

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique Et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة سعيدة الدكتور مولاي الطاهر
Université de Saida Moulay Tahar



كلية علوم الطبيعة والحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

N° d'ordre

قسم البيولوجيا

Département de Biologie
Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master
En Sciences biologiques
Spécialité : Microbiologie Appliquée

Thème

**Contribution à l'étude de l'effet insecticide de l'extrait de la plante
Thymus vulgaris sur l'insecte ravageur de blé « *Tribolium confusum* »**

Présenté par :

- Mlle. MORSLI Siham
- Mlle. FARAHI Souhila

Soutenu le : 27 Juin 2024

Président	Mr. BELHADI Abdelkader	Pr Université de Saida Dr. Moulay Tahar
Examineur	Mr. LOTH Mustafa	MAA Université de Saida Dr Moulay Tahar
Examinatrice	Melle SARMOUM Radhia	MAB Université de Saida Dr Moulay Tahar
Rapporteur	Mr. KEFIFA Abdelkrim	MCA Université de Saida Dr. Moulay Tahar
Co-rapporteur	Me. AMMOUR Fatima	Docteur Vétérinaire

Année universitaire 2023-2024

Dédicaces

A mon père « **Mahmoud** » que **DIEU** ait pitié de lui, celui qui je mets toujours sa photo dans mon sac et la regarde pour me donner l'effort chaque fois que j'échoue.

Et à ma chère mère « **Nabila** » qui a insufflé dans mon cœur tout ce qui est beau.

A mon premier supporter, mon motivateur dans la vie et mon deuxième papa le meilleur frère du monde « **Mohamed** » que **DIEU** le protège pour moi.

A la source de ma force mes frères et mes chères sœurs « **khaira** » « **fatima** » « **nawel** » et leurs enfants sans oublier mon petit ange « **Hamza** »

A mes chères amies « **Manar** » « **Nabila** » « **shimou** » « **Hadjer** » et tous mes collègues et mes professeurs de tous les moyens scolaires et à tous ceux qui m'ont soutenu et souhaité du succès de près ou de loin ; **je vous dédie ce travail.**

Souhila Farahi

Je dédie ce mémoire à :

Mes chers parents : **Abderrahmene et Fatiha**

Tous les mots ne sauraient exprimer l'immense amour que je vous porte, ni la profonde gratitude que je vous témoigne pour tous les efforts et les sacrifices que vous avez consentis pour mon instruction et mon bien-être. Merci de m'avoir tant donné sans attendre à recevoir. Puisse Dieu m'aider pour rendre un peu soit-il de ce que vous m'avez donné.

A mes chers frères : YASSINE, AMARA, MOUNIR et ma petite sœur : ASMAA
Que dieu vous prête une bonne santé et une longue vie

A Mes amies : AMIRA, FAIZA, HIND ET KHOULOUDE et aux étudiants de ma promotion Sans oublier tout les professeurs qui soit de primaire, du moyen, du secondaire ou de L'enseignement supérieur.

Siham MORSLI

Remerciements

En tout premier lieu, on remercie le bon Dieu, tout puissant, de nous avoir donné la force, la santé et la volanté d'entamer et de terminer ce travail, ainsi que l'audace pour dépasser toutes les difficultés.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de **Mr Kefifa Abdelkrim** et **Mlle Ammour Fatima**, on les remercie pour la qualité de leurs encadrement exceptionnel, pour leurs rigueurs et leur disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Nous remercions s'adresse au responsable du laboratoire pédagogique de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie pour leur accueil, et d'avoir facilité notre intégration dans le milieu de la pratique, nous exprimons nos gratitude.

Nous remercions s'adresse à tous nos professeurs et personnel de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'université de Saida Dr Tahar MOULAY, pour leurs générosités et leur grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charge académique et professionnelle.

Nous exprimons nos sincères remerciements et notre profonde reconnaissance à **Mr BELHADI Abdelkader** qui a honoré de sa présence en acceptant de présider le jury de cette soutenance. Nos remerciements et nos profondes considérations vont à l'endroit de **Mr LOTH Mustapha** et **Melle SARMOUM Radhia** qui ont accepté de donner des remarques sur ce mémoire et de nous éclairer avec leurs commentaires.

Enfin, nos remerciements vont vers toutes les personnes, de près ou de loin, qui ont apportés leur soutien, leur conseil et leur contribution dans l'édification de ce mémoire.

Liste des abréviations

HE : huile essentielle

T. vulgaris : *Thymus vulgaris*

T. confusum : *Tribolium confusum*

Table des matières

1	Introduction	2
	Synthèse bibliographique	4
2	CHAPITRE I : Les problèmes du stockage des céréales	5
2.1	Technique de stockage des céréales	6
2.1.1	Stockage dans des silos souterrains (Matmora)	6
2.1.2	Stockage en vrac.....	6
2.2	Problèmes de stockage du blé	6
2.2.1	Facteurs biotiques.....	6
2.2.1.1	Oiseaux.....	6
2.2.1.2	Acariens.....	6
2.2.1.3	Rongeurs.....	6
2.2.1.4	Microorganismes	7
2.2.1.5	Insectes	7
2.2.2	Facteurs abiotiques.....	7
2.2.2.1	Température	7
2.2.2.2	Humidité relative.....	7
2.2.2.3	Teneur en oxygène et en gaz carbonique	7
2.2.2.4	Altérations physiques	7
3	CHAPITREII : présentation de l'espèce <i>Tribolium confusum</i>	8
3.1	Généralité sur <i>Tribolium confusum</i>	9
3.2	Origine et répartition géographique actuelle	9
3.3	Systématique	9
3.4	Appellations	10
3.5	Morphologie	10
3.6	Cycle de vie.....	10
3.6.1	Œuf.....	11
3.6.2	Larve.....	12
3.6.3	La nymphe.....	12
3.6.4	Adulte.....	13
3.7	Cycle de développement	13
3.8	Facteurs de développement	13
3.9	Dégâts et importance économique	14
3.10	Moyens de lutte	14
3.10.1	La lutte physique	14
3.10.2	La lutte biologique	14
3.10.3	La Lutte génétique.....	14
3.11	Méthodes préventives.....	14
3.12	Méthodes curatives.....	15
4	CHAPITRE III : Présentation de la plante <i>Thymus vulgaris</i>	16
4.1	Généralités sur la plante de thym <i>Thymus vulgaris</i>	17
4.1.1	Origine et distribution géographique.....	17
4.1.2	Habitat	18
4.1.3	Distribution géographique En Algérie	18
4.1.4	Classification taxonomique	19
4.1.5	Nomenclature	19
4.1.6	Description botanique de thym	19
4.1.7	Principes actifs de thym	20
4.1.8	Utilisation traditionnelle.....	20

4.1.8.1	L'effet anti-inflammatoire et antioxydant	21
4.1.8.2	L'effet antibactérien	21
4.1.8.3	L'effet antispasmodique	21
5	CHAPITRE IV : Les huiles essentielles	22
5.1	Définition des huiles essentielles	23
5.2	Localisation des huiles essentielles dans la plante	23
5.3	Rôle physiologique des huiles essentielles.....	23
5.4	Composition chimique	23
5.4.1	Terpénoides	23
5.4.2	Sesquiterpènes.....	24
5.4.3	Composés aromatiques.....	24
5.4.4	Composés d'origines diverses.....	24
5.5	Techniques d'extraction des huiles essentielles.....	24
5.5.1	Extraction par hydro distillation.....	24
5.5.2	Extraction par entraînement à la vapeur d'eau	24
5.5.3	Hydro diffusion	25
5.5.4	Extraction par solvants	25
5.5.5	Extraction par les corps gras	25
5.5.6	Expression à froid.....	25
5.6	Domaine d'utilisation	25
5.6.1	Secteur parfumerie et cosmétiques.....	25
5.6.2	Secteur parfumerie	26
5.6.3	Secteur alimentation.....	26
5.6.4	Secteur médecine.....	26
5.6.5	Activité insecticide.....	26
5.7	Huile essentielle de thym	26
5.7.1	Le rendement.....	26
5.7.2	Toxicité des huiles essentielles	27
6	Matériel et méthodes	28
6.1	Objectif.....	35
6.2	Matériels et méthode	35
6.2.1	Matériel animal	35
6.2.1.1	Procédure d'élevage	35
6.2.2	Matériel végétal.....	36
6.3	Méthode d'extraction des huiles essentielles	36
6.4	Calcul du rendement.....	37
6.5	Protocole expérimental.....	37
6.5.1	Mode de traitement.....	37
6.5.1.1	Activité insecticide(adulte) par inhalation d'extrait de T.vulgaris.....	37
6.5.1.2	Activité larvicide par inhalation d'extrait de Thymus vulgaris.....	38
6.6	Analyses statistiques des données	39
7	Resultats et discussion.....	41
7.1	Résultats	41
7.1.1	Résultats du rendement de l'extraction en huile essentielle.....	41
7.1.2	Résultats des tests d'inhalation avec l'huile essentielle de Thymus vulgaris	41
7.1.2.1	Effet de l'HE de T. vulgaris sur les adultes de Tribolium confusum.....	41
7.1.2.2	Effet de l'HE de T. vulgaris sur les larves de Tribolium confusum.....	43
7.2	Discussion	44
7.2.1	Le rendement.....	44
7.2.2	Effet insecticide d'huile essentielle de Thymus vulgaris.....	44

8	Conclusion et perspectives	46
8.1	Conclusion.....	47
8.2	Perspectives.....	50
9	Références bibliographiques	50
10	Annexes.....	59

Liste des figures

Figure 1: Tribolium confusum	9
Figure 2 : cycle de vie du Triboliumconfusum	11
Figure 3 : les œufs de tribolium confusum.....	11
Figure 4: les larves de tribolium confusum	12
Figure 5 : Une nymphe de triboliumconfusum	12
Figure 6 : Un adulte de tribolium confusum	13
Figure 7: Distribution géographique de la plante Thymus vulgaris dans le monde.....	17
Figure 8: Répartition de Thymus vulgaris	18
Figure 9 : Aspect morphologique de la plante Thymus vulgaris	20
Figure 10 : Elevage de l'insecte Triboliumconfusum au niveau de laboratoire	35
Figure 11 La plante Thymus vulgaris	36
Figure 12 : Montage de l'hydrodistillateur type Clevenger.....	36
Figure 13 : L'huile essentiel de Thymus vulgaris	37
Figure 14 : Activité insecticide (adulte) par inhalation d'extrait de T.vulgaris	38
Figure 15 : Activité larvicide par inhalation d'extrait de Thymus vulgaris	38
Figure 16 : Evolution de la mortalité des adultes de Tribolium confusum à fonction du temps et des doses en huiles des feuille de thymus vulgaris.	41
Figure 16 : Evolution de la mortalité des larves de Triboliumconfusumen fonction du temps et des doses en huiles des feuilles Thymus vulgaris	43

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification du *Tribolium confusum* 9

Tableau 2: la situation botanique de *Thymus vulgaris* 19

Tableau 3: rendement de L'HE de *Thymus vulgaris* dans l'Algérie et dans différentes régions du monde 27

Tableau 4 : Résultat de rendement de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris*. 41

Tableau 5: Comparaisons deux à deux de Tukey : réponse = Mortalité, terme = Dose 42

Tableau 6 : Comparaisons deux à deux de Tukey : réponse = Mortalité, terme = Durée 42

Tableau 7 : Comparaisons deux à deux de Tukey : réponse = Mortalité des larves, terme = Dose 43

Tableau 8 : Comparaisons deux à deux de Tukey : réponse = Mortalité des larves, terme = Durée 44

Résumé

Face à la menace des êtres vivants nuisibles en particulier les insectes, les agriculteurs ont fait recours aux moyens le plus rapide et le plus efficace qui sont les produits chimiques, ce qui a mené négativement à l'apparition des phénomènes de résistance chez les insectes.

L'utilisation massive et irrationnelle des pesticides en protection des denrées stockées contre les insectes nuisibles, exige des solutions de substitution, respectueuses de l'environnement et plus écologiques que celles utilisées actuellement. L'utilisation de biopesticides biodégradables d'origine végétale paraît des alternatives pour diminuer les problèmes posés par ces produits chimiques.

L'objectif de ce travail consiste à évaluer l'effet pesticide par inhalation à partir des huiles essentielles extraites des feuilles de la plante *Thymus vulgaris* (Zâatar), dans des conditions de laboratoire, sur les larves et les adultes du ravageur *Tribolium confusum* des denrées stockées. Les résultats montrent que le rendement de l'huile essentielle de *Thymus* est très fort de l'ordre de 1,3%. Concernant l'effet fumigène de l'huile essentielle pure contre les adultes et les larves de l'insecte étudié, cette dernière a montré un effet toxique plus intéressant contre *T. confusum*. Par contre, les larves ont montré une grande résistance avec faible mortalité durant toute l'expérimentation.

Les résultats antérieures sur les larves et les adultes de *Tribolium confusum* montrent que l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* à l'aide d'un traitement par inhalation sont efficaces. Les mortalités varient de 28% à 44% pour les adultes et de 25% à 35% pour les larves à des doses de 25, 50, 75, 100 μ L pendant 2h, 6h, 24h et 48h.

Mots clés : Orge, Huile essentielle, Inhalation, *Tribolium confusum*, Toxicité, *Thymus vulgaris*

Abstract

Faced with the threat of harmful living beings especially insects, farmers used the fastest and most effective means that are chemicals, which led negatively to the appearance of resistance phenomena in insects.

The massive and irrational use of pesticides to protect stored food against insect pests, requires alternatives, respectful of the environment and more ecological than those currently used. The use of biodegradable biopesticides of plant origin appears to be alternatives to reduce the problems posed by these chemicals.

The objective of this work is to evaluate the pesticide effect by inhalation from the essential oils extracted from the leaves of the plant *Thymus vulgaris* (Zâatar), under laboratory conditions, on larvae and adults of the pest *Tribolium confusum* stored food. The results show that the yield of the essential oil of Thymus is very high of the order of 1.3%. Regarding the smoke effect of the pure essential oil against the adults and larvae of the insect studied, the latter showed a more interesting toxic effect against *T. confusum*. On the other hand, the larvae showed great resistance with low mortality throughout the experiment.

Previous results on larvae and adults of *Tribolium confusum* show that *Thymus vulgaris* essential oil using inhalation therapy is effective. Mortalities ranged from 28% to 44% for adults and from 25% to 35% for larvae at doses of 25, 50, 75, 100 μ L for 2h, 6h, 24h and 48h.

Keywords: Barley, Essential oil, Inhalation, *Tribolium confusum*, Toxicity, *Thymus vulgaris*

في مواجهة خطر الكائنات الحية الضارة وخاصة الحشرات، استخدم المزارعون أسرع الوسائل وأكثرها فعالية وهي المواد الكيميائية، مما أدى سلبيًا إلى ظهور ظواهر المقاومة في الحشرات.

يتطلب الاستخدام المكثف وغير الرشيد لمبيدات الآفات لحماية الأغذية المخزنة من الآفات الحشرية بدائل تحترم البيئة وأكثر بيئية من تلك المستخدمة حاليًا. ويبدو أن استخدام المبيدات الحيوية القابلة للتحلل الأحيائي ذات المنشأ النباتي هو بديل للحد من المشاكل التي تطرحها هذه المواد الكيميائية.

الهدف من هذا العمل هو تقييم تأثير مبيدات الآفات عن طريق الاستنشاق من الزيوت الأساسية المستخرجة من أوراق نبات الزعتر (*Thymus vulgaris* (Zäatar)، في ظروف المختبر، على يرقات وبالغين آفة الطعام المخزن *Tribolium confusum*. تظهر النتائج أن محصول الزيت الأساسي للزعتر جيد جدًا بنسبة 1.3%. فيما يتعلق بتأثير الاستنشاق للزيت العطري النقي ضد البالغين ويرقات الحشرة التي تمت دراستها، أظهر الأخير تأثيرًا سامًا أكثر إثارة للاهتمام ضد *T. confusum*. من ناحية أخرى، أظهرت اليرقات مقاومة كبيرة مع انخفاض معدل الوفيات طوال التجربة.

تظهر النتائج السابقة على يرقات وبالغين من *Tribolium confusum* أن زيت *Thymus vulgaris* العطري باستخدام العلاج بالاستنشاق فعال. تراوحت الوفيات من 28% إلى 44% للبالغين ومن 25% إلى 35% لليرقات بجرعات 25, 50, 75, 100 µg. للساعة 2 و 6 و 24 و 48 ساعة

القمح.. الاستنشاق. *Tribolium confusum*. الكلمات المفتاحية: الزيوت الأساسية. السمية

Introduction

1 Introduction

Les céréales constituent la base de l'alimentation de la plupart des pays méditerranéens. La consommation humaine directe se situe aujourd'hui autour de 250 Kg par habitant et par an dans les pays à forte consommation et à faible revenu (Anonyme, 2006b).

Depuis très longtemps, les céréales ont constitué l'aliment principal dans la ration alimentaire en Algérie ; cette constance du modèle de consommation dominant s'explique par les traditions alimentaires et les habitudes de consommation. Cette stabilité du mode traditionnel de consommation est renforcée par les mécanismes et les politiques alimentaires mises en œuvre (Anonyme, 2006b).

Les agriculteurs subissent de lourdes pertes de grains stockés dues aux insectes ravageurs. Selon les estimations de l'organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), environ 5 à 21 % de la nourriture récoltée dans le monde est détruite par les insectes et les rongeurs nuisibles (Richard-Molard, 1982)

Face à ce problème, l'Algérie doit déployer de gros efforts pour augmenter les rendements et lutter parallèlement contre toutes les sources de déprédation, notamment les pertes au niveau du stockage de céréales dues aux différents déprédateurs.

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. L'emploi intensif des insecticides chimiques conventionnels utilisés pour lutter contre les ravageurs peuvent provoquer une contamination de la chaîne alimentaire et aussi présenter des inconvénients tels que des résidus toxiques, une résistance des insectes traités et des effets néfastes sur l'environnement et la santé humaine. Dans cette optique, et en raison de l'interdiction de l'utilisation, l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) a interdit l'usage de certains insecticides chimiques, la majorité des pays ont eu recours à de nouvelles méthodes de lutte plus propres et plus sûres dans le but de limiter l'utilisation des produits chimiques et cela par l'utilisation de bio insecticides d'origine végétale qui offre une alternative prometteuse et écologiquement durable. (Bouchra, 2023)

Les insectes présents dans les denrées stockées, notamment *Tribolium confusum*, jouent un rôle crucial dans la propagation des maladies des céréales stockées. Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), 35% de la production agricole mondiale est perdue en raison des insectes ravageurs. Les céréales conservées sont fréquemment vulnérables à de nombreuses attaques de divers insectes ravageurs qui se spécialisent dans les denrées

conservées. Ces parasites entraînent des pertes remarquables en diminuant la qualité et la quantité des produits conservés. (Bouchra, 2023)

L'utilisation de plantes comme source de pesticides est relatée par nombreuses études et de plusieurs chercheurs (Regnault-Roger et al., 1993). A cet effet, la recherche scientifique dans ce domaine est orientée en particulier vers les molécules naturelles extraites des plantes afin d'avoir de nouvelles substances bio-insecticide (Kim et al. 2003) à savoir la fraction bioactive issus des huiles essentielles (HE) des plantes et qui constituent, d'après Lahlou (2004), un moyen efficace de lutte naturel contre les organismes nuisible.

En effet, beaucoup d'études ont été réalisées dans le but d'évaluer l'effet insecticide des huiles essentielles de différentes plante, et dans ce contexte s'inscrit notre travail de recherche qui a comme objectif principal est d'évaluer l'efficacité de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* (Zâatar) en tant que bio insecticides et conservateurs des denrées stockées contre les principaux ravageurs en particulier le *Tribolium confusum*.

Nous chercherons à travers ce travail, à évaluer l'activité insecticide de ces substances naturelles (l'huile essentielle de *Thymus vulgaris*) par des tests d'inhalation contre ces ravageurs.

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

Une revue bibliographique contenant des informations sur la plante de thym et l'insecte utilisé dans nos tests.

Une partie expérimentale qui présente le teste biocide de la plante sur l'adulte et les larves d'un ravageur de blé *Tribolium brun* (*Tribolium confusum*).

Dans la troisième partie, nous avons regroupé les résultats obtenus en les discutant.

Enfin, notre travail s'achève par une conclusion générale ainsi que des perspectives.

Synthèse bibliographique

CHAPITRE I : Les problèmes du stockage des céréales

1.1 Technique de stockage des céréales

1.1.1 Stockage dans des silos souterrains (Matmora)

En Algérie, les agriculteurs des Hauts plateaux maintenaient avec difficulté leurs champs d'orge et de blé dans des enceintes creusées dans un sol argileux, généralement situées à un endroit surélevé ou proche de la ferme. C'est ce que l'on nomme « El Matmora ». Les capacités de ces espaces de stockage varient. Elle appartient à l'ordre d'un peu plus de mètres cubes. Il s'agit d'une méthode ancienne qui peut encore être employée dans Quelques zones isolées. Le principal désavantage de cette méthode de stockage réside dans L'humidité excessive et les eaux d'infiltration favorisent le développement des champignons. Les moisissures et la fermentation bactérienne (Doumandji, 2003)

1.1.2 Stockage en vrac

Dans ce cas les grains en tas sont laissés à l'air libre dans des hangars ouverts à charpente métallique. Dans ce type de stockage des contaminations sont possibles, d'autant plus que dans ce type de construction, il demeure toujours des espaces entre les murs et le toit, ainsi de libres passages aux oiseaux, rongeurs et insectes sont possibles. Par ailleurs l'influence des intempéries est encore assez forte et le développement des moisissures et des bactéries est toujours à craindre. Ce moyen de stockage indispensable face à l'insuffisance des installations spécialisées a tendance à disparaître dans l'avenir. (Doumandji, 2003)

1.2 Problèmes de stockage du blé

1.2.1 Facteurs biotiques

1.2.1.1 Oiseaux

Les céréales attirent les oiseaux du stade laiteux jusqu'à la maturité. Le grain de l'épillet est détaché, l'épi est endommagé et les glumes et glumelles sont dispersées sur le sol. Les moineaux sont les oiseaux les plus souvent préjudiciables aux semis de céréales. Selon (Azoui, 2015) ils arrachent la jeune plantule et dévorent ce qui reste de la semence.

1.2.1.2 Acariens

Les acariens de stockage, également connus sous le nom d'acariens des denrées alimentaires entreposées, sont particulièrement intéressés par les aliments stockés dans des environnements humides. Ils consomment principalement des moisissures. Les Acaridae et les Glycyphagidae sont les familles les plus importantes. Ils ont un rythme de reproduction rapide et une fécondité élevée. Leur période de développement est extrêmement brève, ne dépassant pas 10 à 12 jours entre 23 et 25°C. Chez les acariens, les températures requises pour se reproduire sont plus basses que chez les insectes. Leur température varie de 8 à 35 °C, mais ils nécessitent au moins 70% d'humidité relative, ce qui correspond à une teneur en eau de 17-18 % dans les grains. (Berhaut, 2003)

1.2.1.3 Rongeurs

Les rongeurs se nourrissent du grain et causent des dommages aux sacs, aux palettes et au magasin. Ils contaminent également de nombreux grains avec leurs urines et leurs déjections, ce qui en altère la qualité. Les céréales sont contaminées par eux, ce qui, une fois consommé par l'homme, peut lui causer des maladies. (Bessot, 2011)

1.2.1.4 Microorganismes

Dès que les conditions de température et d'humidité sont favorables, les microorganismes, en particulier les moisissures, se développent en envahissant progressivement le grain. Les conditions météorologiques dans les zones tropicales, en particulier en la présence de zones humides est extrêmement propice à la prolifération de ces microorganismes. En Dans les zones sèches, il existe également des risques d'attaque par les moisissures si le stockage est en mauvaises conditions. Les moisissures modifient l'apparence, l'odeur et le goût des aliments. Les particules se développent sur les grains, ce qui les rend impropres à la consommation humaine ou animal. (Coraf, 2007)

1.2.1.5 Insectes

Les insectes, parmi les ravageurs, entraînent des pertes économiques considérables dans le stockage des céréales. La plupart des espèces inféodées au stock sont regroupées en deux ordres principaux, Les lépidoptères et les coléoptères sont concernés. Ces derniers se trouvent à la plupart des dommages subis dans les réserves des denrées stockées proviennent de l'origine. Il est possible que les grains stockés soient endommagés, notamment les espèces qui appartiennent à ces genres : Tribolium, Sitophilus, Trogoderma et Rhyzoperta. (Karahacane, 2015).

1.2.2 Facteurs abiotiques

1.2.2.1 Température

Son influence est cruciale pour préserver les produits agricoles car elle influence la vitesse de dégradation des grains. En réalité, elle a accéléré la vitesse des réactions chimiques et enzymatique, ainsi que la respiration des particules. (Bhalla, 1986). Chaque espèce possède un maximum de développement et des degrés de tolérance thermique différents. Effectivement, les températures idéales, maximales et minimales diffèrent en fonction des groupes de ravageurs spécifiques. (Kouassi, 1991)

1.2.2.2 Humidité relative

L'humidité joue un rôle crucial dans la dégradation. Il permet à la graine de respirer et augmente les processus de dégradation interne. Les graines sont pourries par les moisissures et les champignons qui s'y installent. Après un certain temps, les céréales fermentent et ont une forte odeur (Gwinner J., 1996). Les grains sont conservés à une humidité inférieure à 70% de l'activité de l'eau afin d'éviter leur dégradation par les micro-organismes, en particulier les moisissures.(Sharma N, 2014)

1.2.2.3 Teneur en oxygène et en gaz carbonique

Avec l'oxygène, à des températures et à une humidité élevée, l'amidon est converti en sucres libres lors de la respiration du grain, ce qui génère de la vapeur d'eau, du gaz carbonique et de la chaleur. Lorsque l'air entre les grains est enrichi en oxygène grâce à une faible ventilation ou à un tirage naturel. La production de chaleur peut atteindre des niveaux très élevés en entraînant un échauffement allant jusqu'à 55-60°C. (Berhaut P., 2003)

1.2.2.4 Altérations physiques

Les fractures qui sont causées par des chocs lors de manipulations répétées et violentes entraînent la cassure des grains. Quand on détruit la structure granulaire, les composants sont plus aptes à entrer en contact avec les microorganismes et les enzymes. (Ménard, 1992)

CHAPITRE II : Présentation de l'espèce *Tribolium confusum*

1.3 Généralité sur *Tribolium confusum*

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 confusum* 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 brun 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, le haricot, le pois, les épices, et les racines séchées (Benlameur, 2016).



Figure 1: *Tribolium confusum* (Photo : Morsli et Farahi, 2024)

1.4 Origine et répartition géographique actuelle

L'espèce est probablement originaire d'Afrique, mais a acquis une répartition cosmopolite grâce au commerce des céréales, avec une préférence pour les climats tempérés. Elle a été signalée pour la première fois en Europe en 1900 en Tchécoslovaquie. (Denux et Zagatti, 2010)

1.5 Systématique

Tableau 1 : Classification du *Tribolium confusum* (Jacquelin Du Val, 1881 in Sahraoui et Saadi, 2020)

Reigne	Animalia
Embranchement	Arthropodes
Classe	Insecta
Sous-classe	Ptérygotes
Ordre	Coleoptera
Sous-ordre	Polyphaga
Famille	Tenebrionidae
Sous-famille	Tenebrioninae
Genre	Tribolium
Espèce	Triboliumconfusum

1.6 Appellations

Le nom commun Français attribué à ce ravageur est le Tribolium brun de la farine. En Anglais il est connu comme confused flour beetle, mason beetle. (Sahraoui et Saadi, 2020)

1.7 Morphologie

L'adulte est uniformément brun rougeâtre et mesure entre 4 et 4,5mm. Il a une forme allongée et étroite, avec des bords parallèles, un pronotum presque aussi large que celui des élytres et n'a pas été rebordé auparavant. Les trois derniers articles des antennes ont une taille significativement plus importante que les suivants. Contrairement à *T. Castanum*, le chaperon ne dépasse pas l'œil latéralement. La larve mesure environ 6 mm et est environ 8 fois plus large qu'un jaune très pâle à maturité, avec quelques courtes soies jaunes sur le dessus. La face dorsale et la capsule céphalique sont légèrement rougeâtres. (Khayra R, 2019)

1.8 Cycle de vie

Il existe quatre stades distincts dans le cycle de reproduction des coléoptères : œuf, larve, puppe (nymphe) et adulte, La femelle pond chaque jour quelques œufs qu'elle laisse ici et là, mais souvent directement sur la nourriture. Elle peut produire quatre ou cinq générations par année. Leur cycle de transformation est d'une durée de 7 à 10 semaines environ, mais dans des conditions favorables, le processus peut être plus rapide. (Rejean, 2024)

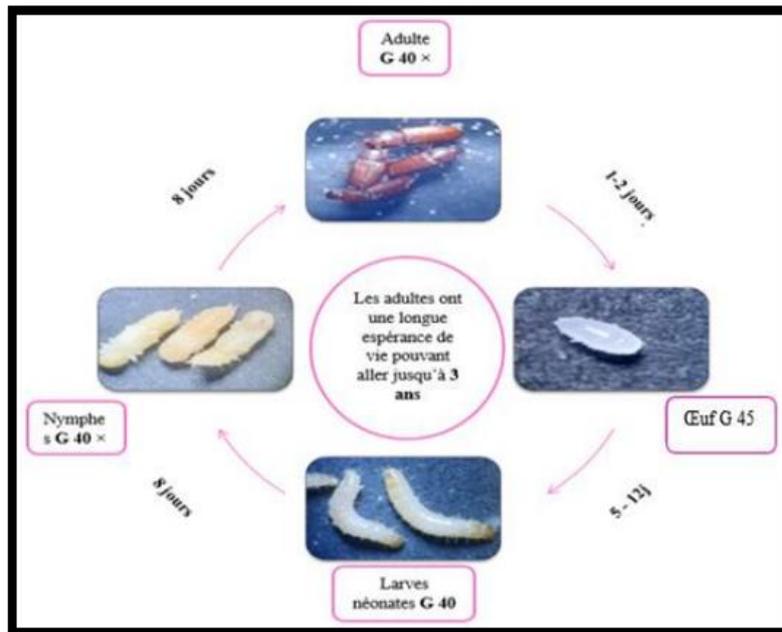


Figure 2 : cycle de vie du *Tribolium confusum* (Sahraoui et Saadi, 2020)

1.8.1 Œuf

Les œufs sont uniformes et de forme ovoïde et mesurent presque 0,6 mm de longueur. Au moment de la ponte, ils sont de couleur blanche et recouverts de graisse visqueuse, ce qui les rend adhérents aux débris et aux particules de nourriture. (Balachowsky et Mensil, 1936 in Sahraoui et Saadi, 2020).



Figure 3 : Les œufs de *Tribolium confusum* (Alamy, 2018)

1.8.2 Larve

Une larve néonatale de petite taille et de couleur blanche voit le jour après l'éclosion de l'œuf. Selon (Camara, 2009) la larve mesure 6 mm, environ 8 fois plus longue que large et est d'un jaune très pâle à maturité avec quelques courtes soies jaunes sur le côté. Capsule La face dorsale et le céphalique sont légèrement rougeâtres.

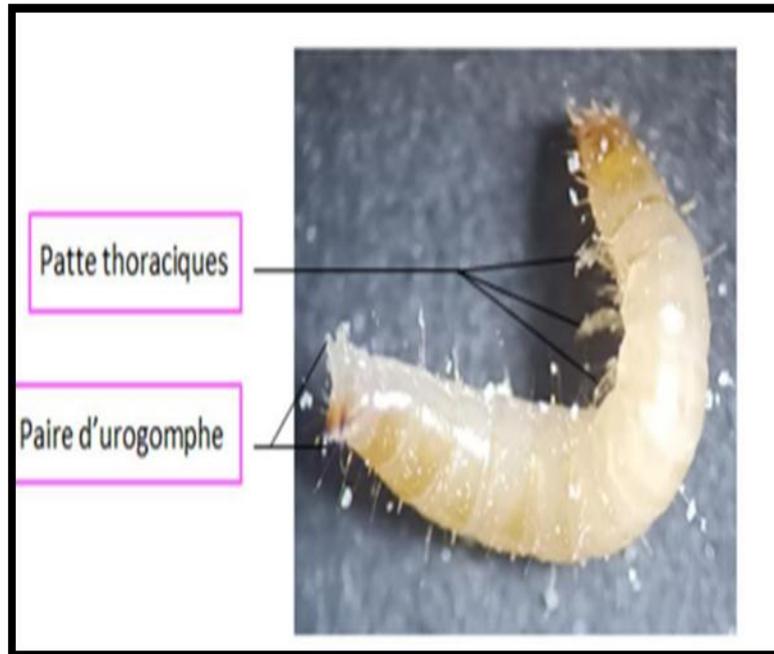


Figure 4: les larves de *Tribolium confusum* (Sahraoui et Saadi, 2020)

1.8.3 La nymphe

La larve à son dernier stade se transforme en une nymphe blanche. Les segments de son abdomen sont explantés en lames rectangulaires à bord crénelés latéralement. La nymphe est un état de vie de scull car elle est incapable de se déplacer. (Balachowsky et Mensil, 1936 in Sahraoui et Saadi, 2020)

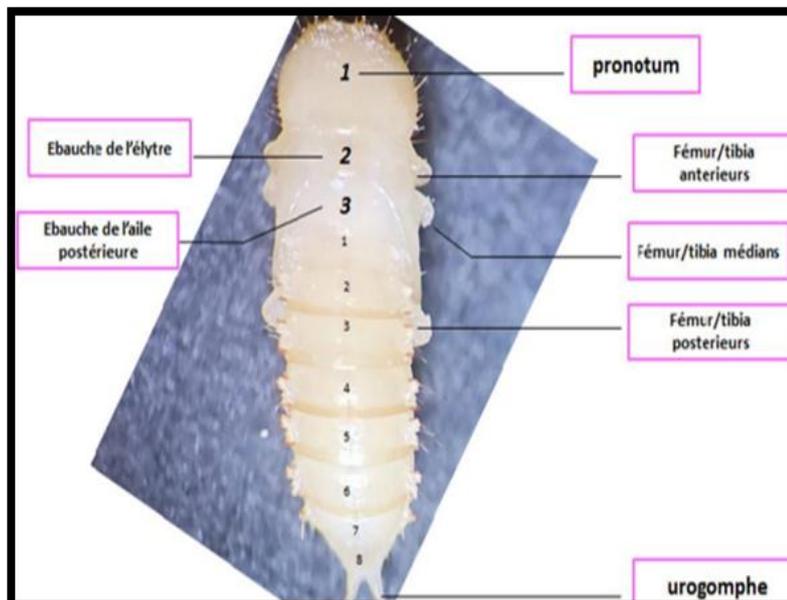


Figure 5 : Une nymphe de *Tribolium confusum* (Sahraoui et Saadi 2020)

1.8.4 Adulte

Le petit insecte adulte mesure de 4 à 4,5 mm de long et a un corps allongé de couleur brun rougeâtre brillant. À l'apex, l'appendice prosternal est nettement élargi. Les antennes sont terminées par une massue de cinq articles. L'insecte est morphologiquement très similaire au *Tribolium castaneum* (tribolion rouge de la farine). Les deux espèces peuvent être distinguées grâce à certains détails : chez *Tribolium confusum*, la masse antennaire s'élargit progressivement, l'espace entre les yeux est plus grand (environ 50% de la largeur de la tête), et les yeux ont seulement deux facettes à leur point le plus étroit. (State, 2015)

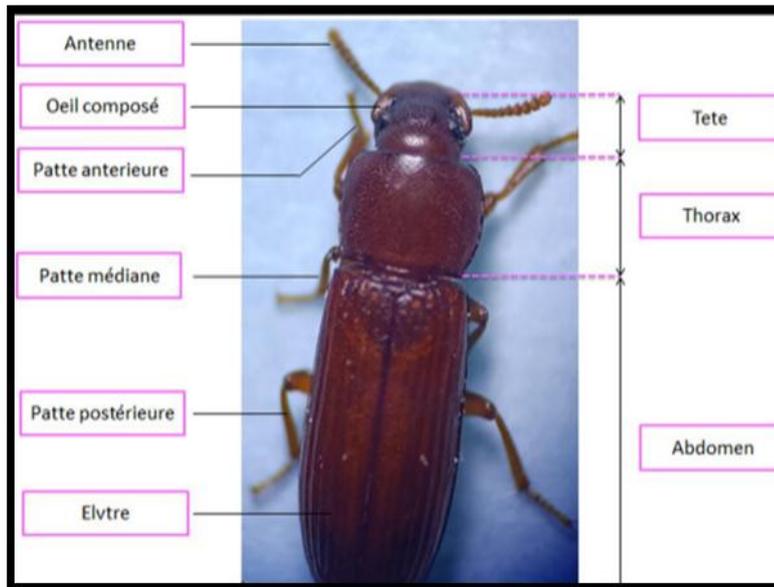


Figure 6 : Un adulte de *Tribolium confusum* (Sahraoui et Saadi, 2020)

1.9 Cycle de développement

Selon Guye et al. (1997), le *Tribolium confusum* est considéré parmi les insectes des stocks plus ubiquiste. Polyphage et le plus redoutable. La température optimale du développement de *Tribolium confusum* est comprise entre 25 à 38 °C. Dès l'âge de trois jours, la femelle pond entre 500 à 800 œufs. Les larves sont mobiles, d'une teinte blanche avec du jaune et passe par 5 à 11 mues avant d'atteindre 5 mm à la fin de leur croissance. A la fin du dernier stade larvaire. Les larves s'immobilisent, cessent de se nourrir et se transforment en nymphes même aliments que les larves. Elles sont blanches au départ mais leur couleur s'assombrit graduellement avant de devenir adultes. 9 à 17 jours plus tard, les adultes se nourrissent mêmes aliments que les larves et vivent entre 15 et 20 mois. On peut rencontrer générations par an.

1.10 Facteurs de développement

D'après Robinson (2005), les phénomènes biologiques chez *T. Confusum* gouvernés surtout par la température et l'humidité, mais il y a d'autres facteurs comme champignons et la prédation qui sont inclus. Les limites de croissance en fonction température sont : minimum (22-22,5) °C et maximum (37,5 -40) °C.

1.11 Dégâts et importance économique

Le tribolium brun est principalement présent dans la farine, la poussière et les impuretés et affecte les grains endommagés ou brisés. Ces insectes détruisent en se nourrissant, mais ils sont probablement responsables de la contamination des grains par des cadavres d'insectes, des mues et des pelotes fécales, ainsi que par des liquides (quinones), et de l'odeur des denrées infestées. Cela peut entraîner une mauvaise appréciation des aliments par les animaux domestiques et le rejet des consommateurs de grains. Les tribolions favorisent souvent l'apparition de moisissures, ce qui entraîne une baisse importante de la qualité et de la valeur du grain. (State, 2015)

1.12 Moyens de lutte

Voici les principales méthodes de lutte contre le *Tribolium confusum*, le tribolium brun de la farine :

1.12.1 La lutte physique

La lutte physique consiste en l'utilisation de la température basse (froid) ou haute (chaleur). Les basses températures réduisent le développement, la prise de nourriture, la reproduction et la survie des insectes (Fleurat-Leussard, 1978). La température optimale pour la reproduction et le développement de la plupart de ces insectes se situe entre 25 et 33°C (Herman, 1998). En dessous de 10°C le développement des insectes est bloqué. En pays tempéré la ventilation par journée froide permet d'abaisser la température au niveau du stock. En région chaude, cette technique étant couteuse n'est utilisée que pour le stockage de sécurité des semences. (Cruz, 1988 in Bouchra, 2023).

1.12.2 La lutte biologique

La lutte biologique est une méthode classique, qui permet d'utiliser des micro-organismes naturels qui sont soit des prédateurs (Acarien : Cheyletidae) soit des parasites (*Lariophagus distinguendus*) ou des agents pathogènes (bactéries, champignons... etc.). Ainsi que les produits naturels d'origine végétale comme des poudres minérales, des huiles végétales, huiles essentielles. (Seck, 1991)

1.12.3 La Lutte génétique

Comme *Tribolium* est capable de résister à toutes les classes d'insecticides, le contrôle de ce ravageur nécessite de nouvelles stratégies de lutte. (Richards, 2007) a justement permis d'identifier des protéines susceptibles d'être ciblées par de nouveaux insecticides, comme des canaux ioniques, des récepteurs nucléaires (Bonneton, 2010).

1.13 Méthodes préventives

- Maintenir une bonne hygiène et une propreté rigoureuse dans les zones de stockage et de transformation des aliments.
- Bien fermer et étanchéifier les locaux pour empêcher l'entrée des insectes.
- Surveiller régulièrement les stocks et les lieux de stockage pour détecter rapidement toute infestation.
- Utiliser des contenants hermétiques pour le stockage des denrées alimentaires.
- Maintenir une température et une humidité basses dans les zones de stockage.

1.14 Méthodes curatives

- Traiter les zones infestées par la chaleur (40-60°C) ou le froid (-18°C) pour tuer les différents stades de développement de l'insecte (Eberhard et al., 2005)
- Utiliser des insecticides homologués de manière ciblée et en respectant les consignes d'utilisation.
- Éliminer rapidement les denrées alimentaires contaminées pour éviter la propagation de l'infestation (Bazylko et Strzelecka, 2004)
- Faire appel à un professionnel de la lutte antiparasitaire en cas d'infestation importante ou difficile à maîtriser.
- La combinaison de ces différentes méthodes permet généralement de lutter efficacement contre le *Tribolium confusum* et de prévenir de futures infestations.

CHAPITRE III : Présentation de la plante *Thymus vulgaris*

1.15 Généralités sur la plante de thym *Thymus vulgaris*

1.15.1 Origine et distribution géographique

Thymus vulgaris est indigène de l'Europe du sud, on le rencontre depuis la moitié orientale de la péninsule ibérique jusqu'au sud-est de l'Italie, en passant par la façade méditerranéenne française (Isman, 2000). Il est maintenant cultivé par tout dans le monde comme thé, épice et plante médicinale (Kitajima et al., 2004). Le *Thymus vulgaris* présente toujours dans un état sauvage en plaines et collines, comme la lavande, le romarin, la sauge et beaucoup d'autres plantes sauvages (Kaloustian et al., 2003). Commun dans les régions montagneuses et les bords de mer de l'Algérie, les lieux arides caillouteux, où l'on rencontre aussi de la même famille le serpolet (*Thymus serpyllum*) et du thym (*Thymus vulgaris*) batard et sauvage et très apprécié des lapins (Poletti, 1988 ; Ali-Delille, 2010). Le genre *Thymus* est un des 220 genres les plus diversifiés de la famille des Labiées, avec pour centre de diversité la partie occidentale du bassin méditerranéen (Morales, 2002; Naghibiet al., 2005). Amiot (2005) note que comme beaucoup de labiées, elles sont connues pour leurs huiles essentielles aromatiques. L'espèce la plus connue est sans conteste *Thymus vulgaris*. Localement connu (Zâatar). En français et anglais par exemple, on emploie fréquemment le nom du genre (thym et thyme respectivement) pour désigner l'espèce *Thymus vulgaris*.

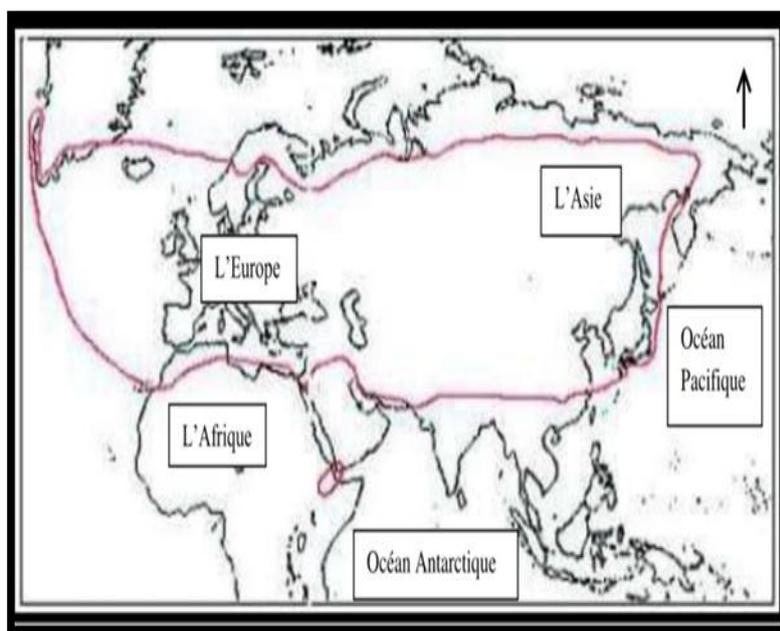


Figure 7: Distribution géographique de la plante *Thymus vulgaris* dans le monde (Stahl-Biskup, 2002.)

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 bio insecticides. Les extraits de cette plante ont été étudiés pour leurs propriétés insecticides, antimicrobiennes et antis oxydants, en faisant ainsi un candidat prometteur pour la protection des denrées stockées contre les insectes ravageurs et la prolongation de leur durée de conservation. (AFISSA, 2023)

1.15.2 Habitat

En termes d'exigence édaphique, le thymus pousse bien dans des endroits naturels, sur sol légers et calcaires mais il prospère tout aussi bien sur sols fertiles argileux non détrempés (Poletti, 1988). Quant au bioclimat idéal à son développement, *Thymus vulgaris* est peu exigeant à l'humidité car il nécessite des endroits à conditions extrêmes caractérisés de sécheresse. C'est d'ailleurs sur sols pauvres que se développe le mieux son arôme. Dans des endroits de fortes gelées, une protection est recommandée durant l'hiver sa multiplication se fait par semis superficiel (germination à la lumière). Réalisé en rangées en carrées environ 20 à 30 cm ; de préférence sur sol léger et sablonneux (Eberhard, 2005).

1.15.3 Distribution géographique En Algérie

En fonction de sa grande superficie et de son étage bioclimatique très diversifié, l'Algérie est largement connue par sa grande biodiversité végétale spécialement sa richesse en plantes médicinales. Le genre *Thymus* comprend plusieurs espèces botaniques réparties sur tout le littoral et même dans les régions internes jusqu'aux zones arides (Hammaz et Nafa, 2017 in Abed, Messaadia et Djessas, 2021). Pour la région algérienne, Quezel et Santa 1963 cité par Abed, Messaadia et Djessas (2021) décrivent 12 espèces de *Thymus* dont huit sont endémiques (Dob et al., 2006 in Abed, Messaadia et Djessas, 2021). Par ailleurs, le thym est une plante répandue en Algérie, les différentes espèces qui y existent sont réparties le long du territoire national, du Nord Algérois à l'Atlas saharien, et du Constantinois à l'Oranais (Kabouche, 2005 in Abed, Messaadia et Djessas, 2021).

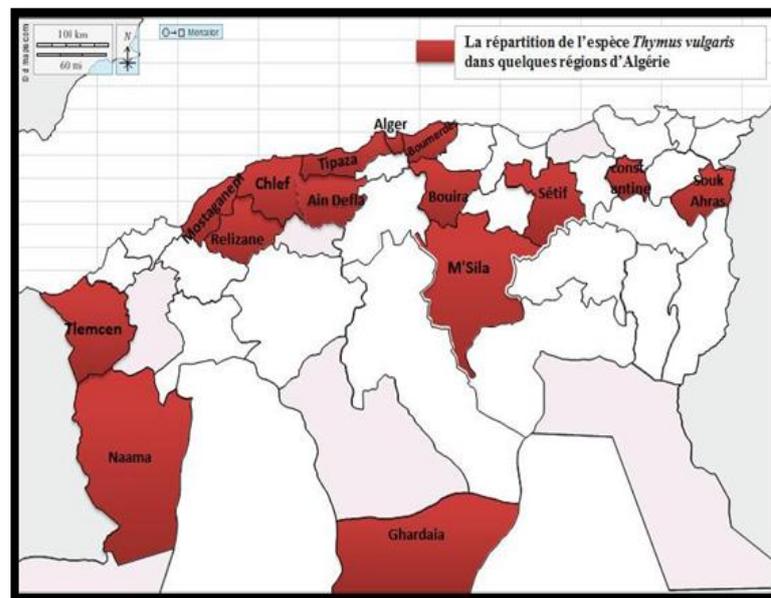


Figure 8: Répartition de *Thymus vulgaris* (Abed, Messaadia et Djessas, 2021)

1.15.4 Classification taxonomique

La position taxonomique du Thym est comme suit :

Tableau 2: la situation botanique de *Thymus vulgaris* (Goetz, 2012)

Règne :	plantae
Sous-règne :	Tracheobionta
Embranchement :	Magnoliophita
Sous-embranchement :	Magnoliophitina
Classe :	Magnoliopsida
Sous_classe :	Asterida
Ordre :	Lamiales
Famille :	Lamiacea
Genre :	Thymus
Espèce :	Thymus vulgaris

1.15.5 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 Tizaârtateou encore de Zaâtar (Kabouche et al. 2005).

1.15.6 Description botanique de thym

Le thym est une plante ligneuse, mesurant de 10 à 30 cm de haut. Ses rameaux serrés, dressés et velus, recouvert de feuilles opposées courtement pétiolées, ovales, oblongues, glabres, ciliées à la base. Les fleurs sont rosées en capitules terminaux avec un calice glanduleux. L'odeur est thymolée, la saveur es chaude, aromatique, légèrement amère (Ali-Delille, 2010).



Figure 9 : Aspect morphologique de la plante *Thymus vulgaris* (Camara, 2009)

1.15.7 Principes actifs de thym

Au vu de sa multiple utilisation, *Thymus vulgaris* contient comme toute plante médicinale, des molécules bioactives faisant parties de ses métabolites secondaires :

Les acides phénoliques : acide caféique (Cowan, 1999) acide rosmarinique (Takeuchi, 2004) ; le thymol (anti-infectieux majeur). (Haddaf, 2004), les flavonoïdes : hespéridine, ériotrécine, narirutine (Takeuchi, 2004)), lutéoline (Bazylo et Strzelecka, 2004). Les polyphénols : tanin (Cowan, 1999)

1.15.8 Utilisation traditionnelle

Thymus vulgaris est l'une des plus populaires plantes aromatiques utilisées dans le monde, ses applications sont très vastes et touchent le domaine alimentaire et celui de la médecine traditionnelle (Adwan, 2006), il est consommé en tisane, condiment ou épice (Stahl-Biskup, 2002)

En raison de ses nombreuses propriétés ethno médicinales, il est utilisé comme stimulant, antiseptique, sédatif, stomachique, antitussive, antispasmodique, antimicrobien, antioxydant, anti-inflammatoire, antiviral, carminatif, expectorant, anthelminthique, diaphorétique et diurétique (Johnson, 1998.)

En usage interne, les parties aériennes sont utilisées en décoction ou en infusion dans le traitement de la dyspepsie et autres troubles gastro-intestinaux, de la toux, des irritations de l'appareil respiratoire et des rhumes mais aussi, des infections des voies urinaires (Polese, 2006).

En usage externe, elles traitent les affections liées à l'inflammation telles que les rhumatismes, les gonflements musculaires, les piqûres d'insectes et les douleurs (Namsa et al ., 2009).

Elles peuvent s'employer en gargarismes inhalations, bains de bouche et comme additif de bain pour stimuler la circulation sanguine soulageant de ce fait, la dépression nerveuse (Özcan et Chalchat, 2004)

1.15.8.1 L'effet anti-inflammatoire et antioxydant

Le thym se distingue par ses propriétés anti-inflammatoires, faisant de lui un allié naturel pour soulager diverses inflammations. Ces propriétés médicinales s'étendent au-delà des voies respiratoires, à beaucoup d'autres parties du corps.

Ses vertus anti-inflammatoires s'expliquent grâce à la présence de composés actifs tels que le thymol.

Ce dernier agit en inhibant certains enzymes responsables du processus inflammatoire, ce qui contribue à réduire les réponses du corps (douleur, rougeur...)

Les flavonoïdes qui sont présents dans le thym, ont des propriétés anti-oxydantes et contribuent aussi à atténuer l'inflammation en neutralisant les radicaux libres. (NOIRE, 2008)

1.15.8.2 L'effet antibactérien

Le thym est reconnue pour ses puissantes propriétés antibactériennes principalement attribuées à la présence du thymol, un composé actif spécifique au thym (Bentaleb et Bouzidi, 2023)

1.15.8.3 L'effet antispasmodique

Le thym est aussi reconnu pour ses propriétés antispasmodiques, qui peuvent aider à soulager les spasmes des muscles bronchiques. Cette action contribue à apaiser la toux grasse et à réduire l'irritation des voies respiratoires, pour retrouver le confort respiratoire en cas de rhume. (Seoudi, 2020).

CHAPITRE IV : Les huiles essentielles

1.16 Les huiles essentielles :

C'est une combinaison de substances lipophiles, volatiles et souvent Définition des huiles essentielles liquides, produites et conservées dans certains tissus végétaux spécifiques. Par des méthodes physiques comme l'hydrodistillation, l'entraînement à la vapeur ou par pression très élevée, les extraits de la plante sont extraits. En ce qui concerne les agrumes, l'odeur est due aux huiles essentielles particularité de la plante. (Afnor, 2000).

Contrairement à ce que le terme pourrait laisser penser, les huiles essentielles ne contiennent pas de corps gras comme les huiles végétales obtenues avec des pressoirs (huile de tournesol, de maïs, d'amande douce, etc.). Il s'agit de la sécrétion naturelle élaborée par le végétal et contenue dans les cellules de la plante (Anton et Lobstein, 2005). Le terme « huile » s'explique par la propriété que présentent ces composés de se solubiliser dans les graisses et par leur caractère hydrophobe. Le terme « essentielle » fait référence au parfum, à l'odeur plus ou moins forte dégagée par la plante.

1.17 Localisation des huiles essentielles dans la plante

Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs. Elles sont retrouvées dans les structures glandulaires et les cellules sécrétrices). Ensuite elles sont stockées dans des cellules dites cellules à huiles essentielles des Lauraceae, dans des poules sécréteurs des Lamiaceae, dans des poches sécrétrices des Myrtacées et dans des canaux sécréteurs des Asteraceae .Elle peuvent être stockées dans des divers organes végétaux, dans les fleurs (bergamotier, rose,...), les feuilles (citronnelle, eucalyptus,...), les racines (vétiver), les rhizomes (curcuma, gingembre,...), les fruits (anis, badiane,...), le bois (bois de rose, santal,...), ou graines (muscade,...) (Oussala, 2006). Si tous les organes d'une même espèce peuvent renfermer une huile essentielle, la composition de cette dernière peut varier selon sa localisation (Belkou, 2005).

1.18 Rôle physiologique des huiles essentielles

Les plantes aromatiques produisent des huiles essentielles en tant que métabolites secondaires, mais leur rôle exact dans les processus de la vie de la plante reste inconnu (Rai et al., 2003). Certains auteurs pensent que la plante utilise l'huile pour repousser ou attirer les insectes, ou pour favoriser la pollinisation. D'autres la considèrent comme source énergétique facilitant certaines réactions chimiques, conservant l'humidité des plantes dans les climats désertiques (Belaiche, 1979). Certaines huiles essentielles servent à la défense des plantes contre les herbivores, insectes et micro-organismes (Capo et al., 199).

1.19 Composition chimique

Ceux sont des mélanges complexes de composants appartenant principalement à deux groupes, caractérisés par des origines biogénétiques apparentes dont les terpénoides et les composés aromatiques dérivés du phénylepropane (Bruneton, 1993)

1.19.1 Terpénoides

Les terpénoides retrouvés dans les huiles essentielles sont les terpènes les plus volatiles, c'est-à-dire ceux dont la masse moléculaire n'est pas trop élevée : mono et sesquiterpènes. (Bruneton, 1993).

Monoterpènes :

Ceux sont des composés légers habituels des huiles essentielles. Ils peuvent être acycliques (terpinène, cymène) ou bicycliques (camphène, sapinène). Ils constituent parfois plus de 90% des huiles essentielles (chez les Citrus, térébenthines) (Bruneton, 2008)

1.19.2 Sesquiterpènes

Les sesquiterpènes sont de structures très diverses: Les carbures, les alcools et les cétones sont les plus fréquemment (Bruneton, 1993).

1.19.3 Composés aromatiques

Les composés aromatiques sont moins fréquents dans les huiles essentielles. Très souvent, il s'agit d'allyle et de propénylphénol. Ce sont généralement responsables des caractères organoleptiques des huiles essentielles.

1.19.4 Composés d'origines diverses

Selon le mode de récupération utilisé, les huiles essentielles peuvent renfermer divers composés aliphatiques, généralement de faible masse moléculaire, entraînés lors de l'hydrodistillation, carbures (linéaires et ramifiés, saturés ou non), acides (C3 à C10), alcools, aldéhydes esters acycliques et lactones. Dans les concentrations, il n'est pas rare de trouver des produits de masse moléculaire plus importante non entraînés à la vapeur d'eau : homologue des phénylpropanes et diterpènes coumarines (Bruneton, 1993).

1.20 Techniques d'extraction des huiles essentielles

La quantité des huiles essentielles contenues dans les plantes est toujours faible, parfois très faible. Il faut parfois plusieurs tonnes de plantes pour obtenir un litre d'huile essentielle. Ce qui explique leur coût élevé. Cependant, les huiles essentielles sont généralement diluées avant d'être utilisées à cause de leur toxicité à trop fortes concentrations (Couic-Marinier et Lobstien, 2013). Les différentes méthodes principales pour l'extraction des huiles essentielles sont présentées ici dessous.

1.20.1 Extraction par hydro distillation

Le principe d'hydro distillation est celui de la distillation des mélanges binaires non miscibles. Elle consiste à immerger la biomasse végétale dans un alambic rempli d'eau, que l'on porte ensuite à ébullition. La vapeur d'eau et l'essence libérée par le matériel végétal forment un mélange non miscible. Les composants d'un tel mélange se comportent comme si chacun était tout seul à la température du mélange. C'est-à-dire que la pression partielle de la vapeur d'un composant est égale à la pression de vapeur de corps pur. Cette méthode est simple dans son principe qui ne nécessite pas un appareillage coûteux. Cependant, à cause de l'eau, de l'acidité et de la température du milieu, il peut se produire des réactions d'hydrolyse, de réarrangement, de racémisation, d'oxydation, d'isomérisation, etc. qui peuvent très sensiblement conduire à une dénaturation (Bruneton, 1993)

1.20.2 Extraction par entraînement à la vapeur d'eau

À la différence de l'hydro distillation, cette technique ne met pas en contact direct l'eau et la matière végétale à traiter. Le but de cette méthode est d'entraîner avec la vapeur et détruit la structure des cellules végétales. Elle libère les molécules contenues et entraîne les plus volatiles en les séparant du substrat cellulosique. La vapeur, chargée de l'essence de la matière première distillée, se condense dans le serpentin de l'ombilic avant d'être récupérée dans un essencier (vase de décantation pour les huiles essentielles). Les parties insolubles dans l'eau de condensation sont décantées pour donner l'huile essentielle surnageant. (Bouchra, 2023)

1.20.3 Hydro diffusion

D'après (Acquaronne et al., 1998), le terme hydro diffusion est attribué au type de transport contrôlé par la polarité des différents composants aromatiques dépendant d'avantage de leur solubilités dans l'eau que de leur point d'ébullition. Si l'hydrodiffusion constituait l'étape limitant de l'hydro distillation, alors l'ordre de sortie des composés serait dicté par leurs polarités et non par leurs volatilités.

1.20.4 Extraction par solvants

La méthode de cette extraction est basée sur le fait que les essences aromatiques sont solubles dans la plupart des solvants organiques. L'extraction se fait dans des extracteurs de construction variée, en continu, semi-continu ou discontinu. Le procédé consiste à épuiser le matériel végétal par un solvant à bas point d'ébullition qui par la suite, sera éliminé par distillation sous pression réduite. L'évaporation du solvant donne un mélange odorant de consistance pâteuse dont l'huile est extraite par l'alcool. L'extraction par les solvants est très couteuse à cause du prix de l'équipement et de la grande consommation des solvants, un autre désavantage de cette extraction par les solvants est leur manque de sélectivité, de ce fait de nombreuses substances lipophiles (huiles fixes, phospholipides, caroténoïdes, cires, coumarines, etc.) peuvent se retrouver dans le mélange pâteux et imposer une purification ultérieure (Shellie et al., 2004).

1.20.5 Extraction par les corps gras

La méthode d'extraction par les corps gras est utilisée en Fleurance dans le traitement des parties fragiles de plantes telles que les fleurs, qui sont très sensibles à l'action de la température. Elle met en profit la liposolubilité des composants odorants des végétaux dans les corps gras. Le principe consiste à mettre les fleurs en contact d'un corps gras pour le saturer en essence végétale. Le produit obtenu est une pommade florale qui est ensuite épuisée par un solvant qu'on élimine sous pression réduite. Dans cette technique, on peut distinguer l'enfleurage où la saturation se fait par diffusion à la température ambiante des arômes vers le Chapitre III : Huiles essentielles 16 corps gras et digestion qui se pratique à chaud, par immersion des organes et dans le corps gras (Lawrence, 1995).

1.20.6 Expression à froid

L'expression à froid est utilisée pour obtenir les essences et est réservée aux Citrus (coton, mandarine, orange...). Ce procédé consiste à briser mécaniquement les zestes frais d'agrumes en soumettant la substance végétale à une forte pression à l'aide d'une presse hydraulique. Cette méthode est simple et limite l'oxydation à minimum.(Bouchra, 2023)

1.21 Domaine d'utilisation

Selon (Grysole , 2004), les plantes aromatiques donnent les huiles essentielles, une essence destinée à l'utilisation industrielle. Ces huiles essentielles ne sont pas forcément des produits finaux dans la mesure où, une fois produits. Elles peuvent servir d'intrants à la fabrication de plusieurs produits. Elles sont destinées en effet à quatre grands secteurs industriels.

1.21.1 Secteur parfumerie et cosmétiques

L'utilisation des huiles essentielles comme base dans la fabrication de parfums constitue une pratique courante depuis des siècles dans la plupart des civilisations. L'Europe et les Etats -Unis ont développé des industries importantes qui démarquent par leur haut niveau d'exportations dans ce domaine. (Bouchra, 2023)

1.21.2 Secteur parfumerie

La parfumerie technique (qui comprend les produits d'entretien ménagers domestiques ou industriels) légalement recourt aux huiles essentielles pour l'image de propriété à laquelle elles sont associées, mais aussi parfois pour leurs propriétés antiseptiques. Dans ce secteur, l'industrie consomme de grandes quantités d'huiles, au meilleur prix possible. (Bouchra, 2023)

1.21.3 Secteur alimentation

L'industrie alimentaire utilise les huiles essentielles pour rehausser le goût des aliments, pour parfumer et colorer. Le secteur des boissons gazeuses s'avère un gros consommateur d'huiles essentielles. Dans ce secteur, les volumes d'huiles essentielles peuvent être très importants. (Bouchra, 2023)

1.21.4 Secteur médecine

Dans le domaine de la santé, il faut distinguer le secteur pharmaceutique de celui des médecins. Dans ce dernier secteur, les vertus thérapeutiques des huiles sont reconnues et utilisées depuis des siècles dans beaucoup de pays. En effet, ce marché a donné naissance à une industrie des produits naturels comme les produits homéopathiques. Les produits naturels avec effets thérapeutiques ont attiré l'attention des divers groupes pharmaceutiques. (Bouchra, 2023)

1.21.5 Activité insecticide

L'effet insecticide des huiles essentielles par contact, ingestion et par fumigation a été bien démontré contre les déprédateurs des denrées entreposées, de nombreux travaux ont porté sur l'amélioration des formes d'utilisation des plantes qui permettent de renforcer et de rentabiliser leur activité insecticide (Isman, 2000). L'objectif est d'améliorer les techniques traditionnelles basées sur l'utilisation des ressources végétales renouvelables pour une meilleure gestion des déprédateurs dans les stocks des céréales. Autre résultats indiquent que les huiles essentielles extraites de plantes odorantes ont une activité Insecticide indéniable vis-à-vis de *Callosobruchus maculatus*). Ces huiles essentielles agissent par diffusion. C'est ce qui leur permet d'atteindre toutes les Interstices dans la masse de graines stockées. Elles peuvent donc être utilisées en fumigation et leur emploi est facile. Selon (Koumaglou ,1992), la technologie de leur extraction est simple et accessible à tous les niveaux.

1.22 Huile essentielle de thym

L'HE du thym est extraite principalement à partir des feuilles et des sommités fleuries (HaraguchiH., 1996), elle est une huile susceptible de présenter de grandes variations, qui sont principalement d'origine génétique et édapho-climatique, elle dépend également de la saison de cueillette (Viaud H., 1993)

1.22.1 Le rendement

Le rendement enregistré pour l'huile essentielle de l'espèce *T. vulgaris* en Algérie et dans différentes régions du monde est donné dans le tableau suivant.

Tableau 3: rendement de L'HE de *Thymus vulgaris* dans l'Algérie et dans différentes régions du monde (Abed, Messaadia et Djessas, 2021).

Rendement (%)	Origine	Références
4,2	Algérie (Tlemcen)	Abdelli, 2017
2,2	Algérie (Mosaganem)	Abdelli, 2017
1,15	Algérie (M'Sila)	Binate et Dikes, 2018
1,58	Algérie (Blida)	Bouguerra et al., 2017
2	Algérie (Relizane)	Djrourou et Habouchi, 2018
1,31	Algérie (Chlef)	Benbouali, 2006
1,12	Algérie (Tizi Ouzou)	Aoamari et sehaki, 2018
2,7	Algérie (Ain Defla)	Sidali et al., 2014
1,42	Algérie (Setif)	Nedjai et Nedjai, 2017
1,18%	Algérie (Tiaret)	Hassani et al., 2017
0,90	Cameroun	Ahmia et Fethallah, 2020
1,6	Turquie	Shazia et al., 2011
1	Maroc	El-Akhal et al., 2014
0,5	Maroc	El Ouali Lalami et al., 2013
1,6	France	Satyal et al., 2016
0,25	Brésil	Alexandre et al., 2007
1	Serbie	Satyal et al., 2016
2,5	Malaisie	Eqbal et al., 2017
0,81	Iran	Pirbalouti et al., 2013
5,0	Jordanie	Hudaib et Aburjai, 2007
1,25	Roumanie	Borugă, 2014

D'après la synthèse bibliographique, le rendement de l'HE de *Thymus vulgaris*, dans différentes régions de l'Algérie, est entre 1,12 % et 4,2%. Ces rendements sont relativement proches de ceux trouvés chez la même espèce dans différentes régions du monde qui est entre 0,25% à 5,0 % avec la plus grande valeur pour l'espèce de Jordanie.

Cette variation dans le rendement est en fonction de facteurs intrinsèques liés aux potentiels génétiques et biologiques de la plante à savoir le cycle végétatif, organe producteur, et les facteurs extrinsèques qui se résument pour la plupart du temps aux actions anthropiques et aux conditions environnementales du milieu à savoir les conditions climatiques représentées par la température, la durée d'ensoleillement, fréquence et l'intensité de la précipitation, effet du stade de développement et période de récolte de la plante) (Remal et Khachouche, 2017).

1.22.2 Toxicité des huiles essentielles

La toxicité des huiles essentielles est moins investiguée. Néanmoins, quelques informations sur certaines toxicités sont décrites par la littérature. En règle générale, les huiles essentielles d'usage commun ont une toxicité par voie orale faible ou très faible avec des doses DL50 supérieures à 5g/Kg. En ce qui concerne la lavande, la toxicité est faible autour des 5g/Kg (donnée observée chez l'animal) (Bruneton, 1993).

Chez l'homme on peut observer des intoxications aiguës. Ces dernières sont souvent observées chez les petits enfants qui sont provoqués par l'ingestion de quantité importante d'huiles essentielles (Pibiri M.C., 2006)

Selon (Franchomme et al1990), certains auteurs se basent sur la composition des huiles essentielles et les toxicités relatives des familles biochimiques auxquelles elles appartiennent.

Conservation de l'huile essentielle obtenue

Les huiles essentielles doivent être conservées correctement pour leur qualité. Avec brun ou de l'aluminium vitrifié. Une essence bien distillée se conserve trois ans au moins (Benbouli, 2005).

Matériel et méthodes

Notre étude a été réalisée, pendant une durée de sept mois à partir du mois de Décembre 2023 jusqu'au juin 2024, au niveau du laboratoire pédagogique de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de Université de Saida, Dr. Moulay Tahar.

1.23 Objectif

Cette étude vise à évaluer l'activité insecticide de l'extrait l'huile essentielle la plante *Thymus vulgaris*, contre l'insecte *Tribolium confusum* des denrées stockées.

1.24 Matériels et méthode

1.24.1 Matériel animal

Dans le but d'étudier les propriétés insecticides de l'huile essentielle de la plante *Thymus vulgaris*, nous avons tout au long de notre expérimentation utilisé des adultes de *Tribolium confusum* qui proviennent d'un prélèvement d'une orge stockée pendant l'année 2022 dans une ferme de la région d'El Hassasna, wilaya de SAIDA par un vétérinaire. L'identification de l'insecte a été réalisée au niveau du laboratoire d'entomologie de l'université de MASCARA.

1.24.1.1 Procédure d'élevage

Mettre la farine et de l'orge à température ambiante et bien mélanger, on verse le mélange dans des récipients en verre sur une hauteur de quelques centimètres. Étiqueter les flacons et on ajoute les animaux (*Tribolium confusum*) puis fermer le flacon avec un couvercle en papier ou compresse maintenu par un élastique. Placer les flacons dans un endroit chaud (étuve) et humide. Afin d'éviter le phénomène de surpopulation, nous avons procédé à un transfert régulier des adultes dans de nouveaux bocaux, permettant ainsi d'assurer de nouvelles infestations. (Rehif, 2019)



Figure 10 : Elevage de l'insecte *Tribolium confusum* au niveau de laboratoire (Photo Farahi et Morsli, 2024)

1.24.2 Matériel végétal

Notre matériel végétal représenté par les feuilles de *Thymus vulgaris*, déjà séchée, acheté le mois de Janvier 2024 de chez un herboriste au niveau du chef-lieu de la wilaya de SAIDA.



Figure 11 La plante *Thymus vulgaris* (photo Farahi et Morsli, 2024)

1.25 Méthode d'extraction des huiles essentielles

L'extraction de l'huile essentielle a été faite par la méthode d'hydrodistillation des feuilles sèches de *Thymus vulgaris* durant 3 heures, à l'aide d'un appareil de type Clevenger (figure11). Une quantité de 25 g de la partie aérienne sèche a été introduite dans le ballon de 500ml, immergée dans de l'eau distillée (250ml). Le tout est porté à ébullition pendant 3 heures à l'aide d'un chauffe ballon réglé, L'eau s'évapore entraînant avec elles les constituants de l'huile essentielle qui passe dans un condensateur. L'huile essentielle est conditionnée dans des tubes hermétiquement clos et couverts avec du papier aluminium pour éviter la dégradation et conservée à 4°C jusqu'à l'utilisation.

- On a répété cette opération 14 fois.



Figure 12 : Montage de l'hydrodistillateur type Clevenger (photo Farahi et Morsli, 2024)

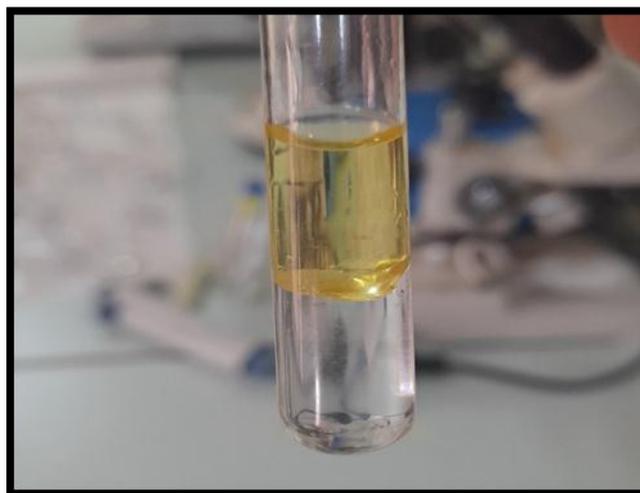


Figure 13 : L'huile essentiel de *Thymus vulgaris* (photo Farahi et Morsli, 2024)

1.26 Calcul du rendement

Selon la norme AFNOR (1986), le rendement en huile essentielle (RHE) est défini comme étant le rapport entre la masse d'huile essentielle obtenue après l'extraction (mh) et la masse de la matière végétale utilisée (mp).

Le rendement (RHE) est exprimé en pourcentage (%) et il est donné par la formule suivante :
$$\text{RHE}(\%) = (\text{mh} / \text{mp}) \times 100$$
 (Chaoui et Chegroune, 2019 in Abed, Messaadia et Djessas, 2021).

mh : poids de l'huile essentielle en gr

mp : poids de la plante en gr

1.27 Protocole expérimental

Le dispositif expérimental est constitué par 4 blocs constitués par un témoin et 5 répétitions pour chacune des doses. Chaque boîte de pétrie comporte des populations de *Tribolium confusum* au nombre de 10. Ce dispositif est installé dans les mêmes conditions que celui de l'élevage.

1.27.1 Mode de traitement

1.27.1.1 Activité insecticide (adulte) par inhalation d'extrait de *T. vulgaris*

Le mode de traitement utilisé est par inhalation avec l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* sur les populations de *Tribolium confusum*. Dans des boîtes de pétrie dont nous avons introduits des adultes du *Tribolium confusum* (10 Sujets /boîte), puis nous avons injecté une dose d'huile essentielle sur un morceau de papier filtre mis dans un bouchon de 3 cm de diamètre imprégné en papier aluminium évitant tout contact direct de l'insecte avec l'huile essentielle. Quatre (04) doses sont testées, 25µL, 50µL, 75µL et 100µL. Quatre répétitions sont réalisés pour chaque dose, en parallèle un témoin est réalisé (eau distillé). Le taux de mortalité des individus a été évalué après différents temps : 2h, 6h, 24h, 48h.

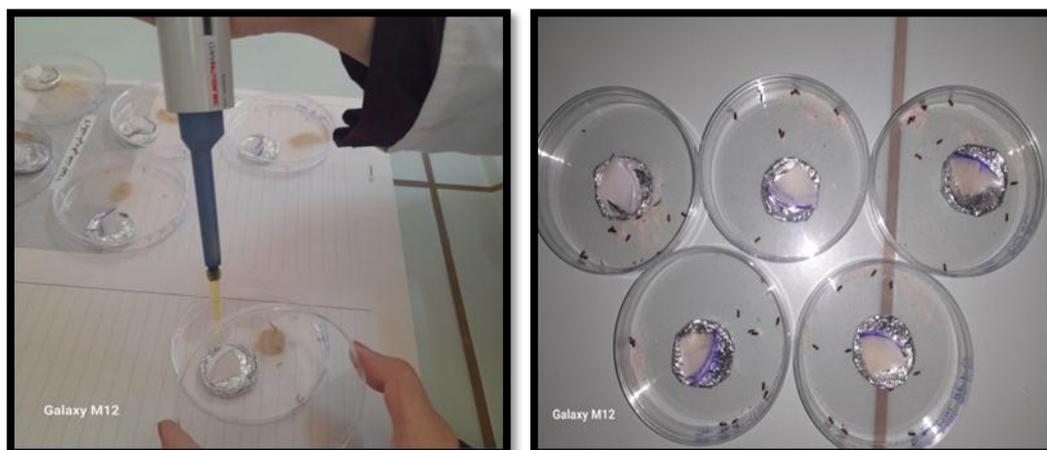


Figure 14 : Activité insecticide (adulte) par inhalation d'extrait de *T.vulgaris* (PhotoFarahi et Morsli, 2024)

1.27.1.2 Activité larvicide par inhalation d'extrait de *Thymus vulgaris*

Le mode de traitement utilisé est par inhalation avec l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* sur les populations de *Tribolium confusum*. Dans des boîtes de pétri dont nous avons introduits des larves du *Tribolium confusum* (10 Sujets /boîte), puis nous avons injecté une dose d'huile essentielle sur un morceau de papier filtre mis dans un bouchon de 3 cm de diamètre imprégné en papier aluminium évitant tout contact direct de l'insecte avec l'huile essentielle. Quatre (04) doses sont testées, 25 μ L, 50 μ L, 75 μ L et 100 μ L. Quatre répétitions sont réalisés pour chaque dose, en parallèle un témoin est réalisé (eau distillé). Le taux de mortalité des individus a été évalué après différents temps : 2h, 6h, 24h, 48h.

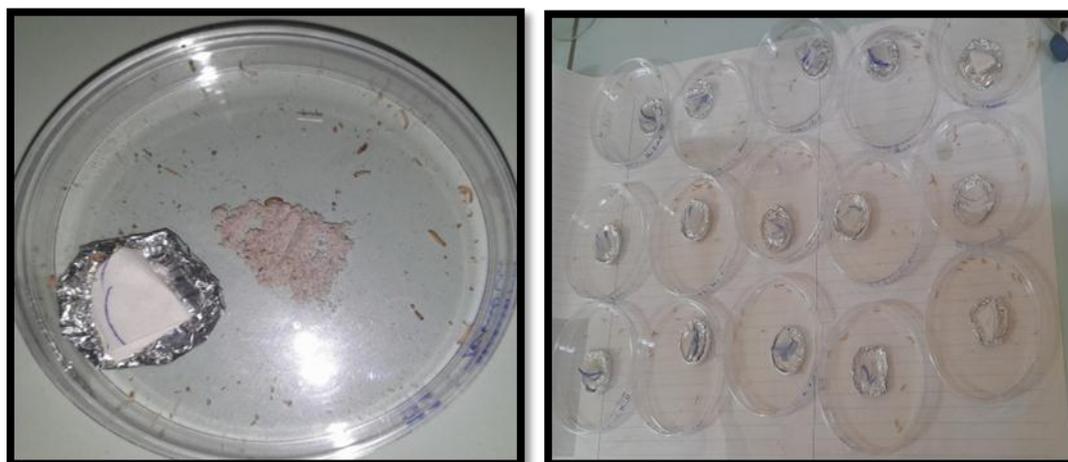


Figure 15 : Activité larvicide par inhalation d'extrait de *Thymus vulgaris* (Photo Farahi et Morsli, 2024)

1.28 Analyses statistiques des données

L'activité insecticide de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris*, a été évaluée par la population résiduelle des individus de *Tribolium*. Cinq répétitions ont été réalisées afin de déterminer l'effet insecticide, ces répétitions ont été résumées par le calcul de la moyenne.

Les résultats obtenus ont été soumis aux tests de l'analyse de la variance à deux critères de classification (ANOVA à deux facteurs), les variables dont les analyses statistiques montrent une différence significative ont subi le test de Tukey au seuil $p = 5 \%$ ($p \leq 0,005$) par le logiciel MINITAB version 17 français.

Nous avons utilisé ce type d'analyse pour tester l'effet de la dose et la durée d'exposition de l'insecte à l'huile des feuilles de la plante *Thymus vulgaris*, sur le taux de mortalité des individus et des larves de l'insecte *Tribolium confusum*.

Résultats et discussion

1.29 Résultats

1.29.1 Résultats du rendement de l'extraction en huile essentielle

L'huile essentielle extraite des feuilles de *T. vulgaris* à l'état sec est de couleur jaune pâle. Elle est caractérisée par une odeur aromatique bien spécifique caractérisant la plante en question, avec une densité égale à 1.3 %. Les résultats sont représentés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Résultat de rendement de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris*.

Masse de la matière séchée en (g)	Masse de l'HE obtenue en (ml)	Rendement d'HE en (%)
350 gr	4.6 ml	1.3 %

1.29.2 Résultats des tests d'inhalation avec l'huile essentielle de *Thymus vulgaris*

Le test effectué permet le traitement des larves et les adultes de *T. confusum* à l'HE de *Thymus vulgaris* par inhalation à différentes doses (0 μ l/ml (Témoin), 25 μ l/ml, 50 μ l/ml, 75 μ l/ml et 100 μ l/ml). Selon les calculs des nombres des individus morts après une période de : 2h, 6h, 24h et 48h.

1.29.2.1 Effet de l'HE de *T. vulgaris* sur les adultes de *Tribolium confusum*

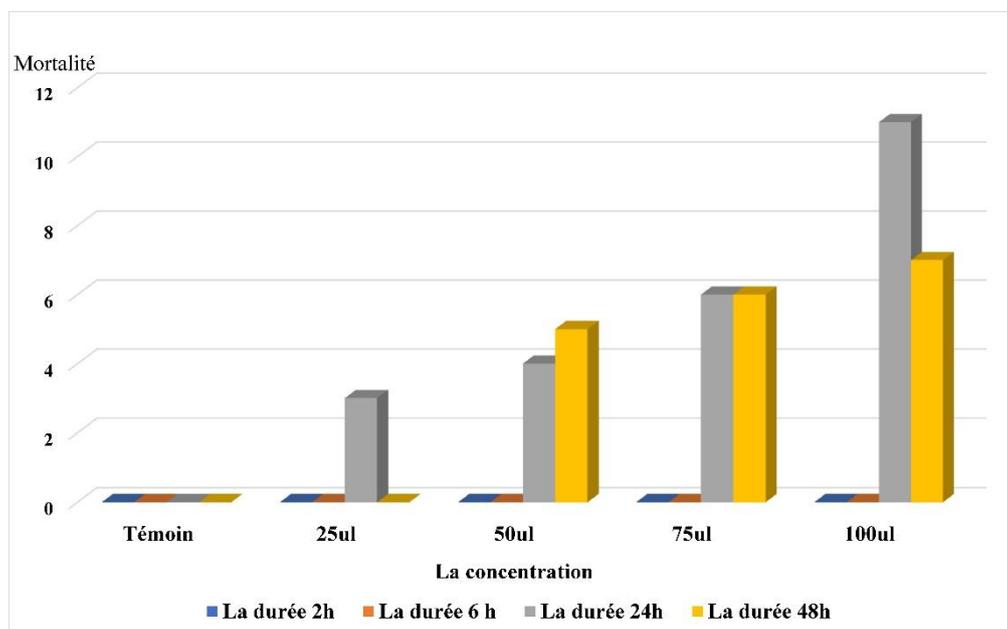


Figure 16 : Evolution de la mortalité des adultes de *Tribolium confusum* à fonction du temps et des doses en huiles des feuille de thymus vulgaris.

On aperçoit que la mortalité des individus apparait après une journée de test (24 heures) après l'exposition. Le taux de mortalité des individus de *T. confusum* change selon les doses testées, plus la dose d'HE est forte, plus le taux de mortalité augmente. Le taux de mortalité obtenu après 24h est de 12%, 16%, 24% et 44% aux doses respectives de 25 μ l/ml, 50 μ l/ml, 75 μ l/ml et 100 μ l/ml.

L'analyse de la variance selon le facteur dose d'exposition, a montré une très haute différence significative avec $F=13.15$ pour $p = 0.000$

Les résultats du test de Tukey (tableau 5) nous montrent que le groupe A contient les doses 100ul et 75ul, et que le groupe B contient les doses 75ul et 50ul. Les différences entre les moyennes qui partagent une lettre ne sont pas statistiquement significatives. Les doses 100ul, 50ul, 25ul et 0ul (les témoins) ne partagent pas de lettre, ce qui indique que la moyenne de la dose 100ul est bien plus élevée que celle des témoins (0ul).

Tableau 5: Comparaisons deux à deux de Tukey : réponse = Mortalité, terme = Dose

Dose	N	Moyenne	Groupement			
100ul	25	0,90	A			
75ul	25	0,60	A	B		
50ul	25	0,45		B	C	
25ul	25	0,15			C	D
0ul (Témoin)	25	-0,00				D

En fonction du temps, le taux de mortalité des différentes doses expérimentées augmente. Après 24h d'exposition aux doses de 25µl/ml jusqu'à 100µl/ml, un taux de mortalité de 44% fut obtenu. Après 48h d'exposition aux différentes doses la mortalité des individus apparaît à partir de la dose de 50µl/ml jusqu'à 100µl/ml avec un taux de 28% de mortalité.

L'analyse de la variance selon le facteur temps d'exposition, a montré une très haute différence significative avec $F=31.38$ pour $p = 0.000$

En ce qui concerne le temps d'exposition, les résultats du test de Tukey un niveau de confiance de 95 % (tableau 6) nous montrent que le groupe A contient les deux durée d'exposition de 24h et 48h, et que le groupe B contient les deux durée d'exposition de 6h et 2h. Les différences entre les moyennes qui partagent une lettre ne sont pas statistiquement significatives. Les deux durées d'exposition de 24h et de 2h ne partagent pas de lettre, ce qui indique que la moyenne de la durée d'exposition de 24h est bien plus élevée que celle après 2h d'exposition au test d'inhalation.

Tableau 6 : Comparaisons deux à deux de Tukey : réponse = Mortalité, terme = Durée

Durée	N	Moyenne	Groupement	
24h	20	0,96	A	
48h	20	0,72	A	
6h	20	0,00		B
2h	20	0,00		B

Les résultats de l'analyse statistique de nos résultats à travers l'analyse de la variance à deux critères de classification ($p \leq 0.05$) (ANOVA à deux facteurs par le modèle linéaire général :

Mortalité en fonction de Dose; Durée) pour l'effet de l'HE de *T. vulgaris* à l'égard des adultes de *T. confusum* ont montré un effet très hautement significatif ($F=5.19$; $P=0.0000$; $DDL=12$).

1.29.2.2 Effet de l'HE de *T. vulgaris* sur les larves de *Tribolium confusum*

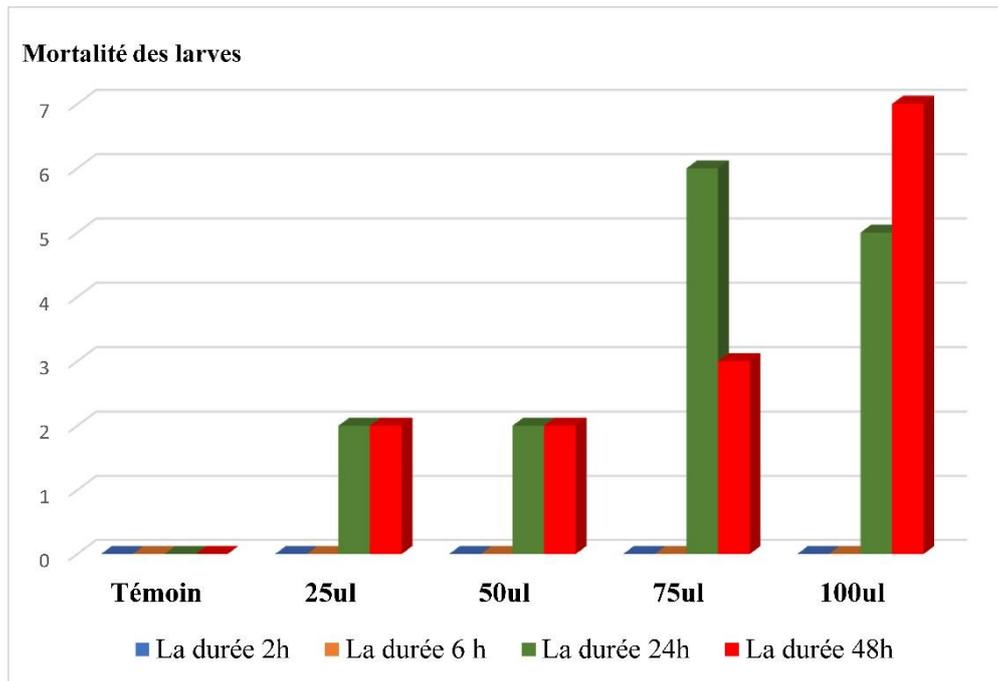


Figure 16 : Evolution de la mortalité des larves de *Tribolium confusum* en fonction du temps et des doses en huiles des feuilles *Thymus vulgaris*

On remarque que la mortalité des larves de *Tribolium confusum* apparaît à partir de 24 heures du test après l'exposition. Le taux de mortalité des larves de *T. confusum* change aussi selon les doses testées, plus la dose d'HE est forte, plus le taux de mortalité est important où il atteint les 35% pendant 48h.

Cependant, l'analyse de la variance selon le facteur dose d'exposition, ne montre pas une différence statistiquement significative ($p = 0.009 > 0.005$). Ce qui conduit aussi à démontrer que l'interaction (dose \times durée d'exposition) enregistre une différence non significative avec $p = 0,142$.

Le test de Tukey (Tableau 7) montre que le groupe A contient toutes les doses sauf la dose du témoin qui appartient au groupe B. Les différences entre les moyennes qui partagent une lettre ne sont pas statistiquement significatives. Ce qui fait que seules les doses qui appartiennent aux différents groupes montrent une différence statistiquement significative ($p = 0.003$).

Tableau 7 : Comparaisons deux à deux de Tukey : réponse = Mortalité des larves, terme = Dose

Dose	N	Moyenne	Groupement	
100ul	20	0,65	A	
75ul	20	0,45	A	B
50ul	20	0,20	A	B
25ul	20	0,20	A	B
0ul (Témoin)	20	0,00		B

En fonction du temps, le taux de mortalité des larves pour les différentes doses expérimentées augmente. Après 24h d'exposition aux doses de 25µl/ml jusqu'à 100µl/ml, un taux de mortalité de

25% fut obtenu. Après 48h d'exposition aux différentes doses la mortalité des larves atteint les 35% de mortalité.

L'analyse de la variance selon le facteur temps d'exposition, a montré une très haute différence significative avec $F=8.48$ pour $p = 0.000$ et un degré de liberté (DDL) égal à 3.

Le test de Tukey (Tableau 8) montre que le groupe A contient les deux durées d'exposition (24h et 48h), et que le groupe B contient aussi les autres durées d'exposition celles de 6h et 2h.

Les différences entre les moyennes qui partagent une lettre ne sont pas statistiquement significatives. Les deux durées d'exposition de 24h et de 2h ne partagent pas de lettre, donc il présente une différence significative ($p=0.000$) entre les différentes durées d'exposition. Ce qui indique que la moyenne de la durée d'exposition de 24h est bien plus élevée que celle après 2h d'exposition au test d'inhalation de l'HE sur les larves de l'insecte.

Tableau 8 : Comparaisons deux à deux de Tukey : réponse = Mortalité des larves, terme = Durée

Durée	N	Moyenne	Groupement
24h	25	0,64	A
48h	25	0,56	A
6h	25	0,00	B
2h	25	0,00	B

1.30 Discussion

1.30.1 Le rendement

Les résultats du rendement obtenus sont variables par rapport à ceux trouvés par d'autres auteurs. Le rendement de l'huile essentielle de notre plante est de 1.3% qui est supérieur au rendement obtenu par Hadeff (2004) avec 1.10%, et inférieur à celui de Hassani (2017) avec un taux de 1.8%. Cette variation peut être expliquée par la différence en mode de récolte du matériel végétal, ou bien la façon du séchage et du stockage qui jouent aussi un rôle important pour la variation des caractères organoleptiques de l'HE, où il est à rappeler que notre expérience de l'extraction de l'huile a été réalisée sur des feuilles de *Thymus vulgaris* achetées déjà séchées, ce qui peut expliquer cette variation de rendement.

1.30.2 Effet insecticide d'huile essentielle de *Thymus vulgaris*

Dans le but de minimiser ou bien d'éviter l'utilisation des insecticides chimiques en raison de leur impact nocif sur la santé et l'environnement qui conduit à un désordre éco-toxicologique accompagné d'une augmentation spectaculaire du nombre d'espèces résistantes, il est nécessaire d'utiliser une alternative naturelle qui remplit le même rôle que celui des insecticides de synthèse qui présente un avantage écologique et économique. Cette alternative est se base sur l'application des produits naturels à base des plantes aromatiques médicinales reconnues sous les noms des bio insecticides qui sont utilisées très tôt dans l'agriculture contre les insectes et sont préconisées pour un meilleur respect des biocénoses et de l'environnement tant que biodégradable.

En effet, les résultats obtenus au cours de cette étude sont parfaitement comparables avec ceux réalisés par plusieurs auteurs étudiant le potentiel insecticide d'huile essentielle de thymus contre les individus adultes et les larves de l'insecte *Tribolium confusum*. Ils ont précisé aussi que la mortalité croît avec l'augmentation de la concentration et de la durée d'exposition aussi (Thoraya, 2018).

Dans notre étude les résultats des bio essais obtenus montrent un pourcentage de mortalité pour les adultes *Tribolium confusum* en après 24h d'exposition aux doses de 25µl/ml jusqu'à 100µl/ml, un taux de mortalité de 44% fut obtenu et 48h d'exposition aux différentes doses la mortalité des individus apparait à partir de la dose de 50µl/ml jusqu'à 100µl/ml avec un taux de 28% de mortalité. Par contre pour les larves de *Tribolium confusum* en où le taux mortalités et liée avec la

durée d'inhalation d'huile de Thymus et non pas avec la dose de l'huile où le taux de mortalités après 24h d'exposition aux doses de 25µl/ml jusqu'à 100µl/ml, un taux de mortalité de 25% fut obtenu. Après 48h d'exposition aux différentes doses la mortalité des larves atteint les 35% de mortalité. Cela veut dire que l'HE du *T. vulgaris* a montré un effet insecticide plus important chez les adultes que chez les larves de la même espèce d'insecte.

Selon Karahacane (2015), et d'après ses essais, la mortalité de *Tribolium confusum* causée par l'huile essentielle de Thymus vulgaris en 24h été de 16.66% chez les adultes et 13,33% chez les larves à la dose la plus forte (100 µl/ml) pour atteindre 53.33% des adultes et 23,33% des larves en 72h, ce qui est moins ce qu'on a enregistré durant notre expérience en 24h et plus après 48, ce qui explique que l'HE du *T. vulgaris* a montré un effet insecticide plus important chez les adultes que chez les larves de la même espèce d'insecte.

Ce résultat permet de valoriser d'avantage les HE en mettant l'accent sur leur effet toxique sur l'insecte *Tribolium confusum* où l'HE du *T. vulgaris*, est le meilleur exemple.

Les principaux composés chimiques de l'HE du *T. vulgaris* d'après Ismaili et al. (2014), sont le thymol (42 %), le p-cymène (23,7 %) et le γ -terpinène (15,5 %). Cette huile a été déjà étudiée en aromathérapie anti-infectieuse par Boukhatem et al. (2014). Il serait intéressant de projeter l'utilisation de la fraction aromatique du thym, comme principe actif, dans des préparations galéniques à visée antiseptique ou pour lutter contre les infections microbiennes aéroportées.

Conclusion et perspectives

Conclusion

Le bon stockage et la bonne conservation de ces céréales est l'un des facteurs les plus importants recherchés par les agriculteurs. Et étant donné qu'il s'agit d'un écosystème industrialisé soumis aux attaques de nombreux ravageurs.

Les huiles essentielles sont considérées comme l'une des méthodes de lutte biologique qui sont utilisées comme insecticides. Elle est célèbre pour sa richesse en molécules bioactives qui sont utilisées dans différents domaines. Les huiles essentielles ont une activité insecticide très importante. La toxicité des huiles essentielles varie largement en fonction de la nature de l'huile essentielle, la dose utilisée et la durée du traitement.

D'après nos résultats, nous pouvons déduire que l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* a une efficacité relativement intéressante sur les adultes de ravageur étudié *Tribolium confusum*. 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.

Cette étude contribue à la mise en valeur des huiles essentielles des plantes médicinales pouvant être utilisées comme nouvelles ressources susceptibles d'être exploitées dans le domaine phytosanitaire comme composés naturels bioactifs. Le thym, centre d'intérêt de notre étude, est connue pour ses vertus thérapeutiques. Notre étude au laboratoire a débuté avec l'extraction de l'huile essentielle par hydro distillation qui est un procédé peu onéreux, pratique, simple et qui permet d'obtenir une huile de bonne qualité. Le résultat en huile obtenu est un fort rendement de 1,3 % du poids sec. Ce dernier est très intéressant de point de vue économique qui sera pourquoi un projet futur pour d'éventuelle utilisation commerciale locale et internationale. En effet, 10 ml d'huile essentielle de thym est commercialisé entre 8,49 et 10,50 euros (selon plusieurs sites commerciaux). On pourra donc compter sur l'espèce *Thymus vulgaris* dans la reprise de notre économie nationale comme une ressource naturelle durable.

Perspectives

Les résultats obtenus nous ramènent de penser à des perspectives intéressantes pour l'utilisation des huiles essentielles à base de plantes dans la production des bio-insecticides.

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

- Son activité insecticide à plus grande échelle dans le cadre de la protection des stocks alimentaires en évitant l'utilisation des pesticides chimiques,
- Identifier les molécules responsables de cette activité insecticide et leur impact environnemental,

Chercher à identifier les molécules actives de ces substances naturelles pour les tester séparément afin de définir les composés toxiques.

- 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.

Nous envisageons de poursuivre cette étude afin de démontrer l'effet de ces huiles essentielles sur tous les stades de développement de l'espèce animale en question.

En effet, la réussite de cette étude oblige l'association de plusieurs spécialistes à différents domaines pour permettre la bonne sauvegarde de nos céréales et les mettre naturellement dans les meilleures conditions de stockage.

Références bibliographiques

A

Afnor, 2000- Recueil de normes : les huiles essentielles. Tome1. Echantillonnage et méthodes d'analyse. Afnor, paris, 440p.

Adwan G., A.-S. B.-S. (2006). Adwan G., Abu-Shanab B., Adwan K., Abu-Shanab F., 2006. Antibacterial effects of nutraceutical plants growing in Palestine on *Pseudomonas aeruginosa*. Turk.

alamy. (2018, juin 2). Récupéré sur <https://c8.alamy.com/compfr/mt7ntw/confus-de-la-farine-tribolium-confusum-et-doeufs-trouves-dans-la-farine-lextreme-nord-du-queensland-cairns-queensland-australie-fnq-mt7ntw.jpg>

Anonyme, 2006 b Agriculture, pêche, alimentation et développement rural durable dans la région Méditerranéenne. Agri. Med. Rapport annuel. 424 p.

Acquaronne L., Corticchiato M., Ramzohi J., Raoul J L. 1998. - Growing of *Monarda fistulosa* in France and getting of essential oils by hydrodiffusion. *trivista Italian app.*, 761-765.

Anonyme., 2004- Module de formation sur les techniques de stockage et de conservation des céréales. Ed. Afriqua everte., Ouagadougou., Burkina Faso., 2p

Azoui, H ; 2015 - Etude du comportement d'une collection de blés cultivés en Algérie vis-à-vis de quelques stress biotiques. Thèse de magister en science agronomiques. université el hadj lakhdar., Batna. Algérie., 10p

Anton et Lobstien A., 2005- Plantes aromatiques. Epices, aromates, condiments et huiles essentielles. Tec&Doc., Paris, 522p.

AFISSA. (2023). Récupéré sur <http://thesis.univ-biskra.dz>

AGNAOU, H. (2018). Récupéré sur <http://ao.um5s.ac.ma>

Aitfella, R. (2018). Récupéré sur <http://www.dspace.univ-setif.dz>

Alerte, V. (2008). Récupéré sur <http://www.oatao.univ-toulouse.fr>

B

Balachowsky A et Mensil L., 1936 - Les insectes nuisibles aux plantes cultivées, leurs mœurs, leur destruction. Ed. Busson., T.II., Paris., 1921p

Bème, D. (2018, Septembre 19). Récupéré sur <http://www.doctissimo.fr>

Bentaleb, L., & Bouzidi, T. (2023). *Étude comparative de l'effet antimicrobien et cicatrisant des miels additionnés d'huiles essentielles* (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).

Belkou h, Beyoudf et Taleb-Bahmed Z., - 2005. Approche de la composition biochimique de la menthe verte (*Mentha spicata* L) dans la région de ouargla, mémoire D.E.S., univ. Ouargla. P2-61

Benbouli ., 2005 : "valorisation des extraits des plantes aromatiques et médicinales de : Mentha rotundifolia et thymus vulgarise », (Mémoire de magistère).154p

Berhaut P., Le Bras A., Niquet N., 2003- Stockage et conservation des grains à la ferme. Ed. ARVALIS- Institut du végétale. Paris, France., pp97-98.

Bessot J.C., Metz-Favre C., Blay F et Pauli G., 2011-Acariens de stockage et Acariens pyroglyphides : ressemblances, différences et conséquences pratique. Revue Française d'allergologie 51 :pp607-621. Bhalla A.S., 1986-Le stockage du grain .Ed .Bur. Inter, Trav., Genève., 24-25p

Benlameur Z. 2016. Les ravageurs des denrées stockées et leur impact sur la santé humaine.thèse doctorat.ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE EL HARRACH ALGER

Blaga, R., Aubert, D., Perret, C., & Geers, R. (2015). Récupéré sur <http://www.sciencedirect.com>

Bouchra, M. A. (2023). dspace.centre-univ-mila.dz. Récupéré sur <http://dspace.centre-univ-mila.dz/jspui/handle/123456789/2617>

BOUMARAF. (2023). Récupéré sur <http://dspace.univ-batna.dz.com>

Brunet, J. (2010). Altérations épigénétiques et rôle du facteur de transcription.

Bruneton J., 1993- Pharmacognosie, phytochimie, plants médicinale. Paris, Lavoisier:585, 586, 587,588.

Brunton J., 1999 - Pharmacognosie, Phytochimie, plantes médicinales. Ed .Tech . &doc, Lavoisier., Paris Bruneton J., 1993-Pharmacognosie, photochimie, plantes médicinales. Paris.,

Lavoisier, 623p

Bruneton J., 2008- Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3 éditions, Tec et Doc., Lavoisier., Paris

C

Camara. (2009). Camara A., 2009- Lutte contre Sitophilus oryzae L (coleoptera : Curculionidae) et Tribolium castaneum Herbst (coleoptera : Tenebrionidae) dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en Basse Guinée et l'utilisation des huile.

Carruthers, V., & Boothroyd, J. (2007). Pulling together: an integrated model of.

CCHST. (2020, JUIN 09). Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail. Récupéré sur

Co, M. &., Inc, & Kenilworth. (1899). Le Manuel MSD. Etats-Unis et Canada.

Coraf. (2007). Programmes de productivité agricole en Afrique de l'ouest. Plan de Gestion.

Cowan M.M., 1. P.-5. (1999). Cowan M.M., 1999. Plant products as antimicrobial agents. Clinical microbiology reviews., 12 (4) .564-570.

Capo M., Courilleau V., Valette C., 1990-Chimie des couleurs et des odeurs. Culture et techniques, 204 p

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.

D

D Buzoni-Gatel, J. D. (2008). Récupéré sur <http://www.medecinesciences.org>

Denis, F. (2002). Récupéré sur <http://www.books.google.com>

Doumandji A, D. B. (2003). Transformation des blés et problème dans aux insectes au stock, Ed. Office de publication .

E

Eberhard, A. (2005). Eberhard T., Robert A., Annelise I.,2005. Plantes aromatiques: épices, aromates, condiments et huiles essentielles. Ed médicales internationales.475-480p.

F

Fleurat-Lessard F., 1993-Détection des insectes dans les stocks de céréales entreposées et méthodes de lutte non chimique. Colloque Biebourgogne-CGAB « céréales en AB » Dijon., pp.4-6.

G

Goetz P, G. (2012). Phytothérapie anti-infectieuse. Springer Science &Business Media.

GrysolJ., 2004- La commercialisation des huiles essentielles. Manuel pratique des huiles essentielles : de la plante à la commercialisation. 139-141.

Gueye, A. Diome, T. Thiaw, CH. Sembene, M. Appl, J. 1997 -Evolution des paramètres biodémographiques des populations de *Tribolium castaneum* H. (Coleoptera, Tenebrionidae) inféodé à l'mil (*Pennisetum glaucum*Leek) et le maïs (*Zeamays* L.) Journal of Applied Biosciences

Gueye M., Seck D., Ba S., Hell K., Sembène M., Wathelet J-P ET Lognay G., 2011- Insecticidal activity of *Bosciasenegalensis* (Pers.) Lam ex Poir.On *Caryedon serratus* (Ol.) pest of stored groundnuts. African. Journal of Agricultural. Research. 30(6): 6348-6353.

Gwinner J., Harnisach R., Muck O., 1996- manuel sur la manutention et la conservation des graines après récolte, Ed. Eschborn, 368p.

I

Iserin P., V. P. (2001.). Iserin P.,Vican P., 2001.Encyclopédie des plantes médicinales:

Identification, préparations, soins. Larousse édition. Paris.335p.

Isman M .B., 2000 - Plant essential oils for pest and disease management. *Crop.Production.*, N° 19.pp 603-608

J

JohnsonT. (1998.). JohnsonT., 1998.CRC ethno botany desk reference. CRC Press.1224p.

K

Karahacane T., 2015- Activité insecticide des extraits des quelques plantes cultivées et spontanées sur les insectes du blé en post récolte. Thèse. Doct. Production des végétauxZoologie, option : Entomologie Appliquée. Ecol. Nat. Sup. Agr., 139p.

Kitajima, K., Fujimori, T., Fujii, S., Takeda, J., Ohkura, Y., Kawamata, H., ... & Nagasako, K. (2004). Correlations between lymph node metastasis and depth of submucosal invasion in submucosal invasive colorectal carcinoma: a Japanese collaborative study. *Journal of gastroenterology*, 39, 534-543.

Kim D, Chun O, Kim Y, Moon H, Lee C (2003) Quantification of phenolics and their antioxidant capacity in fresh plums. *J. Agric. Food Chem.* 51: 6509-6515.

Kouassi, B. (1991). Influence de quelques facteurs extérieurs sur le cycle de développement et la survie de *Sitophilus oryzae* L.(Coleoptera-Curculionidae). *Docteur du 3ème cycle, Université Nationale de Côte d'Ivoire*, 34-35.

Pariente, L. (2001). Dictionnaire des sciences pharmaceutique et biologique. 2 ème Edition.

L

Lahlou M (2004) Methods to study the phytochemistry and bioactivity of essentialoils. *Phytotherapyresearch*18 (6) : 435–448

Lerant P. 2015. Les insectes : Histoires insolites. Versailles : Quae.

Loroy, E. (2017). Récupéré sur <http://www.books.google.com>

M

Masade, S. (2010). Récupéré sur <http://www.hal.univ-lorraine.fr>

Ménard, B. A. (1992). Le Blé : éléments fondamentaux et transformation. Ed.

MEVELEC, M. (2008). Récupéré sur <http://www.theses.scd.univ-tours.fr>

Morales, R. (2002). The history, botany and taxonomy of the genus *Thymus*. In *Thyme* (pp. 15-57). CRC press.

O

Oussala M., Caillet S., Saucier L., 2006 – La croix m-antimicrobial effects of selected plant essential oils on the growth of a *Pseudomonas putida* strain isolated from meat-meat science. 73 : 236-244.

P

Poletti, A. (1988). Fleurs et plantes médicinales. 2ème Ed. Delachaux & Nistlé S. A. Suisse. 103p. Suisse.

Q

Quezel P., S. S. (1963). Quezel P., Santa S., 1963. Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. CNRS. Paris.

R

Rejean. (2024). Récupéré sur <https://abasprixextermination.com/> 2024

RICHARD-MOLARD D., 1982. Les caractères généraux de la microflore des grains et graines et principales altérations qui en résultent. Conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés, vol.1, Ed. Lavoisier et APARIA., Paris, 254pp

REGNAULT-ROGE C., HAMRAOUI A., HOLEMAN M., THERON E., PINET R., 1993. Insecticidal effect of essential oils from Mediterranean plants upon *Acanthoscelidesobectus* Say (Coleoptera : Bruchidae), a pest of Kidney bean (*Phaseolus vulgaris*). Journal of Chemical Ecology, Vol.19, pp. 1233-1244.

Rehif khayra 2019 . Effet insecticide par inhalation de l'huile essentielle des feuilles de *Mentha pulegium* sur l'insecte ravageur de blé en post-récolte « *Tribolium castaneum* » (Herbst)

S

Sahraoui MEROUA et Saadi DJOUMANA, 2020. *Activité ovicide de deux huiles essentielles de Origanum vulgare et Ruta montana sur un ravageur secondaire des denrées stockées Tribolium confusum*. 2021. Thèse de doctorat. Université laarbi tebessi tebessa. Seoudi. (2020). Récupéré sur Seoudi-2020-pepite-depot.univ-lille.fr

Sharma N., B. A. (2014). Management of Pathogens of Stores cereal Grains, p87-.

Stahl-Biskup E., S. F. (2002.). Stahl-Biskup E., Sàez F., 2002. Thyme: The genus *Thymus*. CRC Press. 346p.

State, P. (2015, juin 07). Penn State « Petit guide des insectes adultes communément rencontrés dans le grain entreposé au Canada [archive] », Commission canadienne des grains (consulté le 7 juin 2015). .

T

Teuscher, a. e. (2005.). Teuscher E., Anton R., Lobstein A., 2005. Plantes aromatiques Epices, aromates, condiments et huiles essentielles. Tec & Doc. Lavoisier. Paris. 521p.

TRIPATHI, P., DWIVEDI, S., MISHRA, A., KUMAR, A., DAVE, R., SRIVASTAVA, S.,

SHUKLA, M. K., SRIVASTAVA, P. K., CHAKRABARTY, D., TRIVEDI, P. K., TIPATHI, R. D. 2011. Arsenic accumulation in native plants of West Bengal, India: prospects for phytoremediation but concerns with the use of medicinal plants. *Environ. Monit. Assess.* 284, 2617–2631

W

WADJEDI. (2020). Récupéré sur dspace.univ-guelma.dz: dspace.univ-guelma.dz

Annexes

Annexe 1

Comparaisons pour Mortalité

Comparaisons deux à deux de Tukey : réponse = Mortalité, terme = Dose

Informations de groupement avec la méthode de Tukey et un niveau de confiance de 95 %

Dose	N	Moyenne	Groupement
100ul	20	0,90	A
75ul	20	0,60	A B
50ul	20	0,45	B C
25ul	20	0,15	C D
Témoin	20	-0,00	D

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.

Tests de simultanéité de Tukey pour les différences des moyennes

Différence des niveaux Dose	Différence des moyennes	Erreur type de la différence	IC simultané à 95 %	Valeur de T	Valeur de p ajustée
25ul - 100ul	-0,750	0,140	(-1,140; -0,360)	-5,37	0,000
50ul - 100ul	-0,450	0,140	(-0,840; -0,060)	-3,22	0,015
75ul - 100ul	-0,300	0,140	(-0,690; 0,090)	-2,15	0,210
Témoin - 100ul	-0,900	0,140	(-1,290; -0,510)	-6,45	0,000
50ul - 25ul	0,300	0,140	(-0,090; 0,690)	2,15	0,210
75ul - 25ul	0,450	0,140	(0,060; 0,840)	3,22	0,015
Témoin - 25ul	-0,150	0,140	(-0,540; 0,240)	-1,07	0,819
75ul - 50ul	0,150	0,140	(-0,240; 0,540)	1,07	0,819
Témoin - 50ul	-0,450	0,140	(-0,840; -0,060)	-3,22	0,015
Témoin - 75ul	-0,600	0,140	(-0,990; -0,210)	-4,30	0,000

Niveau de confiance individuel = 99,35 %

IC simultanés de Tukey à 95 %

Comparaisons deux à deux de Tukey : réponse = Mortalité, terme = Durée

Informations de groupement avec la méthode de Tukey et un niveau de confiance de 95 %

Durée	N	Moyenne	Groupement
24h	25	0,96	A
48	25	0,72	A
6h	25	0,00	B
2h	25	0,00	B

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.

Tests de simultanéité de Tukey pour les différences des moyennes

des niveaux Durée	Différence		Erreur type		Valeur de T	Valeur de p ajustée
	Différence des moyennes	de la différence	IC simultané à 95 %	Valeur de T		
2h - 24h	-0,960	0,125	(-1,288; -0,632)	-7,69	0,000	
48 - 24h	-0,240	0,125	(-0,568; 0,088)	-1,92	0,227	
6h - 24h	-0,960	0,125	(-1,288; -0,632)	-7,69	0,000	
48 - 2h	0,720	0,125	(0,392; 1,048)	5,76	0,000	
6h - 2h	0,000	0,125	(-0,328; 0,328)	0,00	1,000	
6h - 48	-0,720	0,125	(-1,048; -0,392)	-5,76	0,000	

Niveau de confiance individuel = 98,96 %

IC simultanés de Tukey à 95 %

Modèle linéaire général : Mortalité_Larve en fonction de Dose; Durée
Analyse de la variance

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Dose	4	5,100	1,2750	3,57	0,009
Durée	3	9,080	3,0267	8,48	0,000
Erreur	92	32,820	0,3567		
Inadéquation de l'ajustement	12	6,020	0,5017	1,50	0,142
Erreur pure	80	26,800	0,3350		
Total	99	47,000			