

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministre 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'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Sciences Biologiques

Spécialité : Biologie des Populations et des Organismes

Thème

Toxicité de deux huiles essentielles à l'égard d'un ravageur des grains stockés *Tribolium confusum* (Coleoptera : Tenebrionidae).

Présentée par :

CHARIF Rafika

DJENNADI Kahina

Devant le jury composé de :

Présidente : AIT AIDER. F

MCA

UMMTO

Promotrice : AISSAOUI. F

MAB

UMMTO

Examinatrice: KHELOUL. L

MAB

UMMTO

Année universitaire 2023/2024

Remerciements

Nous remercions du plus profond de notre cœur, **Dieu** le tout puissant de nous avoir donné le courage et la volonté d'achever ce travail.

Au terme de ce modeste travail, je tiens à remercier en tout premier lieu Mme Aissaoui, F. Maitre assistante classe B à l'université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou de m'avoir accordé l'honneur de diriger ce travail, pour son soutien, sa disponibilité, son aide précieuse et ses conseils m'ont été d'un grand d'intérêt.

Nos sincères remerciements vont aussi à l'adresse de Mme Ait Aïder, F. Maitre de conférence classe A en Sciences Biologiques à l'UMMTO, pour l'honneur qu'elle nous fait président le jury.

Nous tenons à remercier aussi Mme Kheloul, L. Maitre assistante classe B à l'UMMTO qui nous fait l'honneur de participer à l'examination de ce travail.

Nos remerciements s'adressent aussi à nos familles et tous les amis qui nous a encouragé à clôturer ce travail par leurs conseils précieux et leurs encouragements tout le temps

Un grand merci à tous



Dédicaces

Tous d'abord je tiens à remercier le bon DIEU tout puissant de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Je dédie ce modeste travail à

Mon cher mari Billal qui m'a accompagné durant tout mon cursus universitaire

Ma chère petite fille Mélina

Que Dieu nous garde ensemble

Mes chers parents pour leur encouragement, leur patience et leurs conseils judicieux

Mes frères

Boudjemaa et sa femme Sabrina

Azzedine, Nacereddine

Mes sœurs, Yasmine et Amina

Ma belle-famille, Mon beau père et ma belle mère

Mes beaux-frères, Hcene et Hocine

Mes belles sœurs, Lynda et Wahiba

Mes amies, Mérina, Leticia

Ma binôme Kahina

Ma promotrice Dr Aissaoui Fatima

Rafika

Dédicaces

Je commence par remercier **DIEU** de m'avoir donné le courage et la patience et aussi la volonté pour arriver à ce stade et réaliser ce travail

Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert je dédie ce modeste travail à mon mari **Rafik**, aucune dédicace ne serait exprimer l'amour et le courage que vous m'avez donné durant tout mon cursus universitaire et que Dieu nous garde ensemble

A mes parents

Pour leur encouragement, leurs conseils judicieux et leurs sacrifices pour ma réussite

A la mémoire de ma tante, que j'aurais tant aimé l'avoir à mes côtés. Que Dieu l'accueille dans son vaste paradis.

A mon frère et mes chères sœurs

Lounes, Khadija, Sihem, que Dieu puisse vous gardez en pleine santé et bonheur et réussite dans votre vie

A mes amies et mes chères sœurs

Djidji et Amel, merci pour vos encouragements et vos soutiens, que Dieu nous garde ensemble

A ma binôme **Rafika**

Avec qui j'ai passé moments mémorables, je la remercie pour son soutien et pour son encouragement

A ma promotrice **Dr Aissaoui Fatima**

Kahina

Liste des abréviations

°C.....	Degré Celsius
PR.....	Pourcentage de répulsion
Tr.....	Traité
Nt.....	Non traité
ANOVA.....	Analyse de la variance
H.....	heure
mm.....	millimètre

INTRODUCTION

Liste des figures

Figure 1 : Les œufs de <i>Tribolium confusum</i> (G : 40)	4
Figure 2 : La larve de <i>Tribolium confusum</i> (G : 40)	5
Figure 3 : La nymphe de <i>Tribolium confusum</i> (G : 40)	5
Figure 4 : Mâle et femelle de <i>Tribolium confusum</i> au stade nymphale.....	6
Figure 5 : Adulte de <i>Tribolium confusum</i> (G : 40)	7
Figure 6 : Dégâts de <i>Tribolium confusum</i> sur la semoule	8
Figure 7 : Quelques exemples de terpènes.....	12
Figure 8 : Clou de girofle (<i>Syzygium aromaticum</i>)	15
Figure 9 : Basilic (<i>Ocimum basilicum</i>)	16
Figure 10 : Poudre de la plante <i>Syzygium aromaticum</i>	19
Figure 11 : Poudre de la plante <i>Ocimum basilicum</i>	19
Figure 12 : Elevage de masse de <i>Tribolium confusum</i>	20
Figure 13 : Montage d'un hydro distillateur de type Clevenger	21
Figure 14 : L'huile essentielle récupérée	22
Figure 15 : Dispositif expérimental des tests d'inhalation sur les adultes de <i>Tribolium confusum</i>	24
Figure 16 : Dispositif expérimental de la fin des tests d'inhalation sur les adultes de <i>Tribolium</i> <i>confusum</i>	24
Figure 17 : Dispositif expérimental des tests de répulsivité sur les adultes de <i>Tribolium</i> <i>confusum</i>	25

Figure 18 : Dispositif expérimental de l'activité antibactérienne	28
Figure 19 : Rendement d'extraction de l'huile de clou de girofle	30
Figure 20 : Rendement d'extraction de l'huile de basilic	30
Figure 21 : Taux de mortalité de <i>Tribolium confusum</i> traités par inhalation avec l'huile essentielle de clou de girofle (<i>Syzygium aromaticum</i>)	34
Figure 22 : Taux de mortalité de <i>Tribolium confusum</i> traités par inhalation avec l'huile essentielle de basilic (<i>Ocimum basilicum</i>)	35
Figure 23 : Les résultats des tests de répulsivité sur les adultes de <i>Tribolium confusum</i> avec l'huile essentielle de clou de girofle (<i>Syzygium aromaticum</i>)	36
Figure 24 : Les résultats des tests de répulsivité sur les adultes de <i>Tribolium confusum</i> avec l'huile essentielle de basilic (<i>Ocimum basilicum</i>)	37

Liste des tableaux

Tableau 1 : Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald et al. (1970)	26
Tableau 2 : Caractéristiques organoleptiques des huiles essentielles extraites	32
Tableau 3 : Composition chimique de clou de girofle	33
Tableau 4 : Composition chimique de basilic.....	33
Tableau 5 : Taux moyen de répulsion des huiles essentielles de clou de girofle et de basilic et leurs classements selon Mc. Donald et al (1970).....	38
Tableau 6 : Résultats du test de Newman et Keuls de l'effet antibactérien de deux huiles essentielles testées contre <i>E. coli</i>	39
Tableau 7 : Résultats du test de Newman et Keuls de l'effet antibactérien de deux huiles	

4.2.2. Lutte	chimique	9
4.2.3. Lutte	biologique	9
4.2.4. Lutte	biotechnologique	9
1.2. Généralités sur les huiles essentielles		
1. Historique		10
2. Définition et caractéristique		10
3. Composition chimique		11

4.1. Distillation		12
4.1.1. Entraînement à la vapeur d'eau		12
4.1.2. Hydro distillation		13
4.2. Enfleurage		13
4.3. Expression à froid		13
5. Conservation des huiles		13
6. Activité biologique des huiles		13
7. Présentation des plantes aromatiques étudiées		14
7.1. Clou de girofle (<i>Syzygium aromaticum</i>)		14
7.1.1. Description		14
7.1.2. Position	systematique	15
7.1.3. Origine et répartition	géographique	15
7.1.4. L'huile essentielle de clou de girofle		16
7.2. Basilic (<i>Ocimum basilicum</i>)		16
7.2.1. Description		16

3.3.2. Préparation de milieu de culture et ensemencement	27
4. Analyses statistiques.....	28

Partie 3 : Résultats et discussion

➤ Résultats

1. Rendement d'extraction des huiles essentielles	29
2. Propriétés organoleptiques	31
3. Composition chimique	33
4. Résultats des tests	34
4.1. Résultats des tests par inhalation	34
4.1.1. Clou de girofle	34
4.1.2. Basilic	35
4.2. Résultats des tests par répulsion	36
4.2.1. Clou de girofle	36
4.2.2. Basilic.....	37
4.3. Résultats de l'effet antibactérien	38

➤ Discussion

1. Cinétique de rendement des huiles essentielles	41
2. L'effet bio insecticide	42
2.1. Inhalation.....	42
2.1.1. Test d'inhalation de clou de girofle sur T.confusum.....	42
2.1.2. Test d'inhalation de basilic sur T.confusum.....	43
2.2. Répulsivité	43

Conclusion	45
-------------------------	----

Références bibliographiques

A decorative scroll graphic with a dark blue outline. The scroll is unrolled, showing the word "Introduction" in a dark blue, serif font. The scroll has a small circular detail at the top right corner, suggesting a binding or a rolled-up end.

Introduction

Introduction

Les grains stockés, les céréales et leurs produits sont des sources importantes de nourriture dans le monde entier ; par conséquent la conservation efficace de cette ressource clé est nécessaire pour la survie humaine (Elbrense et al. 2022)

Dans les pays de sud comme le Brésil, les insectes sont principalement des prédateurs des stocks des grains (Jean-François et al 2016). Les ravageurs primaires attaquent les grains sains, tels que *Sitophilus oryzae* (L) et *Rhizopertha dominica*. Les ravageurs secondaires peuvent attaquer les grains en utilisant les ouvertures créées par les parasites primaires comme voie d'accès. Parmi ces ravageurs indésirables le *Tribolium confusum* (Benazeddine, 2010).

L'utilisation des produits phytosanitaires pour la lutte contre les ravageurs des denrées stockées est le moyen le plus utilisé et le plus efficace. Mais ces pesticides de synthèse bien qu'efficace provoquent non seulement des problèmes de résistance chez les insectes ravageurs, mais entraîneraient aussi des effets nocifs sur l'environnement et la santé humaine, des problèmes de disponibilité et de coût (Camara, 2009).

En Algérie, la lutte contre ces ravageurs est essentiellement chimique. Les progrès de cette méthode, lorsqu'elle est bien menée, permettent de limiter les dégâts. En revanche, l'emploi intensif des insecticides synthétiques a provoqué une contamination de la chaîne alimentaire, une éradication des espèces non ciblées et l'apparition d'insectes nuisibles résistants (Abdelli, 2017).

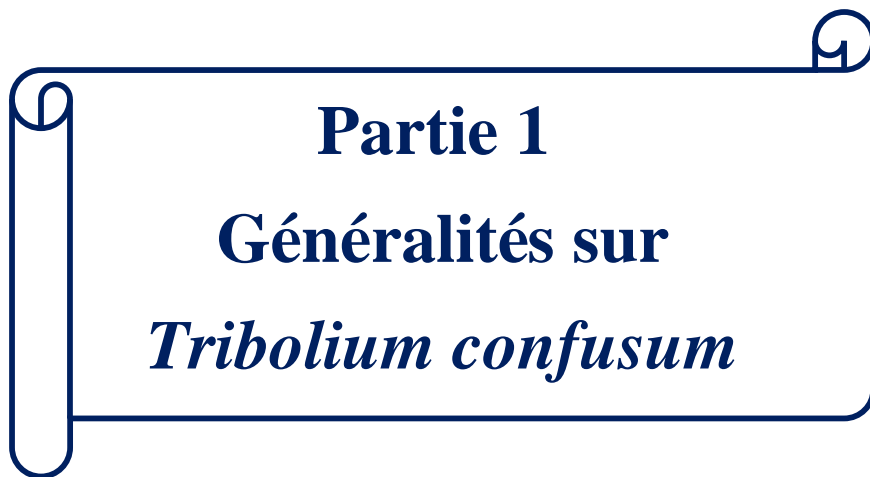
L'usage de substances végétales et plus particulièrement les huiles essentielles pour protéger les graines représentent la meilleure alternative douce et respectueuse de l'environnement pour lutter contre les prédateurs des denrées stockées.

L'objectif de notre travail est de tester l'effet bio insecticide des huiles essentielles de deux plantes, le clou de girofle et le basilic sur la longévité des adultes de *T. confusum*, ravageur des denrées stockées par inhalation et par répulsion et voir leurs effets antibactériens.

Pour cela nous avons adopté le plan suivant :

- Introduction

-
- Partie 1 : Recherches bibliographiques sur l'insecte et les huiles essentielles utilisées
Introduction
 - Partie 2 : Pratique (Matériel et méthodes)
 - Partie 3 : Résultats et discussion
 - Conclusion



Partie 1
Généralités sur
Tribolium confusum

1. Généralités sur la famille des Ténébrionidés

Plus d'un quart des espèces connues sur terre sont des coléoptères, avec environ 4000 espèces décrites, sont parmi les groupes d'animaux les plus abondants et variés (Darwin, 1871). Les coléoptères sont des insectes à métamorphoses complètes, essentiellement terrestres et parfois aquatiques, sont peuplés toutes les niches écologiques, ont des biologies très variées certaines sont phytophages s'attaquant les graines, les fleurs et les feuilles. Comme les ténébrionidés (Leraut, 2017).

Les ténébrionidés constituent l'une des vastes familles des coléoptères, sont nuisibles aux denrées alimentaires entreposés dans les stocks et les magasins, sont petits de 3 à 4mm, de couleur brun rouge plus ou moins sombre de forme allongé.

Le genre *Tribolium* comprend plusieurs espèces polyphages mais y'a deux qui sont cosmopolite et nuisible, le *Tribolium confusum* et *Tribolium castaneum* (Balanchowsky, 1962).

Le *T. confusum* est moins cosmopolite que *T. castaneum* (Delobe, 1984), c'est un ravageur secondaire qui se nourrissent de graines déjà endommagées par les ravageurs primaires (Boukhalefa et al, 2020).

2. Présentation de l'espèce *Tribolium Confusum*

2.1. Systématique

Le *Tribolium* est un insecte ravageur secondaire incapable de casser l'enveloppe dur des grains entiers. Il s'attaque principalement à la farine, la semoule (Ozkaya et al., 2009).

Selon Lapesme (1944), ce ravageur est classé comme suit :

- **Règne :** Animalia.
- **Embranchement :** Arthropoda.
- **Sou-embranchement :** Hexapoda.
- **Classe :** Insecta.
- **Sous-classe :** Pterygota.
- **Ordre :** Coleoptera.
- **Sous ordre :** Polyphaga.
- **Famille :** Tenebrionidae.

- **Genre :** *Tribolium*
- **Espèce :** *Tribolium confusum* (Duval)

2.2. Origine et répartition géographique

Le *Tribolium* est une espèce cosmopolite très vaste dans le monde, mais probablement d'origine Indo stralienne (Smith et Withman, 1992), il a été signalé en Europe pour la première fois en 1900 en Tchécoslovaquie (Christine, 2001).

Il se rencontre le plus souvent dans les pays chauds, et se trouve aussi dans les régions tempérées où il survit en hiver dans les lieux protégés (Steffan, 1978).

2.3. Description des différents stades de développement

2.3.1. L'œuf

Est de couleur blanchâtre, presque transparente, sont recouverte d'une substance visqueuse qui lui permet d'adhérer à la denrée infeste, il mesure en moyenne environ 0,6 mm de longueur et de 0,3 de largeur, ils se fixent sur les surfaces des sacs, des caisses, et d'autres récipients (Lepesme, 1944).

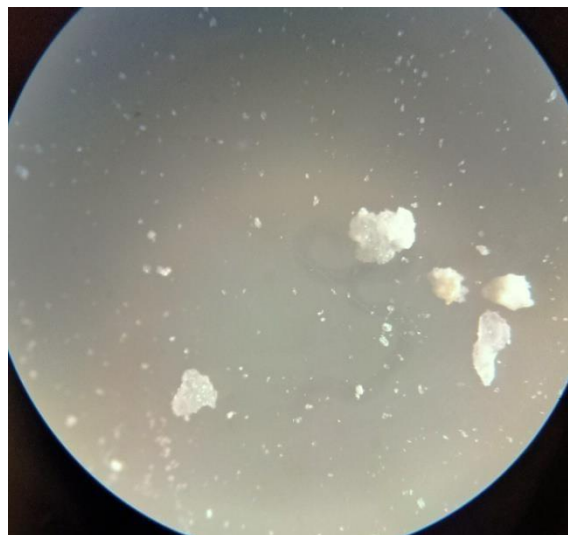


Figure 1 : œufs de *T. confusum* (G : 40) (Kedjem Ines ; Taharboucht Dyhia, 2021)

2.3.2. Larve

Les œufs éclosent au bout de 5 à 12 jours et donnent des larves neonate d'abord de couleur blanche et devient progressivement jaune, de petite taille d'environ 0,7 mm de long et de 0,8

mm de large, son corps presque glabre se termine par deux paires urogomphes (Beazzedine, 2010).



Figure 2 : Larve de *T. confusum* (G : 40) (Originale, 2024)

2.3.3. Nymphes

Lorsque les larves atteignent leur maturité, elle se transforment en petites nymphes de couleur blanche ou semi-transparente, les segments thoraciques et abdominaux deviennent plus distincts et prennent plus tard une couleur crème pâle. Les pattes, les pointes des mandibules et les urogomphes prennent une couleur brun foncé (Ho, 1969).



Figure 3 : Nympe de *T. confusum* vue ventrale (A) et vue dorsale(B) (G : 40)
(Originale, 2024)

Le sexe de l'insecte peut être distingué au stade nymphal.

Selon Lepesme (1944), la nymphe femelle possède à la face ventrale, au-dessus de la paire d'urogomphes à extrémité très aigüe et brun foncée, deux petites cornes chez le mal.

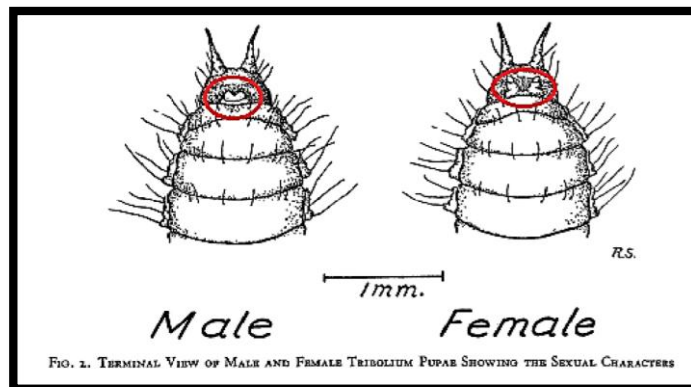


Figure 4 : Distinction entre mâle et femelle de *T. confusum* au stade nymphale

(Anonyme, 2018)

2.3.4. Adulte

T. confusum a été décrit pour la première fois par Jacquelin Duval en 1868.

La nymphe subit une mue imaginale et donne naissance à un imago blanc jaunâtre (Soliman, 1987), son tégument se sclérotinise et se pigmente 2 à 3 jours après son émergence (Lépisme, 1944). La couleur devient brun rouge, sa taille atteint 3 à 4mm aplati et ovale dont la tête est la

partie antérieure de thorax sont densément couverts de points minuscules et les élytres allongés, parallèles et arrondis à l'extrémité postérieure (figure 5). Les antennes de *T. confusum* sont moniliformes avec les trois derniers articles élargis. Les pattes sont courtes et courbées, les tarsi postérieurs sont formés de quatre articles (Balachowsky, 1939).

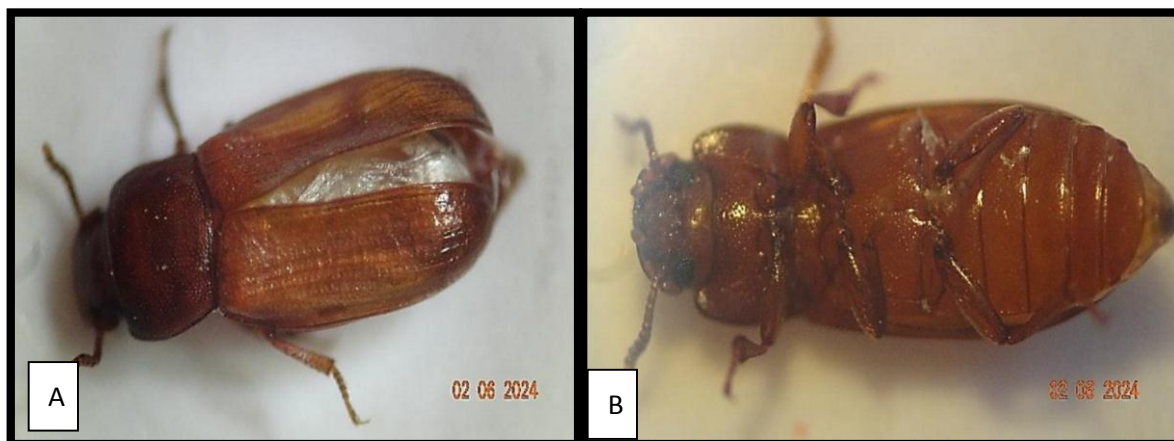


Figure 5 : Adulte de *Tribolium confusum* vue dorsale(A) et vue ventrale(B) (G : 40)
(Originale, 2024)

2.4. Biologie de *T. confusum*

Le premier accouplement a lieu environ 2 jours après l'émergence des imagos et dure 3 à 15 min (Steffan in Scotti, 1978). La femelle pond quotidiennement une dizaine d'œufs, entre 300 à 1000 œufs au cours de sa vie. Les œufs éclosent au bout de 5 à 12 jours selon la température et l'humidité relative. Le taux d'éclosion augmente avec l'augmentation de la température idéale qui est de 28,5. Les œufs sont déposés en vrac sur les grains et ils sont difficiles à déceler (Arab, 2018). Le cycle de vie de *T. confusum* est de 7 à 12 semaines. L'optimum thermique de cet insecte se situe entre 32 et 35 °C et son développement s'arrête au-dessous de 22°C (Benlameur, 2016).

2.5. Régime alimentaire et dégâts causés

Le *T. confusum* est très polyphage, il attaque les grains endommagés, c'est un ravageur secondaire (Scotti, 1978).

Selon Lis et al (2011), les denrées contaminées prennent une odeur désagréable et une couleur rosâtre grâce à la sécrétions d'une substance riche en quinones par les glandes abdominales des adultes.



Figure 6 : Dégâts de *Tribolium confusum* sur la semoule (Kedjem et Taherboucht, 2021)

3. Les ennemis naturels

Quelques arthropodes particulièrement les acariens tendent à limiter l'activité de *Tribolium* tels que : *Pediculoides ventricosus*, *Acarophenax tribolu*, et deux hyménoptères de la famille des bethylides parasitant les larves sont : *Rhabdepyris zea* et *Sleroderma immigrans* (Benazzedine, 2010).

4. Moyens de lutte

4.1. La lutte préventive

Avant et après le stockage y'a plusieurs méthodes qui peuvent être utilisées.

Il faut bien nettoyer les locaux de conservation et bien sécher les grains. Ces mesures sont indispensables pour réduire ou empêcher toute infestation (Ducom, 1982).

Il est également important de ne jamais stocker la nouvelle récolte avec les restes de la récolte précédente. Il est conseillé de ne stocker que les grains de qualité pour le stockage à long terme afin de réduire les pertes (Groot, 2004).

4.2. La lutte curative

4.2.1. Lutte physique : Elle repose principalement sur la chaleur, le froid, radiations ionisantes et matières inertes (Fleurat-Lessard, 1987).

4.2.1.1. Lutte par froid : La température idéale pour le développement des insectes se situe entre 25 et 33°C, donc les températures basses entraîne un ralentissement de développent

des insectes à un niveau où ils ne peuvent plus causer des dommages considérables (Abdelaziz, 2011).

4.2.1.2. Lutte par chaleur : C'est le traitement des produits à haute température 65°C-70°C, le choc thermique de quelques minutes suivi d'un refroidissement rapide provoque une mortalité importante des insectes sans affecter les qualités technologiques du produit (Fleurat, 2002).

4.2.2. Lutte chimique

C'est la technique la plus couramment utilisée pour lutter contre les organismes nuisibles présents dans les stocks des produits alimentaires en raison d'efficacité de ces produits chimiques et leurs applications facile et pratique (Magan et al 2004). Mais ces pesticides provoquent aussi des effets nocifs sur l'environnement et la santé humaine, des problèmes de nuisibilité et de coût (Camara, 2009).

4.2.3. Lutte biologique

Cette méthode vise à réduire les populations des insectes ravageurs en utilisant des organismes naturels tels que : des parasites ou des agents pathogènes tels que des bactéries ou des champignons. Ainsi que des produits naturels d'origine végétales et huiles essentielles (Seck, 1991).

Selon Lepesme (1944), quelques arthropodes tendent à limiter l'activité des *T. confusum* en particulier : les acariens et bethylides.

4.2.4. Lutte biotechnologique

C'est l'utilisation des phéromones de synthèse induisant un dérèglement de comportement des adultes et des régulateurs de croissance des insectes ce qui provoque le déclin de la génération suivante (Gwinner et al, 1996).

Généralités sur les huiles essentielles

1. Historique

Depuis longtemps, l'homme utilise les arômes des plantes pour soigner, soit par usage cosmétiques ou thérapeutiques. La première trace d'utilisation des huiles essentielles déjà exploités il y'a plus de 3000 ans avant J.C par les égyptiens pour leur hygiène quotidienne et aussi pour l'embaumement des morts.

L'aromathérapie ou le soin naturel par les odeurs est révélée en France par un pharmacien Lyonnais nommé René-Maurice Gatteffosé en 1928 (Elske, 2017).

Plus tard, les autres civilisations sont utilisé des méthodes pour l'usage des plantes aromatiques d'abord par distillation et puis en marque les débuts de l'aromathérapie moderne (Ntezurubanza, 2000).

Les huiles essentielles se soigner par l'aromathérapie sont des essences extraordinaire et produites seulement chez les végétaux supérieures, y'a plus de 17500 espèces aromatiques appartenant à un nombre limité de famille dont : les Lauracées, les Lamiacées, les Astéracées (Bruneton, 2009).

2. Définition et caractéristiques

La destruction d'un pétale ou d'une feuille, un parfum se libère, indiquant la présence d'huiles essentielles, appelé aussi essence (Padrini et al,1995).

Selon la pharmacopée européenne 7ème édition, les huiles essentielles sont des produits odorants obtenues par des méthodes respectueuses soit par entrainement à la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, soit par procédé mécanique ou approprié sans chauffage (Laurent, 2017). Les huiles essentielles sont des essences très volatiles à composition complexe, chaque huile possède sa propriété aromatique, son caractère et son énergie subtile (Markus, 2004), elles reflètent l'essence de la plante d'où elles sont extraites. Leur puissance est maximale lorsqu'elles sont pures. La quantité est très petite par rapport à la masse végétale, la qualité varie en fonction du moment de la récolte, du type de sol, du procédé d'extraction, de la conservation, ainsi que de la saison et de l'heure de la journée (Huete, 2012).

Ces essences se trouvent dans les végétaux supérieurs, y'a environ 17500 espèces aromatiques qui produisent les essences, sont réparties dans un nombre limité de familles, on peut notamment citer : les myrtacées, les lauracées, les lamiacées, les astéracées (Bruneton, 1999).

Les huiles essentielles sont employées par les plantes aromatiques pour se prémunir contre les virus, certains considèrent qu'elles sont des messages entre les parasites et les microbes.

La composition chimique d'essence permet à la plante de jouer un rôle très important avec leur environnement, elles inhibent la germination des organes infectés et aussi la croissance des agents pathogènes issus de ces organes (Fekih, 2015)

3. La Composition chimique

Les huiles végétales sont des esters visqueux et peu volatiles (Balachowsky, 1951), elles sont constituées de nombreuses substances différentes et variées selon la partie concentrée de la plante et aussi selon l'origine géographique des végétaux utilisés (Paulette, 2015), il existe deux groupes : Les terpénoïdes (mono-sesquiterpènes de faible poids moléculaires) et les phénylpropane.

Selon Baser et al, 2010, les composés terpéniques sont couramment présentés dans les huiles essentielles, les terpènes les plus rencontrés et volatiles dans les huiles essentielles dont la masse moléculaire n'est pas trop élevée sont les monoterpènes (C10) et les sesquiterpènes (C15) (Couic et al, 2013), ils sont classés selon leur fonctions (alcool, esters, hydrocarbures ...) et selon leur structures (cyclique, acycliques, bicyclique, ...) (Echaoui, 2016).

Les composés aromatiques dérivés du phénylpropane, cette classe comporte des composés odorants bien connus comme l'eugénol, l'anéthol et bien d'autres, sont caractéristiques de celles du clou de girofle, basilic, vanille ... (Fekih, 2015).

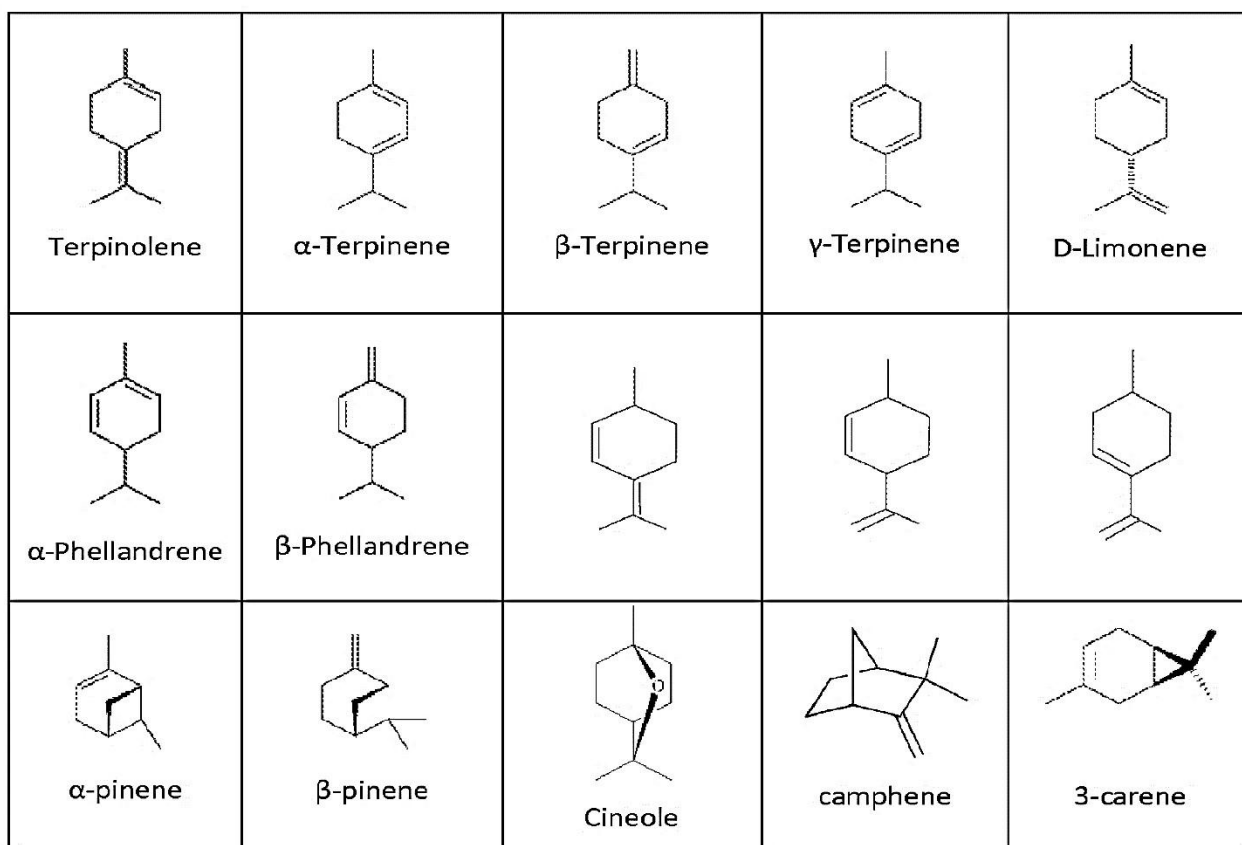


Figure 7 : Quelques exemples de mono terpènes (Anonyme, 2011)

4. Modes d'extraction

Plusieurs méthodes pour l'extraction des essences végétales sont mises en œuvre :

4.1. Distillation

En général, la distillation est une technique de séparation qui se base sur la différence de densité entre un liquide et la vapeur engendrée (Mnayer, 2014), elle implique la condensation de la vapeur et la récupération des fractions liquides résultantes.

Il existe deux types :

4.1.1. Entraînement à la vapeur d'eau

L'un des procédés d'extraction les plus anciens, se fait dans un distillateur appelé « Alambic », le principe de cette méthode est de transformer l'eau sous l'action de la chaleur en vapeur qui va traverser les cellules végétales qui contiennent les molécules aromatiques de plante, cette vapeur va se passer dans un système de refroidissement et retourner à l'état liquide par

condensation. La vapeur est chargée d'essence, les parties insolubles sont séparées de l'eau par décantation pour donner à la fin l'huile essentielle (Mnayer, 2014).

4.1.2. Hydro distillation

La méthode la plus simple et plus anciennement, son principe est d'immerger la matière végétale dans un bain d'eau distillé l'ensemble est porté à ébullition sous pression atmosphérique, la vapeur d'eau et l'essence libérée par le matériel végétal forment un mélange non miscible (Chemat, 2009). Le mélange est ensuite refroidi, l'eau et l'huile une fois condensées se séparent en deux phases (Baser et al, 2010).

4.2. Enfleurage

C'est une méthode complexe utilisée seulement pour les fleurs. Dans ce processus, les pétales de fleur sont étalés délicatement sur des plaques grasses qui absorberont tout le parfum, une fois l'arôme des fleurs absorbé nous remettons des fleurs fraîches, et ceci jusqu'à saturation du corps gras. Au bout de 24h, le corps gras et l'huile essentielle sont séparés (Loy et al, 2001).

4.3. Expression à froid

Cette technique est réservée pour les essences des *Citrus* (orange, citron, bergamote), elle consiste à rompre les poches à essences des zestes frais d'agrumes, cela peut se faire par jet d'eau puissant ou grattage par tige métallique ou encore par dépression, le produit obtenu se nomme l'essence et non huile essentielle (Laurent, 2017).

5. Conservation des huiles essentielles

Les huiles essentielles se conservent plusieurs années à température ambiante, elles sont en effet sensibles à la lumière et de la chaleur, il faut les grader dans des flacons de verre marron ou bleu et bien fermés (Sylvie, 2009).

La durée de conservation est différente, par rapport aux essences des zestes d'agrumes (citron, orange) en moyenne d'un an à un an et demi, mais plus courte pour celle des variables huiles essentielles (Huete, 2012)

6. Activité biologique

Les huiles essentielles agissent à plusieurs niveaux sur les insectes phytophages et limitent le renouvellement des générations. Dans ce contexte, certaines huiles essentielles se sont

révélées être insecticide ou inhibent le cycle de reproduction (Weaver et al, 1991, Konstantopoulou et al. 1992, Topondjou et al. 2003). L'évaluation de leur activité insecticide sur le développement des ravageurs de stocks a montré qu'elles contrôlent efficacement les formes externes, comme les adultes, les œufs, et les larves néonates, mais leur efficacité est limitée contre les formes internes comme larves et nymphes (Ketoh et al, 2002).

Selon Teuscher et al, 2005 les principales activités peuvent être résumées ainsi :

Antiseptiques : vis-à-vis des germes, des levures comme c'est le cas pour les huiles essentielles d'ail, de thym, de lavande.

Anti-inflammatoires : camomille

Analgésiques et anesthésiques : huile essentielle de girofle

Neurologiques : lavande

Spasmolytiques : huile essentielle de basilic, girofle.

7. Présentation des plantes étudiées

7.1. Clou de girofle (*Syzygium aromaticum*)

7.1.1. Description

Le giroflier est un arbre ornemental de 6 à 12m de haut, qui peut vivre jusqu'à 150 ans. Il est de forme pyramidale ou conique, qui possède un tronc principal de forme oblique (Barbelet, 2015). Cette plante est caractérisée par un feuillage persistant et résistant, composé de grandes feuilles oblongues à elliptiques, simple et opposées, glabres et contenant de nombreux glandes à huile sur leurs faces inférieures, les fleurs sont de couleurs pourpres.



(A)



(B)

Figure 8 : Clou de girofle (A), (Anonyme, 2018) et Arbre de giroflier (B), (Anonyme, 2019)

Les clous de girofle sont en réalité des boutons floraux qui n'ont pas encore éclos (Kaur et al ,2019). La floraison a lieu de septembre à mars (Teuscher et al, 2005)

Les clous de girofle (figure 8(A)) sont récoltés après 6 à 8 ans de culture de l'arbre deux fois par an, ce sont les boutons auxquels on ôte le pédicelle manuellement et que l'on met séché au soleil jusqu'à ce qu'ils deviennent brun rouge (Koroch et al, 2007)

7.1.2. Systématique

Selon Barbelet 2015, *Syzygium aromaticum* est classé comme suit :

Règne :	Plantae
Classe :	Angiosperma
Sous-classe :	Tipora
Ordre :	Myrtales
Famille :	Myrtaceae
Genre :	<i>Syzygium</i>
Espèce :	<i>Syzygium aromaticum</i>

7.1.3. Origine et répartition géographique

Le giroflier est originaire de Madagascar, le giroflier est également cultivé en Indonésie et en Tanzanie (Alice ,2011).

Principaux pays producteurs : l'Indonésie (particulièrement l'île d'Amboine), la Tanzanie (les îles de zanzibar et de Pemba), Madagascar et la Malaisie (l'île de Penang ; l'épice est aussi cultivée au sud de l'Inde, au Sirilanka, à la réunion, à l'île Maurice, aux Comores, à la Martinique, aux îles dominicaines, à la Jamaïque, au Gabon et en Guyane française.

Principaux pays exportateurs : La Tanzanie, Madagascar, les Comores, et la Malaisie, ainsi que le sri Lanka, l'Indonésie, le Brésil et les Antilles (Teuscher et al, 2005).

7.1.4. L'huile essentielle de clou de girofle (*Syzygium aromaticum*)

Elle a une odeur piquante et un parfum d'épices, le récolte se fait au mois d'aout (Amrani, 2018), elle est composée de l'eugénol, l'acetyleugénol, le B-caryophyllène, y'a d'autres constituants mais n'existent qu'en faible quantité (Danièle, 2015).

Leurs avantages pour la santé figurant dans les activités anti-infectieuse, antibactérienne à large spectre d'action, analgésique, antiparasitaire, bactéricide, stimulante, neurotoxique (Paulette, 2015).

7.2. Basilic (*Ocimum basilicum*)

7-2-1-Description

C'est une plante annuelle, vivace sous climat tropicale, elle peut atteindre entre 25 à 60 cm de hauteur, ces tiges sont simples ou ramifiées au sommet, quadrangulaire, glabre ou couvertes de poils blancs très courts, les feuilles sont opposées-décussées, pétiolées, ovales ou ovales-lancéolées, elles ont 7 cm de long sur 3 cm de large et sont colorées en vert foncé (Teuscher et al ,2005), les fleurs sont hermaphrodites et zygomorphes, sont situées à l'extrémité des tiges principales et secondaires, elles sont groupées par 6 et disposées en verticilles, la corolle est bilabée, la lèvre supérieure étant formée d'un seul pétale ventral très dupé, concave et aplati, les étamines sont au nombre de 4 et regroupés en 2 paires inégales, l'ovaire est supère et à 2 loges, renfermant chacune 2 ovules, les fruits est un tétrakène (nocule) renferment une seule graine de couleur noire (Anton et Lobstein, 2005).



Figure 9 : Feuilles de *Ocimum basilicum* (Originale, 2024).

7.2.2. Systématique

Selon Cronquist (1981) la classification de cette plante est comme suit :

Règne :	Plantae
Division :	Magnoliophyta
Classe :	Magnoliopsida
Ordre :	Lamiales
Famille :	Lamiaceae
Genre :	<i>Ocimum</i>
Espèce :	<i>Ocimum basilicum</i>

7.2.3. Répartition géographique

Selon Chenni, 2016, le basilic est une plante annuelle d'origine de l'Inde et d'Asie tropicale qui s'est acclimatée en Europe. Actuellement, elle pousse à l'état sauvage dans les régions tropicales et subtropicales incluant l'Afrique et le Sud-est d'Asie (Rajamanickam et al, 2017).

Les principaux pays producteurs : Le sud de la France, la Belgique, la Hollande, la Hongrie, l'Espagne, l'Italie, la République Tchèque, l'Allemagne, l'Inde, la Turquie, le Maroc, les Etats Unis, le Groupement des Etats Indépendant (Teuscher et al, 2005). Aujourd'hui, le basilic il est apprécié et cultivé dans le monde entier dans les pays tempérés, il existe plus de 100 variétés (Schmidt et al, 2007).

7.2.4. L'huile essentielle de basilic

L'huile essentielle de basilic est extraite des feuilles et des fleurs par hydro distillation, elle est jaune clair (Huete, 2012). Sa composition est variée selon la région géographique, le sol, les conditions de culture et de récolte (Li et Chang, 2016). Les feuilles contiennent environ 5% de tannis, 0,17% d'acides aléonoliques, et 14% de protéines, des glucides, et une petite quantité d'acide ursolique, et une concentration relativement élevée de vitamine et aussi l'acide rosmarinique (Ouibrahim, 2016). L'huile essentielle agit comme un insecticide et un antimicrobien (Teuscher et al, 2005).



Partie pratique

Matériel et méthodes

La partie expérimentale de ce travail est réalisé au niveau de laboratoire d'entomologie appliquée 2 de la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Notre travail consiste à réaliser l'extraction de deux huiles essentielles de clou de girofle (*Syzygium aromaticum*) et le basilic (*Ocimum basilicum*) et tester leurs effets sur l'un des redoutables ravageurs des denrées stockées *T. confusum*.

1. Matériel

1.1. Matériel de laboratoire

Pour la réalisation de notre travail expérimental, nous avons utilisé le matériel suivant:

- Une étuve qui est réglée aux conditions optimales de développement de *T. confusum* (température de $30 \pm 1^\circ\text{C}$ et une humidité relative de $70 \pm 5\%$).
- Un réfrigérateur.
- Des bocaux en verre pour les élevages de masse.
- Loupe binoculaire.
- Un tamis pour la récupération des adultes de *T. confusum* dans les élevages de masse.
- Une balance à affichage électronique.
- Appareil d'hydro distillation (Clevenger)
- Eau distillée.
- Eppendorfs pour récupérer les huiles.
- Une ampoule à décanter.
- Papier filtre.
- Acide Acétone.
- Des flacons en plastique.
- Une micropipette.
- Antibiotique
- Gélose Mueller Hinton
- Anse pasteur
- Disque de papier Walthman
- Des boites de pétries.

1.2. Matériel animal

- *T. confusum*, tribolium de la semoule. L'origine de la souche provient de laboratoire d'entomologie 2 de la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2024.
- Bactérie *S.aureus*
- Bactérie *E.coli*

1.3. Matériel végétal

Les matières végétales utilisées pour l'extraction des huiles essentielles sont des poudres de clou de girofle et le basilic (Figure 10 et 11).

Les récoltes ont été effectuées durant le mois d'avril et mai dans la région de Tizirt ; Tizi Ouzou. Les feuilles de basilic ont été séchées pendant une semaine à l'abri de la lumière et de la chaleur. La poudre de clou de girofle provient du marché local de la région.



Figure 10 : Poudre de clou de girofle



Figure 11 : poudre de basilic

(Originale, 2024)

2. Méthodes

2.1. Elevage de masse de *T. confusum*

Les élevages de masse (figure 12) sont réalisés dans des bocaux en verre de 6 à 10 cm de hauteur et 5 cm de diamètre dont les couvercles comportent des petits trous d'aération, ces boîtes sont remplies à moitié avec la semoule dans laquelle sont introduits des adultes de *T. confusum*. Ensuite ces bocaux sont maintenus dans une étuve réglée à une température $30 \pm 2^\circ\text{C}$ et avec une humidité relative de $70 \pm 5\%$.

Après 40 jours, nous avons obtenu les premiers individus qui sont retirés à l'aide d'un tamis puis introduits dans une semoule saine. Le nettoyage de ces individus est réalisé chaque semaine. Au cours de nos expériences nous avons utilisé les individus d'un âge de 0 à 7 jours.



Figure 12 : Elevage de masse de *Tribolium confusum* (Originale, 2024)

2.2. Extraction des huiles essentielles

Il s'agit de la méthode la plus simple et la plus anciennement utilisée, l'extraction des huiles essentielles de basilic et de clou de girofle est effectuée au niveau de laboratoire d'entomologie appliqué de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. La technique utilisée est l'hydro distillation.

2.2.1. Technique d'hydro distillation

Une quantité de 100 g de matière sèche de la plante +1000 ml de l'eau distillé, bien mélangé et placé sur une source de chaleur sans ouvrir le robinet jusqu'à l'ébullition, pendant 2 heures (Figure 13). Les vapeurs chargées d'huile essentielle se condensent et se séparent de l'eau au niveau de réfrigérant par différence de densité de l'huile essentielle récupérée. Les huiles essentielles obtenues conservées dans des eppendorfs à l'abri de la lumière et une température de 4 à 5 °C (Figure 14).

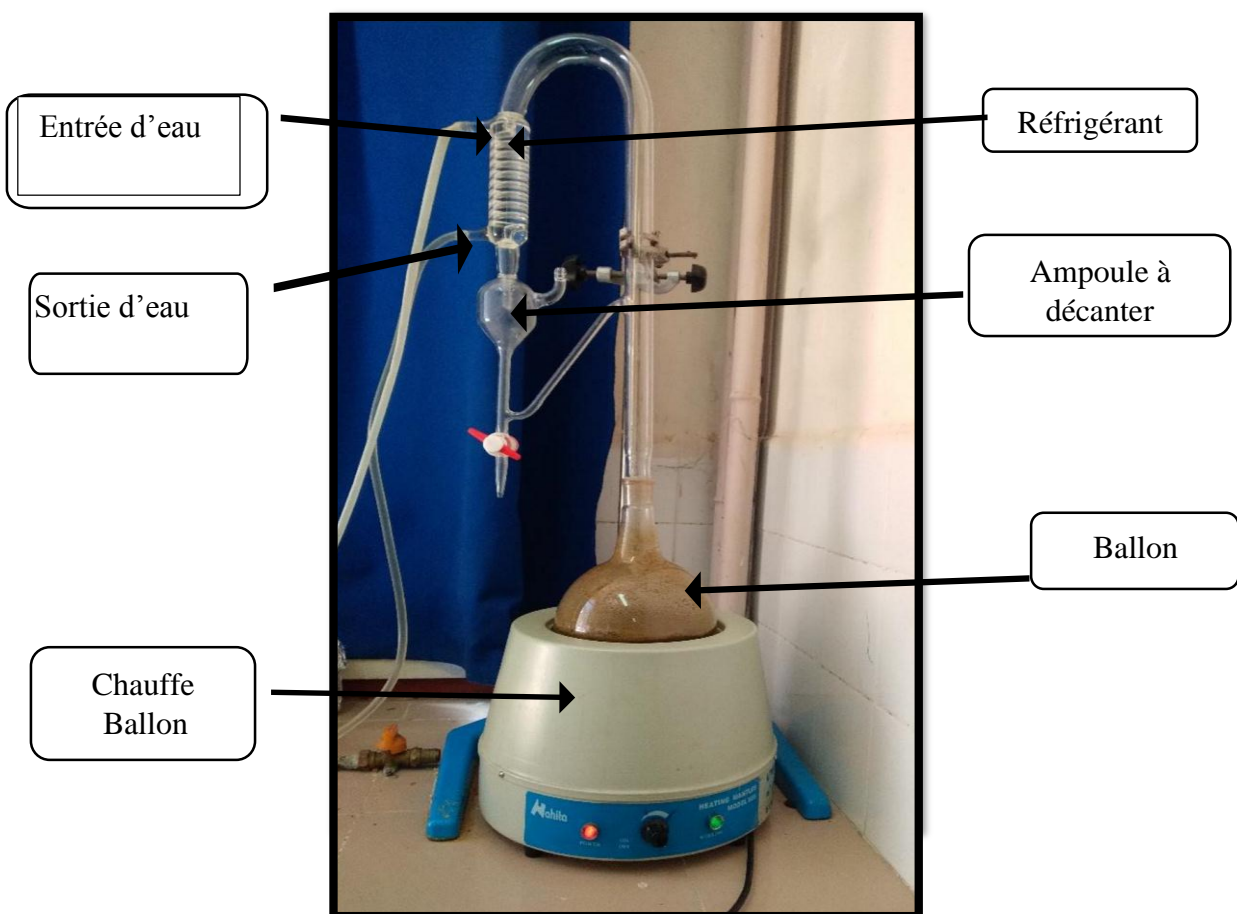


Figure 13 : Montage d'un hydro distillateur de type Clevenger (Originale, 2024)

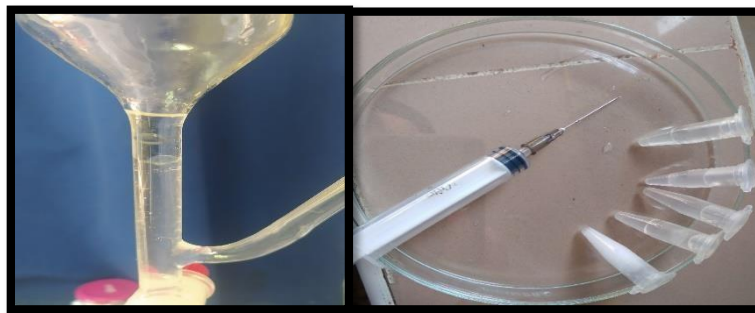


Figure 14 : L'huile essentielle récupérée (Originale, 2024)

2.3. Etude de la cinétique de rendement de *S. aromaticum* et *O. basilicum*

Nous avons suivi l'évolution de la quantité d'huile essentielle extraite par hydro distillation d'une masse végétale de clou de girofle et de basilic en fonction du temps (0 à 60 et 75min).

Après décantation ; l'huile est versé dans des eppendorfs puis pesé pour déterminer le poids des tubes. Ces derniers sont pesés à deux reprises vides et pleines pour déterminer le poids des tubes pleins. La différence du poids des tubes nous a permis de connaitre le poids de l'huile essentielle.

Deux essais ont été effectués pour chaque huile essentielle. Nous avons tracé une courbe de cinétique traduisant le rendement des huiles essentielles en fonction du temps.

2.4. Caractéristiques organoleptiques

Les caractéristiques organoleptiques (Apparence, odeur, goût, couleur) sont parmi les paramètres qui permettent d'évaluer la qualité de l'huile essentielle et ces extraits. Les huiles essentielles issues de la méthode d'hydro distillation possèdent des arômes originaux des plantes fraîches utilisées avec odeurs d'herbes aromatiques, l'odeur dégagée par les deux huiles est très agréables.

2.5. Analyse des huiles essentielles

Pour l'identification des composées volatiles des huiles essentielles extraite nous avons utilisé la technique de chromatographie à phase gazeuse couplées à la spectrométrie de masse à CRAPC (centre de recherche d'analyse physicochimique) à la zone industrielle, Bousmail, Tipaza, Juin 2024.

2.5.1. . Les conditions de la chromatographie phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse

L'appareil GC/MS est un agilent et le mode d'injection est le split 80 :1. La colonne utilisée est de type HP-5MS, la longueur de la colonne est de 30 m, son diamètre interne est de 0.25 mm et avec une épaisseur film de 0.25µm. Le gaz vecteur utilisé : Hélium pureté : N6 à un débit GV : 0.5 ml/min. La température du four initiale est de 60C° pendant 8min, la température augmente progressivement en raison de 2C°/min jusqu'à atteindre 250C°, la température de la source est 230C°. Le chromatogramme des ions totaux est enregistré en utilisant un type d'ionisation d'impact électronique et une intensité de filament de 70eV. La durée de l'analyse est de 113 min et le type de l'analyseur est de type Quadripôle.

3. Tests bio insecticides

L'évaluation de l'activité bio insecticide de ces substances naturelles a été réalisée par des tests d'inhalation et des tests de répulsivité.

3.1. Test d'inhalation

Ce test consiste à évaluer l'effet de deux huiles essentielles par fumigation sur la durée de vie des adultes de *T. confusum* en adoptant le protocole suivant :

Les tests ont été réalisés dans des flacons de 64 ml de volume, à des temps d'exposition de 24h, 48h et 72h. Les différentes doses des huiles essentielles utilisées sont 50µl, 75µl, 100µl, 125µl et un témoin (sans traitement). Nous avons effectué trois répétitions pour chaque dose et y compris le témoin (figure 15).

Nous avons introduit dans les flacons 3g de semoule fine et saine et 20 individus de *T. confusum*. Une dose d'huile essentielle est déposée sur un petit morceau de papier filtre (N° 2) suspendu un à fil fixé à la face interne du couvercle qui sera ensuite fermé. Les tests sont lancés séparément sans ouvertures des flacons tout au long de la période correspondante.



Figure 15 : Dispositif expérimental des tests d'inhalation (Originale ,2024)

A la fin de l'expérience, les insectes sont retirés et mis dans des boîtes de pétri et le dénombrement des individus morts est effectué après 24 de cette étape (figure 16).

3.2. Test de répulsivité

Ce test consiste à étudier l'effet répulsif de deux huiles essentielles (*S. aromaticum* et *O. basilicum*) et calculer le pourcentage de leurs répulsions à l'égard des adultes de *T. confusum* par la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre.

Pour cela nous avons découpé des disques de papier filtre de 9 cm de diamètre en deux parties égales et ils sont placés dans des boîtes de pétri.

À l'aide d'une micropipette, 500 μ l de l'acétone est pipeté dans les deux zones de papier. Puis de différentes doses : 50 μ l, 75 μ l, 100 μ l, 125 μ l de l'huile essentielle de clou de girofle et basilic sont mises sur une seule partie de papier filtre (zone traitée), l'autre partie qui ne contient que l'acétone c'est la zone non traitée. Après évaporation des solvants nous avons rassemblé les deux parties dans des boîtes de pétri, ensuite 20 individus de *T. confusum* sont déposés au centre de la boîte de pétri. Les boîtes sont fermées. La lecture (le dénombrement des insectes) est réalisée au bout d'une demi-heure d'exposition (figure 17).



Figure 17 : Dispositif expérimental du test de répulsivité sur les adultes de *T. confusum*
(Originale, 2024)

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) :

$$\text{PR (\%)} = \frac{[\text{NT} - \text{TR}]}{[\text{NT} + \text{TR}]} \times 100$$

NT : Nombre d'individus présents dans la partie traitée avec l'acétone uniquement.

TR : Nombre d'individus présents dans la partie traitée avec l'acétone et l'huile essentielle.

Tableau 1 : 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 1	0,1 % < PR	Faiblement répulsif

Matériel et méthodes

Classe 2	20% <PR ≤ 40 %	Modérément répulsif
Classe 3	40 % <PR ≤ 60 %	Moyennement répulsif
Classe 4	60% <PR ≤ 80 %	Répulsif
Classe 5	80 % <PR ≤ 100 %	Très répulsif

3.3. Méthode d'évaluation de l'activité antibactérienne

L'activité antibactérienne de nos huiles essentielles extraites vis-à-vis des deux souches bactériennes *S.aureus* et *E.coli* a été évaluée qualitativement. Nous avons utilisé la méthode de diffusion sur disques appelée aussi la technique de l'aromatogramme (Schroeder et Messing, 1949). Cette technique consiste à mesurer in vitro l'effet anti bactérien des huiles essentielles.

Le principe de la méthode est de mesurer l'effet anti bactérien par la détermination de spectre d'activité (des huiles testées +l'antibiotique) sur les bactéries.

3.3.1. Préparation de l'inoculum et les disques

Les deux souches bactériennes sont repiquées par la méthode de stries sur gélose Mueller Hinton puis incubé à l'étuve à 37°C pendant 24 h. A partir d'une culture pure des bactéries, on racle à l'aide de l'anse pasteur stérilisée quelques colonies isolées. Des disques de papier Walthman de 6 mm de diamètre stérilisés par autoclavage pour imprégner les différentes doses de l'huile essentielle pure 2, 4, 6 et 8µl.

3.3.2. Préparation de milieu de culture et ensemencement

La gélose de Muller Hinton prête à l'usage a été versé dans des boîtes de pétri à une épaisseur de 3 mm répartie uniformément dans toutes les boîtes.

Les boîtes de pétris ont été ensemencées par un étalage à l'aide de l'anse pasteur.

Matériel et méthodes

L'ensemencement s'effectue d'une manière à assurer une distribution homogène des bactéries.

A l'aide d'une pince stérile, les disques du papier filtre imprégnés par les différentes doses d'huile essentielle pure sont déposés à la surface de la gélose à l'intérieur des boîtes de pétri (figure 18). Ces dernières sont ensuite fermées incubées dans une étuve à une température de 37°C pendant 24h. En effet, l'activité antibactérienne est déterminée en termes de diamètre de la zone d'inhibition produite autour des disques après 24h d'incubation à 37 °C.

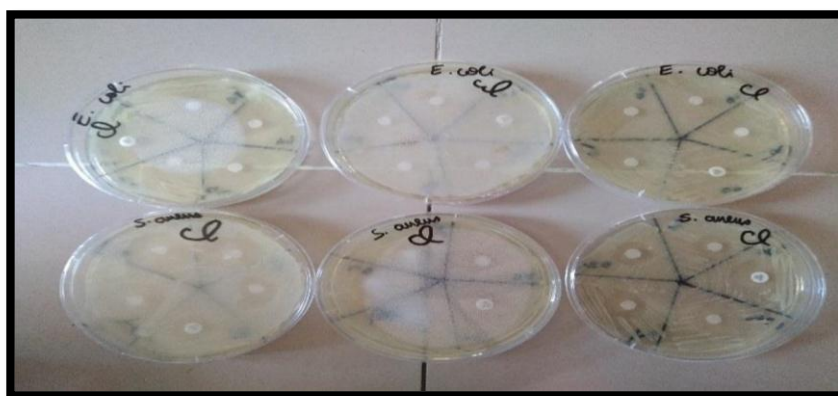


Figure 18 : Test de pouvoir antibactérien de différentes huiles essentielles vis-à-vis *S. aureus* et *E. coli* (Originale, 2024)

Selon Ponce et al. (2003), les diamètres des zones d'inhibition mesurée appréciés comme suit :

Non sensible (-) de diamètre inférieur ou égale à 8 mm

Sensible (+) pour un diamètre compris entre 8 et 14 mm.

Très sensible (++) pour un diamètre compris entre 14 et 20 mm.

Extrêmement sensible (+++) pour un diamètre égal ou supérieur à 20 mm.

4. Analyses statistiques

Les résultats de nos essais et expériences sont soumis aux tests de l'analyse de la variance à deux critères de classifications à l'aide de logiciel statistique STATBOX version 6.4, lorsque cette analyse révèle des différences significatives, elle est complétée par le test de Newman et Keuls, au seuil de 5%.

A decorative horizontal border with a scroll-like appearance, featuring a vertical strip on the left and a small scroll end on the right.

Résultats et discussion

Résultats

1. Rendement d'extraction des huiles essentielles

L'hydro distillation des plantes : *S. aromaticum* et *O. basilicum* a permis d'obtenir un rendement en huile essentielle de 8,85% en moyenne pour le clou de girofle et 1,35% en moyenne pour le basilic.

Le suivi de la cinétique de rendement en huile essentielle de ces deux plantes extraites par la méthode hydro distillation nous a permis de tracer les courbes de cinétiques de rendement en huile essentielle des deux espèces en fonction du temps.

La cinétique a pour objectif de fixer le temps nécessaire pour extraire le maximum d'huile essentielle.

La figure 19 et 20 montrent que les courbes ont la même allure, le rendement augmente en fonction du temps jusqu'à 75 min pour le clou de girofle et 60 min pour le basilic.

Nous constatons, que le rendement en huile essentielle augmente proportionnellement avec le temps. Le rendement de *S. aromaticum* devient stable et il varie entre 1,61% et 0,93% ainsi qu'entre 0,11% et 0,9% pour *O. basilicum*.

Le rendement en huile essentielle de *S. aromaticum* est très important durant les 3 premières phases (0- 45min), pour la 4ème et la 5ème phase, on a enregistré un faible taux de rendement, et à partir de 75 min aucun rendement n'est enregistré.

En ce qui concerne *O.basilicum*, le rendement est considérable durant les 2 premières phases (0-30 min). Pour la 3ème phase nous avons observé un ralentissement de rendement, nous avons enregistré un faible taux de 0,2% de 30 à 60 min.

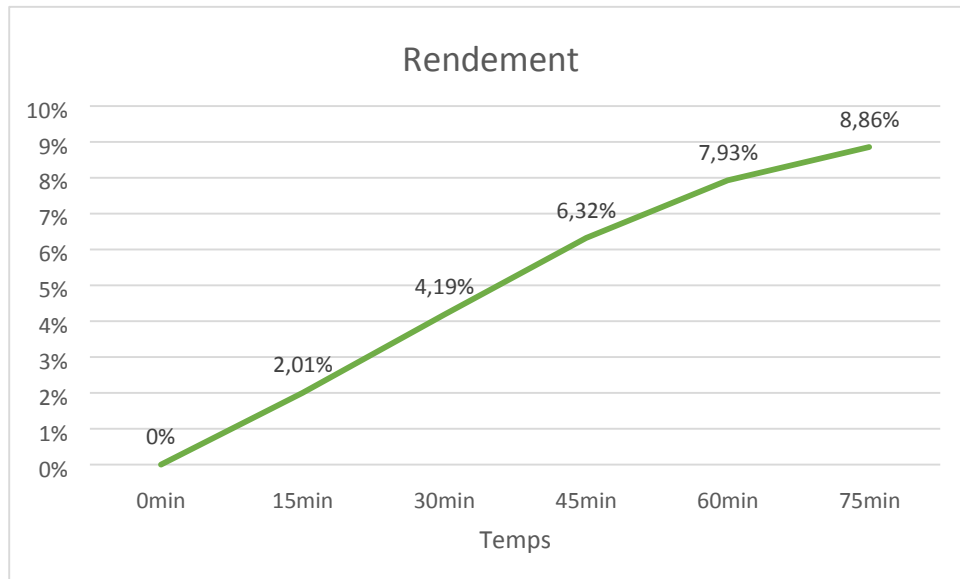


Figure 19 : Taux de rendement de l'huile essentielle de clou de girofle

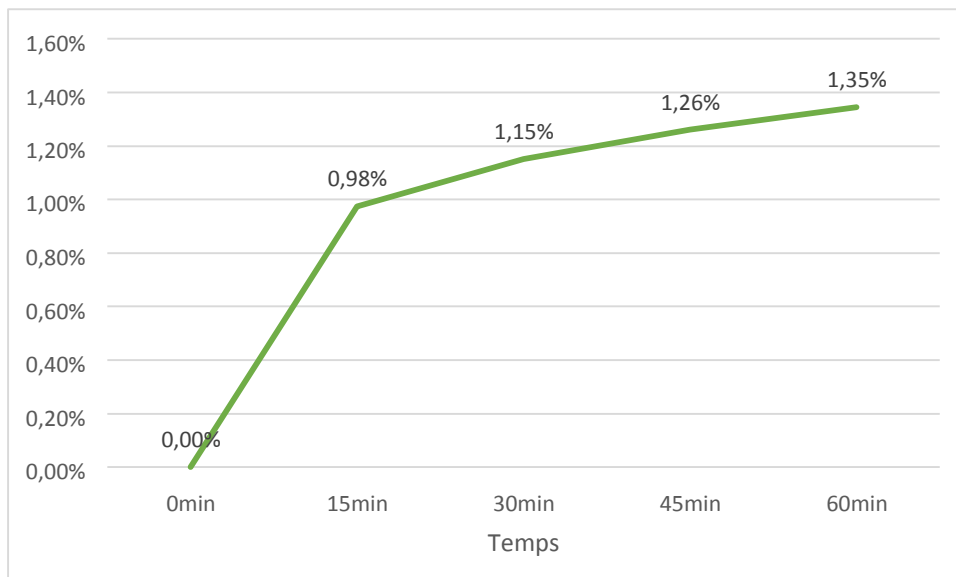


Figure 20 : Taux de rendement de l'huile essentielle de basilic

2. Propriétés organoleptiques de *S. aromaticum* et *O. basilicum*

Les caractéristiques organoleptiques des huiles essentielles extraites sont présentées dans le tableau 2.

Nos résultats montrent que nos huiles essentielles ont un aspect mobile et liquide malgré la variation de l'espèce étudiée. Généralement toutes les huiles essentielles extraites par la méthode d'hydro distillation ont un aspect mobile et liquide. L'huile essentielle de clou de girofle se caractérise par une odeur aromatique, très agréable, rafraichissante et très forte, tandis que l'huile de basilic se caractérise par une odeur caractéristique, peu agréable et moins rafraichissante.

La couleur des huiles essentielles extraites se varie entre jaune pâle, claire et à transparente pour les deux espèces. La couleur de l'huile essentielle de basilic est plus intense par rapport à celle de clou de girofle qui a une couleur transparente.

Tableau 2 : Caractéristiques organoleptiques des huiles essentielles étudiées clou de girofle et basilic

Huile essentielle	Aspect	Couleur	Odeur	Saveur
Clou de girofle	Liquide	Transparente	Très agréable Aromatique	Rafraichissante
Norme AFNOR	Liquide mobile Limpide parfois légèrement visqueux	Jaune très claire	Epicée (caractéristique de l'eugénol)	
Basilic	Liquide	Jaune pâle	Caractéristique Peu agréable	Moins rafraichissante
Norme AFNOR	Liquide	Jaune pâle à jaune ombré voir verdâtre	Caractéristique, épicée, fine, anisée, herbacée	

3. Composition chimique des huiles essentielles étudiées

L'analyse chromatographique de l'huile essentielle de clou de girofle nous a permis d'identifier 29 composés. Les principaux constituants sont : l'eugénol (50,13%) et Acétate d'eugénol (14,26%) et α -cubebene avec un taux de 7,50 %. Les composants majoritaires trouvés dans l'huile essentielle de basilic sont : α -terpinolène avec un taux de (29,74%) suivi de benzène (14,85%), cyclohexane avec un taux de 8,74% et de 1.8-cineole avec un taux de 5.79 % (tableau 3et 4).

Tableau 3 : La composition chimique de l'huile essentielle de clou de girofle testée (TR : temps de rétention en minute)

	Composés	%	TR (min)
1	Eugenol	50.13	35.76
2	Acetate d'eugenol	14.26	46.08
3	Trans - caryophyllene	1.83	37.17
4	δ -cadinene	0.24	34.40

Tableau 4 : La composition chimique de l'huile essentielle de basilic testée(TR : temps de rétention en minute)

	Composés	%	TR (min)
1	1.8-Cineole	5.79	11.12
2	α-terpinolene	29.74	17.98
3	Benzene	14.85	23.64
4	Cyclohexane	8.74	26.66
5	Phenol	2.96	33.95
6	α -Cubebene	1.20	48.98

4. Résultats de l'effet bio insecticide

4.1. Résultats des tests par inhalation

4.1.1. L'effet de l'huile essentielle des clous de girofle sur les adultes de *Tribolium confusum*

Les résultats des tests de l'effet bio insecticide de l'huile essentielle de clou de girofle ne montrent aucun effet toxique considérable sur les adultes de *T. confusum* par inhalation.

Les résultats portés dans la figure 21 montrent que la dose 50µl a un effet non toxique par un taux de longévité de 100% pour les périodes de 24h, 48h, 72h, le même taux de longévité est enregistré pendant 24h et 48h pour la dose 125µl.

Nous avons enregistré un très faible taux de mortalité aux doses 75µl : 3% après 24h, 2% après 48h. Un taux de mortalité de 2% après 48h et 72h pour la dose 100µl et 7% après 72h pour la dose 125µl.

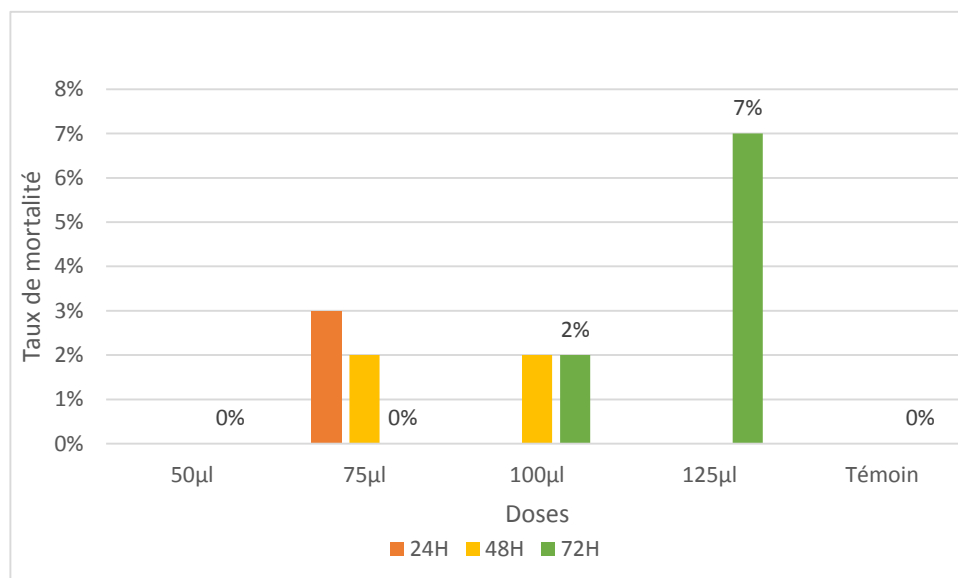


Figure 21 : Taux de mortalité des adultes de *T. confusum* traités par inhalation avec l'huile essentielle des clous de girofle.

Les résultats de l'analyse de la variance pour les résultats de la mortalité des adultes de *T. confusum* sous l'effet de l'huile essentielle des clous de girofle ont montré une différence significative pour les facteurs : doses ($F=47,48$; $P=0,000$; $DL=1$) ; temps ($F=220$; $P=0,000$; $DL=3$) et l'interaction entre les facteurs doses * temps ($F=8,48$; $P=0,000$; $DL=9$) Le test de Newman et Keuls a classé le facteur temps d'exposition en 3 groupes homogènes dont le groupe A correspond à la durée d'exposition de 72h et le dernier groupe correspond à la plus courte durée d'exposition (24h).

Le test également a classé le facteur dose en 4 groupes homogènes. La plus forte dose de 125 μl correspond au groupe A et la faible dose de 50 μl correspond au groupe D, la dose de 75 μl correspond au groupe C.

4.1.2. Effet de l'huile essentielle de basilic sur les adultes de *Tribolium confusum*

La toxicité de l'huile essentielle de basilic augmente avec l'augmentation des doses et le temps d'exposition.

L'effet de toxicité s'observe à la plus faible dose utilisée (50 μl) après 24h d'exposition avec un taux de mortalité de 3%.

L'huile essentielle de basilic a provoqué 100% de mortalité après 48h d'exposition à la plus forte dose alors qu'à la dose 100 μl , le taux de mortalité est de 85% après 72h d'exposition et 60% de mortalité après 72h pour la dose 75 μl . Les résultats sont portés dans la figure 22

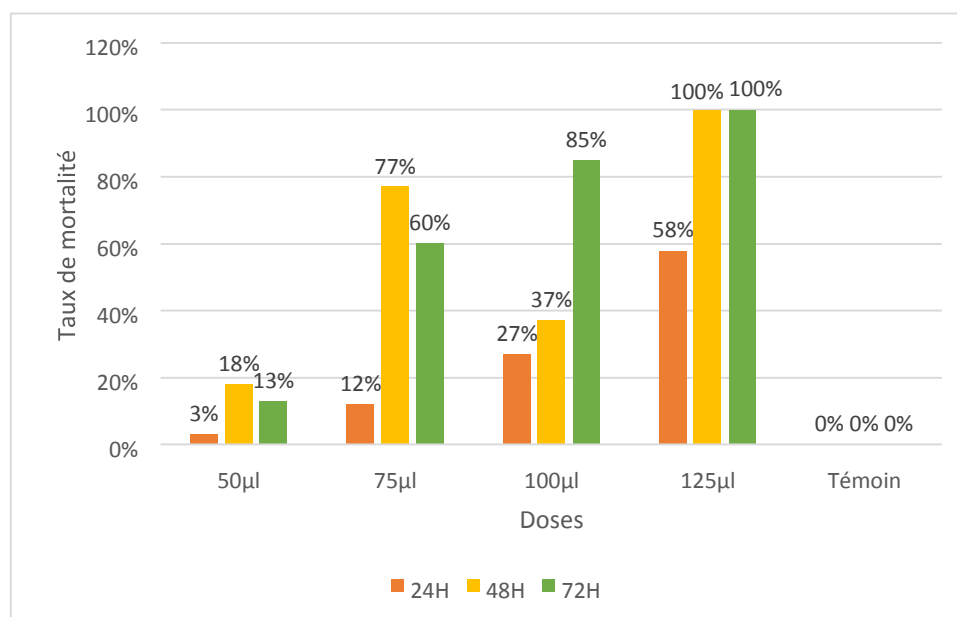


Figure 22 : Taux de mortalité des adultes de *T. confusum* traités par inhalation avec l’huile essentielle de basilic.

Les résultats de l’analyse de la variance pour les résultats de mortalité des adultes de *T. confusum* sous l’effet de l’huile essentielle de basilic ont montré une différence très hautement significative pour les facteurs : doses ($F=115,86$; $P=0,000$; $DL=3$) ; temps ($F= 184,0$; $P=0,000$; $DL=3$) et une différence hautement significative entre les facteurs doses * temps ($F=34,04$; $P= 0,000$; $DL=3$)

Le test de Newman et Keuls classe a classé le facteur temps d’exposition en 4 groupes homogènes dont le groupe A correspond à la durée d’exposition de 72h et le dernier groupe correspond à la plus courte durée d’exposition (24h).

Le test également a classé le facteur dose en 3 groupes homogènes. Les plus fortes doses de 100 et 125 µl correspondent au groupe A et la faible dose de 50µl correspond au groupe C, la dose de 75µl correspond au groupe B.

4.2. Résultats des tests de répulsivité

4.2.1. Effet répulsif de l'huile de clou de girofle sur *T. confusum*

D'après nos résultats, le clou de girofle a montré un effet plus répulsif que le basilic à l'égard de *T. confusum*. Les résultats portés dans la figure 23, présente un taux de répulsivité de 57% à la dose 50 μ l, le taux augmente progressivement avec l'augmentation des dose jusqu'à atteindre 90% à la forte dose de 125 μ l.

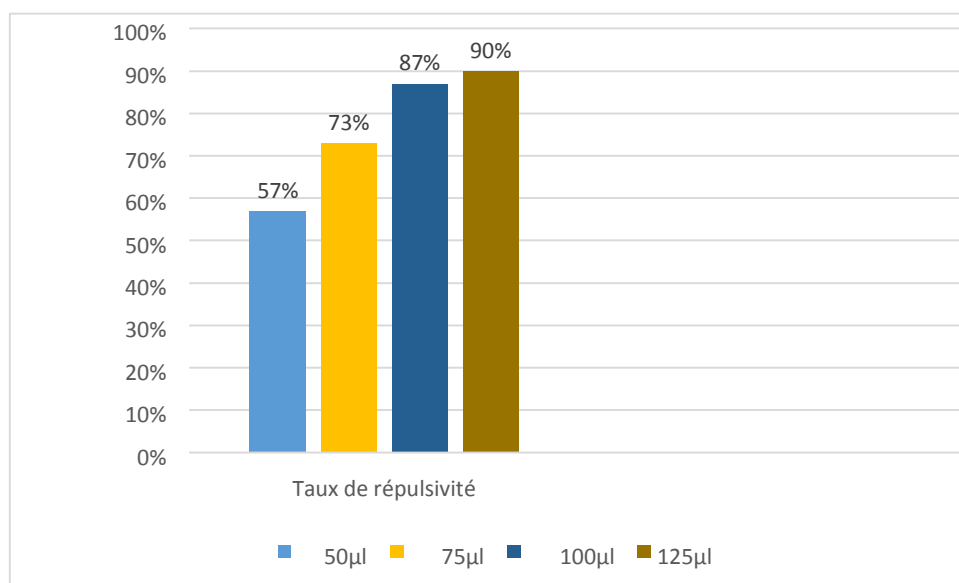


Figure 23 : Effet répulsif de clou de girofle sur *T. confusum*

4.2.2. Effet répulsif de l'huile de basilic sur *T. confusum*

Nous avons évalué l'effet répulsif de l'huile essentielle de basilic à l'égard de *T. confusum* et nous avons remarqué que le taux de répulsion augmente avec l'augmentation des doses étudié. L'huile essentielle de basilic à un effet répulsif de 67% à la dose 50 μ l, le taux augmente jusqu'à atteindre 83% à la forte dose 125 μ l.

Les résultats sont portés dans la figure 24.

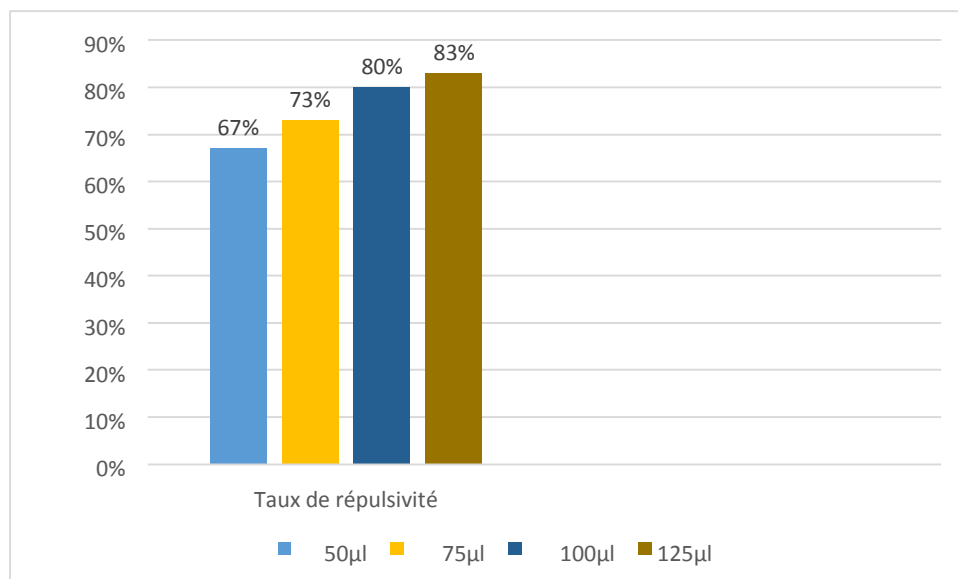


Figure 24 : Effet répulsif de basilic sur *T. confusum*

La plus grande moyenne de répulsivité est obtenue par le clou de girofle avec un taux moyen de 76,75% selon le classement Mc Donald, cette huile appartient à la classe 4, pour l'huile essentielle de basilic, le taux moyen de répulsivité enregistré est de 75,75% donc elle appartient aussi à classe 4.

Tableau 5 : Taux moyen de répulsion des huiles essentielles de clou de girofle et de basilic et leurs classements selon Mc. Donald et al (1970).

Huile essentielle	Doses				Taux de répulsivité (%)	classe de répulsivité	Propriété
	50µl	75µl	100µl	125µl			
Clou de girofle	57	73	87	90	76,75%	4	Répulsive
Basilic	67	73	80	83	75,75%	4	Répulsive

4.3. Résultats de l'activité antibactérienne des huiles essentielles

Nous avons étudié in vitro le pouvoir antibactérien de deux huiles essentielles par la méthode de diffusion sur disques) nous avons testé 4 différentes doses (2µl, 4µl, 6µl, 8µl) vis-à-vis des deux souches pathogènes (*E. coli* et *S. aureus*) au deux huiles essentielles après 24h d'incubation à une température de 37°C.

S. aureus est plus sensible, elle développe des zones d'inhibition importantes avec l'augmentation des doses de l'huile essentielle. En effet, les résultats des zones d'inhibition révèlent que *S. aureus* apparait sensible à l'huile essentielle de clou de girofle avec une zone d'inhibition de 22,5 mm de diamètre à la plus forte dose de 8µl.

En revanche, *S. aureus* est extrêmement sensible à l'huile essentielle de basilic ou nous avons enregistré des zones d'inhibition développées qui varient entre 12 et 29 mm.

A l'issue des résultats obtenus, il en ressort que la bactérie *S. aureus* est très sensible à l'huile essentielle pure de clou de girofle. La bactérie *E. coli* est sensible à l'action inhibitrice même à la faible dose 2µl de l'huile essentielle de clou de girofle avec un diamètre de 13,5 mm Les résultats de de l'activité antibactérienne d'huile essentielle de basilic vis-à-vis la souche bactérienne *E. coli* ont montré que cette souche est très sensible à l'huile essentielle de clou de girofle, elle développe des zones d'inhibition importantes avec l'augmentation de la dose de l'huile essentielle dont nous avons enregistré une zone d'inhibition de 24 mm à la plus forte dose de 8µl.

A l'issue des résultats obtenus, il en ressort que la bactérie *E. coli* et *S. aureus* sont très sensibles aux huiles essentielles pures de clou de girofle et sensibles à l'huile de basilic. De même, la zone d'inhibition augmente au fur et à mesure que la dose de l'huile essentielle augmente. La bactérie *S. aureus* apparaît extrêmement sensible à l'huile essentielle clou de girofle à la dose élevée de 8µl avec un diamètre important de 29 mm.

L'analyse de la variance à deux facteurs de classifications des résultats de l'effet antibactérien des différentes huiles essentielles testées sur la bactérie *E. coli* a montré une différence très significative pour le facteur huile essentielle (ddl =4 ; p= 0,00002). Une différence significative pour le facteur dose (ddl=3 ; p=0,00023). Par ailleurs, le test de Newman et Keuls classe le facteur huile essentielle en un groupe homogène dont le groupe A correspond à l'huile essentielle de clou de girofle qui a un effet inhibiteur plus important sur *E. coli* et l'huile essentielle de basilic est classé dans le groupe B.

Tableau 6 : Résultats du test de Newman et Keuls de l'effet antibactérien de deux huiles essentielles testées contre *E. coli*.

F1	Huile essentielle	Moyennes	Groupes Homogènes
3.0	<i>Syzygium aromaticum</i>	56,75	A
2.0	<i>Ocimum basilicum</i>	30,125	B

De même, l'analyse de la variance à deux critères de classification des résultats de l'activité antibactérienne des huiles essentielles testées sur la souche *S. aureus* a montré une différence très hautement significative pour le facteur huile essentielle (ddl =4 ; p= 0,0000). Une différence significative pour le facteur dose (ddl=3 ; p=0,01754).

Le test de Newman et Keuls classe également l'effet du pouvoir antibactérien des huiles essentielles testées contre la souche *S. aureus* en deux groupes homogènes. Le groupe A correspond à l'huile essentielle qui a une activité antibactérienne plus importante à savoir l'huile essentielle de clou de girofle. Le basilic est classé dans le groupe B.

Tableau 7 : Résultats du test de Newman et Keuls de l'effet antibactérien de deux huiles essentielles testées contre *S. aureus*.

F1	Huile essentielle	Moyennes	Groupes Homogènes
3.0	<i>Syzygium aromaticum</i>	57,125	A
2.0	<i>Ocimum basilicum</i>	29,26	B

Discussion

1. Cinétique de rendement des huiles essentielles

La cinétique de rendement consiste à déterminer le rendement en fonction du temps d'extraction.

La durée d'extraction est un paramètre important pour analyser l'intérêt du procédé d'extraction. Il fournit des informations sur la localisation de l'huile essentielle dans la matière végétale.

D'après nos résultats, le rendement de l'huile essentielle de deux espèces (clou de girofle et basilic) augmente proportionnellement avec le temps.

Dans notre travail, le rendement de basilic est de 1,35%, nos résultats sont presque similaires à celui de Taleb (2015), qui a utilisé les feuilles sèches de basilic dans l'extraction avec un rendement de 1,10%.

Nos résultats se rapprochent de ceux obtenus par Salmi et al (2020) qui ont obtenus un rendement de 0,96%, tandis qu'Amokrane et al (2019) ont obtenus un rendement très faible de 0,35% qui est extrait à partir des graines noires et des feuilles sèches de basilic.

Pour l'huile essentielle de clou de girofle, le rendement obtenu après l'extraction est de 8,85%, ces résultats ne coïncident pas avec les résultats obtenus par d'autres auteurs qui ont procédé par la même technique d'hydro distillation, parmi eux : Andrea (2004) qui a obtenu (14 à 20%) en utilisant les grains de clou de girofle.

En termes de valeur, nos résultats sur le rendement en huiles essentielles de clou de girofle est meilleur par rapport au rendement obtenu par Banouh. R et al (2018) qui est de 3,4%.

Adli (2015) a obtenu un très faible rendement de clou de girofle avec un taux de 0,84% par rapport à nos résultats.

Djibo (2000) a rapporté que le rendement en huile essentielle est en fonction de la période de récolte et de l'origine de la plante.

D'après les résultats obtenus, la durée nécessaire pour extraire le maximum d'huile essentielle de clou de girofle et de basilic est de 90 min, nos plantes ont un temps d'extraction qui ne dépasse pas 2h, cela peut être dû à la localisation des huiles essentielles qui sont situés dans les glandes exogènes dans la matière végétale.

Le rendement en huile essentielle pour certaines espèces de la famille des Lamiacées est maximal pendant la période de floraison alors que d'autres espèces de la même famille, la floraison a une faible influence sur le rendement en huile essentielle (Pulievski et al, 1968).

En effet, nos résultats montrent que le rendement cumulé en huile essentielle est plus important durant la première phase pour les deux huiles essentielles extraites.

2. Effet bio insecticide des huiles

2.1. Traitement par inhalation

2.1.1. Tests d'inhalation de clou de girofle sur *T. confusum*

Les résultats des tests effectués sur le *T. confusum* par inhalation de l'huile essentielle de clou de girofle ont montré que cette l'huile n'a aucun effet considérable à l'égard des adultes de *T. confusum*.

Les résultats d'Amrani (2017) sont similaires à nos résultats, ils ont montré que l'huile de clou de girofle a un effet faible à l'égard des adultes de *T. confusum* avec un taux de mortalité de 10% pendant 24h à la plus forte dose.

Hamidouche (2021), il a noté que l'huile essentielle de clou de girofle n'a aucun effet important à l'égard des adultes de tribolium. Il a enregistré un taux de mortalité de 13% pendant 48h d'exposition à la dose de 20 µl.

Par contre les tests réalisés par Houidef et Harrats (2019) ont montré que l'huile essentielle de clou de girofle testée sur *Rhizoperta dominica* a provoqué une mortalité de 100% à une dose de 30µl. Ils ont conclu que cette huile a un effet insecticide par contact et un effet germinatif non négligeable.

Benazzeddine (2010) a évalué l'effet insecticide des huiles essentielles de romarin et de la menthe sur les adultes de *Tribolium confusum*, les huiles essentielles testées ont provoqué 100% de mortalité après 24h d'exposition.

Le non efficacité de l'huile essentielle de clou de girofle par inhalation est dû à la faible quantité de composants sulfurés qu'il contient, ce qui a réduit la pénétration de l'huile de clou de girofle dans le corps de *T. confusum* (Amrani, 2017). Selon Casida (1990), l'efficacité des huiles essentielles vis-à-vis de *T. confusum* dépend des composants bruts de l'huile et de la sensibilité de l'insecte.

2.1.2. Test d'inhalation de basilic sur *T. confusum*

Les résultats qu'on a obtenus par des tests de fumigation sur les adultes de *T. confusum* ont montré un effet insecticide très important pour l'huile essentielle de basilic.

Beaucoup de travaux de recherche ont évalué l'effet insecticide de l'huile essentielle de basilic et ils ont montré une meilleure efficacité sur les adultes de *T. confusum*.

En effet, Temel et al (2020), ont montré que l'effet insecticide est très important avec un taux de 95% de mortalité à 96h d'exposition, avec les doses de 10 et 20 μ l.

Kedjem et al (2021), ont trouvé que l'huile essentielle de basilic a provoqué un faible taux de mortalité sur les larves et les adultes de *T. confusum*, de 24% chez les adultes et une mortalité qui ne dépasse les 38% chez les larves âgées de 15 jours, en utilisant la dose 20 μ l, après 48h d'exposition.

Contrairement aux travaux de Martina et al (2018), ont montré un effet insecticide et une mortalité très faible, entre 1,25 % et 3,75% à la dose 100 μ l après 72h d'exposition.

L'huile essentielle de basilic a également prouvé son efficacité sur d'autres insectes ravageurs des denrées stockées comme le *T. castaneum*. Irid. L et al (2023), ont testé l'huile essentielle de basilic par inhalation sur les adultes de *T. confusum* et ils ont montré une mortalité entre 30% et 60% avec les doses 2 μ l, 4 μ l, 6 μ l respectivement, après 120h d'exposition.

Ben Amri. L et al (2022), ont montré que l'huile essentielle de basilic provoque une mortalité de 100% au bout de 48h jusqu'à 120h d'exposition avec des doses différentes (7 μ l, 8 μ l, 9 μ l, 10 μ l).

Généralement la mortalité des adultes des ravageurs des denrées stockées (*T. confusum* et *T. castaneum*) augmente au fur et à mesure que la dose et les temps d'expositions augmentent.

A la lumière des résultats obtenus et les travaux d'autres auteurs sur la même huile essentielle (basilic) utilisée exprime une toxicité vis-à-vis des adultes de *T. confusum* et *T. castaneum*. Cette toxicité variée selon le type d'huile utilisé (provient de marche, extraite par différentes méthodes), l'utilisation des différentes doses et le temps d'expositions.

2.2. Traitement par répulsivité

Les résultats obtenus révèlent que les deux huiles testées repoussent les adultes de *T. confusum* au fur et à mesure que la dose augmente.

Nos résultats obtenus sur l'huile essentielle de basilic (75,75%) à l'égard de *T. confusum* concordent également avec ceux d'Irid et al (2023) avec un taux moyen entre 50% et 70% à la dose de 2µl, 4µl, 6µl sur l'insecte *T. castaneum*.

Sur le même ravageur *T. castaneum*, les résultats de Ben Amri et al (2022) ont noté que cette huile a un effet répulsif de 60% aux doses de 1µl, 2µl, 3µl, 4µl et un effet non répulsif aux doses 5µl, 6µl, 7µl, 8µl, 9µl.

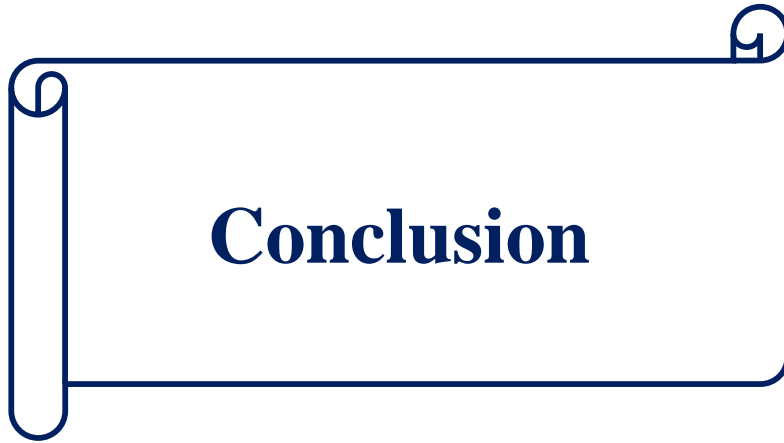
Rezzouk, S (2022), a noté que l'huile essentielle de clou de girofle à un effet répulsif important à la dose 3 et 4µl par rapport aux doses 2,5,6,7 et 9µl qui n'expriment aucun effet répulsif à l'égard de *T. castaneum*.

Les résultats de Tinkicht, (2023), révèlent que les trois huiles testées (l'ail, la cannelle et de gingembre) repoussent les adultes de *T. confusum* au fur et à mesure que la dose augmente.

Ismail et al, (2018) ont montré que l'huile essentielle de gingembre présente un effet répulsif à l'égard de *T. confusum*. Helen (1985), a montré que l'huile essentielle de cannelle repousse les adultes de *T. confusum*.

2.3- Activité antibactérienne

Par rapport à l'activité des deux huiles sur les bactéries utilisé (*S.aurius*,*E.coli*) nous avons remarqué une sensibilité de la souche *E.coli* envers les deux huiles avec l'augmentation des doses , par contre les deux huiles ont un effet considérable sur *S.aurius* qui à développé des zones d'inhibitions importante et qui augmente aussi avec l'augmentation des doses.



□

Conclusion

Au cours de notre travail nous avons réalisé l'extraction de deux huiles essentielles des poudres de basilic et de clou de girofle par la technique d'hydro distillation.

Les résultats de rendement d'extraction des deux huiles essentielles ont montré que l'huile essentielle de clou de girofle présente un fort rendement avec un taux de 8,85% ; par contre le rendement de basilic est de 1,35%.

Pour la détermination des composés volatiles des deux huiles essentielles nous avons utilisé la technique de chromatographie à phase gazeuse couplées à la spectrométrie de masse à CRPC (centre de recherche d'analyse physicochimique) à la zone industrielle, Bousmail, Tipaza.

Les résultats montrent que le composé majoritaire de clou de girofle est l'Eugénol avec un taux de 50,13% et pour le basilic c'est le α -terpinolene avec un taux de 29,74%.

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

Les résultats obtenus pour tests d'inhalations ont montré que l'effet insecticide de l'huile essentielle de clou de girofle est très faible même à la plus forte dose (125 μ l), l'huile essentielle de basilic a donné une mortalité de 100% avec la forte dose (125 μ l). Les deux huiles testées par répulsion semblent avoir toutes les deux un effet répulsif considérable à l'égard des adultes de *T. confusum*. La méthode de MC Donald et al (1970) permet de calculer le pourcentage de répulsion et aussi de constater que les deux huiles sont répulsives, appartenant à la classe 4 avec un taux de répulsion de 76,75% pour le girofle et de 75,75% pour le basilic.

L'évaluation de l'activité antibactérienne montre un pouvoir antibactérien sur les souches étudiées *E. coli* et *S. aureus*. L'inhibition de la croissance des souches varient selon le type de l'huile et la dose utilisée, nous avons constaté une sensibilité de *E. coli* envers les deux

□ huiles avec l'augmentation des doses (y'a pas un grand développement des zones d'inhibition), par contre ses deux huiles ont un effet considérable sur *S. aureus* qui a développé des zones d'inhibition importante et qui augmente avec l'augmentation des doses.

Conclusion

En conclusion, on peut affirmer que l'huile essentielle de basilic présente l'effet le plus toxique par inhalation et par répulsion. Le pouvoir bio actif de l'huile essentielle de basilic semble parvenir de l'un ou de plusieurs de ses composants.

Notre travail est basé sur l'étude bio insecticide des essences des plantes aromatiques, grâce à cette étude plusieurs axes de recherches sont ouverts.

En perspective, il sera donc intéressant d'entamer des expériences ayant pour objectif de :

- Essayer d'autres techniques d'extractions et leurs influences sur le rendement et les caractéristiques physico-chimiques des huiles essentielles.
- Tester nos huiles essentielles sur d'autres insectes ravageurs et voir leurs effets.
- Mettre en évidence l'efficacité des huiles essentielles dans le domaine de la lutte contre les ravageurs des grains entreposés et remplacer les pesticides dangereux par les bio insecticides à base des huiles essentielles des plantes aromatiques pour préserver la santé de l'homme et réduire les pertes de ses récoltes.

A decorative border in a dark blue color, resembling a scroll or a ribbon. It has rounded corners and a vertical strip on the left side that looks like a binding or a scroll edge. The text is centered within this border.

Références bibliographiques

□

A

- Abd El-Aziz, S. E., 2011.** Control stratégies of stored product pests. Journal of entomology 8(2) ,101-122.
- **Abdelli, I., 2018.**Caractérisation physicochimique des huiles d'olive de quatre région de la Kabylie et étude de leur activité biologique à l'égard des deux insectes Ravageurs des grains stockés, *Rhyzoperta dominica* et *Sitophylus granarius*. Mémoire Master. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.P68.
 - **Adli, D. 2015.** Effet prophylactique de l'administration d'un extrait de *Syzygium aromaticum* chez les rats wister en croissance intoxiqués au plomb et au manganèse. Etude biochimique, histologique et neurocomportementale. Thèse de Doctorat : Biochimie, département de biologie, Université d'Oran, 16 pages.
 - **Aissaoui, F., 2022.** Biologie et lutte contre les trois pyrales des denrées stockées. Thèse. Doctorat. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.
 - **Alice, D., 2011.** Faisabilité de la mise en place d'une indication géographique sur le clou de girofle à Madagascar. Thèse de doctorat. Ecole supérieure d'agro développement International ISTOM. 65-72p.
 - **Amokrane,S ; Mokrani.H., 2019.** Extraction et analyse de deux huiles essentielles : Le Basilic (*Ocimum basilicum* Mill.) et le Cumin (*Cuminum cyminum* Mill.).Impact (Activité Antifongique) sur le développement de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.).
 - **Amrani, T., 2018.** Étude de l'effet bio-insecticide de l'huile essentielles de clous de girofle (*Eugenia aromatica*) vis-à-vis d'un ravageur des denrées stockés (Coléoptères : ténébrionidé) *Tribolium confusum*. Mémoire Master. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.P60.
 - **Anton, R. et Lobstein A., 2005.** Plantes aromatiques. Epices, Aromates, Condiments et huiles essentielles. Tec. Et DOC. Paris. 522 p

□

- **Arab, R., 2018.** Effet insecticide des plantes *Melia aedarach*. L et *peganum harmala*. L sur l'insecte des céréales stockées *Tribolium castaneum* Herbst coléoptera tenebrionidae (Doctoral dissertation).

B

Balanchowsky, A.S., 1951. La Lutte Contre les insectes ; Principes, méthodes, applications. Payot. Paris. P380.

- **Balanchowsky, A.S., 1962.** Entomologie appliqué à l'agriculture. ED Masson, Paris, TOME1, P564.
- **Banouh,R ; Azzouz.A., 2018.** Evaluation de l'activité antibactérienne, antifongique et activité antioxydante de l'huile essentielle de clou de girofle. Mémoire. Master.

Université Akli Mohand Oulhadji-Bouira. P78.

- **Barbelet, S. 2015.** Le giroflier historique description et utilisation de la plante et de son huile essentielle. Université de Lorraine. Thèse de doctorat en pharmacie. 120p.
- **Baser, K.H; Buchbauer. G., 2010.** Handbook of essential oils: science, technology, and applications, Boca Roton : CRC Press /Taylor et Francis.
- **Belkhechi, C ; Abdelouahid. D., 2014.** Les huiles essentielles. Edition 2eme réimpression.55p.
- **Ben Amri, L ; Mallaoui.A., 2022.** Effet biocide de l'huile essentielle du basilic (*Ocimum basilicum* L.) sur les Adultes du *Tribolium* du figuier (*Tribolium castaneum* H.) (coleoptera : Tenebrionidae) Mémoire Master. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.P68.
- **Benazzedine, S., 2010.** Activité insecticide de cinq huiles essentielles vis-à-vis de *Sitophilus oryzae* (Coleoptera ; Curculionidae) et *Tribolium confusum* (Coleoptera ; Tenebrionidae). Ecole nationale supérieure agronomique El- Harrach d'Alger - Ingénieur d'état en science agronomique.

□

- **Benlameur, Z., 2016.** Les ravageurs des denrées stockées et leur impact sur la santé humaine. Thèse de doctorat, 150p. Ecole Nationale Supérieure Agronomique ElHarrach. Alger.
- **Boukhalefa, H ; Rouabah,I.,2020.** L'utilisation des huiles essentielles dans la lutte contre les insectes des denrées stockées. Mémoire Master. Université Mohamed Bachir El Ibrahimi B.B.A.P45.
- **Bruneton, J, 1999.** Pharmacognosie :phytochimie, plantes médicinales. 3éme édition Edition Tec § Doc-Lavoisier, Paris.
- **Bruneton, J., 2009.**Pharmacognosie : phytochimie, plantes médicinales.4éme Edition Tec § Doc-Lavoisier, Paris.P150.

C

- Camara, A., 2005.** Lutte contre *sitophilus oryzae* L. (coléoptera : curcolionidae) et *Tribolium castaneum* herbst (coleoptera tenebrionidae) dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratique en basse-guinée et l'utilisation des huiles essentielles végétales. Thèse de doctorat. Université d Québec à Montréal. 174.
- **Casida., 1990.** Pesticides and alternatives: innovative chemical and biological approach to pest control. P586.
 - **Catherine, R, Roger. B, Philogène.J.R, Charles. V., 2008.**..Biopesticide d'origine végétale, 2eme édition, P546.
 - **Chemat, F., 2009.** Etude oils and aromas: Green Extractions Applications. Dehradun : Har Krishan Bhalla et sons, India.P311.
 - **Chenni, M., 2016.**Etude comparative de la composition chimique et de l'activité Biologique de l'huile essentielle des feuilles du basilic *Ocimum basilicum* extraite par hydrodistillation. Thèse de Doctorat en sciences : Chimie moléculaire. Université d'Oran. Ahmed ben Bella.P135.
 - **Couic-Marinier ; F, Lobstein. A., 2013 .**Composition chimique des huiles essentielles .Actualités pharmaceutiques ,52(525) ,22-25.

□

- **Cronquist, A., 1981.** An integrated system of classification of flowering plants. Columbia Univ. Press. New York.1262 P.

D

- **Danièle, F., 2015.** Les H E Au Féminin : Insomnie, cellulite, trouble des règles, jambes lourdes... Les solutions aroma à vos problèmes quotidiens. Edition LEDUC. Paris. P28.
- **Delobel. A., 1984.** Les coléoptères des denrées stockées en République populaire du Congo (Liste provisoire), Laboratoire d'entomologie Agricole, Brazzaville, P30.
- **Ducom., 1982.** La protection phytosanitaire des grains après récolte. Rev. Phytoma. Def. Cult. N°133.Pp32-37.

E

- **Echchaoui, M., 2016.** Le pouvoir Antibactérien des huiles essentielles, thèse de doctorat pharmacie. Université Mohammed V.217 P.
- **Elbrense, H., El Husseiny, I., Abo Elmakarem, H., Abo Arab, R. and El kholy, S., 2022.** Insecticidal, antifeedant and repellent efficace of certain essential oils against adult rust-red flour beetle , tribolium castaneum (coléoptera : Tenebrionidae). Journal Biology 2022, 11(1), 3.

F

- Fekih, N., 2015.** Propriétés chimiques et biologiques des huiles essentielles de trois espèces du genre *Pinus poussants* en Algérie, thèse de doctorat chimie organique appliquée. Université Abou Bekr Belkaid -Tlemcen, 178p.
- **Fleurat Lessard, F., 2002.** Qualitative reasoning and integrated management of the quality of stored grains: a promising new approach. Journal of stored products research, 38,191-218.

□

- **Fleurat-Lessard., 1987.** Evolution des méthodes de détection et de protection des grains par des procédés physique. Annals de LANNPP, pp, 449-458.

H

- **Hamidouche, S., 2020.** Activité de deux huiles essentielles sur un insecte ravageurs des denrées stockés : *Tribolium confusum* ; coléoptera tenebrionidae. Mémoire. Master. Université Mouloud Mammeri Tizi-ouou. P28.
- **Helen, C. F. S., 1985.** Laboratory evaluation of biological activity of cinnamomum cassia to four species of stored-product insects. Journal of Entomological Science (1985) 20 (2) : 247–253.
- **HO, F. K., 1969.** Identifications of pupae of six species of Tribolium (Coléoptera : Tenebrionidae). Ann. Entomol .Soc . Am.62, 1232 -1237.
- **Houidef, D ; Harrats.H., 2020.** Effet insecticide de l'huile essentielle et de l'extrait méthanoïque de clou de girofle (*Syzygium aromaticum*). Mémoire. Master. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem. P74.
- **Huete,A., 2012.**Huilles Essentielles pour tous les jours, pour avoir le bon réflexe santé, jour après jour.P223. **I**

- **Irid, L ; Gacem, F., 2023.**Effet biocide de deux huiles essentielles d'eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) et de basilic (*Ocimum basilicum*) sur les larves des ravageurs secondaires de blé *Tribolium castaneum*, Mémoire Master. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.P85.
- **Ismail, E.H., 2018.** Toxicity, repellency and latent effects of some medicinal oils against

Tribolium confusum and *T. castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae), Biological and

Geological Sciences Dept., Fac. of Education, Ain Shams Univ., Egypt. Journal of Entomology and Zoology Studies 2018; 6(3): 1337-1347.

J

- **J-C. Pihan., 1986.** Les insectes. Paris New York Barcelone Milan Mexico Sao Paulo. 160p.
- **Jean-François Cruz, D ; Joseph Hounhouigan ; Francis Fleurat-Lessard., 2016.** La conservation des grains après récolte. 231p.

K

- **Kaur, K; Kaushal, S. 2019.** Phytochemistry and pharmacological aspects of *Syzygium aromaticum*: a review. Journal of pharmacognosy and phytochemistry, 8(1), 398-406.
- **Kedjem, I ; Taharboucht. D., 2021.** Evaluation de l'effet bio-insecticide de deux huiles essentielles : *Pistacia lentiscus*(L) .et *Ocimum basilicum* (L). sur *T.confusum* (coleoptera : Tenebrionidae) insecte ravageur des denrées stockées, Mémoire Master. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.P58.
- **Ketoh, G.K; Glitho A.I. & Huignard J., 2002.** Susceptibility of the bruchid *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) and its parasitoid *Dinarmus basalis* (Hymenoptera: Pteromalidae) to three essential oils. J. Eco. Entomol. Vol. 95 : 174-18.
- **Koroch A., Ramarivelo L., Behra O., J. E., 2007.** Quality attributes of Ginger and Ginnamon Essential oils from Madagascar in: Issues in new crops and new uses. Ed by Janick and A. Whipkey. ASHS press, Alexandria, VA, 338-341p.

L

- **L, B, Lis; T, Bakula; M, Baranowski; A, Czarnewicz., 2011.** The Carcinogenic effects of benzoquinones produced by the flour beetle. Rol. J.Vet. Sci. 14,159 -164.
- **Lauraut, P., 2017.**L'application des huiles essentielles en dermatologie : Escarres, ulcères veineux et artériels, thèse doctorat pharmacie. Université de Poitiers, P123.

- **Lepesme,P., 1944.** Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés. Ed. P. Le chevalier, Paris, PP (61-67).
- **Li Qing X; Chiou L. Chang., 2016** in **Hamdane.N, Kemcha.N., 2018.** Huile essentielle de la plante *Ocimum basilicum* L : Activité antibactérienne et utilisation comme additif naturel dans la conservation de la viande hachée, Mémoire Master. Université des Frères Mentouri Constantine I. P60.
- **Loy, G; Cottiglia, F; Garau, D ; Deidda, D ; Pompéi, R ; Bonsignore, L., 2001.**Chemical composition and cytotoxic and antimicrobial activity of *Calycotome villosa*(poiret) link leaves. Farmaco 2001 ;56 : 433-436.

M

- **Magan, N; Olseni, M., 2004.** Mycotoxines in food: detection and control.Woodhead Ed in food science and technology. 280p.
- **Marie-pierre, M ; Jeff, C., 2011.** Le petit guide des herbes aromatiques. Edition Courrier du livre,7 février 2011.P392.
- **Markus Schirner, M., 2021.** Huiles essentielles, Éditeur 65, rue Glaude -Bernard 75005 paris.323p.
- **Markus, S., 2004.** Huiles essentielles, Description et utilisation de plus de 200 huiles essentielles et huiles végétales. Edition Très Daniel, April 16.2004, P323.
- **Mnayer, D., 2014.** Eco-extraction des huiles essentielles et des arômes alimentaires en vue d'une application comme agents antioxydants et antimicrobiens, thèse de doctorat chimie. Université d'Avignon et des pays de Vaucluse.142p.
- **Mohand, A.Y., 2006.** Plantes médicinales de Kabylie, Edition Ibis Press 10 mai 2006, P 349.
- **Ntezurubanza, L., 2000.** Les huiles essentielles du Rwanda. Laboratoire et de séparation des essences végétales, Canada, 27 : 57-247. **O**
- **Ouibrahim, A., 2015.** Evaluation de l'effet antimicrobienne et antioxydant de trois plantes aromatiques (*Lorus vobilis* L., *Ocimum basilicum* L. et *Rosmarinus officinalis* L.) de l'Est algerien. Thèse de doctorat : Université Bordj Mokhtar –Animal, 2015,P117.

P

- **Padrini,F ; M. T, Lucherouini., 2003.** Le grand livre des huiles essentielles. Edition De Vecchi ,1 décembre 2003. P206.
- **Patrice, Bouchard., 2016.** Coléoptère du Monde, grande Bretagne. 655p.
- **Patrice, L., 2015.** Les insectes Histoires insolites. Edition Quae, France, P123.
- **Paulette, P., 2015.** Secrets Huiles Essentielles, tous les secrets et les bienfaits des huiles essentielles Enfin Révélés...Édition Action Web ,31/01/2015,145p.
- **Peter, B., 2008.** Le Basilic : botaniques,culture et gastronomie.Edition Edisud 21 avril 2008 .P96. **R**

- **Rezzouk, S., 2018.** Etude de l'effet bioinsecticide de l'huile essentielle de Clou de Girofle (*Eugenia aromatica*) vis-à-vis d'un ravageur des denrées stockées (Coleoptere : ténébrionidé) *Tribolium confusum*. Mémoire de Master. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.P60.

S

- **Salmi,R ; Ghadbane, A., 2020.** Etude phytochimique et biologique de l'espèce *Ocimum basilicum* dans la région de M'sila. Mémoire Master. Université Mohamed Boudiaf de M'sila. P60.
- **Schmidt, I ; Florence, L., 2007.** Lexi Guide des plantes Médicinales. Edition Elcy.17.09. 2007. P288.
- **Scotti, G.,1978.** Les insectes et les acariens des céréales stockées. E.d.AFNOR et I.T.F.C., Paris, pp 1-62.
- **Seck, D., 1991.** Importance économique et développement d'une approche de lutte intégrée contre les insectes ravageurs des stocks de maïs mil et niébé en milieu paysan. Sahel pv info-N°33, pp15-20.37 :615-625.
- **Shaaya, E; Ravid, U; Paster, N; Juven, B; Lisman, U; Pissarev, V., 1991.** Fumigant toxicity of essential oils against four major stored-products insects. J Chem Ecol ,17(3) :499 -504.
- **Smith, EH ; Whithman, R . C .,1992.** Field Guide to Structural Pests. National Pest Management Association, Dunn Loring, VA, NewYork , pp59-62.

- **Soliman, M. H., 1987.** Ageing and parental age effects in Tribolium (Review). Arch. Gerontol. Geriatri 6, 43-60.
- **Steffan, J. R., 1978.** Description et Biologie des insectes in SCOTTI G., 1978 -Les insectes et les acariens des céréales stockées. ED. AFNOR et I. T. F. C., Paris, PP.1.62.
- **Sylvie, H., 2009.** Créez vos cosmétiques Bio. France, P98.

T

- **Taleb, T, K., 2015.** Extraction et caractérisation des huiles essentielles de dix plantes aromatiques provenant de la région de **Kabylie** (Nord Algérien), Evaluation de leurs

effets sur le bruche du niébé *Callosobruchus maculatus* (coleoptera : Bruchidae), thèse doctorat. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. P206.

- **Teuscher, E ; Anton, R ; Lobstein, A., 2005.** Plantes aromatiques : Epices, aromates, condiments et huiles essentielles, 4 .2005, P544.
- **Tinkicht, L., 2023.** Etude de l'activité bioinsecticide des huiles essentielles de l'ail (*Allium sativum*), et de cannelle (*Cinnamomum cassia*), et de gingembre (*Zingiber officinale*) à l'égard de *Tribolium confucum* (Coleoptera :Tenebrionidae).Memoire Master .Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.P80.

V

- **VELE, H., 2015.** Valorisation officinale des huiles essentielles autorisées dans les phytomédicaments. Thèse de doctorat. Université Angers. UFR science pharmaceutique et ingénierie de la santé. 255p.

W

- **Walling LL., 2000.** The Myriad Plant Responses to Herbivores. J. Plant Growth Regul, 19 :195-216.
- **Weaver, D.K; Dubkel.F.V; Netzububanza, L; Jackson, L.L, Stock.D.T.,1991.** The efficacy of linalool, a majour component of freshly milled *Ocimum canum* Sim (Lamiacae)for protection against post-harvest damage by certain stored Coleoptera.J Stored Prod Res .27 :213-270.

Z

- **Zerrougui, N ; Boukhatem, M., 2021.** Activité adulticide et larvicide de l'huile essentielle de origanum vulgare sur un ravageur secondaire des denrées stockéesTribolium confusum. Mémoire de Master Université Larbi Tébessa-Tébessa. 55p.

Résumé

L'étude de l'effet bio insecticide de deux huiles essentielles, le clou de girofle (*Syzygium aromaticum*) et le basilic (*Ocimum basilicum*) sur un ravageur des denrées stockées (*Tribolium confusum*) dans les conditions de laboratoire.

Notre travail a montré que l'huile essentielle de basilic exerce une toxicité importante par inhalation à l'égard des adultes de *T. confusum*. Tandis que l'huile de clou de girofle n'a aucun effet toxique sur les adultes de *T. confusum*. En effet l'huile de basilic entraîne une mortalité de 100% après 72h d'exposition à la plus forte dose 125µl.

Les deux huiles manifestent une activité répulsive sur ce ravageur avec des pourcentages de répulsion de 76,75% pour le girofle et de 75,75% pour le basilic.

L'étude de l'activité antibactérienne a montré que l'huile essentielle de clou de girofle et de basilic ont un effet d'inhibition de croissance important vis-à-vis *S. aureus* et *E. coli*

Les deux huiles essentielles testées de clou de girofle et de basilic ont un effet antibactérien très important vis-à-vis *S. aureus* et *E. coli* respectivement.

Mots-clés : *Tribolium confusum*, huile essentielle, inhalation, répulsif, toxicité.

Abstract

The study of the bio-insecticidal effect of two essential oils, clove and basil, on a pest of stored foodstuffs under laboratory conditions. Our work has shown that basil essential oil exerts significant toxicity by inhalation. On adults of *T. confusum*. While clove essential oil has no toxic effect on *T. confusum* adults. In fact, basil oil causes 100% mortality after 72 hours of exposure at a dose of 120ml. Both oils show repellent activity on this pest with repulsion percentages of 76.75 for cloves and 75.75 for the basilic. The study of antibacterial activity showed that the essential oil of clove and basil have a significant growth inhibition effect on *S. aureus* and *E. coli*. The two essential oils tested, clove and basil, have a very significant antibacterial effect against *S. aureus* and *E. coli* respectively.

Keywords : *Tribolium confusum*, essential oil, fumigation, repulsive, toxicity.