

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

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département de Biologie



Mémoire de fin d'études



En vue de l'Obtention du Diplôme de Master en Biologie

Option : Ecologie animale

THEME

Effet biocide de l'huile essentielle du basilic (*Ocimum basilicum* L.) sur les adultes du tribolium du figuier (*Tribolium castaneum* H.) (Coleoptera : Tenebrionidae)

Réalisé par : M^{elle} BEN AMRI Liliane
M^{elle} MALLAOUI Hassina

Présenté devant le jury :

Président : M^{me} MEDJDOUB - BENZAAD F.

Professeur à U.M.M.T.O

Promotrice : M^{elle} GUERMAH D.

M.C.B à U.M.M.T.

Examinatrice : M^{me} LEMBROUK L

M.C.B. à U.M.M.T.O.

Soutenance le 07/07/2022

2021 - 2022

Remerciements

Ce travail a été réalisé au sein de l'équipe du laboratoire de production sauvegarde des espèces menacées et des récoltes influence des variations climatiques de l'Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, sous la direction de M^{me} MEDJDOUB-BENSAAD F., Professeur à L'U.M.M.TO.

En premier lieu, je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir accordé le courage, la volonté, la force et la patience de bien mener ce modeste travail.

Je tiens vivement à exprimer ma profonde reconnaissance et ma gratitude à ma promotrice M^{elle} GUERMAH D., M.C.B à L' U.M.M.TO, de m'avoir accordé l'honneur de diriger ce travail et aussi pour sa patience et sa compréhension et ces précieux conseils qu'elle nous a prodigué tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Nous tenons à remercier madame M^{me} MEDJDOUB-BENSAAD F., Professeur à L'U.M.M.TO, pour avoir accepté de présider ce jury, elle nous honore par sa grande expérience et rehausse ainsi la valeur de notre étude.

Nos vifs remerciements vont aux membres du jury qui ont bien voulu accepter d'évaluer notre travail: Mme LEMBROUK L., M.C.B à l'université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou de nous avoir donné l'honneur d'examiner ce mémoire.

Nous remercions tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail accompagné d'un profond amour :
A ma famille, elle qui m'as doté d'une éducation digne, son amour
a fait de moi ce que je suis aujourd'hui.
Particulièrement aux deux êtres les plus chers au monde, ma mère
et mon père pour leur amour et leur soutien.
A mon grand père adoré mouloud qui est parti tôt et a maman
babah que j'aime trop, qu'ils reposent en paix.
A mes chers frères : mouloud et rayane.
A ma seule et unique sœur : chahinez.
A mes grands parent : setti zaina et papa babah.
A mes adorables cousines : Sarah, Aziza, Lamia, Katia, ziza et
ryma.
A mon cher mari smail, pour son soutien et encouragement.
A mes cousins et cousines.
A mes oncles et tantes.
A mes meilleurs amies : Sarah, hassina, Tina.



Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Mes très chers parents que j'aime, ma mère et mon père pour l'amour, la tendresse et surtout leur présence dans les moments les plus difficiles.

À mes frères leurs épouses et leurs chers enfants et mes sœurs. Mon grand père pour son soutien, son encouragement et ses conseils.

À mes adorables amies, en particulier : Sarah, Zozo, Farída, Massília, Lílíane.

À ma sœur Houría sans oublier son mari Brahim et ses adorables enfants : Hamza et Islam.

À mes cousins et à toute ma famille

À mon cher mari Sidali.



Sommaire

Listes des figures

Liste des tableaux

Introduction	1
Chapitre I : généralités sur le figuier	
1. Historique	4
2. Origine, domestication et aire de répartition géographique	5
3. position systématique	6
4. Caractère morphologique et botanique du figuier	6
4.1. Écorce	6
4.2. Bourgeon	6
4.3. Ramification	7
4.4. Feuille	7
4.5. Inflorescence et fleurs	8
4.6. Fruit	9
4.7. Racines	10
5. types de figuier	10
5.1. Fiquier commun	10
5.2. Fiquier synyna	11
5.3. Fiquier San Pedro	11
5.4. Caprifiquier	11
6. Variétés du figuier	11
7. Intérêt économique	11
7.1. Dans le monde	11
8. Production du figuier en Algérie	13
9. Composition chimique de la figue	13
10. Utilisation industrielle de la figue	15
11. Utilisation thérapeutique de la figue	15
12. Technologie des figues	15
12.1 Séchage	15
12.2 Transformation	16

Chapitre 2 : généralité sur l'insecte ravageur *tribulium castaneun*

1. Généralités sur le <i>tribolium</i> rouge de la farine	17
2. Répartition géographique	17
3. Description morphologique	17
3.1 Adulte	17
3.1 .1 Nymphe	18
3.1.2 Larve	18
3.1.3 Œufs.....	19
4. Position systématique	19
5. Biologie	20
6. Dégât et importance économique	20
7. Ethologie	21
7.1 Mobilité	21
7.2 Régime alimentaire	21
7.3 Interaction intra et interspécifique	22
7.3.1 Interaction intra spécifique	22
7.3.1.1 Regroupements	22
7.3.1.2 Reproductions	22
7.3.2 Interaction interspécifique	23
7.3.2.1 Coexistences et compétitivité	23
7.3.2.2 Reproductions	23
8. Facteurs écologique agissant sur le développement du <i>tribulium castaneum</i>	23
8.1 Facteurs extrinsèques	23
8.1.1 Effet sur la longévité	23
8.1.2 Effet sur l'oviposition	23
8.1.3 Effet sur le développement	23
8.1.4 Effet sur le régime alimentaire	24
8 .2 Facteur intrinsèque	24
8.2.1 Effet masse chez le <i>tribulium</i>	24
9. Moyenne de lutte utilisé contre le <i>tribulium castaneum</i>	24

Chapitre 3 : matériels et méthodes

1. Matériels biologique	25
1.1 Matériels végétales	25
1.2 Matériels animale	25

1.3 Huile essentielle	25
1.3.1 Description	26
1.3.1.1 Tiges	26
1.3.1.2 feuilles	26
1.3.2 Répartition géographique de basilic	27
1.3.3 Position systématique	27
1.3.4 Composition chimique et valeurs nutritive	28
2. Matériels utilisés au laboratoire.....	28
3. Méthodes	29
3.1 Traitement par inhalation	29
3.2 Traitement par répulsion	30
3.3 Analyse statistiques.....	31

Chapitre 4 : résultats et discussion

Résultats	32
1. Evaluation de l'effet de l'huile essentielle de basilic par inhalation	32
1.1 A la dose 1µl.....	32
1.2 A la dose 2µl.....	32
1.3 A la dose 3µl.....	33
1.4 A la dose 4µl.....	34
1.5 A la dose 5 µl.....	35
1.6 A la dose 6µl.....	35
1.7 A la dose 7 µl.....	36
1.8 A la dose 8 µl.....	36
1.9 A la dose 9 µl.....	37
10. A la dose 10 µl.....	38
2. Evaluation de l'effet de l'huile essentielle de basilic par répulsion	38
3. Discussion	40
Conclusion	43
Références bibliographique.....	44
Résumé	

Liste des figures

Figures	pages
Figure 1 : Feuillage et fruits de figuier (originale 2022).	4
Figure 2 : Bourgeon terminal du figuier (Originale, 2022).	7
Figure 3 : Différents Types de feuilles chez le figuier (Condit, 1955).	8
Figure 4 : Différences entre les fleurs femelles chez le caprifiguier et le figuier femelle (Vidaud, 1997).	9
Figure 5 : Morphologie de figue (ZAIDANE, 2018).	9
Figure 6 : Coupe longitudinale du fruit figuier : la figue (Azzi, 2013).	10
Figure 7 : Production des figues en tonne des principaux pays dans le monde FAOS TAT (2015).	12
Figure8 : Adulte de <i>Tribolium castaneum</i> (Originale 2021).	18
Figure 9 : Nymphe de <i>Tribolium castaneum</i> (Kassimi, 2014).	18
Figure10 : Larve de <i>Tribolium castaneum</i> (Originale 2021).	19
Figure11 : Amas d'oeufs de <i>Tibolium castanenum</i> (Originale 2021).	19
Figure 12 : Cycle biologique de <i>Tribolium castaneum</i> (ARAB, 2012).	20
Figure13 : Dégâts de <i>Tribolium castaneum</i> sur la semoule (Aouina et Khelifi, 2018).	21
Figure14 : Présentation de quelques variétés de basilic (Original, 2022).	25
Figure15 : Présentation morphologique des feuilles de basilic.	26
Figure16 : graines du basilic.	26
Figure17 : variété du basilic : a-cannelle-b-citronné-c-nain compact-d- grand vert-e-pourpre.	27
Figure18 : Matériels utilisés au laboratoire (originale 2022).	29
Figure19 : dispositif expérimentale du test par inhalation à l'égard de <i>T.castaneum</i> traité par différentes quantités d'huile essentiel de basilic (originale, 2022).	30
Figure20 : Test de répulsion de l'huile essentielle de basilic à différents doses a l'égard des <i>T.castaneum</i> (originale, 2022).	30
Figure21 : Mortalité des adultes des <i>Tribolium castaneum</i> traités par la dose 1µl d'huile essentielle de Basilic.	32
Figure22 : mortalité des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> traité par la dose 2µl d'huile essentielle de Basilic par inhalation.	33
Figure23 : Mortalité des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> traités par la dose 3µl d'huile essentielle de Basilic.	33

Figure24: Mortalité des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> traités par la dose 4µl d'huile essentielle de Basilic.	34
Figure25: Mortalité des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> traités par la dose 5µl d'huile essentielle de Basilic.	35
Figure26: Mortalité des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> traités par la dose 6µl d'huile essentielle de Basilic.	35
Figure27 : Mortalité des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> traités par la dose 7µl d'huile essentielle de Basilic.	36
Figure28 : Mortalité des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> traités par la dose 8µl d'huile essentielle de Basilic.	37
Figure29 : Mortalité des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> traités par la dose 9µl d'huile essentielle de Basilic.	37
Figure 30 : Mortalité des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> traités par la dose 10µl d'huile essentielle de Basilic.	38
Figure 31 : Taux moyen de répulsion des <i>Tribolium castaneum</i> en fonction des doses.	39

Liste des tableaux

Tableaux	Pages
Tableau 1 : Les principales variétés du figuier.	11
Tableau 2 : Tableau représentative de la production et rendement et la superficie des figues en Algérie (FAOS TAT 2020).	12
Tableau 3 : Composition de la figue fraîche et sèche en éléments nutritionnels (Composition Moyenne pour 100 g net) (Azzi, 2013).	13
Tableau 4 : Autre substances bioactives des fruits de la figue.	14
Tableau 5 : Durée de développement de <i>Tribolium castaneum</i> en fonction des facteurs abiotiques (Vaivanijskul, 1973).	24
Tableau 6 : Présentation de valeur nutritive de feuilles d' <i>Ocimum basilicum</i> fraîche et Sèches (Khamouli Okba et al. ,2007).	28
Tableau 7 : Classement de l'huile essentiel Basilic suivant son taux de répulsion.	39

L'arboriculture fruitière fait partie intégrante de la vie économique et sociale de l'Algérie (Benettayeb, 1993). La diversité de la production des fruits dans le pays dépend de son climat, de ses possibilités d'irrigation et du développement de la consommation des fruits tant en Algérie que sur les marchés extérieurs, qui conduit à mettre en culture plusieurs espèces fruitières.

Le figuier appartient aujourd'hui avec l'olivier et la vigne à la trilogie des productions fruitières principales de l'Algérie. Cette importance est liée principalement à une multiplicité d'usages et aux échanges de matériel génétique ce qui entraînait sa diversification et sa propagation (INRAA, 2006).

Le figuier (*Ficus carica* L.) est l'une des espèces fruitières les plus anciennement cultivées dans le monde. Cette espèce est bien adaptée au climat méditerranéen, c'est la seule espèce de cette famille cultivée pour ses fruits comestibles (Vidaud et al., 1997).

Le figuier est une des cinq plantes mentionnées dans le saint coran avec l'Olivier, le raisin, le grenadier et le palmier (Allahyari et al., 2014). Son fruit la figue est un aliment très nourrissant, riche en vitamines, éléments minéraux, eau et graisses, comme il est l'une des sources végétales les plus riches en calcium et en fibres (Azzi, 2013).

Le figuier se présente comme une espèce diploïde. Cependant, le figuier mâle ou caprifiguier (*F. caprificus*), avec deux à trois générations et le figuier femelle à une ou deux générations (figuier unifères ou bifères) (Fateh et Ali, 2009).

L'arbre est probablement originaire du sud Arabique où le figuier sauvage et les caprifiguiers se retrouvent. 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 que c'est une plante indigène à ces milieux. Elle appartient au genre *Ficus* qui comprend 700 espèces, reconnaissables toutes par la présence d'une figue en sycone et dont certaines sont à usage ornementale. La seule espèce cultivée pour ses fruits comestibles est *F. carica* (Oukabli, 2003). « Cette espèce présente une diversité assez importante avec plus de 26 cultivars du figuier et plus 17 cultivars du caprifiguier qui ont été recensés et décrite par leur monographie (Condit, 1955).

En Algérie, le figuier est l'une des espèces fruitières les plus importantes sur le plan économique et social, il compte parmi les trois productions fruitières principales du pays d'après (Chouaki et al., 2006).

La production mondiale des figues a atteint 1 135 316 tonnes en 2018 dont plus de 90% proviennent du bassin Méditerranéen et du Moyen Orient. Cette production est largement basée sur la figue sèche, plus résistante et mieux conservable (FAO stat, 2018).

Les trois plus grands pays producteurs de figues fraîches sont la Turquie qui assure à elle seule, environ le quart de la production mondiale de figues avec plus de (306 499 t), suivie par l'Égypte (189 339 t) et le Maroc (128 380 t) (FAO stat, 2018). Dans la même année, l'Algérie détient la quatrième plus grande production mondiale. Elle représente environ 10 % avec plus de 109 214 t.

La majorité des figueraies est concentrée dans la région kabyle dans les wilayas de: Tizi-Ouzou, Bejaia et Sétif avec des taux de 13%, 27% et 7% respectivement de l'effectif total (Bachi, 2012).

Selon les chiffres fournis par la Direction des Services Agricoles (DSA) de Jijel ; la campagne de 2017/2018 a enregistré une production de 27700 Kg sur une superficie de 442 ha.

Malgré la stimulation et les encouragements accompagnant la culture de figuier, cette dernière est sujette à de nombreuses attaques d'ordre abiotique comme le froid hivernal, les gelées printanières, la chaleur, la salinité,... et biotique, à savoir les maladies fongiques, les plantes parasites et insectes ravageurs, réduisant les récoltes à un niveau considérable.

Face à la menace que constituent ces insectes, les moyens de lutte sont essentiellement articulés autour de l'utilisation d'insecticides chimiques notamment les fumigants dont l'efficacité est certaine. Cependant, les innombrables nuisances associées à leur utilisation telle que leurs toxicités, la perturbation de l'équilibre biologique de l'écosystème et le développement de souches résistantes, imposent la recherche de nouvelles méthodes alternatives de lutte contre ce ravageur tel que les huiles essentielles et les poudres végétales (Goucem-Khelfane, 2014).

L'activité des huiles essentielles décrites sur les insectes est variée : larvicides, adulticides, répulsifs ou inhibiteurs de croissance. Par leur volatilité et leur petite taille, beaucoup des constituants des huiles essentielles interagissent avec les récepteurs d'odeur des insectes, déclenchant des comportements variés au sein du : fuite, attraction, oviposition, ponte, etc. (Bellenot et Furet, 2013).

Notre approche vise à estimer l'effet de l'huile essentielle du basilic (*Ocimum basilicum* L.) sur les adultes du *Tibolium castaneum* par deux modes d'action inhalation et répulsion.

Notre document est structuré comme suit :

Dans les deux premiers chapitres est présentée une synthèse bibliographique sur la plante hôte le figuier (*Ficus carica* L.), ainsi que son ravageur, le *Tribolium castaneum*. Le troisième chapitre exposera le matériel et les méthodes adoptées pour réaliser l'étude. Dans le quatrième et dernier chapitre seront exposés les résultats obtenus suivi de la discussion. Le document sera clôturé par une conclusion et des perspectives pour les travaux futurs.

Le figuier, *Ficus carica*L. (fig.1) est un arbre à feuilles caduques de taille moyenne, largement cultivé dans tous les pays tropicaux et subtropicaux pour haute valeur nutritive de ses fruits (Chawla et al., 2012). L'arbre appartient à la famille des Moracées dont la spécificité est celle de contenir du latex (laticifère) (Haesslein et Oreiller, 2008). Le figuier *F.carica*L. à un qualificatif générique qui signifie verrue pour *Ficus* (le lait de figuier pour soigner la verrue) et *carica* fait allusion à une région en Turquie (Bachi, 2012).



Figure 1 : Feuillage et fruits de figuier (Originale 2022).

1. Historique

La figue, fruit très ancien, est connue partout dans le monde et dont l'histoire commence depuis l'antiquité, elle est reconnue comme fruit sacré et figure dans tous les livres saints. Elle est citée dans la "Sourate Attine" du Coran. La culture des figues dans leur mère patrie l'Anatolie, remonte à 3000-2000 ans avant JC, avec le temps, elle s'est répandue dans tout le bassin méditerranéen (Jeddi, 2009).

2. Origine, domestication et aire de répartition géographique

L'origine du figuier reste un peu confuse, alors que Condit (1947) et Storey (1976) rapportent son origine au sud-ouest de l'Arabie. Syngé (1956) suppose que le figuier est originaire de la région de la Syrie à l'Afghanistan. Par contre Tutin (1964) suggère plutôt que son origine il va de la partie sud de la péninsule ibérique, l'Italie et l'URSS. Harlan (1975) suppose la Turquie, l'Iran et l'Iraq. Toutefois, Zohary (1982) rapporte que les figuiers se trouvant dans le nord-ouest de la Turquie et au voisinage de cette région sont les ancêtres du

figuier domestiqué par l'homme. Il est très difficile d'identifier l'origine native de cette espèce vue sa longue histoire de domestication. En effet, le figuier avec l'olivier, le palmier dattier, la vigne, le Sycone et le grenadier représente une des espèces fruitières les plus anciennement cultivés. Des recherches ont montré que des reste de semences de figuier ont été trouvés dans différentes régions de la méditerranée orientale remontant à l'époque Néolithique (7800- 6600 av. JC).

Zohary et Hopf (2000) émettent l'hypothèse que le figuier commun fut domestiqué en premier lieu dans la méditerranée orientale puis s'est propagé durant plusieurs siècles jusqu'à la méditerranée occidentale, il est probable que le figuier fut introduit à la Grèce antique vers VIII siècle av. JC par des tribus sémites de Palestine et d'Anatolie. Puis il s'est étendue vers les terres de la Mer adriatique jusqu'à l'Italie le nord de la Méditerranée.

Par ailleurs, les phéniciens ont permis l'extension du figuier jusqu'au nord d'Afrique, l'Espagne et le Portugal probablement avant son extension en Grèce et en Italie. Avec les conquêtes Arabes, la culture du figuier et l'industrie de la préparation du fruit reçoivent un intérêt qui permet la connaissance de nouvelles variétés et leur propagation dans des régions où ils ne se cultivaient pas. Suite aux conquêtes espagnoles et portugaises du nouveau continent, le figuier s'est propagé au Pérou, Cuba et l'Amérique du nord (Giraldo, 2009).

Aujourd'hui le figuier est cultivé dans plusieurs régions du monde, principalement dans les climats tempérés et doux mais aussi les régions tropicales et subtropicales (Morton, 1987). En Algérie, il s'étend sur des altitudes allant de 300 m jusqu'au massifs montagneux du Djurdjura à une altitude de 800m (Mauri, 1939 dans Aouane, 2015), il est parfois rencontré à des altitudes plus haute, à 1000 m voir 1200 m d'altitude, des valeurs que ne peut atteindre l'olivier (Rebour, 1968 cité par Aouane, 2015).

3. Position systématique

Le figuier est un arbre pouvant atteindre 12 à 15 m de hauteur constituant 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 (Bertaudeau et Faure, 1990).

Le figuier dont le nom botanique est *Ficus carica* à un qualificatif générique qui signifie Verrue pour *Ficus* (le lait de figuier pour soigner la verrue) et *carica* fait allusion à une région en Turquie. Il appartient à la famille des moracées qui comprend environ 1500 espèces classées en 52 genres dont le genre *Ficus* décrit par Linné Vidaud (1997).

La classification botanique du figuier selon Gaussen et *al.* (2011) Baby et *al.* (2011) est la suivante:

Règne	Végétal
Embranchement	Phanérogames
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Hamamélidées
Séries	Apétales unisexuées
Ordre	Urticale
Famille	Moracée
Genre	<i>Ficus</i>
Espèce	<i>Ficus carica</i> L.

4. Caractères morphologique et botanique du figuier

Le figuier est un arbre pouvant atteindre 12 à 15 m de hauteur constituant 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 Bertaudeau et Faure (1990).

4.1 Ecorce

Au fur à mesure de sa croissance, la plante revêt une texture spécifique, une écorce gris clair conservent longtemps les trace d'insertion des feuilles et la cicatrice annulaire caractéristique laissée par les stipules (Vidaud, 1997). Selon le même auteur, cette coloration se manifeste sur les parties âgées de deux à trois ans, les parties plus jeunes passant d'un épiderme vert tendre à un brun vernissé ornémenté nombreuses lenticelles de grande taille. Il est à noter que l'écorce de certains figuier tropicaux est utilisé comme textile appelé tapas.

4.2 Bourgeons

L'extrémité de toutes tiges présentées un bourgeon terminal qui contient tous les éléments de la future tige, ainsi que le méristème terminal qui assure la fabrication des nouvelles parties de la plante(Fig.2). A l'aisselle de chaque feuille, ou de la cicatrice qu'elle laisse après sa chute, il existe un bourgeon qualifié de latéral ou axillaire. Un examen plus minutieux montre l'existence en fait de deux bourgeons. L'un est pointu et à densité végétative (œil à bois), l'autre est arrondi et va devenir floral (Vidaud, 1997).

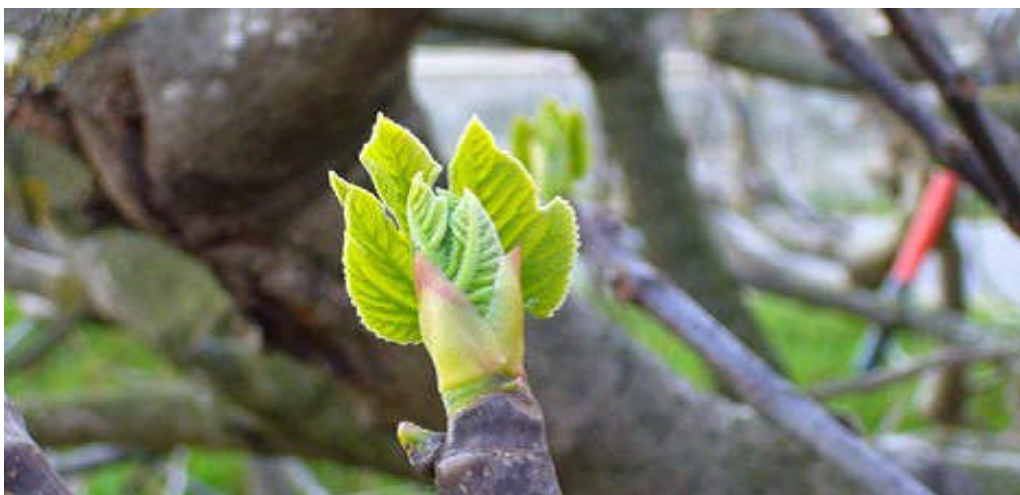


Figure 2 : Bourgeon terminal du figuier(Originale, 2022).

4.3 Ramifications

La tige se ramifie latéralement à partir de bourgeons dormants qui ont été mis en place l'année précédente : les rameaux ont alors un développement qualifié de différé. Ces rameaux se situent généralement vers le haut de la portion de tige mis en place chaque année (encore appelée unité de croissance) et ils présentent aussi un gradient de développement acrofuge(vidaud, 1997)

Ainsi, au cours du temps, la croissance du figuier se traduit par la construction d'un tronc portant chaque année des branches à port dressé. Ces branches elles-mêmes portent des rameaux en petit nombre qui sont généralement peu ou pas ramifié(vidaud,1997)

4.4 Feuilles

Les feuilles présentent une grande diversité de forme, et sur un même arbre, nous pouvons retrouver un polymorphisme important, les feuilles plus jeunes étant souvent plus découpées (fig.3). La grandeur de la feuille n'est généralement pas représentative de la variété mais du milieu dans lequel pousse la plante. Plus les conditions sont difficiles, plus les feuilles sont petites (Baud,2008).

Les feuilles grandes (jusqu'à 25 à 28cm) alternes, pétiolées, sont découpées en 3 à 5 lobes palmés, plus ou moins larges et profonds, grossièrement sinués ou sous-lobés. Elles sont souvent variables sur le même arbre, elles sont parfois presque entières ; la face supérieure du limbe, d'un beau vert, est rendue rugueuse par la présence de très courts poils raides ; la face inférieure, où les nervures saillent fortement, est vert pâle, finement velue-veloutée ; la feuille froissée exhale l'odeur douce, particulière (Pierre, 2004).

Les feuilles caduques grande de 10 à 25 cm, sont alterne simple, profondément découpées en 3 à 5 lobes inégaux, longuement pétiolées, épaisses, values, rugueuses, vert sombre dessus, plus claire dessous, et toxiques (Marie, 2010).

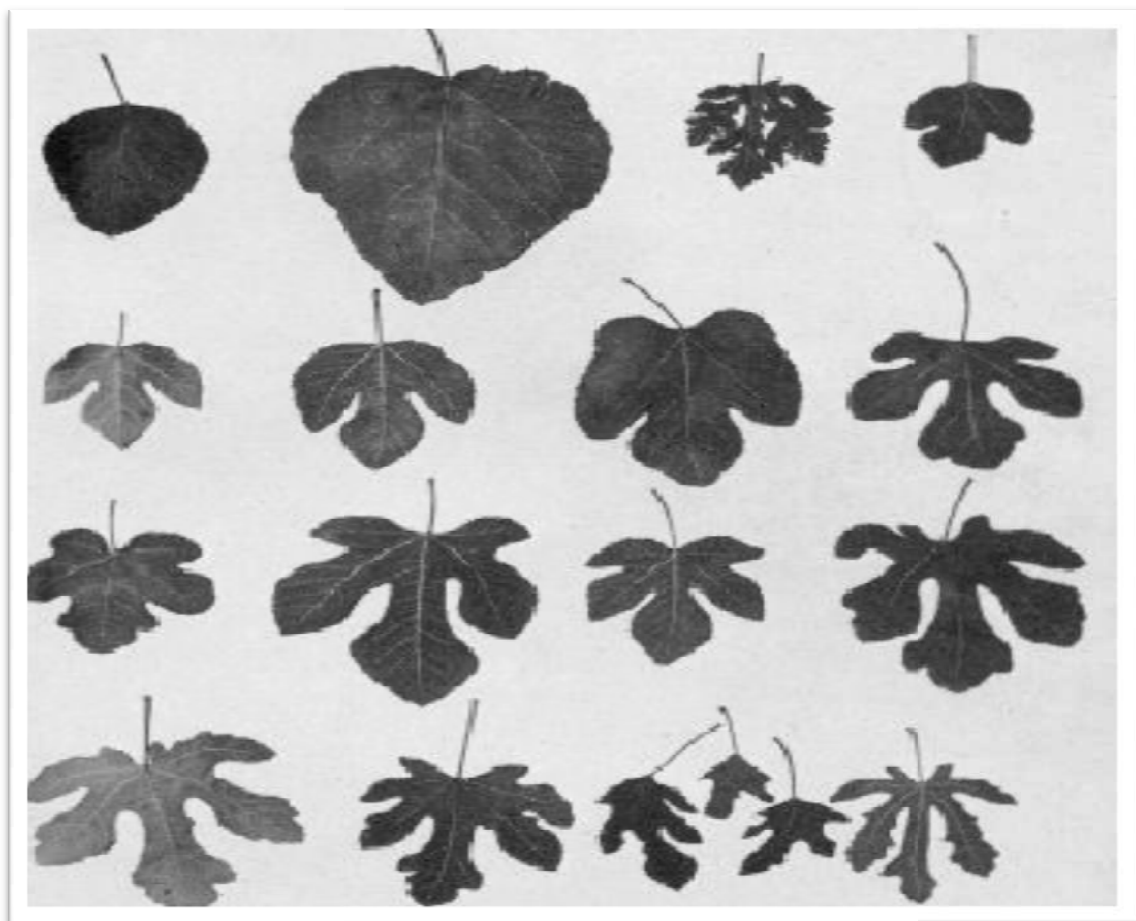


Figure 3: Différents types de feuilles chez le figuier (Condit, 1955).

4.5 Inflorescences et fleur

Les fleurs de la figue sont donc à l'intérieur du fruit. Les fleurs mâles sont constituées de trois petites étamines et d'un pistil incomplet entouré de trois feuilles lancéolées droites, qui forment les sépales (fig. 4). Les fleurs femelles contiennent cinq sépales pointus entourent un carpelle ovoïde, surmonté d'un pistil courbé avec deux ouvertures orientées vers l'extérieur et dans lequel se trouve l'ovule rond et plat (Bauwens, 2008).

Les fleurs mâles sont les moins nombreuses et elles sont situées en haut dans la figue, les fleurs femelles sont en bas, ce qui facilite la fécondation, le réceptacle contient une ouverture, appelée ostiole ; il est fermé par des écailles protectrices qui empêchent l'entrée d'insectes nuisibles. La guêpe des figuiers (*Blastophagapsenes*), qui effectue la pollinisation (ou aprification), est la seule espèce à être admise.

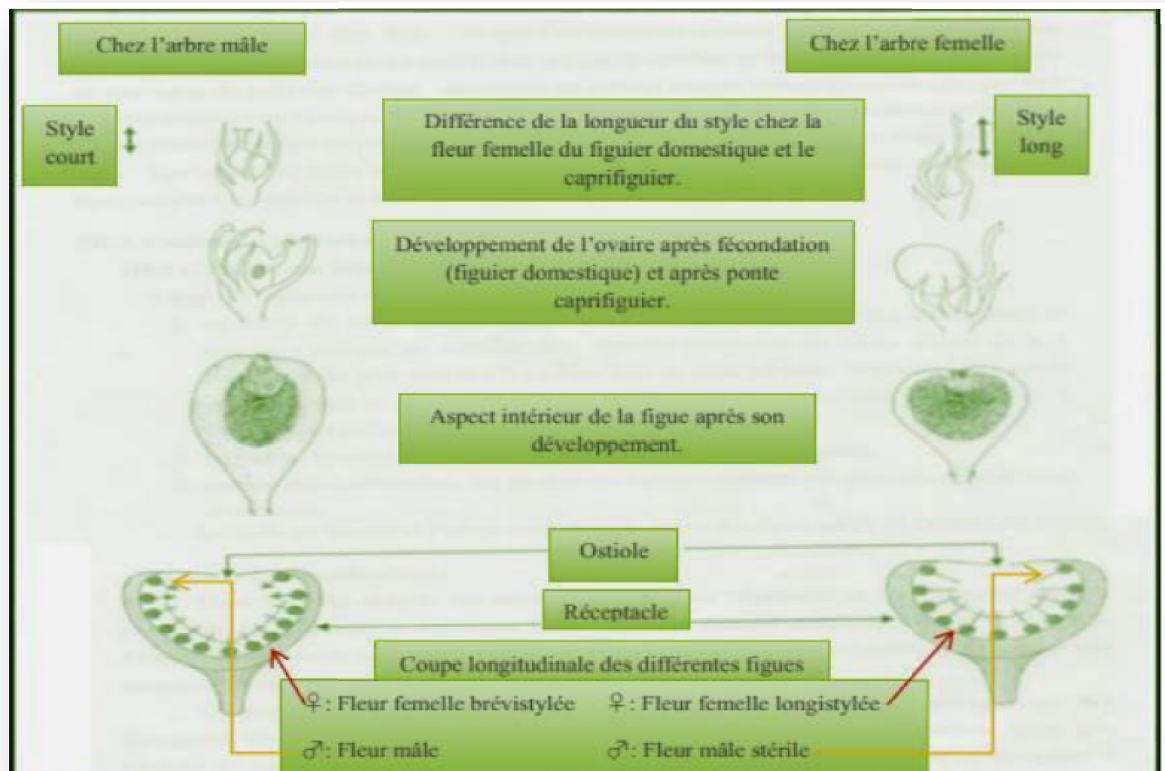


Figure 4: Différences entre les fleurs femelles chez le caprifiguier et le figuier femelle (Vidaud, 1997).

4.6 Fruit

Le fruit du figuier s'appelle un syconium, c'est un réceptacle de fleur agrandi, charnu et creux. Ce syconium porte à l'intérieur une masse de fleurs (Fig.5).

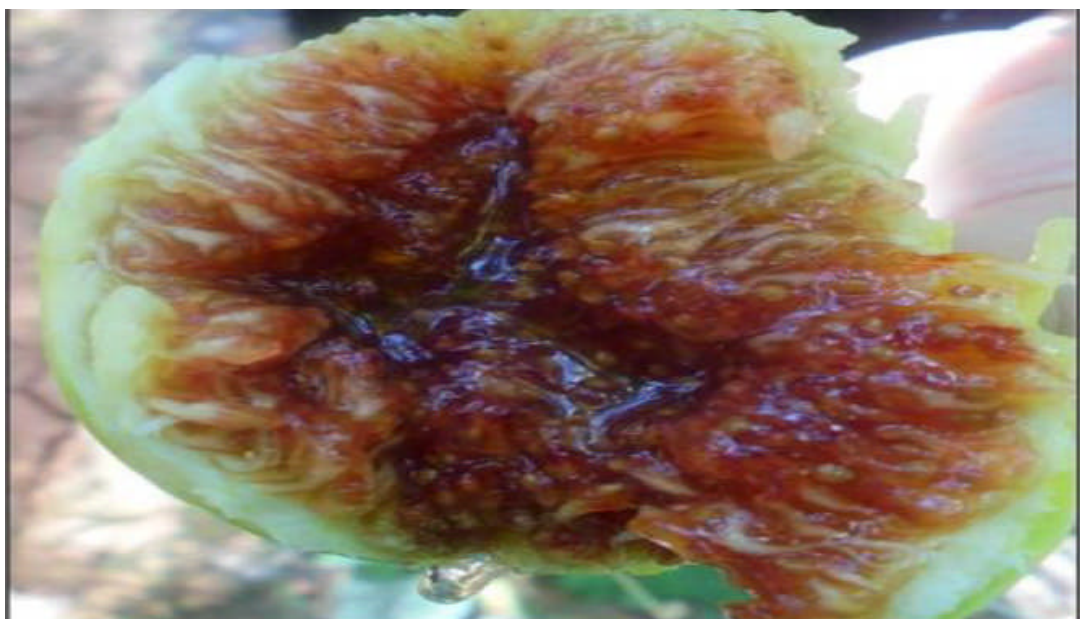


Figure 5 : Morphologie de figue (Zaidane, 2018).

Les fruits sont en fait de tous petits akènes qui se développent à partir de ces organes fleurs (fig.6) Nous mangeons donc la partie ovarienne, dans le cas de la figue, une sorte d'enveloppe qui contient les fruits.

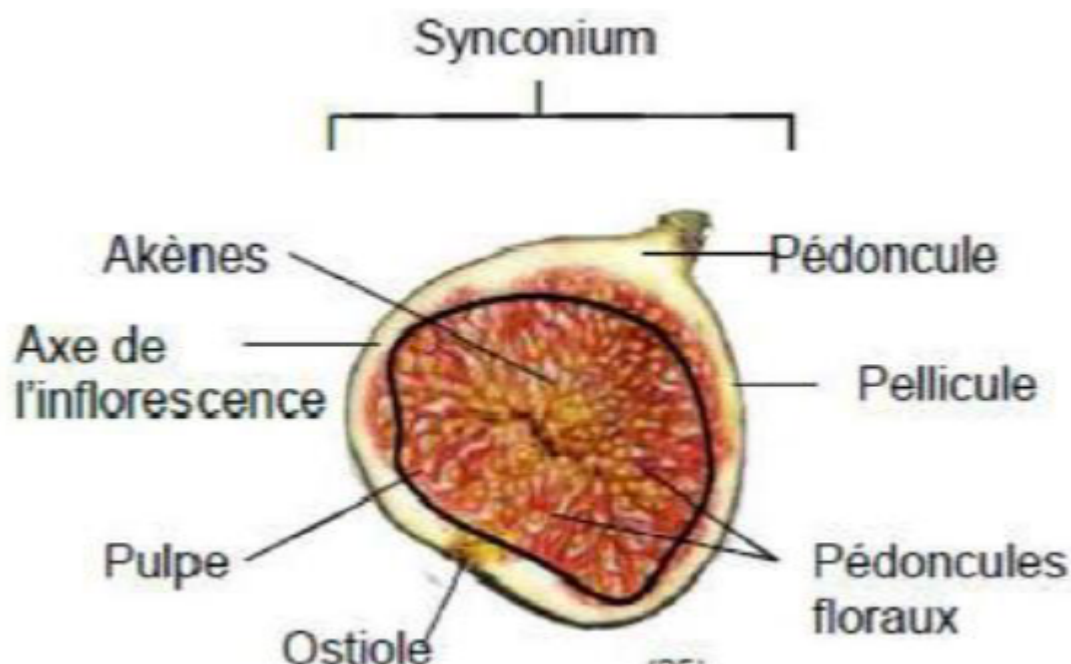


Figure 6 : Coupe longitudinale du fruit figuier : la figue (Azzi, 2013).

La fleur de la figue se comporte de manière diamétralement opposée à celle des fraises dont la base florale se développe avec les fruits à l'extérieur (Bauwens, 2008).

4.7. Racines

L'activité racinaire est 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 étrangleuse, la densité extraordinaire du chevelu racinaire lui permet une exploitation optimale de l'eau disponible dans le sol, c'est cela qui explique sa persistance dans des situations apparemment très sèche (Vidaud, 1997).

5. Types de figuier

Selon Valdeyron et Llyod (1978), le figuier ancestral était monoïque, les sycones contenant des fleurs mâles et des fleurs femelles avec un court style qui permettait au blastophage de déposer ses œufs.

5.1 Fiquier commun

Il est parthénocarpique, les fleurs sont pistillées (femelles) et les fruits se développent sans pollinisation en produisant une à deux récoltes par an (unifère et bifère, respectivement). Ce type de figuier réduit la diversité génétique de l'espèce et réduit sa propagation à la forme végétative (Giraldo, 2005).

5.2 Fiquier Smyrna

Présente des fleurs pistillées et nécessite la pollinisation pour produire des fruits comestibles, ce type de pollinisation est appelée 'la caprifigation' qui est réalisée par le blastophage '*Blastophagapsenes*', ce dernier transfère le pollen du figuier mâle aux fleurs femelles réceptives. Ce type de pollinisation est le responsable majeur de la variabilité génétique du figuier.

5.3 Fiquier San Pedro

Ce type de figuier produit une première récolte par parthénocarpie appelée « figue fleur ou breba », les fruits poussent sur les rameaux de l'année passée. Une seconde récolte qui requiert la caprifigation pousse sur les rameaux de l'année en cours et donne des « figes d'automne ».

5.4 Caprifiquier

Le figuier mâle ou Dokkar est le seul type qui présente des fleurs mâles et femelles avec un pistil court. Les fleurs femelles permettent l'infestation du Blastophage de telle sorte que les ovules ne sont plus capables d'être fécondés, ils sont appelés « figue avec galles » (Vidaud, 1997).

6. variétés du figuier

Les principales variétés du figuier sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 1 : les principales variétés du figuier.

	Précocité	tardivité	Altitude	Région
Sultane	/		800m	
Madeleine			1050m	Sud de la France la région parisienne jusqu'à l'est
adeilos			1200m	
Blachishia		/		En Italie
bakour	/		1200m	Kabylie

7. Intérêt économique

7.1 Dans le monde

Environ un million de tonnes de figues sont produites dans le monde chaque année, soit totale 116143 tonnes en 2020 en Algérie, ainsi qu'environ soixante-quinze pourcent de la production des figues dans le monde se cultive dans les pays de la Méditerranée. La Turquie est en première position avec près du quart de la production mondiale, suivie par l'Égypte, l'Algérie et le Maroc (fig.7). Les principaux clients se trouvent sur le marché européen (50% des importations mondiales de figues fraîches et 75% des importations mondiales de figues séchées).

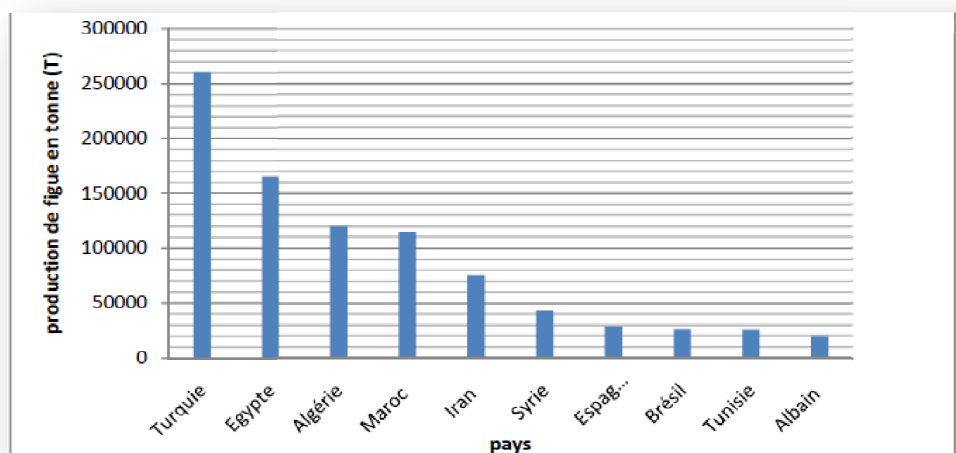


Figure 7: Production des figues en tonne des principaux pays dans le monde FAOS TAT (2015).

Tableau 2 : tableau représentative de la production et rendement et la superficie des figues en Algérie (FAOS TAT 2020).

Annees	Production	Rendement	Superficie
2010	123763	26377	46921
2011	120187	25941	46331
2012	110058	24390	45125
2013	117100	26251	44608
2014	128620	28972	44395
2015	139137	32260	43130
2016	120348	28142	42764
2017	128684	31438	40932
2018	109214	27750	39356
2019	114092	28929	39438
2020	116143	2960	39026

8. Production du figuier en Algérie

La production de figues en Algérie, est aussi importante que la production de dattes 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 Bouira, Tizi-Ouzou et Bejaia (Kabylie)

9. Composition chimique de la figue

La figue présente une composition variée et riche (Tab.3).

Tableau 3 : Composition de la figue fraîche et sèche en éléments nutritionnels (Composition Moyenne pour 100 g net) (Azzi, 2013).

Constituants	Figue fraîche	Figue sèche
Energie (Kcal)	54,0	224,0
Eau (g)	79,5	25,0
Glucides (g)	13,0	53,0
Protéines (g)	0,90	3,2
Lipides (g)	0,2	1,2
Fibres alimentaires (g)	2,3	8,0
Vitamine C : acide ascorbique (mg)	5,0	1,0
Provitamine A : carotène (mg)	0,046	0,08
Vitamine B1 : thiamine (mg)	0,05	0,08
Vitamine B2 : riboflavine (mg)	0,05	0,09
Vitamine PP : niacine (mg)	0,46	0,80
Vitamine B5 : acide pantothénique (mg)	0,30	0,44
Vitamine B6 : pyridoxine (mg)	0,11	0,22
Calcium (mg)	60,0	160,0
Potassium (mg)	232	770,0
Sodium (mg)	3,0	14,0

Phosphore (mg)	23	71,0
Magnésium (mg)	18	62,0
Fer (mg)	0,78	2,5

A l'état frais, la figue renferme en moyenne 80% d'eau et 13% de sucres, après séchage les sucres dépassent les 53% (El Khaloui, 2010).

Selon l'USDA (2002), les principaux sucres de la figue sont le fructose et le glucose de 16% (produit frais) ou de 48% (produit séché) (Benalia et al., 2016). La figue représente une source importante de fibres et leur teneur élevée en composés phénoliques contribue fortement à leur définition en tant que fruits fonctionnels (Benalia et al., 2016).

En plus des composés cités dans le tableau, les fruits de la figue contiennent d'autres substances bioactives (Tab.4)

Tableau 4 : autre substances bioactives des fruits de la figue.

Les polyphénols	Les composés phénoliques des figues sèches peuvent produire une augmentation significative de la capacité antioxydante du plasma humain et peuvent protéger les lipoprotéines plasmatiques de l'oxydation (Bey et al, 2015).
Les flavonoïdes	Selon Vinson et al, (2005), les figues contiennent différents antioxydants, particulièrement des composés phénoliques de la famille des flavonoïdes.
Les anthocyanines	(Caliskan et Polat, 2011) indiquent que la cyanidine est le principal composé de la pigmentation de la peau.
Les caroténoïdes	Les figues fraîches contiennent également de petites quantités de caroténoïdes qui possèdent des propriétés antioxydantes. Les plus abondants sont le lycopène, suivi de la lutéine et du bêta-carotène (Su et al, 2002).

10. Utilisation industrielle de la figue

En fonction de la variété, les figues séchées peuvent être commercialisées pour différents usages comme à savoir, elle est utilisée pour la consommation de table ou la transformation en pâte ou en conserve (Crisosto et *al.*, 2011) mais également pour la préparation de sirop (10-20 ml) qui est utilisé comme remède contre la constipation légère (Badgular *et al.*, 2014). La figue est utilisée comme ingrédient dans les produits de boulangerie et les pâtisseries, comme collation et dans les plats cuisinés, selon le même auteur. Les figues séchées peuvent également être vendues dans le commerce sous forme de confiture ; ou bien pour la préparation de bonbons (Crisosto et *al.*, 2011).

11. Utilisation thérapeutique de figue

L'utilisation d'aliments et des plantes médicinales pour améliorer la santé est presque aussi vieille que l'humanité. Parmi ceux-ci, aucun ne peut être plus vieux que la figue (Barolo *et al.*, 2014).

Les fruits (la figue), les racines et les feuilles sont utilisés dans le système de médecine indigène dans différents troubles tels que les troubles gastro-intestinaux (coliques, indigestion, perte d'appétit et diarrhée), respiratoires (maux de gorge, toux et problèmes bronchiques), inflammatoires et les troubles cardiovasculaires (Gilani et *al.*, 2008).

Selon Solomon et *al.* (2006), la figue contient plus de 28% de fibre qui est du type soluble, et a été démontré qu'elle peut aider dans le contrôle de la glycémie et le cholestérol sanguin et la perte de poids. De plus, les figues sont une source importante de composés phénoliques peuvent altérer l'activation métabolique et la détoxification / disposition des carcinogènes, affecter les processus qui modifient le développement des cellules tumorales et éviter les changements neurochimiques et comportementaux liés au vieillissement (Crisosto et *al.*, 2010).

12. Technologie des figues

Les figues fraîches sont très périssables, c'est pourquoi elles sont surtout séchées ou mises en conserve, le séchage s'effectue avec des séchoirs ou par exposition au soleil (Haesslein et Oreiller, 2008).

12.1 Séchage

Les figues destinées au séchage doivent acquiescer sur l'arbre une consistance pâteuse, et seulement fendillée, mais également ridée et flétrie (sa teneur en eau est de 40 à 50 %). 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 des figues. 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*) (Ferradji et al., 2011).

12.2 Transformation

Pelées ou non pelées, les fruits du figuier peuvent être cuits de diverses manières, qu'ils soient comme dans les tartes, puddings, gâteaux, pain ou d'autres produits de boulangerie, ou ajoutés à la crème glacée mélangée. Les propriétaires conservent les fruits entiers au sirop de sucre pour les préparer sous forme de confiture, de marmelade, et de pâte. La pâte à figue (constituer du blé et d'ajouter de la farine de maïs, le lactosérum, le sirop, les huiles et d'autres ingrédients) forme le remplissage du produit de boulangerie (Chawla et al., 2012).

1. Généralités sur le *tribolium* rouge de la farine (*Tribolium castaneum*)

Le *Tribolium* rouge de la farine, constituent l'une des plus vastes familles du règne animal (plus de 15 000 espèces décrites). Leur répartition est mondiale, mais c'est sans doute dans les régions désertiques et subdésertiques qu'ils atteignent leur plus grande diversité (Delobel et Tran, 1993).

2. Répartition géographique

D'après Christine (2001), le ver rose de la farine *T. castaneum* est un insecte qui se trouve dans toutes les parties du monde (cosmopolite), sur les céréales et les légumineuses stockées, mais il infesté également les fruits secs également il est très abondant dans les régions tropicales. Selon le même auteur, le *Tribolium* rouge de la farine est présent uniquement dans les stocks à température élevée, ambiante. Les larves circulent librement dans les denrées infestées et se nymphosent en cocon.

3. Description morphologique

Le *Tribolium* rouge de la farine est un insecte appartenant à la famille des Tenberionidae, c'est un des insectes des stocks le plus ubiquiste et le plus polyphage. Les adultes et les larves de *T. castaneum* ne s'implantent généralement dans les grains qu'après les attaques de ravageurs primaires qui leur ouvre la porte ou lorsque les grains sont brisés (Camara, 2009)

D'après Bonneton (2010), le *T. 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.

3.1 Adulte

L'adulte de *T. castaneum* mesure de 3 à 4 mm, de couleur uniformément brun rougeâtre. Il est étroit, allongé, plutôt aplati à bords parallèles (Fig.8). La tête et la partie supérieure du thorax sont couvertes de minuscules ponctions. Les élytres de *T. castaneum* sont striés sur toute leur longueur, le dernier article des antennes se termine par une massue lâche tri segmentée et légèrement renflée avec des yeux de couleur rouges (Delobel et Tran, 1993). Le prothorax de *Tribolium* rouge de la farine a généralement des bords tranchants, La partie terminale de l'abdomen porte deux épines (Bouchard, 2016).



Figure 8: Adulte de *T.castaneum* (Originale, 2022).

3.2 Nympe

Selon Christin (2001), la forme nympe chez *T.castaneum* est cylindrique et de couleur blanchâtre virant vers le jaune. La partie terminale de l'abdomen porte deux épines (fig.9).



Figure 9: Nympe de *T. castaneum* (Kassimi, 2014).

3.3 Larve

La larve du *tribolium* est huit fois plus longue que large, peut atteindre 6 mm de long à son plein développement, portant trois paires de pattes. Cette larve est de forme vermiforme, cylindrique, d'une couleur jaune très pâle à maturité, portant une tête brunâtre ornée latéralement de courtes soies jaunâtres. Le dernier segment abdominal est terminé par une paire d'urogomphes recourbés vers le haut, dans un plan perpendiculaire à celui du corps (fig.10). La larve de ce ravageur se distingue de la larve de *T.confusum* par la pilosité du labre, réduite à deux touffes de soies latérales (Delobel et Tran, 1993).



Figure 10 : Larve de *T.castaneum* (Originale 2021).

3.4 Oeufs

Les œufs de *T. castaneum* sont blanchâtres ou sans couleur et microscopiques, avec des particules de nourriture adhérentes à la surface (fig.11).

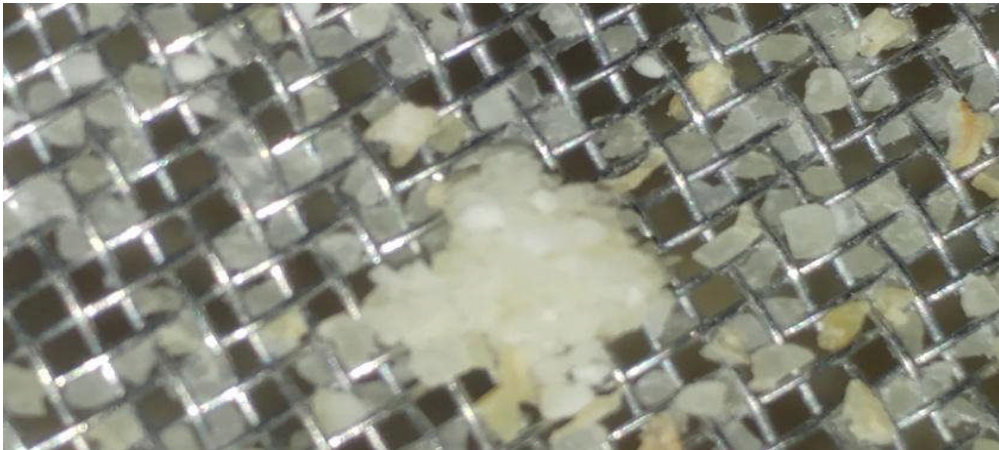


Figure 11 : Amas d'œufs de *T. castanenum* (Originale 2021).

4. Position systématique

D'après Chenni (2016), la classification de *Tibolium* rouge de la farine est comme suit :

Règne :	Animalia
Embranchement :	Arthropoda
Sous Embranchement :	Antennata
Classe :	Insecta
Sous Classe :	Ptérygota
Ordre	Coléoptera
Sous ordre	Polyphaga
Famille :	Tenebrionidae
Genre :	<i>Tribolium</i>
Espèce :	<i>Tribolium castaneum</i> Herbst, 1797

5. Biologie

Les larves et les adultes se nourrissent de grains brisés et de fruits secs infestés au paravent. Le développement de l'œuf à l'adulte est bouclé en 28 jours lorsque les conditions de température et d'humidité sont optimales (31°C et 15%). Le développement est plus lent en présence de faibles conditions d'humidité (8%) (Dave et *al.*, 2001). Dès trois jours, la femelle pond quotidiennement une dizaine d'œufs qui, vers 30°C, éclosent au bout de cinq jours. Les œufs sont déposés en vrac sur les graines et sont difficiles à déceler. Les larves circulent librement dans les denrées infestées et s'y nymphosent sans cocon. À 30°C, la vie larvaire dure à peu près trois semaines et l'adulte émerge de la nymphe six jours après sa formation (Kassimi, 2014).

La durée moyenne de développement de l'œuf à l'adulte sur millet est de 37 jours à 25°, de 26 jours à 28°, de 23 jours à 35°, de 21 jours à 38° (pour une HR de 70%). Selon le régime alimentaire, la durée du cycle peut atteindre 120 jours à des températures comprises entre 35° et 38°. La longévité moyenne est de 250 jours à 25°, 200 jours à 30°, 2 à 3 mois à 35° sur grains de blé, plus d'une année sur farine (maximum observé: 4 ans) (Delobel et Tran, 1993). La femelle peut pondre entre 500 et jusqu'à 800 œufs durant sa vie (Kassimi, 2014). (fig.12).

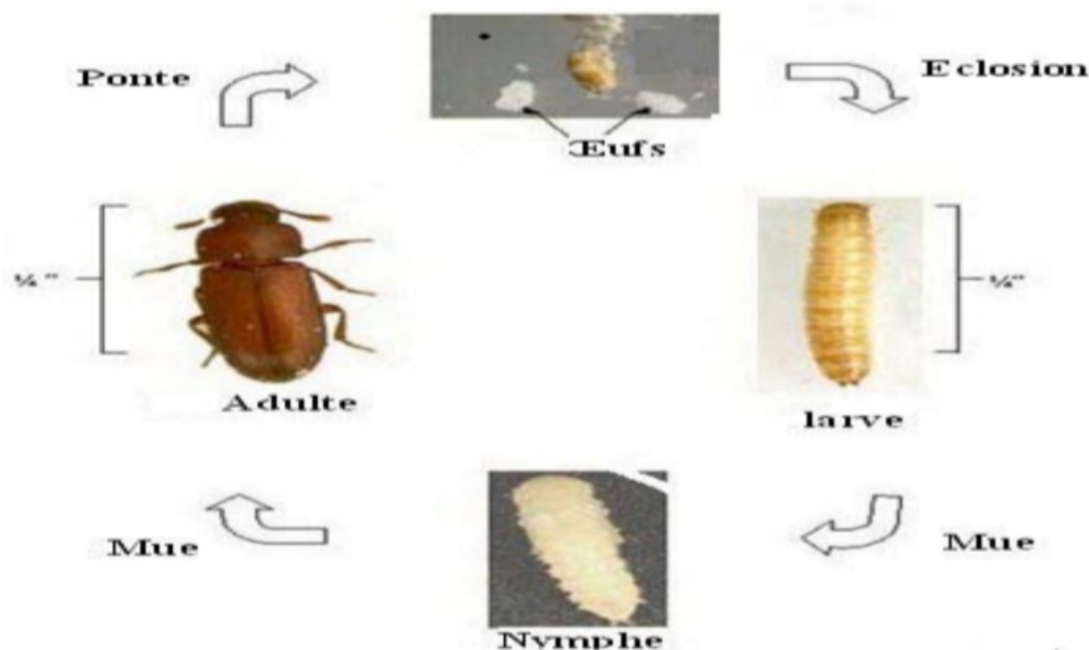


Figure 12 : Cycle biologique du *Tribolium castaneum* (Arab, 2012).

6. Dégât et importance économique

Le *T.castaneum* infeste généralement le riz, le blé, le son, la farine de riz, de blé, le maïs, l'orge, le sorgho, le millet, le Manioc, le tapioca et la farine de manioc, les fruits séchés, etc. Toutes légumineuses, sous forme de farines conviennent très mal à son développement; tel que l'arachide, le coprah, les graines de coton, le ricin, le Cabosses de cacao, le chocolat, la noix de muscade, le poivre, le gingembre etc. Les farines infestées par *T.castaneum* sont fortement dépréciées, en partie en raison de l'odeur engendrée par les sciures et leurs déjections et leurs exuvies (acides urique) (Delobel et Trane, 1993) (Fig .13).



Figure 13: Dégâts causés par le *T.castaneum* sur la semoule (Originale, 2022).

7. Ethologie

7.1. Mobilité

T.castaneum est un insecte qui se déplace rapidement lorsqu'il est dérangé, l'adulte est très bon voilier, son vol devient primordiale quand l'alimentation est rare ou détériorée. Il se déplace de préférence en fin d'après midi, par temps chaud et calme, migre à partir de stocks infestés à la recherche de nouvelles sources alimentaires permettant l'oviposition et le développement larvaire. Les adultes peuvent voler après 48h de leur émergence, cependant, les femelles nouvellement émergées (2 à 10 jours) ont tendance à voler plus que les jeunes mâles, qui préfèrent rester dans le substrat pour s'accoupler (Perez-Mendoza, 2007).

7.2. Régime alimentaire

Le *tribolium* rouge de la farine est un insecte, psychophage, mycophage et occasionnellement nécrophage et prédateur d'autres insectes. Il a pu être observé dans les pourritures et sous les écorces d'arbres (Sokoloff, 1974 ; Suresh et *al.*, 2001 ; Alabi et *al.*, 2008).

Au niveau des minoteries, des usines alimentaires, des boulangeries et des habitations, les adultes et les larves se nourrissent de farines de céréales et autres produits de mouture, ils sont incapables de perforer les grains non moulus, mais des lésions microscopiques suffisent pour permettre à la larve d'entamer le grain ; seul le germe est consommé la plupart du temps (Delobel et Tran, 1993).

D'autres produits peuvent être infestés par les *tribolium* ; les pattes, les pois, les haricots, les noix, les épices, le chocolat, les résidus de pressage de l'huile et les grains oléagineuses ainsi que les insectes de collection.

7.3. Interactions intra et interspécifiques

Les interactions pouvant existées pour le *T.castaneum* sont intraspécifique et interspécifique.

7.3.1. Interactions intraspécifiques

7.3.1.1 Regroupement

Les mâles de *T.castaneum* montrent un comportement d'agrégation, alors que les femelles sont uniformément dispersées (Naylor, 1961). Ce regroupement est possible grâce à une phéromone d'agrégation qui est la DMD (4,8-diméthyldécane) (Arnaud et *al.*, 2002 et Perez-Mendoza, 2007).

7.3.1.2 Reproduction

Les femelles fécondées se mettent à la recherche d'un biotope favorable à l'oviposition (Charnov et Skinner, 1985). Selon Lack (1947), les femelles doivent pondre dans l'ensemble un nombre d'œufs qui permettraient de maximiser leur gain en fitness. Cette hypothèse indique que la maximisation de la longévité est équivalente à la maximisation de la fitness de chaque œuf pondu. Ces femelles se montrent polyandres et possèdent une spermathèque qui leur permet de stocker et d'épuiser les spermatozoïdes pendant plus de quatre mois suite à un seul accouplement (Bloch Qazi et *al.*, 1996). Néanmoins, elles s'accouplent même lorsque leur réserve de sperme n'est pas épuisée (Sokoloff, 1974). Le dernier mâle accouplé avec une femelle, féconde la majorité des ovules de celle-ci (Wool et Bergerson, 1979 ; Lewis et Austad, 1990, 1994).

Des différences de fréquence de copulation d'attraction envers les femelles (1994) ou de capacité à résister à la compétition spermatique ont été observées chez *T.castaneum*, soit entre des individus appartenant à des souches différentes, soit au sein de la même souche. (Haubruge, 1995), (Lewis et Austad, 1990).

7.3.2 Interactions interspécifique

7.3.2.1 Coexistence et compétitivité

Park (1948, 1954, 1957) in Edmunds et *al.* (2003) ont conclu que les deux espèces voisines, *T.castaneum* et le *T.confusum*, ne peuvent coexister dans une seule et même ressource limitée. Une espèce finira par exclure l'autre par compétition stable.

7.3.2.3 Reproduction

L'accouplement interspécifique entre le *T.castaneum* et *T.confusum* est unidirectionnel, en effet, il peut s'observer uniquement entre les mâles de *T.confusum* et les femelles du *T.castaneum*. Ce phénomène est induit par une diminution de la fréquence des femelles non fécondées dans une population mixte en compétition (Graur et Wool, 1985).

8. Facteurs écologiques agissant sur le développement du *Tribolium castaneum*

T.castaneum (Herbst), est une espèce avec un système chimiosensoriel très développé (Barrer, 1983), il est capable de détecter les changements dans son environnement physique comme la température (Donahaye et *al.*, 1996), l'humidité (Evans, 1983), la tension en dioxyde de carbone (Soderstrom et *al.*, 1992), et même les différentes couleurs qui se trouvent autour de lui (Khan et *al.*, 1998). Sa dynamique et sa fitness sont étroitement dépendants de certains facteurs qu'on résume comme suite :

8.3. Facteurs extrinsèques

8.1.1 Effet sur la Longévité

La durée de vie du tribolium rouge de la farine, est influencée par un certain nombre de conditions environnementales, comme, la température et l'humidité relative (Good, 1936 ; Howe, 1962).

Dowdy (1999) rapporte que le taux de mortalité des adultes *tribolium* rouge de la farine avoisine les 29% lorsqu'ils sont exposés à 50°C durant 30 minutes et provoque 51 à 65% de mortalité après une exposition d'une semaine. Selon Dowdy et Fields (2002), au niveau des moulins où la température peut atteindre les 47°C, les adultes meurent après 24 heures d'exposition.

Les températures basses sont très mal supportées, les valeurs situées autour et légèrement au-dessus de 0°C sont létales pour tous les stades en cas de séjour prolongé. A des températures en dessous de zéro, quelques heures suffisent déjà à détruire le ravageur.

8.1.2 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, 1948 ; Howe, 1962).

Selon Ziegler (1976), la farine fortement infestée par des congénères du *tribolium*, influence fortement sur l'oviposition et la dissémination de cette espèce.

8.1.3 Effet sur le développement

La durée du cycle de développement varie sensiblement en fonction du substrat nourricier et les conditions ambiantes en température et humidité

La température, l'humidité relative de l'air et le type de nourriture ne déterminent pas uniquement la durée du développement, mais aussi éventuellement le nombre de stades larvaires, le développement est alors prolongé (Tab.5).

Tableau 5: Durée de développement de *Tribolium castaneum* en fonction des facteurs abiotiques (Vaivanijskul, 1973).

Nourriture	Durée du développement (jours)				
	Humidité relative 75%			Température 30°C	
	25°C	30°C	35°C	H.R 85%	H.R 95%
<u>Nourriture mixte*</u>	44,9	36,1	36,9	30,9	27,1
<u>Maïs</u>	58,0	40,0	43,0	40,0	35,8
<u>Riz</u>	78,0	70,3	71,9	67,8	62,0

8.1.4. Effet sur le régime alimentaire

T. 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*, *Stegobium paniceum*, et de *Rhyzopertha dominica*, réduisant considérablement la concurrence pour leur progéniture (Delobel et Tran, 1993, Alabi et al. 2008).

8.2. Facteurs intrinsèques

8.2.1. Effet de masse chez le tribolium

La surpopulation et l'activité de cet insecte le conduit à sécréter des quinines, qui peuvent changer la coloration du substrat en rose et développe une forte odeur. En cas de forte pullulations, le *T. castaneum* modifie ses mœurs afin de réguler la population, ceci en devenant cannibale envers ses œufs (Mason, 2003).

9. Moyens de lutte utilisés contre *T. castaneum*

Le contrôle de cet insecte se fonde généralement sur l'utilisation des insecticides synthétiques tels que la Pyrethrine, le Dichlorovos et le Malathion, ce qui a entraîné plusieurs problèmes, y compris les perturbations de l'environnement, l'augmentation des Coûts d'application, la résurgence des ravageurs, le phénomène de résistance des ravageurs aux pesticides, et des effets mortels sur les organismes non ciblés (Sahaf et al., 2008).

Le travail expérimentale est réalisé au niveau du laboratoire de production, sauvegarde des espèces menacées et des récoltes, influence des variations climatiques de l'Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'effet biocide de l'huile essentielle du basilic par du deux mode d'action à savoir inhalation et la répulsion à l'égard des *T.castaneum* ravageur secondaire des fruits sec notamment le figuier. Pour ce la, le choix des méthodes d'étude est établi en fonction des objectifs tracé pour la lutte contre ce déprédateur.

1. Matériel biologique

1.1 Matériel végétal

Le matériel végétal mis en expérimentation au cours de notre étude est composé des figuiers secs récoltés en 2021.

1.2 Matériel animale

Les adultes du *T.castaneum* sont utilisés après avoir été retirés manuellement des figuiers secs infestés à l'aide d'une pince au niveau du laboratoire.

1.3 Huile essentielle

L'huile essentielle testée pour expérimentation cette étude est celle du Basilic (*O.basilicum*) (fig.14) qui est extrait des plantes et fleurs du basilic.



Figure 14 : Présentation de quelques variétés de basilic (Originale, 2022).

1.3.1. Description

Le basilic est une plante herbacée pouvant atteindre 30 à 60 cm de hauteur, son odeur et sa saveur est fortement aromatique. Sa culture exige un climat chaud et ensoleillé, un sol irrigable, riche en matières organiques (Dupont et *al.*, 2012).

1.3.1.1 Tiges

Les tiges sont anguleuses et ramifiées portent des feuilles opposées de forme ovale à oblongue et couleur généralement verte à l'aspect brillant.

1.3.1.2 Feuilles

Les feuilles du basilic sont nombreuses, opposées pétiolées de forme ovale, lancéolée et ailées, (fig.15). Elles sont longues de 2 à 5 cm, entières ou dentées et ciliées sur les bords, de couleur verte pâle à verte foncée (Belkamel, et *al.*, 2008).

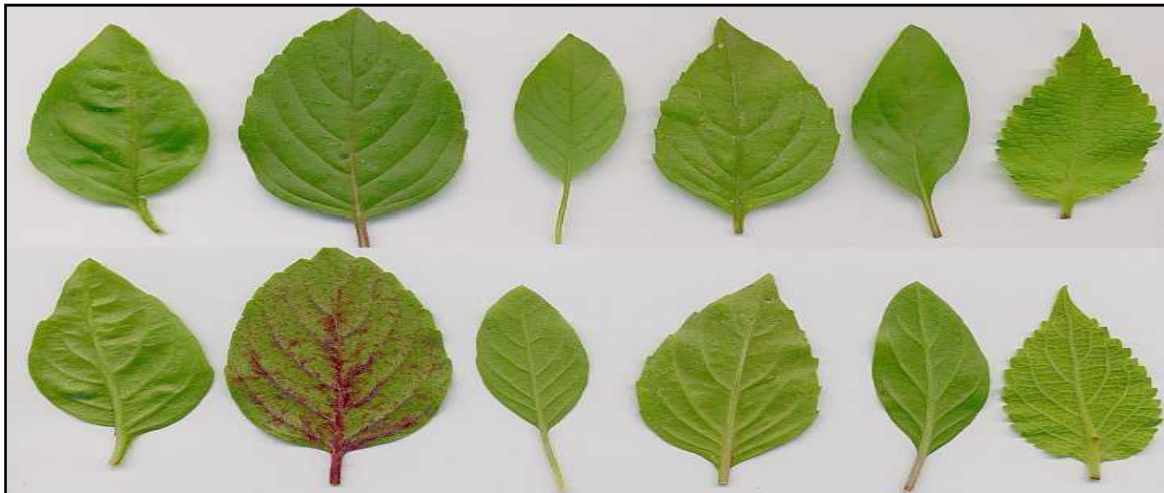


Figure 15 : Présentation morphologique des feuilles de basilic [1].



Figure 16: graines du basilic [2].



Figure 17: Variété du basilic [3]/ [4]/ [5]/ [6]/ [7].

a-cannelle-b-citronné-c-nain compact-d- grand vert-e-pourpre.

1.3.2. Répartition géographique de basilic

Le basilic (*O.basilicum*) est une plante herbacée annuelle originaire de l'Inde et d'Asie tropicale qui s'est acclimatée en Europe tout au début des temps historiques. Actuellement, elle pousse à l'état sauvage dans les régions tropicales et subtropicales incluant l'Afrique centrale et le sud-est d'Asie, il est commercialisée dans nombreux pays a travers le monde : la France, la Hongrie, la Grèce, l'Egypte, le Maroc, l'Algérie et l'Indonésie et dans plusieurs Etas Américains (Chenni., 2016).

1.3.3 Position systématique

Selon Chenni (2016), la classification botanique du basilic est présentée dans le tableau suivant :

Règne	Plantae.
Division	Magnoliophta.
Classe	Magnoliopsida.
Ordre	Lamiales.
Famille	Lamiaceae.
Genre	<i>Ocimum.</i>
Espèce	<i>Ocimum basilicum</i> L., 1753

1.3.4 Composition chimique et valeur nutritive

Les feuilles de basilic contiennent également environ 5% de tanins, d'acide oléanolique (0,17%) et d'une petite quantité d'acide ursolique, protéines (14%), de glucides (61%), ainsi et des concentrations relativement élevées de vitamine (A, B1, B2, C et E) et l'acide rosmarinique (Ouibrahim., 2015).

En outre, elles renferment des flavonoïdes (0,6 à 1,1%) dont flavonoïdes aglycones (Viorica, 1987).

Les feuilles du basilic possèdent divers valeur nutritive présenté dans le (Tab.6) suivant :

Tableau 6: présentation de valeur nutritive de feuilles d'*Ocimum basilicum* fraîche et Sèches (Khamouli Okba et al. ,2007).

Poids /volume	Feuilles fraîches 2.5 g /15 ml	Feuilles sèches 2 g /15 ml
Calories	0.5	5.0
Protéines	0.7 g	0.3 g
Glucides	0.1 g	1.3 g
Lipides	0.0 g	0.1 g
Fibres alimentaires	0.1 g	0.9g

1 Matériel utilisé au laboratoire

Plusieurs outils sont employés pour réaliser notre travail expérimental (fig.18) à savoir :

Des boîtes de Pétri en plastique dans le but d'effectuer les tests par répulsion.

Des flacons en verre graduée dont le volume est de 125 ml dans le but d'effectuer les tests par inhalation. Une micropipette pour le dosage des micro-doses de l'huile, du papier filtre, de l'Acétone pour la dilution de l'huile ainsi que divers autre accessoires comme : étiquettes, pince, tamis.....

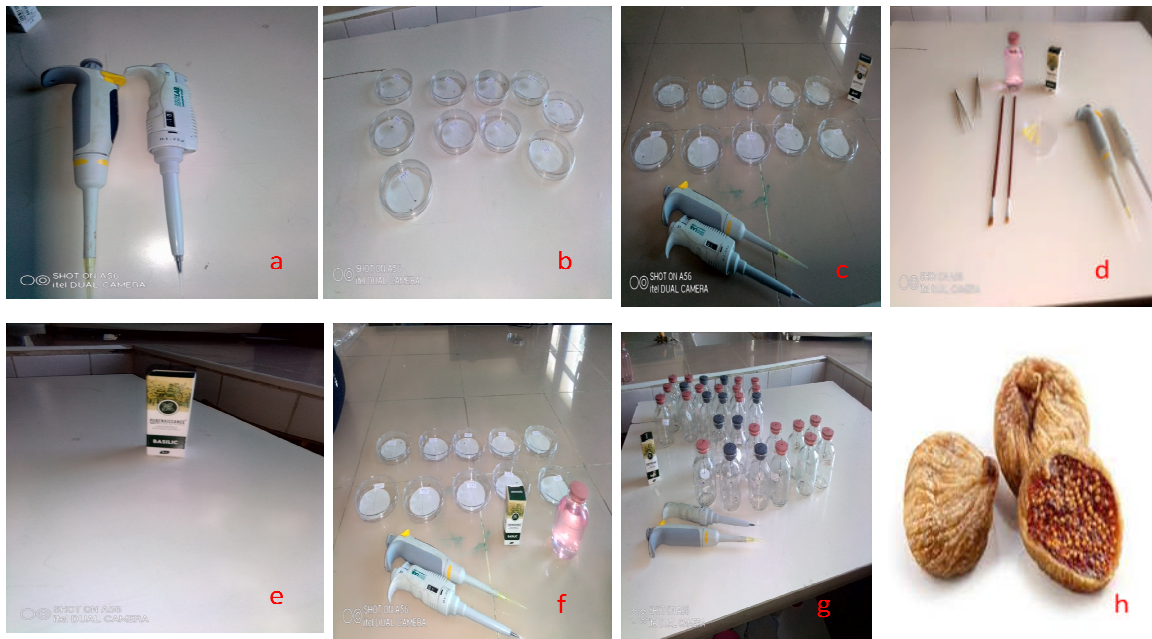


Figure 18 : Matériels utilisés au laboratoire (Originale 2022).

a-micropipette, b-boite de pétri, c-réalisation du test par répulsion, d- autre matérielle, e-l'huile essentielle, f- l'acétone, g-réalisation par inhalation, h- figuier sèche.

2 Méthodes

Au niveau du laboratoire, les *tribolium* rouge de la farine sont retirés manuellement à l'aide des pinces à partir des fruits infestées des figues sèche, ces insectes sont ensuite mis dans des boites en plastiques.

2.1 Traitement par inhalation

Ce test consiste à étudier la longévité des adultes de *T.castaneum* soumis à des traitements par l'inhalation de l'huile essentielle de Basilic en fonction de temps. Pour cela, nous avons utilisé des bocaux en verre de 125 ml de volume (Fig.19), avec des cercles de papier filtre de 2 cm de diamètre qui sont fixé du coté interne de couvercle par un fil. Sur chaque papier filtre, est injecté la dose de 10 μ l d'acétone, additionné d'huile essentielle du basilic à différents doses à savoir : 1 μ l, 2 μ l, 3 μ l, 4 μ l, 5 μ l, 6 μ l, 7 μ l, 8 μ l, 9 μ l et 10 μ l. cinq individus de *T.castaneum* sont introduits séparément et rapidement dans chaque bocal et pour chaque test.

Trois répétitions sont effectuées pour chaque dose, les essais sont réalisés dans les conditions de laboratoire, le dénombrement des individus morts est effectué selon 1h, 3h, 6h, 24h, 48h 72h, 96h, 120h heures d'exposition pour chaque test et pour chaque dosage.



Figure 19 : Dispositif expérimental du test par inhalation à l'égard de *T.castaneum* traité par différentes quantités d'huile essentielle de basilic (originale, 2022).

2.2 Traitement par répulsion

Pour chaque essai nous avons utilisé 5 individus de *T.castaneum* (fig.20) ces individus sont introduits dans des boîtes de Pétri, contenant du papier filtre traité d'une partie par l'huile essentielle du basilic à des doses de 1 μ l, 2 μ l, 3 μ l, 4 μ l, 5 μ l, 6 μ l, 7 μ l, 8 μ l, 9 μ l et 10 μ l mélangé à 10 μ l d'acétone de l'autre partie, l'expérimentation est réalisée pendant un temps de pause de 30 min.

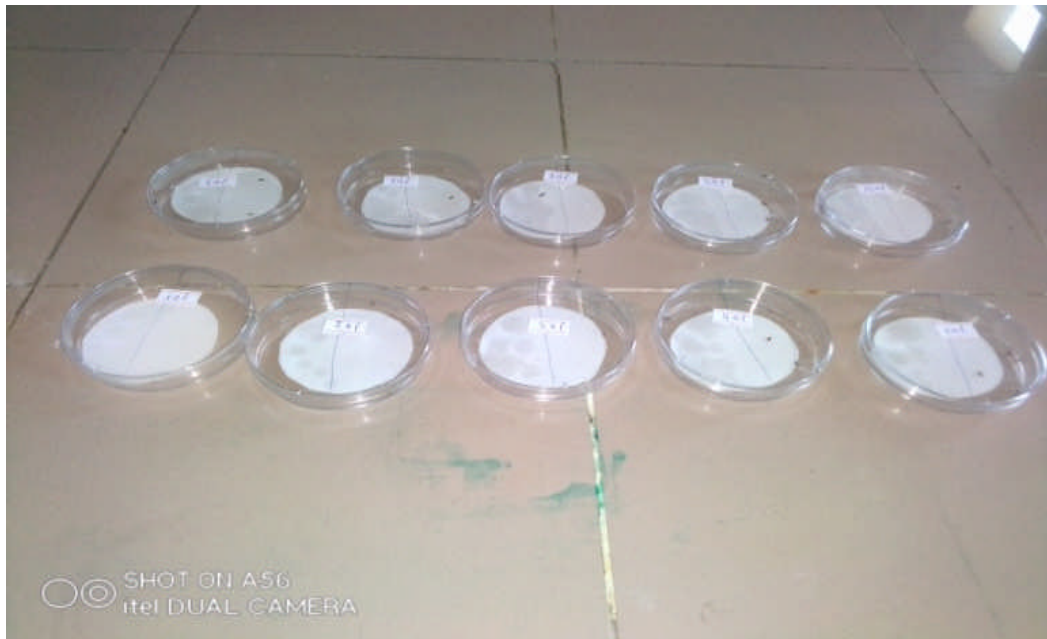


Figure 20 : Test de répulsion de l'huile essentielle de basilic à différents doses a l'égard des *T.castaneum* (originale, 2022).

Après une demie heure les insectes présents sur chacune des parties du disque sont dénombrés, ainsi nous pouvons calculer le pourcentage de répulsion selon la formule suivante :

$$\text{PR(\%)} = (\text{NC} - \text{NT}) / (\text{NC} + \text{NT}) * 100$$

NC : nombre d'insectes présents sur la partie traitée avec l'acétone.

NT : nombre d'insectes présents sur la partie traitée avec la solution huileuse.

2.3 analyse statistiques

Les résultats des différents essais sont soumis à l'analyse des moyennes à deux facteurs par le logiciel STAT BOX, version 6.4 pour déterminer l'action d'huile essentielle sur les *T.castaneum*.

Lorsque cette analyse révèle des différences significatives, elle est complétée par le test de Newman et Keuls au seuil de 5%, qui permet de déterminer les groupes homogènes :

$p > 0,05$: les variables ne montrent aucune différence significative.

$p \leq 0,05$: les variables montrent une différence significative.

$p < 0,01$: les variables montrent une différence hautement significative.

$p < 0,001$: les variables montrent une différence très hautement significative

1. Résultats

Les adultes de *Tribolium castaneum* sont soumis au test par inhalation et répulsion par l'huile essentielle du basilic (*Ocimum basilicum L.*).

1. Evaluation de l'effet de l'huile essentielle du basilic par inhalation

Les résultats de l'effet de l'huile essentielle de basilic employée pour un traitement par inhalation à différentes doses vis-à-vis des adultes de *T.castaneum*.

1.1 A la dose 1 μ l

L'action de l'huile essentielle de basilic à la dose 1 μ l sur la mortalité des bruches de *T.castneum* est présentée dans la figure suivante (figure 21) :

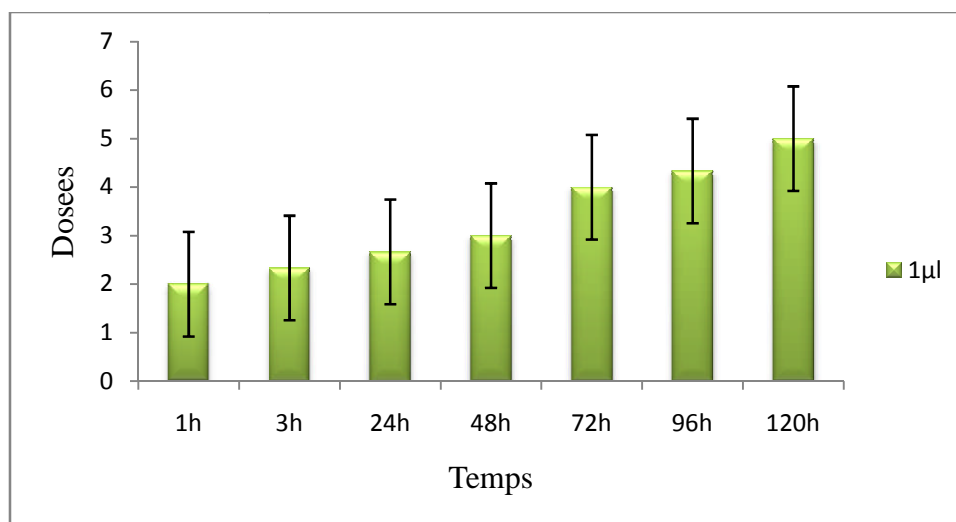


Figure 21: Mortalité des adultes de *T.castaneum* traités par la dose 1 μ l d'huile essentielle du basilic.

A la faible dose 1 μ l, l'huile essentielle montre un effet toxique au bout de 1h avec un pourcentage 40% et l'augmentation de mortalité des adultes de *T.castaneum* en fonction du temps d'exposition par inhalation (de 1h jusqu'à 120h). Au bout de 120h une mortalité totale de 100% est enregistrée avec un écart type à barre d'erreur égale à 1.07.

1.2 A la dose 2 μ l

L'action de l'huile essentielle du basilic à la dose 2 μ l sur la mortalité des adultes de *T.castaneum* est présentée dans la figure suivante (figure 22) :

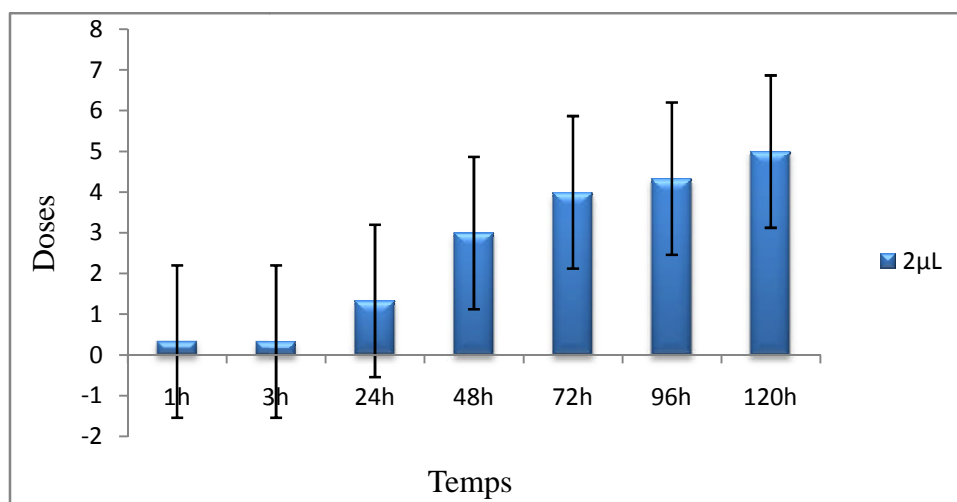


Figure 22: mortalité des adultes de *T.castaneum* traités par la dose 2µl d'huile essentielle du basilic par inhalation.

Nous constatons que la dose 2µl de l'huile essentielle montre un effet toxique au bout d'une 1 heure d'exposition avec un pourcentage de 6,6 d'où l'augmentation de la mortalité de *T.castaneum* en fonction du temps d'exposition par inhalation de 1h jusqu'à 96h. Au bout de 120h la mortalité totale de 100% est enregistrée pour *T.castaneum* à l'égard de l'huile essentielle, avec un écart type à barre d'erreur égale à 1.87.

1.3 A la dose 3µl

L'action de l'huile essentielle de Basilic à la dose 3 µl sur la mortalité des *T.castaneum* est présentée dans la figure suivante (figure 23) :

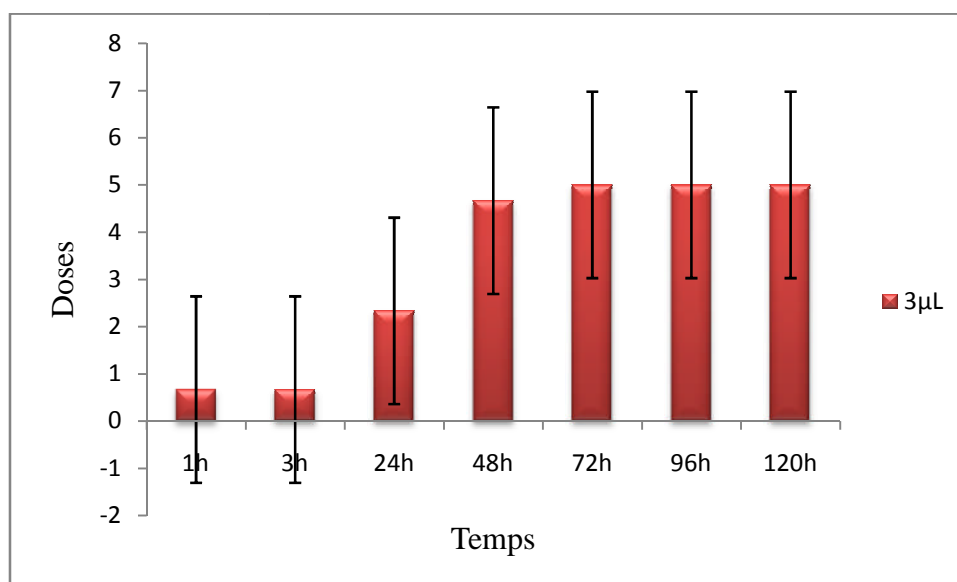


Figure 23 : Mortalité des adultes de *T.castaneum* traités par la dose 3µl d'huile essentielle de basilic.

A la dose 3 μ l, l'huile essentielle montre un effet toxique au bout d'une 1h d'exposition avec un pourcentage 13,2% et une augmentation de mortalité des adultes de *T.castaneum* en fonction du temps d'exposition par inhalation. Au bout de 72h une mortalité totale de 100% est enregistrée pour *T.castaneum* à l'égard de l'huile essentielle, avec un écart type à barre d'erreur égale à 1.97.

1.4 A la dose 4 μ l

L'action de l'huile essentielle du Basilic à la dose 4 μ l sur la mortalité des *Tribolium castaneum* est présentée dans la figure suivante (figure 24) :

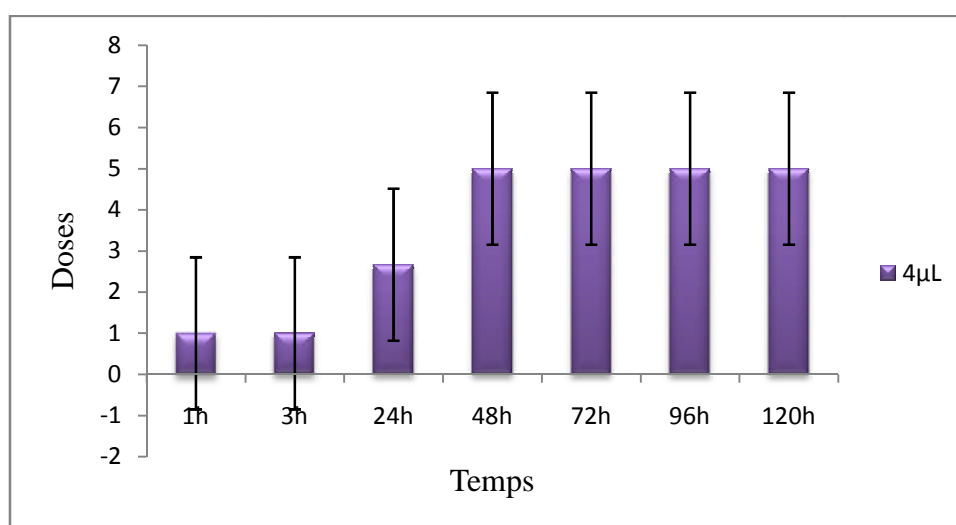


Figure 24 : Mortalité des adultes de *T.castaneum* traités par la dose 4 μ l d'huile essentielle du basilic.

A la dose 4 μ l, l'huile essentielle d'*O.basilicum* montre un effet toxique au bout d'une heure d'exposition avec un pourcentage de 20 et une augmentation de mortalité des adultes de *T.castaneum* en fonction du temps d'exposition par inhalation de 1h jusqu'à 24h d'exposition. Au bout de 48h jusqu'à 120h une mortalité totale de 100% est enregistrée pour *T.castaneum* à l'égard de l'huile essentielle d'*O.basilicum* avec un écart type à barre d'erreur égale 1.84.

1.5 A la dose 5 μ l

L'action de l'huile essentielle du Basilic à la dose 5 μ l sur la mortalité des adultes de *T.castaneum* est présentée dans la figure suivante (figure 25) :

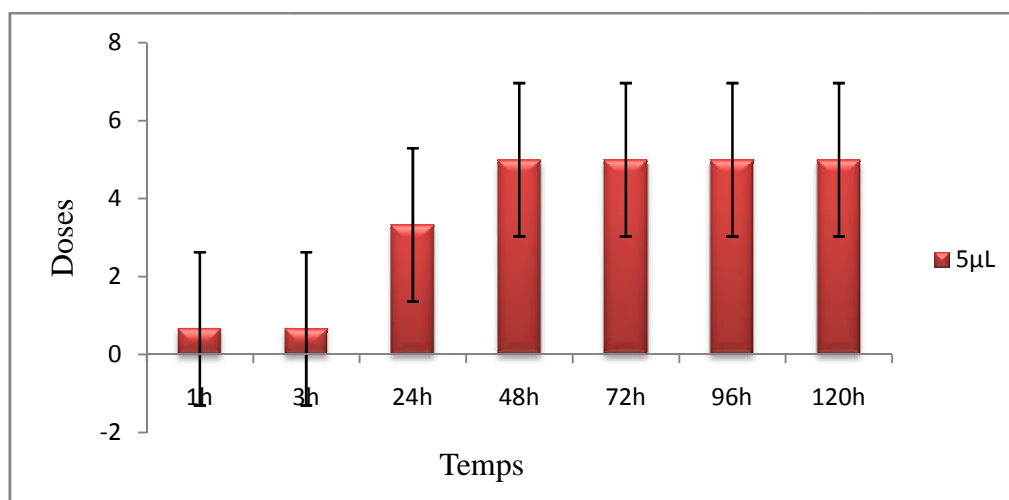


Figure 25 : Mortalité des adultes de *T.castaneum* traités par la dose 5µl d’huile essentielle du basilic.

A la dose 5µl, l’huile essentielle d’*O.basilicum* montre un effet toxique au bout d’une heure d’exposition avec 13,2%. Une augmentation de mortalité des adultes de *T.castaneum* est notée en fonction du temps d’exposition par inhalation de 1h jusqu’à 24h. Au bout de 48h jusqu’à 120h une mortalité totale de 100% est enregistrée avec un écart type à barre d’erreur égale à 1.96.

1.6 A la dose 6µl

L’action de l’huile essentielle du Basilic à la dose 6 µl sur la mortalité des adultes de *T.castaneum* est présentée dans la figure suivante (figure 26) :

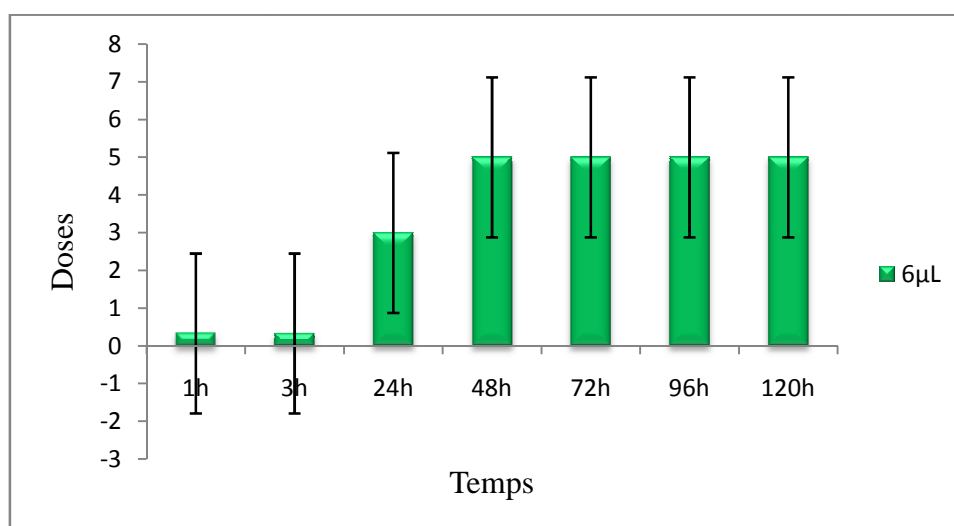


Figure 26 : Mortalité des adultes de *T.castaneum* traités par la dose 6µl de l’huile essentielle du basilic.

A la dose $6\mu\text{l}$ l'huile essentielle d'*O.basilicum* montre un effet toxique au bout d'une heure d'exposition avec un pourcentage 6,6. Une augmentation de mortalité des adultes de *T.castaneum* est observée en fonction du temps d'exposition par inhalation (de 1h jusqu'à 24h). Au bout de 48h jusqu'à 120h une mortalité totale de 100% est enregistrée pour avec un écart type à barre d'erreur égale à 2.11.

1.7 A la dose $7\mu\text{l}$

L'action de l'huile essentielle du Basilic à la dose $7\mu\text{l}$ sur la mortalité des *Tribolium castaneum* est présentée dans la figure suivante (figure 27) :

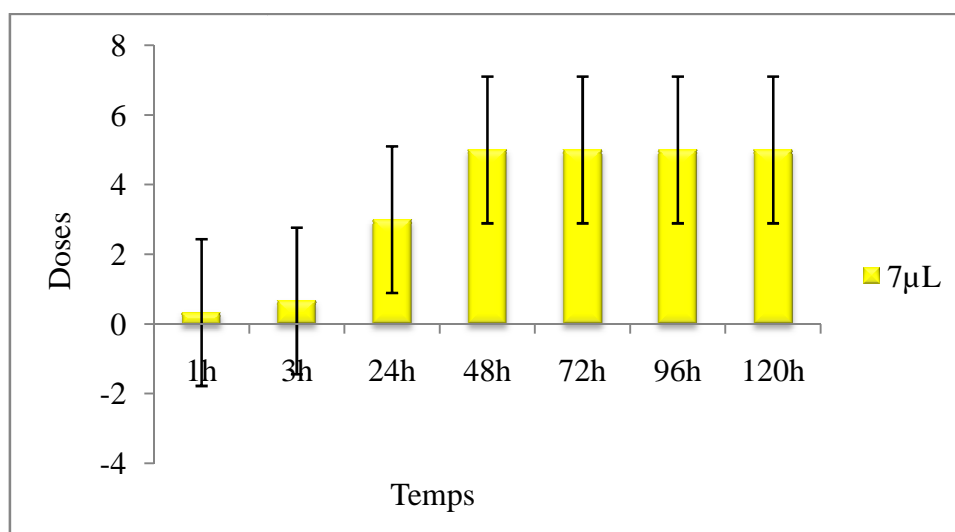


Figure 27: Mortalité des adultes des adultes de *T. castaneum* traités par la dose $7\mu\text{l}$ de l'huile essentielle du basilic.

A la dose $7\mu\text{l}$, l'huile essentiel montre un effet toxique au bout du 1h avec un pourcentage 6,6 et l'augmentation de mortalité des adultes de *T.castaneum* en fonction du temps d'exposition par inhalation (de 1h jusqu'à 24h) au bout de 48h jusqu'à 120h d'exposition, une mortalité totale de 100% est enregistrée pour *T.castaneum* avec un écart type à barre d'erreur égale à 2.04.

1.8 A la dose $8\mu\text{l}$

L'action de l'huile essentielle du Basilic à la dose $8\mu\text{l}$ sur la mortalité des adultes de *T.castaneum* est présentée dans la figure suivante :

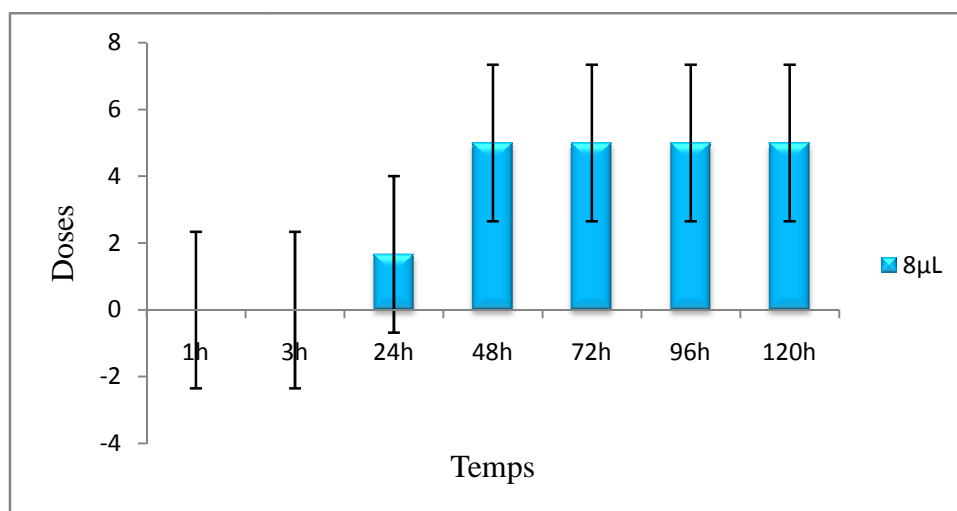


Figure 28 : Mortalité des adultes de *T.castaneum* traités par la dose 8µl de l'huile essentielle du basilic.

A la dose 8µl, l'huile essentielle ne montre pas d'effet toxique avant 24h. Les adultes de *T.castaneum* expriment une sensibilité vis-à-vis de l'huile essentielle du basilic au bout de 24h avec un pourcentage 33,2. Au bout de 48h jusqu'à 120h d'exposition une mortalité totale de 100% est enregistrée avec un écart type à barre d'erreur égale à 2.34.

1.9 A la dose 9µl

L'action de l'huile essentielle du basilic à la dose 9 µl sur la mortalité des adultes de *T.castaneum* est présentée dans la figure suivante (figure 29) :

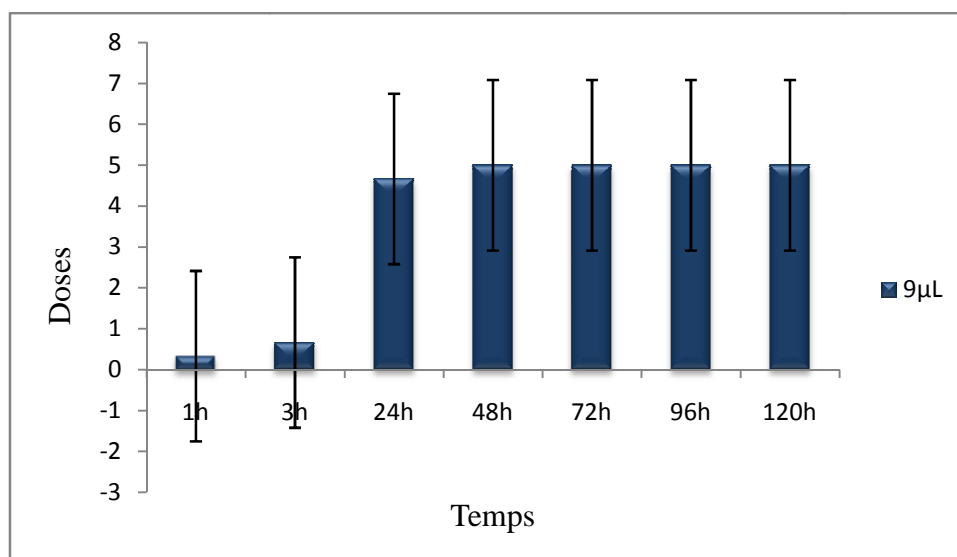


Figure 29 : Mortalité des adultes de *T.castaneum* traités par la dose 9µl de l'huile essentielle du basilic.

A la dose 9 μ l, l'huile essentielle d'*O.basilicum* montre un effet toxique au bout d'une heure d'exposition avec un pourcentage 6,6. Une augmentation de la mortalité des adultes de *T.castaneum* en fonction du temps d'exposition par inhalation (de 1h jusqu'à 24h) est observée. Au bout de 48h jusqu'à 120h une mortalité totale de 100% est enregistrée avec un écart type à barre d'erreur égale à 2.08.

1.10 A la dose 10 μ l

L'action de l'huile essentielle du Basilic à la dose 10 μ l sur la mortalité des adultes de *T.castaneum* est présentée dans la figure suivante (figure 30) :

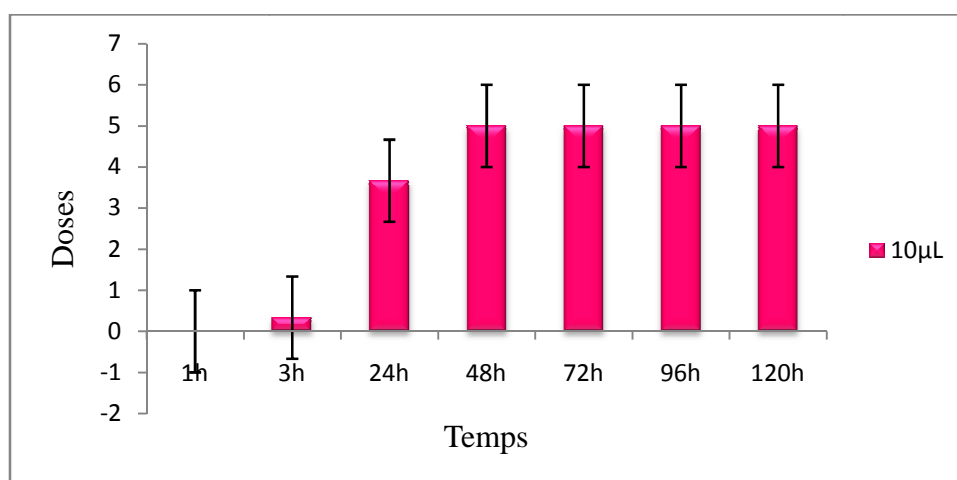


Figure 30 : Mortalité des adultes de *T.castaneum* traités par la dose 10 μ l de l'huile essentielle du basilic.

A la dose 10 μ l, l'huile essentielle ne montre pas d'effet toxique avant 3 heures d'exposition, les adultes *T.castaneum* expriment une sensibilité vis-à-vis de l'huile essentielle du basilic. Une augmentation de mortalité des insectes est notée en fonction du temps d'exposition par inhalation (de 3h jusqu'à 24h) avec un pourcentage 6,6%, au bout de 48h jusqu'à 120h une mortalité totale de 100% est enregistrée avec un écart type à barre d'erreur égale à 2.19.

2. Evaluation de l'effet de l'huile essentielle de Basilic par répulsion

Nous avons évalué l'effet répulsif de l'huile essentielle d'*O.basilicum*. A cet effet, nous avons remarqué qu'à différentes doses, le nombre d'adultes de *T.castaneum* présents dans la partie traitée est moins important que celui des insectes présents dans la partie non traitée. Les résultats de l'effet de l'huile essentielle du basilic sont présentés dans la figure suivante (figure 31) :

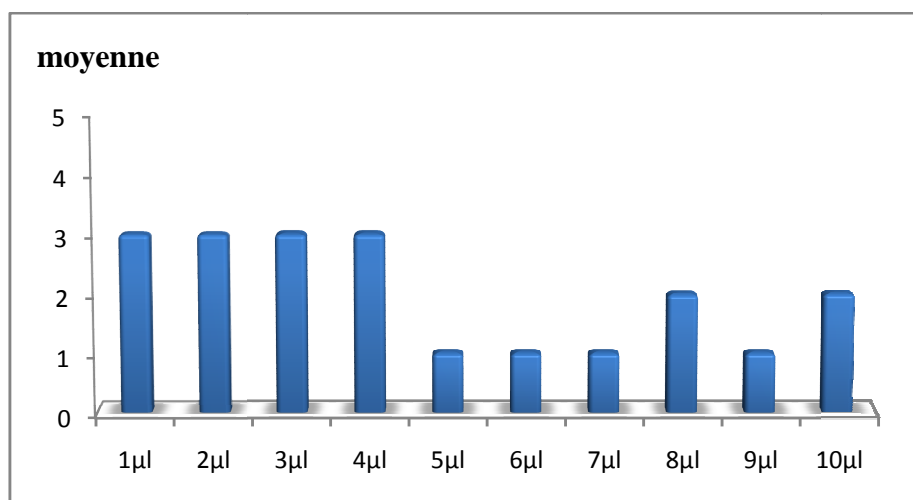


Figure 31 : Taux moyen de répulsion des adultes de *T.castaneum* en fonction des doses de l'huile essentielle d'*O.basilicum*.

Nos résultats montrent que l'huile essentielle *O.basilicum* a un effet très répulsif vis-à-vis des adultes de *T.castaneum*. Le pourcentage de répulsion de l'huile essentielle utilisée est calculé et attribué à différentes classes répulsives variant de 0 à 100%.

Selon Mc Donald :

- 0-20 —————> non répulsive
- 20-40 —————> faiblement répulsive
- 40-60 —————> moyennement répulsive
- 60-80 —————> répulsive
- 80-100 —————> très répulsive

Tableau 7 : classement de l'huile essentielle Basilic suivant son taux de répulsion.

Dose	Pourcentage%	Classement
1 µl	60%	répulsive
2 µl	60%	répulsive
3 µl	60%	répulsive
4 µl	60%	répulsive
5 µl	20%	Non répulsive
6 µl	20%	Non répulsive
7 µl	20%	Non répulsive
8 µl	40%	Moyennement répulsive
9 µl	20%	Non répulsive
10 µl	40%	Moyennement répulsive

D'après la comparaison réalisée en suivant le protocole de MC Donald et al.,(1970) il ressort que l'huile essentielle du basilic est répulsive avec les doses 1 μ l/2 μ l/3 μ l/4 μ l/, et non répulsive dans les doses 5 μ l/6 μ l/7 μ l/9 μ l, et moyennement répulsive dans les doses 8 μ l/10 μ l.

3. Discussion

Durant notre étude, nous avons évalué l'effet biocide de l'huile essentielle du basilic par deux modes d'action : inhalation et répulsion sur les adultes de *T.castaneum*. à la base des résultats obtenus et suivant le test réalisé nous avons enregistré que l'huile essentielle d'*O.basilicum* présente des effets différents selon la dose utilisée et suivant la durée d'exposition induisant ainsi différents taux de mortalité des adultes de *T.castaneum*.

Nos résultats montrent que les doses de 1 μ l et 2 μ l et 9 μ l de l'huile essentielle d'*O.basilicum* présentent un effet létal à partir d'une heure d'exposition des adultes chez *T.castaneum* où la mortalité de ce ravageur s'accroît à ces doses pour atteindre la totalité au bout de 120h. Par contre pour les doses 3 μ l et 4 μ l et 5 μ l et 6 μ l et 7 μ l de l'huile essentielle d'*O.basilicum* présente un effet létal à partir d'une heure d'exposition des adultes de *T.castaneum*. La mortalité de ce ravageur s'accroît à ces doses pour atteindre la totalité au bout de 48h et au bout de 72h pour la dose 3 μ l.

La dose 8 μ l de l'huile essentielle d'*O.basilicum* présente un effet létal à partir de 24h d'exposition des adultes de *T.castaneum* et une mortalité totale est enregistrée à partir 48h d'exposition. Cependant, à la plus forte dose de 10 μ l, l'huile essentielle présente un effet létal à partir de 3h et a causé une mortalité totale au bout de 48h d'exposition sur les adultes *T.castaneum*.

Nous confirmons ainsi que la mortalité des adultes de *T.castaneum* varie suivant les doses administrées de l'huile essentielle mais également du temps d'exposition avec un dosage allant de 1 μ l jusqu'à 10 μ l choisi et réalisé afin de déterminer la dose idéale permettant une mortalité élevée avec un temps relativement faible, mais aussi pour faire ressortir l'écart entre les doses utilisées par rapport à la plus faible dose de 1 μ l jusqu'à la plus forte dose de 10 μ l.

L'étude comparée de l'efficacité des différentes doses appliquées sur la population imaginaire de *T.castaneum* nous permet d'annoncer que les doses 1 μ l et 2 μ l ne donnent 100% de mortalité qu'au bout de 120h d'exposition et la dose de 3 μ l au bout de 72h. Alors que les doses 4 μ l, 5 μ l, 6 μ l, 7 μ l, 8 μ l, 9 μ l et 10 μ l nous donnent la mortalité totale des espèces à partir de 48h d'exposition. Ainsi, la dose minimale efficace est 4 μ l, c'est la plus efficace en manifestant une moyenne de toxicité de 20% après 48h d'exposition.

Selon Arezzo et *al.* (2019), l'action de l'huile essentielle de *Mentha pulegium* à l'aide du traitement par inhalation sur *T.castaneum* a donné une mortalité de 86.03% après 72h de traitement.

Les mêmes résultats sont rapportés par Nemmar (2017), par l'utilisation de l'huile essentielle de la menthe poivrée qui présente un effet toxique très hautement significatif sur la mortalité des adultes mâles de *B.rufimanus*, à la plus forte dose de 6 μ l, une mortalité totale est observée après 8h d'exposition.

De même, Kacimi (2016), en testant l'activité insecticide de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* sur les adultes de *B.rufimanus*, affirme que la mortalité des femelles la plus élevée à 90% est enregistrée pour la dose 4 μ l au bout de 48h, alors que le taux de mortalité le plus faible (0.5%) est enregistrée pour la dose 1 μ l après 1h d'exposition. Hamani-Aoudjit (2019) ajoute que le taux de mortalité augmente à 37,5% et 42,5% pour les femelles et les mâles respectivement jusqu'à atteindre 100% après 72 heures d'exposition pour les deux sexes et pour toutes les doses de l'huile essentielle de *Mentha piperita* (2 μ l,4 μ l,6 μ l,8 μ l).

Selon Abidi (2019), l'efficacité des huiles essentielles de *Eucalyptus globulus*.et *Globularia alypum* sur *T.castaneum*. Les résultats obtenus, montrent que l'huile essentielle extraite de *G.alypum* est considérée comme un insecticide à double effet à savoir par contact et inhalation sur les adultes de *T.castaneum*, où ils ont enregistré une mortalité de 59%.

Les huiles essentielles de thym et de la menthe poivrée ont montré une toxicité sur les adultes de *B.rufimanus* à 10 μ l en causant une mortalité totale au bout de 9h d'exposition pour l'huile essentielle de thym et 12h d'exposition avec l'huile essentielle de menthe poivrée (Hamani-Aoujit, 2019).

Selon le même auteur l'huile essentielle d'*Eucalypts kalatus* montre une toxicité à l'égard des adultes diapausants de *Buchus rufimanus*, à la forte dose de 4 μ l et cause une mortalité totale au bout de 24h d'exposition.

Les travaux d'Aknine et Tahenni (2013), ont montré que la toxicité de l'huile essentielle du citronnier sur les adultes de *B.rufimanus* diapausants augmente au fur et à mesure que les doses et la durée d'exposition augmente, a la plus fort dose de 10 μ l cause une mortalité de 100%au bout d'1h d'exposition pour les mâles.

Un autre travail effectué par Babrinde et *al.* (2014) traitant l'activité biologique de *Hosludia opposita* Vahl de la famille des Lamiaceae sur les adultes de *T.castaneum*, les mortalités variaient de 61,13% observée, 24h après le traitement, de 88,86% ou le TL50 était de 10,42h.

Lors de cette étude, nous avons évalué l'effet répulsif de l'huile essentielle du basilic sur les adultes de *T.castaneum*, en fonction des doses après une exposition d'une durée de 30min. Aux doses 1 μ l, 2 μ l, 3 μ l, 4 μ l, l'huile essentielle testée a montré une activité répulsive de 60% à l'égard des adultes du *T.castaneum*. L'utilisation de l'huile essentielle du basilic n'est pas répulsive aux doses 5 μ l, 6 μ l, 7 μ l, 9 μ l de 20%. Par contre pour les doses 8 μ l, 10 μ l, l'huile testée a montré une activité moyennement répulsive de 40%.

De nombreux travaux scientifiques publiés dans la littérature ont mis en évidence l'effet répulsif des produits qui sont à base de plantes contre les insectes des stocks. Parmi eux, Kassemi (2014) qui signale que la poudre des feuilles de deux plantes *Nepeta nepetelle* et *Pseudocytisus integrifolius* et les huiles essentielles extraites de ces plantes révèlent un effet toxique sur le *T.castaneum* en appliquant un traitement par contact.

Bounechada et al. (2011) montrent que l'effet insecticide de la plante *Peganum harmala* présente une toxicité remarquable. Tandis que (Madjdoub et al., 2013) ont testé la toxicité des huiles essentielles de *Ruta chalepensi* (L) sur les adultes de *T.castaneum* et les résultats obtenus montrent un pouvoir répulsif plus remarquable sur les adultes de l'insecte.

De même, Souguir et al. (2017) ont mis en évidence l'efficacité biocide des huiles essentielles des feuilles et des fleurs de la plante Marjolaine sur les adultes de *T.castaneum*. D'autres Chercheurs ont signalé également la propriété insecticide d'autres plantes, telle que le Safrole et l'Eugenol qui présente des forts potentiels biocides sur le *T.castaneum*.

Notre étude porte sur l'évaluation de l'effet de l'huile essentielle extraite du Basilic (*Ocimum basilicum*) sur les adultes de *Tribolium castaneum* par inhalation ou répulsion.

À la lumière des résultats obtenus, nous pouvons conclure que l'huile essentielle utilisée exprime une toxicité vis-à-vis des adultes du *T.castaneum*. Cette toxicité varie selon le type du test effectué inhalation ou répulsion par et la durée d'exposition.

À l'issue de notre travail, la mortalité des individus de *Tribolium* augmente au fur à mesure que la dose de l'huile essentielle utilisée et le temps d'exposition augmentent.

L'effet de la toxicité de l'huile essentielle du Basilic par inhalation montre que le taux de mortalité total est obtenu à la dose 4 μ l au bout de 48h d'exposition avec un effet toxique qui s'exprime avec une moyenne 20%.

Le calcul du pourcentage de répulsion montre que l'huile essentielle du Basilic est très répulsive pour les adultes du *Tribolium* avec les doses 1 μ l/2 μ l/3 μ l/4 μ l/, et non répulsive pour les doses 5 μ l/6 μ l/7 μ l/9 μ l, et moyennement répulsive à la dose 8 μ l/10 μ l.

Cette étude a abouti à des résultats qui pourraient être proposés comme des solutions alternatives ou complémentaires à l'utilisation des pesticides organiques de synthèse pour la protection de l'environnement et de la santé animale et humaine. Le développement de bio insecticide extrait de plante et la sélection de cultivars résistants à ce ravageur s'inscrit dans le cadre de l'agriculture et du développement durable.

De nombreuses perspectives de recherche peuvent être dégagées de notre travail notamment, l'extraction des huiles essentielles à partir de plante aromatiques locales vu la richesse floristique de notre pays mais aussi procéder à l'identification de leurs principes actifs. Il serait également intéressant d'évaluer l'activité insecticide des composés majeurs des huiles essentielles sur les adultes de *T.castaneum* et leurs effets synergiques ou antagonistes.

Références bibliographiques

Alabi T., Michaud J.P., Arnaud L., et Haubruge E., 2008- A comparative study of cannibalism and predation in seven species of flour beetle. *Ecological Entomology*, 33: 716-716

Arnaud L., Lognay G., Verscheure M., Leenaers L., Gaspar C., et Haubruge E., 2002 Is Dimethyldecanal a common aggregation Pheromone of tribolium flour beetles?. *Journal of Chemical Ecology*, Vol. 28, No. 3.

ABID, S., 2019. Effet insecticide des huiles essentielles de l'Eucalyptus globulus L. et Globularia alypum L. sur Tribolium castaneum Herbst. Mémoire Master : Sciences Agronomiques. Bouira : Université Akli Mohand Oulhadj, 40.

AMRI, H., 2018. Extraction de l'huile essentielle de Globularia alypum L. : identification de ses constituants chimiques et études de son activité antioxydante. Thèse de doctorat : Chimie Moléculaire. Oran : Université Ahmed Ben Bella, 220p.

AKNINE L. et TAHENNI t., 2013. Effet de deux huiles naturelles de Mandarine et de citronnelle et de l'huile essentielle de citronnier de la fève *B. rufimanus* (BOH) coléoptera Bruchidae). Mémoire de Master en biologie .spécialité Entomologie Appliquée à la médecine l'agriculture et forestière. U.M.M.T.O. 42p.

Azzi R. 2013, Contribution à l'étude de plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel du diabète sucré dans l'Ouest algérien : enquête ethnopharmacologique ; Analyse pharmaco-toxicologique de Figuier (*Ficus carica*) et de coloquinte (*Citrullus colocynthis*) chez le rat Wistar. Thèse de doctorat, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, 153 pages

Allahyari S., Delazar A., Najafi M. 2014. Evaluation of general toxicity, anti-oxidant activity and effects of *Ficus carica* leaves extract on ischemia/ reperfusion injuries in isolated heart of rat. *Advanced pharmaceutical bulletin* 4 (2) : 577-582.

Aouane Asma., (2015). Contribution au génotypage par marqueur moléculaire et caractérisation morphologique de quelques cultivars locaux de figuier (*Ficus carica* L.). Thèse de Magister. Département des sciences agronomiques, université de Batna 1. Algérie

Azzi, R. (2013). Contribution à l'étude de plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel du diabète sucré dans l'Ouest algérien : enquête ethnopharmacologique. Thèse de doctorat en biologie, Université Abou Bekr Belkaid. Tlemcen, 36-38.

BONNETON, F. (2010). The beetle by the name of *Tribolium* Typology and etymology of *Tribolium castaneum* Herbst. *Insect biochemistry and Molecular biology*, 38, 377-379.

BOUCHARD, P. (2016). Coléoptères du monde : Une encyclopédie. Paris: Ed. Delachaux et Niestlé. 415p.

- Bloch Qazi M., Herbeck J.T., et Lewis S.M., 1996-** Mechanism of sperm transfer and storage in the red flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae)- Annals of the Entomological Society of America, 89: 892-897. B
- Barrer T.M. 1983-** A field demonstration of odour-based, host-food finding behaviour in several species of stored grain insects. J. Stored Prod. Res. 19: 105-111.
- Bertaudeau et Faure (1990).**Atlas d'arboriculture fruitière Vol.4. et Tec.Doc. Lavoisier, 289p.
- BOUNECHADA, M.ARAB, R.2011.**effet insecticide des plantes *melia azedrach* l.et *peganum harmala* l.sur *tribolium castaneum* herbst (coleopteran:tenebrionidae) agronomie numéro 1-2011.
- Bachrouch,O.BENJEMAA,J.CHAIB,I.TALOU,T.MARZOUK,B.ABDERRABA,M.2010** .insecticid al activity of pistacia lentiscus oil o n *tribolium castaneum* as alternative tochemical control in storage.tunisian journal oof plant protection 5 :63-70.
- Benettayeb, Z. (1993).**Biologie et écologie des arbres fruitiers.Ed.OPU.Alger.140p.
- Bachi, K. (2012).** Etude de l'infection de différentes variétés de figuier (*Ficus carica* L.) par la mouche méditerranéenne des fruits, *Ceratitis capitata* (Diptera, Trypetidae). Thèse de Magistère. Tizi Ouzou. : 114.
- Baud P, 2008.** Le figuier pas à pas. Edition d'EDISUD. Lesse. P 4-15
- Bauwens P, 2008.** Fiquier de tous les pays. Éditions d'EDISUD. P 16-18.
- CHRISTINE, B. (2001).** Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux : guide pratique. 2eme Edition, 124-154.
- CAMARA, A. (2009).** Lutte contre *Sitophilu soryzae* L. (Coleoptera:Curculionidae) et *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en Basse-Guinée et l'utilisation des huiles essentielles végétales. Thèse de doctorat : sciences de l'environnement. Montréal : Université du Québec à Montréal, 154p.
- Christine B., 2001.** Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux, guide pratique. 2éme Edition, 124-154.
- CHENNI, M. (2016).** Etude comparative de la composition chimique et de l'activité Biologique de l'huile essentielle des feuilles du basilic *Ocimum basilicum* extraite par hydro-distillation. Thèse de doctorat en sciences : Chimie moléculaire. Université d'Oran. Ahmed ben Bella, 135p.

- Charnov E.L, et Skinner S.W., 1985-** Complementary approaches to the understanding of parasitoid oviposition decisions. *Environmental Entomology* 14: 383-391.
- Chouaki, S., Bessedik, F., Chebouti, A., Maamri, F., Oumata, S., Kheldoun, S., Hamana, M., Douzene, M., Bellah, M., & Kheldoun, A. (2006).** Deuxième rapport national sur l'état des ressources phylogénétiques. *Institut National De La Recherche Agronomique*, 91P.
- Condit, I. J. (1947).** The Fig *Chronica Botanica*. Waltham, Massachusetts. p. 220.
- Condit IJ, 1955.** Fig Variétés : A Monograph. *Hilgardia à journal of agricultural science*. p 323-538.
- Chawla, A., Kaur, R., & Sharma, A. K. (2012).** Ficus carica Linn.: A review on its pharmacognostic, phytochemical and pharmacological aspects. *International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research*, 1(4), 215-232.
- Condit, I. J. (1947).** The Fig *Chronica Botanica*. *Waltham, Massachusetts*.
- Chai, L., Wang, Z., Chai, P., Chen, S., & Ma, H. (2017).** Transcriptome analysis of San Pedro-type fig (*Ficus carica* L.) parthenocarpic breba and non-parthenocarpic main crop reveals divergent phytohormone-related gene expression. *Tree Genetics & Genomes*, 13(4), 83.
- DELOBEL, A., TRAN, M. (1993).** Coléoptères de denrées alimentaires entreposées. Paris: Ed. Orstom/CTA .424p.
- Delobel A. et Tran M., 1993.** Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chauds, Faune tropicale XXXII. Paris. 103-106 p.
- Dave A., Colin J., Demianyk P.G., Fields D.S., Jayas J.T.M., William E.M., Blaine T., Noel D.G.W., 2001.** Protection des céréales, des oléagineux et des légumineuses à grain Entreposés à la ferme contre les insectes, les acariens et les moisissures. (éd. rev.) (Manitoba) Canada. 59 p.
- Donahaye, E.J., Navarro, S., Rindner, M. et Azrieli, A. 1996-** The combined influence of temperature and modified atmospheres on *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Stored Prod. Res.* 32: 225-232.
- Dowdy, A.K., 1999-** Mortality of red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) exposed to high temperature and diatomaceous earth combinations. *J. Stored Prod. Res.* 35: 175-182.
- Dowdy A.K., et Fields P.G., 2002-** Heat combined with diatomaceous earth to control the confused flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae) in a flour mill. *J. Stored Prod. Res.* 38: 11-22.

- Evans D.E., 1983-** The influence of relative humidity and thermal acclimation on the survival of adult grain beetles in cooled grain. *J. Stored Prod. Res.* 19: 173-180
- Fateh A et Ali F, 2009.** Caractérisation et évaluation de six cultivars du caprifiquier (*Ficus carica* L.) en Tunisie. Édition. P 22.
- F. A. O. (2018).** Food and Agriculture Organisation. Database results; FAO-STAT. Filière Nutrition et diététique. Heds Ecole de Santé : 1-4.
- FAO stat. (2018).** Statistiques récentes de la FAO dans le domaine relatif au secteur de la figue. Site web:www.faostat.org. Consulter en Avril 2020.
- Ferradji, A., Chabour, H., & Malek, A. (2011).** Séchage solaire des figes: Bilan thermique et isotherme de désorption. *Revue des Energies Renouvelables*, 14(4), 717-726.
- Good NE., 1936-** The flour beetles of the genus *Tribolium*. USDA Technical Bulletin 5: p 27-28.
- Good N.E., 1933-** Biology of the flour beetles, *Tribolium confusum* Duv. and *T. ferrugineum* Fab. *Journal of Agricultural Research* 46: 327-334.
- GOUCEM-KHELFANE K., 2014.** Étude de l'activité insecticide des huiles essentielles et des poudres de quelques plantes à l'égard de bruche du haricot *Acanthocelidesobtectus* Say (Coléoptère, Chrysomelidae), bruchinae et comportement de ce ravageur vis-à-vis des composés volatils de différentes variétés de la plante hôte (*PhaseolusVulgaris* L). Thèse dedoctorat d'état. U.M.M.T.O.PP 61-62.
- Giraldo, E., Lopez-Corrales, M., & Hormaza, J. I. (2005b).** Selection of morphological quantitative variables in fig characterization. In *III International Symposium on Fig 798* (pp. 103-108).
- Haubruge E., 1995-** Etude des phénomènes responsables de la résistance spécifique a malathion chez le *Tribolium castaneum* (Herbst) (coléoptère : *Tenebrionidae*)- thèse de doctorat, faculté universitaire des sciences agronomique de Gembloux, Belgique.
- Howe R.W., 1962-** The effects of temperature and humidity on the oviposition rate of *Tribolium castaneum* (Hbst.) (Coleoptera, Tenebrionidae). *Bulletin of Entomological Research* 53: 301-310.
- HAMANI-AOUDJIT S, 2019.** Bioécologie et biocontrol de la bruche de la fève *B.rufimanus* coléoptera : (chrysomelidae) dans la région de Bouira. Thèse doctorat. UMMTO, 191p.
- Hamana,M ., Douzene,M ., Bellah, M., & Kheldoun, A. (2006).** Deuxième rapport national sur l'état des ressources phylogénétiques. *Institut National De La Recherche Agronomique*, 91P.
- Harlan, J.R. (1975).** *Crops and Man*. American Society of Agronomy, Madison. 295 pp.
- Kassemi N., 2014.** Activité biologique des poudres et des huiles essentielles de deux plantes

Aromatiques (*Pseudocytisus integrifolius* Salib et *Nepeta nepetella* L.) sur les ravageurs du blé et des légumes secs. Thèse de doctorat en biologie, option biologie animale, Université de Tlemcen.

Khan A.A., Rath S. et Shankar U., 1998- Effect of coloured light on larval growth of rust red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst). *Shashpa* 5: 181-184.

KACIMI N., 2016. Activité insecticide de l'huile essentielle de l'*Eucalyptus globulus* sur les adultes de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* BOHN (1833) durant la période de diapause reproductrice.

Lack D., 1947. The significance of clutch size. *Ibis* 89: 302-352.

Lewis S.M., et Austad S.N., 1990- Sources of intraspecific variation in sperm precedence in red flour beetles, *The American Naturalist*, 135:351-359.

Lewis S.M., et Austad S.N., 1994- Sexual selection in flour beetles : the relationship between sperm precedence and male olfactory attractiveness, *Behavioral Ecology*, 5: 219-224.

Mason L.J., 2003- Grain Insect Fact Sheet E-224-W: Red and Confused Flour Beetles, *Tribolium castaneum* (Hbst.) and *Tribolium confusum* Duval. Purdue University, Department of Entomology.

MADJDOUB, O. SOUGUIR, s. HAOUAS. BAOUAND, M.LAARIF, A.CHAIEB, I. 2013. étude de l'activité insecticide des huiles essentielles de *ruta chalepensis* (L.) sur les adultes de *tribolium castaneum* (herbst.) et *sitophilus zeamais* (motsch.). 4^{ème} journées scientifiques sur la valorisation des bioressources. Masson (Paris) ,87pp.

Mauri, N. (1939). Les figuiers cultivés en Kabylie. Contribution à leur détermination et étalonnage.

Nemmar N., 2017., Efficacité insecticides de l'huile essentielle de la Menthe poivrée (*Mnetha piperita* L.) sur la longévité des adultes de la bruche de fève *Bruchus rufimanus* (coleoptera :chrysomelidae) durant la période de diapause .Mémoire Master en Biologie Spécialité protection des adultes cultivée.U.M.M.T.O.43p.

Naylor A.F., 1961- Dispersal in the Red flour beetle *Tribolium castaneum* (Tenebrionidae), *Ecology*, 42 (2): 231-237.

Oukabli, A. (2003). Le figuier un patrimoine génétique diversifier à exploiter Unité de recherche sur l'Amélioration des Plantes et Conservation des Ressources Phyto-génétiques INRA, Centre Régional de Meknès. N° 106.

Pierre L, 2004. Le livre des arbres, arbuste & arbrisseaux. ACTES SUD. P 587

- Sokoloff A., 1974-** The Biology of Tribolium: With Special Emphasis on Genetic Aspects. Vol. 2. Clarendon Press, Oxford.
- Storey, W. B. (1976).** Fig *Ficus carica* (Moraceae). In: Evolution of Crop Plants. (Simmonds, N. W., Ed.). Longman, London New York. 205–8.
- Soderstrom E.L., Brondl D.G., et Mackey B., 1992-** High temperature combined with carbon oxide enriched or reduced oxygen atmospheres for control of *T. castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Stored Prod. Res. 28: 235-238.
- SOUGUIR, S.BENCHEIKH, Z.CHAIEB, I-LAARFI, A.2017.**étude de la toxicité des huiles essentielles *d'origanum majorana* pour tribolium castaneum et plodia interpunctelle.3em journée scientifique sur la volarisation de bioresouce.
- Synge, P. (1956).** The Royal Horticultural Dictionary of Gardening. Volume II. 2nd edn. Oxford.
- Tutin, T.G. (1964).** Ficus L.(eds), Flora Europaea, pp. 66-67. Volume I. Cambridge University Press. 464 pp.
- Vidaud , J.(1997).**le figuier monographie du CTIFL (centre technique interprofessionnel des Fruits et légumes). (Paris) 263-267 p.
- Vidaud J,** 1997. Le figuier monographie du CTIFL. Edition de centre technique interprofessionnel des fruits et légumes). P 35-36.
- Valdeyron, G., & Lloyd, D. G. (1979).** Sex differences and flowering phenology in the common fig, *Ficus carica* L. *Evolution*, 673-685.
- Wool D., et Bergerson O., 1979-** Sperm precedence in repeated mating of adults *Tribolium castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidae), *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 26: 160-167.
- Ziegler JR. 1976-** Evolution of the migration response: emigration by *Tribolium* and the influence of age. *Evolution* 30: 579-592.
- Zohary, M. (1982).** Plants of the Bible. Cambridge University Press. 223 pp.
- Zohary, D., Hopf, M. (2000).** *Domestication of plants in the Old World. 3rd edn.* 316pp. New York: Oxford University Press.

Sites internet consultés

Site 1 : <http://www.uni-graz.at>.

Site 2 : <http://www.semencesdupuy.com>.

Site 3: <http://blog-information.chefsconsulting.com>.

Site 4: <http://www.cuisiflor.com>.

Site 5 : <http://www.jardin-aromatiques.com>.

Site 6: <http://www.mountainvalleygrowers.com>.

Site 7 : <http://surlezinc.blogs.com>.

Résumé

Tribolium castaneum est un ravageur secondaire des denrées stockées. Pour mieux combattre ce déprédateur, l'effet de l'huile essentielle extraite des feuilles du Basilic (*O.basilicum*) est testé par inhalation et par répulsion sur les adultes prélevés sur des figes sèches entreposées. Par inhalation, l'huile essentielle du Basilic a un effet biocide sur les individus de *T.castaneum*, suivant les doses et la durée d'exposition. La mortalité augmente avec l'augmentation des doses de l'huile essentielles utilisée jusqu'à l'atteinte de 100% au bout de 48 heures d'exposition à la dose de 4µl. Le test par répulsion est assez considérable pour toutes les doses 1µl, 2 µl et 3µl et est moyennement répulsive pour la dose de 8µl

Mots clés: *Tribolium castaneum*, huile essentielle, Basilic, inhalation, repulsion.

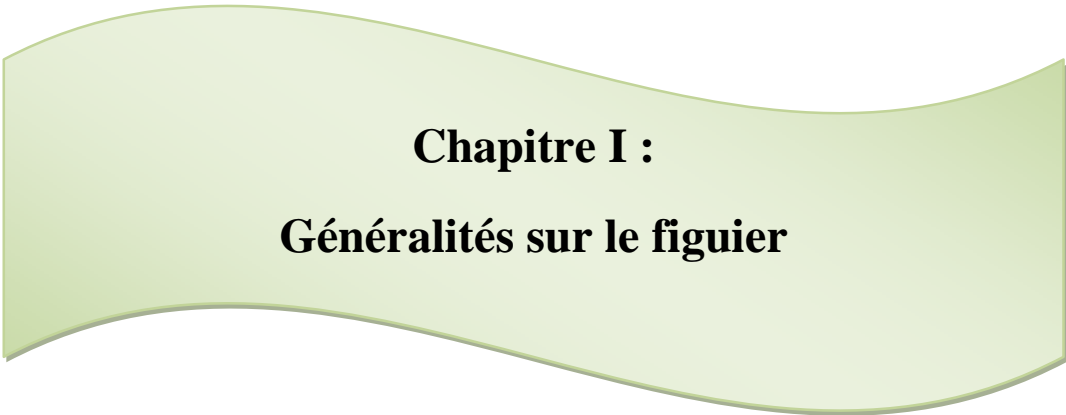
Abstract:

Tribolium castaneum is a secondary pest of stored foodstuffs. To better fight this predator, the effect of the essential oil extracted from the leaves of basil (*O.Basilicum*) is tested by inhalation and repulsion on adults taken from dried figs in storage. By inhalation, the essential oil of basil has a biocidal effect on individuals of *T. castaneum*, depending on the doses and duration of exposure. Mortality increases with increasing doses of the essential oil used until reaching 100% after 48 hours of exposure to a dose of 4ul.the repulsion test is quite considerable for all doses 1µl,2µl,and 3µl and is moderately repulsive for the dose of 8µl.

Keywords: *Tribolium castaneum*, essential oil, basil, inhalation, repulsion.

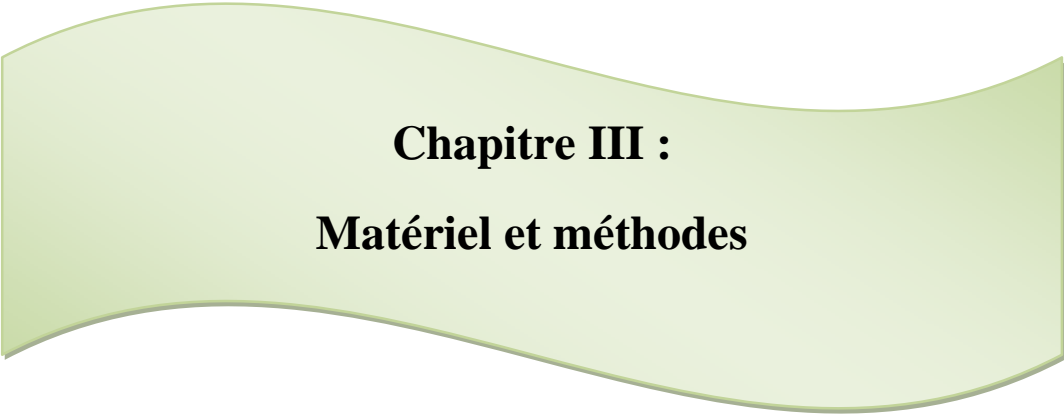


Introduction

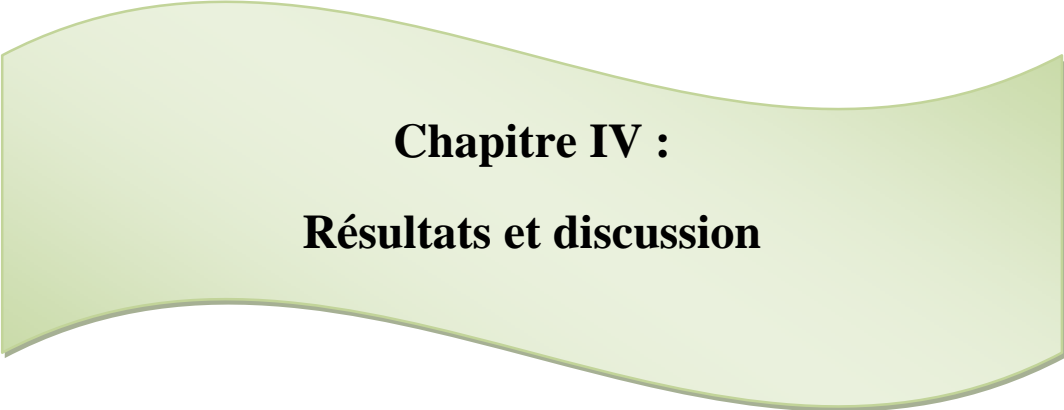


Chapitre I :
Généralités sur le figuier

Chapitre II :
Généralité sur l'insecte ravageur *Tribolium castaneum*



Chapitre III :
Matériel et méthodes



Chapitre IV :
Résultats et discussion



Conclusion générale



Références bibliographiques