

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en sciences Agronomiques
Spécialité : Production végétale et agriculture durable

Thème

*Etude comparative de l'activité insecticide d'un pesticide chimique et des huiles essentielles vis-à-vis du charançon du Riz (*Sitophilus oryzae*)*

Présenté par : M^{elle} Belhocine Amina

Dirigé par: M^{me} ABDELLAOUI .K

Le : 06/07/ 2017

Devant le jury composé :

Présidente : M ^{me} BOUTEBTOUB W.	MCB	U.M.M.T.O
Promotrice : M ^{me} ABDELLAOUI K.	MAA	U.M.M.T.O
Examinatrice : M ^{me} LEKMACHE Y.	MAA	U.M.M.T.O
Examinatrice : M ^{me} TAIBI H.	MAA	U.M.M.T.O

Année universitaire : 2016-2017



Remerciements

En premier lieu, je remercie Dieu le tout puissant pour m'avoir accordé le courage, la volonté, la force et la patience de bien mener ce modeste travail.

J'adresse mes plus vifs remerciements à ma promotrice **Mme Abdellaoui Karima** Maître-assistant classe A à L'U.M.M.T.O, pour avoir accepté de diriger ce travail et pour ses orientations dont j'ai bénéficié. Elle m'a réservé des moments précieux de discussion et m'a facilité toutes les conditions pour mener à bien ce travail, malgré ses multiples obligations ; qu'elle soit assurée de toute ma gratitude.

Je remercie très profondément **Mme Boutebtoub Wahiba**, Maître de Conférences classe B à L'U.M.M.T.O, pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury, malgré ses multiples obligations. Qu'elle trouve ici mes sincères impressions de gratitude et de respect.

Mes remerciements vont aussi à **Mme Lekmache-Arabdiou Yasmina**, Maître-assistant classe A, pour l'attention qu'elle a bien voulu porter à ce travail, en qualité d'examinatrice. Je suis particulièrement honorée par votre participation à ce jury.

Que **Mme Taïbi-Hadj youcef Hassiba**, Maître-assistant classe A, trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance et mes sincères remerciements, pour m'avoir fait l'honneur d'être examinatrice de ce travail.

Mes remerciements vont aussi à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire :

A mes chers parents ma mère et mon père. Pour leur patience, leur amour, leur soutien et leurs encouragements.

A mes frères.

A mes grandes mères.

A mes tantes, oncles, cousines et cousins.

A mes amies et mes camarades.

AMINA

Liste des figures

Figure 01 : Schéma de structure du grain de blé (Abicassis, 2015).....	04
Figure 02 : Trou de ponte de <i>Sitophilus oryzae</i> (Benazzeddine., 2010).....	07
Figure 03 : Différents états de <i>S. oryzae</i> (Walter, 2002).....	07
Figure 04 : Quelques organes sécréteurs d'huiles essentielles (Tayoub, 2006).....	14
Figure 05 : Diversité des structures de sécrétion des huiles essentielles, poil sécréteur) (Khenaka, 2011). (B): illustration schématique du développement de la glande productrice d'huile essentielle (Gaspar, 2004).....	15
Figure 06 : Montage d'hydrodistillation (Pavida et al., 1976).....	21
Figure 07 : Entraînement à la vapeur d'eau ascendante et descendante (Marie, 2005).....	22
Figure 08 : Feuilles de l'armoise arborescente (<i>Artemisia arborescens</i>) (Originale, 2016).....	23
Figure 09 : Partie aérienne de la lavande (<i>Lavandula angustifolia</i>) (Guitton, 2010).....	25
Figure 10 : Élevage de masse de <i>Sitophilus oryzae</i> (Originale, 2016).....	26
Figure 11 : Dégâts de <i>Sitophilus oryzae</i> sur blé tendre (originale, 2016).....	26
Figure 12 : Dispositif expérimentale des tests de repulsivité (Original).....	27
Figure 13 : Dispositif expérimentale des tests d'inhalation (Original).....	29
Figure 14 : Taux de répulsion de <i>Artemisia arborescens</i>	31
Figure 15 : Taux de répulsion.de <i>Lavandula angustifolia</i>	31
Figure 16 : Comparaison entre l'effet répulsif des huiles essentielles et de l'insecticide de synthèse.....	35
Figure 17 : Taux moyen de mortalité des adultes de <i>Sitophilus oryzae</i> traités par inhalation aux différentes doses des huiles essentielles d' <i>Artemisia arborescens</i> et de <i>Lavandula angustifolia</i>	37
Figure 18 : Taux moyen de mortalité des adultes de <i>Sitophilus oryzae</i> traités par inhalation aux différentes doses de l'insecticide Deltaméthrine.....	38

Liste des tableaux

Tableau 01 : Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald et *al.*, (1970).....28

Tableau 02 : Taux de répulsion sur papier filtre des huiles essentielle testées contre les adultes de *Sitophilus oryzae* et leur classement selon Mc Donald et *al.*, (1970).....30

Tableau 03 : Taux de répulsion d'un insecticide de synthèse la Deltaméthrine sur les adultes de *Sitophilus oryzae* et son classement selon Mc Donald et *al.*, (1970).....34

Tableau 04 : Taux moyen de mortalité des adultes de *Sitophilus oryzae* traité par les huiles essentielles des espèces d'*Artemisia arborescens* et de *Lavandula angustifolia* dans le temps en fonction de la dose.....36

Tableau 05 : Taux de mortalité des adultes de *Sitophilus oryzae* traités par fumigation avec un insecticide de synthèse deltaméthrine.....38

SOMMAIRE

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale	1
Chapitre I : Données bibliographiques	
I. Généralités sur la plante hôte.....	3
II. Généralités sur le charançon du riz (<i>Sitophilus oryzae</i> L.).....	5
II.1. Introduction.....	5
II.2. Charançon du riz <i>Sitophilus oryzae</i> L.	5
II.2.1. Caractères généraux de la famille des Curculionidae	5
II.2.2. Position systématique de <i>Sitophilus oryzae</i> L.	5
II.2.3. Origine et répartition géographique de <i>Sitophilus oryzae</i> L.	6
II.2.4. Description morphologique des différents états de l'insecte	6
II.2.5. Biologie de <i>Sitophilus oryzae</i> L.	7
II.2.6. Importance économique et Dégâts	8
II.2.7. Ennemis naturels.....	8
II.2.8. Lutte.....	9
II.2.8.1. Généralités.....	9
II.2.8.2. Lutte préventive.....	9
II.2.8.3. Lutte curative.....	9
II.2.8.3.1. Méthodes traditionnelles.....	10
II.2.8.3.2. Méthodes de lutte moderne.....	10
II.2.8.3.2.1. Lutte chimique.....	10
II.2.8.3.2.2. Lutte physique et mécanique.....	12
II.2.8.3.2.2.1. La lutte par le froid.....	12
II.2.8.3.2.2.2. La lutte par la chaleur.....	12
II.2.8.3.2.2.3. Radiations ionisantes.....	12
II.2.8.3.2.2.4. Radiations non ionisantes.....	12
II.2.8.3.2.3. Lutte biotechnique.....	12

II.2.8.3.2.4. Lutte biologique.....	13
III. Les huiles essentielles.....	13
1. Définition des huiles essentielles.....	13
2. Localisation.....	14
3. Composition chimique.....	15
3.1.Les monoterpènes.....	15
3.2. Les sesquiterpènes.....	15
3.3.Les composés aromatiques.....	16
3.4.Composés d'origine diverse.....	16
4. Rôle physiologique.....	16
5. Propriétés et caractéristiques.....	16
6. Facteurs de variabilité des huiles essentielles.....	17
6.1. Origine botanique.....	17
6.2. Cycle végétatif.....	17
7. Intérêt thérapeutique, écologique et économique.....	17
8. Qualité et rendement des huiles essentielles.....	18
9. Conservation des huiles essentielles.....	19
10. Toxicité des huiles essentielles.....	19
11. Procédés d'extraction.....	20
11.1. Hydrodistillation.....	20
11.2. Entraînement à la vapeur d'eau.....	21
11.3. L'hydrodiffusion.....	22

Chapitre II : Matériels et Méthodes

I. But de l'expérimentation.....	23
II. Matériel.....	23
II.1.Matériel biologique utilisé.....	23
II.1.1.Huiles essentielles.....	23
II.1.1.1. Présentation de l'Armoise arborescente (<i>Artemisia arborescens</i>).....	23
II.1.1.2. Présentation de la lavande (<i>Lavandula angustifolia</i>).....	24
II.1.2. Présentation de <i>Sitophilus oryzae</i>	26
II.2. Matériel du laboratoire.....	26
III. Méthode d'évaluation de l'activité insecticide.....	27
III.1. Test de répulsivité sur les adultes de <i>Sitophilus oryzae</i>	27
III.2. Test d'inhalation sur les adultes de <i>Sitophilus oryzae</i>	28

IV. Evaluation de l'activité insecticide d'un insecticide de contact.....	29
---	----

Chapitre III : Résultats et Discussions

I. Résultats.....	30
I.1. Résultats de l'évaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles et de l'insecticide de synthèse contre les adultes de <i>Sitophilus oryzae</i> par répulsion.....	30
I.1.1. Effet des huiles essentielles par répulsion.....	30
I.1.2. Effet de l'insecticide de synthèse (deltaméthrine) par répulsion.....	34
I.1.3. Comparaison de taux de répulsion des huiles étudiées avec l'insecticide de synthèse « la deltaméthrine ».....	35
I.2. Résultats de l'évaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles et de l'insecticide de synthèse contre les adultes de <i>Sitophilus oryzae</i> par inhalation.....	36
I.2.1. Effet des huiles essentielles par inhalation.....	36
I.2.2. Effets de l'insecticide de synthèse par fumigation.....	37
I.2.3. Comparaison entre l'effet fumigant de l'insecticide de synthèse (la Deltaméthrine) et celui des huiles essentielles.....	39
II. Discussion générale.....	40
Conclusion.....	44
Références bibliographiques.....	46
Annexe.....	60
Résumés	

Introduction générale

Le monde est confronté aux défis d'accroître la production vivrière pour répondre aux besoins d'une population croissante, tout en préservant l'environnement (Kouakou, 2004). Toutefois les céréales et les légumineuses constituent la base de la nourriture des populations (Gueye et *al.*, 2011).

Le manque de ressources alimentaires est comblé depuis toujours par des importations massives, notamment de céréales. Malgré les initiatives prises pour accroître la production, le contexte de l'insécurité alimentaire est toujours marqué par des pertes post-récoltes non négligeables.

Ces pertes interviennent à tous les stades, de la récolte à la consommation : chez le producteur, qu'il s'agisse de produits destinés à l'autoconsommation, à la semence ou en attente d'être commercialisés : pendant le transport vers les lieux de stockage et au cours du stockage et enfin dans les réserves des commerçants (Sembene, 2000). En effet, entre la récolte et la consommation, plus de 30% de la production est perdue, cette proportion est plus forte en région sahélienne du fait de la longue période de stockage (Ngamo et Hance, 2007).

La consommation des céréales et des légumineuses alimentaire se fait toute l'année. Le stockage rend possible la disponibilité quasi permanente de ces denrées sur les marchés et assure la semence pour les campagnes agricoles futurs. Pendant le stockage, les insectes et principalement certaines espèces de coléoptères (Bruchidae et Curculionidae) notamment *Callosobruchus maculatus* Fabricius et *Sitophilus zeamais* Motchulsky s'attaquent aux grains et si aucune protection n'est faite, après sept mois de stockage, la perte des denrées peut être totale (Ngamo & Hance ,2007).

Face à la menace que constituent les insectes ravageurs des stocks, les moyens de lutte sont essentiellement articulés autour de l'utilisation de pesticides de synthèse. Dans des conditions optimales, leur efficacité à contrôler les nuisibles des stocks est certaine. Toutefois, ils présentent beaucoup d'inconvénients, parmi lesquels l'accoutumance des insectes et la sélection de souches résistantes (Benhalima et *al.*, 2004), intoxications, pollution de l'environnement et désordres écologiques (Regnault-Roger ,2002). Toutes ces raisons militent en faveur de la recherche de méthodes alternatives de lutte en particulier l'utilisation des extraits de plantes à propriétés insecticides et /ou insectifuge, qui soient peu couteuses et efficaces, faciles à adopter pour les producteurs du tiers monde.

En effet, les plantes ont été longtemps utilisées par les paysans pour saveur des aliments ou pour protéger les produits récoltés (Jacobson, 1989 ; Keita et *al.*, 2000 ; Isman, 2000). Les

huiles essentielles extraites de ces plantes sont largement utilisées dans la lutte contre les ravageurs de stocks (Hamraoui & Regnault-Roger, 1997 ; Dunkel & Sears, 1998 ; Prates et al., 1998 ; Liu & Ho, 1999 ; Golob et al., 1999 ; Tunç et al., 2000 ; Isman, 2000). Leurs propriétés insecticide, larvicide et ovicide, stérilisante, antiappétente, répulsive ont fait l'objet de plusieurs études (Ketoh et al., 1998 ; Djossou, 2006 ; Ngamo et al., 2007 ; Kouninki et al., 2007 ; Ndomo et al., 2009).

Dans la recherche de méthodes alternatives de lutte, le règne végétal offre beaucoup de possibilités. De nombreuses études se développent actuellement pour isoler ou identifier des substances secondaires extraites de plantes qui ont une activité insecticide, répulsive ou antiappétente vis-à-vis des insectes (Lichtenstein, 1996).

Il est donc très important de connaître la biologie de ces espèces enfin de mener une lutte efficace contre ce fléau. Aussi, la mise au point de toute stratégie de lutte anti-ravageur, tant préventive que curative, nécessite une connaissance préalable des facteurs dont dépendent leur biologie et leur comportement.

Dans ce travail nous nous proposons d'évaluer l'activité insecticide de deux huiles essentielles extraites de deux plantes : *Artemisia arborescens* et *Lavandula angustifolia* sur l'insecte des denrées stockées *Sitophilus oryzae* (L.). Et pour comparer nos résultats nous avons utilisé un insecticide de contact la deltaméthrine par répulsivité et inhalation.

Cette étude est organisée en trois chapitres :

- le premier chapitre comporte des données bibliographiques sur la plante hôte, l'insecte étudié et les huiles essentielles.
- le matériel et les méthodes utilisés seront présentés dans le deuxième chapitre.
- le troisième chapitre porte sur les résultats et leurs discussions et nous terminerons par une conclusion.

I. Généralités sur la plante hôte

Les blés ont d'abord évolué en dehors de l'intervention humaine, puis sous la pression de sélection qu'ont exercée les premiers agriculteurs (Yves et De buyser, 2001).

Les premiers indices d'une agriculture sont apparus il y a 11000 ans, au moyen-orient, dans le « croissant fertile », situé au sud de l'Anatolie et au nord de la Syrie. C'est là que les premiers agriculteurs se fixent et commencent à cultiver les blés que leurs ancêtres récoltaient dans la nature (Yves et De buyser, 2001)

Concernant l'Afrique, il y eut plusieurs voies de diffusion des blés. La route la plus ancienne gagna l'Égypte et se poursuivit vers le sudan et l'Éthiopie, au sud, et vers la Libye à l'Est (Feldman, 2001).

En Algérie, Ducellier (1878-1937) en particulier, parcourant les champs de blé, fit au début du siècle dernier le recensement d'une flore mal connue. Il découvrit et analysa les nombreuses variétés, qui peuplaient les champs cultivés, recueillit les échantillons les plus caractérisés, les plus productifs, les plus résistants à la sécheresse, ou à quelques maladies, le blé tendre était inconnue en Afrique du nord avant l'arrivée des français. Le fellah qui ne cultivait que « le guemah » (blé dur) se mit à la farine (Lery, 1982 in Kellil, 2010).

Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* famille des *Gramineae*. (Feillet, 2000). C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscence, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments. Les deux espèces les plus cultivées sont le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*). Mais, il existe de nombreuses autres espèces de *Triticum* qui se différencient par leur degré de ploïdie (blés diploïdes : génome AA ; blés tétraploïdes AA et BB ; blés hexaploïdes AA, BB et DD) et par leur nombre de chromosomes (14, 28,42) (Feillet, 2000).

Le blé tendre possède les trois génomes AA, BB, et DD constitués chacun de sept paires de chromosomes homologues numérotés de 1 à 7 (A1....A7, B1.....B7, D1D7), soit au total 42 chromosomes ; le blé dur ne contient que les deux génomes AA et BB et 2 chromosomes (Feillet, 2000).

Un grain de blé est formé de trois parties :

- L'albumen : constitué de l'albumen amylicé (au sein duquel subsistent des cellules remplies de granules d'amidon dispersés au milieu d'une matrice protéique et dans les parois celluloses sont peu visibles) et de la couche à aleurone (80-85% du grain) (Feillet, 2000).
- Les enveloppes : de la graine et du fruit, formées de six tissus différents : épiderme du nucelle, tégument séminal ou testa (enveloppe de la graine), cellules tubulaires, cellules croisées, mésocarpe, épicarpe (13-17%) (Feillet, 2000).

- Le germe : (3%), composé d'un embryon (lui-même formé du coléoptile, de la gemmule, de la radicule, du coléorhize et de la coiffe) et du scutellum (Feillet, 2000).

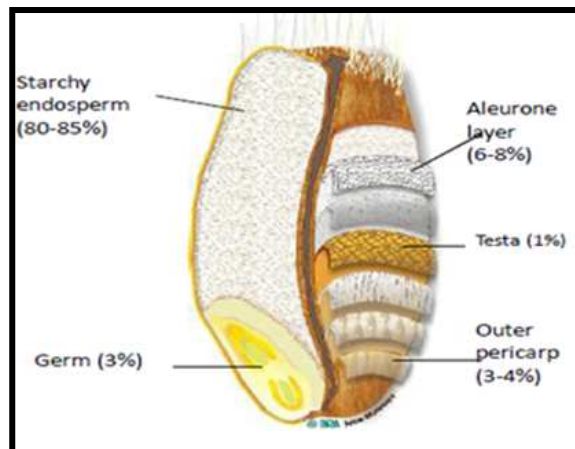


Figure 1. Schéma de structure du grain de blé (Abicassis, 2015).

Les grains sont constitués d'eau et de matière sèche, laquelle contient des minéraux et des matières organiques. Les matières organiques sont les glucides (dont l'amidon avec un pourcentage de 68,8 et les fibres), les lipides (2%) et les protéines (dont le gluten) avec 14% (Abicassis, 2015)

Les céréales sont consommées sous différentes préparations. Les grains et leurs produits dérivés concourent traditionnellement à la couverture des besoins nutritionnels pour l'alimentation humaine avec 85 % du blé (Boyeldieu, 1999).

Le blé tendre est essentiellement utilisé par l'industrie meunière pour la fabrication de farines destinées à l'alimentation humaine (panification, biscuiterie, pâtisserie ...etc) et animale (sons) (Recham, 2015).

La consommation quotidienne est assurée par une seule récolte, quelquefois deux dans l'année d'où la nécessité du stockage. En outre, les grains stockés sont utilisées comme des semences en attendant la saison suivante (Druvefors, 2004).

Toutefois, ces méthodes peuvent présenter certains inconvénients tels que :

- le développement des moisissures, des champignons et les phénomènes de fermentations bactériennes ;
- la faible isolation des sacs contre l'humidité, la température, et les différents déprédateurs (insectes, oiseaux, rongeurs) (Doumandji et *al.*, 2003).

II. Généralités sur le charançon du riz (*Sitophilus oryzae* L.)

II.1. Introduction

Les grains et graines entreposés subissent de multiples agressions de la part d'insectes appartenant à l'ordre des coléoptères lors du stockage et de la conservation.

Ces coléoptères peuvent être répartis en deux groupes :

1. les ravageurs primaires s'attaquent à des grains intacts dont *Sitophilus oryzae* L.
2. les ravageurs secondaires capables de s'attaquer aux grains qu'à partir des ouvertures causés par les ravageurs primaires servant de voies d'accès, dans ce cas de ravageurs secondaires on retrouve le *Tribolium confusum* (Duv.) (Bekon et Fleurat, 1989).

II.2. Charançon du riz *Sitophilus oryzae* L.

II.2.1. Caractères généraux de la famille des *Curculionidae*

La famille des *Curculionidae*, famille la plus importante du groupe des *Rhynchophora*, est composée d'insectes facilement identifiables à leurs têtes prolongées en un bec allongé en rostre à l'extrémité du quel se trouvent situés les organes buccaux broyeurs (Lepesme, 1944).

Cette famille a été étudiée par Hoffman (1954), elle compte environ 60.000 espèces; elle est divisée en 9 sous familles.

C'est un groupe très hétérogène, caractérisé par une systématique interne très complexe. (Paulian, 1988).

II.2.2. Position systématique de *Sitophilus oryzae* L.

Selon Lepesme (1944), *Sitophilus oryzae* L. appartient à :

- ✓ **Embranchement:** Arthropoda.
- ✓ **Classe:** Insecta.
- ✓ **Ordre:** Coleoptera.
- ✓ **Sous ordre:** Heterogastra.
- ✓ **Famille:** Curculionidae.
- ✓ **Sous famille:** Calandrinae.
- ✓ **Genre:** *Sitophilus*
- ✓ **Espèce:** *Sitophilus oryzae* (L.)

II.2.3. Origine et répartition géographique de *Sitophilus oryzae* L.

Sitophilus oryzae L. est une espèce rencontrée surtout dans les zones tropicales et subtropicales, bien que le pays d'origine de cette espèce soit la région indienne. Il se trouve qu'actuellement cet insecte a une répartition mondiale à cause des échanges internationaux.

En zone tropicale, *Sitophilus oryzae* L. est souvent confondu avec *Sitophilus zeamais*, espèce très voisine, mais de taille plus importante et qui déprécie plus particulièrement le maïs (Lepesme, 1944).

II.2.4. Description morphologique des différents états de l'insecte

- ✓ **Œuf** : l'œuf est ovale ou piriforme, sa couleur est d'un blanc opaque et brillant. Il mesure 0,6 à 0,7 mm de longueur et 0,2 à 0,3 mm de largeur (Steffan *in* Scotti, 1978 ; Bar *et al.*, 1995) Il porte une protubérance à son extrémité qui lui permet de se fixer au substrat, elle se trouve à l'intérieur des trous de ponte (figure 2) .
- ✓ **Larve** : la larve est blanche, globuleuse et se caractérise par sa forme ramassée. Au terme de son développement, elle mesure 2,5 à 3 mm de long. L'absence des pattes chez la larve de *Sitophilus oryzae* (L.). Le nombre des mues est à la fois constant et peu élevé de 3 à 4 stades larvaires (Appert et Deuse, 1982) (figure 3).
- ✓ **Nymphe** : la nymphe de forme cylindrique, mesure 3,75 à 4 mm de long, sa couleur passe du blanc au brun à mesure qu'elle évolue. Elle subit la mélanisation et la sclérotinisation de la cuticule. Elle a presque la taille de l'imago (Lepesme, 1944) (figure 3).
- ✓ **Imago** : l'imago est un petit coléoptère de 2,5 à 5 mm de longueur, caractérisé principalement par deux grosses taches ocres sur chaque élytre, le rostre moins long que le pronotum, est peu arqué et cylindrique dans sa partie antérieure.

Le mâle se distingue de la femelle par un rostre plus épais, plus court et plus profondément ponctué, les derniers sternites abdominaux sont plus courbés ventralement chez le mâle que chez la femelle (Lepesme, 1944) (figure 3).

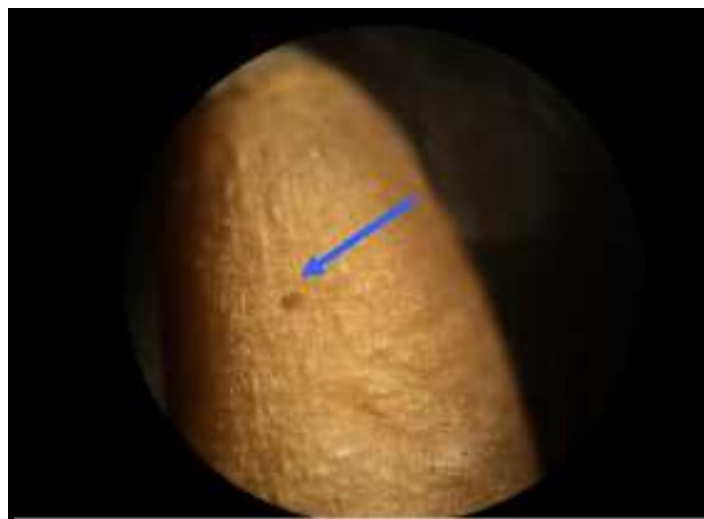


Figure 2. Trou de ponte de *Sitophilus oryzae* (Benazzeddine, 2010).

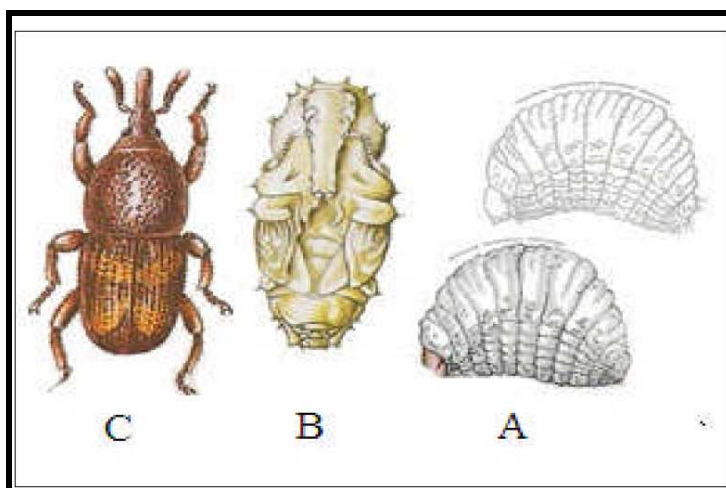


Figure 3. Différents états de *Sitophilus oryzae*. A: larve, B: nymphe, C: adulte (Walter, 2002).

II.2.5. Biologie de *Sitophilus oryzae* L.

Sitophilus oryzae L. est charançon aux mœurs essentiellement nocturne, se montre plus actifs la nuit que le jour. Ils peuvent vivre en permanence dans l'obscurité complète, ces déplacements sont relativement rapides, il peut voler, d'où leur rapide dissémination dans un entrepôt (Steffan *in* Scotti, 1978).

Les adultes s'accouplent peu après leur sortie des grains, leur copulation dure 15 mn à 1 h 30 mn, se répète à maintes reprises au cours de leur existence (Lepesme, 1944). Une à deux semaines après l'accouplement, la ponte s'effectue à une certaine profondeur du grain.

Les observations, montrent que les femelles choisissent les grains avant de pondre. Elles sont capables de déceler la présence d'un œuf ou d'une larve déjà en place dans un grain. Elles

ne pondent jamais dans un grain déjà occupé. La femelle de *Sitophilus oryzae* L. taraude le grain et y dépose un œuf dans chaque trou, par la suite elle bouche le trou de ponte avec du mucus sécrété par l'oviducte. Au cours de sa vie, la femelle pond 300 œufs en moyenne avec un maximum, dépassant 500 œufs (Paulian, 1988).

Dans les conditions favorables, l'insecte passe par trois stades larvaires en une durée d'un mois. La larve du dernier stade aménage une sorte de chambre de nymphose où elle passe d'abord par un stade prénympheal qui dure de 20 à 50 heures avant de se transformer en nymphe.

Selon Lepesme (1944), les calandres hivernent aussi bien à l'état adulte qu'à l'état larvaire. Au cours de cet état, ils ne sont pas complètement actifs.

D'après Steffan *in* Scotti (1978), les adultes émergent à une température de 28°C et une humidité relative de $70 \pm 5\%$. Ces conditions sont considérées comme étant optimales pour la croissance; leur développement peut commencer à partir d'une teneur en eau du grain supérieure à 9 %. Dans ces conditions la durée de cycle de développement est de 25 jours. Leur longévité peut dépasser 4 mois.

II.2.6. Importance économique et Dégâts

Les charançons du riz représentent des ravageurs de premier plan pour les céréales emmagasinées sur lesquelles ils provoquent des pertes pondérales, une détérioration de la qualité et permettent l'installation d'infections cryptogamiques (Appert, 1985). Leur plat de prédilection est constitué par les grains de blé, d'orge, de maïs et de riz. Parfois même, ils se retrouvent sur le millet, les châtaignes, les patates séchées, les figues sèches, le tabac en feuilles ou manufacturé. Les céréales de production locale en Algérie peuvent être plus ou moins sensibles aux attaques d'insectes de stockage qui provoquent, selon les années, des pertes pouvant atteindre des niveaux supérieurs à 20 % en Afrique (FAO, 2012).

II.2.7. Ennemis naturels

De nombreux parasites mettent un frein aux dommages causés par ces charançons, en s'attaquant à leurs larves et nymphes. Les plus communs sont des Hyménoptères de la famille des Ptéronalides, *Chaetospila elegans* Westwood, *Aplastomorpha calandrae* How et surtout *Lariophagus distinguendus* Forst. De même, certains Béthylides tels que : *Cephalonomia tarsalis* ainsi qu'un acarien *Pediculoides ventricosus* Nemp. Qui est considéré comme un précieux auxiliaire.

II.2.8. Lutte

II.2.8.1. Généralités

La protection des céréales stockées contre les attaques d'insectes et d'acariens soulève des problèmes variés et elle doit faire appel à un ensemble de techniques différentes qu'il est nécessaire d'appliquer à bon escient. Le souci majeur d'un stockeur est de garder son stock de céréale intact.

II.2.8.2. Lutte préventive

Il est couramment admis que plus de 80 % de la lutte contre les insectes repose sur l'intervention sanitaire qui repose sur :

- ✓ **Une protection des locaux de stockage :** Avant la mise en stock des denrées, il est indispensable de nettoyer correctement les structures de stockage :
 - balayage correcte des locaux, brossage des murs et colmatage des fissures ;
 - toutes les balayures et débris rassemblés doivent être détruits car il pourrait constituer un foyer d'infestation. En magasin il faudra traiter les sacs vides et détruire le vieux sac ;
 - comme les locaux de stockage, les alentours des bâtiments, doivent être propres et parfaitement dégagé (Belmouaz A., 2004) ;
 - la désinsectisation de l'emballage et des locaux de stockages qui doivent être hermétiquement fermés ainsi que la denrée destinée au stockage ;
 - utiliser un emballage résistant tels que les sacs en polyéthylène doublé, en coton que les insectes sont incapable de percer (Amari, 2014).

- ✓ **Une protection de la denrée :** Avant la mise en stock, le produit doit être correctement nettoyé, la présence de brisures constitue un élément favorable au développement des insectes.

Tout nouveau lot doit être considéré à priori comme douteux est correctement inspecté car du produit attaqué introduit même en faible quantité peut infester un magasin ou un silo. La lutte contre les insectes sera souvent vaine si l'on ne considère pas que c'est l'ensemble des structures de stockage des denrées stockées qui doit être correctement tenu et si l'on n'observe pas des principes élémentaires pouvant prévenir les infestations (Aidani, 2015).

II.2.8.3. Lutte curative

La lutte curative a donc pour objet de détruire et d'empêcher les insectes qui sont déjà présents de s'introduire dans le stock et de se multiplier.

II.2.8.3.1. Méthodes traditionnelles

Les méthodes traditionnelles reposent sur :

- ✓ l'enfumage des denrées les plus importantes pour le producteur sont souvent stockées au-dessus des foyers domestiques et sont ainsi enfumées presque en permanence. Cet enfumage ne tue pas les insectes mais les éloigne et empêche l'infestation.
- ✓ Exposition au soleil

L'exposition des denrées au rayonnement solaire intense favorise le départ des insectes adultes qui ne supportent pas les fortes chaleurs ni la lumière intense (en stock les insectes se cotonnent souvent dans les zones sombres).

Le produit doit être déposé en couches minces et les formes cachées dans le grain ne sont pas atteintes.

- ✓ Utilisation des plantes répulsives

Dans certaines régions on a coutume de mélanger aux grains des plantes qui agissent comme insectifuges.

- ✓ Utilisation de matières inertes

On mélange aux grains de la cendre ou du sable fin. Ces matériaux pulvérulents remplissent les vides entre les grains et constituent une barrière à la progression, des femelles cherchant à pondre, et entraînent leur déshydratation. Dans tous les cas le matériau doit être propre et suffisamment fin (Aidani, 2015).

II.2.8.3.2. Méthodes de lutte modernes

II.2.8.3.2.1. Lutte chimique

Avec le développement de la chimie, on s'est vite rendu compte qu'il y avait tout un arsenal capable d'éliminer les ennemis de l'homme. Cette approche a conduit à une élimination spectaculaire, du moins à court terme, des organismes nuisibles, et à une détérioration parallèle, mais pas nécessairement visible de la qualité de l'environnement.

Depuis la venue des composés organiques de synthèse, on regroupe les insecticides en insecticides organiques (les organochlorés, organophosphorés, carbamates et pyréthriinoïdes) représentent la grande majorité des insecticides organiques de synthèse qui ont été employés ou sont utilisés actuellement (Ducom, 1978), et inorganiques (généralement à base d'arsenic ou de fluosilice, sont aujourd'hui prohibés).

Largement répandue, en raison de son efficacité, elle doit être appliquée avec discernement pour limiter les risques qu'elle peut faire courir aux consommateurs des denrées.

Deux types de traitement sont généralement employés :

A. Traitement par contact

Il consiste à recouvrir les grains, l'emballage ainsi que les locaux de stockage d'une pellicule de produit insecticide qui agit par contact sur les déprédateurs, dont l'effet est plus ou moins rapide avec une persistance d'action plus longue.

B. Traitement par fumigation

La fumigation consiste à traiter les grains à l'aide d'un gaz toxique, qu'on appelle fumigant. L'intérêt majeur de la fumigation est de faciliter la pénétration des gaz à l'intérieur du grain et donc de détruire les œufs, larves et nymphes qui s'y développent (Cruz & Troude, 1988).

C. Inconvénients

La lutte chimique se révèle efficace pour protéger les stocks des attaques des ravageurs (Fleurat-Leussard, 1978), malheureusement son utilisation est limitée par de nombreuses contraintes telles que :

- les pesticides posent un problème de contamination de la biosphère à court ou à long terme, selon la nature de la molécule utilisée dans les traitements et selon la manière avec laquelle ils sont appliqués. Les études consacrées à la dispersion des pesticides dans l'environnement ont prouvé la présence de ces produits dans plusieurs points de la biosphère qui n'ont subi aucun traitement (Tunçw et Sahinkaya, 1998).
- l'utilisation des insecticides chimiques conduit aussi à un désordre écotoxicologique qui est accompagné d'une augmentation spectaculaire du nombre d'espèces devenues résistantes aux insecticides chimiques (Isman, 2000).
- la dégradation naturelle et spontanée des pesticides chimiques est extrêmement rare, la cinétique de disparition par voie biologique d'un pesticide dans le sol débute toujours par une période de latence, plus au moins longue, au cours de laquelle la dégradation est pratiquement nulle (Benayad, 2013).
- tous ces produits phytosanitaires ont une caractéristique en commun : ils sont neurotoxiques. Des résidus de pesticides ont été détectés dans de nombreux secteurs de la chaîne alimentaire : il a été prouvé que le DDT (dichlorodiphényltrichloroéthane) a une demi-vie de 10 ans dans l'eau et de 40 ans dans le sol exposé (Lee et *al.*, 2001).
- on note aussi le coût élevé de ces produits.

2.8.3.2.2. Lutte physique et mécanique

Elles concernent toutes les techniques mécano-thérapeutiques susceptibles de rendre le stock sain. En général, ces techniques ne sont pas efficaces contre les formes cachées. Elles sont recommandées pour pallier aux problèmes des résidus chimiques liés aux différents traitements chimiques appliqués aux denrées stockées. Ainsi plusieurs techniques ont été expérimentées et ont eu des succès divers : l'écrasement mécanique, le traitement par le froid et le chaud, le stockage étanche ou sous atmosphère contrôlée et les radiations ionisantes (Benayad, 2013).

2.8.3.2.2.1. Lutte par le froid : Consiste à abaisser la température de stockage, ce qui entraîne un ralentissement du développement des insectes, freiné dès que la température est inférieure à 10°C.

2.8.3.2.2.2. Lutte par la chaleur : Consiste à une élévation de la température (température supérieure à 50°C), ce qui entraîne la mort des insectes. Le passage des produits dans un séchoir permet d'éliminer les insectes présents dans les grains.

2.8.3.2.2.3. Radiations ionisantes : Les mâles sont plus sensibles aux radiations gamma que les femelles, la dose létale dépend de l'insecte et la période du traitement (Ahmed, 1992).

La désinsectisation par les rayons gamma, à hautes doses provoque la mort de tous les stades de développement de l'insecte (Diop et al., 1997), par contre son exposition à des doses faibles entraîne sa stérilité (Dongret et al., 1997).

2.8.3.2.2.4. Radiations non ionisantes : Tels que les infrarouges et les radiofréquences qui permettent de chauffer les produits infestés à une température létale pour tous les insectes qui s'y trouvent quelle que soit l'espèce ou le stade de développement (Singh et al., 1988 ; Zegga et Terchi, 2001).

2.8.3.2.3. Lutte biotechnique (lutte par confusion sexuelle)

Cette technique consiste à multiplier le nombre de points d'émission du bouquet de phéromones sexuelles de telle sorte que les mâles attirés soient dans l'incapacité d'identifier et localiser la femelle de la même espèce (Fargo et al., 1994), cela engendre une diminution du taux de la copulation et par conséquent le déclin de la génération suivante.

2.8.3.2.4. Lutte biologique

Cette méthode entre dans le cadre du développement durable et de la sauvegarde des écosystèmes. Elle vise à réduire les populations des insectes ravageurs, en utilisant leurs ennemis naturels qui sont soit des prédateurs, soit des parasites ou des agents pathogènes, ainsi que des produits naturels d'origine végétale comme des poudres minérales des huiles végétales, huiles essentielles..., issue du phénomène de la phytothérapie. De nombreux parasites et prédateurs de *Callosobruchus maculatus* ont été identifiés, tels que les Hyménoptères parasitoïdes qui se développent dans les greniers au détriment des œufs, des larves et des nymphes de bruches, les plus efficaces sont : *Dinarmus basalis* et *Eupelmus vuilleti*, *Teretriosoma nigrescens* (Coléoptère), prédateur naturel du grand capucin (Sanon et al., 1999).

Depuis longtemps, les plantes aromatiques ont été utilisées pour des fins médicaux ; elles sont traditionnellement utilisées pour protéger les graines entreposées (Sanon et al., 2002).

Actuellement, la lutte biologique est la méthode la plus favorisée dans les programmes de recherche vus ses intérêts économiques et agro-environnementaux qui permettent le maintien d'un équilibre bioécologique (Amari et al., 2014).

III. Huiles essentielles

1. Définition des huiles essentielles

Les huiles essentielles, appelés aussi essences, sont des mélanges de substances aromatiques produites par de nombreuses plantes et présentes sous forme de minuscules gouttelettes dans les feuilles, la peau des fruits, la résine, les bois. Elles sont présentes en petites quantités par rapport à la masse du végétal (Padrini et Lucheroni, 1996). Selon la pharmacopée française (1965), les huiles essentielles sont : «des produits de composition généralement assez complexe renfermant les principes volatils contenu dans les végétaux et plus ou moins modifiés au cours de la préparation» (Bruneton, 1993). Elles sont odorantes et très volatiles (Padrini et Lucheroni, 1996). Généralement se sont des antiseptiques antibactériens vermifuges ou stomachiques. On dénombre environ 600 essences utilisées de nos jours en aromathérapie dont l'essor s'étend dans le domaine médical et touristique (Delille, 2010).

L'usage des huiles essentielles en tant que répulsifs cutanés pour la protection personnelle contre les insectes est donc fortement déconseillé. Il est important de faire une différence entre les huiles essentielles et les huiles végétales. Les huiles essentielles sont obtenues par expression (réservée aux agrumes) ou par distillation à la vapeur d'eau, Une

huile végétale est obtenue par pression, et est constituée majoritairement de corps gras (Binet et Brunel, 2000 ; Chaker, 2010).

2. Localisation

Les huiles essentielles peuvent être stockées dans tous les organes de la plante, par exemple : dans les sommités fleuries (menthe, lavande), les feuilles (eucalyptus, laurier), les rhizomes (gingembre), les fruits (agrumes, badiane, anis), les racines (vétiver), les graines (muscades), bien que cela soit moins habituels dans des écorces (cannelier) (Yahyaoui, 2005).

Elles sont élaborées par des glandes sécrétrices qui se trouvent sur presque toutes les parties de la plante. Elles sont sécrétées au sein du cytoplasme de certaines cellules ou se rassemblent sous forme de petites gouttelettes comme la plupart des substances lipophiles (Bouamer et *al.*, 2004).

La synthèse et l'accumulation des huiles essentielles sont généralement associées à la présence des structures histologiques spécialisés, souvent localisées sur ou à proximité de la surface de la plante qui sont : cellules à huiles essentielles de Lauracées, les poils sécréteurs des Lamiacées, poches sécrétrices des Myrtacées, des Rutacées, et les Lamiacées, et les canaux sécréteurs qui existent dans de nombreuses familles. Il est intéressant de remarquer que les organes d'une même espèce peuvent renfermer des huiles essentielles de composition différente selon la localisation dans la plante (Belkou et *al.*, 2005).

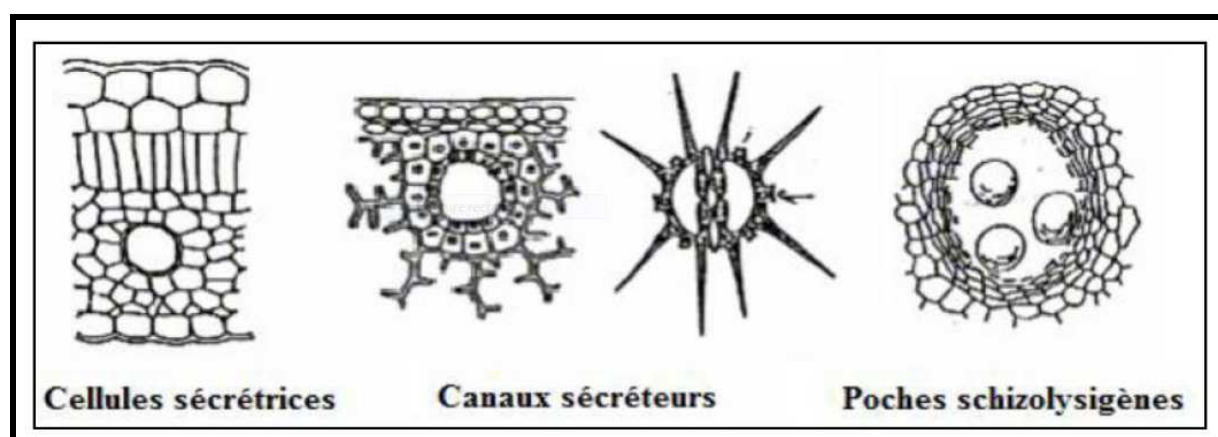


Figure 4. Quelques organes sécréteurs d'huiles essentielles (Tayoub, 2006).

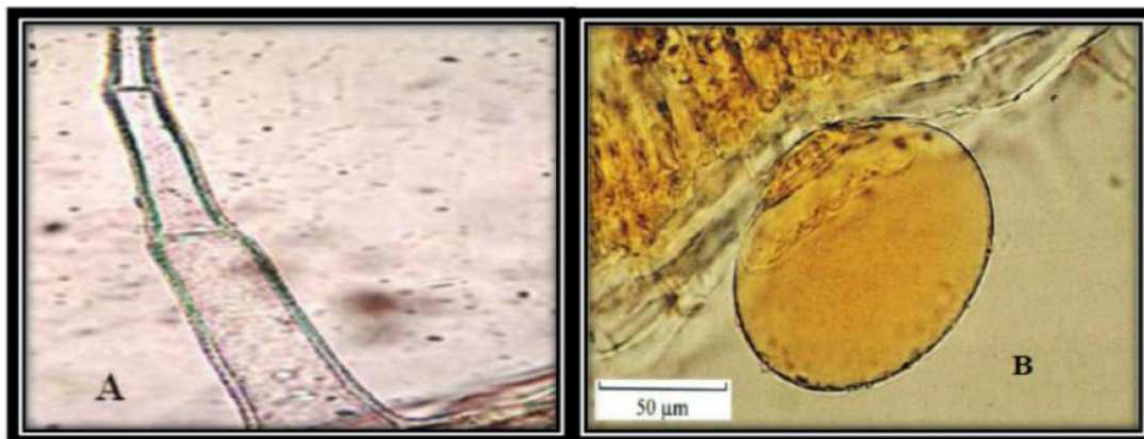


Figure 5. Diversité des structures de sécrétion des huiles essentielles, poil sécréteur) (Khenaka, 2011) (A). Illustration schématique du développement de la glande productrice d'huile essentielle (Gaspar, 2004) (B).

3. Composition chimique

Les huiles essentielles 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).

3.1. Les monoterpènes

Les monoterpènes sont les plus simples constituants des terpènes dont la majorité est rencontrée dans les huiles essentielles (90%). Ils comportent deux unités isoprène (C_5H_8), selon le mode de couplage « tête-queue ». Ils peuvent être acycliques, monocycliques ou bicycliques. A ces terpènes se rattachent un certain nombre de produits naturels à fonctions chimiques spéciales (Padua, 1999).

3.2. Les sesquiterpènes

Ce sont des dérivés d'hydrocarbures en $C_{15}H_{22}$ (assemblage de trois unités isoprènes). Il s'agit de la classe la plus diversifiée des terpènes qui se divisent en plusieurs catégories structurales, acycliques, monocycliques, bicycliques, tricycliques, polycycliques.

Ils se trouvent sous forme d'hydrocarbures ou sous forme d'hydrocarbures oxygénés comme les alcools, les cétones, les aldéhydes, les acides et les lactones dans la nature (Padua, 1999).

3.3. Les composés aromatiques

Une autre classe de composés volatils fréquemment rencontrés est celle des composés aromatiques dérivés du phénylpropane (Kurkin, 2003). Cette classe comporte des composés odorants bien connus comme la vanilline, l'eugénol, l'anéthole, l'estragole et bien d'autres. Ils sont davantage fréquents dans les huiles essentielles des Apiacées (persil, anis, fenouil, etc.) et sont caractéristiques de celles du clou de girofle, de la vanille, de la cannelle, du basilic, de l'estragon, etc. (Bruneton, 1993).

3.4. Composés d'origine diverse

Les huiles essentielles peuvent contenir d'autres produits résultant de la dégradation d'acides gras comme : le (3Z)-hexen-1-ol et d'autres composés issus de la dégradation des terpènes comme les ionones. En outre, on peut rencontrer les composés azotés et soufrés, mais ils sont souvent rares dans les huiles essentielles (Selles, 2012).

4. Rôle physiologique

Les plantes aromatiques produisent des huiles essentielles en tant que métabolites secondaires, mais leur rôle exact dans les processus de la vie de la plante reste inconnu (Rai et *al.*, 2003). Certains auteurs pensent que la plante utilise l'huile pour repousser ou attirer les insectes, dans ce dernier cas, pour favoriser la pollinisation. D'autres, considèrent l'huile comme source énergétique, facilitant certaines réactions chimiques, conservent l'humidité des plantes dans les climats désertiques (Belaiche, 1979). Certaines huiles essentielles servent à la défense des plantes contre les herbivores, insectes et micro-organismes (Capo et *al.*, 1990).

5. Propriétés et caractéristiques

Les huiles essentielles possèdent en commun un certain nombre de propriétés physiques :

- ✓ elles sont solubles dans l'alcool, l'éther, le chloroforme, les huiles fixes, les émulsifiants, et dans la plupart des solvants organiques, et peu solubles dans l'eau à laquelle, toutefois, elles communiquent leur odeur.
- ✓ leur point d'ébullition varie de 160°C à 240°C.
- ✓ leur densité est généralement inférieure à celle de l'eau, elle varie de 0,75 à 0,99 (les huiles essentielles sassafras, de girofle ou cannelle constituent des exceptions).
- ✓ elles ont un indice de réfraction élevé.
- ✓ elles sont dextrogyres ou lévogyres, rarement inactives sur la lumière polarisée.
- ✓ elles dissolvent les graisses, l'iode, le soufre, le phosphore et elles réduisent certains sels.

- ✓ ce sont de parfums et ont une conservation limitée.
- ✓ sont très altérables et sensibles à l'oxydation (mais ne rancissent pas).
- ✓ ce sont des substances de consistance huileuse, plus ou moins fluides, très odorantes et volatiles.
- ✓ à température ambiante, elles sont généralement liquides,
- ✓ ce sont des produits stimulants, employés à l'intérieur, comme à l'extérieur du corps, quelquefois purs, généralement en dissolution dans l'alcool ou un solvant adapté (Abdelouahid et Bekhechi, 2010 ; Bardeau, 1976 ; Legrand, 1978 ; Lemberg, 1982 ; Bruneton, 1999).

6. Facteurs de variabilité des huiles essentielles

6.1. Origine botanique

La composition d'une huile essentielle varie selon l'espèce productrice (Padrini et Lucheroni, 1996). Ainsi, il semble utile de souligner l'importance qu'il convient d'accorder à la nomenclature (Bruneton, 1999).

6.2. Cycle végétatif

Pour une plante donnée, la proportion des constituants d'une huile essentielle peut varier tout au long du développement. Des variations parfois très importantes sont couramment observées dans certaines espèces, par exemple, pour la coriandre, la teneur en linalol est de 50% plus élevée chez le fruit mur que chez le fruit vert. De ce fait, le choix d'une date de récolte s'impose (Bruneton, 1999).

7. Intérêt thérapeutique, écologique et économique

Les huiles essentielles possèdent de nombreuses activités biologiques. En phytothérapie, elles sont utilisées pour leurs propriétés antiseptiques contre les maladies infectieuses d'origine bactérienne, par exemple contre les bactéries ou au niveau de la microflore vaginale (Viollon et al ,1993). Et d'origine fongique contre les dermatophytes (Chaumont et Leger, 1989). Cependant, elles possèdent également des propriétés cytotoxiques, qui les rapprochent donc des antiseptiques et désinfectants en tant qu'agents antimicrobiens à large spectre (Sivropoulou, 1996).

Dans les domaines phytosanitaires et agroalimentaires, les huiles essentielles ou leurs composés actifs pourraient également être employés comme agents de protection contre les

champignons phytopathogènes (Zambonelli, 2004) et les microorganismes envahissant les denrées alimentaires (Mangena et al., 1999).

Les huiles essentielles jouent un rôle écologique dans les interactions végétales, végétale-animale et pourraient même constituer des supports de communication par des transferts de messages biologiques sélectifs (Robert et al., 1993).

En effet, elles contribuent à l'équilibre des écosystèmes, attirent les abeilles et des insectes responsables de la pollinisation, protègent les végétaux contre les herbivores et les rongeurs, possèdent des propriétés antifongiques, antibactériennes, allopathiques dans les régions arides et peuvent servir de solvants bioactifs des composés lipophiles (Torssell, 1983; Croteau, 1987).

Traditionnellement, les huiles essentielles sont présentes dans le processus de fabrication de nombreux produits finis destinés aux consommateurs. Ainsi, elles sont utilisées dans l'agroalimentaire (gâteaux, biscuits, soupe, sauce, chocolats, bonbons...), pour aromatiser la nourriture. Elles sont également utilisées dans l'industrie de la parfumerie, de la cosmétique et de la savonnerie. On les utilise aussi dans la fabrication des adhésifs (colle, scotch ...), et celle de la nourriture pour animaux, dans l'industrie automobile, dans la préparation des sprays insecticides. L'homéopathie et l'aromathérapie sont des exemples courants d'usage d'huiles essentielles en médecine douce, et leur popularité s'est accrue d'une façon considérable ces dernières années (Bakkali, 2007).

8. Qualité et rendement des huiles essentielles

La qualité des huiles essentielles dépend de plusieurs facteurs dont le procédé d'obtention l'état de maturation, l'état de conservation et la provenance. En effet, pour être pleinement efficaces, les plantes doivent provenir de lieux de culture favorables et avoir été cueillies, préparées et conservées avec soin, tel n'est pourtant pas toujours le cas et l'on trouve donc souvent, dans le commerce, des huiles essentielles qui n'ont d'essentiel que le nom (Padrini et Lucheroni, 1996). La teneur en huiles essentielles est généralement très faible. Ainsi, le rendement peut varier de 1 à 10 % c'est -à-dire que la quantité des huiles essentielles comme en toutes choses, doit obligatoirement se payer (Valnet, 1984).

En effet, pour obtenir quelques grammes d'essence, il faut une grande quantité de matière végétale, Par exemple, pour 100kg de plantes, l'on obtient :

Eucalyptus : 3kg d'essence.

Genièvre : de 0.500 à 1.2kg.

Hysope : 400g.

Ylang-ylang :1.5kg.

Pour des essences plus prisées, telles que celles de rose, de jasmin, ou de fleur d'orange, le rendement est encore plus faible. Il faut au moins trente roses pour extraire une seule goutte d'essence et mille kilogrammes de fleurs de jasmin pour en obtenir un litre (Padrini et Lucheroni, 1996).

9. Conservation des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des substances très délicates et s'altèrent facilement, ce qui rend leur conservation difficile. Les risques de dégradation sont multiples : photoisomérisation, photocyclisation, coupure oxydative de propénylphénols, peroxydation des carbures et décomposition en cétones et alcools (limonène) (Bruneton, 1999). Ces dégradations peuvent modifier leurs propriétés si elles ne sont pas enfermées dans des flacons propres et secs en aluminium, en acier inoxydable ou en verre teinté, à l'abri de la lumière et de la chaleur (Bruneton, 1999; Valnet, 1984).

10. Toxicité des huiles essentielles

Les huiles essentielles ne sont pas des produits qui peuvent être utilisés sans risque, comme tous les produits naturels: "ce n'est pas parce que c'est naturel que c'est sans danger pour l'organisme". Cet aspect des huiles essentielles est d'autant plus important que leur utilisation, de plus en plus populaire, tend à se généraliser avec l'émergence de nouvelles pratiques thérapeutiques telle que l'aromathérapie (Smith et *al.*, 2000).

Certaines huiles essentielles sont dangereuses lorsqu'elles sont appliquées sur la peau en raison de leur pouvoir irritant (huiles riches en thymol ou en carvacrol), allergène (huiles riches en cinnamaldéhyde (Smith et *al.*, 2000) ou phototoxique (huiles de citrus contenant des furocoumarines (Naganuma et *al.*, 1985).

Les huiles essentielles contenant surtout des phénols et des aldéhydes peuvent irriter la peau, les yeux et les muqueuses. Ce sont : Cannelle de Ceylan, Basilic exotique, Menthe, Clou de girofle, Niaouli, Thym à thymol, Marjolaine, Sarriette, Lemon-grass. Les inflammations cutanées siègent de manière privilégiée sur les paupières, les aisselles et le périnée. De plus, certaines huiles essentielles peuvent provoquer des réactions cutanées allergiques. Les réactions de la maladie sont variées et peuvent apparaître jusqu'à 3 jours après le contact du produit avec la peau. Ils vont du simple prurit (démangeaison) à l'eczéma allergique en passant par des plaques, un aspect psoriasique, voire des pigmentations ou dépigmentations locales (Meynadier et Raisonpeyron, 1997).

Les cétones comme l' α -thujone sont particulièrement toxiques pour les tissus nerveux (Franchomme et *al.*, 1990). Il existe aussi quelques huiles essentielles dont certains composés sont capables d'induire la formation de cancers (Homburger et *al.*, 1968). Ainsi, l'administration de 2 gr de menthol (extrait d'huile essentielle Menthe) est mortel et 10 gr d'eucalyptol peut également entraîner la mort. Il est donc indispensable que les huiles essentielles et en tout cas, on ne devrait plus délivrer en vente libre que des huiles essentielles particulièrement diluées pour éviter tout accident (Vassart, 2009).

11. Procédés d'extraction

La majorité des huiles essentielles est obtenue par distillation par entraînement à la vapeur d'eau sous basse pression. Le procédé consiste à faire traverser par de la vapeur d'eau une cuve remplie de plantes aromatiques. A la sortie de la cuve de distillation et sous pression contrôlée, la vapeur d'eau enrichie d'huile essentielle traverse un serpentín où elle se condense. A la sortie, un essencier recueille l'eau et l'huile essentielle. La différence de densité entre les deux liquides permet une séparation aisée de l'huile essentielle recueillie par débordement. Les autres procédés d'extraction (par enfleurage, par solvant) ne peuvent être utilisés pour une médication par les huiles essentielles digne de ce nom (Zhiri et Baudoux, 2005).

11.1. Hydrodistillation

Il s'agit de la méthode la plus simple et de ce fait la plus anciennement utilisée. Le principe de l'hydrodistillation correspond à une distillation hétérogène qui met en jeu l'application de deux lois physiques (loi de Dalton et loi de Raoult). Le procédé consiste à immerger la matière première végétale dans un ballon lors d'une extraction au laboratoire ou dans un alambic industriel rempli d'eau placé sur une source de chaleur. Le tout est ensuite porté à l'ébullition. La chaleur permet l'éclatement des cellules végétales et la libération des molécules odorantes qui y sont contenues. Ces molécules aromatiques forment avec la vapeur d'eau, un mélange azéotropique. Les vapeurs sont condensées dans un réfrigérant et les huiles essentielles se séparent de l'eau par différence de densité (Pavida et *al.*, 1976). Au laboratoire, le système équipé d'une cohobe généralement utilisé pour l'extraction des huiles essentielles est le Clevenger (Figure 6).

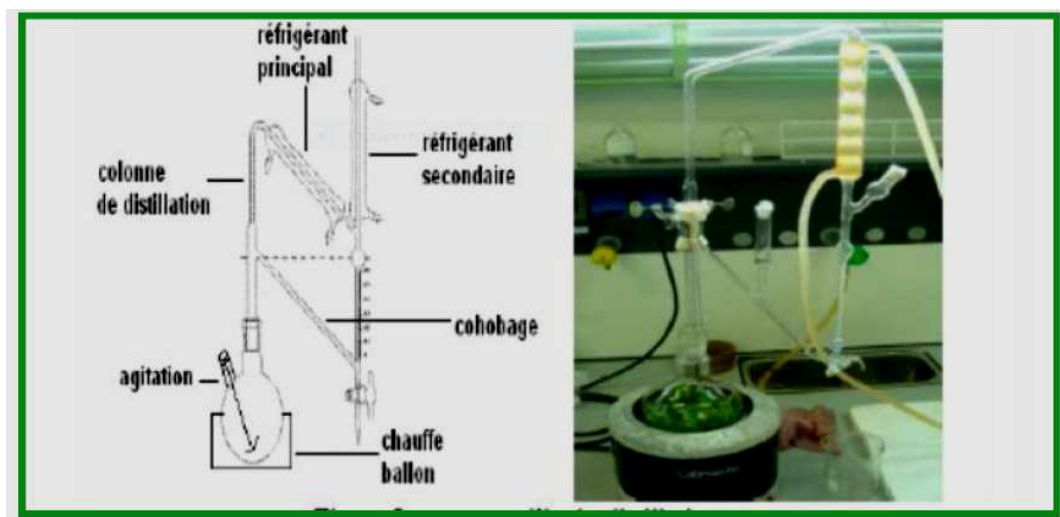


Figure 6. Montage d'hydrodistillation (Pavida et al., 1976).

Les eaux aromatiques ainsi prélevées sont ensuite recyclées dans l'hydrodistillateur afin de maintenir le rapport plante/eau à son niveau initial. La durée d'une hydrodistillation peut considérablement varier, pouvant atteindre plusieurs heures selon le matériel utilisé et la matière végétale à traiter. La durée de la distillation influe non seulement sur le rendement mais également sur la composition de l'extrait (Pavida et al., 1976).

11.2. Entraînement à la vapeur d'eau

L'entraînement à la vapeur d'eau est l'une des méthodes officielles pour l'obtention des huiles essentielles. A la différence de l'hydrodistillation, cette technique ne met pas en contact direct l'eau et la matière végétale à traiter. De la vapeur d'eau fournie par une chaudière traverse la matière végétale située au-dessus d'une grille. Durant le passage de la vapeur à travers le matériel, les cellules éclatent et libèrent l'huile essentielle qui est vaporisée sous l'action de la chaleur pour former un mélange « eau + huile essentielle ». Le mélange est ensuite véhiculé vers le condenseur et l'essencier avant d'être séparé en une phase aqueuse et une phase organique : l'huile essentielle. L'absence de contact direct entre l'eau et la matière végétale, puis entre l'eau et les molécules aromatiques évite certains phénomènes d'hydrolyse ou de dégradation pouvant nuire à la qualité de l'huile (Marie, 2005).

11.3. L'hydrodiffusion

Est une variante de l'entraînement à la vapeur (Figure 7). Dans le cas de l'hydrodiffusion, le flux de vapeur n'est pas ascendant mais descendant. Cette technique exploite ainsi l'action osmotique de la vapeur d'eau. Le principe de cette méthode réside dans l'utilisation de la

pesantier pour dégager et condenser le mélange « Vapeur d'eau + huile essentielle » dispersé dans la matière végétale. Comme pour l'entraînement à la vapeur d'eau, l'hydrodiffusion présente l'avantage de ne pas mettre en contact le matériel végétal et l'eau. De plus, l'hydrodiffusion permet une économie d'énergie due à la réduction de la durée de la distillation et donc à la réduction de la consommation de vapeur (Marie, 2005).

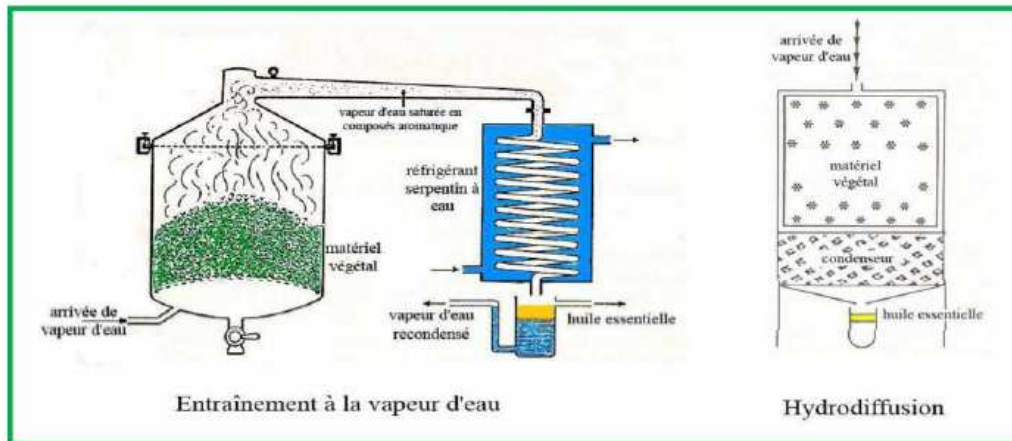


Figure 7. Entraînement à la vapeur d'eau ascendante et descendante (Marie, 2005).

I. But de l'expérimentation

Notre expérimentation a pour objectif d'évaluer l'activité insecticide de deux huiles essentielles extraites à partir de deux plantes appartenant à deux familles botaniques différentes : *Artemisia arborescens* (Astéracée) et *Lavandula angustifolia* (Lamiacée).

II. Matériel

II.1. Matériel biologique utilisé

II.1.1. Huiles essentielles

Les huiles essentielles ont été extraites par hydrodistillation par Melle Abdellaoui au laboratoire de Génie de la Réaction à l'Université Houari Boumediene de Bab Ezzouar.

II.1.1.1. Présentation de l'Armoise arborescente (*Artemisia arborescens*)

▪ Description

L'armoise arborescente est un sous arbrisseau aromatique blanchâtre, de 0,40 à 1m (figure 8). Il se caractérise par des tiges ligneuses, des feuilles blanchâtres soyeuses, divisées en languettes étroites dont une à trois sont pennatiséquées. Les inflorescences sont des petits capitules globuleux, jaune-paille, disposés en grappes dressées, feuillées. Les fruits sont en forme d'akènes glanduleux (Baba Aissa, 1999).



Figure 8. Feuilles de l'armoise arborescente (*Artemisia arborescens*) (Originale, 2016).

(Cette plante provient de l'UMMTO Bastos).

- **Position systématique** : Selon Guignard (1998), l'armoise arborescente appartient au :
 - ✓ **Embranchement** : Spermatophytes
 - ✓ **Sous-Embranchement** : Angiospermes
 - ✓ **Classe** : Eudicotylédones
 - ✓ **Famille**: *Asteraceae*.
 - ✓ **Genre**: *Artemisia*
 - ✓ **Espèce**: *Artemisia arborescens*

- **Répartition géographique**

Les espèces du genre *Artemisia* sont réparties à travers l'hémisphère Nord. Plus d'une dizaine d'espèces ont été déterminés en Algérie. Certaines sont rares et disséminées en haute montagne, ou cantonnées dans certaines limites. D'autres sont au contraire particulièrement abondantes et répandues sur de grandes étendues (Baba Aissa, 1999).

- **Utilisation**

Dans la médecine traditionnelle, les feuilles d'*Artemisia arborescens* sont utilisées en cas d'indigestion. Elles sont connues par ses propriétés antifièvre, antiseptique et emménagogue (Lamharrar et al., 2007).

L'infusion des feuilles d'*A. arborescens* possède aussi des vertus médicinales : hypoglycémique, hypotensive, antidote, antimicrobienne, alors que l'infusion des parties aériennes est utilisée comme hypoglycémique, antiseptique, tonique, antihelminthique, emménagogue, diurétique et antispasmodique (Bnouham et al., 2002).

Les fleurs d'*A. arborescens* sont connues par des activités pharmacologiques comme : digestive, stimulante, expectorante (Tiwari, 2008).

II.1.1.2. Présentation de la lavande (*Lavandula angustifolia*)

- **Description**

À l'état sauvage, il en existe plus d'une centaine de variétés et de chémotypes différents. (Wichtl et Anton, 1999). Selon les espèces, ce sous-arbrisseau vivace mesure de 30 à 70 cm de haut et porte des fleurs bleues, pourpres ou violettes et groupées en épis (figure 9). Certains cultivars arborent des fleurs roses ou blanches. La floraison s'épanouit de Juillet à Août, en dégageant un parfum agréable, frais, léger et fleuri (Vialard, 2008).



Figure 9. Partie aérienne de la lavande (*Lavandula angustifolia*) (Guitton, 2010).

- **Position systématique :** selon Mill (1768) ainsi que Dupont et Guignard (2007), la lavande appartient au :

- ✓ **Embranchement :** Spermatophytes
- ✓ **Sous-Embranchement :** Angiospermes
- ✓ **Classe :** Eudicotylédones
- ✓ **Famille :** *Lamiaceae*.
- ✓ **Genre :** *Lavandula*
- ✓ **Espèce :** *Lavandula angustifolia*

- **Répartition géographique**

Elle pousse à l'état indigène dans certaines îles de l'Atlantique et depuis le bassin méditerranéen jusqu'au nord de l'Afrique tropicale, au Moyen Orient, à l'Arabie et à l'Inde (Small et Deutsch, 2001).

Certaines se plaisent dans les collines incultes, d'autres préfèrent les bordures de forêts de chênes verts ou les lisières de bois d'oliviers. Leurs stations naturelles s'étendent du bord de mer jusqu'à des altitudes de 2500m mais toutes aiment les terrains secs, légers, sablonneux, pierreux et bien drainés (Vialard, 2008).

- **Utilisation**

La lavande contient diverses molécules qui ont un intérêt médicinal, dont le linalol, l'acétate, linalyle, le limonène, le cinéole et l'eugénol.

Ainsi, la lavande peut être utilisée comme calmant, antidépresseur et sédatif. Elle est aussi utilisée comme antalgique, anti-inflammatoire, antiseptique et cicatrisant. Elle est également antibactérienne. Ses qualités hypotensives et antispasmodiques sont également appréciées.

II.1.2. Présentation de *Sitophilus oryzae*

La souche de *Sitophilus oryzae* provient de l'Institut Technique des Grandes Cultures I.T.G.C. de Oued Smar. L'élevage en masse des adultes se fait dans des bocaux en verre d'une capacité d'un litre contenant 250g du blé tendre (figure 10).



Figure 10. Élevage de masse de *Sitophilus oryzae* (Originale, 2016).



Figure 11. Dégâts de *Sitophilus oryzae* sur blé tendre (originale, 2016).

II.2. Matériel du laboratoire

Pour les différentes expériences, nous avons utilisé le matériel suivant :

- des boîtes de pétri de 9 cm de diamètre et de 2 cm de hauteur pour les tests de répulsivité ;
- des bocaux en verre de 500ml de volume pour les tests d'inhalation ;
- une micropipette (5-50 μ l) pour un pipetage de précision des huiles essentielles et une micropipette (10-100 μ l) pour pipetage d'acétone ;
- du papier filtre pour les tests de répulsivité et d'inhalation ;
- de l'acétone pour la dilution des huiles essentielles (test de répulsivité) ;

- autres accessoires : ciseaux, rouleau adhésif, papier film et embouts jaune.

III. Méthode d'évaluation de l'activité insecticide

III.1. Test de répulsivité sur les adultes de *Sitophilus oryzae*

Ce test consiste à étudier l'effet répulsif des deux huiles essentielles sur les adultes de *Sitophilus oryzae*.

Pour le réaliser nous avons suivi les étapes suivantes :

- ❖ découpage en deux parties égales un disque de papier filtre de 10 cm de diamètre ;
- ❖ préparation de quatre doses différentes de 5, 10, 15 et 20 µl dans 1 ml d'acétone pour chaque huile essentielle ;
- ❖ pour chaque test un demi-disque est traité avec une dose d'huile essentielle diluée dans l'acétone et le deuxième ne reçoit que de l'acétone ;
- ❖ après évaporation du solvant, nous rassemblons les deux parties traitée et non traitée par une bande adhésive et nous les plaçons dans une boîte de pétri (figure 12) ;
- ❖ vingt charançons adultes sont ensuite déposés au centre de la boîte ;
- ❖ au bout de chaque heure, nous comptons le nombre de charançons présents sur la partie du disque traitée avec l'huile essentielle et le nombre d'individus présents sur la partie traitée uniquement avec l'acétone ;
- ❖ le pourcentage de répulsion (PR) est calculé comme suit :

$$\text{PR (\%)} = [(N_c - N_t) / (N_c + N_t)] \times 100$$

N_c : nombre d'insectes présents sur le demi-disque traité avec l'acétone uniquement.

N_t : nombre d'insectes présents sur le demi-disque traité avec la solution huileuse.



Figure 12. Dispositif expérimental du test de répulsivité (Originale, 2016).

Le pourcentage de répulsion moyen pour chaque huile est calculé et attribué à l'une des différentes classes répulsives, selon le classement de Mc Donald et *al.*, (1970) qui sont indiqués dans le tableau 1.

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

Classe	Intervalle de répulsion	Propriétés
Classe 0	$PR \leq 0,1\%$	Très faiblement répulsif
Classe I	$0,1 \% < PR \leq 20\%$	Faiblement répulsif
Classe II	$20\% < PR \leq 40 \%$	Modérément répulsif
Classe III	$40 \% < PR \leq 60 \%$	Moyennement répulsif
Classe IV	$60\% < PR \leq 80 \%$	Répulsif
Classe V	$80 \% < PR \leq 100 \%$	Très répulsif

III.2. Test d'inhalation sur les adultes de *Sitophilus oryzae*

Ce test consiste à étudier l'effet des deux huiles essentielles sur le taux de mortalité des adultes de *Sitophilus oryzae* par inhalation en adoptant la méthode décrite par Papachristos et Stampoulos (2002).

- ❖ Dans des bocaux en verre de 500ml de volume, une dose d'huile est déposée sur un petit morceau de papier filtre de 1cm de diamètre suspendu à l'aide d'un fil à la face interne du couvercle (figure 13) ;
- ❖ Dix charançons sont introduits dans chaque bocal qui est fermé d'une façon hermétique ;
- ❖ Pour l'ensemble des essais, trois répétitions ont été réalisées pour chaque dose (20,40 et 60 μ l), et chaque temps d'exposition (24, 48, 72, 96, 120, 144,168et 192 heures) ;
- ❖ Le dénombrement des individus morts se fait chaque jour pendant huit jours (un témoin a été réalisé en parallèle).



Figure 13. Dispositif expérimental du test d'inhalation (Originale, 2016).

- La mortalité a été calculée et corrigée selon la formule d'Abbott (1925) en tenant compte de la mortalité naturelle (M_t) observée sur le témoin :

$$M_c = \frac{M_o - M_t}{100 - M_t} \times 100$$

M_c : mortalité corrigée ;

M_o : mortalité de l'échantillon testé ;

M_t : mortalité dans le témoin non traité.

IV. Evaluation de l'activité insecticide d'un insecticide de contact

Nous avons comparé l'efficacité des huiles essentielles avec un insecticide de synthèse *la deltaméthrine* par test de répulsivité et inhalation. Pour le test de répulsivité on a utilisé les mêmes doses (5 μ l, 10 μ l, 15 μ l, 20 μ l) mais pendant 3h de temps au lieu de 48h.

Concernant le test d'inhalation, on a utilisé les doses suivantes : 10 μ l, 20 μ l, 40 μ l, 60 μ l et 80 μ l pendant 96h au lieu de 192h avec deux répétitions pour chaque dose.

Deltaméthrine

La deltaméthrine est un pesticide insecticide de la famille des pyréthrinoïdes.

Formule chimique : $C_{22}H_{19}Br_2NO_3$.

Nom chimique : (S)- α -cyano-3-phenoxybenzyl (1R, 3R)-3-(2,2-dibromovinyl)-2,2-diméthylcyclopropane Carboxylate.

Solubilité dans l'eau : <0, 2 μ g/l (25 °C). Et dans l'**acétone** : 500 g·L⁻¹ (20 °C).

I. Résultats

I.1. Résultats de l'évaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles et de l'insecticide de synthèse contre les adultes de *Sitophilus oryzae* par répulsion

I.1.1. Effet des huiles essentielles par répulsion

Les pourcentages de répulsion des différentes doses des huiles essentielles testées sont récapitulés au niveau du tableau 2.

Ces résultats montrent une variation dans la réponse des adultes de *Sitophilus oryzae* aux différentes doses des huiles essentielles. En effet, à la plus faible dose (5µl), l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* s'est montrée la plus répulsive avec un taux de répulsion de 45.3% contre 39.3% pour *Artemisia arborescens*.

D'autre part, nous avons remarqué que l'activité répulsive des huiles essentielles étudiées après une durée d'exposition d'une heure est dépendante de la dose ; elle augmente au fur et à mesure que les doses des huiles essentielles augmentent. À la dose (10 µl), l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* présente le taux de répulsion le plus élevé (50.03%), alors que un taux de 30.7% a été enregistré pour *Artemisia arborescens* à la même dose (10 µl).

À la lumière de ces résultats, nous pouvons noter également que les huiles essentielles étudiées sont classées selon Mc Donald et al., (1970) comme moyennement répulsive pour *Lavandula angustifolia* avec un taux PR(%)= 45.50 et comme modérément répulsive pour *Artemisia arborescens* avec un taux PR(%)= 35.70.

Tableau 2. Taux de répulsion sur papier filtre des huiles essentielle testées contre les adultes de *sitophilus oryzae* et leur classement selon Mc Donald et al., (1970).

Huile	Dose	Moyen d'individus présents dans la partie		Répulsion (%)
		non traitée	traitée	
<i>Lavandula angustifolia</i>	5µl	14,53	5,47	45,3
	10µl	15,03	4,97	50,03
	15µl	14,32	5,68	43,2
	20µl	14,35	5,65	43,5
Taux moyens de répulsion				45.50
Classe répulsive				III
<i>Artemisia arborescens</i>	5µl	13.93	6,07	39,3
	10µl	13.07	6,93	30,7
	15µl	14,03	5,97	40.3
	20µl	13,25	6,75	32,5
Taux moyens de répulsion				35,7
Classe répulsive				II

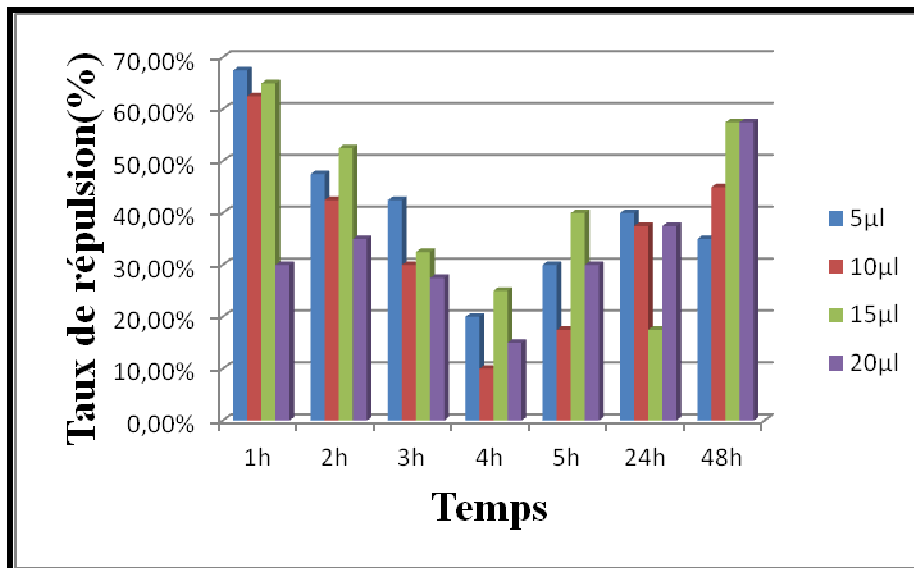


Figure 14. Taux de répulsion de *Artemisia arborescens*.

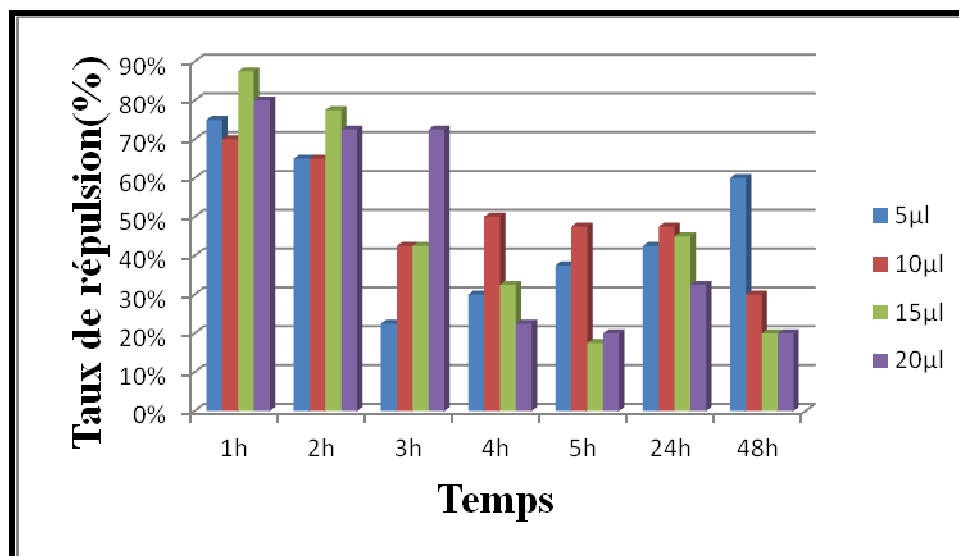


Figure 15. Taux de répulsion de *Lavandula angustifolia*.

Les figures 14 et 15 représentent les taux de répulsion qui s'élèvent et diminuent au fur et à mesure en fonction des doses et du temps.

Donc comme nous avons remarqué les deux huiles testées étaient répulsive en premier lieu et attractive dans un deuxième temps.

La présente étude montre que les huiles étudiées ont une activité répulsive peu considérable à l'égard des adultes de *Sitophilus oryzae*.

L'effet répulsif de certaines huiles végétales a été constaté par de nombreux chercheurs. C'est ainsi que Odeyemi et ses collaborateurs (2008) ont noté un taux de répulsion de 100% de l'huile essentielle de *Mentha longifolia* contre *Sitophilus zeamais*. De même, Aggarwal et

al., (2001) ont évalué l'activité répulsive du L-menthol et de ses dérivés acyl contre *Callosobruchus maculatus*, *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae* et *Rhizopertha dominica* qui ont donné des taux de répulsion de 100%, 82%, 78% et 72% respectivement à une concentration de 20 µg/ml.

D'après Mishra et Tripathi (2011), les huiles essentielles de *Schzygium aromaticum*, *Aegle marmelos*, *Corriandrum sativum* et *Citrus reticulata* extraites par un hydrodistillation a montré une répulsivité importante contre *S. oryzae* et *T. castaneum* même à faible concentration, mais sa répulsivité a été plus marquée envers *S. oryzae*.

Par ailleurs, Upadhyay et Jaiswal, (2007) ont rapporté que l'huile essentielle de *Piper nigrum* a repoussé les adultes de *T. castaneum* à faible concentration

Dans le même contexte, l'effet de l'huile essentielle des feuilles d'*Ocimum grattissimum* sur *S. zeamais* a été évalué pour la répulsivité et la toxicité. L'huile a été jugée modérément répulsive au *S. zeamais* (Aswalam et *al.*, 2008).

De même, les travaux d'Aïboud et *al.*, (2011) ont montré un effet répulsif important des huiles essentielles extraites de *Syzygium aromaticum*, d'*Eucalyptus smithii* et de *Pimenta racemosa* sur l'insecte *Callosobruchus maculatus*. Utilisées aux doses de 5, 10, 15 et, 20 µl diluées dans 0,5 ml d'acétone, ces huiles ont donné respectivement des taux de répulsion de 86%, 86% et 87% après une demi-heure d'exposition.

Les plantes du genre *Citrus* sont aussi connues pour avoir des propriétés répulsives remarquables. En effet des tests réalisés avec *C. limonum*, *C. paradisi*, et *C. aurantium* donnent respectivement des taux de répulsion de 75%, 65% et 85% sur l'insecte *Acanthoscelides obtectus* (Hamdani, 2012). Sur le même insecte, Ndomo et *al.*, (2009) rapportent que les différentes doses de l'huile essentielle des feuilles de *Callistemon viminalis* (0,031 à 0,25 µl.cm⁻²) ont occasionné une répulsion dont le taux varie de 36,6 à 80%.

Les effets répulsifs de ces huiles essentielles pourraient dépendre de la composition chimique et du niveau de sensibilité de l'insecte (Casida, 1999). Dans ce contexte, de nombreux travaux ont été réalisés pour évaluer l'effet de la composition chimique sur l'activité répulsive des huiles essentielles (Ko et *al.*, 2009) ; Nério et *al.*, 2010). Dans la majorité des cas, le pouvoir répulsif a été attribué aux composés majoritaires des huiles essentielles. D'après Obeng-Ofori et Reichmuth (1997), l'Eugénol composé majoritaire de l'huile essentielle d'*Ocimum suave* a été très répulsif pour les quatre espèces de coléoptères : *Sitophilus granarius*, *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum* et *Prostephanus truncatus* avec des taux de répulsion de 84% pour *Prostephanus truncatus* et 83% pour *Sitophilus zeamais* et 82% pour *Tribolium castaneum* et *Sitophilus granarius*.

Les analyses des huiles essentielles testées montrent qu'elles sont constituées majoritairement de monoterpènes et sesquiterpènes.

- ✓ l'huile essentielle d'*Artemisia arborescens* : Chamazulène 32.01% (monoterpène), Camphre 23.13% (monoterpène), trans-Hydrate de sabinène 8.09%(monoterpène), α -Thujone 4.03% (monoterpène), Elemol 2.60% (sesquiterpène), Terpinèn-4-ol 2.10% (monoterpène).
- ✓ l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* Acétate de linalyle 35.90% (monoterpène), Linalol 25.20% (monoterpène), Cis- β -ocimène 7.20% (monoterpène), β -caryophyllène 5.00% (sesquiterpène), Acétate de lavandulyle 4.00% (monoterpène), Terpinèn-4-ol 3.50% (monoterpène), Trans- β -ocimène 3.30% (monoterpène).

Selon Nerio et *al.*, (2010), les activités répulsives des huiles essentielles sont liées généralement à la présence des monoterpènes et des sesquiterpènes. Dans certains cas, les composés peuvent agir en synergie améliorant leur efficacité. Ainsi, d'après plusieurs études telles que celles réalisées par McCarron et *al.*, (1995) et Tripathi et *al.*, (2001), les monoterpènes ont des activités répulsives contre les insectes des denrées stockées. De ce fait, l'activité répulsive des huiles essentielles testées peut être expliquée par leurs richesses en composés monoterpéniques et sesquiterpéniques.

Dans ce même contexte, Chaubey (2012), a testé l'activité répulsive de deux composés : α -pinène et β -caryophyllène à l'égard de *Tribolium. Castaneum*. Ceux-ci ont montré une activité répulsive significative même à la plus faible dose (0,025%). Ces observations peuvent nous permettre de supposer que le β -caryophyllène présents en quantité considérable dans l'huile essentielle du *Lavandula angustifolia* peut participer à son effet répulsif à l'égard de l'insecte étudié.

En outre, Papachristos et Stamopoulos (2002), cité par Nério et *al.*, (2010), ont montré que l' α pinène, le limonène et le camphre de l'huile essentielle de *Juniperus oxycedrus* ont un effet répulsif à l'égard de *Acanthoscelides obtectus*.

Les propriétés insecticides de 1,8-cinéole, le linalool, l'eugénol, α -terpinéol et le cymol ont été également démontrées sur plusieurs insectes *Tribolium confusum*, *Tribolium castaneum*, *Sitophilus zeamais*, *Prostephanus truncatus*, *Rhyzoperta dominica* et *Callosobruchus maculatus* (Obeng- Ofori et *al.*, 1997).

Généralement, les composés des plantes aromatiques qui agissent comme des insectifuges agissent comme sémio-chimiques qui modifient le comportement de l'insecte par les sensilles olfactives des antennes. Les insectifuges agissent en fournissant une barrière à la vapeur et dissuadant l'arthropode de venir en contact avec la surface ou stimulus (Nerio et *al.*, 2010).

Ainsi, selon Brown et Herbert (1997), les huiles essentielles agissent par répulsion en émettant des substances volatiles (terpènes) qui constituent une barrière empêchant les insectes et les autres arthropodes de se mettre en contact avec la surface de l'hôte.

Il ressort de ces observations que les huiles essentielles de *Lavandula angustifolia* et d'*Artemisia arborescens* sont caractérisées par une propriété répulsive considérable ce qui pourrait constituer un bon moyen de lutte biologique contre les adultes de *Sitophilus oryzae*.

I.1.2. Effet de l'insecticide de synthèse (deltaméthrine) par répulsion

Afin d'évaluer l'activité insecticide des huiles essentielles étudiées, nous les avons comparé avec celle d'un insecticide de synthèse.

Les pourcentages de répulsion des différentes doses de l'insecticide testé sont récapitulés au niveau du tableau 3. Il en ressort que l'insecticide de synthèse la deltaméthrine a un effet très faiblement répulsif avec PR(%) = 3,35 %. Nous avons noté également que les doses de 5µl et 10 µl n'étaient pas efficaces. C'est à partir de la dose 15 µl que la répulsivité commence à augmenter et ce n'est qu'à la dose 20 µl que nous avons enregistré un taux de répulsion considérable.

De ce fait, nous pouvons déduire que le taux de répulsion augmente avec l'augmentation des doses.

Tableau 3. Taux de répulsion d'un insecticide de synthèse la Deltaméthrine sur les adultes de *Sitophilus oryzae* et son classement selon Mc Donald et al., (1970)

Insecticide	Dose	Moyen d'individus présents dans la partie		Répulsion (%)
		non traitée	Traitée	
Deltaméthrine	5µl	7,67	12,33	-23,3
	10µl	8,67	11,33	-13,3
	15µl	11,67	8,33	16,7
	20µl	13,33	6,67	33,3
Taux moyens de répulsion				3,35
Classe répulsive				I (Faiblement répulsive)

Dans cette étude, nous avons tenté d'évaluer l'effet répulsif de l'insecticide chimique sur les adultes de *Sitophilus oryzae* en fonction des doses, après une exposition de 3h. La répulsivité maximale de cet insecticide est obtenue à la dose de 20 µl avec PR=33,3 %.

Les insecticides pénètrent à l'intérieur des insectes en traversant soit la cuticule, soit les parois du tube digestif. Cette pénétration a lieu à une vitesse qui, pour un même toxique, varie d'une espèce à l'autre. Si la cinétique de pénétration est suffisamment lente, l'insecticide pourra être dégradé par les systèmes de détoxification et aura peu d'effets. Les insectes concernés seront sélectionnés par le pesticide et donneront naissance à une population résistante. De telles modifications de la pénétration de l'insecticide à travers la cuticule ont été mises en évidence chez plusieurs insectes : *Musca domestica* (Sawicki et Farnham, 1968), *Culex pipiens* (Stone et Brown, 1969), *Tribolium castaneum* (Walter et Price, 1989), *Heliothis virescens* (Lee et al., 1989).

I.1.3. Comparaison de taux de répulsion des huiles étudiées avec l'insecticide de synthèse « la deltaméthrine »

Les résultats représentés par la figure 16 montrent que l'effet des huiles essentielles utilisées au cours de nos expériences a donné de bons résultats en comparaisons avec ceux obtenus avec l'insecticide chimique.

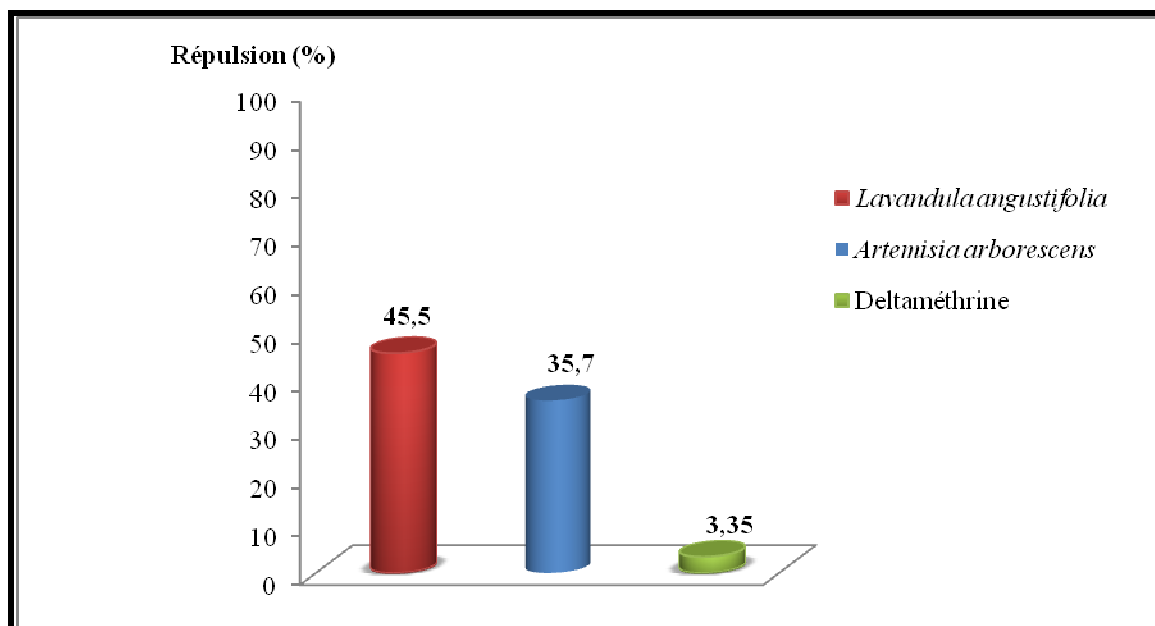


Figure 16. Comparaison entre l'effet répulsif des huiles essentielles et de l'insecticide de synthèse.

À la lumière de ces résultats, on peut suggérer que les huiles essentielles étudiées peuvent être recommandée comme insectifuge contre les adultes de *Sitophilus oryzae*. Plusieurs plantes ont été utilisé avec succès comme répulsifs, dissuasives et anti-oviposition contre *Tribolium castaneum* (Jillani *et al.*, 1993).

I.2. Résultats de l'évaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles et de l'insecticide de synthèse contre les adultes de *Sitophilus oryzae* par inhalation

I.2.1. Effet des huiles essentielles par inhalation

Les résultats obtenus sont résumés au niveau du tableau 4 et les figures ci-dessous. Nous remarquons que les huiles essentielles de *Lavandula angustifolia* et d'*Artemisia arborescens* affectent significativement la survie des adultes de *Sitophilus oryzae*. Dans les lots traités, la survie des adultes diminue graduellement du premier au huitième jour et ceci proportionnellement à la concentration des huiles essentielles utilisées et la durée d'exposition, alors que dans le lot témoin aucune mortalité n'a été observée.

Tableau 4. Taux moyen de mortalité des adultes de *Sitophilus oryzae* traité par les huiles essentielles des espèces d'*Artemisia arborescens* et de *Lavandula angustifolia* dans le temps en fonction de la dose.

Temps Dose	24h	48h	72h	96h	120h	144h	168h	192h
<i>Artemisia arborescens</i>								
20µl	0	0	0	10	11,11	11,99	18,18	52,37
40µl	0	3,33	3,33	13,33	18,51	20	22,72	66,65
60µl	0	6,66	6,66	20	25,92	28	36,36	85,71
<i>Lavandula angustifolia</i>								
20µl	6,66	6,66	6,66	6,66	7,40	11,99	22,72	28,57
40µl	10	10	16,66	26,66	33,33	44	54,54	71,42
60µl	13,33	13,33	26,66	33,33	33,33	44	59,09	76,18

L'effet fumigant de l'huile essentielle d'*Artemisia arborescens* commence à apparaître à partir de la plus faible dose (20µl) après 96h d'exposition et avec 10% de mortalité, alors que celui de l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* apparaît à la plus faible dose, après 24h

d'exposition (6,66%). Nous avons remarqué également que l'activité insecticide par inhalation des huiles essentielles testées est maximale à la dose de 60µl et après huit jours d'exposition. La mortalité obtenue la plus élevée est de 85,71 % induite par l'huile essentielle d'*Artemisia arborescens*. Tant qu'à l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia*, elle a induit une mortalité maximale de l'ordre de 76,18%.

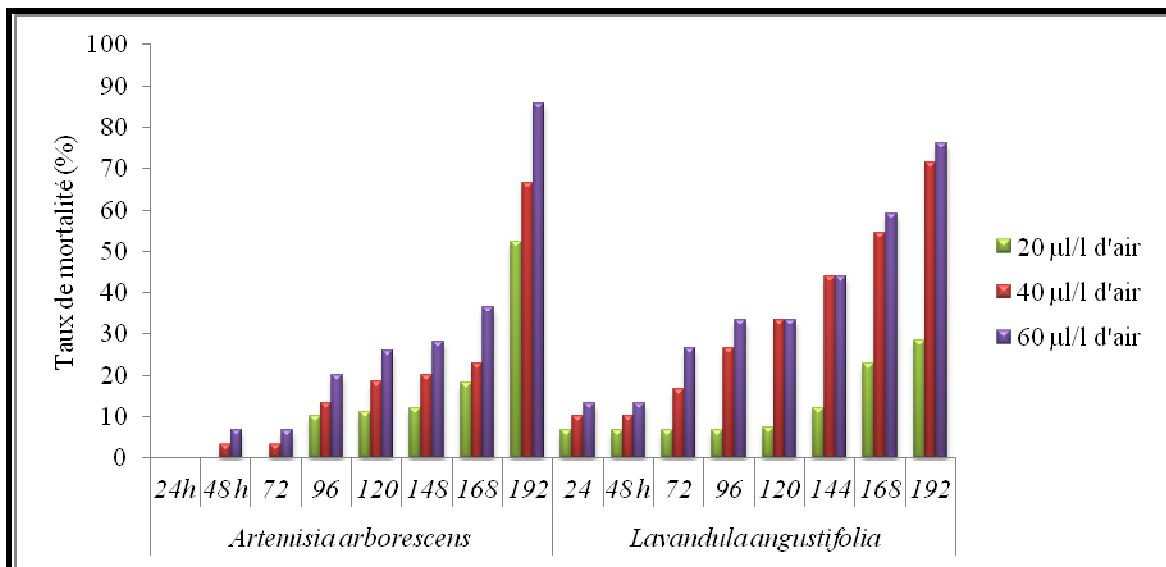


Figure 17. Taux moyen de mortalité des adultes de *Sitophilus oryzae* traités par inhalation aux différentes doses des huiles essentielles d'*Artemisia arborescens* et de *Lavandula angustifolia*.

I.2.2. Effets de l'insecticide de synthèse par fumigation

La figure 18 et le tableau 5 illustrent l'évolution des pourcentages des mortalités corrigées des adultes de *Sitophilus oryzae* en fonction de la concentration de l'insecticide et la durée d'exposition.

Il en résulte que l'effet fumigant de l'insecticide apparaît à la plus faible dose (10µl) avec 10% de mortalité et cela après 72h d'exposition et il atteint 15% de mortalité après 96h à la même dose. En outre, aux doses 60µl et 80µl, l'effet fumigant se manifeste très vite, après 24h d'exposition, avec une mortalité de 15 et 20 % respectivement. Aux mêmes doses, nous avons obtenu une mortalité maximale de l'ordre de 35% après 96h d'exposition.

Tableau 5. Taux de mortalité des adultes de *Sitophilus oryzae* traités par fumigation avec un insecticide de synthèse deltaméthrine.

Insecticide	Deltaméthrine			
Durée	24h	48 h	72	96 h
Dose				
10µl	0	0	10	15
20µl	0	5	15	20
40µl	0	10	10	25
60µl	15	25	25	35
80µl	20	25	30	35

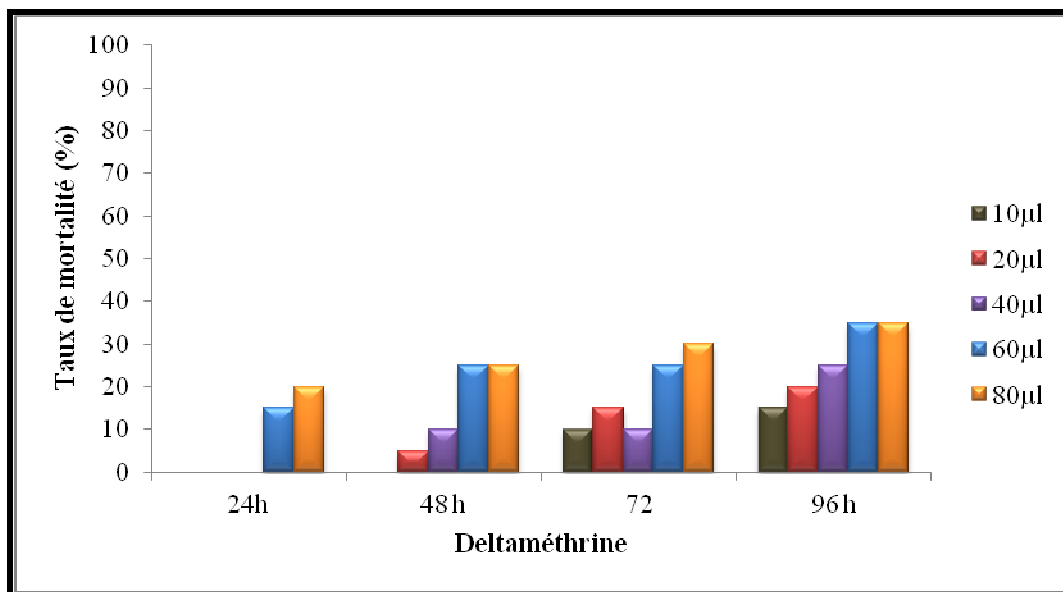


Figure 18. Taux moyen de mortalité des adultes de *Sitophilus oryzae* traités par inhalation aux différentes doses de l'insecticide Deltaméthrine.

D'après ces résultats, nous pouvons dire que l'insecticide même à la dose la plus élevée n'engendre pas un taux de mortalité considérable, donc son effet n'apparaît qu'à de très fortes doses.

I.2.3. Comparaison entre l'effet fumigant de l'insecticide de synthèse (la Deltaméthrine) et celui des huiles essentielles

En comparant l'efficacité des huiles essentielles et l'insecticide par fumigation nous pouvons dire que les résultats obtenus avec les huiles essentielles d'*Artemisia arborescens* et de *Lavandula angustifolia* sont beaucoup plus remarquables que les résultats obtenus avec la deltaméthrine et si nous augmentons les doses des huiles testées nous aurons des résultats meilleurs.

Cependant, les insecticides chimiques peuvent induire une intoxication chronique des consommateurs, une résistance chez les ravageurs et avoir un impact négatif sur l'environnement et des écosystèmes (Attia et Frecker, 1984 ; Georghion, 1990 ; Ngamo et Hance, 2007 ; Regnault-Roger et al., 2008). À titre d'exemple, une résistance aux insecticides de synthèse chez les larves de *Helicoverpa armigera* (*Lepidoptera* : *Noctuidae*) qui est un ravageur important se développe sur un grand nombre de cultures : coton, maïs, tomate, tournesol et a été signalée par plusieurs auteurs à travers le monde, en Australie (Gunning et al., 1992 ; Forrester et al., 1993), Afrique d'Ouest (Martin et al., 2000), Asie (Kranthi et al., 2001), au Pakistan (Ahmad et al., 2001) , en Espagne (Torres-Vila et al., 2002) , et en France (Bues et Boudinhon, 2003).

En outre, d'après Chiasson et Beloin (2007), les biopesticides à base d'huiles essentielles présentent plusieurs caractéristiques d'intérêt. Plusieurs sont aussi efficaces que les produits de synthèse. Ils ont en général une efficacité à large spectre, mais avec une spécificité pour certaines classes ou ordres d'insectes. De même, les huiles essentielles brutes peuvent être entreposées pendant plusieurs années, et un biopesticide peut être mis sur le marché dans un délai plus court qu'un produit de synthèse, car le processus d'homologation est moins exigeant.

De même, selon Ketoh et ses collaborateurs (2004), la recommandation de l'Organisation Mondiale de la Santé (1995) en faveur de l'élimination des fumigants classiques dans les pays développés, et dans les pays en développement ouvre la voie à la recherche de nouveaux produits à faible répercussion écologique. Le recours au monde végétal et aux molécules qui ont permis aux plantes de se protéger contre les ennemis naturels devient donc indispensable (Regnault-Roger et al., 2008). Les huiles essentielles sont des insecticides naturels qui, tout en étant aussi actifs, sont biodégradables (Tchoumboungang et al., 2009) .

II. Discussion générale

Dans cette étude, les deux huiles essentielles testées ont révélé une activité insecticide remarquable à l'égard des adultes de *Sitophilus oryzae*. Ainsi, l'activité des huiles varie selon les plantes considérées.

L'activité insecticide des huiles essentielles extraites des plantes aromatiques fait l'objet de nombreuses recherches en vue de réduire les pertes occasionnées par les insectes ravageurs des graines stockées.

D'après Derradji-Heffaf (2013), les huiles essentielles d'*Artemisia campestris* et *Thymus algeriensis* testé sur *Sitophilus oryzae* ont enregistré des taux de mortalités de 100% au bout de 72h, avec la plus grande dose qui est de 16 μ l, alors que l'huile de *Teucrium polium* n'a provoqué aucune mortalité. Cette inefficacité est due à la pauvreté de cette huile essentielle en monoterpènes.

Dans une étude sur le même insecte, Benazzeddine (2010) rapporte que l'huile essentielle du romarin était la plus efficace par rapport aux huiles testées. Elle a engendré un taux de mortalité de 100% après 48h d'exposition aux vapeurs toxiques, suivi de la menthe verte qui a provoqué après 24 h un taux de mortalité de 69,62 % pour atteindre une mortalité de 100% après 96h d'exposition. L'Eucalyptus a provoqué 66,23% de mortalité après 48h. Au cinquième jour, 100% de mortalité est atteint, alors que pour le thym, ce même taux n'a été enregistré qu'après 6 jours de traitement. L'huile essentielle du thym a un effet important puisque 65,38% de mortalité était relevé après 48 h. Quant à la Citronnelle, c'est l'huile qui s'est montrée la moins efficace étant donné 73,68% de mortalité a été enregistrée après 6 jours.

Dans le même contexte, Sahaf et ses collaborateurs (2007) ont constaté une forte activité insecticide de l'huile essentielle de *Carum copticum* (*Apiaceae*) sur *Sitophilus oryzae* et *Tribolium castaneum* (*Tenebrionidae*) avec un taux de mortalité de 100% à la plus grande concentration qui est de 185,2 μ l / l et pendant 12h d'exposition.

Kordali et al., (2008) ont testé les propriétés insecticides de l'huile essentielle isolée à partir de *Origanum Acutidens* sur *S. granarius* et *Tribolium confusum*. Cette huile a causé 68,3% et 36,7% de mortalité des adultes de *S. granarius* et *T. confusum*, respectivement, après 96heures d'exposition.

Regnault-Roger et Hamraoui (1994) ont testé l'efficacité des huiles essentielles extraites de vingt-quatre plantes aromatiques de plusieurs familles sur la bruche *A. obtectus*. Les résultats ont montré que les huiles de sept plantes de la famille des Lamiacées (*Thymus serpyllum*, *Origanum vulgare*, *Satureia hortensis*, *Lavandula angustifolia*, *Rosmarinus*

officinalis, *Origanum majorana*, *Ocimum basilicum*) et *Petroselinum sativum* de la famille des Apiacées sont les plus toxiques provoquant une mortalité de 100% après 1 à 4 jours d'exposition et à faible dose soit $10^{-2} \mu\text{L}/\text{cm}^3$. Quant aux huiles essentielles de *Thymus vulgaris* et *Salvia officinalis* (Lamiacées), *Laurus nobilis* et *Cinnamomum verum* (Lauracées), elles provoquent une mortalité de 100% après 2-6 jours d'exposition, à la dose de $5.10^{-2} \mu\text{L}/\text{cm}^3$. Alors que parmi les vingt-quatre huiles essentielles testées, l'huile essentielle de *Citrus limon* (Rutacées) est la moins toxique qui provoque après 8 jours d'exposition une mortalité de 43% et 67% à des doses de $10^{-2} \mu\text{L}/\text{cm}^3$ et $5.10^{-2} \mu\text{L}/\text{cm}^3$ respectivement.

De même, l'efficacité biologique des huiles essentielles de *Laurus nobilis* (Lauracées), *Citrus bergamia* (Rutacées) et *Lavandula hybrida* (Lamiacées) a été démontré par Cosimi et al., (2009) sur les adultes des charançons du maïs *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), les charançons du blé *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera: Cucujidae) et sur les larves des charançons du riz *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). Selon Righi (2010), l'huile essentielle du Thym provoque une mortalité de 100% des adultes de la bruche *Callosobruchus chinensis* après une heure d'exposition avec une dose de $10 \mu\text{L}$.

La différence de sensibilité de *Sitophilus oryzae* à l'égard de ces deux huiles essentielles peut être due à plusieurs facteurs dont la résistance de cette espèce à certains composés de ces huiles essentielles. En effet, des travaux récents (Shaaya et al., 1997 ; Sékou Moussa et al., 2000 ; Kim et al., 2003 ; Ngassoum et al., 2003 ; Ngamo et al., 2001 ; Lee, 2002) révèlent que l'effet des huiles sur les insectes n'est pas systématique car on observe des réponses différentes suivant l'espèce d'insecte et l'huile essentielle. Ainsi, d'après Shaaya et al., (1997) *T. castaneum* ($\text{LC}_{50}=11,1 \mu\text{l.l}^{-1}$) est plus résistant que *S. oryzae* ($\text{LC}_{50}=7,5 \mu\text{l.l}^{-1}$) ou *Rhyzopertha dominica* ($\text{LC}_{50}=9,6 \mu\text{l.l}^{-1}$) à l'effet fumigant de l'huile essentielle de menthe, alors qu'il est deux fois plus sensible à l'huile essentielle d'*Eucalyptus nicholii* que *S. oryzae* (Lee, 2002).

Par ailleurs, Selon Ngamo et Hance (2007), une huile essentielle n'exerce pas forcément la même activité aux différents stades du cycle biologique d'un insecte, comme il existe une grande variation dans la sensibilité des espèces d'insectes pour une même huile essentielle. Selon Bostanian et al., (2005) les huiles essentielles agissent directement sur la cuticule des insectes et acariens à corps mou, ils sont moins efficaces avec des insectes à carapace dure tels que les coléoptères et hyménoptères adultes.

L'activité insecticide pourrait dépendre également du sexe de l'insecte. En effet, plusieurs auteurs ont démontré que les mâles d'*Acanthoscelides obtectus* sont plus sensibles aux huiles

essentielles par rapport aux femelles (Regnault-Roger et Hamraoui, 1994 ; Papachristos et Stamopoulos, 2002).

La toxicité des huiles essentielles sur les insectes est induite par l'action de leurs composés majoritaires (Seri-Kouassi et *al.*, 2004). Ces derniers ont des efficacités insecticides soit singulière ou lorsqu'elles sont mises ensemble (Ngamo et Hance, 2007). Asawalam et *al.*, (2008) ont testé la toxicité des composants majoritaires des huiles essentielles extraites de *Vernonia amygdalina* (Astéracées) sur *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), qui sont 1,8-cinéole, β -pinène, α -pinène, myrtenal, pinanol, L-carveol, transpinocarveol, et linalool. La dose létale minimale qui provoque une mortalité de 100% des adultes de *S. zeamais* par les huiles essentielles de *V. amygdalina*, elle provoque une mortalité de $63 \pm 2,1\%$ par 1,8-cineole, $37 \pm 2,4\%$ par β -pinène, $00 \pm 00\%$ par chacun des autres composants, et 100% par le mélange des huit composants majoritaires. Les résultats montrent que l'action toxique combinée des composants majoritaires est plus remarquable que l'action individuelle de ces composants.

Certains auteurs ont montré que les terpènes étaient à l'origine de l'efficacité des huiles essentielles (Ketoh et *al.*, 2004). Dans notre étude, l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* qui a été la plus toxique vis-à-vis des adultes est majoritairement constituée de monoterpènes dont le linalool et d'un sesquiterpène hydrocarboné qui est le β -caryophyllène dont sa propriété insecticide a déjà été démontrée (Omolo et *al.*, 2004 ; Rodilla et *al.*, 2008).

Chaubey (2012) a testé l'activité insecticide de deux composés purs (α -pinène et β -caryophyllène) vis-à-vis des larves et adultes de *T. castaneum*. Les résultats ont démontré que le β -caryophyllène était le plus efficace contre cet insecte.

Regnault-Roger et Hamraoui (1995) ont observé un effet toxique des monoterpènes sur la bruche *Acanthoscelides obtectus*. De même, Weaver et *al.*, (1991) rapportent que le linalool extrait des huiles essentielles de la plante aromatique *Ocimum canum* (Lamiacées) agit directement sur la longévité des adultes de la bruche tropicale du pois *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae), la bruche du haricot *A. obtectus* (Coleoptera: Bruchidae), le ravageur des céréales *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) et le charançon du riz *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae), avec des DL50 après 48 heures d'exposition de $428 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, $405 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, $428 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, $427 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ respectivement.

D'après Hamraoui et *al.*, (1997), les niveaux de toxicité des composés sont très variables : les linalool et cinnamaldéhyde sont peu actifs sur *Ceratitidis capitata*, sont très toxiques sur *Rhopalosiphum padi*. Inversement, le carvacrol et l'eugénol sont plus toxiques pour *C. capitata* que pour *R. padi*.

En outre, les huiles essentielles testées contiennent des monoterpènes oxygénés comme le Terpinène-4-ol. Stamopoulos et *al.*, (2007) ont constaté que celui-ci a révélé une activité insecticide importante vis-à-vis de *Tribolium confusum* suivi de limonène, 1,8 cineole et linalool.

Les modes d'action des huiles essentielles sont encore à confirmer malgré les études relativement nombreuses réalisées à ce sujet (Isman, 2000). Selon Furet et Bellenot (2013), les mécanismes toxiques des huiles sur les adultes sont d'ordre physiologique ou physique. Ainsi, il a été signalé également que l'action rapide des huiles essentielles ou de ses constituants contre les insectes ravageurs est un indicatif d'une action neurotoxique (Kostyukovsky et *al.*, 2002 ; Priesley et *al.*, 2003 ; Isman et *al.*, 2007).

En effet, les travaux récents montrent que les monoterpènes ont des effets physiologiques neurotoxiques et agissent sur différentes cibles en fonction de leur nature chimique (Huignard 2013). Regnault-Roger et *al.*, (2008), rapportent que les monoterpènes ont une action toxique rapide de type inhalatoire sur les adultes. De plus, les monoterpénoïdes sont généralement volatiles et plutôt des composés lipophiles qui peuvent pénétrer dans les insectes rapidement et interférer avec leurs fonctions physiologiques (Lee et *al.*, 2002). En raison de leur forte volatilité, ils ont un effet fumigant qui pourrait être d'importance pour lutter contre les insectes dans les denrées entreposées (Ahn et *al.*, 1998).

Conclusion générale

Les produits naturels étaient et restent toujours une source inépuisable de structures complexes et diverses vu le rôle que peuvent jouer certains composés purs dans beaucoup d'applications, à savoir l'industrie pharmaceutique, l'industrie alimentaire, l'industrie cosmétique, la parfumerie, etc.

Les plantes synthétisent plusieurs substances du métabolisme secondaire. Ces molécules peuvent avoir différents effets chez les insectes : répulsif, attractif, perturbateur du développement, inhibiteur de la reproduction, etc.

Au cours de ces dernières années, et face à une législation de plus en plus restrictive sur l'application des pesticides de synthèse, la recherche de phytoinsecticides s'inscrit dans une stratégie particulièrement adaptée aux exigences du consommateur tout en préservant l'environnement.

Notre travail avait pour objectif d'évaluer la toxicité des huiles essentielles de la Lavande officinale et l'Armoise arborescente en comparaison avec l'effet d'un insecticide de synthèse « la deltaméthrine », Cette étude nous a permis d'obtenir les résultats suivants :

- dans le test de fumigation, les résultats obtenus ont montré que les activités des huiles étaient fonction de la nature des huiles, des concentrations utilisées, du temps d'exposition et de l'insecte considéré.

Nos huiles essentielles ont montré une grande efficacité par inhalation que par répulsion, avec des taux de mortalité de 85.71% et 76.18% respectivement pour *Artemisia arborescens* et *Lavandula angustifolia*.

Ces résultats sont encourageants et montrent clairement l'effet insecticide remarquable par inhalation.

Les composées majoritaires de *Lavandula angustifolia* sont l'Acétate de linalyle **35.90%** et le Linalol **25.20%** et les composées minoritaires dont l'activité insecticide a été déjà démontré : Cinéol-1.8 0.40%, α -pinène 0.25%, Limonène 0.16%, p-Cymène 0.09%, ainsi que pour *Artemisia arborescens* elle constituée majoritairement par : la Chamazulène **32.01%**, Camphre **23.13%** et minoritairement par : α -Thujone 4.03%, p-cymène 0.11%.

L'activité insecticide des huiles testées n'ai pas forcément due à leurs composées majoritaires, elle est peut être due aux constituants minoritaires.

L'insecticide chimique que nous avons testé par répulsion et inhalation s'est révélé moins toxique sur les adultes de *Sitophilus oryzae* en comparaison avec les huiles essentielles qui ont donné de bons résultats.

Ce travail basé sur l'utilisation des plantes aromatiques comme insecticide nous ouvre de larges perspectives d'une part dans le domaine des connaissances fondamentales et d'autres part dans le domaine appliqué, pour cela nous recommandons des recherches sur :

- l'évaluation des effets des autres plantes aromatiques locales sur les insectes nuisibles des grains.
- l'évaluation des effets de nos huiles essentielles sur les insectes utiles et d'autres insectes nuisibles des denrées stockées (*Rhyzoperta dominica*, *Callosobrochus maculatus*, *Sitophilus granarius*, *Sitophilus zeamais* ... etc.).
- d'un point de vue pratique, il est important de tester les extraits des plantes et les substances pures en plein champ afin d'évaluer leur efficacité dans le milieu naturel en interaction avec les facteurs biotiques et abiotiques et préparer leur exploitation en tant que biopesticides.
- l'identification des principes actifs des huiles essentielles des plantes locales et leur formulation pour leur application dans le traitement des stocks.

- Abbot W.S. 1925.** A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Ent.*, 18, pp 265-267.
- Abdelouahid D., et Bekhechi C. (2010)** - Les huiles essentielles. Ed. Off. Pub. Univ Paris, 3-14 et 83-98.
- Aggarwal K.K., Tripathi A.K., Ahmad A., Prajapati V., Verma N., Kumar S.2001.** Toxicity of *L-menthol* and its derivate against four storage insects. *Insect Sci.Appl.*21 :229-235.
- Ahmed M. S. (1992):** Composition, nutrition and favor of peanuts. H. G. batte anal C. T. young eds peanuts science and technologie T. X. pp: 655 – 688.
- **Ahmad M., Arif M. I., Ahmad Z., 2001.** Resistance to carbamate insecticides in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera : Noctuidae) in Pakistan. *Crop Protection*, 20, pp: 427-432.
- **Ahn YJ, Lee SB, Lee HS, Kim GH., 1998.** Insecticidal and acaricidal activity of *caravacrol* and β -*thujaplicine* derived from *Thujopsis dolabrata* var. *hondai* sawdust. *Journal of Chemical Ecology*. 24:81–90.
- **Aïboud K., 2011.** Etude de l'efficacité de quelques huiles essentielles à l'égard de bruche de niébé *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) et impact des traitements sur la germination des graines de *Vigna unguiculata*, Mémoire de Magister en Sciences biologiques. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, 58p.
- Aidani H., 2015.** Effet des attaques de Capucin des grains (*Rhizopertha dominica*) sur les céréales stockées. « Estimation sur la perte pondérale et le pouvoir germinatif Cas de blé dur dans la région de Tlemcen ».mémoire de master en agronomie. Université Abou Bekr Belkaid –Tlemcen ,104p.
- Amari Nadia 2014.** Etude du choix de ponte de la bruche du niébé *Callosobruchus maculatus* en présence de différentes variétés d'haricot et de pois chiche, et influence de quelques huiles essentielles (Cèdre, Ciste, Eucalyptus) sur activité biologique de l'insecte .mémoire de magistère pp23,23,25.
- Appert J. et Deuse. 1982** — External sex difference in stored product Coleoptera. *BULL. Entomol. Ress.*, Vol.51, pp. 119-133.
- Appert J., 1985** — Le stockage des produits vivriers et semenciers. Ed. Maisonneuve et Larousse, Paris, pp. 123-225.
- Asawalam EF, Emosairue SO, Hassanali A., 2008.** Essential oil of *Ocimum gratissimum* (Labiatae) as *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) protectant. *African Journal of Biotechnology*. 7: 3771-3776.
- **Asawalam E., Emosairue S., & Hassanali A., 2008:** Contribution of different constituents to the toxicity of the essential oil constituents of *Vernonia amygdalina* (*Compositae*) and

Xylopa aetiopica (Annonaceae) on maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). African Journal of Biotechnology, 7 (16), pp: 2957-2962.

- **Attia F. I., & Frecker T., 1984.** Cross resistance spectrum and synergism studies in organophosphorous-resistant strains of *Oryzaephilus surinamensis* L. (Coleoptera, Cujidae) in Australia. Journal of Economic Entomology, 77, pp: 1367- 1370.

-**Baba Aissa F., 1999.** Encyclopédie des plantes utiles, Librairie moderne- Rouïba, p.20-21.

-**Bakkali F. (2007)** - Biological effects of essential oils – A review, Food. Chem., Toxicol Islands. A review. Journal of Ethnopharmacology 46, 73-93.

-**Bar Ch., Beaux M-F., Belly J.M., Bocquet A., Bris V., Delplancke D., Fischer J., Foucher Ch., Gabillard M., Hoffmann D., Kern F., Lebac M-P., Lebras A., Mahaut B. et Martin G., 1995.** Contrôle de la qualité des céréales et des protéagineux. Ed. ITCF, ONIC, Paris, 253 p.

-**Bardeau F. (1976),** La médecine par les fleurs. Laffont éd. p100-120.

-**Bekon K. et Fleurat Lessard F., 1989** — Evolution des pertes en matière sèche des grains dues à un ravageur secondaire - *Tribolium castaneum* (Herbest), (Coléoptère ;Tenebrionidae), lors de la conservation des céréales, céréales en région chaudes,AUPELF-UREF, Ed.John Libbey Eurotext, Paris, pp. 97-104.

-**Belaiche P. (1979)** - Traité de Phytothérapie et d'Aromathérapie. Tome I. Ed. Maloine S.A. Paris.

-**Belkou H., Beyoud F., Taleb Bahmed Z. (2005)** - Approche de la composition biochimique de la menthe verte (*mentha spicata* L.) dans la région de Ouargla, Mémoire DES, univ Ouargla pp 2,61.

-**Belmouaz A., 2004.** Contrôle phytosanitaire et surveillance des denrées stockées. Agréage et protection phytosanitaire. Ed. O.A.I.C. (Office Interprofessionnel des Céréales) ; pp 18-34.

- **Benayad Nisrin .2013** Évaluation de l'activité insecticide et antibactérienne des plantes aromatiques et médicinales Marocaines. Extraction de métabolites secondaires des champignons endophytiques isolés de plantes Marocaines et activité anticancéreuse THESE de doctorat Chimie Organique Université Mohammed V – Agdal pp47, 48.

- **Benazzeddine S., (2010)** - Activité insecticide de cinq huiles essentielles vis-à-vis de *Sitophilus oryzae* (Coleoptera ; Curculionidae) et *Tribolium confusum* (Coleoptera ; Tenebrionidae).mémoire ingénieur, E.N.S.A. Alger ,107p.

-**Benhalima H., Chaudhry M.Q., Mills K.A., & Price N.R., 2004.** Phosphine resistance in stored-product insects collected from various grain storage facilities in Morocco. J. Stored Prod. Res., 40, 241-249.

-**Binet P. et Brunel J. P. (2000)** - Physiologie Végétale. Tome II. Edit., Doin. p54.

- Bnouham M., Mekhfi H., Legssyer A., Ziyat A., 2002.** Medicinal plants used in the treatment of diabetes in Morocco, *Int J Diabetes & Metabolism*, 10 :33-50.
- Bouamer A .Bellaghit M.et Mollay Amara. (2004)** -Etude comparative entre l'huile essentielle de la menthe verte et la menthe poivrée de la région de Ouargla ; Mémoire DES Unive. Ouargla, p 2-5 ; 10 ; 19 ; 21-22.
- **Bostanian N. J., Akalach M., and Chiasson H., 2005.** Effects of a *Chenopodium* based botanical insecticide/acaricide on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) and *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae). *Pest Manag. Sci*, 61, pp: 979-984.
- **Boyeldieu J.1999.**Encyclopédie des techniques agricoles : production végétale-Blé Tendre-Ed : Paris.20-20.
- Brown M., Herbert A.A. 1997.** Insect repellents : an overview. *J. Am. Acad. Dermatol.*36 :243-249.
- Bruneton J., 1987** — Déments de phytochimie et de pharmacognosie. Paris, Lavoisier, 585p.
- Bruneton J., 1993** — Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Paris, Lavoisier, 623p.
- Bruneton J. (1993)** - Pharmacognosie et phytochimie, plantes médicinales. Ed : Tec & Doc. Lavoisier. Paris. 915p.
- Bruneton J., 1999a** — Pharmacognosie, Phytochimie, plantes médicinales. 3ième édition. Ed. Tec et Doc., pp. 484 - 535.
- Bruneton J., 1999b** — Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales & Paris, Lavoisier, 585p.
- Bues R., & Boudinhon L., 2003.** Résistance aux insecticides de *Helicoverpa armigera* (Lépidoptère : Noctuidae) dans le sud de la France. *Cahiers d'études et de recherches francophones / Agricultures*, 12 (3), pp: 167-173.
- Capo M., Courilleau V., et Valette C. (1990)** - Chimie des couleurs et des odeurs. Culture et techniques, 204 p.
- **Casida J.H., 1990**, Pesticide mode of action, evidence for implications of a finite number of biochemical targets. In : Casida J.E. (ed.). *Pesticides and alternatives. Innovative chemical and Biological Approaches to Pest Control*. Amsterdam: Elsevier, pp. 11-22.
- Chaker el Kalamouni. (2010)** - Thèse sur: Caractérisations chimiques et biologiques d'extraits de plantes aromatiques oubliées de Midi-Pyrénées, l'Institut National.
- Chaubey MK. (2012).** Acute, lethal and synergistic effects of some terpenes against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). *Ecologia Balkanica* 4: 53-62.

- Chaumont J.P., Leger D. (1989)**. Propriétés antifongiques de quelques phénols et composés chimiquement très voisins. Relations structure-activité. *Plant Med. Phyto.*, 23(2) : 124-126.
- **Chiasson H., & Beloin N., 2007**. Les huiles essentielles, des biopesticides «nouveau genre ». *Antennae*, 14 (1), pp: 3-6.
- **Cosimi S., Rossi E., Cioni P. L., and 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, pp: 125–132.
- Croteau R (1987)** biosynthesis and catabolism of *monoterpenoids*. *Chem. Rev* 87 : 929-980.
- Cruz JF., Troude F., Griffon D., Hebert JP., 1988**. Conservation des grains en région chaudes ; 2ème édition ; « Technique rurale en Afrique ».Ed. Paris, France. • **DUPIN H., 1989**. Les aliments. Ed. Maloine, France ; pp 109.).
- Delille A.L. (2010)** - les plantes médicinales d'Algérie. 2eme édition .Berti edition.p239 Doc., Paris, p 488, 489, 490, 491, 510, 533, 536, 537, 538.
- **Derradji-Heffaf F., (2013)** - la composition chimique et activité insecticide de trois extraits végétaux à l'égard de *Sitophilus oryzae*(L.) (*Coleoptera : curculionidae*).thèse de doctorat, E.N.S.A. Alger, 90p.
- **Diop Y.M., Marchioni E., Ba. D. et Hasselmann C. (1997)** radiation disinfestation of cowpea seeds contaminated by *Callosobruchus maculatus*. *Journal of food processing and preservation*. 21 (1): 69 – 81.
- **Djossou J., 2006**. Etude des possibilités d'utilisations des formulations à base de fruits secs de *Xylopiya aethiopica* Dunal (*Annonaceae*) pour la protection des stocks de niébé contre *Callosobruchus maculatus* Fabricius (*Coléoptera : Bruchidae*). Mémoire d'ingénieur agronome à la Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux Belgique, 27p.
- Dongret K., Rananavar H. D. et Dessas R. P. (1997)**: Influence of gamma radiation on oviposition and egg viability of *Callosobruchus maculatus* (F.) and grain loss in mung bean storage. *J. Nuclear. Agro. Biol.* 26 (3): 161 – 165.
- **Doumandji, A., Doumandji-Mitiche, B. & Salaheddine, D., 2003**. Cours de technologie des céréales technologie de transformation des blés et problèmes dus aux insectes au stockage. Office des Publications Universitaires, pp. 1-22.
- Druvefors, U.A . (2004)** Yeast biocontrol of grain spoilage moulds. PhD Thesis, Agraria 466. Department of Micro- biology, Swedish University of Agricultural Sciences.
- Ducom P., 1978**. Traitement par fumigation. In: les insectes et les acariens des céréales stockées. Normes et technique des céréales et des fourrages. AFNOR-ITCF., 138-164. • Eurostat : agreste. agriculture.gouv.fr/IMG/PDF/Gaf13p121-126.

- **Dunkel F.V., & Sears L.J., 1998.** Fumigant properties of physical preparations from mountain big sagebrush *Artemisia tridentate Nutt. Ssp.*- Journal of Stored Product Research, 34: 304-321.
- Dupont F, Guignard JL et Botanique, 2007,** systématique moléculaire, Issy-les-Moulineaux: Masson, p : 285.
- Eggerer H., Lynen F. (1960)** - Ann. Chem., 630, p58.
- FAO, 2012.** Pertes et gaspillages alimentaires dans le monde – ampleur, causes et prévention. Rome.
- Fargo W. S., Cuperus G. W., Bonjour E. L., Bucholder W. E., Clary B. L. & Payton M. E. (1994):** Influence of probe trap type and attractant on the capture of four stored grain *Coleoptera*. J. Stored Prod. Res. 58pp.
- Feillet P., 2000-** Le grain de blé : Composition et utilisation. Ed. INRA, Paris, 154p.
- Feldman, M. 2001.** « Origin of Cultivated Wheat ». Dans Bonjean A.P. et W.J. Angus (éd.) The World Wheat Book: a history of wheat breeding. Intercept Limited, Andover, Angleterre, p 3-58.
- Fleurrat – Leussard (1978)** : Autres méthodes de lutte contre les insectes et acariens des denrées stockées. Coed. AFNOR. I.T.C.F. Paris pp : 67 – 81.
- **Forrester N. W., Cahill M., Bird L. J., Layland J. K., 1993.** Pyrethroid resistance: synergists. Bull Entomol Res, 1, pp: 62-100.
- Franchomme P., Pénoël D. (1990)** - L'aromathérapie exactement. Encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles. Roger Jollois éditeur. Limoges. 445 p. Francis. CRC Press .pp.73-77.2007.
- **Furet A., Bellenot D. (2013).** Les huiles essentielles dans la protection des cultures : une voie en cours d'exploitation, Unilet infos n°145 : 17-20.
- Gaspar F. and Jeeke G. (2004)** - Essential oil from *Origanum vulgare L. ssp. Virens* (HOFFM. and LINK) IETSWAART : Content, Composition and Distribution Within the Bracts., J. Essent. Oil Res., 16, pp. 82-84.
- **Georghion G. P., 1990.** Overview of insecticide resistance. In : Green M.B., Lebaron H.M. Moberg W.K. Eds. Managing resistance to agrochemicals: from fundamental research to practical strategies, American Chemical Society symposium, 421, pp: 18-41.
- Gerhard R. (1993)** -Press polytechnique et universitaire romandes, Diffusion, Tec et Doc, France, 291p.

- **Golob P., Moss C., Dales M., Fidgen A., Evans J., & Gudrups I., 1999.** The use of spices and medicinals as bioactive protectants for grains. FAO agricultural services bulletin No. 137. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome 1999.
- **Gueye M.T., Seck D., Wathelet J.P., & Lognay G., 2011.** Lutte contre les Ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale : synthèse bibliographique. Biotechnol. Agron. Soc. Environ .15(1): 183-194.
- **Guignard J.L., 1998:** Abrégés botanique. 11^e édition. Edition Masson, pp.49-205.
- **Guitton Y., 2010.** Diversité des composés terpéniques volatils au sein du genre *Lavandula* : aspects évolutifs et physiologiques, Mémoire de Doctorat en Biologie et Physiologie Végétales. Université de Saint-Etienne- Jean-Monnet.
- **Gunning R.V., Balfe M. E., Easton C. S., 1992.** Carbamate resistance in *Helicoverpa armigera* (Hübner) (*Lepidoptera* : *Noctuidae*) in Australia. J. Aus.t Ent. Soc. , 31, pp: 97-103.
- **Hamdani D., 2012.** Action des huiles et de quelques plantes aromatiques sur les paramètres biologiques de la bruche du Haricot, *Acanthoscelides obtectus* (Say.) (*Coleoptera* : *Bruchidae*), Mémoire de Magister en Sciences biologiques. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, 97p.
- **Hamraoui A., & Regnault-Roger C., 1997.** Comparaison des activités insecticides des *monoterpènes* sur deux espèces d'insectes ravageurs des cultures *Ceratitis capitata et Rhopalosiphum padi*. Acta Bot. Gallica, 144 : pp. 413-417.
- **Hoffman A., 1954** — Facteurs favorables au développement des insectes. Ed. AFNORE.T.F.C., Paris, pp. 83-97.
- **Homburger, F., Boger, E. (1968)** - The carcinogenicity of essential oils, flavors and spices: A review. Cancer Res. 28, 2372-2374.
- **Isman M. B., 2000.** Plant essential oils for pest and disease management. *Crop protection*. 19: pp. 603-608.
- **Isman, M., C. Machial, S. Miresmailli and L. Bainard, 2007.** Essential Oil Based Pesticides: New Insight from Old Chemistry. In: Pesticide Chemistry, Ohkawa, H., H. Miyagawa and P. Lee (Eds.). Wiley-VCH, Weinheim, Germany, pp: 201-209.
- **Jacobson M., 1989.** Botanical pesticides: past, present and future. Arnason J.T., Philogene B. J. R., & Morand P., eds. *Insecticides of plant origin*. ACS Symposium Series, 384, pp. 1-10. Washington DC USA.
- **Jillani, G., Noor, U., Ghiasuddin and Khan, M. I., 1993.** Repellency of some plant extract against *Tribolium castaneum* Herbst (*Coleoptera: Tenebrionidae*). Pak. Entomol., 15: 103-105.

- **Keita M.S., Vincent Charles., Schmidt J. P., Rammaswany S., Belanger A., 2000.** Effect of various essential oils on *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of stored products Research*. 36: pp. 355-364.
- Kellil H., 2010.** Contribution à l'étude du complexe entomologique des céréales dans la région des hautes plaines de l'est algérien. Thèse de magister, institut d'agronomie, université colonel El Hadj Lakhdar, Batna, 188P.
- **Ketoh G.K., Glitho I A., Nuto Y., Koumaglo H.K., 1998.** Effets de six huiles essentielles sur les œufs et les larves de *Callosobruchus maculatus* F. (Coléoptera : bruchidae). *Sciences et médecine Revue Cames*, Vol. 00 :16-20.
- **Ketoh G. K., Glitho I. A., Koumaglo H. K. 2004.** Activité insecticide comparée des huiles essentielles de trois espèces du genre *Cymbopogon* genus (Poaceae). *J. Soc. Ouest-Afr. Chim.*, 18: 21-34.
- Khenaka K. (2011)** - Effet de diverses plantes médicinales et de leurs huiles essentielles sur la méthanogénèse ruminale chez l'ovin. Thèse Magister: Biotechnologies Microbiennes. Constantine: Université Mentouri, 81p.
- **Kim S.I., Roh Y.J., Kim H.D., Lee S.H. & Ahn J.Y. (2003).** Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. *Journal of Stored Products Research* .39 : 293-303.
- **Ko, K., Juntarajumnong, W., Chandrapatya, A., 2009.** Repellency, Fumigant and Contact Toxicities of *Litsea cubeba* (Lour.) Persoon against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium castaneum* (Herbst). *Kasetsart Journal Natural Sciences* 43,56-63.
- **Kordali S., A. Cakir, H. Ozer, R. Cakmakci, M. Kesdek, E. Mete. (2008):** Antifungal, phytotoxic and insecticidal properties of essential oil isolated from Turkish *Origanum acutidens* and its three components, *carvacrol*, *thymol* and *p-cymene*. *Bioresource Technology*, 99: 8788-8795.
- Kostyukovsky, M., A. Rafaeli, C. Gileadi, N. Demchenko and E. Shaaya (2002)** Activation of *octopaminergic receptors* by essential oil constituents isolated from aromatic plants: possible mode of action against insect pests. *Pest Manag. Sci.* 58:1101-1106.
- **Kouakou C.K., 2004.** Diversité génétique des variétés traditionnelles de niébé (*Vigna unguiculata* (L.)Walp.) Au Sénégal .DEA de Biologie végétale à l'Université cheikh Anta Diop de Dakar, 50p.
- **Kouninki H., Hance T., Noudjou F.E., Lognay G., Malaisse F., Ngassoum M.B., Mapongmetsem P.M., Ngamo L.S.T. and Haubruge E., 2007.** Toxicity of some *terpenoids* of essential oils of *Xylopiya aethiopica* from Cameroon against *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Journal of Applied Entomology*, document online, 8p.

- **Kranthi K. R., Jadhav D., Wanjari R., Kranthi S., Russell D., 2001.** Pyrethroid resistance and mechanisms of resistance in field strains of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera : Noctuidae). J. Econ Entomol, 94, pp: 253-263.
- Kurkin V. A. (2003)** - Chem. Nat. Compd., 39:123.
- Kurt Torrsell B.G. (1983)** - Natural Products Chemistry. John Willy & Sons Limited., 401 p.
- Lamharrar A., Idlimam A., Ethmane Kane C.S., Jamali A., Abdenouri N., Kouhila M., 2007.** Sorption isotherms and drying characteristics of *Artemisia arborescens* leaves, Journal of Agronomy, 6 :488-498.
- Lee, B., Choi, W., Lee, S., Park, B., 2001.** Toxicité des fumigènes composé des huiles essentielles vers le charançon du riz, *Sitophilus oryzae* (L). Crop Prot. 20 :317-320.
- Lee KS., Walker CH., McCaffery A., Ahmad M., Little E. (1989).** Metabolism of trans-Cypermethrin by *Heliothis armigera* and *H. virescens*. Pestic. Biochem. Physiol. 34, p 49-57.
- **Lee S.E. (2002).** Biochemical mechanisms conferring cross-resistance to fumigant toxicities of essential oils in a chlorpyrifos-methyl resistant strain of *Oryzaephilus surinamensis* L. (Coleoptera: Silvanidae). Journal of Stored Products Research, 38 : 157-166.
- **Legrand G., 1978** - Manuel préparatoire en pharmacie, 8ème Ed. Masson.
- **Lemberg S., 1982** - "Armoise" *Artémisia herba Alba*. Perfumer & flavorist.
- Lepesme P., 1944** — Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés. Ed. P. Le chevalier, Paris, pp. 61 - 67.
- Lery F., 1982.** L'agriculture au Maghreb. Techniques agricoles et productions méditerranéennes. Ed. Maisonneuve & Larose, Paris, 338p.
- Lichtenstein E.P., 1996.** Insecticides occurring naturally in crops. Adv. Chem. Ser. 53, PP 34-38.
- **Liu, Z.L., Ho, S.H. (1999).** Bioactivity of the essential oil extracted from *Evodia rutaecarpa* Hook f. et Thomas against the grain storage insects, *Sitophilus zeamais* Motsch. and *Tribolium castaneum* (Herbst). J. Stored Prod. Res. 35: 317-328.
- Mangena T., Muyima N.Y.O. (1999)** .Comparative evaluation of the antimicrobial activities of essential oils of *Artemisia afra*, *Pteronia incana* and *Rosmarinus officinalis* on selected bacteria and yeast strains. Lett Appl Microbiol, 28 :291-296.
- Marie Elisabeth Lucc. (2005)** - Thèse sur : Extraction sans solvant assistée par Microondes conception et application à l'extraction des huiles essentielles, université de la Réunion, France.

- **Martin T., Ochou G. O., N'klo F. H., Vassal J. M., Vaissayre M., 2000.** Pyrethroid resistance in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner), in west Africa. *Pest Manag Sci*, 56: 549-554.
- **McCarron M., Mills A.J., Whittaker D., Sunny T.P., Verghese J. 1995.** Comparison of the *monoterpenes* derived from green leaves and fresh rhizomes of *Curcuma longa* L. From India. *J. Flav. Fragr.*, 10: 355-357.
- **McDonald, L. L., Guy, R. H. and Speirs, R. D., 1970.** Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants, repellents and attractants against stored product insects. Marketing Research Report Number 882 (Washington: Agricultural Research, Service, US Department of Agriculture pp. 8.
- **Meynadier J.M., Raison-Peyron N., 1997.** Allergie aux parfums. *Rev Fr. Allergol*, 37 (5), 641-650.
- **Mishra BB, Tripathi SP, Tripathi CPM., 2011.** Contact Toxicity of essential oil of *Citrus reticulata* fruits peels against stored grain pests *Sitophilus oryzae* (Linnaeus) and *Tribolium castaneum* (Herbst). *World Journal of Zoology*. 6 (3):307-311.
- **Naganuma M., Hirose S., Nakayama, Y., Nakajima, K., Someya T. (1985)** -A study of the phototoxicity of lemon oil. *Arch. Dermatol. Res*. 278, 31-36.
- **Ndomo A.F., Tapondjou A.L., Tendonkeng F., Tchouanguép F.M., 2009.** Evaluation des propriétés insecticides de feuilles de *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) contre les adultes d'*Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coléoptera: Bruchidae). *Tropicultura*. 27(3): 137-143.
- **Nerio, L. S., Olivero-Verbel, J., & Stashenko, E.E., (2010).** Repellent activity of essential oils: A review. *Bioresource Technology*, 101(1) : 372–378.
- **Ngamo Tinkeu L.S., Ngassoum M-B., Jirovetz L., Ousman A., Nukenine E.C., & Mukala O., 2001.** Protection of stored maize against - *Sitophilus zeamais* (Motsch.) by use of essential oils of spices from Cameroon. *Medlinden Faculteit Landbouww Universiteit Gent*, 66/2a: 473-478.
- **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.
- **Ngamo Tinkeu LS., Goudoum A., Ngassoum MB., Mapongmetsem, Lognay G., Malaisse F., & Hance T., 2007.** Chronic toxicity of essential oils of 3 local aromatic plants towards *Sitophilus zeamais*. *Motsch. (Coléoptera: Curculionidae)*. *African Journal of Agricultural Research*. 2(4): 164-167.
- **Ngassoum M.B., Ngamo T.L.S., Mapongmetsem P.M., Jirovetz L. & Buchbauer G. (2003).** Investigations on medicinal aromatic plants from Cameroon: GC/FID, GC/MS and olfactive analyses of essential oils of *Ocimum suave* Wild. (*Lamiaceae*). *Acta Pharmaceutica Turcica*, 45 : 69-75.

- **Obeng-Ofori D. & Ch. Reichmuth (1997)** Bioactivity of *eugenol*, a major component of essential oil of *Ocimum suave* (Wild.) against four species of stored-product Coleoptera, International Journal of Pest Management, 43: 89-94.
- **Obeng-Ofori D., Reichmuth C.H., Bekele J. & Hassanali A., 1997.** Biological activity of *l,8-cineole*, a major component of essential oil of *Ocimum kenyense* (Ayobaugira) against stored product beetles, Journal of Applied Entomology, 121, pp: 237-243.
- Odeyemi O. O., Masika P., Afolayan A. J. 2008.** Insecticidal activities of essential oil from the leaves of *Mentha longifolia L. subsp. Capensis* against *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera : Curculionidae). Afri. Entomol. 16 :220-225.
- Omolo M.O., Okinyo D., Ndiege I.O., Lwande W.L., Hassanali A. (2004).** Repellency of essential oils of some Kenyan plants against *Anopheles gambiae*. Phytochemistry 65: 2797-2802.
- Padrini F. et Lucheroni M.T. (1996)** - le grande livre des huiles essentielles .Ed de Vecchi. Page 115.
- Padua L.S., Bunyapraphatsara N., R.H.M.J. Lemmens. (1999)** - Plant Ressources of South-East Asia No.12.
- Papachristos, D. P. AND Stamopoulos, D. C., 2002.** Repellent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oil vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). J. Stored Prod. Res., 38: pp117-128 et 285-295.
- Paulian R., 1988** — Biologie des coléoptères. Ed. Le Chevalier., Paris, 710p.
- **Pavida D.L, Lampman G.M et Kriz G.S. (1976).** Introduction to organic laboratory techniques. W.B. Saunders Co. Philadelphia, USA. 567-573.
- Prates H.T., Santos J.P., Waquil J. M., Fabris, J. D., Oliveira A. B. & Foster J., 1998.** Insecticidal activity of *monoterpenes* against *Rhyzopertha dominica* (F) and *Tribolium castaneum* (H). The Journal of Stored Products Research, 34: 243-249.
- **Priestley, C. M., Williamson, E. M., Wafford, K. A., & Sattelle, D. B. (2003).** Thymol, a constituent of thyme essential oil, is a positive allosteric modulator of human GABA A receptors and a homo-oligomeric GABA receptor from *Drosophila melanogaster*. British Journal of Pharmacology, 140(8), 1363–1372.
- Rai M. K., Acharya D. AND Wadegaonkar P. (2003)** - Plant derived antimycotics: Potential of *Asteraceous* plants, in: Plant- derived antimycotics: Current Trends and Future prospects. Haworth press, N-York, London, Oxford, pp: 165-185.

- **Regnault-Roger C., & Hamraoui A., 1994.** Inhibition of reproduction of *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera), bruchid of kidney beans (*Phaseolus vulgaris L.*) by some aromatic essential oils. Crop Protection, 13 (8), pp: 624-628.
- **Regnault-Roger C., & Hamraoui A., 1995.** Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera), a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris L.*). J. Stored Prod. RES, 31, pp: 291-299.
- **Regnault-Roger C., Philogène B. J. R., & Vincent C., 2002.** Biopesticides d'origines végétales. Tec & Doc Eds, Paris, 337 p.
- **Regnault-Roger C., Philogène B. J. R., Vincent C., 2008.** Biopesticides d'origine végétale. 2ème Ed, Lavoisier, 546p.
- **Righi F., 2010.** Etude de la relation plante-insecte chez les Bruchidées : Cas de la bruche du pois chiche *Callosobruchus chinensis L.*, Thèse. Doc en sciences. Univ. Mascara, Algérie. 109 p.
- Robert H., Waterman K.M., Peter G. (1993)** - Longman Scientific and Technical, U.K.
- Rodilla J.M., Tinoco M.T., Morais J.C., Gimenez C., Cabrera R., Martín-Benito D., Castillo L., Gonzalez-Coloma A. (2008).** *Laurus novocanariensis* essential oil: seasonal variation and valorization. Biochem Syst. Ecol. 36: 167-176.
- **Sahaf B. Z., S. Moharramipour, M. H. Meshkatalasadat. 2007.** Chemical constituents and fumigant toxicity of essential oil from *Carum copticum* against two stored product beetles. Insect Science, 14: 213-218.
- **Sanon A., Gauthier N. & Huignard J., 1999.** Compétition interspécifique entre deux espèces de parasitoïdes de larves de Bruchidae, *Eupelmus vuilleti* et *Dinarmus basalis*. Importance de la densité et de la qualité des hôtes sur le succès parasitaire des deux espèces. Ann. Soc. Entomol., 35: 421-426.
- Sanon A., Garba M., Auger J. et Huignard J. (2002)** : Analysis of insecticidal activity of methyl-isocyanate on *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera :Bruchidae) and its parasitoid *Dinarmus basalis* (Rond.) (Hymenoptera : Pteromalidae). J. Stor. Prod. Res. 38:129 - 138 p.
- Sawicki RM., Farnham AW. (1968).** Examination of the isolated autosomes of the SKA strain of houseflies for resistance to several insecticides with and without pretreatment with sesamex and TBTP. Bull. Entomol. Res. 59, p. 409.
- **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.
- Selles C. (2012)** - Valorisation d'une plante médicinale à activité antidiabétique de la région de Tlemcen : *Anacyclus pyrethrum L.*

- Sembene M., 2000.** Variabilité de l'espaceur interne transcrit (ITSI) de l'ADN ribosomique et polymorphisme des locus microsatellites chez la bruche *Caryedon serratus* (olivier) : différenciation en races d'hôtes et infestation de l'arachide au Sénégal. Thèse de doctorat d'état des sciences à l'université Cheikh anta Diop de Dakar, 180p.
- **Seri-Kouassi B. P., Kanko C., et Aboua L. R. N., Bekon K. A., Glitho A. I., Koukoua G., N' Guessan Y. T., 2004.** Action des huiles essentielles de deux plantes aromatiques de Côte-d'Ivoire sur *Callosobruchus maculatus* F. du niébé. C. R. Chimie vol.7, pp : 1043–1046.
- **Shaaya E., Kostjukovski M., Eilberg J. & Sukprakarn C. (1997).** Plants oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, 33 (1) : 7-15.
- Singh S. R. & Jackai L. E. N. (1985):** Insects pests of cowpea in Africa: their life cycle, economic importance and potential for control. In *cowpea Research, Production and Utilization* (Edited by Singh S. R. et Rachie K. O.). pp: 217-231.
- Sivropoulou, A., Papanikolaou, E., Nikolaou, C., Kokkini, S., Lanaras, T. y Arsenakis, M. (1996).** Antimicrobial and cytotoxic activities of *Origanum* essential oils. *J. Agric. Food Chem.* 44: 1202-1205.
- **Smith, C.K.; Moore, C.A.; Elahi, E.N.; Smart, Â.T.; Hotchkiss, S.A. 2000.** Human skin absorption and metabolism of the contact allergens, cinnamic aldehyde and cinnamic alcohol. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 168,189-199.
- Small E. et Deutsch G., 2001,** Herbes culinaires pour nos jardins de pays froid, Ed. CNRC.
- Smv et Sfp. (2010)** - Société de médecine des voyages et Société française de parasitologie. Recommandations de bonne pratique – Texte court : « protection personnelle anti-vectorielle ou protection contre les insectes piqueurs et les tiques ».
- Stamapoulos D.C., Damos P., and Karagianidou G. (2007).** Bioactivity of five monoterpenoid vapours to *Tribolium confusum* (du Val) (*Coleoptera: Tenebrionidae*). *J. stored Prod. Res* 43: 571-577.
- Steffan J.R., 1978—**Description et Biologie des insectes in **Scotti G., 1978 —** Les insectes et les acariens des céréales stockées. Éd. AFNOR et I.T.F.C., Paris, pp. 1-62.
- Stone BF., Brown AWA. (1969).** Mechanisms of resistance to fenthion in *Culex pipiens fatigans* Wied. *Bull. Organ. Mond. Santé* 40, p. 401–408.
- Tayoub G., Schwob I., Masotti V., Rabier J., Ruzzier M., Viano J. (2006)** – Contribution de la microscopie électronique à balayage et photonique à la connaissance de l'anatomie et de la morphologie de *Styrax officinalis* L. *C. R. Biologies.*, 329(9): 712-718.
- Tchoumboungang F., Dongmo P. M. J., Sameza M. L., Mbanjo E. G. N., Fotso G. B. T., Zollo P. H. A., Menut C., 2009.** Activité larvicide sur *Anopheles gambiae* Giles et

- composition chimique des huiles essentielles extraites de quatre plantes cultivées au Cameroun. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 13(1), pp: 77- 84.
- Tiwari S., 2008.** Plants : A rich source of herbal medicine, *Journal of Natural Products*, 1 :27-35.
- **Torres-Villa L. M., Rodriguez-Molina M. C., Lacasa-Plasencia A., Bielza-Lino P., Rodriguez-Del-rincon A., 2002.** Pyrethroid resistance of *Helicoverpa armigera* in Spain: current status and agroecological perspective. *Agr Ecosystems & Env*, 93, pp: 55-66.
- **Tripathi, M. K. ; Agrawal, I. S. ; Sharma, S. D. ; Mishra, D. P., 2001.** Effect of substitution of soybean meal with treated or untreated high glucosinolate mustard (*Brassica juncea*) meal on intake, digestibility, growth performance and body composition of calves. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 94 (3-4): 137-146.
- **Tripathi, A.K. V. Prajapati, K.K. Aggarwal, S.P.S. Khanuja, and S. Kumar. 2001.** «Repellency and toxicity of oil from *Artemisia annua* to certain stored product beetles»: *J Econ. Entomol.*, 93: 43-47.
- Tunçw, I., Sahinkaya, S., 1998.** Sensibilité de deux parasites à effet de serre à des vapeurs des huiles essentielles. *Entomologie expérimentale. Appl.* 86 :183-187.
- **Tunç I., Berger B. M., Erler F., & Dagli F., 2000.** Ovicidal activity of essential oils from five plants against two stored-product insects. *J. Stored Prod.Res.*36 :161-168.
- **Upadhyay RK, Jaiswal G., 2007.** Evaluation of biological activities of *Piper nigrum* oil against *Tribolium castaneum*. *Bulletin of Insectology.* 60(1):57-61.
- Valnet J. (1984)** - Aromathérapie –Traitement des maladies par les essences de plantes. Ed. Maloine S. A. n° 10. Paris p 544.
- Vassart S. (2009)** - Les huile Essentielles .Ed. I.P.I, Besancon .92p.
- Vialard N., 2008,** Remèdes et recettes à la lavande, Ed. Rustica.
- Viollon C., Chaumont J.P., Leger D. (1993)** Activités antagonistes in vitro de certains composés volatils naturels vis-à-vis de germes de la flore vaginale. *Plant Méd Phytothér*, 26 : 17-22.
- Walter CM., Price NR. (1989).** The uptake and penetration of pirimiphos-methyl into susceptible and resistant strains of the rust red flour beetle *Tribolium castaneum*. *Comp. Biochem. Physiol.* 94C :419-423.
- Walter E., 2002.** Urban Entomology Pests of stored food products. California division of agricultural sciences, 275-309.
- **Weaver D. K., Dunkel F. V., Ntezurubanza L., Jackson L. L., & Stock D. T., 1991.** The efficacy of linalool, a major component of freshly-milled *Ocimum canum Sims (Lamiaceae)*,

for protection against post harvest damage by certain stored product Coleoptera. J. stored Prod. Res, 27 (4), pp: 213-220.

- **Wichtl M. et Anton R., 1999**, Plantes thérapeutiques : tradition, pratique officinales, sciences et thérapeutique, Ed. Tec et Doc, 636p.

-**Yahyaoui N. (2005)** - Extraction, analyse et évaluation de l'effet insecticide des huiles essentielles de *Mentha Spicata (L.)* sur *Rhyzopertha dominica (F.) (Coleoptera, Bostrychidae)* et *Tribolium confusum (Duv.) (Coleoptera, Tenebrionidae)*. Thèse de Magister en sciences agronomiques, option Ecologie, INA, El-Harrach.

-**Younes K., 2015**. Contribution à l'étude chimique et biologique de deux plantes médicinales de la région ouest d'Algérie : *Artemisia arborescens L.* et *Cardaria draba (L.)* Desv, thèse de doctorat en chimie .Université Abou Bekr Belkaid –Tlemcen ,133p.

-**Yves.H et De Buyser.J. 2001** : De la graine à la plante, l'origine des blés. Belin pour la science. Ed. Belin, Paris, pp. 69-72.

-**Zambonelli A., D'Aurelio A.Z., Severi A., Benvenuti E., Maggi L., Bianchi A. (2004)**. Chemical composition and fungicidal activity of commercial essential oils of *Thymus vulgaris* L. J. Essent. Oil Res. 16(1) ,69-74.

-**Zegga S. & Tirchi N. (2001)** : Activité biologique de quatre plantes sur la bruche du Pois – chiche. *C. maculatus (F.) (Coleoptera : Bruchidae)*. 54 p.

-**Zhiri A., Baudoux D. (2005)** - Huiles Essentielles chémotypées et leurs synergies: a r o m a t h é r a p i e s c i e n t i f i q u e Edition Inspir Development - ISBN : 2-919905-27-9. 88pages.

Site web :

[http://www.futura-sciences.com/sante/definitions/medecine-deltamethrine-16747/.](http://www.futura-sciences.com/sante/definitions/medecine-deltamethrine-16747/)

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Deltaméthrine.](https://fr.wikipedia.org/wiki/Deltaméthrine)

Tableau 01 : Efficacité de l'huile essentielle de l'Armoise par inhalation vis à vis de *S.oryzae*.

Dose	Temps (heures)	Mortalité observée			(%) Mortalité moyenne	(%) Mortalité corrigée
		R1	R2	R3		
20 μ l	24	0	0	0	0	0
	48	0	0	0	0	0
	72	0	0	0	0	0
	96	1	1	1	10	10
	120	2	2	2	20	11.11
	144	3	2	3	26.66	11.99
	168	5	2	5	40	18.18
	192	7	6	7	66.66	52.37
40 μ l	24	0	0	0	0	0
	48	0	1	0	3.33	3.33
	72	0	1	0	3.33	3.33
	96	1	2	1	13.33	13.33
	120	2	4	2	26.66	18.51
	144	2	5	3	33.33	20.00
	168	3	7	3	43.33	22.72
	192	7	9	7	76.66	66.65

60µl	24	0	0	0	0	0
	48	1	0	1	6.66	6.66
	72	1	0	1	6.66	6.66
	96	2	2	2	20	20
	120	4	2	4	33.33	25.92
	144	5	2	5	40	28.00
	168	6	4	6	53.33	36.36
	192	9	9	9	90	85.71
témoin	24	0	0	0	0	
	48	0	0	0	0	
	72	0	0	0	0	
	96	0	0	0	0	
	120	1	1	1	10	
	144	2	1	2	16.66	
	168	3	2	3	26.66	
	192	3	3	3	30	

Tableau 02 : Efficacité de l'huile essentielle de la Lavande par inhalation vis à vis de *S.oryzae*.

Dose	Temps (heures)	Mortalité observée			(%) Mortalité moyenne	(%) Mortalité corrigée
		R1	R2	R3		
20 μ l	24	1	0	1	6.66	6.66
	48	1	0	1	6.66	6.66
	72	1	0	1	6.66	6.66
	96	1	0	1	6.66	6.66
	120	1	2	2	16.66	7.4
	144	2	2	4	26.66	11.99
	168	5	3	5	43.33	22.72
	192	5	5	5	50	28.57
40 μ l	24	1	1	1	10	10
	48	1	1	1	10	10
	72	2	1	2	16.66	16.66
	96	4	1	3	26.66	26.66
	120	6	3	3	40	33.33
	144	7	5	4	53.33	44.00
	168	8	7	5	66.66	54.54
	192	9	8	7	80	71.42

60µl	24	0	2	2	13.33	13.33
	48	0	2	2	13.33	13.33
	72	1	4	3	26.66	26.66
	96	1	4	5	33.33	33.33
	120	1	5	6	40	33.33
	144	3	5	8	53.33	44.00
	168	5	7	9	70	59.09
	192	7	9	9	83.33	76.18
témoin	24	0	0	0	0	
	48	0	0	0	0	
	72	0	0	0	0	
	96	0	0	0	0	
	120	1	1	1	10	
	144	2	1	2	16.66	
	168	3	2	3	26.66	
	192	3	3	3	30	

ملخص

تهدف دراستنا الى تقييم فعالية الزيوت الاساسية لنبتي الشيبا و الخزامى كمبيدات حشرية ضد حشرة المنتجات المخزنة سوسة الأرز عن طريق خاصية الطرد و الاستنشاق و بالمقارنة مع فعالية المبيدات الكيميائية.

النتائج التي حصلنا عليها تشير إلى أن تطبيق الزيوت الاساسية عن طريق خاصية الطرد لم يكن لها أي فعالية بينما عند استنشاقه التأثير السام واضح ضد هذه الآفة. كما ان نتائج المبيدات الكيميائية لم تعطي أي خاصية مقارنة مع الزيوت الاساسية.

الكلمات الدلالية: سوسة الأرز، الزيوت الاساسية، الطرد، الاستنشاق.

Résumé

L'objectif de notre étude est d'évaluer l'activité insecticide des huiles essentielles de *Artemisia arborescens* et *Lavandula angustifolia* sur l'insecte des denrées stockées *Sitophilus oryzae* (L.), par répulsivité et inhalation. En comparaison avec l'effet de l'insecticide chimique.

Les résultats qu'on a obtenus montrent que l'application des huiles essentielles de ces deux plantes par répulsion n'a pas donné de bons effets alors que par inhalation manifeste un effet toxique vis-à-vis de ce ravageur.

Les résultats de l'insecticide chimique n'étaient pas efficaces par rapport aux deux huiles essentielles.

Mots clé : *Sitophilus oryzae*, huile essentielle, répulsion, inhalation.

Summary

The aim of our study was to evaluate the insecticidal oils essential for *Artemisia arborescens* and *Lavandula angustifolia* on insect stored product *Sitophilus oryzae* (L.), by repellency and inhalation test. Compared with the effect of the chemical insecticide.

The results we obtained show that the application of oils essential of these two plants by repulsion has not worked effects when inhaled manifest a toxic effect against this pest.

The results of the chemical insecticide were not effective compared To the two essential oils.

Keywords: *Sitophilus oryzae*, essential oil, repulsion, inhalation.