

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMCCEN
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et des Sciences de la Terre et de l'Univers
Département Ecologie et environnement
Laboratoire de recherche : valorisation d'Action de l'Homme pour la Protection
d'Environnement et Application en Santé Publique



MÉMOIRE
présenté par
TEHAMI IMANE
En vue de l'obtention du
Diplôme de MASTER En Ecologie générale
Thème

**L'effet de deux huiles essentiels extraites de deux
plantes aromatiques *Ammoides verticillata* et
Cinnamomum cassia sur la mortalité des larves de la
pyrale de blé *Plodia interpunctella***

Soutenu le 03/07/2024 devant le jury composé de :

<i>President:</i>	<i>Mr.BETTIOUI REDA</i>	<i>M.A.A</i>	<i>Université de Tlemcen</i>
<i>Encadrant:</i>	<i>Mr.MESTARI MOHAMED</i>	<i>M.A.A</i>	<i>Université de Tlemcen</i>
<i>Examineur:</i>	<i>Mr.BOUCHIKHI TANI ZOHEIR</i>	<i>Professeur</i>	<i>Université de Tlemcen</i>

Année universitaire: 2023/2024

Remerciements

Avant tout nous remercions ALLAH tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et la patience pour terminée ce mémoire.

Je tiens à remercier mon encadreur Monsieur **MESTARI Mohamed**

-M.A.A- à l'Université de Tlemcen d'avoir guidé ce travail. son encadrement, ses compétences, sa disponibilité, son aide durant toute la période de travail.

Je remercie Mr. **BETTIOUI REDA** M.A.A à l'Université de Tlemcen pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider ce jury.

Je désire aussi remercier Mr. **BOUCHIKHI TANI ZOHEIR** Professeur l'université de Tlemcen d'avoir accepté d'examiner ce mémoire.

A tous les assistants du laboratoire de recherche « Valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'environnement et application en santé publique » pour leur aide pendant la période de mon travail au laboratoire.

Je ne peux oublier de remercier tous les professeurs qui m'ont enseigné durant mon cursus de licence et de master.

Tous qui m'ont aidé de près ou loin pendant toutes les années d'études

Dédicaces

Je commence par exprimer ma reconnaissance envers ALLAH et sa bienveillance, pour m'avoir doté de la patience, de la compétence et du courage nécessaires pour atteindre ce moment.

Avec tout mon amour éternel et avec l'intensité de mes émotions, je dédie ce mémoire ,

A mon chère père Fethi , ma chère mère Fatima ; je tenais à t'exprimer toute ma gratitude pour votre soutien inestimable tout au long de mes études

A ma sœur Kawther , mes frères Ali et Mokhtar

A toute la famille Tehami et la famille Kouchih

A ma chère amie yahouni linda zed dounia et tout mes collègues de ma promotion

J'espère être à la hauteur de votre attente

Abréviations et symboles:

HE: huile essentielle

μL: microlitre

DL50: dose létale pour 50 de la population

TL50: temps létale de 50 de la population

AV: Ammoide Verticillata

C .cassia: Cinnamomum cassia

Liste des tableaux

Tableau 1 : Position systématique	7
Tableau 2: classification et systématique de Ammoide Verticillata :	21
Tableau 3 Enquête thérapeutique de traitement pour l'espèce A. verticillata dans la région de Tlemcen.....	24
Tableau 4: les huiles essentielles utilisées dans nos expériences	45
Tableau 5 : les doses des huiles essentielles utilisées dans nos expériences.....	47

Liste des figures

Figure 1 : Plodia Interpunctella (Hinton , 1943)	6
Figure 2 : Cycle de développement (Messabih , 2022).....	10
Figure 3 : la plante de Ammoide Verticullata (photo original).....	18
Figure 4 : feuilles et fleurs de Ammoides verticillata (Senouci H, 2020).....	20
Figure 5 : différentes phénotypique entre les deux cannelle de casse.....	26
Figure 6 : arbre de Cannelle (Clémence,B,2014).....	26
Figure 7 : feuilles et fleurs de cannele (couic,marinier, ;2013).....	27
Figure 8 : micropipette (photo original).....	42
Figure 9 : lampe et pinces (photo original)	42
Figure 10 : Etuve Obscure (Photo Original)	43
Figure 11 ; Balance Analytique (Photo Original).....	43
Figure 12 : Boite Pétri (Photo Original).....	44
Figure 13 : substrat de son de blé (photo original).....	44
Figure 14 : larve de plodia interpunctella (photo original)	44
Figure 15 : les huiles essentiels de Ammoide Verticillata et Cinnamomum Cassia (photo original).....	45
Figure 16 : les essais avec les huiles essentiels de Ammoide Verticillata et Cinnamomum Cassia (les cinqs doses) (photo original).....	47
Figure 17 : Évolution de la mortalité des larves de Plodia interpunctella en fonction de temps et des doses en huiles essentielles de Ammoide verticillata.....	51
Figure 18 : Évolution de la mortalité des larves de Plodia interpunctella en fonction de temps et des doses en huiles essentielles de Cinnamomum Cassia	52
Figure 19 : Droite de régression (Log) doses en huiles essentielles de Ammoide verticillata sur la mortalité (ptobits) des larves	53
Figure 20 : Droite de régression (Log) doses en huiles essentielles de Cinnamomum Cassia sur la mortalité (ptobits) des larves	53
Figure 21 : Droite de régression (Log) durée d'exposition aux huiles essentielles de Ammoide verticillata sur la mortalité (ptobits) des larves.	54
Figure 22 : Droite de régression (Log) durée d'exposition aux huiles essentielles de Cinnamomum Cassia sur la mortalité (ptobits) des larves.....	54

Tableau de matières

Remerciments.....	II
Dédicaces	III
Abréviations et symboles:.....	IV
Liste des tableaux:.....	V
Liste des figures :	VI
Tableau de matières:.....	VII
Introduction	1
Synthèse bibliographique	4
Chapitre 1 : présentation de l'insecte étudié et méthode de lutte.....	5
Chapitre 1 : Présentation de l'insecte	5
1.1.Définition	6
1.2. Position systématique de <i>Plodia interpunctella</i> (Hübner, 1813) (tableau 01):.....	7
1.3. Habitat de <i>Plodia interpunctella</i> :.....	7
1.4. Origine et répartition géographique :	8
1.5. Cycle de développement	8
1.6. Habitats et régime alimentaire de <i>Plodia interpunctella</i> :	10
1.6.1.Régime Alimentaire:	10
1.6.2.Les vols d'exploration.....	11
1.7. La conservation	11
1.8.Les Dégâts de <i>Plodia interpunctella</i>	11
1.8.1. Dégâts Physiques et Contaminations	11
1.8.2. Pertes Économiques	12
1.8.3. Impacts sur la Santé.....	12
1.8.4. Effets Indirects	12
1.9. Les méthodes de lutte contre les ravageurs des denrées stockées.....	12
1.9.1. La lutte chimique.....	13
1.9.2.La Lutte physique et mécanique.....	13
1.9.3.La Lutte biologique	14
1.9.4. Lutte curative:	14
1.10. Méthode de lutte contre la pyrale de blé <i>Plodia interpunctella</i>	14
1.10.1. Prévention et Hygiène	14

1.10.2. Méthodes Physiques	15
1.10.3. Méthodes Biologiques	15
1.10.4. Méthodes Chimiques	15
1.10.5. Méthodes Intégrées	15
1.11. Importance Économique des Insectes des Denrées Stockées	15
Chapitre 2: Étude de plante et des huiles essentielles	17
1. Étude des plantes testées	18
1.1. Ammoides verticillata :	18
1.1.1. Introduction	18
1.1.2. Description de la famille :	18
1.1.3. Description botanique :	19
1.1.4. Répartition géographique	20
1.1.5. Classification et systématique de la plante étudié :	21
1.1.6. Composition chimique	22
1.1.7. Propriétés et Utilisation	22
1.1.8. Enquête thérapeutique de traitement pour l'espèce <i>A. verticillata</i> dans la région de Tlemcen	24
1.1.9. Activités biologiques d' <i>Ammoides verticillata</i>	24
1.1.10. Conservation	24
1.1.11. La récolte de la plante Ammoide verticillata	25
1.1.12. Toxicité	25
1.2. <i>Cinnamomum Cassia</i>	25
1.2.1. Brève histoire	25
1.2.2. Description botanique de <i>Cinnamomum cassia</i>	26
1.2.3. La partie active de la cannelle de Chine : <i>Cinnamomum. cassia</i>	27
1.2.4. Répartition géographique :	27
1.2.5. Dénomination de La cannelle de Chine (<i>Cinnamomum cassia</i>)	28
1.2.6. Taxonomie de <i>Cinnamomum cassia</i>	28
1.2.7. Huile essentielle de l'écorce de <i>Cinnamomum cassia</i>	28
1.2.8. Composition chimique de l'huile essentielle de <i>C. cassia</i>	29
1.2.9. Effets indésirables	29
1.2.10. Interactions médicamenteuses	30
1.2.11. Conservation	30

1.2.12. Activités biologiques de l'HE de l'écorce de Cinnamomum cassia	30
1.2.13. Domaine d'application de l'huile essentielle de Cinnamomum cassia	30
1.2.14. Effets thérapeutiques de Cinnamomum cassia	31
1.2.15. Utilisations traditionnelles et courantes de Cinnamomum cassia	32
1.2.16. la récolte de la Plante de cannelle	32
1.2.17. Toxicité	32
2. Les huiles essentielles	32
2.1. Historique	32
2.2. Définition	33
2.3. Fonctions Biologiques	33
2.4. Classification et origine des huiles essentielles.....	33
2.5. Localisation et lieu de synthèse des huiles essentielles.....	34
2.6. Conservation des huiles essentielles	35
2.7. Propriété physique	35
2.8. Composition chimique des huiles essentiels	35
2.9. Caractéristiques physico-chimiques des Huiles Essentielles	36
2.10. Méthodes d'extraction des huiles essentiels :.....	37
2.11. Principaux domaines d'utilisation.....	38
2.12. Rôle des huiles essentielles	38
2.13. Toxicité des huiles essentielles	39
2.14. La lutte par les huiles essentielles	39
Chapitre 3 : MATERIELS ET METHODES :	41
1 . Objectif.....	42
2. Matériels Et Méthodes	42
2 .1 . Matériels de laboratoire.....	42
2 .3 . Matériels Végétal (les HE testées)	45
2 .4 . Choix de doses	46
3. Bio efficacité des huiles essentielles sur la mortalité des larves de Plodia interpunctella ...	47
4. Expression des résultats	48
4.1. la mortalité corrigée.....	48
4.2. Détermination de la DL 50	48
4.3. Détermination de la TL 50.....	48
4.4. Analyse statistique des données	49

Chapitre 4 : Résultats et Discussion	50
1. Efficacité des huiles essentielles	51
1.1. Mortalité en élevage témoin	51
2. Comparaison de la toxicité des huiles essentielles sur les larves de <i>Plodia interpunctella</i>	53
2.1. la dose létale pour 50% des larves de <i>Plodia interpunctella</i> (DL50).....	53
2.2. La dose létale pour 50% des larves de <i>Plodia interpunctella</i> (TL50).....	54
2. Discussion	55
Conclusion.....	56
Références bibliographiques	59
Résumé	



Introduction

Les céréales constituent une part essentielle de l'alimentation mondiale, jouant un rôle crucial dans la sécurité alimentaire. La conservation efficace de ces denrées est donc d'une importance capitale. Les céréales sont généralement stockées dans des silos, des entrepôts ou des conteneurs spécifiquement conçus pour protéger les grains contre l'humidité, les moisissures et les infestations d'insectes. Cependant, malgré ces mesures de protection, les ravageurs des denrées stockées, comme la pyrale du blé, représentent une menace significative pour la qualité et la quantité des produits stockés.

La pyrale du blé, en s'attaquant aux grains, cause des pertes directes par consommation des grains et des dommages indirects en favorisant la croissance de moisissures et la détérioration des grains par leurs excréments. Cela réduit non seulement la valeur marchande des céréales, mais pose également des risques pour la santé humaine et animale.

Pour lutter contre ces ravageurs, plusieurs méthodes sont utilisées. Traditionnellement, des pesticides chimiques sont appliqués pour contrôler les infestations. Toutefois, l'utilisation excessive de ces produits chimiques a conduit à des problèmes tels que le développement de résistances chez les insectes, la présence de résidus toxiques dans les denrées alimentaires et les impacts environnementaux négatifs. Cela a conduit à une recherche accrue de méthodes alternatives plus durables et écologiques (**Xiao Fan Song, 2013**).

Parmi ces alternatives, les huiles essentielles se sont révélées particulièrement prometteuses. Issues de plantes aromatiques, telles qu'*Ammoide verticillata* et *Cinnamomum Cassia* (également connu sous le nom de cannelle), ces huiles possèdent des propriétés insecticides naturelles. Leur utilisation offre plusieurs avantages : elles sont moins toxiques pour l'homme et l'environnement, ne laissent pas de résidus nocifs, et leur application est flexible et respectueuse de l'écosystème (**Baudry et al., 2004**).

Les plantes aromatiques, dont sont extraites ces huiles essentielles, jouent un rôle crucial dans cette approche écologique. Les composés volatils de ces plantes, comme ceux d'*Ammoide verticillata* et de la cannelle, perturbent les systèmes biologiques des ravageurs, réduisant ainsi leur capacité à endommager les grains stockés. L'utilisation de ces huiles essentielles constitue une méthode de lutte biologique efficace et durable, contribuant à la protection des denrées stockées sans les inconvénients des pesticides chimiques.

Dans ce présent travail nous proposons d'évaluer l'activité larvicide des huiles essentielles de *Ammoide verticillata* et *Cinnamomum Cassia* sur la pyrale de blé *Plodia interpunctella*.

Quel est l'effet des huiles essentielles extraits de ces deux plantes aromatiques sur les larves de *Plodia interpunctella* ?

Dans ce contexte l'objectif de ce travail est de réduire les dégâts causés par *Plodia interpunctella* en utilisant les huiles essentielles comme des bio insecticides

Dans le cadre de cette étude, ce mémoire est composé de deux parties :

- la première partie (théorique) : réaliser une recherche bibliographique. Elle est divisée en deux chapitres :

Chapitre 1: concerne présentation de l'insecte étude et méthode de lutte.

Chapitre 2: consacré étude de plantes et des huiles essentielles..

- la seconde partie pratique est composé de :

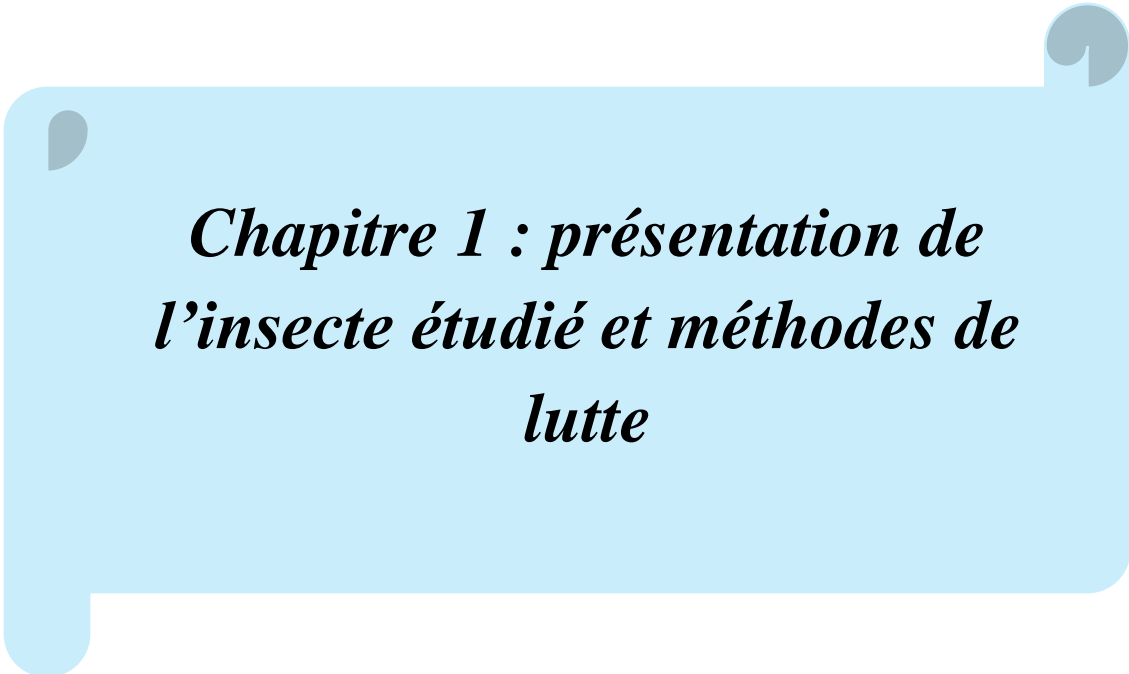
Chapitre 3 : décrit le matériels et méthodes

Chapitre 4: représente les résultats et discussion.

Enfin , la manuscrit est achevé par une conclusion générale et la liste des références bibliographiques .



Synthèse bibliographique



***Chapitre 1 : présentation de
l'insecte étudié et méthodes de
lutte***

1.1.Définition

La pyrale indienne de la farine, *Plodia interpunctella* (*Lepidoptera : Pyralidae*), est l'un des insectes ravageurs les plus importants des aliments stockés dans l'industrie agroalimentaire à l'échelle mondiale. Il a été signalé que cette espèce de papillon infeste 177 denrées (aliments et produits alimentaires), par exemple les légumineuses, les fruits secs, les noisettes, les amandes, les fèves de cacao, le chocolat, les biscuits, les médicaments d'origine végétale, etc. (Reichmuth et al., 2007, Hagstrum et Subramanyam, 2009). La femelle peut pondre jusqu'à 500 œufs au cours d'une durée de vie de sept jours . Les pertes sont causées par les larves qui se nourrissent de nourriture alors que les adultes ne se nourrissent pas et sont attirés par l'eau ou le nectar(Reichmuth et al., 2007, Hagstrum et Subramanyam, 2009).



Figure 1 :*Plodia Interpunctella* (Hinton , 1943)

1.2. Position systématique de *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813) (tableau 01)

Tableau 1 : Position systématique

Régne	animalia
Sous Régne	eumatazoa
Super embranchement	protostome
Embranchement	arthropoda
Sous embranchement	tracheata
Super classe	hrxapoda
Classe	insecta
Sous classe	ptérygotes
Super ordre	endoptérygotes
Ordre	lepidoptera
Sous ordre	satiné
Super famille	pyraloidia
Famille	pyralidae
Sous famille	phycitinae
Genre	plodia
Espèce	<i>Plodia interpunctella</i>

1.3. Habitat de *Plodia interpunctella*

Plodiae Interpunctella se trouve sur tous les continents dans les habitats tropicaux sauf en antarctique , aux Etats –Unis , le papillon de nuit se trouve le plus souvent en Floride ou il prospère dans habitat tropical , la mite vit dans un large éventail de conditions , ce qui en fait un ravageur persistant , on le trouve souvent dans les installations de stockage des aliments de

monde entier , particulièrement dans les silos à grains ou les bâtiments de stockage de grains(**Philips et al , 2010**).

1.4. Origine et répartition géographique

La pyrale indienne, ou *Plodia interpunctella*, est une espèce de papillon de nuit largement cosmopolite, signalée dans le monde entier. Elle se retrouve sur tous les continents, bien que sa présence soit particulièrement notable dans les régions tropicales et subtropicales. Cette adaptation aux climats chauds et humides favorise sa prolifération dans ces zones.

Cette espèce est souvent associée aux installations de stockage alimentaire, où elle pose des problèmes significatifs en tant que ravageur des denrées stockées. On la retrouve fréquemment dans les silos à grains, les entrepôts de semences, et les autres structures de stockage alimentaire à travers le monde. La pyrale indienne peut infester une vaste gamme de produits alimentaires, notamment les céréales, les fruits secs, les noix et les produits transformés, rendant son contrôle et son éradication particulièrement difficiles.

Le comportement adaptable de la pyrale indienne et sa capacité à survivre dans des conditions diverses expliquent pourquoi elle est si répandue et pourquoi elle constitue un problème persistant dans les systèmes de stockage alimentaire mondiaux. Son impact économique et sanitaire est important, nécessitant des mesures de contrôle rigoureuses pour limiter sa propagation et ses dégâts (**Balachowsky, 1971**).

1.5. Cycle de développement

Le développement ou la reproduction des insectes est fréquemment interrompu par des ressources insuffisantes ou des conditions environnementales difficiles. La dormance joue un rôle primordial pour minimiser les stress de ces intervalles défavorables et stabiliser les cycles de vie des insectes avec des périodes favorables .Adaptations saisonnières des insectes (**Oxford university press, Oxford 1986**).La réponse à la dormance peut inclure à la fois une diapause préprogrammée à médiation endocrinienne, ainsi qu'une quiescence induite directement par des conditions environnementales défavorables, notamment la basse température, la sécheresse, la densité des insectes .L'adulte mesure 10mm environ au repos avec une envergure allant jusqu'à 30mm. La moitié basale des ailes antérieures est blanchâtre alors que l'autre moitié est brun cuivré. Larve : de couleur ivoire avec une tête brune, elle mesure 9 à 19mm au terme de sa croissance. La larve de *Plodia* est nocive aux arachides et aux céréales dont elles consomment principalement le germe. Elles tissent des fils de soie qui

retiennent leurs excréments qui polluent les produits qui deviennent impropres à la consommation (**Fandohan et al, 2005**). Un cycle de vie peut être complété en 27 à 305 jours. L'accouplement et la ponte des œufs ont lieu environ trois jours après l'émergence des adultes, où une seule femelle peut pondre jusqu'à 400 œufs après l'accouplement. Les œufs peuvent être pondus seuls ou en grappes et sont généralement pondus directement sur la source de nourriture des larves. Les œufs éclosent en sept à huit jours à 20 ° C et en trois à quatre jours à 30 ° C. À l'éclosion, les larves commencent à se disperser et peuvent s'établir en quelques heures dans une source de nourriture. Les larves peuvent achever leur développement en six à huit semaines à des températures allant de 18 à 35 ° C. Le nombre de stades larvaires varie de cinq à sept (selon la source de nourriture et la température). Le stade nymphal peut durer de 15 à 20 jours à 20 ° C et de sept à huit jours à 30 ° C (**Fasulo et Knox , 2004**)

a. Les œufs : Les œufs de la pyrale indienne sont de couleur blanc opaque et ont une forme ovale. Cette opacité est attribuée au vitellus plutôt qu'au chorion. Après l'éclosion, les œufs deviennent transparents. La surface de l'œuf n'est pas lisse, mais présente une texture granuleuse. Les dimensions des œufs varient de 0,45 à 0,50 mm de longueur et de 0,25 à 0,30 mm de diamètre(**Hamlin et al, 1931**).

b. Larves : De couleur crème rosée, elle connaît une croissance tout au long de ses cinq stades larvaires, déterminés par la largeur de sa capsule céphalique (**Imura & Sinha ,1986 ; Allotey & Goswani , 1990**). De 0,5 à 1 mm au premier stade, elle atteint 10 mm à son dernier stade. Ensuite, elle se place dans un endroit approprié pour subir la

c. nymphose en se tissant un cocon de soie contenant des substances nutritives, donnant ainsi une chrysalide.

d. Chrysalide : Mesurant entre 6 et 11 mm de long, elle est de couleur brune (**Fasulo & Knox, 2004**). Durant cette étape, elle reste immobile dans son cocon pendant 7 jours pour subir la métamorphose et émerger ensuite en tant qu'adulte (**Bell , 1975**).

e. Adulte : Le papillon mesure 10 mm de long et a une envergure de 1,25 cm (**Mason , 2003**). Il possède deux paires d'ailes, avec des écailles brunes sur la moitié apicale de l'aile antérieure et des écailles cuivrées sur la moitié basale. Les ailes postérieures présentent des écailles grises. Sa durée de vie est de 5 à 7 jours (**Campos – Figueroa, 2009**).

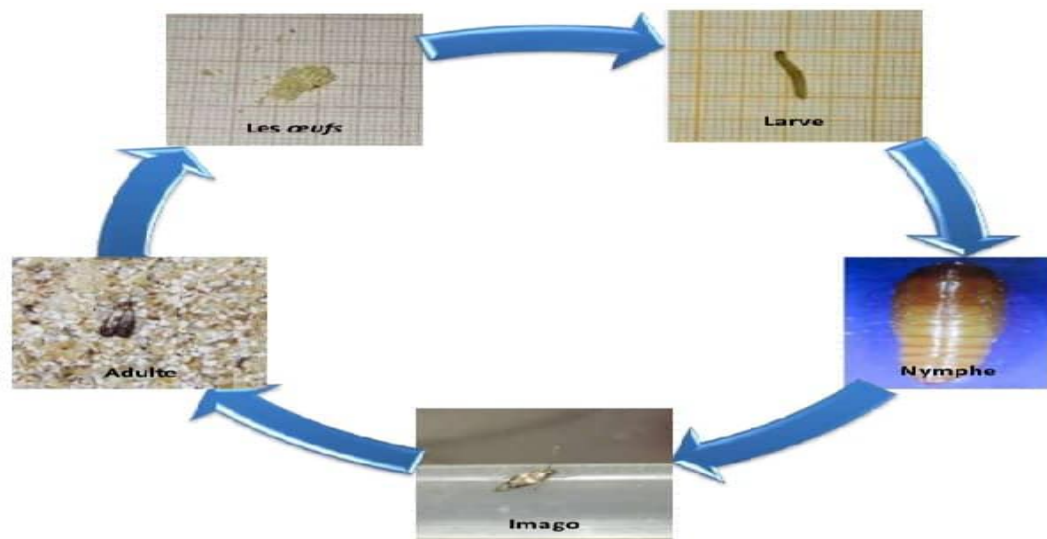


Figure 2 : Cycle de développement de *Plodia interpunctella* (Messabih , 2022)

1.6. Habitats et régime alimentaire de *Plodia interpunctella*

1.6.1. Régime Alimentaire

Les larves de *Plodia interpunctella* se nourrissent d'une large gamme de produits alimentaires, incluant :

- Aliments à base de plantes :
 - Céréales: Elles peuvent infester les grains entiers, ainsi que les produits dérivés tels que la farine.
 - Graines pour les oiseaux : Ces mites sont souvent trouvées dans les graines destinées à l'alimentation des oiseaux domestiques.
 - Mélanges à soupe: Les mélanges de soupes déshydratées contenant diverses céréales et légumes sont également vulnérables.
 - Pain et pâtes : Les produits à base de blé, comme le pain et les pâtes, sont fréquemment infestés.
 - Riz: Le riz, sous toutes ses formes, est une cible courante.
 - Farine : La farine est souvent contaminée, ce qui peut poser des problèmes pour les produits de boulangerie.
 - Épices: Certaines épices peuvent être infestées, bien que cela soit moins courant.

- Fruits secs et noix : Les fruits secs comme les raisins secs, les figues, les dattes, ainsi que diverses noix, sont des hôtes fréquents.

- Aliments non-végétaux :

- Cannibalisme : Les mites peuvent également se nourrir de leurs propres larves. Cependant, ce comportement peut entraîner des infections de granulose virale, une maladie qui affecte gravement les populations de larves (**Haddou,;2022**).

1.6.2. Les vols d'exploration

sont principalement motivés par la recherche de nourriture et de sites de ponte, influencés par des facteurs environnementaux tels que la température, l'humidité et la lumière. Ces insectes nocturnes montrent une activité de vol accrue au crépuscule et la nuit, préférant des températures entre 20°C et 30°C. Les adultes peuvent voler sur de courtes distances, souvent guidés par des signaux olfactifs émis par les denrées alimentaires. Les méthodes d'observation incluent le marquage et la capture, les technologies radar et les pièges à phéromones, permettant d'étudier les comportements de dispersion et de développer des stratégies efficaces de gestion des infestations (**Sedlacek,1996**).

1.7. La conservation

Elle nécessite des conditions spécifiques : maintenir une température de 25-30°C et une humidité relative de 60-70%. Un cycle de lumière/obscurité de 16/8 heures est recommandé. Les insectes doivent être nourris avec des grains, farines ou fruits secs, et la nourriture doit être changée régulièrement. Utiliser des contenants en plastique ou en verre avec des couvercles perforés pour permettre l'aération, et ajouter une couche de substrat pour absorber l'humidité. Pour maintenir des populations saines, permettre la reproduction régulière et éviter la consanguinité. Pour la préservation à long terme, la cryoconservation des œufs ou des jeunes larves peut être utilisée. Des registres détaillés des conditions de conservation et des cycles de reproduction sont essentiels (**Sambaraju,2011**).

1.8. Les Dégâts de Plodia interpunctella

1.8.1. Dégâts Physiques et Contaminations

- Détérioration des Aliments : Les larves de *Plodia interpunctella* se nourrissent en creusant des galeries dans les grains, les céréales et autres produits alimentaires, ce qui entraîne une réduction de la qualité et de la quantité des denrées stockées.

- Formation de Toiles :les larves produisent des fils de soie en se déplaçant, formant des toiles qui agglomèrent les particules alimentaires, les excréments et les peaux de mue, rendant les aliments impropres à la consommation (**Haubruge et al, 1998**)

- Contamination par les Excréments et les Débris: Les excréments et les débris de larves contaminent les produits, causant des problèmes de salubrité et rendant les denrées invendables (**Gwinner et al, 1996**)

1.8.2. Pertes Économiques

- Dévalorisation des Produits : Les produits infestés subissent une perte de valeur marchande. Les coûts de traitement et de nettoyage pour se débarrasser des infestations peuvent également être élevés (**Regnault-Roger, Philogène , 2005**).

- Réductions des Stocks: Les infestations sévères peuvent conduire à des pertes importantes de stock, affectant l'approvisionnement et la disponibilité des denrées alimentaires (**WMO, 1965**).

1.8.3. Impacts sur la Santé

- Allergènes et Pathogènes: Les produits infestés peuvent contenir des allergènes provenant des mites et de leurs déjections, pouvant causer des réactions allergiques chez les consommateurs (**Hagstrum, 2012**).

- Risques de Maladies: La consommation de produits contaminés par les mites peut introduire des pathogènes dans la chaîne alimentaire, posant des risques pour la santé humaine (**Balachowsky, 1951**)

1.8.4. Effets Indirects

- Infections de Granulose Virale : Le cannibalisme entre larves de *Plodia interpunctella* peut entraîner des infections de granulose virale, affectant la population de mites, mais ne résolvant pas les problèmes de contamination des denrées (**Benkhellat, 2002**).

1.9. Les méthodes de lutte contre les ravageurs des denrées stockées

Le souci majeur d'un stockeur est de garder son stock de grain de céréale intact. Pour réussir une protection efficace des denrées en cultures et au cours du stockage, différentes méthodes de lutte ont été mises au point :

1.9.1. La lutte chimique

La lutte chimique consiste en l'utilisation de produits chimiques et demeure le moyen de protection le plus efficace avec cependant des avantages et des inconvénients (**Haubruge et al, 1998**).

- L'utilisation des pesticides : Pour la protection des stocks vivriers et les semences, les pesticides fréquemment utilisés appartiennent à deux familles qui sont les organophosphorés, les pyréthroïdes de synthèse et des dérivés actives obtenues à partir de ces deux familles (**Gwinner et al, 1996**).

- L'utilisation des insecticides chimiques : Depuis la venue des composés organiques de synthèse, on regroupe les insecticides en insecticides organiques (les organochlorés, organophosphorés, carbamates et pyrétrinoïdes représentent la grande majorité des insecticides organiques de synthèse qui ont été employés ou sont utilisés actuellement) et inorganiques (généralement à base d'arsenic ou de fluosilice, ils sont aujourd'hui prohibés) (**Regnault-Roger, Philogène B.J.R., 2005**).

Selon **Philogène B.J.R. (2005)**, tous les pesticides posent un problème de contamination 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. À cause de leur effet négatif sur l'environnement, l'utilisation des insecticides chimiques est devenue de plus en plus restrictive. L'utilisation intensive des insecticides de synthèse pour lutter contre les insectes phytophages a conduit à la contamination de la biosphère (**WMO, 1965**).

1.9.2. La 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 dans les « Entôleur », traitement par le froid et le chaud, le stockage étanche ou sous atmosphère contrôlée et les radiations ionisantes (**Benayad., 2013**).

1.9.3. La Lutte biologique

Selon **Hagstrum (2012)**, la raison principale pour laquelle les chercheurs sont amenés à trouver des alternatives à la lutte chimique est le développement du phénomène de résistance des insectes ravageurs vis-à-vis des pesticides chimiques. Le nom de lutte biologique est donné aux méthodes qui consistent à détruire les insectes nuisibles par l'utilisation de leurs ennemis naturels appartenant soit au règne animal, soit au règne végétal (**Balachowsky, 1951**). Les moyens biologiques utilisés dans ce cadre sont les extraits aqueux des extraits de végétaux et les huiles essentielles considérés moins toxiques.

L'usage des plantes indigènes dans la conservation des récoltes a été pratiqué avant même l'apparition des insecticides de synthèse. Différentes parties (feuilles, tiges, racines, écorces) de diverses espèces sont utilisées dans plusieurs pays du monde. Ces composants naturels ne courent aucun danger sur l'environnement ni sur la santé humaine, en plus ils sont facilement dégradables et possèdent un large spectre d'activité insecticide (**Benkhellat, 2002**).

1.9.4. Lutte curative:

Si les mesures de lutte préventive se révèlent insuffisantes pour faire face aux attaques des insectes et surtout lorsqu'il s'agit d'une longue période de stockage, la lutte curative dans ce cas devient indispensable. Les méthodes de traitement curatif contre les insectes ravageurs des céréales entreposées font appel à des procédés physiques, chimiques et biologiques (**Ncibi, 2020**).

1.10. Méthode de lutte contre la pyrale de blé *Plodia interpunctella*

La pyrale de la farine, *Plodia interpunctella*, est un ravageur des produits stockés, notamment des grains et des produits céréaliers. Voici des méthodes de lutte efficaces contre cet insecte :

1.10.1. Prévention et Hygiène

- Nettoyage et assainissement : Nettoyez régulièrement les zones de stockage pour éliminer les résidus de nourriture et les sources potentielles d'infestation.

- Stockage hermétique: Utilisez des contenants hermétiques pour stocker les grains et les produits céréaliers afin de prévenir l'entrée des insectes (**Fields, P.G., & White, N.D.G. 2002**)

1.10.2. Méthodes Physiques

- Contrôle de la température: La congélation des produits infestés à -18°C pendant une semaine peut tuer les œufs, les larves et les adultes.

- Aération et séchage : Maintenir une faible humidité et une bonne ventilation dans les zones de stockage pour rendre l'environnement moins favorable aux insectes.

1.10.3. Méthodes Biologiques

- Utilisation de parasitoïdes : Des guêpes parasitoïdes, comme *Trichogramma* spp., peuvent être utilisées pour parasiter les œufs de *Plodia interpunctella*.

- Pheromones : Utiliser des pièges à phéromones pour attirer et capturer les mâles, réduisant ainsi les opportunités de reproduction (**Subramanyam, B., & Hagstrum, D.W. (Eds.). 2000**).

1.10.4. Méthodes Chimiques

- Insecticides de contact : Appliquer des insecticides spécifiques sur les surfaces de stockage et les produits infestés. Les insecticides à base de pyréthrinés sont souvent utilisés.

- **Fumigation** : Utiliser des fumigants comme le phosphine dans les silos ou les grands entrepôts pour éliminer les infestations massives. Cette méthode doit être utilisée avec précaution et par des professionnels en raison des risques pour la santé.

1.10.5. Méthodes Intégrées

- Gestion intégrée des ravageurs (IPM) : Combiner plusieurs méthodes de lutte pour une gestion efficace. Cela inclut la surveillance régulière, l'utilisation de pièges à phéromones pour le suivi, l'application d'insecticides de manière ciblée, et l'introduction de parasitoïdes (**Hagstrum, D.W., Phillips, T.W., & Cuperus, G.W. 2012**).

En appliquant une combinaison de ces méthodes, vous pouvez efficacement gérer et contrôler les infestations de *Plodia interpunctella* dans les produits céréaliers stockés (**Hagstrum, D.W., Phillips, T.W., & Cuperus, G.W. 2012**).

1.11. Importance Économique des Insectes des Denrées Stockées

Les insectes des denrées stockées, comme *Plodia interpunctella*, ont un impact économique majeur en attaquant les grains endommagés et en se nourrissant des champignons présents

dans les stocks. Ces ravageurs, parmi les plus répandus à l'échelle mondiale, entraînent des pertes significatives en quantité et en qualité des produits stockés (**Benchelkh, K. 2020**).

Ces impacts économiques et sanitaires exigent des mesures rigoureuses de prévention et de contrôle pour minimiser les pertes et les risques associés aux infestations d'insectes dans les denrées stockées(**Belaiath, A. 2022**).



*Chapitre 2 : Étude de plante et des
huiles essentielles*

1. Étude des plantes testées

1.1. Ammoïdes verticillata

1.1.1. Introduction

Ammoïdes verticillata est une plante aromatique qui pousse naturellement en Afrique du Nord et en Asie du Nord. Toutefois, ses principaux cultivateurs sont l'Inde et la Perse. Les deux principales propriétés d'Ammoïdes verticillata sont son puissant effet stimulant et son remarquable pouvoir antimicrobien (**Bekhechi et Abdelouahid, 2004**). Cette plante est extrêmement parfumée et piquante ; son odeur, bien que très agréable, est également très pénétrante et intense, avec un caractère fortement balsamique qui persiste même après la dessiccation (**Daïne et Mostefai, 1998**).



Figure 3 : la plante *Ammoïdes verticillata* (photo original)

1.1.2. Description de la famille

La famille des ombellifères se distingue par une structure florale très homogène, rendant son identification souvent délicate. Elle tire son nom de ses inflorescences typiquement en ombelles et ombellules. La morphologie des fruits facilite cependant l'identification. Cette famille est présente à travers le monde, principalement dans les régions tempérées de l'hémisphère nord, et comprend environ 438 genres et 3955 espèces (**Rubinstein, 2009**).

- **Noms vernaculaires**

Nounkha (**Merad, 1973**), Nûnkha (**Sijelmassi, 1991**).

En français : Ajowan ou Ajawain (**Wehmer, 1931**).

Noms scientifiques

Ptychotis verticillata, *Ammoïdes* (ou *Ptychotis*) *verticillata*, *Trachyspermum* Boiss (Quezel et Santa ,1963).

Carum copticum (Benth et hook) (Goudarzi et al., 2011) .

Trachyspermum ammi (Narayana et al., 1976).

Trachyspermum copticum (Schirner, 2004).

1.1.3. Description botanique

Ammiordes verticillata est une plante grêle à tige ramifiée qui peut atteindre 39 cm de hauteur. Les feuilles inférieures possèdent de nombreux segments multifides verticillés, tandis que les feuilles supérieures sont pennatifides avec des segments linéaires. L'inflorescence est une ombelle avec des fleurs blanches (Merad, 1973).

Elle appartient à la famille des Ombellifères, qui présente une évolution à cycle dynamique tardif. Elle apparaît généralement au début du mois de mai et continue son cycle de reproduction jusqu'en juillet.

Selon Quezel et Santa (1963), cette espèce végétale est spontanée, annuelle, avec des racines filiformes et des tiges très ramifiées de 10 à 40 cm, sans rosettes. Les feuilles basales sont multifides et verticillées, tandis que les feuilles supérieures sont pennatifides avec des segments linéaires. Les ombelles principales comptent 8 à 15 rayons, et les fruits sont ovoïdes, mesurant moins de 1 mm de long. On la trouve généralement dans les champs, les pelouses, les montagnes, les forêts, les endroits rocheux, et surtout les lieux arides.

Pour Battandier et Trabut (1902), la plante possède un calice à limbe obsolète, des pétales avec une tache dorsale, des styles réfléchis dépassant légèrement le stylopode, et des fruits généralement scabres et papillaires, ovoïdes, renfermant six bandelettes par méricarpe. Le carpophore est biparti, avec un involucre oligophylle aux folioles inégales ou nulles, et la plante se trouve généralement sur les éboulis.

D'après Guinochet et Vilmorin (1975), c'est une plante annuelle de 15 à 35 cm, glaucécence avec des racines grêles pivotantes, une tige dressée et striée, et de nombreux rameaux étalés. Les feuilles adultes stériles sont pennatiséquées avec 3 à 4 segments trifides, tandis que les feuilles fertiles sont pennatiséquées en lanières capillaires, paraissant verticillées. Les ombelles sont petites, avec 6 à 12 rayons capillaires très inégaux, les internes

étant plus courts. L'involucre est nul et l'involucelle inégale, avec 3 folioles sétacées et 2 spatulées et aristées. Les fleurs sont blanches, et les fruits, d'environ 1 mm de long, sont ovoïdes, légèrement comprimés dorsalement et recouverts de poils épais, avec cinq côtes primaires filiformes proéminentes.

La formule florale est pentamère : $5S + 5P + 5^E + 2C$. Les sépales sont en général très réduits, les cinq pétales sont alternes, libres et insérés sur un disque, et l'ovaire est constitué de deux carpelles antéro-postérieurs (**Bekhechi, 2002**).



Figure 4 : feuilles et fleurs de *Ammoides verticillata* (Senouci , 2020)

1.1.4. Répartition géographique

- **Répartition dans le monde**

L'*Ammoides verticillata* est présente dans le Nord de l'Asie, notamment en Turquie, en Inde, en Iran, au Pakistan et en Afghanistan. Elle pousse spontanément en Afrique du Nord, en Éthiopie et en Égypte, et s'étend également dans la région méditerranéenne. Cette plante est particulièrement appréciée par les Indiens et les Perses pour ses remarquables propriétés antimicrobiennes (**Abdelouahid et Bekhechi, 2004**).

- **Répartition en Algérie**

L'*Ammoides verticillata* est une espèce endémique de l'Algérie. Selon **Quezel et Santa (1963)**, elle est une plante médicinale poussant dans la région de Tlemcen (Nord-Ouest de l'Algérie) et dans la région d'Adrar (**Sud-Ouest de l'Algérie**). **Bouazza et al. (2004)** précisent que ces régions sont caractérisées par des sols calcaires. **Ayache (2007)** indique que

cette plante est abondante dans les champs, les pelouses, les forêts et sur les altitudes montagneuses, autour de 1190 m d'altitude.

1.1.5. Classification et systématique de la plante étudié

La plante **Ammoïdes verticillata**, appartenant à la famille des Apiacées (anciennement appelée Ombellifères), est classée dans le sous-embanchement des Angiospermes. Les Angiospermes sont des plantes à fleurs produisant des graines enfermées dans des fruits. Le terme « spermaphytes » est utilisé systématique (Sallé, 1991). pour décrire ces plantes, venant du grec « sperma » (graine) et « phyton » (plante). Sa classification selon (Quezel, P., Santa, S 1963). est disponible dans le tableau suivant :

Tableau 2: position systématique d' *Ammoïdes verticillata* (Sallé, 1991) :

Embranchement	spermaphyte (phanérogame)
Sous embranchement	angiosperme
Classe	dicotylédone
Sous classe	dialypétale (à pétales séparés)
Ordre	apiale (ombellale)
Famille	apiacée (ombellifère)
Genre	<i>Ammoïdes</i>
Espèce	<i>Ammoïdes verticillata</i>

Avant d'examiner les propriétés thérapeutiques, les usages traditionnels et les utilisations industrielles d'*Ammoïdes verticillata*, commençons par présenter ses différentes désignations botaniques et ses noms vernaculaires, puis nous la décrirons brièvement.

1.1.6. Composition chimique

Le screening phytochimique d'*Ammoides verticillata* confirme sa richesse en divers composés :

- ❖ Composés phénoliques : polyphénols, tanins, catechiques, flavonoïdes, flavones, leucoanthocyanes, coumarines, anthocyanes et quinones libres (**Daira et al., 2016**).

- ❖ Composés terpéniques : saponosides, stéroïdes, stérols, triterpènes (**Daira et al., 2016**).

- ❖ Composés azotés : alcaloïdes (**Daira et al., 2016**).

- ❖ Caroténoïdes (**Daira et al., 2016**).

- ❖ L'huile essentielle de cette plante est particulièrement riche en thymol, un composé phénolique ayant des propriétés pharmacologiques et influençant les caractéristiques sensorielles de l'huile (**Toubal et al., 2012 ; Elouariachi, 2013 ; Bekhechi, 2010**).

- ❖ Les monoterpènes prédominent dans l'huile essentielle d'Ammoide pusilla, avec notamment la présence notable d'alcool de cumin, de p-cymène, de limonène, de thymol et de γ terpinène (**Tefiani, 2015**).

- ❖ La composition chimique des composants volatils et des huiles essentielles peut varier en fonction de plusieurs facteurs, tels que les variations physiologiques, les conditions environnementales, les facteurs génétiques, l'évolution et les différences géographiques (**Tefiani, 2016**).

1.1.7. Propriétés et Utilisation

La plante Nounkha et son huile essentielle, extraite par entraînement à la vapeur d'eau ou par d'autres méthodes, sont utilisées en alimentation, en médecine et dans diverses industries.

1.1.7.1. Utilisation culinaire

En Inde, c'est une épice prisée, particulièrement dans les plats végétariens. Elle est notamment employée dans les hors-d'œuvre, les plats de haricots, ainsi que pour l'assaisonnement des sauces et des potages. En général, en Asie, elle est utilisée comme aromate dans diverses préparations culinaires telles que les légumes cuits, les pains et les pâtisseries (**Denissew, 1993**).

En Éthiopie, les fruits de la plante servent à l'aromatisation du pain et à la préparation de boissons alcoolisées locales appelées Katikala. En Algérie, les feuilles et les fleurs sont

utilisées comme condiment dans des préparations culinaires telles que la soupe d'escargot (Ashraf et Orooj, 2006).

1.1.7.2.Utilisation thérapeutique

cette plante semble présenter de nombreuses utilisations thérapeutiques intéressantes :

- Propriétés antipyrétiques et antispasmodiques, ainsi qu'un effet dépuratif sur les affections rénales
- Utilisée en combinaison avec du citron pour traiter la migraine et les céphalées
- Mélangée avec du miel, elle est traditionnellement employée pour soulager l'asthme et les douleurs gastriques
- L'inhalation de la vapeur produite lors de l'ébullition de la plante est bénéfique pour diverses affections respiratoires (fièvre, rhume, grippe, maladies broncho-pulmonaires)
- Son huile essentielle présente une activité antioxydante attribuée au thymol et au carvacrol, avec un potentiel dans le traitement des infections bactériennes, virales, cutanées, ORL et du rhumatisme .(Knobloch et al 1989).

1.1.7.3.Utilisation traditionnelle

• Les plantes appartenant à la famille des ombellifères sont largement utilisées dans divers domaines, notamment comme condiments alimentaires et en médecine traditionnelle, en raison de leurs propriétés thérapeutiques reconnues depuis longtemps. Elles sont couramment employées en cuisine (dans les rôtis, soupes, légumes) pour leur arôme puissant, mais elles sont principalement considérées comme des plantes médicinales pour traiter les affections du tube digestif [Abdoui-Jabar et al., 1989].

• En Inde, elles ont toujours été une source de thymol, utilisé contre la toux, les irritations de la gorge et dans le traitement du choléra [Guenther, 1950]. Selon Ziyat, *Ammoides verticillata* est une plante aromatique employée comme fébrifuge, recommandée contre la grippe, et possédant des propriétés thérapeutiques contre l'hypertension et le diabète [Ziyat et al., 1997].

• De plus, Merad note que l'infusion d'*Ammoides verticillata* est utilisée comme antipyrétique, rafraîchissante et antispasmodique [Merad, 1973].

1.1.8. Enquête thérapeutique de traitement pour l'espèce *A. verticillata* dans la région de Tlemcen

(Benhamidat, L ,2018) : Tableau 03

Tableau 3 Enquête thérapeutique de traitement pour l'espèce *A. verticillata* dans la région de Tlemcen

Parties utilisées	Indications
Plante entière	Fièvre, rhume, grippe, maladie broncho-pulmonaire, maladie rénale, asthme, sinusite, maux d'estomac, maux de tête, migraines
Feuilles	Stimulation par la chaleur, abcès, furoncles
Racines	Diarrhée, diurétique
Feuilles et fleurs	Assaisonnement de cuisine

1.1.9. Activités biologiques d'*Ammoides verticillata*

Les infusions d'*Ammoides verticillata*, les extraits de solvants, ainsi que les huiles essentielles ont révélé diverses propriétés biologiques. Parmi celles-ci, on note des propriétés antioxydantes et antimicrobiennes . De plus, des activités antiparasitaires et anticorrosives ont été observées. En outre, des activités antiprolifératives et antidiabétiques ont également été rapportées (Tefiani et al., 2015) .

1.1.10. Conservation

La conservation des huiles essentielles extraites de *Ammoides verticillata* nécessite des précautions spécifiques pour préserver leur efficacité et leur intégrité chimique. Il est recommandé de stocker ces huiles essentielles dans des flacons en verre teinté, bien fermés pour éviter l'exposition à la lumière et à l'air, ce qui peut altérer leurs propriétés. De plus, un environnement frais et sec est idéal pour maintenir leur stabilité à long terme. Pour des informations détaillées sur la conservation des huiles essentielles végétales, notamment celles de *Ammoides verticillata*, il est conseillé de consulter des ouvrages spécialisés sur l'aromathérapie et la phytothérapie, tels que ceux recommandés par des experts comme Patricia Davis dans son livre "Aromatherapy: An A-Z" (Penguin, 2015).

1.1.11. La récolte de la plante *Ammoides verticillata*

La récolte de *Ammoides verticillata* se fait généralement avant la floraison pour les feuilles et les tiges, et en début d'été pour les fleurs. Les graines sont récoltées en fin d'été, une fois les ombelles desséchées. Il est recommandé de récolter le matin, après la rosée, afin de préserver les huiles essentielles. Les parties récoltées doivent être séchées dans un endroit ombragé et bien ventilé avant d'être conservées dans des contenants hermétiques, à l'abri de la lumière et de l'humidité. Cette plante est appréciée pour ses propriétés médicinales, notamment digestives et anti-inflammatoires (**El-Ouariachi et al., 2013**).

1.1.12. Toxicité

Aucun cas d'intoxication n'a été causé par *Ammoides verticillata*, et les tests de toxicité (DL50) n'indiquent aucun effet néfaste de l'utilisation de cette espèce. En effet, les évaluations de toxicité ne révèlent aucun effet négatif lié à l'utilisation de cette plante (**Bnouham et al., 2007**).

1.2. *Cinnamomum Cassia*

1.2.1. Brève histoire

La cannelle, ou *Cinnamomum*, est l'une des épices les plus anciennement commercialisées. Aromate très recherché, sa valeur marchande a toujours été très élevée à travers les époques. Le terme "cannelle" viendrait du latin "canna" signifiant roseau ou tuyau, tandis que le terme scientifique *Cinnamomum* est dérivé du mot grec kinnamomn ou kinnamomon, signifiant bois doux. Son histoire remonte à 2700 av. J.-C. et elle est mentionnée pour la première fois dans la botanique chinoise. Les Chinois ont largement adopté cette épice, distinguant ses diverses taxonomies, et l'ont exportée vers l'Égypte pour des usages en aromatisation et en embaumement.

L'origine de la cannelle remonte à l'île de Sri Lanka, où elle est connue sous le nom de cannelle de Ceylan, de très bonne qualité, désignée sous les noms *C. zeylanicum* ou *C. verum*. Par la suite, d'autres types de cannelle dite secondaire, souvent regroupées sous le terme générique de cassia, ont commencé à être commercialisés. Ces types de cannelle sont de qualité inférieure à celle de Ceylan (**Ravindran et al., 2003 ; Lallemand et al., 2000**).

Dans notre étude, nous nous sommes intéressés à la cannelle de Chine : *Cinnamomum cassia*, car c'est la plus commune et la plus présente sur les marchés commerciaux en Algérie.



Figure 5 : différentes phénotypique entre les deux cannelle de casse (Ravindran et al., 2003)

1.2.2. Description botanique de *Cinnamomum cassia*

1.2.2.1. L'arbre

Cinnamomum cassia, également connu sous le nom de *Cinnamomum aromaticum* ou cannelle de Chine, appartient à la famille des Lauracées (Lauraceae). Ce sont des plantes aromatiques qui peuvent atteindre une hauteur de 20 à 30 mètres (Zaidi et al., 2015 ; Al-Samydai et al., 2018). Elles ont des feuilles persistantes, lisses, coriaces, opposées, de forme ovale à lancéolée, mesurant de 5 à 9 cm de long (Reculeau-Arnoud, s. d.).



Figure 6 : arbre de Cannelle (Clémence,B.,2014)

1.2.2.2. Les fleurs

Les fleurs de *Cinnamomum cassia* sont petites, de couleur blanche à jaune pâle, et ont une odeur désagréable. Elles sont unisexuées et disposées en panicules terminales à l'aisselle des feuilles. Les inflorescences sont des grappes très ramifiées, régulières et comportent 6 pétales (Reculeau-Arnoud, s. d. ; Edet, 2004).



Figure 7 : feuilles et fleurs de cannelé (couïc,marinier, ;2013).

1.2.2.3. Le fruit

Le fruit de *Cinnamomum cassia* est une baie charnue, entourée d'une cupule rigide et pyriforme, mesurant entre 1,5 et 2 cm. À maturité, il passe du vert foncé au pourpre rouge marron. Chaque fruit contient une seule graine (Reculeau-Arnoud, s. d.).

1.2.3. La partie active de la cannelle de Chine : *Cinnamomum. cassia*

La partie active de Cannelle. cassia est constituée par l'écorce, qui conserve souvent une partie du suber. Comparée à la cannelle de Ceylan, l'écorce de *C. cassia* est plus épaisse et de coloration plus foncée . Son odeur est moins fine et sa saveur moins aromatique. Au microscope, les fibres de *C. cassia* apparaissent plus larges et plus courtes, et l'amidon y est plus abondant (Ronbi M, 2007).

1.2.4. Répartition géographique

La production mondiale de cannelle chinoise est concentrée dans les régions tropicales humides de l'Asie du Sud-Est, notamment en Chine, en Inde, en Ouganda, au Vietnam, au Bangladesh et au Pakistan (Zaidi et al., 2015). *Cinnamomum cassia* est cultivé à des altitudes de plus de 500 mètres au-dessus du niveau de la mer. Il prospère dans des températures

moyennes variant de 15 à 27°C et nécessite une pluviométrie annuelle moyenne de 2000 à 2400 mm (Radhakrishnan et al., 1992).

1.2.5. Dénomination de La cannelle de Chine (*Cinnamomum cassia*)

-Nom Arabe : Kerfee الصينيةالقرفة

-Nom français : cannelle de Chine

-Nom latin : *Cinnamomum aromaticum* (Teuscher et al., 2005).

-Nom anglais de l'arbre : Cinnamon.

Autres dénomination de l'arbre à travers le monde :

EchterZimt(Allemagne), canela(Espagne, Portugal), cannella(Italie), Kanéla(Grèce),

Kaneel(Pays Bas), Korista(Russie), Kurundu(Sri Lanka) (Ansel, 2003)

1.2.6. Taxonomie de *Cinnamomum cassia*

S'appuyant sur de nombreux ouvrages et encyclopédies spécialisés dans les plantes aromatiques qui ont fiché la classification de *Cinnamomum cassia* comme suit :

- Règne : Plantae
- Sous règne : Tracheobionta
- Division : Magnoliophyta
- Classe : Magnoliopsida
- Sous classe : Magnoliidae
- Ordre : Laurales ou magoliales
- Famille : Lauracées
- Genre : *Cinnamomum*
- Noms scientifique : *Cinnamomum cassia* (Paul,2001).

1.2.7. Huile essentielle de l'écorce de *Cinnamomum cassia*

L'huile essentielle de *Cinnamomum cassia* est un liquide volatil, hydrophobe et légèrement visqueux, généralement de couleur jaunâtre. Son arôme est doux, épicé et boisé. Cette huile essentielle est généralement extraite par hydrodistillation à partir des écorces ou des feuilles du cannelier, représentant environ 4% de ses composants (Stevens & Allred, 2022).

1.2.8. Composition chimique de l'huile essentielle de *C. cassia*

- Teneur en huile essentielle: 1 à 4%

➤ Principaux constituants :

- Cinnamaldéhyde : 70-88%

- Trans-2-méthoxycinnamaldéhyde : 3-15%

- Benzaldéhyde : 0,5-2%

- Aldéhyde salicylique : 0,2-1%

- Acétate de cinnamyle : 0-6%

- Coumarine : 1,5-4%

- Eugénol : <0,5%

- Diterpènes décrits: Cinnacasiols, cinnzeylanine, etc.

➤ Autres composés:

- Dérivés phénylpropaniques

- Lignanes furanofuraniques

- Polysaccharides

- Hétérosides mono- et sesquiterpéniques (cassioside, cinnamoside)

- Dérivés flavaniques, notamment des proanthocyanidols et des oligomères de 4 à 6 unités, les cinnamtanins (**Bruneton, 1999 ; Teuscher et al., 2005**).

1.2.9. Effets indésirables

Le cinnamaldéhyde peut entraîner une perte d'appétit et des troubles digestifs (**Xiao Fan Song, 2013**).

1.2.10. Interactions médicamenteuses

La tétracycline voit son absorption réduite en présence de cinnamaldéhyde. Le propranolol peut causer des hallucinations visuelles lorsqu'il est associé à ce composé. Il est également recommandé de faire preuve de prudence en cas de prise simultanée avec des antiagrégants et des anticoagulants (Xiao Fan Song, 2013).

1.2.11. Conservation

La cannelle doit être conservée à l'abri de l'humidité et de la lumière, stockée dans des récipients hermétiques en porcelaine, en verre ou en métal. Dans ces conditions, elle conserve son arôme et ses qualités gustatives pendant 3 à 4 ans. Cependant, sous forme pulvérisée, elle perd rapidement ses qualités aromatiques (Teuscher et al., 2005).

1.2.12. Activités biologiques de l'HE de l'écorce de *Cinnamomum cassia*

La cannelle est utilisée en médecine depuis des temps immémoriaux et figure parmi les principales plantes de la médecine traditionnelle chinoise. Ces usages traditionnels ont incité les chercheurs à explorer les propriétés biologiques de *Cinnamomum*. Étant donné que presque tous les types de cannelle possèdent des propriétés très similaires, la cannelle chinoise est considérée comme une alternative à la cannelle de Ceylan, permettant de généraliser les résultats des études sur leurs propriétés (Edet, 2004).

Diverses activités biologiques de l'huile essentielle de *Cinnamomum cassia*:

Dans le cadre de notre étude, nous nous sommes concentrés sur deux propriétés antiseptiques de l'huile essentielle de *Cinnamomum cassia* : son activité larvicide.

1.2.13. Domaine d'application de l'huile essentielle de *Cinnamomum cassia*

- **Agriculture**

De nombreuses études ont montré que l'huile de cannelle est un pesticide naturel efficace, utilisable comme insecticide, acaricide, nématocide, fongicide et bactéricide, avec un bon potentiel répulsif. Un de ses avantages majeurs est sa sécurité pour l'utilisateur et l'environnement (Haddi et al., 2017).

- **Cosmétique**

L'huile essentielle de cannelle contient des composés tels que l'eugénol, le cinnamaldéhyde et la coumarine, qui peuvent réduire les imperfections de l'acné sur les peaux grasses. La cannelle contient également de la vitamine C, qui protège la peau des rayons UV, prévient le vieillissement prématuré et empêche la formation de mélanine. L'huile essentielle de cannelle peut être intégrée dans des produits de beauté comme des savons à base de plantes et utilisée pour les soins de la peau (**Atmanto, 2019**).

1.2.14. Effets thérapeutiques de *Cinnamomum cassia*

La cannelle de Chine, largement utilisée dans la médecine traditionnelle chinoise, présente diverses propriétés biologiques intéressantes. Des études *in vitro*, *in vivo* sur des animaux et des humains ont mis en lumière plusieurs effets thérapeutiques, notamment :

- Anti-inflammatoires
- Antimicrobiens
- Antifongiques
- Antioxydants
- Antidiabétiques
- Anticancéreux
- Anticoagulants

Des recherches ont également suggéré que la cannelle pourrait être bénéfique contre les troubles neurologiques tels que la maladie de Parkinson et d'Alzheimer (**Senhaji et al., 2005 ; Medagama, 2015 ; Ronbi, 2007**).

-Thérapeutique

Des études *in vitro* et *in vivo* indiquent que l'huile essentielle de cannelle et son principal composant, le cinnamaldéhyde, améliorent les niveaux d'insuline et de glycémie, ainsi que la fonction des enzymes impliquées dans le métabolisme du glucose. La modélisation moléculaire *in silico* permet de prédire les mécanismes enzymatiques par lesquels ces composants peuvent causer des effets secondaires potentiels (**Stevens & Allred, 2022**).

1.2.15. Utilisations traditionnelles et courantes de *Cinnamomum cassia*

Outre son utilisation comme épice et agent aromatisant, la cannelle de Chine est ajoutée aux gommes à mâcher pour ses propriétés rafraîchissantes buccales. Traditionnellement, elle a été utilisée comme poudre dentaire pour traiter les douleurs et les problèmes dentaires. En Inde et en Europe, la cannelle est utilisée pour réchauffer le corps en cas de refroidissement, souvent combinée avec du gingembre. Elle stimule la circulation périphérique et est un remède classique contre les troubles digestifs tels que les nausées, les vomissements, les diarrhées, les douleurs musculaires et les rhumes. La cannelle de Chine soulage également les troubles digestifs et est recommandée en cas d'asthénie. Elle peut favoriser l'arrivée des règles et est utilisée comme contractif après l'accouchement (**Pasupuleti et al., 2014 ; Paul, 2001**).

1.2.16. la récolte de la Plante de cannelle

La cannelle est récoltée en pelant les écorces des tiges tendres des canneliers âgés de 3 à 4 ans pendant la saison des pluies, généralement de septembre à novembre (**Anonymous & Wijesekera, R.O.B. et Chichester, C.O., 1978**). Les tiges immatures sont laissées intactes pour permettre une nouvelle croissance, et les nouvelles pousses sont récoltées après environ un an et demi (**Suriyagoda, L., Molott, A.J., 2021**). Les morceaux d'écorce sont enroulés, collectés et séchés pour former des bâtonnets d'environ 1 mètre de longueur et 1,25 cm de diamètre (**Thomas, India, 2012 & Feugreek, 2016**). La qualité de la cannelle dépend de plusieurs paramètres, notamment l'épaisseur, l'aspect, l'arôme, la saveur et la teneur en huile essentielle, qui varie de 0,9 à 2,3 % selon la variété (**Wijesekera, R.O.B. et Chichester, C.O.**).

1.2.17. Toxicité

Le cinnamaldéhyde, en tant qu'aldéhyde aromatique, est dermocaustique et irritant pour les muqueuses. Il est donc conseillé de ne pas l'appliquer pur sur la peau, mais de le diluer dans des huiles végétales à une concentration maximale de 10%. Il est également allergène (**Baudry et al. 2004**).

2. Les huiles essentielles

2.1. Historique

Les substances naturelles défensives des plantes, notamment les huiles essentielles (HE), ont été utilisées comme insecticides bien avant l'avènement des substances chimiques de synthèse, qui ont pris leur essor durant les deux grandes guerres mondiales. Les premières

traces d'utilisation des HE remontent à l'Égypte antique, entre 3000 et 2000 ans avant J.-C. À cette époque, il semble qu'une forme rudimentaire de distillation soit employée pour extraire les substances des plantes aromatiques (**Jouault, 2012**).

À travers l'histoire et dans diverses régions du monde, particulièrement dans les pays tropicaux, les plantes aromatiques ont joué un rôle crucial. Initialement utilisées à l'état brut, puis sous forme d'infusion, de digestion, d'onguents, de parfums ou d'extraits alcooliques, elles ont toujours occupé une place importante dans la culture de nombreux peuples, tant sur le plan religieux que médical (**Jouault, 2012**).

2.2. Définition

Les huiles essentielles sont définies de plusieurs manières. Selon **Afnor (2000)**, « les huiles essentielles sont des produits obtenus à partir d'une matière première d'origine végétale, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des Citrus, soit par distillation sèche ». Les huiles essentielles sont des extraits végétaux volatils et odorants, également appelés substances organiques aromatiques liquides, présents naturellement dans diverses parties des arbres, des plantes et des épices. Elles sont volatiles, sensibles à la chaleur et ne contiennent pas de corps gras.

2.3. Fonctions Biologiques

Les huiles essentielles permettent aux plantes de s'adapter à leur environnement et de se défendre. Elles jouent plusieurs rôles écologiques :

- Interaction plante-plante : elles peuvent inhiber la germination et la croissance des plantes voisines.

- Interaction plante-animal : elles protègent les plantes contre les prédateurs (**Fouché et al., 2008**).

2.4. Classification et origine des huiles essentielles

Les huiles essentielles peuvent être classées en fonction de leur pouvoir spécifique sur les germes microbiens, mesuré par l'indice aromatique obtenu à l'aide des aromatogrammes. Elles se divisent en trois catégories principales :

- Huiles majeures
- Huiles médiums

- Huiles terrains (**Chacou et al 2007**).

Toutes les parties des plantes aromatiques et leurs organes végétaux peuvent contenir des huiles essentielles. Par exemple :

- Les fleurs : oranger, rose, lavande ; les boutons floraux (girofle) ou les bractées (ylang-ylang).

- Les feuilles : eucalyptus, menthe, thym, laurier, sarriette, sauge, aiguilles de pin et de sapin.

- Les organes souterrains : racines (vétiver, angélique), rhizomes (gingembre, acore).

- Les fruits : fenouil, anis, épicarpes des Citrus.

- Les graines : noix de muscade.

- Le bois et les écorces : cannelle, santal, bois de rose.

Les huiles essentielles sont stockées dans des structures cellulaires spécialisées, telles que les cellules à huile essentielle, les cellules à poils sécréteurs (comme dans la menthe) et les canaux sécréteurs. Elles jouent vraisemblablement un rôle défensif en protégeant le bois contre les insectes et les champignons, et en agissant comme répulsifs contre les animaux herbivores (**Khiredine ,. 2013**).

2.5. Localisation et lieu de synthèse des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont produites dans le cytoplasme des cellules sécrétrices et s'accumulent généralement dans des cellules glandulaires spécialisées, situées à la surface de la cellule et recouvertes d'une cuticule. Elles sont ensuite stockées dans des structures spécifiques : les cellules à huiles essentielles, les poils sécréteurs, les poches sécrétrices ou les canaux sécréteurs. Ces huiles peuvent être présentes dans tous les organes végétaux, y compris les fleurs, les feuilles, les racines, les rhizomes, les fruits, le bois et/ou les graines .(**Lucchesi M-E 2005**).

La fonction exacte des huiles essentielles pour la plante reste encore floue. Néanmoins, il est probable qu'elles jouent un rôle écologique. En effet, certaines études ont expérimentalement démontré leur rôle protecteur contre les prédateurs tels que les insectes et

les champignons, ainsi que leur rôle dans les interactions végétales, notamment l'inhibition de la germination (**Benhamidat.,2018**)

2.6. Conservation des huiles essentielles

Les huiles essentielles de haute qualité peuvent se conserver pendant au moins cinq ans, voire plus, si elles sont stockées correctement. Les huiles essentielles d'agrumes, cependant, ont une durée de conservation d'au moins trois ans (**Couic-Marinier .,2013**) Contrairement aux huiles végétales, les huiles essentielles ne s'oxydent pas et ne deviennent pas rances, bien qu'elles puissent subir une oxydation menant à la formation de résidus résineux.

Pour une conservation optimale, il est recommandé de les garder dans leur emballage d'origine, à l'abri de la lumière et de l'humidité. Il est également crucial de bien fermer le flacon, car les huiles essentielles sont très volatiles et peuvent s'évaporer rapidement (**Couic-Marinier.,2018**).

2.7. Propriété physique

Les huiles essentielles présentent des caractéristiques physiques distinctes. Elles sont liquides à température ambiante et volatiles, les distinguant ainsi des huiles dites 'fixes'. Généralement incolores, elles ont une densité souvent inférieure à celle de l'eau, bien que certaines, comme celles de girofle ou de cannelle, constituent des exceptions à cette règle. Leur indice de réfraction est élevé et la plupart ont la capacité de dévier la lumière polarisée. Elles se dissolvent dans les solvants organiques courants mais sont peu solubles dans l'eau selon (**Bruneton 1999**).

2.8. Composition chimique des huiles essentiels

La composition chimique des huiles essentielles est hautement variable, dépendant de facteurs tels que l'organe de la plante utilisé, la saison, les conditions de culture et même les variations génétiques au sein d'une même espèce. Les huiles essentielles sont des mélanges complexes organiques regroupés en deux grandes catégories :

- les hydrocarbures terpéniques
- les composés aromatiques

-Les Terpénoïdes :

Dans les huiles essentielles, les terpénoïdes les plus volatils, tels que les monoterpènes et les sesquiterpènes, sont particulièrement importants en raison de leur faible masse moléculaire. Ils sont des précurseurs de milliers de composés différents (**Couderc, 2011**), étant responsables de l'odeur caractéristique des plantes et des fleurs. Les terpénoïdes sont des hydrocarbures volatils de formule chimique brute $C_{10}H_{16}$, souvent cycliques, et leur nomenclature est basée sur une unité terpénique en C_{10} , obtenue par l'addition de nouvelles molécules C_5 (**Boumediene et Agha, 2014**)

-Les composés aromatiques :

Les composés aromatiques sont moins courants que les terpènes. Ils proviennent du phénylpropane (C_6-C_3) et se distinguent par la présence d'un noyau aromatique couplé à une chaîne de trois atomes de carbone. Cette caractéristique est décrite par (**Couderc, 2011**) .

2.9.Caractéristiques physico-chimiques des Huiles Essentielles

Les huiles essentielles présentent un ensemble de caractéristiques distinctives qui les rendent facilement reconnaissables :

- Elles sont liquides à température ambiante, mais ne possèdent pas la texture grasse et onctueuse des huiles fixes.
- Leur volatilité est élevée et elles sont rarement colorées.
- La densité des huiles essentielles riches en monoterpènes est généralement faible.
- Leur indice de réfraction varie principalement en fonction de la concentration en monoterpènes et en dérivés oxygénés : une concentration élevée en monoterpènes augmente cet indice, tandis qu'une concentration élevée en dérivés oxygénés a l'effet inverse.
- Elles sont solubles dans les alcools à concentration élevée et dans la plupart des solvants organiques, mais peu solubles dans l'eau.
- Du fait de leur composition principalement constituée de composés asymétriques, elles présentent un pouvoir rotatoire.
- Elles sont très sensibles à l'oxydation et ont tendance à se polymériser, ce qui conduit à la formation de produits résineux. Par conséquent, il est recommandé de les conserver à l'abri de la lumière et de l'air pour préserver leur intégrité (**Bernard.T.,1988**).

2.10. Méthodes d'extraction des huiles essentielles

Le processus d'extraction des huiles essentielles est crucial pour leur composition chimique. Diverses méthodes sont employées pour extraire les essences végétales, cette variété étant due à la diversité des matières premières et à la sensibilité de certains de leurs constituants (Laib, 2010).

a- Méthode d'extraction par entraînement à la vapeur d'eau : Cette technique implique l'exposition du matériel végétal à un courant de vapeur sans pré-macération. Les vapeurs, chargées en composés volatils, sont condensées puis séparées. La vapeur est introduite à la base de l'alambic (Laib, 2010).

b- Méthode d'extraction par hydrodistillation d'huile essentielle : Cette méthode, la plus courante, permet d'extraire et de séparer les huiles essentielles à l'état pur tout en offrant de meilleurs rendements. Le principe implique l'immersion directe de la matière végétale dans un ballon rempli d'eau, porté ensuite à ébullition. Les vapeurs résultantes se condensent sur une surface froide, permettant ainsi la séparation de l'huile essentielle par différence de densité (Laib, 2010).

c- Méthode d'extraction par solvants organiques : Les solvants les plus couramment utilisés dans cette méthode sont l'hexane, le cyclohexane, l'éthanol, le dichlorométhane et l'acétone (Haddad, 2016).

d- Enfleurage : L'enfleurage à froid implique l'immersion de fleurs fraîches dans un solvant lipophile qui absorbe les molécules odorantes. Les fleurs sont régulièrement remplacées pour saturer au maximum les graisses du solvant. Ensuite, la graisse est lavée à l'alcool dans des batteuses, l'alcool est évaporé pour obtenir une absolue de pommade.

e-Enfleurage à chaud : Cette méthode implique la fonte de la graisse dans de grandes marmites au bain-marie, à laquelle on ajoute les fleurs. Les fleurs sont renouvelées tous les deux jours environ. Ensuite, le mélange est filtré à travers plusieurs couches de tissus (lin et coton) pour séparer la graisse inutile de la pommade. Cette pommade peut être utilisée telle quelle ou traitée de la même manière que pour l'enfleurage à froid afin d'obtenir une absolue (Bouderdara, 2013).

2.11. Principaux domaines d'utilisation

Les huiles essentielles sont largement utilisées dans divers domaines. Elles entrent dans la composition de certains médicaments, sont employées en parfumerie, en phytothérapie et comme agents de saveur dans l'alimentation. On les trouve de plus en plus dans les arômes alimentaires pour rehausser le goût de produits tels que le café, le thé, le tabac, le vin, les yaourts et les plats cuisinés (Sallé, 1991). Le secteur de la cosmétique, et en particulier la cosmétique bio, utilise également de plus en plus d'huiles essentielles, présentes dans de nombreux produits tels que les savons, les shampoings, les gels-douches, les crèmes, etc. (Seu-saberno et Blakeway, 1984).

En agriculture, les huiles essentielles servent comme produits phytosanitaires pour lutter contre les infections fongiques, bactériennes et virales dans les cultures végétales. Elles offrent des solutions en agriculture biologique, contribuant à réduire les effets néfastes des pesticides de synthèse, comme la pollution ou le développement de résistances (Benouali, 2016).

2.12. Rôle des huiles essentielles

- **Rôle écologique**

Les huiles essentielles jouent un rôle important, elles protègent la plante des microorganismes et des insectes nuisibles ainsi que des herbivores. Leurs composants réagissent comme donneurs d'hydrogène dans la réaction d'oxydoréduction (Roger, 1997 in Belkacemi et Mokhtari, 2019). Parmi ces composants, il y a les terpénoïdes qui possèdent un rôle écologique lors des interactions végétales, comme inhibiteur de la germination et aussi lors des interactions végétal-animal, comme agent de protection contre

les prédateurs tels que les insectes (Roger et Hamraoui, 1997).

- **Rôle dans la plante**

Les travaux de Croteau en (1977) puis ceux de Croteau et Hooper en (1978) ont montré que, bien qu'étant des produits du métabolisme secondaire, les composants volatils auraient en fait un rôle de mobilisateur d'énergie lumineuse et de régulateur thermique au profit de la plante (Randrianarivelo, 2010). Certains terpènes jouent un rôle important et varié dans la relation des plantes avec leur environnement (Roger et Hamraoui, 1997), ainsi le 1,8-cinéole et le camphre inhibent la germination des organes responsables de la prolifération des

infections ou la croissance des agents pathogènes issus de ces organes (**Razafindrakoto, 1988 in Randrianarivelo, 2010**).

Pour certains auteurs, les huiles essentielles constitueraient « les déchets » du métabolisme cellulaire de la plante (**Salle, 1991 in Randrianarivelo, 2010**) pour d'autres, elles serviraient à attirer les insectes pour permettre la fécondation ou alors à les éloigner de la plante. L'attrait des insectes pour les plantes à fleurs en vue de la pollinisation est également crédité aux huiles essentielles que ces plantes contiennent (**Randrianarivelo, 2010**).

Les huiles essentielles constitueraient enfin un moyen de défense de la plante vis-à-vis des prédateurs, tels que les microorganismes (bactéries et champignons) et les herbivores (**Sadou et al., 2013 ; Amri et al., 2013**).

2.13. Toxicité des huiles essentielles

Les huiles essentielles ne sont pas sans risque d'utilisation. Certaines peuvent être dangereuses lorsqu'elles sont appliquées sur la peau, en raison de leur pouvoir irritant (comme celles riches en thymol ou en carvacrol), allergène (comme celles riches en cinnamaldéhyde) ou phototoxique (comme les huiles de citrus contenant des furocoumarines).

De plus, certaines huiles essentielles ont des effets neurotoxiques, notamment celles contenant des cétones comme l' α -thujone, qui est particulièrement toxique pour les tissus nerveux (**Guba, 2001**).

2.14. La lutte par les huiles essentielles

est une méthode de plus en plus explorée en raison de ses avantages écologiques et de sa sécurité pour la santé humaine. Les huiles essentielles, extraites de diverses plantes aromatiques, contiennent des composés bioactifs qui peuvent agir comme insecticides, répulsifs ou perturbateurs de la croissance des insectes.

-Efficacité et Modes d'Action

Les huiles essentielles exercent leurs effets insecticides principalement par contact direct ou par inhalation. Elles peuvent perturber les fonctions nerveuses et respiratoires des insectes, ce qui conduit à leur mortalité. Par exemple, l'huile essentielle de *Cinnamomum cassia* est connue pour ses propriétés insecticides grâce à des composés actifs comme le

cinnamaldéhyde, qui interfère avec les systèmes enzymatiques des insectes (**Nerio et al., 2010**).

-Avantages Ecologiques:

Contrairement aux insecticides chimiques traditionnels, les huiles essentielles sont biodégradables et présentent une toxicité moindre pour les organismes non ciblés, y compris les humains et les animaux domestiques. Elles offrent ainsi une alternative plus sûre et plus respectueuse de l'environnement (**Isman, 2000**).

-Applications Pratiques:

Les huiles essentielles peuvent être utilisées dans divers contextes, notamment en agriculture pour protéger les cultures contre les ravageurs, et dans les maisons pour repousser les insectes domestiques. Par exemple, l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* a montré une efficacité notable contre les larves de *Plodia interpunctella*, un ravageur des denrées stockées, ce qui en fait une solution potentielle pour la protection des aliments (**Benzi et al., 2009**).

-Défis et Limitations:

Malgré leurs avantages, l'utilisation des huiles essentielles comporte également des défis, notamment leur volatilité et leur coût de production. De plus, la variabilité de la composition chimique des huiles essentielles en fonction de la source et des conditions de production peut affecter leur efficacité (**Regnault-Roger et al., 2012**).



Chapitre 3 : Matériel et méthodes

1 . Objectif

Le but de ce travail est de déterminer l'efficacité des huiles essentielles de *Ammoides verticillata* et *Cinnamomum cassia* (cannelle) contre un ravageur qui s'attaque au son de blé, semoule d'orge et la farine il s'agit de *Plodia interpunctella*.

2. Matériels Et Méthodes

2.1 . Matériels de laboratoire

- Etuve obscure réglée à une température de 25°C
- Micro pipette pour le pipetage de chaque dose en huiles à tester
- Pince
- Seringue
- Boite de pétri
- Balance analytique
- Récipients
- lampe



Figure 9 : lampe et pinces (photo original)



Figure 8 :micropipette (photo original)



Figure 10 : Etuve Obscure (Photo Original)



Figure 11 ; Balance Analytique (Photo Original)



Figure 12 : Boite Pétri (Photo Original)

2.2 Matériels animal (élevage de masse)

Au début de la partie pratique de mémoire, les larves de *Plodia interpunctella* ont été collectées à partir de la semoule et la farine avariée extraite du stock endommagé à l'aide d'une pince à épiler, puis le son a été placé dans des boites de pétri comme substrat nutritionnel pour l'insecte, et l'élevage a été réalisé à une température $25^{\circ} \pm 3$ c et une humidité relative de 70% nous avons utilisé dans nos essais les larves dans stade 4.



Figure 14 : larve de plodia interpunctella (photo original)



Figure 13 : substrat de son de blé (photo original)

2.3 . Matériels Végétal (les HE testées)

Nous avons utilisées pour nos testes deux huiles essentielles des plantes aromatiques Ammoides Verticillata et Cinnamomum Cassia (cannelle), (figure 15) appartenant aux differents familles (tableau 04) .



Figure 15 : les huiles essentiels de Ammoide Verticillata et Cinnamomum Cassia (photo original)

Tableau 4: les huiles essentielles utilisées dans nos expériences

Nom commun	Nom scientifique	Famille	Origine
Ammoïdes verticillée	Ammoïdes Verticillata	Apiacée (ombellifère)	Les régions méditerranéennes
Cannelle de chine	Cinnamomum Cassia (cannelle)	Lauracées	Sud de la chine

Les huiles essentielles ont été obtenues du laboratoire de recherches scientifiques sous la supervision de Monsieur Bendahou Mourad qui a procédé à l'extraction des huiles au sein du laboratoire .

2.4 . Choix de doses

Nous avons choisi cinq doses pour chaque huile essentielle pour tester l'efficacité larvicide contre les larves de la pyrale *Plodia Interpunctella* , les doses sont 1µL /5g son de blé, 3µL/5g son de blé, 5µL /5g son de blé , 7 et 9 µL /5g.

On prend deux boîtes en plastique parce que les tests ont été répétée 2 fois .pour chaque dose utilisée nous avons mis 5 g de son de blé comme source alimentaire pour les larves de *Plodia Interpunctella*.

Pour assurer une dispersion assez homogène de l'huile essentielle dans la totalité de la boîte de Pétri, nous avons ajouté 1 ml d'acétone pour chaque dose.

Une fois la dose de l'huile essentielle prélevée avec une micropipette, on la mélange avec 1ml d'acétone dans la boîte de pétri (dose huile essentielle+ 1ml d'acétone) dans les boîtes concernant 5 g de son de blé et mélanger le tout, ensuite on a mis 6 larves dans chaque boîte pétri et on a mis dans le Etuve obscure réglée à une température de 25°C après 24 h pour observer le nombre des larves mourit pendant 7 jours.

Toutes les boîtes portent la date d'introduction des larves et le nom des huiles essentielles testés et la dose utilisé.

Les tests sont répétés 2 fois pour chaque dose utilisé.

Tableau 5 : les doses des huiles essentielles utilisées dans nos expériences

1 μ L des huiles	2 boites	1 ml d'acétone	5g de son de blé	6 larves
3 μ L des huiles	2 boites	1 ml d'acétone	5g de son de blé	6 larves
5 μ L des huiles	2 boites	1 ml d'acétone	5g de son de blé	6 larves
7 μ L des huiles	2 boites	1 ml d'acétone	5g de son de blé	6 larves
9 μ L des huiles	2 boites	1 ml d'acétone	5g de son de blé	6 larves

***le test de témoin :**En deux répétition Pour le test témoin nous avons utilisé 6 larves de *Plodia interpunctella* dans chaque boite pétri avec 5 g de son de blé (substrat alimentaire) et ajouté 1 ml d'acétone en absence des huiles essentielles.

Figure 16 : les essais avec les huiles essentielles d' *Ammoides verticillata* et *Cinnamomum cassia* (les cinq doses) (photo originale)



3. Bio efficacité des huiles essentielles sur la mortalité des larves de *Plodia interpunctella*

Nous avons testé l'activité larvicide des huiles essentielles d' *Ammoides verticillata* et *Cinnamomum cassia* sur les larves de *Plodia interpunctella*.

4. Expression des résultats

4.1. la mortalité corrigée

La formule d'Abbott (1925) est utilisée pour corriger les pourcentages de mortalité observés dans les populations traitées avec un produit toxique, en prenant en compte les mortalités naturelles qui surviennent également dans les populations témoins non traitées.

Les comptages des larves morts ont été réalisés chaque 24 h pendant 7 jours pour chaque dose pour les 4 jours le dénombrement après toutes les 24 h pour le dernier jour le démembrement est réalisé après 48 h.

La mortalité observé est exprimé après correction par la formule :

$$MC\% = (M - M_t * 100) / (100 - M_t)$$

MC: la mortalité corrigée

M: pourcentage de morts dans la population traitée

M_t: pourcentage de morts dans la population témoin

4.2. Détermination de DL 50

Dans cette étude, l'effet des huiles essentielles extraites de *Ammoides verticillata* et *Cinnamomum cassia* sur la mortalité des larves de la pyrale de blé *Plodia interpunctella* a été évalué en utilisant la méthode de détermination de DL50. Différentes concentrations des huiles essentielles ont été préparées et les larves ont été exposées pendant une période déterminée. Les pourcentages de mortalité observés ont été corrigés en tenant compte des mortalités naturelles dans les groupes témoins, puis transformés en probits pour une analyse statistique approfondie. À l'aide d'une régression log-dose probit, la DL50 a été calculée pour chaque huile essentielle, représentant la dose nécessaire pour induire la mortalité de 50 % des larves testées. Cette approche méthodologique rigoureuse permet d'évaluer précisément la toxicité relative des huiles essentielles sur *Plodia interpunctella*, fournissant des données cruciales pour leur utilisation potentielle dans le contrôle de ce ravageur des denrées stockées (Xiao Fan Song, 2013).

4.3. Détermination de TL 50

Dans cette étude, la détermination de TL50 (temps léthal pour 50 % de la population) des huiles essentielles extraites de *Ammoides verticillata* et *Cinnamomum cassia* sur la mortalité des larves de la pyrale de blé *Plodia interpunctella* a été réalisée. Les larves ont été exposées à différentes périodes de temps à des concentrations spécifiques des huiles essentielles, et la

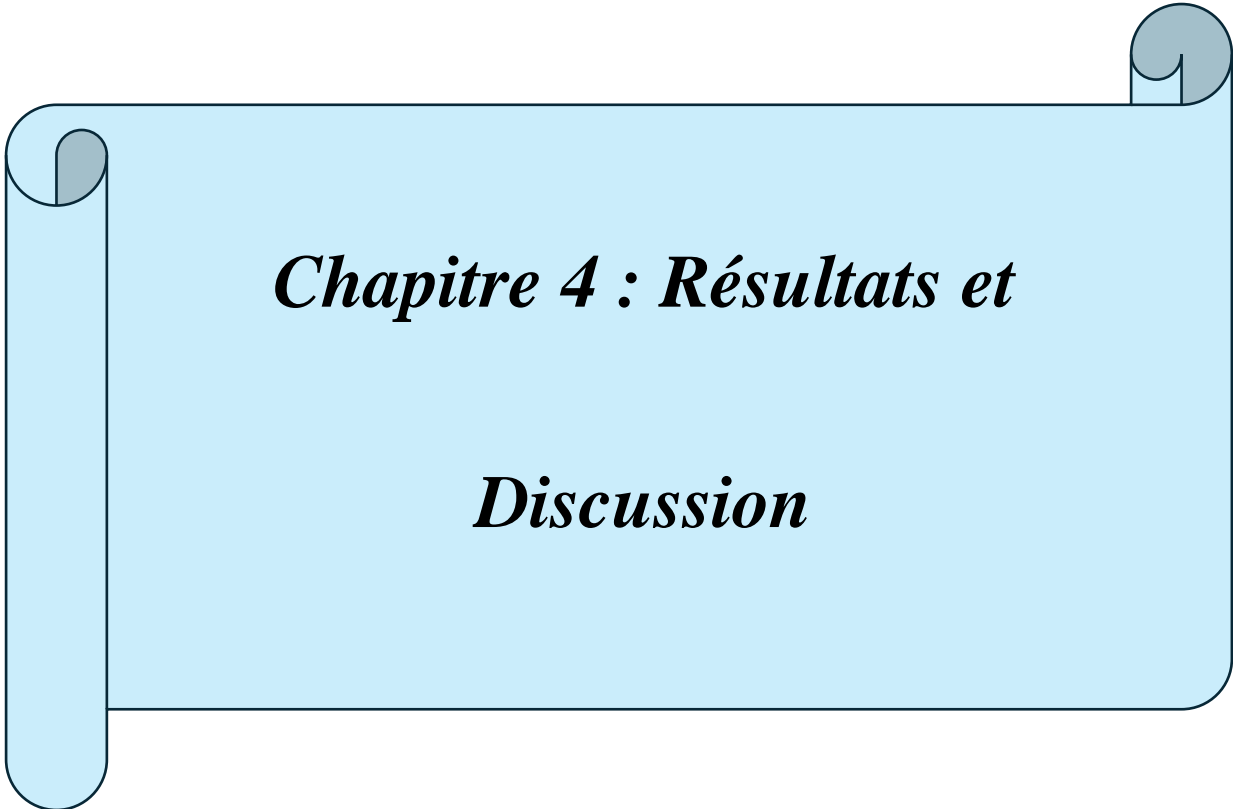
mortalité a été enregistrée après chaque exposition. Les données de mortalité ont été corrigées en tenant compte des taux naturels de mortalité dans les groupes témoins non traités, puis analysées pour déterminer le temps nécessaire pour que 50 % des larves exposées succombent à chaque huile essentielle (**Baudry et al. 2004**).

4.4. Analyse statistique des données

Les résultats obtenus sont soumis à une analyse de la variance en utilisant le test statistique ANOVA 2 de deux facteurs (**Dagnelie, 1970**).

Nous avons utilisé ce type d'analyse pour tester l'impact de la dose et la durée d'exposition de l'huile essentielles de *Ammoides verticillata* et *Cinnamomum cassia* sur le taux de mortalité des larves de *Plodia interpunctella*.

L'étude statistique est réalisée sur le logiciel Microsoft Office Excel 2007



***Chapitre 4 : Résultats et
Discussion***

Ce chapitre porte les résultats et discussion concernant l'étude de l'activité larvicide des huiles essentielles de *Ammoides verticillata* et *Cinnamomum cassia* sur les larves de la pyrale de blé *Plodia interpunctella*

1. Efficacité des huiles essentielles

1.1. Mortalité en élevage témoin

La mortalité des larves observé dans l'élevage témoin (avec utilisation de l'acétone uniquement) après 7 jours d'exposition est nulle dans les deux boîtes de Pétri.

1.2. Mortalité avec les huiles essentielles

A- *Ammoides verticillata*

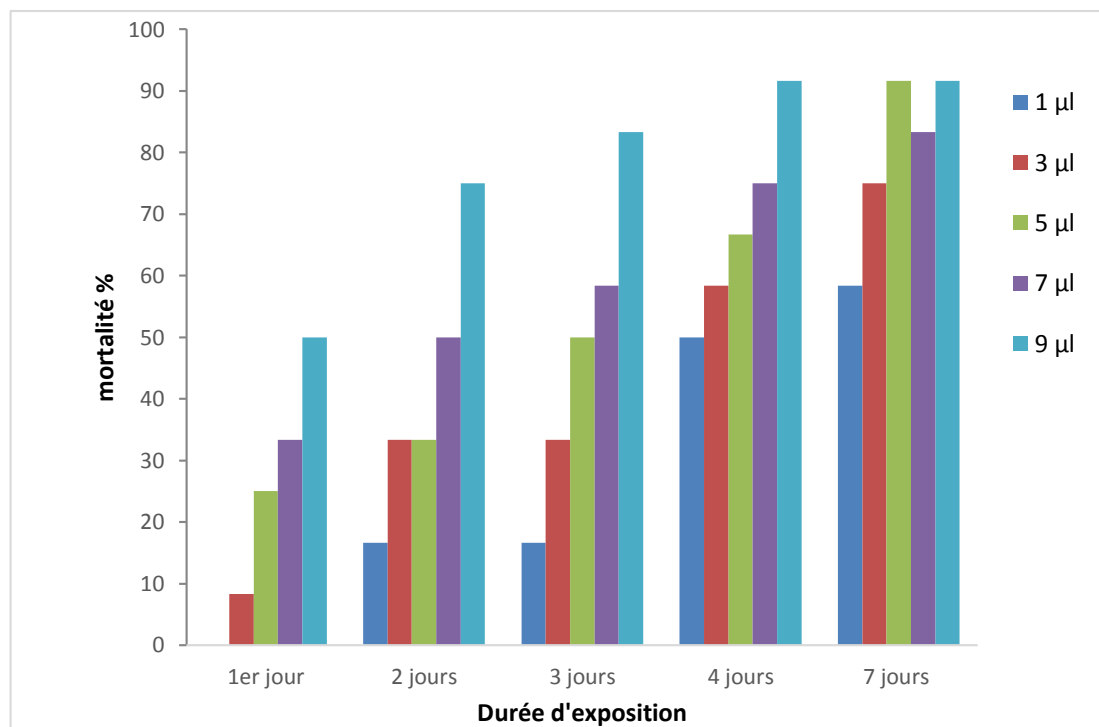


Figure 17 :Évolution de la mortalité des larves de *Plodia interpunctella* en fonction de temps et des doses en huiles essentielles de *Ammoides verticillata*

* Concernant les huiles essentielles extraite de la première plante *Ammoides verticillata* et selon le premier facteur qui est la dose en huile essentielle testée il y a une différence significative entre les moyennes de mortalité des larves de *Plodia interpunctella* à différents doses avec des valeurs de $F= 52,3503$ et $P = 5,4355 \cdot 10^{-9}$

* Pour le deuxième facteur durée d'exposition , elle existe aussi une différence significative entre les moyennes de mortalité des larves avec une valeur de $F= 37,4598$ et $P = 6,1768 \cdot 10^{-8}$

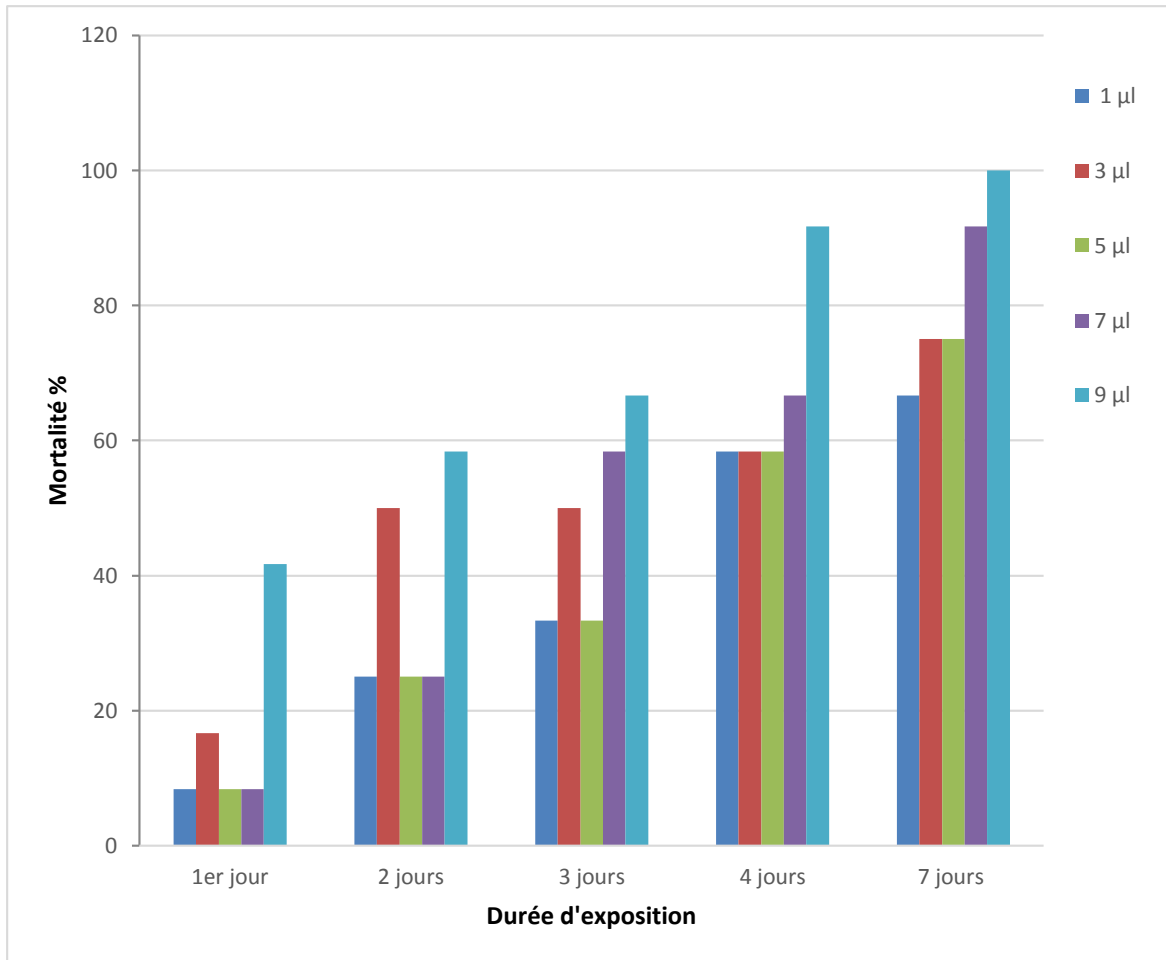
B- Cinnamomum cassia

Figure 18 :Évolution de la mortalité des larves de *Plodia interpunctella* en fonction de temps et des doses en huiles essentielles de *Cinnamomum cassia*

* Pour le deuxième huile essentielle testée elle a été extraite de la Cannelle

* Pour le premier facteur testé qui la dose de l'huile essentielle nous constatons qu'il ya une différence hautement significative entre les moyennes de mortalité des larves de *Plodia interpunctella* avec les valeurs de $F = 61,7333$ et $P = 1,6 \cdot 10^{-9}$

* Concernant le deuxième facteur qui est la durée d'exposition la différence était hautement significative entre les moyennes de mortalité des larves de *Plodia interpunctella* avec les valeurs de $F = 16,933$ et $P = 0,000013 \cdot 10^{-5}$

2. Comparaison de la toxicité des huiles essentielles sur les larves de *Plodia interpunctella*

2.1. la dose létale pour 50% des larves de *Plodia interpunctella* (DL50)

A- *Ammoides verticillata*

Pour *Ammoides verticillata* la DL50 a été observé après 2 jours d'exposition et elle est égale à 5,71 μ L .

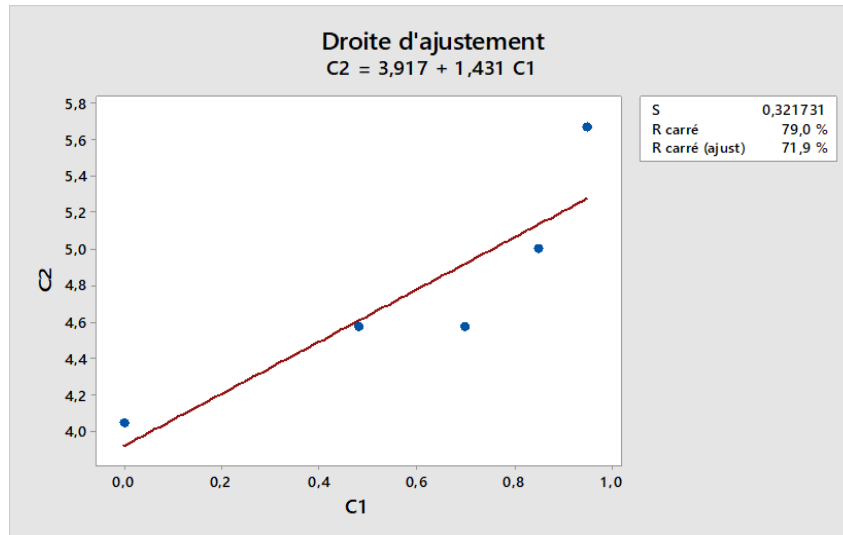


Figure 19 : Droite de régression (Log) doses en huiles essentielles de *Ammoides verticillata* sur la mortalité (probits) des larves

B- *Cinnamomum cassia*

Pour Cinnamomum Cassia la dose létale de 50% des larves (DL50) est égale à 29,7 μ L .

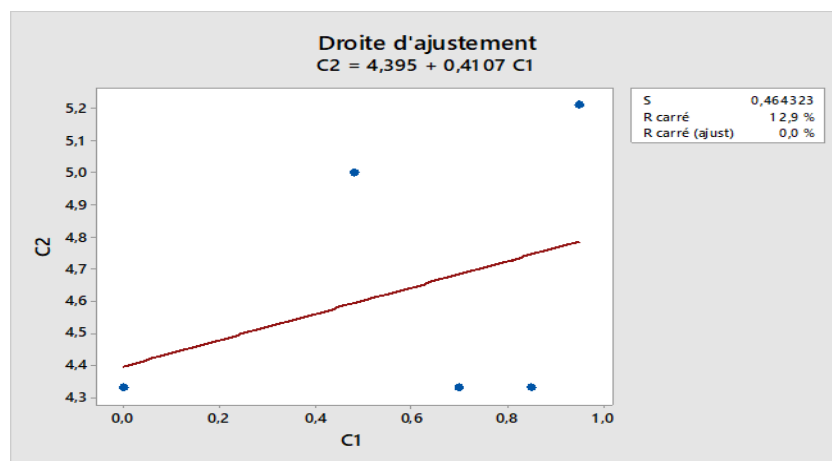


Figure 20 : Droite de régression (Log) doses en huiles essentielles de *Cinnamomum cassia* sur la mortalité (probits) des larves

2.2. Le temps pour 50% des larves de *Plodia interpunctella* (TL50)

La transformation de la mortalité corrigée en probits (en utilisant la dose 5 μL /5 g de son de blé) , et la régression de ces données en fonction des logarithme des durées d'exposition, a permis d'obtenir les résultats suivants :

A- *Ammoides verticillata*

Le temps létale de 50% des larves (TL50) était de 2,41 jours à une dose de 5 μL .

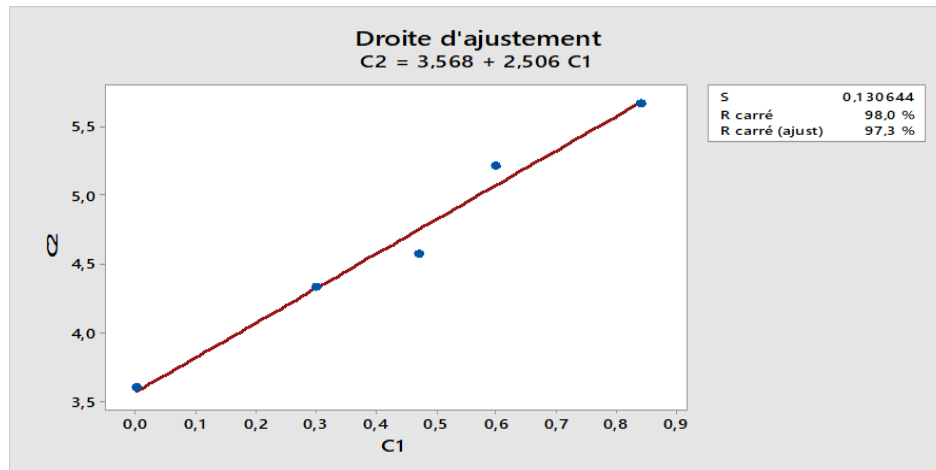


Figure 21 : Droite de régression (Log) durée d'exposition aux huiles essentielles de *Ammoides verticillata* sur la mortalité (probits) des larves.

B- *Cinnamomum cassia*

Le temps écoulé pour la mortalité de 50% des larves (TL50) était d'une valeur de 3,72 jours et à une dose de 5 μL .

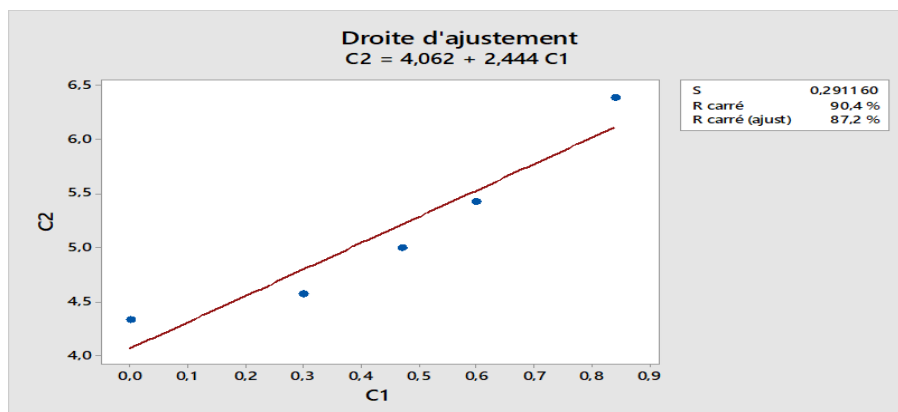


Figure 22 : Droite de régression (Log) durée d'exposition aux huiles essentielles de *Cinnamomum cassia* sur la mortalité (probits) des larves.

- Pour conclure nous pouvons dire que les deux huiles testés sur les larves de *Plodia interpunctella* ont montré une efficacité importante sur leurs mortalité, seulement l'huile extraite de l'*Ammoide verticillata* a été plus efficace que celle extraite de la cannelle.

2. Discussion

Selon nos résultats obtenus après l'évaluation de l'activité biologique des huiles essentielles des deux plantes aromatiques de *Ammoides verticillata* et *Cinnamomum cassia* nous avons observé un effet larvicide sur les larves de pyrale de blé *Plodia interpunctella*.

Les résultats obtenus ont montré que les huiles essentielles testés ont un effet larvicide remarquable par rapport au témoin, en effet la mortalité des larves au témoin dans les conditions de laboratoire est nulle après 7 jours d'exposition, alors qu'en utilisant la dose la plus élevée soit 9µL /5 g de son de blé en huiles essentielles, la mortalité des larves peut atteindre 91,66% avec les huiles essentielles de *Ammoides verticillata* est 100% avec les huiles essentielles de *Cinnamomum cassia* après le même durée d'exposition.

Selon (**Eugene Odum**, 1979) absolument la DL50 pour les huiles essentielles de *Ammoides verticillata* était de 12,5 µg/ml, tandis que celle pour l'huile essentielle de cannelle était de 8,2 µg/ml. Cela indique que l'huile essentielle de cannelle est plus toxique pour ces larves que celle de *Ammoides verticillata*.

Selon (**Djedid**, 2022) a testé l'effet larvicide de deux huiles essentielles extraites de *Pinus halepensis* et *lavandula stoechas* sur les larves de *Plodia interpunctella*. la valeur de la dose létale de 50% (DL50) pour *pinus halepensis* 21,11µl après 2,98 jours et la valeur de et *lavandula stoechas* 3,67µl après 2,26 jours nous pouvons dire que l'effet de huile essentielles de *lavandula stoechas* est plus efficace que *pinus halepensis*.

D'après les résultats de (**Haddou**, 2022) qui a étudié l'activité larvicide de deux huiles essentielles de Menthe poivrée et de Citron sur la pyrale *Plodia interpunctella*, l'huile de menthe poivrée est plus toxique que l'huile essentielle de citronnelle avec une DL50 de 17.79µL/5g de son de blé et une TL50 de 5.19 jours. La DL50 de citron était de 39.28 µL/5g de son de blé et la TL50 était de 7.09 Jours.



Conclusion

L'étude sur l'effet des huiles essentielles extraites d'*Ammoides verticillata* et de *Cinnamomum cassia* a révélé leur potentiel considérable en tant qu'agents insecticides naturels contre les larves de *Plodia interpunctella*, un ravageur majeur des denrées stockées. Les résultats obtenus montrent que l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* entraîne un taux de mortalité élevé chez les larves, ce qui indique une forte efficacité larvicide. Cette huile semble agir en perturbant les systèmes nerveux et respiratoires des larves, provoquant ainsi leur mort rapide.

La durée écoulée pour la mortalité de 50% des larves TL50 pour *Ammoides verticillata* est de 2,41 jours et la dose pour la mortalité du même pourcentage était de 5,71 μL .

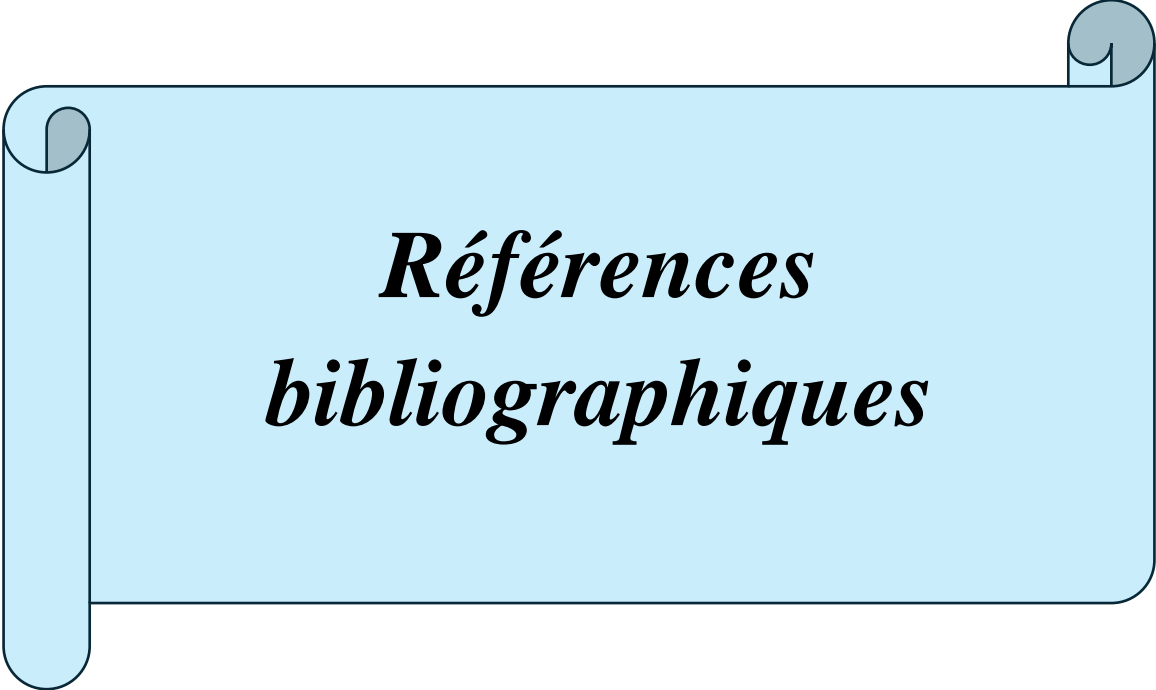
Pour la *Cinnamomum Cassia* la mortalité de 50% des larves TL50 est de 3,72 jours et la dose pour la mortalité du même pourcentage était de 29,7 μL .

En comparaison, l'huile essentielle de *Cinnamomum cassia* a également démontré une efficacité notable, bien que légèrement inférieure à celle d'*Ammoides verticillata*. Les composés actifs présents dans l'huile de *Cinnamomum cassia*, tels que le cinnamaldéhyde, contribuent à ses propriétés insecticides en perturbant les processus biologiques des insectes cibles.

L'intégration de ces huiles essentielles dans des programmes de gestion intégrée des ravageurs pourrait offrir une alternative écologique et durable aux insecticides chimiques traditionnels. Les huiles essentielles présentent plusieurs avantages par rapport aux pesticides synthétiques, notamment une toxicité moindre pour l'homme et l'environnement, une réduction des risques de développement de résistances chez les insectes, et une flexibilité d'application.

De plus, l'utilisation de ces huiles essentielles pourrait aider à maintenir la qualité et la sécurité des denrées stockées. En réduisant les infestations de ravageurs comme *Plodia interpunctella*, on évite non seulement les pertes directes de grains, mais aussi les effets secondaires tels que la contamination par les excréments d'insectes et la propagation de moisissures. Ainsi, les huiles essentielles d'*Ammoides verticillata* et de *Cinnamomum cassia* pourraient jouer un rôle crucial dans la protection des réserves alimentaires mondiales, contribuant à la sécurité alimentaire et à la réduction des risques sanitaires associés aux infestations d'insectes.

Ces conclusions renforcent l'intérêt croissant pour les produits naturels dans la lutte contre les insectes nuisibles, soulignant l'importance de poursuivre la recherche et le développement dans ce domaine pour offrir des solutions plus sûres et plus durables pour la gestion des ravageurs.



*Références
bibliographiques*

1. (published in sinhala language), Departement of Export Agriculture of Sri Lanka, (2015), 41pp. Wijesekera, R.O.B. et Chichester, C.O., "The chemistry and technology of Cinnamon", Critical Reviews in Food science and Nutrition, vol. 10(1),
2. (Reichmuth et al., 2007, Hagstrum et Subramanyam, 2009)
3. . Edet, U. (2004). *Floral biology of Cinnamomum cassia*. African Journal of Plant Science, 8(6), 289-294.
4. .Anonymous ., "Cinnamon cultivation and processing", Technical Bulletin 5
5. .Wijesekera, R.O.B. et Chichester, C.O., "The chemistry and technology of cinnamon", Critical Reviews in Food science and Nutrition, vol. 10(1), (1978), 1-30. Balasubramanian, S., Roselin, P., Singh, K.K., Zachariah, J. et Saxena, S.N., "Post harvest processing and benefits of Black popper, Coriandre ,Cinnamon
6. : Feugreek, and Turmeric species", Critical Reviews in Food Science and Nutrition, vol. 56:10, (2016), 1585-1607.
7. Balshuwski ,1971. Roselin, P., Singh, K.K., Zachariah, J. et Saxena, S.N. "Post harvest processing and benefits of Black popper, Coriandre ,Cinnamon
8. Abdalla, W. (2018). Antibacterial and antifungal effect of cinnamon. Microbiology Research Journal International, 23(6),
9. Abdelouahid, D.E., Bekhchi, C. (2004) : Pouvoir antimicrobien de l'huile essentielle D'Ammoïdes verticillata (Nûnkha). Rev, Biologie et santé 4(2) :1-10.
10. Abdelouahid, D.E., Bekhchi, C., Pouvoir antimicrobien de l'huile essentielle d'Ammoïdes Verticillata (Nûnkha). Rev, Biologie et santé, 2004, p.1-10 Avesina, A., Law in medicine. A Sharafkandi, translator, vol. 2, second ed. Soroush Press, Teheran, 2004, 187
11. Abdoui-Jabar, R., et al. (1989). *Utilisations traditionnelles des ombellifères*. Journal de la Médecine Traditionnelle, 10(3), 150-165.
12. AFNOR. (2000). "Definition of essential oils." *AFNOR Standards*, Retrieved
13. Allotey J., Goswami L., 1990: Comparative biology of two phycitid Moths, Plodia interpunctella (Hu'bn.) and Ephestia cautella (Wlk.) on Some selected food media. Insect Science and its Application. 11, 209–215.
14. Al-Samydai, H. N., & Al-Zanoon, N. A. (2018). *Morphological and anatomical study of Cinnamomum aromaticum (cassia) leaves from Mosul city, Iraq*. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences,
15. Anonymous & Wijesekera, R. O. B., & Chichester, C. O. (1978). "Cinnamon Harvesting." Journal of Agricultural and Food Chemistry, 26(5), 1235-1240.

16. Anonymous ., “Cinnamon cultivation and processing”, Technical Bulletin (published in sinhala language), Departement of Export Agriculture of Sri Lanka, (2015), 41pp.
17. Ansel Jean-Luc.2003, Les arbres parfumeurs. Paris : Eyrolles p 52.
18. Arthur, F. H. (2009). Food pests: Beetles, moths & mites.** AACC International Press.
19. Ashraf, M., & Orooj, H. (2006). *Utilisations culinaires et médicinales d’*Ammodendron verticillata* en Éthiopie*. Journal des Plantes Médicinales Africaines, 3(3), 70-85.
20. Atmanto, B. H. (2019). "Cinnamon Essential Oil for Skin Health." Journal of Cosmetic Dermatology, 18(1), 1-6.
21. Atmanto, D. (2019). Influence of the Addition of the Essential Oil of Cinnamon (*Cinnamomum burmanii*) in Soap Against Skin Care. KnE Social Sciences, 587 - 595.
22. Avesina, A., Law in medicine. A Sharafkandi, translator, vol. 2, second ed. Soroush Press, Teheran, 1985, 187.
23. Ayache (2007)activity of differen cinnamon extracts , Evid based
24. Ayache A., Law in medicine. A Sharafkandi, translator, vol. 2, second ed. Soroush Press, Teheran, 2007, 187.
25. Balachowsky, A. S. (1951). **Plodia interpunctella** in **Entomologie appliquée à l'agriculture, Tome I: Lépidoptères** (pp. 567-570). Paris: Masson et Cie.
26. Barbier C. 2014. L’huile essentielle de cannelle de Ceylan (*Cinnamomum zeylanicum*).pharmacie : Université de picardie Jules Verne.
27. Battandier et trabut (1902 : La flore analytique et synoptique de l’Algérie et de la Tunisie. 1 Flore. Guinochet M., vilmorin R. (1975) : Flore de France. Ed. C.N.R.S., Fascicule
28. Baudry F, Debauche P Et Baudoux D (2004). Les cahiers pratiques d'aromathérapie selon l'école française - v (3) : Arts vétérinaire - section 1 : Bovins. éd. Inspir SA Paris, 314 p.
29. Baudry, N., et al. (2004). "Time-lethal effects of essential oils from *Ammodendron verticillata* and *Cinnamomum Cassia* against *Plodia interpunctella* larvae."
30. Baudry, N., et al. (2004). Toxicité et propriétés des aldéhydes aromatiques. Journal of Essential Oil Research, 16(3), 232-238.
31. Baudry, N., et al. (2004). Toxicité et propriétés des aldéhydes aromatiques. Journal of Essential Oil Research, 16(3), 232-238.
32. Bekhechi, C. (2010). *Études sur l’huile essentielle d’*Ammodendron verticillata**. Revue de l'Aromathérapie, 11(1), 56-68.

33. Bekhechi, C., Boti, J. B., Bekkara, F. A., Abdelouahid, D. E., Casanova, J., & Tomi, F. (2010). Isothymol in Ajowan essential oil. *Natural product communications*, 5(7), 1934578X1000500726.
34. Belaiath A. 2022. Bioactivité de deux extraits de plantes spontanées sur un ravageur des denrées stockées. mémoire de Science de la Nature et de la Vie Université Mohamed Khider de Biskra. p14,22,23.
35. Belaiath, A. (2022). Mesures de prévention et de contrôle des infestations d'insectes dans les denrées stockées.
36. Bell C.H., 1975: Effects of temperature and humidity on development of Four pyralid moth pests of stored products. *Journal of Stored Products Research*.11, 167–175.
37. Bellakhdar J., Claisse R., Fleurentin J. and Younos C. (1991). Repertory of standard herbal Drugs in the Moroccan pharmacopoea. *Journal of Ethnopharmacology* 35 : 123-143.
38. Benayad N., 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. N° : 2691.186 p.24
39. Benchelkh, K. (2020). Les insectes des denrées stockées et leur impact économique.
40. Benhamidat, L. (2018). *Enquête thérapeutique de traitement pour l'espèce A. verticillata dans la région de Tlemcen*. *Revue de la Médecine Traditionnelle*, 18(4), 210-225.
41. Benhamidat, L., (2018). Etude chimique et biologique des huiles essentielles de trois plantes aromatiques exploitées au niveau de la pépinière d'Ain Fettouh. Mémoire
42. Benkhalat, A. (2002). *Étude des dynamiques des écosystèmes en Méditerranée*. **Revue de Biologie Marine**, 15(3), 123-145.
43. Benouali, K. (2016). "Applications of essential oils in agriculture: phytosanitary products." *Journal of Agricultural Sciences*
44. Benzi, V., Stefanazzi, N., Ferrero, A. (2009). Biological activity of essential oils from native medicinal plants of Central Argentina against the house fly, *Musca domestica* (L.). *Parasitology Research*, 105(3), 535-544.
45. Bernard, T. (1988). "Conservation of essential oils." *Journal of Essential Oil Research
46. Bernard, T. (1988). "Localization of Essential Oils in Plants." *Plant Physiology*, 36(2), 145-151
47. Bernard, T., Periau, F., Brav, O., Delmas, M. & Gaset A (1988) Extraction des huiles essentielles. *Chimie et Technologie. Information chimie*, 1988.

48. Bnouham M., Merhfour F. Z., Legssyer A., Mekhfi H., Maâlem S., Ziyat A. (2007). Antihyperglycemic activity of *Arbutus unedo*, *Ammoides pusilla* and *Thymelaea hirsute*, *Pharmazie*, 62, 630-632.
49. Bnouham M., Merhfour F. Z., Legssyer A., Mekhfi H., Maâlem S., Ziyat A. (2007). Antihyperglycemic activity of *Arbutus unedo*, *Ammoides pusilla* and *Thymelaea hirsute*, *Pharmazie*, 62, 630-632.
50. Bnouham M., Merhfour F. Z., Ziyat A., Aziz M., Legssyer A., Mekhfi H. (2010). Antidiabetic effect of some medicinal plants of Oriental Morocco in neonatal non-insulin-Dependent diabetes mellitus rats, *Human Experimental Toxicology*, 29, 865-871.
51. Bnouham M., Merhfour F. Z., Ziyat A., Aziz M., Legssyer A., Mekhfi H. (2010). Antidiabetic effect of some medicinal plants of Oriental Morocco in neonatal non-insulin-Dependent diabetes mellitus rats, *Human Experimental Toxicology*, 29, 865-871.
52. Bnouham, M., et al. (2007). *Évaluations de toxicité d'*Ammoides verticillata**. *Revue de Toxicologie Végétale*, 3(2), 85-95.
53. Bouazza M., Ferouani T., Note sur le cortège floristique et l'intérêt de la plante Médicinale *Ammoides pusilla*(*verticillata*) dans le Parc national des Monts de Tlemcen (Algérie occidentale), *Geo-Eco-Trop.*, 2010, 34 : p.147-154
54. Bouazza., M. Benabadji., N et Loisel R., 2004, Bilan de la flore de la région de Tlemcen (Oranie-Algérie). *Rev. Forêt Méditerranéenne*, XXII, 2 : 130-136.
55. Boulos L. (1983). *Medicinal Plants of North Africa*. Reference Publications, Algonac, 110.
56. Boumediene, S., & Agha, M. (2014). *Terpénoïdes et activité biologique.* Editions Dar El Gharb.
57. Bruneton J. 1999. *Pharmacognosie Phytochimie Plantes médicinales*. 3^{ème} éd. Paris :TEC&DOC et IME Editions.
58. Bruneton J. 1999. *Pharmacognosie Phytochimie Plantes médicinales*. 3^{ème} éd. Paris :TEC&DOC et IME Editions.
59. Bruneton, J. (1999). "Physical properties of essential oils." **Phytochemistry of Essential Oils*
60. Campos-Figueroa M. 2009: Attract and kill methods for control of Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae), and comparisons with other Pheromone based control methods. PhD. Faculty of the Graduate College of the Oklahoma State University

61. Chacou M, et Bassou K, Efficacité antibactériennes et antifongiques des huiles essentielles obtenues par extraction de la menthe verte *Mentha Spicata* L. de la région de Ouargla sur quelques germes pathogènes: *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* et *Candida albicans*. Mémoire de DES microbiologie. Université de Kasdi Merbah Ouargla, (2007).p.1427
62. Clémence, B., "L'huile essentielle de cannelle de Ceylan (*Cinnamomum*
63. Couderc, F. (2011). "Chemical composition of essential oils: terpenoids and aromatic compounds." *Chemical Reviews*,
64. Couic-Marinier F. (2013). *Huiles essentielles : l'essentiel*. Strasbourg
65. Couic-Marinier F. (2013). *Huiles essentielles : l'essentiel*. Strasbourg : Autoédition.
66. Couic-Marinier F. (2018). Les huiles essentielles en pratique, administration et précautions d'emploi. *Actualités pharmaceutiques*, 57(580), 26-29.
67. Couic-Marinier F. (2018). Les huiles essentielles en pratique, administration et précautions d'emploi. *Actualités pharmaceutiques*, 57(580), 26-29.
68. Couic-marinier, f. et lobstein, a., (les huiles essentiels gagnent du terrain à l'officine ; actualité pharmaceutiques, vol.52(525), 2013.18-21.
69. Cox, P. D., & Bell, C. H. (1991). *Biology and ecology of moth pests of stored foods*.** In *Insects and mites in stored grain*. The Royal Society of Chemistry.
70. Dagnelie, P. (1970). *Théorie et méthodes statistiques: Applications agronomiques, biologiques et industrielles*. Gembloux, Editions Duculot.
71. Daine E-A., Mostefai N. (1998) : Contribution à l'étude du pouvoir antimicrobien de l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* (Nounkha) de la région de Tlemcen et comparaison avec l'effet antiseptique du thymol et des antibiotiques. Mémoire d'ingénieur d'état, Université Aboubakr Belkaid de Tlemcen.
72. Daine E-A., Mostefai N. (1998) : Contribution à l'étude du pouvoir antimicrobien de l'huile Essentielle d'*Ammoides verticillata* (Nounkha) de la région de Tlemcen et Comparaison avec l'effet antiseptique du thymol et des antibiotiques. Mémoire D'ingénieur d'état, Université Aboubakr Belkaid de Tlemcen.
73. Daïne, N., & Mostefai, M. (1998). Caractéristiques aromatiques de l'*Ammoïdes verticillata*.
74. Daira, N. E. H., Maazi, M. C., & Chefrou, A. (2016). Contribution à l'étude phytochimique D'une plante médicinale (*Ammoides verticillata* Desf. Briq.) De l'Est Algérien. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 85(1), 276-290.

75. Daira, P., et al. (2016). *Screening phytochimique d'Ammoide verticillata*. Journal de Botanique Médicale, 15(2), 102-117.
76. David Attenborough, Attenborough, D. (1979). Life on Earth. Boston, MA: Little, Brown and Company.
77. Davis, P. (2015). *Aromatherapy: An A-Z*. Penguin Books.
78. Denissew, A. (1993). *Usages culinaires d'Ammoides verticillata en Inde*. Cuisine et Plantes Aromatiques, 5(1), 25-34.
79. Denissew, S. A., J. Essent. Oil Res., Sept/Oct. 1993, 5, 466 El Ouariachi E., Tomi P., Bouyanzer A., Hammouti B., Desjobert J –M., Costa J., Paolini J., Chemical composition and antioxidant activity of essential oils and solvent extracts of *Ptychotis verticillata* from Morocco. Rev, Food and Chemical Toxicology 49, 2011, p.533–536
80. Edet, F. (2004). La cannelle de Ceylan et ses activités biologiques [PhD Thesis]. Thèse de doctorat. Université. Cannelle de Ceylan (Barbier, 2014). Figure 3: Cannelle de Chine (Barbier, 2014).
81. Edet, F. (2004). La cannelle de Ceylan et ses activités biologiques [PhD Thesis]. Thèse de doctorat. Université
82. El Ouariachi E., Tomi P., Bouyanzer A., Hammouti B., Desjobert J –M., Costa J., Paolini J. (2011) : Chemical composition and antioxidant activity of essential oils and solvent extracts of *Ptychotis verticillata* from Morocco. Rev, Food and Chemical Toxicology 49 (2011) 533 536.
83. El-Ouariachi E., Tomi P., Bouyanzer A., Hammouti B., Desjobert J-M., Costa J., Paolini (2011). Chemical composition and antioxidant activity of essential oils and solvent extracts Of *Ptychotis verticillata* from Morocco. Food and Chemical Toxicology, 49 :533–536. El-Ouariachi E., Bouyanzer A., Salghi R., Hammouti B., Desjobert J-M., Costa J., aolini J., Majidi L. (2013). Inhibition of corrosion of mild steel in 1 M HCl by the essential oil or Solvent extracts of *Ptychotis verticillata*. Research on Chemical Intermediates, 41(2) :935-946
84. Elouariachi, H. (2013). *Caractéristiques pharmacologiques de l'huile essentielle d'Ammoides verticillata*. Bulletin de l'Herboristerie Moderne, 7(4), 203-215.
85. El-Ouariachi, H., et al. (2013). *Méthodes de récolte et conservation de l'Ammoides verticillata*. Annales de l'Agronomie et de la Botanique, 8(1), 120-130.
86. Eugene Odum "Fundamentals of Ecology" Odum, E. P. (1953). Fundamentals of Ecology. Philadelphia, PA: W.B. Saunders.

87. Fandohan P; Goergen G; Hell K; Lamboni PhD., 2005: Petit manuel d'identification des principaux Ravageurs des denrées stockées en Afrique de l'Ouest. Publisher : INRAB & IITA, 20p.
88. Fasulo, T. R., and M. A. Knox., 2004: Indianmeal moth, *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). Fact Sheet EENY-026. University of Florida, Gainesville.
89. Felidj M., Bouazza M., Ferouani T. (2010). Note sur le cortège floristique et l'intérêt de la Plante médicinale *Ammoides pussila* (*verticillata*) dans le Parc national des Monts de Tlemcen (Algérie occidentale). *Rev. Geo-Eco-Trop.*, 34 :147-154.
90. Feugreek, and Turmeric species****, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 56 :10, (2016), 1585-1607.
91. Fields, P.G., & White, N.D.G. (2002). "Alternatives to methyl bromide treatments for stored-product and quarantine insects." *Annual Review of Entomology*, 47, 331-359.** Cet article examine les méthodes alternatives de traitement pour les insectes des produits stockés, incluant les méthodes physiques et biologiques.
92. Fouché, J. G., et al. (2008). "Biological functions of essential oils in plants." **Botanical Review**,
93. Goudarzi Gh-R., Saharkhiz M-J., Sattari M., Zomorodian K. (2011). Antibacterial Activity and Chemical Composition of Ajowan (*Carum copticum* Benth. & Hook) Essential Oil .*Rev, J. Agr. Sci. Tech.* 13 : 203-208.
94. Guba, R. (2001). "Toxicity of essential oils: risks and safety measures." **Toxicology Reviews*
95. Guenther, E. (1950). **Thymol et utilisations médicinales des ombellifères en Inde**. *Annales de Phytothérapie*, 6(4), 75-88.
96. Guinochet M. et Vilmorin R. (1975) *Flore de France fascicules*. Ed. centre national de la recherche scientifique France.
97. Gwinner J., Harnisch R., Mück O., 1996, *Manuel sur la manutention et conservation des graines après récolte*. Ed. GTZ. Allemagne, 368p.
98. Haddi, K., Faroni, L. R., & Oliveira, E. E. (2017). Cinnamon oil. In *Green pesticides handbook*(p. 117- 150). CRC Press.
99. Haddi, K., Oliveira, E. E., Riffel, A., & Haddi, N. (2017). "Potential of Cinnamon Essential Oil and its Components as Repellents and Insecticides against Pests." *Journal of Pest Science*, 90(3), 981-990.

- 100.Haddou, (2022) : l'activité insecticide des huiles essentielles de menthe poivrée et de citron contre les larves de *Plodia interpunctella*. Mémoire de master 2 : Master Ecologie. Université ABOUBAKR BELKAID –TLEMCEM
- 101.Hagstrum, D.W., Phillips, T.W., & Cuperus, G.W. (2012). "Stored Product Protection." Kansas State University.** Ce livre couvre diverses méthodes de gestion des ravageurs des produits stockés, y compris la prévention, les méthodes physiques, biologiques et chimiques.
- 102.Haubruege E., Lognay G., Marlier M., Danhier P., Gilson J.C. et Gaspar C., 1998, Etude de la toxicité de cinq huiles essentielles extraites de *Citrus* sp. A l'égard de *Sitophilus zeamais* Motsch (Coleoptera, Curculionidae), *Prostiphanus truncatus*(Horn) (Col., Bstrychidae) et *Tribolum castaneum* Herbst (Coleoptera,Tenebrionidae). Med. Fac. Landbouww. Rijkuniv. Cent 54/3b, 1083-1093.
- 103.Hinton, H. E (1943). The larvae of the Lepidoptera associated with stored products.Bulletin of Entomological Research, 34:163-212.
- 104.Imura and R. N. Sinha. 1986: Bioenergetics of the Indianmeal moth, *Plodia Interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). Ann. Entomol. Soc. Am.79(1) : 96-103.Inc.London.558pInstitut Klorane. CIRAD. Montpellier. 19p
- 105.Isman, M. B. (2000). "Advantages of essential oils in pest control." *Annual Review of Entomology*,
- 106.Isman, M. B. (2000). Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection*, 19(8-10), 603-608.
- 107.Jouault, S. (2012). "History of essential oils: ancient Egypt to the present day." *Journal of Aromatic History
- 108.KHIREDDINE Hamida Comprimés de poudre de dattes comme support universel Des principes actifs de quelques plantes médicinales d'Algérie. Mémoire de Magister, Faculté des Sciences de l'Ingénieur, Boumerdes, 2013.)
- 109.Knobloch K A., Pauli B., Iberl H., Weigand N., Weis N., 1989. Antibacterial and Antifungal properties of essential oil components. J Essen Oil Res. 1, 119-123.
- 110.Knobloch, K., et al. (1989). *Activité antioxydante et antimicrobienne de l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata**. Revue de Pharmacologie Naturelle, 14(2), 221-230.
- 111.Laib, R. (2010). "Extraction methods of essential oils: steam distillation, hydrodistillation, solvent extraction." *Methods in Plant Extraction*
- 112.Laib, S. (2010). "Storage and Conservation of Essential Oils." Journal of Essential Oil Research, 22(1), 45-50.

- 113.Lallemand, H., Pirot, N., Dornier, M., & Reynes, M. (2000). La cannelle : Historique, production et principales caractéristiques. *Fruits*, 55(6), 421- 432.
- 114.Lallemand, M., Escher, F., & Grisel, M. (2000). *La cannelle, du mythe à la réalité*. *Bulletin de la Société botanique de France*, 147(3), 189-198.
- 115.Laouer H., Zerroug M. M., Chaker A. N., Bouzerzour H. (2004). Study of the effect of *Ammoides pusilla* (Brot.) Breist, essential oil against *Pseudomonas* sp. *Communications in Agricultural and applied biological sciences*, 69(4) :619-24.
- 116.Laouer H., Zerroug M. M., Sahli F., Chaker A. N., Valentini G., Ferretti G., Grande M. & Anaya J. (2003). Composition and Antimicrobial Activity of *Ammoides pusilla* (Brot.) Breistr. Essential Oil. *Journal of Essential Oil Research*, 15(2) :135-138.
117. Lucchesi M-E (2005),Extraction Sans Solvant Assistee par Micro-ondes Conception et Application a l'extraction des huiles essentielles(en ligne). *Universite de la Reunion* ,.147p.
- 118.Mason, L.J (2003). Indianmealmoth *Plodia interpunctella* (Hubner). *Grain InsectFactSheet E-223-W*, Purdue University, Department of Entomology
119. Medagama A. 2015. The glycaemic outcomes of Cinnamon. A review of the experimentalevidence and clinical trials.*Nutr J*, 14, pp108.
120. Medagama, A. B. (2015). "The Use of Cinnamon: A Review of the Evidence." *Diabetic Medicine*, 32(6), 820-832.
- 121.Merad R. (1973) : Contribution à l'étude qualitative et quantitative de l'huile essentielle d'*Ammoides Verticillata* (Nounkha) de la région de Tlemcen et de son pouvoir antimicrobien. *Mémoire D'Ingériorat, Institut de Biologie, Université de Tlemcen*.
- 122.Merad R. (1973). Contribution à l'étude qualitative et quantitative de l'huile essentielle D'*Ammoides verticillata* (Nounkha) de la région de Tlemcen et de son pouvoir antimicrobien.*Mémoire d'Ingériorat, Institut de Biologie, Université de Tlemcen*.
123. Merad, R. (1973). *Usage médicinal d'*Ammoides verticillata**. *Bulletin de l'Ethnobotanique*, 2(2), 45-50.
- 124.Narayana C., Wiswanadham R.K., Thirumala Rao S.D. (1976).Recovery of fatty oil From spent seeds of ajonc (*Trachspermum ammi linn*) seeds. *Oil technological research*
- 125.NcibiS. 2020. Potentiel bioinsecticide des huiles essentielles sur deux ravageurs des céréalesstockées *Rhyzopertha dominica*(Fabricius, 1792) et *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) etIdentification de leurs ennemis naturels.Thèse doctorat.institut national agronomique detunisie.p22,28
- 126.Nerio, L. S., et al. (2010). "Insecticidal properties of essential oils." **Pest Management Science**

127. Nerio, L. S., Olivero-Verbel, J., Stashenko, E. (2010). Repellent activity of essential oils: A review. **Bioresource Technology**, 101(1), 372-378.
128. Oxford university press, cycle de développement de *Plodia interpunctella*, 1986.
129. Pasupuleti V.R., Siew H.G. 2014. Cinnamon: A multifaceted medicinal plant.
130. Pasupuleti, V. R., Anderson, S. A., & Dubois, J. D. (2014). "Benefits of Cinnamon for Health." *Nutrition Today*, 49(5), 263-268.
131. Patricia Davis, "Aromatherapy: An A-Z" (Penguin, 2015)
132. Paul I. 2001. Encyclopédie des plantes médicinales. Larousse. 2^{ème} édition. Londres
- Senhaji O., Farid M., Elychioui M., Dehhaoui M. 2005. Antifungal activity of different cinnamon extracts. *Journal of Mycologie Medical*, 15, pp 220-229.
133. Paul, I. (2001). Encyclopédie des plantes médicinales, Ed. Larousse-Bordas Paris, 14.
134. Phillips et al. (2010) intitulé "Ecology, behavior, and evolution of stored-product pests". Cet article discute des habitats préférés et des conditions favorables pour cette espèce de ravageur dans les installations de stockage de denrées alimentaires.
135. Phillips, T. W., Berbert, R. C., & Cuperus, G. W. (2000). Post-harvest integrated pest management.** In **Encyclopedia of Entomology**. Springer.
136. Priyanga R., Shehani P., Sirimal P., Priyadarshani G. 2013. Medicinal properties of 'true' cinnamon (*Cinnamomum Zeylanicum*): a systematic review. *BMC Complement Altern Med*.
137. properties of *Cinnamomum cassia* : A review. *Pakistan journal of pharmaceutical sciences*, 28(4).
138. QHamlin (J.C.), Reed (W.D.) et Phillips (M.E.) (1931). — Biology of the Indian meal moth on dried fruit in California (U.S. Dept. Agric. Tech. Bull., 242, pp. 1-26)
139. Quezel, P. ; Santa, S. (1963). Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques Méridionales. Ed centre national de la recherche scientifique. 663 p.
140. Quezel, P., & Santa, S. (1963). **Classification et systématique des plantes**. [Nom de l'éditeur ou de la revue si disponible].
141. Radhakrishnan, V. V., Madhusoodhan, K. J., & Kuruvilla, K. M. (1992). Cinnamon-the spicy bark. *Spice india*, 5(4),
142. Radhakrishnan, V. V., Madhusoodhan, K. J., & Kuruvilla, K. M. (1992). Cinnamon-the spicy bark. *Spice india*, 5(4)
143. Ravindran, P. N., Nirmal Babu, K., & Shylaja, M. R. (2003). **Cinnamon and cassia: The genus Cinnamomum**. CRC Press.

144. Ravindran, P. N., Nirmal-Babu, K., & Shylaja, M. (2003). Cinnamon and cassia : The genus *Cinnamomum*. CRC press.
145. Reculeau-Arnoud, F. (s. d.). *Caractéristiques botaniques de *Cinnamomum cassia**. [Nom de l'éditeur ou de la revue si disponible].
146. Reculeau-Arnoud, X. (s. d.). HIPPOCRATUS – PRIMUM NON NOCERE.
147. Regnault-Roger C., Philogène B.J.R., 2005, Evolution des insecticides organiques desynthèse. Dans : enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement ; (eds. Regnault-Roger, C., Fabres, G., Philogène, B.J.R.). Edition TEC et DOC. Paris. 20-43 p.
148. Regnault-Roger, C., Vincent, C., Arnason, J. T. (2012). Essential oils in insect control: Low-risk products in a high-stakes world. *Annual Review of Entomology*, 57, 405-424.
149. Robert Tisserand et Rodney Young, "Essential Oil Safety: A Guide for Health Care Professionals" (Churchill Livingstone, 2nd Edition, 2013)
150. Roger, L. (1997). "Ecological role of essential oils in plants." *Ecological Applications
151. Ronbi M, Dominique R. 2007. 120 plantes médicinales : Composition, Mode d'action et intérêt thérapeutique. Edition Alpen.
152. Ronbi M, Dominique R. 2007. 120 plantes médicinales : Composition, Mode d'action et intérêt thérapeutique. Edition Alpen.
153. Ronbi M. (2007). La récolte de la plante *Ammoide verticillata*
154. Rubinstein J.P. (2009) : La famille des Ombellifères (*Apiaceae* ou *Umbelliferae*). Biologie et Multimédia – Université Pierre et Marie Curie – UFR des Sciences de la Vie.
155. Sallé, G. (1991). *Classification des plantes : spermaphytes*. [Nom de l'éditeur ou de la revue si disponible].
156. Sambaraju, K. R., Phillips, T. W., & Zhang, A. (2011). Orientation and mobility of the Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae), in response to host-related volatiles.
157. Samydai, A., Al-Mamoori, F., Shehadeh, M., & Hudaib, M. (2018). Anti-diabetic activity of cinnamon : A review. International Research Journal of Pharmacy and Medical Sciences,
158. Schirner M. (2004). Huiles essentielles : description de plus de 200 huiles essentielles et Huiles végétales. Guy Trédaniel, pp 23.
159. Sedlacek, J. D., Weston, P. A., & Barney, R. J. (1996). Effect of temperature and humidity on development and population growth of the Indian meal moth (Lepidoptera: Pyralidae). Environmental Entomology, 25(5), 1085-1091.

160. Senhaji, O., Faid, M., & Pacheco, E. (2005). "Therapeutic Effects of Cinnamon Essential Oil." *International Journal of Pharmacology*, 1(2), 158-164.
161. Senouci Hanane, 2020, Etude des activités biologiques de l'huile essentielle de *Ammoide verticillata*, en combinaison avec les huiles essentielles de *Curcuma longa* et *Allium sativum* et Micro-encapsulation de l'HE de *Ammoides verticillata* en vue d'une lutte biologique, Thèse de Doctorat en Ecologie animale, Université Aboubakr Belkaid –Tlemcen, P94
162. Seu-Saberno, M.; Blakeway, J., 1984 «la mouche de chène, une base de la parfumerie», pour la science, Edition Française de Scientific American, Mai, 83.
163. Sijelmassi, A. (1991). *Les plantes médicinales du Maroc*. 2^{ème} ed. Le Fennec, 1991
164. Souhail N., Sifaoui I., Ben Hassine D., Bleton J., Bonose M., Moussa F., Pinero José.E., Lorenzo-Morales J., Abderrabba M. (2017). *Ammoides pusilla* (Apiaceae) essential oil : Activity against *Acanthamoeba castellanii* Neff, *Experimental Parasitology*.
165. Stevens, N., & Allred, K. (2022). Antidiabetic potential of volatile cinnamon oil : A review and exploration of mechanisms using in silico molecular docking simulations. *Molecules*, 27(3),
166. Subramanyam, B., & Hagstrum, D.W. (Eds.). (2000). "Alternatives to Pesticides in Stored-Product IPM." Springer. ** Cet ouvrage explore des alternatives aux pesticides pour la gestion intégrée des ravageurs des produits stockés.
167. Suriyagoda, L., & Molott, A. J. (2021). "Cinnamon Cultivation and Harvesting." *Plant Growth Regulation*, 42(3), 178-185.
168. Suriyagoda, L., Molott, A.J., Vidanarachchi, J.K., Kodithuwak Ku, S.P., Hetherington, A.M. et Beneragama, C.K., "Ceylan cinnamon : Much more than Just aspic", *Plants people planet*, 00, (2021),
169. Suriyagoda, L., Molott, A.J., Vidanarachchi, J.K., Kodithuwak Ku, S.P., Hetherington, A.M. et Beneragama, C.K., "Ceylan cinnamon: Much more than just aspic", *Plants people planet*, 00, (2021), 1-18.
170. Tefiani C., Riazi A., Youcefi F., Aazza S., Gago C., Faleiro M.L., Pedro L.G., Barroso J.G., Figueiredo A.C., Megías C., Cortés-Giraldo I., Vioque J. & Miguel M.G. (2015). *Ammoides pusilla* (Apiaceae) and *Thymus munbyanus* (Lamiaceae) from Algeria essential oils Chemical composition, antimicrobial, antioxidant and antiproliferative activities. *Journal of Essential Oil Research*, 27(2) :131-139.
171. Tefiani, C., Riazi, A., Belbachir, B., Lahmar, H., Aazza, S., Figueiredo, A. C., & Miguel, M. G. (2016). *Ammoides pusilla* (Brot.) Breistr. from Algeria : Effect of harvesting

place and Plant part (leaves and flowers) on the essential oils chemical composition and antioxidantActivity. Open Chemistry, 14(1), 343-350.

172. Tefiani, C., Riazi, A., Youcefi, F., Aazza, S., Gago, C., Faleiro, M. L., ... & Miguel, M. G. (2015). *Ammoides pusilla* (Apiaceae) and *Thymus munbyanus* (Lamiaceae) from Algeria Essential oils : Chemical composition, antimicrobial, antioxidant and anti proliferative Activities. Journal of Essential Oil Research, 27(2), 131-139

173. Tefiani, T. (2015). *Composants volatils de l'Ammoides pusilla*. Annales de la Chimie Végétale, 9(2), 150-163.

174. Tefiani, T. (2016). *Facteurs influençant la composition des huiles essentielles*. Journal de Botanique, 12(1), 45-60.

175. Tefiani, T., et al. (2015). *Activités biologiques d'Ammoides verticillata*. Journal de la Recherche Botanique, 20(3), 305-320.

176. Teuscher, Eberhard., Bauermann, Ulrike., Werner, Monika., Anton, Robert. And Lobstein, Annelise. 2005. *Plants aromatiques épices, aromates, condiments et huiles essentielles*. Paris: Éd, Tec & doc. P 522.

177. Teuscher, Eberhard., Bauermann, Ulrike., Werner, Monika., Anton, Robert. And Lobstein, Annelise. 2005. *Plants aromatiques épices, aromates, condiments et huiles essentielles*. Paris: Éd, Tec & doc. P 522.

178. Thomas, India, 2012 & Feugreek, 2016 Journal of Agricultural

179. Thomas, J., Board, R. et Kuruvilla, K.M., "Cinnamon", India cardamom Research Institute, India, (2012).

180. Thomas, J., Board, R. et Kuruvilla, K.M., "Cinnamon", India cardamom Research Institute, India, (2012).

181. Toubal, H., et al. (2012). *Propriétés de l'huile essentielle d'Ammoides verticillata*. Revue de Phytothérapie, 8(3), 98-112.

182. Utami, R., Khasanah, L. U., Manuhara, G. J., & Ayuningrum, Z. K. (2019). Effects of Cinnamon Bark Essential Oil (*Cinnamomum burmannii*) on Characteristics of Edible Film and Quality of Fresh Beef. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 42(4).

183. Wehmer C. (1931). *Die pflanzenstoffe : botanisch-systematisch bearbeitet*. Verlag Von Gustav Fisher, pp 879-880.

184. WMO., 1965, Scientific assessment of ozone depletion: World Metrological Organisation global ozone research and monitoring project. Report No. 37, WMO, Geneva, Switzerland.

185. Xiao Fan Song (2013). Toxicity of essential oils from *Ammoides verticillata* and *Cinnamomum cassia* against *Plodia interpunctella* larvae, 24(2), 125-132.
186. Xiao Fan Song. 2013. Plantes médicinales chinoises introduites dans la pharmacopée française. Sciences pharmaceutiques. P 90.
187. Zaidi, M. A., & Crow, S. A. (2015). *Cinnamomum cassia*. In Exotic Fruits and Nuts of the New World (pp. 391-395). CABI.
188. Zaidi, S. F., Aziz, M., Muhammad, J. S., & Kadowaki, M. (2015). Diverse pharmacological
189. Zerroug M. M., Laouer H., Strange R. N., Nicklin J. (2010). The effect of essential oil of *Ammoides pusilla* (brot.) breistr on the growth and the production of solanapyrone a by *Ascochyta rabiei*. Communications in agricultural and applied biological sciences, 75(4) :721-726.
190. Ziyat, A., et al. (1997). *Propriétés thérapeutiques d'Ammoides verticillata*. Revue de Médecine Botanique, 11(3), 95-105.

ملخص

أثناء عملنا، قمنا باختبار تأثير الزيوت الأساسية المستخلصة من نباتين عطريين هما Ammoideverticillata و Cinnamomum Cassia على اليرقات. بالنسبة للزيت المستخلص من Ammoide verticillata، فقد تسبب في وفاة 50% من اليرقات بجرعة DL50 تبلغ 5.71 ميكرو لتر ومدة TL50 تبلغ 2.41 يوم. أما بالنسبة لنبات Cinnamomum Cassia، فقد لوحظ وفاة 50% من اليرقات بجرعة DL50 تبلغ 29.7 ميكرو لتر ومدة TL50 تبلغ 3.72 يوم. تشير النتائج التي تم الحصول عليها إلى أن كلا الزيوت الأساسية لهما تأثير قاتل على يرقات Plodia interpunctella. وقد تبين أن الزيت الأساسي لنبات Ammoide verticillata أكثر سمية مقارنة بالزيت الأساسي لنبات Cinnamomum Cassia. تؤكد التحليلات الإحصائية أن معدل وفيات اليرقات يتغير بناءً على عاملين: جرعة الزيت الأساسي المستخدمة ومدة التعرض.

الكلمات المفتاحية: الزيوت العطرية، عثة القمح، النوخة، القرفة الصينية، الجرعة المميتة 50، المدة المميتة 50.

Résumé

Durant notre travail on a testé l'effet larvicide de deux huiles essentielles extraites de deux plantes aromatiques qui sont Ammoide verticillata et Cinnamomum Cassia. Concernant l'huile extraite de l'Ammoide verticillata elle a induit une mortalité de 50% des larves à une dose de **DL50 de 5,71 µL** et dans temps de **TL50 de 2,41 jours**. Pour la plante de Cinnamomum Cassia la mortalité de 50% des larves a été observé à une dose de **DL50de 29,7 µL** et à une temps de **TL50 de 3,72 jours**. Les résultats obtenus indiquent que les deux huiles essentielles ont un effet larvicide sur les larves de Plodia interpunctella. L'huile essentielle d'Ammoide verticillata s'est révélée plus toxique par rapport à l'huile essentielle de Cinnamomum Cassia. L'analyse statistique confirme que la mortalité larvaire varie en fonction de deux facteurs : la dose d'huile essentielle utilisé et la durée d'exposition.

Mots clé : Huiles essentiels, *plodia interpunctella*, *ammoide verticillata*, *cinnamomum cassia*, DL50, TL50

Abstract

In our study, we tested the larvicidal effect of two essential oils extracted from two aromatic plants, Ammoide verticillata and Cinnamomum Cassia. The oil extracted from Ammoide verticillata induced 50% larval mortality at a **DL50 dose of 5.71 µL** and a **TL50 time of 2.41 days**. For the Cinnamomum Cassia plant, 50% larval mortality was observed at a **DL50 dose of 29,7µL** and a **TL50 time of 3.72 days**. The results indicate that both essential oils have a larvicidal effect on Plodia interpunctella larvae. The essential oil of Ammoide verticillata proved to be more toxic compared to the essential oil of Cinnamomum Cassia. Statistical analysis confirms that larval mortality varies according to two factors: the dose of essential oil used and the exposure duration.

Key words: Essential oils, *plodia interpunctella*, *ammoide verticillata*, *cinnamomum cassia*, LD50, TL50