

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Centre Universitaire Abdelhafid BOUSSOUF – Mila

Institut des Sciences et de la Technologie

Département des Sciences de la nature et de la vie

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme

De Master

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie appliquée

Thème :

Etude de l'activité larvicide des produits naturels

Présenter par :

- Lallali Bouchra
- Ben Moubarek Amina
- Ancer Wissal

Devant le jury :

- | | | |
|---------------|-------------------------|---------------------------|
| • Président : | Kadeche Lilia (MCA) | centre universitaire Mila |
| • Examineur : | Harrieche Ouahiba (MAA) | centre universitaire Mila |
| • Promoteur : | Menakh Mouna (MCB) | centre universitaire Mila |

Année Universitaire : 2022/2023



REMERCIEMENT

AU TERME DE CE TRAVAIL, NOS PROFONDS ET SINCÈRES REMERCIEMENTS VONT: AVANT
TOUT AU BON DIEU DE NOUS AVOIR DONNÉE LA FORCE ET LA PATIENCE DE MENER À
TERMES NOTRE TRAVAIL.

NOUS TENONS À EXPRIMER NOS PROFONDS REMERCIEMENTS ET NOTRE VIVE
RECONNAISSANCE À **M. MENAKH MOUNA** POUR TOUS SES PRÉCIEUX CONSEILS,
POUR SON ÉCOUTE ACTIVE, SA DISPONIBILITÉ .

NOUS REMERCIONS LES MEMBRES DE JURY QUE NOUS AVONS L'HONNEUR
D'AVOIR ACCEPTÉ D'ÉVALUER CE TRAVAIL : ET
NOUS SINCÈRES REMERCIEMENTS AUX TOUS LES ENSEIGNANTS DU
DÉPARTEMENT DE SCIENCE DE LA NATURE ET DE VIE
POUR TOUTE L'AIDE QU'ELLE NOUS A APPORTÉ AU COURS DE LA RÉALISATION LA
PARTIE EXPÉRIMENTALE LES PERSONNES DU LABORATOIRE PÉDAGOGIQUE.

TOUTE PERSONNE QUI A PARTICIPÉ DE PRÈS OU DE LOIN, DIRECTEMENT OU
INDIRECTEMENT À LA RÉALISATION DE CE TRAVAIL.

ENFIN, NOUS ADRESSONS NOS SINCÈRES REMERCIEMENTS AU DR. TALHI WALID
MEMBRE DE CENTRE DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE EN ANALYSES
PHYSICO-CHIMIQUE (CRAPC), TIPAZA, ALEGRIA.

MERCI

DÉDICACE

JE DÉDIE CE MÉMOIRE

A MES CHERS PARENTS MA MÈRE ET MON PÈRE

POUR LEUR PATIENCE, LEUR AMOUR ET LEUR SOUTIEN

VOUS RESTEZ TOUJOURS DANS MON CŒUR QUE DIEU VOUS GARDE

A MES FRÈRES ALI, NASSIM, KHALED

A MA SEULE SŒUR, AIDA

**LES ENFANT DE LA FAMILLE : RIMASS ,RAHAF , MAYSSAM ,TAJO ,ADEM , MIRASS,
AFNAN**

ET MON COUSINE : WALID

A TOUS MES AMIES

A TOUS LA FAMILLE LALLALI

A TOUS LES PERSONNES QUI NOUS ONT AIDÉS À ACCOMPLIR CE TRAVAIL,
SURTOUT MON MEILLEUR ENCADREUR DANS LE MONDE

MADAME MANAKH MOUNA

SANS OUBLIER MON BINÔME AMINA ET WISSAL POUR LEUR AIDE ET SOUTIEN.

À TOUS CEUX QUI ONT PARTICIPÉ À MA RÉUSSITE ET À TOUS CEUX QUI M'AIME

ET SURTOUT À MOI-MÊME

LALLALI Bouchra

DÉDICACE

JE DÉDIE CE TRAVAIL À MES CHERS PARENTS QUI M'ONT SOUTENU TOUT AU LONG
DE MON PARCOURS SCOLAIRE,

À MES FRÈRES YAHYA ET ATEMANE, MES SŒURS ROUKIYA, KHADIJA,
MERYEM, DOUA, HADJER, A MA GRAND-MÈRE, QUE DIEU LUI FASSE MISÉRICORDE,

À MON GRAND-PÈRE, QUE DIEU LE PROTÈGE POUR MOI, MES AMIS, À MES
COLLÈGUES DANS CE TRAVAIL, À TOUTE LA FAMILLE BEN MOUBAREK.

ET DE CETTE HONORABLE PLATEFORME SCIENTIFIQUE, JE MENTIONNE
PARTICULIÈREMENT MA VERTUEUSE ENSEIGNANTE, MANAKH MOUNA, AVEC
APPRÉCIATION ET REMERCIEMENTS, QUI NE NOUS A PAS LÉSINÉ SUR SES
PRÉCIEUX CONSEILS, CAR ELLE A TOUT FAIT POUR NOUS DONNER UN COUP DE
MAIN.

BEN MOUBAREK AMINA

DÉDICACE

AVEC TOUS MES SENTIMENTS DE RESPECT, ET DE RECONNAISSANCE, JE DÉDIE MA
REMISE DE DIPLÔME ET MA JOIE
À MON PARADIS, LA PRUNELLE DE MES YEUX, LA SOURCE DE MA JOIE ET MON
BONHEUR, MA LUNE, MON FIL D'ESPOIR QUI ILLUMINE MON CHEMIN,
MA MOITIÉ, MAMAN.

À CELUI QUI M'A FAIT UNE FEMME, MA SOURCE DE VIE
À MON PAPA.

À MA GRANDE SŒUR HIBA QUI TOUT AU LONG DE MES ÉTUDES, N'A PAS CESSÉE
DE ME CONSEILLER, M'ENCOURAGER ET ME SOUTENIR.

À MON PETIT FRÈRE WAIL, À QUI JE SOUHAITE UN AVENIR PLEIN DE SUCCÈS.

À MON SUPPORT ET MEILLEURE AMIE JASS QUI ÉTAIT TOUJOURS À MES CÔTÉS
POUR ME SOUTENIR ET M'ACCOMPAGNER.

À MON COUSIN PRÉFÉRÉ AIMEN QUI M'A BEAUCOUP AIDÉ À REMPLIR ET RÉDIGER
CE MÉMOIRE.

À TOUTE MA GRANDE FAMILLE, ET SPÉCIALEMENT MON ENCADREUSE MME
MENAKH MOUNA.

SANS OUBLIER MON BINÔME AMINA ET BOUCHRA POUR LEUR AIDE ET SOUTIEN.

À TOUS CEUX QUI ONT PARTICIPÉ À MA RÉUSSITE ET À TOUS CEUX QUI M'AIME

ANCER WISSAL

Table des matières

Résumés.....	I
Liste des tableaux.....	II
Liste des figures.....	III
Liste des abréviations.....	VI
Introduction.....	01

Partie I : Etude bibliographique

Chapitre 1 : Les bioinsecticides

1. Historique.....	03
2. Les insecticides synthétiques.....	03
Organochlorés.....	03
Organophosphorés.....	03
Carbamates.....	03
Pyréthrinoïdes.....	03
Phényl pyrazole.....	04
Régulateurs de croissance.....	04
3. Les bioinsecticides.....	04
Définition.....	04
Catégories des bioinsecticides.....	04
Les bioinsecticides microbiens.....	04
bioinsecticides d'origine animale.....	05
Bioinsecticides d'origine végétales.....	06
3.2.4. Bioinsecticides à base de substances minérales (Terres diatomées).....	07
4. Classification des bioinsecticides.....	07
Selon la toxicité.....	07
Selon les organismes cibles.....	08
Selon les différentes étapes de développement des insectes ciblés.....	09
Selon le mode d'entrée.....	10
Selon le mode d'action.....	10

Chapitre 2 : Généralités sur la plante *Thymus*

1. Description de la plante <i>Thymus</i>	12
2. Taxonomie de la plante <i>Thymus</i>	13

Classification	13
Nomenclature.....	13
3. Répartition géographique	14
4. Utilisation traditionnelle.....	14
5. Activités biologiques.....	14
Activité antioxydante.....	14
Activité antibactérienne	15
Activité antifongique	15

Chapitre 3 : Généralités sur *Tribolium castaneum* et *Plodia interpunctella*

1. Généralités sur <i>Tribolium castaneum</i>	16
Classification taxonomique:	16
Origine et répartition géographique:.....	17
Cycle de la vie:	17
2. Généralités sur <i>Plodia interpunctella</i> :	19
Classification taxonomique de <i>Plodia interpunctella</i>	19
Origine et répartition géographique:.....	20
Cycle de vie:	20
3. Importances économiques des insectes des denrées stockées	22
4. Les moyens de luttés contre les insectes des denrées stockées	23
Lutte biologique.....	23
Luttés chimiques	23
Lutte physique:	23
Lutte curative:	24

Partie II : matériels et méthodes

1. Matériel végétal.....	25
Obtention des huiles essentielles	25
Analyse de la composition chimique de l'huile essentielle par CG/MS.....	26
Préparation d'extrait ethanolic.....	28
Détermination de la teneur en phénols totaux	30
Détermination de la teneur en flavonoïdes	30
Evaluation de l'activité antioxydante	31
2. Matériel entomologique	32
Identification.....	32
Elevage des insectes	35

3. Evaluation de l'activité larvicide (Bioessais par contact)	36
4. Analyse sensorielle de la galette traditionnelle	37
Matériel nécessaire	37
Préparation de la galette.....	37
Étapes de l'analyse sensorielle	38
5. Calculs statistiques	39

Partie III : Résultats et discussion

1. Rendement des extraits.....	40
2. Composition chimique de l'huile essentielle de <i>Thymus sp</i>	41
3. Teneurs en phénols totaux et flavonoïdes.....	43
4. Activité antioxydant de <i>Thymus sp</i>	44
5. Effet insecticide d'huile essentielle et l'extrait éthanolique contre <i>T. castanum</i> et <i>P. interpenctulla</i> après 24h	46
6. Analyse sensorielle de la galette algérienne	50
Conclusion.....	52
Références... ..	53
Annexe.....	58

Résumé

L'objectif principal de cette recherche est d'évaluer l'efficacité de l'extrait éthanolique et l'huile essentielle de *Thymus sp.* en tant que bioinsecticides et conservateurs des denrées stockées contre les principaux ravageurs en particulier *Tribolium castaneum* et *Plodia interpunctella*. Selon les résultats obtenus, l'extrait éthanolique des feuilles de *Thymus sp* a montré des teneurs importantes en phénols totaux et en flavonoïdes avec des valeurs de 215.24 ± 2.43 ug EAG /mg et 68.83 ± 2.23 ug EQ/mg d'extraits respectivement. L'analyse de l'huile essentielle des feuilles de *Thymus sp* par GC-MS a révélé la présence de la fraction mono terpénique oxygénée avec 77% et le Thymol comme un composé majoritaire. Concernant l'activité antioxydant par le teste DPPH, l'extrait éthanolique de *Thymus sp* possède un pouvoir antioxydant important que celui de l'huile essentielle avec $IC_{50} = 220.60$ ug/mL et $IC_{50} = 314.2$ ug/mL respectivement. L'activité insecticide a été effectuée dans les conditions de laboratoire standard conformément aux recommandations de l'organisation mondiale de la santé, les résultats ont révélé que l'huile essentielle et l'extrait éthanolique de *Thymus sp* présentait une activité insecticide intéressante contre les adultes et les larves de *T.castaneum* ainsi que les larves de *P.interpunctella*, ou les valeurs DL_{50} était respectivement de 149.93 ug / mL , 85.91ug/mL et 110.65ug/mL pour l'huile essentielle et 816.66 ± 0.25 ug/mL, 150.25 ± 0.20 ug/mL et 251.25 ± 0.30 ug/mL respectivement pour l'extrait éthanolique. En termes de qualité sensorielle, les participants ont noté que l'extrait éthanolique de *Thymus sp* améliore le gout de la galette plus que l'huile essentielle (4.15 ± 0.72 et 3.95 ± 0.85) respectivement. Les résultats de cette étude peuvent aider à promouvoir l'utilisation de méthodes de conservation naturelles pour réduire les risques pour la santé et l'environnement.

Mots clés : Activité larvicide, analyse sensorielle, *Thymus sp.*, huile essentielle, *Tribolium castaneum*, *Plodia interpunctella*, DPPH.

Abstract

The main objective of this research is to evaluate the effectiveness of ethanolic extract and essential oil of *Thymus sp* as bioinsecticides and preservatives of stored foodstuffs against the main pests, in particular *Tribolium castaneum* and *Plodia interpunctella*. According to the results obtained, the ethanolic extract of *Thymus sp* leaves showed significant contents of total phenols and flavonoids with values of 215.24 ± 2.43 ug EAG / mg and 68.83 ± 2.23 ug EQ / mg of extract respectively. The analysis of essential oil of *Thymus sp* by GC-MS revealed the presence of the oxygenated mono terpene fraction with 77% and Thymol as a major compound. Regarding the antioxidant activity by DDPH test, the ethanolic extract of *Thymus sp* has a significant antioxidant power than that of the essential oil with $IC_{50} = 220.60$ ug / mL and $IC_{50} = 314.2$ ug / mL respectively. The insecticidal activity was carried out under the standard laboratory conditions in accordance with the recommendations of the World Health Organization, the results revealed that essential oil and ethanolic extract of *Thymus sp.* showed an interesting insecticidal activity against the adult and larvae of *T.castaneum* as well as larvae of *P.interpenctulla*, where the LD_{50} values were respectively 149.93 ug/mL, 85.91ug/mL and 110.65ug/mL for the essential oil and 816.66 ± 0.25 ug/mL , 150.25 ± 0.20 ug/mL and 251.25 ± 0.30 ug/mL respectively for the ethanolic extract. In terms of sensory quality, the participants noted that the ethanolic extract of *Thymus sp.* improves the taste of traditional bread more than the essential oil (4.15 ± 0.72 and 3.95 ± 0.85) respectively. The results of this study can help promote the use of natural conservation methods to reduce health and environmental risks.

Key words: Larvicidal activity, sensory analysis, *Thymus sp.*, essential oil, *Tribolium castaneum*, *Plodia interpunctella*, DPPH.

ملخص

الهدف الرئيسي من هذا البحث هو تقييم فعالية المستخلص الإيثانولي والزيت العطري من *Thymus sp.* كمبيدات حشرية حيوية ومواد حافظة للمواد الغذائية المخزنة ضد الآفات الحشرية ، ولا سيما *Tribolium castaneum* و *Plodia interpunctella* وفقا للنتائج التي تم الحصول عليها ، أظهر المستخلص الإيثانولي لأوراق *Thymus sp.* مستويات عالية من إجمالي الفينولات والفلافونويدات بقيمة 215.24 ± 2.43 ميكروغرام / مجم و 68.83 ± 2.23 ميكروغرام / مجم من المستخلص على التوالي. أظهر تحليل الزيت العطري لأوراق *Thymus sp.* بواسطة GC-MS وجود les monoterpenes oxygénés بنسبة 77٪ والثيمول كمركب رئيسي. فيما يتعلق بنشاط مضادات الأكسدة من خلال اختبار DPPH ، فإن المستخلص الإيثانولي لـ *Thymus sp.* له قوة مضادة للأكسدة أكبر من تلك الموجودة في الزيت العطري مع $IC_{50} = 220.60$ ميكروغرام / مل و $IC_{50} = 314.2$ ميكروغرام / مل على التوالي. تم تنفيذ نشاط المبيدات الحشرية في ظل الظروف المعملية القياسية وفقا لتوصيات منظمة الصحة العالمية ، وأظهرت النتائج أن الزيت العطري والمستخلص الإيثانولي أظهر نشاطاً مثيراً للاهتمام ضد *T. castaneum* البالغ و اليرقات وكذلك يرقات *P.interpenctulla*، حيث كانت قيم LD_{50} على التوالي 149.93 ميكروغرام / مل ، 85.91 ميكروغرام / مل و 110.65 ميكروغرام / مل للزيت العطري و 816.66 ± 0.25 ميكروغرام / مل ، 150.25 ± 0.20 ميكروغرام / مل و 251.25 ± 0.30 ميكروغرام / مل على التوالي للمستخلص الإيثانولي. فيما يتعلق بالجودة الحسية ، لاحظ المشاركون أن المستخلص الإيثانولي من *Thymus sp.* يحسن طعم الفطيرة أكثر من الزيت العطري (0.72 ± 4.15 و 0.85 ± 3.95) على التوالي. يمكن أن تساعد نتائج هذه الدراسة في تعزيز استخدام طرق الحفظ الطبيعية لتقليل المخاطر الصحية والبيئية.

الكلمات المفتاحية: نشاط مبيد اليرقات، التحليل الحسي، الزيت العطري، *DPPH*، *Thymus sp.*، *Tribolium castaneum*، *Plodia interpunctella* ،

Liste des abréviations

Abs : Absorbance.

AG : Acide gallique.

AlCl₃ : Trichlorure d'aluminium.

BHA : Butylhydroxyanisol.

BT : Bacillus thuringiensis

CG/MS : Chromatographie en phase gazeuse couplé à la spectrométrie de masse.

CI₅₀ : Concentration inhibitrice.

CRAPC : Centre de Recherche Scientifique et Technique en Analyses Physico-Chimique.

DPPH : 2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl.

FC : Folin-Ciocalteu.

HE : Huile essentielle.

L3 : Larves du troisième stade.

LD₅₀ : Doses létales.

MO : Mortalité observée.

OMS : Organisation mondiale de la santé.

PI : Pourcentage d'inhibition.

PT : Phénols totaux.

R : Rendement.

SPSS : Statistical Package for the Social Sciences.

UV : Ultra-violet.

µg EAG/ mg d'extrait : Microgramme équivalents d'acide gallique par milligramme d'extrait.

µg EE/mg d'extrait : Microgramme d'équivalents de l'étalon utilisé par milligramme d'extrait.

µg EQ/mg d'extrait : µg équivalent de la quercétine par milligramme d'extrait.

Liste des tableaux

Tableau 01	les principaux extraits et huiles végétales utilisés dans la protection des denrées stockées.	06
Tableau 02	Place de <i>Thymus sp.</i> dans la systématique	14
Tableau 03	la classification de <i>Tribolium castaneum</i>	19
Tableau 04	la classification du <i>Plodia interpunctella</i>	21
Tableau 05	Information générale sur l'analyse CG-SM végétales utilisées	29
Tableau 06	Caractéristiques et rendements des extraits de <i>Thymus sp.</i>	40
Tableau 07	Teneurs en PT et en Flavonoïdes des feuilles de <i>Thymus sp.</i>	43
Tableau 08	IC ₅₀ et pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH par l'extraits éthanolique et huile essentielle de <i>Thymus sp.</i>	45
Tableau 09	Effet insecticide d'huile essentielle et l'extrait éthanolique de <i>Thymus sp.</i> contre <i>T. castanum</i> et <i>P. interpenctulla</i>	47

Lists des Figures

Figure 01	La plante <i>Thymus</i> (Messara, 2018)	12
Figure 02	<i>Tribolium castaneum</i> (Benlameur, 2016)	16
Figure 03	larve du <i>Tribolium castaneum</i> (Bencheikh, 2021)	18
Figure 04	Nymphe du <i>Tribolium castaneum</i> (Bencheikh, 2021)	18
Figure 05	<i>Plodia interpunctella</i> (Belaiath, 2022)	19
Figure 06	Œuf de <i>plodia interpunctella</i> (Aissaoui, 2022)	21
Figure 07	la larve du <i>Plodia interpunctella</i> (Aissaoui, 2022)	21
Figure 08	La nymphe de <i>Plodia interpunctella</i> (Messabih, 2022)	22
Figure 09	Montage d'hydrodistillation (Clévenger). (Originale, 2023).	26
Figure 10	Chromatographe à phase gazeuse (Hewlett Packard Agilent 6890) couple à un spectromètre de masse (Hewlett Packard Agilent 5973).	27
Figure 11	Extracteur de soxhlet (original, 2023)	28
Figure 12	L'appareil Rotavapor (Originale, 2023)	29
Figure 13	la courbe d'étalonnage d'acide gallique	30
Figure 14	la courbe d'étalonnage de la quercétine	31
Figure 15	Adulte de <i>Tribolium castaneum</i> . (Originale, 2023)	33
Figure 16	Nymphe de <i>Tribolium castaneum</i> (Originale, 2023)	33
Figure 17	Larve de <i>Tribolium castaneum</i> (original, 2023)	34
Figure 18	Adulte de <i>Plodia interpunctella</i> (Originale, 2023)	34
Figure 19	Larve de <i>Plodia interpunctella</i> (Originale, 2023)	35
Figure 20	Elevage de <i>Tribolium castaneum</i> au laboratoire. (Originale, 2023)	36
Figure 21	Activité insecticide par contact des extraits de <i>Thymus sp.</i> (Originale, 2021)	37
Figure 22	La galette algérienne (Originale, 2023)	38
Figure 23	classes chimiques de l'huile essentielle de <i>Thymus sp.</i>	41
Figure 24	Structures des composées majoritaires de l'huile essentielle de <i>thymus sp</i>	42
Figure 25	effet insecticide d'huile essentielle de <i>Thymus sp.</i> contre <i>T. castaneum</i> et <i>P. interpunctella</i>	48
Figure 26	effets insecticide de l'extrait éthanolique de <i>Thymus sp.</i> contre <i>T. castaneum</i> et <i>P. interpunctella</i>	48
Figure 27	Caractéristiques sensorielles de la galette seul et supplémenté en extrait éthanolique et huile essentielle de <i>Thymus sp.</i>	50

Introduction

Introduction

La protection des denrées stockées contre les insectes nuisibles et la préservation de leur qualité sont des défis majeurs dans les secteurs de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la conservation des produits. Les insecticides chimiques conventionnels utilisés pour lutter contre les ravageurs peuvent présenter des inconvénients tels que des résidus toxiques, une résistance des insectes et des effets néfastes sur l'environnement et la santé humaine. Dans cette optique, l'utilisation de bioinsecticides d'origine végétale offre une alternative prometteuse et écologiquement durable (**Haddou, 2022**).

Les insectes des denrées stockées, parmi eux *Tribolium castaneum* et *Plodia interpunctella* représentent une partie très importante des ravageurs des céréales stockées. D'après l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), les pertes dues aux insectes ravageurs correspondent à 35% de la production agricole mondiale. Les céréales stockées sont souvent exposées à de multiples attaques de différents insectes ravageurs spécifiques aux denrées stockées. Ces insectes ravageurs causent des pertes exceptionnelles en réduisant la qualité et la quantité des produits stockés (**Herouini, 2021**).

Thymus, une plante appartenant à la famille des Lamiacées et originaire de la région méditerranéenne, présente un intérêt croissant en tant que source potentielle de substances actives bioinsecticides (**Ait Kaki et al, 2021**). Les extraits de cette plante ont été étudiés pour leurs propriétés insecticides, antimicrobiennes et antioxydantes, en faisant ainsi un candidat prometteur pour la protection des denrées stockées contre les insectes ravageurs et la prolongation de leur durée de conservation.

L'objectif principal de cette recherche est d'évaluer l'efficacité de l'extrait éthanolique et l'huile essentielle de *Thymus sp.* en tant que bioinsecticides et conservateurs des denrées stockées contre les principaux ravageurs en particulier *Tribolium castaneum* et *Plodia interpunctella*. Nous chercherons à déterminer les composés bioactifs présents dans ces extraits, à évaluer leur activité insecticide contre ces ravageurs, ainsi qu'à étudier la qualité sensorielle du pain traditionnel algérien (Kessra) supplémenté avec du *Thymus sp.* utilisé comme insecticide dans la semoule de blé.

Le présent manuscrit est structuré en trois parties précédées d'une introduction générale et suivies d'une conclusion générale et des perspectives.

- La première partie a porté sur une revue bibliographique ayant un rapport direct avec le travail proposé

Introduction

- La deuxième partie a décrit le matériel végétal et animal utilisés ainsi que les démarches méthodologiques mises en place au laboratoire pour la réalisation des tests de l'activité antioxydante, activité insecticide et l'analyse sensorielle dans cette étude.
- La troisième partie a présenté les résultats obtenus et leur discussion.

Partie I :

bibliographique

Chapitre 1 :

Les bioinsecticides

1. Historique

La lutte contre les insectes existe depuis des millénaires. Néanmoins, le véritable essor des insecticides de synthèse début au XXe siècle. On assiste à un développement considérable des insecticides organiques qui sont majoritairement des composés organochlorés. Le DDT (dichlorodiphényltrecloroéthan) a été synthésé en 1874 par Othman et Zeidleret ses propriétés insecticides furent découvertes en 1939 par Mülleret Weissman. Il fut très efficace dans la lutte contre les insectes ravageurs (**Fanny, 2013**).

2. Les insecticides synthétiques

Les insecticides synthétiques (chimiques) sont des insecticides organiques de synthèse, ils sont répartis en six grandes familles : Organochlorés, organophosphorés, carbamates, pyréthriinoïdes, phényl pyrazoles et régulateurs de croissance.

Organochlorés : on trouve dans ce groupe le DDT (dichlorodiphényltrecloroéthan) et ses analogues (méthoxychlore, le lindan et les cyclodiènes), la découverte de DDT a été une véritable révolution dans la lutte contre les insectes, il fut largement utilisé dans agriculture et en santé publique, ou contribua à sauver de nombreuses vies humaines (**Mouchet, 1994**).

Organophosphorés Ce sont des esters de l'acide phosphorique. Les OP sont des pesticides utilisés en milieu agricole comme insecticides. Ils appartiennent à la famille chimique des anticholinestérasiques.

Carbamates : Ce sont des insecticides dérivés de l'acide carbamique, qui agissent en inhibant l'activité enzymatique de l'acétylcholinestérase, inhibition qui peut être réversible dans certains cas.

Pyréthriinoïdes : Ils agissent sur le système nerveux central et périphérique d'insectes en provoquant une excitation nerveuse répétée à travers des pompes de sodium. On les considère donc comme des poisons axoniques. Ce sont des insecticides particulièrement efficaces, dont l'utilisation est très répandue, tant dans le domaine agricole qu'en milieu domestique (**Mekacheret et Ismiguana, 2017**).

Phényl pyrazole : agit sur le système nerveux central, il interfère sur les canaux chlorures, récepteurs de l'acide gamma –aminobutyrique (GABA) qui joue un rôle de neuromédiateur inhibiteur.

Régulateurs de croissance : sont des substances chimiques utilisées pour contrôler les populations d'insectes en interférant avec leur développement normal. Ces insecticides agissent en perturbant les processus de croissance et de mue des insectes, ce qui entraîne une incapacité à se développer correctement ou à atteindre l'âge adulte (**Boucchekkif, 2017**).

3. Les bioinsecticides

Définition :

Les bioinsecticides peuvent se définir au sens large comme des pesticides d'origine biologique, que sois des organismes vivants ou substance d'origine naturelle synthèse par ces derniers, et plus généralement tout produit de protection contre les insectes qui ne peut pas issu de la chimie (**Mekacheret et Ismiguana, 2017**). Ainsi les bioinsecticides sont des substances qui permettent l'élimination des arthropodes, ils peuvent être utilisés contre les larves et /ou les œufs (larvicides) ou contre les adultes, ils doivent être nocif vis-à-vis des insectes ravageurs mais aussi relativement inoffensif pour les organismes non cibles (**Fanny, 2013**).

Catégories des bioinsecticides

Les bioinsecticides sont des agents de lutte biologique contre les insectes utilisés pour contrôler et gérer les populations d'insectes de manière plus durable et respectueuse de l'environnement que les insecticides chimiques traditionnels. Il existe plusieurs types de bioinsecticides, notamment :

Les bioinsecticides microbiens :

Ce sont des insecticides dérivés de micro-organismes tels que les bactéries, les virus et les champignons. Ils agissent en infectant et en tuant les parasites directement ou en perturbant leur système digestif ou nerveux. Des exemples incluent *Bacillus thuringiensis* (Bt), qui est utilisé contre les chenilles et les larves de coléoptères, *Beauveria bassiana*, qui est utilisé contre une large gamme de parasites, notamment les acariens et les coléoptères (**Rosas-Garsia, 2009**)

- a- **Les champignons pathogènes** : constituent également un groupe important d'organismes microbiens de lutte antiparasitaire qui poussent dans les habitats terrestres et aquatiques et, lorsqu'ils sont spécifiquement associés aux insectes, sont connus sous le

nom de champignons entomopathogènes. Ceux-ci peuvent être obligatoires ou

facultatifs, commensaux ou symbiotes d'insectes. L'action pathogène dépend du contact, et ils infectent et/ou tuent les insectes suceurs nuisibles, à savoir pucerons, thrips, cochenilles, aleurodes, cochenilles, moustiques et tous types d'acariens (**Khachatourians, 2009**).

b- Virus : Les *Baculoviridae* sont des virus à double brins d'ADN circulaire, ayant un génome compris entre 100 et 180 kb, protégés par une paroi protéique (Chen et *al.*, 2002). Ils infectent les arthropodes insectes ou larves. Ils représentent un faible risque sanitaire car aucun virus similaire n'a, à l'heure actuelle, été répertorié dans l'infection des vertébrés ou des plantes. Cette propriété les rend particulièrement intéressants pour une utilisation en qualité de bio-insecticide, d'autant plus qu'ils peuvent tuer leur hôte en quelques jours (**Washburn et al, 2003**)

bioinsecticides d'origine animale : Il existe également des bioinsecticides d'origine animale qui utilisent des prédateurs, des parasites et des produits dérivés de sang d'animaux, tels que les phéromones d'insectes sont de bons exemples de molécules semio- chimiques utilisées comme alternative à l'utilisation des insecticides (**Mekacheret et Ismiguana, 2017**).

Les nématodes insecticides sont souvent vendus en mélange avec un support nutritif, comme des vermiculites ou du sable, et peuvent être facilement appliqués dans le sol ou sur les plantes. Une fois dans le sol, les nématodes cherchent et infectent les insectes nuisibles en se nourrissant de leur sang. L'infection peut causer la mort de l'insecte en quelques jours à quelques semaines (**Todd et al, 2013**).

Les Nosemas sont des protozoaires (un groupe diversifié d'organismes unicellulaires qui peuvent être très mobiles), qui se sont avérés être des agents de contrôle efficaces pour certains insectes nuisibles. Par exemple, *Nosema locustae* est utilisé pour lutter contre les sauterelles. (**Todd et al, 2013**).

Bioinsecticides d'origine végétales

Ce sont des insecticides dérivés de plantes contenant des insecticides naturels. Ils sont généralement utilisés sous forme de pulvérisation foliaire et peuvent être appliqués directement sur les feuilles des cultures pour contrôler les insectes nuisibles. Des exemples incluent l'huile de neem, un insecticide extrait des graines d'*Azadirachta indica* (**Schmutterer, 1990**). L'azarachtine est le principal ingrédient actif de cette huile et a la propriété de perturber la morphogénèse et le développement embryonnaire des insectes

(Srivastava *et al.*, 2007). D'autres extraits de plantes ont des activités insecticides ; le pyrèthre, est une plante herbacée vivace cultivée pour ses fleurs dont une poudre insecticide est extraite. Ses principes actifs, appelés pyrèthrines, attaquent le système nerveux de tous les insectes (Correia *et al.*, 2013).

❖ **Les extraits et les huiles végétales** : Les principaux extraits et huiles végétales utilisés pendant le stockage contre les insectes ravageurs sont mentionnés dans le **tableau 01**.

Tableau 01 : les principaux extraits et huiles végétales utilisés dans la protection des denrées stockées (Koroghli, 2017)

Bioinsecticides	Exemples	Effets
Extraits	Aspersion à l'extrait des fleurs de pyrèthre	l'insecticide est répulsif et efficace sur la totalité des ravageurs.
	Aspersion à l'extrait de neem	L'insecticide est répulsif et inhibiteur du développement des insectes des denrées stockées
	Aspersion à l'extrait de poivron	L'insecticide est répulsif sur de nombreux ravageurs, il est utilisé sur les légumineuses (persiste trois mois)
Huiles végétales	Huile d'arachides (5 à 10 ml /kg).	Toxique sur les embryons (œufs du bruché)
	Huile de noix de coco et huile de sésame (5 à 10 ml / kg)	Similaires à ceux de huile d'arachide, mais leur couleur rouge modifie l'aspect des marchandises)
	Huile de neem utilisée sur les légumineuses à grains et les céréales (ml / kg)	Elle agit comme les autres huiles végétales

❖ **Poudres végétales** : La poudre des plantes joue le rôle d'un bioinsecticide contre les insectes ravageurs des denrées stockées depuis très longtemps. Des exemples de certaines poudres obtenues à partir de quelques parties de plantes sont :

- Les parties du piment rouge les plus efficaces contre les insectes sont la peau du fruit et les graines
- La poudre des grains de neem mélangée à un taux de 10 à 20 g par kg de blé protège ce dernier contre le capucin des grains pendant presque un an
- La poudre de feuilles séchées du noyer de Malabre (1%), offre une bonne protection des céréales contre le capucin des grains (**Koroghli , 2017**).

3.2.4. Bioinsecticides à base de substances minérales (Terres diatomées) : ces minéraux contiennent des particules coupantes qui perturbent l'intégrité des insectes.

Il est important de noter que cette classification n'est pas exhaustive, et de nombreux bioinsecticides peuvent avoir des modes d'action combinés ou des propriétés variées. De plus, certains produits commerciaux peuvent contenir des mélanges d'ingrédients actifs provenant de différentes sources biologiques (**Mekacheret et Ismiguana, 2017**).

4. Classification des bioinsecticides

La classification des bioinsecticides peut varier en fonction de différents critères, tels que l'origine biologique de l'insecticide, la toxicité (effets dangereux), le mode d'action, le mode d'entrée et le groupe d'organismes cibles.

Selon la toxicité

La toxicité des bioinsecticides dépend principalement de deux facteurs, à savoir la dose et le temps. Par conséquent, quelle quantité de substance est impliquée (dose) et la fréquence d'exposition à la substance (durée) donnent deux types différents de toxicité : la toxicité aiguë et la toxicité chronique.

a. Toxicité aiguë

La toxicité aiguë fait référence aux effets toxiques qui se produisent rapidement après une exposition unique ou à court terme à une substance. Elle mesure la capacité d'une substance à provoquer des effets immédiats et souvent visibles. Les tests de toxicité aiguë sont généralement effectués sur des animaux de laboratoire et évaluent la dose létale médiane (DL₅₀) nécessaire pour causer la mort de 50 % des individus exposés. Les bioinsecticides à faible toxicité ont tendance à avoir des valeurs de DL₅₀ élevées, ce qui indique une toxicité aiguë relativement faible (**Copping et Menn, 2000**).

b. Toxicité chronique

La toxicité chronique fait référence aux effets toxiques qui se développent lentement au fil du temps après une exposition répétée ou à long terme à une substance. Elle mesure les effets cumulatifs et à long terme d'une substance sur la santé. Les tests de toxicité chronique sont généralement réalisés sur une période prolongée, exposant les animaux de laboratoire à des doses répétées de la substance pour évaluer les effets sur la croissance, le développement, la reproduction, les fonctions organiques, etc. L'évaluation de la toxicité chronique est essentielle pour déterminer les effets à long terme des bioinsecticides sur les organismes non cibles, y compris les humains et l'environnement (Ydave et Devi, 2018).

Selon les organismes cibles :

Les bioinsecticides peuvent être classés en différentes catégories selon le groupe d'organismes cibles.

a. Bioinsecticides spécifiques à un groupe d'insectes :

Certains bioinsecticides sont formulés pour cibler spécifiquement un groupe d'insectes particulier, tels que les ravageurs des cultures, les moustiques, les mouches des fruits, etc. Ces bioinsecticides contiennent généralement des ingrédients actifs qui ont des effets spécifiques sur ces insectes cibles, tout en minimisant les effets sur d'autres organismes non cibles (Khachatourians, 2009).

b. Bioinsecticides à large spectre :

Certains bioinsecticides peuvent avoir une action sur un large éventail d'insectes cibles. Par exemple, le *Bacillus thuringiensis* (Bt) est connu pour agir sur diverses espèces d'insectes nuisibles dans l'agriculture, tels que les lépidoptères, les coléoptères et les diptères.

c. Bioinsecticides non spécifiques à un groupe d'insectes :

Certains bioinsecticides peuvent agir de manière non spécifique sur un large éventail d'insectes. Par exemple, les huiles essentielles utilisées comme bioinsecticides peuvent avoir un effet répulsif ou insecticide général sur différents types d'insectes (Megha et al., 2018).

Selon les différentes étapes de développement des insectes ciblés :

Les termes "larvicide" et "ovicide" sont des classifications spécifiques utilisées pour décrire les types de bioinsecticides qui ciblent les différentes étapes de développement des insectes.

- a. **Insecticide** : Un insecticide est une substance utilisée pour tuer ou contrôler les insectes. Il peut agir sur différents stades de développement des insectes, y compris les œufs, les larves, les nymphes et les adultes (**Khachatourians, 2009**).
- b. **Larvicide** : Un larvicide est un type d'insecticide spécifiquement conçu pour tuer les larves d'insectes. Les larvicides sont généralement utilisés pour cibler les stades de développement précoce des insectes, avant qu'ils n'atteignent le stade adulte. Ils peuvent être utilisés pour lutter contre les ravageurs des cultures, les moustiques, les mouches des fruits, etc.
- c. **Ovicide** : Un ovicide est un type d'insecticide conçu pour détruire les œufs d'insectes. Les ovicides agissent en ciblant spécifiquement les œufs pour empêcher leur éclosion ou tuer les embryons à l'intérieur. Ils sont utilisés pour contrôler la reproduction des insectes et interrompre leur cycle de vie.

Il est courant que certains bioinsecticides aient des propriétés larvicides et ovicides combinées, c'est-à-dire qu'ils peuvent cibler à la fois les larves et les œufs des insectes. Cette approche permet de réduire la population d'insectes dès les premiers stades de développement et d'empêcher leur prolifération (**Megha et al ., 2018**).

Selon le mode d'entrée:

Les insecticides peuvent être classés en fonction de leur mode d'entrée, c'est-à-dire la voie par laquelle ils pénètrent dans le corps de l'insecte cible. Voici quelques catégories d'insecticides en fonction de leur mode d'entrée (**Mekacheret et Ismiguana, 2017**):

- a. **Insecticides de contact** : Les insecticides de contact sont appliqués directement sur les parties externes des insectes ou sur les surfaces qu'ils sont susceptibles de toucher. Lorsque les insectes entrent en contact avec ces produits, les substances actives sont absorbées par leur cuticule (l'exosquelette) et agissent en perturbant leur système nerveux, leur système respiratoire ou d'autres fonctions vitales.
- b. **Insecticides systémiques** : Les insecticides systémiques sont absorbés par les plantes et se déplacent à l'intérieur de leurs tissus, y compris la sève. Lorsque les insectes se nourrissent des parties traitées de la plante, ils ingèrent également l'insecticide. Les insecticides systémiques peuvent agir en perturbant le système nerveux ou d'autres processus biologiques des insectes.
- c. **Insecticides par ingestion** : Les insecticides par ingestion sont conçus pour être ingérés par les insectes lorsqu'ils se nourrissent de plantes traitées ou d'appâts

spécifiques. Ils sont souvent formulés avec des substances actives qui sont toxiques pour les insectes une fois ingérées. Ces insecticides agissent en perturbant les processus biologiques internes des insectes (**Copping et Menn, 2000**).

- d. Insecticides à action translaminaire** : Les insecticides à action translaminaire sont appliqués sur les surfaces des feuilles et sont ensuite absorbés par les tissus internes de la plante, se déplaçant d'une partie à une autre. Lorsque les insectes se nourrissent de ces parties de la plante, ils ingèrent l'insecticide et sont affectés.

Il est important de noter que certains insecticides peuvent avoir des modes d'entrée multiples. Par exemple, certains insecticides peuvent agir à la fois par contact et par ingestion. Il est également essentiel de suivre les instructions d'utilisation spécifiques fournies avec chaque insecticide pour assurer une application appropriée et efficace (**Mekacheret et Ismiguana, 2017**).

Selon le mode d'action:

Les insecticides peuvent être classés en fonction de leur mode d'action, c'est-à-dire la manière dont ils affectent les insectes cibles au niveau biologique. Voici quelques exemples de ces classifications courantes des insecticides:

- a. Insecticides à action nerveuse** : Ces insecticides agissent en perturbant le système nerveux des insectes. Ils peuvent bloquer les canaux ioniques, interférer avec la transmission des impulsions nerveuses ou altérer les récepteurs neuronaux.
- b. Insecticides à action digestive** : Ces insecticides agissent en perturbant le système digestif des insectes. Ils peuvent inhiber les enzymes digestives, altérer l'absorption des nutriments ou provoquer une paralysie de l'intestin. Les organophosphorés et les régulateurs de croissance des chitines sont des exemples d'insecticides à action digestive (**Copping et Menn, 2000**).
- c. Insecticides à action respiratoire** : Ces insecticides agissent en perturbant le système respiratoire des insectes. Ils peuvent inhiber les enzymes respiratoires, bloquer les voies respiratoires ou empêcher l'oxygénation des tissus.
- d. Insecticides à action de perturbation hormonale** : Ces insecticides agissent en perturbant les processus hormonaux des insectes. Ils peuvent imiter ou bloquer les hormones naturelles, interférer avec leur synthèse ou leur libération, ou modifier leur métabolisme. Les régulateurs de croissance des insectes (IGR) sont des exemples d'insecticides à action de perturbation hormonale.

- e. **Insecticides à action métabolique** : Ces insecticides agissent en perturbant les processus métaboliques des insectes. Ils peuvent inhiber des enzymes spécifiques, altérer la fonction mitochondriale ou perturber d'autres voies métaboliques essentielles. Les néonicotinoïdes sont des exemples d'insecticides à action métabolique (Brouk et Bousnoubra, 2022).

Chapitre 2 :

Généralités sur la
plante *Thymus*

1. Description de la plante *Thymus* .

Thymus (*Lamiaceae*) est une plante largement utilisée en médecine traditionnelle algérienne pour ses propriétés thérapeutiques (**Djeddi et al., 2015**). C'est un très petit arbuste, haut, de cinq à six pousses au plus, dont les racines sont grêles, ses branches sont chargées presque dès leur base de rameaux nombreux, épars, presque opposés, étalés, un peu anguleux, droit, légèrement pubescents à leur partie supérieure, garnis de feuilles opposées, presque sessiles, plus longues que les entre-nœuds très ouvertes, étroites, linéaires, très entières, glabres à leurs deux faces, rétrécis à leur base, aigues à leurs sommet, longues de quatre à cinq lignes, larges d'un peu plus d'une demi-ligne. Les fleurs sont réunies à l'extrémité des rameaux en épis courts, capité, garnis de bractées ovales, lancéolées, aigues, élargies à leur base, ciliées, ponctuées, le calice très velu coloré, à cinq dents sétacées, fortement ciliées de longs poils blanchâtres, la corolle petite, de couleur rose ou un peu purpurine, les étamines plus longues que la corolle, les anthères un peu globuleuses, à deux loges, le style presque de la même longueur que les étamines, deux stigmates aigus (**Benayache, 2013**). Assez rare : dans le sous-secteur de l'atlas tellien, la grande et la petite Kabylie de Skikda à la frontière tunisienne, Tell constantinois. Il existe en Algérie et en Tunisie (**Mebarki, 2010**).



Figure 01 : La plante *Thymus* (**Messara, 2018**).

2. Taxonomie de la plante *Thymus* .

Classification :

Le tableau 2 se réfère à la classification botanique antérieure de *Thymus* (Morales, 2002)

Tableau 02 : Place de *Thymus* dans la systématique

Règne	Plante
Division	Spermaphytes
Subdivision	Angiospermes
Classe	Dicotylédone
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiacées
Genre	<i>Thymus</i>

Nomenclature :

Scientifiquement le *nom Thymus* désigne une plante largement utilisée en médecine traditionnelle algérienne pour ses propriétés thérapeutiques (Djeddi et al., 2015).

Le terme « Thym » est apparu dans la langue française au XIIe siècle. Il est dérivé du latin *thymus* qui l'a emprunté du grec *thumos* signifiant « grosseur ou loupe » (par référence à la glande, le thymus). D'autre pensent plutôt que le mot vient du grec *thymos* ou *thyein* qui signifie « fumée », par allusion au fait qu'il était jadis brûlé comme encens et qu'on lui attribuait alors le pouvoir d'éloigner les créatures venimeuses. D'autres enfin, font dériver le mot du grec *thumus*, qui signifie « courage », la plante étant jadis considérée comme revigorante.

D'un point de vue vernaculaires, en langue française on le retrouve sous la dénomination de *Thym* (Mebarki., 2010). En langue arabe c'est sous le nom de *Tizaâtarte* ou encore de *Zaâtar* (Kabouche et al. 2005).

3. Répartition géographique :

Le Thym de la famille des Lamiacées ou Labiées, comprend plusieurs espèces botaniques réparties dans l'Algérie sur tout le littoral et même dans les régions internes jusqu'aux zones arides (**Saidj et al., 2006**). Dans le cas du *Thymus* on le retrouve dans le secteur de l'Atlas tellien, la grande et la petite Kabylie, au niveau du Tell constantinois et de Skikda à la frontière tunisienne.

4. Utilisation traditionnelle :

- le thym est une plante utilisée comme aromate en cuisine, pour aromatiser les plats, les fromages et les boissons alcoolisées.
- indiquée pour les crampes d'estomac, les inflammations pulmonaires les palpitations. (**Daidj, 2007 ; Djeroumi et Nacef, 2004 ; Mayer, 2012**).
- considéré le thym aussi comme l'un des remèdes populaires les plus utiles et efficaces, dans le traitement des affections respiratoires.
- On peut utiliser le thym aussi dans le nettoyage et la cicatrisation des plaies, l'expulsion des gaz intestinaux et contre la mauvaise digestion (**Baba Aissa, 1990 ; Hadouche, 2011**)
- Insecticide (**Kabouche et al. 2005**).

5. Activités biologiques :

Les extraits et les huiles essentielles possèdent des propriétés antioxydantes, antibactériennes et antifongiques connues de longues dates (**Dongmo et al., 2002**).

L'activité biologique d'une huile essentielle est en relation avec sa Composition chimique et les possibles effets synergiques entre ses composants. Sa valeur tient à son «totum» ; c'est-à-dire, l'intégralité de ses constituants et non seulement à ses composés majoritaires (**Lahlou, 2004**).

Activité antioxydante

Le pouvoir antioxydant de ces huiles est développé comme substitut dans la conservation alimentaire. Ce sont surtout les phénols et les polyphénols qui sont responsables de ce pouvoir.

Il existe deux sortes d'activité antioxydante selon le niveau de leur action : une activité primaire et une activité préventive (indirecte). Les composés qui ont une activité primaire sont interrompus dans la chaîne autocatalytique de l'oxydation). En revanche, les composés qui ont une activité préventive sont capables de retarder l'oxydation par des mécanismes indirects tels que la complexation des ions métalliques ou la réduction d'oxygène... etc (**Chemloul, 2014**).

Activité antibactérienne

Les propriétés antimicrobiennes des huiles essentielles sont bien connues et bien documentées. En effet, de nombreux travaux de recherche ont mis en évidence leur puissante activité antiseptique agissant aussi bien sur les bactéries, les champignons pathogènes que les virus.

L'activité antibactérienne des huiles essentielles est la plus étudiée. On distingue deux sortes d'effets des huiles essentielles sur ces microorganismes :

- Effet bactéricide (bactéricidie) : exerçant une activité mortelle
- Effet bactériostatique (bactériostase) : entraînant une inhibition de la croissance.

Plusieurs mécanismes sont mis en jeu : Précipitation des protéines et des acides nucléiques ; Inhibition de la synthèse des macromolécules (ADN, ARN, protéines et peptidoglycanes) et de la perméabilité membranaire sélective et détérioration membranaire ; Modification de la morphologie de la cellule bactérienne et l'absorption et la formation d'un film autour de la cellule bactérienne avec inhibition des processus de respiration, d'absorption et d'excrétion (**Bencheikh, 2017**).

Activité antifongique

Les huiles essentielles ont un grand pouvoir antifongique aérien et cutané. Les modes d'actions antifongiques sont assez semblables à ceux décrits pour les bactéries. Cependant, il faut y ajouter deux phénomènes supplémentaires inhibant l'action des levures: l'établissement d'un gradient de pH et le blocage de la production d'énergie des levures ("phénomène de respiration").

La plupart des composés terpéniques sont de très bons agents antifongiques. Le thymol, le carvacrol, et l'eugénol sont les composés les plus actifs (**Khaldi, 2017**).

Chapitre 3 :

Généralités sur

Tribolium castaneum

et

Plodia interpunctella

I. Généralités sur *Tribolium castaneum*

La famille des Tenebrionidae compte 20000 espèces dans le monde, l'origine de ce nom vient que la plupart ont des élytres de couleur sombre cependant il existe des espèces de couleur claire et variée (**Lerant, 2015**). Le nom de l'espèce *Tribolium castaneum* vient du grec ; *Tribolos* qui signifie trois pointes (**Larousse, 2017**). C'est un ravageur primaire, granivore. L'adulte est un petit coléoptère brun rougeâtre d'environ 4 mm de longueur. Au stade adulte, le *tribolium* rouge de la farine est facilement confondu avec d'autres espèces du genre *Tribolium*. La larve est blanche avec des bandes brunes et mesure 8 mm avant la nymphose. Les produits infestés par cet insecte sont les grains entreposés, les oléagineux, les substances contenant de l'amidon, l'haricot, le pois, les épices, et les racines séchées (**Benlameur, 2016**).



Figure 02: *Tribolium castaneum* (Benlameur, 2016).

I.1. Classification taxonomique:

Selon (**Haines, 1991; Bolev, 2014; Myers et al., 2016**) la classification de *Tribolium castaneum* est la suivante :

Tableau03: la classification de *Tribolium castaneum*

Règne	Animalia
Phylum	Arthropoda
Subphylum	Hexapoda
Classe	Insecta
Ordre	Coléoptères
Superfamille	Tenebrionoidea
Famille	Tenebrionidae
Sous-famille	Tenebrioninae
Tribu	Triboliini
Genre	<i>Tribolium</i>
Espèce	<i>Tribolium castaneum</i>

Origine et répartition géographique:

On le trouve dans toutes les parties du monde. Sous les climats froids, uniquement dans les stockages à température élevée. *Tribolium castaneum* est une 8 espèce cosmopolite, distribuée dans le monde entier qui selon est probablement originaire de l'inde probablement originaire d'Asie du Sud, le *Triboluim castaneum* est devenue cosmopolite (**Belaith, 2022**).

Cycle de la vie:

a. Œufs:

Les oeufs sont blanchâtres ou sans couleur et leur taille est d'environ 5 mm, avec des particules de nourriture adhérentes à la surface (**Bencheikh, 2021**).

b. Larve:

Tribolium castaneum passe par 4 à 12 stades larvaires. La larve est blanchâtre à jaune brun et atteint 5 à 6 mm de longueur. La tête et l'extrémité inférieure du corps sont plus foncés

tirant sur le rougeâtre. L'extrémité postérieure de l'abdomen se termine par deux petits cerques foncés. La larve de *Tribolium* est très active et se déplace librement en creusant des galeries sinueuses dans la masse de la farine (Ncibi, 2020).



Figure 03: larve du *Tribolium castaneum* (Bencheikh, 2021)

c. Nympe:

La forme nympe chez *Tribolium castaneum* est cylindrique et de couleur blanchâtre virant vers le jaune (Safi, 2020).



Figure 04: Nympe du *Tribolium castaneum* (Bencheikh, 2021)

d. Adulte:

Adulte de *Tribolium castaneum* est de couleur brun rougeâtre, mesure de 2.3 à 4.5 mm, la tête et la partie supérieure de thorax sont vêtues de minuscules ponctions et ailes élytres sont striées sur toute leur longueur (Boukhalfa et Rouabah, 2020).

II. Généralités sur *Plodia interpunctella*:

La pyrale indienne de la farine, *Plodia interpunctella*, est un ravageur d'importance économique mondiale des produits stockés et des produits alimentaires transformés, y compris les céréales en vrac (Boukhalfa et Rouabah , 2020). Ses larves facilement identifiables, présentent Une tête bien développée et un corps clairement découpé en trois segments. Leur Développement est fortement influencé par l'environnement, à savoir la température, L'humidité, et les sources de nourriture. On les trouve dans les magasins à grains, entrepôts, Silos, moulins, appartement (Haddou, 2022).



Figure 05: *Plodia interpunctella* (Belaiath, 2022).

Classification taxonomique de *Plodia interpunctella* :

Selon (Hubner, 1813) la classification du *Plodia interpunctella* est la suivante

Tableau 04: la classification du *Plodia interpunctella*

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Classe	Insecta
Sous- classe	Pterygota
Ordre	Lepidoptera
Famille	Pyralidae
Genre	Plodia

Espèce	<i>Plodia interpunctella</i>
---------------	------------------------------

Origine et répartition géographique:

La pyrale indienne est une espèce largement cosmopolite, signalée dans le monde entier. Elle se trouve sur tous les continents dans les habitats tropicaux. Ce papillon de nuit se trouve le plus souvent en Floride ou il prospère dans l'habitat tropical. La mite vit dans un large éventail de conditions, ce qui en fait un ravageur persistant. Elle se trouve souvent dans les installations de stockage des aliments du monde entier. Particulièrement dans les silos à grains ou les bâtiments de stockage des graines (**Aissaoui, 2022**).

Cycle de vie:

La pyrale indienne de la farine peut compléter son cycle de vie en 27 à 305 jours. Trois jours environ après l'âge adulte émergence, les femelles s'accouplent et pondent leurs oeufs. Après l'accouplement, une seule femelle peut pondre jusqu'à 400 œufs (**Muzafar, 2022**).

a. Œuf :

Il éclos après 3 à 5 jours dans les conditions optimales, La femelle pond de 200 à 400 œufs sur les produits alimentaires qu'elle a infestés, ou elle la dépose à proximité (**Haddou, 2022**).



Figure 06: Œuf de *plodia interpunctella* (Aissaoui, 2022).

b. Larve:

Il y a cinq à sept stades larvaires. Leur couleur est généralement blanc cassé, mais on a observé qu'il était rose, brun ou presque verdâtre, selon la source de nourriture. Les larves matures mesurent environ 1,27 cm de long. Ils ont cinq paires de fausses pattes bien développées qui les aident à parcourir des distances considérables pour se nymphoser (Messabih, 2022).



Figure 07: la larve du *Plodia interpunctella* (Aissaoui, 2022).

c. Nymph:

La nymphe mesure de 6 à 11 mm de longueur. Elle est marron clair et généralement enfermée dans un cocon lâche de couleur blanc grisâtre pour se protéger contre les prédateurs. Ce cocon va se trouver dans des anfractuosités pour se protéger. Elle ne s'alimente pas et

utilise les réserves constituées par la larve pour toute sa métamorphose. C'est un stade de transformation majeure de l'insecte (Aissaoui, 2022).



Figure 08: La nymphe de *Plodia interpunctella* (Messabih, 2022).

d. Adulte :

Adulte est un papillon qui ne vit pas très longtemps. Il est là uniquement pour féconder et pondre des œufs. Il mesure entre 0,1 et 1,2 cm de longueur (Djedid, 2022).

III. Importances économiques des insectes des denrées stockées:

Ils attaquent les grains endommagés, comme ils peuvent se nourrir de champignons qui envahir le stock, est l'un des ravageurs les plus mondiaux des produits stockés, car il entraîne une perte de quantité et de qualité. Il donne également au produit une couleur grise avec une odeur piquante et inacceptable et causé l'allergie sur la population humaine (Benchelkh, 2020). Et aussi causer, incluent la perte de poids et une diminution de la qualité des grains et le rendent impropre à la consommation. Et quelque fois une perte du pouvoir germinatif (Belaïath, 2022).

IV. Les moyens de luttés contre les insectes des denrées stockées:

Il existe plusieurs méthodes qui permettent de maintenir les populations des ravageurs à un niveau assez bas pour que les dégâts occasionnés soient économiquement tolérables.

1. Lutte biologique :

Elle consiste à utiliser des ennemis naturels (des micro-organisme, des prédateurs et des parasitoïdes) ainsi que des substances naturelles d'origine végétale afin de contrôler les

populations de ravageurs. À titre d'exemple *Bacillus thuringiensis* est efficace contre ce coléoptère. De même, la phytothérapie joue un rôle très important dans la lutte contre les insectes des denrées stockées (**Tirakmet, 2015**). L'utilisation des phéromones d'insectes attractifs et répulsifs d'alimentation est d'un haut Niveau de détection. Actuellement, la lutte biologique est la méthode la plus Favorisée dans les programmes de recherche vus ses intérêts économiques et agroenvironnementaux qui permettent le maintien d'un équilibre bioécologique (**Haddou, 2021**).

2. Lutt es chimiques :

Les pesticides de synthèse restent le moyen le plus efficace et le plus accessible pour la lutte contre les insectes ravageurs des denrées stockées. La norme de « zéro insecte » vivant dans les silos ne peut être assurée par les traitements mécaniques. Les insecticides de contact restent indispensables pour fournir une garantie maximale (**Madene, 2014**). Deux types de traitement sont généralement employés : traitement par contact (qui consiste à recouvrir les grains, l'emballage ainsi que les locaux de stockage d'une pellicule de produit insecticide qui agit par contact sur les déprédateurs, dont l'effet est plus ou moins rapide avec une persistance d'action plus longue) et le traitement par fumigation (qui consiste à traiter les grains à l'aide d'un gaz toxique qu'on appelle fumigant) (**Cruz et al., 1988**). Selon le même auteur, l'intérêt majeur de la fumigation est de faciliter la pénétration des gaz à l'intérieur du grain et donc de détruire les œufs, larves et nymphes qui s'y développent (**Tirakm et al, 2015**). Toutes fois, les méthodes faisant recours aux produits insecticides sont déconseillées pour les denrées alimentaires, vue leur nocivité à l'environnement et à la santé humaine (**Ben Mahmoud, 2015**).

3. Lutte physique:

La lutte physique est une méthode qui utilise des agents physiques (mouvement, chaleur, lumière, froid, eau, électricité, radiation...) pour réduire au maximum l'activité biologique des ravageurs des semences. Selon **Labeyrie (1962)**, maintenir un entrepôt de stockage à une température de -1 ° C pendant un mois peut entraîner la mort d'adultes. L'exposition des graines aux radiations ultra-violettes de longueur d'onde inférieure à 3126 Å peut provoquer la mort des œufs et des larves de premier stade, et produire des individus anormaux après l'émergence (**Ben nasr, 2021**).

4. Lutte curative:

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

Partie II :

Matériels

et

Méthodes

Notre étude a été réalisée au laboratoire pédagogique du département de science de la nature et de la vie (centre universitaire Abdel Hafid Boussouf – Mila). L'analyse de la composition chimique des huiles essentielles a été réalisée au niveau du Centre de Recherche Scientifique et Technique en Analyses Physico-Chimique (**CRAPC**), Tipaza, Alegria.

Objective

Cette étude vise à évaluer l'activité insecticide de la plante *Thymus sp.* contre les insectes des denrées stockées (*Tribolium castaneum* et *Plodia interpunctella*) et analysé les propriétés sensorielles du produit de la semoule de blé tendre le plus consommable (la galette algérienne) supplémenté avec l'extrait et l'huile essentielle de cette plante.

1. Matériel végétal

Notre matériel végétal a été constitué des feuilles de *Thymus sp.* Cette plante a été récoltée en Avril (végétatif) dans la région de Grarem Gouga Wilaya de Mila Nord Est de l'Algérie (36°30'14,51 " N Lat., 6°24'45,41 " E Long. et 315 m d'altitude).

Obtention des huiles essentielles

L'extraction de l'huile essentielle a été faite par la méthode d'hydrodistillation des feuilles sèches de *T. numidicus* durant 3 heures, à l'aide d'un appareil de type Clévenger. Un ballon de 500 ml est utilisé dans lequel on place 250 ml d'eau distillé et 250g de matière végétale. L'eau est portée à ébullition pendant 2 à 3 heures, en prenant garde de ne pas chauffer à sec. La vapeur d'eau entraîne les produits organiques volatils qui se condensent dans le réfrigérant et qui sont récupérées à l'autre bout du montage dans une ampoule à décanter. L'huile essentielle a été déshydratée par le sulfate de sodium et conservée à 4°C (**Abed, messaadia et al ., 2021**) .



Figure 09 : Montage d'hydrodistillation (Clévenger).

Analyse de la composition chimique de l'huile essentielle par CG/MS

L'analyse de la composition chimique des huiles essentielles a été réalisée au niveau du Centre de Recherche Scientifique et Technique en Analyses Physico-Chimique (**CRAPC**), Tipaza, Algeria.

L'analyse a été opérée par chromatographie en phase gazeuse couplé a la spectrométrie de masse (CG/MS) ; pour une détermination qualitative et quantitative des composés chimiques de l'huiles essentielle testée. L'appareillage utilise est le suivant : Chromatographe a phase gazeuse (**Hewlett Packard Agilent 6890**) couple a un spectromètre de masse (**Hewlett Packard Agilent 5973**). Le tableau suivant résume les conditions de l'injection ainsi que le type de colonne et solvant utilisés.

Tableau 05 : Information générale sur l'analyse CG-SM végétales utilisées.

Injecteur	• Température : 250°C • Mode d'injection : Split 1 ;80 • Volume injecté : 0.2 µl
Colonne	• Type : HP-5MS • Dimensions : long 30m • D int 0.25 mm, épaisseur film 0.25 µm • Phase stationnaire :5% • Phenyl 95% dimethylpolysiloxane
Température du four	• 60°C pendant 8 min, 2°C/min jusqu'à 250°C.; isotherme 10 min ; • Durée d'analyse : 113 min • Gaz vecteur : hélium pur 6.0 • Débit : 0.6 ml/min
Détecteur de masse	• Mode d'analyse : SI • Température de l'interface :270 °c • Type d'ionisation : Impact électronique • Type de l'analyseur de masse : Quadripôles • Température de la source : 230 °c

**Figure 10** : Chromatographe à phase gazeuse (**Hewlett Packard Agilent 6890**) couple à un spectromètre de masse (**Hewlett Packard Agilent 5973**).

Préparation d'extrait ethanologique

La préparation d'extrait ethanologique se fait par la méthode de Soxhlet (**Dall'armellina, 2021**). La matrice végétale (50 g) est placée dans des cartouches en cellulose et le solvant (250 ml d'éthanol) dans un ballon. Celui-ci est chauffé à sa température d'ébullition puis condensé dans la cartouche. Lorsque le solvant atteint la même hauteur que le bras du siphon, il est chargé en molécule bioactive et se décharge de la cartouche pour retourner dans le ballon. Une fois dans le ballon, les molécules extraites et dissoutes (le soluté) sont séparées du solvant par distillation ce qui permet au soluté de rester dans le ballon tandis que le solvant est de nouveau condensé dans la cartouche contenant la matière végétale. Ces cycles sont répétés jusqu'à extraction complète du soluté.



Figure 11 : Extracteur de soxhlet

La séparation du solvant de l'extrait est faite à l'aide de l'appareil appelé Rotavapor, dans cet appareil on réalise une évaporation sous vide. Pendant cette opération le ballon est mis en rotation et plongé dans un bain liquide chauffé. La rotation du ballon crée une surface d'échange plus grande et renouvelée permettant donc d'effectuer une évaporation rapide. L'abaissement de la pression permet d'évaporer le solvant à température réduite, évitant ainsi la dégradation thermique éventuelle des composés. (**Petko Ivanov., 2010**)



Figure 12 : L'appareil Rotavapor

❖ **Calcul du rendement :**

Le rendement en extrait et huile essentielle est défini comme étant le rapport entre la masse d'huile essentielle/extrait obtenue et la masse initiale du matériel végétal.

$$R (\%) = M / M_{me} .100$$

R : Rendement en g/100g de matière sèche

M : quantité d'huile essentielle/ extrait récupérée exprimée en g

Ms : quantité de la matière végétale sèche utilisée pour l'extraction exprimée en g.

Les huiles essentielles sont recueillies et conservées au réfrigérateur à 4°C dans des bouteilles sombres pour les préserver de la chaleur.

Détermination de la teneur en phénols totaux

La teneur en phénols totaux de l'huile essentielle et des extraits étudiés a été déterminée par la méthode de Folin-Ciocalteu (**Nikokavoura et al., 2011**). 0.5 mL de l'extrait a été dilué avec 10 mL de l'eau distillé puis mélangé avec 2.5 ml du réactif de Folin-Ciocalteu puis agité. 2 mL de la solution de carbonate de sodium (7.5%) ont ensuite été ajoutés puis le mélange a été agité vigoureusement. L'ensemble a été dilué avec 50 mL d'eau distillée, incubé

à 45 °C dans un bain marie pendant 15 min et la lecture est effectuée contre un blanc à l'aide d'un spectrophotomètre à 760 nm. Le taux de polyphénols totaux des échantillons étudiés, a été calculé à partir d'une courbe d'étalonnage linéaire ($y = a x + b$), établie avec des concentrations précises d'acide gallique dans les mêmes conditions opératoires. Les résultats sont exprimés en milligramme d'équivalent d'acide gallique par gramme d'extrait (mg GAE/g d'extrait).

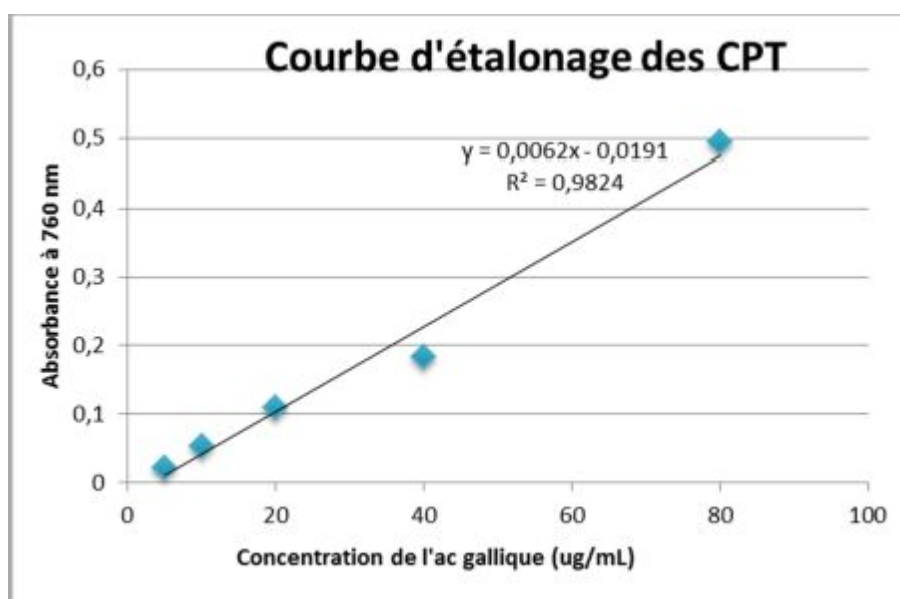


Figure 13 : la courbe d'étalonnage d'acide gallique

Détermination de la teneur en flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes a été calculée par la méthode décrite par (Dirar *et al.*, 2019). Cette méthode consiste à ajouter 0.5 mL d'extrait, 75 μ L d'éthanol. Puis 01 mL d'une solution d' $AlCl_3$ (2% dans le méthanol) et 140 μ L d'eau distillée ont été ajoutés. Le mélange est agité et laissé à la température ambiante pendant 30mn. L'absorbance a été mesurée contre un blanc préparé sans $AlCl_3$ à 430 nm. La teneur en flavonoïdes totaux est calculée en termes d'équivalent quercétine (EgQ) par référence au courbe étalonnage tracée avec 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8 mg /mL de quercétine

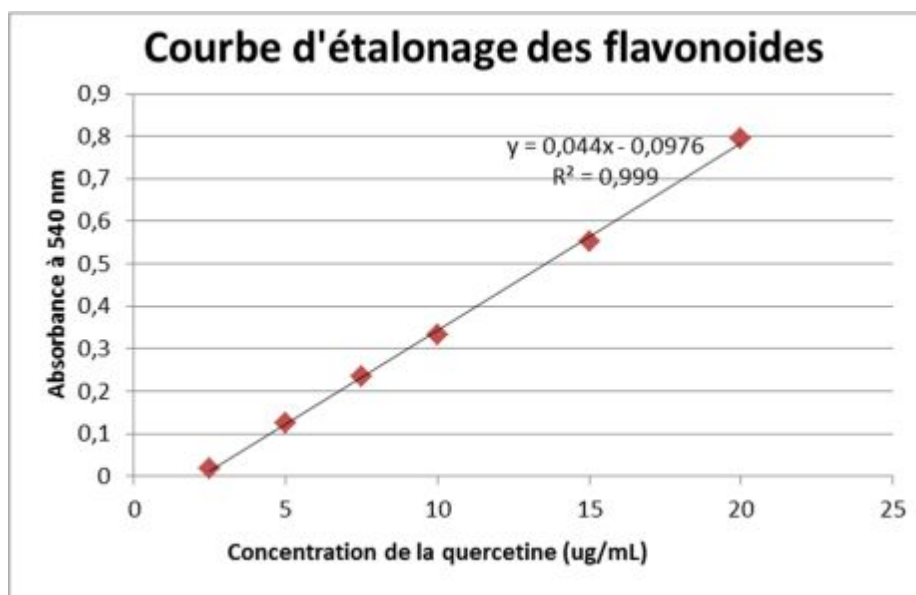


Figure 14 : la courbe d'étalonnage de la quercétine

Evaluation de l'activité antioxydante

L'étude de l'activité antioxydante de l'extrait ethanolic et l'huile essentielle de la plante *Thymus sp.* a été évaluée selon la méthode de piégeage du radical libre DPPH

Le test DPPH permet de mesurer le pouvoir antiradicalaire de molécules pures ou d'extraits végétaux dans un système modèle (solvant organique, température ambiante). Il mesure la capacité d'un antioxydant (AH, composés phénoliques généralement) à réduire le radical chimique DPPH° (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) par transfert d'un hydrogène. Le DPPH, initialement violet, se transforme en **DPPH-H** jaune pâle.

L'activité du balayage du radical DPPH• a été mesurée par spectrophotométrie selon le protocole décrit par **Blois en 1958** avec une légère modification (**Öztürk et al., 2011**). Une solution de DPPH a été préparée par solubilisation de 4 mg de DPPH dans 100 ml de l'éthanol. La solution a été ensuite placée à l'obscurité pendant trois heures. Dans des tubes en verre, on prépare une série de dilutions de l'extrait et l'huile essentielle ainsi que celle du contrôle positif butylhydroxyanisole (BHA) avec une concentration de la solution mère de (10 mg/ ml) afin d'obtenir une série des concentrations (800- 6,25 µg/mL). Après on introduit 1.6 ml de la solution DPPH. Après agitation, les tubes sont placés à l'obscurité à température ambiante pendant 30 minutes. Concernant le contrôle négatif, il contient seulement la solution de DPPH et l'éthanol avec un volume égal de 2 ml. La lecture est effectuée par la mesure de l'absorbance à 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV/Vis.

Le pourcentage de l'activité de piégeage du radical DPPH est calculé selon la formule suivante :

$$I (\%) = [(A_{DPPH} - A_{Extrait}) / A_{DPPH}] \times 100$$

Où :

I % : pourcentage de l'inhibition du radical DPPH.

A_{DPPH} : l'absorbance de la solution DPPH.

$A_{Extrait}$: l'absorbance de l'échantillon à une concentration donnée.

2. Matériel entomologique

Dans le but d'étudier les propriétés insecticides d'extrait ethanologique et l'huile essentielle de la plante *Thymus sp*, nous avons choisi deux principaux ravageurs des denrées stockées : *Plodia interpunctella* et le *Tribolium castaneum* représentant la classe des ravageurs secondaires.

Identification

Nous avons travaillé sur la semoule de blé tendre infesté des domiciles. Après tamisage, nous avons séparé les insectes récupérés par ressemblance morphologique à l'aide d'une pince entomologique, puis identifiés sous loupe binoculaire. L'identification consiste à classer chaque insecte rencontré, en déterminant sa famille, son genre et, si possible, son espèce en utilisant les clés d'identification des principales espèces ravageuses des denrées stockées de la famille de Tenebrionidae et la famille de Pyralidae (Georg , 2017)

- *Tribolium castaneum* adulte est de couleur brun rougeâtre il est reconnaissable par la distinction très nette des trois parties du corps (tête, thorax et abdomen). Les trois derniers articles des antennes plus gros et formant une masse.
- La larve de *Tribolium castaneum* a deux urogomphes à extrémité très aiguë et brun foncé.
- La teinte générale de la nymphe de *T. castaneum* est testacée. Le pronotum est finement et densément ponctué, nettement transverse, est presque aussi large que les élytres ; ceux –ci allongés et parallèles, arrondis à l'extrémité postérieure, portent des lignes régulières de ponctuation séparées par des cotes très fines.



Figure 15: Adulte de *Tribolium castaneum*

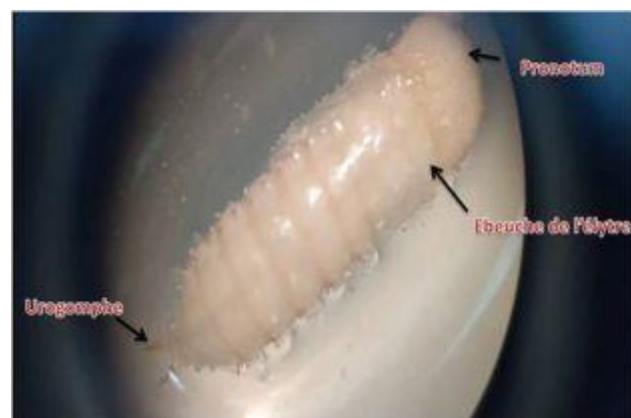


Figure 16: Nymph de *Tribolium castaneum*



Figure 17 : Larve de *Tribolium castaneum*

- Adulte de *Plodia interpunctella* mesure 10 mm environ avec une envergure allant jusqu'à 30 mm. La moitié basale des ailes antérieures est blanchâtre alors que l'autre moitié est brun cuivré.
- La larve de *Plodia interpunctella* de couleur ivoire avec une tête brune, elle mesure 9 à 19 mm au terme de sa croissance. Elles tissent des fils de soie qui retiennent leurs excréments et contaminent les produits qui deviennent impropre à la consommation.



Figure 18 : Adulte de *Plodia interpunctella*

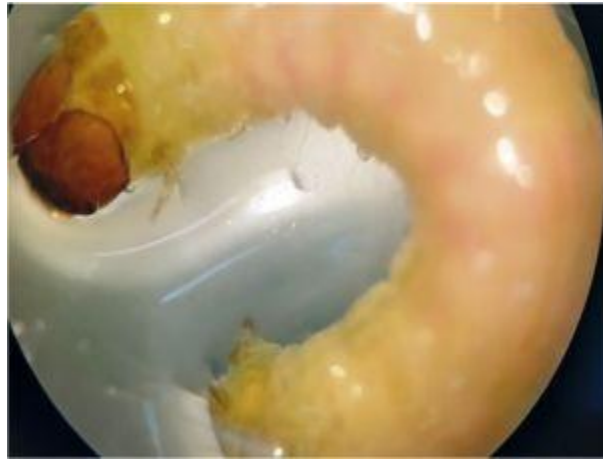


Figure 19 : Larve de *Plodia interpunctella*

Elevage des insectes

Les deux espèces des ravageurs qui intéressent notre étude ont été élevés en masse dans de la semoule de blé, à une température d'environ 32,8°C et une humidité de 60% à l'obscurité au laboratoire. Les élevages de masse sont réalisés dans des récipients en plastique d'une hauteur allant de 15 cm et de 25 cm de diamètre. Ces récipients sont remplis aux trois quart de semoule fine saine dans laquelle sont introduits plus de centaines des insectes d'âge indéterminé, en suite nous avons recouvert ces récipients par un tissu à mailles fines pour l'aération. L'élevage vise le maintien et l'obtention de plusieurs générations des insectes afin d'avoir un nombre d'individus plus important (**Hamidouche, 2020**).

Ensuite, un tamisage est réalisé afin d'isoler les larves et les adultes de chaque espèce de l'élevage de masse et ces derniers sont placés dans des boîtes de Pétri de 9cm de diamètre et 1,5cm de hauteur pour le test de contact.



Figure 20 : Elevage de *Tribolium castaneum* au laboratoire.

3. Evaluation de l'activité larvicide (Bioessais par contact)

L'évaluation de la toxicité par contact des extraits de *Thymus sp.* est déterminée par application directe sur du papier Wattman (**Madene, 2014**).

Une solution mère d'huile essentielle et de l'extrait éthanolique a été préparée en dissolvant 20 mg d'huiles essentielles et 40 mg de l'extrait éthanolique dans 1 ml de méthanol. Différentes doses (25, 50, 100 et 200 ppm de HE et 50, 100, 200 et 400 ppm de E.EH) préparées dans l'éthanol ont été appliquées sur un papier filtre circulaire (Whatman n° 1) et après évaporation du solvant pendant 5 à 10 minutes les disques de papier filtre traités ont été introduits ensuite dans des boîtes de pétri. 1 ml de solvant seul a été utilisé comme témoin positif. 20 insectes (larves de *P. interpunctella*, larves et adultes de *T. castaneum*) ont été introduites dans chaque boîte de Pétri. Il y avait cinq répétitions pour chaque concentration des extraits, ainsi que pour le contrôle positif et le contrôle non traité. Après 24 h d'exposition aux extraits, la mortalité larvaire a été enregistrée et les DL_{50} ont été déterminées par le graphique log-probit.

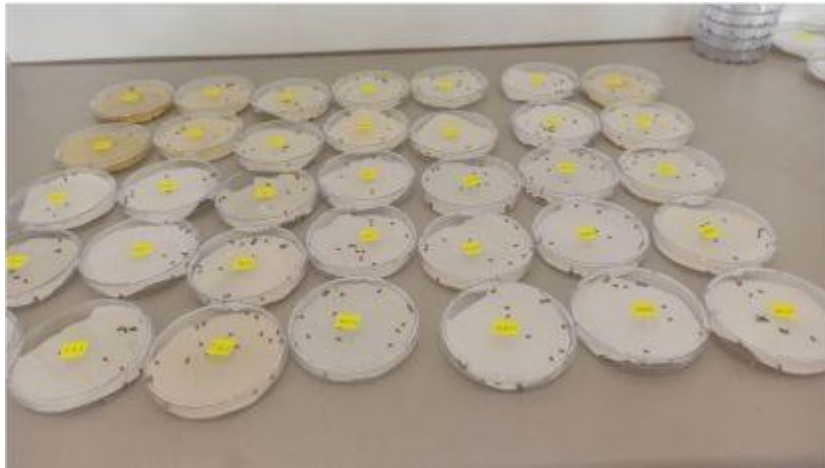


Figure 21: Activité insecticide par contact des extraits de *T.numidicus*

4. Analyse sensorielle de la galette traditionnelle

L'analyse sensorielle est une méthode scientifique utilisée pour évaluer les propriétés sensorielles des aliments, y compris la texture, la saveur, l'arôme et l'apparence (**Cayot, 2007**). Notre étude vise à analyser les propriétés sensorielles de la galette algérienne (le produit de la semoule de blé tendre le plus consommable) quand on l'ajoute l'extrait et l'huile essentielle de *Thymus sp.* Cette analyse a été axée sur les consommateurs (60 individus).

Matériel nécessaire :

- Des échantillons de la galette algérienne
- Des fiches d'évaluation sensorielle (**Annexe 01**)
- Des stylos
- De l'eau

Préparation de la galette

- ❖ **Témoin:** 500 g de semoule fine + 50 ml huile de table neutre + 10 g de sel + 10 g de la levure de boulanger + 25 cl d'eau.
- ❖ **Echantillon :** 500 g de semoule fine + 200 mg huile essentielle ou extrait éthanolique de *Thymus sp.* dissous dans 50 ml huile de table neutre + 10 g de sel + 10 g de la levure de boulanger + 25 cl d'eau.
 - On mélange les ingrédients, on ajoute l'eau tiède petit à petit, jusqu'à avoir une pâte ferme.
 - On pétrit la pâte jusqu'à obtention d'une pâte bien lisse.

- On abaisse chaque boule de la pâte au rouleau à pâtisserie
- On fait cuire la galette sur le tajine sans cesser de la tourner et de la déplacer pour une cuisson homogène.



Figure 22 : La galette algérienne

Étapes de l'analyse sensorielle :

1. Préparer les échantillons de la galette algérienne en coupant des tranches de taille identique.
2. Faire sentir chaque échantillon de la galette pour évaluer son arôme et noter les caractéristiques odorantes sur la fiche d'évaluation sensorielle.
3. Examiner visuellement chaque échantillon de la galette pour évaluer son apparence, y compris la couleur, la forme et la texture de la croûte et de la mie. Noter les caractéristiques visuelles sur la fiche d'évaluation sensorielle.
4. Évaluer la texture de la galette en le mâchant et en notant la texture de la croûte et de la mie, ainsi que la teneur en humidité, la fermeté et la friabilité sur la fiche d'évaluation sensorielle.
5. Évaluer la saveur de la galette en le goûtant et en notant les caractéristiques gustatives, y compris la douceur, l'amertume, l'acidité et la salinité, ainsi que les arômes de la fiche d'évaluation sensorielle.

6. Répéter les étapes 2 à 5 pour chaque échantillon de la galette.
7. Boire de l'eau entre chaque échantillon de pain pour nettoyer le palais.
8. Analyser les données en utilisant des statistiques pour déterminer les caractéristiques sensorielles prédominantes de la galette.

5. Calculs statistiques

L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel SPSS Statistics 22.0. Tous les résultats ont été exprimés en moyenne $\pm$ écarts types. Les DL₅₀ ont été déterminées par le graphique log-probit.

Partie III :

Résultats

et

Discussion

1. Rendement des extraits

L'extraction des feuilles de *Thymus sp.* par hydrodistillation a partir de 250 g de matière végétale a permis d'obtenir une huile essentielle sous forme liquide, d'un aspect huileux, d'une couleur rouge brique caractérisé par une forte odeur, avec un rendement de 2.10%.

Les résultats de rendement de l'extraits éthanolique des feuilles a partir de 50 g de matière végétale de *Thymus sp.* en utilisant la méthode d'extraction par soxhlet, a permet d'obtenir un résidu sec brut de couleur vert foncé, avec un rendement de 2.36 %.

Tableau 06: Caractéristiques et rendements des extraits de *Thymus sp.*

	Couleur	Odeur	Saveur	Solubilité	Rendement
huile essentielle	Liquide clair, brun rougeâtre	agréable (Thymol)	Piquante	Liposoluble, Soluble dans 2 volumes d'alcool 80%	2.10%
Extrait éthanolique	vert foncé	agréable	Piquante	Soluble dans l'alcool	2.36 %

Nos résultat montrent que *Thymus sp.* a un rendement intéressant en huile essentielle, ces résultats sont supérieur de ceux obtenu par **Boughendjioua (2015)** qui étaient de l'ordre de 0,8% des feuilles récoltés de la région de Annaba (Algérie), d'un autre côté, certains auteurs, **Hadef (2004)** au Algérie, est obtenu un rendement inférieur au nôtre qui est de 1,10%.

Par la comparaison de nos résultats avec d'autres études nous avons trouvé que le rendement de l'extrait éthanolique est inférieur à celle trouvé par **Thoraya (2018)** extraite des plantes cultivées au Nord de l'Algérie qui a été estimé à 2, 61%, tandis que selon **Zeghib (2013)**, qui indique un rendement de l'extrait méthanolique de *Thymus numidicus* estimé à 9, 64% qui est supérieure de notre résultat.

Plusieurs facteurs peuvent êtres à l'origine de la divergence des rendements en extraits de la même espèce, notant les techniques d'extraction, les facteurs bioclimatiques et environnementaux comme le type de climat, l'altitude, le taux d'exposition au soleil, type de sol, la phase de croissance (**Messara et al.,2018**).

2. Composition chimique de l'huile essentielle de *Thymus sp.*

L'analyse GC-MS de l'huile essentielle (HE) de *Thymus sp.* a révélé la présence de vingt sept composés. Les principales classes chimiques regroupant les constituants de l'huile essentielle de *Thymus sp.* ainsi que les structures chimiques des composés majoritaires de cette huile essentielle sont consignées dans les figures 23 et 24.

Ces résultats montrent une variation de la composition chimique de l'huile essentielle extraite de *Thymus sp.* Vingt sept composés constituants ont été identifiés et quantifiés dans HE appartenant à quatre classes chimiques principales : les monoterpènes oxygénés (77 %) étaient les plus abondants suivis par les monoterpènes hydrocarbonés (12 %), les sesquiterpènes hydrocarbonés (8%) et en dernier les sesquiterpènes oxygénés qui sont détectés en traces (0,85%). Les composés: thymol, carvacrol, linalol, thymol methyl ether, *p*-cymene et γ -terpinene représentent la majorité des constituants de cette HE.

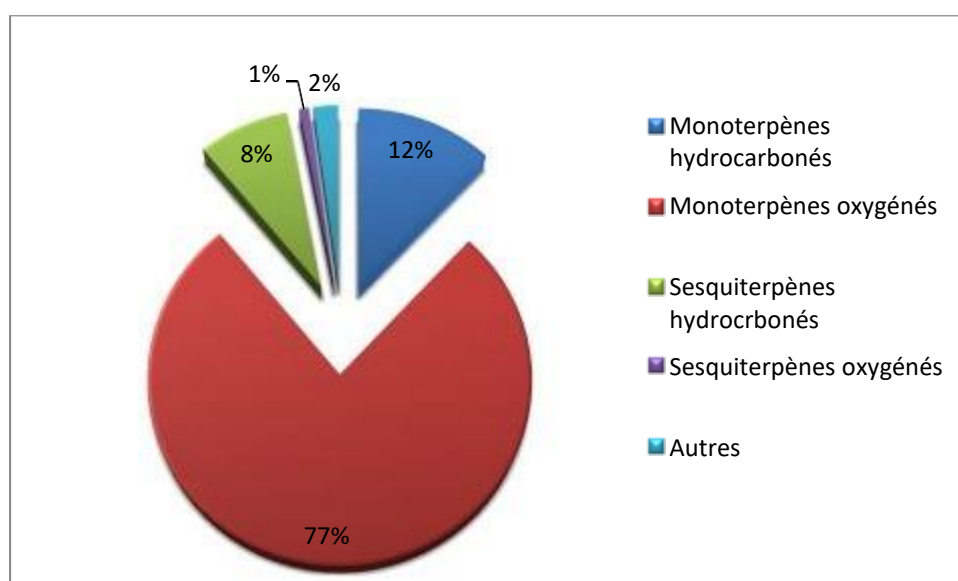


Figure 23: Classes chimiques de l'huile essentielle de *Thymus sp.*

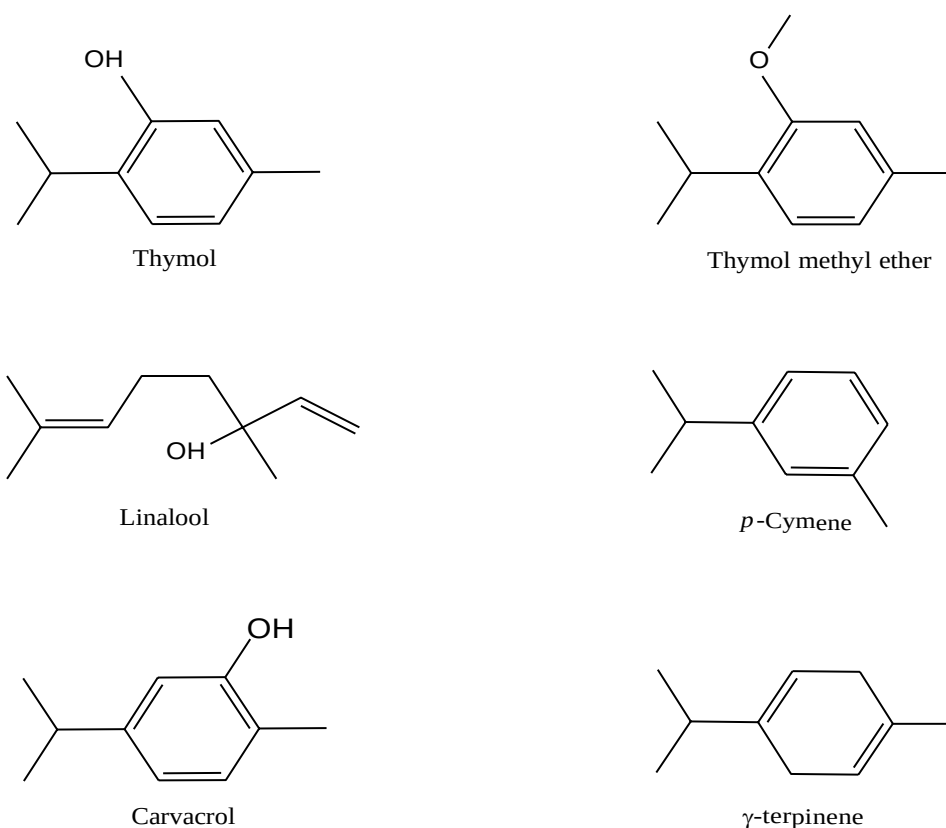


Figure 24: Structures des composés majoritaires de l'huile essentielle de *Thymus sp.*

L'étude de la composition chimique des HEs de *Thymus sp.* a fait l'objet de nombreux travaux précédents d'après plusieurs auteurs. Selon **Saidj et al., (2008)**, l'analyse de la composition chimique de l'HE obtenu à partir des feuilles sèches de *T. numidicus* récoltées à Yakouren (Algérie) a permis d'identifier 14 composants pour l'HE extraite par la distillation à la vapeur d'eau et 19 composés obtenus par hydrodistillation. Par ailleurs ces deux HEs sont représentées par le thymol (51 et 70,2 %), le carvacrol (9,4 et 7,4 %), le linalol (3,3 et 4,3 %), le thymol-méthyl-éther (3,2 et 5,9 %), l'iso-caryophyllène (2,7 et 2,3 %) et le caryophyllène-oxyde (1,8 et 1,1 %). **Kabouche et al., (2005)** montrent que l'HE obtenue à partir de l'hydrodistillation des parties aériennes sèches de *T. numidicus* récoltées à Djebel El-Ouahch (Constantine, Nord-Est Algérien), et analysée par GC/MS a permis d'identifier 40 composés représentant 99,7 % de sa composition chimique. Les monoterpènes dominent avec le thymol (68,2 %), le carvacrol (16,9 %) et le linalol (11,5 %). Globalement, les variations en composition chimique des HEs d'une même espèce pourraient être dues aux conditions environnementales et climatologiques d'une part, et la période de cueillette de la plante d'autre part (**Messara et al., 2017**).

3. Teneurs en phénols totaux et flavonoïdes

L'étude quantitative de l'extrait éthanolique par des méthodes colorimétriques avait pour objectif la détermination de la teneur des phénols totaux (PT) et des flavonoïdes. Deux droites d'étalonnages ont été tracées avec des solutions d'étalons à différentes concentrations. Les quantités des PT et des flavonoïdes correspondantes ont été rapportées en microgramme d'équivalents de l'étalon utilisé par milligramme d'extrait ($\mu\text{g EE/mg d'extrait}$) et déterminés par l'équation de type : $y = a x + b$.

Le composé de référence utilisé pour l'établissement de la courbe d'étalonnage des PT est l'acide gallique (AG) dont l'équation ($y = 00.062x - 0.019$). Les résultats sont exprimés en microgramme équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait ($\mu\text{g EAG/mg d'extrait}$). La courbe d'étalonnage est établie avec un coefficient de régression linéaire $R^2 = 0,98$ changer.

La courbe d'étalonnage des flavonoïdes a été établie en se référant à la quercétine dont l'équation de type linéaire ($y = 0.044x - 0.0976$) avec un coefficient de régression linéaire : $R^2 = 0,99$. Les résultats obtenus sont exprimés en μg équivalent de la quercétine par milligramme d'extrait ($\mu\text{g EQ/mg d'extrait}$).

Le tableau (2) montre les résultats des phénols totaux et des Flavonoïdes dans les feuilles de *Thymus sp.* En fonction de l'acide gallique, et la quercétine, notre extrait a présenté une teneur en PT de $215.24 \pm 2.43 \mu\text{g EQ/mg d'extrait}$ alors que la teneur en Flavonoïdes est de $68.83 \pm 2.23 \mu\text{g EQ/mg d'extrait}$.

Tableau 07: Teneurs en PT et en Flavonoïdes des feuilles de *Thymus sp.*

Plante	Rendement %	Teneur en PT ^(a)	Teneur en Flavonoïdes ^(b)
Extrait éthanolique	2.36	215.24 ± 2.43	68.83 ± 2.23

(a) μg d'équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait.

(b) μg d'équivalent de quercétine par milligramme d'extrait.

- Les valeurs représentent la moyenne de 3 mesures $\pm$ écart type.

D'après les résultats obtenus, l'extrait éthanolique de *Thymus sp.* présente une teneur élevée en polyphénols, cette teneur est supérieure à celle trouvée par l'étude effectuée par **Zeghib (2013)**, qui confirme une teneur faible en polyphénols de l'extrait méthanolique et aqueux, respectivement ($16,7 \pm 0,52$, $16,7 \pm 0,07$ mg C Eq/g), Tandis que les résultats de **(Zaïbet et Hamla. 2019)** sont supérieurs à nos résultats avec des teneurs qui ont été estimées à $497,75 \pm 45,60$ mg C Eq/g.

Au vu des résultats obtenus du dosage des flavonoïdes, l'extrait éthanolique de *Thymus sp.* montre une teneur considérable en flavonoïdes, mais ces résultats restent faibles comparativement avec ceux de **(Thoraya, 2018)** qui a montré une teneur plus élevée en flavonoïdes de l'extrait méthanolique, éthanolique et aqueux respectivement ($130,26 \pm 1,08$; $100,83 \pm 1,03$; $10,6 \pm 1,00$ mg Eq Qu/g MVS). **(Loucif et Kouloughli, 2022)**, atteignent une valeur inférieure d'extraits hydroéthanolique et aqueux à notre valeur qui varie entre $2,96 \pm 0,08$ et $5,71 \pm 0,08$ µgEQ/mg.

La variabilité de la teneur des composés phénoliques et dans flavonoïdes est peut-être liée à la nature du matériel végétal investigué, les conditions, le temps du stockage et la présence des substances d'interférences telles que les cires, lipides et chlorophylle **(Loucif et Kouloughli, 2022)**.

4. Activité antioxydant de *Thymus sp.*

L'activité antioxydant de l'huile essentielle et l'extrait éthanolique de *Thymus sp.* est évaluée par le test de DPPH et les résultats obtenus sont présentés dans le tableau (3).

Les résultats montrent que le pourcentage d'inhibition augmente avec l'augmentation de la concentration. L'extrait éthanolique présente à des concentrations élevées ($6,25$ - 200 µg/mL) des pourcentages d'inhibition ($3,9 \pm 0,1$ – $49,3 \pm 0,3$) respectivement.

L'extrait éthanolique de la plante *Thymus sp.* montre un pouvoir de piégeage du radical DPPH ($IC_{50} = 220,6 \pm 0,4$) plus élevé par rapport à l'huile essentielle ($IC_{50} = 314,2 \pm 4,4$)

Tableau 08 : IC₅₀ et pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH par l'extrais éthanolique et huile essentielle de *Thymus sp.*.

	% Inhibition du DPPH							
Con (µg/mL)	6.25	12.5	25	50	100	200	400	CI ₅₀
E. EH	3,9±0,1	8,1±0,7	15,8±0,3	28,9±0,1	39,2±0,1	49,3±0,3	/	220.6±0.4
H.E	/	/	/	10,8±0,2	18,9±0,1	37,7±0,1	55,8±0,3	314,2±4,4
BHA	54,3±1,5	76,6±1,6	84,9±0,3	87,5±0,8	87,7±0,1	88,4±0,2	/	5.7±0.4

Nos résultats ont démontré que les extraits de *Thymus sp.* avaient une activité antioxydante significative avec le test utilisé. Nos résultats sont conformes à une étude précédente sur *T. numidicus* (**Benayache et al. 2014**), une activité antioxydante modérée pour l'extrait Butanolique de *T. numidicus* collecté en Algérie utilisant le test DPPH, avec à des concentrations élevée (100-150 µg /mL), montre des pourcentages d'inhibition respectivement (79.23±0.28%;79.49±0,42%, au terme de concentration inhibitrice de 50% des radicaux (IC₅₀), l'extrait Butanolique de *T. numidicus* avait une IC₅₀ égale a 35.08±35.08µg/ml, Ces résultats sont puissants par rapport à nos résultats.

Selon **Ben El Hadj Ali et al. (2014)** qui ont prouvé que les grandes teneurs en polyphénols dans les extraits méthanolique, de l'acétate d'éthyle et de l'éther de pétrole des feuilles de *T. numidicus* de Tunisie sont responsables de leur grande capacité antioxydante avec respectivement des IC₅₀ de 11,06 ; 23,51 et 47,31 µg/mL. Les valeurs rapportées étaient plus élevées que les valeurs rapportées dans la présente étude. Cependant, les résultats obtenus par **Ismaili et al.(2004)** ont montré que l'extrait de dichlorométhane de *T. satureioides* n'a présenté aucune activité antioxydante.

Un faible potentiel antioxydant a été enregistré pour l'huile essentielle étudiée avec 314,2±4,4, ce résultat est en accord avec plusieurs études similaires menées sur plusieurs espèces : *T. lotocephalus* (32.08 ± 1.56%), *T. capitatus* (21.1 ± 2.7%) et *T. algeriensis* (6.3 ± 0.3%) **Hazzit et al.(2009)** . Il est connu que l'huile essentielle des espèces appartenant au genre *Thymus* sont riches en monoterpènes phénoliques tels que le thymol et le carvacrol et la présence du carvacrol à un grand pourcentage dans la composition de l'huile essentielle conduit à une inhibition modérée du radical libre DPPH.

5. Effet insecticide d'huile essentielle et l'extrait éthanolique contre *T. castanum* et *P. interpenctulla* après 24h.

Le tableau et les graphique ci-dessous illustrent le taux de mortalité et les DL_{50} des larves de *P. interpenctulla*, des adultes et des larves de *Tribolium castanum* après mise en contact avec l'huile essentielle et l'extrait de *Thymus sp.* a différentes concentration après 24h. Notre observation nous montre que la mortalité évolue en rapport avec la concentration de la solution.

En effet l'huile essentielle et l'extrait éthanolique de *Thymus sp.* présentent un effet larvicide intéressant contre les larves de *P. interpenctulla* avec un taux de mortalité 60% à 200 μ g/mL et $DL_{50} = 110.65 \pm 0.15$ pour HE et 80% à 400 μ g/mL et $DL_{50} = 251.25 \pm 0.30$ pour E.EH.

Cependant, l'huile essentielle et l'extrait éthanolique de *Thymus sp.* montrent un effet larvicide très important contre les larves de *Tribolium castanum* avec un taux de mortalité 100% à 200 μ g / mL et $DL_{50} = 85.91 \pm 0.30$ pour HE et 100% à 400 μ g/ mL et $DL_{50} = 150.25 \pm 0.20$ pour E.EH.

Par contre, l'huile essentielle et l'extrait éthanolique présentent un effet larvicide faible contre les adultes de *Tribolium castanum* avec un taux de mortalité 70% à 200 μ g / mL et $DL_{50} = 149.93 \pm 0.13$ pour HE et 25% à 400 μ g/ mL et $DL_{50} = 816.66 \pm 0.25$ pour E.EH.

Tableau 09 : Effet insecticide d'huile essentielle et l'extrait éthanolique de *Thymus sp.* contre *T. castanum* et *P. interpenctulla*.

Extraits	Insectes	Concentration (µg/mL)	Mortalité %	DL ₅₀ (µg/mL)
Huile essentielle	Les larves de <i>P. interpenctulla</i>	25	5	110.65±0.15
		50	20	
		100	40	
		200	60	
	Les larves de <i>T. castanum</i>	25	13	85.91±0.30
		50	26	
		100	93	
		200	100	
	Les adultes de <i>T. castanum</i>	25	3	149.93±0.13
		50	10	
		100	30	
		200	70	
Extrait éthanolique	Les larves de <i>P. interpenctulla</i>	50	9	251.25±0.30
		100	20	
		200	40	
		400	80	
	Les larves de <i>T. castanum</i>	50	43	150.25±0.20
		100	73	
		200	93	
		400	100	
	Les adultes de <i>T. castanum</i>	50	2	816.66±0.25
		100	10	
		200	12	
		400	25	

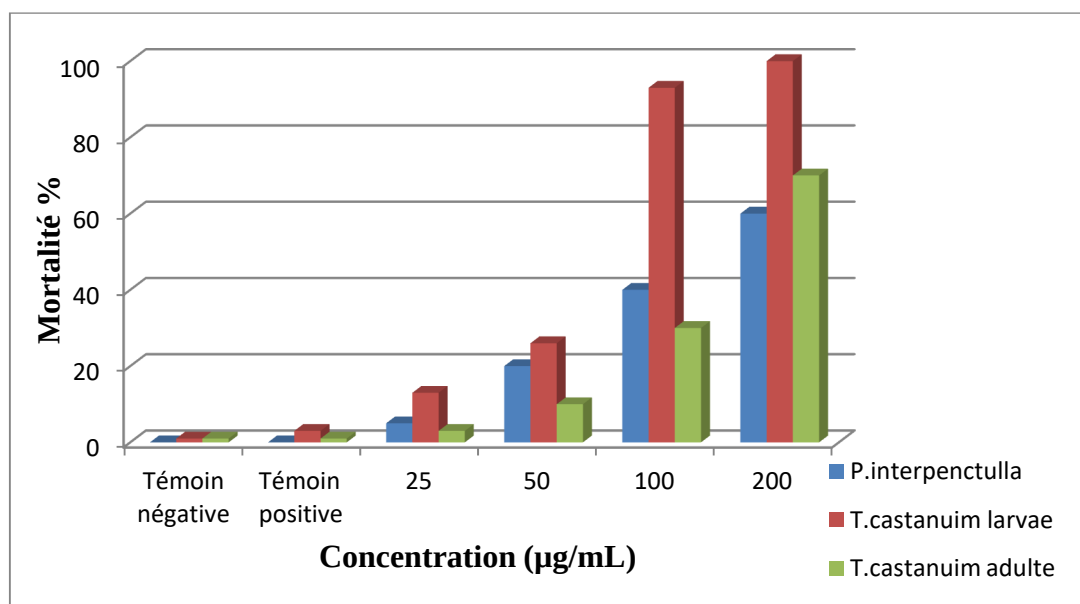


Figure 25 : Effet insecticide d'huile essentielle de *Thymus sp.* contre *T. castanum* et *P. interpenctulla*.

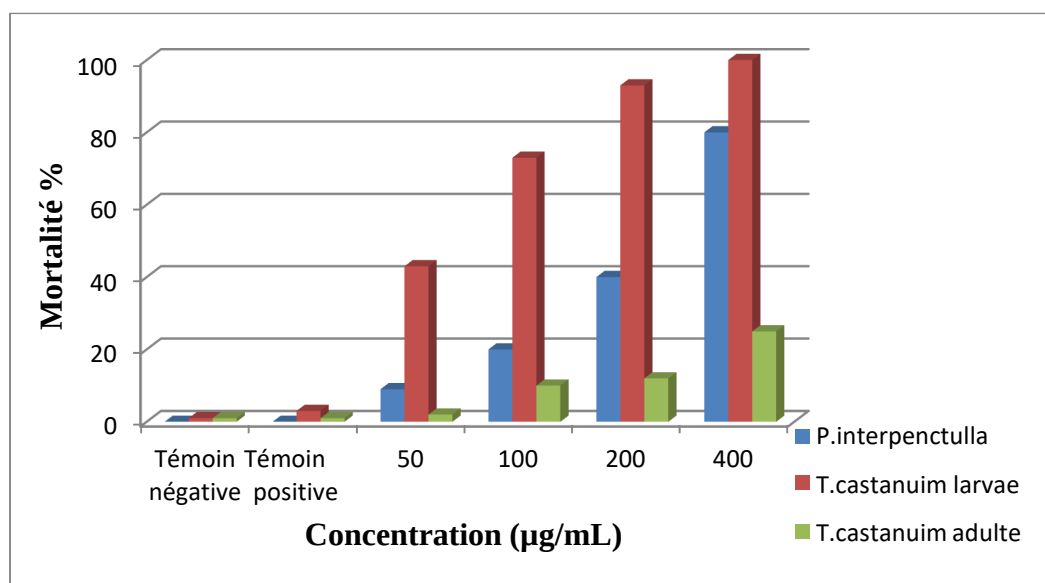


Figure 26: Effet insecticide de l'extrait éthanolique de *Thymus sp.* contre *T. castanum* et *P. interpenctulla*.

Les plantes aromatiques médicinales sont considérées, d'après leurs constituants en huiles essentielles, comme bioinsecticides contre une variété d'insectes et ravageurs des stocks. De nombreux travaux scientifiques publiés dans la littérature ont mis en évidence leur effets contre les insectes des stocks (**Ketho et al., 2004**). Les travaux bibliographiques ont démontrés l'efficacité insecticide des HE par contact, ingestion et fumigation contre les déprédateurs des denrées entreposées dans plusieurs études.

En effet, les résultats obtenus au cours de cette étude sont parfaitement en accord avec ceux réalisés par plusieurs auteurs qui ont étudié le potentiel insecticide des extraits de plusieurs plantes appartenant à la famille des Lamiaceae. Ils ont précisé aussi que la mortalité croît avec l'augmentation de la concentration et de la durée d'exposition aussi (**Thoraya, 2018**).

Dans ce sens, **Aissou et Bendou (2020)** avaient testé l'effet toxique de l'huile essentielle de *Thymus numidicus* sur *Tribolium confusum* provoqué 93% de mortalité, dont $IC_{50} = 87 \mu\text{g/ml}$. **Tunc et al. (2000)** ont affirmé l'efficacité des huiles d'origan et du romarin et d'eucalyptus qui réduisent la longévité de *T. confusum* et provoquent une mortalité variant de 77% à 89 % après 96 heures d'exposition.

Selon **Karahacane (2015)**, les mortalités de *Tribolium castaneum* sont manifestées par l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* dès le premier jour avec une mortalité de 16.66% chez les adultes et 13,33% chez les larves à la dose la plus forte pour atteindre 53.33% des adultes et 23,33% des larves au troisième jour avec $DL_{50} = 27,60 \mu\text{L}$ chez les adultes et $DL_{50} = 46,75 \mu\text{L}$ chez les larves, l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* a été montrée plus toxique sur les adultes de *Tribolium castaneum*.

Belaifa et Sdaoui (2018) montrent que L'HE de *Thymus pallexens* a également constaté très efficace contre *T. confusum*. Le taux plus élevé de mortalité est 66,67% à concentration 100ul avec $LD_{50} = 69,50 \mu\text{L}$, après 96h de traitement. Nous avons obtenu un meilleur pourcentage en augmentant la concentration après 24h. Pendant **Thoraya (2018)** qui testé l'activité insecticide de *Thymus numidicus* sur les larves de *T. absoluta*, a montré une faible activité insecticide en comparaison avec nos résultat avec une mortalités de 100% à concentration 10 mg/ml de l'extrait éthanolique avec $DL_{50} = 1,53\text{mg/ml}$ après 24h d'exposition.

Cette activité insecticide est attribuée à la richesse de ces extraits en métabolites secondaires tels que les polyphénols et les terpènes aussi, qui sont légèrement solubles dans les solvants apolaires et très solubles dans les solvants polaires.

6. Analyse sensorielle de la galette algérienne

La consommation modérée de thym dans l'alimentation est considérée comme sûre pour la plupart des gens (**Ben El Hadj Ali et al., 2014**). Nos résultats d'étude sur l'analyse sensorielle de la galette traditionnelle algérienne (Kessra) supplémenté avec du *Thymus sp.*

utilisé comme larvicide dans la semoule de blé pour lutter contre les insectes des denrées stockées sont présentés en graphique radar (**Figure 11**).

En termes de qualité sensorielle, les participants ont noté une différence significative entre la galette traditionnelle algérienne seul et la galette supplémentée en *Thymus sp.*, notamment en ce qui concerne la saveur ($3,79 \pm 1,31$ et $3,81 \pm 1,24$) l'arôme ($2,98 \pm 0,71$ et $2,99 \pm 0,74$) et la texture ($3,69 \pm 1,01$ et $3,78 \pm 0,84$) pour la galette seul et supplémenté en extrait éthanolique de *Thymus sp.* respectivement.

En ce qui concerne l'acceptabilité de la galette, les participants ont noté que l'extrait éthanolique (E.ETH) de *Thymus sp.* améliore le gout de la galette plus que l'huile essentielle (HE) ($4,15 \pm 0,72$ et $3,95 \pm 0,85$) respectivement.

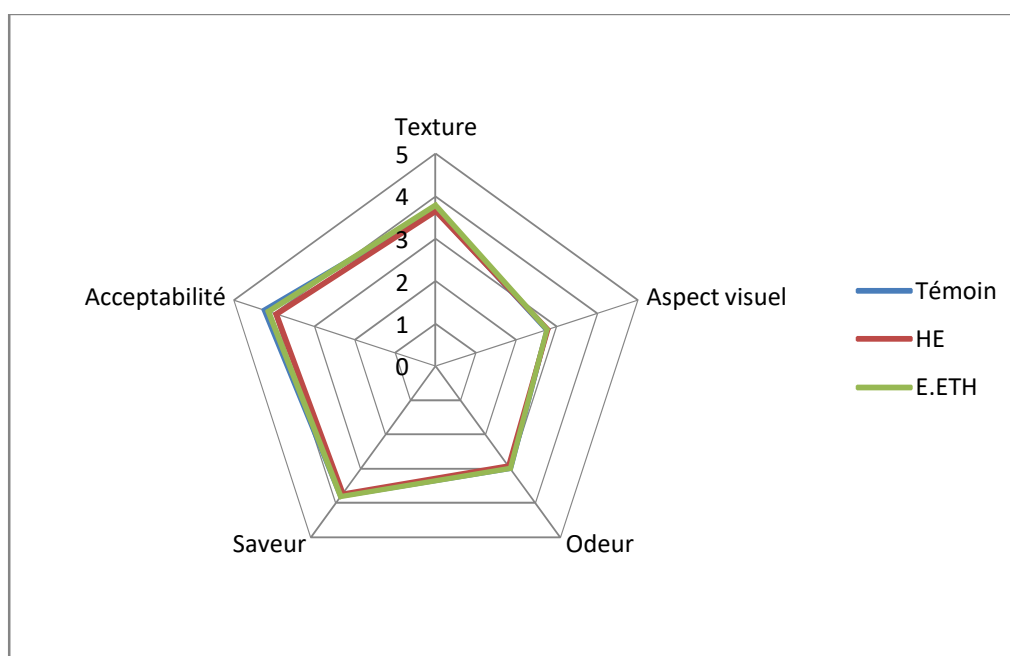


Figure 27 : Caractéristiques sensorielles de la galette seul et supplémenté en extrait éthanolique et huile essentielle de *Thymus sp.*

Les résultats de cette étude sont encourageants, car ils suggèrent que l'ajout de *Thymus sp.* au la galette traditionnelle algérienne peut améliorer sa qualité sensorielle, tout en offrant des avantages significatifs pour la conservation des aliments.

Les participants ont noté que l'extrait éthanolique de *Thymus sp.* améliore la saveur et l'odeur. Cette amélioration peut être attribuée aux propriétés aromatiques et gustatives du

Thymus sp., qui a un goût caractéristique et une odeur agréable (**Ben El Hadj Ali et al., 2014**).

Plusieurs études concernées à évaluer la qualité sensorielle des aliments comme le pain traditionnel supplémentés en extraits des plantes (**Gassenmeier et Schieberle, 1995 ; Wang et al., 2007 ; Arise et al., 2021**). Les résultats de cette étude peuvent aider à promouvoir l'utilisation de méthodes de conservation naturelles pour réduire les risques pour la santé et l'environnement, et peuvent servir de base pour de futures recherches dans ce domaine.

Conclusion

Conclusion

Notre étude vise à contribuer à la recherche sur les bioinsecticides d'origine végétale et à explorer les propriétés insecticides et conservatrices du *Thymus sp.* dans le contexte spécifique des denrées stockées.

D'après nos résultats, nous pouvons déduire que les extraits testés ont une efficacité relativement intéressante et ce à l'égard des deux ravageurs étudiés. Les résultats de cette étude pourraient ouvrir de nouvelles perspectives pour le développement de stratégies durables de protection des denrées alimentaires et de conservation des produits, réduisant ainsi la dépendance aux insecticides chimiques et améliorant la qualité des produits stockés.

Nos résultats montrent que l'extrait ethanologique est riche en polyphénols et flavonoïdes ainsi qu'une variation de la composition chimique de l'huile essentielle extraite de *Thymus sp.* dont le thymol et le carvacrol sont des composés majoritaires. En ce qui concerne la capacité antioxydante des extraits de *Thymus sp.*, les résultats enregistrés indiquent que, l'extrait ethanologique possède un effet antioxydant important et plus élevé que celui de l'huile essentielle.

Les résultats de l'analyse sensorielle suggèrent que l'ajout de *Thymus sp.* au pain traditionnel algérien peut améliorer sa qualité sensorielle tout en offrant des avantages significatifs pour la conservation des aliments. Les résultats de cette étude peuvent aider à promouvoir l'utilisation de méthodes de conservation naturelles pour réduire les risques pour la santé et l'environnement, et peuvent servir de base pour de futures recherches dans ce domaine.

Perspectives :

En perspectives il serait intéressant d'exploiter le *Thymus sp.* pour :

- Son activité insecticide à plus grande échelle dans le cadre de la protection des stocks alimentaires sans utiliser des pesticides de synthèse.
- Identifier les molécules responsables de cette activité insecticide et leur impact environnemental.
- Evaluer son potentiel insecticide contre d'autres espèces des ravageurs.
- Définir son mode d'action, c'est-à-dire la manière dont il affecte les insectes cibles au niveau biologique.

Références

Références

- Abed S; Messaadia B. et Djessas M. 2021.** Etude des propriétés physicochimiques et biologiques de *Thymus vulgaris* Mémoire de master.Université des Frères Mentouri Constantine Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie.p11.
- Abubakar B.M. 2015.** Suivi du developpement larvaire de *tribolium castaneum*– coleopteres tenebrionidae (ver rouge de la farine) dans les farines de ble, de maïs et de riz.universite d'antanarivo.mémoir approfondies.p14.
- Aissaoui F. 2022.** Biologie et lutte contre trois pyrales des denrées stockées.Thèse doctorat.p21, 22.
- Aissou N.H. et Bendou N. 2021.** Evaluation de l'activité insecticide et fongicide des extraits deThym (*Thymus numidicus* Poiret.) vis-à-vis des insectes et des agents contaminants de la semoule en cours de la conservation.Mémoire de Master.Université Saad Dahleb.p39,41.
- Balachowsky A.S. 1971.** Sur un nouveau genre de *Coccoidea* diaspidinae du sud de Madagascar. Bulletin de la société entomologique de France, 76 (3), 102-106.
- Balachowsky A.S. 1966.** Entomologie appliquée à l'agriculture. Volume 2, Edition Masson-Paris.p1-3.
- Belaiath A. 2022.**Bioactivité de deux extraits de plantes spontanées sur un ravageur de denrées stockées.mémoire de Science de la Nature et de la Vie Université Mohamed Khider de Biskra.p14,22,23.
- Belaifa Ch. et Sdaoui H. 2018.**Etude de l'activité insecticide des huiles essentielles de *Thymus pallescens* (de Noé.) et *Cymbopogon citratus* (Stapf.) contre deux coléoptères de produits entreposés *Sitophilus zeamais* (Motschulsky.) et *Tribolium confusum* (Duval). mémoire de master.Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.p31,35.
- Ben El Hadj Ali.I, Bahri R; Chaouachi M; Boussaïd M. et Harzallah-Skhiri F., 2014.** Phenolic content, antioxidant and allelopathic activities of variousextracts of *Thymus numidicus* Poir. Organs. Industrial Crops and Products 62 (2014) 188–195.
- Bencheikh A. 2021.** Effet de l'inhalation des huiles essentielles des deux plantes (Rutacée et Lamiacée) sur *Tribolium castaneum*(Coleoptera, Tenebrionidae). Mémoire de master.UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA.p24,27.

Références

- Benlameur Z. 2016.** Les ravageurs des denrées stockées et leur impact sur la santé humaine.thèse doctorat.ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE EL-HARRACH ALGER,p22.
- Bouchekkif H. 2017.**Evaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles et des extraits aqueux formulés de lentisque à l'égard des larves de celex. Mémoire de master université de Blida 1,p12.
- Boukhalfa H. et Rouabah I. 2020.**L'utilisation des huiles essentielles dans la lutte contre les insectes des denrées stockées (Recherche bibliographique). mémoire de master.p8,9.
- Bousnoubra D. et Barouk F. 2022.**Potentialité insecticide de deux huiles essentielles à l'égard de deux ravageurs de denrées stokes, aspect toxicologique p9.
- Copping LG. and Menn JJ. 2000.** Biopesticides: a review of theiraction,applications and efficacy. Pest Manag Sci 56:651–676.
- Cruz J.F., Tronde F., Griffon D. et Heber J. P., 1988.** Conservation des grains en région chaudes « techniques rurale en Afrique, 2ed, Ministère de la coopération et du développement, Paris, 545 p.
- Djannat L. et Asma K. 2022.** Etude comparative du contenu en composés phénoliques chez quelques plantes médicinales.Mémoire de master.Centre Universitaire Abdelhafid BOUSSOUF-Mila.p43,46.
- Djedid A. 2022.** larvicide des huiles essentielles de Pinus halepensis et Lavandula stoechas sur la pyrale Plodia interpunctella (Lepidoptera: Pyralidae). Mémoire de master.Université Aboubekr belkaid – tlemcen.ptlemcen.p4.
- Fanny L. 2013.**Étude des effets liés à l'exposition aux insecticides chez un insecte modèle, drosophila melanogaster. Thèse de doctorat université d'Orléans.p5.
- Farid A.K; Rachid B; Ahmed T; Ibrahim D; Amina M. et Latifa Kh; 2021.** Thymus numidicus: phenolic constituents, antibacterial, and antioxidant activities of butanolic extract.19 (2021): 67–72.
- Georg G.2017.** Petite manuel d'identification des principaux ravageurs des denrées stockées en afrique de l'ouest.p.10.

Références

- Haddou M. 2022.**Activité larvicide des huiles essentielles du citron et de la menthe poivrée sur la pyrale *Plodia interpunctella* (Lepidoptera : Pyralidae). Mémoire de Master.Université ABOUBEKR BELKAID–TLEMCEM.p3, 5,11.
- Haines C.P. 1991.** Insects and arachnids of tropical stored products : their biology and identification (a training manual).
- Hamidouche S. 2021.**Activité de deux huiles essentielles sur un insecte ravageur des denrées stockées : *Tribolium confusum* (Coleoptera ;Tenebrionidae) . Mémoire de master. Université mouloud mammeri de tizi ousou. p15.
- Hessas T. et Simoud S. 2018.** Contribution à l'étude de la composition chimique et à l'évaluation de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *Thymus* sp. Mémoire de master. Université Mouloud MAMMERI. p41.
- Hazzit .M , Baaliouamer .A ,Verissimo .A , Faleiro M et Miguel M.G 2009 .** chemical composition and biological activities of algerian tymus oils food chemistry , 116 (3) :714-721
- Yadav I.C. et N.L. Devi. 2017.** Pesticides classification and its impact on Human and environment environ.sci &engg.vol 6 : Toxicology p.140-158.
- Karahacane T. 2015.** Activité insecticide des extraits de quelques plantes cultivées et spontanées sur les insectes du blé en post récolte.thèse doctorat.Ecole Nationale Supérieure Agronomique.p64,68.
- Koroghli k. 2017.**Activité insecticide des huiles essentielles de romarin (*Rosmarinus officinalis* L.) et de le menth poivrée (*Mentha piperita* L.) à l'égard des adultes du petit capucin des grains de blé *Rhyzopertha dominica* F. (coleoptera : Bostrychidae) .Mémoire de master université mouloud mammerri de tizi ousou .p.14,15,16.
- Lerant P. 2015.** Les insectes : Histoires insolites. Versailles : Quae.
- Megha M. Akashe et al /** Int. J. Res. Ayurveda Pharm. 9 (4), 2018.
- Mekacheret R. et Ismiguana S.2017.** Etude comparative de deux bioinsecticides et un insecticide commercial vis –à –vis de *Bruchus rufimanus* (Coleoptéra : Bruchidae) .mémoire de master université mouloud mammerri de tizi ousou .p 17.
- Messabih S. 2022.** Activités larvicide des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* et *Syzygium aromaticus* sur la pyrale *Plodia interpunctella* (lepidoptera : pyralidae). Mémoire de master.Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMCEM.p27.

Références

Aissou N.H. et Bendou N. 2021. Evaluation de l'activité insecticide et fongicide des extraits de Thym (*Thymus numidicus* Poiret.) vis-à-vis des insectes et des agents contaminants de la semoule en cours de la conservation. Mémoire de master. Université Saad Dahleb.P9.

Madene N. 2014.Activité biologique de trois extraits végétaux et d'un insecticide sur *Sitophilus oryzae* (Coleoptera : Curculionidae) et *Tribolium castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidae). Mémoire de magistère.Ecole Nationale Supérieure Agronomique EL-HARRACH-ALGER.p12.

Naturelle insecticides, Todd Murray, Catherine Daniels, 2013,8p.

Ncibi S. 2020. Potentiel bioinsecticide des huiles essentielles sur deux ravageurs des céréales stockées *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792) et *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) et Identification de leurs ennemis naturels.Thèse doctorat.institut national agronomique de tunisie.p22,28.

Noual N.H. et MADI D. 2018.Etude de l'activité antimicrobienne et antioxydante de l'huile essentielle du *thymus numidicus*. Mémoire de master. Université akli mohand oulhadj – bouira.p7, 8.

Petko Ivanov P. 2010.Étude des procédés d'extraction et de purification de produits bioactifs à partir de plantes par couplage de techniques séparatives à basses et hautes pressions. Thèse de doctorat. UNIVERSITÉ DE TOULOUSE. p51,52.

Ben nasr R. 2021. Investigation phytochimique, évaluation des activités larvicide et anti-acétylcholinestérase de différents extraits de *Mercurialis annua* L.Thèse de doctorat.UNIVERSITE DE LORRAINE (FRANCE) ET UNIVERSITE DE CARTHAGE (TUNISIE).p26.

Riyaz M. 2022. Taxonomic Description, Distribution, and Control Measures of *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813) in Kashmir Valley, India. Entomol Appl Sci Lett. 2022 ; 9(2) :48-55. <https://doi.org/10.51847/DxBYSsijQU>.

Safi N. 2020.Comportement insecticide des huiles essentielles des plantes aromatiques sur *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). Mémoire de master.Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.p4,6.

Références

Djeddi S; Yannakopoulou E; Papadopoulos K. et Helen Skaltsa H; 2015. Activités anti-radicalaires de l'huile essentielle et des extraits bruts de *Thymus numidicus* Poiret, Algérie. 11 (2) (2015) 58 - 65.

Schmutterer H. 1990. Properties and Potential of Natural Pesticides from the Neem Tree, *Azadirachta indica*. *Annual Review of Entomology* 35: 271-297

Thoraya D. 2018. Caractérisation physico-chimique et évaluation des effets biologiques des extraits végétaux de *daucus carota* L. Et de *thymus numidicus* poiret récoltés au nord algérien. thèse doctorat. université saad dahleb de blida 1. p145.

Tirakmet S. 2015. Étude comparative entre l'activité insecticide des huiles essentielles extraites à partir de deux espèces de la famille des Astéracées récoltées dans la région de Makouda et l'activité insecticide d'un pesticide organique de synthèse sur le ravageur secondaire du blé tendre stocké *Tribolium castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidea). Mémoire de master. Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou .p15,16.

Zaïbet A. et Hamla I. 2019. Etude phytochimique et biologique de L'espèce *Thymus numidicus*. Mémoire de master. Université des Frères Mentouri Constantine 1 Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. p34.

Zaïbet A. et Hamla I. 2019. Etude phytochimique et biologique de L'espèce *Thymus numidicus* Poiret. Mémoire de master. Université des Frères Mentouri Constantine 1 p8,10.

Zeghib A. 2013. Etude phytochimique et activités antioxydante, antiproliférative, antibactérienne et antivirale d'extraits et d'huiles essentielles de quatre espèces endémiques du genre *Thymus*. Thèse de doctorat. UNIVERSITE DE CONSTANTINE 1. p153.

Annexes

Annexe I: Fiche d'évaluation de la qualité sensorielle de la galette algérienne.

Critère évalué	Echelle de notation	Témoin	Echantillon
Texture	1. Mou		
	2. ferme		
	3. Croûte croustillante		
	4. Croûte molle		
	5. Miette dense		
	6. Miette aérée		
Aspect visuel	1. Couleur de la croûte pâle		
	2. Couleur de la croûte foncée		
	3. La couleur de la croûte inégale		
	4. La couleur de la croûte uniforme		
Odeur	1. Brulé		
	2. Agréable		
	3. Bonne		
	4. Intense et excellent		
Saveur	1. Salé		
	2. Arôme de levure de pain		
	3. sucré		
	4. Doux		
	5. léger		
Acceptabilité	1. très inacceptable		
	2. Inacceptable		
	3. Normale		
	4. Acceptable		
	5. Très acceptable		

Annexe II: Les travaux scientifiques

Communication national:

Mouna Menakh , Saber Boutellaa , Bouchra Lallali, Amina Benmoubarek , Wissal Ancer. Larvicidal effects of *Thymus numidicus* essential oil against *Plodia interpunctella*, serious pests of stored products worldwide. Le 2eme Séminaire National sur Etat des lieux, conservation et possibilités de valorisation des ressources biologiques en Algérie (SNECPVRBA'23), 12-13 Avril 2023.



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf Mila
Département des Sciences de la Nature et de la Vie
Laboratoire des Sciences Naturelles et Matériaux

Organisent le 2^{ème} Séminaire National en ligne sur
**Etat des lieux, conservation et possibilités de valorisation des ressources
biologiques en Algérie (SNECPVRBA'23)**
12-13 Avril 2023

Attestation de Participation

La présidente du séminaire national atteste que : **MOUNA MENAKH**
A présenté une communication e-Poster intitulée :

**Larvicidal effects of *Thymus numidicus* essential oil against *Plodia interpunctella*, serious pests
of stored products worldwide**

Co-auteurs : **SABER BOUTELLAA, BOUCHRA LALLALI, AMINA BENMOUBAREK ET
WISSAL ANGER**

Présidente du Séminaire
Dr. BELATTAR HAKIMA
Présidente du Séminaire
SNECPVRBA, 23

Directeur du laboratoire