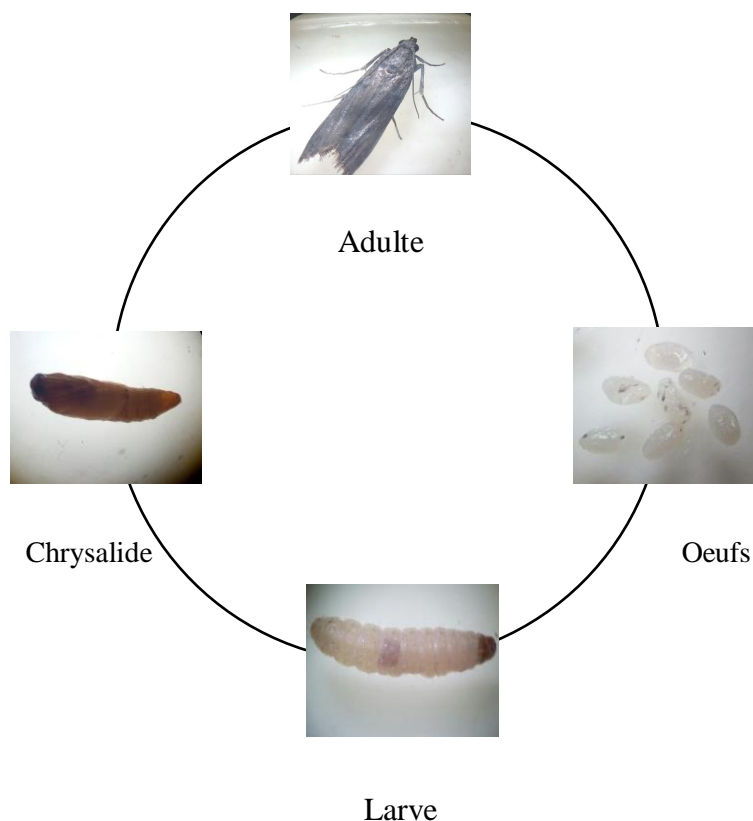


Figure 06. Cycle de développement d'*Ephestia kuehniella* (photos personnelles).

2.1.2. Présentation de la plante *Artemisia herba alba*

- **Description botanique**

Le genre *Artemisia* comprend des plantes médicinales importantes qui font actuellement l'objet d'une attention phytochimique en raison de leur diversité biologique et chimique. Elles sont non seulement utilisées dans la médecine traditionnelle, mais aussi dans l'industrie alimentaire et pharmaceutique (Mirjalili *et al.*, 2007). Il a été rapporté que le genre *Artemisia* est riche en métabolites secondaires tels que les flavonoïdes, les acides cafféoylquiniques, les coumarines, les huiles essentielles (Kundan & Anupam, 2010).

Plus d'une dizaine d'espèces ont été déterminées en Algérie; certaines sont rares et disséminées en hautes montagnes, ou cantonnées dans certaines limites; d'autres sont au contraire particulièrement abondantes et répandues sur de grandes étendues, par exemple : *Artemisia herba alba*.

L'*Artemisia herba alba* ou l'Armoise blanche, communément appelée « Chih », est une plante vivace et aromatique très répandue dans les zones arides à semi-aride (Baba Aissa,

2000). Elle présente une vaste répartition géographique couvrant, en Algérie, environ 4 millions d'hectares. Elle se développe dans les steppes argileuses et les sols tassés relativement peu perméables. Elle se trouve sur les dayas, les dépressions et les secteurs plus ou moins humide. Herbacée et peut mesurer de 30cm à 50cm de haut. Ses tiges sont florifères et élancées, un peu velues et ses feuilles sont oblongues, découpées en segments de couleur vert foncé sur la face et blanc cotonneux sur leur partie inférieure, elle possède aussi des petites fleurs tubuleuses jaunes; elle dégage une odeur très forte, parfois désagréable (Ozenda, 1983; Baba Aissa, 2000), est due principalement à la forte concentration de terpènes volatiles (Bouzidi, 2015). La période de floraison est de juillet à octobre, ses fruits sont des akènes ovoïdes (Pottier, 1981). Les parties de la plante utilisées en phytothérapie sont notamment les feuilles et les sommités fleuries (Mucciarelli & Maffei, 2002).

L'*Artemisia herba alba* est très utilisé en médecine traditionnelle tel que le diabète (Twaijha & Al-badrel, 1988), la diarrhée et les douleurs abdominales. Et en tant que remède de l'inflammation du tractus gastro-intestinal (Gharabi, 2008). Ses racines sont indiquées contre certains troubles nerveux (Baba Aissa, 2000). Plusieurs études scientifiques ont également prouvées l'efficacité de l'armoise blanche en tant qu'agent antidiabétique, antiparasitaire, antibactérien, antiviral, antioxydant, anti malarien, antipyrétique, antispasmodique et antihémorragique (Boudjeladl, 2013).

• **Position systématique :**

Embranchement	Spermatophyta
Sous-embranchement	Angiospermea
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Asterales
Famille	Asteraceae.
Sous-famille	Asterioideae.
Genre	<i>Artemisia</i> .
Espèce	<i>herba-alba</i> (Asso, 1779)



Figure 07. *Artemisia herba-alba*

2.2. Méthodes d'étude

2.2.1. Techniques d'élevage

Les larves de *P. interpunctella* et *E. kuehniella* ont été prélevées d'une semoule infestée récupérée d'un stock endommagé et du moulin d'Annaba respectivement. La semoule et la farine infestées ont été déposées dans des boîtes en verre, recouvertes d'un morceau de tulle maintenu par un élastique. L'élevage a été réalisé au laboratoire à une température de $25 \pm 3^\circ\text{C}$. Les larves du dernier stade ont été récupérées pour l'expérimentation.

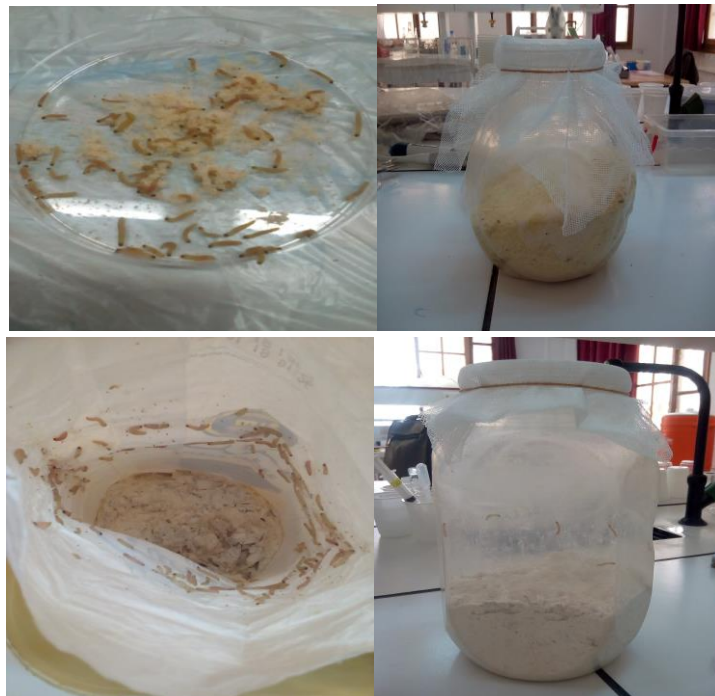


Figure 08. Elevage de masse de *P. interpunctella* (*Ph. ci dessus*) et d'*E. kuehniella* (*Ph. ci dessous*) au laboratoire (Photos personnelles)

2.2.2. Extraction de l'huile essentielle

- **Mode opératoire**

La matière végétale a été destinée à l'hydrodistillation pour l'obtention de son huile essentielle. L'*Artémisia herba alba* a été récoltée durant le mois d'octobre. La plante utilisée est originaire de la région de Bir ater situé au Sud-Est de la wilaya de Tébessa, Algérie.

L'identification de la plante a été faite au laboratoire d'Ecologie et Environnement par Dr. Bouzeraa à l'université d'Annaba.

La plante fraîchement collectée, a été bien séchée à l'ombre et dans un endroit sec et aéré pendant 10 jours. L'extraction de l'huile essentielle a été réalisée au niveau du laboratoire « Santé et Environnement », Université Larbi-Tébessi, Tébessa. Après séchage, 50g de la partie aérienne de la plante ont été introduites dans le ballon à fond rond avec 750mL d'eau distillée.



Figure 09. *Artemisia herba-alba* : après séchage (Photo personnelle)

Le ballon avec son contenu a été mis sur un chauffe ballon à une température voisine de 100°C. L'ensemble est porté à ébullition pendant 3 à 4 heures; en prenant garde de ne pas chauffer jusqu'à sec. (Fig.10)

L'huile essentielle s'évapore avec les vapeurs d'eau dégagées qui se condensent en traversant un réfrigérant puis elle tombe dans l'ampoule de décantation, sous forme d'huile. L'huile essentielle de faible densité par rapport à l'eau, surnage à la surface de cette dernière. L'huile récupérée est déshydratée par le sulfate de sodium (Na₂SO₄) afin d'éliminer le peu d'eau susceptible d'avoir été retenue dans cette phase.

L'huile essentielle obtenue est gardée dans un flacon hermétiquement fermé et conservé à 4°C à l'abri de la lumière.

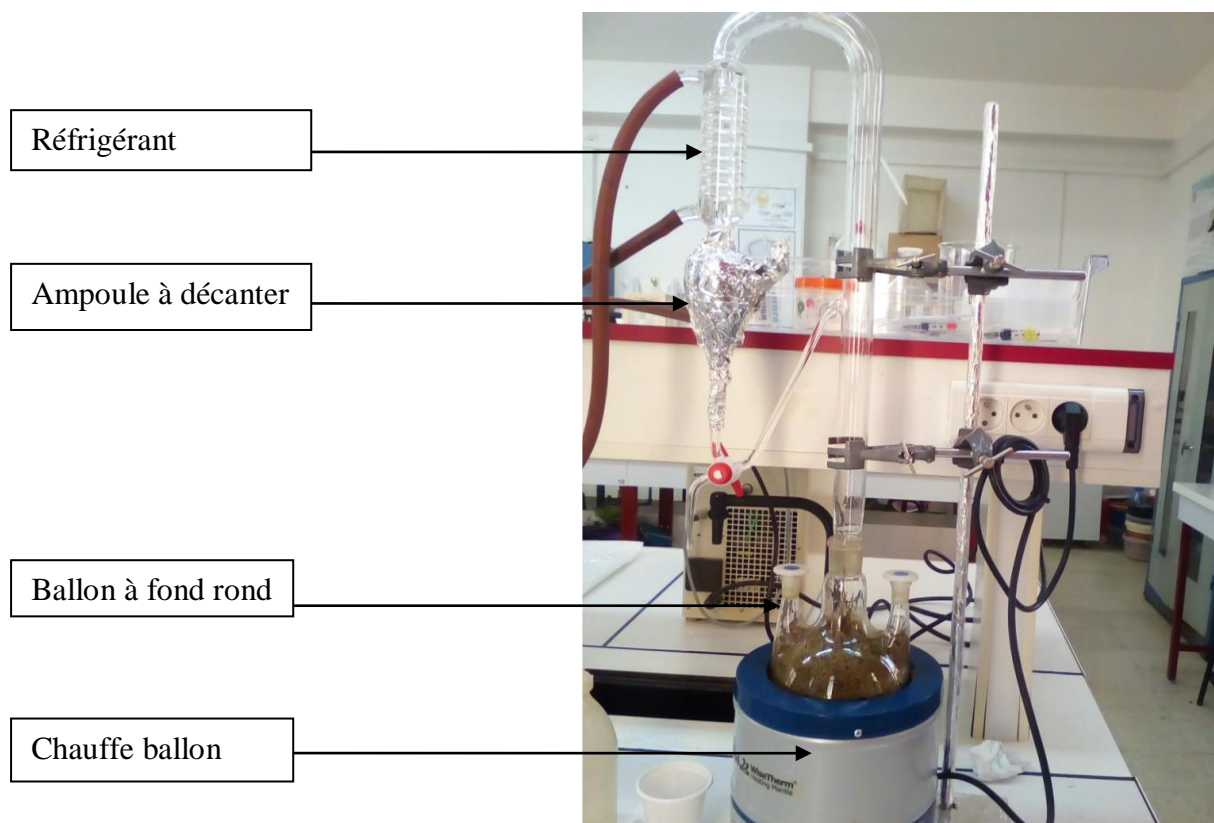


Figure 10. Montage de l'hydrodistillateur de type Clevenger (photo personnelle)

- **Calcul du rendement**

Le rendement en huile essentielle est le rapport entre le poids de l'huile extraite et le poids de la matière sèche de la plante (Afnor, 1986).

Le rendement, exprimé en pourcentage est calculé par la formule suivante :

$$R = P_B / P_A \times 100 \text{ ou } R = [\Sigma P_B / \Sigma P_A] \times 100$$

R : Rendement en huile en %

P_B : Poids de l'huile en g

P_A : Poids de la matière sèche de la plante en g

2.2.3. Test de fumigation

- **Effet répulsif**

Différentes concentrations de l'armoise ont été préparées par dilution dans de l'éthanol absolue pour le test de répulsion effectué sur *P.interpunctella* et *E.kuehniella* (25, 50, 75, 100, 120, 130 et 150µl/ml).

Le test a été réalisé sur un papier filtre de 9cm de diamètre. Le papier a été coupé en deux, et en utilisant une micropipette, 300µl de chaque concentration a été déposé dans la moitié coupée du papier filtre d'une façon homogène. L'autre moitié coupée du papier filtre a été traitée par 300µl de l'éthanol absolue comme contrôle. Les deux moitiés ont été laissées sécher complètement pendant environ 10 mn pour l'évaporation du solvant (éthanol). Par la suite, les deux moitiés coupées du papier filtre ont été adhésées et placées dans les boites pétris de 9cm de diamètre. Dix larves du même âge de *P.interpunctella* et de *E.kuehniella* ont été mises au centre du papier filtre dans chaque boite de pétri. Les boites de pétri ont été hermétiquement fermées et gardées aux conditions optimales de leur développement (25±3 °C). Le nombre de larves sur le coté traité et sur le coté control a été compté chaque 30mn pendant 2h (30mn, 60mn, 90mn, 120mn). Trois répétitions ont été effectuées pour chaque concentration avec une série témoin.

Les données ont été exprimées par le % de répulsion (PR) on utilisant la formule suivante :

$$PR = \frac{N_c - N_t}{N_c + N_t} * 100$$

N_c : nombre de larves dans la partie contrôle

N_t : nombre de larves dans la partie traitée



Figure 11. Photo expérimentale du teste répulsif

Le degré de l'activité répulsive de l'huile essentielle est évalué selon le classement de répulsion de Mc Donald et al. (1970) à partir de la moyenne de répulsion pour chaque concentration. (Tableau 1)

Tableau 1. Pourcentage de répulsion selon Mc Donald *et al.* (1970)

Classe	Intervalle de répulsion	Propriété de la substance testée
0	PR<0,1%	Non répulsive
1	10-20 %	Très faiblement répulsive
2	20-40 %	Faiblement répulsive
3	40-60 %	Modérément répulsive
4	60-80 %	Répulsive
5	80-100%	Très répulsive

- **Test de toxicité**

Pour évaluer la toxicité de l'huile essentielle extraite de la plante testée, dix larves de *P.interpunctella* et de *E.kuehniella* ont été misent dans des flacons en verre de 125ml contenant 100g de semoule et 100 g de farine pour l'alimentation respectivement. Différentes concentrations d'huile d'armoise (50, 75, 100, et 120 ul/air) et (50, 150, 200, 300, 600 ul/air) ont été utilisées pour chaque insecte respectivement. Chaque concentration d'huile essentielle a été appliquée sur papier filtre de 2cm x 2cm qui a été attaché sous le couvercle du flacon. Le flacon a été hermétiquement fermé. L'expérimentation a été conduite à une température de 25±3 °C. Trois répétitions de chaque concentration pour chaque insecte ont été effectuées avec une série témoin. Le témoin ne reçoit aucun traitement. Les larves ont été exposées aux différentes concentrations d'huile pour une durée de 24h, 48h et 72h et le taux de mortalité a y été déterminé.



Figure 12. Photo expérimentale du teste de toxicité

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 de l'huile essentielle. La détermination des concentrations létales à 25% (CL25) et à 50% (CL50) ont été faites grâce à un logiciel GRAPH PAD PRISM 7.

2.2.4. 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 la 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.

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 *Artemisia herba alba* a permis d'obtenir un rendement en huile essentielle de 1,9%. L'huile essentielle obtenue est de couleur jaune et d'une odeur d'herbe séchée légèrement camphrée.

3.2. Détermination de l'activité répulsive de l'huile essentielle

L'huile essentielle extraite de l'Armoise blanche a été testée sur *P.interpunctella* et sur *E.kuehniella* à différentes concentrations (25, 50, 75, 100, 120, 130 et 150µl/ml) pour son effet répulsif. Selon le classement de répulsion de Mc Donald (1970), les résultats montrent que l'huile essentielle d'*A.herba alba* est modérément répulsive après 2h d'exposition. La moyenne de répulsion affiche à la concentration la plus faible 25µl/ml une valeur de 35% chez *P.interpunctella* et une valeur de 13% chez *E.kuehniella*. Un maximum de répulsion a été enregistré à 50% à la concentration de 100µl/ml pour *P.interpunctella* alors que pour *E.kuehniella* 43% de répulsion sont enregistrés à 120µl/ml. D'après les résultats, l'effet de l'huile est plus répulsif envers *P.interpunctella*. La différence entre les deux espèces est significative ($p=0,02$). En général le taux de répulsion augmente avec l'augmentation de la concentration chez les deux espèces, cependant, à la concentration de 120µl/ml et de 130µl/ml le taux de répulsion commence à diminuer chez *P.interpunctella* et chez *E.kuehniella* respectivement.

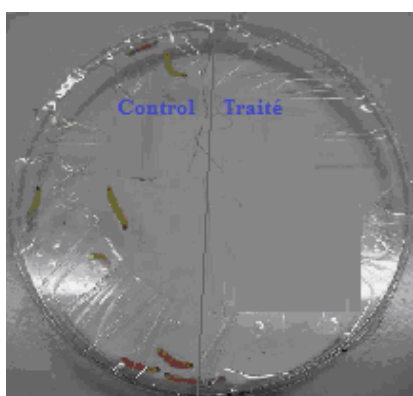


Figure 13. Photo expérimentale du teste répulsif

Tableau 2. Activité répulsive de l'huile essentielle d'*A.herba alba* sur *P. interpunctella* et sur *E.kuehniella* à différentes concentrations. (n=3 répétitions comportant chacune 10 larves)

Insectes	Concentrations (µl/ml)	(%) répulsion				Classe de répulsion	
		30mn	60mn	90mn	120mn		
<i>P.interpunctella</i>	25	40	46	33	20	35 ^{ABC}	2
	75	70	30	40	20	40 ^{ABC}	2
	100	40	40	60	60	50 ^A	3
	120	60	40	20	20	35 ^{ABC}	2
	130	-40	0	20	0	-5 ^{BC}	0
	150	-40	0	-20	-20	-20 ^C	0
<i>E.kuehniella</i>	25	0	0	14	40	13 ^{ABC}	1
	75	20	20	0	40	20 ^{ABC}	1
	100	34	0	46	0	20 ^{ABC}	1
	120	26	26	66	54	43 ^{AB}	3
	130	-20	20	40	60	25 ^{ABC}	2
	150	20	-20	0	0	0 ^{BC}	0

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont sensiblement différentes.

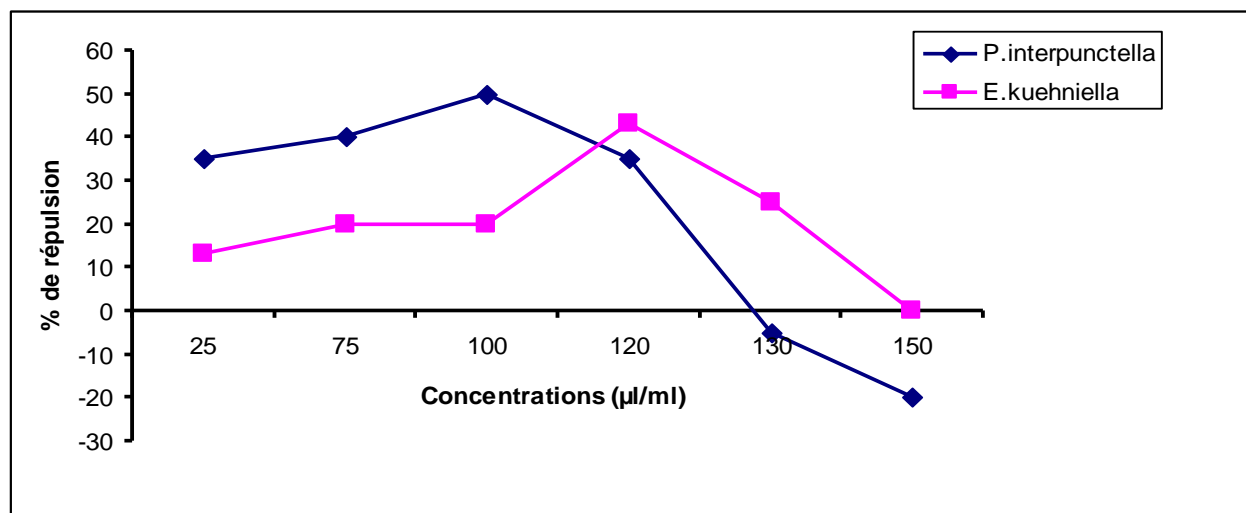


Figure 14. Pourcentage de répulsion à différentes concentrations chez *P.interpunctella* et *E.kuehniella* après 2h d'exposition au traitement à l'huile essentielle d'*A.herba alba*

3.3. Détermination de la toxicité de l'huile essentielle

Le test de toxicité a permis de déterminer l'activité larvicide de l'huile essentielle d'*A.herba alba* sur *P.interpunctella* et sur *E.kuehniella* à partir de la mortalité enregistrée chez les larves du dernier stade après 24h, 48h et 72h d'exposition au traitement par

fumigation. Différentes concentrations ont été testées (50, 75, 100, et 120 µl/l) (50, 150, 200, 300 et 600 µl/l) respectivement.

3.3.1. Toxicité de l'huile essentielle sur les larves de *P.interpunctella* et d'*E.kuehniella* après 24h d'exposition

Les mortalités corrigées sont mentionnées dans le tableau 2. Les résultats indiquent que les larves d'*E.kuehniella* sont plus résistantes que les larves de *P.interpunctella*. Les résultats montrent une augmentation du taux de mortalité corrigée en fonction des concentrations. L'activité larvicide de l'huile essentielle cause une toxicité enregistrée à 50µl/l chez *P.interpunctella* et à 300µl/l chez *E.kuehniella*. Un taux de 23% de mortalité a été enregistré à la concentration 120µl/l et 300µl/l chez les deux insectes respectivement. La concentration létale moyenne (CL50) de l'huile d'*A.herba alba* est enregistrée à 168µl/l sur *P.interpunctella*, alors que la même plante à la même période enregistre une CL50 à 901.1µl/l sur *E.kuehniella*. La concentration létale 25% de mortalité (CL25) est de 121,9µl/l et de 495,7 µl/l respectivement.

Tableau 3. Pourcentage de mortalité corrigée des larves de *P. interpunctella* et d'*E.kuehniella* après 24h d'exposition à l'huile essentielle d'*A.herba alba*. (m±SEM, n=3 répétitions comportant chacune 10 larves)

Insectes	Concentrations (µl/l air)	% mortalité
<i>P.interpunctella</i>	50	3.33±4.44 ^A
	75	3.33±4.44 ^A
	100	16.66±15.55 ^A
	120	23.33±15.55 ^A
<i>E.kuehniella</i>	50	0.00±0.00 ^B
	150	0.00±0.00 ^B
	200	0.00±0.00 ^B
	300	23.33±11.11 ^A
	600	30.00±6.66 ^A

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

Tableau 4. Analyse des Probits (CL25 et CL50) de la toxicité de l'huile essentielle de *A.herba alba* contre les larves du dernier stade de *P. interpunctella* et de *E.kuehniella* après 24h d'exposition au traitement (m±SEM, n=3 répétitions comportant chacune 10 larves)

Insectes	Nombre	Slope	R ²	CL25 (µl/l air) IC 95%	CL50 (µl/l air) IC 95%
<i>P.interpunctella</i>	10	3.43	0.94	121.9 (106.1-299.5)	168 (130.3-1335)
<i>E.kuehniella</i>	10	1.66	0.79	495.7 (334.8-2097)	901.1 (582.7-17031)

3.3.2. Toxicité de l'huile essentielle sur les larves de *P.interpunctella* et d'*E.kuehniella* après 48h d'exposition

Les mortalités corrigées sont mentionnées dans le tableau 4. Après 48h d'exposition au traitement, les résultats montrent une augmentation du taux de mortalité corrigée en fonction des concentrations. L'activité larvicide de l'huile essentielle cause une toxicité enregistrée à 50µl/l chez *P.interpunctella* et à 150µl/l chez *E.kuehniella*. Un taux de 23% de mortalité a été enregistré à la concentration de 120µl/l chez *P.interpunctella*. Chez *E.kuehniella* la concentration la plus élevée 600µl/l enregistre 40% de mortalité. Les résultats affichent une CL25 à 109.2 µl/l, 333µl/l contre *P.interpunctella* et *E.kuehniella* respectivement et une CL50 à 148.4µl/l, 782.4µl/l contre *P.interpunctella* et *E.kuehniella* respectivement.

Tableau 5. Pourcentage de mortalité corrigée des larves de *P. interpunctella* et d'*E.kuehniella* après 48h d'exposition à l'huile essentielle d'*A.herba alba*. (m±SEM, n=3 répétitions comportant chacune 10 larves)

Insectes	Concentrations (µl/l air)	% mortalité
<i>P.interpunctella</i>	50	3.33±4.44 ^A
	75	10±6.66 ^A
	100	16.66± 15.55 ^A
	120	23.33±11.11 ^A
<i>E.kuehniella</i>	50	0.00±0.00 ^B
	150	10.00±6.66 ^{AB}
	200	16.66±8.88 ^{AB}
	300	26.66±15.55 ^{AB}
	600	40.00±6.66 ^A

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

Tableau 6. Analyse des Probits (CL 25 et CL50) de la toxicité de l’huile essentielle d’*A.herba alba* contre les larves du dernier stade de *P. interpunctella* et d’*E.kuehniella*

($m \pm SEM$, $n=3$ répétitions comportant chacune 10 larves) après 48h d’exposition au traitement

Insectes	Nombre	Slope	R ²	CL25 (µl/l air) IC 95%	CL50 (µl/l air) IC 95%
<i>P.interpunctella</i>	10	3.58	0.97	109.2 (96.32-136.1)	148.4 (152.2-294.4)
<i>E.kuehniella</i>	10	1.21	0.96	333 (274.5-411.8)	782.4 (600-1266)

3.3.3. Toxicité de l’huile essentielle sur les larves de *P.interpunctella* et d’*E.kuehniella* après 72h d’exposition.

Les mortalités corrigées sont mentionnées dans le tableau 6. Après 72h d’exposition au traitement, l’activité larvicide de l’huile essentielle cause une toxicité enregistrée à la faible concentration chez les deux insectes. Les résultats montrent une augmentation du taux de mortalité corrigée en fonction des concentrations. Un taux de 23.33% de mortalité a été enregistré à la concentration de 50µl/l chez *P.interpunctella* contre seulement 10% de mortalité Chez *E.kuehniella* à la même concentration et à la même période. L’analyse des Probits affiche une CL25 à 64.02µl/l, 173.5µl/l et une CL50 à 186.5µl/l, 514.5µl/l chez les deux insectes respectivement.

Tableau 7. Pourcentage de mortalité corrigée des larves de *P. interpunctella* et de *E.kuehniella* après 72h exposition à l’huile essentielle d’*A.herba alba* ($m \pm SEM$, $n=3$ répétitions comportant chacune 10 larves)

Insectes	Concentrations (µl/l air)	% mortalité
<i>P.interpunctella</i>	50	23.33±4.44 ^A
	75	23.33±4.44 ^A
	100	36.66±15.55 ^A
	120	40.00±6.66 ^A
<i>E.kuehniella</i>	50	10.00±6.66 ^B
	150	13.33±4.44 ^B
	200	36.66±15.55 ^{AB}
	300	36.66±11.11 ^{AB}
	600	53.33±11.11 ^A

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

Tableau 8. Analyse des Probits (CL25 et CL50) de la toxicité de l'huile essentielle de *A.herba alba* contre les larves du dernier stade de *P. interpunctella* et de *E.kuehniella* (m±SEM, n=3 répétitions comportant chacune 10 larves) après 72h d'exposition au traitement

Insectes	Nombre	Slope	R ²	CL25 (µl/l air) IC 95%	CL50 (µl/l air) IC 95%
<i>P.interpunctella</i>	10	1.05	0.83	64.02 (-0.37-3.07)	181.4 (110-200)
<i>E.kuehniella</i>	10	1.02	0.87	186.5 (93.93-282.4)	514.5 (341.4-1736)

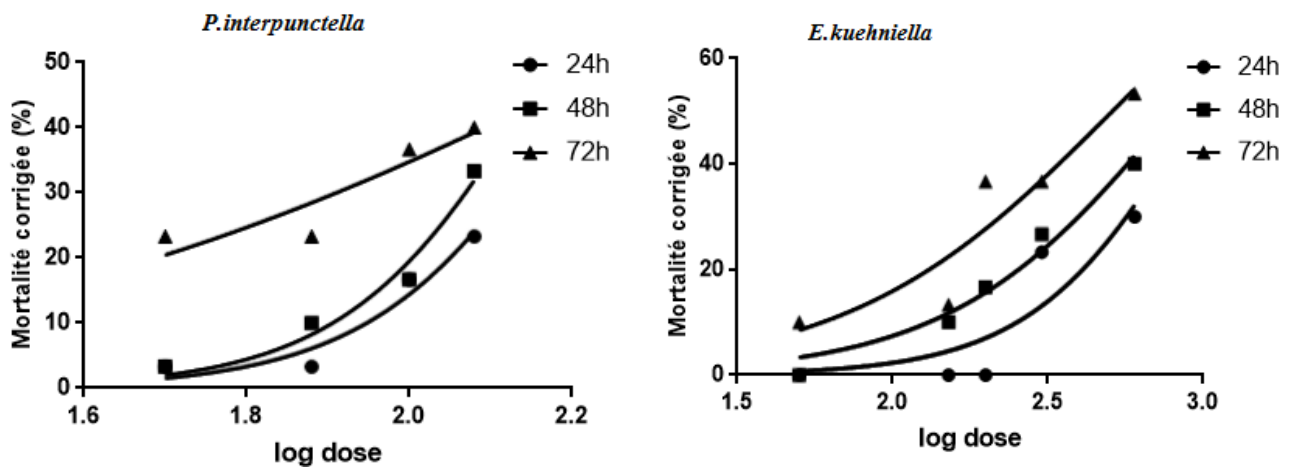


Figure 15. Courbe de référence exprimant les Probits en fonction des logarithmes décimaux des concentrations

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 *A.herba alba* originaire de Tebessa a donné un rendement de 1.9%. Fakher *et al.* (2017) ont déterminé un rendement en huile essentielle d'*A.herba alba* originaire de Djelfa de 1.5%. Dans d'autres régions en Algérie (Saida, Biskra, Boussaada) des faibles rendements en huile essentielle de la même espèce ont été estimés entre 0.2% à 0.95% (Bezza *et al.*, 2010; Belhattab *et al.*, 2012; Bouzidi & Mederbal, 2016).

L'activité biologique de l'huile essentielle d'*A.herba alba* envers différents ordres d'insectes semble avoir une efficacité insecticide inclue activité répulsive, inhibitrice de la croissance, antinutritionnelle et neurotoxique. Comme plante aromatique, la volatilité de l'huile essentielle due aux monoterpènes et le composé major en Camphor de cette huile (Fakher *et al.*, 2017) lui confère une efficacité de lutte contre les insectes ravageurs de stock (Ahn *et al.*, 1998; Fakher *et al.*, 2017).

Dans notre étude l'huile essentielle d'*A.herba alba* testée sur les deux insectes lépidoptères ravageurs des denrées stockées *E.kuehniella* et *P.interpunctella* a montré un effet modérément répulsif. Selon les résultats obtenus, l'huile essentielle de *A.herba alba* est plus répulsive envers *P.interpunctella*. Selon Ikbal *et al.* (2017) l'huile essentielle de la même plante est déterminée comme très répulsive envers *Tribolium castaneum*.

Des études similaires ont montré l'effet répulsif des huiles essentielles extraites des différentes plantes envers les larves d'*E. kuehniella* et de *P.interpunctella*: *Laurus nobilis*, *Sature jahortensis* et *Zingiber officinale* (Mollaei-Maedeh *et al.*, 2012; Zekri, 2016).

Hussam-Aldin *et al.* (2017) ont déterminé l'effet répulsif des poudres et des huiles essentielles et d'*A.herba alba* contre des larves et adultes de *Trogoderma granarium*.

Le test de toxicité par fumigation montre que l'huile essentielle d'*A.herba alba* de la famille Asteraceae est toxique envers les deux insectes testés. Selon les résultats, la toxicité de l'huile essentielle est considérable aux faibles concentrations (50, 75, 100, 120µl/l) chez

P.interpunctella tandis que chez *E.kuehniella* la toxicité est détectée à des concentrations plus élevées (150, 200, 300, 600µl/l) après 24h d'exposition au traitement. D'après ces résultats, les larves d'*E.kuehniella* sont plus tolérantes à la toxicité par fumigation de l'huile essentielle d'*A.herba alba*. La concentration létale moyenne de cette huile essentielle sur *P.interpunctella* est de 168µl/l et sur *E.kuehniella* est de 901.1µl/l.

Des travaux montrent que les monoterpènes agissent au niveau des récepteurs de l'acétyl-cholinestérase des jonctions neuromusculaires (Ngamo & Hance, 2007) au niveau du système nerveux de l'insecte soit par inhibition de l'enzyme AchE soit par l'antagonisme des récepteurs de l'octopamine (Sendi & Ebadollahi, 2013), ce qui pourrait expliquer le taux de mortalité enregistré après inhalation de l'huile d'*A.herba alba*. Une fois en contact avec l'insecte, Les huiles essentielles connues comme des neurotoxines (Ngamo & Hance, 2007), pénètrent dans son système nerveux et le tuent en perturbant la transmission synaptique (Regnault-Roger, 2002).

Des résultats similaires montrent que l'activité insecticide de l'huile essentielle de *A. herba alba* originaire de Djelfa sur les adultes de *Sitophilus oryzae* cause 100% de mortalité à la concentration de 1,5ml/l air après 12h d'exposition au traitement (Fekhar *et al.*, 2017).

BouchikhiTani (2011) a montré que la poudre et l'huile essentielle des feuilles d'*A. herba-alba* sont efficaces contre les adultes d'*Acanthoscelides obtectus* et les larves de *Tineola bisselliella*. Aussi, Sharifian *et al.* (2012) ont suggéré que l'huile essentielle de *A.herba alba* pourrait avoir un effet potentiel comme agent de contrôle contre *Callosobruchus maculatus* et *Rhyzopertha domonica*. Des essais sur les propriétés insecticides de l'huile essentielle d'*A.herba alba* ont été menés dans le cadre de la lutte biologique contre *Euchorthippus albolineatus* (Zaim *et al.*, 2012).

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

Des études ont montrées que deux plantes de la famille des Lamiaceae *Rosmarinus officinalis* L et *Zataria multiflora* ont une toxicité par fumigation envers les adultes de *P.interpunctella* (Mahmoudvand *et al.*, 2011). Selon Chen *et al.* (2010) l'activité toxique de l'huile essentielle d'*Armoracia rusticana* sur *P.interpunctella* est plus efficace sur les adultes suivis par les œufs, les larves et les pupes.

D'autres plantes de la famille des Liliaceae *Allium sativum* et *Allium cepa* semble également avoir une activité insecticide et toxique envers *E.kuehniella* et *P.interpunctella* (Thibout & Auger, 1997; Auger *et al.*, 2002 et Mikhaïel, 2011).

Les résultats de Zekri (2016) montrent que l'huile essentielle de la famille des Lauraceae *Laurus nobilis* administrée par inhalation est efficace, après 2 jours d'exposition, à l'égard des insectes adultes d'*Ephestia kuehniella*.

Selon Ayvaz *et al.* (2010) l'huile essentielle de *Myrtus communis* L. de la famille des Myrtaceae est toxique envers *E. kuehniella* et *P. interpunctella*.

Mahmoudvand *et al.* (2011) ont étudié la toxicité des huiles essentielles extraites de *Rosmarinus officinalis* L., *Mentha pulegium* L., *Zataria multiflora* et de *Citrus sinensis* chez des adultes de *P. interpunctella* et ont découvert que *Z. multiflora* et *R. officinalis* présentaient une toxicité par fumigation chez les adultes de *P. interpunctella*.

Les résultats de notre étude et ceux rapportés par les auteurs indiquent que la variation de l'activité insecticide de l'huile essentielle dépend de l'espèce d'insecte, son stade de développement, l'espèce de la plante et son origine (Tunc *et al.*, 2000; Chiasson *et al.*, 2001; Choi *et al.*, 2003; Sedy & Koschier 2003; Negahban *et al.*, 2007).

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 de stocks. Dans notre étude le traitement par fumigation de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* sur les larves de *Plodia interpunctella* et d'*Ephestia kuehniella* a donné un effet répulsif après 30mn et un effet toxique après 72h d'exposition au traitement.

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 *P.interpunctella* et *E. kuhniella* 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 d'*Artemisia* sur la fécondité et la neurotoxicité chez *P.interpunctella* et *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 l'huile essentielle extraite d'une plante aromatique *Artemisia herba alba* (Lamiaceae) sur les larves de *Plodia interpunctella* et d'*Ephesia kuehniella*. L'effet répulsif et la toxicité par fumigation ont été testés à différentes concentrations (25, 50, 75, 100, 120, 130 et 150 µl/ml pour les deux insectes) (50, 75, 100, et 120 µl/l air pour *P.interpunctella*) et (50, 150, 200, 300 et 600 µl/l air pour *E.kuehniella*) respectivement dans les conditions du laboratoire.

Les résultats révèlent que l'huile essentielle d'*A.herba alba* est modérément répulsive envers les deux insectes avec un effet plus marqué sur *P.interpunctella*. Le test de fumigation montre que l'huile d'*Artemisia* a un effet toxique sur les larves de *P.intepunctella* et d'*E.kuehniella* lorsque ces dernières ont été exposées au traitement pendant 48h aux concentrations testées. La concentration létale moyenne CL50 est de 168 µl/l et 901.1 µl/l, respectivement, après 24h d'exposition au traitement à l'huile essentielle d'*A.herba alba* ce qui montre que cette dernière a une activité plus élevée sur *P.interpunctella* et que *E.kuehniella* est plus tolérante à la toxicité de cette huile essentielle. 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*ntegrated *P*est *M*anagement).

Mots clés : Ravageurs des stocks, *Ephesia kuehniella*, *Plodia interpunctella*, Plantes aromatiques, huiles essentielles, *Artemisia herba alba*, toxicité.

Abstract

To rationalize the use of aromatic plants for application as alternative bio-insecticides to chemicals with ecotoxicological risk, in the present work, we are interested in the insecticidal activity of the essential oil extracted from an aromatic plant *Artemisia herba alba* (Lamiaceae) on the larvae of *Plodia interpunctella* and *Ephesia kuehniella*. The repellent effect and the fumigation toxicity were tested at different concentrations (25, 50, 75, 100, 120, 130 and 150 μl / ml for both insects) (50, 75, 100, and 120 μl / l air for *P. interpunctella*) and (50, 150, 200, 300 and 600 μl / l air for *E. kuehniella*) respectively under laboratory conditions. The results reveal that the essential oil of *A. herba alba* is moderately repellent to both insects with a stronger effect on *P. interpunctella*. The fumigation test shows that *Artemisia* oil has a toxic effect on the larvae of *P. interpunctella* and *E. kuehniella* when they have been exposed to treatment for 48 hours at the concentrations tested. The average lethal LC50 concentration is 168 μl / l and 901.1 μl / l, respectively, after 24 hours of exposure to the oil treatment of *A. herba alba*, which means that the oil has a higher activity on *P. interpunctella* and that *E. kuehniella* is more tolerant to the toxicity of this essential 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 pests of stored commodities and are part of the pest control program (Integrated Pest Management).

Key words: Stock pests, *Ephesia kuehniella*, *Plodia interpunctella*, Aromatic plants, essential oils, *Artemisia herba alba*, toxicity.

ملخص

من أجل توسيع إستخدام النباتات العطرية للتطبيق كمبيدات حشرية بديلة للمواد الكيميائية ذات المخاطر السمية الإيكولوجية، في هذا العمل نحن مهتمون بدراسة النشاط السمي للزيت المستخرج من النبات العطري *Artemisia herba alba* (Lamiaceae) (الشيح) على يرقات *Plodia interpunctella* و *Ephestia kuehniella*. تم اختبار التأثير الطارد وسمية الإستنشاق بتركيز مختلفة (25، 50، 75، 100، 120، 130 و 150 ميكرو لتر / مل لكلتا الحشرتين) و (50، 75، 100، و 120 ميكرو لتر / لتر للهواء بالنسبة ل *P. Interpunctella*) و (50، 150، 200، 300 و 600 ميكرو لتر / لتر للهواء بالنسبة *E.kuehniella*) على التوالي، تحت ظروف المختبر. تكشف النتائج أن الزيت العطري للشيح طارد معتدل لكل من الحشرتين مع تأثير أقوى على *P.interpunctella*، و يظهر إختبار الإستنشاق أن زيت الشيح له تأثير سام على يرقات *P.intepunctella* و *E. kuehniella*، عندما تعرضا للعلاج لمدة 48 ساعة عند التراكيز المختبرة. متوسط التركيز المميت (CL50) هو 168 ميكرو لتر / لتر و 901.1 ميكرو لتر / لتر تواليا، بعد 24 ساعة من التعرض لزيت الشيح، مما يدل على أن هذا الأخير له نشاط أعلى على *P.intepunctella*، و أن *E.kuehniella* أكثر تسامحا لسمية هذا الزيت العطري.

هذه النتائج بالإضافة إلى تلك التي حصل عليها الباحثون الآخرون عن فائدة وفعالية الزيوت العطرية في التحكم في مختلف أنواع الحشرات المفسدة للسلع المخزنة، هي جزء من برنامج مكافحة الحشرات المفسدة للزراعة (*Integrated Pest Management*).

الكلمات المفتاحية: حشرات مفسدة للمحزون، *Plodia interpunctella*، *Ephestia kuehniella*، النباتات العطرية، زيت عطري، *Artemisia herba alba*، السمية.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

-A-

- **Ahn YJ Lee SB, Lee HS, Kim GH. 1998.** Insecticidal and acaricidal activity of carvacrol and β -thujaplicine derived from *Thujopsis dolabrata* var. *hondai* sawdust. *Journal of Chemical Ecology* 24: 81-90.
- **Allotey J. and L. Goswami. 1990.** Comparative biology of two phycitid moths, *Plodia interpunctella* (Hubn.) and *Ephestia cautella* (Wlk.) on some selected food media. *Insect Sci. Applic.* 11(2): 209-215.
- **Auger J, Djgravot S, Naudin A, Abo-Ghalia A, Pierre D, & 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.

-B-

- **Baba Aissa F, 2000.** Encyclopédie des plantes utiles. Flore d'Algérie et du Maghreb. Substances végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident. Edition librairie moderne. Rouiba.
- **Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D. & Idaomar M. 2008.** Biological effects of essential oils- A review.
- **Belaygoubi, (2006).** Effet de quelques essences végétales sur la croissance des moisissures de détérioration des céréales. (Mémoire de Magistère), Univ. de Tlemcen. Algérie
- **Belhattab R, L Amor, J.G Barroso, L.G Pedro & A.C Figueiredo, 2012.** Essential oil from *Artemisia herba-alba* Asso grown wild in Algeria: Variability assessment and comparison with an updated literature survey. *Arabian J Chem.*
- **Bell C.H. 1975.** Effects of temperature and humidity on development of four pyralid moth pests on stored products. *J. Stored Prod. Res.* 11: 167–175.
- **Ben-ziane A. & Ismail Y. 2001.** Contribution à l'étude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région de Djelfa : Activité antibactérienne des huiles essentielles des feuilles de *Pistacia atlantica* Desf., from <https://sites.google.com/site/pastoraldz/plantes-medicinales>

- **Bezza, L, A Mannarino, K Fattarsi, C Mikail, L Abou, F HadjMinaglon & J Kaloustian. 2010.** Chemical composition of the essential oil of *Artemisia herba alba* from the region of Biskra (Algeria). *Phytotherapy.*, 8: 277-281.
- **Boeke S.J. I.R Baumgart, J.J.A Van Loon, A Van Huis , M. Dicke, D.K Kassou. 2004.** Toxicity and repellence of African plants traditionally used for the protection of stored cowpea against *Callosobruchus maculatus*. *J. Stored Prod. Res.*, 40, 423-438.
- **Bouchikhi Tani Z. 2011.** Lutte contre le bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera, Bruchidae) et la mite *Tineola bisselliella* (Lepidoptera, Tineidae) par des plantes aromatiques et leurs huiles essentielles. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques. Université Abou Baker Belkaid, Tlemcen. 147p.
- **Boudjelal A. 2013.** Extraction, identification et détermination des activités biologiques de quelques extraits actifs de plantes spontanées (*Ajugaiva*, *Artemisia herba alba* et *Marrubiumvulgare*) de la région de M'Sila, Algérie.thèse doctorat : Biochimie Appliquée. Annaba : Université Badji Mokhtar, 61p.
- **Bouzeraa H. 2010.** Impact de deux mimétiques de l'hormone de mue (RH-2485) et (RHè5992) sur le devenir des oeufs d'un lépidoptère, ravageur des denrées stockées: *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera : Pyralidae) après traitement des mâles. Mémoire de Magister Physiologie Animale. Université d'Annaba. Algérie.
- **Bouzidi N, Mederbal K. & Raho B G. 2016.** Antioxidant Activity of Essential Oil of *Artemisia herba alba*. *J. Appl. Environ. Biol. Sci.*, 6(5)59-65.

-C-

- **Callec J.J & Sattelle, D.B, 1973.** A simple technique for monitoring the synaptic actions of pharmacological agents. *Journal of Experimental Biology* 59, 725-738.
- **Camara A, 2009.** Lutte contre *Sitophilus oryzae* L. (coleoptera: curculionidae) et *Tribolium castaneum* herbst (coleoptera: Tenebrionidae) dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en basse-guinée et l'utilisation des huiles essentielles végétales. Thèse. Doctorat., Univ., Québec, Montréal., 154 p.
- **Campos-Figueroa M. 2009.** Attract and kill methods for control of Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae), and comparisons with other pheromone based control methods. PhD. Faculty of the Graduate College of the Oklahoma State University.

- **Carlos J.S. 2006.** Exposition humaine aux pesticides-Un facteur de risque pour le suicide au Brésil. Ed. Vertigo., Rev. science de l'environ, Brésil., 18p.
- **Casida J.E. (2009).** Pest toxicology: the primary mechanisms of pesticide action. *Chem. Res. Toxicol.* 22, 609–619.
- **Chaieb I, Ben Hamouda A, Tayeb W, Zarrad K, Bouzlama T, Laarif A. 2017.** The Tunisian Artemisia Essential Oils for Reducing Contamination of Stored Cereals by *Tribolium castaneum*. *Food Technology and Biotechnology.* VI – 56, DOI - 10.17113/ftb.56.02.18.5414.
- **Chiasson H, Belanger A, Bostanian N, Vincent C, Poliquin A. 2001.** Acaricidal properties of *Artemisia absinthium* and *Tanacetum vulgare* (Asteraceae) essential oils obtained by three methods of extraction. *Journal of Economic Entomology* 94: 167-171.
- **Choi WI, Lee EH, Choi BR, Park HM, Ahn YJ. 2003.** Toxicity of plant essential oils to *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Economic Entomology* 96: 1479-1484.
- **Cimanga K, Kambu K, Tona L, Apers S, de Bruyne T, Hermans N, Totte J, Pieters L et. Vlietinck A.J. 2002.** Correlation between chemical composition and antibacterial activity of essential oils of some. Colin W.W. in Taylor & Francis. Ed. London and New York. pp: 10-16.
- **Cuperus G.W, R.T Noyes, W.S Fargo, B. L Clary, D.C Arnold, and K Anderson. 1990.** Management practices in a high-risk stored-wheat system in Oklahoma. *Am. Entomol.* 36: 129-134.
- **Cuperus G.W, R.T Noyes, W.S Fargo, B.L Clary, D. C Arnold, and K. Anderson. 1990.** Management practices in a high-risk stored-wheat system in Oklahoma. *Am. Entomol.* 36: 129-134.

-D-

- **Dhadialla T.S, Carlson, G.R, Le D.P. 1998.** New insecticides with ecdysteroidal and juvenile hormone activity. *Annu. Rev. Entomol.* 43, 545–569.
- **Diaye. 1999.** Ingénieur Technologue en Stockage Et Conservation des Grains et Graines ; Manuel de stockage et de conservation des céréales et des oléagineux. *Document financé par la Coopération Autrichienne.*

- **Doud C.W, Phillips T.W. 2000.** Activity of *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) in and around flour mills. *Journal of Economic Entomology*, **93**(6): 1842-1847.

-F-

- **Fakher N. , Moulay S., Driouèche A., Krea M., Boutoumi H. & Benmaamar Z. 2017.** Thionation of essential oils from Algerian *ARTEMISIA HERBA-ALBA* L. AND *RUTA MONTANA* L: impact on their antimicrobial and insecticidal activities Chemistry Journal of Modova. <http://dx.doi.org/10.19261/cjm.2017.410>.
- **Fasulo, T. R., and M. A. Knox. 2004.** Indianmeal moth, *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). Fact Sheet EENY-026. University of Florida, Gainesville.
- **Flaurat-Lessard. 1982.** Les insectes et les acariens. In. MULTON JL., conservation et stockages des grains et graines et produits dérivées. Ed .Lavoisier, Paris. Vol.01 ; pp 394-436.
- **Frisco C, 2006.** l'arret du developpement chez les Lépidoptères : la 20-hydroxyecdysone est elle Toujours impliquée? Faculté de foresterie et géomatique Université Laval Québec.

-G-

- **Gausсен H. and Leroy H. F. 1982.** Précis de botanique, végétaux supérieurs, 2eme Ed., 426.
- **Gerschenfeld, H.M. 1973,** Chemical transmission in invertebrate central nervous systems and neuromuscular junctions. *Physiological review* 53 (1), 1-119.
- **Gharabi Z. Sand RI. 2008.** *Artemisia herba Alba* asso. A guide to Medicinal Plants in North Africa: 49-49.
- **Gueye, M. T, Seck D, Wathelet, JP. &Lognay G. (2010).** Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale : synthèse bibliographique.
- **Gundelfinger, E.D et Hess N. 1992.** Nicotinic acetylcholine receptors of the central nervous system of *Drosophila*. *Biochimica et Biophysica Acta* 1137, 299-308.

-H-

- **Haoliang Chen R.O Akinkurolere and Hongyu Zhang. 2010.** Fumigant activity of plant essential oil from *Armoracia rusticana* (L.) on *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) and *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). African Journal of Biotechnology Vol. 10(7), pp. 1200-1205,

-I-

- **Imura, O., and R. N. Sinha. 1986.** Bioenergetics of the Indianmeal moth, *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 79(1): 96-103
- **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.
- **Isman M.B. 2000.** Plant essential oils for pest and disease management. Crop Protection, N° 19. pp 603-608.
- **Jacobson M. Botanical pesticides: past, present, and future. In: Arnason, J.T. 1989.** Philogène, B.J.R., Morand, P. (Eds.), Insecticides of Plant Origin. ACS Symposium Series No. 387. American Chemical Society, Washington, DC. ; 1-10.
- **Johnson JA, Wofford PL, Whitehand LC.1992.** Effect of diet and temperature on development rates, survival, and reproduction of the Indianmeal moth (Lepidoptera: Pyralidae). Journal of Economic Entomology. 85:561–566.

-K-

- **Kopec, S. 1922,** Studies on the necessity of the brain for the inception of insect metamorphosis. *Biol. Bull. Woods Hole* **42**, 322-342.
- **Kundan S, et Anupam S. 2010.** The Genus *Artemisia*: A Comprehensive Review. *J. Pharm. Biol.* pp:1-9.

-L-

- **Lafon J.P, Thorand Prager C. et Levy, G.1991.** « Biochimie structurale» Biologie des plantes cultivées. Tome 1. Lavoisier. TEC. & DOC. 1988; b) Sallé, J.L. « Le Totum en Phytothérapie » Approche de phytothérapie. Ed Frison - Roche. Paris.

-M-

- **Mahmoudvand M, Abbasipour, H, Basij M, Hosseinpour M. H Rastegar F, and Bagher M N. 2011.** Fumigant toxicity of some essential oils on adults of some stored product pests. Chilean Journal of Agricultural Research 71(1):83-89.
- **Mason, L.J. 2003.** Indianmeal moth *Plodia interpunctella* (Hubner). Grain Insect Fact Sheet E-223-W, Purdue University, Department of Entomology.
- **Mc Dounald L, Gyr, H. & Speire R.D. (1970).** Preliminary evaluation of new condiolate materials.
- **Mebarkia A. & Guechi A. 2004.** Protection Phytosanitaire Contre les Ravageurs des Céréales Stockées. Laboratoire de Microbiologie et de phytopathologie, Faculté des Sciences, UFA-Sétif.
- **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 .
- **Mirjalili. M.H, Tabatabaei S.M.F, Hadian J, Nejad S.E and Sonboli A. 2007.** Phenological variation of the essential oil of *Artemisi scoparia* from Iran. *Essent.oilRes.* 19 : 326–329.
- **Mollaei M, Izadi H , Dashti H , Azizi M and Ranjbar K.R .2012** Bioactivity of Essential Oil from *Zingiber officinale* (Zingiberaceae) Against Three Stored-Product Insect Species Journal of Essential Oil Bearing Plants 15 (1) 2012 pp 122 – 133.
- **Mucciarelli M & Maffei M. 2002.** *Artemisia*: Introduction to the Genus Vol. 18 Ed

-N-

- **Nansen C, Phillips T.W. 2004.** Attractancy and toxicity of an attracticide for the Indianmeal moth, *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) J Econ Entomol. 97:703–710.

- **Negahban M, Moharramipour S. 2007.** Fumigant toxicity of *Eucalyptus intertexta*, *Eucalyptus sargentii* and *Eucalyptus camaldulensis* against stored-product beetles. *Journal of Applied Entomology*, 131(4): 256-261.
- **Ngamo L.S.T. & Hance T. 2007.** Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical. *Tropicultura*. 25 (4): 215-220.
- **Nouioua W. 2011.** Biodiversité et ressources phylogénétiques d'un écosystème forestier « *Paeonia mascula* (L) Mill ». (Mémoire de Magistère), Faculté des Sciences de la nature et la vie, UFA-Sétif.

-O-

- **Ozenda P. (1983).** Flore du Sahara Ed : éditions du centre nationale de la recherche Scientifique -Paris- 441p.

-P-

- **Pottier G. 1981.** *Artemisia herba-alba*. Flore de la Tunisie: angiospermes–dicotylédones– gamopétales, p 1012.

-R-

- **Raccaud-Schoeller J. 1980.** Les insectes physiologie développement. Ed. Masson, Paris: 287.
- **Regnault-Roger C. 2002.** De nouveaux phyto- insecticides pour le troisième millénaire In *Biopesticides d'Origine Végétale* Philogène BJR, Regnault-Roger C, Vincent C (eds). Lavoisier Éditions Tec & Doc: Paris ; 19-39.

-S-

- **S.E Manahan. 2002.** *Toxicological chemistry and biochemistry*. 3rd édition. Lewis, London.CRC Press.
- **Sedy KA, Koschier EH. 2003.** Bioactivity of carvacrol and thymol, against *Frankliniella occidentalis* and *Thrips tabaci*. *Journal of Applied Entomology* 127: 313-316.
- **Sendi J.J, Ebadollahi A. 2013.** Biological activities of essential oils on insects. Uni. of Mohaghegh Ardabili. [https://WWW.researchgate. Net / publication / 270273498](https://WWW.researchgate.Net/publication/270273498).

- **Sharifian I, Hashemis M, Aghael M. and Alizadeh M. 2012.** Insecticidal activity of essential oil of *Artemisia herba alba* Asso against three stored product beetles. *Baharean biologist* 6(2): 90-93.
- **Sigaut F. 1978.** Les réserves des grains à long terme. Technique de conservation et fabrication sociales dans l'histoire. Ed. Maison de science de l'homme. Univ.de Till III. PP 3-43.
- **Storey C.L, D.B. Sauer, and D. Walker. 1983.** Insect populations in wheat, corn, and oats stored on the farm. *J. Econ. Entomol.* 76 : 1323-1330.

-T-

- **Thany S.H, Lenaers G, Raymond-Delpech V, Sattelle D.B. et Lapied B. (2007).** Exploring the pharmacological properties of insect nicotinic acetylcholine receptors. *Trends in Pharmacological Sciences* 28, 14-22.
- **Thibout E. & Auger J. 1997.** Composés soufrés des *Allium* et lutte contre les insectes. *Acta bot. Gallica*, 144(4): 419-426.
- **Thibout E. 2002** -Utilisation des composés allelochimiques des *Allium* en tant qu'insecticides, *Use of pheromones and other semiochemicals in integrated production IOBC wprs Bulletin Vol. 25*, p: 13.
- **Tunc I, Berger B.M, 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.
- **Twaij H.A, Al-badrA. 1988.** Hypoglycaemic activity of *Artemisia herba-alba*. *J Ethnopharmacol.* Vol. 24 (2-3):123–126.

-V-

- **V.A Kurkin.2003.** *Chem. Nat. Compd.*, 39,123.
- **Vick, K.W, P.G Koehler, and J. J Neal. 1986.** Incidence of stored-product *Phycitinae* moth in food distribution warehouses as determined by sex pheromone-baited traps. *J. Econ. Entomol.* 79: 936-939.

- **Zaim A., El Ghadraoui L. et Farah A., 2012.** Effets des huiles essentielles d'*Artemisia herba alba* sur la survie des criquets adultes d'*Euchorthippus albolineatus* (Lucas, 1849). Bulletin de l'institut scientifique, Rabat, Section sciences de la vie, n°34 (2): 127-133.
- **Zekri F. 2016.** Contribution à l'étude des propriétés insecticides du Laurier noble, *Laurus nobilis* L. (Lauraceae), sur un insecte ravageur des denrées stockées, *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera, Pyralidae), (Mémoire de Master), Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université des Frères Mentouri Constantine