

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Biologiques



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de master académique en Sciences
Biologiques

Spécialité : Biologie des Populations et des Organismes.

Thème

**Effet insecticide de deux huiles essentielles de la région de Yakouren
(Eucalyptus : *Eucalyptus globulus*) et (Cyprés vert : *Cupressus
sempervirens*) à l'égard de *Tribolium confusum* (Coleoptera :
Tenebrionidae).**

Présenté par :

M^{lle} LARBI Louiza

M^{lle} LANKRI Indji

Devant le Jury :

Président	M ^{me} LAOUDI.T	Docteur	UMMTO
Promotrice	M ^{me} AIT AIDER.F	M.C.A	UMMTO
Co-promotrice	M ^{lle} KHELOUL.L	Docteur	UMMTO
Examinatrice	M ^{lle} AISSAOUI.F	Docteur	UMMTO

2023/2024

Remerciements

Avant toute chose, nous exprimons notre profonde gratitude à **ALLAH** tout-puissant pour nous avoir donné le courage et la volonté nécessaires à la réalisation de ce mémoire.

Ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu voir le jour sans l'aide précieuse de notre promotrice, **M^{me} AIT-AIDER**, et de notre co-promotrice, **M^{lle} KHELLOUL**. Nous les remercions vivement pour leur grande aide, leurs précieux conseils, la qualité de leur encadrement et leur disponibilité durant notre préparation.

Nous tenons à exprimer notre gratitude à **M^{me} LAOUDI**, Docteur à l'UMMTO, pour l'honneur qu'elle nous a fait en présidant le jury de soutenance.

Nous remercions également **M^{lle} AISSAOUI**, Docteur à l'UMMTO, pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant d'examiner ce travail.

Enfin, nous adressons nos remerciements à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à l'élaboration de ce mémoire.

Dédicace

À mes parents bien-aimés, dont l'amour inconditionnel et le soutien constant ont été le pilier sur lequel j'ai bâti mes aspirations et mes rêves. Vous m'avez transmis des valeurs précieuses et offert des opportunités sans lesquelles ce mémoire n'aurait jamais vu le jour. Ce travail est le fruit de votre patience, de vos sacrifices et de votre confiance en moi.

À mon frère “**Fawzi**” et ma sœur “**Ceryne**”, compagnons de vie et d'aventures, qui ont partagé avec moi les joies, les peines et les nombreux moments d'incertitude. Votre solidarité et votre compréhension m'ont aidé à surmonter les épreuves et à trouver la force nécessaire pour mener à bien ce projet.

À ma deuxième maman, ma chère Tata Dalila, qui a été pour moi un modèle de courage et de persévérance.

À mon cher **Akram**, ta présence, ton soutien et ta foi en moi ont été une force inconditionnelle.

À mes grands-parents, mes oncles, mes tantes, cousins et cousines, proches ou éloignés.

Que ce travail soit le témoignage de ma profonde gratitude et de mon amour éternel pour vous tous.

INDJI

Dédicace

En premier lieu, je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers Dieu Tout-Puissant pour m'avoir donné la force et le courage nécessaires à la réalisation de ce modeste travail.

Je dédie cet humble mémoire à :

Mes parents, que je remercie de tout cœur pour leur amour inconditionnel, leur soutien sans faille et leurs encouragements constants tout au long de ce voyage académique. Votre présence et vos sacrifices m'ont permis d'atteindre cet objectif.

Mon frère et ma sœur, merci pour votre présence rassurante, vos conseils avisés et vos mots réconfortants. Vous êtes une source de motivation et de bonheur dans ma vie.

Mes grands-parents, oncles, tantes, cousins et cousines. Votre amour et votre soutien m'ont accompagné à chaque étape de ce cheminement. Vous avez contribué à mon développement personnel et académique de manière inestimable.

Ma meilleure amie, merci pour ton amitié indéfectible, ton écoute attentive et ton soutien inestimable. Ta présence a été une source de force et d'inspiration tout au long de cette aventure.

LOUIZA

Sommaire

Introduction.....	1
<i>Chapitre I : Synthèse bibliographique</i>	
1. Généralités sur la plante hôte (blé dur)	3
1.1. Description du blé dur.....	3
1.2. Position systématique.....	4
1.3. Morphologie du blé dur	4
1.4. Utilisation du blé	6
1.5. Les insectes ravageurs des céréales	6
2. Présentation de l'insecte ravageur étudié.....	7
2.1. Description du <i>T. confusum</i>	7
2.2. Origine et Répartition géographique.....	7
2.3. Position systématique.....	8
2.4. Stades de développement <i>Tribolium confusum</i>	8
2.5. Biologie de <i>T. confusum</i>	13
2.6. Les ennemis naturels.....	13
2.7. Régime alimentaire et dégâts	14
2.8. Méthodes de lutte contre les insectes des denrées stockées.....	15
3. Les Huiles Essentielles	17
3.1. Définition	17
3.2. Composition chimique	17
3.3. Caractéristiques.....	18
3.4. Répartition et rôle des huiles essentielles dans les plantes	18
3.5. Méthodes d'extraction des huiles essentielles	20
3.6. Utilisations principales des huiles essentielles	20
4. Présentation des plantes aromatiques testées	21
4.1. Le cyprès vert (<i>Cupressus sempervirens</i>)	21
➤ Description botanique	21
➤ Taxonomie	22
➤ Origine et répartition géographique	22
➤ Principaux constituants de l'huile essentielle de <i>Cupressus Sempervirens</i>	23
➤ Utilisation et propriétés thérapeutiques	23

4.2. Eucalyptus (<i>Eucalyptus globulus</i>).....	23
➤ Description.....	23
➤ Origine et répartition géographique	24
➤ Position systématique.....	24
➤ Principaux constituants de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus globulus</i>	24
➤ Utilisation et propriétés thérapeutiques	25

Chapitre II : Matériel et méthode

1. Matériel	26
1.1. Matériel de laboratoire.....	26
1.2. Matériel biologique.....	28
1.2.1. Matériel animal	28
1.2.2. Matériel végétal	28
2. Méthodes.....	28
2.1. Elevage de masse	28
2.2. Test par inhalation.....	29
2.3. Test de répulsivité	30
2.4. Effet répulsif du mélange de deux huiles essentielles après 24 heures.....	32
3. Analyse statistique	32

Chapitre III : Résultats et discussions

3.1. Résultats des tests de toxicité des huiles essentielles sur les adultes de <i>T. confusum</i> par inhalation.....	34
3.1.1. Effet de l'huile essentielle d' <i>E. globulus</i> à l'égard de <i>T. confusum</i>	34
3.1.2. Effet de l'huile essentielle de cyprès vert (<i>C. sempervirens</i>) à l'égard de <i>T. confusum</i>	35
3.2. Résultats de l'analyse statistique pour les tests d'inhalation avec les deux huiles essentielles	37
3.3. Résultats de l'analyse statistique des tests par répulsion avec les deux huiles essentielles	39
3.4. Résultat du test d'inhalation de la mixture <i>E. globulus</i> et <i>C. sempervirens</i> après 24h d'exposition sur les adultes de <i>T. confusum</i>	41
3.5. Résultats des tests de répulsion de deux huiles essentielles sur les adultes de <i>Tribolium confusum</i>	41
3.6. Discussion	42
Conclusion	46
Références bibliographiques	47

Résumé



Introduction

INTRODUCTION

En Algérie, la culture des céréales, pilier de l'agriculture, joue un rôle crucial dans l'économie agricole (Anonyme, 2009). Cependant, la production actuelle ne répond pas à la demande croissante, estimée à environ 220 kg par habitant. Avec un rendement de 15 quintaux par hectare et une demande en constante augmentation, l'Algérie doit importer massivement du blé dur pour combler ses besoins, ce qui affecte négativement l'économie du pays (Zaghouane et al., 2006).

Les denrées stockées, essentielles à l'alimentation humaine, notamment dans les pays en développement, sont vulnérables aux ravageurs (blé, semoule, farine, orge, son de blé, maïs, farine de maïs). Ces derniers se nourrissent, se reproduisent, croissent et sécrètent des substances collantes et odorantes qui contaminent tout le stock (Anonyme, 2017). La contamination commence dès le champ et se poursuit lors de la récolte, du séchage, de la manutention et du stockage (Boudra, 2009). La prolifération des moisissures sur le blé stocké a deux conséquences majeures : la détérioration de la qualité des grains affectant la valeur nutritionnelle des produits dérivés et la production de mycotoxines (Hocking, 1991).

Les pertes dues aux insectes ravageurs des denrées stockées sont estimées à 100 millions de tonnes, dont 13 millions sont causées par les insectes. Dans les pays développés, ces pertes représentent environ 3 %, tandis qu'en Afrique, elles peuvent atteindre 30 % (Benazzedine, 2010). Les grains entreposés subissent diverses attaques principalement de Coléoptères comme le *Tribolium confusum* (Bekon et Fleural, 1989). Les ravageurs primaires attaquent les grains intacts, tandis que les ravageurs secondaires exploitent les ouvertures créées par les premiers. Parmi les ravageurs secondaires, on trouve *T. confusum* (Bennazzedine, 2010).

Les *Triboliums* préfèrent les denrées amylacées pulvérulentes comme la farine et le son de blé (Lepesme, 1944). Les adultes produisent une odeur persistante et désagréable, irritante pour l'homme et pouvant causer des troubles gastriques (Roger, 2002). Les adultes de *Tribolium* sont très polyphages, se nourrissant principalement de brisures de grains endommagés, et accompagnant souvent les charançons pour parachever leurs dégâts (Stefan, 1978).

Bien que les pesticides soient couramment utilisés contre ces ravageurs, ils présentent des risques pour la plante et l'homme, d'où l'importance croissante de trouver des alternatives (Auger et al., 1999). De nombreuses recherches récentes se concentrent sur des substances insecticides respectueuses de la santé humaine et de l'environnement. Les huiles essentielles végétales offrent

une alternative intéressante, riches en molécules bioactives avec des propriétés insecticides comme le thymol, le linalol, le limonène et le carvacrol (Boukhalifa et al., 2020). L'utilisation des plantes comme source de pesticides est largement documentée (Regnaul-Roger et al., 1993), et les huiles essentielles occupent une place de plus en plus importante dans les stratégies de lutte, tant dans les pays développés qu'en voie de développement (Lahlou, 2010).

De nombreuses études ont testé l'effet insecticide des huiles essentielles sur diverses espèces de ravageurs des denrées stockées (Obeng-Ofei et al., 1997), (Saheb, 2007), (Kellouche et al., 2010). Dans ce cadre, notre recherche vise à évaluer l'effet insecticide de deux huiles essentielles, celles d'*Eucalyptus globulus* et de *Cupressus sempervirens*, par inhalation et par répulsion sur les adultes du ravageur *T. confusum*, dans des conditions de laboratoire.

Notre travail est structuré trois chapitres dont :

- Le premier comprend une synthèse bibliographique portant sur la présentation de la plante hôte (le blé dur), l'insecte ravageur étudié (*T. confusum*), un aperçu sur les huiles essentielles et une introduction aux plantes aromatiques testées.
- Le second renferme la partie expérimentale dans laquelle nous avons présenté le matériel utilisé et les méthodes adoptées.
- Le troisième chapitre renferme nos résultats et discussion.
- Nous terminons ce travail par une conclusion et quelques perspectives de recherche.



Chapitre I :
Synthèse bibliographique

Généralités sur la plante hôte (blé dur)

1.1 Description du blé dur

Le blé dur (*Triticum turgidum*) est une plante herbacée, annuelle, monocotylédone, cultivée en région méditerranéenne. Sa hauteur peut atteindre de 1m70 (Botarelo, 2019). Il produit un fruit sec indéhiscent nommé le caryope (Debiton, 2010). Le blé dur est caractérisé par des critères morphologiques particuliers (chaumes - épislets), il possède $4n=28$ chromosomes dont l'aire d'extension est surtout constituée de zones arides et semi-arides (Fritas, 2012). Ses épis sont barbus, sa paille souple et fragile et ses feuilles sont larges. Il a une amande dure à texture vitreuse et se fragmente en semoule (Soltner, 2005).



Figure 1 : Allure de la plante du blé (Ray, 2017).

1.2 Position systématique

Selon Cronquist (1981), le blé dur est classé comme suit :

- **Règne** : Plantae
- **Sous-règne** : Tracheobionta
- **Division** : Magnoliophyta
- **Classe** : Liliopsida
- **Sous-classe** : Commelinidae
- **Ordre** : Cyperales
- **Famille** : Poaceae
- **Sous-famille** : Pooideae
- **Tribu** : Triticeae
- **Genre** : *Triticum*
- **Espèce** : *Triticum turgidum*

1.3 Morphologie du blé dur

La plante du blé dur comprend différentes parties :

La racine

La racine du blé dur est très fibreuse. Lorsque la graine germe une petite racine principale appelée radicle et un bourgeon émergent de la graine. Son système racinaire secondaire peut être assez développé et s'enfonce profondément dans le sol jusqu'à deux mètres de profondeur (Soltner, 1988).

Tiges et feuilles

Les tiges du blé dur appelées chaumes, sont comme des tubes cylindriques qui sont souvent vides à l'intérieur, elles sont divisées en secteur par des nœuds d'où émergent de longues feuilles (Soltner, 1988).

L'inflorescence

Les épis sont composés d'un rachis avec deux épillets séparés par de courts entrenœuds, chaque épillet a deux glumes renfermant plusieurs fleurs distiques sur une rachéole (Bozzini, 1988).

La graine

La graine de blé a une forme ovale qui est allongée. Le grain est un caryopse, cela veut dire qu'il soit nu lorsque ses enveloppes sont perdues lors du battage (Boulal et al., 2007).

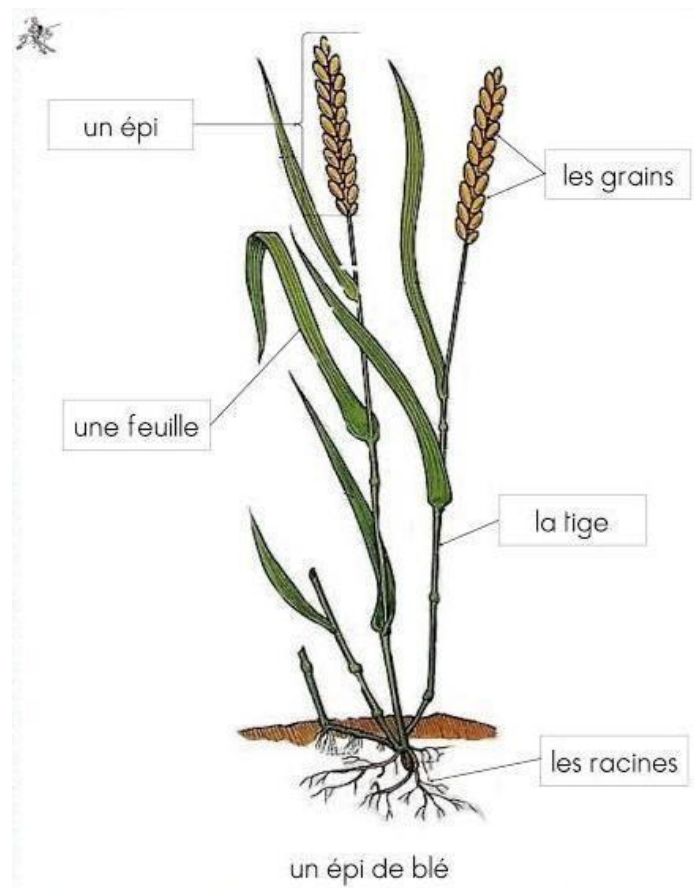


Figure 2 : Morphologie du blé (Keraval, 2004).

1.4 Utilisation du blé

Le grain de blé est doté de plusieurs caractéristiques qui permettent l'obtention d'une matière première « la semoule », destinée elle-même à la transformation en d'autres produits finis. Grâce à la taille de son grain, sa vigueur et sa couleur d'ambre, le blé dur se prête à une gamme de produits alimentaires uniques et divers dont les pâtes et le couscous sont les plus connus (Elias, 1995). Quant aux résidus de la mouture de ses grains, ils sont utilisés dans l'alimentation humaine et animale et constituent la base de l'alimentation de petits et de grands ruminants (Benbelkacem et al., 1995). Par ailleurs, les produits du blé (le gluten et l'amidon) sont également utilisés dans la fabrication de denrées non alimentaires, tels que les produits de beauté, les savons, le papier et les sacs en plastique.

1.5 Les insectes ravageurs des céréales

Il existe deux types d'insectes ravageurs des céréales: on distingue les ravageurs primaires et les ravageurs secondaires. Les primaires sont les plus dangereux car ils effectuent leur cycle exclusivement sur le grain et sous forme cachée. Parmi ces insectes on retrouve le charançon des grains (*Sitophilus granarius*), le charançon du riz (*S. oryzae*) ou encore le capucin des grains (*Rhyzopertha dominica*). Quant aux secondaires qui sont opportunistes, ils se nourrissent des grains déjà endommagés, cassés ou moisissés, comme les triboliums sombres et roux (*T. confusum* et *T. castaneum*), le Silvain (*Oryzaephilus surinamensis*) ou encore le cucujide roux (*Cryptolestes ferrugineus*) (Anonyme, 2021).

2. Présentation de l'insecte ravageur étudié

2.1. Description du *T. confusum*

Le *Tribolium* brun de la farine : selon Duval (1868) est un petit coléoptère brun rougeâtre de 3,5 mm de long. Son corps est lisse et allongé (Brich, 1953). Ses Antennes se terminant graduellement par une massue composée de 4 segments. Les derniers articles des antennes s'élargissent progressivement sans former de masse distinctive. Les yeux sont ronds, petits et surmontés par une crête. Ils sont de couleur blanchâtre, presque transparente. Ils sont recouverts d'une substance visqueuse qui leur permet de s'adhérer aux denrées stockées. Les deux premiers intertries des élytres sont plats et carénés tout au plus à l'apex (Alex et Maurice, 1993) (Figure 3).

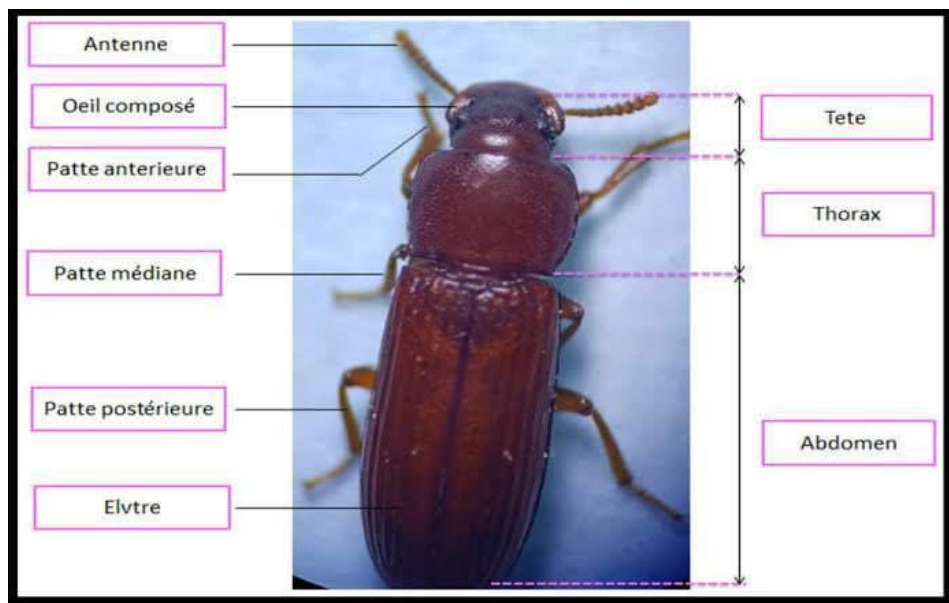


Figure 3 : Description du *T. confusum* (Larbi, 2013).

2.2. Origine et Répartition géographique

T. Confusum est une espèce cosmopolite, bien qu'elle est d'origine strictement africaine (Delobel et Tran, 1993). Cette espèce a été transportée par l'homme avec les produits alimentaires et se rencontre maintenant dans le monde entier. Par suite de sa résistance aux basses températures, cette espèce se rencontre à des latitudes plus septentrionales que d'autres espèces du même genre (Jurgen et al., 1981).

2.3. Position systématique

Selon Gretia (2009), la classification de *T. confusum* est la suivante :

- **Règne** : Animalia
- **Embranchement** : Arthropoda
- **Sous-embranchement** : Hexapoda
- **Classe** : Insecta
- **Sous-classe** : Pterygota
- **Ordre** : Coleoptera
- **Sous-ordre** : Polyphaga
- **Famille** : Tenebrionidae
- **Genre** : *Tribolium*
- **Espèce**: *Tribolium confusum*

2.4. Stades de développement de *T. confusum*

Il subit une métamorphose complète, passant par quatre stades de développement dans son cycle de vie :

- **Œuf** : Les œufs, de forme oblongue et blanchâtre presque transparente, possèdent une surface lisse enduite d'une substance visqueuse qui facilite leur adhérence à la denrée infestée. En moyenne, il mesure 0.6 x 0.3 mm (Lepesme, 1944). Les femelles déposent environ 450 œufs, petits et transparents, sur des matériaux fins et des grains cassés, recouverts d'une sécrétion collante. Les œufs sont pondus individuellement et dispersés dans la farine, mais peuvent également être fixés sur la face interne d'un récipient (Good, 1933) (Figure 4).

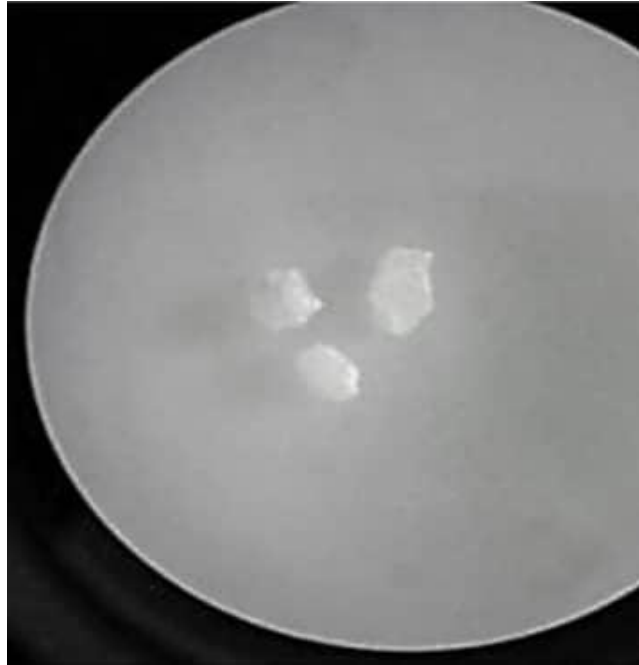


Figure 4 : Les œufs de *T. confusum* avec amas alimentaires (G:40×2) (Abahri, 2017).

- **Larve :** Les œufs éclosent en cinq à douze jours, donnant naissance à de petites larves brunâtres qui se développent pour atteindre leur taille adulte en un à quatre mois, se nourrissant de matériaux fins et de grains cassés. Au début, la larve est blanche puis devient progressivement jaune, sauf pour les pièces buccales et la tête plus foncée. Elle est très allongée et cylindrique, presque glabre, avec une paire de prolongements abdominaux dirigés vers le haut, appelés urogomphes, et recouverts de nombreuses soies. Les larves perdent progressivement de leur mobilité au cours de leur développement qui comprend 7 à 8 mues. À leur dernier stade, les larves sont cylindriques, de couleur jaune pâle, mesurant environ 7 mm de long pour 0,8 mm de largeur. Les larves âgées remontent à la surface avant de se transformer en nymphes qui restent sans protection et incapables de se déplacer (Lessard, 1982) (Figure 5).



Figure 5 : La larve de *T. confusum* vue face dorsale et vue face ventrale (G:40×2)
(Originale, 2024).

- **Nymphe :** Les larves se transforment en nymphes nues de petite taille, initialement blanche puis prenant progressivement une teinte jaune, puis brune. Ces nymphes sont dépourvues de protection, immobiles et ne se nourrissent pas. Leurs segments abdominaux exposés latéralement se présentent sous forme de lames rectangulaires avec des bords crénelés selon (Balachowsky, 1936). Selon Zohry (2010), la nymphe mâle mesure environ 3,25 - 4,15 mm de longueur et 0,95 - 1,25 mm de largeur, tandis que la nymphe femelle a une longueur d'environ 3,6 - 4,0 mm et une largeur d'environ 0,25 - 1 mm. L'abdomen nymphal conique est le dernier segment, qui présente deux structures pointues, appelées urogomphes (Figure 6).



Figure 6 : La nymphe de *T. confusum* vue face dorsale et vue face ventrale (G:40×2)
(Originale, 2024).

- **Adulte (l'imago) :** Les nymphes se métamorphosent finalement en coléoptères adultes brun rougeâtre, très actifs et se déplaçant rapidement. Leur durée de vie moyenne est d'environ un an, avec un cycle de vie complet d'environ six semaines sous des conditions météorologiques favorables, mais considérablement prolongé par le froid. L'imago, résultant de cette métamorphose, émerge avec un tégument blanc jaunâtre qui se sclérotinise et se pigmente 2 à 3 jours après son émergence (Lepesme, 1944). Cette espèce brun-rouge mesure de 3 à 4 mm de longueur, avec des intervalles des élytres nettement moins carénés, non costiformes, et une ponctuation intervallaire

à peine visible. Son espace interoculaire est très large, environ 2,5 fois la largeur de l'œil, avec un canthus des joues très saillant au-dessus des yeux, et une ponctuation du pronotum plus fine et espacée, non réticulée latéralement (Calmont et Soldati, 2008). Les derniers articles des antennes s'élargissent progressivement, sans former de massue distincte. Un dimorphisme sexuel est présent : chez le mâle, les stries des élytres sont interrompues avant l'extrémité tandis que chez la femelle, les stries 4-6 et 7-3 se rejoignent à l'apex (Zohry, 2017) (Figure 7).



Figure 7 : L'adulte de *T. confusum* vue face dorsale et vue face ventrale (G:40×2)
(Originale, 2024).

2.5. Biologie de *T. confusum*

La biologie de *T. confusum* révèle des caractéristiques intrigantes. Ces insectes se déplacent rapidement, bien qu'ils soient incapables de voler, et leur durée de vie moyenne atteint environ un an (Anonyme, 2001). Les femelles sont particulièrement prolifiques, elles pondent entre 300 et 400 œufs qui se fixent sur des matières alimentaires telles que la farine et les grains cassés grâce à une sécrétion collante. Les œufs éclosent en 5 à 12 jours, donnant naissance à de petites larves brunâtres qui subissent jusqu'à 12 mues avant d'atteindre le stade de pupe. Le développement complet de l'œuf à l'adulte dure environ 7 à 12 semaines, mais peut varier en fonction de facteurs tels que la température, l'humidité et la qualité du substrat. L'optimum thermique de l'espèce se situe entre 32 et 35 °C mais son développement cesse en dessous de 22 °C (Benlameur, 2016) (Figure 8).

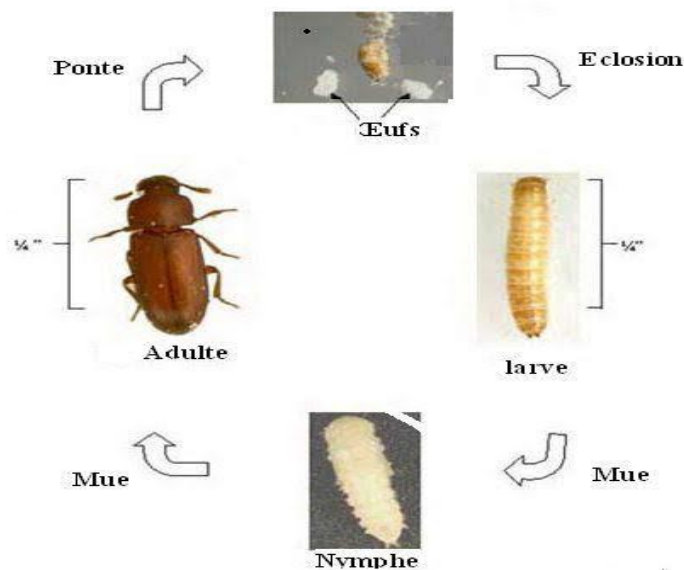


Figure 8 : Cycle de développement de *T. confusum* (Baldwin et Koehler, 2014).

2.6. Les ennemis naturels

Les ennemis naturels qui menacent le *T. confusum* comprennent une variété de prédateurs, de parasitoïdes et de pathogènes.

Selon Good (1936), la coccidie du genre *Adelina* affecte spécifiquement les larves, les nymphes et les adultes du *T. confusum*, tandis que les adultes des *Tenebroides mauritanicus* s'attaquent aux larves de *T. confusum*. *Beauveria bassiana* un champignon endopathogènes, est efficace pour lutter contre le *T. confusum* à diverses températures (Thompson et Reddie, 2016).

Certains Arthropodes particulièrement les acariens, tels que *Pediculoides ventricosus* et *Acarophenax tribolu* tendent à limiter l'activité du *T. confusum* (Lepesme, 1944).

2.7. Régime alimentaire et dégâts

Le *T. confusum* est particulièrement nuisible aux produits stockés, affectant principalement les graines, les noyaux et autres produits déjà endommagés par d'autres parasites, ou ayant subi des blessures lors de la récolte et du stockage. Les conséquences économiques incluent une diminution du poids et de la qualité, des problèmes de cuisson, une baisse de la commercialisation des produits infestés et une odeur désagréable.

De plus, en tant qu'allergène, il peut déclencher des réactions allergiques chez les boulangers (Schultze, 1991) (Figure 9).



Figure 9 : Dégâts du *Tribolium confusum* sur la semoule (Originale, 2024).

2.8. Méthodes de lutte contre les insectes des denrées stockées

- **La lutte physique :** Dans la lutte physique contre les parasites des grains stockés, plusieurs méthodes sont employées. La gestion de l'humidité est cruciale pour préserver leur qualité, car une humidité élevée favorise la prolifération des parasites. Le processus de séchage, qui implique la circulation d'air à travers les grains, va du séchage naturel à l'utilisation de systèmes de séchage avancés. L'aération, une méthode économique pour contrôler les insectes, est utilisée pour refroidir les stocks après la récolte malgré ses exigences en équipements. Le piégeage est largement utilisé pour détecter les infestations et réduire les populations d'insectes volants, offrant une gamme variée de pièges adaptés à différentes situations. Les temps d'exposition varient selon les températures utilisées pour traiter les grains infestés. Par exemple, une exposition à des températures entre 50 et 60 °C ou à 0 °C pendant quelques minutes permet d'éliminer la plupart des insectes, tandis qu'une heure à des températures entre -16 et -22 °C suffit à une élimination totale. Ces traitements thermiques utilisent la ventilation par air chaud ou froid ainsi que des systèmes de lit fluidisé. En outre, des techniques telles que l'assainissement, l'enlèvement et la destruction des sources potentielles d'infestation, ainsi que l'utilisation de la température basse ou haute, comme le froid ou la chaleur, sont appliquées pour rendre le stock sain. L'insolation est également pratiquée avant l'emmagasinage des récoltes pour achever le séchage et éloigner les insectes grâce à la chaleur et à l'incidence directe des rayons solaires.

Enfin, la désinsectisation par les rayons gamma peut provoquer la mort de tous les stades de développement de l'insecte à fortes doses, tandis qu'à des doses faibles, elle peut entraîner sa stérilité (Betteher, 2016).

- **La lutte chimique :** La lutte chimique contre les organismes nuisibles, largement utilisée pour sa grande efficacité, comporte deux principales approches (Maga et Olsen, 2004).

D'une part, le traitement par contact consiste à appliquer des insecticides sous forme de pellicule sur les grains, les emballages et les locaux de stockage, agissant directement sur les insectes ravageurs, avec un effet rapide et une durée d'action prolongée (Mohapatra et al., 2015). D'autre part, le traitement par fumigation utilise des gaz toxiques, appelés fumigants, pour traiter les grains, facilitant ainsi leur pénétration à l'intérieur et détruisant les œufs, larves et nymphes présents (Aidani, 2015). Cependant, l'utilisation de ces produits chimiques présente des

inconvénients sérieux, notamment des impacts sur l'environnement, le développement de résistance chez certains ravageurs, et des risques pour la santé dus aux résidus présents dans la chaîne alimentaire, entraînant des cas d'intoxication (Pretty et Hine, 2005).

- **La lutte biotechnologique :** La lutte biotechnologique repose sur diverses approches pour contrôler les ravageurs tout en préservant l'environnement et la santé humaine. Parmi ces méthodes, l'utilisation d'aérosols de pyréthrine a montré une efficacité de près de 90 % contre les coléoptères, bien que moins efficace sur la farine infestée. Les larves de ravageurs traitées avec des régulateurs de croissance des insectes ont présenté des anomalies ou une émergence adulte réduite.

Des résultats similaires ont été obtenus avec des pyréthrinoïdes seuls ou en combinaison avec des IGR, ainsi qu'avec du spinétoram. De plus, l'utilisation de phéromones synthétiques (Momar, 2012), perturbe le comportement des adultes et des régulateurs de croissance des insectes, limitant ainsi la reproduction de la progéniture (Semsar, 2013).

- **La lutte biologique :** La lutte biologique, en tant que méthode de préservation des écosystèmes et de promotion du développement durable, vise à réduire les populations d'insectes ravageurs en exploitant leurs ennemis naturels tels que les prédateurs, les parasites et les agents pathogènes (Kellouche, 2005).

Cette approche utilise également des produits naturels d'origine végétale tels que des poudres minérales, des huiles végétales et des huiles essentielles. Actuellement privilégiée dans les programmes de recherche en raison de ses avantages économiques et agroenvironnementaux (Amari, 2014), la lutte biologique maintient un équilibre bioécologique. Les insecticides botaniques représentent une alternative efficace aux insecticides conventionnels, pouvant être appliqués directement sur les cultures ou par fumigation (Pavela et Benelli, 2016).

3. Les Huiles Essentielles

3.1. Définition

Les huiles essentielles sont des substances volatiles et huileuses, souvent dotées d'odeurs et de saveurs intensément caractéristiques, obtenues à partir de diverses parties de plantes aromatiques par différentes méthodes telles que l'hydro-distillation, l'enfleurage ou l'extraction par solvant. Elles sont composées de mélanges complexes de composants volatils présents dans les végétaux, qui peuvent subir diverses modifications au cours de leur extraction. Selon la norme française AFNOR NF T75-006, une huile essentielle est définie comme un produit obtenu à partir de matières végétales, par entraînement à la vapeur ou par des procédés mécaniques à partir de l'épicerpe des agrumes, et séparé de la phase aqueuse par des méthodes physiques (Anonyme, 2014).

3.2. Composition chimique

Les composants chimiques comprennent :

- **Terpénoïdes** : Ce sont les éléments les plus volatils avec une faible masse moléculaire. Ils sont des hydrocarbures et contribuent à l'arôme des plantes et des fleurs (Boumediene et Agha, 2014).
- **Monoterpènes** : Ce sont également des hydrocarbures aliphatiques, qu'ils soient saturés ou insaturés, cycliques, acycliques ou aromatiques (Fekih, 2015).
- **Sesquiterpènes** : Ils présentent une variété de structures, incluant des carbures, des alcools et des cétones, ces derniers étant les plus courants (Fekih, 2015).
- **Composés aromatiques** : Moins présents que les terpènes, ces composés sont dérivés du phénol-propane (Couderc, 2001).
- **Composés d'origines diverses** : Ce groupe inclut des carbures, des acides, des alcools, des aldéhydes et des esters qui sont extraits lors de la production des huiles essentielles (Couderc, 2001).

3.3. Caractéristiques

Les huiles essentielles sont un domaine captivant de la biologie végétale, offrant une diversité de propriétés biologiques à explorer. Leur complexité réside dans les différents composés volatils qu'elles contiennent, tels que les monoterpénoides, les sesquiterpénoides, les benzenoides et les phénylpropanoides, qui interagissent avec les humains, les animaux et d'autres plantes, générant ainsi une variété d'activités biologiques. Le terme "biologique" englobe toutes les réponses et effets observés lorsque ces mélanges de composés volatils entrent en contact avec des organismes vivants.

La particularité des huiles essentielles réside dans leurs petites molécules organiques qui peuvent rapidement passer de l'état liquide à l'état gazeux à température ambiante. Cette caractéristique est cruciale pour leur efficacité. Lorsqu'une bouteille d'huile essentielle est ouverte, ces molécules liquides se vaporisent instantanément, libérant l'odeur caractéristique de l'huile, perceptible même à distance.

Les bienfaits de chaque huile essentielle sont principalement déterminés par l'espèce végétale d'origine et les propriétés chimiques spécifiques qu'elle renferme. Chaque plante crée une composition unique de composés chimiques qui donne à son huile essentielle des caractéristiques distinctes et des effets particuliers, souvent exploités à des fins thérapeutiques ou cosmétiques (Anonyme, 2016).

3.4. Répartition et rôle des huiles essentielles dans les plantes

Les huiles essentielles sont principalement présentes chez les plantes supérieures comme celles de la famille des Labiées. Elles se trouvent dans divers organes végétaux tels que les fleurs, les feuilles, parfois les écorces, les bois, les racines, les rhizomes, les fruits et les graines.

Bien que tous les organes d'une même plante puissent contenir des huiles essentielles, leur composition varie selon leur localisation. Par exemple, chez l'orange amère, l'essence de Curaçao est extraite du zeste, l'essence de Néroli provient des fleurs, tandis que les feuilles, les rameaux et les petits fruits fournissent l'essence de petit grain bigaradier. Ces trois huiles essentielles peuvent présenter des différences significatives dans leur composition malgré qu'elles proviennent de la même plante (Bruneton, 1993).

En général, les huiles essentielles sont présentes en quantités très faibles, représentant au maximum 1 à 2 % de la matière sèche.

Divers facteurs influent sur la composition chimique des huiles essentielles :

a) Facteurs intrinsèques

- **Différentes parties de la plante :** Chaque partie de la plante peut contenir des concentrations différentes de composés chimiques. Par exemple, les parties fleuries de la sauge ont une huile essentielle plus riche en certains terpènes que les feuilles (Perry et al., 1999).
- **Cycle de vie de la plante :** La composition chimique des huiles essentielles peut varier en fonction des saisons, des mois et même des moments de la journée. Par exemple, l'huile essentielle de menthe peut avoir un profil chimique différent le matin par rapport à l'après-midi (Wichtl et Anton, 1999).

De plus, la sauge produit une huile essentielle plus riche en thuyone en automne et en hiver qu'en été (Perry et al., 1999).

- **Chimiotype :** Différentes sous-espèces d'une même plante peuvent produire des huiles essentielles avec des compositions chimiques distinctes, malgré une apparence identique.

Par exemple le fenouil amer produit de la fenchone, tandis que le fenouil doux peut produire des huiles avec de l'anéthole ou de l'estragol (Wichtl et Anton, 1999).

b) Facteurs extrinsèques

Les plus significatifs sont : la nature du sol, la température et l'humidité.

Ces facteurs expliquent les variations de composition des plantes en fonction des conditions environnementales dans lesquelles elles sont cultivées. En France, par exemple, l'huile essentielle de lavande est soumise à une appellation d'origine contrôlée, avec des critères stricts établis par un décret du 24 octobre 1997.

La fonction des huiles essentielles dans les plantes est encore largement inconnue. On suppose qu'elles ont un rôle écologique en inhibant la germination, en offrant une protection contre les prédateurs et en attirant les pollinisateurs, des rôles qui ont été prouvés expérimentalement (Brunton, 1993).

Il semble donc que certaines huiles présentes dans les plantes participent à un mécanisme de protection non spécifique. En réaction à une agression, la production d'huile essentielle peut augmenter de manière significative.

3.5. Méthodes d'extraction des huiles essentielles

L'extraction des huiles essentielles se fait de différentes façons.

- ✓ **L'hydrodistillation** : consiste à chauffer les plantes avec de l'eau bouillante ou de la vapeur, ce qui libère les huiles qui se séparent ensuite en refroidissant.
- ✓ **L'entraînement à la vapeur d'eau** : implique de tremper les plantes dans de l'eau tiède pour libérer des composés comme le salicylate de méthyle.
- ✓ **L'expression à froid** : utilisée pour les agrumes, consiste à presser l'écorce pour en extraire l'huile.
- ✓ **L'enfleurage** : une méthode traditionnelle encore utilisée à Grasse, en France, la graisse est utilisée pour absorber les huiles des fleurs, qui sont ensuite extraites avec de l'alcool.

Des méthodes modernes comme la micro-extraction et l'extraction par fluide supercritique sont utilisées pour des besoins spécifiques, comme préserver les composants sensibles à la chaleur ou pour de petites quantités (Anonyme, 2014).

3.6. Utilisations principales des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont polyvalentes et trouvent leur place dans divers domaines :

a) Utilisations pharmacologiques

Les vertus des huiles essentielles en font des outils précieux en médecine. Elles ont des actions antiseptiques contre différents microbes, des effets antispasmodiques et calmants, et sont employées dans les crèmes et pommades pour apaiser les douleurs musculaires. En outre, elles sont fondamentales en aromathérapie, qui exploite les essences de plantes pour des traitements par inhalation ou massage cutané (Bruneton, 1993).

b) En parfumerie et cosmétique

Les huiles essentielles jouent un rôle essentiel dans l'industrie des parfums et des produits cosmétiques. Elles sont intégrées dans des formulations pour la peau, les cheveux, ainsi que dans des produits d'ambiance comme les diffuseurs et les pot-pourris (Bruneton, 1993). Leur utilisation s'étend également aux préparations pour le bain et les massages, où elles peuvent être absorbées à travers la peau (Gelal et al., 1999).

c) Dans les industries *agro-alimentaires*

Les huiles essentielles sont employées comme ingrédients de base dans l'industrie chimique pour produire des vitamines et des arômes naturels présents dans divers produits alimentaires comme les boissons, les confiseries et les produits laitiers. De plus, elles sont intégrées dans l'alimentation des animaux (Bruneton, 1993).

4. Présentation des plantes aromatiques testées

4.1. Le cyprès vert (*Cupressus sempervirens*)

➤ Description botanique

C. sempervirens est un arbre au port élancé et pyramidal, qui rappelle la forme d'une flamme. Il est remarquablement ancien et peut vivre jusqu'à 3 000 ans. Ses feuilles sont constituées d'écailles triangulaires disposées en quatre rangées imbriquées. Les fleurs se trouvent à l'extrémité des branches, regroupées en petits chatons marron dont le pollen est hautement allergène, bien que l'huile essentielle extraite ne le soit pas. Les fruits, connus sous le nom de noix de cyprès, sont des cônes sphériques, ligneux et très durs, composés de 6 à 12 écailles en forme d'écusson. Le *C. sempervirens* prospère particulièrement dans les sols pierreux des régions sèches et arides du bassin méditerranéen (Baudoux, 2017) (Figure 10).



Figure 10: Morphologie du *C. sempervirens* (Cardenas, 2017).

➤ **Taxonomie :**

Selon Carl von Linné le jeune (1753), *C. sempervirens* occupe la position suivante :

- **Règne** : Plantae
- **Sous-règne** : Tracheobionta
- **Division** : Coniferophyta
- **Classe** : Pinopsida
- **Ordre** : Pinales
- **Famille** : Cupressaceae
- **Genre** : *Cupressus*
- **Espèce** : *Cupressus sempervirens*

➤ **Origine et répartition géographique**

C. sempervirens possède une origine antique qui remonte à des temps immémoriaux et est souvent cité dans les récits mythologiques en raison de son importance symbolique. Il est associé à la robustesse, à la longévité et à la vie dans des régions désertiques telle que le Sahara. Sa capacité à survivre dans des conditions écologiques difficiles le rend omniprésent, présent dans divers endroits entre les latitudes 20° et 40° nord, notamment dans le bassin méditerranéen, en Afrique du Nord, en Amérique centrale et en Extrême-Orient. Bien adapté

aux environnements arides, certaines variétés peuvent aussi prospérer dans des climats océaniques avec des sols profonds et frais. Cependant, les températures trop basses limitent souvent leur expansion géographique (Bouvet, 1982).

➤ **Principaux constituants de l'huile essentielle de *Cupressus sempervirens***

Selon Nathalie (2024), l'huile essentielle de *C. sempervirens* est riche en :

- **Monoterpènes 40-80%** : α-pinène (45-75%) d3-carène (12-25%) limonène, myrcène, sabinène...
- **Sesquiterpénoles** : Cédrol (2-7%), cadinol
- **Autres composants** : sesquiterpènes, esters, 1,8 cinéole, monoterpénols.

➤ **Utilisation et propriétés thérapeutiques**

L'huile essentielle de *c. sempervirens*, extraite des branches de l'arbre, est utilisée pour ses propriétés bénéfiques sur la circulation sanguine et lymphatique, notamment en raison de ses effets vasoconstricteurs (Auger, 1982).

Cette huile est traditionnellement réputée pour ses qualités toniques et est fréquemment employée pour réguler la transpiration et apaiser les nerfs. Elle est également recommandée pour divers troubles comme les symptômes de la ménopause, les douleurs menstruelles, la toux spasmodique, la coqueluche, la bronchite virale, les problèmes liés à la prostate et l'incontinence urinaire. (Laoudi, 2023).

De plus, elle est bénéfique pour combattre la fatigue mentale (Nathalie, 2024).

4.2. Eucalyptus (*Eucalyptus globulus*)

➤ **Description**

E. globulus est un arbre qui peut atteindre une hauteur de 100 mètres dans son habitat naturel. Son tronc présente une écorce foncée et rugueuse à la base, tandis que l'épiderme se détache en longs lambeaux souples et parfumés. L'arbre possède également des lenticelles remplies de gomme balsamique et un bois de couleur rouge (Goetz, 2008) (Figure 11).



Figure 11: Morphologie de l'*Eucalyptus globulus* (Heliosadmin, 2018).

➤ **Origine et répartition géographique :**

E. globulus appartient à la famille des Myrtacées et est originaire d'Australie et de Tasmanie. Au cours des siècles, il a été introduit et cultivé dans plusieurs régions au climat méditerranéen ou subtropical (Loupe, 2008), notamment en Afrique, en Asie (Chine, Inde, Indonésie), en Amérique du Sud, en Europe méridionale et aux États-Unis (Bouamer, 2004).

➤ **Position systématique**

Selon Bouamer (2004), *E. globulus* est classé comme suit :

- **Embranchement** : Spermaphytes
- **Classe** : Dicotylédones
- **Ordre** : Myrtales
- **Famille** : Myrtaceae
- **Genre** : *Eucalyptus*
- **Espèce** : *Eucalyptus globulus*

➤ **Principaux constituants de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus***

E. globulus est doté d'une huile essentielle qui est principalement composée de 1,8-cinéole, également connu sous le nom d'eucalyptol. Cette huile renferme environ 18% de monoterpènes et près de 7% de sesquiterpènes (Franchomme et al., 2003). Le principal composant, le 1,8-cinéole ou eucalyptol, constitue entre 70 et 80% de l'huile essentielle, les autres composants étant majoritairement des terpènes (Bruneton, 1993).

➤ Utilisation et propriétés thérapeutiques

E. globulus est une plante couramment utilisée dans divers produits de notre quotidien. En pharmacie, les plantes du genre *Eucalyptus* se déclinent en plusieurs formes, telles que l'huile essentielle d'*E. globulus*. Cette huile est employée dans la fabrication de sirops contre la toux et la congestion bronchique, de pastilles pour soulager les maux de gorge, de sprays nasaux décongestionnants, d'inhalations pour améliorer la respiration, d'huiles de massage pour la récupération après l'effort, et de produits d'hygiène buccale (Anonyme, 2022).



Chapitre II :

Matériels et méthodes

La partie expérimentale de notre travail a été réalisée au Laboratoire d'Entomologie Appliquée de la faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques de l'université Mouloud Mammerie de Tizi-Ouzou.

Notre travail de recherche réside à étudier l'activité bioinsecticide de deux huiles essentielles : *Eucalyptus globulus* et *Cupressus sempervirens*, contre un insecte redoutable qui cause des dommages des stocks, nommé *Tribolium confusum*.

1. Matériel

1.1. Matériel de laboratoire

Pour les expériences réalisées au laboratoire, nous avons utilisé le matériel suivant :

- Une étuve réfrigérée et réglée à une température de 30 ± 1 °C et une humidité relative de $70 \pm 5\%$ qui correspondent aux conditions optimales de développement de *T. confusum*.
- Des micropipettes à volumes variables (10ul-50ul) et de (100ul-500ul).
- Des bocaux en verre pour les élevages de masse des adultes de *T. confusum*.
- Des boîtes de Pétri en plastique de 8,5 cm de diamètre et 1,5 cm de hauteur pour les tests de répulsivité.
- Des boîtes de Pétri en plastique de 5,2 cm de diamètre et de 1,2 cm de hauteur pour la lecture des tests d'inhalation.
- Balance électronique pour peser le substrat.
- Papier filtre pour les tests par inhalation et de répulsivité.
- Flacons en plexiglas pour les tests d'inhalation.
- Un réfrigérateur pour conserver le substrat et les huiles essentielles.
- D'autres outils de manipulations ont été également utilisés (pinces, scotch, fil fin, aiguille, bassine, ciseaux, étiquettes, tamis...) (Figure 12).



Figure 12 : Etuve obscure, Balance électronique, Micropipettes, Loupe binoculaire
(Originale, 2024).

1.2. Matériel biologique

1.2.1. Matériel animal

La souche d'origine de *T. confusum* provient du laboratoire d'Entomologie Appliquée de la faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

1.2.2. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude correspond à :

La semoule fine achetée dans une Alimentation à Bastos.

Des huiles essentielles (*Eucalyptus globulus*) et (*Cupressus sempervirens*) provenant du marché local de Tizi-Ouzou (Yakouren). Nos huiles essentielles sont conservées dans des flacons en verre colorés à fermeture étanche et à une température de 5 °C.

2. Méthodes

2.1. Elevage de masse

L'élevage en masse de *T. confusum* est effectué dans des bocaux en verre avec des trous d'aération sur le couvercle, remplis à moitié de semoule fine et saine. Des adultes d'âge indéterminé y sont introduits puis les bocaux sont placés dans une étuve obscure et réglée à température de 30 ± 1 °C et humidité de 70 ± 5 % .

Après une semaine, les adultes sont retirés pour permettre le développement des œufs jusqu'à l'émergence des adultes de la première génération. Les adultes âgés de moins de 7 jours sont ensuite utilisés pour effectuer les différents tests biologiques (Figure 13).



Figure 13 : Élevage de masse de *Tribolium confusum* sur la semoule fine (Originale, 2024).

2.2. Test par inhalation

Dans ce test, nous avons évalué l'effet par inhalation de deux huiles essentielles, l'*Eucalyptus globulus* et *C. sempervirens* sur la mortalité des adultes de *T. confusum*. En adoptant le protocole expérimental suivant :

- Nous avons utilisé des flacons en plexiglas de 64 ml de volume et à la face inférieure du couvercle de chaque flacon, nous avons fixé du fil auquel est attaché un morceau de papier filtre imbibé de l'huile essentielle d'*E. globulus* ou de *C. sempervirens* à différentes doses (25, 30, 35 et 40 μ L) à l'aide d'une micropipette.
- 10 adultes de *T. confusum* âgés de 0 à 7 jours sont introduits dans chaque flacon contenant 3g de semoule. Simultanément, un témoin est réalisé sans huile (Figure 14).
- Pour chaque dose, nous avons varié la durée d'exposition : 24h, 48h et 72h. Quatre répétitions sont réalisées pour chaque dose, ainsi que pour le témoin.
- A la fin de l'expérience, les insectes sont transférés dans des petites boîtes de Pétri et le comptage des individus morts est effectué 24h après le traitement.



Figure 14 : Dispositif expérimental pour le test d'inhalation sur les adultes de *T. confusum*, exposés à différentes doses de deux huiles essentielles (Originale, 2024).

2.3. Test de Répulsivité

Le protocole expérimental de test de répulsivité vise à évaluer l'efficacité répulsive des deux huiles essentielles, *E. globulus* et le *C. sempervirens* sur les adultes de *T. confusum* en utilisant la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre. Pour ce faire, un disque de papier filtre de 8,5 cm de diamètre est divisé en deux parties égales. Une partie (Tr) est imprégnée de différentes doses (25, 30, 35, 40 μ l) de l'une des huiles essentielles diluées dans 500 μ l d'acétone, tandis que l'autre partie (Nt) est traitée uniquement avec le même volume d'acétone. Après évaporation du solvant, les deux parties sont assemblées avec une bande adhésive et placées au fond d'une boîte de Pétri de 8,5 cm de diamètre et de 1,5 de hauteur. Ensuite, 10 adultes de *T. confusum* sont placés au centre de la boîte de Pétri. Quatre répétitions sont réalisées pour chaque dose. Après une période de 30 mn, le nombre de Triboliums présents sur la partie du disque traitée avec l'huile essentielle est compté, ainsi que le nombre d'individus présents sur la partie traitée uniquement avec de l'acétone (Figure 15).



Figure 15 : Mise en place expérimentale pour évaluer la répulsivité chez les adultes de *T. confusum* (Originale, 2024).

Le taux de répulsion (PR) induit par les huiles essentielles sur les adultes de *T. confusum* est calculé en utilisant la formule de MC Donald et al. (1970) : $PR (\%) = (NT - Tr)/(NT + Tr) \times 100$

- NT représente le nombre d'individus présents dans la partie traitée avec seulement de l'acétone.
- TR représente le nombre d'individus présents dans la partie traitée avec l'huile essentielle diluée dans de l'acétone.

Le pourcentage moyen de répulsion est calculé pour chaque huile essentielle, puis il est classé en fonction des catégories de répulsion définies par Mc Donald et al. (1970), comme indiqué dans le tableau de classement ci-dessous :

Tableau 1 : Taux de répulsivité d'après le système de classification de Mc Donald et al. (1970).

Classe	Intervalle de répulsion	Propriétés
Classe 0	$PR \leq 0,1\%$	Très faiblement répulsif
Classe 1	$0,1\% < PR$	Faiblement répulsif
Classe 2	$20\% < PR \leq 40\%$	Modérément répulsif
Classe 3	$40\% < PR \leq 60\%$	Moyennement répulsif
Classe 4	$60\% < PR \leq 80\%$	Répulsif
Classe 5	$80\% < PR \leq 100\%$	Très répulsif

2.4. Effet répulsif du mélange de deux huiles essentielles après 24 heures

Après avoir évalué l'effet répulsif des huiles essentielles séparément, nous avons également testé l'effet du mélange des deux. Pour cela, nous avons dilué les CL50 respectives de l'huile essentielle de Cyprès (27 μ l) et de l'huile essentielle d'Eucalyptus (27.22 μ l) dans 0,5 ml d'acétone. Ce mélange a été appliqué sur la partie traitée (Tr) de l'expérience, tandis que la partie non traitée (NT) ne contenait que le même volume d'acétone.

Après évaporation du solvant, dix adultes de *T. confusum* âgés de 0 à 7 jours ont été placés au centre d'une boîte de Pétri, et l'expérience a été répétée trois fois. Après 30 minutes d'exposition, nous avons compté le nombre d'individus présents sur la partie traitée uniquement à l'acétone et sur celle traitée avec le mélange d'huiles essentielles diluées dans l'acétone.

3. Analyse statistique

Les résultats obtenus ont été analysés à l'aide de l'analyse de la variance à trois facteurs (Dose, Durée d'exposition, Huile essentielle) en utilisant le logiciel statistique Stat Box version 6.40. Lorsque cette analyse révèle des variations significatives entre les différents traitements, le test de Newman et Keuls est appliqué avec un seuil de signification de $P = 5\%$ pour identifier les groupes qui présentent des similitudes (Dagnelie, 1975). En fonction de la valeur de la probabilité (p), les interprétations sont les suivantes :

- $P > 0,05$: 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 III :

Résultats et discussion

3.1. Résultats des tests de toxicité des huiles essentielles sur les adultes de *T. confusum* par inhalation

3.1.1. Effet de l'huile essentielle d'*E. globulus* à l'égard de *T. confusum*

Les résultats de l'activité insecticide par inhalation de l'huile essentielle d'*E. globulus* sur les adultes de *T. confusum* sont illustrés dans la figure 12 :

Le taux moyen de mortalité des adultes dans le lot témoin qui n'a subi aucun traitement est nul. En revanche, les résultats obtenus dans les lots traités révèlent que la mortalité des adultes de *T. confusum* évolue de manière dépendante de la dose et de la durée d'exposition.

La toxicité de l'huile essentielle d'*E. globulus* augmente avec la dose. Son effet fumigant est appréciable dès la plus petite dose testée (25 μL), entraînant un taux de mortalité de 37,5 % après 24 h d'exposition.

À la plus forte dose (40 μL), cette huile essentielle a causé une mortalité de 97.5% des adultes de *T. confusum* en 24 heures, tandis que les doses (25, 30 et 35 μL) ont provoqué 100 % de mortalité après 72 heures d'exposition.

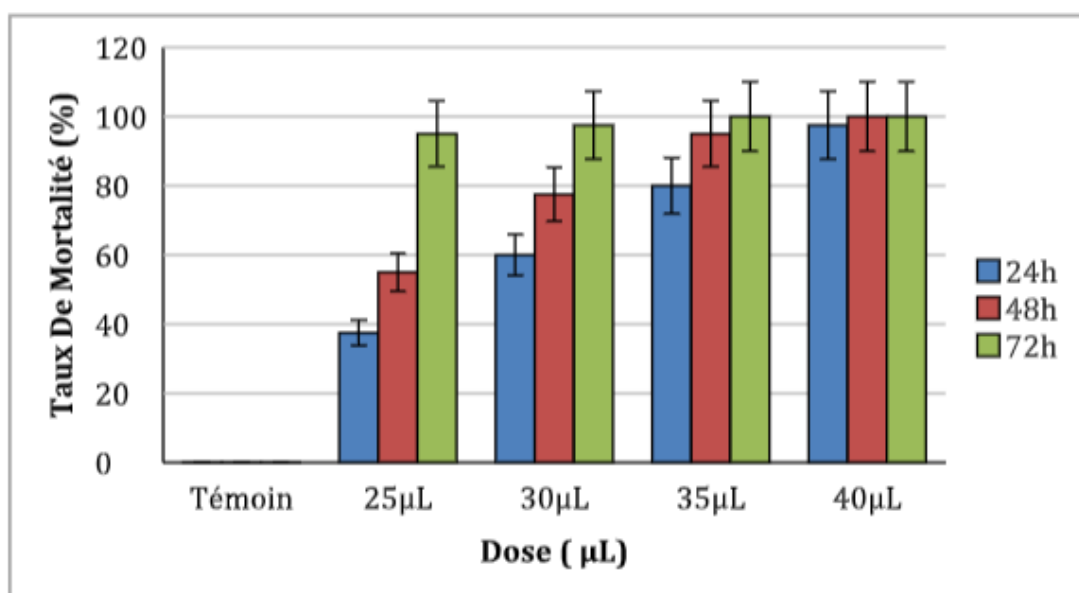


Figure 12 : Taux de mortalité moyen (moyennes \pm écart-type) des adultes de *T. confusum* traités par inhalation avec l'huile essentielle d'*E. globulus* en fonction de la dose et de la durée d'exposition.

Pour évaluer l'efficacité réelle de cette huile, nous avons déterminé la concentration

létale 50 (CL50), qui correspond à la dose provoquant 50 % de mortalité chez *T. confusum*. Cette valeur a été obtenue en ajustant une droite de régression des probits en fonction des logarithmes des doses. La CL50 de l'huile essentielle d'*E. globulus* après 24 heures d'exposition est de 27,22 μ L. Ce résultat souligne que cette huile essentielle présente un effet toxique sur *T. confusum* (Figure 13).

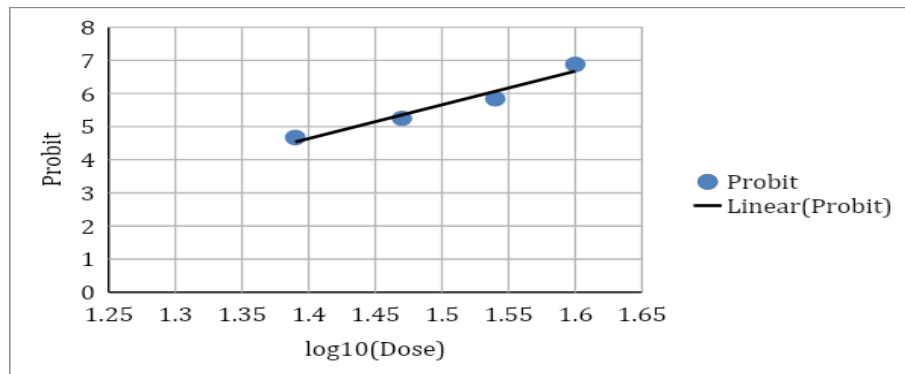


Figure 13 : Taux de mortalité en probit des adultes de *T. confusum* pour l'huile essentielle d'*E. globulus* en fonction du log 10.

3.1.2. Effet de l'huile essentielle de cyprès vert (*C. sempervirens*) à l'égard de *T. confusum*

D'après les résultats obtenus (Figure 14), l'effet fumigant de l'huile essentielle de *C. sempervirens* est observé dès la plus faible dose utilisée (25 μ l) après 24 h d'exposition avec un taux de mortalité de 40 %. Tandis que l'effet maximal de 100% de l'huile a été atteint avec la dose 40 μ l après 24h d'exposition.

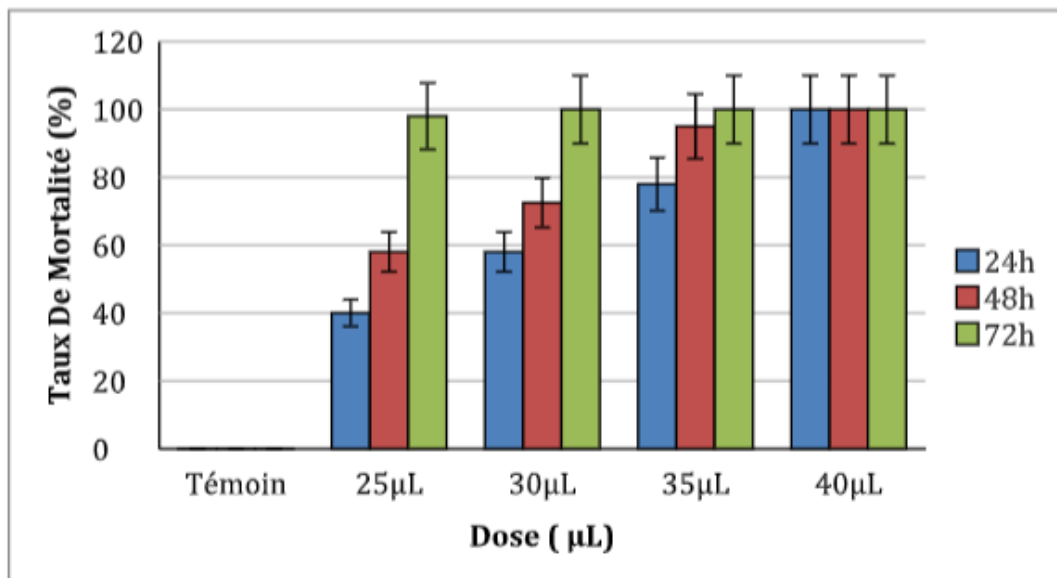


Figure 14 : Taux de mortalité moyen (moyennes \pm écart-type) des adultes de *T. confusum* traités par inhalation avec l'huile essentielle de *C. sempervirens* en fonction de la dose et de la durée d'exposition.

Pour évaluer l'efficacité de cette huile, nous avons calculé la concentration létale 50 (CL50), qui correspond à la dose provoquant 50 % de mortalité chez *T. confusum*. Cette valeur a été déterminée en ajustant une droite de régression des probits en fonction des logarithmes des doses. La CL50 de l'huile essentielle de *C. sempervirens* après 24 heures d'exposition est de 27 µL. Ce résultat met en évidence l'effet toxique significatif de cette huile essentielle sur *T. confusum* (Figure 15).

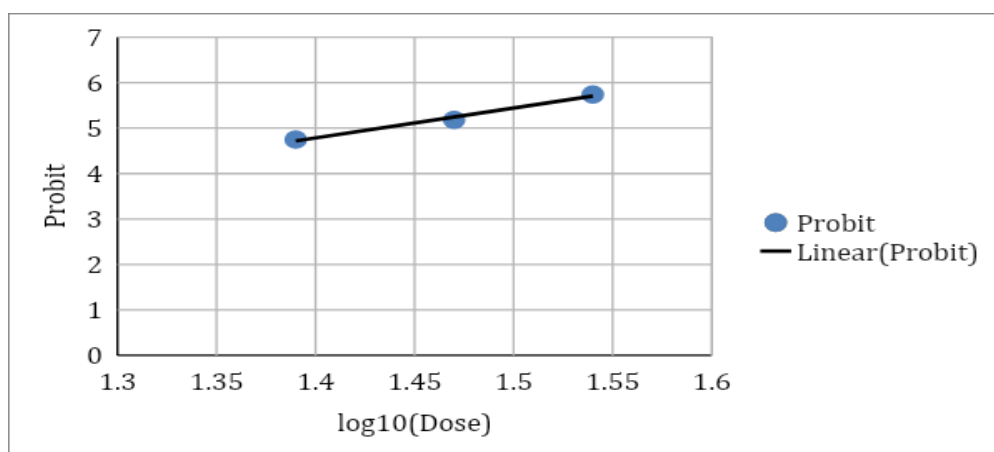


Figure 15 : Taux de mortalité en probit des adultes de *T. confusum* par l'huile essentielle de *C. sempervirens* en fonction du log 10.

3.2. 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 (l'huile, dose et temps d'exposition). Les résultats de l'analyse révèlent une différence très hautement significative pour les effets de la dose ($P = 0,0000$) et du temps d'exposition ($P = 0,0000$) sur la mortalité des adultes. En revanche, l'effet de l'huile ($P = 0,86834$) n'est pas significatif. De plus, les interactions entre la dose et le temps ($P = 0,75102$), la dose et l'huile ($P = 0,83446$), et le temps et l'huile ($P = 0,97928$) ne sont pas significatives. Cependant, l'interaction entre les trois facteurs (dose, temps, et huile) montre une différence très hautement significative ($P = 0,0000$) sur la mortalité des adultes, indiquant que les effets combinés de ces trois facteurs sont significatifs (Tableau 2).

F1=Huile

F2=Dose

F3=Temps

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

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	175559,2	119	1475,287				
VAR.FACTEUR 1	0,813	1	0,813	0,025	0,86834		
VAR.FACTEUR 2	150188,3	4	37547,09	1175,387	0		
VAR.FACTEUR 3	11601,66	2	5800,828	181,591	0		
VAR.INTER F2*3	61,688	4	15,422	0,483	0,75102		
VAR.INTER F1*2	11,703	2	5,852	0,183	0,83446		
VAR.INTER F1*3	10756,67	8	1344,584	42,091	0,97928		
VAR.INTER F1*2*3	63,297	8	7,912	0,248	0		
VAR.RESIDUELLE	2875	90	31,944			5,652	8,51%

Le test de Newman et Keuls, au seuil de signification de 5%, classe le facteur dose dans 5 groupes homogènes A, B, C, D et E. La dose 40 μl (D4), la plus efficace, est classée dans le groupe homogène A avec une moyenne de 99,583%. La dose 35 μl (D3) est classée dans le groupe homogène B avec une moyenne de 91,25%. La dose 30 μl (D2) est classée dans le groupe homogène C avec une moyenne de 77,5%. La dose 25 μl (D1) est classée dans

le groupe homogène D avec une moyenne de 63,75%. Le témoin (D0) est classé dans le groupe homogène E avec une moyenne de 0% (Tableau 3).

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

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGÈNES				
5.0	D4	99,583	A				
4.0	D3	91,25		B			
3.0	D2	77,5			C		
2.0	D1	63,75				D	
1.0	D0	0					E

Le test de Newman et Keuls classe les temps d'exposition dans les groupes homogènes suivants : dans le groupe A, est classé le temps d'exposition le plus long 72h (T3) avec une moyenne de 79 indiquant un effet statistiquement distinct et plus fort. Dans le groupe B, on retrouve le temps d'exposition de 48h (T2) avec une moyenne de 65,25 représentant un effet intermédiaire. Enfin, dans le groupe C, est classé le temps d'exposition le plus court 24h (T1) avec une moyenne de 55 montrant l'effet le plus faible. Ces classifications démontrent que l'augmentation du temps d'exposition entraîne une augmentation de l'effet mesuré (Tableau 4).

Tableau 4 : Résultat du test de Newman et Keuls concernant l'effet du facteur Temps sur les adultes de *T. confusum*.

F3	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGÈNES		
3.0	T3	79	A		
2.0	T2	65,25		B	
1.0	T1	55			C

3.3. Résultats de l'analyse statistique des tests par répulsion avec les deux huiles essentielles

L'analyse de la variance révèle des différences significatives pour le facteur huile ($P=0.00122$) et le facteur dose ($P=0$), tandis que l'interaction entre ces deux facteurs n'est pas significative ($P=0.45319$). Le facteur huile (Facteur 1) a une valeur F de 13,636 avec une probabilité associée de 0,00122, indiquant une différence significative entre les types d'huile utilisés (*Eucalyptus globulus* et *Cupressus sempervirens*). Le facteur dose (Facteur 2) montre une valeur F de 53,273 avec une probabilité de 0, démontrant une différence significative entre les doses testées (25, 30, 35 et 40 μ l). Cependant, l'interaction entre l'huile et la dose (VAR.INTER F1*2) a une valeur F de 0,909 et une probabilité de 0,45319, indiquant que cette interaction n'est pas statistiquement significative (Tableau 5).

Tableau 5 : Résultats de l'analyse de la variance pour les tests de répulsion avec les deux huiles essentielles testées.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	18350	31	591,936				
VAR.FACTEUR 1	1250	1	1250	13,636	0,00122		
VAR.FACTEUR 2	14650	3	4883,333	53,273	0		
VAR.INTER F1*2	250	3	83,333	0,909	0,45319		
VAR.RESIDUELLE 1	2200	24	91,667			9,574	16,30%

Le tableau montre que le test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5% a classé l'efficacité des huiles essentielles testées. L'huile essentielle de *C. sempervirens* avec une moyenne de 65 est classée dans le groupe homogène A, indiquant qu'elle est plus toxique. En revanche, l'huile essentielle d'*E. globulus* avec une moyenne de 52,5 est classée dans le groupe homogène B, montrant qu'elle est moins toxique (Tableau 6).

Tableau 6 : Résultats du test de Newman et Keuls concernant l'effet du facteur huile essentielle testée par répulsion sur les adultes de *T. confusum*.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGÈNES	
2.0	H2	65	A	
1.0	H1	52,5		B

Le test de Newman et Keuls, au seuil de signification de 5%, classe le facteur dose dans 4 groupes homogènes A, B, C, et D. La dose 40 μl (D4), la plus efficace, est classée dans le groupe homogène A avec une moyenne de 90. La dose 35 μl (D3) est classée dans le groupe homogène B avec une moyenne de 65. La dose 30 μl (D2) se trouve dans le groupe homogène C avec une moyenne de 47,5. La dose 25 μl (D1) est classée dans le groupe homogène D avec une moyenne de 32,5, indiquant qu'elle est la moins efficace parmi toutes les doses testées (Tableau 7).

Tableau 7 : Résultat du test de Newman et Keuls concernant l'effet des doses des huiles essentielles testées par répulsion sur les adultes de *T. confusum*.

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
4.0	D4	90	A			
3.0	D3	65		B		
2.0	D2	47,5			C	
1.0	D1	32,5				D

3.4. Résultat du test d'inhalation de la mixture *E. globulus* et *C. sempervirens* après 24h d'exposition sur les adultes de *T. confusum*

Les résultats du test d'inhalation d'une association des deux huiles essentielles après une exposition de 24h sur les adultes de *T. confusum* sont illustrés dans la figure 16.

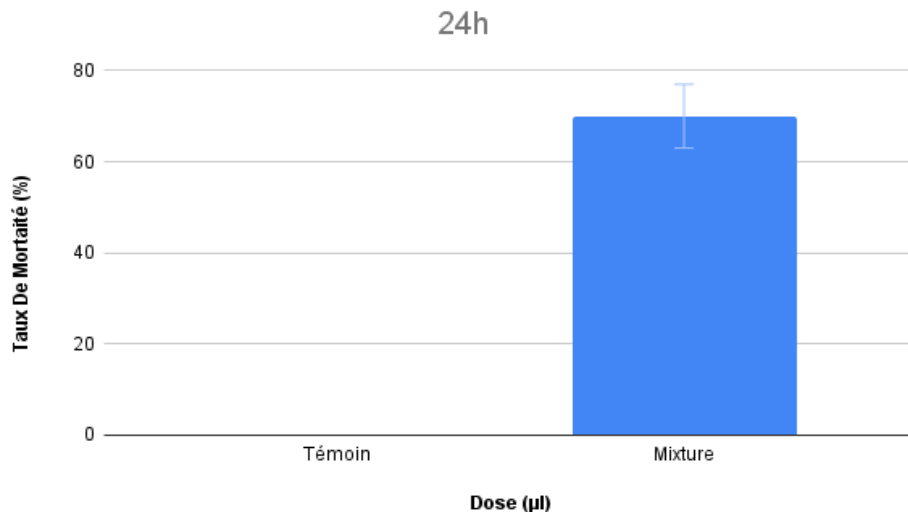


Figure 16 : Taux de mortalité (Moyenne \pm écart-type) des adultes de *T. confusum* traités avec la mixture d'*E. globulus* et *C. sempervirens*, par inhalation, après 24h.

Les résultats obtenus en combinant les concentrations létales CL50 des huiles essentielles de *C. sempervirens* et d'*E. globulus* après 24 heures ont démontré que ce mélange présente une activité insecticide contre les adultes de *T. confusum*, avec un taux de mortalité atteignant 70%. En revanche, aucune mortalité n'a été observée dans les lots témoins pour les adultes de *T. confusum*.

3.5. Résultats des tests de répulsion de deux huiles essentielles sur les adultes de *Tribolium confusum*

Les résultats du test de répulsion sont présentés dans le tableau 5. De manière générale, les deux huiles ont démontré un effet répulsif envers les adultes de *T. confusum*. Nous observons que l'effet répulsif varie selon l'huile : l'huile essentielle de *C. sempervirens* affiche une moyenne de répulsivité plus élevée, avec un taux moyen de 65%. Selon la classification de Mc Donald, cette huile appartient à la classe IV. Concernant l'huile essentielle d'*E. globulus*, le taux moyen de répulsivité enregistré dépasse les 50%. L'huile essentielle d'eucalyptus est moins répulsive comparativement à l'huile essentielle de cyprès vert.

Tableau 5 : Taux moyen de répulsion des huiles essentielles de *C. sempervirens* et d'*E. globulus* sur les adultes de *T. confusum* et leur classification selon Mc Donald et al. (1970).

Huiles essentielles	25µL	30µL	35µL	40µL	Taux moyen de répulsivité (%)	Classe de répulsivité	Propriété
<i>Eucalyptus globulus</i>	30	40	55	85	52,5	III	Moyennement répulsif
<i>Cupressus sempervirens</i>	35	55	75	95	65	IV	Répulsif

3.6. Discussion

Les résultats de cette étude montrent que les huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* (*E. globulus*) et de *Cupressus sempervirens* (*C. sempervirens*) ont des effets insecticides significatifs sur *T. confusum*, avec une mortalité accrue en fonction de la dose et de la durée d'exposition. À la plus petite dose testée (25 µL), *E. globulus* a entraîné une mortalité de 37,5 % après 24 heures, contre 40 % pour *C. sempervirens*. À la dose maximale de 40 µL, *E. globulus* a atteint une mortalité de 97,5 % en 24 heures, tandis que *C. sempervirens* a atteint 100 %.

Pour quantifier ces effets, la concentration létale 50 (CL50) a été déterminée. La CL50 de l'huile essentielle d'*E. globulus* après 24 heures d'exposition est de 27,22 µL, alors que celle de *C. sempervirens* est de 27 µL. Ces valeurs sont très proches, indiquant que les deux huiles sont presque équivalentes en termes de toxicité à la dose provoquant 50 % de mortalité chez *T. confusum*.

Bien que les deux huiles essentielles montrent des propriétés insecticides prometteuses, l'huile essentielle de *C. sempervirens* démontre une efficacité marginalement supérieure à celle d'*E. globulus* à doses élevées. Ces résultats suggèrent que l'utilisation de ces huiles essentielles pourrait être une stratégie efficace pour le contrôle de *T. confusum*, avec un léger avantage pour *C. sempervirens* dans des applications à plus forte dose.

Les résultats des tests de répulsion montrent que les huiles essentielles d'Eucalyptus globulus (*E. globulus*) et de Cupressus sempervirens (*C. sempervirens*) ont toutes deux un effet répulsif sur les adultes de *Tribolium confusum* (*T. confusum*). Cependant, l'intensité de cet effet varie selon l'huile. L'huile essentielle de *C. sempervirens* affiche une répulsivité moyenne de 65 %, la classant en classe IV selon la classification de McDonald, tandis que l'huile essentielle d'*E. globulus* enregistre un taux moyen de répulsivité légèrement supérieur à 50 %. Ainsi, bien que les deux huiles soient répulsives, l'huile essentielle de *C. sempervirens* est plus efficace que celle d'*E. globulus* pour repousser les adultes de *T. confusum*.

Les résultats de l'analyse statistique montrent que les effets des huiles essentielles sur la mortalité des adultes lors des tests d'inhalation n'ont pas différé de manière significative entre les deux types étudiés ($P = 0,86834$). En revanche, la dose ($P = 0,0000$) et le temps d'exposition ($P = 0,0000$) ont montré des effets très hautement significatifs sur la mortalité, avec des augmentations de dose et de temps d'exposition correspondant à une augmentation mesurable de l'effet observé. Les interactions entre la dose, le temps d'exposition et l'huile étaient également très significatives ($P = 0,0000$), soulignant l'importance des effets combinés de ces facteurs sur les résultats. Le test de Newman et Keuls a classé les doses et les temps d'exposition en groupes homogènes, confirmant que des doses plus élevées et des temps d'exposition plus longs étaient associés à une mortalité accrue, indépendamment du type spécifique d'huile essentielle utilisée dans l'étude.

Les résultats de l'analyse statistique des tests par répulsion montrent des différences significatives entre les deux huiles essentielles testées, *Cupressus sempervirens* et *Eucalyptus globulus* ($P=0.00122$). *Cupressus sempervirens* a démontré une toxicité plus élevée, étant classée dans le groupe homogène A avec une moyenne de 65, tandis qu'*Eucalyptus globulus* a montré une toxicité moindre, classée dans le groupe homogène B avec une moyenne de 52,5. Concernant les doses testées, une différence significative a également été observée ($P=0$), avec la dose de 40 μl étant la plus efficace, classée dans le groupe homogène A avec une moyenne de 90. Les autres doses (35 μl , 30 μl , 25 μl) ont été classées dans les groupes B, C, et D respectivement, selon leur efficacité décroissante. L'interaction entre le type d'huile et la dose n'a pas été statistiquement significative ($P=0.45319$), suggérant que l'effet des doses varie indépendamment du type d'huile utilisé.

Les résultats des concentrations létales CL50 des huiles essentielles de *Cupressus sempervirens* et d'*Eucalyptus globulus* combinées après 24 heures montrent une efficacité insecticide significativement accrue contre les adultes de *T. confusum*, avec un taux de mortalité de 70%. Cette observation suggère que le mélange des deux huiles essentielles pourrait agir de manière synergique, dépassant l'efficacité observée lorsque chaque huile est utilisée individuellement. Cette synergie pourrait potentiellement augmenter l'efficacité de ces huiles dans le contrôle des insectes nuisibles, offrant ainsi des perspectives prometteuses pour leur utilisation en agriculture et en lutte intégrée contre les ravageurs.

BOURAHLA FERIEL (2023), lors de son étude sur la toxicité des huiles essentielles de l'*Eucalyptus globulus* et du *Pistacia lentiscus* sur un ravageur des denrées stockées, *Tribolium confusum* (Jacquelin Du Val, 1868) (Coleoptera, Tenebrionidae), a démontré leur efficacité en tant qu'insecticides biologiques contre les ravageurs des céréales stockées, qui se propagent rapidement et ont un impact négatif sur la qualité des produits et la santé humaine. Les résultats de cette recherche ont conduit à des conclusions convaincantes et significatives. Les bioessais en laboratoire ont démontré que l'utilisation du *Pistacia lentiscus* a entraîné l'élimination de 100 % de ces ravageurs en seulement 96 heures lorsqu'elles sont appliquées par contact. En comparaison, l'*Eucalyptus globulus* a montré une efficacité de 55 % lorsqu'il était utilisé de la même manière. Lorsque les huiles essentielles ont été inhalées, l'*Eucalyptus globulus* a éliminé les ravageurs à 100 % en 120 heures, tandis que le *Pistacia lentiscus* a montré une efficacité de 79 % pour la même période. Ces résultats mettent en lumière le potentiel considérable de l'utilisation efficace des huiles essentielles du *Pistacia lentiscus* et de l'*Eucalyptus globulus* en tant qu'insecticides biologiques sûrs et respectueux de l'environnement.

Dans une étude portant sur le même insecte, Gad (2021) a constaté une forte activité insecticide de cinq huiles essentielles qui augmente avec le temps d'exposition, *Origanum vulgare*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Schinus molle*, *Citrus paradisi* et *Artemisia monosperma*.

Kacel et Baba Ahmed (2022) ont mis en évidence l'efficacité de deux huiles essentielles testées à l'égard de *T. confusum*. En effet, l'huile essentielle de menthe poivrée entraîne une mortalité de 81%, après 96 h d'exposition, à la dose de 40µl et 92% après 72h d'exposition, à la dose de 50µl pour l'huile essentielle de marjolaine.

Tinkicht (2023) a démontré que les tests de fumigation sur les adultes de *T. confusum* indiquent un effet insecticide significatif pour l'huile essentielle d'ail, mais aucun effet insecticide n'est enregistré pour les huiles essentielles de cannelle et de gingembre. Les analyses statistiques

pour chaque huile testée montrent également une variation très significative des taux de mortalité des insectes. Ces variations peuvent être expliquées par la composition chimique de l'huile essentielle et le comportement du ravageur.

Dans leur étude, Bazi et Belhacel (2023) ont exploré l'effet répulsif des huiles essentielles de menthe poivrée, de marjolaine à coquilles et de sauge sclarée sur les adultes de *T. confusum*. Le test par répulsion a révélé que l'huile essentielle de marjolaine est modérément répulsive avec un taux de répulsion moyen de 42,49%, tandis que les huiles de menthe et de sauge sont classées comme moyennement répulsives.

Ounas Lydia et Slimani Nouara (2022) ont étudié l'activité biologique de deux huiles essentielles, celle de la menthe poivrée (*Mentha piperita*) et de la marjolaine (*Origanum majorana*), sur *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera : Bostrychidae). Leurs résultats indiquent que l'huile essentielle de marjolaine présente un effet plus toxique par inhalation que celle de la menthe poivrée, bien que les deux huiles montrent une faible répulsivité. L'étude conclut que le traitement à la marjolaine offre une meilleure protection aux graines de blé dur comparativement à l'huile essentielle de menthe poivrée.

Belhocine Amina et Abdellaoui K. (2017) ont réalisé une étude comparative de l'activité insecticide entre un pesticide chimique et des huiles essentielles vis-à-vis du charançon du riz (*Sitophilus oryzae*). Les huiles essentielles ont démontré une efficacité significativement plus élevée par inhalation que par répulsion, avec des taux de mortalité de 85,71 % pour *Artemisia arborescens* et de 76,18 % pour *Lavandula angustifolia*. Ces résultats sont prometteurs et soulignent clairement l'effet insecticide remarquable des huiles essentielles par inhalation.



Conclusion

Conclusion

Les céréales jouent un rôle crucial dans la sécurité alimentaire mondiale, mais leur stockage est menacé par les insectes nuisibles, notamment *Tribolium confusum*. Les insecticides chimiques, bien que largement utilisés, suscitent des inquiétudes quant à leur impact sur la santé, l'environnement et la résistance des insectes. Notre étude explore l'efficacité biologique des huiles essentielles d'eucalyptus globulus et de cyprès vert pour le contrôle de *Tribolium confusum*.

Les résultats démontrent que les deux huiles essentielles présentent une activité insecticide par inhalation et répulsive contre les adultes de *Tribolium confusum*. L'huile essentielle de cyprès vert s'est avérée plus efficace, avec une mortalité totale après 72 heures d'exposition à 40 µl et un taux de répulsion moyen de 65%. La combinaison des deux huiles a montré une efficacité significativement accrue par rapport à leur utilisation individuelle.

Ces résultats suggèrent que les huiles essentielles d'eucalyptus globulus et de cyprès vert, en particulier leur combinaison, pourraient constituer des alternatives prometteuses aux insecticides chimiques pour la lutte contre *Tribolium confusum* dans les denrées stockées.

Des recherches futures sont nécessaires pour :

- Explorer d'autres combinaisons d'huiles essentielles pour optimiser leur efficacité.
- Évaluer les effets à long terme et la sécurité des huiles essentielles sur les denrées stockées.
- Identifier les composés chimiques spécifiques responsables de leur activité insecticide et répulsive.
- Développer des formulations pratiques pour une utilisation commerciale.
- Évaluer la résistance potentielle des insectes aux huiles essentielles.
- Comparer l'efficacité des huiles essentielles avec d'autres méthodes de contrôle.
- Étendre les recherches à d'autres ravageurs des denrées stockées.

L'exploration des huiles essentielles comme alternatives naturelles aux insecticides chimiques pourrait contribuer à une gestion plus durable des ravageurs des denrées stockées, garantissant la sécurité alimentaire et préservant l'environnement.



**Références
bibliographiques**

- **Aidani, H. (2015).** Effet des attaques de Capucin des grains (*Rhizopertha dominica*) sur les céréales stockées : « Estimation sur la perte pondérale et le pouvoir germinatif Cas de blé dur dans la région de Tlemcen ». Mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, Algérie, Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers, 82 p.
- **Amari, N. (2014).** Étude du choix de ponte de la bruche du niébé *Callosobruchus maculatus* en présence de différentes variétés de haricot et de pois chiche, et influence de quelques huiles essentielles (Cèdre, Ciste, Eucalyptus) sur l'activité biologique de l'insecte. Mémoire de magistère, 23-25. *Peanuts Science and Technology*, T. X, 655–688.
- **Anonyme. (2022).** <https://www.abatextermination.ca/tribolium-brun-de-la-farine/>.
- **Anonyme. (2024).** <https://neutraliz.com/pages/glossaire/>.
- **Baudoux, A. (2017).** *Guide pratique d'aromathérapie familiale et scientifique*. Editions Amyris.
- **Benazzedine, M. (2010).** Activités insecticides de cinq huiles essentielles vis-à-vis de *Sitophilus oryzae* (Coleoptera, Curculionidae) et *Tribolium confusum* (Coleoptera, Tenebrionidae). Ingénieur d'état en science agronomique, École Nationale Supérieure Agronomique, El-Harrach, Alger.
- **Benbelkacem, A., Sadli, F., et Brinis, L. (1995).** Research on durum wheat quality in Algeria. *Options Méditerranéennes. Serie A: Séminaires méditerranéens (CIHEAM)*.
- **Benlameur, Z. (2016).** Les ravageurs des denrées stockées et leur impact sur la santé humaine. Thèse de Doctorat, École Nationale Supérieure Agronomique, El-Harrach, Alger, 150 p.
- **Birch, C. (1953).** Experimental background to study of distribution and abundance of insect. *Ecology*, 34(4), 698-711.
- **Boumediene, N., et Agha, O. (2014).** Contribution à l'étude de l'activité biologique d'une espèce de genre Rata de Djabel Tessala (Algérie occidentale) et à la faisabilité d'un plan de conservation. Mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, 68 p.

- **Bouvet, G. (1982).** *C. sempervirens : Origine, symbolisme et adaptation écologique.* Journal de Botanique, 15(3), 145-158.
- **Bozzini, A. (1988).** *Grain Legumes: Evolution and Genetic Resources.* Cambridge University Press.
- **Bozzini, A. (1988).** Origin, distribution and production of durum wheat in the world. In Fabriani G. & Lintas C. (Eds.), *Durum: Chemistry and Technology*, AACC (Minnesota), 1-16 p.
- **Bruneton, J. (1993).** *Pharmacognosie et phytochimie plantes médicinales.* Lavoisier, Paris, 278-279.
- **Calmont, B., et Soldati, F. (2008).** Découverte de *Tribolium madens* (Charpentier, 1825) dans le département du Puy-de-Dôme (France) : clé de détermination et distribution des espèces du genre *Tribolium* en France (*Coleoptera, Tenebrionidae*). *R.A.R.E.*, T. XVII(2), 1-7.
- **Couderc, V. L. (2001).** Toxicité des huiles essentielles. Thèse pour obtenir le grade de Docteur vétérinaire, Université Paul-Sabatier de Toulouse, 59 p.
- **Delobel, A., et Tran, M. (1993).** *Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes.* Paris : ORSTOM, (Faune tropicale 32), 425 p.
- **Elias, E. M. (1995).** Durum wheat products. *Durum Wheat Improvement in the Mediterranean Region: New Challenges*, Serie A: Séminaires Méditerranéennes, 40, 23-31.
- **Fekih, N. (2015).** Propriétés chimiques et biologiques des huiles essentielles de trois espèces du genre *Pinus* poussant en Algérie. Thèse de Doctorat en Chimie, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, 131 p.
- **Franchomme, P., Pénéol, D., et Moulins, J. (2003).** *L'aromathérapie : Encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles.*
- **Gelal, A., et al. (1999).** Utilization of essential oils as natural antioxidants. *Food Chemistry*, 64(3), 475-482.
- **Goetz, R. (2008).** *The Genus Eucalyptus.* CRC Press.
- **Jurgen, K., Heina, S., et Werner, K. (1981).** Maladies, ravageurs et mauvaises herbes des cultures tropicales. *Vol 23(1)*, 1-13.

- **Kellouche, A. (2005).** Étude de la bruche du pois chiche *Callosobruchus maculatus*. F (Coleoptera: Bruchidae). Thèse de Doctorat en Entomologie, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 154 p.
- **Kellouche, A., Ait Aider, F., Labdaoui, K., Moula, D., Ouendi, K., Hamadi, N., Ouramdane, A., Frerot, B., et Mellouk, M. (2010).** Biological activity of ten essential oils against cowpea beetle, *Callosobruchus maculatus* Fabricius (Coleoptera: Bruchidae). *International Journal of Integrated Biology*, 10, 86-89.
- **Laoudi, T., Khelfane-Goucem, K., hamani-Aoudjit, S., Chebrouk, F., Amrouche, T., Saher, I., Kellouche, A., (2023).** Chemical composition of essential oils from the leaves of *Schinus melle* and *Cupressus sempervirens* (Coleoptera: Silvanidae). *J. Essent. Oil-Bear. Plants*. 26(2), 1-14.
- **Lepesme, P. (1944).** *Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés*. P. Le Chevalier, Paris, 61-67.
- **Lichtenstein, E. P. (1996).** Insecticides occurring naturally in crops. *Advances in Chemistry Series*, 53, 34-38.
- **Magan, N., et Olsen, M. (2004).** *Mycotoxins in Food: Detection and Control*. Woodhead Publishing in Food Science and Technology, 203 p.
- **McDonald, L., Guy, R. H., et Speirs, R. D. (1970).** Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants, repellents and attractants against stored product insects. *Marketing Research Report*, 882 (Washington: Agricultural Research, Service, US Department of Agriculture), 8 p.
- **Pavela, R., et Benelli, G. (2016).** Essential oils as ecofriendly biopesticides? Challenges and constraints. *Trends in Plant Science*, 1000-1007.
- **Perry, N. B., et al. (1999).** Essential oils from Dalmatian sage (*Salvia officinalis* L.): Variations among individuals, plant parts, seasons, and sites. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(5), 2048-2054.
- **Pretty, J., et Hine, R. (2005).** Pesticide use and the environment. In *The Pesticide Detox: Towards a More Sustainable Agriculture*. Earthscan, London, 293 p.

RÉSUMÉ

Cette étude explore l'utilisation d'huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* (*E. globulus*) et de *Cupressus sempervirens* (*C. sempervirens*) comme alternatives aux insecticides chimiques pour la protection des céréales stockées contre *Tribolium confusum* (*T. confusum*), un ravageur majeur. Les résultats indiquent que l'huile de *C. sempervirens* est plus efficace par inhalation, avec une mortalité totale des adultes de *T. confusum* après 72 heures à une dose de 40 µl. Les deux huiles ont également réduit l'émergence des adultes de la première génération et ont montré des propriétés répulsives, avec des taux de répulsion de 65% pour *C. sempervirens* et plus de 50% pour *E. globulus*. De plus, la combinaison des deux huiles a démontré une efficacité insecticide accrue par rapport à leur utilisation individuelle. Ces résultats suggèrent que les mélanges d'huiles essentielles pourraient constituer une solution prometteuse et plus sûre pour la protection des denrées stockées contre les infestations d'insectes.

Mots clés : *T. confusum*, Huiles essentielles, Inhalation, Répulsion, *E. globulus*, *C. Sempervirens*, Bioinsecticides.

ABSTRACT

This study aims to find safer alternatives to chemical insecticides for protecting cereals, which are essential for human and animal nutrition as well as global storage. *Tribolium confusum*, a major pest, causes significant damage to reserves. The study's objective was to evaluate the effectiveness of essential oils from Eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) and green cypress (*Cupressus sempervirens*) against adult *T. confusum* through inhalation and repellent methods. The results revealed that *C. sempervirens* oil is more effective in inhalation, causing total mortality after 72 hours at a dose of 40 µl. Both oils reduced the emergence of first-generation adults and showed repellent rates of 65% for *C. sempervirens* and over 50% for *E. globulus*. The combination of both oils demonstrated increased efficacy as an insecticide compared to their individual use. These results encourage the exploration of essential oil blends for safer protection of stored commodities.

Keywords : *T. confusum*, Essential oils, Inhalation, Repulsion, *E. globulus*, *C. sempervirens*, Bioinsecticides.