



République Algérienne Démocratique et populaire

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



UNIVERSITE MOULOUD MAMMERRI DE TIZI OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET SCIENCES AGRONOMIQUES

Département Des Sciences Biologiques

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention

Du Diplôme de Master

Spécialité : Biodiversité et Physiologie végétale

Thème

Etude de l'activité biologique des huiles essentielles de la lavande vraie (*Lavandula officinalis*) et du géranium rosat (*Pelargonium graveolens*) sur *Tribolium confusum* (Coleoptera : Tenebrionidae), un insecte ravageur des denrées stockées.

Réalisé par :

ANNICHE Ikram

et

RAHIM Maya

Devant les jurés

Présidente : M^{me} TALEB. K

M.C.A

UMMTO

Examinatrice : M^{lle} AISSAOUI. F

M.C.B

UMMTO

Promotrice : M^{me} AIT AIDER. F

M.C.A

UMMTO

Co-promotrice: M^{lle} KHELOUL. L

M.C.B

UMMTO

Soutenu le : 29/06/2025

Remerciements

Toute la gratitude et les louanges reviennent à Allah, le Tout-Puissant, pour la force et sa guidance et les opportunités, nous permettant ainsi de mener à bien ce projet. C'est par sa grâce qu'on a pu traverser les défis et atteindre cet objectif.

Ce mémoire de fin d'études est le fruit d'un long cheminement rendu possible par le soutien de personnes précieuses.

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre promotrice **Mme Ait Aider F**, pour son encadrement constant, sa disponibilité, ses orientations pertinentes et sa confiance tout au long de ce parcours.*

*Nous adressons également nos plus vifs remerciements à notre Co-promotrice, **Melle Kheloul Lynda** pour son accompagnement.*

*Ma gratitude s'étend aux distingués membres du jury **Mme Taleb K**, et **Melle Aissaoui F**, pour le temps qu'ils consacrent à l'évaluation de cette étude.*

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire

Dédicaces

Je commence par exprimer ma profonde gratitude à Allah, ce travail est le fruit de Sa guidance et de ses bénédictions, qui ont illuminé mon chemin à chaque étape, et la force qu'Il m'a constamment insufflée pour voir ce projet se concrétiser

Je dédie humblement ce travail, A mes chers parents,

A mon très cher père AREZKI, ma première source d'inspiration et de sagesse, pour sa force tranquille, son dévouement exemplaire, ses conseils éclairés et les sacrifices innombrables qui ont pavé mon chemin. Tes valeurs et ta rigueur sont un modèle éternel. Ton amour m'a toujours donné la force d'atteindre mes objectifs.

A ma chère mère NACIRA, mon guide et mon inconditionnel soutien, ses prières sincères qui m'ont toujours enveloppée de protection, sans ta présence réconfortante, rien n'aurait été possible.

A ma grande sœur bien-aimée, IMANE, dont l'affection et les encouragements ont été toujours été une source de motivation même si la distance physique nous sépare parfois, je sens constamment ton soutien et ta bienveillance à mes côtés, me rappelant que nos liens sont indéfectibles. Ton exemple et ta présence, même lointaine ont été d'une aide précieuse.

A mes frères adorés, Amine et Ayoub, pour leur complicité, leur soutien indéfectible, votre présence à mes côtés est un cadeau précieux.

A ma grande famille, source de mon équilibre et de ma force. A ma chère grand-mère paternelle, CHABHA. A mes grands-parents maternels MOHAND et OUIZA. A mes chers oncle, tantes, et cousins pour leur soutien et leur encouragement.

A mes amis fidèles, vous tous qui avez partagé mes joies et mes peines, ma deuxième famille de cœur, pour leur amitié sincère leur compréhension, leur capacité à me rappeler l'importance de l'équilibre et de la bonne humeur dans les moments les plus intenses, merci d'être avec moi tout au long de toutes ses années.

A mon binôme et ma copine MAYA, dont le travail acharné et la complicité ont été essentiels à la réussite de ce mémoire.

Ce mémoire est le reflet de votre amour, de votre confiance et de votre soutien inconditionnel, il vous est dédié en témoignage de ma reconnaissance éternelle.

IKRAM

Dédicaces

Je dédie cette humble travail pour

*Aux êtres les plus chères à mon cœur Mes chères Parent
Hecene et Ghania la source de tous mes succès.*

*Ma petites sœur Mélina et amine que je leurs souhaite une
vie fleurissante.*

*A mes grands-parents, à mes chères tantes et mes chers
oncles.*

*Une pensée très spéciale à ma copine et ma binôme Anniche
ikram, avec qui j'ai passée des moments mémorables, je la
remercie pour sa loyauté.*

MAYA

Liste de figures

Figure 1: Les œufs de <i>T. confusum</i> enrobés de particules de farine G (10×4) (Originale, 2025).	14
Figure 2: Larve de <i>T. confusum</i> vue au G (10×4) (originale, 2025).	15
Figure 3 : La nymphe de <i>T. confusum</i> vue ventrale (A) et vue dorsale (B) (G×40) (Originale, 2025).	15
Figure 4: L'imago de <i>T. confusum</i> en vue ventrale (A) et vue dorsale (B) (G ×40) (Originale, 2025)	16
Figure 5: L'imago de <i>T. confusum</i> en vue ventrale (A) et vue dorsale (B) (G ×40) (Originale, 2025)	17
Figure 6: Dégâts de <i>T. confusum</i> sur la semoule (Originale, 2025).	18
Figure 7: Structure de quelques terpènes (Dhifi et al., 2016).	24
Figure 8: Montage d'hydrodistillation (El haib, 2011).	26
Figure 9: La lavande vraie ou <i>Lavandula officinalis</i>	28
Figure 10: Partie aérienne de <i>Pelargonium graveolens</i> (Originale, 2025).	30
Figure 11: Matériel de laboratoire utilisé (Originale, 2025) (A) Micropipettes, (B) Loupe binoculaire, (C) Etuve réfrigérée, (D) Balance de précision.	34
Figure 12: Les deux huiles essentielles utilisées Géranium rosat et la Lavande vraie (Originale, 2025).	35
Figure 13: Elevages de masse des adultes de <i>T. confusum</i> (Originale, 2025).....	36
Figure 14: Dispositif expérimental du test d'inhalation sur les adultes de <i>T. confusum</i> traités par les différentes doses des deux huiles essentielles (Originale, 2025).....	37
Figure 15: Dispositif expérimental du test de répulsivité sur les adultes de <i>T. confusum</i> (Originale, 2025).....	38
Figure 16 : Taux de mortalité moyen (moyennes ± écart-type) des adultes <i>T. confusum</i> traités par inhalation avec l'huile essentielle de <i>L. officinalis</i> en fonction de la dose et de la durée d'exposition.	42

Liste des tableaux

Tableau 1: Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald et al. (1970).	39
Tableau 2: Résultats de l'analyse de la variance de la toxicité des deux huiles essentielles par inhalation sur les adultes de <i>T. confusum</i>	43
Tableau 3: Résultat du test de Newman et Keuls concernant l'effet des doses des deux huiles essentielles testées par inhalation sur les adultes de <i>T. confusum</i>	43
Tableau 4: Résultat du test de Newman et Keuls concernant l'effet du temps d'exposition des deux huiles essentielles testées par inhalation sur les adultes de <i>T. confusum</i>	44
Tableau 5: Résultat du test de Newman et Keuls concernant l'effet des deux huiles essentielles testées par inhalation sur les adultes de <i>T. confusum</i>	44
Tableau 6: Nombre moyen d'individus de <i>T. confusum</i> recensés dans la partie traitée et non traitée et le pourcentage de répulsion selon les différentes doses de l'huile essentielle de <i>L. officinalis</i>	45
Tableau 7: Nombre moyen d'individus de <i>T. confusum</i> recensés dans la partie traitée et non traitée et le pourcentage de répulsion selon les différentes doses de l'huile essentielle de <i>P. graveolens</i>	46
Tableau 8: Résultats de l'analyse de la variance de la toxicité des deux huiles essentielles par répulsion sur les adultes de <i>T. confusum</i>	46
Tableau 9 : Taux moyens de répulsion de la mixture des deux huiles essentielles <i>L. officinalis</i> et <i>P. graveolens</i> à l'égard des adultes de <i>T. confusum</i> et leur classement selon la méthode de Mc Donald et al. (1970).	47

Sommaire

1. Introduction.....	13
2. Position systématique.....	13
3. Origine et répartition géographique.....	14
4. Description des différents stades de développement de <i>T. confusum</i>	14
4.1. L'œuf	14
4.2. La larve	14
4.3 La nymphe	15
4.4 L'imago ou l'adulte	16
5. Biologie de <i>T. confusum</i>	16
6. Les ennemis naturels de <i>T. confusum</i>	18
7. Alimentation et les dégâts causés par <i>T. confusum</i>	18
8. La lutte	19
8.1. Lutte préventive.....	19
8.2. Lutte curative.....	19
8.2.1 <i>Lutte physique</i>	19
▪ La chaleur :	19
▪ Le froid :.....	19
8.2.2 <i>Lutte chimique</i>	19
▪ Insecticides de contact :	19
▪ Les fumigants :	20
8.2.3 <i>Lutte biologique</i>	20
8.2.4 <i>Lutte biotechnologique</i> :	20
8.2.5 <i>La phytothérapie</i>	20
1. Définition	Erreur ! Signet non défini.
2. Localisation	Erreur ! Signet non défini.
3. Propriétés physiques des huiles essentielles	22
4. Composition chimique des huiles essentielles	23
4.1 Les	terpènes
.....	23
4.1.1. <i>Les monoterpènes</i>	23
4.1.2 <i>Les sesquiterpènes</i>	23
4.1.3 <i>Les diterpènes</i>	24
4.2 Les composés aromatiques	24
4.3 Composés d'origines diverses.....	25
5. Méthodes d'extraction des huiles essentielles.....	25
5.1 Hydro distillation.....	25
5.2 Autres méthodes d'extraction	26
▪ Expression à froid (Pression mécanique)	26

▪	Extraction par solvants volatils.....	26
▪	Extraction au CO2 supercritique	26
▪	Extraction par micro-ondes (SFME - Solvent-Free Microwave Extraction).....	27
6.	Les activités biologiques des huiles essentielles	27
▪	Activité antibactérienne :	27
▪	Activité antifongique :	27
▪	Activité antivirale :	27
▪	Activité antiparasitaire :	27
▪	Activité insecticide :	27
▪	Activité antioxydante :	27
7.	Présentation des plantes aromatiques étudiées.....	28
7.1	La lavande vraie (<i>Lavandula officinalis</i>)	28
7.1.1	<i>Description botanique</i>	28
7.1.2	<i>Position systématique</i>	29
7.1.3	<i>Origine géographique</i>	29
7.1.4	<i>Composition chimique</i>	29
7.1.5	<i>Domaine d'application</i>	29
7.2	Géranium rosat (<i>Pelargonium graveolens</i>)	30
7.2.1	<i>Description botanique</i>	30
7.2.2	<i>Position systématique</i>	31
7.2.3	<i>Origine géographique</i>	31
7.2.4	<i>Composition chimique</i>	31
7.2.5	<i>Domaine d'application</i>	31
1.	Matériel	33
1.1	Matériel de laboratoire	33
1.2.	Matériel végétal.....	34
▪	Le substrat	34
▪	Les huiles essentielles utilisées	34
1.3.	Matériel animal	35
2.	Méthodes	35
2.1.	Elevage de masse	35
2.2.	Tests biologiques.....	36
2.2.1	<i>Test d'inhalation</i>	36
2.2.2.	<i>Test de répulsivité</i>	37
❖	Effet par répulsion de la combinaison des deux huiles essentielles sur les adultes de <i>T. confusum</i> après 24h d'exposition	39
3.	Analyse statistique.....	39
1.	Résultats de l'effet des huiles essentielles sur les adultes de <i>T. confusum</i> par inhalation....	42
1.1.	Effet de l'huile essentielle de la Lavande vraie (<i>L. officinalis</i>) à l'égard de <i>T. confusum</i> .	42

1.2 Effet de l'huile essentielle de Géranium rosat (<i>P. graveolens</i>) à l'égard de <i>T. confusum</i> ...	42
1.3 Résultats de l'analyse statistique pour les tests d'inhalation avec les deux huiles essentielles	43
1.4 Effet de la mixture des huiles essentielles de <i>L. officinalis</i> et de <i>P. graveolens</i> sur les adultes de <i>T. confusum</i>	44
2. Résultats de l'effet par répulsion des deux huiles essentielles sur les adultes de <i>T. confusum</i>	45
2.1 Effet répulsif de l'huile essentielle de <i>L. officinalis</i> à l'égard de <i>T. confusum</i>	45
2.2 Effet répulsif de l'huile essentielle de <i>P. graveolens</i> à l'égard de <i>T. confusum</i>	45
2.3 Effet répulsif de la mixture des huiles essentielles de <i>L. officinalis</i> et de <i>P. graveolens</i> sur les adultes de <i>T. confusum</i>	46
2. Discussion.....	47
Conclusion.....	Erreur ! Signet non défini.

Introduction

Introduction

Dans tous les pays du monde, les céréales constituent la base de l'alimentation humaine en tant que sources protéiques et énergétiques. Le blé occupe aujourd'hui 17 % de toutes les terres cultivées de la planète et est l'aliment de base de 35 % de la population mondiale (Ménard, 1992).

En Algérie, les céréales et leurs dérivés constituent la base du système alimentaire. Elles apportent plus de 60 % de l'énergie calorique et 75 à 80 % des protéines de la ration alimentaire nationale (Feillet, 2000). La consommation annuelle de produits céréaliers par habitant est d'environ 205 kg (Chehat, 2007).

Les céréales jouent un rôle crucial dans le développement des populations grâce à leur haute valeur énergétique (environ 3400 Kcal/kg de matière sèche), leur teneur en protéines adaptée aux besoins des organismes et leur facilité de transport et de stockage. Initialement destinées à l'alimentation humaine, leur usage s'est étendu à l'alimentation animale et à des fins industrielles (Balaid, 1986).

Les insectes sont les plus nuisibles, et ils sont très redoutés car leur seule présence est néfaste, et déprécie le stock tout entier, quelque soit leur nombre (Fleurrat-Lessard, 1982). Les pertes dues aux insectes sur les céréales et les légumineuses sont de l'ordre de 10% à 40% dans des pays où les technologies modernes de stockage n'ont pas été introduites (Hignard, 1985).

Toutefois, les denrées stockées sont très vulnérables aux attaques des insectes ravageurs, notamment *Tribolium confusum* (Jacqueline Duval) (Coleoptera : Tenebrionidae). Ces ravageurs endommagent les grains, causant des pertes à la fois qualitatives et quantitatives. Leur prolifération est principalement due à des conditions climatiques favorables à leur croissance et à leur survie. Certains ravageurs commencent à détruire les graines dès leur maturation et continuent pendant le stockage (Pruthi et Singh, 1950).

Face à ces inconvénients, les biopesticides apparaissent comme une solution alternative prometteuse. De nombreuses recherches s'orientent vers ces méthodes naturelles (Munyuli, 2003 ; Mukendi et al., 2014 ; Kanana et al., 2018). Depuis des siècles, les agriculteurs utilisent des techniques traditionnelles, incorporant des produits locaux tels que les minéraux, les huiles, et les extraits de plantes pour protéger les denrées contre les infestations et éviter les pertes dues aux dommages physiques, aux contaminations fongiques, et à la diminution de la qualité nutritionnelle (Regnault-Roger, 2005). A cet effet, les plantes aromatiques figurent parmi les insecticides botaniques les plus efficaces, et leurs huiles essentielles sont une source abondante de composés chimiques bioactifs. Les biopesticides dérivés de ces huiles essentielles peuvent jouer un rôle clé dans les programmes de gestion de la résistance des ravageurs aux pesticides (Isman, 2000).

Chapitre I :
*Généralités sur Tribolium
confusum*

Chapitre I : Généralités sur *Tribolium confusum*

1. Introduction

Les Ténébrionidés constituent l'une des plus vastes familles du règne animal comprenant plus de 15000 espèces décrites dont environ 600 sont associées aux produits stockés (Sing et prakach, 2015). Les Triboliums appartiennent à la famille des Ténébrionidés, ils sont parmi les plus importants ravageurs des produits stockés (Rees, 2004).

Selon Angelini et Jockusch (2008), le genre *Tribolium* inclut 36 espèces décrites qui sont réparties dans cinq groupes en fonction de quelques caractères morphologiques et leur distribution géographique, le groupe *Castaneum* inclut 10 espèces distribuées à travers le sud et le sud-est de l'Asie, le groupe *Myrmecophilum* connu d'Australie avec seulement deux espèces, le groupe *Confusum* d'Afrique contient 14 espèces, le groupe *Alicine* comprenant trois espèces endémiques au Madagascar et en dernier lieu, le groupe *Brevicornis* qui se trouve au nord et au sud de l'Amérique avec 7 espèces.

Balachowsky (1962), watt (1974) et Rees (2004) rapportent que les deux espèces du genre *Tribolium* qui causent les dégâts les plus importants aux denrées stockées sont *T. confusum* et *Tribolium castaneum*.

2. Position systématique

Selon (Duval, 1868), la classification de *T. confusum* est la suivante :

- Règne** : Animalia
- Sous-règne** : Bilateria
- Infra-règne** : Protostomia
- Super-embranchement** : Ecdysozoa
- Embranchement** : Arthropoda
- Sous-embranchement** : Hexapoda
- **Classe** : Insecta
- Sous-classe** : Pterygota
- Infra-classe** : Neoptera
- Super-ordre** : Holometabola
- Ordre** : Coleoptera
- Sous-ordre** : Polyphaga
- Infra-ordre** : Cucujiformia
- Superfamille** : Tenebrionoidea
- Famille** : Tenebrionidae
- Genre** : *Tribolium*
- **Espèce** : *Tribolium confusum*..

3. Origine et répartition géographique

L'espèce est probablement originaire d'Afrique (Dawson, 1977). Cependant, elle a acquis une répartition cosmopolite par le commerce, ce qui signifie qu'elle est présente dans le monde entier, avec une préférence pour les climats tempérés et très abondante dans les régions tropicales. Elle a été signalée pour la première fois en Europe en 1900 en Tchécoslovaquie. *T. confusum* existe là où les céréales stockées existent sous forme de graines ou de farines.

4. Description des différents stades de développement de *T. confusum*

4.1. L'œuf

Les œufs sont de forme ovale, sans sculpture et mesurent environ 0,6 mm de longueur et 0,35 mm de largeur. Ils sont de couleur blanchâtre presque transparente. Leur surface est lisse recouverte d'une substance visqueuse qui leur permet d'adhérer à la denrée infestée (Figure 1).

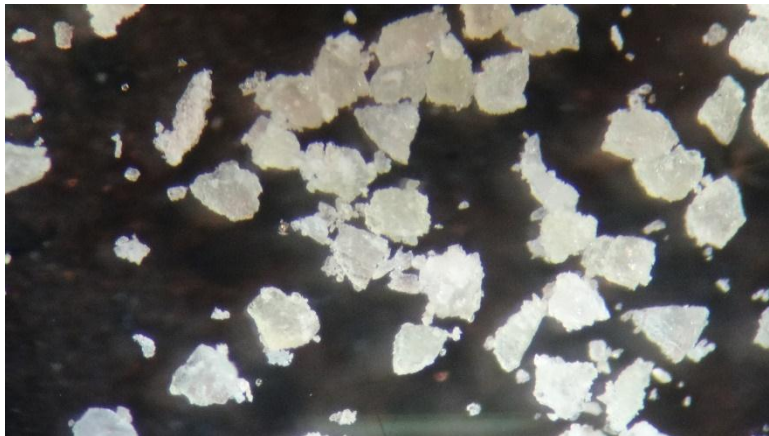


Figure 1 : Œufs de *T. confusum* enrobés de particules de farine G (10×4)
(Originale, 2025).

4.2. La larve

L'éclosion de l'œuf donne naissance à une larve vermiforme de couleur blanche qui devient progressivement jaune. Elle possède une paire de prolongements abdominaux appelés urogomphes et trois paires de pattes. Son corps est recouvert d'un tégument assez mou, petite de taille ne dépassant pas 1.4 mm. A l'achèvement de leur croissance, les larves âgées atteignent environ 6 à 7 mm de long, elles perdent progressivement leur mobilité et se transforment en nymphes (Fleurat-Lessard, 1982) (Figure 2).



Figure 2: Larve de *T. confusum* vue au G (10×4) (originale, 2025).

4.3 La nymphe

Les nymphes sont de couleur blanche, mais peu de temps après, les segments thoraciques et abdominaux deviennent plus distincts et prennent plus tard une couleur crème pâle. La nymphe est immobile et la puppe mâle mesure environ 3,25 - 4,15 mm de longueur et 0,95 - 1,25 mm de largeur, tandis que la puppe femelle est d'une longueur d'environ 3,6 - 4,0 mm et d'une largeur d'environ 0,25 - 1 mm. La nymphe reste sans protection et elle est incapable de se déplacer (Zohry, 2007). Le sexe des adultes de *T. confusum* peut être déterminé au stade nymphal (Figure 3).

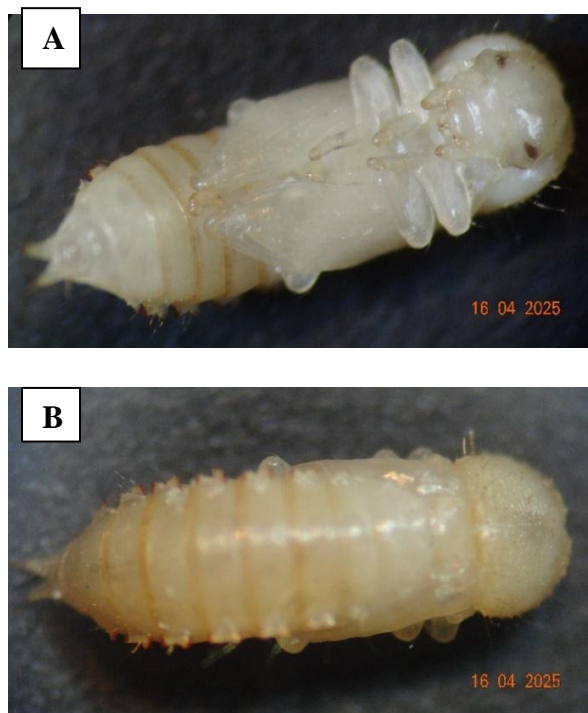


Figure 3 : La nymphe de *T. confusum* vue ventrale (A) et vue dorsale (B) (G×40) (Originale, 2025).

Chapitre I : Généralités sur *Tribolium confusum*

4.4 L'imago ou l'adulte

L'imago est de couleur brun clair, sa couleur de corps augmente rapidement au cours des premiers jours. *T. confusum* est une espèce de couleur brun-rouge mesurant moins de 4 mm. Son corps est aplati et ovale dont la tête et la partie antérieure du thorax sont densément couverts de points minuscules. Les élytres sont nettement peu carénés, non costiformes ventralement. L'espace interoculaire est très large environ 2,5 fois la largeur de l'œil, le canthus des joues très saillant au-dessus des yeux, la ponctuation du pronotum fine et espacée, non réticulée latéralement, les antennes sans véritable massue, progressivement épaissies vers l'extrémité (Calmont et Soldati, 2008). *T. confusum* possède des ailes membranaires bien développées, les antennes sont moniliformes avec les trois derniers segments élargis. La tête est visible de dessus et le thorax légèrement parallèle à ses côtés. Les pattes sont courtes et courbées, les tarses postérieurs sont formés de quatre articles et l'antenne composée de 11 anneaux qui ont une forme cylindrique (Zohry, 2007) (Figure 4).

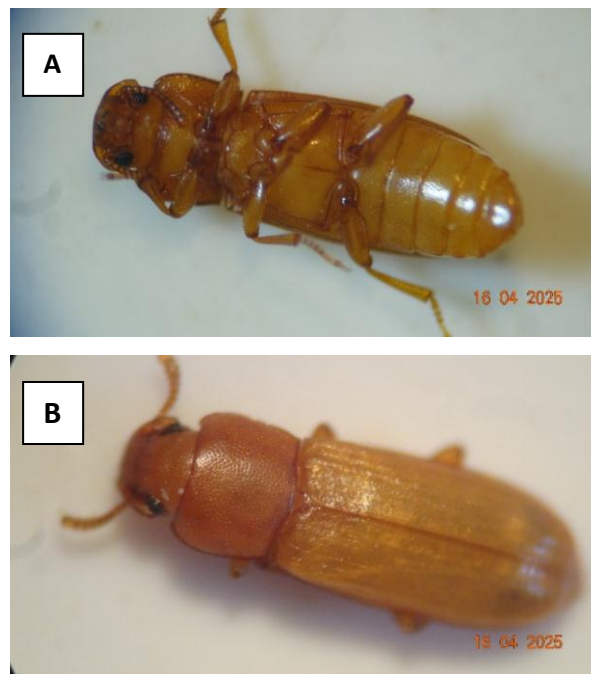


Figure4: L'imago de *T. confusum* en vue ventrale (A) et vue dorsale (B) (G ×40)
(Originale, 2025)

5. Biologie de *T. confusum*

Les adultes des *T. confusum* sont très actifs, quand ils sont dérangés, ils se déplacent avec rapidité. Leur durée de vie moyenne est d'environ un an. Les Triboliums sont des insectes holométaboles qui passent par une métamorphose complète durant laquelle les stades immatures ne ressemblent pas au stade adulte (Shanholtzer et Lumsden, 2012). La température optimale pour le développement du tribolium se situe entre 32°C et 35°C et sa croissance s'arrête en dessous de 22°C. D'après Robinson (2005), les conditions optimales pour le développement de *T. confusum* sont de 32,5°C et 70% d'humidité relative, le cycle est complété en 25 jours.

Chapitre I : Généralités sur *Tribolium confusum*

Selon Dawson (1964), les adultes de *T. confusum* peuvent commencer à s'accoupler de 17 à 20 heures après leur émergence, et dure de 3 à 15 minutes.

La femelle commence à pondre des œufs fertiles, 114 à 126 heures après la fécondation. Elle pond entre 300 et 400 œufs à raison de 2 à 11 œufs par jour, qui se fixent sur des matières alimentaires telles que la farine et les graines cassées grâce à une sécrétion collante. Les œufs éclosent au bout de 5 à 12 jours selon la température et l'humidité relative (Dawson, 1964).

La durée du stade larvaire est de 15 à 20 jours et le nombre de stades larvaires varie de 6 à 11 mais il est généralement de 8, l'émergence de l'adulte a lieu entre le 5^{ème} et le 7^{ème} jours après la nymphose à 32°C et une humidité relative de 70%.

A la fin du dernier stade larvaire, la larve s'immobilise, cesse de se nourrir et se transforme en nymphe immobile. Le stade nymphal dure en moyenne 8 jours et se transforme rapidement en adulte dans des conditions optimales. Le développement de l'œuf à l'adulte dure environ 6 semaines, mais le cycle évolutif ne se prolonge pas dans le temps froid.

Les adultes de *T. confusum* sont très polyphages, ce sont des cléthrotophages secondaires qui se nourrissent tant au stade larvaire qu'au stade adulte, et ils peuvent se nourrir aussi sur sept espèces de champignons. *T. confusum* exerce le cannibalisme, il dévore les œufs et les larves de son congénère (Steffan in Scotti, 1978) (Figure5).

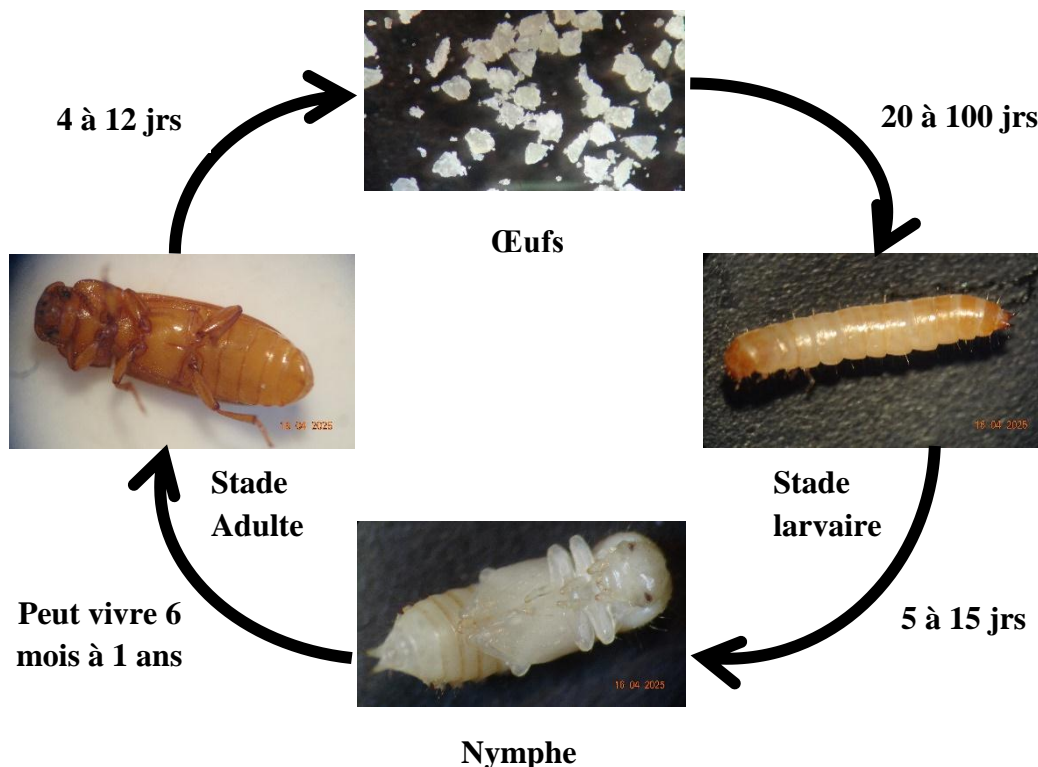


Figure 5: L'imago de *T. confusum* en vue ventrale (A) et vue dorsale (B) (G ×40) (Originale, 2025)

6. Les ennemis naturels de *T. confusum*

Good (1936) a signalé deux acariens : *Acarophenax tribolii* qui s'attaque beaucoup plus aux adultes, mais infeste également les œufs et les stades larvaires et *Pediculoides ventricosus* qui s'attaque aux adultes et parfois aux stades immatures de *Tribolium*. L'auteur signale également deux hyménoptères parasites de la famille des Bethyridae, *Rhabdepyris zea* et *Sclerodermus immigrans* et un coléoptère, *Tenebroides mauritanicus*, dont les adultes s'attaquent aux larves de *Tribolium*.

7. Alimentation et les dégâts causés par *T. confusum*

La petite taille de *tribolium* et ses pièces buccales de type broyeur lui permettent de s'infiltrer dans les contenants et les emballages fermés, il se nourrit de céréales, de farine, d'haricots, d'épices, de pâtes et de nombreux autres produits. Il attaque les grains endommagés ou brisés, il est incapable de perforer les grains non moulus. *T. confusum* est nuisible aussi bien à l'état larvaire qu'à l'état adulte (Brette, 2001).

Les denrées contaminées prennent une odeur désagréable et une coloration rosâtre qui proviennent des quinones sécrétées par les glandes abdominales des adultes, ce qui crée des conditions favorables pour le développement de moisissures, ce qui aggrave la détérioration des aliments, diminue leur valeur nutritif, cause des pertes économiques, des problèmes de santé car les aliments infestés peuvent provoquer des réactions allergiques et des troubles gastro-intestinaux (Lis et al., 2011) (Figure 6).

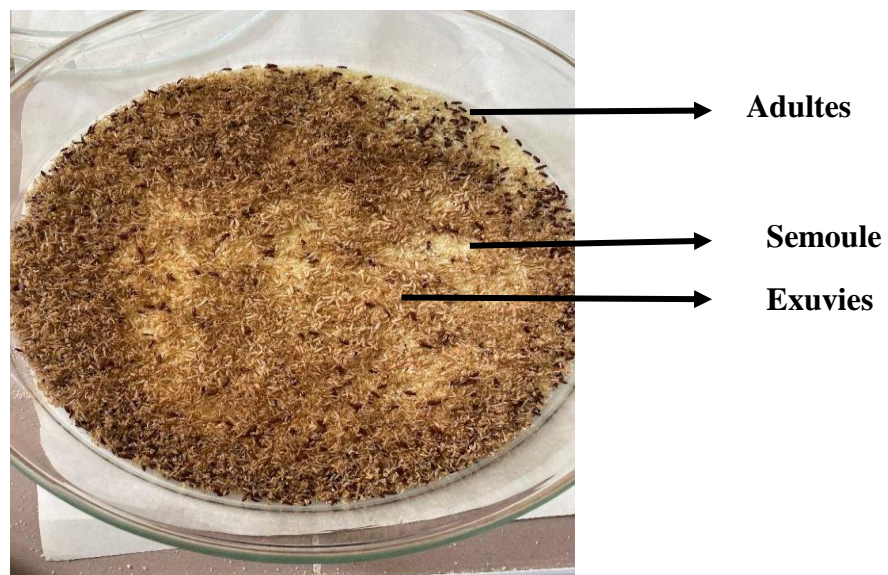


Figure 6: Dégâts de *T. confusum* sur la semoule (Originale, 2025).

8. La lutte

Plusieurs méthodes de lutte sont utilisées face à l'ampleur des dégâts causés par ces coléoptères. La lutte préventive se pratique avant l'installation des ravageurs et l'autre est curative s'utilise quand les lots sont déjà infestés.

8.1. Lutte préventive

La lutte préventive contre le *T. confusum* repose sur une combinaison de mesures d'hygiène et des pratiques de stockage rigoureuses, l'objectif principal est de créer un environnement défavorable à l'installation et à la prolifération de ces insectes, et pour se faire il faut respecter quelques consignes.

D'après Longstaff (1994), une aération bien contrôlée et une hygiène efficace permettent de réduire les problèmes liés aux ravageurs des grains stockés.

L'élimination complète des infestations persistantes est une étape indispensable après une vidange d'un local et ça avant toute une nouvelle réception de grains. Assurer la fraîcheur des aliments achetés. Pour stocker les denrées dans des contenants hermétiques, les grains doivent être séchés avant le stockage. Ces mesures sont indispensables pour empêcher toute infestation.

8.2. Lutte curative

La lutte curative intervient une fois qu'une infestation est constatée, elle vise à éliminer les insectes et à prévenir leur propagation.

8.2.1 Lutte physique

- **La chaleur :** Padhyay et Ahmad (2011) ont montré qu'un traitement thermique des grains à une température allant de 55°C à 65°C pendant 10 à 12 h peut tuer tous les stades de vie des ravageurs des grains stockés.
- **Le froid :** Les basses températures ralentissent l'activité biologique et provoquent la mort de certains ravageurs. A une température inférieure à 6°C, la larve ne peut pas pénétrer à l'intérieur de la graine (Serpeille, 1991 in Semsar, 2013). A une température de -1°C, les insectes ne peuvent pas survivre plus d'un mois (Labeyrie, 1962 in Semsar, 2013).

8.2.2 Lutte chimique

La lutte chimique reste la méthode la plus fréquemment utilisée. Elle implique l'utilisation des pesticides pour éliminer les insectes, malgré les problèmes de résistance qu'elle provoque chez l'insecte et malgré les effets nocifs sur l'environnement et la santé humaine. Elle reste la méthode la plus utilisée et la plus efficace (Dajoz, 2002 in Semsar, 2013). Elle comprend les insecticides de contact et les fumigants.

- **Insecticides de contact :** Sont des produits phytosanitaires conçus pour tuer les insectes en agissant directement sur leur corps par contact direct, le grain ou le

Chapitre I : Généralités sur *Tribolium confusum*

substrat est recouvert d'une pellicule de produit insecticide (les organochlorés, les organophosphorés, les pyréthrinoides de synthèse ou les carbamates) qui agit plus au moins rapidement et plus au moins longtemps sur les insectes (Dajoz, 2002 in Semsar, 2013).

▪ **Les fumigants :** Ils sont utilisés pour traiter les grands volumes comme les silos, et agissent sous forme de gaz. Le gaz a la capacité de pénétrer profondément à l'intérieur des grains et tue tous les insectes, même les formes cachées comme les larves, nymphes et adultes pré- émergents (Mohapatra et al., 2015).

8.2.3 Lutte biologique

La lutte biologique consiste à utiliser les ennemis naturels pour réguler les populations de ce ravageur tels que des parasitoïdes, des prédateurs (insectes, acariens, nématodes) ou des pathogènes (virus, bactéries, champignons) (Vanhuis, 1991), et ce mode de lutte a été particulièrement étudié en Afrique dans le cas de la bruche du niébé.

Cette approche présente l'avantage de réduire l'utilisation de pesticide chimique, de favoriser la durabilité des écosystèmes. Cependant elle requiert une connaissance approfondie dans la biologie des ravageurs.

8.2.4 Lutte biotechnologique

Elle englobe diverses techniques visant à perturber le comportement, la reproduction ou le développement de l'insecte. Les moyens utilisés dans cette méthode sont les phéromones de synthèse qui induisent un dérèglement du comportement des adultes par confusion de substances odorantes répulsives. Les IGR (Insect Growth Regulators) ou régulateurs de la croissance des insectes sont utilisés dans le contrôle de différents insectes ravageurs des grains stockés et causent des troubles de développement, ils sont efficaces à tel point que la descendance devient incapable de se reproduire (Gwinner et al., 1996 in Semsar, 2013).

8.2.5 La phytothérapie

Elle se base sur l'utilisation des parties actives des plantes appelées bio-insecticides qui remplacent les insecticides chimiques. Ces biopesticides peuvent être utilisés sous forme d'extraits de plantes, de poudres, de cendres, de plantes entières, d'huiles végétales ou d'huiles essentielles (Kumar, 2017).

Chapitre II :
Les huiles essentielles

Chapitre II : Les huiles essentielles

1. Définition

Le terme huile essentielle (HE) dérive de (quinta essentia), un mot donné par le médecin suisse Paracelsus von Hohenheim aux extraits de plantes obtenus par distillation à la vapeur d'eau.

Les huiles essentielles, appelées aussi essences sont des mélanges de substances aromatiques produites par de nombreuses plantes. L'huile essentielle est une substance qui ne contient aucun corps gras et constituée uniquement de molécules aromatiques volatiles présentes en minuscules gouttelettes sur les feuilles, les écorces de fruits, les résines, le bois. Elles sont présentes en faible quantité par rapport à la masse végétale (Padrini et Lucheroni, 1996).

Les huiles essentielles sont des messagers chimiques utilisés par les plantes aromatiques pour interagir avec leur environnement. Elles permettent d'éloigner les maladies, les parasites, mais aussi jouent un rôle protecteur face aux rayonnements du soleil. Les huiles essentielles jouent un rôle important dans la reproduction et la dispersion des espèces végétales puisqu'elles permettent d'attirer les insectes pollinisateurs (Bakkali et al., 2008).

2. Localisation

Les huiles essentielles peuvent être stockées dans tous les organes végétaux : les fleurs (bergamotier), les feuilles (eucalyptus, laurier), dans des écorces (cannelier), des bois (bois de rose, santal), des racines (vétiver), des rhizomes (curcuma, gingembre), des fruits (anis, badiane), des graines (muscade). Si tous les organes d'une même espèce peuvent renfermer une huile essentielle, la composition de cette dernière peut varier selon sa localisation (Bruneton, 2009). Elles sont produites par des glandes sécrétrices qui sont localisées sur presque toutes les parties de la plante. Leur sécrétion se fait au sein du cytoplasme de certaines cellules où s'agrège en petites gouttelettes comme la plupart des substances lipophiles (Bouamer et al., 2004).

3. Propriétés physiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont en général liquides à température ambiante, volatiles (leur volatilité augmente avec la chaleur), d'odeurs très fortes. Elles sont incolores, jaune pâle, au bien qu'elles soient lipophiles (solubles dans les huiles et les solvants organiques) mais insolubles dans l'eau, ce qui les fait flotter à sa surface. Elles s'oxydent au contact de l'air et de la lumière.

La densité de ces huiles essentielles est en général inférieure à 1, ce qui signifie qu'elles sont plus légères que l'eau, à l'exception de quelques huiles comme la cannelle ou le girofle.

Elles ont parfois un toucher gras ou huileux mais ce ne sont pas des corps gras, par évaporation elles peuvent être à l'état de vapeur sans laisser de traces, ce qui n'est pas le cas des huiles fixes (olive, tournesol) qui ne sont pas volatiles et laissent sur le papier une trace grasse persistante (Bousbia, 2011).

4. Composition chimique des huiles essentielles

Les constituants des huiles essentielles appartiennent à deux groupes : le groupe des terpènes ou terpénoïdes et celui des composés aromatiques dérivés du phénylpropane (Bakkali et al., 2008).

4.1 Les terpènes

Les terpènes sont les molécules les plus répandues dans les huiles essentielles. Ils sont produits par de nombreuses plantes, en particulier les conifères. Les terpènes ont des propriétés odoriférantes chez les végétaux. Ils leur servent de défense contre les insectes prédateurs ou pour les attirer pour leur pollinisation.

Les terpènes sont des molécules organiques de formule générale $(C_5H_8)_n$, constitués de molécules d'isoprène. Les terpènes peuvent être classés sur la base du nombre d'atomes de carbone présents dans leur structure en : monoterpènes (C₁₀), sesquiterpènes (C₁₅), diterpènes (C₂₀), triterpènes (C₃₀), tetraterpènes (C₄₀) et polyterpènes (C_n). D'après Breitmaier (2006), les terpènes peuvent être classés en fonction de leur squelette carboné : linéaire pour les acycliques et cyclique pour ceux qui contiennent un anneau.

4.1.1. Les monoterpènes

Les monoterpènes sont les composants les plus simples des terpènes, ils sont les constituants des huiles essentielles qui sont responsables de l'odeur caractéristique des plantes. Selon Weidenhamer et al. (1993), ces composés se rencontrent en tant qu'hydrocarbures ou dérivés oxygénés, arborant diverses fonctionnalités telles qu'aldéhyde (citronellal, néral), alcool (géraniol, linalool), cétone (carvone, menthone), ester (linalyl acétate, citronellyl acétate), éther (eucalyptol), peroxyde (ascaridole) et phénol (thymol, eugénol). Leur architecture carbonée peut en outre être acyclique, monocyclique, bicyclique ou tricyclique.

4.1.2 Les sesquiterpènes

Il s'agit de dérivés d'hydrocarbures en C₁₅H₂₂ (assemblage de trois unités isoprènes). C'est la catégorie de terpénoïde la plus diversifiée et ils sont moins volatils que les monoterpènes. Ils peuvent être divisés en deux grands groupes : les sesquiterpènes hydrocarbonés et les sesquiterpènes oxygénés. Ils sont divisés en plusieurs classes structurelles, acyclique, monocyclique, bicyclique, tricyclique, polycyclique.

Les sesquiterpènes de même que les monoterpènes présentent des structures très diverses : alcool (cedrol), cétone (germacrone), aldéhyde (sinensals), ester (acétate de cédryle) (Buckle, 2015). Les sesquiterpènes sont présents en faible quantité dans les plantes, sauf dans le bois des arbres. Ils sont intéressants pour traiter les pathologies artérielles. Ils sont utilisés dans les pathologies inflammatoires ou allergiques (figure 7).

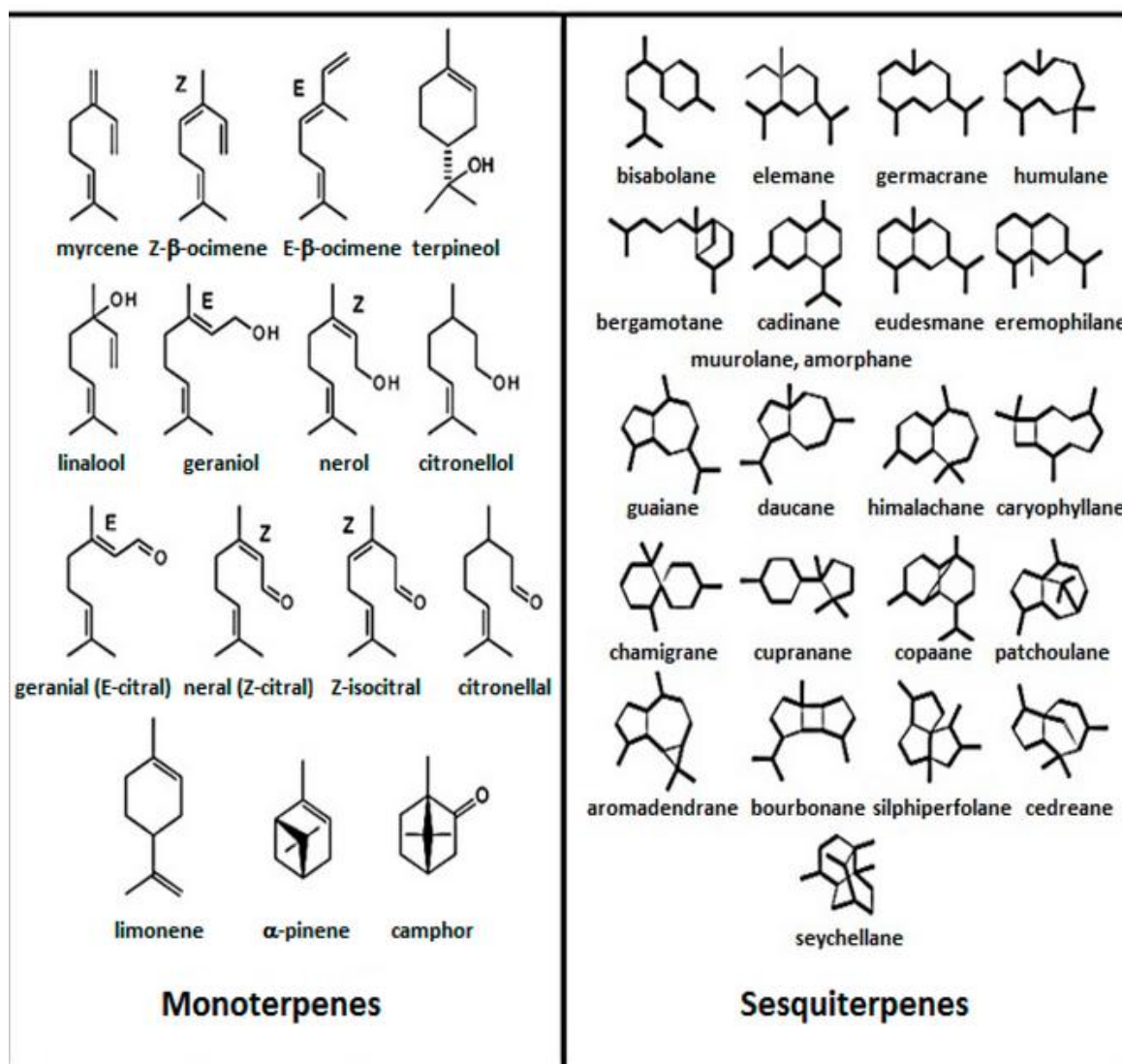


Figure 7: Structure de quelques terpènes (Dhifi et al., 2016).

4.1.3 Les diterpènes

Les diterpènes sont moins fréquents dans les huiles essentielles en raison de leur grande taille et de leurs points d'ébullition élevés, ce qui les rend difficilement entraînés à la vapeur d'eau lors de la distillation. Ils constituent cependant des composants majeurs des résines végétales (Price et Price, 2007).

4.2 Les composés aromatiques

Une autre classe de composés volatils fréquemment rencontrés est celle des composés aromatiques dérivés du phénylpropane (C₆ – C₃) (Kurkin, 2003). Les composés aromatiques comprennent des Aldéhydes (cinnamaldéhyde), des Alcools (alcool cinnamique), des Phénols (chavicol, eugénol), Dérivés méthoxy (anéthol, élémicine, estragole, méthyleugénol), des composés méthylène dioxy (apiole, myristicine, safrole). Elle comprend des composés odorants tels que la Vanilline, Eugénol, Anéthol, ainsi que de nombreux autres. L'anis, la cannelle, le clou de girofle, le fenouil, la muscade, le persil, le saffras, l'anis étoilé et

Chapitre II : Les huiles essentielles

l'estragon constituent les principales sources végétales de ces composés phénolique (Bakkali et al., 2008).

4.3 Composés d'origines diverses

Les huiles essentielles peuvent contenir d'autres produits provenant de la dégradation d'acides gras, généralement de faible masse moléculaire, entraînés lors de la distillation tels que les acides en C9 ou C12, les alcools ((3Z) -hexén-1-ol), les aldéhydes (octanal et décane), les esters (acétate d'hexényle) (Bruneton, 2009).

5. Méthodes d'extraction des huiles essentielles

Bien qu'actuellement, de nombreux procédés sont utilisés mais en général, elles peuvent être obtenues au moyen de la distillation à la vapeur ou l'hydrodistillation à partir de différentes parties de la plante, y compris la plante entière. Les plantes peuvent être fraîches, partiellement déshydratées ou séchées, mais dans le cas des fleurs, elles doivent être fraîches. D'autres méthodes d'extraction des huiles essentielles incluent l'expression à froid et l'enfleurage, ainsi que des techniques plus récentes comme l'extraction assistée par micro-ondes (Li et al., 2014). Le choix de la méthode dépendra de la partie de la plante sélectionnée, du rendement souhaité, de la durée d'extraction et du coût.

5.1 Hydro distillation

C'est une méthode d'extraction la plus simple et c'est une méthode parmi les plus anciennes, apporté par les Arabes au IX^{ème} siècle.

Le principe de cette méthode, la matière végétale (entière ou broyée) est immergée dans un alambic rempli d'eau, porté le mélange ensuite à l'ébullition en dessous de 100°C. La chaleur permet l'éclatement des cellules végétales et la libération des molécules aromatiques qu'elles contiennent. Les vapeurs hétérogènes sont condensées sur une surface froide et l'huile essentielle se sépare de l'eau par différence de densité. La durée d'une hydrodistillation peut considérablement varier, pouvant atteindre plusieurs heures selon le matériel utilisé et la matière végétale à traiter.

L'hydrodistillation est une technique traditionnelle efficace pour extraire les huiles essentielles, particulièrement des plantes moins résistantes. Cette méthode présente l'avantage d'être simple et relativement peu coûteuse. Cependant, la chaleur et le contact direct avec l'eau chaude peuvent entraîner la dégradation de certaines molécules, notamment dans le cas des fleurs délicates.

Chapitre II : Les huiles essentielles

Une fois extraite, l'huile essentielle doit être conservée et ceci pour éviter la formation des produits d'oxydation, notamment les peroxydes (Kaloustian et Hadji-Minaglou, 2012) (Figure 8).

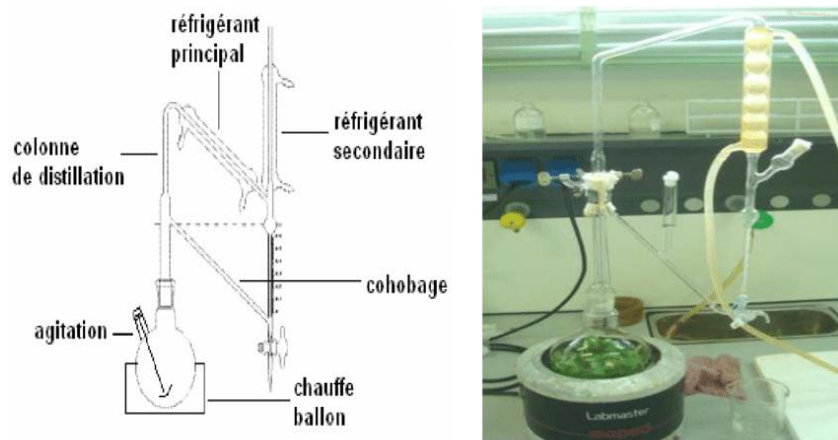


Figure 8: Montage d'hydrodistillation (El haib, 2011).

5.2 Autres méthodes d'extraction

- **Distillation à la vapeur d'eau (Entraînement à la vapeur)**

Principe : La vapeur d'eau saturée traverse la matière végétale placée dans un alambic, sans contact direct avec l'eau bouillante. La vapeur provoque la rupture des glandes contenant les huiles essentielles, qui se diffusent dans la vapeur (Kaloustian et Hadji-Minaglou, 2012).

- **Expression à froid (Pression mécanique)**

Principe : Extraction mécanique sans chauffage, par pression ou broyage des écorces de fruits (notamment agrumes : citron, orange, bergamote) (Ferhat et al., 2016).

- **Extraction par solvants volatils**

Principe : La matière végétale est mise en contact avec un solvant organique volatil qui dissout les huiles essentielles. Le solvant est ensuite évaporé en vapeur (Kaloustian et Hadji-Minaglou, 2012).

- **Extraction au CO₂ supercritique**

Principe : Utilisation du dioxyde de carbone à l'état supercritique (entre liquide et gaz) comme solvant pour extraire les huiles essentielles (Peterson et al., 2006).

Chapitre II : Les huiles essentielles

- Extraction par micro-ondes (SFME - Solvent-Free Microwave Extraction)

Principe : Chauffage par micro-ondes combiné à une distillation sèche, accélérant la libération des huiles essentielles (Wang et al., 2006).

6. Les activités biologiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles présentent diverses activités biologiques d'intérêt médical et pharmaceutique :

- **Activité antibactérienne** : Plusieurs études ont démontré l'activité antibactérienne des huiles essentielles, se traduisant par l'inhibition de la croissance bactérienne. Cette activité est évaluée in vitro par la méthode de diffusion des disques vis-à-vis des bactéries. L'effet peut être bactéricide ou bactériostatique (Deans et Ritchie, 1987).
- **Activité antifongique** : Les huiles essentielles présentent un effet significatif contre les champignons et sont utilisées pour traiter les infections fongiques chez l'homme, les animaux et les plantes. Parmi les composés actifs contre les champignons, on trouve les aldéhydes aromatiques et les monoterpènes (Hammer et al., 1996 ; Preuss et al., 2005 ; Piochon, 2008 ; Bezza et al., 2010).
- **Activité antivirale** : Les huiles essentielles ont démontré une excellente activité antivirale. De nombreux constituants, tels que les phénols terpéniques et aromatiques, les alcools monoterpéniques, et les aldéhydes monoterpéniques et aromatiques, ont montré cette activité (Carson et Hammer, 2011).
- **Activité antiparasitaire** : Certains constituants des huiles essentielles, tels que les alcools monoterpéniques, les phénols et certains oxydes, présentent une activité contre les parasites protozoaires et métazoaires, tels que les leishmanies et les vers (Bezza et al., 2010 ; Fabre, 2017).
- **Activité insecticide** : Les principaux composants des huiles essentielles, tels que les monoterpènes et les éthers-oxydes (comme l'eucalyptol et le limonène), ont une toxicité sur les insectes nuisibles aux grains (Lee et al., 2001 ; Burt, 2004 ; Serikouassi et al., 2004).
- **Activité antioxydante** : Les phénols et les polyphénols des huiles essentielles possèdent une capacité antioxydante. Cette propriété est utilisée comme substitut dans la conservation alimentaire et pour traiter les maladies causées par les réactions d'oxydation (Richard, 1992 ; Mighri et al., 2009 ; Shaaban et al., 2012).

7. Présentation des plantes aromatiques étudiées

7.1 La lavande vraie (*Lavandula officinalis*)

7.1.1 Description botanique

La lavande officinale est une plante vivace herbacée, qui prend la forme d'un sous-arbrisseau, mesurant de 30 à 60 cm de haut. Elle possède une racine pivotante. Sa tige est ligneuse, longue, quadrangulaire, étroite et de couleur gris-vert. Les feuilles sont opposées décussées, parfois verticillées, simples et entières, de couleur gris vert. Elles sont de forme allongée et pointue dont le bord est roulé et mesurent 3 à 5 cm de long. Elles sont persistantes et aromatiques, comportent des poils non glanduleux sans stipules. Les bractées sont d'un brun jaunâtre, marquées de 5 à 7 nervures principales très distinctes, dont le contour est triangulaire, se détachant facilement de l'axe de l'épi. Les fleurs sont courtement pédonculées et disposées en épis de six ou dix groupes dont les plus inférieurs sont séparés des supérieurs. Elles sont portées par des bractées aussi larges que longues. Le calice est brièvement cotonneux. Les fleurs se caractérisent par la présence de quatre étamines didynames surmontées d'anthères ovoïdes (Maud, 2013) (Figure 9).



Figure 9: La lavande vraie ou *Lavandula officinalis* (Anonyme, 2020).

Chapitre II : Les huiles essentielles

7.1.2 Position systématique

Selon Cronquist, 1981 *Lavandula officinalis* est classée comme suit :

Règne :Plantae

Sous-règne :Tracheobionta

Division :Magnoliophyta

Classe :Magnoliopsida

Sous-classe :Asteridae

Ordre :Lamiales

Famille :Lamiaceae

Genre :*Lavandula*

Espèce : *Lavandula officinalis* (Mill, 1768).

7.1.3 Origine géographique

La lavande trouve ses origines dans la région méditerranéenne, notamment dans les zones qui constituent aujourd'hui le sud de la France, Espagne, et l'Italie. Les conditions climatiques de cette région, hivers doux, étés chauds et ensoleillés, et un sol bien drainé étaient parfaites pour la croissance de cette plante robuste résiliente. En Algérie, *L. officinalis* pousse au Hoggar et le Tassili, le Tibesti et le plateau de l'Ennedi au Tchad ainsi que le Jebel Marra au Soudan (Belmont, Maud 2013).

7.1.4 Composition chimique

Selon Valnet (1964), l'huile essentielle de la Lavande vraie est composée d'alcools monoterpéniques (60% à 65 %) dont 20 à 50 % de linalol et d'esters terpéniques dont 25 à 46 % d'acétate de linalyle.

7.1.5 Domaine d'application

L'huile essentielle de *L. officinalis* est traditionnellement utilisée pour améliorer les situations suivantes : Affections cutanées infectieuses, cicatricielles ou allergiques : eczéma, psoriasis, prurit (démangeaisons), escarres, ulcères, vergetures, cicatrices.

Elle va être prescrite pour soigner les brûlures et petites plaies, pour améliorer l'acné et la couperose, pour calmer les piqûres d'insectes, pour régénérer une peau vieillissante. La lavande a aussi des bienfaits pour les cheveux, apaisant les petites affections du cuir chevelu (Aroma Zone, 2025).

Chapitre II : Les huiles essentielles

7.2 Géranium rosat (*Pelargonium graveolens*)

7.2.1 Description botanique

Le pélargonium se présente sous un grand nombre de forme de croissance, y compris les annuelles herbacées et les arbustes, les sous-arbrisseaux, les succulentes à tige et les géophytes (Roschenbleck et al., 2014).

Les tiges dressées portent des fleurs à cinq pétales en grappes en forme d'ombelle, qui sont parfois ramifiées parce que toutes les fleurs n'apparaissent pas simultanément, mais s'ouvrent du centre vers l'extérieur, cette forme d'inflorescence est appelée pseudo-ombelles.

Les feuilles sont généralement alternes, palmées ou pennées, souvent portées sur de longs pétioles et parfois ornées de motifs clairs ou foncés. Elles possèdent une cuticule épaisse qui les rend plus tolérantes à la sécheresse (Figure 10).

La fleur présente un seul plan de symétrie (zygomorphe), ce qui la distingue de la fleur de géranium, qui présente une symétrie radiale (actinomorphe). Ainsi, les trois pétales inférieurs (antérieurs) se distinguent des deux pétales supérieurs (postérieurs). Le sépale postérieur est fusionné avec le pédicelle pour former un hypanthium (tube nectaire). Les étamines varient de 2 à 7, et leur nombre, leur position par rapport aux staminodes et leur courbure permettent d'identifier les espèces. (Röschenbleck et al., 2014).



Figure 10: Partie aérienne de *Pelargonium graveolens* (Originale, 2025).

Chapitre II : Les huiles essentielles

7.2.2 Position systématique

Selon L'Héritier de Brutelle, un botaniste français du XVIII^e siècle, le géranium rosat est classé comme suit :

Règne :Plantae

Division :Magnoliophyta

Classe :Magnoliopsida

Ordre :Geraniales

Famille :Geraniaceae

Genre :*Pelargonium*

Espèce : *Pelargonium graveolens*.

7.2.3 Origine géographique

Selon Medley et Bolus (1910), le géranium est originaire de la province du Cap en Afrique du Sud. Il est cultivé commercialement en France, en Belgique, en Espagne, au Maroc, à Madagascar, en Égypte, à la Réunion, au Congo, en Chine, en Inde et dans les pays de l'ex-URSS.

Le pélargonium est un vaste genre de la famille des Géraniacées, réparti dans le monde entier.

7.2.4 Composition chimique

L'analyse par chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse de l'huile essentielle des parties aériennes de *P. graveolens*, obtenue par hydrodistillation, a permis d'identifier 96,86% de ses constituants. Les composants majeurs sont : le citronellol (19,22%), le géraniol (14,03%) et le formiate de citronellyle (10,02%) (Atailia et Djahoudi, 2015).

7.2.5 Domaine d'application

Le pélargonium couramment utilisé en médecine traditionnelle pour soulager divers maux tels que : les hémorroïdes, la dysenterie et l'inflammation. Il a également des propriétés anti-infectieuses. Il agit également comme un agent antibactérien et expectorant, favorisant la lutte contre les infections respiratoires telles que la bronchite, la sinusite, le rhume, en empêchant le développement d'agents pathogènes sur les muqueuses pulmonaires. Par ailleurs, il présente des vertus antimycosiques. De plus, il trouve des applications importantes dans les industries de la parfumerie, du cosmétique et de l'aromathérapie (vaalnet, 1990).

Chapitre III :
Matériel et méthodes

Chapitre III : Matériel et méthodes

La partie expérimentale de notre travail a été réalisée dans le laboratoire d'Entomologie Appliquée de la faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. L'étude effectuée vise à étudier le pouvoir insecticide de deux huiles essentielles Géranium rosat (*Pelargonium graveolens*), et Lavande vraie (*Lavandula officinalis*) contre l'insecte ravageur des stocks *T. confusum*.

1. Matériel

1.1 Matériel de laboratoire

Pour la réalisation de nos expériences, nous avons utilisé les outils et les appareils suivants :

- Une étuve réfrigérée et réglée à une température de 32°C et une humidité relative de 60%, qui correspondent aux conditions optimales de développement de *T. confusum*.
- Des bocaux en verre pour les élevages de masse des adultes de *T. confusum*.
- Des flacons en plexiglas pour les tests par inhalation des huiles essentielles.
- Des boîtes de Pétri en plastique de 5,2 cm de diamètre et de 1,2 cm de hauteur.

- Des boîtes de Pétri en plastique de 8.5 cm de diamètre et 1,5 cm de hauteur pour les tests de répulsivité.
- Des micropipettes pour le pipetage des huiles essentielles.
- Une balance de précision pour peser la semoule.
- Une loupe binoculaire.
- Papier filtre pour les tests par inhalation et de répulsivité.
- L'acétone comme solvant.
- D'autres outils de manipulation ont été également utilisés (pinceaux, ciseaux, scotch, fil fin, aiguille, étiquettes, bassine, tamis...) (Figure 11).

Chapitre III : Matériel et méthodes

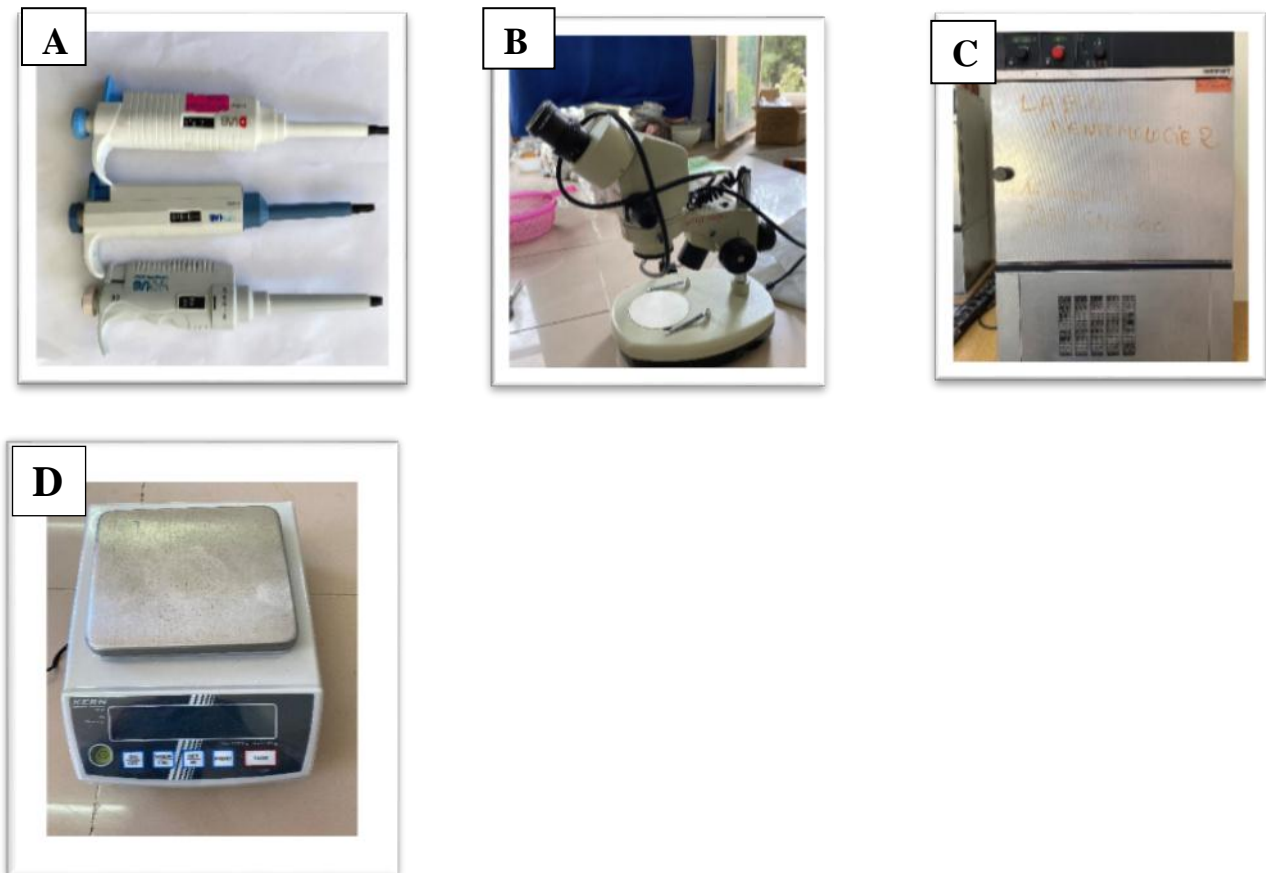


Figure 11: Matériel de laboratoire utilisé (Originale, 2025) (A) Micropipettes, (B) Loupe binoculaire, (C) Etuve réfrigérée, (D) Balance de précision.

1.2. Matériel végétal

- **Le substrat**

Nous avons utilisé de la semoule fine achetée sur le marché local comme substrat alimentaire. Elle a été conservée au réfrigérateur pendant toutes les étapes de l'expérimentation pour prévenir toute contamination.

- **Les huiles essentielles utilisées**

Les huiles essentielles de géranium rosat et de la lavande vraie testées durant notre travail proviennent d'un point de vente de la région de Yakouren (Tizi-Ouzou). Nos huiles essentielles sont conservées dans des flacons en verre coloré à fermeture étanche à une température de 5°C (Figure 12).



Figure 12: Les deux huiles essentielles utilisées Géranium rosat et la Lavande vraie (Originale, 2025).

1.3. Matériel animal

Les adultes de *T. confusum* utilisés dans notre expérimentation proviennent d'un élevage de masse réalisé sur de la semoule fine, à partir d'une souche issue du laboratoire d'Entomologie II appliquée de la faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomique de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

2. Méthodes

2.1. Elevage de masse

- L'élevage de masse des adultes de *T. confusum* est réalisé dans des bocaux en verre remplis à moitié de semoule. Des mâles et des femelles d'âges indéterminés sont introduits dans chaque bocal dont le couvercle est perforé de petits trous d'aération (Figure 13).
- Les bocaux sont placés dans une étuve obscure et réglée à une température de 32°C et une humidité relative de 60%. Au bout d'une semaine, les adultes sont retirés, laissant les œufs évoluer jusqu'à l'émergence des adultes de la première génération.
- Les adultes âgés de 0 à 7 jours sont utilisés dans les différents tests. Cet élevage permet de fournir un nombre suffisant d'adultes pour les différents tests biologiques.



Figure 13: Elevages de masse des adultes de *T. confusum* (Originale, 2025).

2.2. Tests biologiques

2.2.1 Test d'inhalation

- Ce test consiste à étudier l'effet par inhalation des deux huiles essentielles de *L. officinalis* et de *P. graveolens* sur la mortalité des adultes de *T. confusum*.
- Nous avons utilisé des flacons en plexiglas de 50 ml de volume, à la face interne du couvercle de chaque flacon, nous avons fixé du fil auquel est attaché le papier filtre coupé en petits cercles. Ces derniers sont imbibés de l'huile essentielle de *P. graveolens* ou de *L. officinalis* à différents doses (50, 100, 150 et 200 μ l) à l'aide d'une micropipette. Le choix de ces doses est le résultat de plusieurs essais préliminaires.
- Vingt adultes de *T. confusum* âgés de 0 à 7 jours sont introduits dans chaque flacon contenant 3g de semoule fine. Parallèlement, un témoin est réalisé sans l'huile.
- Pour chaque dose, nous avons réalisé trois répétitions, et nous avons varié la durée d'exposition : 24h, 48h, 72h (Figure 14).
- A la fin de la durée d'exposition les insectes sont transférés dans de petites boîtes de Pétri, et le comptage des individus morts est effectué 24h après le traitement.

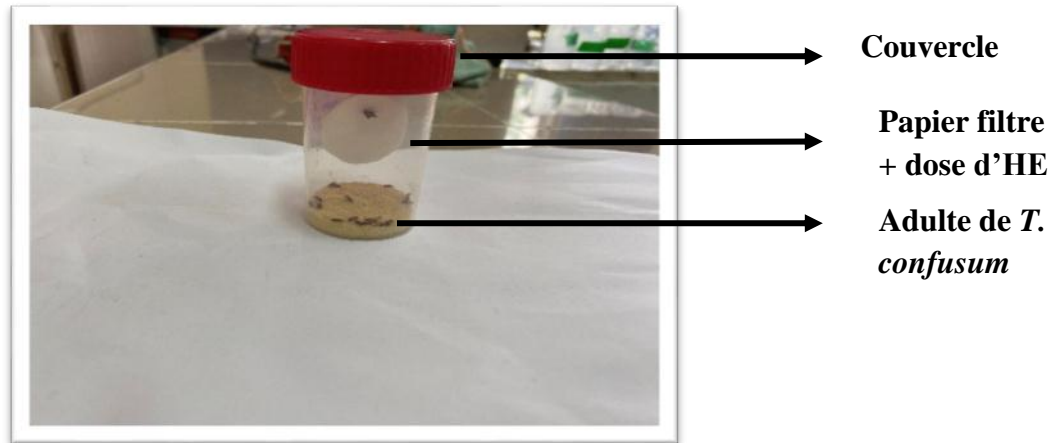


Figure 14: Dispositif expérimental du test d'inhalation sur les adultes de *T. confusum* traités par les différentes doses des deux huiles essentielles (Originale, 2025).

❖ **Effet par inhalation de la mixture des deux huiles essentielles sur les adultes de *T. confusum* après 24h d'exposition**

Pour cela, nous avons suivi le même protocole expérimental que pour le test d'inhalation décrit précédemment. Pour la réalisation de ce mélange nous avons imbibé les cercles de papier filtre avec la mixture des deux huiles essentielles qui est composée de 50 μ l d'huile essentielle de lavande vraie et de 50 μ l d'huile essentielle de géranium rosat.

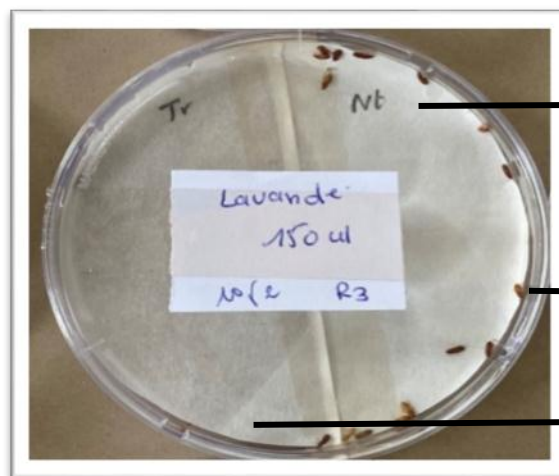
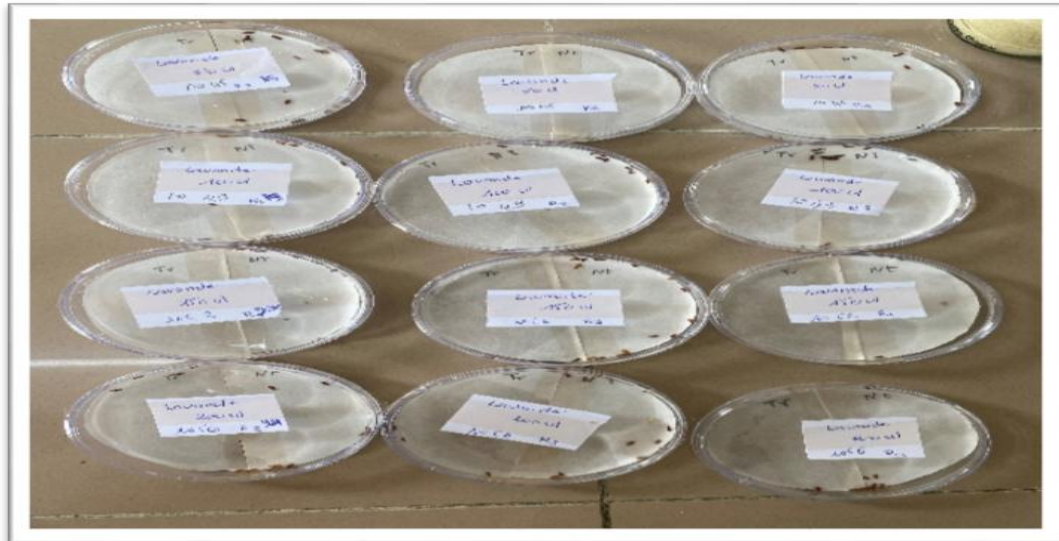
2.2.2. Test de répulsivité

Ce test consiste à étudier l'effet répulsif des deux huiles essentielles de *P. graveolens* et de *L. officinalis* sur les adultes de *T. confusum*, en utilisant la méthode de la zone préférentielle sur le papier filtre.

- Pour cela, nous avons découpé en deux parties égales des disques de papier filtre de 8.5 cm de diamètre, puis une des parties est traitée avec différentes doses (50, 100, 150, 200 μ l) d'une huile essentielle diluée dans 500 μ l d'acétone (partie traitée = TR), et l'autre est traitée uniquement avec le même volume d'acétone (partie non traitée = NT).
- Après évaporation du solvant, les deux parties traitées et non traitées sont rassemblées par une bande adhésive et placées au fond d'une boîte de Pétri de 8.5 cm de diamètre et 1.5 cm de hauteur.

Chapitre III : Matériel et méthodes

- Ensuite, vingt *Tribolium* adultes sont placés au milieu de la boîte de Pétri. Trois répétitions sont réalisées pour chaque dose.
- Après une demi-heure de traitement, nous comptons le nombre d'individus présents sur chacune des deux parties (Figure 15).



Partie non traitée
(Témoin)

Adulte de *T.*
confusum

Partie traitée
avec l'HE

Figure 15: Dispositif expérimental du test de répulsivité sur les adultes de *T. confusum* (Originale, 2025).

Chapitre III : Matériel et méthodes

Le pourcentage de répulsion (PR), induit par les huiles essentielles sur les adultes de *T. confusum* est calculé selon la formule de MC Donald et al. (1970).

$$PR\% = \frac{N_t - T_r}{N_t + T_r} \times 100$$

NT = nombre d'individus présents dans la partie traitée avec l'acétone uniquement.

TR = nombre d'individus présents dans la partie traitée avec l'huile essentielle diluée dans l'acétone.

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

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

Classe	Intervalle de répulsion	Propriétés
Classe 0	PR < 0.1%	Très faiblement répulsif
Classe I	0.1% < PR	Faiblement répulsif
Classe II	20% < PR ≤ 40%	Modérément répulsif
Classe III	40% < PR ≤ 60%	Moyennement répulsif
Classe IV	60% < PR ≤ 80%	Répulsif
Classe V	80% < PR ≤ 100%	Très répulsif

❖ Effet par répulsion de la combinaison des deux huiles essentielles sur les adultes de *T. confusum* après 24h d'exposition

Ce test consiste à évaluer l'effet biocide de l'association de deux huiles essentielles à l'égard des adultes de *T. confusum* et ce par répulsion.

Pour cela nous avons réalisé des tests de répulsion, comme ça été décrit auparavant. Le mélange testé est composé de 50 µl d'huile essentielle de lavande vraie et de 50 µl de géranium rosat.

3. Analyse statistique

Les résultats obtenus sont soumis à une analyse de la variance (ANOVA) à trois critères de classification (Dose, Temps d'exposition, Huile essentielle) à l'aide du logiciel Stat Box version 6.40 et ceci afin de déterminer l'action de l'huile essentielle vis-à-vis des adultes de *T.*

Chapitre III : Matériel et méthodes

confusum et analyser les différents paramètres étudiés. Lorsque cette analyse montre des différences significatives entre les différents traitements, elle est complétée par le test de Newman et Keuls au seuil de 5% pour déterminer les groupes homogènes (Dagnelie, 1975). Selon la valeur de la probabilité (P), nous avons :

- $P > 0.05$: différence non significative.
- $0.01 < P \leq 0.05$: différence significative.
- $0.001 < P \leq 0.01$: différence hautement significative.
- $P \leq 0.001$: différence très hautement significative.

Chapitre IV :
Résultats et Discussion

1. Résultats de l'effet des huiles essentielles sur les adultes de *T. confusum* par inhalation

1.1. Effet de l'huile essentielle de la Lavande vraie (*L. officinalis*) à l'égard de *T. confusum*

Les résultats de l'activité insecticide par inhalation de l'huile essentielle de la lavande vraie à l'égard des adultes de *T. confusum* sont illustrés dans la figure suivante :

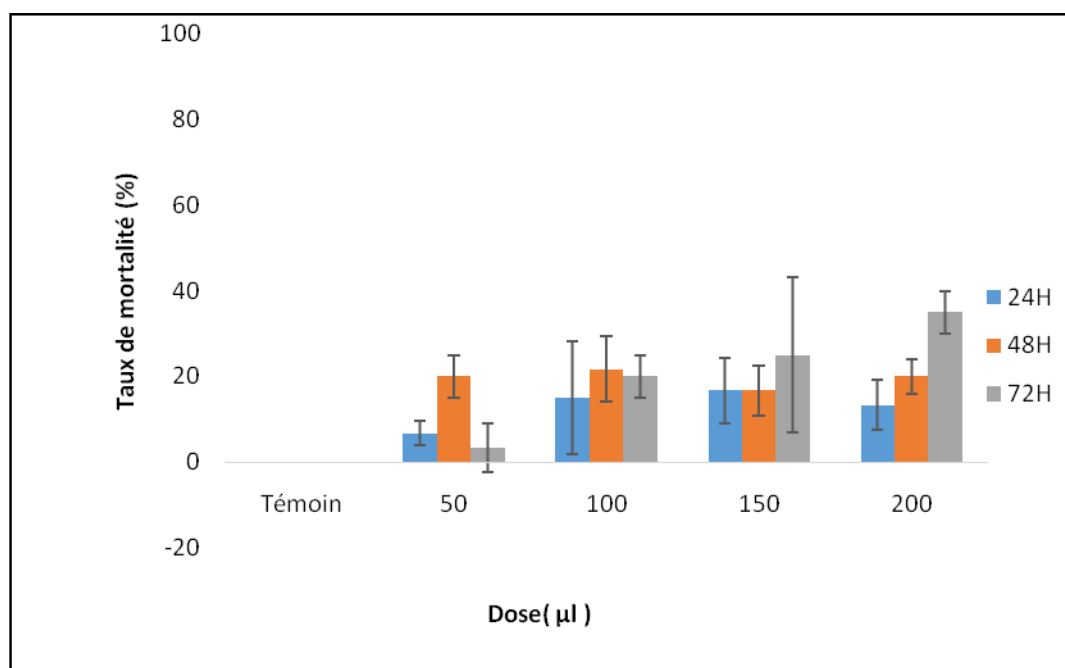


Figure 16 : Taux de mortalité moyen (moyennes \pm écart-type) des adultes *T. confusum* traités par inhalation avec l'huile essentielle de *L. officinalis* en fonction de la dose et de la durée d'exposition.

Les résultats obtenus montrent que l'huile essentielle la lavande vraie a une activité insecticide par inhalation vis-à-vis des adultes de *T. confusum*. Globalement, la toxicité de cette huile essentielle augmente avec la dose et le temps d'exposition. L'effet fumigant s'observe dès la plus faible dose utilisée (50 μl), après 24 h de fumigation avec un taux de mortalité de 6%. Ce dernier ne dépasse pas 35% avec la plus forte dose testée (200 μl), après 72 h d'exposition. Le taux de mortalité dans les lots témoins qui n'ont subi aucun traitement est nul.

1.2 Effet de l'huile essentielle de Géranium rosat (*P. graveolens*) à l'égard de *T. confusum*

L'huile essentielle de géranium rosat ne présente aucune activité insecticide à l'égard des adultes de *T. confusum*, nous avons enregistré un taux de mortalité nul (0%) même à la forte dose de (200 μl) et pour les trois temps testés (24h, 48h et 72h).

Chapitre IV : Résultats et Discussion

1.3 Résultats de l'analyse statistique pour les tests d'inhalation avec les deux huiles essentielles

Les résultats obtenus des tests d'inhalation sont soumis à une ANOVA à trois critères de classification (dose, temps d'exposition et huile).

Les résultats de l'analyse de la variance montrent l'existence d'une différence très hautement significative ($P = 0.0000$) pour les effets des facteurs : dose, huile ainsi que pour l'interaction (dose \times huile), et une différence significative pour les effets des facteurs : temps ainsi que pour les interactions (dose \times temps), (temps \times huile), et (dose \times temps \times huile) (Tableau 2).

Tableau 2 : Résultats de l'analyse de la variance de la toxicité des deux huiles essentielles par inhalation sur les adultes de *T. confusum*.

	S.C.E	D DL	C.M.	TEST F	PROB A	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	10698,89	89	120,212				
Dose (Facteur 1)	1540,554	4	385,138	14,005	0		
Temps (Facteur 2)	173,889	2	86,944	3,162	0,04831		
Huile (Facteur 3)	4551,11	1	4551,11	165,495	0		
Dose * temps	534,445	8	66,806	2,429	0,02401		
Dose * huile	1540,558	4	385,139	14,005	0		
Temps * huile	173,889	2	86,945	3,162	0,04831		
Dose* temps* huile	534,443	8	66,805	2,429	0,02401		
VAR.RESIDUELLE 1	1650	60	27,5			5,244	73,74%

Tableau 3 : Résultat du test de Newman et Keuls concernant l'effet des doses des deux huiles essentielles testées par inhalation sur les adultes de *T. confusum*.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
5.0	D5 = 200 μ l	11,389	A		
4.0	D4 = 150 μ l	9,722	A		
3.0	D3 = 100 μ l	9,444	A		
2.0	D2 = 50 μ l	5		B	
1.0	D1 = 0 μ l	0			C

Chapitre IV : Résultats et Discussion

Le test Newman et Keuls, au seuil de signification de 5%, classe les différentes doses dans trois groupe homogène A, B et C. Le témoin appartient au groupe C avec une moyenne de 0, la dose 50 µl appartient au groupe B avec une moyenne de 5 et les doses 100 µl, 150 µl et 200 µl appartiennent au groupe homogène A avec des moyennes de 9.44, 9.72 et 11.38 respectivement (Tableau 3).

Tableau 4 : Résultat du test de Newman et Keuls concernant l'effet du temps d'exposition des deux huiles essentielles testées par inhalation sur les adultes de *T. confusum*.

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES
3.0	T3 = 48H	8,333	A
2.0	T2 = 48H	7,833	A
1.0	T1= 24H	5,167	A

Les résultats de test Newman et Keuls, au seuil de signification de 5%, révèle que les différents temps d'exposition appartiennent au même groupe homogène A (Tableau 4).

Tableau 5 : Résultat du test de Newman et Keuls concernant l'effet des deux huiles essentielles testées par inhalation sur les adultes de *T. confusum*.

F3	LIBELLES	MOYENNE S	GROUPES HOMOGENES	
1.0	H1 Lavande	14,222	A	
2.0	H2 Géranium	0		B

Le test de Newman et Keuls, au seuil de signification de 5%, classe l'huile essentielle de la lavande vraie (*L. officinalis*) dans le groupe homogène A enregistrant une mortalité de 14.22%, elle manifeste une toxicité supérieure à celle de géranium rosat (*P. graveolens*) classée dans le groupe homogène B avec une mortalité moyenne égale à 0% (Tableau 5).

1.4 Effet de la mixture des huiles essentielles de *L. officinalis* et de *P. graveolens* sur les adultes de *T. confusum*

Aucun effet toxique n'a été observé lors du test d'inhalation avec la mixture des deux huiles essentielles, la mortalité des adultes de *Tribolium confusum* étant restée nulle pour toutes les doses et durées d'exposition testées.

Chapitre IV : Résultats et Discussion

2. Résultats de l'effet par répulsion des deux huiles essentielles sur les adultes de *T. confusum*

2.1 Effet répulsif de l'huile essentielle de *L. officinalis* à l'égard de *T. confusum*

L'évaluation de la répulsivité de l'huile essentielle à l'égard des adultes de *T. confusum* est estimée après 30 mn d'exposition à différentes doses de l'huile essentielle testée.

Nous constatons que le taux de répulsion de l'huile essentielle de *L. officinalis* est proportionnel à la dose, c'est ainsi qu'à la dose de 50 µl le pourcentage de répulsivité est de 43.33%, pour atteindre un taux de 76.66% à la dose de 150 µl. Le pourcentage moyen de répulsivité est de 60.83%, donc l'huile de la lavande appartient à la classe IV, selon le classement de Mc Donald et ses collaborateurs (1970) (Tableau 6).

Tableau 6 : Nombre moyen d'individus de *T. confusum* recensés dans la partie traitée et non traitée et le pourcentage de répulsion selon les différentes doses de l'huile essentielle de *L. officinalis*.

Huile	Dose (µl)	Moyenne d'adultes présents dans la partie		Pourcentage de répulsivité
		Traitée (Huile)	Non traitée (Acétone)	
<i>Lavandula officinalis</i>	50	5.66	14.33	43.33%
	100	3	17	70%
	150	2.33	17.66	76.66%
	200	4.66	15.33	53.33%
Taux moyen de répulsion	60.83%			
Effet	Répulsif			

2.2 Effet répulsif de l'huile essentielle de *P. graveolens* à l'égard de *T. confusum*

Les résultats du test de répulsion de l'huile essentielle de *P. graveolens* sont consignés dans le tableau 7.

Les résultats obtenus montrent clairement que l'huile essentielle de géranium rosat présente une efficacité répulsive beaucoup plus stable et constante quelque soit la dose testée où le taux de répulsion enregistré est de l'ordre de 56.67%. Le calcul du pourcentage de répulsion par la méthode de Mc Donald et al. (1970) a montré que cette essentielle est classée moyennement répulsif et appartient à la classe III à l'égard des adultes de *tribolium*.

Chapitre IV : Résultats et Discussion

Tableau 7: Nombre moyen d'individus de *T. confusum* recensés dans la partie traitée et non traitée et le pourcentage de répulsion selon les différentes doses de l'huile essentielle de *P. graveolens*.

Huile	Dose (µl)	Moyenne d'adultes présents dans la partie		Pourcentage de répulsivité
		Traitée (Huile)	Non traitée (Acétone)	
<i>Pelargonium graveolens</i>	50	4.66	15.33	56.67%
	100	4.33	15.66	56.67%
	150	4.33	15.66	56.67%
	200	4.33	15.66	56.67%
Taux moyen de répulsion	56.67%			
Effet	Moyennement Répulsif			

Les résultats de l'analyse de variance à deux critères de classification indiquent qu'il n'y a pas de différence significative ($P > 0.05$) pour les effets des facteurs : dose ($P = 0,58301$), huile ($P = 0,66271$) et l'interaction de ces deux facteurs (dose \times huile) ($P = 0,58301$) (Tableau 8).

Tableau 8 : Résultats de l'analyse de la variance de la toxicité des deux huiles essentielles par répulsion sur les adultes de *T. confusum*.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	10462,5	23	454,891				
Facteur 1(Dose)	1045,834	3	348,611	0,675	0,58301		
Facteur 2 (Huile)	104,167	1	104,167	0,202	0,66271		
VAR.INTER F1*2	1045,832	3	348,611	0,675	0,58301		
VAR.RESIDUELL E 1	8266,667	16	516,667			22,73	38,69%

2.3 Effet répulsif de la mixture des huiles essentielles de *L. officinalis* et de *P. graveolens* sur les adultes de *T. confusum*

Nous avons évalué l'effet répulsif de la mixture de *L. officinalis* \times *P. graveolens* par la méthode de la zone préférentielle, les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Le résultat révèle que la mixture des deux huiles a une activité répulsive à l'égard des adultes de *T. confusum*. Selon le classement de Mc Donald et al. (1970), cette mixture manifeste un effet moyennement répulsif, appartenant ainsi à la classe III avec un taux de

Chapitre IV : Résultats et Discussion

répulsion de 40%. Elle est moins répulsive comparativement aux deux huiles essentielles testées séparément.

Tableau 9 : Taux moyens de répulsion de la mixture des deux huiles essentielles *L. officinalis* et *P. graveolens* à l'égard des adultes de *T. confusum* et leur classement selon la méthode de Mc Donald et al. (1970).

Huiles essentielles	Doses	Taux moyen de répulsivité	Propriété	Classe de répulsivité
Mixture <i>L. officinalis</i> × <i>P. graveolens</i>	50 µl × 50 µl	40 ± 20	Moyennement répulsif	Classe III

2. Discussion

Dans cette étude, nous avons tenté d'évaluer l'effet insecticide de deux huiles essentielles de la lavande vraie et de géranium rosat sur les adultes de *T. confusum*, par inhalation et par répulsion, en utilisant différentes doses et temps d'exposition.

Les résultats des tests par fumigation sur les adultes de *T. confusum* ont révélé un effet insecticide modéré pour l'huile essentielle de lavande vraie (*L. officinalis*). Cette dernière a montré une activité insecticide significative par inhalation, avec un taux de mortalité atteignant 35% à la dose maximale de 200 µl, après 72 h d'exposition. En revanche, l'huile essentielle de géranium rosat (*P. graveolens*) n'a montré aucune activité insecticide par inhalation, avec un taux de mortalité nul pour toutes les doses testées.

L'efficacité des huiles essentielles par inhalation sur les adultes de *T. confusum* observée dans notre étude, s'aligne avec les conclusions de plusieurs travaux de recherche des auteurs qui ont examiné l'activité fumigante des huiles essentielles contre les ravageurs des denrées stockées.

Kheloul et al. (2020) ont mis en évidence l'activité fumigante de l'huile essentielle de la lavande aspic (*Lavandula spica*) contre *T. confusum*. Leurs travaux ont montré que le linalool, un composant majeur de la lavande, était en grande partie responsable de cette toxicité, en particulier sur les jeunes larves. Ces auteurs ont constaté également que l'efficacité d'une huile essentielle par inhalation dépend fortement de la volatilité et de la nature chimique de ses constituants.

A notre connaissance, peu d'études ont été réalisées sur l'effet insecticide de l'huile essentielle de *L. officinalis* sur les adultes de *T. confusum*. Cependant, nos résultats se rapprochent de certains travaux qui ont été effectués sur d'autres insectes ravageurs des stocks. Awadalla et al. (2018) ont rapporté une mortalité de 100% de *Sitophilus oryzae*, après 24h d'exposition, à l'huile essentielle de lavande à 6 mg/cm², attribuant cette efficacité à la synergie entre le linalool et l'acétate de linalyle.

Chapitre IV : Résultats et Discussion

L'étude réalisée par Shaaya et al. (1993) sur la toxicité par fumigation de 26 huiles essentielles a montré que seul le laurier, la sauge et lavande manifestent 100% de mortalité sur *Rhyzopertha dominica*, le Silvain dentelé *Oryzaephilus surinamensis*, le tribolium rouge de la farine *T. castaneum* et le charançon des grains *Sitophilus oryzae* pour une concentration de 15 ml /l.

Les résultats de toxicité sur les adultes de *T. confusum* des trois plantes obtenues par Hasni et Zeghba (2017) ont montré que l'huile essentielle de *L. officinalis* provoque un taux de mortalité de l'ordre de 71.51% qui est plus élevé en comparaison avec celle d'*Eucalyptus globulus* (68.35%) et de *Rosmarinus officinalis* (62.51%).

Benazzedine (2010) a démontré l'effet toxique par inhalation des huiles essentielles de romarin et de la menthe verte sur les adultes de *T. confusum*. Les deux huiles essentielles ont provoqué une mortalité de 100% après 24h d'exposition au traitement.

Dans une étude portée sur le même insecte, Recep et al. (2008) ont constaté une forte activité insecticide de l'huile essentielle de *Salvia hydrangea* (Lamiaceae) avec un taux de mortalité de 75% à une forte concentration qui est de 40 µl, après 96h d'exposition.

L'huile essentielle de *P. graveolens* testée ne présente aucun effet insecticide sur les adultes de *T. confusum* par fumigation, nos résultats concordent avec ceux de Kabri (2022) qui a confirmé que l'huile essentielle de *P. graveolens* a provoqué une très faible mortalité (0.5%) sur les adultes de *T. castaneum*, à la dose de 6 µl, après 48h d'exposition.

Nos résultats rejoignent aussi ceux de Saheb et Sahouli (2022), qui ont montré que l'exposition à l'huile essentielle de *P. graveolens* est inefficace engendrant ainsi de très faibles taux de mortalité des individus de *T. castaneum*.

Les résultats de Amrani (2017) concordent avec les nôtres, ils ont montré un faible effet insecticide de l'huile essentielle des clous de girofle sur les adultes de *T. confusum*, par contact, à la plus forte dose de 0,6 ml, avec un taux de mortalité de 10% pendant 24h. Hamidouche (2021) a rapporté que les huiles essentielles de clou de girofle et bois de Hô testées, par inhalation, causent une très faible mortalité sur les adultes de *T. confusum*.

L'huile essentielle de *P. graveolens* est principalement constituée de citronellol, de géranol de linalol et de petites quantités de formiate de citronellyle (Nerio et al., 2010 ; Regnault-Roger et al., 2012). Ces composés, bien que connus pour leurs propriétés répulsives et antifongiques, sont moins volatils et moins neurotoxiques par inhalation que les monoterpènes majeurs des huiles comme la lavande (linalool, acétate de linalyle) ou le thym (thymol, carvacrol).

L'apparition d'une résistance aux insecticides chez la population de tribolium a été décrite comme un problème mondial (Champ et Dyte, 1976) : des cas de résistance ont été détectés en Amérique (Haliday et al., 1988), ainsi qu'en Asie (Sexana et al., 1991) ...etc.

T. confusum est largement reconnu dans la littérature pour sa résistance marquée aux huiles essentielles, ce qui en fait un ravageur difficile à contrôler par des moyens naturels. Plusieurs

Chapitre IV : Résultats et Discussion

études, dont celles de Shaaya et al. (1993) et Kheloul et al. (2020), ont montré que, contrairement à d'autres insectes des denrées stockées, *T. confusum* présente une tolérance élevée à de nombreuses huiles essentielles, même à des doses élevées et après des expositions prolongées.

La toxicité des huiles essentielles sur les insectes est induite par l'action de leurs composés majoritaires (Seri-Kouassi et al., 2004). Dans ce contexte, Kordali et al. (2005), ont trouvé que l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* contient principalement du linalool (20,42%) et de l'acétate de linalyle (13,24%), suivis par d'autres monoterpènes tels que le camphre, le 1,8-cinéole et le β -ocimène. Selon Nerio et al. (2010), le linalool agit principalement en perturbant la transmission neuronale des insectes, notamment en inhibant l'acétylcholinestérase, une enzyme clé du système nerveux central des insectes. Cette inhibition provoque une accumulation d'acétylcholine dans les synapses, entraînant la paralysie et la mort de l'insecte.

Regnault-Roger et al. (2012) soulignent également que ces monoterpènes peuvent altérer la perméabilité des membranes neuronales et interférer avec les canaux ioniques, ce qui perturbe la transmission des signaux nerveux. L'acétate de linalyle, quant à lui, potentialise l'effet du linalool en augmentant sa pénétration cuticulaire et en agissant en synergie pour amplifier la toxicité globale de l'huile essentielle.

Dans cette étude, l'évaluation de l'effet répulsif des huiles essentielles de lavande vraie et de géranium rosat sur les adultes de *T. confusum* a révélé des profils d'activité distincts, mais globalement confirmés par la littérature scientifique

Les résultats obtenus ont montré nettement que les deux huiles essentielles testées ont un effet répulsif à l'égard des adultes du modèle biologique étudié. Les tests de répulsion dévoilent que l'huile essentielle de lavande vraie exerce un effet répulsif élevé, avec un taux de répulsion moyen de 60,83%, cet effet est classé comme répulsif appartenant à la classe IV. Pour l'huile essentielle de géranium rosat, ayant un taux de répulsion moyen de 56,67%, se révèle moyennement répulsive (classe III).

Ces observations sont en accord avec les travaux de Nerio et al. (2010), qui ont montré que le linalool et l'acétate de linalyle, principaux constituants de la lavande, possèdent une forte activité répulsive sur de nombreux coléoptères des denrées stockées. Kordali et al. (2005) ont également rapporté que l'huile essentielle de *L. angustifolia* exerce un effet répulsif significatif contre *T. castaneum*.

Par ailleurs, Regnault-Roger et al. (2012) soulignent que l'action répulsive des huiles essentielles riches en monoterpènes est bien documentée et constitue un atout majeur dans la gestion intégrée des stocks.

Selon Goucem-Khelfane (2014), les huiles essentielles de *Laurus nobilis*, *Citrus reticulata*, *Lavandula angustifolia* se sont montrées répulsives à l'égard des adultes d'*Acanthocelides obtectus* même à la plus faible dose utilisée.

Chapitre IV : Résultats et Discussion

Nos résultats sont cohérents avec ceux de Bouzenna et al. (2019), qui ont observé un effet répulsif du géranium rosat sur *T. castaneum*, bien que moins marqué que celui du thym ou de la lavande.

Les résultats de Saheb et Sahouli (2020) montrent clairement que l'huile essentielle de *P. graveolens* a un effet répulsif à l'égard des adultes de *T. castaneum*, allant de 20% à 100% dont le taux moyen de répulsion est de 65,92%.

Nerio et al. (2010) et Pavela (2014) ont montré que le citronellol et le géraniol, bien que moins volatils que le linalool, sont efficaces pour repousser divers insectes.

Dans le cadre de cette étude, la mixture composée de 50 µl d'huile essentielle de lavande vraie (*L. officinalis*) et de 50 µl de géranium rosat (*P. graveolens*) testée sur les adultes de *T. confusum* s'est montrée inefficace. Nous avons enregistré un taux de mortalité nul après 24 h d'exposition. En effet, très peu de travaux sont réalisés sur l'efficacité de la mixture des huiles essentielles à l'égard des ravageurs des denrées stockées. Pavela (2014) a montré que certains mélanges de monoterpènes peuvent aboutir à des effets synergiques, antagonistes ou additifs selon les proportions et les interactions chimiques.

Nous avons également évalué le taux de répulsivité de la mixture de l'huile essentielle de la lavande vraie × l'huile essentielle de géranium rosat. Cette dernière a révélé un effet moins répulsif (40%) par rapport aux deux huiles testées individuellement.

Nos résultats rejoignent ceux de Kordali et al. (2005) et Regnault-Roger et al. (2012), qui soulignent que l'effet répulsif optimal est souvent obtenu avec des huiles riches en monoterpènes très volatils et à forte activité neurotoxique (comme le linalool de la lavande), alors que les huiles riches en composés moins volatils (citronellol, géraniol du géranium) mélanges, notamment ceux impliquant des huiles à faible volatilité, n'apportent pas d'amélioration significative, voire réduisaient l'efficacité globale

Par exemple, Pavela (2014) a montré que certaines combinaisons de monoterpènes issus d'huiles essentielles pouvaient aboutir à des effets synergiques, antagonistes ou simplement additifs en fonction des proportions et des interactions chimiques.

Les résultats obtenus ne corroborent pas avec ceux de Kacel et Baba Ahmed (2020) qui ont enregistré que la mixture de l'huile essentielle de la marjolaine à coquilles × l'huile essentielle de la menthe poivrée a révélé un effet plus répulsif par rapport aux deux huiles essentielles testées séparément. Ils ont trouvé que l'effet répulsif de ce mélange appartient à la classe V avec un taux de répulsion moyen de 83.33%.

Conclusion

Les résultats obtenus pour les tests d'inhalation ont révélé que l'efficacité insecticide des huiles essentielles contre *T. confusum* dépend de plusieurs facteurs. Ces facteurs incluent le type d'huile essentielle utilisée, les concentrations appliquées et la durée d'exposition au traitement.

Pour l'huile essentielle de la lavande vraie, les traitements par inhalation ont montré une activité insecticide modérée avec un taux de mortalité ne dépassant pas 35% à la plus forte dose testée (200 µl), après 72 h d'exposition. En revanche, l'huile essentielle de géranium rosat s'est révélée inefficace par inhalation, avec un taux de mortalité nul, ce qui reflète la faible volatilité et la moindre neurotoxicité de ses composants majeurs (citronellol, géraniol).

Les huiles essentielles des deux plantes aromatiques testées par répulsion semblent avoir toutes les deux un effet répulsif considérable à l'égard des adultes de *T. confusum*. Le calcul du pourcentage de répulsion par la méthode de Mc Donald et al. (1970) a permis de constater que l'huile essentielle de *L. officinalis* est répulsive, appartenant à la classe IV avec un taux de répulsion de 60.83% et l'huile essentielle de *P. graveolens* manifeste un taux de répulsion de 56.67%, appartenant à la classe III.

L'étude de la mixture des deux huiles essentielles n'a pas permis d'obtenir un effet synergique. Aucune mortalité n'a été enregistrée par inhalation, et le taux de répulsion est tombé à 40 %, classé moyennement répulsif, appartenant à la classe III, ce qui suggère une interaction antagoniste entre certains constituants des deux huiles.

En somme, l'huile essentielle de lavande vraie se distingue par son double effet, insecticide et répulsif, et représente donc un bio insecticide potentiellement exploitable dans des stratégies de gestion des stocks. À l'inverse, le géranium rosat, bien qu'ayant un certain pouvoir répulsif, reste limité dans son efficacité insecticide par inhalation. Ces observations confirment l'intérêt des huiles essentielles dans la lutte biologique contre les ravageurs des denrées stockées.

Ces résultats soulignent l'intérêt d'utiliser ces huiles essentielles principalement comme agents répulsifs dans des stratégies de gestion intégrée des stocks, tout en mettant en évidence la nécessité de poursuivre les recherches sur les formulations et les associations pour optimiser leur potentiel dans la lutte contre les ravageurs des denrées stockées, des nouvelles perspectives peuvent être envisagées par une étude plus poussée de l'activité insecticide de ces huiles essentielles. L'étude de la résistance des insectes vis-à-vis des huiles essentielles ainsi que de leurs composants majeurs s'avère aussi nécessaire pour connaître le ou les composé(s) responsable(s) de l'activité insecticide observée chez ces ravageurs

Références bibliographiques

- Amrani T., 2017. Etude de l'effet bio-insecticide de l'huile essentielle de clous de girofle (*Eugenia aromatica*) vis-à-vis d'un ravageur des denrées stockées *Tribolium confusum* (Coleoptera :Ténébrionidae)..
- Angelini, D. R., & Jockusch, E. L., 2008. Relationships among pest flour beetles of the genus *Tribolium* (Tenebrionidae) inferred from multiple molecular markers. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 46(1), 127-141.
- Awadalla, S. S., El-Sayed, F. M., & El-Sayed, Y. S., 2018. Insecticidal activity of some essential oils against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 28(1), 1-7.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M., 2008. Biological effects of essential oils – a review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446–475.
- Balachowsky, A. S., 1962. Entomologie Appliquée à l'Agriculture, *Tome I: Coléoptères* ,V1. Ed. Masson et Cie,Paris, 1097p.
- Benazzeddine S., 2010. Activité insecticide de cinq huiles essentielles vis- à vis de *Sitophilus oryzae* (Coleoptera : Curculionidae) et *Tribolium confusum* (Coleoptera :Tenebrionidae). Mémoire d'ingénieur d'état en sciences agronomiques. 30p.
- Bouamer A., Bellaghit M., et Mollay A., 2004 : Etude comparative entre l'huile essentielle de la Menthe verte et de la Menthe poivrée de la région d'Ouargla. Mémoire de Master. Université de Ouargla, Algérie, 2-5 ; 10 ;19 ;21-22 p.
- Bousbia, N., 2011. Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels de co-produits alimentaires. Thèse de doctorat, Université d'Avignon ; Institut National d'Agronomie El Harrach, Algérie, 128p.
- Bousquet, Y., 1990. Beetles associated with stored products in Canada: An identification guide. Research Branch, Agriculture Canada. (Publication 1837E).
- Bouzenna, H., Krimat, S., & Boukhatem, M. N., 2019. Etude comparée de l'efficacité des huiles essentielles formulées à base de *Thymus vulgaris* L. et de *Pélargonium sp.* et la synergie de ces huiles, sur *Tribolium castaneum*. Mémoire de Master, Université Blida 1, Algérie,
- Breitmaier, E., 2006. Terpènes : Flavors, Fragrances, Pharmaca, Pheromones. *Wiley-VCH*, pp. 31- 32.
- Brette, F., 2001. Le *Tribolium confusum* Duval, 1868 (Coleoptera : Tenebrionidae). Dossier réalisé pour l'École Nationale Vétérinaire de Lyon, Unité d'Entomologie.
- Bruneton, J., 2009. Pharmacognosie- Phytochimie, Plantes Médicinales. Lavoisier, pp. 33-34.
- Buckle, J., 2015. Basic plant taxonomy, basic essential oil chemistry, extraction,biosynthesis, and analysis. In: Buckle, J. (Ed.), *Clinical Aromatherapy (Third Edition)*, Elsevier, Churchill Livingstone, pp. 37-72.

- Calmont, B., & Soldati, F., 2008. Ecologie et biologie de *Tenebrio opacus* Duftschmid, 1812. Distribution et détermination des espèces françaises du genre *Tenebrio* Linnaeus, 1758 (Coleoptera, Tenebrionidae). *R.A.R.E.*, 27(3), 81–87.
- Champ B & Dyte E., 1976: Report of the FAO global survey of pesticide susceptibility of stored grain pests, 297p.
- Dagnelie, P., 1975. Théorie et méthodes statistiques : Applications agronomiques. Vol. 2, Les méthodes de l'inférence statistique. Presses Agronomiques de Gembloux, Gembloux.
- Dajoz R., 2002. Dictionnaire d'entomologie, anatomie, systématique, biologie. Ed pays, pp. 169-170.
- Dawson, P. S., 1964. Age at sexual maturity in female flour beetles, *Tribolium castaneum* and *T. confusum*. *Annals of the Entomological Society of America*, 57(1), 1–3.
- Dawson, P. S., 1977. Life history strategy and evolutionary history of *Tribolium* flour beetles. *Evolution*, 31(1), 226–229.
- Dhifi, W., Bellili, S., Jazi, S., Bahloul, N., & Mnif, W., 2016. Essential oils' chemical characterization and investigation of some biological activities: A critical review. *Médecines*, 3(4), 25.
- El haib A., 2011. Valorisation de terpènes naturels issus de plantes marocaines par transformations catalytiques. Thèse doctorat, université de Toulouse France, pp. 9, 12.
- Faustini, D. L., Burkholder, W. E., & Lamb, R. J., 1981. Sexually dimorphic setiferous sex patch in the female *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae), site of aggregation pheromone production. *Journal of Chemical Ecology*, 7(3), 465–480.
- Ferhat, M.A., Boukhatem, M. N., Hazzit, M., & Chemat, F., 2016. Rapid extraction of volatil compounds from Citrus fruits using a microwave dry distillation. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 8(3), 753–781.
- Fleurat-Lessard, F., 1982. Les insectes et les acariens. In J. L. Multon (Ed.), Conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés : céréales, oléagineux, protéagineux, aliments pour animaux, pp. 396–417.
- Good, N. E., 1936. The Flour Beetles of the Genus *Tribolium*. USDA Technical Bulletin No. 498, pp. 35-36.
- Goucem-Khelfane, K., 2014. Etude de l'activité insecticide des huiles essentielles et des poudres de quelques plantes à l'égard de bruche du haricot *Acanthocelide sobtectus* (Coleoptera : Bruchidae) : Biologie, physiologie, reproduction et lutte. Thèse de Doctorat d'Etat en sciences naturelles, Université Mouloud Mammeri de Tizi-ouzou, Algérie, 214 p.
- Gwinner, J., Harnish, R., & Muck, O., 1996. Manual on the Prevention of Post-Harvest Grain Loss. *GTZ*, pp. 39-40.
- Halliday, W.R., Arthur, F. H., & Zettler, J. L., 1988. Resistance status of red flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae) infesting stored peanuts in southeastern United States. *Journal of Economic Entomology*, 81(1), 74-77

Hamidouche, S., 2021. Activité de deux huiles essentielles sur un insecte ravageur des denrées stockées : *Tribolium confusum* (Coleoptera ; Tenebrionidae). Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Hasni H., & Zeghba R., 2017. Evaluation de l'effet répulsif de trois huiles essentielles des plantes vis à vis de l'insecte des céréales stockées (*Rhyzopertha dominica*), Mémoire de Master, Université Mohamed Boudiaf, M'Sila, Algérie, 43p.

Hubert, R. (1992). Epices et aromates. Ed.Tec & Doc, Lavoisier.

Jacquelin Du Val (1868) (Coleoptera: Tenebrionidae). The Journal of Basic and Applied Zoology, 78(6): 13.

Kabri. L., 2022. Lutte biologique de *Tribolium* rouge de la farine *Tribolium castaneum* par deux huiles essentielles ; l'huile d'Oranger doux *Citrus sinensis* et l'huile de géranium rosat *Pelargonium graveolens*. Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie

Kacel, A. & Baba Ahmed, L., 2021. Etude de l'activité bioinsecticide des huiles essentielles de menthe poivrée (*Mentha piperita* L.) et de la marjolaine à coquilles (*Origanum majorana* L.) à l'égard de *Tribolium confusum* (Coleoptera : Tenebrionidae). Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie

Kalemba, D., & Kunicka, A., 2003. Antimicrobial and antifungal properties of essential oils. Current Medical Chemistry, (10), 813-829.

Kaloustian, J., & Hadji-Minaglou, F., 2012. La connaissance des huiles essentielles : Qualitologie et Aromathérapie : entre science et tradition pour une application médicale raisonnée. Springer-Verlag.

Khelloul, L., 2020. Etude de la biologie et de la sensibilité à l'action de quelques huiles essentielles de *Tribolium confusum* Duval (Coleoptera : Tenebrionidae), un insecte ravageur des denrées alimentaires entreposées. Thèse de doctorat en sciences biologiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie, 163 p.

Kordali, S., Cakir, A., Ozer, H., Cakmakci, R., Kesdek, M., & Mete, E., 2005. Antifungal, phytotoxic and insecticidal properties of essential oil isolated from Turkish *Origanum acutidens* and its three components, carvacrol, thymol and p-cymene. Bioresource Technology, 96(7), 850-855.

Kumar, R., 2017. Insect Pests of Stored Grain: Biology, Behavior, and Management Strategies. Apple Academic Press, pp. 41-42.

Kumarasamy, D., & Singh, P., 2018. Access to finance, financial development and firm ability to export: experience from Asia-Pacific countries. Asian Economic Journal, 32(1), 15-38.

Kurkin, V. A., 2003. Phenylpropanoids from medicinal plants: Distribution, classification, structural analysis, and biological activity. Chemistry of Natural Compounds, 39(2), 123-153.

- Labeyrie, V., 1962. Influence de la durée du cycle sur la fécondité de l'*Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera : Bruchidae). Bulletin de la Société Zoologique de France, 87, 230–235.
- Li Y., Fabiano-Tixier A.S., Chemat F., 2014. Essential oils as Reagents in green chemistry. Springer briefs in green chemistry for Sustainability, 78 p.
- Lis, A., Bakula, T., & Lis, M., 2011. The carcinogenic effects of benzoquinones produced by the flour beetle. Polish Journal of Veterinary Sciences, 14(1), 159–163.
- Longstaff, B.C., 1994. The management of stored product pests by non-chemical means: an Australian perspective. Journal. Stored Prod. Res. 30, 179–185.
- Mc Donald, L. L., Guy R.H., & Speirs R.D., 1970. Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants, repellents and attractants against stored product insects. Marketing Research Report Number 882 (Washington: Agricultural Research, Service, US Department of Agriculture, pp. 8.
- Miller, M., 2002. Geranium and Pelargonium. The taxonomy of Geranium species and cultivars, their origins and growth in the wild. Ed. Taylor and Francis. SouthBank University, London, UK, 49-79.
- Mohapatra, S., Pattnaik, S., Maity, S., Sharma, S., Akhtar, J., Pati, S., Samantaray, D. P., & Varma, A., 2015. Comparative analysis of phas production by *Bacillus megaterium*. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 4(1), 160–170.
- Nerio, L.S., Olivero-Verbel, J., & Stashenko, E., 2010. Repellent activity of essential oils: a review. Bioresour. Technol. 101, 372–378.
- Pavela, R., 2014. Acute, synergistic and antagonistic effects of some aromatic compounds on the house fly (*Musca domestica* L.). Journal of Essential Oil Research, 26(5), 411-417.
- Padrini, F., & Lucheroni, M. T. 1996. The big book of the essential oils. De Vecchi S.A, pp. 43.
- Peterson, A., Machmudah, S., Goto, M., Sasaki, M., & Hirose, T., 2006. Extraction of essential oil from geranium (*Pelargonium graveolens*) with supercritical carbon dioxide. Journal of Chemical Technology & Biotechnology: International Research in Process, Environmental & Clean Technology, 81(2), 167–172.
- Price, S., & Price, L., 2007. Aromatherapy for health professionals, 3^{ème} édition Elsevier, Churchill livingstone, pp. 27-28.
- Recep, K., Saban, K., Ahmet C., Memis, K., Yusuf, K., & Hamdullah K., 2008. Antimicrobial and insecticidal activities of essential oil isolated from Turkish Salvia hydrangea DC. Ex Benth Biochemical Systematics and Ecology. 36 360-368.
- Rees, D., 2004. Insects of Stored Products. CSIRO Publishing, pp. 44- 46.
- Rees, S. J., Spitler, J. D., Deng, Z., Orio, C. D., & Johnson, C. N., 2004. A Study of Geothermal Heat Pump and Standing Column Well Performance. ASHRAE Transactions, 110(1), 122.

- Regnault-Roger C., Vincent, C., & Arnason J T., 2012. Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. *Annual Review of Entomology* 57: p 420.
- Robinson, W.H., 2005. *Urban insects and arachnids: A handbook of urban entomology*, Cambridge University Press, UK, pp.127-128
- Saheb, S., & Sahouli, C., 2022. Effet biocide de l'huile essentielle de géranium *Pelargonium graveolens* à l'égard du *Tribolium castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidae), ravageur secondaire des figues sèches. Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie, 56p.
- Scotti, G., 1978. Les insectes et les acariens des céréales stockées. Ed. AFNOR- I.T.F.C. 221p.
- Semsar..., 2013. Effet insecticide de l'huile végétale d'argan (*Argania spinosa*) à l'égard de deux insectes ravageurs du blé. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie,
- Seri-Kouassi, B. P., Kanko, C., Aboua, L. R. N., Bekon, K. A., Glitho, A. I., Koukua, G., & N'Guessan, Y. T., 2004. Action des huiles essentielles de deux plantes aromatiques de Côte d'Ivoire sur *Callosobruchus maculatus* F. du niébé. *Comptes Rendus Chimie*, 7(10-11), 1043-1046.
- Serpeille A., 1991. La bruche du haricot : un combat facile. *Bulletin semences*, n° 116, Ed. FNAMS, Paris, pp : 32-34.
- Sexena. D., Bhatia. S. K et Sinhas. R., 1991. Status of insecticide resistance in *Tribolium castaneum* (Herbst) in India.IV: Resistance to phosphine. *Bulletin of grain Technology*, 29(3):148-151 pp.
- Shayaa E., kostjukovski M., Eilberg J., Sukparkam C., 1997. Plant Oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored product insects. *Journal of stored Products Research*, 33(1): 7-15
- Singh, D., & Prakash, B., 2015. A review of stored-product insects of India. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3(2), 164-173.
- Steffan, J.R., 1978. Les insectes et les acariens des céréales stockées. Institut technique des céréales et des fourrages- 1^{er} Ed. Coed, AFNOR-IT.F.C. 2211p.
- Upadhyay, R. K., & Ahmad, S., 2011. Management strategies for control of stored grain insect pests in farmer stores and public ware houses. *World Journal of Agricultural Sciences*, 7(5), 527–549.
- Vanhuis, D., 1991: Biological method of Bruchid control in the tropic. *A review insect scion. Applic.* 12(1-2-3), pp. 87-102.
- Wang, Z., Ding, L., Li, T., Zhou, X., Wang, L., Zhang, H., & He, H., 2006. Improved solvent-free microwave extraction of essential oil from dried *Cuminum cyminum* L. and *Zanthoxylum bungeanum* Maxim. *Journal of Chromatography A*, 1102(1), 11–17
- Watts, A. B., & Talwani, M., 1974. Gravity anomalies seaward of deep- sea trenches and their tectonic implications. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, pp. 36-57.
- Weidenhamer, J. D., Macias, F. A., Fischer, N. H., & Williamson, G. B., 1993. Just how insoluble are monoterpenes? *Journal of Chemical Ecology*, 19(8), 1799–1807.

Zohry, N. M. H., 2007. Scanning Electron Morphological Studies of *Tribolium Confusum* Jacquelin Du Val (Coleoptera: Tenebrionidae). The Journal of Basic and Applied Zoology, 78(6): 13.

Résumé

Cette étude a évalué l'efficacité insecticide par inhalation et l'effet répulsif des huiles essentielles de lavande vraie (*Lavandula officinalis*) et de géranium rosat (*Pelargonium graveolens*), appliquées individuellement et en mélange, sur les adultes du coléoptère des farines (*Tribolium confusum*) en laboratoire. Ce ravageur représente une menace significative pour les produits stockés à l'échelle mondiale.

Nos résultats ont montré que l'huile essentielle de lavande vraie avait une activité insecticide par inhalation modérée, entraînant une mortalité de 35% après 72 heures d'exposition à 200 µl, et un pouvoir répulsif élevé (60,83%). En revanche, l'huile essentielle de géranium rosat n'a montré aucun effet insecticide contre les adultes de *T. confusum*, mais a exercé un effet répulsif modéré (56,67%). Le mélange des deux huiles essentielles n'a eu aucun effet par inhalation sur les adultes, mais a montré un effet moyennement répulsif (40%).

En conclusion, l'huile essentielle de la lavande vraie détient un potentiel substantiel en tant qu'alternative naturelle et écologique pour le contrôle et la gestion de *T. confusum* dans les produits stockés.

Mots clés : *Tribolium confusum*, *Lavandula officinalis*, *Pelargonium graveolens*, huiles essentielles, bioinsecticide

Abstract

This study evaluated the insecticidal efficacy by inhalation and the repellent effect of true lavender (*Lavandula officinalis*) and rose geranium (*Pelargonium graveolens*) essential oils, applied individually and in mixture, on adult confused flour beetles (*Tribolium confusum*) under laboratory conditions. This pest represents a significant threat to stored products worldwide.

Our results showed that true lavender essential oil had a moderate insecticidal activity by inhalation, leading to 35% mortality after 72 hours of exposure to 200 µl, and a high repellent power (60.83%). In contrast, rose geranium essential oil showed no insecticidal effect against *T. confusum* adults but exerted a moderate repellent effect (56.67%). The mixture of the two essential oils had no inhalation effect on the adults but showed a moderately repellent effect (40%).

In conclusion, true lavender essential oil holds substantial potential as a natural and ecological alternative for the control and management of *T. confusum* in stored products.

Keywords : *Tribolium confusum*, *Lavandula officinalis*, *Pelargonium graveolens*, essential oils, bioinsecticide

