



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université de Tissemsilt



Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme
De Master académique en

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Protection des écosystèmes

Présenté par :

BOUSSOUAR Oussama

TEIRI Zohra

Thème

**L'activité insecticide de l'huile essentielle de *Ammoides
Verticillata* sur les larves du *Trogoderma* des grains (*Trogoderma
granarium*) dans la région de Tissemsilt**

Soutenu le , **22 / 06 /2022**

Devant le Jury :

CHAHBAR Mohamed	Président	M.C.A	Univ-Tissemsilt
BOUNOUIRA Yassine	Encadrant	M.C.B	Univ-Tissemsilt
BOUKIRAT Dyhia	Examinatrice	M.C.B.	Univ-Tissemsilt
CHOUHIM Kadda Amine	Co- Encadrant	M.A.A.	Univ-Tissemsilt

Année universitaire : 2021-2022



Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

La première Personne que nous tenons à remercier est notre encadrant Dr. BOUNOUIRA Yassine, maître de conférences B à l'université de Tissemsilt, Faculté des sciences et de la technologie, pour l'orientation, la confiance, la patience qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port.

Nous tiens à remercier M. CHOUHIM Kadda Amine Maître-Assistant Classe A à l'université de Tissemsilt, Faculté des sciences et de la technologie, notre Co- Encadrant qui a aimablement accepté de contribuer ce travail.

Toutes nos considérations à l'égard de Dr. CHAIBAR Mohamed Maître de conférence Classe A à l'université de Tissemsilt, Faculté des sciences et de la technologie, qui nous avons fait l'honneur de juger le présent travail.

Nos plus vifs remerciements vont à Dr. BOUKIRAT Dyhia Maître de conférence Classe B à l'université de Tissemsilt, Faculté des sciences et de la technologie qui a bien voulu accepter d'être membre du jury et de nous faire l'honneur d'examiner ce travail.

Nous tenons aussi à exprimer nos profondes reconnaissances à l'équipe du laboratoire qui nous permis de réaliser ce mémoire dans les meilleurs conditions.

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

Dédicaces

Je dédie ce travail et ma réussite à :

A tous ceux qui me sont chers

*Mes très **chers parents** que Dieu les protège*

*Ma petite famille, **mon mari** qui m'a beaucoup encouragée, et **mes deux enfants***

Qui ont partagées avec moi les moments difficiles de ce travail

Mes sœurs et mes frères

Toute ma famille et ma belle famille

A tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail

Zohra

Dédicaces

Je dédie ce travail et ma réussite à :

*Qui ne m'épargne jamais tous que j'ai besoin, qui a sacrifié sa vie afin de me voir grandir et réussir dans ma vie, à **mon Père** et*

***ma Mère** qui est toujours vivante dans mon cœur*

Mes frères, ma sœurs, et toute ma famille avec mes

Sentiments de respect

Mes professeurs qui ont contribué à ma

formation. À tous mes amis et tous ceux qui

me sont chers...

Mes amies et tous mes collègues de la promotion.

Et ensuite à tout qui m'assiste dans ma vie et m'éclairer la

Route de réussite

Oussama

Liste des abréviations

Qx/ha : Quintaux par Hectare

DSA : Direction des services agricoles

CCLS : Coopératives de Céréales et de Légumes Secs

UCA : Unions de Coopératives Agricoles

HE : Huile Essentielle

DPPH : 2, 2 diphényle- 1- picryl hydruazul

DRE : Schéma directeur de la wilaya

OEPP : Code identificateur utilisé par l'organisation européenne 2 et méditerranéenne pour la protection des plantes

GC-MS : Chromatographie en phase gazeuse couplée à une spectrométrie de masse

PR (%) : Pourcentage de réplétion

µl : microlitre.

CI 50 : Concentration létale de 50 % de la population

CI 90 : Concentration létale de 90 % de la population

Liste des figures

Figure 1 : Coupe longitudinale d'un grain de blé	5
Figure 2 : Distribution de <i>T. granarium</i> dans le monde	9
Figure 3 : Différents stades de développement de <i>Trogoderma granarium</i>	12
Figure 4 : Description d' <i>Ammoides verticillata</i>	14
Figure 5 : Situation générale de la wilaya de Tissemsilt.....	25
Figure 6 : Carte géologique de la Wilaya de Tissemsilt.....	26
Figure 7 : Evolution des précipitations annuelles (1984-2018)	28
Figure 8 : Moyennes des précipitations mensuelles de la période (1984-2018).....	28
Figure 9 : Variation des moyennes mensuelles des températures de la période (1984-2018).....	29
Figure10 : Diagramme ombrothermique de la wilaya de Tissemsilt (1984-2018).....	30
Figure 11 : Climagramme pluviothermique d'Emberger (Q2) de la période (1984-2018) Station de Ain Bouchekif (Tiaret).....	31
Figure12 : conservation des larves <i>Trogoderma Granarium</i>	32
Figure13 : Appareil d'hydrodistillation de type Clevender.....	33
Figure 14 : Test de mortalité d'huile essentielle d' <i>Ammoides verticillata</i> sur les larves de <i>Trogoderma granarium</i>	35
Figure 15 : Test de répulsion des huiles essentielles.....	36
Figure 16 : Taux moyens de répulsion des larves de <i>Trogoderma granarium</i> pour l'huile essentielle de d' <i>Ammoides verticillata</i> en fonction des doses.....	38
Figure 17 : Taux moyen de mortalité des larves de <i>Trogoderma granarium</i> traités par l'huile essentielle d' <i>Ammoides verticillata</i> en fonction des doses et de la durée d'exposition.....	41
Figure18 : Moyennes marginales estimées de la mortalité des larves de <i>Trogoderma granarium</i>	43

Liste des tableaux

Tableau 1 : Taxonomie des céréales.....	6
Tableau 2 : Insectes les plus fréquents rencontrés sur les céréales stockées en Algérie.....	8
Tableau 3 : La classification systématique de <i>Trogoderma granarium</i>	10
Tableau 4 : Classification botanique d' <i>Ammoides Verticillata</i>	16
Tableau 5 : Enquête thérapeutique d' <i>Ammoides verticillata</i>	17
Tableau 6 : stations météorologiques étudiées (ancienne et nouvelle période).....	27
Tableau7 : Indice d'aridité de Martonne.....	30
Tableau 8 : Quotient pluviothermique d'Emberger.....	30
Tableau 9 : la composition chimique de l'huile essentielle d' <i>ammoides verticillata</i>	34
Tableau 10 : pourcentage de répulsion selon le classement de MC Donald et <i>al.</i> , (1970).....	37
Tableau11 : l'effet répulsif l'huile essentielle d' <i>ammoides verticillata</i> sur les larves de <i>Trogoderma granarium</i>	39
Tableau12 : Test ANOVA pour la mortalité des larves de <i>Trogoderma granarium</i> traitées avec L'huile essentielle d' <i>Ammoides verticillata</i> à 00 µL, 1, 2, 4 et 8µL.....	39
Tableau13 : Susceptibilité de populations des larves <i>Trogoderma granarium</i> aux différentes concentrations de l'huile essentielle d' <i>Ammoides verticillata</i>	40
Tableau14 : Valeurs estimées des concentrations létales après traitement par L'huile essentielle d' <i>Ammoides verticillata</i> sur les larves de <i>Trogoderma granarium</i>	42

Remerciements	I
Dédicaces	II
Liste des abréviations	IV
Liste des figures	V
Liste des tableaux	VI

Sommaire

Introduction générale.....	1
-----------------------------------	----------

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I. Le blé.....	3
I.1. Taxonomie du blé.....	3
I.2. Description morphologique.....	4
I.2.1. L'appareil végétatif	4
I.2.1.1. Le système racinaire.....	4
I.2.1.2. Le système aérien.....	4
I.2.2. L'appareil reproducteur	4
I.2.3. Le grain.....	4
I.3. Production du blé.....	6
I.3.1. Dans le monde.....	6
I.3.2. En Algérie.....	6
I.4. Le stockage actuel des céréales en Algérie.....	7
I.5. Principaux ravageurs des denrées stockées.....	8
II. Le Trogoderme (<i>Trogoderma granarium</i>).....	8
II. 1. Position systématique.....	10
II. 2. Cycle de morphologie et d'évolution.....	10
II.2.1. Œufs.....	10
II. 2.2. Larve.....	10
II.2.3. Nymphe.....	11
II.2.4. Adulte.....	11
II.3. Nocivité.....	12
II.4. Les méthodes de lutte contre les ravageurs des denrées stockés.....	12
II.4.1. La lutte chimique.....	12
II.4.2. La Lutte physique et mécanique.....	13

II.4.3. La Lutte biologique.....	13
III. <i>Ammoides verticillata</i>.....	14
III.1. Répartition géographique.....	14
III.1.1. Dans le monde.....	14
III.1.2. En Algérie.....	14
III.2. Composition chimique.....	15
III.3. Présentation de la plante.....	15
III.3.1. Description botanique.....	15
III.3.2. Nomenclature.....	15
III.3.3. Classification botanique.....	16
III.4. Utilisation de la plante.....	16
III.4.1. Usage thérapeutique.....	16
III.4.2. Usage culinaire.....	17
IV. Les huiles essentielles.....	18
IV.1. Définition des huiles essentielles.....	18
IV.2. Propriétés physiques et chimiques des huiles essentielles.....	18
IV.3. Composition chimique des huiles essentielles.....	19
IV.3.1. Les Terpénoides (C ₅ H ₈).....	19
IV.3.2. Les composés aromatiques.....	20
IV.3.3. Les composés d'origine diverses.....	20
IV.4. Les activités biologiques des huiles essentielles dans la protection des cultures.....	21
IV.4.1. Activité insecticides des huiles essentielles.....	21
IV.4.1.1. Répulsifs.....	21
IV.4.1.2 Anti-appétant.....	22
IV.4.1.3. Toxicité.....	22
IV.4.1.4. Retardateurs de croissance et inhibiteurs de développement.....	22
IV.4.1.5. Attractants.....	23
IV.4.2. Activité antibactérienne.....	23
IV.4.3. Activité antifongique.....	24
IV.4.4. Activité antioxydant des huiles essentielles.....	24
IV.4.5. Activité antiparasitaire.....	24
IV.4.6. Activité antivirales.....	24

Chapitre II : Matériel et méthodes

Partie I : Zone d'étude.....	25
1. Objectives de travail.....	25
2. Présentation de la zone d'étude.....	25
2.1. Situation géographique.....	25
2.2. Situation géologique de la région étudiée.....	26
2.3. Caractéristiques climatiques.....	27
2.3.1. Précipitations.....	27
2.3.2. Températures.....	29
2.3.3. Synthèse bioclimatique.....	29
2.3.3.1. Indice d'aridité de Martonne.....	30
2.3.3.2. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson.....	30
2.3.3.3. Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger.....	30
Partie II : Partie expérimentale.....	32
1. Récolte des insectes.....	32
2. Collecte de la plante <i>Ammoides verticillata</i>	32
2.1. Extraction de l'huile essentielle d' <i>Ammoides Verticillata</i> par hydrodistillation.....	32
2.2. La composition chimique de l'huile essentielle de l' <i>Ammoide Verticillata</i>	33
2.3. Conservation des huiles essentielles.....	34
3. Méthodes.....	35
3.1. L'activité insecticide de l'huile essentielle d' <i>Ammoides verticillata</i> sur les larves de <i>Trogoderma granarium</i>	35
3.2. L'effet de fumigation d'huile essentielle d' <i>Ammoides verticillata</i> sur les larves de <i>Trogoderma granarium</i>	35
3.3. Méthodes d'analyse et d'exploitation des résultats.....	37

Chapitre III : Résultats et Discussion

Résultats.....	38
1. Teste de fumigation.....	38
2. Activité insecticide de L'huile essentielle d' <i>Ammoides verticillata</i> sur <i>Trogoderma granarium</i>	39
2.1. Impact d'HE d' <i>Ammoides verticillata</i> sur les larves <i>Trogoderma granarium</i>	39
2.2. Estimation des valeurs de concentrations létales (CL) pour les larves de <i>Trogoderma granarium</i>	41
2.3. Moyennes marginales estimées de la mortalité larvaire.....	48

Discussion.....	44
1. L'effet répulsif.....	44
2. L'effet de mortalités.....	45
Conclusion et perspectives.....	47
Références bibliographiques.....	49

Introduction

Générale

Introduction générale

L'un de plus importants défis auxquels l'humanité est confrontée au XXI^e siècle est la sécurité alimentaire globale et l'approvisionnement en nourriture. Les céréales et leurs dérivées font l'aliment de base dans beaucoup de pays sous-développés, particulièrement dans les pays maghrébins (**Laaboudi et al, 2016**). En Algérie, la sécurité alimentaire de la population dépend d'une grande partie des céréales, en particulier le blé (**El Mezoued, 2019**). En effet, leur agriculture, occupe environ 80% de la superficie agricole utile du pays, la superficie emblavée annuellement en céréales s'occupe entre 3 et 3,5 millions d'hectares (**Meziani, 2016**), et ne contribue qu'à 20% des besoins en consommation nationale, le blé dur constitue un élément essentiel dans la structure de la consommation des céréales. (**El Mezoued, 2019**).

Pour assurer un approvisionnement régulier en blé aux consommateurs, le stockage est devenu une nécessité et le seul moyen de régulation du marché durant toutes les saisons. Mais, malheureusement au cours du stockage, ce produit céréalier est le plus souvent soumis à des attaques par des rongeurs, des champignons, des acariens et des insectes.

La présence de ces ravageurs au niveau des unités de stockage peut causer une détérioration du grain et par conséquent des pertes sur le plan quantitatif et sur le plan qualitatif (**Gwinner et al, 1996**).

En effet, les pertes causées par les ravageurs des céréales stockées à l'échelle mondiale sont estimées à plus de 100 millions de tonnes dont 13 millions sont dus aux insectes.

En Algérie, les pertes du blé en post-récolte dues aux insectes sont estimées entre 10 à 12% dans les unités de stockage.

Un nombre important d'insectes des stocks ont été recensées sur les grains de céréales stockées dans différentes régions d'Algérie.

Mebarkia et al, 2001 Rapportent que parmi les espèces les plus rencontrées sur les céréales stockées viennent en premier lieu *Tribolium castaneum* avec 30% suivi de *Sitophilus granarius* avec 20% et ensuite *Trogoderma granarium* avec 10%

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

Face à ce problème, la nécessité de développer de nouvelles stratégies de lutte s'impose. Actuellement, de nombreuses recherches s'orientent vers l'utilisation des moyens alternatifs avec l'utilisation des insecticides d'origine végétale considérés moins toxiques.

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

Les huiles essentielles, ont été considérées comme faisant partie d'un système de défense chimique qui permet aux plantes de se défendre contre les prédateurs, les agents pathogènes microbiens et également la survie des plantes dans leur milieu naturel (**Haiahem et al , 2019**), ces dernières années, sont les plus explorées dans la régulation des ravageurs nuisibles, dans l'intérêt de la protection de la qualité et la quantité des denrées stockées . La recherche des méthodes alternatives de protection des denrées par l'usage des biopesticides, formulés à partir des huiles essentielles des plantes aromatiques et médicinales (**Ngamo et Hance, 2007**), sont utilisées à l'heure actuelle, pour leurs effets insecticides et elles sont considérées comme une véritable banque de molécules chimiques agissant comme insecticides bioactive (**Delimi et al, 2013**).

En Algérie, le recours aux plantes comme source de pesticides est nécessaire d'autant plus qu'elle dispose d'un patrimoine végétal très riche mais malheureusement peu exploité.

Pour mettre en valeur ces ressources naturelles locales d'un côté et de l'autre côté à améliorer et à préserver l'environnement, les plantes médicinales à effet insecticide plusieurs prospections de terrain et d'enquêtes et de recherches bibliographiques ont été effectuées. Finalement notre choix a porté sur la plante, *Ammoïdes verticillata*.

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet insecticide de L'huiles essentielle *Ammoïdes verticillata* sur le ravageur des céréales stockées (blé) *Trogoderma granarium* (Coleoptera, Dermestidae) dans la région de Tissemsilt.

Pour donner une plus ample lumière sur ce sujet, il s'avère essentiel de traiter un à un les trois chapitres qui le comportent :

- Nous avons commencé notre travail par une introduction générale
- Le premier chapitre évoque une synthèse bibliographique sur la plante hôte le blé et l'insecte *Trogoderma granarium*, les huiles essentielles et la plante utilisée pour l'extraction (*Ammoïdes verticillata*).
- Le deuxième chapitre décrit le matériel et les méthodes utilisés lors du travail expérimental.
- Le troisième chapitre expose l'ensemble des résultats obtenus avec leur discussion.
- Enfin, notre mémoire se termine par une conclusion générale assortie de perspectives.

Chapitre I

Synthèse

Bibliographique

I. Le blé

Le blé est une plante annuelle herbacée, monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des graminées ou *Poaceae*. Aujourd'hui, deux espèces dominent la production mondiale, il s'agit du blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*). La production de blé est facile car il s'adapte à des sols et des climats variés. L'existence de variétés adaptées à différents milieux et résistantes à de nombreuses maladies permet de cultiver le blé dans de nombreux pays. Il existe des blés d'hiver et des blés de printemps, leurs périodes de plantation et de récoltes dans l'année sont différentes. Plus de vingt mille variétés de blé existent et des centaines de nouvelles sont créées chaque année (**Boutigny, 2007**).

Faciles à conserver en raison de leur faible teneur en eau (10 à 15%) et aisées à transporter, les céréales occupent actuellement une place dominante en fournissant 60% de l'énergie des aliments du globe (**Fredot, 2012**). Ces plantes sont cultivées pour l'amidon de leurs graines et sont consommées par l'homme et les animaux ou utilisées dans l'industrie (**Berhaut et al, 2003**).

I.1. Taxonomie du blé

Le blé est une plante annuelle appartenant à la famille des graminées qui s'adapte à des sols et des climats variés (**Fredot, 2012**), la classification botanique de cette plante est donnée selon (**Doumandji et al, 2003**) dans le tableau 1 :

Tableau 1: Taxonomie des céréales (**Doumandji et al, 2003**).

Classification	Blé dur
Règne	Plantae (Règne végétale)
Division	Magnoliophyta (Angiospermes)
Classe	Liliopsida (Monocotylédons)
S/Classe	Commelinidae
Ordre	Poales
Famille	Poaceae (ex Graminées)
S/Famille	Triticeae
Tribu	Triticeae (Triticées)
S/Tribu	Triticinae
Genre	<i>Triticum</i>
Espèce	<i>Triticum durum</i> Desf

I.2. Description morphologique

I.2.1. L'appareil végétatif

I.2.1.1. Le système racinaire

D'après **Belaid, (1996)**, le système racinaire est de type fasciculé. En cours de développement, deux systèmes se forment :

- ✓ Le système racinaire séminal (primaire) : fonctionne de la germination au tallage (ramification de la plante).
- ✓ Le système racinaire coronaire (secondaire) : apparaît au stade du tallage.

I. 2.1.2. Le système aérien

Selon **Belaid (1996)**, la tige est cylindrique, séparée par des nœuds formant des entrenœuds, ces derniers sont plaines chez le blé dur, chaque nœud est le point d'attache d'une feuille. La tige principale appelée le maître brin et des tiges secondaires appelées talles qui naissent à la base de la plante (**Gate, 1995**). Les feuilles sont à nervures parallèles et formées en deux parties : La partie inférieure entourant la jeune pousse ou la tige (la gaine) et la partie supérieure en forme de lame (le limbe) (**Belaid, 1996**). Les feuilles portent à leur jonction avec la gaine des oreillettes vêtues et une ligule (**Moule, 1971**).

I.2.2. L'appareil reproducteur

Les fleurs sont groupées en inflorescences de type épi, l'épi est composé d'épillets, l'épillet est une petite grappe d'une à cinq fleurs enveloppées chacune par deux glumelles (**Moule, 1971**). L'épi est constitué d'un axe appelé le rachis sur lequel sont fixés les épillets (**Belaid, 1996**). Le blé est une plante monoïque à fleurs parfaites (**Cook et al, 1991**). Elle se reproduit par voie sexué et par l'autofécondation (espèce autogame) (**Soltner, 1999**)

I.2.3. Le grain

D'après (**Soltner ,1999., Feillet 2000 et Ferreira 2011**), le grain de blé est un caryopse. C'est un fruit sec indéhiscent, constitué d'une graine et de téguments. Le caryopse de blé est nu (les glumelles n'adhèrent pas le caryopse). Sur l'épi, il est trouvé des glumes et glumelles, lors du battage ils sont éliminés.

Sur le plan morphologique, le grain a une forme ovoïde de coloration blanchâtre à brunâtre avec un sillon sur la face ventrale, il est de taille de 6,5 à 8,5 mm de long et son diamètre de 3 à 4 mm (**Fredot, 2005**). Ce sont des caractéristiques variétales qui varient en fonction des conditions culturales et la position du grain sur l'épi (**Ferreira, 2011**). Histologiquement, le grain de blé dur est formé de trois types de tissus (**Figure 1**) :

a/ Le péricarpe ou enveloppe : C'est la pellicule cellulosique qui protège le grain pendant sa formation dans l'épi, pendant la levée dans le sol ainsi qu'au cours de sa conservation (Berhaut *et al*, 2003). Les enveloppes de la graine représentent (13- 17%) du poids du grain et sont formées de six tissus différents ; épiderme du nucelle, téguments séminal (enveloppe de la graine), cellule tubulaire, cellule croisées, mésocarpe et épicarpe.

b/ L'albumen ou l'endosperme : Il est appelé aussi tissu nourricier car il constitue la réserve de nourriture du germe essentiellement composé d'amidon (Gwimer *et al*, 1996).

Il représente 80% du poids du grain et sa partie inférieure est délimitée par le germe (Fredot, 2012).

c/ Le germe : Il donne naissance à une nouvelle plante. Il est particulièrement riche en huile, en albumine, en vitamines et en minéraux (Gwimer *et al*, 1996). Il représente 3% du poids du grain, composé d'un embryon (lui-même formé de la coléoptile, de la gemmule, de la radicule, le coléorizhe et de la coiffe) et du scutellum. (Fredot, 2012).

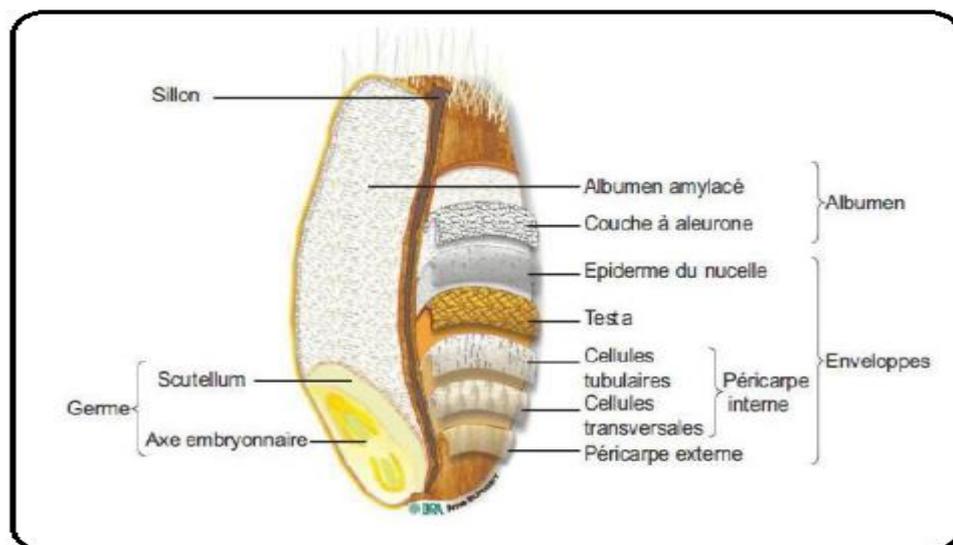


Figure 1 : coupe longitudinale d'un grain de blé (Bounneche, 2015).

Le grain de blé est principalement constitué d'amidon (environ 70%), de protéine (10 à 15% selon les variétés et les conditions de culture) et de pentosanes (8 à 10%) : les autres constituants, pondéralement mineurs (quelques pourcentages seulement), sont les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines. Sa teneur en eau est estimée à faible 13,5%, permettant un stockage longue durée pour éviter le développement de micro-organismes notamment la moisissure (Feillet, 2000).

I.3. Production du blé

I.3.1. Dans le monde

Historiquement, le blé est l'une des trois céréales les plus cultivées dans le monde, les deux autres étant le maïs et le riz (**Shewry et al, 2009**), la production de blé est répartie sur l'ensemble du globe puisque le blé pousse même si la température n'est guère favorable ou que l'eau est rare. C'est ce qui explique une production élevée en Chine, en Inde et même en Russie (**Mallek, 2017**). D'un point de vue quantitatif, c'est une céréale cultivée avec plus de 600 millions de tonnes par an (**Anonyme, 2012**). Il se classe au quatrième rang mondial en matière de culture, derrière le riz, le maïs et la canne à sucre Grâce à de multiples techniques culturales et de sélection génétique ayant permis une augmentation et une amélioration du rendement et de la production (**Mallek, 2017**). L'Australie, le Canada, l'Argentine et les Etats Unis ont toujours été actifs dans la production et le commerce des grains assurant environ le tiers des exportations mondiales de blé de la planète (**Abis, 2012**). La France quand à elle se situe au second rang mondiale des exportations du blé dur derrière le Canada (**Anonyme, 2012**).

En Méditerranée, le blé occupe une place essentielle dans les sociétés et ses modes de consommation, dans les rapports entre les Etats et les populations et dans les échanges commerciaux à l'œuvre au sein de cet espace (**Abis, 2012**).

I.3.2. En Algérie

Depuis l'indépendance, les différentes politiques et interventions de l'état dans le secteur agricole avaient pour but d'améliorer le niveau de production des céréales en Algérie. Les céréales sont les cultures annuelles les plus importantes pour l'agriculture algérienne (**Bourras, 2001**). La production de blé se répartit entre blé dur (48% en 2021) et blé tendre (28%), avec une importante variabilité interannuelle. Le blé dur reste ainsi la céréale prépondérante et demeure la base de l'alimentation en Algérie (semoule principalement, et pâtes). On observe cependant une progression rapide du blé tendre (pain, biscuiterie, pâtisserie) avec l'occidentalisation du modèle de consommation. La production du blé dur progresse au même rythme que celle du blé tendre atteignant 25685135,2 Qx /ha (Quintaux par Hectare) entre 2020 et 2021 contre 15421853,5 Qx/ha pour le blé tendre sont cultivées dans les 46 wilayas (Relizane, Tebessa, Skikda, Tamenrasset, Alger, Nâama, Tiaret, Mila, Saida, Tissemsilt, Oum El Bouaghi, El Tarf, Guelma, Adrar, Constantine, Bouira, Annaba, Djelfa, Laghouat, Ghardaia, Souk Ahras, Khenchela, Mostaganem, Ain Temouchent, Médéa, Tlemcen, Chlef, Batna, El Bayadh, El Oued, Tipaza, Tizi Ouzou, Ain Defla, Oran, Béjaia, Blida, Ouargla,

Boumerdes, Bechar, Jijel, Sidi Bel Abbés, Biskra, Mascara, Bordj Bou Arrirej et M'sila (**DSA Tissemsilt, 2021**).

L'écart important entre le niveau actuel de la consommation et celui de la production nationale conduit l'Algérie à importer de grosses quantités de céréales notamment le blé

I.4. Le stockage actuel des céréales en Algérie

Les céréales sont produites une fois par an et leur utilisation s'étalent sur toute l'année, d'où la nécessité de les conserver et stocker, le stockage est l'opération qui consiste à la conservation des céréales, pour une période donnée, dans un magasin suivant des règles qui permettent la bonne conservation des grains, pour but de préserver au maximum les qualités originelles des grains (**Laurent et al, 2003**). Le stockage est un des maillons d'une ou des filières céréalières dont la fonction de base est la régulation de l'offre d'un produit, dans le temps et dans l'espace, par rapport à une demande relativement constante (**Casagrande et Guibourg, 1989**).

Actuellement en Algérie, la collecte, le conditionnement, le stockage, la distribution et la commercialisation des céréales sont assurés principalement par l'office interprofessionnel des céréales qui rayonne sur tout le territoire national algérien à travers 41 coopératives de céréales et de légumes secs, appelées (CCLS) et 5 unions de coopératives agricoles (UCA). Ces dernières sont chargées de réceptionner les produits céréaliers à partir de l'importation, de les stocker et de les distribuer aux différents utilisateurs.

L'Algérie dispose d'une capacité de stockage implantée sur l'ensemble du territoire national répartie en huit (08) silos portuaires, 212 silos continentaux (121 en béton et 91 métalliques) et 456 magasins à fond plat (**Anonyme, 2014**).

Les silos sont de grands réservoirs destinés à conserver les produits céréaliers. Selon **Doumandji et al. (2003)**, leurs capacités varient suivant plusieurs types :

- Silos de ferme : ils peuvent contenir entre 500 et 10 000 quintaux.
- Silos coopératifs : leurs capacités varient entre 10 000 et 100 000 quintaux.
- Silos portuaires : leurs capacités dépassent 50 000 quintaux.

Pour le cas du blé, il est soumis à des contraintes dues à de nombreux facteurs entraînant des pertes au niveau des stocks sur le plan quantitatif et qualitatif. (**Khare, 1990 et Imura, 1991**). Certains silos ne sont pas à l'abri des ravageurs et la conservation prolongée conduit à l'apparition des ravageurs nuisibles, causant des pertes dans les stocks du blé (**Sinha et Watters, 1985**).

I.5. Principaux ravageurs des denrées stockées

Les grains stockés sont vulnérables aux attaques de divers prédateurs. Les plus courants sont les oiseaux, les rongeurs et les insectes. Ce dernier est probablement le plus dangereux car il n'est pas le plus facile à trouver (**Berhaut et al, 2003**).

Les espèces d'insectes granivores sont plus ou moins spécialisées pour vivre et se reproduire dans les masses de grain (**Flaurat et Lessard, 1982**). Ces ravageurs peuvent être divisés en deux groupes principaux (tableau 2). Ce dernier contient plusieurs espèces d'insectes dont les plus communs sont les Coléoptères et les Lépidoptères (**Delobel et al, 1993**)

Tableau 2 : Insectes les plus fréquents rencontrés sur les céréales stockées en Algérie (**Mebarkia A et al, 2001**)

Nom scientifique	Céréale attaquée	Famille	Ordre
<i>Sitophilus granarius</i> L.	Maïs, blé dur et tendre	Curculionidae	Coleoptera
<i>Sitophilus oryzae</i> L.	Blé dur, blé tendre	Curculionidae	Coleoptera
<i>Tribolium castaneum</i> H.	Blé dur, blé tendre	Tenebrionidae	Coleoptera
<i>Tribolium confusum</i> D.	Blé dur, blé tendre	Tenebrionidae	Coleoptera
<i>Cryptolestes ferrugineus</i> S.	Blé dur, blé tendre	Cucujidae	Coleoptera
<i>Oryzaephilus surinamensis</i> L.	Blé dur, blé tendre	Cucujidae	Coleoptera
<i>Rhizopertha dominica</i> F.	Blé, dur	Bostrychidae	Coleoptera
<i>Trogoderma granarium</i> E.	Blé dur, blé tendre	Dermestidae	Coleoptera
<i>Ephestia kuehniella</i> Z.	Blé dur, blé tendre	Pyralidae	Lepidoptera
<i>Plodia interpunctella</i> H.	Blé dur	Pyralidae	Lepidoptera

Parallèlement, nous avons choisie l'insecte *Trogoderma* qui causer des pertes au niveau des stocks.

II. Le Trogoderme (*Trogoderma granarium*)

Trogoderma granarium (Everts) (Coleoptera: Scarabée de la peau) est l'un des ravageurs des grains stockés les plus notoires dans de nombreuses régions tropicales et subtropicales du monde (Figure 2) (**Ahmedani et al, 2011**).

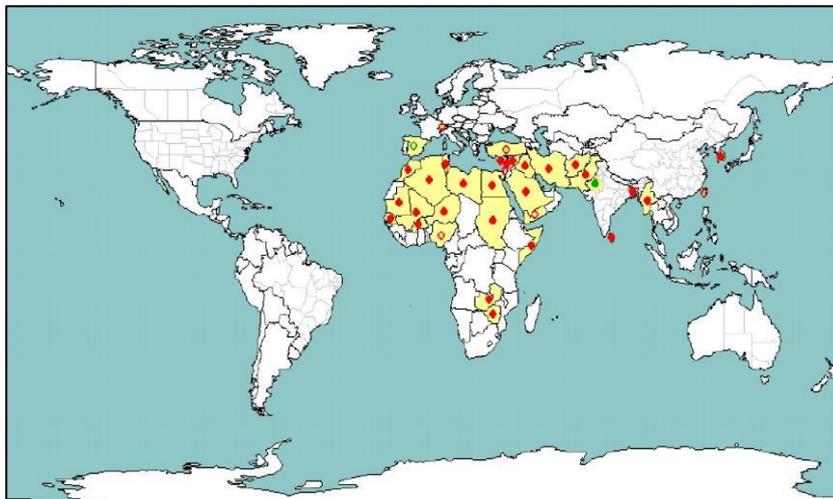


Figure 2 : Distribution de *T. granarium* dans le monde (Pasek, 2004)

Les populations vivantes peuvent rester dans des conteneurs non nettoyés, des matériaux d'emballage, être conservées pendant de longues périodes et infester des substances non hôtes. *T. granarium* peut également augmenter la probabilité de contamination par *Aspergillus flavus* (Sinha et Sinha, 1990).

Pour surmonter le problème des développements de ravageurs, divers types de mesures de contrôle sont appropriés pour la conservation agricole, commerciale et publique et consistent en l'utilisation de méthodes de contrôle conventionnelles ou naturelles avec du matériel végétal (Prakash et Rao, 2006 ; Neoliya *et al*, 2007 ; Gandhi *et al*, 2010), ainsi que par l'utilisation d'insecticides de contact et les fumigènes. Insecticides fumigants sont utilisés pour limiter les dégâts d'insectes. En raison de la capacité limitée des pesticides à lutter contre ces ravageurs sur les céréales stockées, les techniques de fumigation au bromure de méthyle et à la phosphine comme fumigants dans les entrepôts se généralisent (Walter, 2006

II.1. Position systématique

Tableau 3 : La classification systématique de *Trogoderma granarium* (Brahmi et Yousfi, 2021)

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Sous-embranchement	Hexapoda
Classe	Insecta
Ordre	Coleoptera
Sous-ordre	Polyphaga
Super-famille	Bostrichoidea
Famille	Dermestidae
Genre	Trogoderma
Espèce	<i>Trogoderma granarium</i> (Everts, 1898)

II.2. Cycle d'évolution

II.2.1. Œufs

Les femelles commencent à pondre sur le grain, seules ou parfois en groupes de 2 à 5. Les œufs sont d'abord blanc laiteux, puis jaunâtre pâle. La plupart sont cylindriques, de 0,7 mm de long et 0,25 mm de large. Une extrémité est arrondie, l'autre est plus pointue, avec une série de saillies épineuses, une base large et un cône distal, la durée de ponte varie entre 3 et 10 jours (OEPP, 1981).

II.2.2. Larve

Les larves écloses mesurent environ 1,6 à 1,8 mm de long. Les larves sont uniformément blanc jaunâtre, sauf que les poils de la tête et du corps sont bruns. À mesure que la taille de la larve augmente, la couleur du corps devient dorée ou brun rougeâtre, plus de poils se développent et la queue se raccourcit proportionnellement. Les larves adultes mesurent environ 6 mm de long et 1,5 mm de large (Hadaway, 1956).

La tête a une courte antenne à trois segments. La caractéristique de ces larves est la présence de deux types de poils. C'est un poil simple avec de nombreuses petites excroissances dures et ascendantes sur sa tige. Soies épineuses. Son fût se rétrécit à intervalles réguliers et ses extrémités sont constituées de têtes épineuses. Cette tête a la même longueur que la longueur combinée des quatre segments devant elle. Les poils simples sont répartis sur la tête et la face dorsale du segment.

La queue est constituée de deux groupes de longs poils simples portés par le neuvième segment abdominal. Les cheveux épineux font partie d'une paire de boucles portées par un tergum abdominal particulier. La couleur des larves passe du blanc jaunâtre pâle au brun doré ou rougeâtre à mesure que la taille augmente. La densité des poils augmente également, mais ces poils et ces queues sont plus courts que la longueur et la largeur du corps de la larve et apparaissent sur le corps sous la forme de quatre bandes horizontales sombres au 4^{em} stade. Les larves adultes mesurent environ 6 mm de long et 1,5 mm de large. Une caractéristique visible de l'épidémie de *Trogoderma* est le nombre élevé de ces larves velues et leur mue. Morphologiquement, la distinction entre les larves de *T. versicolor* et de *T. granarium* à maturité est l'absence de ligne prétergale sombre entre les segments abdominaux 7 et 8, ligne absente ou très légère sur le 7^{em} segment et jamais présente sur le 8^{em} segment de *T. granarium*. (Singh *et al*, 2017).

II.2.3. Nymphes

Lors de la mue finale, l'exuvie des larves s'est rompue, mais la nymphe reste dans cette exuvie toute sa vie. Les nymphes sont extractives. Les mâles sont plus petits que les femelles, mesurant respectivement en moyenne 3,5 mm et 5 mm (OEPP / EPPO, 1981). Il a une couleur blanchâtre et la dormance nymphale dure de 4 à 6 jours. La nymphose a lieu dans la dernière lande larvaire entre les grains (Singh *et al*, 2017).

2.4. Adulte

Charançon ovale ; environ 1,6 - 3,0 mm de long et 0,9 - 1,7 mm de large. Les mâles sont bruns à noirs avec des taches brun rougeâtre sur leurs ailes. Les femelles sont légèrement plus grandes et de couleur plus claire que les hommes. Il a 11 antennes, une petite tête et se penche généralement vers le bas. De nombreuses autres espèces sont abondantes dans les céréales et autres produits stockés. Peut être pris avec le granarium. Par conséquent, il est important de vérifier l'identité en laboratoire (Hinton, 1945 ; Beal, 1956 et ; 1960). Les femelles accouplées vivent 4 à 7 jours, les femelles non accouplées 20 à 30 jours et les mâles 7 à 12 jours. Le développement complet de l'œuf à l'adulte prend de 26 à 220 jours (Singh *et al*, 2017)

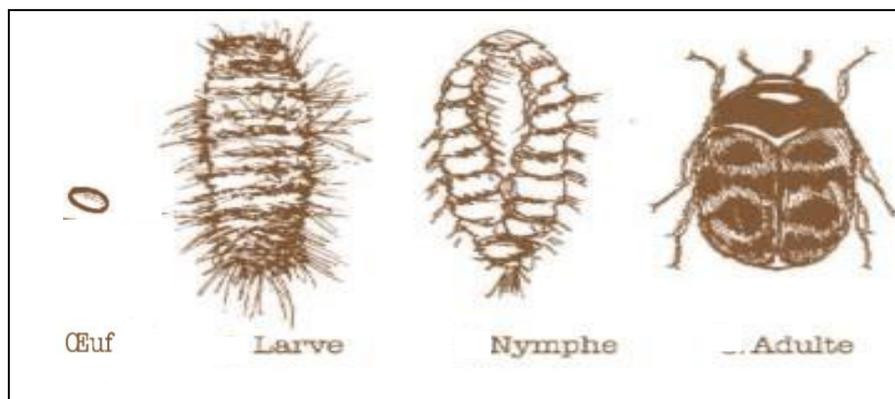


Figure 3 : Différents stades de développement de *Trogoderma granarium* (Everts 1898).

II.3. Nocivité

Ce ravageur est particulièrement dangereux pour les aliments stockés dans des climats chauds et secs et peut détruire complètement les céréales et les légumineuses en très peu de temps. Dans les climats humides, le taux de reproduction des insectes concurrents est si élevé qu'il est difficile de s'installer. Cependant, dans de tels climats, on peut vivre dans les montagnes céréalières et les limites intérieures des zones chaudes créées par les activités de ces autres espèces dans les montagnes. Dans la zone OEPP (Code identificateur utilisé par l'organisation européenne 2et méditerranéenne pour la protection des plantes), dans les années 1970. A Chypre, en Tunisie et en Turquie, le *T. granarium* était considéré comme important.

Howe et Lindgren (1957) ont élaboré ce qu'on appellerait aujourd'hui une analyse du risque phytosanitaire de *T.granarium* en Amérique du Nord.

II.4. Les méthodes de lutte contre les ravageurs des denrées stockés

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 :

II.4.1. 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 pyréthroides de synthèse et des dérivés actifs obtenues à partir de ces deux familles (**Gwinner et al, 1996**).

✓ **L'utilisation des insecticides chimique** : 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 Philogene 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.

A 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**).

II.4.2. 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 », le

traitement par le froid et le chaud, le stockage étanche ou sous atmosphère contrôlée et les radiations ionisantes (Benayad., 2013).

II.4.3. 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 ou 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 (Afrique, Chine, Inde...) (Dales, 1996).

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).

III. Ammoides verticillata

Ammoides verticillata appartient à la famille des *Apiacées*. C'est une famille très abondante, elle comprend plus de 3000 espèces avec 55 genres représentés en Algérie (Quezel et Santa, 1963).

C'est une famille très homogène facile à reconnaître grâce à son inflorescence typique ombelle (Figure4). Les espèces de cette famille sont assez difficiles à différencier les unes des autres, Il s'agit de plantes herbacées, annuelles, bisannuelles ou vivaces (Chibani, 2013). Il est à noter que certains auteurs la confondent avec la plante *Ammi visnaga*, plante sauvage qui elle aussi appartient à la famille des *Apiaceae* (Chériti et al, 1995).



Figure 4: Description d'*Ammoides verticillata* (Benoît, 2012 ; Senouci H, 2020).

III.1. Répartition géographique

III.1.1. Dans le monde

Dans le monde, On peut trouver l'*Ammoides verticillata* dans le Nord d'Asie, en Turquie, en Inde, en Iran, en Pakistan et en Afghanistan. Elle pousse spontanément en Afrique du Nord ; en Ethiopie et en Egypte. Elle s'étend également dans la région méditerranéenne. Cependant, les Indous et les Perses pour son pouvoir remarquable antimicrobien (Abdelouahid et Bekhechi, 2004).

III.1.2. En Algérie

C'est une espèce Algérienne endémique. D'après Quezel et Santa (1963), l'*Ammoides verticillata* est une plante médicinale Algérienne poussant dans la région de Tlemcen (l'Nord-ouest d'Algérie) et dans la région d'Adrar (le Sud-ouest d'Algérie). Selon Bouazza *et al*, (2004) ces régions sont caractérisées par des sols calcaires. D'après Ayache (2007) cette plante est abondante dans les champs, les pelouses ou dans les forêts et/ ou sur les altitudes montagneuses d'environ 1190m d'hauteur.

III.2. Composition chimique

Les plantes possèdent des métabolites dits 'secondaires' par opposition aux métabolites 'primaires' que sont les protéines, les glucides et les lipides. Ces composés diffèrent en fonction des espèces, il est cependant clair qu'ils interviennent dans les relations qu'entretient la plante avec les organismes vivants qui l'entourent (Krief, 2003).

Les résultats de criblage phytochimique confirment l'abondance de cette plante en composés terpéniques (saponines, stéroïdes, stérols, triterpènes, huiles essentielles), composés azotés (alcaloïdes), antioxydants (caroténoïdes), composés phénoliques (polyphénols faisant,

Flavonoïdes, Flavonoïdes Libres (Flavones), Coumarines, Anthocyanes, Quinones Libres) (Daira *et al*, 2016)

III.3. Présentation de la plante

III.3.1. Description botanique

Ammoides verticillata est une plante très odorante, elle est fortement aromatique et piquante, son odeur (semble au thymol) est très agréable mais très diffusible et intense ; fortement balsamique, persistante même après la dessiccation (Daïne et Mostefai, 1998). Elle a une odeur et un goût qui rappelle beaucoup celui du thym.

Plante annuelle de 15-35 cm., glaucescente, à racine grêle, pivotante ; tige dressée, striée, grêle, à nombreux rameaux étalés ; feuilles radicales pennatiséquées, à 3-5 segments très rapprochés, étroits, trifides, les caulinaires découpées en lanières capillaires paraissant verticillées ; ombelles petites, penchées avant la floraison, à 6-12 rayons capillaires, très inégaux, les intérieurs très courts ; involucre nul ; involucrelle à 5 folioles inégales, 3 sétacées, 2 spatulées et aristées ; styles réfléchis, égalant le stylopode ; fruit petit, ovoïde (Benoît, 2011) .

Ses fleurs sont en inflorescence de couleur blanche ; sont regroupées en petite ombelles (Belouad, 1998). Elle est caractérisée par un cycle dynamique tardif allant de mois de mai au mois de juillet. Les fruits sont des diakènes, gris brunâtres, petits de longueur inférieure à 1 mm, côtelés de forme ovoïde et sont recouverts de poils épais. Ses grains sont petits, ovales, striés, courbés et gris-vert. Ses racines sont aussi grêles et pivotantes. Les grains une fois mûres sont récoltés, séchés et battus.

III.3.2. Nomenclature

La désignation scientifique est *Ammoides verticillata* , en Algérie, elle est appelée Nounkha ou *Nûnkha* tirée du nom Perse «Nankhah» qui est utilisée en Iran, comme aromate dans le pain. En effet, « Nan » et « Khah » signifient respectivement pain et goût (Baytop et Siltlipinar, 1986).

III.3.3. Classification botanique

Ammoides (ou Ptychotis) verticillata est classé selon la clé de détermination botanique, d'après **Quezel et Senta (1963)** et **Guinochet et Vilmorin (1975)** dans le tableau 4

Tableau4 : Classification botanique d'*Ammoides Verticillata*.

Embranchement	Phanérogames
S.embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
S.classe	Dialypétales
Série	Calciflores
Ordre	Ombellales
Famille	Apiacées (Ombellifères)
Genre	<i>Ammoides ou Ptychotis</i>
Espèce	<i>Verticillata</i>

III.4. Utilisation de la plante

III.4.1. Usage thérapeutique

La plante *Ammoïdes verticillata* est largement utilisée pour prévenir et guérir diverses maladies. Un nombre élevé de propriétés médicinales et thérapeutiques des différentes parties de la plante a été décrit (**tableau 5**).

Elle est surtout utilisée pour soigner les problèmes respiratoire, rhume, fièvre, migraine, troubles gastriques, infections rénales. Ainsi, les graines de la plante montrent plusieurs effets thérapeutiques à savoir : diurétique, analgésique, carminatif, anti-diarrhétrique, antihistaminique, vermifuge, et anti-asthmatique (**Felidj et al, 2010**).

Tableau 5 : Enquête thérapeutique d'*Ammoides verticillata* (Felidj *et al*, 2010)

Parties de la plante utilisées	Indications	Mode d'emploi
Plante entière	Fièvre Rhume et grippe Problèmes respiratoires Infections rénales Parasites intestinaux Cycle douloureux Antispasmodique Laxatif Migraines et sinusites Boissons rafraîchissantes	Inhalation Inhalation ou infusion de la plante mélangée avec de citron Inhalation ou infusion Infusion Infusion ou plante en poudre mélangée avec de miel Infusion Infusion Infusion Infusion infusion
Feuilles	Condiment culinaire Abscesses furoncles	Sauces Soupes Conservateurs d'aliment confit (antifongique) Cataplasme
Racines	Diurétique	Décoction mélangée avec de miel

III.4.2. Usage culinaire

C'est une épice utilisée en Inde, surtout dans les plats végétariens. On peut notamment l'utiliser dans des hors-d'œuvre, dans des plats de haricots, ainsi que pour l'assaisonnement des sauces et des potages. D'une manière générale en Asie, elle est surtout utilisée comme aromate dans les préparations culinaires (légumes cuits, pains, ainsi que dans les pâtisseries). (Denissew, 1993).

En Ethiopie, les fruits servent à l'aromatisation du pain et à la préparation de boisson alcoolisée locales surnommées Katikala. En Algérie les feuilles et les fleurs sont utilisées comme condiment dans les préparations culinaires comme par exemple : la soupe d'escargot (Ashraf et Orooj, 2006).

Les végétaux possèdent des systèmes de défense contre les déprédateurs grâce à leurs développements de génotypes capables de produire des composés secondaires ayant une activité insecticide, répulsive ou inhibitrice vis-à-vis de ces ravageurs (Huignard *et al*, 2002).

Parmi les molécules à fortes valeur ajoutées, mais présentes en faibles quantités et dotées d'une activité biologique et olfactive, citons les huiles essentielles (Jouault, 2012).

IV. Les huiles essentielles

IV.1. Définition des huiles essentielles

Chaque fois que, après avoir écrasé un pétale de fleur, une feuille, une branchette, ou une quelconque partie d'une plante, un parfum se dégage, cela signifie qu'une huile essentielle s'est libérée. En effet, le développement des techniques d'analyses chimiques a permis de révéler qu'une espèce végétale peut synthétiser des milliers de constituants chimiques différents ceux-ci appartiennent à deux types de métabolismes : primaire et secondaire. Le métabolisme secondaire, modelé par le temps et l'évolution, caractérise le profil chimique original de chaque espèce végétale, conduisant à une grande biodiversité moléculaire (**Wichtel et Anton, 1999**).

Le terme "essentiel" dérive de "l'essence", qui signifie l'odeur ou le goût. La saveur et l'odeur spécifique de beaucoup de plantes sont reliées aux propriétés de ces substances. Les molécules qui constituent une huile essentielle s'évaporent plus ou moins rapidement pour se déplacer dans l'air (**Buronzo et Schnebelen, 2012**). C'est pourquoi il est nécessaire de les conserver correctement afin qu'elles gardent intacts leurs principes actifs. En général, les principes aromatiques des plantes sont des gouttes minuscules qui se forment dans les chloroplastes des feuilles.

L'utilisation par les humains des plantes aromatiques et donc des huiles essentielles est très ancienne et assez universelle ; on s'en sert traditionnellement pour conjurer le mauvais sort, se soigner, se détendre, aromatiser la nourriture, conserver les aliments. (**Mouchem Metahri Fz, 2015**)

IV.2. Propriétés physiques et chimiques des huiles essentielles

- Les huiles essentielles sont liquides à température ambiante mais aussi volatiles du fait de leur masse moléculaire relativement faible, ce qui leur confère la propriété olfactive qui les différencie des huiles dites fixes (**Bonafous, 2013**).
- Elles sont liposolubles et solubles dans les solvants organiques et les huiles végétales, entraîna- bles à la vapeur d'eau mais très peu solubles dans l'eau (elles sont hydrophobes)
- Elles présentent une densité généralement inférieure à celle de l'eau, et un indice de réfraction élevé (seules les huiles essentielles de Cannelle, Girofle et Sassafras sont plus denses que l'eau).
- Elles sont odorantes, et pour la plupart colorées (leur couleur varie selon la plante aromatique utilisée) (**Lakhdar, 2015**)

- Elles sont altérables et sensibles à l'oxydation ; par conséquent, leur conservation nécessite de l'obscurité et de l'humidité ; de ce fait l'utilisation de flacons en verre opaque est conseillée (Couic-Marinier F, 2013).

- Elles sont inflammables et ne contiennent aucun corps gras (Bonnafous, 2013).

IV.3. Composition chimique des huiles essentielles

La composition chimique des essences est complexe et peut varier selon l'organe, les facteurs climatiques, la nature du sol, les pratiques culturales et le mode d'extraction (Afnor, 2000).

Selon Brunet on, les huiles essentielles sont des mélanges complexes et variables, des constituants qui appartiennent de façon quasi-exclusive à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes:(Bruneton, J, 1993 et Couic-Marinier, F, 2013).

IV.3.1. Les Terpénoïdes (C₅H₈)

Les terpènes sont constitués d'un mélange d'hydrocarbures et de composés oxygénés dérivés de ces hydrocarbures. Dans certaines huiles essentielles, les hydrocarbures prédominent (ex : l'essence de Térébenthine) dans d'autres, la majeure partie de l'essence est constituée de composés oxygénés. Il est à noter que l'odeur et le goût des huiles essentielles sont donnés par ces composés oxygénés.

Parmi ces composés oxygénés, on note d'alcools (géraniol, linalol), d'esters (acétate de linalyle), d'aldéhydes (menthone, camphre, thuyone), les cétones, les éthers, les phénols et les peroxydes (Michel *et al*, 1981), les huiles essentielles sont constituées des terpènes les plus volatils (Couic-Marinier, F, 2013).

a/ Monoterpènes : sont les plus simples constituants des terpènes dont la majorité est rencontrée dans les huiles essentielles (90%) (Padua *et al*, 1999) , Ils comportent deux unités isoprène (C₅H₈), selon le mode de couplage « tête-queue ». Ils peuvent être acycliques, monocycliques ou bicycliques. A ces terpènes se rattachent un certain nombre de produits naturels à fonctions chimiques spéciales, existent telle que : alcools, aldéhydes, cétones, phénols... (Ben seddik K *et al*, 2021)

b/ Sesquiterpènes : Ce sont des dérivés d'hydrocarbures en C₁₅H₂₂ (assemblage de trois unités isoprènes). Il s'agit de la classe la plus diversifiée des terpènes qui se divisent en plusieurs catégories structurelles, acycliques, monocycliques, bicycliques, tricycliques, polycycliques. Ils se trouvent sous forme d'hydrocarbures ou sous forme d'hydrocarbures oxygénés comme les alcools, les cétones, les aldéhydes, les acides et les lactones dans la nature (Bruneton, 1987).

IV.3.2. Les composés aromatiques

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

IV.3.3. Les composés d'origine diverses

Selon le mode de récupération utilisé, les huiles essentielles peuvent renfermer divers composés aliphatiques, généralement de faible masse moléculaire entraînable lors de l'hydrodistillation, on peut citer : (**Chanchal Cabrera, 2001**)

- Anti-inflammatoires du règne végétal ; ils sont hypothermisants, hypotenseurs ;
- Les alcools ;
- Les aldéhydes ;
- Les esters acycliques ;
- Les lactones : elles agissent avec effet hypo-termisants, et ont une action fongicide plus puissante que celle des cétones ; Dans les concrètes, il n'est pas rare de trouver des produits de masse moléculaire plus importante, non entraînaibles à la vapeur d'eau, tels que :
- Les homologues des phényles propanes ;
- Les diterpènes;
- Les coumarines : neuro-sédatives, anticoagulantes.

A l'intérieur d'une même espèce végétale, on observe des variations chimiques (qualitatives et quantitatives) importantes ayant conduit à admettre l'existence de races chimiques (exemple : *Thymus* à thymol, à géraniol, à carvacrol, à linalol) (**Azevedo et al, 2001**), et parmi les nombreux constituants d'une huile essentielle, l'un domine généralement ; On l'appelle composé majoritaire. La composition chimique des huiles essentielles varie encore de façon appréciable avec le milieu et la période de la végétation. Elle peut aussi être modifiée au cours de l'extraction ou durant la conservation

La recherche bibliographique menée sur la composition des HE d'*A. verticillata* a montré une variation significative dans les pourcentages des constituants majoritaires. En Algérie, *A. Verticillata a* présenté des chémotypes de thymol (**Attou et al, 2019**) et de carvacrol (**Benyoucef et al, 2019 ; Bekhechi et al, 2010**) ont isolé et identifié, par GC-MS (Chromatographie en phase gazeuse couplée à une spectrométrie de masse), quatorze

composants ; les principaux constituants du stade de floraison étaient l'isothymol, alors que dans d'autres cas, le thymol était prédominant (**Senouci H, 2019**).

IV.4. Les activités biologiques des huiles essentielles dans la protection des cultures

L'activité biologique d'une huile essentielle est liée à sa composition chimique, aux groupes fonctionnels des composés majoritaires (alcools, phénols, composés terpéniques et cétoniques) et à leurs effets synergiques (**Zhiri, 2006**).

IV.4.1. Activité insecticide des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des composés naturels ayant des propriétés insecticides et leur utilisation pour la protection des cultures est aussi ancienne que la pratique agricole (**Said-Al Ahl et al, 2017**). En effet différents travaux font référence à l'utilisation d'HE (huiles essentielles) contre des insectes spécifiques tels que Lépidoptères, Coléoptères, Diptères, Isoptères et Hémiptères (**Tripathi et al, 2009**). Il a été rapporté que des huiles essentielles communes ayant des activités insecticides peuvent être inhalées, ingérées ou absorbées par la peau des insectes (**Ozols et Bicevskis, 1979**).

Toutefois, avant toute utilisation d'huiles essentielles il faut déterminer les doses nécessaires pour éliminer les insectes nuisibles (**Tripathi et al, 2009**) et leur mode d'action pour améliorer la qualité et la durabilité du produit (**El-Wakeil, 2013**). L'effet des HE sur la faune auxiliaire doit également être pris en considération (**Ngamo et Hance, 2007**).

En outre chaque huile essentielle est plus ou moins spécifique d'une espèce d'insecte cible ce qui nécessite de bien connaître les espèces d'insectes à combattre, ainsi que le spectre d'activité insecticide des huiles disponibles et autorisées à l'emploi (**Cruz et al, 2016**).

Les insecticides à base de huiles essentielles peuvent fonctionner en tant que :

IV.4.1.1. Répulsifs

Un bioinsecticide a une propriété répulsive se définis comme des substances qui agissent) localement ou à distance permet d'éloigner les insectes (**Sendi et Ebadollahi ,2013**).

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes de composés organiques volatils à partir de plantes. La présence de monoterpénoïdes, sesquiterpènes et alcools a été prouvé à attribuer aux propriétés répulsives des huiles essentielles. En particulier, le citronellol, le citronellal, α -pinène et limonène sont des constituants communs de nombreuses huiles essentielles présentant des effets répulsifs. Des données récentes ont montré que le neurone récepteur odorant dans antennaire sensilla d'un moustique est activé par le linalol, un alcool terpène naturel qui se trouve dans de nombreuses fleurs et de plantes d'épices, et par eucalyptol, un composé organique naturel. La plate-forme d'écran anti basé sur la détection des

odeurs pourrait être une nouvelle stratégie pour le développement de répulsifs ou de nouveaux composés avec mode d'action contre les arthropodes (Mi Young Lee, 2018).

À la lumière de résultats de Bounouira *et al*, 2022 nous pouvons noter que l'huile essentielle d'*Ammoides varticillata* est classée selon (McDonald *et al*, 1970) comme répulsive sur *Sitophilus zeamais*. Avec un taux PR (%) = 63,66.

IV.4.1.2 Anti-appétant

Parmi les insecticides botaniques, l'huile essentielle est l'une des meilleures suggestions de produits naturels qui peut affecter négativement la consommation alimentaire d'insectes ; ils sont connus comme dissuasifs ou anti-appétant (Wawrzyniak, 1996). En rendant les matériaux traités peu attrayants ou peu appétissants (Rajashekar *et al*, 2012 ; Talukder, 2006). Cette substance induit une alimentation plus difficile en modifiant le comportement des insectes, par une action directe sur les sensilles périphériques des insectes (Isman, 2002). Le concept d'utilisation d'anti-appétant d'insectes a pris de l'ampleur dans les années 1970 et 1980 avec la démonstration du puissant effet dissuasif alimentaire de l'azadirachtine et des extraits de graines de neem sur un grand nombre d'espèces nuisibles (El-Wakeil, 2013). Les insectes restent sur le matériau traité et finissent par mourir de faim. Cela indique que les composés actifs présents dans la plante inhibent le comportement alimentaire des larves, tandis que d'autres perturbent l'équilibre hormonal ou rendent l'aliment désagréable. (Hikal *et al*, 2017)

IV.4.1.3. Toxicité

L'activité insecticide de nombreux H.E. a été évaluée par rapport à un certain nombre d'insectes (Mossa, 2016). L'apparition rapide de toxicité à partir d'huile essentielles ou de leurs constituants chez les insectes et autres arthropodes suggère un mode d'action neurotoxique. (Isman et Machial, 2006). Des études antérieures ont montré que la toxicité des HE vis-à-vis d'une variété d'insectes est liée aux terpènes. Ils représentent la majeure partie des composants d'HE, en particulier des monoterpénoïdes. La toxicité des HE ne dépend pas seulement des composés chimiques qui agissent comme toxines, mais également de nombreux autres facteurs tel que : le point d'entrée de la toxine, les poids moléculaires et les mécanismes d'action (Mossa, 2016).

IV.4.1.4. Retardateurs de croissance et inhibiteurs de développement

Des études antérieures avaient montré que plusieurs huiles essentielles et leurs composants avaient des propriétés similaires à celles des hormones juvéniles et agissaient en tant que régulateurs de croissance (Mossa, 2016).

Cette perturbation de la croissance des insectes pourrait contribuer à l'inhibition de différents processus de biosynthèse des insectes à différents stades de croissance (**Athanassiou et al, 2014**).

Les insecticides à base des huiles essentielles ont eu des effets délétères sur la croissance et le développement des insectes, (**Talukder, 2006**) en réduisant le taux de survie des larves et l'émergence des adultes (**Koul et al, 2008**). Ainsi que plusieurs huiles essentielles sont de bons inhibiteurs de la ponte des organismes nuisibles, ce qui empêche la croissance générale des populations. (**Mossa, 2016**).

IV.4. 1.5. Attractants

Les huiles essentielles de certaines plantes influencent à la fois les récepteurs gustatifs (goût) et olfactifs (odeurs) ou les sensilles (**Hikal et al, 2017**). Ils ne tuent pas les insectes et ne perturbent donc pas l'écosystème. Ils peuvent être utilisés pour mal orienter les insectes vers de mauvais sites de ponte, diminuant leur nombre par la famine ou la production d'œufs non fertilisés. (**Arora et Dhawan, 2012**).

IV.4.2. Activité antibactérienne

D'après (**Toninoli et Meglioli 2013**), les H.E neutralisent les principales bactéries. Les compositions chimiques d'H.E possédant le pouvoir antibactérien le plus élevé sont : carvacrol, le thymol et l'eugenol, le groupe des cétones présente un intérêt dans le traitement des états infectieux mucopurulents : verbénone, thujone, bornéone, pinocamphone, carvone sont des partenaires quotidiens de l'aromathérapeute confirmé. Les monoterpénols (C₁₀) situent après les phénols au niveau de l'efficacité : géraniol, tbuyanol, linalol, mentbol, terpinéol, piperitol avec un large spectre antibactérien (**Zahalka, 2010**).

D'après (**Merzougui, Tadj ,2012**), Les huiles essentielles possèdent plusieurs modes d'action sur les différentes souches de bactéries, mais d'une manière générale leur action se déroule en trois phases :

- L'attaque de la paroi bactérienne par l'huile essentielle, provoquant une augmentation de la perméabilité puis la perte des constituants cellulaires.
- L'acidification de l'intérieur de la cellule, bloquant la production de l'énergie cellulaire et la synthèse des composants de structure.
- La destruction du matériel génétique, conduisant à la mort de la bactérie.

IV.4.3. Activité antifongique

Les extraits de plusieurs plantes comme le basilic, les agrumes, le fenouil, l'herbe de citron, l'origan, le romarin et le thym ont montré une activité significative antifongique contre un grand pathogène de la flore (**Tariq et al, 2019**).

Les infections fongiques sont d'une actualité criante car les antibiotiques prescrits de manière abusive favorisent leur extension, de nombreuses H.E aux propriétés antifongiques ont une action sur les mycoses (**Toninoli et Meglioli, 2013**). Sont encore une fois très précieuses notamment les alcools sesquiterpéniques que l'on trouve dans la Palma rosa, le Teatree *Eucalyptus globuleux*, le *Géranium rosat*, l'*Ajowan* (**Zahalka, 2010**)

IV.4.4. Activité antioxydante des huiles essentielles

Les huiles essentielles commencent à avoir beaucoup d'intérêt comme source potentielle de molécules naturelles bioactives. Elles font l'objet d'étude pour leur éventuelle utilisation comme alternative pour la protection des aliments contre l'oxydation (**Bouhdid et al, 2006**).

L'effet antioxydant sur les radicaux de DPPH (2, 2 diphényle- 1- picryl hydruazul) est dû à son habilité à donner une molécule d'hydrogène. Le radical DPPH est un radical stable et libre et peut accepter un électron ou un radical d'hydrogène pour devenir diamagnétique stable (**Hazzit et al, 2009**). L'utilisation du radical par le DPPH a le même mécanisme que celui des antioxydants des aliments.

Les résultats obtenus par (**Merzougui et al, 2012, Senouci, 2019**) montre la forte activité antioxydante des huiles essentielles d'*Ammoides verticillata* qui dépasse le 90 % pour une concentration inférieure à 0,1% d'H.E. Ces résultats permettent la mise en valeur de l'exploitation des huiles essentielles comme conservateur dans le domaine de l'industrie agroalimentaire.

IV.4.5. Activité antiparasitaire

Les H.E éloignant les insectes et les parasites, Les phénols, les alcools monoterpéniques, les osaydes et les cétones (à utiliser avec prudence) constituent de bons anthelminthiques (**Zahalka, 2010**).

IV.4.6. Activité antivirale

Les virus sont très sensibles aux molécules aromatiques et les cellules saines acquièrent une résistance certaine à la pénétration virale, beaucoup d'H.E développent une action qui renforce l'immunité de l'organisme contre les virus. Les H.E constituent une alternative pour traiter ces fléaux infectieux (**Toninoli et Meglioli, 2013**).

Chapitre II

Matériels et Méthodes

Partie I : Zone d'étude

1. Objectif de travail

Ce travail qui représente l'étude de l'activité insecticide d'huiles essentielle d'*Ammoïde Verticillata* sur les larves de *Trogoderma Granarium* du grain dans la région de Tissemsilt a été réalisé au niveau du laboratoire de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, université de Tissemsilt.

Dans le but de trouver une méthode de lutte alternative fiable pour la protection des denrées stockées contre ce ravageur.

2. Présentation de la zone d'étude

2.1. Situation géographique

La wilaya de Tissemsilt, est située au centre Ouest de l'Algérie du Nord. La région de Tissemsilt qui s'étend sur 3 151.37 Km², se trouve dans les hautes plaines telliennes oranaises. Elle constitue une enclave de contact entre le Tell Méditerranéen et les plaines continentales orano-algéroise, elle est limitée au Nord par Chlef et Ain Defla et au Sud par Tiaret, à l'Est par Média et à l'Ouest par Relizane. Sur le plan administratif, la wilaya de Tissemsilt compte 22 communes et 8 daïras (**Figure 5**), la wilaya de Tissemsilt, née du découpage territorial de 1984, a été tracée autour de l'imposant massif de l'Ouarsenis qui s'étend sur plus de la moitié nord de son territoire.

L'ensemble des conditions de vie est tributaire de la géographie physique. Le relief et, partant la géologie, l'hydrographie, le climat déterminent le régime des eaux et expliquent, dans une large mesure, l'évolution démographique, les conditions de vie, les rapports humains, l'importance de l'agriculture et de l'élevage, dans cette wilaya. (Schéma Directeur de de la wilaya Tissemsilt).

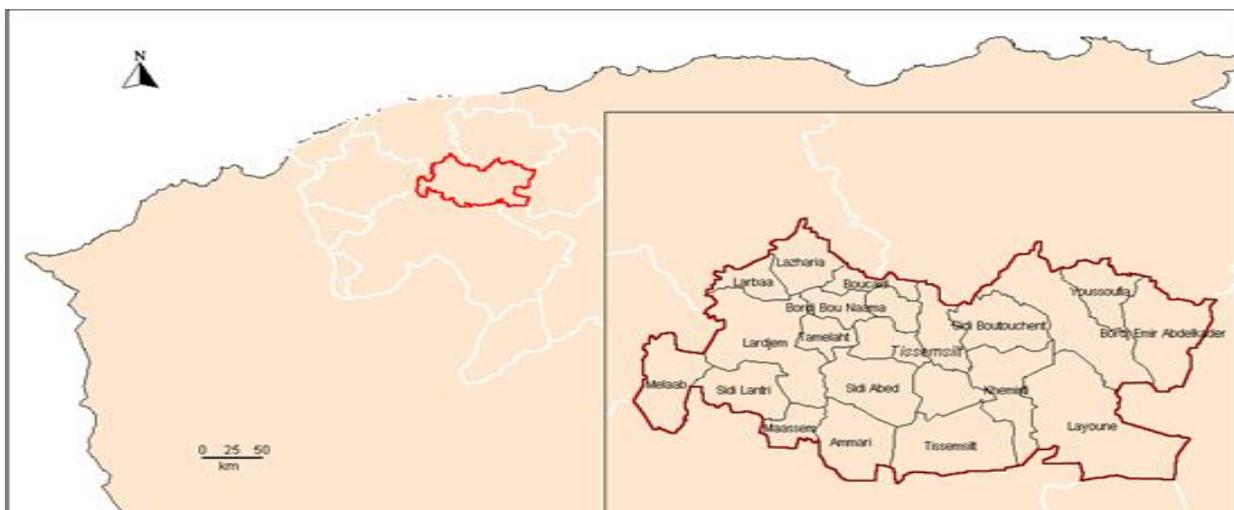


Figure 5 : situation générale de la wilaya de Tissemsilt (DRE, 2008).

2.2. Situation géologique de la région étudiée

La région étudiée se situe dans la partie méridionale de la zone externe du domaine tellien. Le Tell méridional correspond au massif de l'Ouarsenis, encadré à l'Ouest par les Monts des Beni-Chougrane et de la Mina et à l'Est par les Bibans.

La géologie de la région de Tissemsilt s'inscrit dans le cadre de l'évolution de la chaîne de l'Ouarsenis (**Figure 6**), le massif de l'Ouarsenis représente une chaîne soulevée, par rapport à la zone du Chlef et les Hauts-Plateaux, par d'importants mouvements épirogéniques (ajustements post-paroxysmaux). Ces mouvements verticaux ont atteint une forte amplitude provoquant ainsi une grande érosion.

La structure géologique complexe de la chaîne de l'Ouarsenis est formée de trois grandes limites régionales (**DRE, 2008**).

- Au nord, la zone interne du socle du Djebel Doui qui livre les formations du paléozoïque tel des roches cristallophylliennes, des schistes de Littré et des séries volcaniques.
- Au centre, la zone externe comprenant des unités diversifiées et fortement charriées dont l'âge de sédimentation va du Trias jusqu'à l'Oligocène : unités telliennes.
- Au sud, la bordure sud-tellienne représentée par un faciès de remplissage de zones dépressionnaires et subsidences : Il s'agit du Miocène inférieur, du Pliocène et du Quaternaire.

Le massif du grand pic "Kef Sidi Amar" culmine à une altitude de 1983m. Son imposante et gigantesque morphologie lui donne un aspect de "Pivot". Sa position géographique permet de définir une limite entre un Ouarsenis oriental et un Ouarsenis occidental (**DRE, 2008**).

Les niveaux géologiques massifs se rencontrent pratiquement dans tous les terrains de la région.

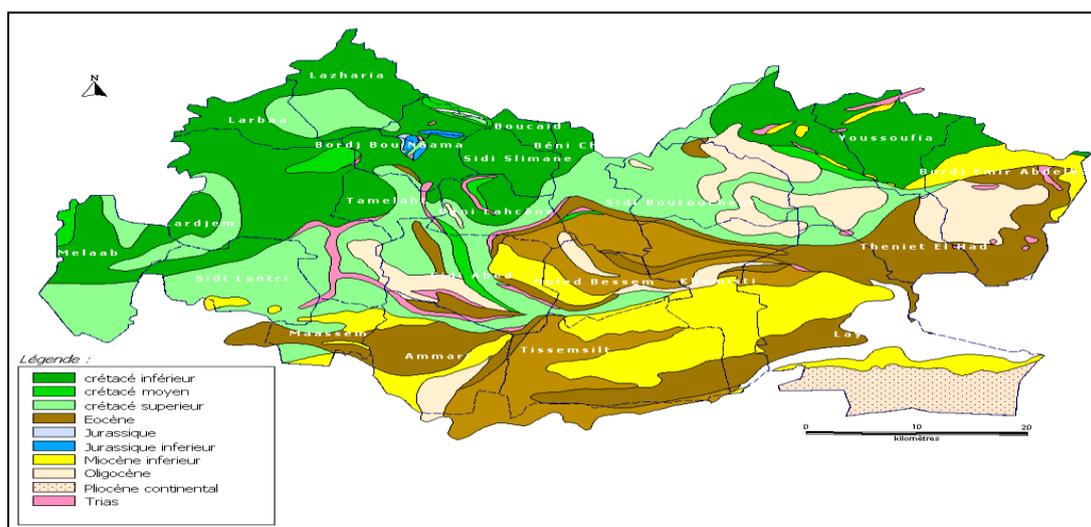


Figure 6 : Carte géologique de la Wilaya de Tissemsilt (**DRE, 2008**).

2.3. Caractéristiques climatiques

Le climat, par ses différents facteurs (température, pluviométrie, vent), joue un rôle déterminant dans la production des céréales et sur la répartition spatio-temporelle des insectes. Il conditionne leur croissance et leur cycle de vie.

Pour identifier le climat de la zone d'étude, nous nous sommes référés aux données climatiques fournies par la station météorologique de la commune d'Ain Bouchekif de la wilaya de Tiaret. Les coordonnées géographiques de la station sont présentées dans le tableau suivant (Tableau6).

Tableau 6 : Stations météorologiques étudiées (ancienne et nouvelle période) (station d'Ain Bouchekif (Tiaret) ,2022)

Station	Coordonnées			Période d'observation	Paramètres disponibles
	Longitude	Latitude	Altitude		
Station Ain Bouchekif (Tiaret)	01°30'E	35°21'N	964m	1984-2018	P-T-M-m

2.3.1. Précipitations

La pluviosité est le facteur primordial qui permet de déterminer le type de climat. L'altitude, la longitude et la latitude sont les principaux gradients définissant la variation de la pluviosité.

En effet, la quantité de pluie diminue du nord au sud, de l'est à l'ouest et devient importante au niveau des montagnes (Chaâbane, 1993).

La région se caractérise principalement par un climat continental à hiver froid humide et à été chaud et sec (Bounouira Y, 2020). La moyenne pluviométrique annuelle calculée sur une période de 34 ans (1984 à 2018) est égale à 350 mm. Les valeurs de la pluviométrie pendant ces années ont oscillé entre un minimum de 162,6 mm enregistré en 1999 et un maximum de 662 mm en 2013 (Figure 7). Les années les plus arrosées sont : 1997, 2003, 2004, 2006, 2007, 2009, 2010, 2013, et 2018 où la pluviométrie a dépassé les 400 mm. Les années les plus sèches sont 1985 et 1999 où la pluviométrie n'a pas dépassé 170 mm.

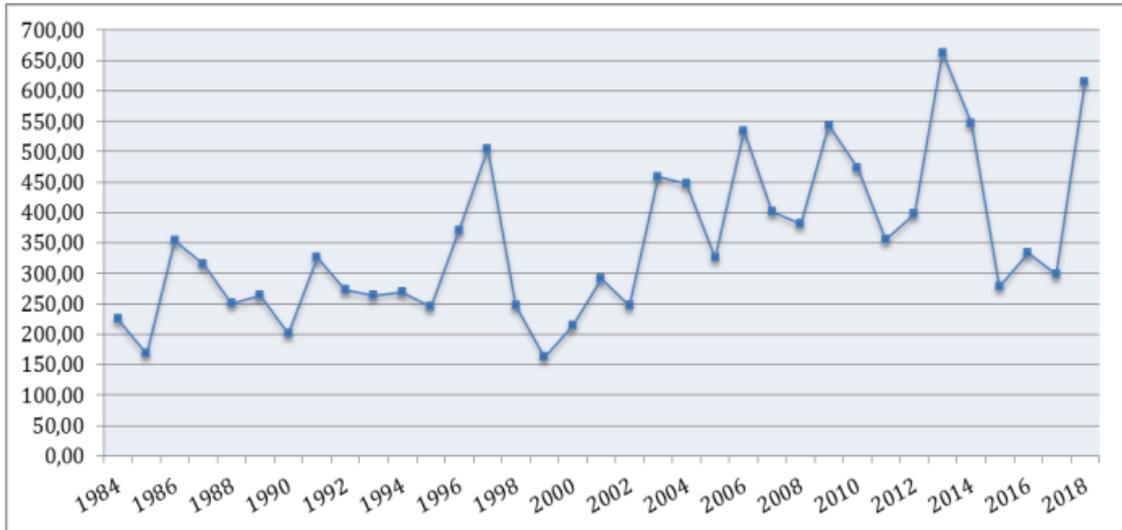


Figure 7 : Evolution des précipitations annuelles (1984-2018)
(Station d’Ain Bouchekif (Tiaret) ,2022)

L’analyse des données pluviométriques moyennes mensuelles permet de mieux approcher la distribution des quantités d’eau enregistrées pour tous les mois de l’année. Le régime de la précipitation mensuelle (**Figure 8**) montre :

- Le mois de novembre a été le plus pluvieux.
- Juillet a été le mois le plus sec.

Selon cette moyenne, l’année hydrologique est caractérisée par deux périodes distinctes :

- une période humide et pluvieuse, répartie sur sept mois à partir d’octobre jusqu’au Mois d’avril, en atteignant son maximum en mois de janvier.
- une période sèche de cinq mois, de mai jusqu’à septembre.

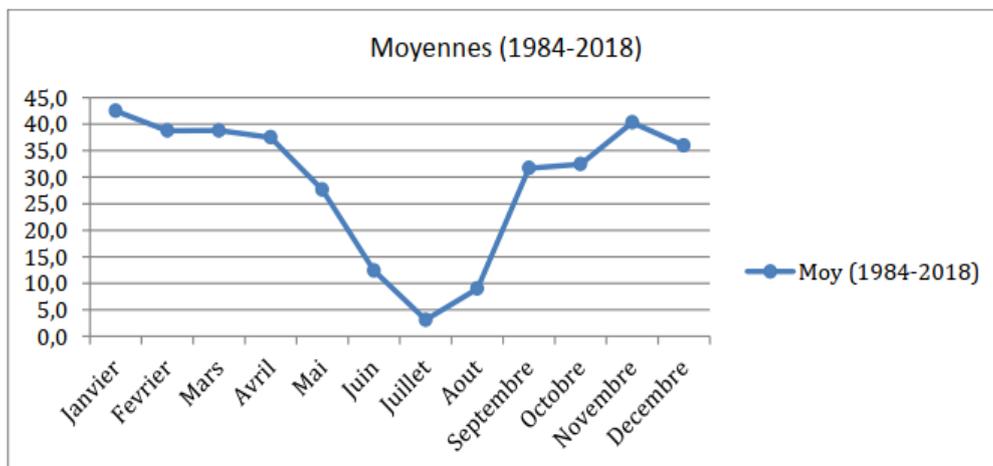


Figure 8 : Moyennes des précipitations mensuelles de la période (1984-2018) (**station d’Ain Bouchekif (Tiaret), 2022**)

2.3.2. Températures

La température est un des éléments fondamentaux dans la détermination du caractère climatique d'une région. Il affectant directement les processus biologiques des insectes.

La caractérisation de la température en un lieu donné se fait généralement à partir de la connaissance des variables suivantes :

- **Les Températures moyennes mensuelles ou trimestrielles « T »** sont fréquemment utilisées par les climatologues et fournissent des résultats plus significatifs (Quézel et Médail, 2003-b). Les moyennes mensuelles des températures confirment que janvier est le mois le plus froid pour la période étudiée (5,8° C en moyenne) (Figure 9) Les températures moyennes les plus élevées se situent au mois de juillet avec une moyenne 26,7°C

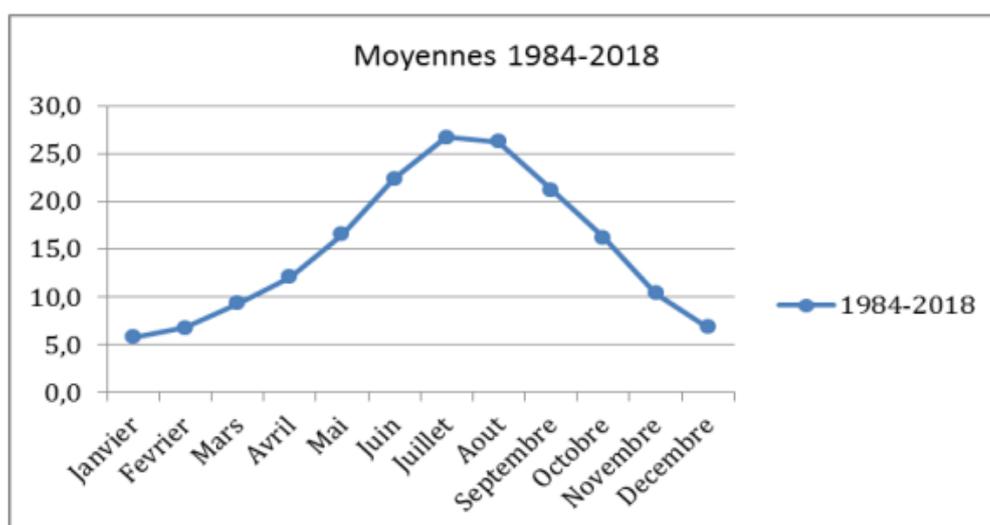


Figure 9 : Variation des moyennes mensuelles des températures de la période (1984-2018) (station d'Ain Bouchekif (Tiaret) , 2022)

- **La moyenne des températures maximales du mois le plus chaud « M »** Représente aussi un facteur limitant pour certaines espèces. Pour notre région ces températures sont assez élevées durant la saison sèche ; 35,03°C au mois de juillet.
- **Les températures moyennes des minima du mois le plus froid « m »** Dans la classification du climat, Emberger utilise la moyenne des minima du mois le plus froid « m » qui exprime le degré et la durée de la période critique des gelées. L'examen des températures nous a permis de signaler que le mois le plus rigoureux est celui de janvier. La moyenne des températures minimales de 1,06°C.

2.3.3. Synthèse bioclimatique

La synthèse climatique est une étape indispensable pour tout projet relatif à l'environnement. Les phénomènes climatiques concernés sont la température et la pluviosité.

L'estimation de ces paramètres permet d'aboutir à une interprétation efficace des indices, d'où l'intérêt de ces derniers dans la détermination du type de climat. Avant de procéder aux calculs des indices, nous avons fait appel à d'autres classifications climatiques.

2.3.3.1. Indice d'aridité de Martonne

Les résultats des calculs de l'indice de De Martonne de la station de la zone d'étude oscillent entre 10 et 20 appartenant au niveau du semi-aride à drainage temporaire durant la période (1984/2018) (Tableau7).

Tableau 7 : Indice d'aridité de Martonne (station d'Ain Bouchekif (Tiaret) , 2022)

Périodes	T (°C)	P	I	Type de climat
1984/2018	15	350	14	Climat semi-aride

2.3.3.2. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson

Selon le diagramme ombrothermique (Figure 10), la période sèche s'étale sur 5 mois de la mi-mai jusqu'à la mi-octobre et la période humide du mois d'octobre jusqu'à avril. Les mois de juin, juillet et août demeurent les mois les plus secs.

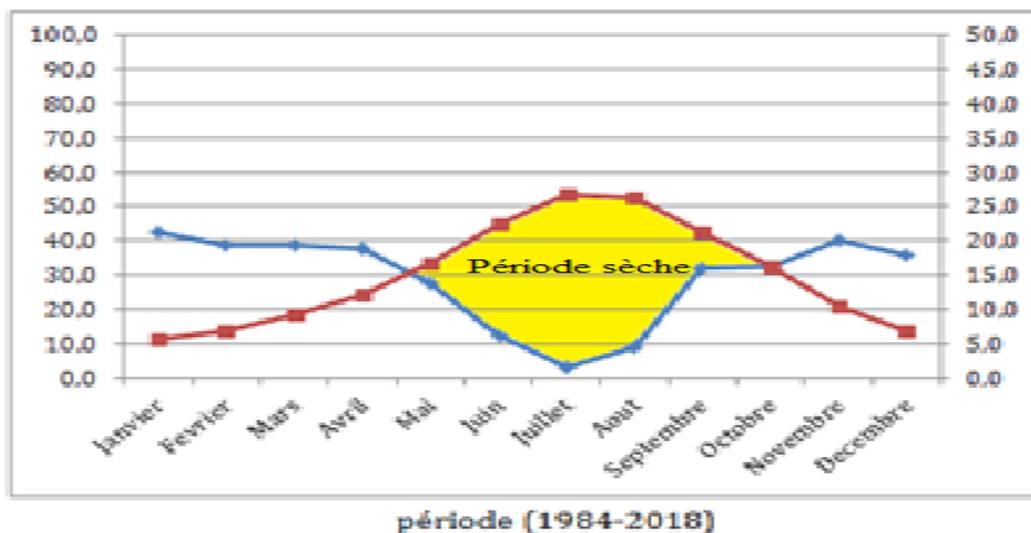


Figure 10 : Diagramme ombrothermique de la wilaya de Tissemsilt (1984-2018)

2.3.3.3. Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger

Nous avons calculé Q2 selon les méthodes d'Emberger (1955) et Stewart (1969) ; nous avons obtenus les résultats suivants (Tableau 8)

Tableau 8 : Quotient pluviothermique d’Emberger(station d’Ain Bouchekif de la wilaya de Tiare, 2022)

Période	P	M	m	Q2
1984-2018	350	35,03	1,06	35,4

Sur le climagramme d’Emberger (**Figure 11**), le Q2 de la région de Tissemsilt pour la période (1984-2018) est de 35,4. A cet effet, nous remarquons que l’étage bioclimatique de la région de Tissemsilt a subi une variation de l’étage bioclimatique du sub-humide moyen à hiver frais au semi-aride inférieur à hiver frais au cours de la période 1984-2018.

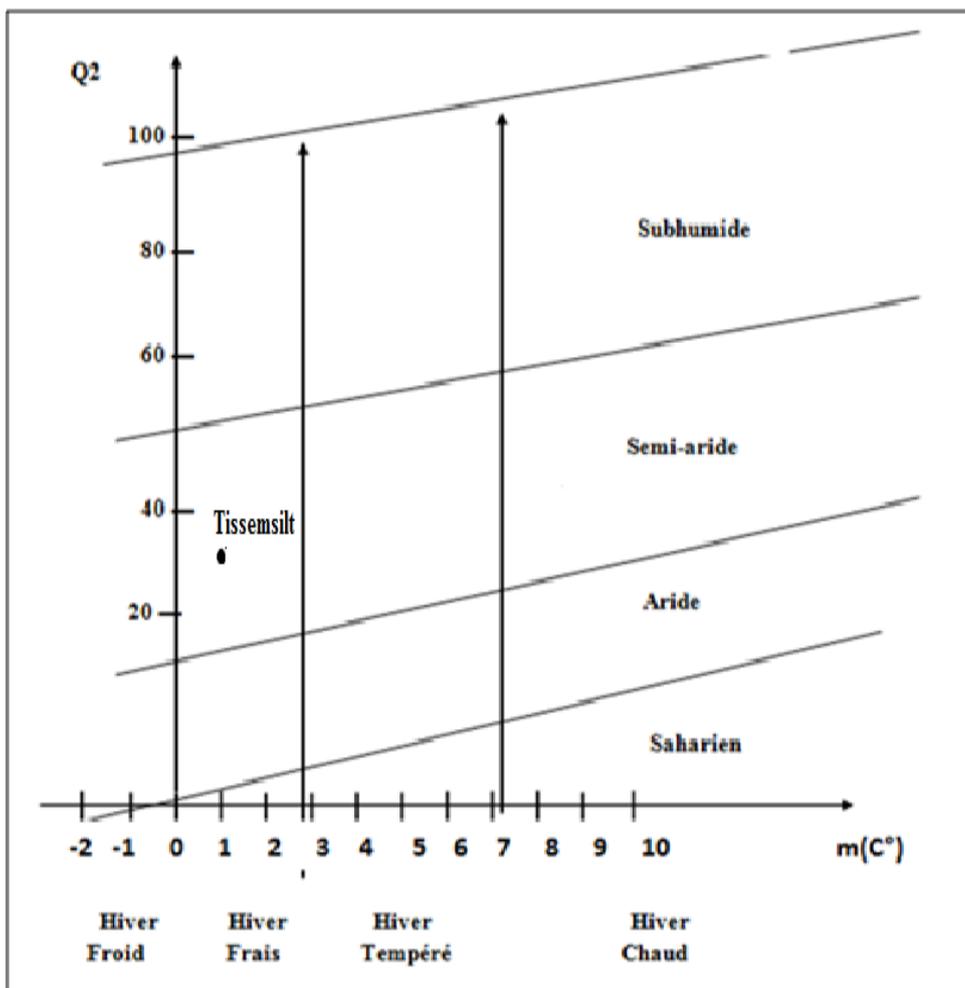


Figure 11 : Climagramme pluviothermique d’Emberger (Q2) de la période (1984-2018) (Station de Ain Bouchekif (Tiaret),2022)

Partie II : Partie expérimentale

1. Récolte des insectes

Les échantillons de blé dur infestés par les larves *Trogoderma Granarium* utilisées dans ce travail ont été prélevés au niveau de la CCLS (coopérative des céréales et des légumes sec) de Tissemsilt, Les échantillons ont été conservés dans des sacs contiennent du blé.

Les larves de *Trogoderma granarium est* maintenu dans un bocal en plastique contenant du blé pour assurer l'alimentation (**Figure 12**). Celui-ci se fait dans des conditions de laboratoire à une température environ 25°C.



Figure12 : conservation des larves *Trogoderma Granarium*

2. Collecte de la plante *Ammoides verticillata*

L'*Ammoides verticillata* a été collectée dans la région de Tlemcen. La plante étudiée a été choisie essentiellement sur la base de son intérêt thérapeutique et les activités de son essence végétale.

2.1. Extraction de l'huile essentielle d'*Ammoides Verticillata* par hydrodistillation

L'extraction par la méthode d'hydrodistillation reste la technique d'extraction la plus utilisée et la plus simple pour l'obtention des meilleurs rendements, sans altération des huiles essentielles fragiles (**Paris et Hurabiell, 1981**), Cette méthode est simple dans son principe et ne nécessite pas un appareillage coûteux.

L'hydrodistillation est basée sur l'entraînement des substances volatiles présentes dans les plantes, grâce à la vapeur d'eau une quantité bien déterminée du matériel végétal (coupé en partie très fines), est portée à l'ébullition dans de l'eau distillé pendant 5 heures.

Pendant l'ébullition les cellules végétales s'éclatent et libèrent leurs contenus (**Figure 13**). La vapeur dégagée, chargée de l'eau et des huiles essentielle, traverse un réfrigérant et se condensent. Enfin, deux phases se forment, l'eau et l'huile se séparent par la différence de densité (**Senouci *et al.*, 2019**).



Figure 13 : Appareil d'hydrodistillation de type Clevenger.

L'huile essentielle que nous avons utilisée a été extraite à partir des parties aériennes sèches d'*A. Verticillata* par hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger. Le rendement d'huile essentielle extraite de la partie aérienne d'*Ammoides verticillata* était intéressant de **2,6%**, possède les propriétés organoleptiques suivant : un aspect liquide huileux et une couleur jaune pâle avec une forte odeur aromatique épicées (**Senouci *et al.*, 2019**).

2.2. La composition chimique de l'huile essentielle de l'*Ammoide Verticillata*

La composition chimique de cette huile a été déterminée par **Senouci *et al.* (2019)** est était présenté dans le tableau suivant.

Tableau 9 : la composition chimique de l'huile essentielle d'*ammoides verticillata*

Non ^a	Composés	/RI _a ^b	RI _a ^c	Ri _p ^d	EO	Identification ^e
1	α-Pinene	931	932	1023	0,8	RI, MS
2	Sabinene	964	966	1118	0,2	RI, MS
3	Myrcene	976	982	1159	0,7	RI, MS
4	p-Cymene	1010	1012	1259	19,2	RI, MS
5	Limonene	1020	1021	1195	19,3	RI, MS
6	γ-Terpinene	1047	1049	1237	11,1	RI, MS
7	Neo-Menthol	1156	1157	1637	tr	RI, MS
8	Terpinene-4-ol	1161	1162	1583	1,1	RI, MS
9	Carvacrol	1282	1278	2220	44,3	RI, MS
10	α-Humulene	1456	1456	1665	0,1	RI, MS
11	γ-Muurolene	1471	1469	1679	tr	RI, MS
	Identification %				96,8	
	Monoterpene hydrocarbons				32,1	
	Sesquiterpene hydrocarbons				0,1	
	Oxygenated monoterpenes				1,1	
	Aromatic compounds				63,5	

^aL'ordre d'éluion est donné sur colonne apolaire (Rtx-1). ^b Indices de rétention de la littérature sur la colonne apolaire (/RI_a) rapporté de König et al. (2001). ^c Indices de rétention sur la colonne apolaire Rtx-1 (RI_a). ^d Indices de rétention sur la colonne polaire Rtx-Wax (Ri_p). ^e RI : Indices de rétention ; MS : Spectre de masse en mode impact électronique.

2.3. Conservation des huiles essentielles

La conservation de l'huile essentielle exige certaines précautions indispensables C'est pour l'échantillon est conditionnée dans un flacon en verre fumé, hermétiquement fermé pour éviter tout risque d'altération d'huile essentielle par la lumière et l'oxygène de l'air. Le flacon est conservé à une température de 4°C jusqu'à l'utilisation de cette huile essentielle (**Attou A et al, 2019**).

3. Méthodes

3.1. L'activité insecticide de l'huile essentielle d'*ammoides verticillata* sur les larves de *Trogoderma granarium*

Dix larves sont introduits par boîte de Pétri avec 10 gains de blés sur du papier filtre traités par différentes concentrations de l'huile essentielle d'*ammoides verticillata* (00 μ l, 01 μ l, 02 μ l, 04 μ l et 8 μ l), nous avons effectuées Trois répétitions pour chaque dose avec une série témoin (**Figure 13**), le taux de mortalité est contrôlé après 24h et 48h, 72 h, 4 jours et 5 jours

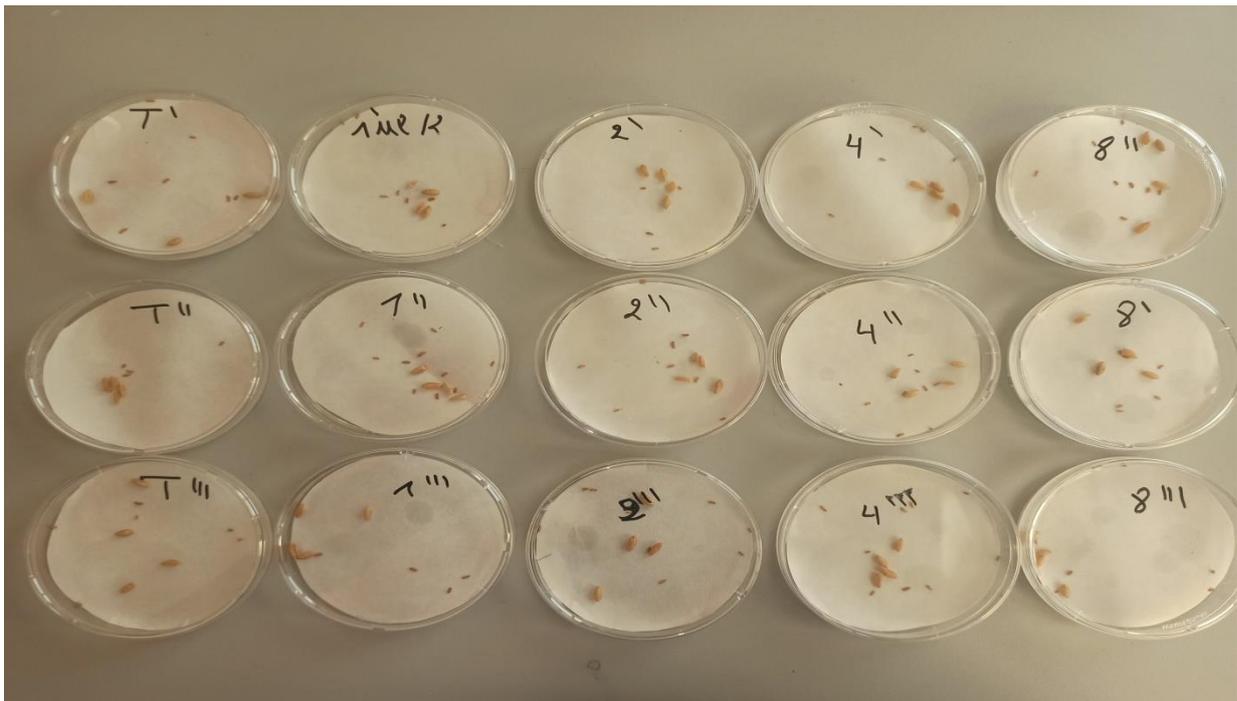


Figure 14 : Test de mortalité d'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* sur les larves de *Trogoderma granarium*

3.2. L'effet de fumigation d'huile essentielle d'*ammoides verticillata* sur les larves de *Trogoderma granarium*.

L'effet répulsif de l'huile essentielle à l'égard des larves de *Trogoderma granarium* a été évalué en utilisant la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre décrite par **Mc Donald et al, (1970)**, nous avons suivi les étapes suivantes

- Les disques de papier filtre de 9 cm de diamètre utilisés à cet effet ont été coupés en deux parties égales ayant chacune 31,80 cm² de surface.
- Quatre doses d'huile ont été préparées (1, 2, 4 et 8 μ l) par dilution dans 200 μ l d'acétone.

- Ensuite chacune des solutions ainsi préparées a été répandue uniformément sur une moitié du disque tandis que l'autre moitié a reçu uniquement 200 µl d'acétone
- Après quinze minutes, temps nécessaire pour l'évaporation complète du solvant de dilution, les deux moitiés des disques ont été ressoudées au moyen d'une bande adhésive.
- Le disque de papier filtre ainsi reconstitué a été placé dans une boîte de Pétri et un lot de 20 larves a été placé au centre de chaque disque.
- Trois répétitions ont été effectuées pour chaque dose (**Figure 15**).
- Au bout de deux heures, Nous avons compté le nombre de larves présents sur la partie du disque traitée avec l'huile essentielle (Nt) et le nombre d'individus présents sur la partie traitée uniquement avec l'acétone (Nc) après 5 mn, 10 mn, 15mn, 30mn, 1 heure et 2 heures.
- Le pourcentage de répulsion (PR) a été calculé en utilisant la formule suivante (**McDonald et al., 1970**)

$$\text{Pourcentage de répulsion (PR) \%} = \left[\frac{(\text{NC}-\text{NT})}{\text{NC}+\text{NT}} \right] \times 100$$

NC (Zone A) : nombre de l'individu présent sur la partie du disque traitée uniquement avec d'acétone.

NT (Zone H) : nombre de l'individu présent sur la partie du disque traitée avec la solution huile acétone.

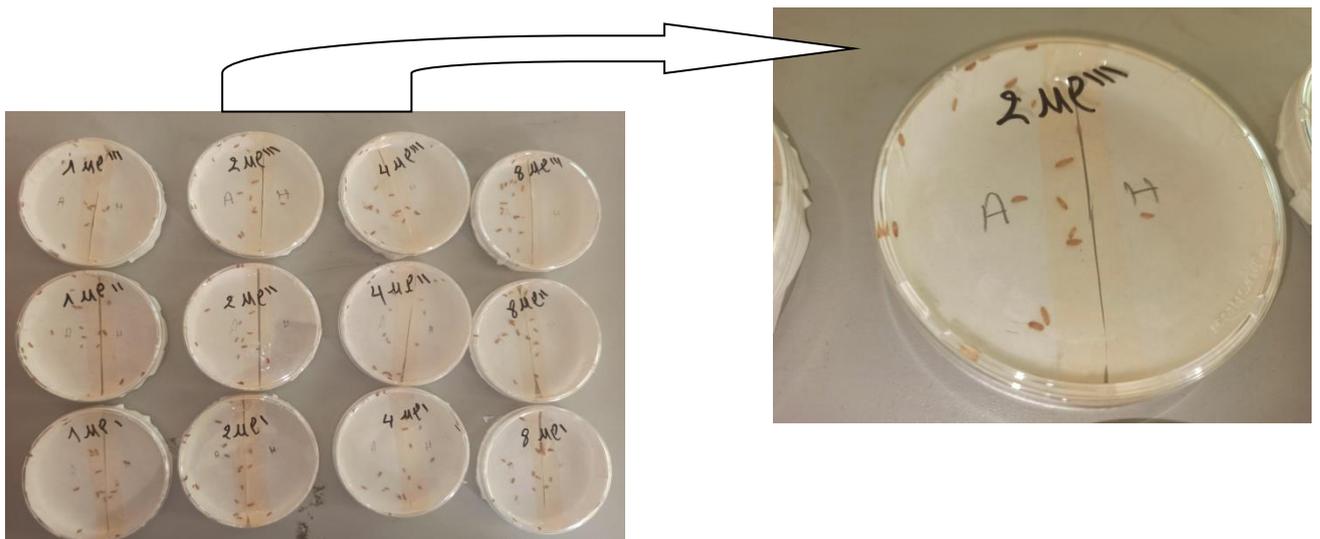


Figure 15 : Test de répulsion des huiles essentielles (A : Acétone, H : solution huile- acétone)

Le pourcentage de répulsion moyen pour chaque huile est calculé (PR) et attribué à l'une des différentes classes répulsives variant de 0 à V (MC Donald et al., 1970), qui sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 10 : pourcentage de répulsion selon le classement de MC Donald et al., (1970)

Classes	Intervalle de répulsion	Propriétés
Classe 0	$PR \leq 0,1\%$	N'est pas répulsion
Classe I	$0,1\% < PR \leq 20\%$	Trèsfaiblement repulsion
Classe II	$20 \% < PR \leq 40\%$	faiblement repulsion
Classe III	$40\% < PR \leq 60\%$	Modérément répulsion
Classe IV	$60\% < PR \leq 80\%$	Répulsion
Classe V	$80\% < PR \leq 100\%$	Très répulsion

3.3. Méthodes d'analyse et d'exploitation des résultats

Une expérience biologique est une action, au moins partiellement contrôlée, sur tout ou une partie d'un matériel vivant, dont le résultat, décrit en terme quantitatif ou numérique, fait l'objet d'une interprétation (Lellouche et Lazar, 1974).

Les méthodes utilisées dans ce travail s'appuient sur l'analyse de la variance (ANOVA) (analyse of variance), test de Tukey Kramer (HSD), test de Duncan (test de comparaisons multiples) et les concentrations létales (CL 90 et 50). La mortalité a été calculée en regroupant le nombre des individus à chaque réplication (Dagnélie, 1975). Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel SPSS.

Chapitre III

Résultats et Discussion

Résultats

Au cours des dernières années, l'utilisation des huiles essentielles (HE) extraites des plantes aromatiques comme insecticides à faible risque, a augmenté considérablement en raison de leur popularité auprès des producteurs biologiques et des consommateurs soucieux de l'environnement. Les huiles essentielles sont facilement produites par distillation à la vapeur du matériel végétal et contiennent de nombreux terpènes volatils de faible poids moléculaire et des composés phénoliques.

Les tests biologiques permettent de déterminer l'efficacité des huiles essentielles de *Ammoides verticillata* vis-à-vis l'insecte des denrées stockées (le blé) *Trogoderma granarium* à partir de deux tests en utilisant des différentes doses pour l'huile essentielle (0,1, 2, 4 et 8 μ l) ; un test de fumigation afin de constater l'effet répulsif d'HE et l'autre de mortalité afin d'estimer son activité insecticide sur la mortalité des larves.

1. Teste de fumigation

L'évaluation de l'effet répulsif de l'huile essentielle de *Ammoides verticillata* à l'égard des larves de *Trogoderma granarium* après 2 heures d'exposition aux différentes doses (1 μ l, 2 μ l, 4 μ l et 8 μ l), est représentée dans la figure 16.

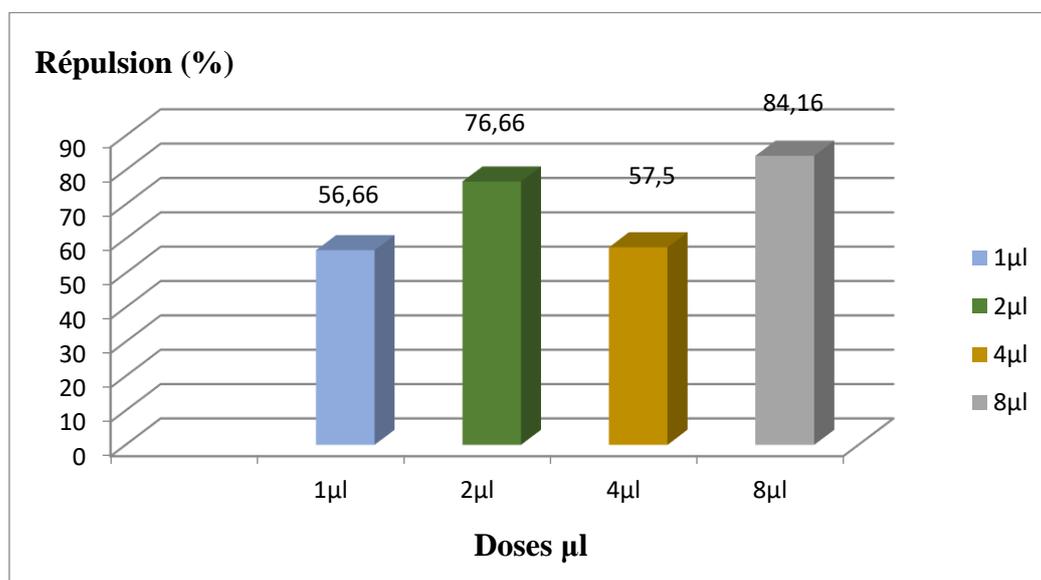


Figure 16 : Taux moyens de répulsion des larves de *Trogoderma granarium* pour l'huile essentielle de *Ammoides verticillata* en fonction des doses.

Ces résultats montrent une variation dans la réponse de *Trogoderma granarium* aux différentes doses de l'huile essentielle. En effet, à la plus faible dose (1 μ l), l'huile essentielle de *ammoides verticillata* montre un taux de répulsion de 56,66%. D'autre part, nous avons remarqué que l'activité répulsive de l'huile montre un taux de répulsion de 76,66% pour la dose

2 μ l, pour la dose 4 μ l le taux de répulsion est démontré par 57,5, et pour la dose 8 μ l le taux de répulsion est démontré par 84,16.

À la lumière de ces résultats, nous pouvons noter également que l'huile essentielle étudiée est classée selon **Mc Donald et al., (1970)** comme répulsive avec un taux PR (%) = **68,75** (Tableau 11).

Tableau11 : l'effet répulsif l'huile essentielle d'*ammoides verticillata* sur les larves de *Trogoderma granarium*

Huile	Doses	Moyen d'individus présents dans la partie		Répulsion (%)
		Non traitée	Traitée	
<i>ammoides verticillata</i>	1 μ l	15,66	4,33	56,66
	2 μ l	17,67	2,33	76,66
	4 μ l	15,75	4,25	57,5
	8 μ l	18,42	1,58	84,16
Taux moyen de répulsion				68,75(%)
Classe répulsive				IV (Répulsif)

2. Activité insecticide de L'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* sur *Trogoderma granarium*

2.1. Impact d'HE d'*Ammoides verticillata* sur les larves *Trogoderma granarium*

La mortalité de la population des larves de *Trogoderma granarium* été très hautement significative en fonction des doses de L'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* auxquelles elles ont été soumises et en fonction du temps, respectivement (F=301.5, P< 0.0001 ; F= 20.05, P< 0.0001) (Tableau 12).

Tableau12 : Test ANOVA pour la mortalité des larves de *Trogoderma granarium* traitées avec L'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* à 00 μ L, 1, 2, 4 et 8 μ L.

	ANOVA SS	DDL	Carré moyen	F	Pr > F
Doses	817,947	14	58,4248	301,5	2,37E-47
Temps	15,5467	4	3,88667	20,05	2,71E-10

Pour comparer l'efficacité de différentes doses de notre huile essentielle d'*Ammoides verticillata*, un test de Duncan a été réalisé (Tableau 13).

Tableau13 : Susceptibilité de populations des larves *Trogoderma granarium* aux différentes concentrations de l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata*

Jour	Doses (μL)	Duncan Groupement	Moyenne de mortalité
J1	0,00	A	0,33
	2,00	B	6,66
	1,00	B	7,00
	4,00	B	8,33
	8,00	B	9,33
J2	0,00	A	1,00
	1,00	B	7,00
	2,00	B	7,33
	4,00	C	9,00
	8,00	C	10,00
J3	0,00	A	1,00
	1,00	B	7,66
	2,00	B	8,00
	4,00	C	9,33
	8,00	C	10,00
J4	0,00	A	1,33
	1,00	B	8,33
	2,00	B	8,33
	4,00	B	9,33
	8,00	B	10,00
J5	0,00	A	1,33
	1,00	B	8,33
	2,00	B	8,66
	4,00	B	9,66
	8,00	B	10,00

Nous avons remarqué une efficacité similaire a été trouvée entre toutes les concentrations (1, 2, 4 et 8 μL) avec un taux moyen de mortalité 78.3 % après le premier jour d'exposition à l'HE d'*Ammoides verticillata*,

Les concentrations (1 et 2 μL) et (4 et 8 μL) nous ont donnés des résultats efficaces et similaires avec un taux moyen de mortalité 71.65 % et 80 % respectivement après le deuxième jour

Cependant dans le troisième jour d'exposition Nous avons aussi remarqué une efficacité similaire dans les mêmes concentrations (1 et 2 μL) et (4 et 8 μL) avec un taux moyen de mortalité 78.3% et 96.95% respectivement

Une autre efficacité très hautement significatif similaire a été trouvée entre toute les concentrations (1,2, 4 et 8 μL) après le quatrième et le cinquième jour d'exposition à l'HE d'*Ammoids verticillata* avec un taux moyen de mortalité 89.97 % et 91.62 % respectivement.

Les résultats obtenus représentés dans la figure 17 montrent clairement les propriétés bio-insecticides de cette huile, puisque les taux moyen de mortalité des larves de *Trogoderma granarium* augmentent significativement en fonction des différentes doses testées durant les différents temps d'observation, par rapport aux témoins qui avait un taux moyen de mortalité qui varie entre 3.3 % après le premier jour d'exposition et 13.3 % après cinq jours d'exposition

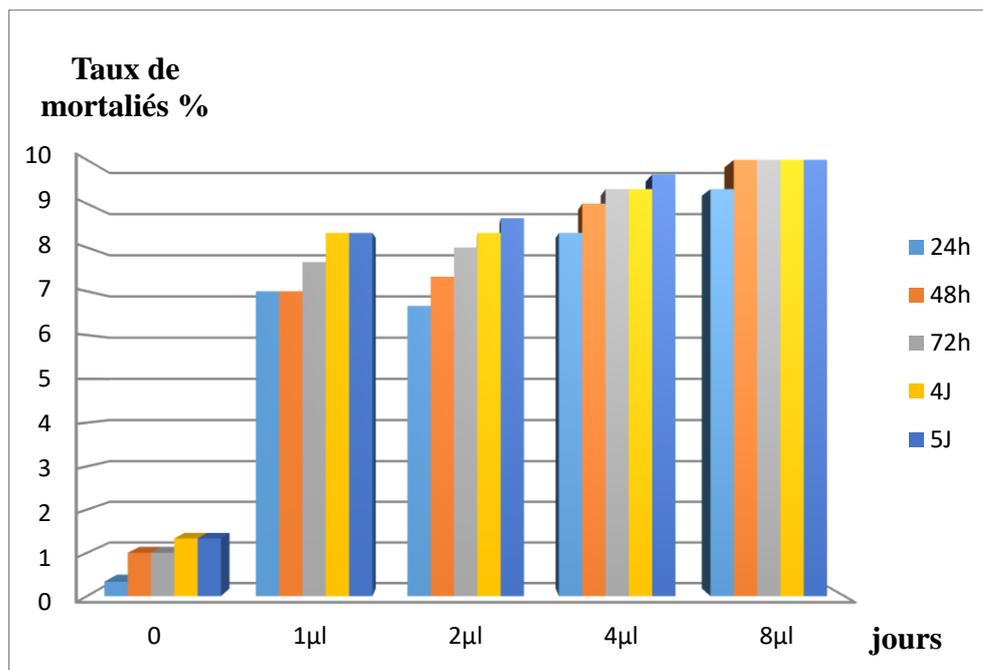


Figure 17 : Taux moyen de mortalité des larves de *Trogoderma granarium* traités par l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* en fonction des doses et de la durée d'exposition

Notre étude donne l'opportunité de comparer directement la sensibilité de la population des larves de *Trogoderma granarium* à l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata*, les comparaisons étaient basées sur la mortalité observée. Il est très intéressant de connaître les concentrations létales pour contrôler cette population.

2.2. Estimation des valeurs de concentrations létales (CL) pour les larves de *Trogoderma granarium*

Nous avons calculé les concentrations létales pour connaître les concentrations l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* qui déterminent les mortalités les plus importantes pour la population des larves de *Trogoderma granarium* (**Tableau 14**)

Tableau14 : Valeurs estimées des concentrations létales après traitement par L'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* sur les larves de *Trogoderma granarium*

Probabilités	Estimation	Borne inférieure	Borne supérieure
10	0,02	0,00	0,20
20	0,06	0,00	0,30
30	0,10	0,00	0,41
40	0,16	0,00	0,54
50	0,25	0,00	0,69
60	0,39	0,00	0,90
70	0,62	0,00	1,22
80	1,07	0,05	1,85
90	2,26	1,08	8,22

Afin d'évaluer le degré de toxicité des huiles essentielles d'*Ammoides verticillata* après cinq jours d'exposition, nous avons procédé au calcul de la CL50 et la CL 90, Celle-ci correspond à la dose létale qui tue 50% et 90 % respectivement des individus de la population soumise à l'expérience.

Les résultats obtenus dans le tableau précédent nous permettent de conclure que L'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* a un effet insecticide important avec un effet toxique supérieur sur les larves de *Trogoderma granarium*. Puisqu'elle enregistre des doses létales très faibles, soit 0,25 μl pour la CL50 et 2,26 μl pour la CL90 sur les larves.

2.3. Moyennes marginales estimées de la mortalité larvaire

Pour bien comprendre la relation entre les doses utilisées et le taux de mortalité des larves de *Trogoderma granarium*, après le traitement avec l'huile essentielle d'*Ammoides verticillata*, nous avons estimé les moyennes marginales de mortalité (par test Tukey's HSD) (**Figure.18**), nous remarquons que la moyenne de mortalité croît avec l'augmentation des doses utilisées pour atteindre son maximum (10 individus par répétition) avec la dernière dose (8 μL).

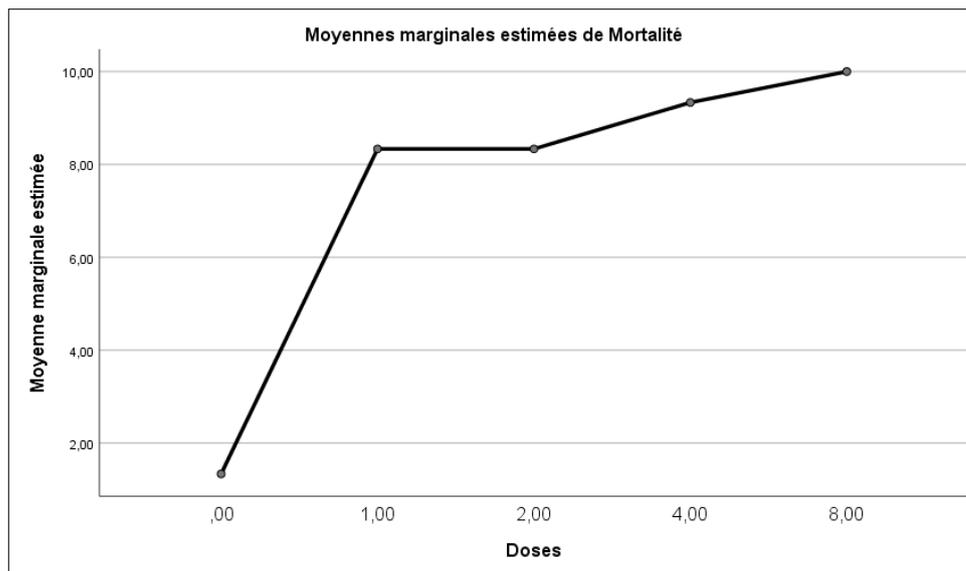


Figure18 : Moyennes marginales estimées de la mortalité des larves de *Trogoderma granarium*

Discussion

L'utilisation traditionnelle des plantes dans la lutte contre les déprédateurs des denrées stockées, et en tant que répulsives des insectes volants a fait preuve de son efficacité. Ces pratiques ont démontré que les huiles essentielles et leurs constituants sont toxiques à l'égard d'un grand nombre d'insectes par contact et par fumigation (**Saheb,2007**).

Les huiles essentielles peuvent constituer des solutions efficaces, faciles à appliquer, à faible persistance (**Isman., 2000,2006**), biodégradables et respectueuses de l'environnement. Elles présentent une toxicité faible contre les vertébrés : poissons, oiseaux et mammifères (**Enan et al, 1998**) et jouent un rôle important dans la protection des plantes contre les ravageurs (**Isman, 2000 ., Isman et Machial, 2006**).

1. L'effet répulsif

La répulsion est un mécanisme de défense exercé par les plantes contre les insectes (**Jayakumar et al, 2017**). Ce phénomène physiologique peut être utilisé pour lutter contre les dégâts causés par ces insectes ravageurs. Selon les travaux réalisés par (**Mann et Kaufman ,2012**) les composés phytochimiques affectent les principales fonctions métaboliques, biochimiques, physiologiques et comportementales des insectes, et peuvent bloquer également les voies respiratoires, entraînant l'asphyxie et la mort des ravageurs. Les substances répulsives agissent localement ou à distance empêchant un insecte de voler, d'atterrir ou de piquer un animal ou l'Homme, Cette activité est liée aux principes actifs et aux autres constituants chimiques de l'huile (**Sendi et Ebadollahi, 2013**).

Nos résultats montrent que l'activité répulsive d'huiles essentielles d'*Ammoides verticillata* testées à l'égard des larves de *Trogoderma granarium* augmente au fur et à mesure que les concentrations de l'huile essentielle augmentent variant de 56,66 % à 84,16% pour les doses de 1 µl et 8µl respectivement, dont le taux moyen de répulsion est de 68.75 %, ce qui signifie que notre HE appartient à la catégorie des huiles très répulsifs.

Nos résultats s'accordent avec ceux de **Bounouira et al, (2022)** qui ont observé de un taux de répulsion de 63% pour la dose 1µl et 75,5% pour la dose 2µl, vis-à-vis *Sitophilus zeamais*, ces résultats sont hautement significative en fonction des doses et du temps (F=8,84, P< 0.0001, F=27,23, P< 0.0001, respectivement).

Des travaux similaires sur larves de *Trogoderma granarium* réalisés par **Brahmi et Yousfi, (2021)** sur l'effet par répulsion d'huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* font ressortir des forts taux de répulsion (60%, 70 % et 85%) qui sont observés à 30min, 1h et 3h après traitement respectivement avec la plus forte concentration (5µl/ml).

2. L'effet insecticide

Les biopesticides à base d'huiles essentielles forment une classe d'insecticides intéressante car étant constituées de plusieurs composés à mécanismes d'action variés.

En plus, elles ont des modes d'application multiples (**Chiasson et Beloin, 2007**).

Notre étude sert à évaluer l'effet toxique de l'HE extraite d'*Ammoides verticillata*, sur les larves de *Trogoderma granarium*. En utilisant différentes doses huiles essentielles (1µl, 2µl, 4µl et 8 µl) ; pour évaluer la mortalité des larves.

Les résultats obtenus montrent nettement que l'HE d'*Ammoides verticillata*, a révélé un effet insecticide significatif sur les larves de *Trogoderma granarium* au fur et à mesure que la dose et le temps d'exposition augmentent. Nos résultats, présente un taux moyen de mortalité de 78.3 % après le premier jour d'exposition pour les concentrations (1, 2, 4 et 8 µL) et 95% après le deuxième jour d'exposition à l'HE d'*Ammoids verticillata* pour les concentrations (4 et 8 µL) et 96.65 % après le quatrième jour d'exposition,

Les concentrations létales de CL50 et CL90 d'HE calculer respectivement ont été très efficace (**0,25** µl et **2,26** µl).

L'activité insecticide de l'HE d'*Ammoides verticillata* a été prouvée dans plusieurs travaux et sur plusieurs espèces d'insectes, tels que *Sitophilus zeamais* (**Bounouira et al, 2022**) et *Bactrocera oleae* l'un des principaux ravageurs de l'olive dans toute la région méditerranéenne avec une CL50 de 10.1ul/l pour les larves L3 de l'insecte (**Senouci , 2019**).

Des études similaires ont été réalisées par (**Brahmi et Yousfi, 2021**) sert à évaluer l'effet toxique de l'HE extraite d'*Eucalyptus globulus* sur les larves de *Trogoderma granarium* par fumigation. Les résultats ont montré une activité insecticide de cette huile avec une relation dose-réponse. Les mortalités corrigées enregistrées chez *T. granarium* au cours des tests de toxicité par fumigation varient de 16% pour la dose la plus faible (20µl/l d'air) jusqu'à 100% pour la plus forte dose (640 µl/l d'air) les mortalités augmentent de façon significative en fonction des doses appliquées (F5,24 =203,8 ; p<0,001)

Les résultats obtenus par **Babba et Touhari ,2020** dans l'étude de l'activité insecticide d'huile essentielle des clous de girofle (*Syzygium aromaticum*) contre les quatrième et cinquième stades larvaires (L4 et L5) de *T. granarium* font ressortir une toxicité assez élevée atteignant les 100% sur les deux stades larvaires, cel dès le premier jour du test pour les doses 20, 25, et 30 ul/ml, et dès le troisième jour d'application pour les doses 5, 10 et 15 ul/ml. L'HE a un effet larvicide très efficace sur les larves du dermeste, confirmé par la DL50 et la

DL90 calculées, à savoir 2.29 et 6.41 ul/ml pour le stade L4 et 3.39 et 8.11ul/ml pour le stade L5.

La comparaison entre ces études montre que l'HE d'*Ammoides verticillata* est très efficace sur les larves de *Trogoderma granarium* et suggèrent que peut constituer une matière première pour le développement de nouveaux produits bio-insecticides contre l'insecte *Trogoderma granarium*, l'un des principaux ravageurs des denrées stockées.

La toxicité des huiles essentielles d'*Ammoides verticillata* sur les insectes est induite par l'action de leurs composés majoritaires. Le limonène a été étudié et appliqué en tant qu'insecticide (Sfara *et al*, 2009), le carvacrol a montré une puissante activité insecticide et acaricide, à large spectre, contre des ravageurs arthropodes agricoles des produits stockés et une activité forte et sélective contre *Alphitobius diaperinus*, un insecte ravageur cosmopolite des aliments stockés, des produits céréaliers tels que la farine et des installations d'élevage de volailles (Ahn *et al*, 1998).

Par ailleurs, l'ampleur de l'activité insecticide peut être liée à l'effet causé par l'interaction de tous les constituants présents dans l'huile (Belabbes *et al*, 2017). En effet, les terpènes ont montré une toxicité significative contre un panneau d'insectes nuisibles (Khanikor *et al*, 2013).

Le mode d'action de ces composés n'a pas été entièrement élucidé ; cependant, selon Khanikor *et al*. (2011), les composés terpéniques sont neurotoxiques et modèrent l'action toxique des différentes espèces d'*Aedes* en agissant sur l'acétylcholinestérase et l'octopaminergique système.

L'activité biologique d'une huile essentielle est liée généralement à sa composition chimique. Ainsi, nous pouvons dire que l'ensemble des huiles analysées se distinguent par l'abondance de leurs différents constituants chimiques et parfois même par leur nature bien qu'elles appartiennent toutes à la même famille botanique, la période d'extraction, les méthodes de séchage et d'analyse, l'origine géographique, l'environnement dans lequel évolue une plante ; l'organe étudié influence considérablement la composition chimique de l'huile essentielle (Taleb-Toudert, 2015).

L'effet insecticide varie en fonction de la nature de l'huile essentielle, des doses utilisées, du temps d'exposition et du stade du développement de l'insecte.

L'HE étudié possédait des activités insecticides, bactéricides, fongicides et antioxydantes fort intéressantes nous permettant de les proposer comme biopesticides aux agriculteurs, protégeant ainsi l'environnement et la santé des citoyens.

Conclusion

Conclusion et perspectives

Les denrées stockées occupent une importance économique et alimentaire très importante dans le monde entier. Cependant le dermeste du blé (*Trogoderma granarium*) est parmi les principaux ravageurs qui provoquent des dommages considérables aux aliments stockés.

En revanche, la lutte chimique appliquée contre ces ravageurs dénote un impact néfaste sur l'environnement et la santé humaine.

Les plantes aromatiques constituent une source de substances naturelles importante dans la recherche d'alternatives à la lutte chimique utilisée contre les nuisibles des denrées à stockées, la flore algérienne peut constituer une réserve importante d'espèces végétales intéressantes.

Notre étude entreprise dans le cadre de la protection des cultures et la valorisation des plantes aromatiques a concerné l'étude de l'activité insecticide d'huile essentielle d'*Ammoides verticillata* contre les larves *Trogoderma granarium*.

Les résultats obtenus font ressortir une toxicité assez élevées atteignant les 95 % des individus dès le deuxième jours d'exposition pour la dose de 4 μL et 96.65 % après le quatrième jour d'exposition pour la dose de 8 μL , la mortalité moyenne des larves augmente en fonction de la dose et de la durée d'exposition, Selon le classement de **MC Donald et al. (1970)**, le pourcentage de répulsion de l'huile essentielle d *Ammoides verticillata* est de 68.75% elle appartient donc à la classe IV par conséquent son effet est répulsif.

L'HE a un effet larvicide très efficace sur les larves *T. granarium* confirmé par la CL50 et la CL90 calculées, à savoir 0,25 μL et 2,26 μL respectivement

Ce présent travail affirme que l'huile essentielle étudiée peut assurer une protection des grains de blé exploitée comme agent biocide pour lutter contre les larves *T. granarium*

La meilleure protection du blé en stock contre les insectes est conditionnée par des mesures préventives et des mesures curatives. La prévention en matière de stockage, dans une installation bien conçue, régulièrement entretenue, bien nettoyée à chaque période de stockage et dotée d'une ventilation, est d'une grande importance.

En matière de mesures curatives, de nouvelles méthodes sont étudiées afin de réduire les applications chimiques et les risques liés à leurs usages. Parmi ces méthodes, on insiste sur le recours aux méthodes alternatives basées sur l'application des extraits végétaux comme biopesticides moins persistants et moins toxiques.

Jusqu'à ces derniers temps, les agriculteurs utilisaient les traitements insecticides chimiques de synthèse pour lutter contre les ravageurs ; cependant, depuis que des campagnes de sensibilisations ont été initiées principalement par les écologistes et les professionnels de la

Conclusion

santé sur la dangerosité de ces substances, la tendance s'est inversée pour s'orienter vers l'agriculture « bio », plus saine et particulièrement recommandée.

Ces résultats nous permettent de proposer ce produit naturel comme alternative possible aux insecticides jusque-là utilisés pour lutter contre les insectes ravageurs des denrées stockées qui permettra de mieux préserver notre santé et l'environnement.

L'intérêt croissant pour les huiles essentielles provient d'un certain nombre de facteurs tels que : Les HE sont biodégradables et se décomposent rapidement lors de l'application, cela empêche la bioaccumulation et les problèmes de pollution, leur disponibilité générale, leur coût relativement bas, la conviction que les extraits d'origine végétale sont moins toxiques que les pesticides conventionnels. Lorsqu'ils sont utilisés dans le cadre de programmes de lutte intégrée, les biopesticides peuvent réduire considérablement l'utilisation de pesticides classiques, alors que les rendements des cultures restent élevés

Cependant, cette étude nécessite une recherche complémentaire. A l'avenir il serait intéressant de compléter cette recherche, ainsi nous ouvre de nombreuses perspectives dont

- ✓ Il faut penser à l'avenir à ajuster correctement les doses préliminaires pour arriver à une mortalité totale.
- ✓ Évaluer les effets insecticides de cette huile essentielle vis-à-vis des adultes de *Trogoderma granarium*.
- ✓ Réaliser des expériences complémentaires afin de préciser la nature du (ou des) composé (s) responsable (e) de cette activité.
- ✓ Malgré les propriétés prometteuses, les problèmes liés à leur volatilité, doivent être résolus par utilisation d'un support des huiles essentielles comme les terre de diatomée (**Bounouira et al, 2022**).
- ✓ Les résultats obtenus sont certes encourageants, mais l'efficacité de cette huile essentielle reste encore à démontrer en situation réelle dans les entrepôts de stockage.
- ✓ En effet, le travail nécessite de grands efforts qui associent plusieurs spécialités afin de mettre les céréales stockées dans les meilleures conditions les plus favorables.

Références
bibliographiques

Références bibliographiques

1. **Abdelouahid D.E., Bekhchi C., 2004**, Pouvoir antimicrobien de l'huile essentielle d'*Ammoïdes verticillata* (Nûnkha). Rev, Biologie et santé, p.1-10.
2. **Abis S., 2012**, Le blé en Méditerranée : sociétés, commerce et stratégies. Économie et territoire, relations commerciales. CIHEAM. Paris. 241-247.
3. **AFNOR., 2000**, "association français de normalisation française : huile essentielle, Ed, Afnor", Paris.
4. **Ahmedani M. S., Haque M. I., Afzal S. N., Naeem M., Hussain T., Naz S., 2011**, Quantitative losses and physical damage caused to wheat kernel (*Triticum aestivum* L.) by khapra beetle infestation. – Pakistan Journal of Botany 43(1): 659-668.
5. **Ahn YJ., Lee SB., Lee HS., Kim GH., 1998**, Insecticidal and acaricidal activity of carvacrol and β -thujaplicine derived from *Thujopsis dolabrata* var. *hondai* Sawdust. J Chem Ecol, 24(1) : 81-90. [[Http://dx.doi.org/10.1023/A:1022388829078](http://dx.doi.org/10.1023/A:1022388829078)].
6. **Anonyme., 2012**, *Aspergillus flavus* et autres moisissures productrices d'aflatoxines, Anses, 3p.
7. **Anonyme., 2014**, à Office Algérien interprofessionnel des céréales. Rev. Trimes. Chamb. Agric. Algérienne de commerce et d'industrie, Algérie, 6 p.
8. **Arora R., Singh B., Dhawan A. K., 2017**, Theory and Practice of Integrated Pest Management. *Scientific Publishers*. India. p:130.
9. **Ashraf M., Orooj A., 2006**, of arid environnement, 64, 209.
10. **Athanassiou C. G., Rani P. U., Kavallieratos N. G., 2014**, The Use of Plant Extracts for Stored Product Protection. *Advances in Plant Biopesticides*. 131–147. DIO :10.1007/978-81-322-2006-0-8.
11. **Attou A., Davenne D., Benmansour A., Lazouni H.A., 2019**, Chemical Composition and Biological Activities of *Ammoïdes verticillata* Essential Oil from West Algeria. *Phytothérapie*. 17(1), 2-8.
12. **Ayache F., 2007**, Les résineux dans la région de Tlemcen (Nord-Ouest algérien) : aspects écologiques et cartographie. Mémoire de magistère. Univ. Tlemcen. Fac. Sciences. Départ. Biologie.Lab. Gest. Ecosystèmes. 223 p.

13. **Azevedo N.R., Campos I.F., Fereira H.D., Prtes T.A., Santos S.C., Seraphin J.C., Paula J.R., Ferri P.H., 2001,** Chemical variability in the essential oil of *HyptisSuaveolens*. *Phytochemistry*; 57(5): 733-736.
14. **Babba Issam., Touhari Merouane., 2020,** Etude de l'activité biologique de l'huile essentielle et l'extrait hydrométhanoïque des clous de girofle (*Syzygium aromaticum*) à l'égard du bioagresseur des denrées stockées *Trogoderma granarium*, mémoire de Master en protection des cultures, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, P 77.
15. **Bajji M., 1999,** Étude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et de variants somaclonaux sélectionnés In vitro. Thèse de doctorat. Université de Louvain.
16. **Balachowsky A.S., 1951,** *La lutte contre les insectes : principes, méthodes, applications.* Payot, Paris, 380 p.
17. **Baytopet T., Sitiupinar N., 1986,** Characteristics of Nanahan cultivated in Anatolia a dits volatile oil. *J. Fac. Pharm. Istanbul*, 22 : p.73-76.
18. **Bekhechi C., Boti J.B., Bekkara F.A., Abdelouahid D.E., Casanova J., Tomi, F., 2010,** Isothymol in ajowan essential oil. *Nat. Prod. Commun.*5, 1107-1110.
19. **Belabbes R., Dib MEA., Djabou N., 2017,** Chemical Variability, Antioxidant and Antifungal Activities of Essential Oils and Hydrosol Extract of *Calendula arvensis* L. from Western Algeria. *Chem Biodivers.* 14(5)e1600482.
20. **Belaid D., 1996,** Aspects de la céréaliculture Algérienne. Ed. Office des publications Universitaires, Ben-Aknoun (Alger), 206 p.
21. **Belouad A., 1998,** étymologie des noms de plantes du bassin méditerranéen. Ed. OPU, Alger.
22. **Ben seddik K., Ben seddik M., 2021,** L'effet de méthode d'extraction sur la production d'huiles essentielles à partir de *citrus aurantium* (région deGhardaïa), Master académique en Génie des Procédés, Université de Ghardaïa, P 95.
23. **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. **Benkhellat O., 2002,** Contribution à l'étude des conditions de manutention du blé et de l'écologie des arthropodes dans les écosystèmes de stockage de la région de Bejaia et essai de lutte contre *rhyzopertha dominica* (Coleoptera : bostichidae) à base de poudre de plantes. Thèse. mag. Science de la nature. Univ. Bejaia.102p.

25. **Benoit B., 2012**, Nomenclature de la flore de la France. Rev Tela Botanica BDNFF v 4.02.:15.
26. **Benyoucef F., Dib M.A., Tabti B., Zoheir A., Costa J., Muselli A., 2019**, Synergistic Effects of Essential Oils of *Ammoides verticillata* and *Satureja candidissima* Against Many Pathogenic Microorganisms. *Anti-Infective Agents*. 2019, DOI:10.2174 /2211352517666190227161811.
27. **Berhaut P., Le Bras A., Niquet G., Griaud P., 2003**, Stockage et conservation des grains à la ferme, ARVALIS, Institut du végétale, Ed. Tec et Doc, Paris, 108 P.
28. **Bonnafous C., 2013**, Traité scientifique Aromathérapie - Aromatologie & aromachologie.
29. **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.
30. **Bouhdid S, Idomar M, Zhiri A, Baudoux D, Skali N.S et Abrini J., 2006**, Thymus essential oils : chemical composition and *in vitro* antioxidant and antibacterial activities, Congrès international de biochimie, Agadir, Maroc.
31. **Bounneche H., 2015**, Fric : technologie de fabrication et qualité mémoire de magister, département de technologies alimentaires, université Constantine 1.
32. **Bounouira Yassine, Gaouar Benyelles Nassira, Senouci Hanane, Benazzouz Fatima Zohra, Chaieb Ikbal, 2022**, L'activité insecticide d'une formulation de l'huile essentielle d'*ammoides verticillata* avec la terre de diatomée sur les *Sitophilus zeamais*, Ecology and Management of Natural Ecosystems Laboratory, Department of Ecology and Environment, University of Tlemcen, Algeria.
33. **Bounouira Yassine, 2020**, Activités biologiques de la diatomite sur les bioagresseurs des cultures en vue d'une lutte naturelle et biologique, Thèse de Doctorat en Ecologie Animale, Université Aboubakr Belk aïd – Tlemcen, P 95.
34. **Bourras L., 2001**, Effet du stress hydrique sur les composantes du rendement de quelques génotypes de blé dur. Thèse de Magistère Alger : INA El Harrach, p189.
35. **Boutigny A. L., 2007**, Etude de l'effet de composés du grain de blé dur sur la régulation De la voie de biosynthèse des trichothécènes B : purification de composés inhibiteurs, analyse des mécanismes impliqués. Thèse de doctorat : Alimentation et nutrition. Paris : Université Bordeaux 1.
36. **Brahmi A., Yousfi R., 2021**, Impact d'un huile essentielle d'Eucalyptus globulus sur les larves de *Trogoderma granarium* : Toxicité, Répulsion, Biochimie et Indices nutriionnels , Memoire en vue de l'obtention du diplôme de Master en Ecophysiologie Animale, Université Larbi Tébessi –Tébessa, P67.

37. **Bruneton J., 1993**, Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Paris, Lavoisier, 623p.
38. **Bruneton, J., 1987**, Elément de Phytochimie et Pharmacognosie. Ed. Tech. Et Doc. Ed Lavoisier, Paris.
39. **Buronzo A.M., Schnebelen J.C., 2012**, Petit livre des huiles essentielles. 1ère Ed. Paris.p160.
40. **Campolo O., Giunti G., Russo A., Palmeri V., Zappalà L., 2018**, Essential Oils in Stored Product Insect Pest Control. *Journal of Food Quality*.1–18. DIO :10.1155/2018/6906105.
41. **Casagrande P., Guibourg C., 1989**, Rôle et importance d'une organisation de marché dans une politique de conservation et de transformation des céréales. Céréales en régions chaudes. AUPELF.UREF, Ed. John Libbey Euotext, Paris,pp : 9-17.
42. **Chaâbane A., 1993**, Etude de la végétation du littoral septentrional de Tunisie : Typologie, Syntaxonomie et éléments d'aménagement. Thèse Doctorat en Ecologie. Uni.Aix-Marseille III. 205 p + annexes.
43. **Chanchal Cabrera., 2001**, Clinical aromatherapy: The medicinal value of volatile oils,MNIMH, AHG,1-18.
44. **Chériti A., Rouissat A., Sekkoum K., Balansard G.,1995**, Plantes de la Pharmacopée traditionnelle dans la région d'El Bayadh (Algérie). *Fitoterapia* (6), p.66-528.
45. **Chiasson H., Beloin N., 2007**, Les huiles essentielles, des biopesticides « Nouveau genre ».
46. **Chibani S., 2013**, Etude phytochimique et biologique de six plantes lédicinales de l'est Algerien , p14.
47. **Cook J., JohnsonV.A., Allan R. E., 1991**, Le blé. In:Greef.M.W. (Eds). Méthodes traditionnelles de sélection des plantes : un aperçue historique destiné à servir de référence pour l'évaluation du rôle de la biotechnologie moderne. Organisation de coopération et de développent économiques, Belgique, pp 27-38.
48. **Couic-Marinier, F., 2013**, Huiles essentielles : l'essentiel. Conseils pratiques en aromathérapie pour toute la famille au quotidien.
49. **Cruz, J.F., Hounhouigan, J. D., Lessard, F.F., Troude, F., 2016**, Les Insectes Des Stocks Et Les Méthodes De Lutte. In : La Conservation Des Grains Après Récolte. Quae,CTA, Presses Agronomiques De Gembloux. France. P : 187.
50. **Dagnelie P., 1975**, Théorie et méthodes statistiques : Application agronomique, vol II Presses agronomiques, Gembloux, Belgium.

51. **Daine E et 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.
52. **Daira N., Maazi M., Chefroua A., 2016**, Contribution à l'étude phytochimique d'une plante médicinale (*Ammoides verticillata* Desf. Briq.) de l'Est Algérien. Bull. Soc. r. sci. Liège. 85, 2016, 276 – 290.
53. **Dales M. J., 1996**, A review of plant materials used for controlling insect pests of stored products. Ed. Crown copyright united king dom. N Ra Bulletin. 65-84p.
54. **Delimi A., Taibi F et Fissah A., Gherib S., Bouhkari M., Cheffrou A., 2013**, Bio-activité des huiles essentielles de l'Armoise blanche (*Artemessia herba alba*) : effet sur la reproduction et la mortalité des adultes d'un ravageur des denrées stockées *Ephesiakuehniella* (Lepidoptera). *Afrique Science* 09(3) : P.82-90.
55. **Delobel et Tran .,1993**, Les Coléoptères des denrées entreposées dans les régions chaudes. Ed. Orstom. Pp 125,129.
56. **Denissew S. A., J. Essent Oil Res., 1993**, Sept/Oct 5, 466.
57. **Djermoun A., 2009**, La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques, *Revue Nature et Technologie*, N°1, 45-53.
58. **Doukani K., Tabak S., Gourchala F., Mihoub F., Ounes M., Benbaguara M., 2013**, Caractérisation physico-chimique du blé fermenté par stockage souterrain (Matmora), *Revue Ecologie-Environnement*.
59. **Doumaïndji A., Doumaïndji S., Doumaïndji B.,2003**, Cours de technologie des céréales. Ed. Office des publications Universitaires Ben-Aknoun-Alger ; p 01-20.
60. **DRE., 2008**, Schéma directeur de la wilaya de Tissemsilt. Mission 1. État des lieux. 79p.
61. **El mezoued D., 2019**, Étude et mise en évidence des effets du semis direct sur la croissance et le développement du blé tendre (*Triticumaestivum*L.) et du petit pois (*Pisumsativum*L.) par rapport à leurs conduites en labour conventionnel. Doctorat en science agronomique. Université Abdelhamid Ibn Badis. Mostaganem. P.138.
62. **El-Wakeil, N.E.,2013**, Retracted article: Botanical Pesticides and Their Mode of Action. *Gesunde Pflanzen*. 65(4) :125–149. DIO : 10.1007/s10343-013-0308-3.
63. **Emberger L., 1955**, Une classification biogéographique des climats. Recueil. Trav. Labo. Géol. Zool. Fac. Sci. Montpellier. 48 p.

64. **Enan E., Beigler M., Kende A.,1998**, Insecticidal action of terpenes and phenols to cockroaches: effect on octopamine receptors. In: Proceedings of the International Symposium on Plant Protection, Gent, Belgium.
65. **Feillet P., 2000**, Le grain de blé : Composition et utilisation. Edition Quae. INRA. Paris ; p: 308.
66. **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). *Geo-Eco-Trop.* 34, 147–154.
67. **Ferreira, M. S. L., 2011**, Dynamique d'assemblage des protéines de réserve et du remplissage du grain de blé dur. Thèse. Doctorat. Centre international d'études Supérieures en sciences Agronomiques de Montpellier, 261p.
68. **Flaurat et Lessard., 1982**, Les insectes et les acariens. In. MULTON JL., conservation et stockages des grains et graines et produits dérivés. Ed. Lavoisier, Paris. Vol.01 ; p 394-436. 308.
69. **Fredot E., 2005**, Connaissance des aliments. 1ère édition. Lavoisier. Paris, 397p.
70. **Fredot E., 2012**, Connaissance des aliments : bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. 3ème édition, Lavoisier, Tec & Doc, Paris, 613p.
71. **Gandhi N., Pillai S., Patel P., 2010**, Efficacy of pulverized *Punica granatum* (Lythraceae) and *Murraya koenigii* (Rutaceae) leaves against stored grain pest *Tribolium castaneum*(Coleoptera: Tenebrionidae). *Int. J. Agric. Biol.*, 12 : 616-620.
72. **Gate, P.H., 1995**, Ecophysiologie du blé ; Technique et documentation : Lavoisier, Paris 429 p.
73. **Guinochet M et Vilmorin R., 1975**, Flore de France fascicules. *Ed.* Centre national de la recherche scientifique France.
74. **Gwinner J., Harnisch R., Mück O., 1996**, Manuel sur la manutention et conservation des graines après récolte. Ed. GTZ. Allemagne, 368p.
75. **Hadaway A.B., 1956**, The Biology of the Dermestid Beetles, *Trogoderma granarium* Everts and *Trogoderma versicolor* (Creutz.) *. *Bulletin of Entomological Research* 46 :781– 796.
76. **Hagstrum D.W., Phillips T.W., Cuperus G., 2012**, Stored Product Protection.K-State Research and Extension. Kansas, 358pp.
77. **Haiahem Lemay .,Tebbani Ibtissem ., Bencheghieb Bouthaina ,2019**, Activité bio-insecticide des huiles essentielles de l'Ortie *Urtica dioica* L.sur, un ravageur des denrées

stockées *Ephestia kuehniella* (Zeller), Master académique en science biologique, Université 8 Mai 1945 Guelma, P88.

78. **Haubruge 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 *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera, Tenebrionidae). Med. Fac. Landbouww. Rijkuniv. Cent 54/3b, 1083-1093.
79. **Hazzit M., Baalioumer A., Verissimo A. R., Faleiro M. L., Miguel M., G., 2009**, Chemical composition and biological activities of Algerian Thymus oils. *Food chemistry*.116,741-721.
80. **Hikal, W. M., Baeshen, R. S., Said-Al Ahl, H. A. H.,2017**, Botanical Insecticide as Simple Extractives for Pest Control. *Cogent Biology*, 3(1) :1404274. DIO :10.1080/23312025.2017.1404274.
81. **Howe R.W., Lindgren D.L., 1957**, How much can the khapra beetle spread in the USA? *Journal of Economic Entomology* 50: 374–375.
82. **Huignard J., Dugravot S., Ketoh K.G., Thibout E. et Glitho A.I., 2002**. Utilisation de composés secondaires des végétaux pour la protection des graines d'une légumineuse, le niébé. Conséquences sur les insectes ravageurs et leurs parasitoïdes. *Biopesticides d'Origine Végétale*. Ed. By C Regnault-Roger, BJR Philogène & C Vincent, Lavoisier Tech & Doc, Paris. pp. 133–149.
83. **Imura O., 1991**, A comparative study of the feeding rabbits of *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum* (Coleoptera, Tenebrionidae). *Jour. Insect. Physiol.* N° 35. Pp : 493-500.
84. **Isman M.B., Machial C.M., 2006**, *Pesticides based on plant essential oils: from traditional practice to commercialization*. In : Rai, M., Carpinella, M.C. (Eds.).
85. **Isman M.B.,2006**, Botanical insecticides deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Ed. Annu. Rev. Entomol.*, pp : 45-66.
86. **Isman, M.B., 2000**, Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection*. 19 :603-608.
87. **Isman, M.B., 2002**, Problème et perspectives de commercialisation des insecticides d'origine botanique. *Biopesticides d'origine végétales*. CBJR Renault-Roger, and CV Phylogène (Eds), Tec and Doc Editions, Lavoisier, Paris, France, 300-311.
88. **Jaya kumar., Manickkam., Arivoli S., Raveen R. Tennyson S., 2017**, Repellent activity and fumigant toxicity of a few plant oils against the adult rice weevil *Sitophilus*

oryzae Linnaeus 1763 (Coleoptera: Curculionidae). Journal of Entomology and Zoology Studies. 5(2) : 324-335.

89. **Jouault S., 2012**, La qualité des huiles essentielles et son influence sur leur efficacité et sur leur toxicité pour obtenir le diplôme d'état de docteur en pharmacie pp 18, 19.
90. **Khanikor B., Parida P., Yadav RNS., Bora D., 2013**, Comparative mode of action of some terpene compounds against octopamine receptor and acetyl cholinesterase of mosquito and human system by the help of homology modeling and Docking studies. J Appl Pharm Sci, 3(02): 006-12.
91. **Khare B.P., 1990**, Stored grain infestation by insect in North India. *Bul.Grain.Tech.* V3, pp : 1633-1638.
92. **Koul, O., Suresh, W., Dhaliwal, G. S., 2008**, Essential Oils as Green Pesticides: Potential and Constraints. *Biopesticides International*. 4(1) : 63–84.
93. **Krief S., 2003**, Métabolites secondaires des plantes et comportement animal : surveillance sanitaire et observations de l'alimentation des chimpanzés (*Pan troglodytes schweinfurthii*) en Ouganda. Activités biologiques et étude chimique de plantes consommées. Sciences du Vivant [q-bio]. Muséum national d'histoire naturelle – MNHN PARIS.
94. **Kurkin V.A., 2003**, *Chem. Nat. Compd.*, 39 :123.
95. **Laaboudi A., Mouhouche B., Slama A., 2016**, Impact des variations des températures sur les rendements de blé sous pivots dans la région d'Adrar. *African review of science technology and development*. 1 (2) : P.47-58.
96. **Lafon J.P., Thorand Prager C., Levy.G., 1991**, « Biochimie structurale » Biologie des plantes cultivées. Tome 1. Lavoisier. TEC. & DOC. 1988 ; b) Sallé, J.L. « Le Totum en Phytothérapie » Approche de phytothérapie. Ed Frison - Roche. Paris.
97. **Lakhdar L., 2015**, Evaluation de l'activité antibactérienne d'huiles essentielles Marocaines sur *aggregatibacter actinomycetemcomitans* : étude in vitro. Faculté de médecine dentaire de Rabat, centre d'étude doctorales des sciences de la vie et de la santé.
98. **Laurent C., Maxime F., Mazé A., Tichit M., 2003**, Multifonctionnalité de l'agriculture et modèles de l'exploitation agricole. *Économie rurale*. 273(1), 134-152.
99. **Lellouche J., Lazar P., 1974**, Méthodes statistiques en expérimentation biologique Flammarion and Cie, Eds.
100. **Mallek H., 2017**, Contribution à l'étude de la mycoflore associée aux grains de blé et d'orge dans la wilaya de Bouira. Thèse de Doctorat, Université de Bouira), p 7-45.

101. **Mann R. S., E Kaufman P. E., 2012**, Natural product pesticides: Their development, delivery and use against insect vectors. *Mini-Reviews in Organic Chemistry*. 9(2) : 185-202.
102. **Mc donald L. L., Guy R.H., Speirs R.D., 1970**, Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants, repellents and attractants against stored product insects. Marketing Research Report Number 882 (Washington: Agricultural Research, Service, US Department of Agriculture pp. 8.
103. **Mebarkia A., 2001**, Inventaire et estimation des dégâts causés par les insectes des stocks dans la région de Bordj-Bou Arriridj. Bioécologie et effets des radiations ionisantes sur le potentiel biotique de *Rhyzoperta dominica*. (Coleoptera: Bosrtrychidae). Thèse de Magister, option: production végétale et agriculture de conservation, Université de Farhat Abbas, Sétif, 67 p.
104. **Mebarkia A., Khalfi O., Guechi A., 2001**, Problèmes phytosanitaires des céréales stockées en régions semi-aride. Journées Scientifiques et Techniques Phytosanitaires, 12 et 13 Nov, MAP, INPV El-Harrach, 119-126.
105. **Meziani H., 2016**, Contribution à l'étude de quelques caractères agronomiques et Technologiques chez quelques variétés des blés durs (*Triticum durum*, Desf.L). Master académique en science biologique. Université des Frères Mentouri Constantine 1. P.70.
106. **Mi Young Lee., 2018**, Essential Oils as Repellents against Arthropods, *BioMed Research International*. Vol. P.9. Article ID 6860271 URL.
107. **Michel, Monique Hurabielle, René-Raymond Paris., 1981**, Abrégé de matière médicale : Monographies (2. Partie) : plantes actives sur le système nerveux, sur l'appareil digestif, plantes cardiotoniques, plantes antiparasitaires, plantes insecticides, antibiotiques et antitumorales d'origine végétale. Masson, Paris.
108. **Mossa.A., 2016**, Green Pesticides: Essential Oils as Biopesticides in Insect-pest Management. *Journal of Environmental Science and Technology*. 9(5) :354-378. DIO : 10.3923/jest.2016.354.378.
109. **Mouchem Metahri Fatima Zohra., 2015**, Contribution à l'étude des Huiles essentielles de l'Armoise Blanche de trois localités de l'Ouest Algerien (Ras Elma, El Aricha et Mécheria) et leurs effets antimicrobiens, These de doctorat en sciences, université Djillali Liabes de Sidi bel abbes Option : Pathologie des écosystèmes terrestres.
110. **Moule, 1971**, Céréales 2. Phytotechnie spéciale. (Ed). La maison rustique, Paris, 236p.
111. **Neoliya N.K., Singh D., Sangwan R.S., 2007**, *Azadirachtin* based insecticides induce alteration in *Helicoverpa armigera* Hub. Head polypeptides. *Curr. Sci.*, 92 : 94-98.

112. **Ngamo, L.S.T., Hance, T.H., 2007**, Diversité Des Ravageurs Des Denrées Et Méthodes Alternatives De Lutte En Milieu Tropical. *TROPICULTURA*. 25(4) :215-220.
113. **OEPP/EPPO, 1981**, Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plantes. Fiches informatives sur les organismes de quarantaine No. 121, *Trogoderma granarium*. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 11.
114. **Ozols, G., Bicevskis M., 1979**, Respects for the use of IPS Tyrographus Attractant. In: .Shumakov, E.M., Chekmenev, S.Y., & Ivanova, T.V. *Biologia Aktualis Veshchestva Zashchiva Rastenij. Izd. Kolos, Moscow*. P : 49-51.
115. **Padua L.S., N. Bunyapraphatsara., R.H.M.J., 1999**, Lemmens, *Plant Resources of South- East Asia, 12*.
116. **Paris M., Hurabielle., 1981**, Abrégé de matière médicale. Pharmacognosie. Tome 1. Masson. Paris. France.
117. **Pasek J.E., 2004**, Khapra beetle (*Trogoderma granarium* Everts): Pest-initiated pest risk assessment. Raleigh, NC, USDA. 46 pp.
118. **Philogène B.J.R., 2005**, Effets non intentionnels des pesticides organiques de synthèse : impact sur les écosystèmes et la faune. Dans : enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement ; (eds. Regnault-Roger, C., Fabres, G., Philogène, B.J.R.). Edition TEC et DOC. Paris. 171-187 p.
119. **Prakash A., Rao J., 2006**, Exploitation of newer botanicals as rice grain protectants against Angoumois grain moth *Sitotroga cerealella* Oliv. Entomon. Trivandrum, 31 :1-8.
120. **Quézel P., Médail F., 2003**, Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Institut. Médit. d'ecol. Et de paleoécologie. Univ. d'Aix Marseille. III. 20-511p.
121. **Quezel P., Santa S., 1963**, Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome II. Edition du centre national de la recherche scientifique. Paris France, 1963, 603.
122. **Rajashekar Y., 2017**, Biochemical efficacy, molecular docking and inhibitory effect of 2, 3-dimethylmaleic anhydride on insect acetylcholinesterase, Scientific reports. 1-11.
123. **Rajashekar Y., Bakthavatsalam N., Shivanandappa T., 2012**, Botanicals as Grain Protectants. *Psyche: A Journal of Entomology*. 1–13. DIO :10.1155/2012/646740.
124. **Regnault-Roger C., Philogène B.J.R., 2005**, Evolution des insecticides organiques de synthèse. 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.

125. **Saheb D., 2007**, Activité acaricide de quatre huiles essentielles sur **Tetranychus cinnabarinus** Boisduval 1876 (Acari ; Tetranychidae) et contribution à l'étude de leur composition chimique par GC/MS, Mémoire de Magister, Institut national Agronomique d'El-Harrach - Alger, 83p.
126. **Said-Al Ahl H., Hikal, W., Tkachenko. K., 2017**, Essential Oils with Potential as Insecticidal Agents: A Review. *Journal of Environmental Planning and Management* 3(4) :23-33. DIO :2381 7259.
127. **Sendi J. J., Ebadollahi A., 2013**, Biological Activities of Essential Oils on Insects. In: Govil, J. N. & Bhattacharya, S. Recent Progress in Medicinal Plants (RPMP): Essential Oils—II. Studium Press LLC. India. P :138.
128. **Senouci Hanane, 2020**, Etude des activités biologiques de l'huile essentielle de *Ammoides 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.
129. **Sfara., Zerba EN., Alzogaray RA., 2009**, Fumigant insecticidal activity and repellent effect of five essential oils and seven monoterpenes on first-instar nymphs of *Rhodnius prolixus*. *J Med Entomol* 2009, 46(3) : 511-5. [[Http://dx.doi.org/10.1603/033.046.0315](http://dx.doi.org/10.1603/033.046.0315)] - [PMID: 19496421].
130. **Shewry P R., Underwood C., Wan Y., Lovergove A., Bhandari D., Toole G., Clare Mills E.N., Denyer K., Mitchell R. A.C., 2009**, Storage product synthesis and accumulation in developing grains of wheat. *Journal of Cereal Science* Vol 50 : 106-112.
131. **Singh K. D., Labala R. K., Devi T. B., Singh N. I., Chanu H. D., Sougrakpam S., Sinha R.N., Watters F.L., 1985**, *Insectes nuisibles des minoteries, des silos-élevateurs, des usines à provendes et méthodes de désinfestation*. Ed. Station de recherche. Agriculture. Canada, 311 p.
132. **Sinha A.K., Sinha K.K., 1990**, Insect pests, *Aspergillus flavus* and aflatoxin contamination in stored wheat: A survey at North Bihar (India). *Journal of Stored Products Research*, 26(4) :223–226.
133. **Soltner D., 1999**, Les grandes productions végétales. 19^{ème} édition, Ed. Collection.
134. **Stewart P., 1969**, Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 59, p.23-36.
135. **Taleb-Toudert Karima., 2015**, Extraction et caractérisation des huiles essentielles de dix plantes aromatiques provenant de la région de Kabylie (Nord Algérien). Evaluation de

leurs effets sur le bruche du niébé *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae).
Thèse de Doctorat en Sciences biologiques. Université MOULOUD MAMMERRI de Tizi-
Ouzou.134p.

136. **Talukder F. A., 2006**, Plant Products as Potential Storedproduct Insect Management Agents-A Mini Review. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 18(1) : 17-32.DIO :10.9755/ejfa. v12i1.5221.
137. **Tariq S., Wani S., Rasool W., Shafi K., Ahmad Bhat M., Prabhakar A., Shalla A.H., Rather M.A., 2019**, A comprehensive review of the antibacterial, antifungal and antiviral.Potential of essential oils and their chemical constituents against drugresistant microbial pathogens. *Microbial Pathogenesis*.134. P.1-20.
138. **Toninoli F et Meglioli V., 2013**, Huiles essentielles l'encyclopédie. France. 13. P.531-342.
139. **Tripathi A.K., Upadhyay. S., Bhuiyan. M., Bhattacharya. P. R., 2009**, A Review on Prospects of Essential Oils as Biopesticide in Insect-Pest Management. *Journal of Pharmacognosy and Phototherapy*. 1(5) : 52-63.
140. **Walter V., 2006**, Commodity and space fumigations in the food industry. In: *Insect management for food storage and processing*. (ed. J. W. Heaps), 2nd Edition. AACC International, Minnesota, pp. 183-200.
141. **Wawrzyniak M., 1996**, The Effect of Selected Plant Extracts on The Cabbage Butterfly, *Pieris*.
142. **Wichtel M., Anton R., 1999**, Plantes thérapeutiques : tradition pratique, officinale, science et thérapeutique. Ed. Tech. Et Doc.
143. **WMO., 1965**, Scientific assessment of ozone depletion: World Metrological Organisation global ozone research and monitoring project. Report No. 37, WMO, Geneva,Switzerland.
144. **Zahalka J.P., 2010**, Les huiles essentielles. Editions du Douphin 75014. Paris. P.367.
145. **Zhiri A., 2006**, Les huiles essentielles, un pouvoir antimicrobien avéré. Art., Nutra News16p.
146. <https://books.google.dz/books?id=38e8DwAAQBAJ&pg=PA44&lpg=PA44&dq=la+nymphose..>

ملخص

نظرًا للخسائر الكبيرة التي تسببها الحشرات الضارة في تخزين القمح، وبسبب المشاكل البيئية والصحية، فيما يتعلق باستخدام المبيدات الاصطناعية التي تنتج بالخطر، فإن استخدام المستخلصات النباتية يشكل مصدر قلقنا العلمي الرئيسي. تهدف دراستنا إلى تقييم فعالية الزيوت الأساسية من *Ammoïdes verticillata* في المختبر كمبيدات حشرية على يرقات خنفساء القمح *Trogoderma Granarium* في منطقة Tissemsilt من أجل تطوير بدائل للمكافحة الكيميائية السامة. تم اختبار الزيت العطري الذي تم الحصول عليه عن طريق التقطير المائي باستخدام جهاز استخراج من نوع Clevenger بأربع جرعات (1، 2، 4، و 8 ميكرو لتر) على إمكانية طرد الحشرات عن طريق التبخير باستخدام طريقة المنطقة التقضيالية على ورق الترشيح بعد ساعتين من التعرض و على التأثير السام عن طريق التلامس الذي تم تقييمه بواسطة معدل الوفيات الذي تم تحديده لمدة 5 أيام من التعرض، ثم تم حساب قيم CL50 و CL90. أظهرت النتائج أن الزيت العطري من *Ammoïdes verticillata* طارد، ينتمي إلى الفئة الرابعة بمتوسط نسبة طاردة 68.75٪، وتتفاوت الوفيات المسجلة في *T. granarium* أثناء اختبارات السمية من 78.3٪ بعد اليوم الأول من التعرض للمرض. لأقل جرعة وهي 1 ميكرو لتر حتى 91.62٪ لأعلى جرعة (8 ميكرو لتر) بعد اليوم الرابع من التعرض، يزداد النفوق بشكل كبير حسب الجرعات ووقت التعرض، بينما تم تمييز الجرعات المميتة CL50 و CL90 التي تعتبر منخفضة على التوالي (0.25 ميكرو لتر و 2.26 ميكرو لتر μ l). تظهر دراستنا أن الزيت العطري من *Ammoïdes verticillata* له خصائص ملحوظة للمبيدات الحشرية على يرقات *Trogoderma Granarium*. الكلمات الرئيسية: القمح، *Trogoderma granarium*، *Ammoïdes verticillata*، مبيد حشري، زيت عطري، مكافحة.

Résumé

En raison des pertes importantes qu'engendrent les insectes nuisibles au niveau du blé stocké et en raison des problèmes environnementaux et de santé, en relation avec l'utilisation des pesticides synthétiques qui sont alarmants, l'application des extraits végétaux constitue notre préoccupation scientifique majeure.

Notre étude vise à évaluer *in vitro* l'efficacité d'huiles essentielle d'*Amoïde Verticillata* comme insecticides sur les larves dermeste de blé *Trogoderma Granarium* dans la région de Tissemsilt afin de développer des alternatives à la lutte chimique toxique.

L'huile essentielle obtenue par hydrodistillation en utilisant un appareil d'extraction de type Clevenger a été testée avec 4 doses (1, 2, 4, et 8 μ L) sur le potentiel répulsif par fumigation en utilisant la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre après 2heures d'exposition et sur l'effet toxique par contact évalué par le taux de mortalité qui a été déterminées pendant 5 jours d'exposition, Les valeurs de CL50 et CL90 ont été ensuite calculées

Les résultats montre que L'huiles essentielle d'*Amoïde Verticillata* est répulsif, il appartient à la catégorie IV avec un pourcentage de répulsion moyen de 68,75%, les mortalités enregistrées chez *T. granarium* au cours des tests de toxicité varient de 78.3 % après le premier jour d'exposition pour la dose la plus faible 1 μ l jusqu'à 91.62 % pour la plus forte dose 8 μ l après le quatrième jours d'exposition ,les mortalités augmentent de façon significative en fonction des doses et du temps d'exposition, alors que des faibles doses létales CL50 et C L90 ont été marqués respectivement (0,25 μ l et 2,26 μ l).

Il ressort de notre étude que l'huile essentielle d'*Amoïde Verticillata* présente des propriétés insecticides remarquables sur les larves *Trogoderma Granarium*

Mots clé : Blé, *Trogoderma granarium*, *Amoïde Verticillata*, insecticide, huile essentielle, lutte

Abstract

Due to the large losses caused by pests in stored wheat, and owing to the environmental and health issues with regard to the use of synthetic pesticides that poses alarm, the use of plant extracts is our major scientific concern.

Our study aims to evaluate the efficacy of essential oils of *Ammoïde Verticillata* *in vitro* as insecticides on wheat beetle larvae *Trogoderma Granarium* in Tissemsilt region in order to develop alternatives to toxic chemical control.

The essential oil obtained by hydrodistillation using a Clevenger type extraction apparatus was tested with 4 doses (1, 2, 4, and 8 μ L) on the repellent potential by fumigation using the preferential area method on filter paper after two hours of exposure and on the toxic effect by contact evaluated by the mortality rate which was determined during five days of exposure, the LC50 and LC90 values were then calculated.

The results showed that the essential oil of *Ammoïde Verticillata* is repellent, it belongs to the fourth category with an average repellency of 68.75%, mortalities recorded in *T. granarium* during the toxicity tests varies from 78.3% after the first day of exposure to the disease. The lowest dose 1 μ l up to 91.62 % to the highest dose 8 μ l after the fourth day of exposure ,the mortalities increase significantly according to doses and time of exposure, while low lethal doses CL50 and CL90 were marked respectively (0.25 μ l and 2.26 μ l).

Our study reveals that the essential oil of *Ammoïde Verticillata* has remarkable insecticidal properties on *Trogoderma Granarium* larvae.

Keywords: Wheat, *Trogoderma granarium*, *Ammoïde Verticillata*, insecticide, essential oil, control.