



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 de biologie

Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme de master en sciences biologiques.
Spécialité : Biodiversité et physiologie végétale.

Potentiel bio insecticide des huiles essentielles du poivre noir (*Piper nigrum*) et de la coriandre (*Coriandrum sativum*) à l'égard d'un insecte ravageur des denrées stockées *Tribolium confusum* (Coleoptera : Tenebrionidae)

Réalisé par :

Mr *Hadjour Khaled.*

M^{lle} *Bessaha Mélissa.*

Membres du jury :

Présidente: M^{me} Ait Aider F.

Promotrice: M^{me} Kheloul L.

Examinatrice: M^{me} Aissaoui F.

MCA-UMMTO

MAB-UMMTO

MAB-UMMTO

Année universitaire : 2023/2024

Remerciements

Nous tenons tout d'abord, à remercier dieu le tout puissant pour nous avoir donné la sante, la force, le courage et la volonté de terminer nos études et de mener à bien ce modeste travail.

*Nos vifs et sincères remerciements vont à madame
KHELOUL LYNDA, d'avoir accepté d'encadrer ce travail,
pour la qualité de son encadrement, sa bienveillance, sa
rigueur ainsi que sa disponibilité durant notre préparation
de ce Mémoire.*

*Nous remercions madame AIT AIDER FARIDA, Maitre de conférences classe A à
l'UMMTO de nous avoir fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire.*

*Nous adressons notre profonde gratitude à Madame
AISSAOUI FATIMA, Maitre assistante classe B à
l'UMMTO pour avoir très gentiment accepté
d'examiner notre travail.*

*Notre plus vif remerciement s'adresse à l'ingénieur
de laboratoire TINKICHT LYNDA de nous avoir
aidé.*

*Et enfin, nous remercions tous ceux qui ont
contribués de près ou de loin à la réalisation de
ce travail.*

Dédicaces

*C'est avec un énorme plaisir que je dédie
Aujourd'hui ce modeste travail*

À Mes deux piliers dans la vie, mes chers parents

Je tiens à vous dire MERCI, merci d'avoir fait de moi la personne que je suis aujourd'hui, merci pour l'éducation que vous m'avez donnée, pour vos principes que vous m'avez transmis. Vous avez été pour moi l'école, la source de motivation et d'énergie positive. Vous avez toujours su faire de mes problèmes des solutions et j'en serais infiniment reconnaissant.

A mon frère AMINE et ma sœur LYDIA

Merci pour les deux personnes compréhensives et serviables que vous êtes, et pour votre accompagnement dans mes prises de décisions académiques et professionnelles.

Aux membres de l'équipe POLY POPS

Les personnes avec qui j'ai partagé tellement de hauts et de bas. Merci pour votre présence, et la bienveillance dont vous continuez à faire preuve.

Khaled

Dédicaces

Je remercie mon dieu le tout puissant pour m'avoir donné le courage et la patience afin de parvenir à accomplir et finir ce travail

A mes chers parents qui m'ont éclairé le chemin de la vie par leur grand soutien et leur encouragements, par leurs énormes sacrifices, qu'ils m'ont consentis durant mes études et qui ont toujours aimé me voir réussir grâce à eux j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité

A celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse Ma mère

A mon père qui a été mon ombre durant toutes les années des études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide à me protéger

Que dieu les gardes et les protèges

A mon adorable frère :

Mohand qui m'a toujours soutenu et toujours était avec moi

A mes très chères grands-mères

Aziza dieu la garde et la protège

Ounissa paix à son âme et dieu L'accueil en son vaste paradis

A toutes ma famille source d'espoir et de motivation et toutes mes amies sources de joie et de bonheur

Mélissa

Liste des figures

Figure 01 : Les œufs de <i>T.confusum</i> G × 40	6
Figure 02 : Les larves de <i>T.confusum</i> G× 40.....	7
Figure 03 : Les nymphes de <i>T.confusum</i> G × 40 (photo personnelle)	7
Figure 04 : <i>T.confusum</i> avec une vue ventrale (b) et une vue dorsale(a) G × 40	8
Figure 05 : les dégâts causés par le <i>Tribolium confusum</i>	11
Figure 06 : La feuille et les graines du poivre noir (Liwei et al., 2004).....	17
Figure 07 : Les différentes parties végétales de la coriandre (Boutriche, 2017).....	20
Figure 08 : Appareillage d'hydrodistillation.....	22
Figure 09 : Elevages de masse de <i>T. confusum</i> (Originale, 2024).....	23
Figure 10 : Dispositif expérimental du test d'inhalation sur les adultes de <i>T. confusum</i> traités par les différentes doses des deux huiles essentielles (photo originale).....	24
Figure 11 : Dispositif expérimental du test de répulsivité sur les adultes de <i>T. confusum</i> (photo originale).....	26
Figure 12 : Taux de mortalité moyenne des adultes de <i>T.confusum</i> traités par inhalation avec l'huile de poivre noir en fonction de la dose et de la durée d'exposition.....	30
Figure 13 : Droite de régression de la mortalité en probits en fonction de log des doses.....	31
Figure 14 : Taux de mortalité moyenne des adultes de <i>T.confusum</i> traités par inhalation avec l'huile de la coriandre en fonction de la dose et de la durée d'exposition.....	32

Liste des tableaux

Tableau 01 : Pourcentage de répulsive selon le classement de Mc Donald et al 1970.....	25
Tableau 02 : Les paramètres organoleptiques des huiles essentielles étudiées.....	28
Tableau 03 : Rendement d'huile essentielle du poivre noir.....	28
Tableau 04 : Rendement d'huile essentielle de la coriandre.....	29
Tableau 05 : Résultats de l'analyse de la variance de la toxicité des deux huiles essentielles testées par inhalation sur les adultes de <i>T.confusum</i>	33
Tableau 06 : Résultat du test de Newman et Keuls concernant l'effet des doses des huiles essentielles testées par inhalation sur les adultes de <i>T.confusum</i>	33
Tableau 07 : Résultat du test de Newman et Keuls concernant l'effet du facteur Temps sur les adultes de <i>T.confusum</i>	34
Tableau 08 : Résultat du test de Newman et Keuls concernant l'effet des Huiles essentielles testées par inhalation sur les adultes de <i>T.confusum</i>	34
Tableau 09 : Taux moyen de répulsion des huiles essentielles du poivre noir et de la coriandre à l'égard des adultes de <i>T.confusum</i> et leur classement selon MC Donald et al (1970).....	35
Tableau 10 : Résultats de l'analyse de la variance pour les tests de répulsion avec les deux huiles essentielles testées.	36
Tableau 11 : Résultats du test de Newman et Keuls concernant l'effet du facteur huile essentielle testée par répulsion sur les adultes de <i>T.confusum</i>	36

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

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

Partie 1

Généralités sur le *Tribolium confusum*

1. Introduction	4
2. Origine et répartition géographique	4
3. Position systématique.....	5
4. Description des différents stades de développement de <i>T. confusum</i>	6
4.1. L'œuf	6
4.2. La larve.....	6
4.3 La nymphe.....	7
4.5 Adulte	8
5. La biologie de l'insecte	9
6. Comportement et interaction sociale.....	10
7. Dégâts causés par l'insecte.....	10
8. Les ennemis naturels de <i>T. confusum</i>	11
9. Les moyens de lutte contre <i>T.confusum</i>	11
9.1 La lutte préventive.....	11
9.2 La lutte physique	12
9.3 La lutte chimique.....	12
9.4 La lutte biologique.....	12

Généralités sur les huiles essentielles

1. Les huiles essentielles	12
2. Définition	12
3. Localisation des huiles essentielle dans la plante.....	13
4. Composition chimique des huiles essentielles	13
4.1 Terpènes	14
4.2 Les mono terpènes.....	14
4.3 Les sesquiterpènes.....	14
5. Mode d'extraction des huiles essentielles	14

6. Toxicité des huiles essentielles	16
7. Présentation de plantes étudiées.....	17
7.1. Le poivre noir	17
7.1.1. Caractéristiques botaniques.....	17
7.1.2. L'huile essentielle du poivre noir.....	17
7.2. Généralités sur la coriandre.....	18
8. Position systématique.....	19
9. Description morphologique.....	19

Partie 2

Matériels et méthodes

1. Matériels.....	20
1.1. Matériel de laboratoire	20
1.2. Matériel biologique	21
1.2.1. Les insectes.....	21
1.2.2 Matériel végétal.....	21
2. Méthodes.....	21
2.1. Extraction des huiles essentielles du poivre noir et de la coriandre par hydrodistillation.....	21
2.2. Rendement des huiles essentielles.....	22
2.3. Elevage de masse.....	23
3. Test d'inhalation.....	23
4. Test de répulsivité	24
5. Analyse statistique.....	26

Partie 3

Résultats et discussion

1. Caractéristique organoleptiques de l'huile essentielle du poivre noir et la coriandre	28
2. Rendement de l'extraction	28
3. Résultats des tests de toxicité des huiles essentielles sur les adultes de <i>T. confusum</i> Par inhalation.....	29
3.1. Effet de l'huile essentielle du poivre noir sur l'adultes de <i>T. confusum</i>	29
3.2. Calcul de la dose létale 50 (CL50).....	30

3.3. Effet de l'huile essentielle de la coriandre sur les adultes de <i>T. confusum</i>	31
4. Résultats de l'analyse statistique pour les tests d'inhalation.....	32
5. Résultats des tests par répulsion des deux huiles essentielles sur les adultes de <i>T.confusum</i>	35
6. Résultats de l'analyse statistique des tests par répulsion	35
7. Discussion	37
7.1. Le Rendement d'extraction des huiles essentielles	37
7.2. Traitement par inhalation	37
7.3. Traitement par test de répulsivité.....	39
Conclusion	42
Références bibliographiques	

Introduction

Introduction

Les huiles essentielles, provenant de diverses plantes aromatiques ont connu une croissance de popularité en tant qu'alternatives envisageables aux pesticides chimiques dans la lutte contre les ravageurs des denrées stockées. Le coléoptère de la farine confus, *Tribolium confusum*, est l'un des insectes nuisibles les plus dangereux, car il peut infester et contaminer les produits céréaliers. La recherche de méthodes de contrôle efficaces et respectueuses de l'environnement pour ce parasite est cruciale pour préserver les aliments et réduire les pertes économiques (Aissata, 2009).

Selon (Aissata,2009), *T. confusum* est un insecte robuste et adaptable, capable de se développer dans différentes conditions environnementales. Ce coléoptère infeste les produits alimentaires, provoquant non seulement des pertes quantitatives, mais aussi une détérioration de leur qualité par la contamination avec des fragments d'insectes, des excréments et des sécrétions odorantes.

Dans cette situation, l'emploi des huiles essentielles en tant qu'agents de régulation biologique offre de nombreux bénéfices potentiels. En général, on considère que les huiles essentielles sont moins nocives pour l'environnement et les organismes non ciblés que les insecticides chimiques classiques. En outre, certaines huiles essentielles ont des caractéristiques insecticides, répulsives ou perturbatrices du comportement des insectes, ce qui en fait des candidats prometteurs pour une gestion globale des ravageurs (Khalfi-Habes, 2010).

De plus, leur utilisation peut contribuer à réduire la résistance des insectes aux pesticides, un problème croissant avec les traitements chimiques classiques. En intégrant les huiles essentielles dans des stratégies de lutte, on favorise un écosystème plus équilibré et durable. Cependant, il est essentiel de continuer la recherche sur leur efficacité et leur mode d'action pour optimiser leur utilisation et garantir un impact positif sur l'environnement (Remmal et al., 1993).

L'objectif de notre travail est d'étudier l'effet insecticide des huiles essentielles extraites de deux épices : le poivre noir et la coriandre par inhalation et par répulsion sur les adultes de *T. confusum* dans les conditions de laboratoire. Les conclusions de cette recherche pourraient favoriser l'élaboration de stratégies de gestion plus durables et respectueuses de l'environnement afin de préserver les denrées alimentaires stockées contre le *T. confusum*.

Ce mémoire comporte trois parties principales. La première partie consiste en une synthèse bibliographique qui fournit des notions générales sur le *T. confusum* ainsi que des généralités sur

Introduction

les huiles essentielles et leur composition.

La deuxième partie résume l'étude expérimentale réalisée, décrivant les différentes méthodes employées.

Enfin, la troisième partie porte sur les résultats collectés au cours de l'étude et une discussion. Une conclusion générale viendra clore ce travail en mettant en perspective les résultats obtenus et en proposant des recommandations pour des recherches futures et des applications pratiques.

**Généralités sur *Tribolium
confusum***

1. Introduction

Le *Tribolium* est un insecte coléoptères de la famille des Ténébrionidés, à répartition cosmopolite (**Anonyme, 1955**) de taille comprise entre 2 mm et 80 mm, de forme très variée, à téguments le plus souvent rigides, épais, noir mat ou luisant, de teinte sombre, coloré ou « Métallique » par interférence, avec des yeux généralement grands, ovales ou ronds chez certaines sous-familles. Les antennes comptent 11 articles, parfois 10. Les individus peuvent être aptères ou ailés, avec un type de nervation alaire primitif. Leurs abdomens comportent 5 sternites, et leurs pattes peuvent être longues ou, au contraire, contractées et adaptées à la fouille (**Balachowsky, 1962**). Les produits infestés par cet insecte sont les grains entreposés, les oléagineux, les substances contenant de l'amidon, le haricot, le pois, les épices, et les racines séchées. Il préfère les grains endommagés, mais il infeste également les grains de blé sains dont il dévore le germe avant l'albumen (**Benlameur, 2016**).

D'après (**Steffan in Scotti, 1978**), les adultes sont très polyphages, ce sont des lithophages secondaires, car les larves et les adultes se nourrissent surtout de brisures, elles attaquent les grains endommagés, escortent souvent les charançons ou parachèvent leurs dégâts.

Selon **Benlameur(2016)**, ces insectes se nourrissent principalement de produit à base de céréales et de farine ainsi que les graines les fruits secs les noix et les produits dérivés.

2. Origine et répartition géographique

La distribution mondiale de *T.confusum* est très étendue. En général, il est répandu à travers le monde et il est très répandu dans toutes les régions des États-Unis (**Anonyme, 1955**).

Selon **Lepesme (1944)**, cette espèce préfère les régions tempérées et remonte assez loin dans le nord de l'Europe et de l'Amérique, sous les climats froids. On rencontre cet insecte dans la nature, non seulement en Afrique, mais aussi dans les régions où il fut introduit, sous l'écorce des arbres.

Delobel et Tran (1993) apportent qu'en dehors des lieux de stockage *T.confusum* est occasionnellement rencontre sous les écorces des arbres ou il se nourrirait de coléoptères xylophage, des Bostrichidae ainsi que dans les nids d'abeilles sauvage. Ces insectes ont réussi à coloniser les stocks grâce une plasticité phénotypique considérable leur permettant de s'adapter aux variations

de l'environnement (**Fedina et Lewis 2008**).

3. Position systématique

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

Règne :	Animalia
Embranchement :	Arthropoda
Sous-embranchement :	Hexapoda
Classe :	Insecta
Ordre :	Coleoptera
Famille :	Tenebrionidae
Genre :	<i>Tribolium</i>
Espèce :	<i>Tribolium confusum</i>

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

4.1. L'œuf (Figure 1)

Les œufs sont de couleur blanchâtre presque transparent de forme oblongue très petits environ 0.60 mm de longueur et 0.35 mm de large. Au moment de la ponte ils sont recouverts de substance visqueuse qui leur permet d'adhérer à la petite particule ce qui les rend difficiles à distinguer dans la farine (**Good, 1936**).

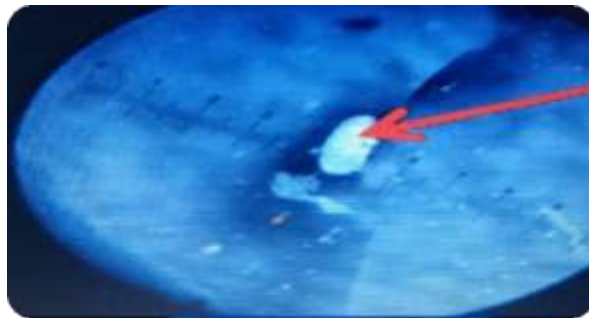


Figure 01 : les œufs de *T. confusum* G × 40

4.2. La larve (Figure 2)

L'éclosion de l'œuf donne naissance à une larve néonatale de couleur blanche, de petite taille ne dépassant pas 1.4 mm . Elle passe par plusieurs stades dont le nombre varie de 5 à 12 selon la température, l'humidité relative et la qualité de l'alimentation (**Good, 1936**).

Sa couleur est jaunâtre, vermiforme. Elle est environ 8 fois plus longue que large. Elle est couverte de poils et porte des pattes. Elle passe par 5 jusqu'à 11 stades larvaires avant de se transformer en nymphe immobile (**Delobel et Tran,1993**).



Figure 02 : Les larves de *T. confusum* G× 40 (photo originale)

4.3 La nymphe (Figure 3)

Une fois formée, la nymphe est de couleur blanche ou semi translucide, peu de temps après, les segments thoraciques et abdominaux deviennent plus distinct et prennent plus tard une couleur crème. La nymphe est immobile mesurant environ 3.6 à 4.6 mm de long. Les pattes, les pointes des mandibules et les urogomphes prenant une couleur brun foncé lorsque les pupes sont pré matures (Ho, 1969).



Face ventrale



Face dorsale

Figure 03 : les nymphes de *T. confusum* (G × 40) (photo originale)

Le sexe des adultes de *T.confusum* peut être déterminé au stade nymphal. La femelle possède à la face ventrale au-dessus de la paire d'urogomphes à extrémité très aigüe et brun foncée deux petites cornes qui chez le mal se réduisent à une légère protubérance déprimée au centre (Brown et al 2009 ; shukla et pali 2012).

4.5 Adulte (Figure 4)

L'adulte est de couleur blanc jaunâtre, son tégument se sclérotinise et se pigmente 2 à 3 jours après son émergence. La couleur devient brun rouge, sa taille atteint 3 à 4 mm (**Lepesme, 1944**). Occasionnellement à cause des mutations on peut distinguer des adultes de couleur noir (**Delobel et Tran, 1993**).

T. confusum est très proche morphologiquement de *T. castaneum* cependant certain détails permettent une séparation des deux espèces. Chez *T. castaneum*, la structure des élytres est peu carénée et les angles antérieurs du pronotum sont non saillants. Il possède un espace interoculaire très court d'environ 1,5 fois la largeur de l'œil. La ponctuation du pronotum est espacée et le canthus des joues saillants au-dessus des yeux. La massue antennaire est constituée de 3 articles bien distincts (**Calmont et Soldati, 2008**).

Selon (**Sokoloff et Lerner 1967**), lorsque *T. confusum* et *T. castaneum* se trouvent dans le même environnement, ils peuvent coexister mais seulement à une faible densité de population.



A

B

Figure 04 : *T. confusum* avec une vue ventrale (b) et une vue dorsale(a) (G × 40)
(photo originale)

5. La biologie de l'insecte

Dès l'âge de trois jours, la femelle pond quotidiennement une dizaine d'œufs ; au cours de sa vie, la femelle pond entre 300 et 1000 œufs ; Les œufs éclosent au bout de 5 à 12 jours selon la température et l'humidité relative. Quand ils sont dérangés, ils se déplacent avec rapidité, ils sont incapables de voler, la durée de vie moyenne est d'environ un an. Les femelles sont très prolifiques (**How, 1956**).

La durée du stade larvaire est environ 15 à 20 jours et le nombre de stades larvaires varie de 6 à 11, il est généralement de 8. L'émergence des adultes a lieu environ 5 à 7 jours après la nymphose (**Muleler et Joshi 2000**).

Kheloul (2020) a signalé que la durée de développements et la fécondité de *T. confusum* varie en fonction du substrat alimentaire alors que la longévité des mâles et des femelles n'est pas influencée par cette dernière.

Il peut y avoir 5 générations par an chez *T.confusum*, les adultes vivent pendant 6 mois ou plus (**Drees et Jackman 1998**).

D'après **Robinson (2005)**, les phénomènes biologiques chez *T.confusum* sont gouvernés surtout par la température et l'humidité, mais il y'a d'autres facteurs comme les champignons et la prédation qui sont inclus. Les limites de croissance de l'insecte en fonction de la température sont : minimum (22 - 22.5) °C et maximum (37.5 - 40) °C.

6. Comportement et interaction sociale

La communication chimique joue un rôle crucial dans le comportement et les interactions sociales de *T. confusum*. Cette espèce utilise des phéromones pour diverses fonctions, notamment l'agrégation et la reproduction.

Les mâles de *T.confusum* émettent une phéromone d'agrégation nommée 4,8-diméthyldécane (DMD), qui attire d'autres mâles et femelles vers une même zone. Ce comportement d'agrégation facilite l'accouplement et améliore les chances de survie en permettant aux individus de trouver plus facilement des partenaires et de se regrouper dans des zones favorables (**Arnaud et al., 2002; Perez-Mendoza, 2007**).

Un autre comportement est l'accouplement entre les espèces *T. castaneum* et *T. confusum* se produisant uniquement entre les mâles de *T. confusum* et les femelles de *T. castaneum*. Ce phénomène est induit par une diminution de la fréquence des femelles non fécondées dans une population mixte en compétition, améliorant ainsi les opportunités de reproduction pour *T. confusum* (**Graur et Wool, 1985**).

Le *T. castaneum* par exemple a tendance à voler quand l'alimentation est rare ou détériorée. Il se déplace de préférence en fin d'après-midi, par temps chaud et calme, migre à partir de stocks infestés à la recherche de nouvelles sources alimentaires (**Perez Mendoza, 2007**).

7. Dégâts causés par l'insecte

Ce coléoptère cause des dégâts en s'alimentant mais probablement davantage en contaminant les grains, par les cadavres d'insectes, les mues et pelotes fécales, ainsi que par des quinones qui donnent une mauvaise odeur aux denrées infestées (Figure 5). Cela peut entraîner une mauvaise acceptation des aliments par le bétail et le rejet par les acheteurs de grains. Souvent, l'infestation par les *Triboliums* favorise le développement de moisissures qui contribuent à réduire considérablement la qualité et la valeur du grain. Les larves peuvent consommer les œufs, les nymphes et les adultes immatures, les adultes peuvent cannibaliser tous les stades sauf les adultes (**Anonyme, 2001**).



Figure 05 : les dégâts causés par le *T. confusum* (originale, 2024)

8. Les ennemis naturels de *T. confusum* :

Selon **Lepesme (1955)**, quelques arthropodes tendent à limiter l'activité des *Triboliums* en particulier les acariens : tels que *Pediculoides ventricosus*, *Acarophenax tribolii*, *Blattisocius keegani* et *Blattisocius tarsalis* (prédateur des œufs) et des insectes hyménoptères parasitoïdes de la famille des Bethyridae, comme *Holepyris syvanidis* (syn : *Rhabdepyris zea*), qui parasite les larves.

9. Les moyens de lutte contre *T. confusum*

Les dommages causés par ces coléoptères étant considérables, différentes stratégies sont mises en place pour maintenir les infestations à un niveau économiquement acceptable. Pendant le stockage, les insectes sont contrôlés par un ensemble de techniques préventives et curatives.

9.1 La lutte préventive

Cette approche implique une hygiène stricte des moyens de transport et des machines de collection. Il est conseillé de procéder à un nettoyage adéquat dans les espaces de stockage et de vérifier les crevasses et les zones susceptibles de subir des infestations d'insectes. Il est nécessaire de sécher les grains avant de les stocker. Il est essentiel de prendre ces mesures afin de diminuer ou d'éviter toute infestation (**Ducom, 1982 et Semsar, 2013**).

9.2 La lutte physique

La lutte physique fait appel au froid, à la chaleur, aux radiations ionisantes et aux matières inertes (**Fleurat-Lessard, 1987**). Selon (**Labeyrie (1962)**), les insectes sont sensibles aux températures élevées, il leur suffit de subir une température de 55°C pendant quelques minutes pour anéantir les adultes. La température de 34°C entraîne un taux de mortalité de 65%, et les adultes formés présentent des malformations (**Serpeille, 1991**).

L'activité biologique est ralentie par les basses températures, ce qui entraîne la mort de certains insectes (**Serpeille, 1991 in Semsar 2013**). D'après (**Labeyrie, 1962 in Semsar, 2013**), les insectes ne peuvent pas survivre plus d'un mois à une température de -1°C.

9.3. La lutte chimique

Les produits phytosanitaires sont le moyen le plus couramment employé et le plus efficace pour combattre les ravageurs des denrées stockées. Ils entraînent des problèmes de résistance chez l'insecte et a des conséquences néfastes sur l'environnement et la santé humaine (**Dajoz, 2002 in Semsar, 2013**). La lutte chimique implique l'utilisation de fumigeants et d'insecticides de contact.

9.4 La lutte biologique

Selon **Seck (1991)**, les méthodes biologiques permettent de diminuer les populations d'insectes ravageurs en utilisant leurs ennemis naturels tels que les prédateurs, les parasites ou les agents pathogènes tels que les bactéries, les champignons, etc., ainsi que des produits naturels tels que des poudres minérales, des huiles végétales et des huiles essentielles.

Généralités sur les huiles essentielles

1. Les huiles essentielles

Les plantes médicinales, malgré les avancées considérables de la chimie verte, de l'industrie pharmaceutique et de la médecine, n'ont pas perdu de leur importance jusqu'à nos jours. La pharmacie contemporaine poursuit l'utilisation de ces substances comme matière première pour la fabrication de certains médicaments (**Hammiche, 1982**) et les utilise car elles ont un effet spécifique sur d'autres organismes, y compris les huiles essentielles qui caractérisent les plantes aromatiques (**Remmal et al., 1993**).

Les huiles essentielles, ces extraits aromatiques volatils issus de diverses parties des plantes, jouent un rôle significatif dans le bien-être humain depuis des siècles. Utilisées en aromathérapie, en cosmétique, et en médecine naturelle, elles sont prisées pour leurs propriétés thérapeutiques, leurs parfums envoûtants, et leurs bienfaits pour la santé physique et émotionnelle (**Kesbi, 2011**).

Les égyptiens, les grecs, les romains, les perses, les chinois et les indiens étaient connus pour avoir pratiqué l'aromathérapie avec des huiles essentielles dans leurs médicaments pendant des siècles (**Kesbi, 2011**).

2. Définition

Le terme « huile » s'explique par la propriété que présente ses composés de se solubiliser dans les graisses et par leur caractère hydrophobe. Le terme « essentielle » fait référence au parfum, à l'odeur plus ou moins forte dégagée par la plante (**Bruneton, 1999**).

Il y a plusieurs définitions d'une huile essentielle convergent sur le fait qu'une huile essentielle est définie comme une huile aromatique hautement concentrée d'origine végétale qui est extraite par distillation à la vapeur, hydro diffusion ou pression (**Manion et Widder, 2017**).

La norme française, AFNOR (l'Association Française de Normalisation) (**Paris et Hurabielle, 1981**), donne comme définition « produit généralement odorant, obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe frais de certaines Citrus ».

Les huiles essentielles sont considérées comme des produits de première transformation, il y' trois catégories d'huiles essentielles : Les huiles brutes ou naturelles, les huiles rectifiées et les huiles fractionnées (**Mélanie, 2001**).

- Les huiles brutes ou naturelles, obtenues par distillation, proviennent de matières premières telles que les branches, aiguilles, écorces et bois. Ces huiles ne subissent pas de processus de raffinage, ce qui leur permet de conserver leurs propriétés naturelles et leurs arômes caractéristiques.
- Les huiles rectifiées sont des huiles brutes purifiées, c'est-à-dire que certains résidus laissés lors de la distillation sont éliminés par l'entraînement à la vapeur.
- Enfin, les huiles essentielles de qualité supérieure sont des huiles fractionnées, on les obtient en séparant les composés volatils en diverses fractions, selon leurs points d'ébullition spécifiques.

3. Localisation des huiles essentielle dans la plante

Les huiles essentielles ne sont pas présentes chez tous les végétaux. Parmi les 150000 espèces végétales, 10% seulement sont dites aromatiques, c'est à dire qu'elles synthétisent et secrètent des infimes quantités d'essences aromatiques (**Bruneton, 1999 ; Degryse et al., 2008**).

Les huiles essentielles sont des substances volatiles extraites de différentes parties des plantes. Leur localisation varie selon l'espèce végétale et la fonction de ces huiles (**Daouda, 2015**).

Les HE sont produits dans le cytoplasme des cellules sécrétrices et s'accumulent en général dans les cellules glandulaires spécialisées situées en surface de la cellule et recouvert d'une cuticule ensuite elles sont stockées dans des cellules dites cellule à huile essentielle dans des poils sécréteurs ou dans des poches sécrétrices ou dans des canaux sécréteurs (**Bruneton, 1999**).

4. Composition chimique des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des mélanges naturels très complexes qui peuvent contenir environ 20 à 60 composants à concentrations différentes (**Bakkali et al., 2008**).

En effet, elles comprennent deux classes de composants caractérisés par des origines biogénétiques bien distincts : le groupe des Terpénoïdes, le groupe de composés aromatiques dérivés du phénylpropane et les constituants d'origines diverses (**Saheb, 2007**).

4.1 Terpènes

Les terpènes ou isoprénoïdes sont les principaux constituants trouvés dans les (HE) avec des structures moléculaires contenant des squelettes carbonés de 2-méthylbuta-1,3-diène (unités isoprène) qui peuvent être réarrangées en structures cycliques (**Hyldgaard et al., 2012**). Le nombre d'unités isoprène est principalement responsable de la diversité structurelle des terpènes. Les hémiterpènes sont formés d'une unité isoprène (C5), de mono terpènes (C10), de sesquiterpènes (C15), de di terpènes (C20), de tri terpènes (C30) et de tétra terpènes (C40) (**Bhavaniramya, Vishnupriya, Al-Aboody, Vijayakumar et Baskaran, 2019**).

4.1.1. Les mono terpènes

Les monoterpènes sont des constituant des huiles essentielles qui sont responsables de l'odeur caractéristique des plantes (**Weidenhamer et al 1993**). Ce sont des hydrocarbures aliphatiques, saturés ou insaturés. Ces molécules peuvent être acycliques comme (myrcènes, ocymène...), ou cycliques (le pinène, camphène...), et même aromatiques (p-cymène), aussi, elles peuvent contenir des atomes d'oxygènes (**Fekih, 2015**). Ils sont classés selon leurs fonction (alcool,esters) et selon leurs structure (monocyclique, bi cyclique) (**zidour 2019**).

4.1.2. Les sesquiterpènes

Les sesquiterpènes peuvent être divisés en deux grands groupes :

- Les sesquiterpènes hydrocarbonés ;
- Les sesquiterpènes oxygénés : ils sont moins volatils que les mono terpènes.

5. Mode d'extraction des huiles essentielles

L'extraction d'une huile essentielle est une opération complexe et délicate qui vise à obtenir les composés aromatiques concentrés des plantes utilisés pour leurs propriétés thérapeutiques, cosmétiques et parfumantes.

Les techniques d'extraction se divisent essentiellement en méthodes classiques et conventionnelles et en méthodes innovantes. Les méthodes classiques reposent sur la distillation de l'eau par chauffage, pour extraire l'HE de la matière végétale.

L'hydro distillation, la distillation à la vapeur, l'hydro diffusion, l'extraction par solvant organique et la pression à froid font partie de ces méthodes. De nouvelles technologies d'extraction ont été développées afin de surmonter certains des inconvénients des méthodes conventionnelles. Des méthodes telles que l'extraction assistée par ultrasons et l'extraction assistée par micro-ondes utilisent des sources d'énergie qui rendent le processus plus respectueux de l'environnement. D'autre part, des méthodes telles que l'extraction par fluide super critique et l'extraction par liquide sous-critique permettent d'extraire les composants non polaires du matériau (**Stratakos et Koidis, 2016**).

Le choix de la méthode d'extraction dépend de la nature et de la plante, de la partie utilisée (fleurs, feuilles, racines, etc.), et du type d'huile essentielle désirée, c'est à dire chaque plante a des caractéristiques chimiques spécifiques qui influencent la technique appropriée ; par exemple, les fleurs sont souvent distillées, tandis que les racines peuvent nécessiter des méthodes comme l'hydro distillation. Les critères tels que la sensibilité thermique des composés, la volatilité, et la solubilité influencent également cette décision. L'objectif est de maximiser la pureté et l'intégrité des huiles tout en préservant leurs propriétés bénéfiques (**Samate, 2001**).

6. Toxicité des huiles essentielles

La majorité des huiles essentielles, à de très fortes doses, causent des effets toxiques. Les huiles essentielles doivent être utilisées avec une extrême prudence, du fait qu'elles peuvent présenter de très graves dangers lors d'une utilisation aléatoire autonome, surtout que le consommateur est attiré par la facilité d'emploi de ces essences en absorption interne ou en application externe (**Kehal, 2013**). Parmi les propriétés indésirables, on peut souligner entre autres: les propriétés vésicantes, nécrosantes, allergiques, hépatotoxiques, neurotoxiques (**Kabera et al., 2002**).

7. Présentation des plantes étudiées

7.1. Le poivre noir

La classification botanique du poivre noir est la suivante (**Acqueline pham, 2007**) :

Classe :Dicotyledones

Sous- Classe : Apetales

Ordre : Piperales

Famille :Piperacees

Genre : *Piper*

Espèce : *Piper nigrum*

7.1.1. Caractéristiques Botaniques :

Le poivre noir est une plante grimpante et vivace de 8-10 m, ses tiges ligneuses et volubiles sont articulées rondes et lisses (**Huguette max., 2008**).

Après fécondation, les fleurs se développent en baies à une graine (Figure 06) chacune est regroupée en épis retombants. Les baies vertes sont les fruits immatures de la plante, les grains de poivre noirs et blancs proviennent de la même plante, mais sont cueillis à des stades différents de la maturité (**Liwei et al., 2004**).



Feuille



graines

Figure 06 : La feuille et les graines du poivre noir (**Liwei et al., 2004**).

7.1.2. L'huile essentielle du poivre noir

L'huile essentielle de poivre noir, extraite par distillation à la vapeur des baies séchées de *P. nigrum*, possède un arôme chaud, épicé et terreux. Composée de pipérine, de monoterpènes (comme le limonène et le pinène) et de sesquiterpènes (comme le caryophyllène), elle offre diverses propriétés thérapeutiques : analgésique et anti-inflammatoire, elle soulage les douleurs musculaires et articulaires ; stimulante, elle améliore la circulation sanguine et le système digestif, antioxydant, elle protège les cellules des radicaux libres ; et décongestionnante (aide à dégager les voies respiratoires) (**Huguette max., 2008**).

7.2. Généralités sur la coriandre

Le nom coriandre dérive du grec "Koris" signifiant punaise, à cause de l'odeur forte de ses feuilles (**Avry et Galloian , 2003**) et de " Andros" , mâle. Il faut souligner que la coriandre fraîche est connue aussi sous le nom de Cilantro (terme d'origine espagnole) ou persil chinois (**Polachic , 1996**). La coriandre (*Coriandrum sativum* L.) est une plante herbacée annuelle appartenant à la famille des Apiacées (Ombellifères) et présente dans les zones du bassin méditerranéen et du Proche-Orient (**Purseglove et al., 1981**). La partie la plus importante de cette plante est sa graine, qui est la principale raison de sa vaste exploration. À côté de applications mentionnées de cette plante, des études menées ont montré une large gamme d'activités biologiques : antioxydante, antidiabétique, anti cancérigène, antimutagène, ainsi que pour le traitement des rhumatismes et douleurs articulaires, les troubles gastro-intestinaux, flatulences et les gastrites (**Zeković et al., 2016**). L'alimentation, les médicaments, les cosmétiques et la parfumerie, indigestion, insomnie, convulsions, anxiété et perte d'appétit (**Emamghoreishi et al., 2005**).

7.2.1 Position systématique

La classification botanique de la coriandre selon (**Quezel et Santa, 1963**) est la suivante :

Règne : Plantae

Embranchement : Spermaphytes

Sous Embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Famille : Apiaceae

Ordre : Apiales

Genre : *Coriandrum*

Espèce : *Coriandrum sativum* L

7.2.2 Description morphologique

Petite plante herbacée annuelle pouvant atteindre 60 cm de hauteur, à tiges grêles portant des feuilles glabres, luisantes, divisées en segments ovales, cunéiformes, dentées pour les feuilles inférieures et bi- ou tripennatiséquées pour les feuilles supérieures (**Wichtl et Anton, 2003**) et (**Bruneton, 2009**).

Apiaceae typique, elle est caractérisée par des involucelles et des fleurs, de petite taille, blanches, disposées en ombelles composées de 3 à 8 rayons et qui sont de type 5. Les pétales échancrés et orientés vers l'extérieur sont souvent plus grands (Figure 07).

La racine est pivotante et fuselée. La tige est ronde, grêle, finement striée et ramifiée dans la partie supérieure. Les feuilles sont d'un vert clair, glabre (notamment les faces inférieures des feuilles) et luisant. Les feuilles basales sont pétiolées, pennatiséquées, incisées et dentées et les feuilles supérieures sont sessiles, finement découpées en lanières et pourvues d'une longue et large gaine (**Dupont, 2007**).



Feuille



graines



Racine



La fleur

Figure 07: Les différentes parties végétales de la coriandre (Boutriche, 2017)

Matériel et méthodes

La partie expérimentale de ce travail a été réalisée au laboratoire d'entomologie appliquée de la Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, du 6 février 2024 au 6 juin 2024.

Notre recherche porte sur l'extraction des huiles essentielles de deux épices (le poivre noir et la coriandre) et l'étude de leur activité bio-insecticide contre un redoutable insecte ravageur des stocks *T. confusum*.

1. Matériels

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

- Une étuve réfrigérée et réglée à une température de 32 ± 1 °C et une humidité relative de $60 \pm 5\%$, 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
- Une micropipette pour le pipetage des huiles essentielles
- Une loupe binoculaire
- L'acétone comme solvant ;
- Des boîtes de Pétri pour les tests de répulsivité
- Une balance électronique pour peser le substrat
- Papier filtre pour les tests par inhalation et de répulsivité
- D'autres outils de manipulations ont été également utilisés (pinceaux, scotch, fil fin, aiguille, bassine, ciseaux, étiquettes, tamis...)

1.2. Matériel biologique

1.2.1. Les insectes

La souche d'origine de *T. confusum* provient du laboratoire d'entomologie appliqué de la faculté des sciences biologique et des sciences agronomique de l'université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.

1.3. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude correspond à des huiles essentielles extraites à partir des graines de poivre noir et la coriandre provenant du marché local de Tizi Ouzou. Ces graines ont été ensuite broyées et réduites en poudre.

2. Méthodes

2.2. Extraction des huiles essentielles de poivre noir et de la coriandre par hydro distillation

L'extraction de nos huiles essentielles a été effectuée au niveau du laboratoire d'entomologie de l'université Tizi Ouzou. Une quantité de 100 grammes de matière végétale (poivre noir, coriandre) a été introduite dans le ballon de l'appareil Clevenger d'une capacité de 2000ml contenant 1000ml l'eau distillée (figure 08). L'ensemble est porté à ébullition pendant 2h. Les vapeurs chargées d'huile essentielle se condensent à leurs arrivées au niveau du réfrigérant et elles retombent sous forme de gouttelettes dans l'ampoule à décanter en formant avec l'eau un mélange d'eau et d'huile. La durée de la distillation influe non seulement sur le rendement mais également sur la composition de l'extrait.

L'huile essentielle obtenue a été récupérée et conservée dans des petits flacons hermétiques de 10 ml recouvert du papier aluminium pour éviter tout risque d'altération et de dégradation de ses composantes chimiques. Les flacons sont gardés à une température de 4°C.



Figure 08 : Appareillage d'hydrodistillation.

2.3.Rendement des huile essentielle

Le rendement en HE est le rapport entre le poids de l'huile extraite et le poids du matériel végétal utilisé, Selon la norme AFNOR (1986) (**Hallal, 2011**), le rendement est exprimé en pourcentage (%) est calculé par la formule suivante :

$$R\% = (Ph / PV) \times 100$$

R : Rendement d'HE en %.

ph : Poids de l'huile essentielle en gramme. pv : Poids de biomasse végétale en gramme.

2.4.Élevage de masse

L'élevage de masse est réalisé dans des bocaux en verre. Chaque bocal est rempli à moitié de semoule dans laquelle sont introduits des mâles et des femelles d'âges indéterminés. Le couvercle du bocal est perforé de petits trous d'aération (figure 09).

Les bocaux sont ensuite placés dans une étuve obscure et réglée à une température de 30 ± 1 °C et une humidité relative de $60 \pm 5\%$. Au bout d'une semaine, les adultes sont retirés, les œufs sont laissés évoluer jusqu'à émergence des adultes de la première génération. Les adultes âgés de 1 à 7 jours sont utilisés dans les différents tests biologiques.



Figure 09: Elevages de masse de *T. confusum* (Originale, 2024).

3. Test d'inhalation

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 de poivre noir ou de la coriandre à différentes doses (40, 60, 80 et 100ul) 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 1 à 7 jours sont introduits dans chaque flacon contenant 3g de semoule. Parallèlement un témoin est réalisé sans huile (figure 10).

Pour chaque dose nous avons varié la durée d'exposition 24h, 48h, 72h. Trois répétitions ont été 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.

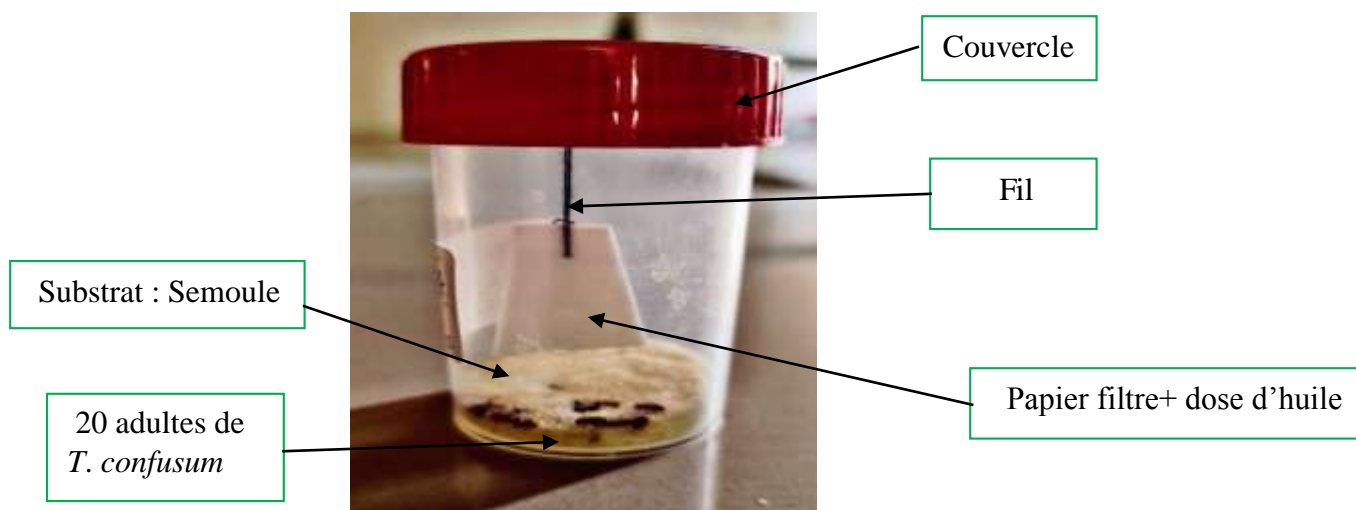


Figure 10 : Dispositif expérimental du test d'inhalation sur les adultes de *T. confusum* traités par les différentes doses des deux huiles essentielles (**photo originale**).

4. Test de répulsivité

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

Cette méthode consiste à découper en deux parties égales des disques de papier filtre. Sur une moitié, nous avons appliqué l'une des deux huiles essentielles à différentes doses (40.60.80et 100ul) diluées dans 0.5 ml d'acétone (partie traitée Tr), tandis que sur l'autre moitié, nous avons seulement appliqué 0.5 ml acétone (Partie non traitée NT).

Après avoir laissé sécher pendant une minute, nous avons collé les deux parties ensemble et les avons ensuite placées dans les boîtes de Pétri. Nous avons ensuite introduit 20 insectes au milieu de chaque boîte. Après 30 minutes de traitement, nous procédons au dénombrement des individus présents sur chacune des deux parties. 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)**. où 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 suivant :

Tableau 01 : pourcentage de répulsivité 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	$40\% < PR \leq 60\%$	Moyennement répulsif
Classe IV	$60\% < PR \leq 80\%$	Répulsif
Classe V	$80\% < PR \leq 100\%$	Très répulsif

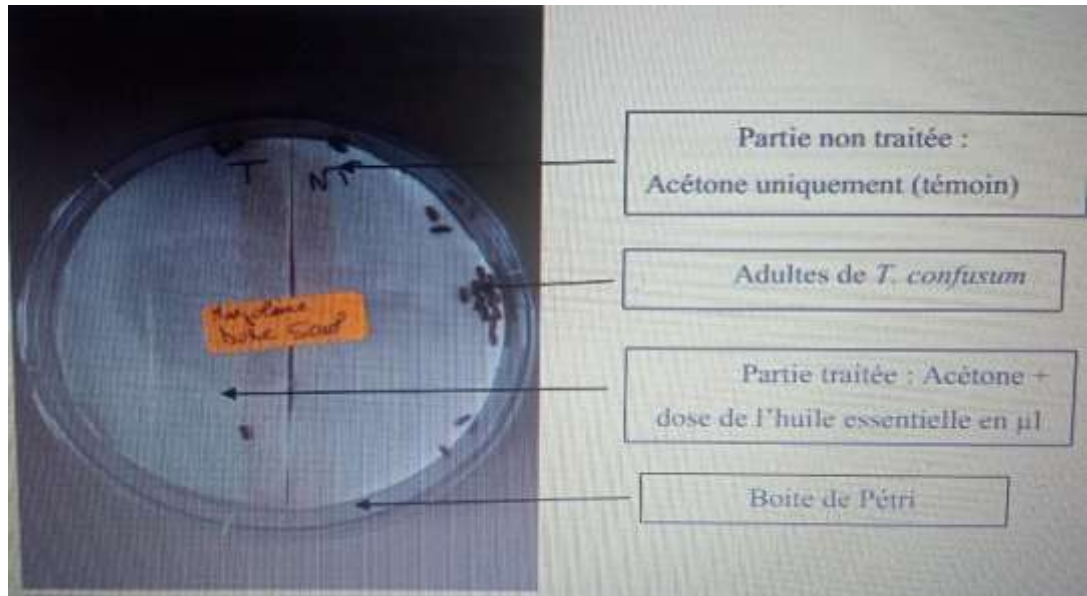


Figure 11 : Dispositif expérimental du test de répulsivité sur les adultes de *T. confusum* (photo originale)

5. Analyse statistique

Les résultats des différentes expériences sont soumis à l'analyse de la variance ANOVA à 2 et 3 critères de classification en utilisant le logiciel statbox version 6.4. Dans le cas où les différences s'avèrent significative un test complémentaire de Newman et keuls au seuil 5 % est effectuée fin de déterminer les groupes homogènes.

Selon la valeur de la probabilité P nous avons :

- $P > 0.05$ il n'y a pas de différence significative
- $0.01 < P \leq 0.05$ il y a une différence significative
- $0.001 < P \leq 0.01$ il y a une différence hautement significative
- $P \leq 0.001$ il y a une différence très hautement significative.

Résultats et discussion

1. Caractéristiques organoleptiques de l'huile essentielle du poivre noir et la coriandre

Les paramètres organoleptiques des huiles essentielles étudiées sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 02 : Les paramètres organoleptiques des huiles essentielles étudiées

Huiles essentielle	Aspect	Couleur	Odeur
Poivre noir	Liquide	Transparent	Très forte
La coriandre	Liquide	Transparent	Très forte

Chaque huile a des propriétés organoleptiques caractéristiques odeur, couleur et goût. A température ambiante, les huiles extraites sont liquides est transparentes et elles ont une très forte odeur.

2. Rendement de l'extraction

Pour chaque échantillon, nous avons calculé le rendement de l'extraction.

Tableau 03 : Rendement d'huile essentielle du poivre noir

Nombre de l'extraction	Poids de la plante en g	Poids d'huile en g	Rendement (%)
Première extraction	100	0.5	0.5
Deuxième extraction	100	0.93	0.93
Troisième extraction	100	0.33	0.33
Moyenne			0.58

Tableau 04 : Rendement d'huile essentielle de la coriandre

Nombre de l'extraction	Poids de la plante en g	Poids d'huile en g	Rendement (%)
Première extraction	100	0.07	0.07
Deuxième extraction	100	0.14	0.14
Troisième extraction	100	0.1	0.1
Moyenne			0.10

D'après les résultats de ces tableaux, nous constatons que le meilleur rendement est celui du poivre noir avec une moyenne de 0.58% et le plus faible rendement est donné par la coriandre avec une moyenne de 0,10 %.

3. Résultats des tests de toxicité des huiles essentielles sur les adultes de *T.confusum*

3.1. Effet de l'huile essentielle du poivre noir sur les adultes de *T. confusum*

La figure 12 montre le taux de mortalité moyenne de *T. confusum* traités par inhalation avec l'huile essentielle de poivre noir en fonction de la dose et de la durée d'exposition. L'effet fumigeant de cette huile s'observe dès les plus faibles doses utilisées 40ul, après 24h d'exposition avec un taux de mortalité de 35%.

L'huile essentielle du poivre noir provoque 100 % de mortalité chez les adultes de *T.confusum*, après 24h d'exposition à la plus forte dose 100ul. Alors que pour les trois autres doses le 100 % de mortalité est atteint après 72h d'exposition.

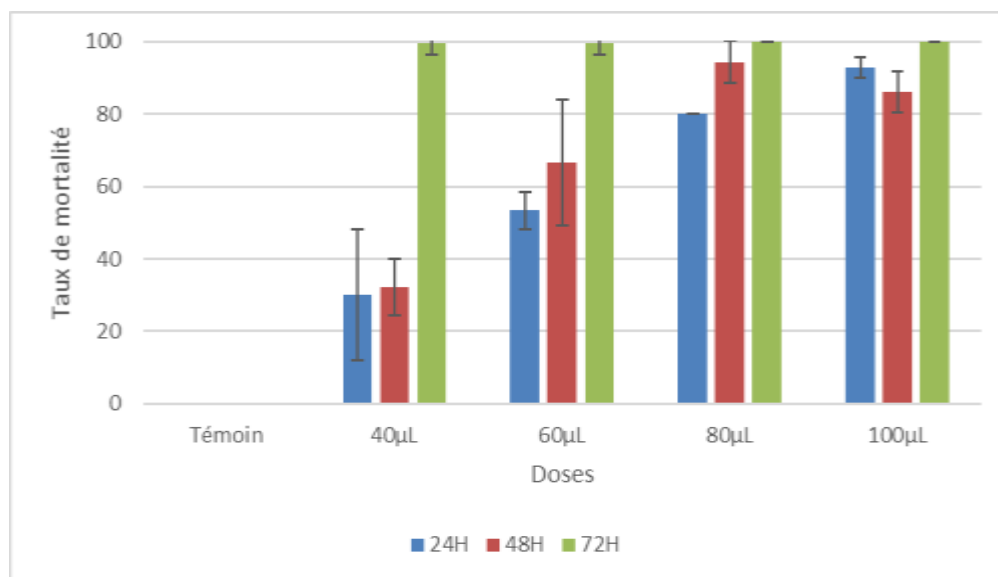


Figure 12: Taux de mortalité moyen (moyenne \pm écart type) des adultes de *T. confusum* traités par inhalation avec l'huile essentielle de poivre noir en fonction de la dose et de la durée d'exposition.

3.2. Calcul de la dose létale 50 (CL50)

Pour évaluer l'efficacité réelle de cette huile, nous avons déterminé la dose létale engendrant 50% de la mortalité chez *T. confusum*, cette dose est obtenue à partir du tracé de la droite de régression des probits en fonction des logarithmes des doses (figure 13).

La concentration létale 50 de l'huile essentielle du poivre noir après 24h est de 50,11 μ l. Ces résultats indiquent que cette huile essentielle exerce un effet toxique sur *T. confusum*.

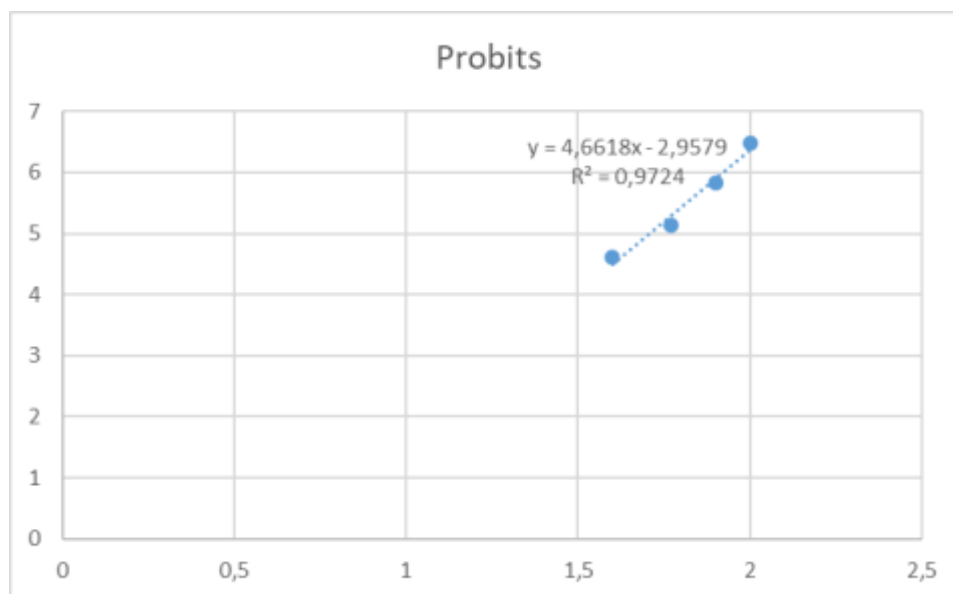


Figure 13 : Droite de régression de la mortalité en probits en fonction de log des doses.

3.3. Effet de l'inhalation de l'huile essentielle de la coriandre sur les adultes de *T. confusum*

Les résultats obtenus avec l'huile essentielle de la coriandre montrent que cette dernière a provoqué une très faible mortalité vis-à-vis des adultes de *T. confusum* (figure 14). En effet, le taux de mortalité ne dépasse pas 5 % même avec la plus forte dose 100 μ l, après 72h d'exposition. Le taux moyen de mortalité des adultes dans les lots témoins qui n'ont subi aucun traitement est nul, ainsi la concentration létale 50 (CL50) n'a pas été déterminée. (On ne peut pas calculer CL50 car le taux de mortalité est très faible).

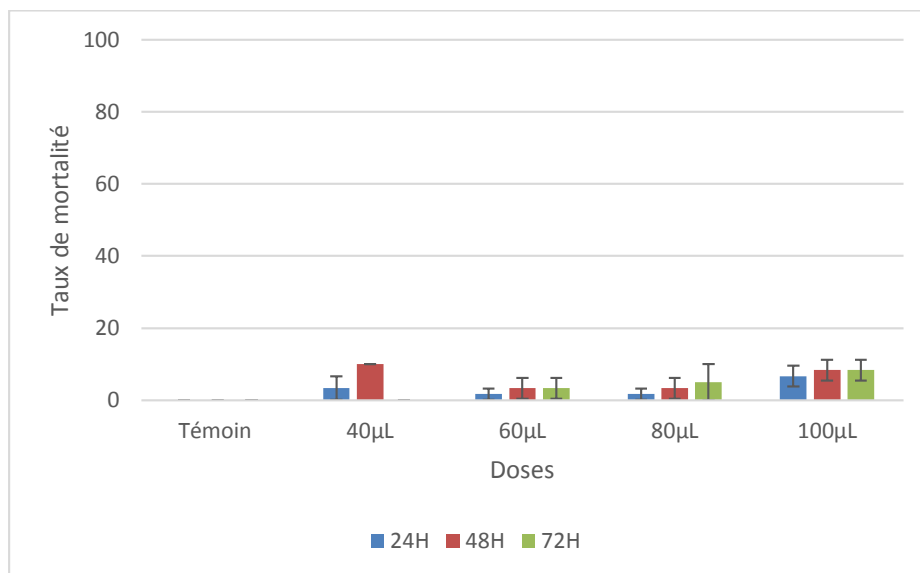


Figure 14 : Taux de mortalité moyen (moyenne \pm écart type) des adultes de *T.confusum* traité par inhalation avec l'huile essentielle de la coriandre en fonction de la dose et de la durée d'exposition.

4. Résultats de l'analyse statistique pour les tests d'inhalation

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

Les résultats de l'analyse révèlent l'existence d'une différence très hautement significative ($P= 0,0000$) pour les effets des facteurs : huile essentielle, dose et temps d'exposition ainsi que pour les interactions entre les facteurs dose \times temps, dose \times huile et temps \times huile. L'interaction des trois facteurs est également très hautement significative ($p=0,0000$) sur la mortalité des adultes (Tableau 5).

Résultats et Discussion

Tableau 05 : Résultats de l'analyse de la variance de la toxicité des 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	146915,5	89	1650,736				
VAR.FACTEUR 1 (Huile)	79209,97	1	79209,97	2523,51	0		
VAR.FACTEUR 2 (dose)	29546,09	4	7386,523	235,324	0		
VAR.FACTEUR 3 (temps)	3127,188	2	1563,594	49,814	0		
VAR.INTER F1*2	23876,14	4	5969,035	190,165	0		
VAR.INTER F1*3	3131,711	2	1565,855	49,886	0		
VAR.INTER F2*3	2375,578	8	296,947	9,46	0		
VAR.INTER F1*2*3	3765,523	8	470,69	14,995	0		

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. Les doses 100 et 80 µl, les plus efficaces, sont classées dans le groupe homogène A. Les autres doses sont classées chacune dans un groupe homogène à part.

Tableau 06 : Résultat du test de Newman et Keuls concernant l'effet des doses des huiles essentielles testées par inhalation sur les adultes de *T. confusum*.

Doses	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
100 µl	50,556	A			
80 µL	47,222	A			
60 µl	38,611		B		
40 µl	29,722			C	
Témoin	0				D

Résultats et Discussion

Le test de Newman et Keuls classe également les temps d'exposition dans les groupes homogènes suivants : dans le groupe A est classé le temps d'exposition le plus long (72h) dans le groupe B (48h) enfin dans le groupe C (24h).

Tableau 07 : Résultat du test de Newman et Keuls concernant l'effet du facteur Temps sur les adultes de *T.confusum*.

Le Temps d'exposition	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
72H	41,333	A		
48H	30,833		B	
24H	27,5			C

Le test de Newman et Keuls a classé l'huile essentielle du poivre noir dans le groupe homogène A enregistrant une forte mortalité de 62,889 %, suivi de l'huile essentielle de la coriandre dans le groupe B avec une mortalité de 3,556% (Tableau 08).

Tableau 08 : Résultat du test de Newman et Keuls concernant l'effet des huiles essentielles testées par inhalation sur les adultes de *T.confusum*.

Huiles essentielles	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
Poivre noir	62,889	A	
Coriandre	3,556		B

5. Résultats des tests par répulsion des deux huiles essentielles sur les adultes de *T.confusum*

Globalement, les deux huiles ont montré un effet répulsif à l'égard des adultes de *T.confusum*. Nous constatons que l'effet répulsif varie selon l'huile essentielle testée. La plus grande moyenne de répulsivité est obtenue avec l'huile essentielle de coriandre avec un taux moyen de 50%. Selon le classement de MC Donald, cette huile essentielle appartient à la classe III comparativement à l'huile essentielle du poivre noir qui appartient à la classe II (Tableau 09).

Tableau 09: Taux moyen de répulsion des huiles essentielles du poivre noir et de la coriandre à l'égard des adultes de *T.confusum* et leur classement selon **MC Donald et al (1970)**.

Huiles essentielles	Dose				Taux moyen de répulsivité %	Classe de répulsivité	Propriété
	40µL	60µL	80µL	100µL			
Poivre noir	26,66	26,66	33,33	43,33	32,49	II	Modérément Répulsive
Coriandre	55	35	55	55	50	III	Moyennement répulsive

6. Résultats de l'analyse statistique des tests de répulsion

L'analyse de la variance à deux critères de classification a révélé une différence significative pour le facteur huile ($P=0,04087$) et une différence non significative pour le facteur dose ($P=0,44216$) ainsi que pour l'interaction entre ces deux facteurs (dose ×huile) ($P =0,80335$) (Tableau 10).

Résultats et Discussion

Tableau 10: Résultats de l'analyse de la variance pour les tests de répulsion avec les deux huiles essentielles testées.

	S.C.E	DDL	C.M	TES T F	PROB A	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	9362,5	23	407,065				
VAR.FACTEUR 1 (Huile)	1837,5	1	1837,5	4,84 6	0,0408 7		
VAR.FACTEUR 2 (Dose)	1079,1 67	3	359,722	0,94 9	0,4421 6		
VAR.INTER F1*2	379,16 7	3	126,389	0,33 3			
VAR.RESIDUE LLE 1	6066,6 67	16	379,167			19,4 72	47,2 1%

Le test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5% a montré que l'huile essentielle de la coriandre présente l'effet le plus répulsif et se trouve dans le groupe homogène A, par contre, l'huile essentielle du poivre noir est moins répulsive et se trouve dans le groupe homogène B (Tableau 11).

Tableau 11 : Résultats du test de Newman et Keuls concernant l'effets du facteur huile essentielle testée par répulsion sur les adultes de *T.confusum* .

Huiles essentielles	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
Coriandre	50	A	
Poivre noir	32,5		B

7. Discussion

7.1. Le Rendement d'extraction des huiles essentielles

L'huile essentielle de chaque plante est caractérisée par sa couleur, son odeur et son rendement d'extraction. Le rendement de l'huile essentielle peut être affecté lors de la procédure d'extraction d'une part, d'autre part par des facteurs extérieurs (**Lemaoui, 2014**).

Le taux de rendement de notre huile essentielle de poivre noir extraite est de 0,58%, ce taux est faible par rapport à celui trouvé par (**Hamadou et Touki, 2017**), qui est de 1,4% et celui trouvé par (**Yezza et Djedjai, 2016**) qui est de 0,98%.

Les techniques d'extraction utilisées pour obtenir ces huiles essentielles jouent un rôle crucial dans les rendements observés. Des paramètres tels que la température, la durée de l'extraction et le type de solvant utilisé peuvent influencer considérablement la quantité et la qualité des huiles extraites. Par exemple, une extraction par hydrodistillation à des températures optimales pourrait maximiser le rendement de poivre noir, tandis que la même technique pourrait être moins efficace pour la coriandre en raison de la nature différente de ses composés volatils.

7.2. Traitement par inhalation

De nombreuses études ont été menées sur l'efficacité des huiles essentielles contre les ravageurs des denrées stockées par leur effet insecticide. L'intérêt des huiles essentielles a augmenté suite au problème des pesticides chimiques et leurs effets néfastes sur l'environnement, la santé et même à cause de l'apparition d'une résistance de ces ravageurs aux pesticides chimiques (**Regnault, 2006**).

Les résultats obtenus à travers cette étude montrent une nette différence dans l'efficacité des deux huiles essentielles testées. À cet effet, l'huile essentielle du poivre noir paraît plus efficace comparée à celle de la coriandre. Pour chaque huile testée, les analyses statistiques indiquent qu'il existe une variation très hautement significative des taux de mortalité des insectes qui dépendent de l'huile, des doses utilisées et de la durée d'exposition. Ces variations peuvent être expliquées par la composition chimique de l'huile essentielle et le comportement du ravageur. En effet le

poivre noir est connu pour sa forte concentration en pipérine et en monoterpènes, peut posséder des propriétés insecticides plus marquées, expliquant son rendement plus élevé. En revanche, l'huile essentielle de coriandre, bien que contenant des composés bioactifs comme le linalool, pourrait avoir une efficacité moindre.

Nos résultats sont en accord avec les travaux de plusieurs auteurs qui ont mis en évidence l'action des huiles essentielles par inhalation sur la mortalité des ravageurs des denrées stockées.

Les travaux de **kheloul (2020)** ont montré que la mortalité des adultes de *T.confusum* varie en fonction de l'huile essentielle appliquée par inhalation. Parmi les six huiles essentielles utilisées, l'eucalyptus, le myrte et le romarin se sont avérés les plus toxiques avec une mortalité de 100% à la dose 250 µl, en 24 h d'exposition seulement.

Des études ont montré que l'huile essentielle de poivre noir est particulièrement efficace comme insecticide contre *T. confusum*. Une recherche spécifique a révélé qu'une exposition par inhalation à cette huile entraîne une mortalité de 30 % après 24 heures, atteignant 100 % après 72 heures. Ces résultats indiquent une efficacité croissante avec le temps, soulignant les puissantes propriétés insecticides de cette huile essentielle (**Lebbouz, 2010**)

Par comparaison, des études sur d'autres huiles essentielles, telles que celle d'eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) et de la menthe poivrée (*Mentha piperita*), montrent des taux de mortalité de 20 % et 25 % respectivement après 24 heures, atteignant environ 90 % et 85 % après 72 heures (**Isman, 2000; Tripathi et al., 2001**). De même, l'huile essentielle de lavande (*Lavandula angustifolia*) présente un taux de mortalité de 15 %, après 24 heures, augmentant à 80 %, après 72 heures (**Negahban et al., 2007**). Ces comparaisons démontrent que l'huile essentielle de poivre noir est plus efficace que les autres huiles essentielles testées, atteignant une mortalité complète après une exposition prolongée.

L'huile essentielle de la coriandre testée ne présente aucun effet insecticide sur les adultes de *T. confusum*, même à plus forte dose, à notre connaissance peu d'étude ont été réalisées sur l'effet insecticide de l'huile essentielle de la coriandre sur les adultes de *T. confusum*.

L'absence d'effets notables pour l'huile essentielle de la coriandre peut être liée à une concentration insuffisante de l'huile essentielle ou à la résistance de cette espèce de ravageur.

Selon (Wand khlis, 2013), les espèces de *Tribolium* sont classées parmi les insectes ravageurs les moins sensibles et souvent plus difficiles à tuer que les autres coléoptères des produits stockés ; bien que l'ordre de toxicité varie en fonction de l'insecticide en particulier.

Ces différences dans les taux de mortalité par inhalation peuvent être expliquées par la composition chimique distincte des deux huiles essentielles. Les composés du poivre noir sont peut-être plus volatils et plus efficaces pour pénétrer les systèmes respiratoires des insectes, provoquant des effets neurotoxiques rapides. En revanche, les composés de la coriandre pourraient avoir des mécanismes d'action différents, nécessitant des doses plus élevées pour être létaux.

7.3. Traitement par test de répulsivité

Le traitement par répulsion avec les huiles essentielles de poivre noir et de la coriandre sur les adultes de *T. confusum* a été étudié afin d'évaluer leur efficacité respective. Des recherches ont montré que l'huile essentielle de poivre noir, avec un taux de répulsion de 32%, est modérément efficace pour repousser *T. confusum*. En comparaison, l'huile essentielle de coriandre, ayant un taux de répulsion de 50%, se révèle moyennement répulsive. Des études antérieures, telles que celles de **Kim et al (2003)** ont également démontré l'efficacité des huiles essentielles de la coriandre contre divers insectes nuisibles. De même, les travaux de **Lee et al. (2001)** ont souligné le potentiel du poivre noir comme agent répulsif. Ces résultats indiquent que, bien que la coriandre soit plus efficace que le poivre noir, l'utilisation combinée de ces huiles essentielles pourrait offrir une solution plus complète et synergique pour la gestion de *T. confusum*.

D'autres études, comme celle de **Nerio et al. (2010)** ont exploré les propriétés répulsives des huiles essentielles et ont trouvé que les composés présents dans le poivre noir et la coriandre peuvent perturber les systèmes olfactifs des insectes, réduisant ainsi leur attraction vers les sources de nourriture. Enfin, **Regnault-Roger et Hamraoui (1995)** ont montré que les huiles essentielles, y compris celles de poivre noir et de coriandre, peuvent être intégrées dans des stratégies de gestion intégrée des ravageurs pour améliorer l'efficacité des méthodes de contrôle tout en réduisant la dépendance aux pesticides chimiques.

Des études supplémentaires ont confirmé l'efficacité de ces huiles essentielles. Par exemple, **Regnault-Roger et Hamraoui (1995)** ont démontré que l'huile essentielle de coriandre possède des propriétés insectifuges notables, capables de repousser divers ravageurs des grains stockés, y compris *T. confusum*. **Papachristos et Stamopoulos (2002)** ont également montré que

l'huile essentielle de coriandre est efficace contre *Sitophilus oryzae*, avec un taux de mortalité et de répulsion significatif.

Kim et al. (2003) ont étudié les effets répulsifs de plusieurs huiles essentielles et ont constaté que l'huile essentielle de poivre noir avait des effets significatifs sur la réduction de l'activité des insectes nuisibles, tout en étant moins efficace que la coriandre. De même, **Lee et al. (2001)** ont mis en évidence l'efficacité du poivre noir dans la gestion des populations d'insectes ravageurs.

Isman (2000) a effectué une revue des propriétés insectifuges des huiles essentielles, y compris celles de poivre noir et de coriandre, et a conclu que ces huiles possèdent des propriétés répulsives efficaces contre divers insectes nuisibles, confirmant ainsi nos résultats.

Regnault-Roger et Hamraoui (1995) ont montré que l'huile essentielle de coriandre a des propriétés insectifuges notables contre les ravageurs des grains stockés, incluant *T. confusum*. Leur étude a souligné l'efficacité de la coriandre avec des taux de répulsion similaires à ceux observés dans d'autres recherches.

Ces études confirment les résultats sur l'efficacité des huiles essentielles de poivre noir et de coriandre comme agents répulsifs contre *T. confusum*, soutenant leur utilisation potentielle dans la gestion intégrée des ravageurs pour réduire la dépendance aux pesticides chimiques.

Conclusion

Conclusion

Au cours de notre travail, nous avons réalisé l'extraction de deux huiles essentielles de poivre noir et de la coriandre par la technique d'hydro distillation, cette méthode est simple dans son principe et ne nécessite pas un appareillage coûteux.

Les résultats de rendement d'extraction deux huiles essentielles ont montré que l'huile essentielle du poivre noir présente le plus fort rendement avec une moyenne de 0.58% tandis que le rendement de l'huile essentielle de la coriandre est très faible représentant une moyenne de 0.10%.

Nous avons tenté d'évaluer la bio efficacité de nos deux huiles essentielles par deux modes d'action :inhalation et répulsion à l'égard des adultes de *T. confusum*.

Les résultats obtenus par les tests d'inhalation ont montré que l'activité insecticide des huiles essentielles du poivre noir et de la coriandre contre *T. confusum* varie en fonction de la nature de l'huile essentielle testée, des concentrations utilisées, ainsi que la durée d'exposition au traitement.

L'huile essentielle du poivre noir a montré une forte activité insecticide à l'égard de *T. confusum* , nous avons obtenu une mortalité de 100% avec la dose 100ul, après 24h d'exposition, alors que l' huile essentielle de la coriandre n'a montré aucune mortalité sur les adultes de *T. confusum* même à la plus forte dose 100ul et pour les trois temps d'exposition testés. L'estimation de la CL50 après 24h d'exposition de l'huile essentielle du poivre noir donne une valeur égale à 50.11 µl, pour l'huile essentielle de la coriandre, la CL50 n'pas pu être déterminée.

Les huiles essentielles des deux plantes aromatiques testées par répulsion semblent avoir un effet répulsif 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 la coriandre est répulsive, appartenant à la classe III avec un taux de répulsion moyen de 50% et l'huile essentielle du poivre noir appartient à la classe II avec un taux de 32.5%.

Il ressort de notre étude que l'huile essentielle du poivre noir en comparaison à celle de la coriandre présente l'effet le plus toxique par inhalation et par répulsion. Ce pouvoir bioactif

Conclusion

observé chez l'huile essentielle du poivre noir semble être le résultat de l'un ou de plusieurs éléments constitutifs de cette essence végétale.

L'étude de l'activité insecticide des huiles essentielles sur un ravageur nuisible aux produits stockés *T. confusum* a montré que les huiles essentielles testées n'ont pas la même activité insecticide et cela est dû à la composition chimique de chaque huile et de leurs composés actifs.

Ce travail basé sur l'utilisation des plantes aromatiques comme insecticides ouvre de grandes perspectives de recherche.

Il serait intéressant de :

- Tester d'autres techniques d'extraction et leur influence sur les caractéristiques physico-chimiques des huiles essentielles ;
- Voir l'effet de nos huiles essentielles sur d'autres insectes ravageurs des denrées stockées ;
- Tester les composés majoritaires de nos huiles essentielles ;
- Tester nos huiles essentielles à grande échelle afin d'évaluer leur efficacité dans le milieu naturel en interaction avec les facteurs biotiques et abiotiques et envisager leur exploitation en tant que bio-pesticides.

Références Bibliographiques

Références et Bibliographiques

A

Aissata ,C.,2009. Lutte contre *Sitophilus Oryzae* (Coleoptera : Curculionidae) et *Tribolium castaneum* Herbest (Coleoptera : Tenebrionidae) dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en basse -Guinée et l'utilisation des huiles essentielles Végétales ; Thèse de doctorat ; Université de basse Guinée .

Anonyme., 1955. Les ravageurs des grains entreposés. 3ème éd. CRET, Paris. 54p.

Avry, M.P; Galloin, F. 2003 . «Epices, aromates et condiments», Ed Bellin, Paris, 12- 13, 99-102,185-188, 305

AFNOR, EDITION 2000. Huiles essentielles. Ed. PARA Graphic. Tome1 – Echantillonnageetméthode d'analyse 471 P. Tome 2 –Volume 1 Monographie relative aux huiles essentielles

Ashomo, M, O, 2006. Relative susceptibility of some local and elite rice varieties to the rice weevil *Sitophilus oryzae* .L Coleopter curculionidae J food aigrie Environ 4 (1) 249 –252

Acqueline pham, J. (2007). *Piper nigrum* L.: aspects botaniques, chimiques et pharmacologiques (Doctoral dissertation).

B

Benlameur, Z.,2016. Les ravageurs des denrées stockées et leur impact sur la santé humaine, Thèse de doctorat, Ecole nationale supérieure agronomique, Alger, 132p

Balachowsky, A. S. (1962). Entomologie Appliquée À L'agriculture : Coléoptères. (Vol. Numéro1 d'Entomologie appliquée à l'agriculture.). (Masson, Éd.) Université of Minnesota

Bruneton, J. (1999). Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3ème édition, Tec& Doc. Paris.

Benoît, H. P., Mc Cauley, E., & Post, J. R. (1998). Testing the demographic consequences of cannibalism in *Tribolium confusum*. Ecology. 79(2839-2851

Références et Bibliographiques

Bounechad, M. Arb R, 2011. Effet insecticide des plantes melia azedarach L et peganumhrmla L sur *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera Tenebrionidae)

Boutriche, A., & Elbey, M. Evaluation Quantitative de l'Effet de Suppression d'un BLEVE: l'Accumulateur de Propane Réfrigérant (Doctoral dissertation).

D

Dajoz R., 2002. Dictionnaire d'entomologie, anatomie, systématique, biologie. Ed pays. P 169-170.

Ducom P., 1982. La protection phytosanitaire des grains après récolte. Rev. Phytoma. Def. Cult., 133 :32-37.

Delobel, A., & Tran, M. (1993). Les Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes (Vol. 32). IRD Editions.

E

Emamghoreishi, M; Khasaki, M;&Aazam, M. F. (2005). Coriandrum sativum: evaluation of its anxiolytic effect in the elevated plus-maze. Journal of ethnopharmacology, 96(3), 365-370

F

Fleurat-Lessard F., 1987. Évolution des méthodes de détection et de protection des grains par des procédés physiques. Institut national de la recherche agronomique, thèse de doctorat, pont de la Maye (France).

Fedin T Y Lewis S M 2008 An integrative view of sexual selection in *tribolium* flower beetles, article.biolRev 83 151_171

G

GRETIA (2009). Etat des lieux des connaissances sur les invertébrés continentaux des Pays de la Loire ; bilan final. Rapport GRETIA pour le Conseil Régional des Pays de la Loire. 395 p.

Grieve M, A. 1971. Herbes modernes : propriétés médicinales, culinaires, cosmétiques et

Références et Bibliographiques

économiques, culture et folklore des herbes, des graminées, des champignons, des arbustes et des arbres avec leurs utilisations scientifiques modernes, New York, Dover Publications, (1^{re} éd. 1931).

Good, N. E. (1936). The flour beetles of the genus Tribolium.

H

HAMMICHE. V. 1982 : Plantes médicinales et aromatique, perspectives algériennes. Le pharmacien dumaghreb, p23

HAMADOU Faiza , TOUKI Soumia (2017) . Extraction, Caractérisation des huiles essentielles des épices :Girofle, Poivre Noir. Mémoire de master spécialité Analyse et Contrôle de Qualité P 26

Huguette Max Taviani-Carozzi (2008)., Le pouvoir au Moyen Âge. Cahiers de recherches médiévales et humanistes. Journal of medieval and humanistic studies.

I

Isman, M.B. (2000). Plant essential oils for pest and disease management. Crop Protection, 19(8-10), 603-608.

J

JESSICA, huiles essentielles et Aromathérapie: Un aperçu historique article Publié dans Histoire des huiles essentielles sur le 4 janvier 2010

K

KHALFI-HABES. BOUTEKEDJIRET CHAHRAZED et SELLAMI SAMIRA. 2010 : Activité biologique de trois huiles essentielles extraites de plantes algériennes sur *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera : Bostrychidae). Institut National Agronomique ElHarrach.pp 6.

KESBI AMRANE; étude des propriétés physicochimique et évaluation l'activité biologique des huiles essentielles d'eucalyptus globulus dans la région de Ouargla; mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de master en génie des procédés, 2011.

Ketoh G. K., Githo I. A. et Huignard J. r., (2002).susceptibility of the bruchide

Références et Bibliographiques

callosobruchus maculatus (Coleoptera: Bruchidae) and its parasitoid *Dinamus basalis* (Hymenoptera:Pteromalidae) to three essential oils, J. Econ. Entomol. , 95(1), 174-182.

Ketoh G.K., GLITHO AI, HUIGNARD J. 2004. Susceptibility of the bruchid *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: bruchidae) and its parasitoid *Dinarmus basalis* (Hymenoptera:pteromalidae) to three essential oil; J. econo. Entomo. 95(1): 174-182

Kim, S., Roh, J., KIM, D., Lef, H., and AHN, Y. 2003. Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. Journal of Stored Products Research, 39: 293-303.

L

Lepesme P., 1944. Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés. Ed.P. Le chevalier, Paris.

Labeyrie Y., 1962. Les Acanthoscelides obtectus, entomologie appliquée à l'agriculture. Ed. Masson Publ. Paris, 335 P.

Lepesme P., 1944. Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés. Editions P. Le chevalier, Paris. P: 61 – 67

Lemaoui A. (2014). Activités antioxydant et anticoagulante des huiles essentielles des graines de *Nigella sativa*. L Algérienne. Thèse de Magister en Biochimie appliquée Université Ferhat Abbas. Setif p39

Liwei, et al (2004). « Concentrations de proanthocyanidines dans les aliments courants et estimations de la consommation normale ». The Journal of Nutrition, vol. 134, n o 3, mars 2004, p. 613-17.

Lee, R., et al. (2001) « Régulation de la survie cellulaire par les proneurotrophines sécrétées ». Science (New York, NY) , vol. 294, n 5548, novembre 2001.

Lebbouz, I. (2010). Activité biologique des extraits foliaires de *Cleome arabica* L.(Capparidaceae) chez *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)(Orthoptera, Acrididae) (Doctoral dissertation, Université de Mohamed Kheider–BISKRA).

M

Mélanie, T. (2001). « PROFIL DES PRODUITS FORESTIERS PREMIÈRE TRANSFORMATION HUILES, ESSENTIELLES ». Ministère des Ressources naturelles Secteur des forêts Direction du développement de l'industrie des produits forestier

Manion, C.R. & Widder, R.M. (2017). Essentials of essential oils. Am. J. Health. Syst. Pharm. 74, e153–e1

N

Negahban, M., Moharramipour, S., Sefidkon, F. (2007). Fumigant toxicity of essential oil from *Artemisia sieberi* Besser against three stored-product insects. Journal of Stored Products Research, 43(2), 123-128.

Nerio, L. S., Olivero-Verbel, J., & Stashenko, E. (2010). Repellent activity of essential oils: a review. Bioresource technology, 101(1), 372-378.

P

Polachic, D. 1996 . «Small-from-today», (USA), aout 1996, 13 (4), 55.

Purseglove, J. W; Brown, E. G; Green, C. L., & Robbins, S. R. J. (1981). Spices Vol. 2 (pp. 447-813). Longman Group Ltd.

Perez-Mendoza J., 2007- When Do Red Flour Beetles Fly; Integrated Pest Management, rev, IPM update,usa

Paris, M. & Hurabielle, M. (1981). Abrégé de matière médicale. Pharmacognosie, Tome I, édition Masson. 1981.

Philogene B.J.R. Armson J.T L, bert J D H 1989 Facteur contribuant a la protection du mais contre les attaques de *sitophilus* et *prostephanus* In parmentier M Kouahou F B eds Cerales en region chaudes Montreal Canada Aupelf uref Paris john Libbey Eurotext 47.56

Papachristos, D. P., & Stamopoulos, D. C. (2002). Repellent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oil vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Bruchidae). Journal of stored products research, 38(2), 117-128.

Références et Bibliographiques

Q

Quezel P. et Santa s., 1962. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome I, Ed. Centre national de la recherche scientifique (CNRS), Paris 7e 566 p.

R

REMMAL. A, BOUCHIKHI. T, RHAYOUR. K. 1993: Improved method for the determination of antimicrobial activity of essential oils in agar medium. J.E.O.R.,5, p179-184

Ratnadass.A Sauphanor B 1998 les pertes dues aux insectes sur les stocks paysans de céréales en Côte d'Ivoire John Libbey Eurotext .

Robinson, G. E. (2005). Nutritional status influences socially regulated foraging ontogeny in honey bees. *Journal of Experimental Biology*, 208(24), p641-649.

Regnault-Roger, C., & Hamraoui, A. (1995). Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera), a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Stored Products Research*, 31(4), 291-299.

S

Seck D., 1991. Observations préliminaires sur les fluctuations saisonnières des populations d'insectes ravageurs du mil stocké en grenier traditionnel au Sénégal. *Tropicultura*, 92-94.

Semsar., 2013. Effet insecticide de l'huile végétale d'argan (*Argania spinosa*) à l'égard de deux insectes ravageurs du blé. UMMTO.

Serpeille A., 1991. La bruche du haricot : un combat facile. *Bulletin semences*, n° 116, Ed.FNAMS, Paris, pp : 32-34.

T

Tripathi, A.K., Prajapati, V., Khanuja, S.P.S., Kumar, S. (2001). Effect of volatile oil constituents of *Mentha* species against stored grain pests, *Prostephanus truncatus* (Horn) and *Sitophilus oryzae* (L.). *Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences*, 22, 116- 120.

W

Références et Bibliographiques

Widder, R.M. (2017). Essentials of essential oils. *Am. J. Health. Syst. Pharm.* 74, e153–e162.

Wand Khelis., & Mohammed, H. H. (2013). Toxic effect of some plant extracts on the mortality of flour beetle *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Entomol Ornithol Herpetol*, 2(115), 2161-0983.

Y

Yeza Samiha et Djedai Rania,(2016) Analyse physicochimique et activités biologiques des huiles essentielles de quelques épices, mémoire master, Contrôle de qualité des produits alimentaires, université KASDI MERBAH OUARGLA, p 35.

Z

Zeković, Z; Pavlić, B;Cvetanović, A., &Đurović, S. (2016). Supercritical fluid extraction of coriander seeds: Process optimization, chemical profile and antioxidant activity of lipid extracts. *Industrial crops and products*, 94, 353-362

Résumé

La présente étude a pour objectif de réaliser l'extraction de deux huiles essentielles, du poivre noir et de la coriandre puis d'évaluer leur toxicité par inhalation et leur effet répulsif sur les adultes de *Tribolium confusum* dans les conditions de laboratoire.

Nos résultats indiquent que l'huile essentielle du poivre noir exerce une toxicité importante par inhalation sur les adultes de *T.confusum* tandis que l'huile essentielle de la coriandre a un effet très faible sur les adultes de *T.confusum*. En effet, l'huile essentielle du poivre noir entraîne une mortalité de 100%, après 24h d'exposition à la dose 40 µl.

Les deux huiles manifestent une activité répulsive à l'égard de ce ravageur, avec des pourcentages de répulsion de 50% pour l'huile essentielle de la coriandre et 32.5% pour l'huile essentielle du poivre noir.

De ce fait, l'huile essentielle du poivre noir peut être utilisée comme bio insecticide afin de réduire les pertes causées par ce ravageur dans les stocks.

Mots clés : *Tribolium confusum* ; huiles essentielles ; bio insecticide; *Piper nigrum*; *Coriandrum sativum*

Summary

The objective of this study is to carry out the extraction of two essential oils, black pepper and coriander, then to evaluate their toxicity by inhalation and their repellent effect on adults of *Tribolium confusum* under laboratory conditions.

Our results indicate that the essential oil of black pepper exerts significant toxicity by inhalation on adults of *T.confusum* while the essential oil of coriander has a very weak effect on adults of *T.confusum*. Indeed, the essential oil of black pepper causes 100% mortality after 24 hours of exposure at a dose of 40 µl.

Both oils demonstrate repellent activity against this pest, with repellency percentages of 50% for coriander essential oil and 32.5% for black pepper essential oil.

Therefore, the essential oil of black pepper can be used as a bioinsecticide to reduce losses caused by this pest in stocks.

Keywords: *Tribolium confusum*; essential oils; bioinsecticide; *Piper nigrum*; *Coriandrum sativum*