

République Algérienne Démocratique Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.

UNIVERSITE MOULOUDMAMMARI DE TIZI-OUZOU
Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques

Département d'Agronomie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Science Agronomique

Option : Protection des végétaux.

THÈME

***Effet biocide de l'huile essentielle de géranium
Pelargonium graveolens a l'égard du Tribolium
castaneum (Coleoptéra : Tenebrionidae), ravageur
secondaire des figes sèches***

Présenter par :

M^{lle} SAHEB Soumia.

M^{lle} SAHOULI Chahira.

Devant les jurys :

Présidente : Mme LAKABI L

MCA

UMMTO

Promotrice : M^{lle} GUERMAH D

MCB

UMMTO

Examinatrice : Mme MEDJDOUB- BENSAAAD F

Professeur

UMMTO

Promotion : 2021/2022

Remerciements

Ce mémoire n'aurait pas pu être ce qu'il est, sans l'aide d'ALLAH qui nous a donné la force la volonté, la santé, le courage et la patience afin de l'accomplir

Dieu merci

Nous tenons à exprimer nos plus profonds remerciements et notre sincère gratitude à notre promotrice, Mme **Geurmah D.** Professeur à l'UMMTO, qui a su, à sa manière, nous conseiller et nous guider dans la réalisation de ce travail. Nous la remercions aussi pour sa gentillesse et sa disponibilité, et aussi pour sa vision toujours très claire de notre travail.

Nous remercions chaleureusement les membres de ce jury :

- Mme LAKABI L. maître de conférences classe A à l'UMMTO pour avoir eu l'amabilité de présider le jury de ce travail.
- Mme MEDJDOUB-BENSAAD F. professeur à l'UMMTO pour avoir accepté de juger ce modeste travail, et pour son soutien et son accueil au laboratoire.

Que toute personne ayant participé de près ou de loin dans l'élaboration de ce travail, trouve ici l'expression de nos très vifs remerciements.



Louange DIEU tout puissant, qui m'a permis de voir ce jour tant attendu, et de réaliser ce modeste travail que je dédie à mes plus chers êtres au monde :

- ♥ *A la lumière de mes jours, la source de tendresse et d'amour, la flamme de mon cœur, la plus merveilleuse et la plus courageuse des mères du monde, ma vie et mon bonheur; Maman que j'adore. Que Dieu la protège à chaque moment.*
- ♥ *A mon pilier, mon soutien moral et source de joie, mon cher papa, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le respect que j'ai pour toi, rien au monde ne vaut les efforts que tu as fournis pour mon éducation et mon bien être. Que Dieu le protège.*
- ♥ *À mes chères sœurs, âmes sœurs, ROKIA et MARIA, merci d'être toujours à mes côtés, que Dieu vous accorde une bonne santé et une longue vie.*
- ♥ *À mon cher frère Mohamed Dhiaeddine, que ce travail soit un témoignage de mon affection et de mon profond respect pour toi, que Dieu te bénisse.*
- ♥ *À mes neveux BARAE et HAITHEM, et à ma nièce AMANI, que Dieu vous protège et vous bénisse.*
- ♥ *À toi mon binôme CHAHIRA.*
- ♥ *À mes copines adorés, CHAHIRA, SARA.*
- ♥ *À toute ma famille et particulièrement ma chère cousine AMINA.*



Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

♥ *A Dieu tout puissant, le tout miséricordieux qui ne m'a jamais abandonné.*

♥ *A celui que je ne pourrai contrarier parce qu'il est l'espoir, que je ne pourrai remercier car il est le plus cher... Merci pour ta confiance, ta patience et ta bienveillance. A toi mon cher papa.*

♥ *A celle qui a tant bercé, tant donné et tant sacrifié toi qui m'a guidé dans le droit chemin pour me voir toujours en progrès, toi qui m'est la source de lumière lorsqu'il fait que niortaise, à toi qui m'a appris que rien n'est impossible. A toi cher maman.*

♥ *A mes frères et sœur : Mourad, Kamel, Boualem, Yasmina. Et ma foi, le plus cher et affectueux 'Nadir'.*

♥ *A mes belles sœurs : Ghania, Hakima, Lydia, Patricia.*

♥ *A mes neveux et mes nièces : Hadjer, Malak, Imad Din, Mouhamed Amin, Sallah Din, Anas, Djibril, Maria.*

♥ *A mes copines dans les meilleurs comme dans le pire : Dihia ; Amel : Nesrine, Sofia, Katia, Djahid, Salia : Sara ; Houda et Fares. A toi particulièrement ma chère copine adorée Katia. ' Qui n'ont cessé de me soutenir durant toutes ces années. Et à toi Mohamed nizar et mouhamed.M. ...*

♥ *A mes tantes et oncles(Maternelle) et spécialement ma chère cousine **Lamia**.*

♥ *A toi **Soumia** ma chère binôme.*

♥ *A tout ceux qui me connaît.*

♥ **CHAHIRA** .. ♥

Liste des figures

Figure 1 : Morphologie d'une coupe longitudinale de la figue.....	04
Figure 2 : Arbre du figuier (Origine, 2022)	05
Figure 3 : Bourgeon terminal du figuier (Origine, 2022).....	06
Figure 4 : Rameaux fructifère du figuier (Origine, 2022).....	07
Figure 5 : Feuille du figuier (Origine, 2022).....	08
Figure 6 : Le fruit du figuier (Origine, 2022).....	09
Figure 7 : Le latex du figuier (Origine, 2022).....	09
Figure 8 : Tige du figuier (Origine, 2022)	10
Figure 9 : Production du figuier dans le monde (Ipigri, 2001)	11
Figure 10 : Cycle de vie du figuier <i>Ficus carica L.</i> (Anonyme, 2017).....	14
Figure 11 : Maladies et ravageurs du figuier (Scott-James, 2021)	19
Figure 12 : <i>Tribolium castaneum</i> (Anonyme, 2007).....	26
Figure 13 : Le cycle de développement de <i>T. castaneum</i> (Anonyme, 2012).....	27
Figure 14 : Le matériel de laboratoire (Origine, 2022).....	32
Figure 15 : Des figues sèches (Origine, 2022).....	33
Figure 16 : L'huile essentielle <i>Pelargonium graveolens</i> (Origine, 2022)	34
Figure 17 : La plante de géranium (Origine, 2022).....	35
Figure 18 : Test d'inhalation laboratoire d'écologie des invertébrées terrestres, (Origine, janvier 2022).	37
Figure 19 : Dispositif expérimentale du test par répulsion de l'huile essentielle de géranium à l'égard des adultes de <i>T. castaneum</i> (Original, 2022).....	38
Figure 20 : Taux moyen de mortalité en % des adultes de <i>T. castaneum</i> traité par l'huile essentielle de géranium en fonction des doses et la durée d'exposition	39
Figure 21 : Mortalité des adultes de <i>T. castaneum</i> traité par inhalation à une dose 1µl d'huile essentielle de <i>Pelargonium graveolens</i>	40

Figure 22 : Mortalité des adultes de <i>T. castaneum</i> traité par inhalation à une dose 2µl d'huile essentielle de <i>Pelargonium graveolens</i>	40
Figure 23 : Mortalité des adultes de <i>T. castaneum</i> traité par inhalation à une dose 3µl d'huile essentielle de <i>Pelargonium graveolens</i>	41
Figure 24 : Mortalité des adultes de <i>T. castaneum</i> traité par inhalation à une dose 4µl d'huile essentielle de <i>Pelargonium graveolens</i>	41
Figure 25 : Mortalité des adultes de <i>T. castaneum</i> traité par inhalation à une dose 5µl d'huile essentielle de <i>Pelargonium graveolens</i>	42
Figure 26 : Mortalité des adultes de <i>T. castaneum</i> traité par inhalation à une dose 6µl d'huile essentielle de <i>Pelargonium graveolens</i>	42
Figure 27 : Mortalité des adultes de <i>T. castaneum</i> traité par inhalation à une dose 7µl d'huile essentielle de <i>Pelargonium graveolens</i>	43
Figure 28 : Mortalité des adultes de <i>T. castaneum</i> traité par inhalation à une dose 8µl d'huile essentielle de <i>Pelargonium graveolens</i>	43
Figure 29 : Mortalité des adultes de <i>T. castaneum</i> traité par inhalation à une dose 9µl d'huile essentielle de <i>Pelargonium graveolens</i>	44
Figure 30 : Taux de répulsion % des individus de <i>T. castaneum</i> après traitement à l'huile essentielle de <i>P. graveoles</i> en fonction des doses	44

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les ravageurs qui attaquent le figuier	20
Tableau 2 : Maladies qui attaquent le figuier.....	22
Tableau 3 : Différents articles mesurés, regroupés en fonction de la partie concernée de l'insecte t. Castaneum	27
Tableau 4 : La classification de géranium selon NRSC	36
Tableau 5 : Nombre moyens de T. castaneum recensé dans les parties traitée et non traitée et le pourcentage de répulsion de l'huile essentielle de P. graveolens.....	45

Introduction	01
--------------------	----

Chapitre I : Plante hôte du figuier

1. Généralité sur le figuier	03
2. Origine.....	03
3. Position systématique	03
4. Description de l'espèce <i>Ficus carica</i>	04
5. Description de la figue (fruit).....	04
6. Morphologie du figuier	05
6.1. Bourgeon terminal	05
6.2. Rameaux fructifié.....	06
6.3. Feuilles.....	07
6.4. L'inflorescence et la fleur	08
6.5. Fruit	08
6.7. Latex.....	09
6.8. Tige.....	10
6.9. Racine.....	10
7. Répartition géographique.....	11
7.1. Dans le monde	11
8. Production des figues en Algérie	12
9. Exigence pédoclimatique.....	12
9.1. Température	12
9.2. Humidité.....	12
9.3. Pluviométrie	13
9.4. Sol.....	13
10. Différents types de figuiers	13
10.1. Les formes horticoles	13
10.1.1. Figuiers bifères.....	13
10.1.2. Figuiers unifère	13

10.2. Caprifiguiers ou figuier sauvage	13
11. Cycle de développement	13
11.1. Figuiers mâles	14
11.2. Figuiers femelles	14
11.3 Blastophage	15
12. Cycle de reproduction	15
13. Elaboration des figes sèches.....	16
13.1. Récolte.....	16
13.2. Sèchage.....	16
13.2.1. Séchage rationnel	17
13.2.2. Séchage industriel	17
14. L'importance du secteur figuicole dans le monde.....	18
15. Les problèmes liés à la culture du figuier	18
16. Maladies et ravageurs du figuier	19
16.1. Ravageurs	20
16.2. Maladies	22

Chapitre II : Présentation de l'insecte Tribolium castaneum.

1. Introduction	25
2. Position systématique	25
3. Origine et répartition géographique	25
4. Description de l'insecte Tribolium castaneum.....	25
4.1. Œufs.....	5
4.2. Larve.....	26
4.3. Nymphe	26
4.4. Adulte	26

5. Le cycle de développement	26
6. Facteurs écologiques agissant sur le développement de <i>Tribolium castaneum</i>	28
6.1. Facteurs extrinsèques	28
6.1.1. Effet sur la longévité	28
6.1.2. Effet sur l'oviposition.....	28
6.1.2. Effet sur l'oviposition.....	28
6.1.3 Effet sur le développement.....	28
6.1.4. Effet sur le régime alimentaire	29
6.2. Facteurs intrinsèques	29
6.2.1. Effet de masse chez le <i>T. castaneum</i>	29
7. Dégâts et importance économique	29
8. Moyens de lutte contre le <i>Tribolium castaneum</i>	29
8.1. Lutte préventive.....	29
8.1.1. Protection des locaux de stockage.....	30
8.1.2. Protection de la durée	30
8.2. Lutte curative.....	30
8.2.1. Méthodes traditionnelles	30
8.2.1.1. Minéraux	30
8.2.1.2. Insolation	31
8.2.2. Lutte moderne	31
8.2.2.1. Lutte physique	31
8.2.2.2. Lutte chimique.....	31

Chapitre III : Matériel et Méthodes

1. Objectif.....	32
------------------	----

2. Matériels et méthodes.....	32
3. Matériels de laboratoire.....	32
4. Matériels animal.....	33
5. Matériels végétale	33
5.1. Figuier sèche	33
5.2. Huile essentielle	33
5.2.1. Définition de l'huile essentielle.....	34
5.2.2. Le géranium rosat (Pelargonium graveolens)	34
5.2.3. L'histoire de l'huile essentielle de géranium rosat.....	35
5.2.4. Classification classique de géranium rosat.....	35
6. Composition chimique	36
7. Test d'inhalation.....	36
8. Test par répulsion	37

Chapitre IV : Résultats et discussions

1. Effet toxique de l'huile essentielle sur le Tribolium castaneum par inhalation.....	39
2. Effet répulsif de l'huile essentielle.....	44
3. Discussion	46
Conclusion.....	49
Référence	50

Résumé

Introduction

Introduction

Le figuier, *Ficus carica* L., ou figuier commun est un arbre fruitier de la famille des Moraceae du genre *Ficus* et dont le nom scientifique est *Ficus carica* L ; il est considéré comme une espèce caractéristique du secteur méditerranéen ou sa culture et son utilisation constituent une tradition antique. Il est également développé dans les régions des Etats-Unis et du Chili et dans une faible mesure en Inde, en Chine et au Japon (CHAWALA et al., 2012). Le figuier est une plante étrange dont on ne voit jamais les fleurs, elle représente depuis les temps les plus anciens, un symbole de richesse et de fertilité. Elle est facile à bouturer, et à cultiver, donnant ainsi chaque année une production abondante.

La figue est un fruit très anciennement connue dans le monde. Cité dans la sourate « Ahine » du coran (Allahyari et al., 2014).

La figue fraîche est très rapidement périssable à température ambiante, elle peut se conserver au réfrigérateur une semaine au maximum (EL KHALOU, 2010). Pour éviter ces pertes dues à sa sensibilité, la figue est séchée dans le but de prolonger sa durée de stockage et de permettre une consommation ultérieure (Vinson, 1999). Elle peut être séchée soit par des moyens traditionnels (séchage solaire) ou dans des séchoirs mécaniques (Karathanos et Belessiotis, 1997).

En Algérie, le figuier s'adapte à toutes les catégories bioclimatique, il s'étend du littoral jusqu'à plus de 1000m d'altitude. Les figueraies se rencontrent en Oranie, à Mascara, et à Constantine ; mais l'essentiel de la culture se localise en Kabylie à savoir à Bèjaia et à Tizi-Ouzou.

Le figuier est menacé par les attaques d'insectes et des maladies capables de provoquer la chute des feuilles et les pertes de la production. Parmi ces maladies, la mosaïque du figuier identifiée pour la première fois en 1993 (Martelli et al., 1993). Parmi les insectes ravageurs de figue sèche *Tribolium castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidae) est parmi les insectes des stocks le plus ubiquiste, le plus polyphage et le plus redoutable. Les adultes et les larves de cet insecte ne s'implantent généralement dans les graines qu'après les attaques de ravageurs primaires qui leur ouvrent la porte. Les souillures de *Tribolium castaneum* corrompent de très nombreuses denrées amylacées notamment les farines de céréales (Gueye et al., 2015)

De plus, l'usage très répandu des pesticides a entraîné l'apparition de formes des résistances chez les insectes traités (Leonard et Nagno, 2004).

Les recherches de moyens de limitation de l'utilisation de ces insecticides dangereux prennent de plus en plus d'importance. A cet effet de nombreux travaux récents se sont penchés sur la

Introduction

recherche de substances ayant des pouvoirs insecticides et respectueux de la santé humaine et de l'environnement. Que ce soit dans les pays développés ou en voie de développement, les huiles essentielles détiennent actuellement une place importante dans les systèmes de lutte, leur rôle dans la recherche phytopharmaceutique dans certains pays du monde n'est plus à démontrer (Lahlou, 2004).

En effet, les substances d'origine naturelle et plus particulièrement les huiles essentielles représentent actuellement une solution alternative de lutte pour la protection des denrées stockées.

Dans l'optique du récent intérêt grandissant pour le développement d'insecticides d'origine végétale comme alternatives aux insecticides chimiques, en formulation d'huile essentielle de *Géranium Palargonium graveolens*, est se basent sur l'étude de deux tests de toxicité à savoir inhalation et par répulsion sur les adultes d'un ravageur redoutable des denrées stockées *Tribolium castaneum*.

Dans ce contexte nous avons essayé de répondre à certaines questions d'hypothèses, à savoir :

- Quel serait l'impact des bios formulations à base d'huile essentielle de *Pelargonium graveolens* sur les adultes de *Tribolium castaneum* ?
- Est-ce que l'application des différents doses bio insecticides présents une même efficacité dans le temps ?

Afin de répondre à la problématique ainsi posée, la présente étude s'articule en trois chapitres :

- Le premier est consacré à la présentation de la plante hôte.
- Le second chapitre comporte des données bibliographiques sur l'insecte *T.castaneum*.
- Le troisième chapitre est axé sur la description de la partie expérimentale qui est la partie matérielle et méthodes utilisés.
- Dans le quatrième chapitre nous avons regroupé les résultats obtenus et leurs interprétations après une discussion.

Enfin une conclusion assortie des perspectives pour les travaux futur.

Chapitre I

Plante hôte de figuier

1. Généralités sur le figuier

Le figuier commun (*Ficus carica* L.), anciennement, connu dans le monde, l'arbre, au passé mythique, dont le nom à une qualification générique qui signifie verrue pour *Ficus* (le lait du figuier pour soigner la verrue) et *carica* fait allusion à une région en Turquie (Oukabli, 2003).

La figue peut être consommée en frais, comme aliment très nourrissant, ou servie comme produit industriel. Elle peut être aussi séchée et transformée de plusieurs manières (Oukabli, 2003).

Le figuier est un arbre fruitier de la famille de moracées qui donne de délicieux fruits comestibles appelés figes. Le figuier commun est l'emblème du bassin méditerranéen, ou il est cultivé depuis des millénaires.

2. Origine

Le figuier est probablement originaire de l'Asie occidentale et du bassin de méditerranée, son origine peut-être lié au sud Arabique où le figuier sauvage et le caprifiguier (Oukabli, 2003).

Cette espèce a été cultivée par les phéniciens, les Syriens, les Egyptiens et les Grecs dans tout le bassin méditerranéen au point où l'on pense qu'une plante indigène à ces milieux (Khadari et al, 1994).

3. Position systématique

Selon (Bady et Raj, 2011), la classification botanique du figuier est comme suit :

- Règne : végétale
- Embranchement : Phanérogames.
- Sous- Embranchement : Angiospermes.
- Classe : Dicotylédones.
- Sous-Classe : Hamamélidées.
- Série : Apétales unisexuées.
- Ordre : Urticales.
- Famille : Moracées.
- Genre : *Ficus*.
- Espèce : *Ficus carica* Linnée, 1979

4. Description de l'espèce *Ficus carica*

Le figuier est généralement un arbuste de 3 à 4 m de hauteur au tronc tortueux au port plus ou moins buissonnant à écorce grise. Certaines variétés peuvent cependant atteindre sont portées par des longs pétioles. Le limbe rugueux et velu est palmatilobé, divisé en trois, en cinq ou en sept lobes crénelés. Les fleurs sont regroupées en une inflorescence d'un type particulier appelée sycone. Les fleurs du figuier ont de nombreuses formes. L'inflorescence forme un conceptacle creux dans lequel les fleurs se développent. Ces fleurs et les fruits qui en dérivent des « akènes » constituent la chair rose. La paroi du conceptacle inflorescentiel constitue la paroi de ce faux fruit.

A maturité, les fruits, ou figes sont selon les variétés de couleur verdâtre, jaune, marron, rouge ou violet plus ou moins foncé, parfois bicolore ou strié. Un figuier adulte peut donner 100kg de figes.

5. Description de la fige (fruit)

Le figuier ne donne pas un vrai fruit (Déborah et Stéphanie, 2008), La partie comestible est communément appelée un fruit bien qu'il soit un synconium, c'est à dire une charnue, un réceptacle creux avec une petite ouverture au sommet partiellement fermé par des petites écailles (Duenas et al., 2008). La fige est alors composée d'une pellicule (peau ou épiderme), une pulpe composée d'un réceptacle contenant les graines (akènes), un ostiole (œil ou opercule) et un pédoncule (Figure 2) (Déborah et Stéphanie, 2008).

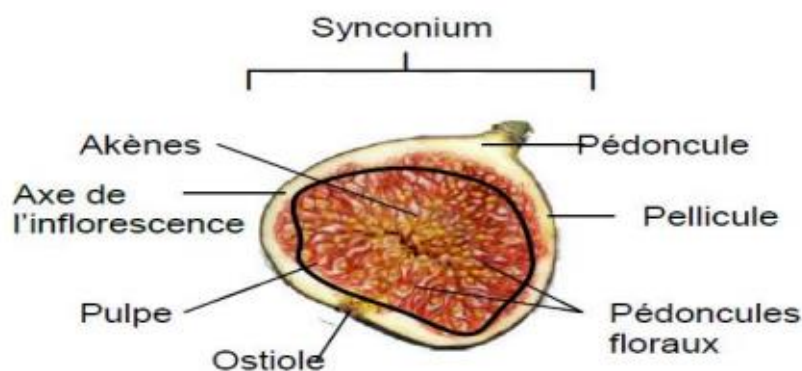


Figure 1 : Morphologie d'une coupe longitudinale de la fige (Déborah et Stéphanie, 2008)

6. Morphologie du figuier

Le figuier est un arbre pouvant atteindre 12 à 15 m de hauteur ou constituant tout au moins une forte cépée. Toutes ses parties contiennent un latex, ses feuilles sont alternes, palmées mais très polymorphes. Les fleurs sont très particulières puisqu'elles sont renfermées dans une inflorescence appelée sycone. Le fruit ou la figue proprement dite est constituée par le sycone devenu charnu après fécondation ou par parthénocarpie (Figure 2) (Bretaud et Faure, 1990).



Figure 2 : Arbre du figuier (Origine, 2022).

6.1. Bourgeon terminal

Le figuier est constitué d'un bourgeon terminal (figure 3) ce dernier 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 première feuille est généralement avortée et la suivante se développe peu. La fabrication de nouvelles pièces s'effectue durant l'été et leur nombre passe à une dizaine. L'aisselle des premières feuilles, des bourgeons axillaires sont déjà formés ; au niveau de ce bourgeon axillaire, une ébauche de figue protégée par les stipules est perceptible (Vidaud, 1997).

Le nombre de pièces présentes dans les bourgeons latéraux est différent et dépend de la position du bourgeon dans l'unité de croissance car le bourgeon est distal, plus il contient d'ébauches, au maximum 7 à 8 (Vidaud, 1997).



Figure 3 : Bourgeon terminal du figuier (Origine, 2022).

6.2. Rameaux fructifères

Le rameau est constitué d'un ensemble d'entre nœuds. Chaque nœud constitue le point d'insertion d'une feuille et des bourgeons axillaires. Leur disposition est alternée, rarement opposée sur le rameau ce qui est une spécificité de la famille des Moracées.

La fructification de la figue peut avoir lieu à l'intérieure du bourgeon terminal d'un rameau au cours de l'été, c'est le cas le cas des figues des 4 à 5 premiers nœuds de l'unité de croissance.

L'émission des figues en été (future figues d'automne) commence au moment où l'allongement de la tige et l'émission des feuilles ralentissent au début juin (Figure 4) (Vidaud, 1997).



Figure 4 : Rameaux fructifère du figuier (Origine, 2022).

6.3. Feuilles

Les feuilles du figuier sont très polymorphes, caduques, grandes et à nervation palmée. Elles sont larges (25 cm) et 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 (Vidaud, 1997), leur développement est très rapide et se disposent d'une manière alterne et rarement opposée sur le rameau le pétiole des feuilles est long et de couleur vert clair, avec une dimension variable (10 à 20cm) selon les cultivars (Figure 5) (Guitonneau, 1992).



Figure 5 : Feuille du figuier (Origine, 2022).

6.4. L'inflorescence et la fleur

L'inflorescence du figuier est très particulière. Les fleurs ne sont pas visibles à l'extérieur ; elles sont enfermées dans une sorte d'une appelée sycone qui possède une ouverture, l'ostiole, qui s'ouvre à l'opposé du court pédoncule portant les figes (Vidaud, 1997).

L'inflorescence est constituée de fleurs unisexuées qui tapissent l'intérieure de la figue, chez les individus femelles, la figue constituée de fleurs femelle dont le style est long. Chez l'individu mâle, la figue contient à la fois des fleurs femelles (brévistyle) et des fleurs mâles qui sont situées tout autour de l'ostiole (Vidaud, 1997).

6.5. Fruit

La figue est un faux fruit, ce que l'on considère comme un fruit est en réalité un réceptacle de forme concave où sont fixées un grand nombre de fleurs unisexuées. La figue est une sorte de petit sac charnu contenant un orifice, l'ostiole hermétiquement clos par des bractées imbriquées. Les véritables fruits sont les innombrables petites graines qui parsèment la chair de la figue, ce que l'on appelle « akènes » (Figure 6) (Haesslein et Oreiller, 2008).



Figure 6 : Le fruit du figuier (Origine, 2022).

6.6. Latex

Le latex est un liquide visqueux de couleur blanche. Il est largement distribué dans la plante (Kim et al. 2003). Par incision du tronc, le latex est recueilli, il coagule rapidement, filtré puis desséché, il constitue la ficine brute (Bruneton, 2009). Ainsi, le latex est constitué de caoutchouc, de résine, d'albumine, de sucre, d'acide malique, d'enzymes protéolytiques (diastase, estérase, lipase), la catalase et la peroxydase (Baby et Raj, 2011). Traditionnellement, le latex est utilisé dans le traitement de la goutte, des ulcères et des verrues (Figure 7) (Olivier et *al.*, 2010).



Figure 7 : Le latex du figuier (Origine 2022).

6.7. Tige

La tige issue de la germination du grain montre des feuilles entières qui sont de taille croissante et présente un limbe de plus en plus découpé, les lobes sont plus nombreux et profondément marqué.

La nervation de la feuille associée à ce limbe découpé est de type palmatinervé c'est-à-dire que toute la nervure principale parte d'un même point à la jonction du limbe et du pétiole.

La ramification est peut exprimer ; mais très fréquemment, on peut l'observé au niveau des toutes premières feuilles, la mise en place de nouvel tige la tige présente une moelle creuse, ce qui en fait une Particularité qui lui donne une certaine souplesse a la traction mais qui la rend soudainement cassante (Figure 8) (Claritel, 2008).



Figure 8 : Tige du figuier (Origine 2022).

6.8. Racine

Le figuier dispose de racines très développées et qui plongent profondément dans le sol pour y chercher éléments nutritifs et l'eau. C'est pour cela qu'il n'a pas besoin d'arrosage spécifiques après les deux premières années de plantation (Anonyme, 2017).

L'activité racinaire est l'un des points forts dans l'écologie du figuier, outre son grand développement qui n'est pas sans rappeler sa parenté avec les figuiers tropicaux qui ont des racines aériennes et parfois étrangleuses, la densité extraordinaire du chevelu racinaire permet une exploitation optimal de l'eau disponible dans le sol, c'est cela qui explique sa persistance dans des situations très sèches (Bretaudeau, 2006).

7. Répartition géographique

7.1. Dans le monde

Les figues étaient l'un des premiers fruits cultivés dans les régions méditerranéennes, et une ressource génétique sauvage pour les espèces de figues qui existent encore dans de nombreux pays.

La Syrie et de là, il a été transféré au nord Afrique, Espagne, Mexique, Chili, Pérou et Californie (Preedy et Watson, 2014). Le figuier se rencontre depuis très longtemps dans tout le bassin Méditerranéen, de la Syrie au Maroc et de la Turquie au Portugal. Au fil des siècles, le figuier a été introduit sur tous les continents.

Le figuier est cultivé partout où règne un climat présentant de fortes similitudes avec le climat méditerranéen (Figure 9) (Vidaud, 1997).

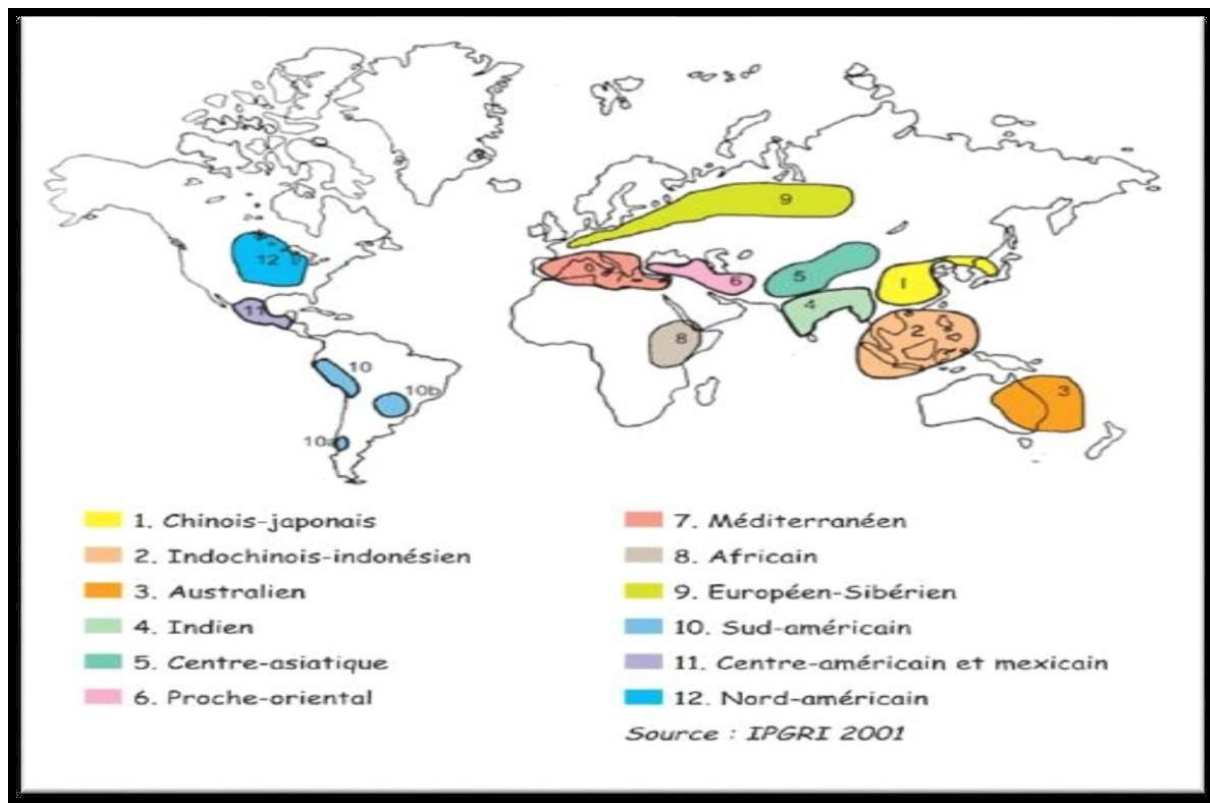


Figure 9 : Production du figuier dans le monde source (Ipgri, 2001).

8. Production des figues en Algérie

La production de figues en Algérie, est aussi importante que la production de la datte et des agrumes. Le figuier se rencontre en petites plantations un peu partout au nord de l'Algérie; à Oran, aux environs de Mostaganem, Mascara, à Constantine, mais 80% des arbres producteurs sont concentrés dans les régions de Tizi-Ouzou et Bejaia. Pour cette raison, il est d'usage de s'attacher plus spécialement à l'étude de figueraies kabyles qui forment le fond de la production algérienne (Anonyme, 2005). La culture du figuier est spécifiquement développée dans la région de la Kabylie où se rassemblent les conditions socioculturelles favorables. Il n'en reste pas moins que le facteur climatique, caractérisé par une abondante pluviométrie en automne représente un sérieux problème pour les stations de séchage qui sont généralement traditionnelles. La production de figues sèches est donc peu compétitive (qualité moindre) et nécessite l'amélioration des conditions de production et l'installation de séchoirs modernes si une activité d'exportation est visée.

9. Exigence pédoclimatique**9.1. Température**

Le figuier, espèce thermophile, fait partie intégrante du paysage méditerranéen (Vidaud, 1997). Il colonise les pays dont l'hiver est doux.

La température a une grande importance en fin d'été. C'est ainsi qu'il conviendra pour le séchage de choisir des régions dont la température diurne du mois de septembre atteigne le maximum d'environ 38°C à l'ombre (Mauri, 1939).

(Vidaud, 1997) affirme que dans les pays où les températures moyennes ne descendent pas en dessous de 12°C, la végétation et la fructification du figuier sont continués. Selon (Laumonier, 1960), le bois de l'année gèle à -15°C et des températures en dessous de 10°C empêchent la bonne conservation des boutons à fleurs. Pour une bonne conservation de figue de qualité, (Mauri, 1939) préconise 8°C comme moyenne minimale hivernale. Les gelées printanières (Avril - Mai) peuvent détruire certaines années, la production partielle des figues fleurs des variétés bifères, notamment lorsque les températures sont inférieures à - 4°C (Vidaud, 1997).

9.2. Humidité

L'humidité relative doit être d'environ 40 à 50% pendant la période de séchage (Codex, 2010).

9.3. Pluviométrie

Le figuier exige une pluviométrie de 600 à 700 mm et le mois de septembre doit être sec pour le séchage (Rebour, 1998). De fortes pluies peuvent être nocives car elles provoquent des pertes de fruits pouvant atteindre jusqu'à 50% de la récolte (Vidaud, 1997). La fécondation (Caprification) peut être gênée par les pluies de juin. Ce qui constitue une raison pour éviter les régions trop pluvieuses (Rebour, 1968).

9.4. Sol

Le figuier s'adapte à une large gamme de sols, depuis les sols sableux aux sols argileux, mais il préfère les sols limono-argileux. Il tolère des PH de 6 à 7,7. Craint les fortes concentrations en sodium et en bore (Skiredj et *al.*, 2003).

10. Différents types de figuiers

Il existe deux catégories de figuier

Les formes horticoles regroupent

10.1.1. Figuiers bifères

Les variétés bifères donnent deux récoltes par an, une première récolte de figue - fleurs au Juin-Juillet qui représente environ un quart de la production méditerranéenne et une deuxième récolte de figues d'automne (sur les bois de l'année en cours) à partir du mois d'Août, avec des figues plus petites mais plus sucrées et plus savoureuses (Mauri, 1952).

10.1. 2. Figuiers unifère

Ils ne fructifient qu'une seule fois à la fin du mois d'Août-début septembre, les figues se forment à partir de bourgeons de forme conique visibles sur les rameaux en hiver. Cependant, elles ne murissent que si elles sont visitées par le blastophage (insecte polinisateur) (Mauri, 1952).

10.2 Caprifiuiers ou figuier sauvage

Les caprifiuiers ou les fruits du caprifiuiier sont généralement non comestibles en raison de leur goût et de leur consistance pailleuse. Trois séries de fruits sont produites dans l'année qui sont: les mammes, le profichis et les mammonis (Rebour, 1968)

11. Cycle de développement

La biologie florale du figuier est d'un extrême intérêt, car elle porte sur des mécanismes de fécondation et d'adaptation particulièrement complexes et précis. Les figuiers de l'espèce

Ficus carica sont dioïques, c'est-à-dire que les fleurs unisexuées mâles et les fleurs unisexuées femelles sont portées par deux arbres différents. Mais les figues présumées être mâles contiennent aussi des fleurs femelles à l'intérieur; ainsi, le figuier est morphologiquement monoïque et fonctionnellement dioïque. Il est essentiel de savoir que lorsque les fleurs femelles des caprifiguiers sont mûres, au moment de la réceptivité de la figue, les fleurs mâles sont encore à l'état d'ébauche, mais lorsque ces dernières atteignent la maturité et leurs étamines capables de libérer le pollen, les fleurs femelles terminent leur développement en galles et sont sur le point de libérer les insectes pollinisateurs (Figure 10) (Garrone, 1998).

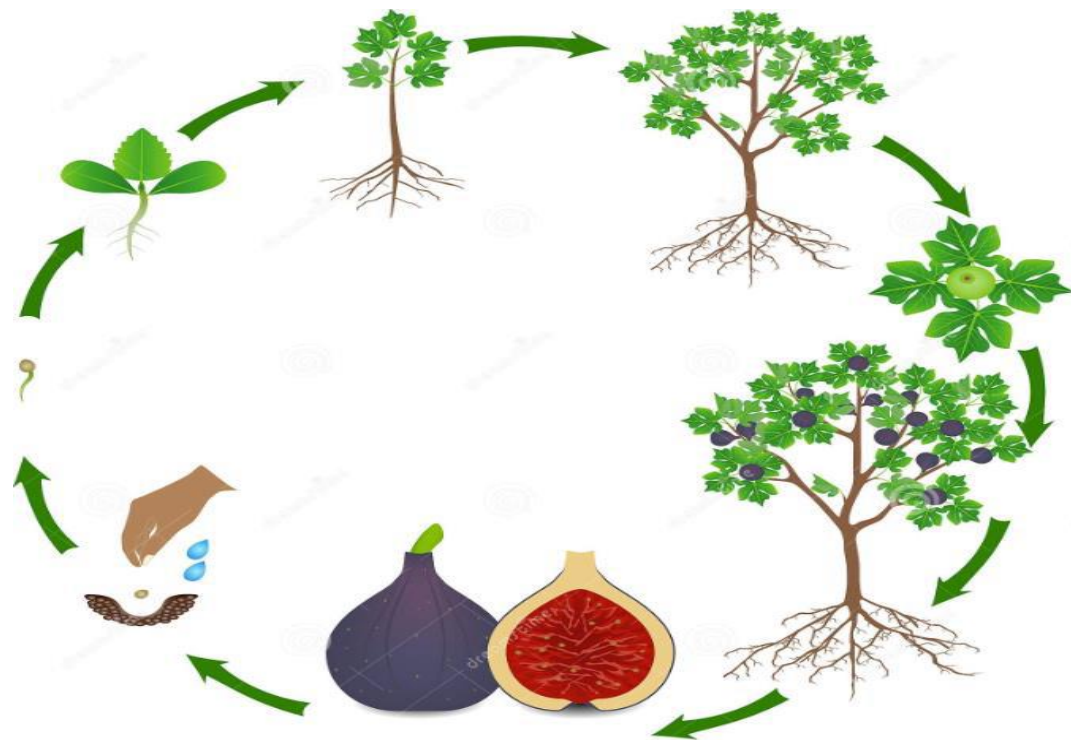


Figure 10: Cycle de vie du figuier *Ficus carica* L. (Anonyme, 2017).

11.1. Fiquiers mâles

Les figuiers mâles ou caprifiguiers ou, appelés « Dhekkar », connus à l'état sauvage comme les premiers arbres cultivés, produisent des fruits non comestibles utilisés seulement pour pollinisation. Les caprifigues contiennent des fleurs mâles productrices de pollen situées tout autour de l'ostiole et des fleurs femelles à styles courts (brévistyles) importantes pour la reproduction de l'insecte pollinisateur (Vidaud, 1997).

11.2. Fiquiers femelles

Les figuiers femelles, ou domestiques, produisent de bonnes figues comestibles. Les fleurs constituant le fruit sont uniquement femelles à longs styles (longistylées) qui, une fois fécondées par le pollen des caprifigues, donnent les akènes (Vidaud, 1997). Exception faite de

certaines figues consommées se trouvant précocement mûres en été. Ce sont les figues «fleurs», ou «El Bakor», qui sont constituées de fleurs femelles non fécondées faute de pollen, donc dépourvues de graines et qui parviennent quand même à mûrir par «pathénocarpie» (de parthenos et carpon qui signifient vierge et fruit, respectivement) (Garrone et *al.*, 1998).

11.3. Blastophage

Le pollinisateur de *Ficus carica*. L est un insecte minuscule, un *Hyménoptère* de l'ordre des *Chalcoidea* et la famille des *Agaonidae*: le blastophage ou *blastophagapsenes*. Le figuier ne peut être pollinisé naturellement que par le blastophage et celui-ci ne peut pas se reproduire en dehors des fructifications du figuier; ils s'associent en une véritable unité symbiotique. Chaque espèce de *Ficus* possède un pollinisateur spécifique appartenant à la même famille des *Agaonidae*; il existe autant d'espèces de pollinisateurs que d'espèces *Ficus*. Chez les blastophages, le dimorphisme sexuel est très prononcé, le mâle et la femelle sont morphologiquement différents. L'insecte remplissant le rôle de pollinisateur est la femelle. Elle mesure environ 2 mm de long, noire, ailée, munie d'un ovipositeur qui lui permet de pondre et ayant, à peu près, la même longueur que le style des fleurs femelles brévistylées des caprifigues. Le mâle est plus petit que la femelle, jaunâtre et sans ailes (Garrone., 1998).

1. Cycle de reproduction

Il a été beaucoup écrit au sujet de l'extraordinaire complexité de la reproduction biologique des espèces de *Ficus* en particulier en ce qui concerne la pollinisation (Dickson et Dickson, 1996). Les espèces de *Ficus* sont gynodioïques, et à fonctionnellement dioïque. Certains d'eux sont fonctionnellement femelle et produisent seulement un fruit-graine, tandis que d'autres sont fonctionnellement mâles et produisent uniquement le pollen et des descendants de guêpe pollen (pollen porteur) c'est alors *Blastophagapsenes* qui apporte le pollen de la fleur mâle à la fleur femelle (Janzen, 1979; Weibes, 1979; Kjellberg et *al.*, 1987). Sur les figues, la réceptivité est considérée comme une étape importante du développement du fruit distingué par des émissions volatiles pour attirer les pollinisateurs. La pollinisation est essentielle pour le bon développement des fruits (Wagner et *al.*, 1999). La guêpe *Blastophaga* et le caprifiguier sont nécessaires pour la caprification et le développement normal des fruits. Si ce processus de fertilisation ne se produit pas, les fruits ne se développent pas correctement et tomberont de l'arbre (Kjellberg et Valdeyron, 1984). De très nombreux cultivars de figue sont totalement ou partiellement parthénocarpiques; c'est-à-dire que le synconium gonfle sans pollinisation et ne comporte que des pépins infertiles sous-développés (Dickson et Dickson, 1996).

Les figues pollinisées sont généralement plus grandes, plus vertes que les figues non pollinisées, et ont une pulpe d'une couleur plus sombre (Condit, 1947; Oukabli et *al.*, 2003; Michailides et *al.*, 2008). Dans les vergers de figuiers, pour obtenir un rendement économique élevé, le processus de pollinisation doit être répété deux ou trois fois car les synconium des figues deviennent progressivement réceptifs. Ainsi, il est essentiel d'avoir deux ou trois cultivars de caprifiguiers de sorte que la période de caprification soit prolongée (Zare, 2008). Le nombre de caprifiguiers dépensés et la période de pollinisation dépend des conditions météorologiques (Condit, 1947) l'âge, la taille et le rendement du cultivar femelle Valeur nutritionnelle 10 ainsi que du type de caprifiguiers. La pratique courante de caprification est de distribuer les figues mâles à des intervalles de quelques jours sur une période d'environ trois semaines (Khadari et *al.*, 1995; Rahemi et Jafari, 2008; Zare, 2008).

13. Elaboration des figues sèches

13.1. Récolte

Les figues fraîches présentent un défi pour la technologie post-récolte. Le fruit est très périssable, même lors de la récolte au bon stade de maturation (Chessa, 1997). Ils doivent être récoltés quand elles sont à pleine maturité afin de développer la saveur optimale (Ryall et Pentzer, 1982). Toutefois, à ce stade, ils deviennent mous et très sensibles au déchirement de la peau (Pantastico, 1975). La récolte est dans la pratique, basée sur la couleur de la peau et la fermeté (Ryall et Pentzer, 1982). La période post-récolte est limitée à 7-14 jours au réfrigérateur (Snowdon et Ahmed, 1981). L'entreposage sous atmosphère contrôlée à cinq pour cent d'oxygène et dix à quinze pour cent de CO₂ semble être prometteux (Kader, 1985). La période idéale de maturité et de récolte est spécifique à chaque variété, les fruits sont normalement récoltés au début de la troisième phase de maturité. A ce stade ils développent une saveur désirable (Aksoy, 1997; Rodov et *al.*, 2002). D'autre part, les fruits récoltés après cette période, ont une vie post-récolte extrêmement courte en raison de sur-maturation exprimé par l'adoucissement extrême du fruit, la macération de ces tissus et l'exsudation d'un liquide sirupeux au niveau de l'ostiole.

13.2. Séchage

Le séchage des fruits et légumes est l'une des plus anciennes méthodes de conservation des aliments connus par l'homme. Le principal objectif du séchage des produits agricoles est la réduction de la teneur en eau à un niveau qui permet un stockage sûr durant une période prolongée. De plus, il entraîne une réduction du poids et du volume, minimisant ainsi les coûts d'emballage, de stockage et de transport (Okos et *al.*, 1992).

Les figues peuvent être séchées soit par des moyens traditionnels (Plein soleil) ou industriels dans des séchoirs on utilisant l'air chaud. (Karathanos et Belessiotis, 1997; Mathioulakis et *al.*, 1998; Xia et Sun, 2002).

13.2.1. Séchage traditionnel

La figue peut se dessécher partiellement sur l'arbre sans perdre sa qualité. La peau se fripe et la teneur en eau du fruit peut descendre à 70 % sans que le fruit pourrisse. Ce phénomène est complété par un séchage solaire, qui en dépit de ces nombreux inconvénients, il est encore utilisé dans de nombreux endroits à travers le monde tels que les pays tropicaux et subtropicaux. L'énergie solaire est une importante source d'énergie alternative et préférée d'autres sources d'énergie, car elle est abondante, inépuisable et non-polluante (Basunia et Abe, 2001).

Le séchage traditionnel en Algérie est généralement pratiqué à l'air libre. Les pertes de qualité et de quantité résultent des mauvaises conditions météorologiques et entraînent la détérioration du produit, l'attaque des animaux et des insectes, ou encore de contamination par la microflore et l'exposition à la poussière (Ferradji et *al.*, 2011).

13.2.2. Séchage industriel

Les techniques actuelles de séchage utilisent des séchoirs solaires avec une enceinte de séchage fermée permettant d'optimiser l'énergie, de maîtriser les paramètres de séchage et d'assurer au produit les normes d'innocuité et de qualité requises (Jeddi, 2009).

Dans la littérature, un certain nombre d'études ont été publiées dans lesquelles divers prétraitements ont été testés visant à réduire le brunissement du produit final séché (Demirel et Turhan, 2003; Gonzalez-Fesler et *al.*, 2008; Vega-Galvez et *al.*, 2008; Perez et Schmalko, 2009).

Les deux principaux prétraitements nécessaires au séchage des figues sont le blanchiment et le sulfitage. Le blanchiment est un traitement thermique destiné à détruire les enzymes susceptibles d'altérer les figues. Il influe sur la vitesse du séchage. Une augmentation du temps de blanchiment diminue la durée de séchage significativement. Cette diminution serait due à l'élimination de la gomme et à l'assouplissement de la peau qui devient plus perméable (Ferradji et *al.*, 2011).

Le blanchiment se fait par arrosage à l'eau sodé (1 % de soude) chauffée à 80 °C pendant 20 à 30 minutes, suivi d'un rinçage par un acide faible, l'acide citrique à 3% ou à l'eau bouillante de chlorure de sodium 40 g/l de NaCl (Jeddi, 2009). Le sulfitage permet, par la fixation de l'anhydride sulfureux sur le fruit et par la formation d'une petite quantité d'acide sulfureux, d'éviter le brunissement des fruits au séchage, de détruire les germes de fermentation, en

même temps que les larves issues des premières pontes des parasites, notamment les teignes (*Myeloisceratoniae*) (Guinebault, 1986; Le Bars, 1990). Il se fait par trempage dans une solution de bisulfite, sulfites ou méta bisulfite de potassium 5 g/l pendant 50 à 60 secondes 8 à 10 fois, suivi d'un rinçage de 5 minutes (Jeddi, 2009).

14- L'importance du secteur figuicole dans le monde

L'importance économique de la production de figues est susceptible de se poursuivre dans la future. Sur le marché mondial, il y'a une demande croissante de figues fraîches et une demande stable pour les figues sèches.

Par rapport au commerce extérieur, la Turquie est le principal pays exportateur de figues sec et frais avec l'Espagne sont les seuls pays qui exportent un volume considérable de ces deux types de fruit. Les principaux pays bénéficiaires de figues espagnoles varient selon la destination de production (la consommation en frais ou sèches). Ainsi la France est le marché principale bénéficières des figues fraîches, tandis que le Portugal, le Mexique et les Etats-Unis le sont pour les figues sèches. Ces exportations représentent un volume d'environ 3000t de figues sèches et 2000t de frais d'un montant approximatif de 7 millions d'euros (Faostat, 2015)

15. Les problèmes liés à la culture du figuier

De nos jours, le secteur de la figue est confronté à plusieurs adversités selon que

- L'abandon des vergers ainsi que l'urbanisation, hydrauliques (installation de plusieurs barrages) ont également été des causes principales de la disparition de certains cultivars et le vieillissement des arbres (Chouaki et *al.*, 2006).
- La plantation d'autres cultures fruitières telle que la grenade, la prune et la pêche dans les zones de production de figues (Arpaci, 2015).
- Un autre facteur affectant négativement la production de figues est survenu avec l'augmentation potentielle d'irrigation (Arpaci, 2015).
- Le figuier s'adapte à une large gamme de sol, depuis les sols lourds argileux jusqu'aux sols sableux, mais créaient les fortes concentrations en sodium et bore (Walali et *al.*, 2003).
- Dans les vergers mal entretenus (pas de taille) la cochenille du figuier ou kermès (*lepidosaphesulmi*) sécrétant une substance cireuse blanc-rosâtre. Suite à ces attaques, la fumagine se développe sur les arbres ; les fruits récoltés sont alors impropres à la consommation. D'autres maladies sont aussi fréquentes telles que l'*Aspergillus Niger* et *Botrytis Cinerea*.

16. Maladies et ravageurs du figuier

Bien que le figuier soit un fruitier très robuste, certaines maladies et ravageurs peuvent toutefois l'attaquer. Tous ne réussissent pas à l'affaiblir gravement, néanmoins le figuier peut-être atteint par des maladies cryptogamiques et virales et subir les attaques de divers insectes ravageurs (Figure 11).

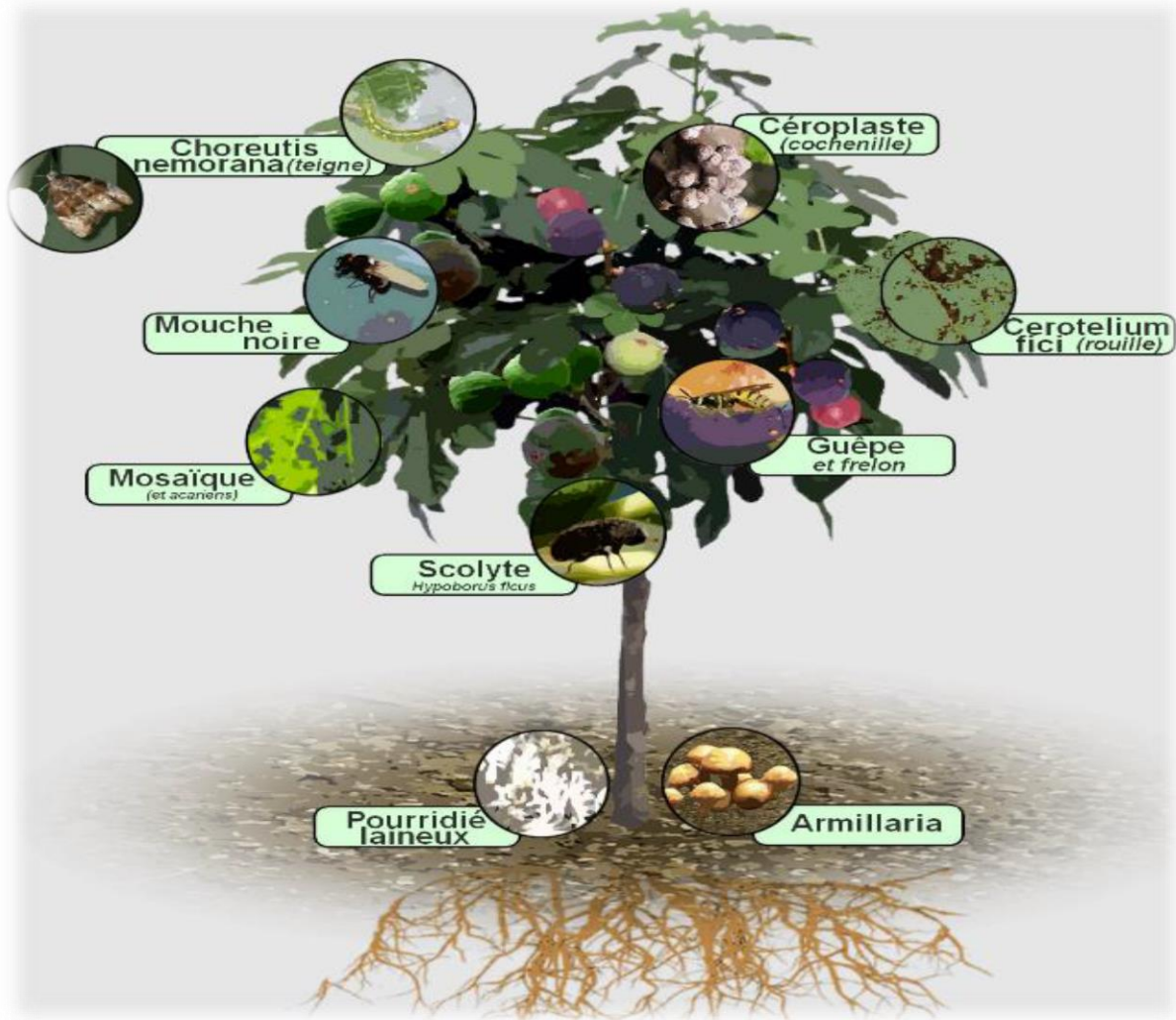






Figure 11 : 11 Maladies et ravageurs du figuier (Scott- James, 2021).


16.1. Ravageurs

Divers ravageurs peuvent attaquer le figuier et ainsi fragiliser sa production (Tab. 1).

Tableau 1 : Les ravageurs qui attaquent le figuier

Le ravageur	Définition	Son image
<p>La cératite (ceratitiscapitata, wiedemann)</p>	<p>Mouche méditerranéenne des fruits c'est un ravageur polyphage qui s'attaque à divers fruits notamment les figues, hivernant sous forme de pupes dans le sol, en cas d'hivers doux, l'hivernation peut se faire au stade adulte.</p> <p>Les dégâts sur figues sont provoqués essentiellement par les larves qui entraînent la pourriture des fruits et ouvrent le chemin pour les moisissures.</p> <p>(Amaroc-agro.com/ ceratite-mouche-méditerranéenne-fruits, 1824).</p>	 <p>(Anonyme, 2018).</p>
<p>Cochenille du figuier ou kermès (Lepidosaphesul mi, linn)</p>	<p>Elle se développe sur l'écorce, les feuilles et les fruits, secretant une substance cireuse d'un blanc rosâtre (Scott-James, 2021).</p> <p>Ses dégâts sont variables, autant que la forme qu'elle peut prendre pour se dissimuler (Anonyme, 2012).</p>	 <p>(Anonyme, 2015).</p>
<p>Cochenille du figuier (Ceroplastes rusci, Linn)</p>	<p>Elle contamine le figuier sur lequel elle développe des encroutements caractéristiques recouvrant les rameaux, les feuilles</p>	


	<p>et même les fruits provoquant ainsi un des équilibres physiologiques pour l'arbre (Awamleh et <i>al.</i>, 2008).</p>	 <p>(Anonyme, 2015).</p>
<p>Acariens</p>	<p>Les acariens les plus connus nuisibles aux figuiers sont essentiellement :</p> <p><i>Pronematusubiquitus</i> et <i>Rhycaphyoptusficifolia</i> (Arbabi et al. 1994 ; Abou-Awad et <i>al.</i>, 1999 ; Baradaran et <i>al.</i>, 2002). Récemment, les travaux de (Daneshnia et Akrami, 2013) ont montré la présence d'autres acariens, de plusieurs genre et familles qui peuvent s'attaquer aux figuiers tels <i>quetyrophagusputrescentiae</i>, <i>Eotetranychushirsti</i>, <i>Lohmannialoebli</i>, <i>Spinibdellacranini</i>, <i>Paoillacarusaciculatus</i> et <i>galumnakarajica</i> (Mémoire de master, UMMTO, p 68).</p>	 <p>(Anonyme, 2021).</p>
<p>Nématodes parasites</p>	<p>Les Nématodes parasites existent la plupart dans le bassin méditerranéen et qui attaquent le figuier. Toutefois, les</p>	




	<p>méloidogynes (Heteroderaradiciola) sont les préjudiciables ; leurs attaques sont reconnaissables par les nodosités et les gales qu'elles provoquent sur les racines (Roger, 2003).</p>	 <p>(Anonyme, 2017).</p>
--	---	--

16.2. Maladies

Les maladies attaquant le figuier, le fragilisent et ouvrent ainsi une porte à divers autres attaques et infections (Tab.2).

Tableau 2 : maladies qui attaquent le figuier

La maladie	Définition	Ça photo
<p>Porridiés des racines</p>	<p>La pourriture des racines de figuier ou «pourridié laineux» est due au champignon <i>Rosellinia necatrix</i> et provoque le dépérissement des figuiers. La maladie se traduit par une décoloration des feuilles et un ralentissement de la croissance avec l'apparition des rameaux court noués et feuilles réduites et une absence de la turgescence (Scotto <i>et al.</i>, 1983).</p>	 <p>(Anonyme, 2015).</p>
<p>Chancre du figuier</p>	<p>C'est une maladie causée par le champignon ascomycète <i>Diaporthe cinerascens</i>, c'est un parasite des blessures qui atteint les arbres principalement par les plaies (Scott-James, 2021).</p>	

		 <p>(Anonyme, 2019).</p>
<p>Maladie des jeunes rameaux</p>	<p>Le champignon <i>Botrytis cinerea</i>, agent de la pourriture grise est responsable de cette maladie dont l'importance varie en fonction des variétés et des conditions climatiques. Cette affectation se manifeste par un rougissement marqué de l'écorce qui provoque la mortalité des jeunes rameaux de l'année précédente (Scott-James, 2021).</p>	 <p>(Anonyme, 2021).</p>
<p>Maladie de la mosaïque du figuier</p>	<p>C'est une maladie qui provoque une mosaïque irrégulière en grandes taches alternantes vert clair - vert foncé sur les feuilles et les fruits (Scott-James, 2021). Selon Walali et Khouimi (2003), l'estimation des dégâts dus à la maladie de la mosaïque du figuier n'a jamais pu être établie avec précision, bien que des baisses notables de rendement aussi bien quantitativement que qualitativement ont été enregistrées. Ces pertes seraient plus ou moins importantes selon le</p>	 <p>(Anonyme, 2021).</p>

	degré d'attaque de la maladie et la sensibilité de la variété (Mémoire de master UMMTO, p 68).	
--	--	--

Chapitre II :

Présentation de

l'insecte Tribolium

castaneum.

1. Introduction

Le nom de l'espèce *Tribolium castaneum* vient du grec, *Tribolos* qui signifie trois points (Larousse, 2017) et du latin, *castaneum* ou *castenea* par rapport à la couleur brune rougeâtre de fruit du châtaignier (Clifford et Boostock, 2007).

Le *Tribolium* est un insecte appartenant à la famille de *tenebrionidae*, il est un des insectes des stocks le plus ubiquiste et le plus polyphage.

Tribolium castaneum est considéré comme un ravageur secondaire strict causant d'importants dégâts sur les stocks de très nombreuses denrées amylacées, notamment les farines de céréales (Bonneton, 2010).

2. Position systématique

Selon (Lepesme, 1944), cet insecte ravageur occupe la position systématique suivante :

- Règne : Animalia.
- Embranchement : Arthropoda.
- Sous-Embranchement : Hexapoda.
- Classe : Insecta.
- Ordre : Coleoptera.
- Sous-Ordre : polyphaga.
- Famille : Tenebrionidae.
- Sous-Famille : Vlominae.
- Genre : *Tribolium*.
- Espèce : *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797).

3. Origine et répartition géographique

On le trouve dans toutes les parties du monde (Cosmopolite), il existe là où les céréales stockées existent sous forme de grains ou de farine, il est très abondant dans les régions tropicales. Sous climats froids, il est présent uniquement dans les stockages à température élevée (Christine, 2001).

4. Description de l'insecte *Tribolium castaneum*

4.1. Œufs

Les œufs sont blanchâtres ou sans couleur et leur taille est d'environ 5mm. Avec des particules de nourriture adhérentes à la surface (Godon et Wilim, 1998).

4.2. Larve

Les larves sont uniformes et pourvues de pattes (Godon et Wilim, 1998), l'extrémité du dernier segment abdominal, possède paire de courts appendices, les « urogomphes ». La larve mesure 6mm, environ 8 fois plus longues que large, d'un jaune très pâle à maturité, avec latéralement quelques courtes soies jaunes.

La capsule céphalique et la face dorsale sont légèrement rougeâtres.

4.3. Nymph

Selon Christine (2001), la forme nymphale chez *Tribolium castaneum* est cylindrique et de couleur blanchâtre virant vers le jaune.

4.4. Adulte

L'adulte de *Tribolium castaneum* mesure de 3 à 4mm, de couleur uniformément brune rougeâtre. Il est étroit, allongé, à bords parallèles. La tête et la partie supérieure du thorax sont couvertes de minuscules ponctions. Les ailes et les élytres sont striés sur toute leur longueur, le dernier article des antennes est légèrement renflé avec des yeux de couleur rouge. Le prothorax a généralement des tranchants. La partie terminale de l'abdomen porte deux épines, (Figure 12) (Christine, 2001).



Figure 12 : *Tribolium Castaneum* (Origine, 2022)

5. Le cycle de développement

Selon (Gueye et al., 1997). Le *Tribolium castaneum* est considéré parmi les insectes de stocks le plus ubiquiste, polyphage et le plus redoutable. La température optimale de développement de *Tribolium castaneum* est comprise entre 25 à 38C°.

La longévité de l'insecte est de 2 à 8 mois selon les conditions abiotiques. La femelle dépose ses œufs en vrac sur les graines (Kassemi, 2014). Les larves sont mobiles et se nourrissent en

passent par 5 à 11 mues de développement. A la fin de dernier stade larvaire, les s'immobilisent, cessent de se nourrir et se transforment en nymphes blanchâtres et immobiles (Gueye et al., 2015). L'adulte émerge de la nymphe six jours après sa formation. La durée du cycle dure environ un mois (Kassem, 2014) nous pouvons rencontrer cinq génération par an (Figure 13) (Gueye et al., 1997).

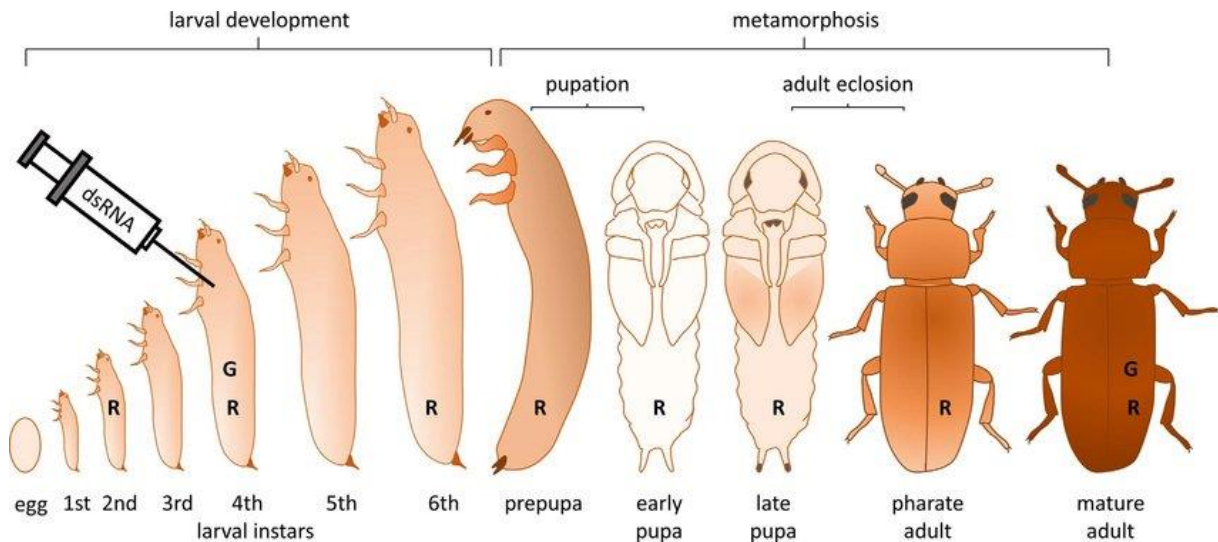


Figure 13 : Le cycle de développement de *T. castaneum* (Anonyme, 2016).

Tableau 3 : Différents articles mesurés, regroupés en fonction de la partie concernée de l'insecte *T. Castaneum*.

Parties	Articles mesurés
Tête	Longueur de l'antenne (LmA), Distance minimale entre les yeux dorsalement (Dyd), Distance minimale entre les yeux ventralement (Dyv), Longueur maximale de la tête (Lmt), Largeur maximale de la tête (lmt)
Thorax	Longueur du pronotum au centre (Lp), Largeur du pronotum (lp), Distance entre le pronotum et le thorax (Dpt), Longueur du fémur 3 (Lf3), Largeur du fémur 3 (lf3), Longueur du tibia 3 (Lti3), Longueur du Coxa 3 (Lc3), Longueur du tarse 3 (Lta3), Longueur maximale de l'élytre (Lmé), Largeur maximale de l'élytre (lmé)

Abdomen	Longueur maximale du premier sternite abdominal (L1s), Largeur maximale du premier sternite abdominal (l1s), Longueur maximale du pygidium (Lpy), Largeur maximale du pygidium (lpy).
---------	---

6. Facteurs écologiques agissant sur le développement de *Tribolium castaneum*

Tribolium castaneum est une espèce dotée d'un système chimio sensoriel très développée (Barrer, 1983), Capable de détecter les changements de son environnement physique tels que l'humidité (Evans, 1983), la tension en dioxyde de carbone (Soderstron et *al.*, 1992), la température (Danahaye et *al.*, 1996), et même les différentes couleurs qui l'entourent (Khan et *al.*, 1998).

Sa dynamique et son adéquation dépendent fortement de certains facteurs qui sont résumés comme suit :

6.1. Facteurs extrinsèques

6.1.1. Effet sur la longévité

La durée de vie du *Tribolium castaneum* est influencée par un certain nombre de conditions environnementales, comme les températures, et l'humidité relative (Good, 1936 ; Howe, 1962).

Selon (Dowdy et Fields, 2002), au niveau des moulins ou la température peut atteindre les 47C°, les adultes meurent après 24 heures d'exposition. A des températures en dessous de zéro, quelques heures suffisant déjà à détruire le ravageur.

6.1.2. Effet sur l'oviposition

L'oviposition est influencée par un certain nombre de conditions environnementales comme la température. L'humidité relative et la nature de l'aliment (Good, 1933 ; Park et Frank, 19948 ; Howe, 19962).

6.1.3. Effet sur le développement

La durée du cycle de développement varie considérablement en fonction du substrat d'alimentation et des conditions environnementales en termes de température et d'humidité.

La température, l'humidité relative de l'air et le type de nourriture déterminent non seulement la durée du développement, mais aussi éventuellement le nombre de stades larvaires, puis le développement se prolonge.

6.1.4. Effet sur le régime alimentaire

Tribolium castaneum peut devenir prédateur envers des concurrents potentiels dans le substrat alimentaire, en consommant toutes sortes de proies immobiles (œufs et nymphes) ou peu mobiles comme les larves de *corcyre cephalonica* *stegbium paniceum*, et de *rhyzopertha dominica* (Delobel et Tran, 1993), réduisant considérablement la concurrence pour leur progéniture (Alabi et al., 2008).

6.2. Facteurs intrinsèques.

6.2.1. Effet de masse chez le *Tribolium*.

La surpopulation et l'activité de cet insecte entraînent la sécrétion de quinines, qui peuvent changer la couleur du substrat en rose et produire une forte odeur. En cas de forte pollution. Le *Tribolium castaneum* ajuste ses habitudes afin de réguler la population, en devenant cannibale vis-à-vis de ses œufs (Mason, 2003).

7. Dégâts et importance économique

Selon Bonneton (2010), dans la nature le *Tribolium castaneum* vit sous l'écorce des arbres. Cet insecte peut pénétrer dans les habitations, il est capable d'infester ; l'avoine grain et farine de blé de riz du maïs de l'orge du pois sec, du haricote, les graines de coton du cacao, du gingembre, des fruits déches notamment le figuier, et toutes légumineuse sous forme de farine dans lesquelles il creuse des galeries, il leur communique une teinte brunâtre et une odeur âcre et rend la panification difficile (Camara, 2009). Souvent, l'infestation par le *Tribolium* favorise le développement de moisissures, qui contribuent à réduire considérablement la qualité et la valeur de grain.

8. Moyens de lutte contre le *Tribolium castaneum*

8.1. Lutte préventive

Elle consiste en une hygiène rigoureuse des moyens de transport, des locaux de stockage, des installations de manutention et des machines de récolte. Il est important d'isoler les nouvelles récoltes de celles qui sont anciennes dans l'entrepôt (Kellouche, 2005).

8.1.1. Protection des locaux de stockage

Avant la mise en stock des denrées. Il est indispensable de nettoyer correctement les structures de stockage

- Balayage correcte des locaux, brossage des murs et colmatage des fissures.
- Toutes les balayures et débris rassemblés doivent être détruits car ils pourront constituer un foyer d'infestation dans les magasins il faudra traiter les sacs vides et détruire les vieux sacs.
- Les locaux de stockage et les alentours des bâtiments, doivent être propres et parfaitement dégagés (Belmouzar, 2004).
- Utiliser un emballage résistant tels que les sacs en polyéthylène doublé, coton que les insectes sont incapable de percer (Amari, 2014)

8.1.2. Protection de la denrée

Tout nouveau lot doit être considéré à priori comme douteux est correctement inspecté car le produit attaqué introduit même en faible quantité peut infester un magasin ou un silo.

8.2. Lutte curative

Les traitements curatifs ont pour but d'empêcher le développement des ravageurs des céréales en cas d'infestation et avant d'arriver à des stades plus complexes irréversibles elles regroupent les méthodes traditionnelles et les méthodes modernes.

8.2.1. Méthodes traditionnelles

Les paysans ont développé depuis des années des techniques souvent très élaborées et maîtrisées. Mise à part la fonction de stockage les greniers et autres structures traditionnelles (pots, canaries) ont été conçus de façon à réduire au maximum les pertes causées par les principaux ennemis des récoltes dont les insectes (Ngamo et *al.*, 2007).

8.2.1.1. Minéraux

Certaines minéraux comme le sable fin ; la chaux et la cendre sont utilisés pour protéger le grain stocké contre les insectes. Ces produits ne préviennent pas tous les dégâts mais gênent l'activité des insectes nouvellement éclos.

8.2.1.2. Insolation

Le séchage traditionnel sur le sol permet la déshydratation des produits jusqu'à ce que leur métabolisme et celui des microorganismes associés soient fortement ralentis. Le séchage se fait avant le stockage des récoltes afin de faire fuir les insectes grâce à la chaleur et à l'incidence directe des rayons solaires (Gueye et *al.*, 2011).

8.2.2. Lutte moderne**8.2.2.1 Lutte physique**

La lutte physique signifie l'élimination du ravageur ou la détérioration physique de l'environnement où il se développe de manière à le rendre inhospitalier ou inaccessible pour le ravageur.

D'après (Cruz et *al.*, 1988), les basses températures ont pour effet de ralentir l'activité alimentaire de l'insecte et d'en réduire les mouvements et les déplacements.

8.2.2.2. Lutte chimique

La lutte chimique consiste à l'utilisation de produits chimiques appelés pesticides comme les insecticides (Ferrer, 2003). Selon la nature des ravageurs nuisibles on emploie deux types de produits pour désinfecter les stocks des céréales : l'insecticide de contact et les fumigants.

Chapitre III

Matériel et Méthode

1. Objectif

Le but de l'expérimentation réaliser est d'évaluer l'activité insecticide par inhalation de l'huile essentielle de *Pelargonium graveolens* (local) à l'égard des adultes d'un insecte ravageur des denrées stockées *Tribolium castaneum* (Coleoptera ; Tenebrionidea).

2. Matériels et méthodes

La partie expérimentale de ce travail a été réalisée au laboratoire d'écologie des invertébrés terrestres de la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, durant le mois de Janvier 2022.

3. Matériels de laboratoire

Lors de nos tests, nous avons utilisé différents types de matériaux (Figure 14) :

- Des boîtes de pétri.
- Des flacons en verre.
- Deux micropipettes (1ul) pour un pipetage de précision à micro dose de l'huile essentielle.
- Un autre type de matériel utilisé comme accessoires tels qu'un pinceau, un rouleau adhésif, des ciseaux, papier filtre.



Figure 14 : Le matériel de laboratoire (Original, 2022).

4. Matériel animal

Pour la réalisation de l'expérimentation un insecte a été choisi. *Tribolium castaneum*. Cette étude a été menée sur les insectes adultes de *Tribolium castaneum* prélevés sur des figes sèches.

5. Matériel végétale**5.1 Figuier sèche**

Dans notre étude, nous avons choisi des figes séchées (*Ficus carica* L.). Ces figes proviennent du marché local, et qui n'a été exposé à aucuns insecticides.

Plusieurs critères ont été pris en considération lors de choix du matériel biologique végétal (Figure15) :

- La disponibilité du fruit sur le Territoire national.



Figure 15 : Des figes sèches (Origine 2022).

5.2 Huile essentielle

Nous avons utilisé l'huile essentielle de géranium dans les tests d'inhalation et de répulsion, L'huile essentielle est d'origine local (Figure 16).



Figure 16 : L'huile essentielle *Pelargonium graveolens* (Original, 2022).

5.2.1 Définition de l'huile essentielle

Le terme « huile essentielle » a été inventé au 16^{ème} siècle par le médecin suisse parascelsus von hohenheim pour désigner le composé actif d'un remède naturel (Brut, 2004).

Les huiles essentielles (HE₃) sont des substances huileuses, volatiles, d'odeur et saveur généralement fortes, extraites à partir des différents parties de certaines plantes aromatiques, par les méthodes de distillation, par enfleurage, par expression, par solvant ou par d'autres méthodes (Blaiche, 1979 ; volent, 1984 ; wichtel et Anthon, 1999).

La norme française AFNOR NFT75-006 définit l'huile essentielle comme : un produit obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des citrus et qui sont séparés de la phase aqueuse par procédés physiques (Garnero, 1996).

5.2.2 Le géranium rosat (*Pelargonium graveolens*)

Le *pélargonium graveolens* est une plante aromatique médicinale vivace.

Son nom « *Pelargonium* » vient du grec « Pélargos » qui signifie cigogne, à cause de la forme de son fruit qui rassemble au bec de cigognes droit et poinru (Miller, 2002).

La plante est originaire de l'Afrique du sud, cultivée dans de nombreuses régions méditerranéennes et subtropicales ; elle est introduite en Algérie au 19^{ème} siècle (Boukhatem

et *al.*, 2010). Selon les mêmes auteurs, le *pélargonium graveolens* est cultivé en Algérie, principalement dans la plaine de Mitidja, dans les jardins et dans les cimetières (Figure 17).



Figure 17 : La plante de géranium (Origine, 2022).

5.2.3 L’histoire de l’huile essentielle de *Géranium Rosat*

Le géranium est une plante originale d’Afrique australe et plus précisément d’Afrique du sud. On le cultive depuis des siècles pour son feuillage qui dégage un parfum très proche de celui de la rose.

Introduit en Europe au XVIIème siècle sa culture s’est développée en France au XIXème siècle, dans la région de Grasse. A cette époque, le géranium permet de remplacer l’huile essentielle de rose dans les parfums, devenue très rare et donc très chère.

Plusieurs archives datant du XIXème siècle montrent que c’est un chimiste français, César Auguste Reclus, qui a initié la première opération de distillation de géranium.

5.2.4 Classification classique du géranium rosat

Le tableau suivant représente la position systématique de *Pelargonium graveolens* d’après le service de conservation des ressources naturelles (Natural Resource Conservation Service-NRCS), agence du département de l’agriculture des Etats-Unis (United States Department of Agriculture, USDA).

Tableau 4 : La classification de géranium selon NRSC.

Règne	Plantae (planttes).
Sous- règne	Tracheobionta (Tranchéophytes).
Division	Spermatophyta (Plantes à graines).
Super division	Magnoliopsida (Ou angiospermes), plante à fleurs.
Classe	Magnoliopsida (Ou décotulédones).
Sous- classe	Rosidae.
Ordre	Geraniales.
Famille	Geraniaceae.
Genre	<i>Pelargonium</i> .
Espèce	<i>Pelargonium graveolens</i> . L., (1753)

6. Composition chimique

Suivant la variété, la composition de l'huile essentielle varie par le pourcentage des composés majoritaires (Citronellol et géraniol) et certains composés ne se retrouvent pas dans toutes les huiles de géranium (Chauhan et Verma, 2010). L'huile essentielle obtenue à partir de plantes en Italie possède 61 composés, dont 69% de monterpènes oxygénés, 16.2% de sesquiterpènes oxygénés et 9,7% de sesquiterpènes hydrocarbonés (Benelli et *al.*, 2017). De manière générale. Elle est composée majoritairement des monterpènes oxygénés citronellool, géraniol et du formiate de citronellyle (Ralambondrainy, 2017).

7. Test d'inhalation

Le test d'inhalation permet d'évaluer l'effet de l'huile essentielle sur la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum*. Ce mode d'application consiste à :

Introduire un lot de 5 individus de *T. castaneum* dans chaque flacon de 125ml préalablement lavé et séché.

Des disques de papier filtre de même dimension de 1,5 cm aux qu'elles nous avons injecté des différentes quantités de la dose de l'huile essentielle à tester (à savoir ; 1 à 9UI) ; sont suspendu par un fil à la même hauteur a l'intérieure de couverte des bouchons, dans des verres de 125ml de volume, où l'efficacité de cette l'huile essentielle testé est évaluer suivants le temps d'exposition et des doses administrées. En dénombrant quotidiennement les

individus morts dès les premières heures après l'application des tests (1h, 3h, 6h, 24h, 48h, 72h, 96h, 120h). À raison de trois répétitions réaliser pour chaque dose (figure 18).

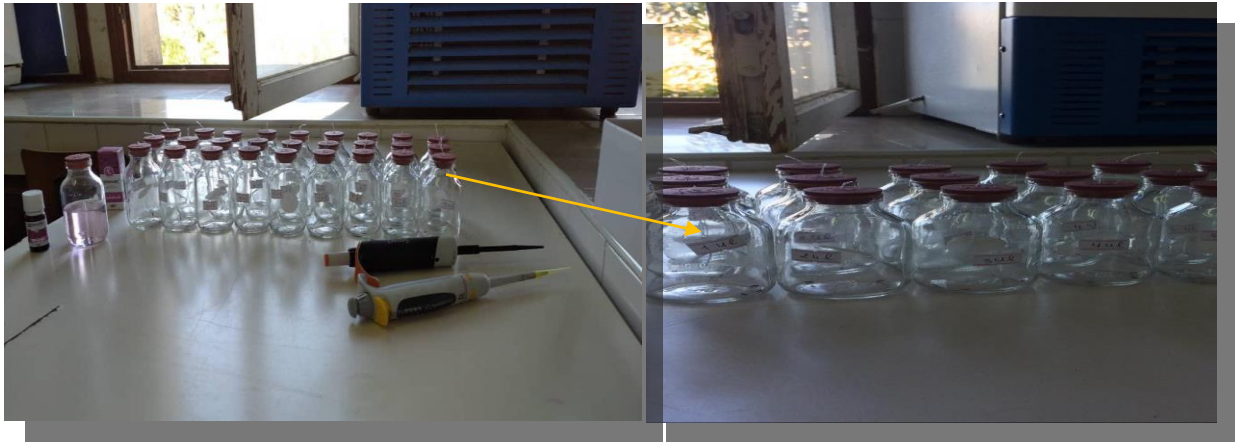


Figure 18 : Test d'inhalation laboratoire d'écologie des invertébrés terrestres, (Origine, janvier 2022).

8. Teste par répulsion

Ce test permet de savoir si l'huile essentielle est répulsive ou attractive vis-à-vis des adultes de *T. castaneum* ; ravageur secondaire des figes sèches, en utilisant la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre directe par (McDonald et al., 1970). Ainsi les disques de papier filtre de 5cm de diamètre sont déposés sur des boîtes de pétri ; une moitié du disque est traitée par l'huile essentielle à différentes doses, une autre partie est laissée comme témoin (une partie «Acétone », l'autre partie « l'huile essentielle »), un lot de 5 individus est introduit dans chaque boîte suivant les doses, 3 répétitions sont réalisées, après 30 minutes de traitement, les individus sont dénombrés sur chaque partie du disque, le pourcentage de répulsion (PR) est calculé selon la formule de (McDonald et al., 1970) (Figure 19) .

$$PR(\%) = [(NC-NT) / (NC+NT)] \times 100$$

NC : Nombre d'insectes présents sur la partie du disque traitée uniquement avec l'acétone.

NT : Nombre d'insectes présents sur la partie traitée avec la solution (huile+ acétone).

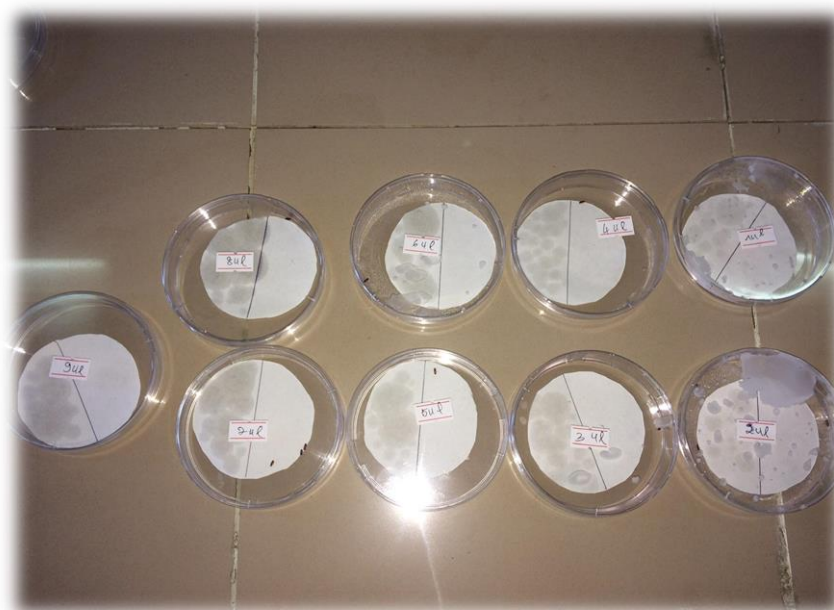


Figure 19 : Dispositif expérimentale du test par répulsion de l'huile essentielle de géranium à l'égard des adultes de *T. castaneum* (Original, 2022).

Chapitre IV

Résultats et

Discussion

1. Effet toxique de l'huile essentielle sur le *Tribolium castaneum* par inhalation

Les résultats décrits ci-dessus ont montré des taux de mortalité des insectes observés en fonction du temps et des différentes doses d'huile essentielle de *Pelargonium graveolens*, montrent une mortalité très variable.

Les résultats obtenus montrent que le taux de mortalité des adultes de *T. castaneum* évolue proportionnellement avec la durée d'exposition et les doses de l'huile essentielle de géranium par inhalation soient (1 μ , 2 μ , 3 μ , 4 μ , 5 μ , 6 μ , 7 μ , 8 μ , 9 μ).

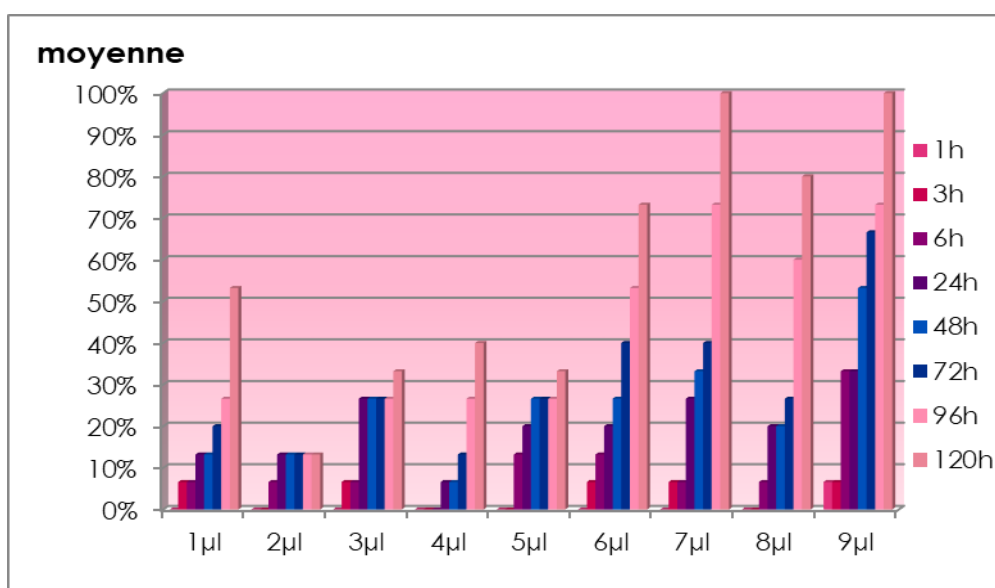


Figure 20 : Taux moyen de mortalité en % des adultes de *T. Castaneum* traités par l'huile essentielle de géranium en fonction des doses et la durée d'exposition.

Nous remarquons à partir de ces résultats enregistrées, que le taux de mortalité oscille entre 13,2% et 100% contre les adultes de *Tribolium castaneum*. Ce pendant l'effet insecticide le plus élevé a été noté chez les individus testés avec les concentrations 6, 7, 8, 9 μ l avec des taux de MC% environs 73,2, 100, 80, 100% respectivement, par contre le plus faible effet a été remarqué chez les individus traités avec la concentration 2 μ l dont la MC% enregistré est de 13,2%.

Les concentrations de 8 et 9 μ l sont les plus efficaces avec des taux de mortalité de 80 et 100% individus ont été comptée au cinquième jour d'exposition (120h).

Les résultats obtenus pour l'action de l'huile essentielle sur la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* sont présentés dans les figures suivantes

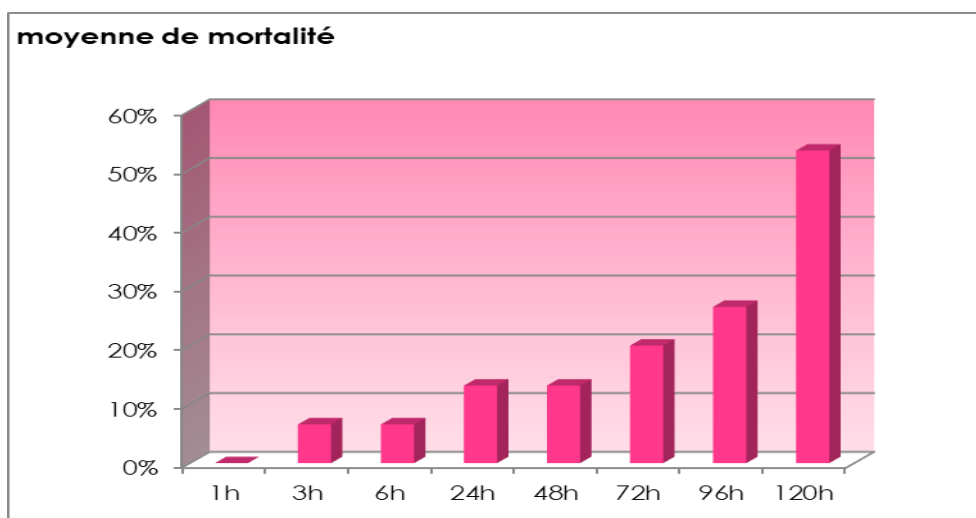


Figure 21 : Mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation à une dose 1µl d'huile essentielle de *Pelargonium graveolens*.

Les résultats montrent que l'huile essentielle de *Pelargonium graveolens* à provoquer un pourcentage de mortalité allant de 6,6% à 53,2% au bout de 5 jours d'exposition, pour une dose de 1µl. Ces valeurs montrent qu'au bout de 24h le pourcentage de mortalité a atteint 13,2% et augmente par la suite pour atteindre 20% et 26,6% et 53,2 en temps respectifs de 72h, 96h et 120h.

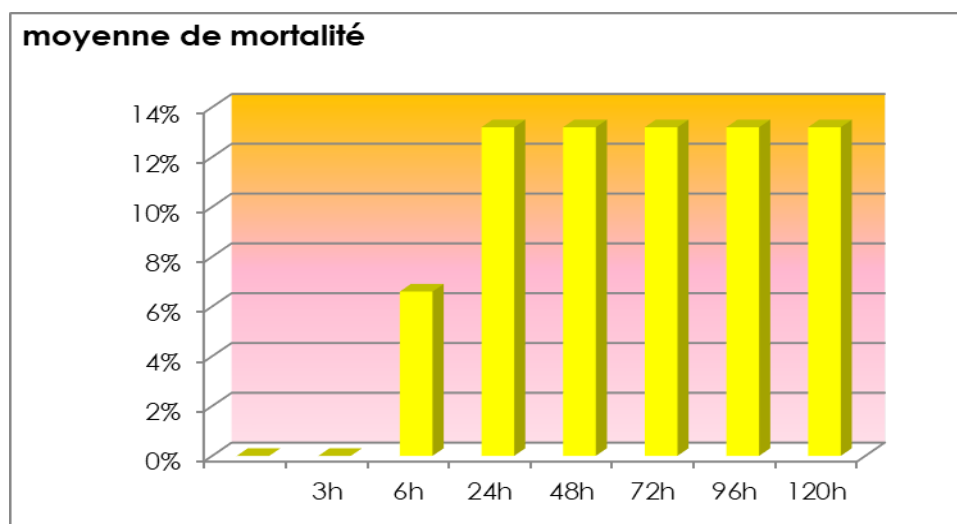


Figure 22 : Mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation à une dose 2µl d'huile essentielle de *Pelargonium graveolens*.

A la dose 2µl, les résultats ont montré que le nombre de décès variait entre 6,6% et 13,2% après 5 jours d'exposition, et d'après ces résultats observés, nous notons que le taux de mortalité est resté constant après 24h d'exposition jusqu'à 120h avec un pourcentage de 6,6%.

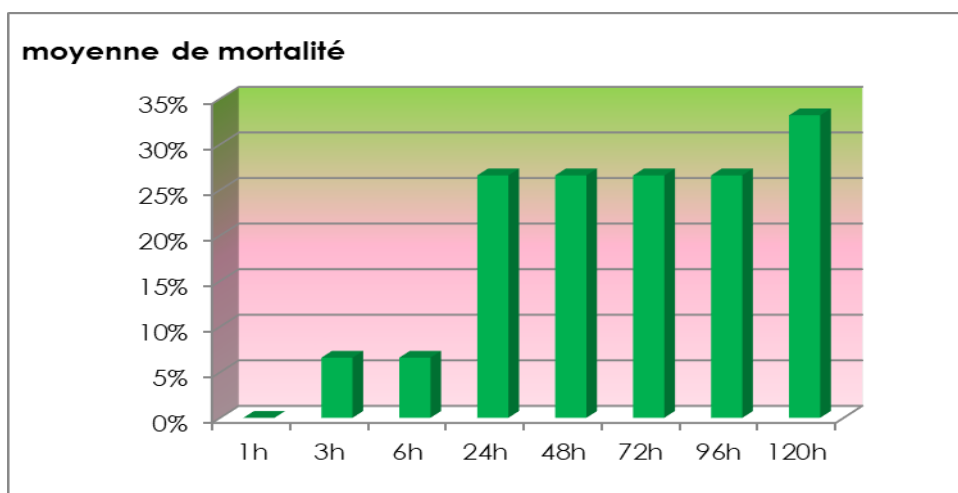


Figure 23 : Mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation à une dose 3µl d’huile essentielle de *Pelargonium graveolens*.

Les résultats enregistrés dans le graphe montrent que le pourcentage de la mortalité est de 26,6% après 24h d’exposition pour une dose de 3µl. Le taux de mortalité augmente d’un pourcentage assez faible allant jusqu’à 33,2% après 120h d’exposition.

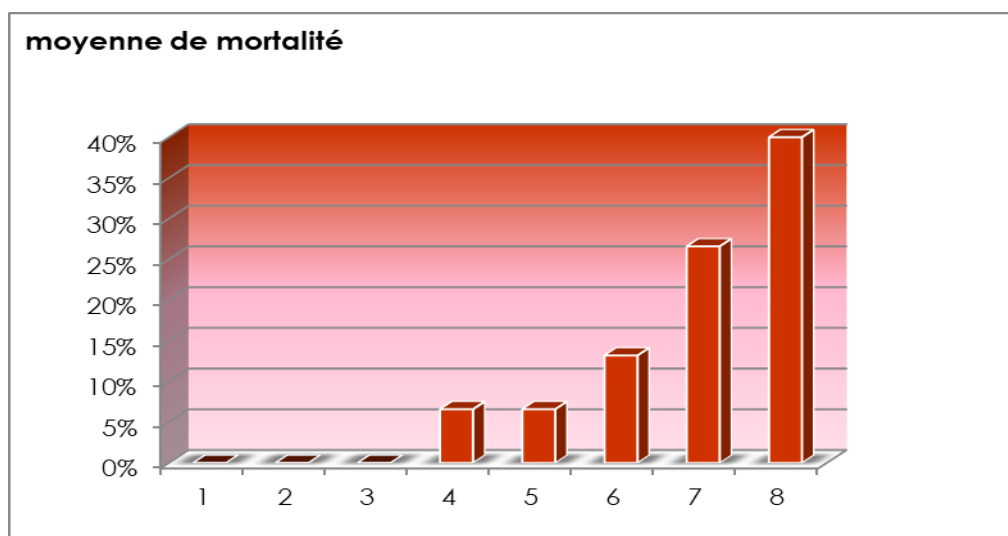


Figure 24 : Mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation à une dose 4µl d’huile essentielle de *Pelargonium graveolens*

La mortalité cumulée chez les individus traités avec l’huile essentielle de *Pelargonium graveolens* à la dose de 4µl a été consignée dans le graphe et les résultats obtenus ont montré que la dose provoquait 13,2% de décès après 72h d’exposition et 26.6% après 96h pour atteindre 40% à 120h.

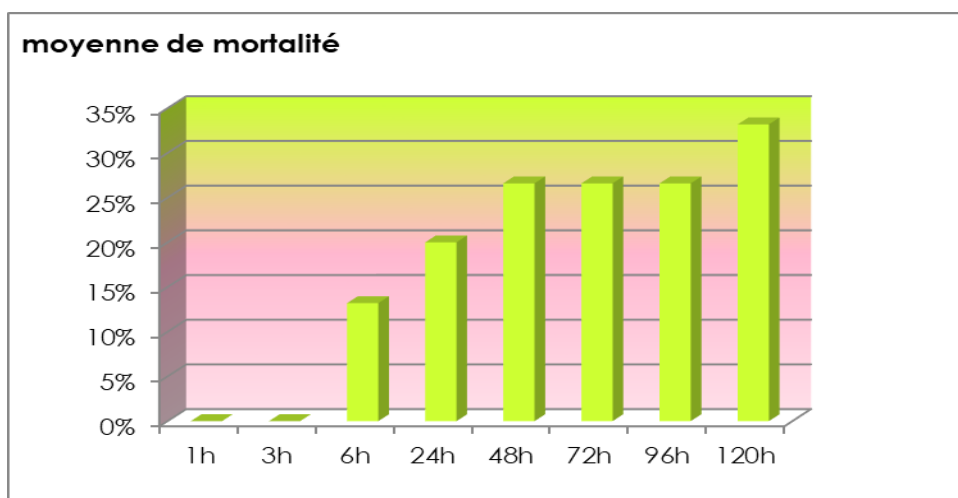


Figure 25 : Mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation à une dose 5µl d’huile essentielle de *Pelargonium graveolens*

Le graphe montre que l’huile essentielle de *Pelargonium graveolens* manifeste une activité insecticide relative sur les adultes de *T. castaneum*, ou nous avons enregistré un taux de 20% après 24h d’exposition et une légère augmentation de la mortalité atteignant 33,2% après 120h d’exposition.

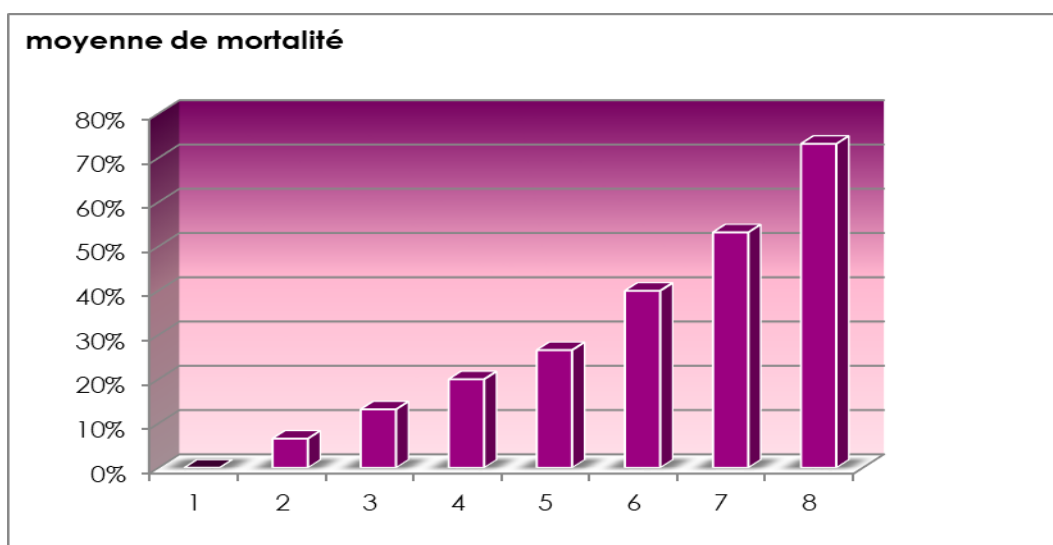


Figure 26 : Mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation à une dose 6µl d’huile essentielle de *Pelargonium graveolens*

Les résultats obtenus lors de l’utilisation de la dose de 6µl ont montré un taux de mortalité entre 6,6% et 73,2%, 20% a été enregistré dans les 24h suivant l’exposition, nous avons remarqué que la mortalité augmentait et atteignait 40% à 72h, et puis ça monte à 53,2% en 120h.

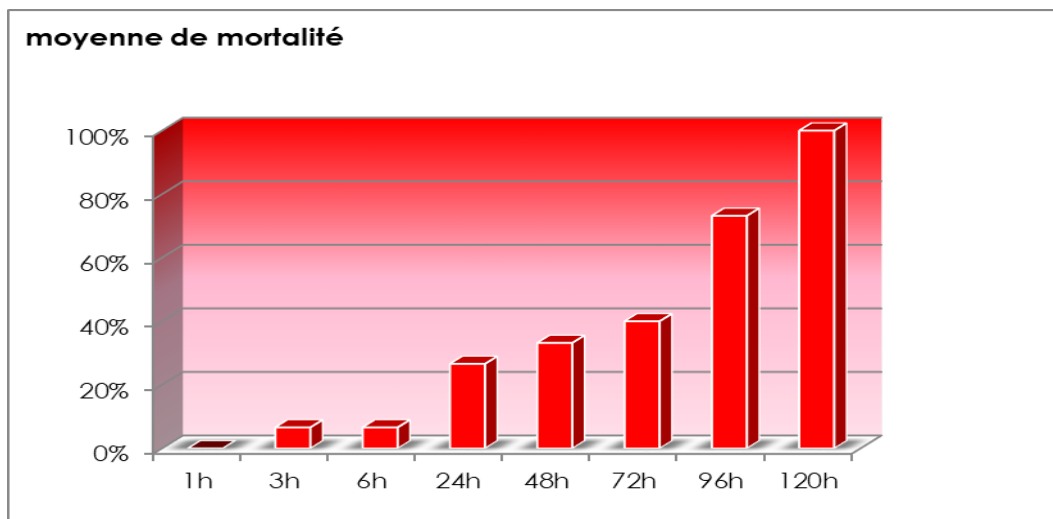


Figure 27 : Mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation à une dose 7µl d’huile essentielle de *Pelargonium graveolens*

D’après les résultats enregistrés nous notons que le taux de mortalité augmente fonction de la dose utilisée qui est 7µl et le taux de mortalité dans les 24h suivant l’exposition est de 26,6% et 73,2% en temps respectifs de 72h et 96h jusqu’à ce qu’il atteigne 100% en 120h d’exposition.

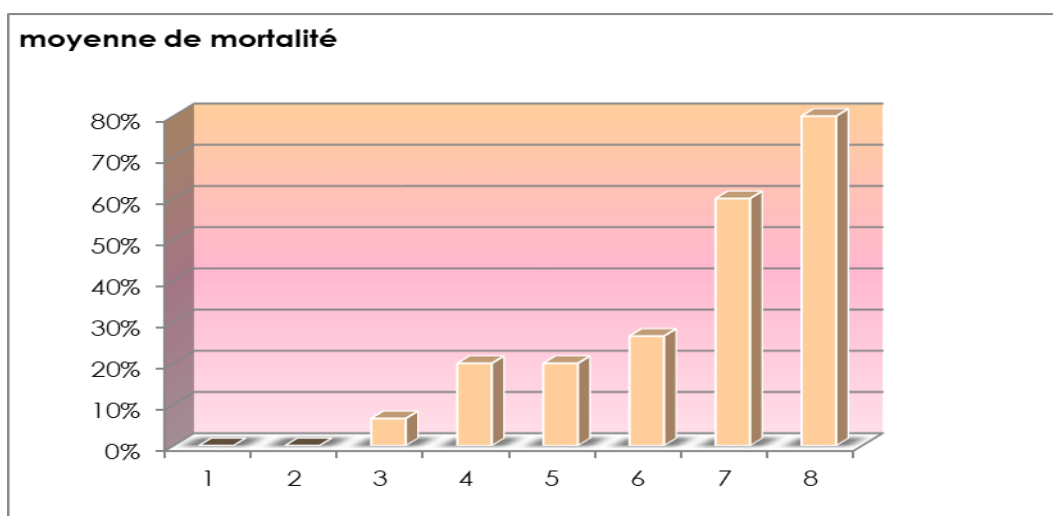


Figure 28 : Mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation à une dose 8µl d’huile essentielle de *Pelargonium graveolens*

Les résultats de graphe obtenus pour la dose 8µl montrent. Ces valeurs de mortalité montrent qu’au bout de 6h d’exposition un taux de mortalité de 6,6% a été enregistré et augmente par la suite pour atteindre 20% après 24h et 33,2% après 72h et le taux de mortalité augmente à 60% après 96h d’exposition jusqu’à atteindre un taux aussi élevé que 80% après 120h.

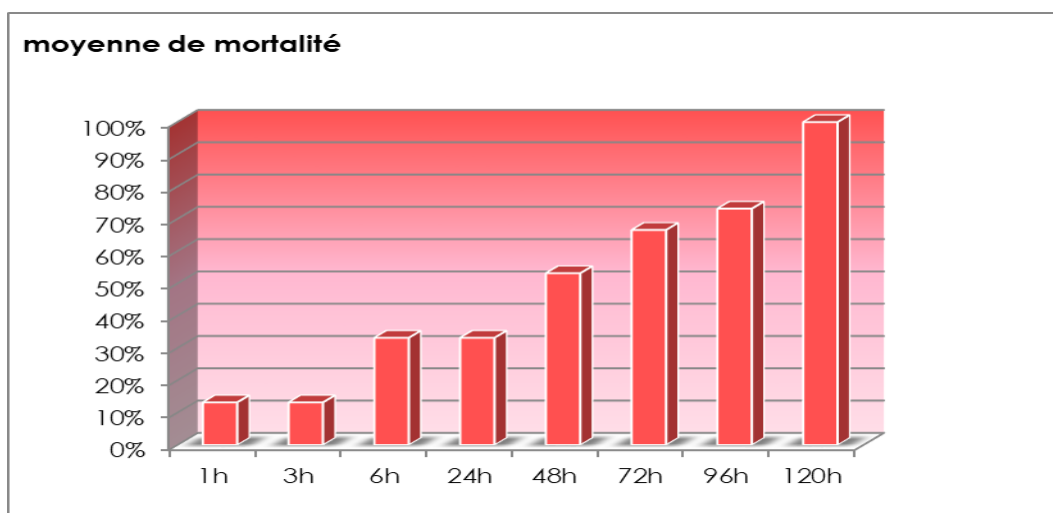


Figure 29 : Mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation à une dose 9µl d’huile essentielle de *Pelargonium graveolens*

A la dose 9µl, les résultats enregistrés dans le graphe sont augmentable par rapport aux temps d’exposition nous notons que le taux de mortalité est 13,2% au bout de 1h d’exposition et augmente à 33,2% après 24h le taux de mortalité continue d’augmenter de manière significative, atteignant 53,2% après 48h, et augmente par la suite pour attendre 66,6% et 73,2,% en temps respectif de 72h et 96h après 120h d’exposition le taux de mortalité est de 100%.

2. Effet répulsif de l’huile essentielle

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

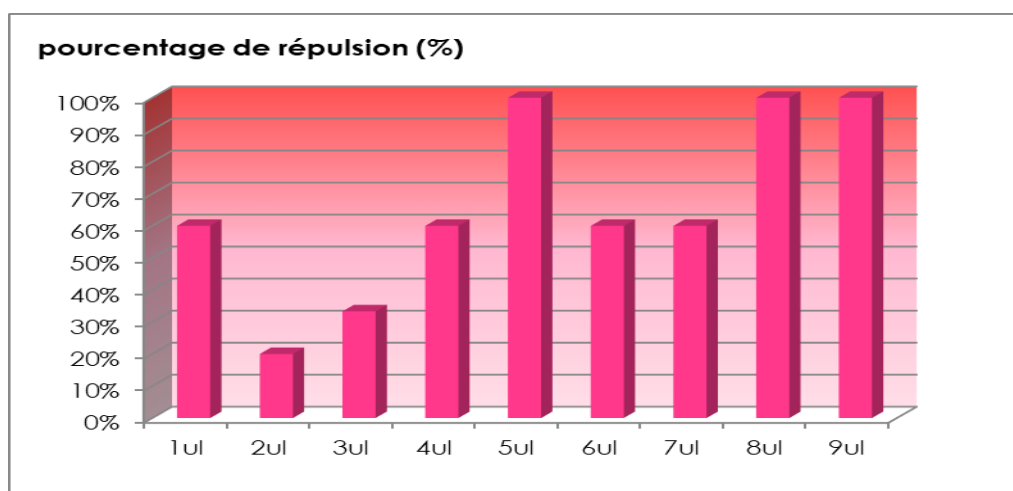


Figure 30 : Taux de répulsion % des adultes de *T. castaneum* après traitement à l’huile essentielle de *P. graveolens* en fonction des doses.

Nous constatons que le taux de répulsion de l'huile essentielle de *Pelargonium graveolens* chez les adultes de *Tribolium castaneum* à des doses de 1µl, 2µl, 3µl, 4µl, 5µl, 6µl, 7µl, 8µl, 9µl. sont respectivement de 60%, 20%, 33,33%, 60%, 100%, 60%, 60%, 100% et 100%.

Tableau 5 : Nombre moyens de *T. castaneum* recensé dans les parties traitée et non traitées et le pourcentage de répulsion de l'huile essentielle de *P. graveolens*.

	Dose	Moyenne d'adultes présents dans la partie		Pourcentage de répulsivité %
		Partie traité (huile)	Partie non traité (acétone)	
Pelargonium graveolens	1µL	1	4	60%
	2µL	2	3	20%
	3µL	1	4	33,33%
	4µL	1	4	60%
	5µL	0	5	100%
	6µL	1	4	60%
	7µL	1	4	60%
	8µL	0	5	100%
	9µL	0	5	100%
Taux moyen de répulsion	65,92%			
Classe	IV			
Effet	Répulsif			

Nos résultats ont montré que l'huile essentielle de *Pelargonium graveolens* a un effet hautement répulsif contre les adultes de *Tribolium castaneum* avec des taux répulsif compris entre 20% et 100% pour les différents doses de 1µl jusqu'à 9µl.

Le calcul du pourcentage de répulsion par la méthode de (Mc Donald et al., 1970) a permis de constater que l'huile essentielle de *Pelargonium graveolens* est répulsive avec un taux moyen de répulsion de 65,92%.

3. Discussion

Le présent travail révèle l'effet insecticide de l'huile essentielle de *géranium* : *Palargonium graveolens* sur l'insecte ravageur secondaire des figes sèches « *Tribolium castaneum* ».

Les plantes aromatiques médicinales sont considérées, d'après leurs constituants en huiles essentielles (HE), comme un bio insecticide qui permet de lutter contre une variété d'insectes et ravageurs des stocks (Ketho, 2004).

En effet, l'activité insecticide et les différences observées dans l'efficacité de l'huile essentielle testée peuvent être attribuée aux différents composés bioactifs connus pour leurs activités insecticides. Ce pendant cette activité peut être variable et étroitement liée à l'activité de la majorité des composés majoritaire (Pavela et al., 2016). Soit à l'état singulière ou lorsqu'ils sont mises en association (Ngamo et hance, 2007).

Cette activité insecticide est confirmée par de nombreuses études qui ont montré que les huiles essentielles ont un large spectre d'action sur les insectes des denrées stockées (Hamoudi, 2000 ; Keita et al, 2001). Cependant, (Shaaya et al., In Chiasson et Beloin (2007) ont testé des huiles essentielles de plusieurs plantes comme le Basilic, le *Pélargonium*, la Marjolaine, le Thym, la Menthe ainsi que le Romarin et la Sauge et ont rapporté que la majorité de ces plantes ont révélé jusqu'à une mortalité de 100% sur *Rhyzoperta dominica*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium castaneum* et *Sitophilus oryzae*. D'autres travaux similaires ont été réalisés sur plusieurs plantes de la famille des Lamiaceae sur *T. castaneum* où les adultes sont très sensibles (Rajendran et al., 2007). De même, (Al-Jabr, 2006) a mis en évidence l'effet répulsif du *Rosmarinus officinalis* et de *Mentha viridissur* *Tribolium castaneum* et *Oryzeaphilus surinamensis*. Dans le cadre de la gestion des ravageurs agricoles, les pesticides botaniques sont bien adaptés pour une utilisation dans les pays industrialisés et peuvent jouer un rôle beaucoup plus important dans la protection des post-récoltes et les produits alimentaires (Isman, 2006). Parmi les différents produits origine végétale, application huiles essentielles est une méthode très intéressante pour contrôler les pertes de post-récolte.

Cette étude a été menée à travers deux tests ; un test par inhalation pour la mortalité des adultes de *T. castaneum* et l'autre par répulsion afin d'observer l'effet répulsif de cette huile en utilisant différentes doses d'huile essentielle (1µl, 2µl, 3µl, 4µl, 5µl, 6µl, 7µl, 8µl, 9µl).

Nos résultats sur les adultes de *T. castaneum* ont montrés que l'exposition à l'huile essentielle de *Pelargonium graveolens* est inefficace par la présence de quelques taux faible et rares taux de mortalité chez les individus de *Tribolium castaneum*.

Des études similaires sur l'activité insecticide, plus au moins faibles, des différentes huiles Essentielles et de leurs composants sur *T.castaneum* sont décrit dans un certains nombres de Publications. (Khani et al., 2017) ont étudié la toxicité des huiles essentielles de Juniperus polycarpus et de J. Sabina contre T. castaneum ; les valeurs de CL50 pour les huiles essentielles de J. polycarpus et de J. Sabina étaient respectivement de 368,4 et 301, 9 $\mu\text{L} / \text{L}$ d'air. (Russo et al., 2015) ont testé action insecticide de huile essentielle d'Eucalyptus globuleuse sur *T. castaneum*, une concentration élevée de 1,25 $\mu\text{L} / \text{cm}^2$ a éliminé 90% des ravageurs après 30 minutes exposition.

Des études antérieures ont signalés que l'échec de l'efficacité des insecticides est lié à la Morphologie de l'insecte. Selon (Genevieve, 2006), La présence de cuticule rigide qui le sclérote qui couvre les pattes, appendices et l'abdomen des insectes est un obstacle structural vis-à-vis des produits appliqués selon le mode du traitement adopté.

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

D'après (Ryan et Byrne, 1988 et Boyer et al., 2011), l'absence d'effets insecticides peut être liée à une concentration insuffisante d'huiles essentielles ou aux phénomènes de résistance développé chez l'insecte et qui peut être lié au cytochrome P450-dependent monoox-ygenase, carboxyle estérase, (Superoxide dismutase et catalase. Amrani (2017) a rapporté que l'application de l'huile essentielle de Clou de Girofle à trois doses

Différentes (0 .2 ml ,0.4 ml et 0.6 ml) sur les adultes de T. Castaneum par inhalation ne provoque aucun effet toxique considérable. Cependant, la plante *P.graveolens* a montré une bonne efficacité insecticide sur d'autres espèces d'insectes.

Les résultats de notre expérimentation montrent clairement que l'huile essentielle de *Pelagonium graveolens* a un effet répulsif à l'égard des adultes de *T. castaneum* compris entre 20% à 100% dont le taux moyen de répulsion est de 65,92% ce qui permet de la classer à la 4émé classe.

Nos résultats rejoignent ceux de plusieurs auteurs qui ont révélé le pouvoir répulsif des huiles essentielles de plusieurs plantes aromatiques. Ainsi, selon GOUCEM-KHELFANE, 2014), les huiles essentielles de *Laurus nobilis*, *Citrus reticulata*, *Lavandula angustifolia* se sont montrées répulsives à l'égard des adultes d'A. Obtenus même à la plus faible dose.

L'activité de répulsion de ces huiles essentielles augmente en fonction de la dose ; elle varie entre 60% et 100% à la dose de 80µl.

Conclusion

Conclusion

Le remplacement des pesticides dangereux avec les bio-insecticides à base des huiles essentielles végétales naturelles serait plus bénéfique à l'homme pour préserver sa santé et s'épargner la perte de ses récoltes. Cependant, l'efficacité des huiles essentielles est assurée sur tous les insectes ravageurs ciblés, mais peut ne pas être efficace sur certains insectes devenus résistants. Au cours de notre travail, nous avons tenté d'évaluer la bio efficacité de l'huile essentielle de *P. graveolens* à l'égard des adultes des figues sèches *T. castaneum*. Dans le présent travail, l'usage de l'huile essentielle extraite de la plante aromatique *Pelargonium graveolens* a montré sa faible toxicité envers l'insecte ravageur secondaire des figues sèches *T. castaneum*.

Nos résultats sur les adultes de *T. castaneum* ont montrés que l'exposition de ces individus par inhalation à l'huile essentielle de *P. graveolens* est inefficace par la présence de quelques taux faibles et rares taux de mortalité chez les individus de *T. castaneum*. En ce qui concerne le test par répulsion, l'huile a montré un effet répulsif considérable à l'égard de l'insecte ; elle est placée selon la méthode de (Mc Donald et al., 1970) dans la classe répulsive (IV) avec des valeurs moyennes de répulsion de 65.92 % pour l'huile essentielle de géranium : *Pelargonium graveolens*. A l'issue de cette étude, les résultats obtenus sont en accord avec des résultats antérieurs. Ils confirment la résistance de *T. castaneum* envers plusieurs variétés de plantes aromatiques et insecticides de synthèse largement utilisés et approuvés leur toxicité contre d'autres plusieurs espèces d'insectes.

L'utilisation de bios pesticides dans la protection des denrées stockées peut représenter une des méthodes les plus appropriées en raison des différents avantages qu'elle offre (pas de toxicité et coût financier très réduit).

Il sera important de tester l'huile essentielle de *géranium* sur les différents stades larvaires de *tribolium castaneum* afin de d'observer son efficacité sur ce stade évolutif vulnérable.

Références Bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

- 1-IAKSOY U. 1997.** Harvest and drying of figs. In: “Advanced Course on Fig Production”. Ege University, Izmir, Turkey
- 2-AL.JABR.A.M. 2006** – Toxicity repellency of seven plants essential oils to *oryzaephilus surinamensis* (Coleopteran: Silvanidae) and *tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). Jour. Scien. King. Faisal Univ ; vol.1(7) : 49-60
- 3-AMARI, 2014.** Etude du choix de ponte du bruche du niébé *Callosobruchus maculatus* en présence de différentes variétés d’haricot et de pois chiche, et influence de quelques huiles essentielles (Cèdre, Ciste, Eucalyptus) sur activité biologique de l’insecte. Mémoire de magistère
- 4-AMRANI T., 2018,** Etude de l’effet bio-insecticide de l’huile essentielle de Clous de Girofle (*Eugeniaaromatica*) vis-à-vis d’un ravageur des denrées stockées (coléoptère; ténébrionidé) *Tribolium confusum* ., mémoire de master ., Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

B

- 5-BADY J. et RAJ, S. J. 2011.** Pharmacognostic and phytochemical properties of *Ficus carica* Linn–An overview. International Journal of Pharm Tech Research. 3. pp 08-12.
- 6-BELAICHE, P. 1979.** Traite de phytothérapie et d’aromathérapie. L’aromatogramme Tome
- 7-BERTAUDEAU et FAURE (1990).** Atlas d’arboriculture fruitière Vol.4. et Tec. Doc. Lavoisier, 289p.
- 8-BONNETON F., 2008.** The beetle by the name of *Tribolium* Typology and etymology of
- 9-BONNETON, F. (2010)** .quand *tribolium* complémente la génétique de la drosophile.
- 10-BOUKHATEM. M.N. et al 2010.** Extraction, composition et propriétés physico-chimiques de l’huile essentielle du Géranium Rosat (*Pelargonium graveolens* L.) cultivé dans laplaine de Mitidja(Algérie). Revue Nature et Technologie, n °03.37-45pp.
- 11-BOYER, S., Zhang, H., et Lempérière, G. (2011).** A review of control methods and resistance mechanisms in stored-product insects. Bulletin of Entomological Research, 102(2), 213-229.
- 12-BRETAUDEAU, J. (2006).** Estimation de la diversité des variétés inscrites au Catalogue français des espèces agricoles cultivées Réflexions préalables à la mise en place d’indicateurs de la diversité génétique disponible. GEVES Brion.57 p.
- 13-BRICH C., 1953** – Experimental background to study of distribution and abundance of insect. Ecol., 34, 4 : 698 – 711.
- 14-BRUNETON J., 2009.** Pharmacognosie : phytochimie, plantes médicinales. 4ème édition.

C

- 15-CAMARA, A., 2009.** lutte contre *sitophilus oryzae l.* (colioptere : curculionidae) et *tribolium castaneum herbest* (coleoptera : tenebrionidae) dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en basse-guinée et l'utilisation des huiles essentielles végétales. université québec à montréal , thèse de doctorat en sciences de l'environnement. 2-27 p.
- 16-CHAMP B et DYTE C.E., 1976-** Rapport de l'enquête mondiale de la FAO sur les insectes des céréales entreposées et leur sensibilité aux insecticides, FAO, Rome. 374p.
- 17-CHOUAKI S., BESSEDIK F. CHEBOUTI A., MAAMRI, F., OUMATA S.,**
- 18-CHRISTINE B., 2001.** Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux, guide pratique. 2ième Edition, 124-154.
- 19-CONDIT I.J. ET Waltham M.A. 1947.** The Fig. Chronica Botanica . 19:222 Déborah H. ET Stéphanie O. 2008. Fraîche ou séchée, la figue est dévoilée. Haute école de santé Genève, Filière Nutrition et diététique. 1-3.
- 20-CRUZ J., 1988.** Conservation des grains en régions chaudes. 2ième Edition Ted et Doc Apria, 41-54.

D

- 21-DEBORAH H. et Stéphanie O. 2008.** Fraîche ou séchée, la figue est dévoilée. Haute école de santé Genève, Filière Nutrition et diététique. 1-3.
- 22-DELOBEL. A. et Trans, M., 1993 :** Les coléoptères des denrées entreposées dans les régions chaudes .Ed ORSTOM, Paris, 424 p
- 23-DEMIREL D. et Turhan M. 2003.** Air-drying behaviour of Dwarf Cavendish and Gros Michel banana slices. Journal of Food Engineering. 59:1-11. Dickson J.H. ET Dickson C. 1996 Ancient and modern occurrences of common fig (*Ficus carica L*) in the British Isles. Quaternary Science Reviews. 15:623-633.
- 24-DICKSON J.H. ET Dickson C. 1996** Ancient and modern occurrences of common fig

F

- 25-FAO STAT, 2015.** Statistiques récentes de la FAO dans le domaine relatives au secteur de la figue. 9p.
- 26-FERRADJI A., Chabour H. et Malek A. 2011.** Séchage solaire des figues. Revue des Energies Renouvelables. 14 (4):717-726.

G

- 27-GENEVIEVE. L., 2006.** L'origine de la métamorphose chez les insectes, Bulletin de la société d'entomologie du Québec. Laboratoire d'Éric Lucas à l'UQAM, Antennae, vol. 13,

N°3, 03pages. Genre Ficus. Actes de la Journée Figuier de l'INRA Maroc: Potentialités et perspectives de développement de la figue sèche au Maroc. 32-41.

28-GODON B. ET Willm C., 1998. Les industries de première transformation des céréales. Lavoisier tec, doc Paris, 656-657.

29-GOUCEM-KHELFANE K., 2014. Etude de l'activité insecticide des huiles essentielles et des poudres de quelques plantes à l'égard de bruche du haricot *Acanthocelide sobtectus* (Coleoptera: Bruchidae) : Biologie, physiologie, reproduction et lutte, Thèse de Doctorat d'Etat en sciences naturelles, U.M.M.T.O., 214 p. (*Ficus carica L.*) in the British Isles. Quaternary Science Reviews. 15:623-633.377–379

30-GUEYE MT., Dogo S., Wathelet JP. Lognay Georges (2011). Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale : synthèse bibliographique. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **2011** 15(1), 183-194. 104)

31-GUEYE, A-C .DIOME, T .THIAW, C. SEMENE, 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* 90:8355– 8360.

32-GUITNEAU G., 1992. Connaitre et reconnaitre la flore et la végétation méditerranéenne. Ed. Ouest-France. 331p.

H

33-HAMOUDI S., 2000. Extraction des huiles essentielles du romarin et du thym. Evaluation de leur toxicité vis à vis d'un insecte des denrées stockées. Mémoire d'ingénieur en génie chimique. Ecole Nationale Polytechnique. El-harach, 76p.I, Edition Maloine

I

34-IPGRI C, 2001. Descriptors for Fig. International Plant GeneticResourcesInstitute, Rome, Italy, and International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies, Paris, France. ISBN 92-9043-598-4.

J

35-JANZEN D.H. 1979. How to be a fig. *Annual Review of Ecology and Systematics.* 10:13-51.

36-JEDDI L. 2009. Valorisation des figues de Taounate : potentiel, mode et stratégies proposés. Direction provinciale d'agriculture de Taounate. 1-26.

K

- 37-KADER A. 1985.** Modified atmospheres and low-pressure systems during transport and storage. In: "Postharvest Technology of Horticultural Crops" Kader A.A. Postharvest Technology Center. 58-64.
- 38-KARATHANOS V.T. et Belessiotis V.G. 1997.** Sun and artificial airdrying kinetics of some agricultural products. Journal of Food Engineering. 31:35-46.
- 39-KASSEMI, N.2014.**activité biologique des poudres et des huiles de deux plantes aromatiques (*pseudocytisus intergrifolius* salib et *nepeta nepetella* l.) sur les ravageurs du blé et des légumes secs .thèse de doctorat en biologie, université de tlemcen. 17-.... p.
- 40-KEITA S.M., Vincent C., Schmidt J-P. et Arnason J.T., 2001.** Insecticidal effects of *Tuja occidentalis* (Cupressaceae), Essential oil on *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). *Can. J Plant. Sci.*, 81, 173-177. Aksoy U. 1997. Harvest and drying of figs. In: "Advanced Course on Fig Production". Ege University, Izmir, Turkey Condit I.J. ET Waltham M.A. 1947. The Fig. *Chronica Botanica* . 19:222
- 41-KELLOUCHE A., 2005.** Etude du bruche du pois-chiche, *Callosobrucus maculatus*
- 42-KETHO, I. A. Glitho et Koumaglo.** Activité insecticide comparée des huiles essentielles de trois espèces de genre *Cympobogongen* (poaceae). *J. Soc. Ouest. Afr. Chim*, **18** (2004) 21- 34.
- 43-KETHO, I. A. Glitho et Koumaglo.** Activité insecticide comparée des huiles essentielles de trois espèces de genre *Cympobogongen* (poaceae). *J. Soc. Ouest. Afr. Chim*, 18 (2004) 21-34.
- 44-KHADARI B, Lashermes P and Kjellberg F. 1994.** Identification variétale et ressources Génétiques chez le figuier (*Ficus carica* L.): utilisation des marqueurs RAPD. In : Quel avenir pour l'amélioration des plantes ? Ed. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. Paris. pp. 399-412.
- 45-KHADARI B., Gibernau M., Anstett M.C., Kjellberg F. ET Hossaert K.M. 1995.** When wait for pollinators: the length of fig receptivity. *American Journal of Botany*. 82:992-999.
- 46-KHANI HALLIDAY. W. R., Arthur. F. H., et Zettler. J. L., 1988.** Resistance status of red flour beetle (Coleoptera: tenebrionidae).Infesting stored panuts in southeastern United States. *Journal of Economic Entomogy* 81, 74-77
- 47-KHANI, A., Rashid, B., et Mirshekar, A. (2017).** Chemical composition and insecticidal efficacy of *Juniperus polycarpus* and *Juniperus sabina* essential oils against *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *International Journal of Food Properties*, 20(S2), S1221-S1229.

48-KHELDOUN S., KHELDOUN A. (2006). Deuxième rapport national sur l'état des ressources phylogénétique. INRAA. 50 p.

49-KJELLBERG F. ET Valdeyron G. 1984. The pollination of the fig tree (*Ficus carica* L.) and its control in horticulture. Acta Oecologica 5:407-412.

L

50-LAUMONNIER R., 1960. Culture fruitière méditerranéenne. Paris, Jablière et Fils. pp161-183.Lavoisier; Paris. P.1269.

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

M

52-MAURI N. 1939. Les caprifiguiers utilisés en Kabylie pour la caprification. Document et renseignements agricoles, Bulletin N°6,39p.

53-MAURI N. 1939. Les figuiers cultivés en Kabylie. Documents et renseignements agricoles, Bulletin. N°5, 66p.

54-MAURI N. 1952. Les figuiers cultivés en Algérie. Documents et renseignements agricoles, bulletin n°105, Alger.57P.

55-MC DONALD L.L., Guy R.H., Speirs R.D. 1970. Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants, repellents and attractants against stored product insects. Marketingmed sci (paris) 2010 ; 26 : 297–304.

56-MICHAILIDES T.J., Morgan D.P., Felts D. et Doster M.A. 2008. Control of decay in caprifigs and calimyrna figs with fungicides. Acta Horticulturae. 798: 269-275.

N

57-NGAMO L. et HANC TH., 2007. Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical, in Tropicultura, vol 25 (n°4), 215-220pp

O

58-OKOS M.R., Narasimhan R.K. Singh ET Witnauer A.C., 1992. Food dehydration. In «Handbook of Food Engineering » Hedman D.R. ET Lund D.B. New York: Marcel Dekker.

59-OUKABLI A. 2003. Le figuier un patrimoine génétique diversifier à exploiter. Transfert de technologie en agriculture. Bulletin mensuelle d'information de liaison du PNTTA, Juillet 2003,106. 1-4p.

60-OUKABLI A., Mamouni A., Laghezali M., Ater M., Roger J.P.et Khadari B. 2003. Local Capri fig tree characterization and analysis of interest for pollination. Acta Horticulturae. 61-64.

P

61-PANTASTICO E.B. 1975. Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables. AVI Publishing. 559.

R

62-RAHEMI M. et Jafari M. 2008. Effect of Caprifig type on quantity and quality of Estahban dried fig *Ficus carica* cv. Acta Horticulturae. 798:249-252.

63-REBOUR H., 1968 : Fruit méditerranéens autre que les agrumes. Ed. La maison rustique .pp . 190-206.

64-ROGER J.P. 2003. La conduite du figuier (*Ficus carica* L.), Famille des Moracees,

65-RUSSO, S., Cabrera, N., Chludil, H., Yaber-Grass, M., et Leicach, S. (2015). Insecticidal activity of young and mature leaves essential oil from Eucalyptus glo-bulus Labill against *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Te-nebrionidae). Chilean Journal of Agricultural Research, 75(3), 375-379

66-RYAN M. F. and Byrne O. 1988. Plant-insect coevolution and inhibition of acetylcholinesterase. Journal of Chemical Ecology. 14: 1965-1975

S

67-SAXENA B.P., Sharma P.R., Thappa R.K. ET Tikku K., 1992. Temperature induced sterilization for control of three stored grain beetles, J. stored prod. Res., 28 (1), 67- 70.

68-SCATT-JAMES A., 2021. Maladie et parasites du figuier. Plan de jardine jardin biologique.7p.

69-SCOTTO LA MASSESE C., DEPORTES L., MERCIER S. and ROGER J.P. 1983. Les principaux ennemis du figuier. *Phytoma*. (353/354) : 37-41.

70-SEXENA. D., Bhatia. S. K et Sinhas. R., 1991. Status of insecticide resistance in *Tribolium castaneum* (Herbst) in India.IV: Resistance to phosphine. Bulletin of grain Technology, 29(3):148-151 pp Sey. (Coleoptera : Chrysomelidae), bruchinae et comportement de ce ravageur vis-à-vis des composés volatils de différentes variétés de la plante hôte (*Phaseolus vulgaris* L.). Thèse de doctorat en sciences biologiques. U.M.M.T.O., 143p. *Tribolium castaneum* Herbst, 1797. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 38,

V

71-VIDAUD J., 1997. Le figuier monographie du CTIFL (centre technique Inter professionnel des fruits et légumes), 267p

W

72-WALALI L. et KHOUIMI L. 2003. L'assainissement des plants de figuier. *Actes de l'ajournée Figuier de l'INRA Maroc. Potentialités et perspectives de développement de la figue sèche au Maroc.* 198 p.

Z

73-ZARE H. 2008. Comparison of fig caprification vessels, period and caprifig cultivar usable in Iran. *Acta Hortic.* 798:259-261.

Résumé

L'utilisation de bio-insecticides d'origines végétales est une meilleure solution pour préserver les denrées stockées et d'éviter l'effet le plus toxique des insecticides de synthèse. La présente étude a pour objet d'évaluer l'effet insecticide de l'huile essentielle de *Pelargonium graveolens* appliquée sur les adultes de l'insecte ravageur secondaire des denrées stockées, *Tribolium castaneum* (Herbst, 1979) par différents tests de toxicités à savoir : inhalation et répulsion. L'huile essentielle de la plante a été utilisée à différentes concentrations de 1µl, 2µl, 3µl, 4µl, 5µl, 6µl, 7µl, 8µl, 9µl contre les adultes de *T. castaneum*. Les individus ont été exposés à l'huile essentielle par test d'inhalation pendant 1h, 3h, 6h, 24h, 48h, 72h, 96h et 120h d'expositions. Les résultats ont montré que le taux de mortalité des individus est un peu faible.

En ce qui concerne le test par répulsion l'huile essentielle de *P. graveolens*, les résultats ont montré un effet plus répulsif avec des valeurs moyennes de répulsion de 65.95%. Ces résultats révèlent que l'activité insecticide de l'huile essentielle de *P. graveolens* sur les adultes de *T. castaneum* est une activité insecticide basse. Les individus de *T. castaneum* sont résistants à l'huile de *P. graveolens*.

Mots clés : Ravageurs secondaires, *Tribolium castaneum*, *Pelargonium graveolens*, toxicité, Résistance.

Abstrat

The use of bio-insecticides of plant origin is a better solution to preserve stored foodstuffs and to avoid the most toxic effect of synthetic insecticides. The purpose of this study is to evaluate the insecticidal effect of the essential oil of *Pelargonium graveolens* applied to the adults of the secondary insect pest of stored foodstuffs, *Tribolium castaneum* herbst (1979) by various toxicity tests, namely: inhalation and repulsion. The essential oil of the geranium plant: *Pelargonium graveolens* was used at different concentrations of 1µl, 2µl, 3µl, 4µl, 5µl, 6µl, 7µl, 8µl, 9µl against adults of *T. castaneum*. The individuals were exposed to the essential oil by inhalation test for 1h, 3h, 6h, 24 h, 48 h, 72 h, 96 h and 120 h of exposure. The results showed that the mortality rate of individuals is somewhat low. These results reveal that the insecticidal activity of the essential oil of *P. graveolens* on adults of *T. castaneum* is of low insecticidal activity. Individuals of *T. castaneum* are resistant to the oil of *P. graveolens*. Regarding the repellency test, the essential oil of *P. graveolens* showed a more repellent effect with average repellency values of 65.95%.

Key words: Secondary pests, *Tribolium confusum*, *Pelargonium graveolens*, toxicity, resistance.