

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université MOULOUD MAMMARI de Tizi-Ouzou**  
**Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques**  
**Département de Biologie Animale et Végétale**



# **Mémoire de fin d'étude**

**En vue d'obtention du Diplôme de Master en Sciences Agronomiques**

**Spécialité : Protection des Végétaux**

## **Thème**

**Evaluation de la longévité du *Tribolium castaneum* (Coleoptera :  
Tenebrionidae) ravageur secondaire des figues sèches traité par  
l'huile essentielle du clou de girofle *Syzygium aromaticum***

Présenté par:

Mlle REZZOUK SARA

Devant le jury :

**Présidente :** Mme MEDJDOUB-BENSAAD F.

Professeur à l'UMMTO

**Promotrice :** Melle GUERMAH D.

MCB à l'UMMTO

**Examinatrice :** Mme LAKABI L.

Professeur à l'UMMTO

**Promotion 2021-2022**

# REMERCIEMENT

Je remercie d'abord le bon Dieu qui m'a donné la volonté pour réaliser ce travail et le courage pour surmonter les difficultés rencontrées.

Ma profonde expression de reconnaissance est destinée à ma promotrice Mlle GUERMAH D. Maître de conférences à l'université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou pour ses conseils, son suivi et ses orientations.

Je remercie chaleureusement Madame MEDJDOUB-BENSAAD F. professeur à l'université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou pour avoir accepté de présider le jury de notre travail. Mais également pour nous avoir offert une formation très enrichissante.

Je remercie également Madame Lakabi L. Maître de conférences à l'université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, pour avoir donné de son précieux temps pour l'examen de notre travail.

Enfin, je tiens à remercier tous ceux qui ont contribué de proche ou de loin à la réalisation de ce travail.

# Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Mes parents

Ma chère grand-mère

Ma tante Razika

A toute ma famille et amies

Et toutes personnes qui me le sont chères

## Listes des figures

**Figure 01** : Arbre de figuier *Ficus carica* L (photo originale, 2022).

**Figure 2**: Feuilles de figuier (photo originale, 2022).

**Figure 03** : fruit du figuier (photo originale, 2022).

**Figure 04** : figues à consommer (photo originale, 2022).

**Figure 05** : figues séchées (photo originale, 2022).

**Figure 06**: *Tribolium castaneum* (Delobel et Tran, 1993).

**Figure 07** : matériel de laboratoire (photo originale, 2022).

**Figure 08** : adultes de *T. castaneum* (photo originale, 2022).

**Figure 09** : figues sèches infestées (photo originale, 2022).

**Figure 10** : huile essentielle du clou de girofle (photo originale, 2022).

**Figure 11** : test d'inhalation par l'huile essentielle de clou de girofle à l'égard des adultes de *T. castaneum* (photo originale, 2022).

**Figure 12** : test de répulsion par l'huile essentielle de clou de girofle à l'égard des adultes de *T. castaneum* (photo originale, 2022).

**Figure 13** : moyenne de mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation par l'huile essentielle du clou de girofle à la dose de 1 $\mu$ l.

**Figure 14** : moyenne de mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation par l'huile essentielle du clou de girofle à la dose 2 $\mu$ l.

**Figure 15** : moyenne de mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation par l'huile essentielle du clou de girofle à la dose 3 $\mu$ l.

**Figure 16** : moyenne de mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation par l'huile essentielle du clou de girofle à la dose 4 $\mu$ l.

**Figure 17** : moyenne de mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation par l'huile essentielle du clou de girofle à la dose 5 $\mu$ l.

**Figure 18** : moyenne de mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation par l'huile essentielle du clou de girofle à la dose 6 $\mu$ l.

**Figure 19 :** moyenne de mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation par l'huile essentielle du clou de girofle à la dose 7 $\mu$ l.

**Figure 20 :** moyenne de mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation par l'huile essentielle du clou de girofle à la dose 8 $\mu$ l.

**Figure 21 :** moyenne de mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation par l'huile essentielle du clou de girofle à la dose 9 $\mu$ l.

**Figure 22 :** moyenne de mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation par l'huile essentielle du clou de girofle aux différentes doses (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, et 9 $\mu$ l).

**Figure 23 :** Effet de l'huile essentielle du clou de girofle par répulsion aux différentes doses (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, et 9 $\mu$ l) sur les adultes du *T. castaneum*.

# Sommaire

Sommaire	
Liste des figures	
Introduction	1
<b>Chapitre I : Généralité sur le Figuiers</b>	
1. Historique	3
2. Origine et Distribution	4
3. Position systématique	4
4. Classification botanique	5
4.1. Forme horticole	5
4. 1. 1. Figuiers bifère	5
4. 1. 2. Figuiers unifère	6
4. 2. Caprifiguiers	6
5. Caractères botaniques	6
5.1. Racines	6
5.2. Tige	6
5.3. Bourgeons	7
5.4. Rameaux	7
5.5. Ecorce	7
5.6. Feuilles	7
5.7. Inflorescence et Fleur	8
5.8. Fruit	8
6. Exigences climatiques	9
6.1. Température	9
6.2. Pluviométrie	9
6.3. Hygrométrie	10
6.4. Vent	10
7. Exigences édaphiques	10
7.1. Sol	10
7.2. Altitude	10
8. Consommation des figues	11
9. Récolte des figues	11
10. Séchage	12
11. Ennemis du Figuiers	12
11. 1. Mouche de la figue <i>Silba adipata</i>	12
11. 2. Teigne du figuiers <i>Choreutis nemorana</i>	12
11. 3. Psyle <i>Homotoma ficus</i>	13
11. 4. Ceroplaste du figuiers (Cochenille) <i>Ceroplastes rusci</i>	13
11. 5. Rouille <i>Cerotelium fici</i>	13
11. 6. Pouridié <i>Armellaria mellea</i>	13
<b>Chapitre II: Généralités sur le <i>Tribolium castaneum</i></b>	
1. Origine et répartition géographique	14
2. Position systématique	14
3. Cycle de vie du <i>Tribolium castaneum</i>	15
3. 1. Œuf	15
3. 2. Larve	15

3. 3. Nymphe	16
3.4. Adulte	16
4. Biologie et cycle de développement	16
5. Régime alimentaire et dégâts	17
6. Mobilité	17
7. Moyens de lutte	17
7.1. Lutte préventive	18
7.2. Lutte curative	18
7.2.1. Lutte chimique	18
7. 2. 1.1. Traitement par contacte	18
7. 2. 1. 2. Traitement par fumigation	18
7.2.2. Lutte biologique	18
7.2.3. Lutte physique	19
<b>Chapitre III: Matériel et méthodes</b>	
1. Matériels	20
1. 1. Matériel de laboratoire	20
1. 2. Matériel animal	20
1. 3. Matériel végétal	20
1. 3. 1. Figues sèches	20
1. 3. 2. Huile essentielle	21
1. 3. 2. 1. Huile essentielle ou HE	21
1. 3. 2. 2. Giroflier et clou de girofle	22
1. 3. 2. 3. Huile essentielle du clou de girofle	22
2. Méthodes	22
2. 1. Test d'inhalation	22
2. 2. Test de répulsion	23
<b>Chapitre IV: Résultats et discussions</b>	
Résultats et discussion	25
1. Résultats	25
1. 1. Effet de l'huile essentielle du clou de girofle sur les adultes du T. castaneum par inhalation	25
1. 2. Effet de l'huile essentielle du clou girofle sur les adultes du T. castaneum par répulsion	32
Discussion	33
Conclusion	35
Références bibliographiques	36
Résumé	

# Introduction

Le figuier est l'un des premiers arbres cultivés par l'homme ; il a été aussi bien cultivé et apprécié par les phéniciens, les grecs, les romains que les arabes, qui ont développés sa culture en *Afrique du Nord* et dans la *Péninsule ibérique* (Ouaouich et Chimi, 2005).

Le figuier est un arbre fruitier qui se plaît particulièrement dans le *Bassin méditerranéen*, où il atteint dix à douze mètres de haut. Il craint le froid et il est déconseillé de faire des plantations commerciales dans les régions où la température descend l'hiver au-dessous de 5°C (Ouaouich et Chimi, 2005).

La figue est un fruit sacré très anciennement connu dans le monde (Oukabli et Mamouni, 2008). Elle a une teneur en eau, une valeur énergétique, une teneur en matières grasses comme en sucre, fruit réputé pour ses caractéristiques diétético – nutritionnelles particulièrement intéressantes (Vidaud, 1997).

Le séchage des figues constitue un des moyens de conservation efficaces qui permet un long stockage sans pertes en quantité et en qualité et valoriser des produits alimentaires en produits séchés stables qui peuvent trouver des débouchés dans le marché national et international (Ouaouich et Chimi, 2005).

Pour les denrées alimentaires stockées et divers autres produits emmagasinés, un certain nombre d'espèces dans l'immense diversité des coléoptères représentent aujourd'hui de graves dangers (Tran et Delobel, 1993).

Parmi les ravageurs des denrées stockées, le *Tribolium castaneum* est considéré comme un ravageur secondaire strict causant d'importants dégâts sur les stocks (Gueye et *al.*, 2015).

Il cause des dommages sérieux aux produits céréaliers ; en plus des dégâts directs occasionnés par son activité alimentaire, il communique une odeur et un goût nauséabonds aux matières qu'il infecte (U. S. Agr. RS, 1968).

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'efficaces, 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).

Face à cette situation, l'usage de molécules biologiques est prometteur dans la lutte contre les déprédateurs (Cissokho et *al.*, 2015).

Il est donc nécessaire de poursuivre la recherche de molécules nouvelles en prenant en compte d'autres critères que l'efficacité. Cette recherche s'est orientée vers la lutte biologique par l'utilisation de substances naturelles actives, non polluantes et s'utilisant dans une lutte moins nocive et plus raisonnée. La lutte biologique prend diverses formes, mais celle qui retient l'attention des chercheurs à l'heure actuelle est la lutte biologique par l'utilisation des huiles essentielles (Djilali et Ihdene, 2018).

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail, dont l'objectif global est de tester l'effet insecticide de l'huile essentielle du clou de girofle sur la longévité des adultes du *Tribolium castaneum*, ravageur secondaire des figues sèches.

Pour se faire, ce présent travail abordera dans un premier lieu l'étude bibliographique dont des généralités sur le figuier et sur le *Tribolium castaneum*.

Dans un second lieu, nous décrivons le matériel et les méthodes utilisés, et en troisième lieu, nous présenterons les résultats obtenus ainsi les discussions relatives aux différentes expérimentations menées.

Enfin, nous terminerons par une conclusion assortie des perspectives de recherche future.

**Généralités sur  
la plante hôte  
figuier**

## 1. Historique

D'une plante sauvage, à un arbre cultivé très apprécié, le figuier a évolué à travers les âges. Les premiers rapports des recherches agronomiques sur le genre *Ficus*, ont été publiés en japonais en 1917, suivi de rapport sur la biochimie appliquée, la taxonomie et la Phénologie en chinois (Jeddi, 2009).

Le figuier est présent dans des textes anciens de presque toutes les civilisations (Pontoppidan, 2006) et souvent évoqué dans des textes bibliques et dans les religions monothéistes comme le *Coran* (Goudjil et Mamai, 2017).

Le figuier été connu dans le *Moyen Orient* dès le 3<sup>ème</sup> millénaire chez les ancêtres des Sumériens qui le cultivaient à *Babylone*. De même, il y a plus de 5000 ans, les Égyptiens faisaient des produits pharmaceutiques à partir des figuiers (El Bouzidi, 2002).

Dans la mythologie grecque, le figuier était un don de la déesse des moissons de la terre, il été une source de nourriture et d'énergie pour les athlètes, et utilisé par les médecins grecs pour faire des cataplasmes (El Bouzidi, 2002).



**Figure 01** : Arbre de figuier *Ficus carica* L. (photo originale, 2022).

## 2. Origine et Distribution

L'origine du figuier reste un peu confuse, il serait originaire d'*Asie Occidentale*, d'*Afrique du Nord* ou des *Canaries* (Vilmorin, 2003).

Selon Vidaud (1997), il serait originaire du *Bassin Méditerranéen* et du *Moyen Orient* plus exactement d'*Afghanistan*.

La figue est apportée en *Amérique* en 1520 par les espagnols, et en 1769 elle est introduite en *Californie* à partir du Mexique (Crisosto et al., 2010).

L'intérêt que l'homme lui a très tôt porté à entraîner sa dispersion dans tous les coins du monde, prouvant ainsi, d'une part, sa plasticité d'adaptation et d'autre part, ses affinités avec les climats chauds (Vidaud, 1997).

Aujourd'hui, nous le retrouvons dans toutes les régions ayant un climat de type méditerranéen, mais également certaines variétés sont trouvées dans des pays dont les températures sont moins clémentes notamment en Suisse, Allemagne, en Belgique, et même en Suède (Anonyme 1, 2022).

Grâce à ces grandes capacités d'adaptation, le figuier est cultivé par tout dans le monde. Il se propage sous des climats chauds, secs, avec des pluies printanières mais une sécheresse prolongée peut provoquer la chute des fruits (Pontoppidan, 1997).

Leurs cultures se situent principalement dans des zones montagneuses, sols pauvres et recevant peu de soins (Walali Loudyi, 1995). La facilité de culture du figuier revient à son système racinaire très développé (Pontoppidan, 1997).

## 3. Position systématique

Le figuier *Ficus carica. L* est une dicotylédone de la famille des *Moracées* (Omberger, 1960) dont le qualificatif générique *Ficus* signifie verveine (le lait du figuier est donné pour la soigner) et celui spécifique *carica* fait allusion à une région de la *Turquie* (Vidaud, 1997).

Cette famille se caractérise par la présence d'un lait blanc ou incolore, appelé *Latex*, qui s'écoule au niveau de toute blessure de la plante (Vidaud, 1997).

Dans la famille des *Moracées*, ce trouve un grand nombre d'espèces, environ 1500, regroupées en 52 genres, dont le genre *Ficus* décrit par Linné. Ce genre à lui seul, comprend près de 700 espèces (jusqu'à 1000 selon les autres) (Vidaud, 1997).

Du point de vue systématique, la classification botanique du figuier telle que l'a décrite *Gaussen et al.* (1982) et la suivante :

Règne :	Végétal
Embranchement :	Phamérogames
Sous embranchement :	Angiospermes
Classe :	Dicotylédones
Sous classe :	Hamamélidées
Série :	Apétales unisexuées
Ordre :	Urticales
Famille :	Moracées
Genre :	<i>Ficus</i>
Espèce :	<i>Ficus carica</i> Linnée 1753.

#### 4. Classification botanique

Malgré leur ressemblance, il existe deux types de figuiers qui sont : le figuier femelle *Ficus carica domestica* forme horticole, et le figuier mâle *Ficus carica caprifica* caprifiguiers (Ali-Ahmed, 1996).

##### 4.1. Forme horticole

Chez le figuier domestique, existe deux variétés, qui sont :

###### 4.1.1. Figuier bifère

Cette catégorie a la particularité de porter deux fructifications durant l'année. La première fructification est celle des figues fleurs, en juin et juillet qui présente environ un quart de la production, et la deuxième fructification est celle des figues d'automne, qui arrive à maturité en août-septembre, avec des figues plus petites mais plus sucrées et plus savoureuses (Mauri, 1952).

#### 4.1.2. Fiquier unifère

À l'opposé des figuiers bifères, cette catégorie ne fructifie qu'une fois par an, à la fin du mois d'août début septembre. Ils produisent des figues qui ne mûrissent que si elles sont politisées (visitées par l'insecte pollinisateur) par le blastophage (Mauri, 1952).

#### 4. 2. Caprifiguier

C'est la forme qui assure la production du pollen et la survie du blastophage, elle donne trois générations de fruits qui arrivent à maturité en avril, en juin en août, mais ils sont généralement non comestibles en raison de leur goût et de leur consistance pailleuse (Rebour, 1968).

#### 5. Caractères botaniques

Le *Ficus carica. L* est une espèce qui présente une grande diversité génétique, son arbre est habituellement d'une taille de 3 à 5m de hauteur, mais dans certaines régions, il peut atteindre jusqu'à 10 et 12m (Brutaudeau et Faure, 1990).

La germination se réalise assez facilement, par le maintien de la plantule qui se développe de préférence dans des milieux drainants où les racines peuvent croître activement et coloniser de grandes surfaces, et dans des zones où la présence d'eau est plus ou moins profonde (Vidaud, 1997).

##### 5.1. Racines

La densité forte du chevelu racinaire du figuier lui permet une exploitation optimale de l'eau disponible dans le sol, ce qui explique sa résistance dans les situations très sèches et c'est ce qui fait de l'activité racinaire l'un des points forts de l'écologie du figuier (Vidaud, 1997).

##### 5.2. Tige

La jeune plante montre des alternances d'allongement de la tige portant des feuilles et des phases de repos hivernale où la tige se défeuille, et chaque année, une nouvelle portion de tige se met en place (Vidaud, 1997).

### 5.3. Bourgeons

L'extrémité de toute tige présente un bourgeon terminal, qui est constitué de deux stipules correspondant à la dernière feuille mise en place. Dans ce bourgeon se trouve de 9 à 11 ébauches de feuilles avec leurs stipules. La fabrication de de nouvelles pièces s'effectue durant l'été, et leur nombre passe à une dizaine (Vidaud ,1997).

### 5.4. Rameaux

La tige se ramifie latéralement à partir de bourgeons dormants qui ont été mis en place l'année précédente. Ces ramifications (rameaux) sont constituées d'un ensemble d'entre nœuds, chaque nœud constitue le point d'insertion d'une feuille et des bourgeons axillaires (Vidaud, 1997).

### 5. Ecorce

L'écorce est une texture spécifique dont la plante revêt au fur et à mesure de sa croissance. Elle est de couleur gris clair, lisse et peu fissurée, conservant longtemps les traces d'insertion des feuilles. Cette écorce se manifeste sur les parties âgées de 2 à 3 ans, les parties plus jeunes passant d'un épiderme vert tendre à un brun vernissé (Vidaud, 1997).

### 5.6. Feuilles

Les feuilles sont de tailles croissantes et très polymorphes, caduques, grandes, larges, épaisses, et fortement lobées (3 à 5 ou 7 lobes profonds selon les variétés). La face supérieure est rugueuse et de couleur vert foncé, quant à la face inférieure, elle présente des nervures très saillantes de couleur vert clair (Chawla et *al.*, 2012).

Elles présentent un limbe de plus en plus découpé et une nervation palmée, ainsi qu'un pétiole long de couleur vert clair avec une dimension variable (Vidaud ,1997).



**Figure 2:** Feuilles de figuier (photo originale, 2022)

### 5.7. Inflorescence et Fleur

La floraison se traduit par la mise en place d'inflorescences en forme d'urne que l'on appelle des sycones, c'est-à-dire, un ensemble de fleurs regroupées dans une même structure, qui ne sont pas visibles à l'extérieur, présentant un orifice (une ouverture) : l'ostiole qui s'ouvre à l'opposé du court pédoncule portant les figures. Chez les individus femelles, la figue est constituée uniquement de fleurs femelles, dont le style est long (fleurs longistylées) et des fleurs mâles qui sont situées tout autour de l'ostiole (Vidaud ,1997).

### 5.8. Fruit

La figue est une sorte de petit sac charnu, qui atteint 3 à 8 cm de long, de forme sphérique ou ovoïde, avec un poids qui varie entre 30 et 65g (selon les variétés) (Somon, 1987).

Elle est composée d'une peau externe lisse et pigmentée et d'une partie interne blanche contenant de nombreux akènes, un ostiole et un pédoncule (Vidaud, 1997).



**Figure 03** : fruit du figuier (photo originale, 2022)

## **6. Exigences climatiques**

### **6.1. Température**

Malgré sa grande facilité d'adaptation, le figuier a des affinités avec les climats chauds (AVIPAB, 2017).

En effet, il se développe dans des zones à faible hygrométrie, fort ensoleillement et des étés chauds et secs (Anonyme 2, 2022).

Dans les contrées où la température moyenne ne descend pas au-dessous de  $+12^{\circ}\text{C}$ , la végétation et la fructification du figuier sont continuées, entre  $-7$  et  $-10^{\circ}\text{C}$ , on constate de graves dégâts sur les parties aériennes, (selon l'âge de l'arbre et la durée des gelées), et en dessous de  $-17^{\circ}\text{C}$  on constate une destruction du système racinaire et la mort de l'arbre (Vidaud, 1997).

### **6.2. Pluviométrie**

C'est la pluviométrie naturelle qui assure de forts calibres de fruits : les feuilles et les fruits absorbent facilement la pluie (AVIPAB, 2017). Les besoins annuels en eau sont de l'ordre de 600 à 700mm, surtout au printemps et au début de l'été (Belaid, 2017).

En période de récolte, les pluies sont très préjudiciables, car les figures mûres ou à proximité de maturité ont une prédisposition à éclater (Vidaud, 1997).

### **6.3. Hygrométrie**

Le figuier se plaît beaucoup en conditions plus humides (Belaid, 2017). Les fortes hygrométries nocturnes en période de récolte sont très préjudiciables (Vidaud, 1997).

L'humidité relative de l'atmosphère influe tout d'abord sur la hativité des récoltes, puis sur leurs qualités, sur le comportement des fruits, sur l'arbre et au cours du séchage. Pour les variétés qui se prêtent au séchage, il convient d'éviter les climats où l'humidité dépasse fréquemment 60% pendant les premiers jours de Septembre (Bachi ,2012).

### **6.4. Vent**

Selon la violence avec laquelle le vent souffle, il peut provoquer des dégâts directs sur les feuilles (déchirures possibles) ou indirects sur les fruits (par frottement des fruits contre d'autres rameaux que ceux qui les portent). Cependant, il ne provoque pas de chute de fruits car les figues étant fortement attachées par leurs pédoncules aux rameaux porteurs (Vidaud ,1997).

## **7. Exigences édaphiques**

### **7.1. Sol**

Il est dit du figuier qu'il préfère avoir le pied dans l'eau et la tête au soleil. Il peut survivre et se développer dans tous types de sols, dans des sols pauvres, voire même très pauvres, mais se développe rapidement, avec bonheur et produit abondamment dans des sols riches, souples, voire même à tendance asphyxiante, et pousse le mieux dans les sols calcaires et suffisamment frais (Vidaud ,1997).

Le figuier est peu exigeante, et sa croissance est optimale dans les sols légers, plutôt sableux, profonds et fertiles, et s'adapte très bien en sols acides (Belaid ,2017).

### **7.2. Altitude**

Le figuier est un frileux, il préfère les plaines ou les coteaux, sa culture ne dépassant que rarement 600m d'altitude. On rencontre, cependant, quelques beaux arbres en montagne dans les conditions microclimatiques particulièrement bien abritées (Vidaud ,1997).Cependant, le figuier croit et fructifie jusqu'à 1200m (Bachi ,2012).

## 8. Consommation des figues

La figue est marquée par le signe de l'abondance (Vidaud ,1997). C'est un fruit très apprécié pour son goût sucré et agréable, consommé en frais comme aliment très nourrissant, ou séché (Bachi ,2012).

Elle a une teneur en eau, une valeur énergétique, une teneur en matières grasses, comme en sucre, et réputée pour ses caractéristiques diétético-nutritionnelles particulièrement intéressantes, en plus de sa forte teneur en vitamines (Vidaud ,1997).



**Figure 04 :** figues à consommer (Originale, 2022).

## 9. Récolte des figues

La production des figues peut atteindre de 5 à 10 tonnes en cultures sèches et de 15 à 25 tonnes en cultures irriguées (Vidaud ,1997).

La récolte des figues est réalisée manuellement tous les deux à trois jours, selon l'avancement de la maturité le long du rameau. Les figues fleurs sont récoltées de la fin juin à juillet et les figues d'automne sont récoltées de mi-août à septembre, et peut s'étalée jusqu'à la fin octobre (AVIPAB, 2017).

Pour être consommée fraîche, la figue devrait être cueillie le matin, avant le lever de soleil, et bien mûre pour la consommation locale, pour l'exploitation, la cueillette se fait quelques jours avant la maturité complète, et pour la dessiccation, les figues sont cueillie à maturité complète, et seules les variétés d'automne qui sont utilisables (Vidaud ,1997).

## 10. Séchage

Le séchage est le mode de conservation des figues le plus utilisé dans le monde, car il permet de préserver la qualité des figues, et des reports de consommation sur toute l'année sans difficultés, ainsi qu'il permet le long stockage sans pertes en qualité et en quantité (Ouaouich et Chimi, 2005).

Le séchage solaire (séchage naturel au soleil à l'air libre) est le mode le plus pratique et le plus répandu dans le monde, par sa facilité d'application et sa gratuité (ne coûte pratiquement rien). Le four de séchage est un moyen plus moderne et plus rapide, et parmi les différents types utilisés : le four fixe, le tunnel en continu, et le four solaire inventé par des chercheurs turcs (Vidaud ,1997).



**Figure 05** : figues séchées (Originale, 2022).

## 11. Ennemis du Figuier

Les ennemis du figuier ont un impact relativement faible par rapport à d'autres productions fruitières, ainsi que le figuier est très robuste et ne demande que peu ou pas de traitement (Belaid ,2017).

### 11.1. Mouche de la figue *Silba adipata*

Les figues éclatent par affaiblissement de la peau qui prend prématurément la coloration violacée, et finissent par chuter (AVIPAB ,2017).

### 11.2. Teigne du figuier *Choreutis nemorana*

La chenille phytophage de la teigne du figuier dévore les feuilles de l'extrémité des rameaux ou les figues en formation (selon la génération) (AVIPAB ,2017).

**11.3. Psyle *Homotoma ficus***

Son impact sur la santé de l'arbre reste minime (prélève la sève de l'arbre et produit un miellat, et peut occasionner des déformations des fruits) (AVIPAB ,2017).

**11 .4. Ceroplaste du figuier (Cochenille) *Ceroplastes rusci***

Affaiblie l'arbre par le fait de pomper la sève, et limite la photosynthèse par le fait de la fumagine qui se développe sur le miellat qu'elle produit (AVIPAB ,2017).

**11.5. Rouille *Cerotelium fici***

Champignon phytopathogène qui provoque la chute des feuilles et altère la qualité des figes, qui sont moins sucrées et grossissent peu (AVIPAB ,2017).

**11.6. Pourridié *Armellaria mellea***

Est un champignon du sol qui provoque le dépérissement rapide de l'arbre (AVIPAB ,2017).

**Généralités sur le**

*Tribolium*

*castaneum*

## 1. Origine et répartition géographique

Le *Tribolium* est aujourd'hui tellement cosmopolite et commercial de l'homme que son origine est incertaine (Bonneton, 2010).

L'espèce paraît originaire d'Asie du Sud, on l'a trouvée dans de la nourriture placée dans la tombe de Toutankhamon (1345 avant J-C). Cette espèce est rencontrée en *Asie du Sud* sous l'écorce des arbres, signalée à *Hawaï* dans des nids de *Mégachile*. Également en *Afrique du Sud* dans des glands (fruits de *Quercus* sp) (Delobel et Tran, 1993).

*Lepesme* (1944) pense que son foyer d'origine est l'*Inde*, néanmoins, il a été également retrouvé en *Amérique du Nord*. *Lepesme* (1944), considéré que *Tribolium castaneum* est un insecte des climats chauds, trouvé rarement au-dessus d'un quarantième degré de latitude de Nord, sauf dans les magasins chauffés.

## 2. Position systématique

Le ver de farine est classé selon Fellah-trade, (2022) comme suit :

Règne :	Animalia
Embranchement :	Arthropoda
Sous-embranchement :	Hexapoda
Classe :	Insecta
Sous-classe :	Pterygota
Ordre :	Coleoptera
Sous-ordre :	Polyphaga
Famille :	Tenebrionidae
Sous-famille :	Tenebrioninae
Genre :	<i>Tribolium</i>
Espèce:	<i>Tribolium castaneum</i> (Herbst, 1797)



**Figure 06:** *Tribolium castaneum* (Delobel et Tran, 1993).

### 3. Cycle de vie du *Tribolium castaneum*

#### 3.1. Œuf

Les œufs sont ovalaires, sans sculptures, ils mesurent en moyenne 0,6mm de long (Steffan, 1978). Au moment de la ponte, ils sont de couleur blanche et sont recouverts d'une substance visqueuse qui leur permet d'adhérer à la denrée infestée (Balachowsky et Mesnil, 1936).

#### 3. 2. Larve

La larve est d'environ 8 fois plus longue que large, d'une couleur jaune très pâle à maturité, avec latéralement quelques courtes soies jaunes. Le dernier segment abdominal est terminé par une paire d'urogomphes recourbés vers le haut, dans un plan perpendiculaire à celui du corps (Delobel et Tran, 1993).

Selon le même auteur, dans les conditions optimales de développement on observe de 5 à 8 stades larvaires, mais jusqu'à 13 lorsque les conditions sont défavorables.

Elles sont mobiles et se nourrissent, et à la fin du dernier stade larvaire, elles s'immobilisent et cessent de se nourrir et se transforment en nymphes immobiles. Ce processus s'étend sur 3 à 9 semaines (Gueye et *al.*, 2015).

### 3. 3. Nymphe

Durant sa vie nymphale, l'insecte subit une métamorphose interne et externe complète, qui mène au stade adulte (Delobel et Tran, 1993).

Les nymphes se retrouvent nues, dans les mêmes aliments que les larves. Elles sont blanches au départ, mais leur couleur s'assombrit graduellement avant de devenir adultes, ce qui a lieu 9 à 17 jours plus tard (Gueye et al. , 2015).

### 3. 4. Adulte

L'adulte du *Tribolium castaneum* mesure de 3 à 4 mm de long, de couleur uniformément brun rougeâtre. Il est étroit, allongé, à bords parallèles, à pronotum presque aussi large que les élytres et non rebordés antérieurement (Camara, 2009).

Les antennes ont les 3 derniers segments bien plus développés, les yeux sont partiellement devisés en 2 côtés de la tête, avec 3 à 4 parties distinctes à l'extrémité (Ndiaye, 1999).

## 4. Biologie et cycle de développement

Nous pouvons rencontrer cinq générations de *T. castaneum* par an. Les adultes et les larves ne s'implantent généralement dans les grains qu'après les attaques de ravageurs primaires qui leurs ouvrent la porte (Camara, 2009), ou lorsque les grains sont brisés (Seck et al., 1992).

La limite inférieure pour le développement larvaire est voisine de 18°. Selon le régime alimentaire, la durée du cycle peut atteindre 120 jours à des températures comprises entre 35° et 38°. La longévité moyenne est de 250 jours à 25°. La fécondité moyenne est voisine de 500 œufs par femelle (Delobel et Tran, 1993).

La longévité de l'insecte est de 2 à 8 mois, suivant les conditions abiotiques. Dès l'âge de trois jours, la femelle pond quotidiennement une dizaine d'œufs, qui vers 30°C éclosent au bout de cinq jours. Les œufs sont déposés en vrac sur les graines et sont difficiles à déceler. Les larves circulent librement dans les denrées infestées et s'y nymphosent sans cocon, et l'adulte émerge de la nymphe six jours après sa formation (Camara, 2019).

## 5. Régime alimentaire et dégâts

Le *Tribolium castaneum* a un régime alimentaire psychophage, mycophage, nécrophage et prédateur. Il n'attaque pas le grain intact, mais des lésions microscopiques suffisent pour permettre à la larve d'entamer le grain. De même, les gousses d'arachide ne sont infestées que si le pédoncule a été arraché. En cas de pullulation, la larve et l'adulte sont cannibales et se nourrissent de leurs propres œufs et nymphes, consomment aussi toutes sortes de proies immobiles (œufs et nymphes de divers coléoptères) ou peut mobiles (Delobel et Tran, 1993).

Selon le même auteur, les denrées infestées par ce ravageur sont : riz, blé, son, et la farine du blé et du riz, maïs, orge, sorgho, millet, manioc, tapioca, et farine de manioc, sagou, igname, fruits séchés, toutes légumineuses sous forme de farine, arachide, coprah, graines de coton, ricin, cabosses de cacao, chocolat, noix de muscade, poivre, gingembre...

Lorsque ces *Tribolium* sont présents en grand nombre, ils souillent les produits par une sécrétion nauséabonde qui donne une odeur et un goût de moisi et leur présence favorise la croissance de moisissures dans les céréales (Baldwin et Fasulo, 2014).

## 6. Mobilité

*Tribolium castaneum* est un insecte qui se déplace rapidement lorsqu'il est dérangé. L'adulte est très bon voilier, son vol devient primordiale 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 permettant l'oviposition et le développement larvaire (Perez- Mendoza, 2007).

Selon le même auteur, les adultes peuvent voler après 48heures de leur émergence. Cependant, les femelles nouvellement émergées (2 à 10 jours) ont tendance à voler plus que les jeunes mâles, qui préfèrent rester dans le substrat pour s'accoupler.

## 7. Moyens de lutte

La lutte contre les insectes nuisibles infestant les denrées stockées est complexe et doit être appliquée de façon réfléchie, dans le respect de la législation en vigueur et en tenant le plus grand compte de la triple exigence de protection du consommateur, de l'environnement et la préservation des ressources naturelles (Cruz et al., 1988).

### 7.1. Lutte préventive

La lutte préventive selon Boudjima et Boubeki (2016) consiste en :

- La propreté du local de stockage et des denrées stockées
- La destruction des détritrus qui pourraient constituer un foyer d'infestation
- Effectuer des inspections régulières et fréquentes, en vue de repérer le bon état sanitaire des denrées stockées
- S'il y a une potentielle infestation par cet insecte, il y a lieu d'échantillonner le contenu des stocks et d'effectuer des fumigations si la denrée est attaquée

### 7.2. Lutte curative

#### 7.2.1. Lutte chimique

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'efficaces, 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).

Deux types de traitement sont généralement employés :

##### 7.2.1.1. Traitement par contact

Qui consiste à recouvrir les grains, l'emballage ainsi que les locaux de stockage d'une pellicule de produits insecticides qui agit par contact sur les déprédateurs, dont l'effet est plus ou moins rapide avec une persistance d'action plus longue (Cruz et *al.* , 1988)

##### 7.2.1.2. Traitement par fumigation

Qui consiste à traiter les grains à l'aide d'un gaz toxique qu'on appelle fumigeant (Cruz et *al.* , 1988)

#### 7.2.2. Lutte biologique

Elle consiste à utiliser des ennemis naturels (des micro-organismes, des prédateurs et des parasitoïdes), ainsi que des substances naturelles d'origine végétale, afin de contrôler les populations de ravageurs (Auger et *al.* , 1999).

De même, la phytothérapie joue un rôle très important dans la lutte contre les insectes des denrées stockées (elle se base sur l'utilisation des parties actives des plantes appelées bio-pesticides qui remplacent les insecticides chimiques, comme les huiles essentielles, les extraits aqueux, les extraits organiques, les huiles végétales, et les poudre végétales (Renault-Roger et *al.* , 2008).

### **7. 2. 3. Lutte physique**

On distingue parmi les méthodes de lutte physiques celles qui sont avant tout prophylactiques (en créant un environnement défavorable à l'installation et/ou au développement des populations d'insectes), de celles qui sont des méthodes de lutte curatives que l'on mettra en œuvre lorsque l'infestation est avérée. Parmi les méthodes prophylactiques, la régulation de la température par la ventilation (par air ambiant ou air réfrigéré) (Crépon et Cabacos, 2020).

Selon le même auteur, les méthodes curatives disponibles sont nombreuses : chauffage des grains, dessiccation à l'aide d'une poudre inerte, nettoyage des grains, atmosphère contrôlée, rayonnement ionisants ...

# Matériels et méthodes

## 1. Matériels

### 1. 1. Matériel de laboratoire

Nous avons utilisé durant nos expérimentations le matériel suivant :

- Des flacons en verre
- Des boîtes de pétri
- Une micropipette pour les micros doses des huiles
- Du papier filtre
- Des embouts

Autres matériels : pinceaux, ciseaux, pinces, fil et aiguille à coudre, étiquettes, ...



Figure 07 : matériel de laboratoire (photo originale, 2022).

### 1. 2. Matériel animal

Les souches de *Tribolium castaneum* sont originaires des stocks des figes sèches commerciales.



Figure 08 : adultes de *T. castaneum* (photo originale, 2022).

### 1. 3. Matériel végétal

#### 1. 3. 1. Figes sèches

Les figes sèches proviennent du marché local, et n'ont subi aucun traitement insecticide.



**Figure 09** : figes sèches infestées (photo originale, 2022).

### 1. 3. 2. Huile essentielle

L'huile essentielle qui a été utilisée dans les tests est celle du clou de girofle et provient du marché local.



**Figure 10** : huile essentielle du clou de girofle (photo originale, 2022).

#### 1. 3. 2. 1. Huile essentielle ou HE

Les HE sont des sécrétions naturelles élaborées par le végétal et contenues dans les cellules ou parties de la plante comme celles des fleurs (rose), sommités fleuries (lavande), feuilles (citronnelle), écorces (cannelier), racines (iris), fruits (vanillier), bulbes (ail), rhizomes (gingembre), ou graines (muscade), et pour certaines, c'est la plante entière qui est utilisée. Seules les parties sécrétrices ou les plus concentrées de la plante sont récoltées à la période de rendement optimum. L'extraction d'une huile essentielle est une opération complexe et

délicate, qui a pour but, de capter et recueillir les produits les plus volatils, subtils et les plus fragiles qu'élabore le végétal, sans en altérer la qualité (Boukhatem et *al.* , 2019).

Selon le même auteur, Il existe plusieurs méthodes d'extraction des huiles essentielles : extraction par entrainement à la vapeur d'eau, par hydro distillation, par expression à froid, par solvant organique, assistée par microondes, par fluide à l'état supercritique.

### **1. 3. 2. 2. Giroflier et clou de girofle**

Le giroflier, du nom scientifique *Sizygium aromaticum*, est un arbre originaire de l'Indonésie. Il peut atteindre 15 à 20 m de haut, mais ne dépasse guère 7 à 10 m en culture. Chaque rameau d'un giroflier porte à son extrémité un bouquet de 4 à 10 feuilles et un bourgeon floral, et c'est ce bourgeon qui donne des griffes, des clous, puis des fleurs et des fruits (M. F. A. E, 2003).

Les fleurs à quatre pétales blancs rosés, caractérisées par leurs sépales rouges, sont rassemblées en cymes terminales de 20 à 25 fleurs, formant généralement trois fourches appelées Griffes. Ce sont les boutons floraux non encore épanouis, appelés Clous, qui sont cueillis et séchés (Razafimamonjison et *al.* , 2016).

### **1. 3. 2. 3. Huile essentielle du clou de girofle**

L'huile essentielle de Girofle est connue pour son action antiseptique et antalgique de la sphère bucco-dentaire et digestive en général. C'est une huile essentielle majeure. Il convient de l'employer avec précaution et en très faible quantité car elle est très dermocaustique et hépatotoxique à long terme (SARL, Myrtéa Formations, 2005).

Elle résulte de la distillation à la vapeur du Clou de girofle. De qualité supérieure, elle est surtout destinée à la parfumerie, industrie cosmétique, tabatière et pharmaceutique. Elle contient plus de 80% d'eugénol et plus de 10% d'acétate d'eugényl. Bien que le Clou de girofle contient jusqu'à 20% d'huile essentielle, son rendement atteint rarement les 15% à la distillation (Trimeta AgroFood, 1990).

## **2. Méthodes**

### **2. 1. Test d'inhalation**

Ce test consiste à évaluer l'effet des huiles essentielles par fumigation sur la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum*.

Dans des flacons en verre de 2.5 ml de volume, des papiers filtres de 1.5 cm de diamètre, sont fixés par un fil à la face interne des couvercles.

Des doses de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, et 9  $\mu$ l de 'huiles essentielles sont injectées séparément dans du papier filtre.

5 adultes du *Tribolium castaneum* sont introduits dans chaque flacon, et pour chaque dose, trois répétitions ont été effectuées.

Par la suite, un dénombrement des individus morts est effectué après un temps d'exposition variable : 1H, 3H, 6H, 24H, 48H, 72H, 96H, 120H (de 1 à 4 jours).



**Figure 11** : test d'inhalation par l'huile essentielle de clou de girofle à l'égard des adultes de *T. castaneum* (photo originale, 2022).

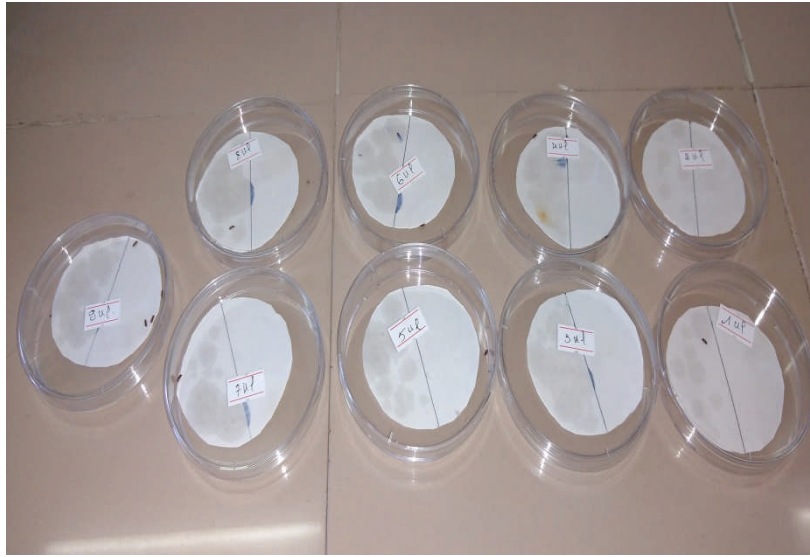
## 2. 2. Test de répulsion

Ce test est utilisé pour calculer le pourcentage de répulsion d'une huile à l'égard des adultes de *Tribolium castaneum* par la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre. Pour la réaliser nous avons suivi les étapes suivantes :

, des disques de papiers filtres de 9cm de diamètre, découpés en deux parties égales sont placés dans des boites de pétri

A l'aide d'une micropipette, des doses différentes : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9  $\mu$ l d'huile du Clou de girofle sont mises sur une partie du papier filtre (zone traité) ; sur la deuxième partie, une dose d'acétone est mise (zone non traité)

5 adultes de *Tribolium castaneum* sont introduit au centre de chaque papier filtre dans des boites de pétri. Le dénombrement des insectes est réalisé au bout d'une heure d'exposition



**Figure 12 :** test de répulsion par l'huile essentielle de clou de girofle à l'égard des adultes de *T. castaneum* (photo originale, 2022).

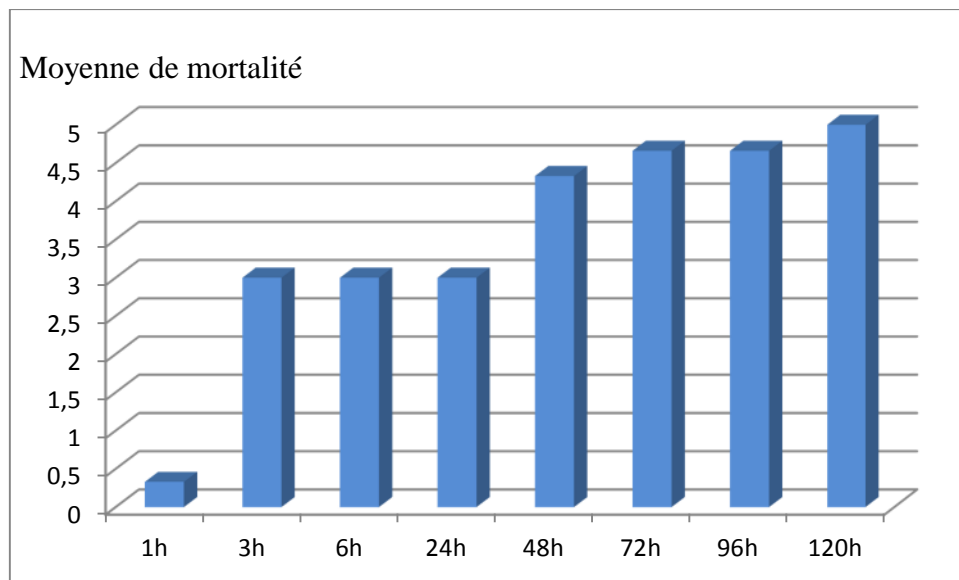
# Résultats et discussion

## 1. Résultats

Les résultats obtenus par le test d'inhalation et le test de répulsion effectués sur les adultes du *Tribolium castaneum* par l'huile essentielle du clou de girofle sont cités ci-dessous

### 1. 1. Effet de l'huile essentielle du clou de girofle sur les adultes du *T. castaneum* par inhalation

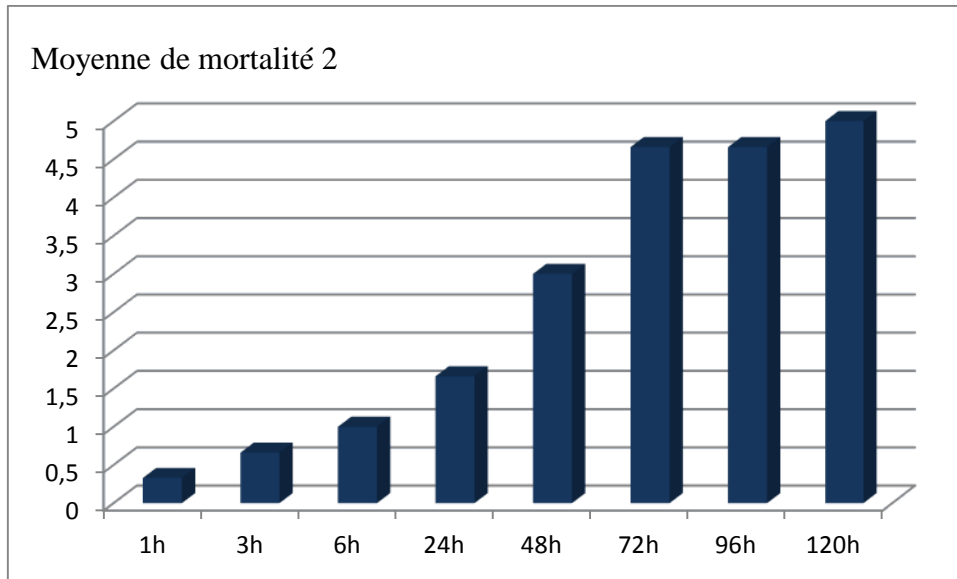
L'effet de l'huile essentielle du clou de girofle appliqué par inhalation à la dose 1 $\mu$ l sur les adultes de *T. castaneum* est illustré dans la figure suivante :



**Figure 13 :** moyenne de mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation par l'huile essentielle du clou de girofle à la dose de 1 $\mu$ l.

Les adultes du *Tribolium castaneum* traités par l'huile essentielle du clou de girofle à la dose 1 $\mu$ l exprime une mortalité à partir de la 1<sup>ère</sup> H, avec une moyenne égale à 0.33, cette mortalité s'accroît avec le temps pour atteindre au bout de 24H une moyenne égale à 3, et au bout de 120H, la mortalité totale de notre insecte est observée avec une moyenne de 5 individus.

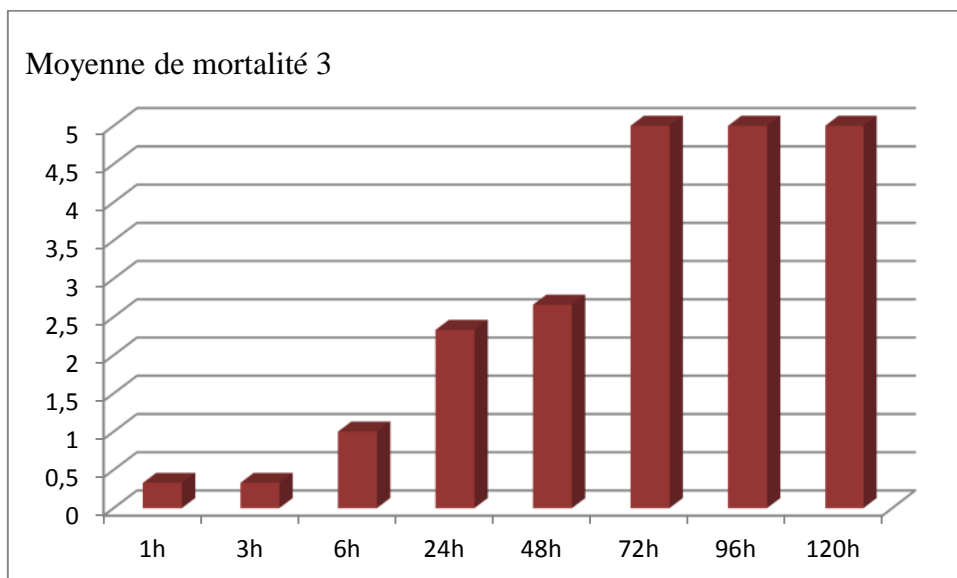
L'effet de l'huile essentielle du clou de girofle appliqué par inhalation à la dose 2 $\mu$ l sur les adultes de *T. castaneum* est illustré dans la figure suivante :



**Figure 14 :** moyenne de mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation par l’huile essentielle du clou de girofle à la dose 2µl.

A la dose 2µl, la moyenne de mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* traités par l’huile essentielle du clou de girofle est de 0,33 à la 1<sup>ère</sup> H, puis s’accroît jusqu’à 4,66 à 72H, et atteint la totalité à 120H.

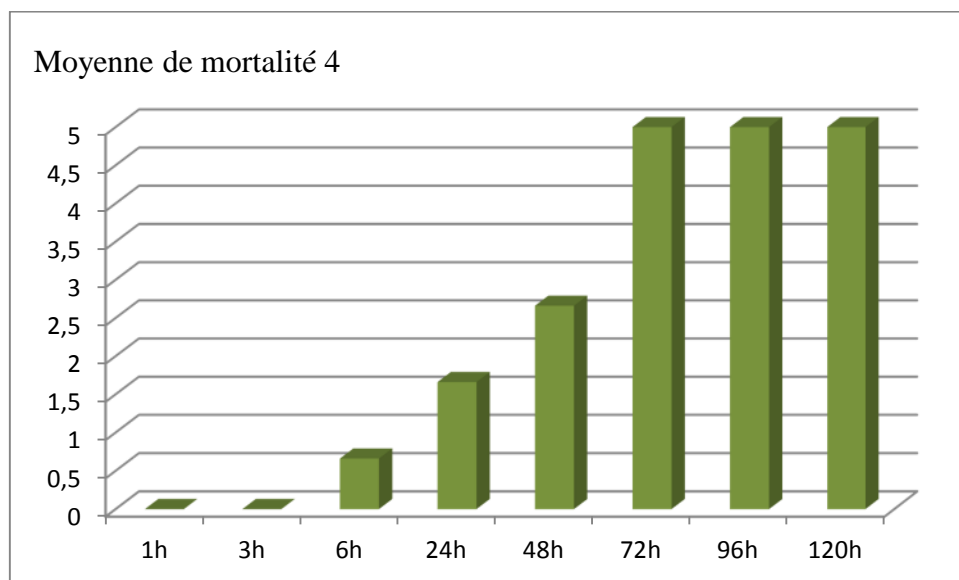
L’effet de l’huile essentielle du clou de girofle appliqué par inhalation à la dose 3µl sur les adultes de *T. castaneum* est illustré dans la figure suivante :



**Figure 15 :** moyenne de mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation par l’huile essentielle du clou de girofle à la dose 3µl.

La moyenne de mortalité des adultes de *T. castaneum* traités par l'huile essentielle du Clou de girofle à la dose 3 $\mu$ l est de 0.33 à la 1<sup>ère</sup> H. elle s'accroît jusqu'à 2.33 à 24H, pour atteindre la totalité de 5 individus à 72H.

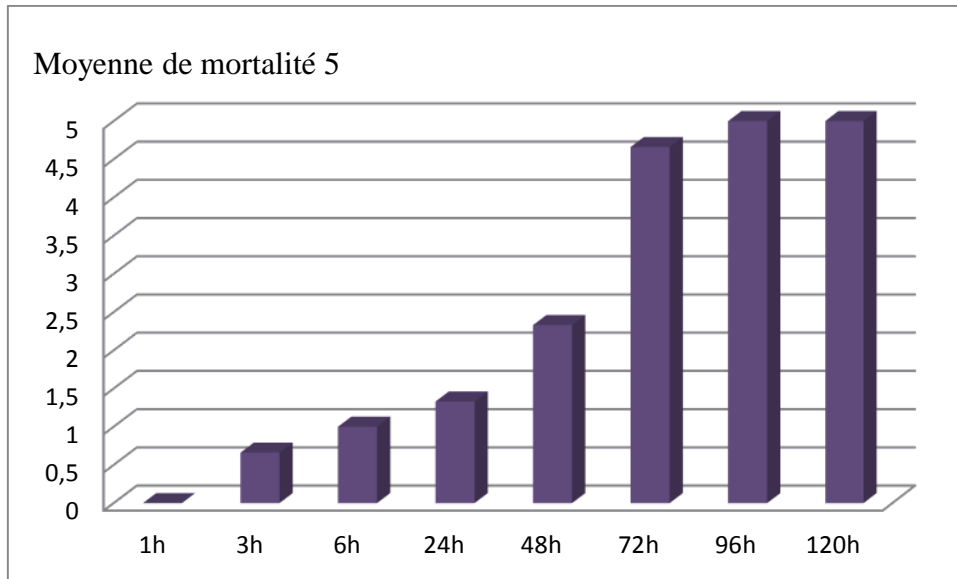
L'effet de l'huile essentielle du clou de girofle appliqué par inhalation à la dose 4 $\mu$ l sur les adultes de *T. castaneum* est illustré dans la figure suivante :



**Figure 16 :** moyenne de mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation par l'huile essentielle du clou de girofle à la dose 4 $\mu$ l.

A la dose 4 $\mu$ l, la moyenne de mortalité des adultes de *T. castaneum* traités par l'huile essentielle du Clou de girofle est nulle à la 1<sup>ère</sup> et la 3<sup>ème</sup> H, à la 6<sup>ème</sup> H, la moyenne est de 0.66, et au bout de 72H, elle atteint la moyenne de 5 individus.

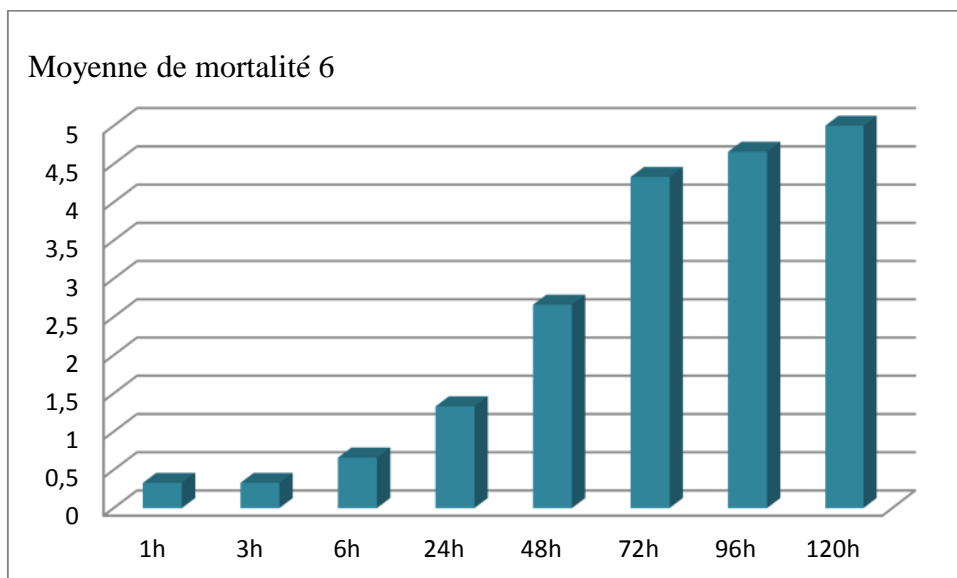
L'effet de l'huile essentielle du clou de girofle appliqué par inhalation à la dose 5 $\mu$ l sur les adultes de *T. castaneum* est illustré dans la figure suivante :



**Figure 17 :** moyenne de mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation par l’huile essentielle du clou de girofle à la dose 5µl.

Les adultes de *T. castaneum* traités par l’huile du clou de girofle, expriment une mortalité à la dose de 5µl d’une moyenne de 1 à la 6<sup>ème</sup> H, à 48H la moyenne de mortalité est de 2.33, et s’accroît pour atteindre 5 à 96H.

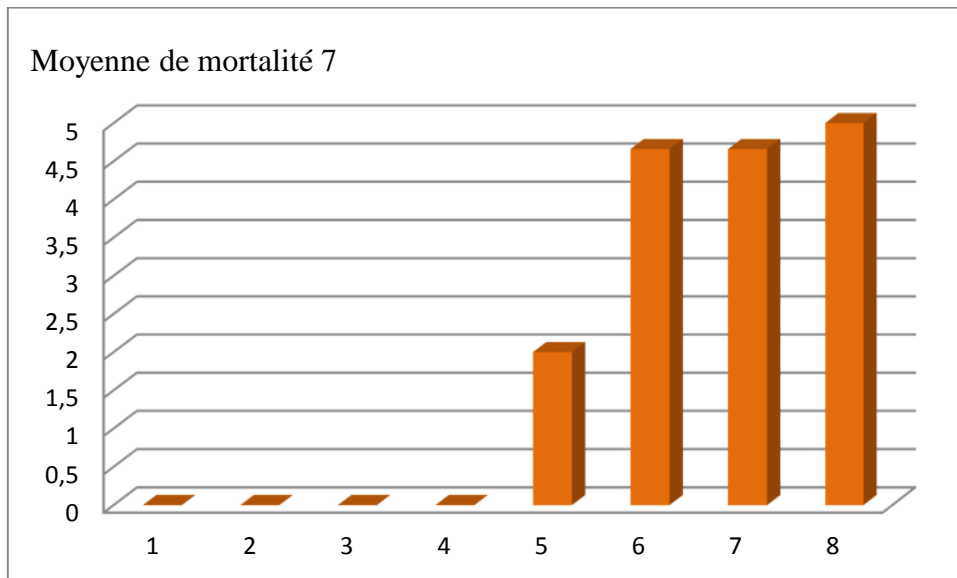
L’effet de l’huile essentielle du clou de girofle appliqué par inhalation à la dose 6µl sur les adultes de *T. castaneum* est illustré dans la figure suivante :



**Figure 18 :** moyenne de mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation par l’huile essentielle du clou de girofle à la dose 6µl.

La moyenne de mortalité des adultes de *T. castaneum* traités par l'huile essentielle du clou de girofle à la dose 6 $\mu$ l est de 0.33 à la 1<sup>ère</sup> H, puis s'accroît à 2.66 à 48H, et atteint la moyenne de 5 à 120H.

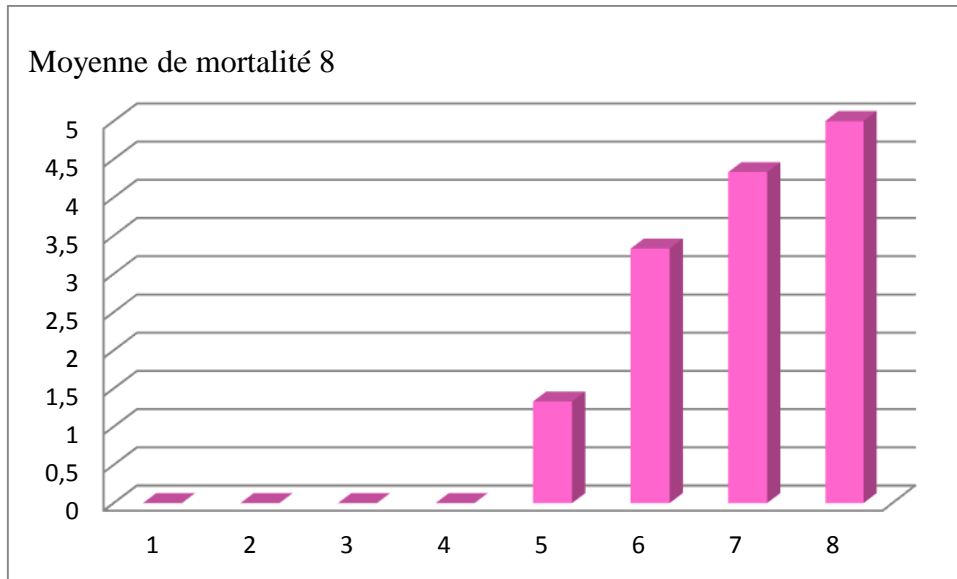
L'effet de l'huile essentielle du clou de girofle appliqué par inhalation à la dose 7 $\mu$ l sur les adultes de *T. castaneum* est illustré dans la figure suivante :



**Figure 19 :** moyenne de mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation par l'huile essentielle du clou de girofle à la dose 7 $\mu$ l.

La moyenne de mortalité des adultes de *T. castaneum* traités par l'huile essentielle du clou de girofle est nulle de la 1<sup>ère</sup> H à 24H, à la dose 7 $\mu$ l, à partir de 48H, la moyenne est de 2. Elle s'accroît par la suite pour atteindre la moyenne de 5 à 120H.

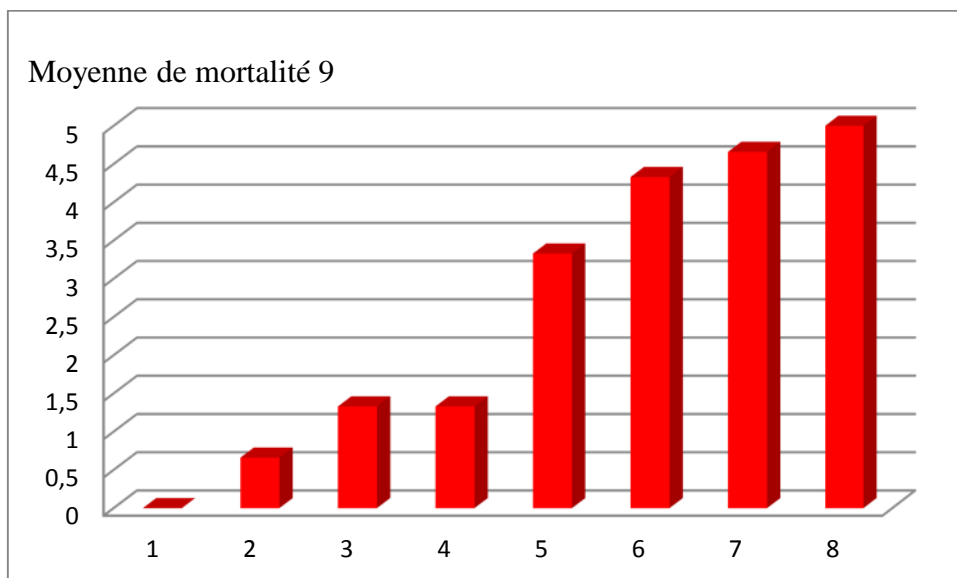
L'effet de l'huile essentielle du clou de girofle appliqué par inhalation à la dose 8 $\mu$ l sur les adultes de *T. castaneum* est illustré dans la figure suivante :



**Figure 20 :** moyenne de mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation par l’huile essentielle du clou de girofle à la dose 8µl.

A la dose 8µl, la moyenne de mortalité des adultes du *Tribolium castaneum* traités par l’huile essentielle du clou de girofle est nulle de la 1<sup>ère</sup> H à 24H, et atteint la moyenne de 3.33 à 72H, et la moyenne de 5 à 120H.

L’effet de l’huile essentielle du clou de girofle appliqué par inhalation à la dose 9µl sur les adultes de *T. castaneum* est illustré dans la figure suivante :

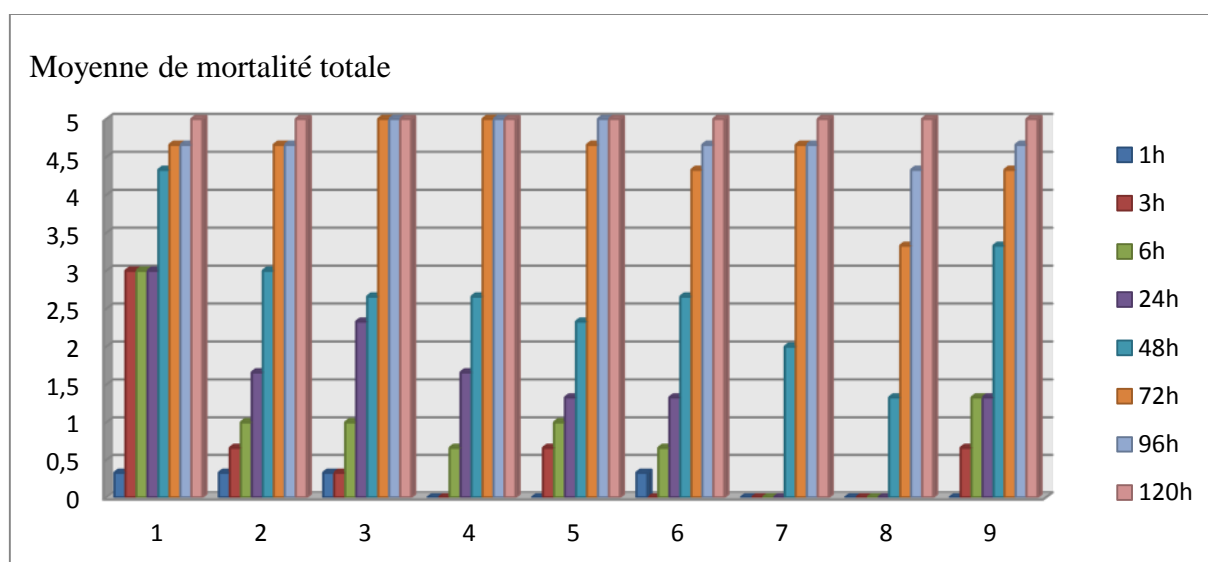


**Figure 21 :** moyenne de mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation par l’huile essentielle du clou de girofle à la dose 9µl.

Les adultes de *T. castaneum* traités par l'huile essentielle du clou de girofle à la dose 9 $\mu$ l, expriment une mortalité à partir de la 3<sup>ème</sup> H avec 0.66 de moyenne, qui s'accroît avec le temps pour atteindre la moyenne de 3.33 à 48H, et au bout de 120H, la mortalité totale des insectes est observée, avec une moyenne de 5 individus.

Les adultes de *T. castaneum* traités par l'huile essentielle du clou de girofle à différentes doses expriment une mortalité qui évolue selon les doses et le temps.

L'effet de l'huile essentielle du clou de girofle appliqué par inhalation aux différentes doses (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, et 9 $\mu$ l) sur les adultes de *T. castaneum* est illustré dans la figure suivante :



**Figure 22 :** moyenne de mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation par l'huile essentielle du clou de girofle aux différentes doses (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, et 9 $\mu$ l).

A la 1<sup>ère</sup> H d'exposition des adultes de *T. castaneum* aux doses 1, 2, 3, et 6 $\mu$ l de l'huile essentielle du Clou de girofle, la moyenne de mortalité est de 0.33 pour chaque dose.

Après 3H d'exposition à l'huile essentielle du clou de girofle, les adultes de *T. castaneum* expriment une moyenne de mortalité de 0.66 aux doses 2, 5, et 9 ; et une moyenne de 3 à la dose 1 $\mu$ l.

Après 6H d'exposition à l'huile essentielle du clou de girofle, les adultes de *T. castaneum* expriment une moyenne de mortalité de 1 aux doses 2, 3, et 5 $\mu$ l ; et aux doses 4 et 6 $\mu$ l la moyenne et de 0.66, et à la dose 9 $\mu$ l la moyenne de mortalité est de 1.33.

La moyenne de mortalité des adultes de *T. castaneum* traités par l'huile essentielle du clou de girofle après une exposition de 24H est de 1.33 aux doses 5, 6 et 9 $\mu$ l ; et 1.66 aux doses 2 et 4 $\mu$ l ; et à la dose 3 $\mu$ l, la moyenne est de 2.66.

Après une période d'exposition de 48H des adultes de *T. castaneum* , à l'huile essentielle du clou de girofle, la moyenne de mortalité est de 1.33 à la dose 8 $\mu$ l ; et 2 à la dose 7 $\mu$ l ; aux doses 3, 4, et 5 $\mu$ l la moyenne de mortalité est de 2.66 ; et 4.33 à la dose 1 $\mu$ l.

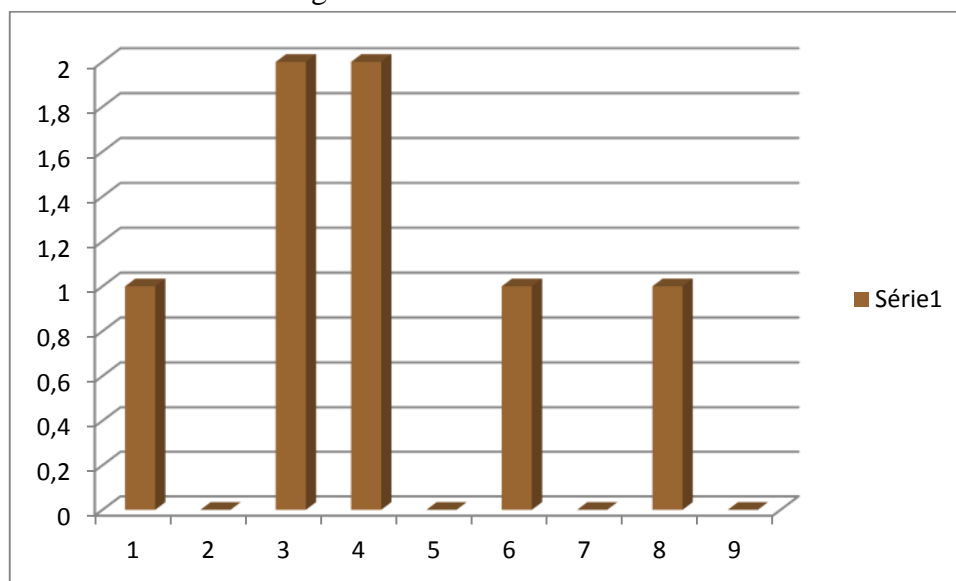
Les adultes de *T. castaneum* traités par l'huile essentielle du clou de girofle expriment des moyennes de mortalité après une exposition de 72H, aux doses 1, 2, 5, et 7 $\mu$ l la moyenne est de 4.66 ; aux doses 6 et 9 $\mu$ l la moyenne est de 4.33 ; et aux doses 3 et 4 $\mu$ l la moyenne de mortalité est de 5 individus.

Après une exposition de 96H, des adultes de *T. castaneum* à l'huile essentielle de clou de girofle, la moyenne de mortalité est de 4.66 aux doses 1, 2, 6, 7, et 9 $\mu$ l, et aux doses 3, 4, et 5 $\mu$ l la moyenne est de 5 individus.

La moyenne de mortalité des adultes de *T. castaneum* traités par l'huile essentielle du clou de girofle, après une exposition de 120H est de 5 individus.

### 1. 2. Effet de l'huile essentielle du clou de girofle sur les adultes du *T. castaneum* par répulsion

L'effet répulsif de l'huile essentielle du clou de girofle à l'égard des adultes de *T. castaneum* est illustré dans la figure suivante :



**Figure 23 :** Effet de l'huile essentielle du clou de girofle par répulsion aux différentes doses (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, et 9 $\mu$ l) sur les adultes du *T. castaneum*.

Il ressort des résultats obtenus que les doses 3 et 4  $\mu$ l expriment un effet répulsif marqué avec une moyenne de 2, par rapport aux doses 2, 5, 7, et 9 qui n'exprime aucun effet répulsif (nul).

Cela est confirmé par le protocole de Mc Donald qui vient classer l'huile essentielle à un taux faible et ce même à la dose 3 et 4  $\mu$ l qui expriment une répulsion moyenne, les autres doses sont faiblement répulsifs voire nuls.

### 2. Discussion

Les résultats des tests réalisés sur le *Tribolium castaneum* par inhalation de l'huile essentielle de clou de girofle ont montré l'inefficacité de cette huile et l'absence de doses létales, mais cela n'empêche pas la présence de quelques taux faibles de mortalité chez les individus de *Tribolium castaneum* soumis à l'inhalation de différentes doses de clou de girofle (*Eugenia aromatica*).

Avec un taux maximum de mortalité de 5 individus à une dose de 3  $\mu$ l de l'huile du clou de girofle durant une période de 72H.

Cela signifie que le *Tribolium castaneum* a réagi à une dose moyenne de l'huile essentielle du clou de girofle et qui de ce fait a eu l'effet le plus toxique des neuf doses et au bout d'une période moyenne de 72H, ce qui prouve l'effet du temps sur l'efficacité de l'huile essentielle. Dans notre étude les résultats indiquent que pour avoir un effet souhaité grâce à l'huile essentielle qui est la plus toxique agit au fil du temps et non pas dans l'immédiat, ce qui réduit l'efficacité d'une huile.

Cela ne nous empêche pas pour autant de constater tout de même que l'huile essentielle du clou de girofle (*Syzygium aromaticum*) possède bien un effet pesticide mais d'une faible toxicité à l'égard de *Tribolium castaneum* par inhalation en raison d'un taux de mortalité moyenne dans plusieurs bocal, à certaines doses et sur quelques périodes.

Les résultats des tests sur *Tribolium confusium* par inhalation de l'huile essentielle de clou de girofle effectués par Amrani (2018), ont montré l'inefficacité de cette huile et l'absence de doses létales, mais il y a quelques taux faibles et rares de mortalité de ces individus.

Les travaux de Boudjema et Boubeki (2016), sur l'effet insecticide par inhalation des huiles essentielles à l'égard des adultes de *Tribolium castaneum*, ont montré que le taux de mortalité de cet insecte augmente proportionnellement avec la dose des huiles essentielles testées et la durée d'exposition.

Selon Tirakmet (2015), les huiles essentielles de *C. arvensis* et *C. fuscatum* ont un effet très significatif sur la réduction de la longévité de *T. castaneum*, qui devient plus intéressant aux fortes concentrations.

Les résultats du test de répulsion réalisé par l'huile essentielle du clou de girofle à l'égard du *T. castaneum* ont montrés que cette huile a une activité répulsive moyennement faible à l'égard de notre insecte.

Les doses 3 et 4 $\mu$ l ont marquées le taux de répulsivité le plus élevé avec un pourcentage de 40%. Cela signifie que le *T. castaneum* a réagi à une dose moyenne de l'huile essentielle du clou de girofle et de ce fait a eu l'effet répulsif le plus élevé des neufs doses durant la même période d'exposition (1H).

Contrairement aux résultats obtenus par notre étude, plusieurs travaux qui dans le même contexte ont montrés que l'activité répulsive des huiles essentielles étudiées augmentais au fur et à mesure que les doses augmentaient.

Les travaux de Mediouni Benjemâa et ses collaborateurs (2012) sur les propriétés répulsives de l'huile essentielle de *Laurus nobilis* de différentes provenances (Algérie, Tunisie, Maroc) ont montrés une activité répulsive significative, après une durée d'exposition d'une heure sur les adultes de *Tribolium castaneum*.

De même, les travaux de Tirakmet (2015), ont montré que les huiles essentielles de deux *Astéracées* *Calendula arvensis* et *Chamaemelum fuscatum* étaient répulsives, les taux de répulsion étaient de 72 à 73% après trois heures d'exposition.

Casida (1999) a rapporté que les effets répulsifs de ces huiles essentielles pourraient dépendre de sa composition chimique et du niveau de sensibilité des insectes.

Les résultats du test de répulsion réalisé par Boudjema et Boubeki (2016) ont montrés que les deux huiles de *Artemisia arborescens* et *Lavandula angustifolia* se sont montrées répulsives à l'égard des adultes de *Tribolium castaneum* même à plus faible dose (5 $\mu$ l).

# Conclusion

Notre étude rentre dans le cadre de la lutte biologique, en utilisant des substances naturelles telle que les huiles essentielles, qui sont non polluantes et constitue une lutte moins nocive et plus raisonnée mais également plus respectueuse envers l'environnement et la santé humaine.

Dans ce travail, nous avons évalué l'effet insecticide par inhalation et répulsion de l'huile essentielle du clou de girofle à l'égard du *Tribolium castaneum* ravageur secondaire des denrées stockées.

Les résultats du test par inhalation, ont montré l'inefficacité de l'huile essentielle du clou de girofle, et l'absence de doses létales. Quant à l'effet par répulsion, les résultats des tests ont été moyennement faibles.

Par inhalation, le taux maximum de mortalité des 5 individus du *T. castaneum* traités par l'huile essentielle du clou de girofle a été marqué à la dose 3 $\mu$ l, après une durée d'exposition de 72H.

Par répulsion, le taux de l'effet répulsif le plus élevé a été marqué aux doses 3et 4 $\mu$ l de l'huile essentielle du clou de girofle avec un pourcentage de 40%.

En conclusion de l'étude menée sur l'effet de l'huile essentielle du clou de girofle (*Eugenia aromatica*) sur la longévité des adultes de *Tribolium castaneum* se révèle non prometteuse en matière de mortalité ou bien de lutte biocide par rapport à ce ravageur étant donné que les résultats satisfaisant permettant de réguler les populations de ce ravageur à un taux de mortalité considérable.

# Références bibliographiques

- 1) **ALI-AHMED J, (1996)**. Bioécologie de la Cochenille du figuier. *Céroplastes ruscil* (Homoptera Lecanidae) dans un verger de figuiers de la région de Sidi-Naâmane (Tizi-Ouzou). Mémoire de Magister. Uni. Tizi-Ouzou. 109p.
- 2) **AMRANI T, (2018)**. Etude de l'effet bio-insecticide de l'huile essentielle de Clous de Girofle (*Eugenia aromatica*) vis-à-vis d'un ravageur des denrées stockées (coléoptère; ténébrionidé) *Tribolium confusum*. Mémoire de Master. Uni. Tizi-Ouzou. 60p.
- 3) **ANONYME 1, (2022)**. Fiquier. Com.
- 4) **ANONYME 2, (2022)**. Portail agricole, le Fiquier, 1p.
- 5) **ANONYME 3, (2022)**. Inpmn. mnhn. Fr.
- 6) **ASSOCIATION À VOCATION INTERPROFESSIONNELLE DE L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE, (2017)**. Conduite du figuier en agriculture biologique. Fiche technique, 21p.
- 7) **BACHI K, (2012)**. Etude de l'infestation de différentes variétés de figuier *Ficus carica* par la mouche méditerranéenne des fruits, *Ceratitis capitata* (diptera, trypetidae). Effet des huiles essentielles sur la longévité des adultes. Mémoire de Magister. Uni. Tizi-Ouzou, 165p.
- 8) **BELAID J, (2017)**. Algérie : la culture du figuier (A chaque maison algérienne, son figuier). Collection Brochures Agronomiques, Edition 1, Alger, 10p.
- 9) **BONNETON F, (2010)**. Quand *Tribolium* complémente la génétique de la drosophile. Medecine/Sciences (Vol : 297-303).
- 10) **BOUDJEMA L et BOUBEKI D, (2016)**. Evaluation de l'activité de deux bio-insecticides à base d'huile essentielle et comparaison de leurs efficacités par rapport à un insecticide de synthèse sur le *Tribolium castaneum*. Mémoire de Master. Uni. Tizi-Ouzou. 96p.
- 11) **BOUKHATEM M.N, FERHAT A, KAMELI A. , (2019)**. Méthodes d'extraction et de distillation des huiles essentielles : Revue de littératures. Agrobiologia 9 (2) : 1653-1659.
- 12) **CAMARA A, (2005)**. Lutte contre *Sjtophylus oryzae L.* (coleoptera: curculionidae) et *Triboljum castaneum* herbst (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 du Québec à Montréal. 174p.

- 13) **CASIDA JE., (1999).** Minor structural changes in nicotinoid insecticides confer differential subtype selectivity for mammalian nicotinic acetylcholine receptors. *Br. J. Pharmacol.* 127:115–22.
- 14) **CRÉPON K et CABACOS M, (2020).** Méthodes de lutte physique dans un itinéraire de stockage sans insecticide : intérêts et limites. *Phloeme – 2eme biennales de l’innovation cerealiere : session thématique 2 : Produire des qualités adaptées à la diversité des attentes des consommateurs*, Boigneville ; 157-166p.
- 15) **CRUZ JF, HOUNHOUGAN DJ et FLEURAT-LESSARD F, (2016).** La conservation des grains après récolte. *Agriculture tropicale en poche*. Edition Quae, CTA, Presses agronomiques de Gembloux. 251p.
- 16) **DELOBEL A et TRAN M, (1993).** Les coléoptères des denrées entreposées dans les régions chaudes. Edition Orstom. Paris.442p.
- 17) **DJILALI S et IHDENE T, (2018).** Effets des extraits de l’Asphodèle sur *Tribolium castaneum*. Mémoire de Master, 59p.
- 18) **EL BOUZIDI S, (2002).** Le figuier : histoire rituel et symbolisme en Afrique du Nord. In : *Dialogues d’histoire ancienne*, vol. 28, n° 2. : 103- 120p.
- 19) **GUEYE A. C, DIOME T, THIAW C, et SEMBENE M, (2015).** Évolution des paramètres biodémographiques des populations de *Tribolium castaneum* H. (Coleoptera, Tenebrionidae) inféodé dans le mil (*Pennisetum glaucum Leek*) et le maïs (*Zea mays L.*). *Journal of Applied Biosciences*, Vol : 90:8355– 8360.
- 20) **GUODJIL S et MAMAI T, (2017).** Possibilité de formation d’un sirop anti diarrhéique a base de figes sèches, *Pulicaria odora* et *Zizyphus jujuba*. Mémoire de Master. Uni. Tizi-Ouzou, 83p.
- 21) **MEDEOUNI BENEMÂA J., HAOUEL S., BOUAZIZ M. et KHOUJAM L., (2012).** Seasonal variations in chemical composition and fumigant activity of five Eucalyptus essential oils against three moth pests of stored dates in Tunisia.- *Journal of Stored Product and Research*, 48: 61-67.
- 22) **MINISTERE FRANCAIS DES AFFAIRES ETRANGERES, (2003).** L’extraction des huiles essentielles de girofle, dossier documentaire. Madagascar, 7p.
- 23) **NDIAYE DSB. , (1999).** Manuel de stockage et de conservation des céréales et des oléagineux. Cellule Centrale d’Appui Technique PADER II. gembloux, 61p.
- 24) **OUAOUICH A et CHIMI H, (2005).** Guide du sécheur de figuier, Organisation des Nations Unies pour le développement industriel. 1<sup>ère</sup> édition, 28p.

- 25) **OUKABLI A et HAMOUNI A, (2008)**. Figuier *Ficus carica* L. : Installation et conduite technique de la culture. Fiche technique. Institut National de la Recherche Agronomique. Maroc, 5p.
- 26) **RAZAFIMAMONJISON G, BOULANGER R, JAHIEL M, RAKOTOARISON M, SANDRATRINIAINA R, RASOARAHONA J, RAMANOELINA P, FAWBUSH F, LEBRUN M, et DANTHU P, (2016)**. Pour l'optimisation de la qualité des produits du giroflier de Madagascar (clous et huiles essentielles) : étude des facteurs de leurs variabilités. Agrotop. Cirad, 37p.
- 27) **SARL, MYRTEA FORMATIONS, (2005)**. Monographie huile essentielle *Eugenia caryophyllus*. L'AROMATEQUE, 6p.
- 28) **TADEKKART I et AIT BENALI S, (2019)**. Caractérisations Biochimique et Rhéologique des feuilles de figuier. Optimisation d'extraction des substances bioactives. Mémoire de Master .Uni. Tizi-Ouzou, 106p.
- 29) **TIRAKMET S, (2015)**. Étude comparative entre l'activité insecticide des huiles essentielles extraites à partir de deux espèces de la famille des Astéracées récoltées dans la région de Makouda et l'activité insecticide d'un pesticide organique de synthèse sur le ravageur secondaire du blé tendre stocké *Tribolium castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidea). Mémoire de Master .Uni. Tizi-Ouzou, 123p.
- 30) **TRIMETA AGRO FOOD, (1990)**. L'huile essentielle de Clou de Girofle. Madagascar, 1p.
- 31) **U. S. AGR. RESEARCH SERVICE, (1968)**. Les ravageurs des grains entreposés. Food production and nutrition, Agency for international development. Washington. C. C. 20523. 57p.
- 32) **VIDAUD J, (1997)**. Le figuier monographie, Edition centre technique interprofessionnel des fruits et légumes, Ctifl (Paris), pp 263.

Le moyen le plus efficace et le plus utilisé pour la lutte contre les ravageurs des denrées stockées est la lutte chimique qui consiste en l'utilisation des produits phytosanitaires, mais malgré leur efficacité, ils provoquent des problèmes de résistances chez les insectes, et entraînent des effets nocifs sur l'environnement et la santé humaine, en plus des problèmes de disponibilité et de coût. Pour cela, les chercheurs sont orientés vers la recherche de substances naturelles non polluantes dans le cadre d'une lutte biologique moins nocive et plus raisonnée, plus précisément les huiles essentielles. Notre étude est menée pour évaluer la longévité du *Tribolium castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidae) ravageur secondaire des figes sèches traité par l'huile essentielle du clou de girofle *Syzygium aromaticum* par inhalation et par répulsion, dans le but de rechercher de nouveaux produits bioactifs naturels susceptibles d'être utilisés en lutte biologique contre l'insecte. L'huile essentielle du clou de girofle a été utilisée à différentes concentrations contre les adultes de *T. castaneum*, afin d'étudier son effet de toxicité sur la longévité de ce prédateur. Les résultats du test d'inhalation révèlent que l'huile essentielle du clou de girofle est inefficace, et l'absence de doses létales, et le taux maximum de mortalité des individus traités a été marquée à la dose 3 $\mu$ l après une durée d'exposition de 72H, quant à l'effet par répulsion, les résultats des tests ont été moyennement faibles, et le taux le plus élevé a été marqué aux doses 3 et 4 $\mu$ l de l'huile essentielle du clou de girofle avec un pourcentage de 40%. Ces études révèlent que l'activité insecticide de l'huile essentielle du clou de girofle sur les adultes de *T. castaneum* est non prometteuse en matière de mortalité ou bien de lutte biocide par rapport à ce ravageur étant donné que les résultats satisfaisants permettant de réguler les populations de ce ravageur à un taux de mortalité considérable.

The most effective and widely used method for the fight against food pests stored is chemical control, which consists of the use of phytosanitary products, but despite their effectiveness, they cause resistance problems in insects, and lead to harmful effects on the environment and human health, in addition to problems of availability and cost. For this, researchers are oriented towards the search for non-polluting natural substances within the framework of a less harmful and more reasoned biological fight, more precisely essential oils. Our study is conducted to evaluate the longevity of *Tribolium castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidae) secondary pest of dried figs treated with the essential oil of clove *Syzygium aromaticum* by inhalation and repulsion, with the aim of finding new natural bioactive products likely to be used in biological control against the insect. Clove essential oil was used at different concentrations against adults of *T. castaneum*, in order to study its toxic effect on the longevity of this predator. The results of the inhalation test reveal that clove essential oil is ineffective, and the absence of lethal doses, and the maximum mortality rate of treated individuals was marked at a dose of 3 $\mu$ l after a period of exposure of 72H, as for the effect by repulsion, the results of the tests were moderately weak, and the highest rate was marked with the doses 3 and 4 $\mu$ l of the essential oil of clove with a percentage of 40%. These studies reveal that the insecticidal activity of clove essential oil on adults of *T. castaneum* is not promising in terms of mortality or biocidal control of this pest given that the satisfactory results making it possible to regulate populations of this pest to a considerable mortality rate.