



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



UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU
Facultés des Sciences Biologiques et des sciences Agronomiques
Spécialité : Protection des végétaux

Thème

Effet biocide de l'huile essentielle de *Melaleuca alternifolia* à l'égard du ver rouge de la farine *Tribolium castaneum* (Coléoptera; Tenebrionidae)

Encadré par :

Melle GUERMAH. D

Présenté par :

HAMIDCHI Kamilia

Soutenu devant le jury composé de :

- | | | | |
|-----------------------|-------------------|------------|-------|
| - Président du jury : | MEJDOUB-BENSAAD.F | Professeur | UMMTO |
| - Promotrice | : GUERMAH. D | MCA | UMMTO |
| - Examineur | : RAMDINI. R | MCB | UMMTO |

2023-2024

INTRODUCTION

Introduction

Les denrées stockées constituent la base de l'alimentation de la plupart des pays méditerranéens. La consommation humaine directe se situe autour de 250 kg par habitant et par an dans les pays à forte consommation et à faibles revenus (Anonyme, 2021).

Ces céréales sont considérées comme un produit saisonnier, mais elles sont utilisées toute l'année comme nourriture aux hommes et leurs bêtes. C'est pourquoi la population a recours à leur stockage et confronté à l'émergence de nombreux ravageurs dans ces entrepôts, tels que rongeurs, insectes, mites moisissures et autres qui causent la détérioration et l'altération des céréales stockées. Sans aucun doute que les méthodes de stockage des céréales et les conditions de stockage non scientifiques et respectueuses de normes strictes, contribuent à aggraver la situation.

Selon des statistiques de la FAO (2021), à l'échelle mondiale, les pertes de produits agricoles occasionnées par les ravageurs des denrées stockées sont estimées à 10% en moyenne et représentent une valeur monétaire annuelle de près de 58 milliards US\$. Ce pourcentage est encore plus élevé dans les pays de l'Afrique subsaharienne (Géorg et al., 2005).

En Afrique, les insectes restent les principaux ravageurs des denrées entreposées. Ils peuvent causer des dégâts considérables aux niveaux des stocks, occasionnant d'importantes pertes aux producteurs pouvant atteindre 30% après six mois de stockage (Géorg et al., 2005).

En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale (Djermoum, 2009, Ranum et al., 2014). Le blé constitue la principale culture céréalière dans le monde ; sa consommation évolue progressivement d'une année à une autre pour atteindre en 2006 près de 690 millions de tonnes dans le monde et 30 millions de tonnes en Afrique du nord (Kellou, 2008). En Algérie, la consommation de blé a atteint 201 kg/tête d'habitant durant l'année 2003 (Djaouti, 2010).

Cependant, le stockage des céréales est soumis non seulement à des agressions d'origines physico-chimiques (températures, humidité relatives), mais aussi à des agressions biotique (ravageurs, rongeurs, micro-organismes) qui sont en concurrence avec les ressources alimentaires humaines (Bhumi et al., 2017).

Les insectes ravageurs sont à l'origine de la part des dommages subis dans les réserves des denrées stockées et causent d'importantes pertes économiques au niveau du stockage des céréales (Kara Hacene, 2015), les dégâts qu'ils occasionnent induisent à la perte de poids et à

Introduction

la diminution du pouvoir germinatif des graines (Massa, 2016). L'activité métabolique des insectes crée un milieu favorable au développement des micro-organismes produisant des toxines à l'instar des champignons à flatoxingènes du genre *aspergilles*, ce qui rend le produit propre à la consommation (Waongo et al., 2013).

L'utilisation d'insecticides chimiques constitue à l'heure actuelle la technique la plus utilisée pour lutter contre les insectes nuisibles de par leur efficacité et leur application facile et pratique. Cependant, l'emploi intensif et inconsidéré des insecticides provoque une contamination de la chaîne alimentaire. De plus, l'usage très répandu de ces pesticides induit l'apparition de formes de résistances chez les insectes traités (Leonard, 2020).

Au cours de ces dernières années, les huiles essentielles extraites de plantes représentent les voies les plus explorées ou alternative à la régulation des ravageurs ; leurs applications dans la protection des stocks font l'objet de nombreux travaux, leur toxicité s'exprime de différentes manières (activités ovicide, larvicide, anti-nutritionnelle et fumigante) (Keita et al., 2022 ; Regnault, 2021).

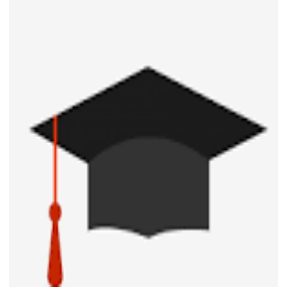
L'objectif de cette étude porte sur l'effet bio-insecticide de l'huile essentielle de Tea Tree (*Malalenca alternifolia*) vis-à-vis le ravageur redoutable des graines et denrées stockées *Tribolium castoneum*.

Pour cela notre mémoire est articulée en quatre chapitres, dont la première porte sur une étude bibliographique portant les généralités sur l'espèce végétale utilisée. Une deuxième partie se porte sur l'aspect bibliographique de l'insecte, l'huile essentielle de Tea Tree.


Le deuxième chapitre présente le matériel utilisé, l'huile essentielle de Tea Tree et méthodes adoptées pour la réalisation de l'étude.


Le troisième chapitre, comporte les résultats obtenus suivis d'une discussion. Notre travail se termine par une conclusion et les perspectives pour les travaux futurs.


REMERCIEMENTS




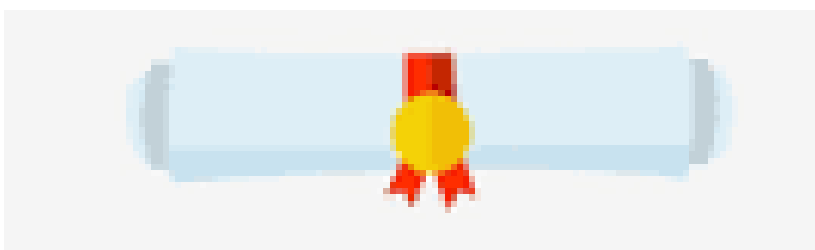
Nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

 *Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu voir le jour sans l'aide et l'encadrement de Melle Guermah. D Maitre de conférences classe A à l'université Mouloud Mammeri Tizi - Ouzou, pour son accueil et mis à notre disposition tous les moyens nécessaires au laboratoire et pour le bon déroulement de ce mémoire. Nos remerciements les plus vifs s'adressent aussi aux membres de jury d'avoir accepté d'examiner et dévaluer notre travail.*

 *Nous exprimons également notre gratitude à tous les professeurs et enseignants qui ont collaboré à notre formation depuis notre premier cycle d'études jusqu'à la fin de notre cycle universitaire. Sans omettre bien sûr de remercier profondément tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation du présent travail.*

 *Nous tenons à remercier Mme Medjdoub Benssad. F, professeur à l'UMMTO, d'avoir accepté de présider le jury de notre soutenance, et Mr Ramdini. R pour avoir accepté et d'examiner ce travail.*

 *Nous ne les remercions jamais assez pour leurs précieux conseils et leur disponibilité et leur simplicité ainsi que le soutien moral et encouragement.*



Merci !!

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

✚ *Celui qui m'a suivi dans mes études, qui m'a guidé vers la réussite mon père, à ma très chère mère la source de courage et d'affection, qui a tout sacrifié pour que j'atteigne ce niveau ;*

✚ *Mes très chers frères, qu'ont partagés avec moi tous les moments d'émotions lors de la réalisation de ce travail. Ils m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours ;*

✚ *Tous mes amis (es) qui m'ont toujours encouragé et à qui je souhaite plus de succès.*

Kamilia

Liste des figures

N°	Figures	Page
01	Volume de production de céréales dans le monde 2008-2019 (Statisia, 2019)	3
02	Blé dure (originale, 2024)	4
03	Structure de grain de blé (Anonyme, 2023)	8
04	Insectes ravageur du blé : photos des deux sous ordre de thrips A	15
05	Tribolium Castaneum (originale, 2024)	16
06	Œufs de Tribolium Castaneum enrobées de particules du blé (Gx40) (originale, 2024)	18
07	La larve (originale, 2021)	18
08	Nymphe de Tribolium Castaneum (Gx40) (originale, 2021)	18
09	Adulte de Tribolium Castaneum A, face dorsal, B face ventral (Gx40) (originale, 2019)	19
10	Cycle de développement de T. Castaneum	20
11	Dégâts de Tribolium Castaneum sur la semoule commerciale (originale, 2024)	21
12	Tea Tree (<i>Melaleuca alternifolia</i>) (Varma et al., 2018)	25
13	Montage d'entraînement à la vapeur d'eau ascendante et descendante (Lucchesi, 2005)	30
14	Montage d'extraction par hydro distillation (Mensari et kais, 2021)	31
15	Montage de l'expression à froid (Farhat, 2010)	32
16	Matériel utilisé au laboratoire (Originale, 2024)	34
17	Huile essentielle du Tea Tree <i>Melaleuca alternifolia</i> (Originale, 2024)	35
18	Le blé tendre utilisé au laboratoire de recherche (Originale, 2024)	35
19	Dispositif expérimental du test appliqué par inhalation par l'huile essentielle du Tea Tree sur les adultes de Tribolium Castaneum (Originale, 2024)	36
20	Dispositif expérimental du test de répulsion (Originale, 2024)	36
21	Dispositif expérimental du test par répulsion de l'huile essentielle de Tea Tree (<i>Melaleuca alternifolia</i>) à l'égard des adultes de Tribolium Castaneum (Originale, 2024)	37
22	Moyenne de mortalité des adultes de T. Castaneum traité par inhalation à l'huile essentielle de Tea Tree à la dose 2ul en fonction du temps	38

Liste des figures

23	Moyenne de mortalité des adultes de T. Castaneun traité par inhalation à l'huile essentielle de Tea Tree à la dose 4ul en fonction du temps.	39
24	Moyenne de mortalité des adultes de T. Castaneun traité par inhalation à l'huile essentielle de Tea Tree à la dose 6ul en fonction du temps	40
25	Moyenne de mortalité des adultes de T. Castaneun traité par inhalation à l'huile essentielle de Tea Tree à la dose 8ul en fonction du temps	41
26	Moyenne de mortalité des adultes de T. Castaneun traité par inhalation à l'huile essentielle de Tea Tree à la dose 10ul en fonction du temps	42
27	Taux de répulsion des adultes de T. Castaneun par l'huile essentielle de Tea Tree	43

Liste des tableaux

N°	Nom des tableaux	Page
01	Systématique du blé cronquist (1981)	5
02	Composition chimique du grain de blé (feuillet, 2000)	9
03	Classification des farines (Bengriche et Tiliouine, 2017)	11
04	Composition chimique de la farine (Boukarboua et Boulkreun, 2016)	11
05	Principales maladies fongiques du blé tendre (Boucheler et al., 2014)	12
06	Liste de quelques insectes ravageurs et nuisibles au produit agricole stockés FAO (2019)	14
07	Composés extraits de <i>M. alternifolia</i> rapportés dans différentes études (Mursleen et al, 2021).	26
08	Composition chimique de l'huile essentielle de l'arbre à thé (Doris, 1999).	27
09	Pourcentage de répulsion selon le classement de MC. Donald et al (1970)	37
10	Nombre de <i>Tribolium Castaneum</i> dans les partis traités et non traités et le pourcentage de répulsion de l'huile essentielle de Tea Tree	43
11	Classification et pourcentage de la répulsion d'huile essentielle de Tree <i>Melaleuca alternifolia</i>	44

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

Chapitre I : Etudes bibliographique

Partie I : le blé

I.1.Généralités sur les céréales	3
I.2.Présentation du blé	4
I.2.1.Définition du blé	4
I.2.2.Systematique de blé	5
I.2.3. Tige	5
I.2.4. Feuilles	5
I.2.5. Racines.....	6
I.2.6.Graines.....	6
I.2.7.Partie reproducteur	6
I.2.7.1.Fleurs	6
I.2.7.2.Inflorescences	7
I.2.7.3.Anatomie du grain de blé	7
I.2.7.4. Couches périphériques ou péricarpe et la couche aleurone.....	7
I.2.7.3.2 Embryon ou le germe	7
I.2.7.3.3 Albumen ou amande.....	8
I.2.7.4 Composition biochimique du grain de blé.....	8
I.3.Importance économique de blé	9
I.3.1.Dans le monde	9
I.3.2.En Algérie	9
I.3.3.Tizi Ouzou	10
I.4.Stockage du blé	10
I.4.1.Farine de blé tendre	10
I.4.2.Classification des farines	10
I.4.3.Composition chimique de la farine de blé tendre	11
I.5.Principales maladies des denrées stockées	12
I.6.Ravageurs de blé	13
I.6.1.Rongeurs	13

Sommaire

I.6.2.Moisissures	13
I.6.3.Acariens	14
I.6.4.Nématodes	14
I.6.5.Insectes	14
Partie II : Tribolium Castaneum	
I.7.Généralités sur Tribolium Castaneum	15
I.7.1.Description morphologique	15
I.7.2.Position systématique	17
I.7.3.Origine et aire répartition géographique	17
I.8.Facteurs de développement.....	17
I.9.Stade de développement Tribolium Castaneum	17
I.10.Bio écologie	19
I.11.Dégâts causés par l'insecte des denrées stockées par T. Castaneum.....	21
I.12.Les moyens de lutte contre les insectes ravageurs de denrées stockées.	21
I.12.1.Lutte préventive.....	22
I.12.2.Lutte curative.....	22
I.12.3.Lutte intégrée.....	22
I.12.4.Lutte biologique.....	22
I.12.5.Lutte physique	23
I.12.6.Lutte chimique	23
I.12.7.Lutte génétique	23
Partie III: Le thé vert	
I.13. Description de l'arbre à thé	24
I.13.1. Famille des Myrtacées	24
I.13.2. Genre Melaleuca.....	24
I.13.3. Classification Systématique.....	24
I.13.4. Description botanique.....	25
I.13.3.L'huile essentielle de l'arbre à thé	25
I.13.3.1. Historique	25
I.13.3.2.Composition de l'huile de M. alternifolia (arbre à thé).....	26
I.13.3.3. Plantes médicinales.....	27
I.13.3.4. Composition chimique des huiles essentielles de l'arbre à thé	27
I.14. Propriété médicinal	28

Sommaire

I.14. 1.Utilisation comme médicament	28
I.14.2. Utilisation comme arôme ou complément alimentaire	28
I.14. 3.Utilisation en agriculture	28
I.14.4. Utilisation comme répulsif	28
I.14. 5. Propriété antibactérienne	28
I.14. 6. Propriété antifongique	29
I.14. 7. Divers industries	29
I.15. Méthodes d'extractions des huiles essentielles	29
I.15. 1. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau	29
I.15.2. Extraction par hydro distillation	30
I.15.3. Extraction à froid	31

Chapitre II : Matériels et méthodes

II.1. Objectif	33
II.2. Matériel utilisés	33
II.2.1. Matériel de laboratoire.....	33
II.2.1.1. Matériel animal.....	35
II.2.1.2. Huile essentielle.....	35
II.2.1.3. Blé tendre.....	35
II.3. Méthode de manipulation	36
II.3.1. Test par inhalation	36
II.3.2. Test par répulsion	36

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Résultats	38
1.1. Résultats du test par inhalation.....	38
1.2. Résultats des tests par répulsion.....	42
2.Discussion	45
Conclusion.....	48
Références bibliographiques	49

Annexe

Résumé

CHAPITRE I

ETUDES BIBLIOGRAPHIQUE

Au cours du chapitre bibliographique seront exposés des synthèses sur les céréales et leurs stockages, les parasites des stocks. Ensuite, nous aborderons une synthèse sur les huiles essentielles, leurs extractions, leurs propriétés et leurs conservations.

I.1. Généralités sur les céréales

Il est reconnu que le blé, le riz et le maïs constituent la base alimentaire des populations du globe. Durant le développement alimentaire de la civilisation indo-européenne, le blé est devenu la principale céréale des peuples occidentaux sous climat tempéré (Yves et De Buyer J., 2001).

A l'échelle mondiale, les pertes des produits agricoles occasionnées par les ravageurs des denrées stockées sont estimées à 10% en moyenne et représentent une valeur monétaire annuelle d'environ 58 milliards US\$ (FAO, 2016) (Ngamo et Hanse (2007).

Les pays de l'Afrique subsaharienne notent une perte très élevée de la production due aux insectes nuisibles qui peut atteindre un taux de 30%. Ceci représente presque le tiers de ce qui est produit ne parvient pas aux consommateurs. Ces pertes participent à creuser l'insécurité alimentaire et à accentuer la pauvreté favorisant le recours massif à des importations de denrées alimentaires (Benz et al., 2010).

La production céréalière mondiale est représentée dans la figure suivante.

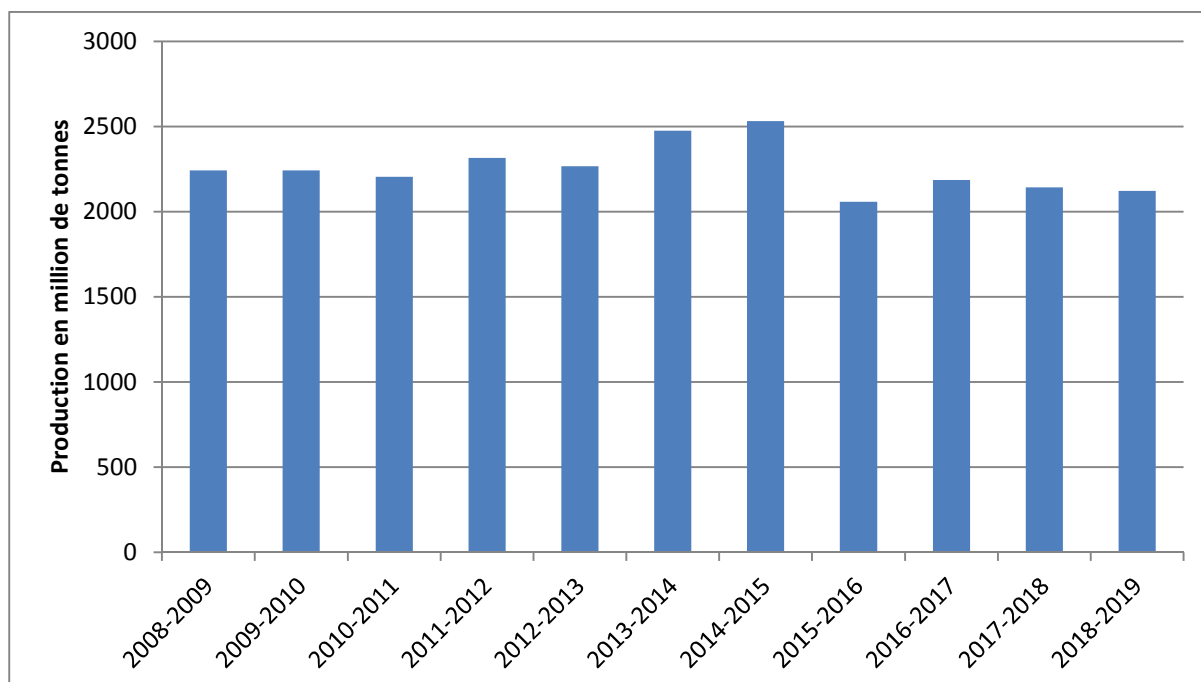


Figure 1 : Volume de production de céréales dans le monde 2008-2019 (Statisia, 2019)

Les prévisions de la FAO concernant la production mondiale de céréale en 2020 ont atteint 1,7 milliards de tonnes et s'établissent à présent à 2767 milliards de tonnes, soit 2,1 pour cent de plus que la production de 2019. La progression en glissement mensuel s'explique presque entièrement de céréales secondaires dans plusieurs pays d'Afrique (FAO, 2021).

I.2. Présentation du blé

I.2.1. Définition

Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des Graminées, c'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscents, constitué d'une graine et de téguments. Les deux espèces les plus cultivées sont le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*). En termes de Production commerciale et d'alimentation humaine ; c'est la plus importante espèce du genre *Triticum* après le blé tendre.

Leur famille comprend 600 genres et plus de 5000 espèces (Feillet, 2000).

En ce qui concerne la localisation de la domestication de blé, elle est considérée jusqu'aujourd'hui dans le croissant fertile, Vaste territoire comprenant la vallée du Jourdain et des Zones adjacentes de la Palestine, de la Jordanie et de l'Iraq, voire de la bordure Ouest de l'Iran (Feldmen, 2001).



Figure 2 : Blé dure, (original, 2024)

I.2.2 Systématique

Selon Cronquist (1981) ; le blé dur est classé comme suit :

Tableau 1 : Classification du blé dur.

Classification	Blé dur
Règne	Plantae
Division	Ragnoliophyta (Angiospermes)
Classe	Liliopsida (monocotylédons)
S/classe	Commelinidae
Ordre	Poales
Famille	Poaceae
S/Famille	Triticeae
Tribu	Triticeae (Triticées)
S/Tribu	Triticinae
Genre	Triticum
Espèce	<i>Triticum durum</i> , 1753

I.2.3 Tige

La tige est un chaume, cylindrique, souvent creuse par résorption de la moelle centrale mais chez le blé dur elle est pleine. Elle se présente comme des tubes cannelés, avec de longs et nombreux faisceaux conducteurs de sève. Ces faisceaux sont régulièrement entrecroisés et renferment des fibres à parois épaisses, assurant la solidité de la structure. Les chaumes sont interrompus des nœuds qui sont une succession de zones d'où émerge une longue feuille (Bedda, 2011).

I.2.4 Feuilles

Le blé a des feuilles plates, fines et étroites qui sont des organes photosynthétiques qui produisent de la nourriture pour la plante. Elles sont en forme de lame et sont attachées à la tige par un pétiole. Les feuilles de blé sont généralement longues et étroites, avec des bords lisses et une nervure centrale qui court le long de la longueur de la feuille. Les feuilles sont lancéolées, c'est-à-dire qu'elles ont une forme de lance, avec une gaine qui entoure la base de la tige. Les feuilles ont une texture rigoureuse et sont recouvertes de poils fins (Roustaka et al., 2018)

Les feuilles de blé sont importantes pour la croissance et le développement de la plante, ces elles produisent de l'énergie à partir de la lumière du soleil. Elles sont également impliquées dans la régulation et de la respiration de la plante (Roustaka et al., 2018).

I.2.5 Racines

Nous distinguons deux sortes de racines ; Le système racinaire du blé est constitué d'une racine primaire et de nombreuses racines latérales. Les racines primaires s'enfoncent profondément dans le sol (Lynch, 2013). La racine du blé est un système racinaire pivotant, qui peut s'étendre jusqu'à 15 mètre de profondeur dans le sol. Les racines principales du blé sont épaisses et robustes, et peuvent atteindre une longueur de 60 à 900cm. Les racines secondaires sont plus fines et ramifiées, et s'étendent horizontalement dans le sol. Tandis que les racines latérales se propagent horizontalement pour rechercher des nutriments et de l'eau (Lynch, 2013).

La croissance des racines du blé est influencée par de nombreux facteurs, tels que la température, l'humidité, la texture du sol et la disponibilité des nutriments. Les racines du blé sont capables de prélever des nutriments et de l'eau dans le sol, qui sont ensuite transportés vers les parties aériennes de la plante (Lynch, 2013).

I.2.6 Graines

Les graines de blé sont les parties de la plante qui sont utilisées pour produire de la farine et d'autres produits alimentaires. Elles sont riches en nutriment en glucide, en protéine et en fibres ; elles composent de plusieurs parties, notamment le genre, l'endosperme et le son. Le genre et la partie la plus nutritive de la graine, car elle contient des vitamines, des minéraux et des acides gras essentiels.

L'endosperme est la partie la plus grande de la graine et contient principalement des glucides. Le son est la partie externe de la graine et contient des fibres (Shewry et al., 2015).

I.2.7 Partie reproducteur

I.2.7.1 Fleurs

L'inflorescence est formée d'une racine ou « épi », simple, linéaire ou oblong, bilatéral, de 5 à 18cm de long. Les épillets fertiles, ovales, comprimés latéralement, de 10 à 15mm de long sur 9 à 18mm de large, comprenant 2 à 4 fleurons fertiles, avec des fleurons réduits à l'apex qui sont persistants sur la plante (Crête, 1965 in Benkhellat, 2002).

I.2.7.2 Inflorescences

L'inflorescence de blé est la partie de la plante qui produit les épis de céréales. Elle est composée de plusieurs parties, notamment la tige principale, les nœuds, les entre-nœuds, les glumes et les fleurs, chaque fleur se compose de trois parties principales : l'ovaire, le style et le stigmate (Shewry et al., 2015)

I.2.7.3 Anatomie du grain de blé

Le grain de blé est constitué de trois grandes parties : Albumen, Embryon, couches périphériques (figure 2) (Anonyme, 2023).

Le grain de blé a une forme ovoïde sur la face ventrale un sillon qui s'étend sur toute la longueur. A la base dorsale du grain, se trouve l'embryon qui est surmené par une brosse. Le grain de blé mesure entre 5 et 7 mm de long et entre 2,5 et 3,5 mm d'épaisseur, pour un poids compris entre 20 et 50 mg. Le grain est constitué de différentes couches. De la surface externe vers le centre du grain, on trouve les couches périphériques du fruit ou péricope. Puis l'enveloppe de la graine ou testa et enfin, à l'intérieur de la graine, la bande hyaline, l'albumen et le germe (Surget et Barron, 2005).

I.2.7.3.1 Couches périphériques ou péricarpe et la couche aleurone

Elles sont composées principalement de polysaccharide mais aussi d'acides phénoliques, de lignine et de protéines (principalement albumine et globulines localisées dans la couche à aleurone). Le péricarpe externe est constitué de 45% d'arabinoxylane, 25% de glucose, 10% de lignine et de 6-7% de protéines (Surget et Barron, 2005).

Une seule couche à aleurone entoure l'albumen amylicé chez le blé ; elle est, avec le germe, la seule partie du grain constituée de cellules vivantes riches en vitamines : P, K, Mg, Mn et Fe (Kevith, 2004).

La couche à aleurone a par sa richesse en métabolites, un rôle nourricier et par sa structure un rôle de protéines (Antoine et al., 2002).

I.2.7.3.2 Embryon ou germe

Le germe des céréales et la partie reproductive des grains de céréales, celle qui germe pour former la future plantule (Michael et al., 2006).

L'embryon provient de la fusion des gamètes mâles et femelles. Il est constitué d'une part de l'axe embryonnaire qui donne la tigelle, la mésocotyle et la radicule et d'autre, part du scutellum qui donne le cotylédon (Evers et Millar, 2002).

I.2.7.3.3 Albumen ou amande

Après le germe, l'amande est la partie du grain de blé. Elle contient environ 83% de la masse totale du grain (Fig.3). L'albumen est principalement composé d'amidon et de protéine (Shewry et al., 2015).

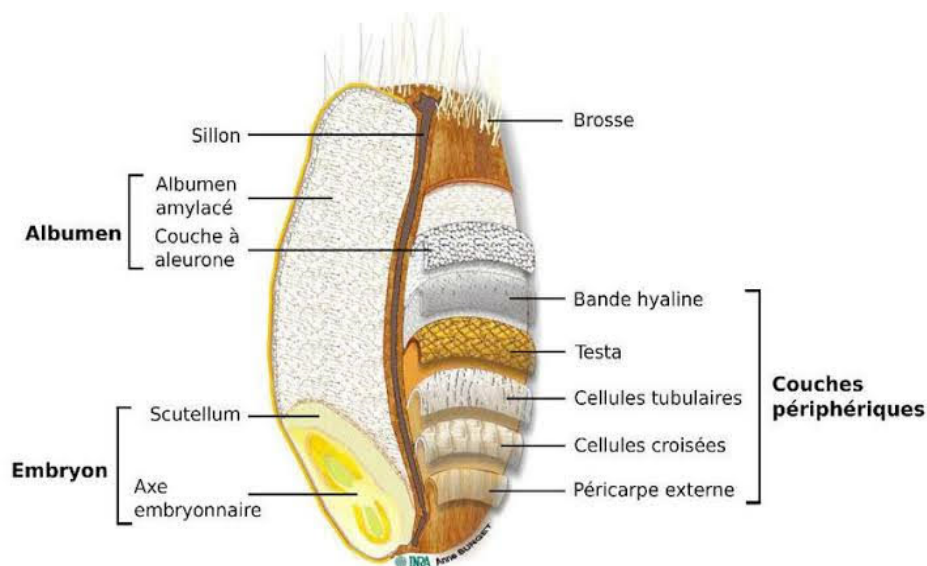


Figure 3 : Structure de grain de blé (Anonyme, 2023)

I.2.7.4 Composition biochimique du grain de blé

Le grain de blé est principalement composé d'amidon, qui représente environ 70% de la matière sèche du grain (Tableau n°02).

Il comprend également 10% à 15% de protéines et 8% à 10% de pentosanes (polysaccharides non amylacés), qui sont les principaux composants des parois cellulaires des protéines.

Les protéines sont présentes dans tous les tissus du grain de blé avec des concentrations plus élevées dans la couche germinale et la couche d'aleurone (Feillet, 2000).

Tableau 2 : Composition chimique du grain de blé (Feillet, 2000)

Composants	Teneur (%)
Amidon	67-71
Protéines	10-15
Pentanes	8-10
Cellulose	2-4
Sucre libre	2-3
Lipides	2-3
Matières minérales	1.5-2.5

I.3. Importance économique de blé

I.3.1 Dans le monde

Le tendre (*Triticum aestivum L.*) est l'une des céréales les plus importantes cultivées dans de nombreux pays à travers le monde. Le blé dur (*Triticum durum Desf*) occupe, par contre, une place importante surtout dans les régions au climat de type méditerranéen (Xynias et al., 2020 ; Rabti et al., 2020 ; Haddad et al., 2021 ; Hannachi et Fellahi, 2023). La production de blé est estimée à environ 774 millions de tonnes avec une superficie emblavée de l'ordre de 220 millions d'hectares (IGC, 2022). Environ 90 à 95% du blé produit dans le monde est du blé tendre, qui est moulu en farines raffinées ou entières pour la production d'une grande variété de pains levés et plats (Padilla –Torres et al., 2022).

I.3.2 En Algérie

En Algérie, les céréales occupent une place importante dans l'agriculture et l'alimentation du pays. Les principales céréales cultivées sont, par ordre de croissant, le blé dur, l'orge et le blé tendre (Fellahi, 2017). Le blé dur est principalement utilisé pour la production de semoule, qui est utilisée dans la préparation de plats traditionnels tels que le couscous et les pâtes. L'orge est principalement utilisée pour l'alimentation animale. Elle joue un rôle essentiel dans l'industrie de l'élevage en fournissant une source de nourriture pour le bétail. Le blé tendre est utilisé pour la production de farine destinée à la consommation humaine.

La production de blé dur en Algérie est estimée à environ 2,58 millions de tonnes contre 0,53 millions de tonnes pour le blé tendre (DSA SI, 2020).

I.3.3 Tizi-Ouzou

D'après Anonyme (2022), chargée des grandes cultures à la DSA, le rendement estimé pour l'année 2022 est à 22q/ha, contre 21 enregistrés la saison dernière, où la production globale à atteint 167000qx. D'après les chiffres fournis par la même source, la superficie emblavée pour les céréales à travers le territoire de la wilaya est de 70227 ha, dont 92 ha pour le blé tendre.

I.4. Stockage du blé

En ce qui concerne le stockage du blé, il y a beaucoup de choses à prendre en compte pour garantir leur qualité et leur conservation à long terme. Le stockage du blé peut être effectué dans des silos, des entrepôts et des magasins à grams, entre autres. L'humidité, la température, l'aération et la ventilation sont tous des facteurs important à considérer lors du stockage du blé afin de prévenir les infestations d'insectes et de moisissures (Anonyme, 2023).

I.4.1. Farine de blé tendre

La farine est produite à partir du broyage de grains de blé tendre. Le broyage (ou mouture) se déroule typiquement dans un moulin (Shankar et al., 2014). Le but principal de la mouture est de transformer le blé en farine. La séparation assure l'élimination de son et des composants grumeaux. Le processus de réduction de la taille permet de réaliser plus efficacement les processus enzymatique et de cuisson. Donc, la production de farine consiste principalement à moudre et tamiser le grain (Arendt et Zannini, 2013).

I.4.2. Classification des farines

La classification des farines est basée sur la teneur en cendres ou matière minérale, elle est de 45 à 150 (Tab.3) (Bengriche te Tiliouine, 2017).

Tableau 3 : Classification des farines (Bengriche et Tiliouine, 2017)

<i>Types de farine</i>	<i>Teneur en matière minérales</i>	<i>Usages</i>
T45	< 0,5	Usage ménagers, farine de gruaux
T55	0,5 à 0,6	Pains, pâtisserie ; viennoiseries
T65	0,62 à 0,75	Biscuiterie
T80	0,75 à 0,9	Pains bis
T110	1 à 1,2	Pains complets
T150	> 1,2	Pains complets

I.4.3. Composition chimique de la farine de blé tendre

La farine de blé tendre est constituée majoritairement de polymères glucidiques (amidon et pentosanes), d'eau, de protéines (hydrosolubles et insolubles), et lipides (Bengriche et Tiliouine, 2017).








Tableau 4 : Composition chimique de la farine (Boukarboua et Boulkroun, 2016)

Composants	Teneurs (%)
Amidon	67 -72
Protéine	7 – 15
Eau	13 – 16
Sucres	4,5 – 5
Matière grasse	1 – 2
Matière minérale	0,4 – 0,5

I.5. Principales maladies des denrées stockées

Les maladies les plus fréquentes chez le blé sont :

Tableau 5 : Principales maladies fongiques du blé tendre (Bouchler et al., 2014)

Maladies fongique et champignons responsables	Caractéristiques	Figures
Oïdium (<i>Blumeria graminis</i>)	Taches blanches cotonneuses éparées sur les feuilles, tiges et épis qui deviennent brunes ou grises en vieillissant	
Septoriose (<i>septoria tritici</i>)	Sur feuilles : taches brunes rectangulaires ou ovale ponctuées de points noirs appelés pycnides	
Helminthosporiose du blé (<i>Helminthosporium tritici-repentis</i>)	Tâches avoïdes entourées d'un halo chlorotique jaune et un point d'infection noir au centre sans pycnides	
Fusarioses	Sur le pied et tige, stries noires qui s'étendent sous forme de trait de plume en suivant les nervures. Sur les feuilles, tâches avec grande macule vert bouteille au centre et sur la base de la glume et échaudage, parois, partiel	
Rouille brune (<i>Puccinia recondita</i>)	Pustules brunes orangées dispersées de manière aléatoire sur la surface supérieure de la feuille	
Rouille Jaune (<i>Ruccinia Struformis</i>)	Pustules jaunes parfois orangées alignées entre les nervures en dessinant des stries	
Piétin-verse	Brunissement de la gaine, à la base de la tige, puis tâches allongées, brunes en périphérie	

I.6. Ravageurs de blé

Tout grain stocké est susceptible d'être attaqué par divers prédateurs. Les plus couramment rencontrés sont les oiseaux, les rongeurs et les insectes. Ces derniers sont peut-être les plus dangereux car les moins faciles à déceler (Groot, 2004).

I.6.1. Rongeurs

Les rongeurs causent des dégâts importants aux cultures et aux produits stockés. Ils endommagent les produits stockés de quatre manières (Groot, 2004).

- Ils mangent une partie du produit.
- Ils souillent de leurs excréments une partie du produit.
- Ils percent le matériel d'emballage, ce qui cause des pertes. Les sacs en peuvent être sérieusement abimés. Les produits stockés en vrac sont moins vulnérables car les rats ne peuvent en grignoter que la surface.
- Ils sont porteurs de maladies dangereuses pour l'homme.

Les gens peuvent tomber malades en mangeant ou en manipulant les graines contaminées par les excréments, l'urine ou les parasites des rongeurs.

I.6.2. Moisissures

Les moisissures sont l'ennemi le plus difficile à reconnaître dans les céréales stockées car elles sont beaucoup moins visibles que les deux autres grands fléaux (les insectes et les rats). Ces spores très fines sont disséminées par le vent et les insectes et il est impossible d'empêcher leur pénétration dans la zone de stockage. Les moisissures sont des organismes qui ressemblent à des plantes. Les spores sont des organismes unicellulaires qui permettent aux moisissures de reproduire. Pour rester en vie, les moisissures se nourrissent de produit stocké sous formes crues ou traitées. La décomposition des tissus altère le goût des denrées alimentaires qui perdent leurs qualités nutritives. Le pouvoir de germination des semences se détériore également. Certaines moisissures sécrètent une sorte de poison qui peut rendre le consommateur très malade (Groot, 2004).

Les oiseaux susceptibles de dégrader le grain stocké sont principalement les moineaux, les tourterelles, les pigeons et parfois les étourneaux. Les dégâts occasionnés par les oiseaux sont d'ordre quantitatif, par prélèvement de grain et surtout (réduire la quantité des stocks) qualitatif par dépôts de fientes, de plumes, de cadavres sur le grain ou de débris végétaux utilisés pour la confection des nids (Groot, 2004).

I.6.3. Acariens

Les acariens de stockage, appelés aussi acariens des denrées alimentaires entreposées, ont une prédilection pour les aliments conservés dans des lieux humides. Ils se nourrissent essentiellement de moisissures (Bessot et al., 2011).

I.6.4. Nématodes

Les nématodes phytophages inféodes aux céréalières sont considérés parmi les principales contraintes qui affectent la production de blé à l'échelle mondiale. Les pertes de rendements causées par ces parasites sont de l'ordre de 7% ce qui correspond à une perte annuelle d'environ 5,8 milliards de dollars (Ssasser, 1987 in Rokabli, 2002).

I.6.5. Insectes

Parmi les catégories d'insectes les plus connus qui attaquent les grains stockés sont les lépidoptères, diptères et coléoptères (Chenni, 2016). Voici quelques insectes ravageurs aux produits agricoles stockés sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6 : Liste de quelques insectes ravageurs et nuisibles aux produits agricoles stockés FAO (2019)

Ordre	Famille	Espèce
Coléoptère	Curculionidae	<i>Sitophilus granarius</i> L.1758 <i>Sitophilus oryzae</i> h. 1763 <i>Sitophilus zeamais</i> M.1855 <i>Sitotrogacerealella</i> O. 1789
	Domestidae	<i>Trogoderma granarium</i> E. 1898
	Tenebrionidae	<i>Tribolium castaneum</i> H.1797 <i>Tribolium confusum</i> J.1868
	Silvanidae	<i>Oryzaephilus surinamensis</i> L.1758 <i>Oryzaephilus mercator</i> F.1898
		Bruchidae
	Bostrichidae	<i>Rhyzopertha dominica</i> F.1762
Lépidoptères	Tineidae	<i>Nemapogon granella</i> L.1758
Diptères	Cecidomyiidae	<i>Cecidomyiidae</i> N.1834 <i>Mayetiola destructor</i> S.1817
		Sciaridae
	Agromyzidae	<i>Agromyzidae</i> F.1823

Tribolium : Lorsque les grains entreposés s'échauffent, les insectes, particulièrement *Tribolium castaneum* et *Tribolium confusum*, se multiplient rapidement et causent des

dommages importantes. Une forte teneur en eau des grains accroît également le risque d'infestation par les insectes et provoque l'échauffement et la dégradation des grains (Abramson et al., 2001).

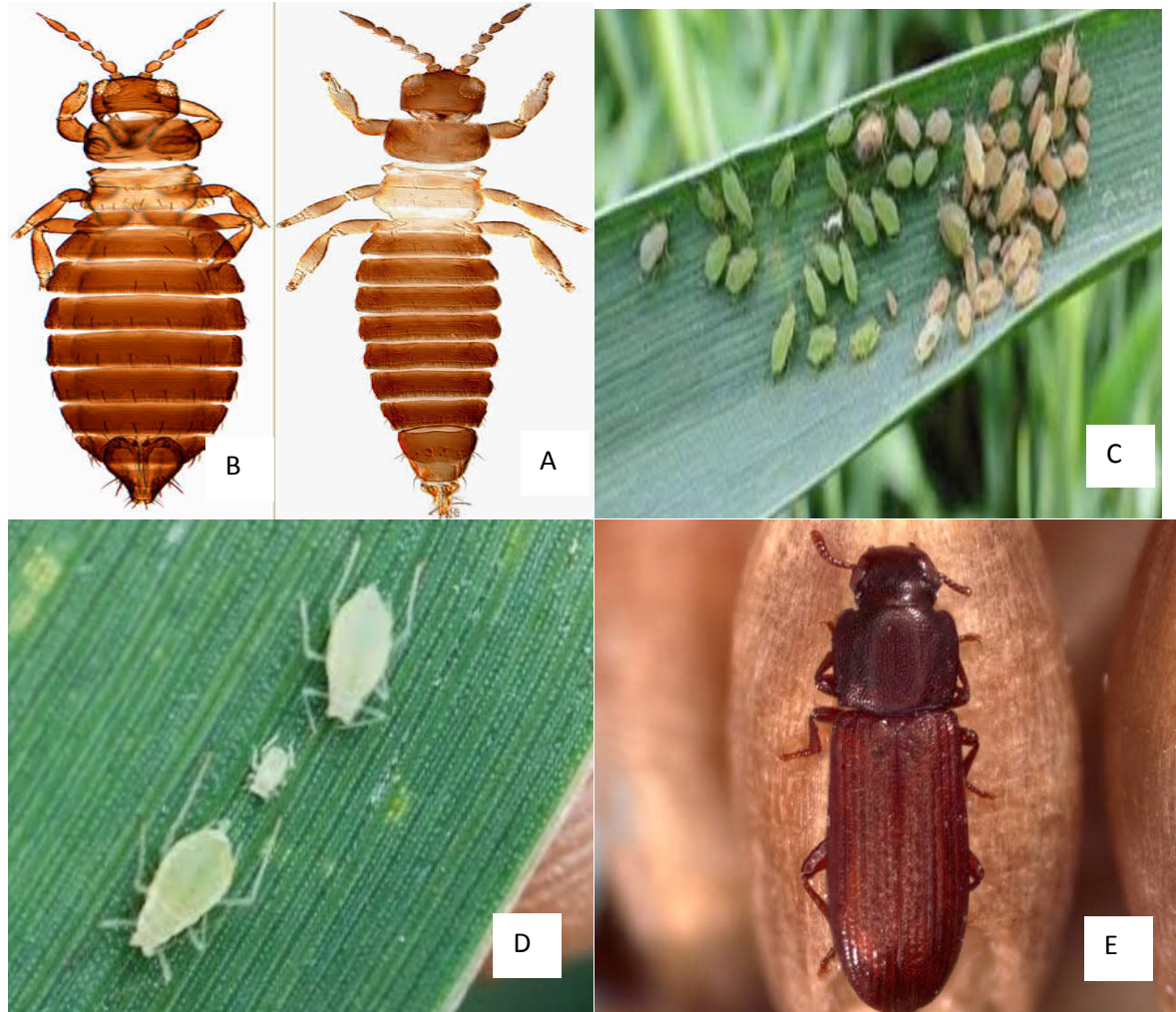


Figure 4 : Insectes ravageur du blé : photos des deux sous ordre de thrips A ; *Halohipris aculeatus*, B : thrips *H. tritici* (Mound, 2004), C et D représentent Pucerons : *Diuraphis nonia* (Kurdjumov, 1913), E *Tribolium castaneum* (Original, 2024).

I.7. Généralités sur *Tribolium castaneum*

I.7.1. Description morphologique

Le terme *tribolium* est le dérivé du verbe latin « tribulo ». Ceci fait probablement référence que le premier coléoptère du *tribolium* à être découvert (Pai et Bucher, 2019).

Le *tribolium castaneum*, également appelé *tribolium* rouge de la farine (Campbell et al, 2022), il est connu comme un insecte nuisible pour les denrées alimentaires stockées et est particulièrement répandu dans les régions tropicales et subtropicales (Kemassi et al., 2019). Il s'agit d'une variété d'insectes qui fait partie de la famille des Tenebrionidae appartenant à l'ordre des coléoptères (Carvalho et al., 2003) (Ngamo et Hance, 2007).



Figure 5 : *Tribolium castaneum* (Originale, 2024)

L'insecte appelé *Tribolium* rouge de la farine mesure entre 3 et 4 mm de long et est considéré comme facile à élever. Son cycle de développement est court, ne durant que 30 jours, tandis que sa longévité peut varier de six mois à quatre ans (Bonneton, 2010).

Les produits céréaliers stockés tels que la farine, les céréales, les biscuits, les haricots, les épices, les pâtes, les mélanges à gâteaux, les aliments secs pour animaux domestiques, les fleurs séchées, les noix et les graines sont tous des cibles potentielles des *triboliums* rouges de la farine (Pungitore et al., 2005).

I.7.2. Position systématique

Selon (Abdullali, et Sule, 2019), la classification du *Tribolium castaneum* occupe la position systématique suivante :

Règne	Animalia
Sous-règne	Belateria
Infra-règne	Protostomia
Super embranchement	Ecdysozoa
Embranchement	Arthropoda
Sous embranchement	Antenntes
Classe	Insecta
Sous classe	Pterygota
Infra-classe	Neoptera
Super-ordre	Holometabola
Ordre	Coléopt
Sous-ordre	Cucujiformia
Super-famille	Tenebrionoidea
Famille	Tenebrionidea
Genre	<i>Tribolium</i>
Espèce	<i>Tribolium castaneum</i> (Herbst, 1797)

I.7.3. Origine et aire répartition géographique

On trouve dans toutes les partis du monde, sous les climats froids, uniquement dans les stockages à températures élevée (Aziez et al., 2003). *Tribolium castaneum* est une espèce cosmopolite, distribuée dans le monde entier qui selon Lepesme (1944) est probablement originaire de l'Inde.

I.8. Facteurs de développement

D'après Robinson (2005), les phénomènes biologiques chez *tribolium castaneum* sont gouvernés surtout par la température et l'humidité, mais il y a d'autres facteurs comme les champignons et la prédation, qui sont inclus. Les limites de croissance en fonction de la température sont : minimum 22-22,5° C et maximum 37,5-40° C.

I.9. Stade de développement du *Tribolium castaneum*

Le *Tribolium castaneum* est une espèce caractérisé par un chaperon ne dépassent l'œil latéralement. La larve mesure 6 mm, environ 8 fois plus longue que large, d'un jaune très pâle à maturité avec latéralement quelques courtes soies jaunes. La capsule céphalique et la face dorsale sont légèrement rougeâtre (Camara, 2009).

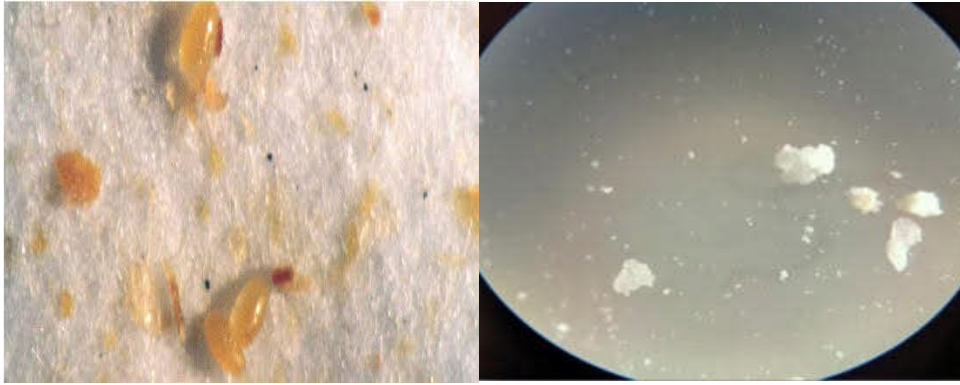


Figure 6 : Œufs de *Tribolium castaneum* enrobées de particules de blé (Gx40)
(Original, 2024)

Gautam et al., (2014) élucident son ultra structure, elle est de forme oblongue, ovale, lisse et de couleur blanchâtre, sa longueur est de 381,3 - 710,8 μm . Son diamètre est de 290,7 – 324 μm . L'œuf est enveloppé dans un amas visqueux ou placenta. Ce placenta est visible sous microscope électronique à balayage (M.E.B) avec grossissement supérieur à Gx180.



Figure 7 : La larve de *Tribolium castaneum* (G x 40) (original, 2024)

Robinson, (2005), indique que la larve est vermiforme, elle est de couleur jaune à blanchâtre. Sa tête et le segment terminal sont bruns. Elle mesure 8 mm de long avant la nymphose.



Figure 8 : Nymphe de *Tribolium castaneum* (G x 40) (Original, 2024)

A la fin du dernier stade larvaire, les larves s'immobilisent, cessent de se nourrir et se transformant en nymphes immobiles. Ce processus s'étend sur 3 à 9 semaines. Elles sont blanches au départ, mais leur couleur s'assombrit graduellement avant de devenir adulte (Gueye et al., 2015).

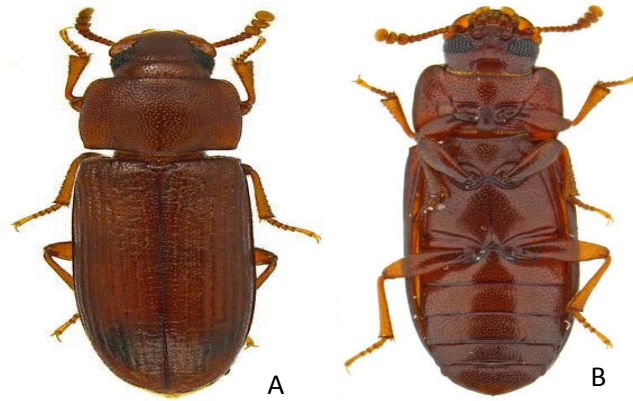


Figure 9 : Adulte de *tribolium castaneum*. A : Face dorsale. B : face ventrale. G x 40
(Originale, 2024)

L'adulte mesure de 3 à 4 mm de couleur uniformément brun rougeâtre. Il est étroit, allongé, à bord parallèles, à pronotum presque aussi large que les élytres et non rebordé antérieurement. Les 3 derniers articles des antennes sont nettement plus gros que les suivants (Camara, 2009).

I.10. Bioécologie

Les larves et les adultes se nourrissent de grains brisés. 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 nymphoses sous cocon. A 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 ° C, de 26 jours à 28° C, de 23 jours à 358° C, de 21 jours à 38° C (pour une HR de 70%). Selon le régime alimentaire, la durée du cycle peut atteindre 120 jours à des températures comprises entre 35° sur grains de blé, plus d'une année sous farine (maximum observé : 4 ans) (Delobel et Trane, 1993). La femelle pond entre 500 et 800 œufs (Kassim, 2014).

Dans la farine infestée, les larves, les pupes et les adultes sont visibles à cause de leur taille. Cependant, les œufs sont difficilement reconnaissables de la farine, particulièrement à l'œil nu car les particules de la farine adhèrent aux œufs rendant leurs identifications plus ardues (Leelaya et al., 2007).

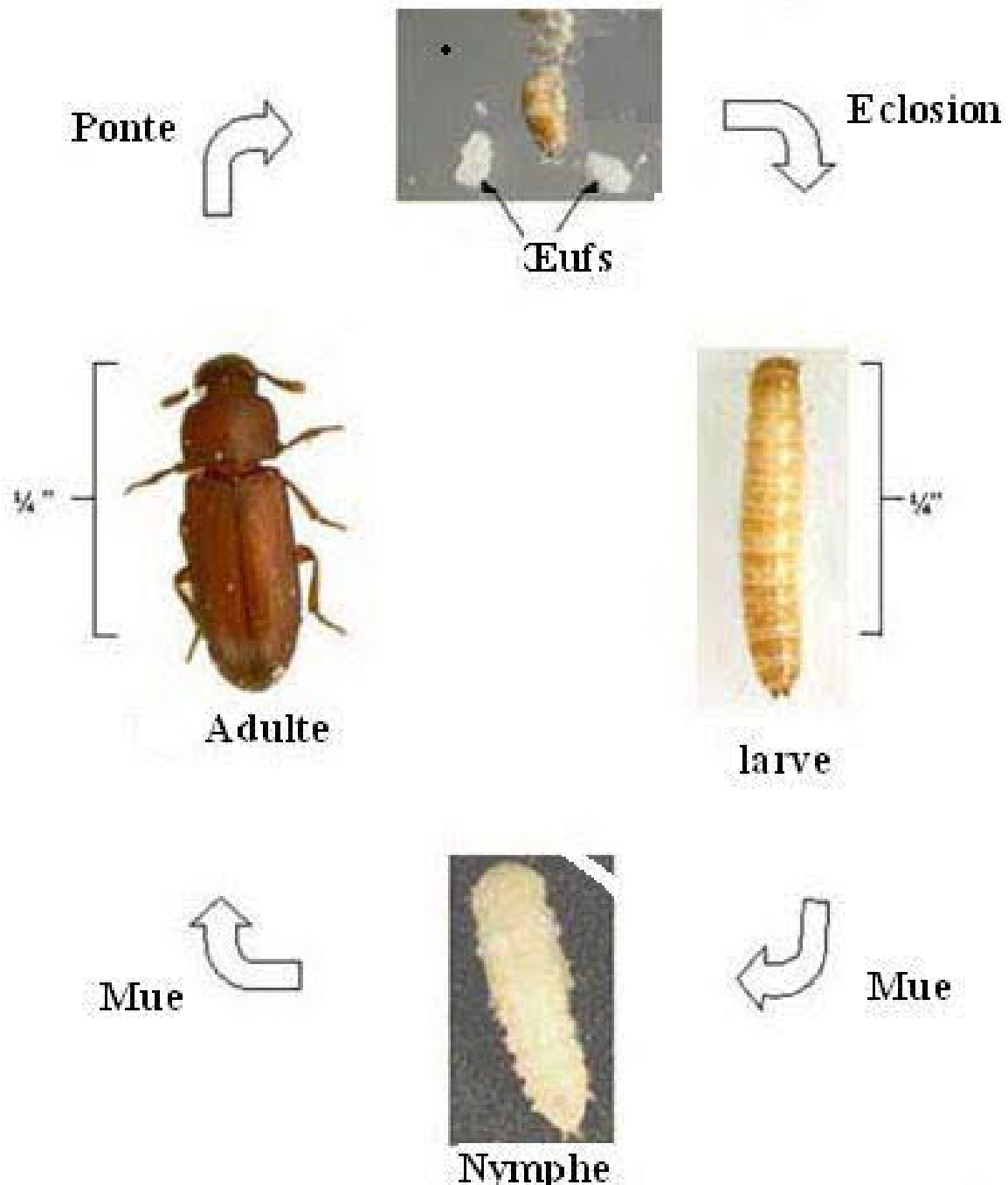


Figure 10 : Cycle de développement de *T. castaneum*

I.11. Dégâts causés par l'insecte des denrées stockées par *Tribolium castaneum*

Domages causés aux insectes par les aliments entreposés les céréales comme le blé, le maïs et le sorgho sont les coûts les plus bas dans le monde. Ils sont les principaux sources de protéines, glucides, vitamines B et certains métaux. Les aliments entreposés causent des dégâts directs : la capacité de germer, poids, production de poussière, puanteur, extérieur larve, cheveux, litière et indirect : goût de l'aliment et les caractères organoleptiques. Pas seulement l'évolution et la propagation de ces ravageurs entraîne une perte de germination et substance (grain que vous videz par prélèvement) mais aussi produire une quantité de farine poussiéreuse juments et continue à sentir (Phéromone) en plus de la contamination du produit (larve, poils et excréments), qui s'accumulent dans la farine contribuent encore à la consommation et à la fabrication d'aliments plus ou moins impropres à la consommation humaine que pour les animaux de compagnie (Ncibi, 2020).

Les denrées contaminées prennent une odeur désagréable et une coloration rosâtre qui proviennent des quinones secrétées par les glandes abdominales des adultes (Les et al., 2011).



Figure 11 : Dégâts *Tribolium castaneum* sur la semoule commerciale (original, 2024)

I.12. Les moyens de lutte contre les insectes ravageurs de denrées stockées

De tous les ravageurs, ce sont les insectes qui causent d'importantes pertes économiques au niveau de stockage des céréales. Ils sont à l'origine de la plupart des dommages subis dans les réserves de denrées stockées et sont susceptibles de causer des dégâts aux grains stockés (Kara Hacene, 2015). Ça implique souvent l'utilisation de pesticides et de méthodes de gestion intégrée des ravageurs tel que :

I.12.1. Lutte préventive

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

Il est couramment admis que plus de 80% de lutte contre les insectes repose sur l'intervention sanitaire qui repose sur : prévention des locaux de stockage (Bessoui, 2020). Avant la mise en stock de denrées, il est indispensable de nettoyer correctement les structures de stockage. Balayage correct des locaux, brossage des murs et colmatage des fissures.

La désinsectisations de l'emballage et des locaux de stockage qui doivent être hermétiquement fermés ainsi que la denrée destinée au stockage.

Utiliser un emballage résistant tels que les sacs en polyéthylène double couton que les insectes sont incapable de percer (Amari, 2014).

I.12.2. Lutte curative

Les traitements curatifs ont pour but d'empêcher le développement des ravageurs de denrées stockées en cas de l'infestation et avant d'arriver à des stades plus complexes irréversibles (Bessonnia, 2020).

I.12.3. Lutte intégrée

La lutte antiparasitaire intégrée est la combinaison et l'utilisation judicieuse de tous les outils de lutte antiparasitaire à la disposition des agricultures pour maintenir les populations de ravageurs suffisamment faibles pour tolérer économiquement les dommages aux cultures (Bowaid, 2016).

I.12.4. Lutte biologique

Ce type de lutte repose principalement sur l'utilisation de parasites, de prédateurs comme agents de lutte antiparasitaire. Des efforts ont été faits pour développer de nouveaux composés pour remplacer les composés couramment utilisés.

L'utilisation des matières premières renouvelables d'origine végétales pour la production de biopesticides répond à la nécessité de faire face à la situation sanitaire et environnementale (Messaoudene et Mouhou, 2017).

I.12.5. Lutte physique

Elles concernent toutes les techniques de mécano-thérapie adaptées à l'assainissement des troupeaux. Cela consiste à utiliser du froid ou du chaud (Arrab, 2016).

I.12.6. Lutte chimique

En raison de son efficacité et de la facilité de son application, les produits chimiques sont actuellement les techniques les plus largement utilisées pour lutter contre les ravageurs (Magan et Olsen, 2004). Généralement, deux méthodes de traitement sont adoptées :

- Traitement par contact : Il consiste à utiliser un produit insecticide qui agit par contact sur des prédateurs, dont l'effet est plus ou moins rapide avec une persistance d'action plus longue. Il existe deux produits insecticides : les insecticides organiques de synthèse (Organochlorés, organophosphorés, etc...) et les insecticides non organiques qui sont des composés arsenicaux, fluorés ou soufrés ou bien de l'acide cyanhydrique (Dajoz, 2002).
- Traitement par fumigation : La fumigation consiste à utiliser un gaz toxique pour réaliser un traitement curatif qui laisse in finie un grain indemne d'insectes (y compris œufs et nymphes de charançon) et surtout, indemne de résidus toxiques. Cette technique concerne un gaz unique, le seul autorisé pour les céréales : la phosphine (Cruz et Troude, 1988).

L'application de ces insecticides ont des effets néfastes sur l'environnement, le développement de résistances aux insecticides chez certains ravageurs et des problèmes de santé car leurs résidus sont présents dans la chaîne alimentaire et peuvent provoquer des intoxications (Pretty et Hine, 2005, Schuster, 2007, Finko et al., 2011).

I.12.7. Lutte génétique

Comme le *Tribolium* est capable de résister à toutes les classes d'insecticides, le contrôle de ces ravageurs de nouvelles stratégies de lutte. Le séquençage du génome (Richards et al., 2008) a justement permis d'identifier des protéines susceptibles d'être ciblées par de nouveaux insecticides, comme des canaux ioniques, des récepteurs nucléaires (Bonneton, 2010).

I.13. Description de l'arbre à thé

I.13.1. Famille des Myrtacées

La famille des Myrtacées est une famille de dicotylédones qui compte environ 3800 espèces appartenant à 133 genres beaucoup d'espèces de cette famille possèdent des propriétés thérapeutiques et sont utilisées en médecine traditionnelle (Chaouche, 2010).

I.13.2. Genre *Melaleuca*

La famille des Myrtacées est l'un des principales familles de plantes enrichies en huile essentielles. Le genre *Melaleuca* (Myrtacéne) regroupe une centaine d'espèce d'arbustes et d'arbres d'Australie. Ces plantes sont connues sous le nom d'arbre à thé (Farag, 2004). *Melaleuca* est un genre natif de l'Australie qui peut aussi s'adapter à divers zones agro climatiques, *Melaleuca alternifolia* peut atteindre 6 m de haut ses branches possèdent un feuillage alterne, épineux et des fleurs jaunes ou pourpres. Les principales espèces de ce genre, telles que *Melaleuca alternifolia*, *Melaleuca quinquenervia*, *M. bracteata*, et *M. Cajuputi*, sont soumise à l'extraction d'huile, et leur huile essentielle est connue sous le nom d'huile d'arbre à thé (TTO) dans le monde entier (Mursleen et al., 2021).

Les plantes du genre *Melaleuca* sont riches en huiles volatiles. Elles sont surtout utilisées dans la fabrication de cosmétiques, de germicides et en tant qu'agents antiseptiques. Elles sont également utilisées comme carminatives et dans le traitement de plusieurs affections (Farag, 2004).

I.13.3. Classification Systématique

Selon El Alama et al (2017), le thé vert est classé ainsi :

Noms communs: Arbre à thé, Tea tree , Mélileuque a feuilles alternées.

Non latin : *Melaleuca alternifolia* (Maiden et Batche (en) chal).

Classification

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Myrtales

Famille : Myrtaceae

Genre : *Melaleuca*

Espèce : *Melaleuca alternifolia* (Maiden et Betche (en)) Cheel, 1924.

I.13.4. Description botanique

L'arbre à thé (à ne pas confondre avec le théier (*Camellia Sinensis*)) est un arbre ou arbuste persistant, buissonneux, ne dépassant pas 7 mètres de haut. Le tronc est droit et son écorce a la forme de bandes blanchâtres. Les feuilles, riches en huile essentielle, sont duveteuses et de couleur vert vif, disposées de manière irrégulière, ou moulées, de 10 à 35 mm de longueur et de 1 mm de largeur. Les fleurs sont petites, de couleur blanc crème (Figure 14), Tea tree (*Malaleuca alternifolia*) (Varma et al., 2018).



Figure 12: Tea tree (*Malaleuca alternifolia*) (Varma et al., 2018).

Les étamines apparaissent en grappes de 30 à 60 et le style a une longueur de 3 à 4mm. Le fruit est boisé avec de nombreuses graines sous forme de capsule en forme de coupe de 2 à 3 mm de diamètre (EL Alama et al., 2017). L'huile essentielle s'accumule dans des poches sécrétrices Schizolysigènes des feuilles (Ghedira et Goetz, 2008).

I.13.3. L'huile essentielle de l'arbre à thé

I.13.3.1. Historique

C'est entre 1920 et 1930 que les propriétés médicinales des huiles essentielles obtenues par distillation des feuilles de plusieurs espèces de *Melaleuicei* ont été découvertes; en 1925, Penfold et Grant ont étudiés la composition chimique de ces huiles essentielles et les caractéristiques chimiques et physiques des principaux constituants qu'ils ont isolés à l'époque. Ils ont arrivé à conclure une action bactéricide hautement probable des huiles de *Melaleuca* (Morand et Nizinski, 1989).

I.13.3.2 Composition de l'huile de *M. alternifolia* (arbre à thé)

L'huile de *Melaleuca alternifolia* est un mélange de divers mono-et sesquiterpènes aussi bien que des composés aromatiques (Tableau 7). Les mono terpènes terpinène-4-ol, γ -terpinène, α -terpinène, 1,8-cinéol, p-cymène, α -terpinéol, α -pinène, terpinolènes, limonène et

sabinène représentent 80-90 % de l'huile. La teneur naturelle des différents terpènes dans l'huile de TTO peut varier considérablement selon la race de *Melaleuca alternifolia* utilisée, le climat, l'âge des feuilles et la durée de la distillation (BFR, 2003).

Les caractéristiques de l'huile d'arbre à thé dépendent de leur composition, qui peut être modifiée par les techniques d'extraction et influencée par la zone géographique de la plante, la récolte, la saison, la génétique de la plante et son stade de développement (Mursleen et al., 2021).

Tableau 7 : Composés extraits de *M. alternifolia* rapportés dans différentes études (Mursleen et al, 2021).

Composés	Quantité (%)	Quantité (%) Études diverses
Sabinene	0,41	0,2
Alpha- Pinène	1,66	2,67
I-bêta- Pinène	0,49	0,3
B- Pinène	0,24	0,71
A- Terpinène	9,09	7,69
Eucalyptol	5,03	-
Γ-Terpinene	22,66	19,54
Terpinolene	1,76	3,09
Terpinen-4-ol	53,98	40,44
E - Gurjunene	0,30	0,2
(+) - Gurjunene	0,86	-
Aromadendrene	0,31	1,5
Δ-Cardinene	0,28	1,3
B-Gurjunene	1,73	0,1
Δ - Cardinene	1,22	1,3

I.13.3.3. Plantes médicinales

L'usage des plantes en thérapeutique (phytothérapie) est très ancien et connaît actuellement une renaissance d'intérêt public. Il est possible d'utiliser les plantes entières ou les produits d'extraction qu'elles fournissent (Amadou, 2005).

Depuis des milliers d'années, les plantes médicinales sont considérées comme une ressource de guérison dans les communautés locales du monde entier. Elles restent encore

d'une importance contemporaine en tant que mode de soins primaires pour environ 85% de la population mondiale, et comme ressource pour la découverte de médicaments, avec 80% de tous les médicaments de synthèse qui en dérivent (Fitzgerald et al., 2020).

I.13.3.4. Composition chimique des huiles essentielles de l'arbre à thé

La composition chimique de l'huile essentielle *Melaleuca alternifolia* a été rapportée dans plusieurs études. La chromatographie en phase Gazeuse couplée à la Spectrométrie de masse permet d'identifier et de quantifier chacune des molécules composant l'huile essentielle (tableau 8).

Tableau 8: Composition chimique de l'huile essentielle de l'arbre à thé (Doris, 1999).

Familles	Principaux constituants
Familles des Monoterpénols (45 à 50%)	<ul style="list-style-type: none"> - 39 à 41% de terpinène -4-ol ; - 6 à 8 % d'alpha terpinéol
Familles des Mono terpènes (30 à 40%)	<ul style="list-style-type: none"> - 20 à 22 % de gammaterpinène ; - 9 à 10 % d'alpha- terpinène ; - 3 à 6 % d'alpha- pinène ; - 2 à 4 % de terpinolène ; - 2% de para-cymène ; - 1% de limonène ; - <1% pour chacun des autres constituants suivants ; Alpha et bêta – phellandrène, Mycène, bêta-pinène, camphène et alpha- thayène.
Familles des Sesquiterpènes (5 à 10%)	<ul style="list-style-type: none"> - Avec environ 1% d'armandrène ; - 1% de viridiflorène ; - 1% de bucyclogermacrème ; - <1% de deltacadinène.
Familles des Sesquiterpènes (<21%)	<ul style="list-style-type: none"> - Glabulol ; - Viriflorol
Familles des oxydes Monoterpéniques (<5%)	<ul style="list-style-type: none"> - 1.8 – Cinéole <2.5%

I.14. Propriété médicinal

I.14.1. Utilisation comme médicament

Historiquement, l'utilisation de l'huile essentielle d'arbre à thé par voie cutanée ou respiratoire est documentée depuis les années 1920. Elle n'est usuellement pas utilisée par voie orale (Nses 2018).

Des recherches ont également montré que l'huile essentielle d'arbre à thé agit in vitro sur le virus de l'herpès (Herpès Simples de type 1, CI50=2,0 ug/ml). Cette activité sur virus Hs V-

Il a été confirmé récemment par (Brun et al., 2019) qui ont montré la diminution significative du caractère infectieux de virus HSV-1 après traitement des cellules infectées par de l'huile essentielle d'arbre à thé à des concentrations de 5 et 10% (VN) (Anes, 2018).

I.14.2. Utilisation en agriculture

L'huile d'arbre à thé et ses composants ont été appliqués dans le domaine de l'agriculture pour prévenir la détérioration des aliments ou sous forme de pesticides. Plusieurs études ont été réalisées sur la base que le TTO est un fongicide, herbicide et insecticide organique efficace qui peut être utilisé dans le contexte de la « technologie verte » (Mursleen et al., 2021).

I.14.3. Utilisation comme répulsif

L'huile essentielle de *Melaleuca alternifolia* (Arbre à thé) utilisée dans des études possède 41,51% de Terpinen-4-ol. Elle montre un effet répulsif (Yin et al., 2016).

I.14.4. Propriété antifongique

L'huile de l'arbre à thé modifie la membrane des champignons, ce qui définit son activité antifongique. Les souches fongiques les plus testées sont *Candida albicans* et *Candida glabrata*. L'efficacité fongicide de l'huile d'arbre à thé contre les espèces des genres *Candida*, *Aspergillus* et *Trichophyton* est de 0,3 % à 1,5 % (Mursleen et al., 2021).

I.15. Méthodes d'extractions des huiles essentielles

Plusieurs méthodes sont employées pour extraire les huiles essentielles. Elles se basent principalement sur l'entraînement à la vapeur, l'expression, la solubilité et la volatilité. En général, le choix des méthodes les mieux adoptées se fait en fonction de la nature de la matière végétale à traiter, des caractéristiques physico-chimiques de l'essence à extraire et l'usage de l'extrait. Il existe plusieurs méthodes dont les principales sont :

I.15.1. Extraction par entraînement à la vapeur d'eau

Extraction par entraînement à la vapeur d'eau est l'une des méthodes officielles pour l'obtention des HES (Fig. 15). Dans ce système d'extraction, le matériel végétal est soumis à l'action d'un courant de vapeur sans macération préalable. Les vapeurs saturées en composés volatils sont condensées puis décantées dans l'essencier, avant d'être séparées en une phase aqueuse et une phase organique (HE) (AFSSAPS, 2008).

L'absence de contact direct entre l'eau et la matière végétale, puis entre l'eau et les molécules aromatiques, évite certains phénomènes d'hydrolyse ou de dégradation pouvant nuire à la qualité de l'huile. De plus, le parfum de l'HE obtenue est plus délicat et la

distillation, régulière et plus rapide, fait que les notes de tête sont riches en esters (Boukhatem et al., 2019).

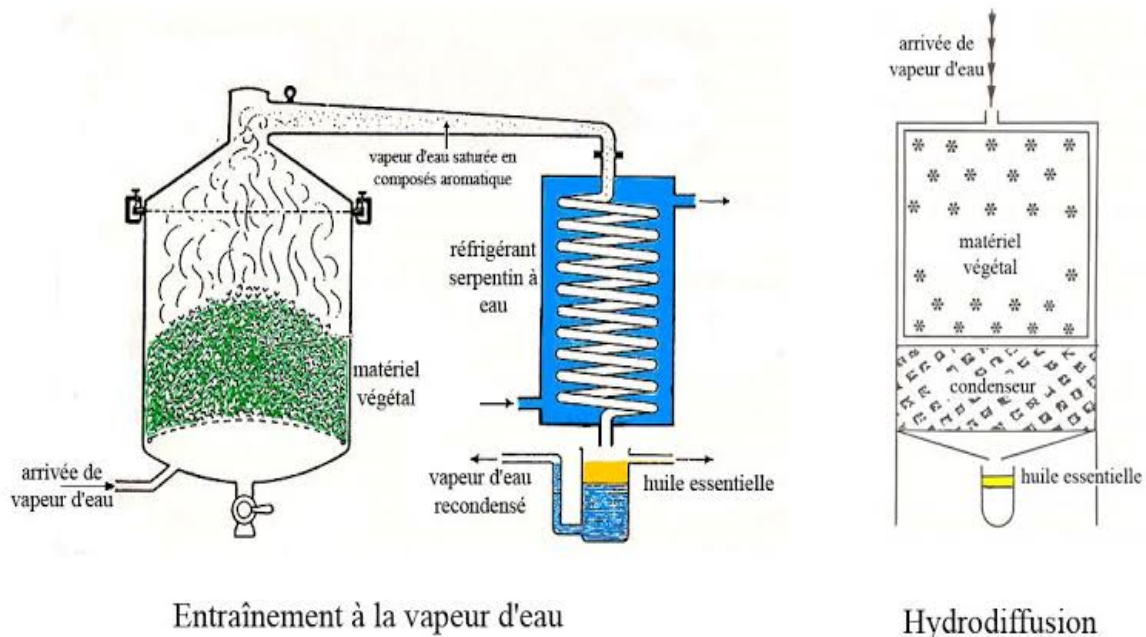


Figure 13 : Montage d'entraînement à la vapeur d'eau ascendante et descendante (Lucchesi, 2005)

I.15. 2. Extraction par hydro distillation

L'hydrodistillation (HD) est la méthode normée pour l'extraction d'une HE ; il s'agit du procédé le plus couramment employé pour l'extraction. (Fig.16) est considérée comme étant la plus simple et la plus anciennement utilisée. Son principe consiste à immerger la matière végétale dans un bain d'eau, ensuite l'ensemble est porté à ébullition sous pression atmosphérique. La chaleur permet l'éclatement et la libération des molécules odorantes contenues dans les cellules végétales. Ces molécules aromatiques forment avec la vapeur d'eau un mélange azéotropique « eau + huile essentielle » (Farhat, 2010).

Les conditions opératoires et notamment, la durée de distillation ont une influence considérable sur le rendement et la composition de l'HE, c'est pourquoi sont développés, aujourd'hui, des modèles mathématiques qui permettent d'optimiser, au mieux, ces conditions afin de produire des HES de manière reproductible (Fig.16) (Boukhatem et al., 2019).

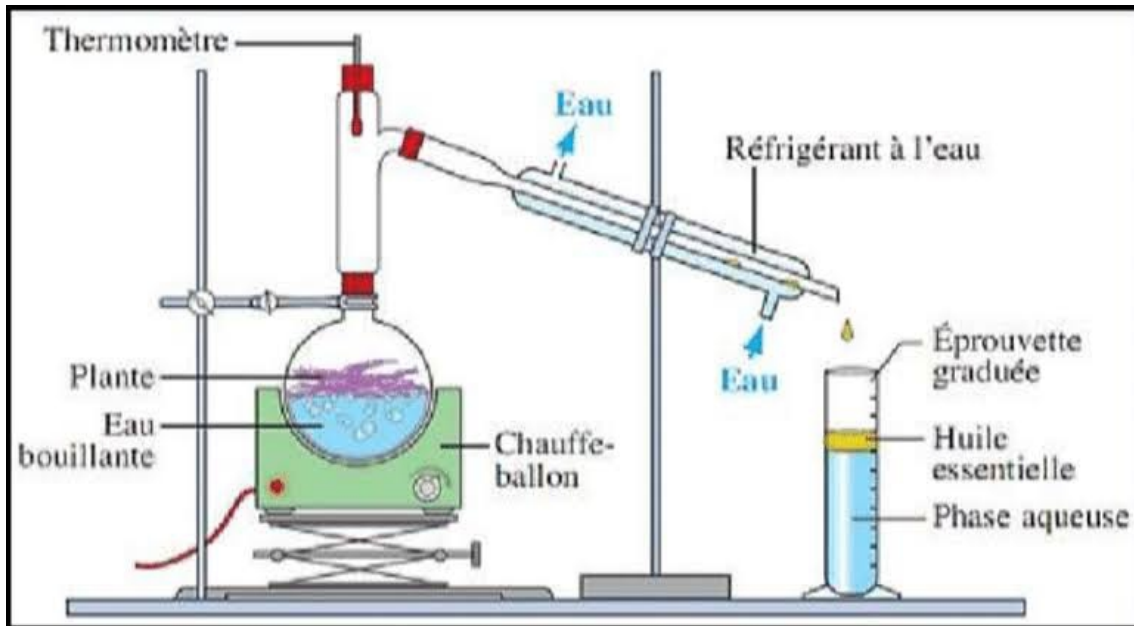


Figure 14 : Montage d'extraction par hydro distillation (Menasri et Kais, 2021).

I.15. 3. Extraction à froid

L'extraction à froid est un mode d'obtention des huiles qui ne s'applique qu'aux fruits d'agrumes (*Citrus spp.*). (Fig. 17) par des procédés mécaniques à température ambiante (AFSSAPS, 2008). Elle consiste à rompre ou dilacérer les parois des sacs oléifères contenus dans le mésocarpe situé juste sous l'écorce du fruit. Le produit obtenu est appelé essence car il n'a subi aucune modification chimique. Il est constitué d'une partie principale volatile comprenant les molécules aromatiques et une autre partie non volatile contenant des flavonoïdes, des terpènes, et des acides gras. L'avantage de cette méthode, hormis sa simplicité de réalisation, est l'absence quasi totale d'oxydation du produit fini (Alexis, 2016; Boukhatem et al., 2019).

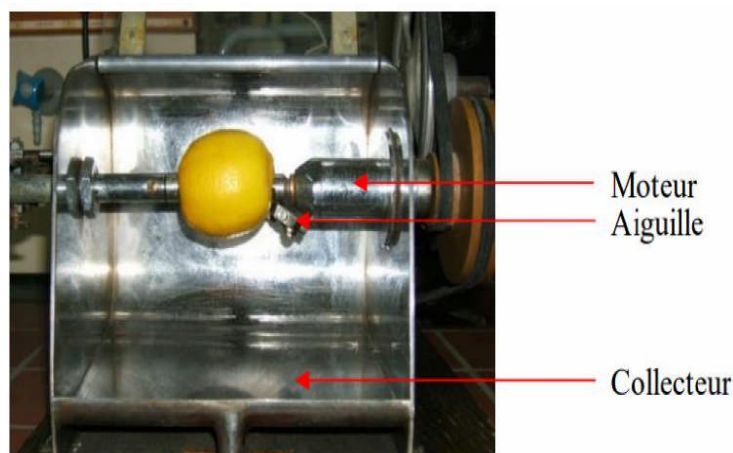


Figure 15 : Schéma du montage de l'expression à froid (Farhat, 2010)

CHAPITRE II

Matériel et méthode

II.1. Objectif

Nous avons réalisé notre travail expérimental au niveau du laboratoire de biologie animale et parasitologie de la faculté des sciences biologiques et sciences agronomiques de l'université de Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.

L'objectif de nos expériences est de déterminer l'évaluation de l'effet insecticide par inhalation et ainsi que la répulsion de l'huile essentielle de Tea Tree sur l'insecte ravageur des denrées stockées *Tribolium castaneum*.

II.2. Matériel utilisés**II.2.1. Matériel de laboratoire**

Pour la réalisation de notre travail nous avons utilisé le matériel suivant (Fig18) :

- Une micropipette et des embouts pour le pipetage de l'huile essentielle naturelle et végétale ;
- Ciseaux, Etiquettes ;
- Fil fin utilisé pour la couture ;
- Le papier filtre ;
- Des boîtes pétries en plastiques ;
- Pince ;
- L'huile essentielle de Tea Tree ;
- Des flacons en verre de 100ml de volume.

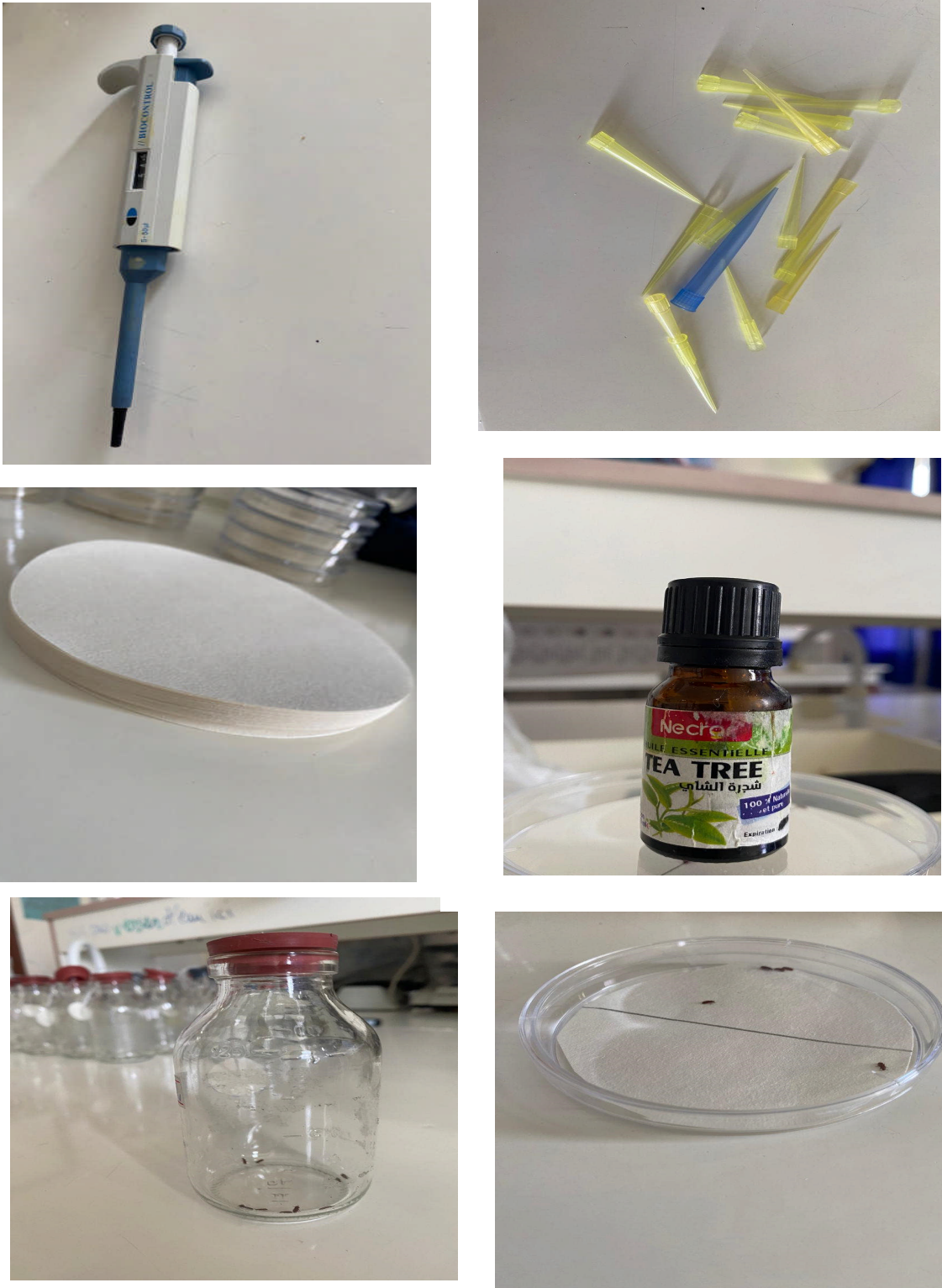


Figure 16 : Matériel utilisé au laboratoire (Originale, 2024).

II.2.1.1. Matériel animal

L'élevage de masse de *T. castaneum* a été réalisé au laboratoire dans des récipients en plastique contenant de la semoule à une température de 30°C et une humidité relative de 70°C.

II.2.1.2. L'huile essentielle

L'huile essentielle du Tea Tree provient de la pharmacie locale de la région de Tizi Ouzou (Nature of Alegria). Fig. 19.



Figure 17: Huile essentielle du Tea Tree *Melaleuca alternifolia* (Originale, 2024).

II.2.1.3. Blé tendre

La semoule utilisée pour l'élevage de l'insecte étudié provient du marché local, elle est conditionnée dans une boîte hermétique. Fig. 20.



Figure 18 : Le blé tendre utilisé au laboratoire de recherche (Originale, 2024).

II.3. Méthode de manipulation

II.3.1. Test par inhalation

Le test par inhalation consiste à évaluer l'effet insecticide l'huile essentielle du Tea Tree par fumigation sur la longévité des adultes de *Tribolium castaneum* traités par inhalation à différentes doses en fonction de la durée d'exposition. (Fig.21).



Figure 19: Dispositif expérimental du test appliqué par inhalation par l'huile essentielle du Tea Tree sur les adultes de *Tribolium castaneum* (Originale, 2024).

II.3.2. Test par répulsion

Le test par répulsion est utilisé pour calculer le pourcentage de répulsion d'une huile à l'égard des adultes de *Tribolium castaneum* par la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre, pour ce faire nous avons préparé 20 disques de papier filtre à 4cm de diamètre subdivisé en deux parties, une partie du disque est traité à différentes doses est l'huile essentielle de Tea Tree (*Melaleuca alternifolia*) à l'aide d'une micropipette, et l'autre partie est non traité servent de témoin (Fig. 22). Les disques de papier filtre sont placés dans des boîtes de pétries où nous avons introduit 10 individus de l'insecte ont été placés au centre de chaque disque.

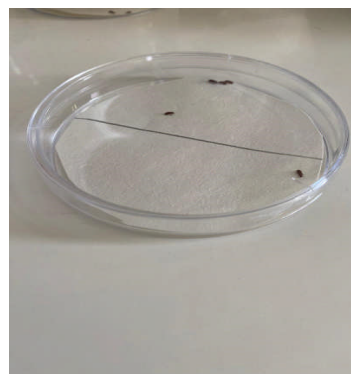
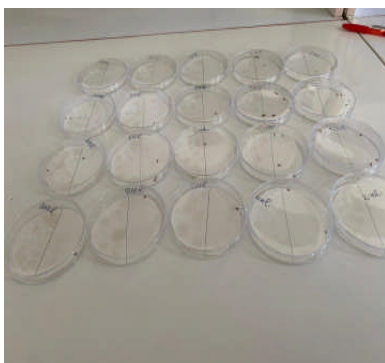


Figure 20 : Dispositif expérimental du test de répulsion (Originale, 2024).

La procédure est répétée pour les doses : 2ul, 4ul, 6ul, 8ul, 10ul, l'expérimentation dure 30mn. A la fin du test nous relevons le nombre d'insecte présent sur chaque partie de papier filtre (Fig. 23).

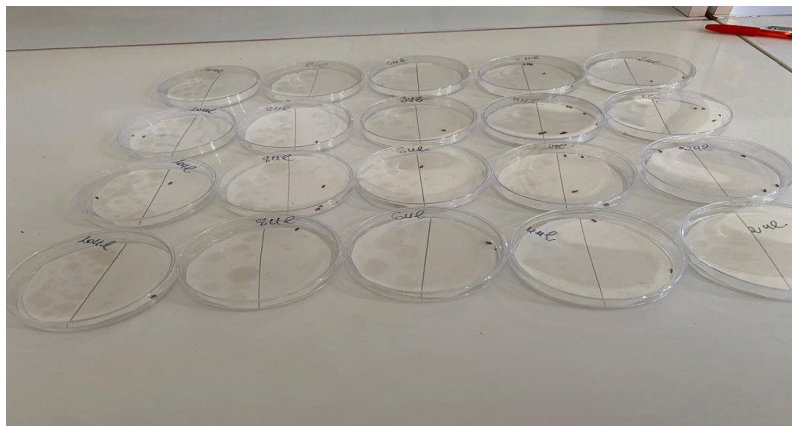


Figure 21: Dispositif expérimental du test par répulsion de l'huile essentielle de Tea Tree (*Melaleuca alternifolia*) à l'égard des adultes de *Tribolium castaneum* (Originale, 2024).

Le pourcentage de répulsion (PR) est ainsi calculé selon la formule utilisée par (Nerio et al., 2009) et comparé les résultats de Mc. Donald et al (1970), Tableau 09).

$$PR (\%) = NT / NISA \times 100$$

NT : Nombre Total présente dans la boîte pétri.

NISA : Nombre Individu présente sur le demi-disque traité par l'Acétone.

Le pourcentage de répulsion est attribué à l'une des différentes classes répulsives qui varie de 0 à 5 en adoptant la méthode de MC. Donald et al (1970), qui sont présentés dans le Tab10 :

Tableau 09 : Pourcentage de répulsion selon le classement de MC. Donald et al (1970).

Classe	Intervalle de répulsion	Propriétés
0	$PR \leq 0.1$	Non répulsive
I	$0.1 < PR \leq 20$	Très faiblement répulsive
II	$20 < PR < 40$	Faiblement répulsive
III	$40 < PR < 60$	Modérément répulsive
IV	$60 < PR < 80$	Répulsive
V	$80 < PR \leq 100$	Très répulsive

CHAPITRE III

Résultats et discussion

1. Résultats

1.1. Résultats du test par inhalation

Le test par inhalation appliqué sur les adultes de *Tribolium castaneum* traité par l'huile essentielle de Tea Tree est présenté dans le tableau (Annexe) :

Les résultats obtenus lors du test appliqué par inhalation en employant l'huile essentielle de Tea Tree sur les adultes de *Tribolium castaneum* sont illustrés dans la figure suivante.

- **A la dose 2 μ l**

L'action de l'huile essentielle de Tea Tree à la dose 2 μ l sur la mortalité des adultes de *T. castaneum* est présentée dans la figure suivante (Fig.24).

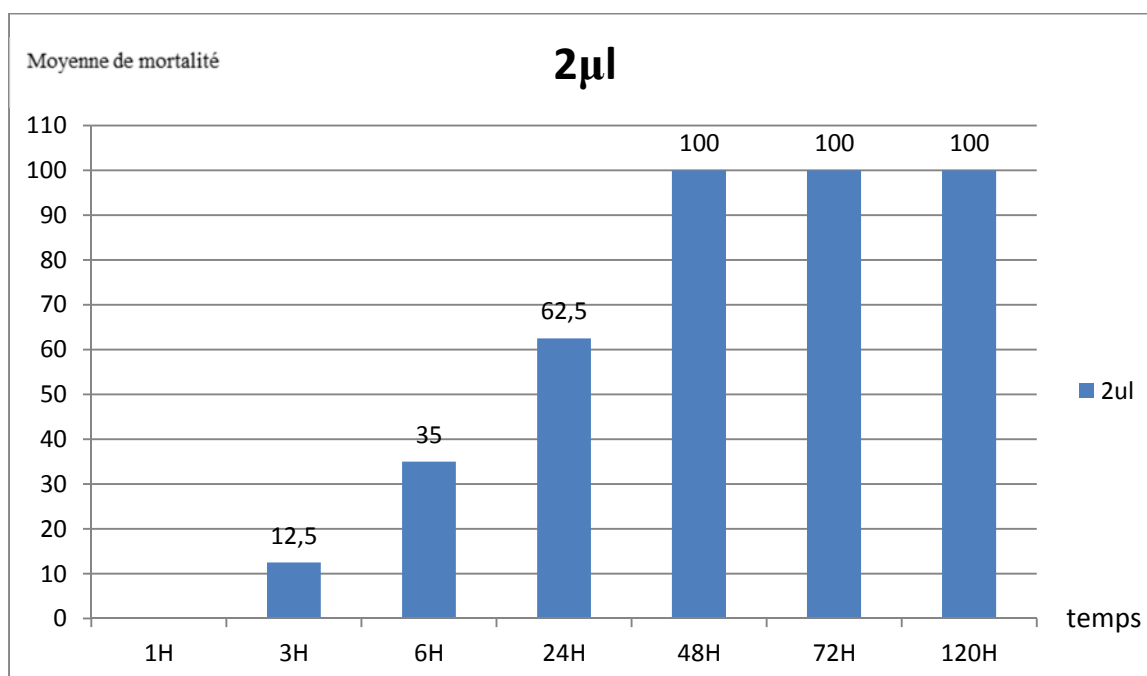


Figure 22 : Moyenne de mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation à l'huile essentielle de Tea Tree à la dose 2 μ l en fonction du temps.

La faible dose 2 μ l, il ressort des tests appliqué de l'huile essentielle de Tea Tree sur *T. castanem* qu'à la 1^{ère} heure, aucune mortalité n'est enregistrée pour toutes les doses testées. Au bout de 24H une mortalité de 62.5% est enregistrée et atteint la totalité à 48H.

L'effet de l'huile essentielle de Tea Tree appliqué par inhalation à la dose 4 μ l par sur les adultes de *T. castanem* est illustré dans la figure suivante (Fig.25).

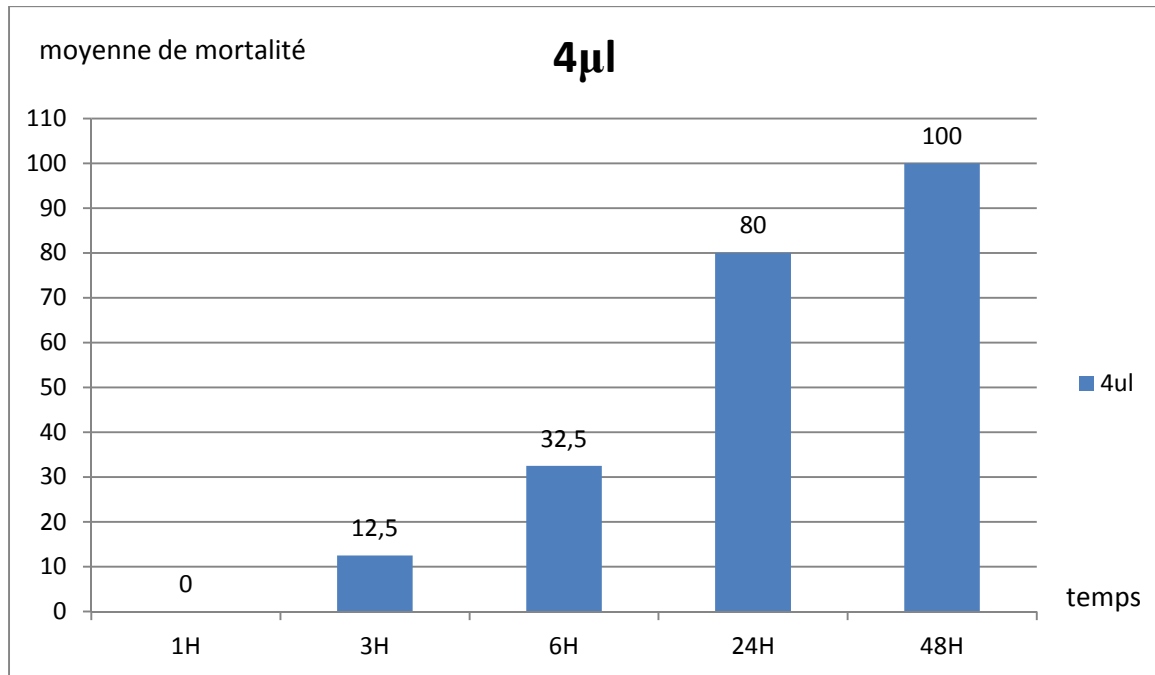


Figure 23 : Moyenne de mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation à l'huile essentielle de Tea Tree à la dose 4µl en fonction du temps.

- **A la dose 4 µl**

Les adultes du *Tribolium castaneum* traités par l'huile essentielle de Tea Tree à la dose 4 µl exprime une mortalité au bout de 3H d'exposition avec une moyenne égale à 12.5%, cette mortalité s'accroît avec le temps pour atteindre au bout de 48H, la mortalité totale de notre insecte est observée avec une moyenne de 10 individus.

L'effet de l'huile essentielle de Tea Tree appliqué par inhalation à la dose 6 µl par sur les adultes de *T. castanem* est illustré dans la figure suivante (Fig.26).

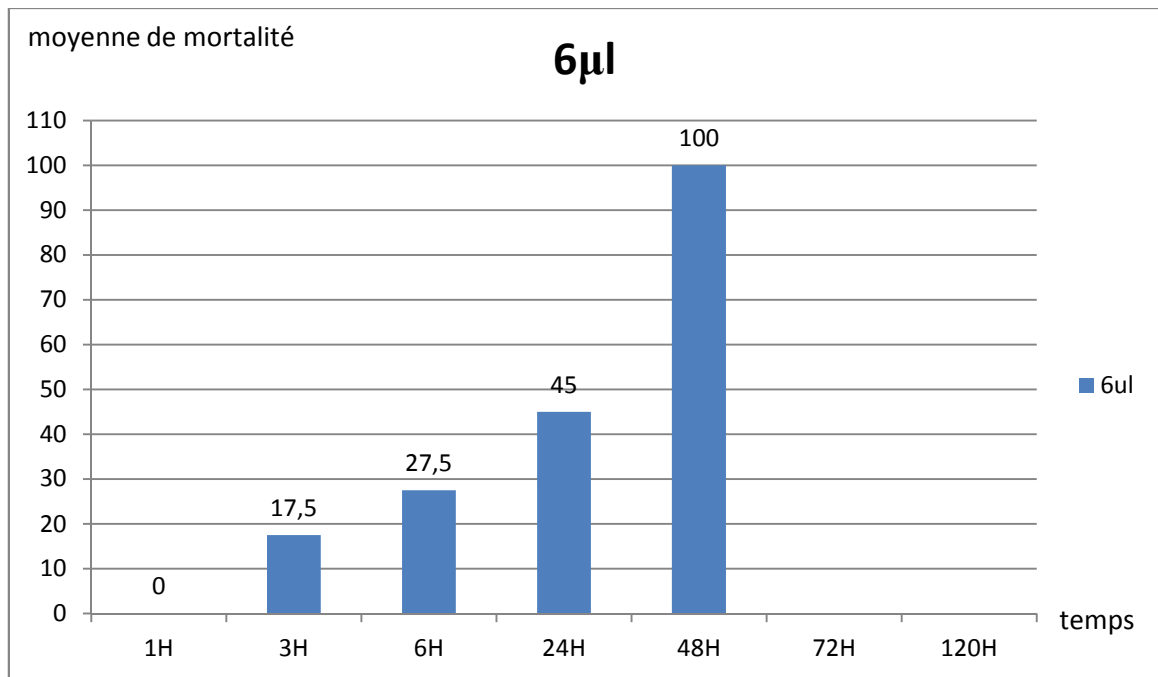


Figure 24 : Moyenne de mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation à l'huile essentielle de Tea Tree à la dose 6 µl en fonction du temps.

- **A la dose 6 µl**

L'huile essentielle montre un effet non toxique au bout de 3H d'exposition, au bout de 24H d'exposition une mortalité égale 75% est enregistrée, une mortalité totale de notre insecte est observée au bout de 48H de temps.

L'effet de l'huile essentielle de Tea Tree appliqué par inhalation à la dose 8 µl par sur les adultes de *T. castanem* est illustré dans la figure suivante :

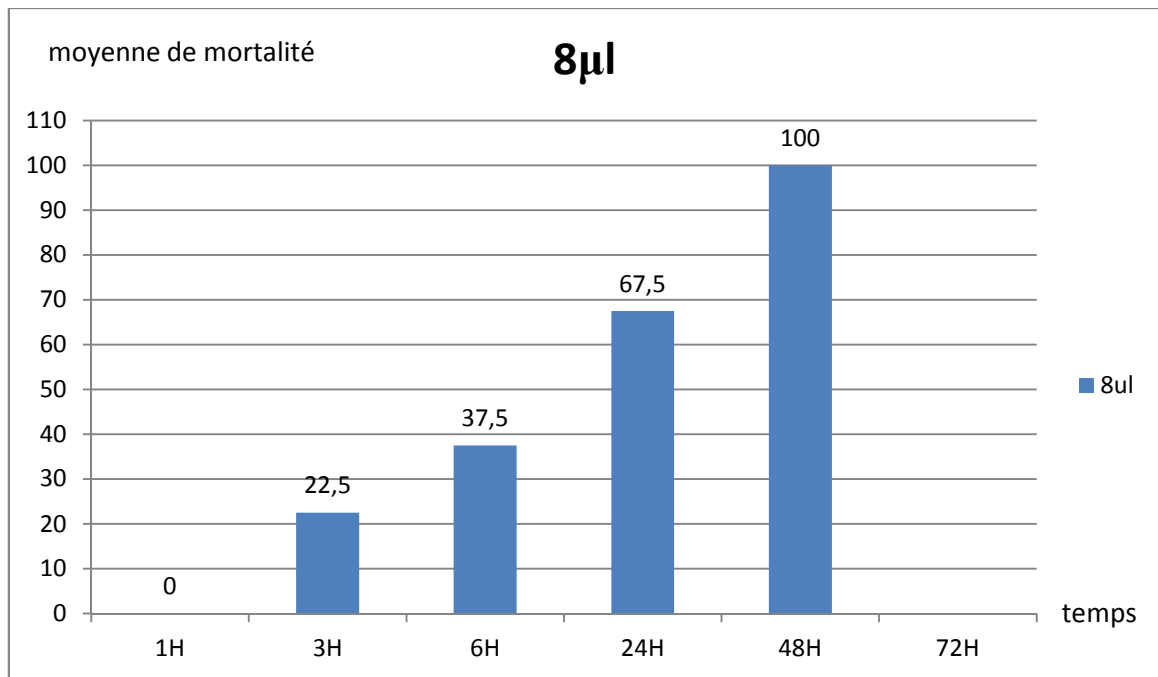


Figure 25 : Moyenne de mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation à l'huile essentielle de Tea Tree à la dose 8µl en fonction du temps.

- **A la dose 8 µl**

A la forte 8µl l'huile essentielle montre un effet non toxique au bout de 3H, avec une moyenne égale à 22.5% au bout de 24H d'exposition une moyenne de mortalité totale de notre insecte est observée au bout de 48H de temps avec une moyenne de 10 individus.

L'effet de l'huile essentielle de Tea Tree appliqué par inhalation à la dose 10 µl par sur les adultes de *T. castaneum* est illustré dans la figure suivante :

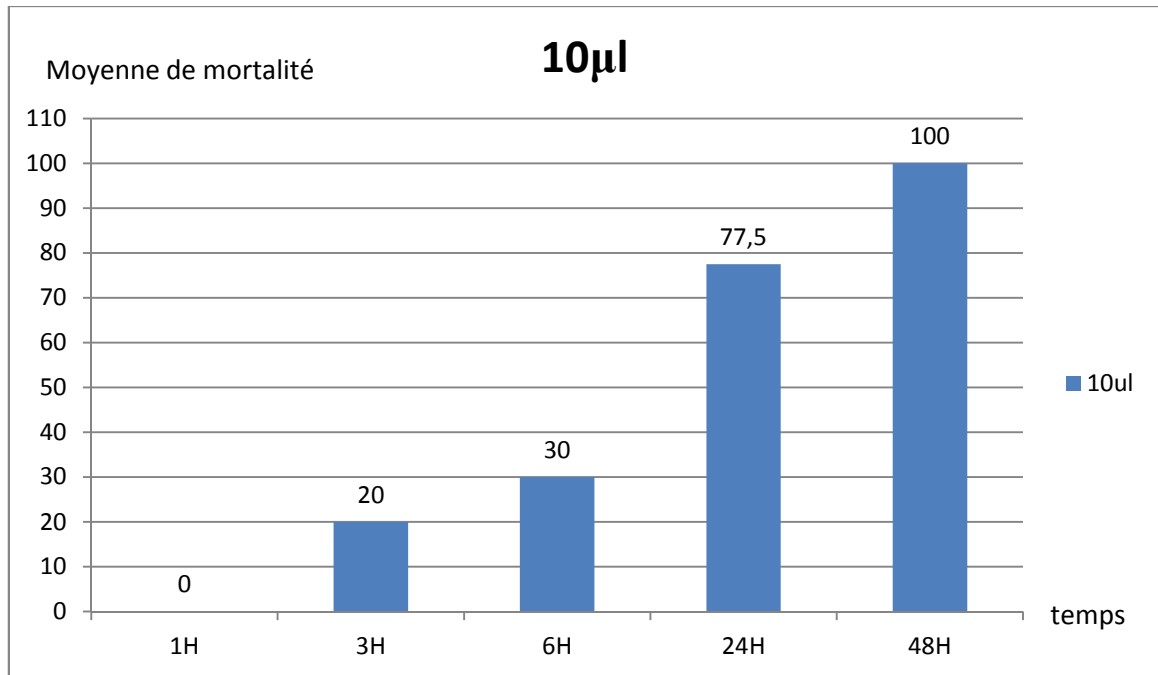


Figure 26 : Moyenne de mortalité des adultes de *T. castaneum* traité par inhalation à l'huile essentielle de Tea Tree à la dose 10ul en fonction du temps.

- **A la dose 10 µl**

A la forte dose, 10ul l'huile essentielle montre un effet non toxique au bout de 3H, avec une moyenne égale à 20%, cette mortalité s'accroît avec le temps pour atteindre au bout de 24H une moyenne égale à 77.5%, et au bout de 48H, la mortalité totale de notre insecte est observée avec une moyenne de 10 individus.

1.2. Résultats des tests par répulsion

Les résultats obtenus de l'effet de l'huile essentielle Tea Tree avec le test par répulsion sont présentés dans la figure suivante (fig 27).

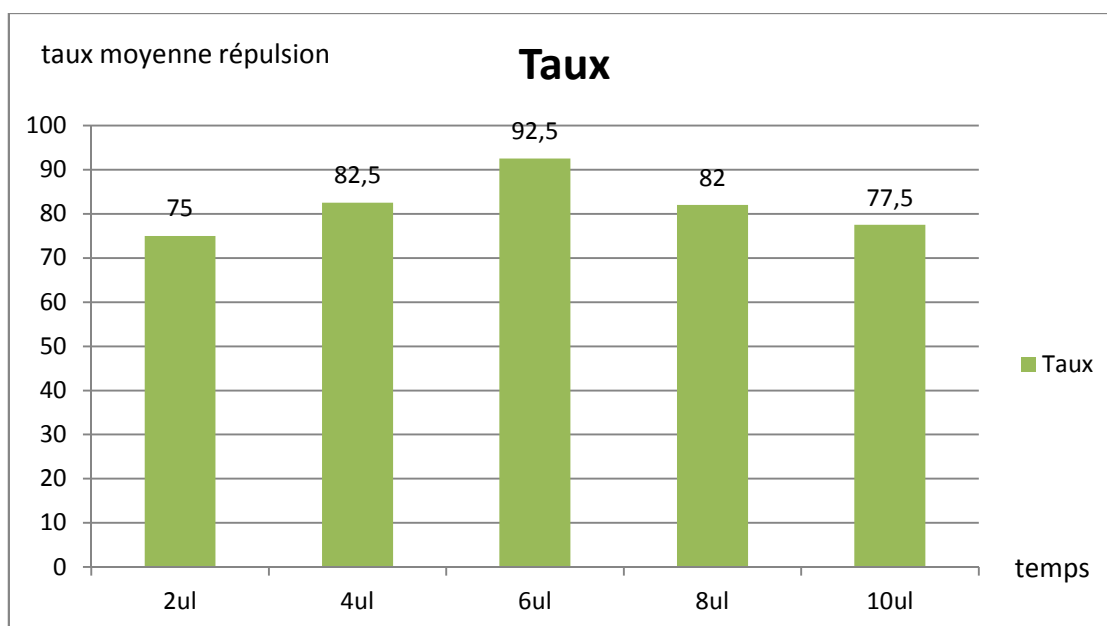


Figure 27 : Taux de répulsion des adultes de *T. castaneum* par l'huile essentielle de Tea Tree.

L'huile essentielle de Tea Tree appliquée à l'égard des adultes de *Tribolium castaneum* exprime un taux de répulsive de 75%, 82% et 92.5% pour les différentes doses.

Selon la classification de Mc Donald et al (1970), l'huile essentielle de Tea Tree appartient à la classe V ($80 < PR \leq 100$), donc elle est très répulsive à l'égard des adultes *Tribolium castaneum* de l'huile essentielle de Tea Tree selon sa propriété de répulsion sur les adultes de *Tribolium castaneum*.

Tableau 10 : Classification et pourcentage de la répulsion d'huile essentielle de Tree Melalenca alternifolia

Huile	Tea Tree Melalenca alternifolia
Taux de répulsion	92.5%
Classe de répulsion	V
Effet	Très répulsive

2. Discussions

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

Dans le cadre de la gestion des ravageurs agricoles, les pesticides botaniques sont bien adaptés pour une utilisation dans les pays industrialisés et peuvent jouer un rôle beaucoup plus important dans la protection des post-récoltes et les produits alimentaires (Isman, 2006). Parmi les différents produits d'origine Végétale, l'application d'huile essentielles est une méthode très intéressante pour contrôler les pertes de post récolte.

Les plantes aromatiques et leurs molécules allélochimiques en particulier les huiles essentielles accoutument une double activité insecticide sur les adultes et sur les différentes phases du cycle reproductif (TiraKmet, 2015). Toutefois, les activités insecticides des huiles essentielles décrites sur les insectes des denrées stockées s'exercent sur plusieurs niveaux et limite la renaissance de nouvelles générations (Regnault - Roger et al, 2008).

Dans notre étude, l'effet insecticides et l'activité répulsive de l'huile essentielle de Tea Tree (*Melaleuca alternifolia*) à l'égard de l'insecte ravageur *T. castaneum* a été déterminés. Les résultats obtenus indiquent que cette l'huile essentielle présente une efficacité bios insecticide et activité.

Répulsive très prononcée, avec des taux variables en fonction de la dose d'HE et du mode d'application ainsi que la durée d'exposition des insectes.

Le pouvoir répulsif et insecticide et les différences observées dans la toxicité de l'huile essentielle est attribués pour sa composition et sa richesse en composés bioactifs. Il est cependant clair que telle interviennent directement sur la morphologie ou la physiologie de l'organisme nuisible (Plata, Ruedas et al, 2018); (Teke et Mutllu, 2020 ; Najem et al ; 2020), selon Kim et al (2003), les effets toxiques des huiles essentielles dépendent de l'espèce d'insecte, de la plante et du temps d'exposition. Ce qui confirment nos résultat montrent que les doses de 2ul et de 4ul de l'huile essentielle Tea Tree présente un effet moins toxique au bout de 3H d'exposition chez l'adulte *T. castaneum*, après 6H d'exposition jusqu'à 24H nous avons observé que la mortalité de ce ravageur commence à augmenter de 17% à 80% pour atteint le pic après 48H d'exposition, ce qui montre que l'huile essentielle Tea Tree est très efficace est toxique sur les adultes *T. castaneum*.

A la dose 6ul de l'huile essentielle Tea Tree présente, un effet biocide à partir de 3heure d'exposition jusqu'à 24H, atteignait 75% de la mortalité de ce ravageur, après 48h

d'exposition nous avons observé que la mortalité des adultes de *Castaneum* atteint le pic. Cependant, à la plus forte dose, 8 μ l et 10 μ l, de l'huile essentielle Tea Tree donne un effet létal sur les adultes *T. castaneum*, atteignant après (48h) de traitement le maximum de mortalité égal à 10.

Les résultats obtenus montrent nettement que l'huile essentielle testée a un effet très toxique très hautement significatif sur les adultes de *Tribolium castaneum* au fur à mesure que la dose et le temps d'exposition augmentent. Nos résultats concordent avec ce de Aouadi et al (2020) qui ont montré que le traitement par inhalation de l'huile essentielle de la plante *R. Rotundifolia* et de *M. communis* est efficace contre les insectes adultes d'*E. Kachmilla*, les résultats ont démontré l'efficacité de l'huile essentielle de *M. rotundifolia* avec des concentrations létales de $CL_{50}=0.54$ μ l/L d'air, $LC_{50}=0.004$ μ l/cm² par rapport à l'huile de *M. communis* ($CL_{50}=2,91$ μ l/L d'air, $LC_{50}= 0.02$ μ l/cm²).

Nos résultats sont en accord avec ceux de Hamani-Aoudjit (2019), qui signale que les huiles essentielles d'*O. Valgare* et de *Salvia Officinalis* montrent un effet insecticide important par le test inhalation pour les adultes de *B. Rufimanus* où le taux de longévité est de 97.5% à la dose 2 μ l, au bout 96 h d'exposition. De plus, cet auteur, apporte une mortalité totale de deux sexes de *B. Rufimanes* sous l'action de l'huile essentielle de *R. Piperita* après 72 h d'exposition pour toutes les doses (2 μ l, 4 μ l, 6 μ l, 8 μ l).

Nos résultats se rapprochent aussi de ceux de Yahiaoui (2011), qui signale que l'efficacité de la poudre de broyat de romarin sur *A. fabae* est meilleure chaque fois que la dose est plus importante. En effet, les taux de mortalité recensés sont de l'ordre de 82%, 90,91% et 97,9% respectivement pour les doses 10g, 33g et 66g/kg, de tous les travaux menés par Amirat et al (2011) affirment que le taux de mortalité de *Lavandula Stoechus* augmente proportionnellement avec la dose ainsi, à la dose 0,016 μ l/cm² le degré d'efficacité est de 38,46% 24h après traitement et 0.125 μ l/cm², ce degré augmente jusqu'à 79,49% à la même heure. (Kouninki et al, 2007) ont montré que les insectes utilisés pour l'évaluation de la toxicité des huiles essentielles des feuilles fraîches et feuilles sèches, sont des petits vers de farine, appartenant au genre est déterminé la dose des huiles essentielles la plus faible pouvant induire 100% de mortalité de l'insecte.

Selon Benazzadine (2010), l'huile essentielle de romarin et celle de la menthe verte provoquent une mortalité de 100%, après 24 heures de traitement sur *T. confusum*, par inhalation. Les mêmes pourcentages ont été enregistrés pour le thym et l'eucalyptus, après

120h enfin la citronnelle a donné des résultats ne dépassant pas 55%, après 144 heures d'exposition.

Selon Abdelli et al 2016, l'inhalation de l'huile essentielle de *R. Pulegium* provoque une mortalité 100 % en 24 heures à des doses de 10 et 20ul sur les adultes *Tribolium castaneum* et *Stiphilus Oryzae* Tarikmet (2015), ont montré que les huiles essentielles de deux Astéracées *Calendula Arvensis* et *Chamnemelum Fuscatum* étaient répulsive, les taux de répulsion étaient de 72 à 73% après trois heures d'exposition.

D'après *Regnault-Roger* et al (2002), les propriétés insecticides des huiles essentielles agissent sous différentes formes :

- Une toxicité par inhalation par leur richesse en Compose volatile ;
- Une Toxicité de contact qui provient de la formation d'un film imperméable sous forme de cuticule isolent l'insecte de l'air et provoquent son asphyxie.

Aujourd'hui les bio-insecticides à base des huiles végétale naturelles remplacent les pesticides dangereux pour la santé humaine et animale et lui épargne la perte de ses récoltes.

Conclusion

Notre étude porte sur l'évaluation de l'effet insecticide de l'huile essentielle de Tea Tree (*Melelauca alternifolia*) vis-à-vis d'un insecte ravageur des denrées *Tribolium castaneum* par deux modes d'action à savoir test par inhalation et répulsion.

Les résultats du traitement par inhalation de l'huile essentielle de TeaTree montre une mortalité totale de 100% des adultes de *Tribolium castaneum* enregistrée dès 48h d'exposition à la dose de 2ul. D'après ces résultats l'huile essentielle de Tea Tree a un effet insecticide significatif sur la durée de vie des insectes adultes étudié.

En ce qui concerne le teste de répulsion, l'huile essentielle Tea Tree est placée dans la classe V; donc elle est très répulsive après ces deux tests effectués nous pouvons conclure que l'application du traitement insecticide à la base de l'huile essentielle de Tea Tree sur les adultes du *Tribolium castaneum* est très efficace pour lutter contre ces prédateurs des denrées alimentaires.

Actuellement, cette méthode de lutte pourrait devenir une bonne alternative en Algérie qui souffre d'un grand déséquilibre économique. En effet, en plus des dépenses faramineuses occasionnées par l'importation de blé, l'approvisionnement en pesticides constitue également une grande charge financière et leur utilisation représente un danger certain pour le consommateur.

Ce travail, rentre dans le cadre de l'utilisation des Plantes aromatiques comme insecticide dans la protection des récoltes, nous ouvre de large perspective, d'une part dans le domaine des connaissances fondamentales et d'autre part dans le domaine appliqué. Des travaux envisagés sur l'évaluation de ces huiles essentielles sur le pouvoir reproducteur de *Tribolium castaneum*.

Références bibliographique

1. Abdullahi G., Muhamed R. et Sule H., 2019. Biology, Host range and management of red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbest) (coleoptera: Tenebrioni): A review. Journal of agricultural research jar. Vol. 7. P 49-50. DOI: <https://researchgate.net/publication/337824598>. Biology host range and management of red flour beetle *Tribolium castaneum* Herbest coleopteran tenbrioni. A review.
2. Abranson D., Demiang K.C.J, Fields P.G., Jayas D.S., MI//SJT., Mur W.E., Timlick B. et White N.D.G., 2001 Protection des céréales, des oléagineux et des légumineuses à grain entreposés à la ferme contre les insectes, les acaries et les moisissures. Agriculture et agroalimentaire Canada. Publication 1851/F (éd. Rev). Pp : 1-59.
3. AFSSAPS, 2008. Recommandations relatives aux critères de qualités des huiles essentielles. Contribution pour l'évaluation de la sécurité des produits cosmétiques contenant des huiles essentielles (en ligne) (consulté le 08/0/22. Disponible sur : <https://www.artafirma.fr/ing/afssap.pdf>
4. Amadou F., 2005. Etude de la photochimie et des activités biologiques de syzygium guimeuse wild (Myrtaceae). Thèse de Doctorat. Université de Bamako, Mali.100p.
5. Amar N., 2014. Etude de choix de pente de la bruche du Niébé *callosobruchus maculatus* en présence de différentes variétés d'haricots et de pois chiche et influence de quelques huiles essentielles (cèdre, ciste, eucalyptus) sur activité biologique de l'insecte. Mémoire de Magistère : pp 23,25.
6. Anes, 2018. L'utilisation des huiles essentielles de Melalenca dans la composition des compléments alimentaires. Saisine n° 2018-SA-0098 (En ligne). Consulté le 20/03/20. Disponible sur [https ;//www.anses.fr/fr/system/ files/NUT20185A0096.pdf](https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT20185A0096.pdf)
7. Aoui G., Haouel S., Soltani A., Ben Abada M., Boushah E., El Kahoui S., Taibi F., Ben Jemaa J.M. et Bennadja S., 2020. Screening for insecticidal of two Algerian essential oils with special concern to their impact on biological parameters of *Ephiest kuchiriella* (Zeller) (lepidoptera : pyrahae). Journal of plant diseases and protection. Vol. 1237. P 47. Doi: <https://doi.org/10.1007/541348-020-00340-y>
8. Aouina A., Khelifi N., 2018. Evaluation de l'effet répulsif de *cuminum cyminum* 1 et *foeniculum vulgare* mill, sur l'insecte des céréales stockées *Tribolium castaneum* (Herbest), mémoire de Master, université M'sila, p 41.
9. Arendt E.K. et Emanucle Z. 2013. "Wheat and other triticum grains. In cereal". Grains.for the food and beverage industries, 1-67.

Références bibliographique

10. Arrab R., 2016. Effet des insecticides des plantes Meliaozedarach. I E Peganum Harmala L. sur l'insecte des céréales stockées Tribolium castaneum herbest (coleoptera Tenebrionidae). Magister Univ. Farhat Abbas, Sétif.
11. Azaiz H., Galina G., Said O., Barash I., 2003. Biological control of the western flower franklineilla occidentalis in cucumber using the entomopathogenic fungus metearhizium anisophae. Phytoparasitica, n° 30 pp. 118-24
12. Baechler F., Cadoux F., Dufoix F. ; Faschet B., Goussoult C., Terrier P. et Vannie E. 2014. Guide technique protection des céréales. Chambre d'agriculture de Loire et Che. Guide n° 3. Décembre 2014, pp1-42.
13. Bebbi S., 2011. Etude de l'effet de la fertilisation azotée sur le comportement et le rendement de deux variétés de blé dur (Triticum durum desf) dans la région de Guelma, 33p.
14. Belmouzar A., 2004. Contrôle phytosanitaire et surveillance des denrées stockées. Agréage et protection Phytosanitaire. Ed. O.A.I.C (Office Algérien Interprofessionnel des Céréales). P 18-34.
15. Benazzeddine S., 2010. Activité insecticide de cinq huiles essentielles vis-à-vis de sitophilus oryzae (coleoptera, Tenebrionidae). Ecole nationale supérieure agronomique El Harrach d'Alger. Ingénieur d'état en sciences agronomiques.
16. Bengriche T. et Tiliouine N. 2017. Analyses physico-chimiques et technologiques des farines issues de moulin de Baghliia. Mémoire de Master en contrôle de qualité et nutrition en agro-alimentaire. Université M'hamed Bougra, Boumerdes. P-54.
17. Benlameur Z., 2016. Les ravageurs des denrées stockées et leur impact sur la santé humaine. Doctorat en science agronomique. Ecole nationale supérieure El Harrach, Alger. P 1-2.
18. Benz H.D., Rasolopho P. Andriamparony S., 2010. Conférence outils pour décider ensemble (OPDE, 2010) : aide à la décision et gouvernance, Montpellier France, 25-26 octobre 2010. S.I : S.n ; 15p.
19. Bessot J.C., Metz-Favre C., Blay Feet Paulig, 2011. Acariens de stockage et acariens pyroglyphides: Ressemblances, différences et conséquences pratiques, vol 51, N° 07 pp 607-621.
20. Bessouia Houda, 2020. Evaluation des propriétés insecticides d'Artemisia absinthium contre *Tribolium castaneum* (Herbest) (Coleopterae : Tenbrionidae). Université Aboubekr Belkaid de Tlemcen. P 42.

Références bibliographique

21. BFR, 2003. Federal institute for risk assessment. Use of undiluted tea tree oil as a cosmetic opinion of the federal institute for risk assessment (BFR) (En ligne). Consulté le 20/03/2022. Disponible sur
22. Bhumi, T, Vivi C., Pragna P, 2017: Biopesticidal potential of some plant derived essential oils against the stored grain pests. International journal of zoological investigations, 23(7), 188-177.
23. Bonneton F., 2010. Quand *Tribolium castaneum* complémente la génétique de la drosophile. Médecine/Science, 26.
24. Bouaiad R.H., 2016. Essai de formulation d'un pesticide à base de la poudre de feuille de quelques plantes aromatiques (Chih, ortie, la lavande, basilic thym). Mémoire de Master. Université de Tlemcen, Algérie.
25. Boukarboua A. et Boulkroun M. B. 2016. Appréciation de la qualité technologique des farines commerciales par des tests indirects. Mémoire de Master en biochimie option analyse protéomique et santé. Université des frères Mentouri, Constantine.
26. Boukhatem M.N., Ferhat A., Kaneli A., 2019. Methodes d'extraction et de distillation et des huiles essentielles agrobiologia. 9(2), 1653-1659.
27. Bousbia B., Souaci D., 2021. Enquête ethnobotanique et étude phytochimique.
28. Camara, 2009. Lutte contre *stophilus oryzael* (coleoptera :curculionidae) et *Tribolium castaneum* Herbest (coleoptera : tenébrionidae) dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en Basse-Guinée et l'utilisation des huiles essentielles.
29. Campbell, J.F Athanassiou, C.G., Hagstrum, D. W., et Kun Yan Zhu, 2022. *Tribolium castaneum* : A model insect for fundamental and research. Annual review of entomology. Vol 67. P 348. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-080921-075157>.
30. Carvalho, M.O., Geirinhas, H., Duarte S., Graça C., De Souza I., 2023. Impact of red flour beetle infestation in wheat flour and their effects on dough and bread physical, chemical and color proprieties. Journal of stored products research. Vol 102. P2. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spr.2023.102095>
31. Chaouche M., 2010. Recherche et détermination structurale des composés flavoniques de l'espèce : *Myrtus communis* L. (Myrtaceae). Mémoire de Magistère en chimie organique. Constantine.
32. Cheikh A., 2019. Caractérisation morphogénétique des populations Ouest-africaines de *Tribolium castaneum* Herbest, ravageurs des céréales stockées : différenciation en

Références bibliographique

- racas hôtes et écotypes. Thèse de Doctorat unique en biologie animale. Université Cheikh Anta Diop de Dahar. P 28.
33. Chenni M., 2016. Etude comparative de la composition chimique de l'activité biologique de l'huile essentielle des feuilles du basilium l'extraite par hydro-distillation. Thèse de Doctorat en sciences. Université Ahmed Ben Bella, Oran. P 135.
34. Conquist A., 1981. An integrated system of classification of flowering plants. New York Colombia university press, USA.
35. Cruz et Troude, 1988. Génie agricole et développement technique d'entreposage. Bulletin des services agricoles de la FAO. 74, 3 – 20.
36. Dajoz R., 2002. Dictionnaire d'entomologie, anatomie, systématique, biologie. Ed. pays. P 169-170.
37. Dave A., Colin J., Demiany K.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 graminées posés à la ferme contre les insectes, les acariens et les moisissures (éd. Rev.) (Manitoba) Canada p 59.
38. Delobel A. et Tran M., 1993. Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes. IRD Editions. P : 275-280 et 345-346.
39. Djaouti M, 2010. Renforcement des capacités des acteurs de la filière céréale en Algérie dans le cadre d'un partenariat Nord-Sud. Cas de la wilaya de Sétif. Master of sciences CIHEAM Montpellier, p-120.
40. Djermoun A. 2009. La production céréalière en Algérie. Les principales caractéristiques. Revue nature et technologie. 1 :45-03.
41. Doris Zehren, 1999. Melaleuca alternifolia, l'or vert du cinquième continent. Petit manuel à l'usage de l'huile essentielle de l'arbre à thé.
42. DSA SI 2020. Série B, direction des statistiques agricoles et des systèmes d'informations. Ministère de l'agriculture de développement.
43. El Alama M.H., El Aissami A., Benmoussa A. et al., 2017. Cinétique des interactions des huiles essentielles antifongique. Bulletin de la société royale des sciences et Liège, 86, 67-77.
44. FAO 2021. Rapport du conseil de la FAO. 176^{ème} session, 26 avril- 1 mai 2021. CI 166/REP Rome.
45. FAO, 2019. L'état de la biodiversité pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde : en bref. Commission des ressources génétique pour l'alimentation et l'agriculture de la FAO. P 15.

Références bibliographique

46. Farag R.S. , Shalaby A.S., El Baroty G.A. et al., 2004. Chemical and biological evaluation of the essential oils of different Malalenca species. *Phytotherapique research*, 18.30-35.
47. Farhat A., 2010. Vapo-diffusion assistée par micro-ondes. Conception, optimisation et application. Thèse de Doctorat en sciences. Sciences des procédés, science des aliments. Université d'Avignon et des pays de Vaucluse (France) et école nationale d'ingénieure de Gabès, p 129.
48. Feldman M., 2001. Origin of cultivated wheat. In bonjean A.P. et W.J. Angus (ed). *The world wheat book a history of wheat breeding*. Intercept limited. Andover Angleterre. 358p.
49. Fellahi Z., Hennachi A., Guendouze A., Bouzerzour H. 2017. Héritabilité, corrélation et gain de sélection précoce en F2 de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) sous conditions semi-arides. *Journal algérien des régions arides*, 13(2), 37-49.
50. Feuillet Pierre ; 2000. Le grain de blé, composition et utilization. Edition QUAE, p 308.
51. Fianko J.R., Donkor A., Lowor S.T., Yeboah P.O., Glover E.T., Adom T., Faanu A., 2011. Health risk associated with pesticide contamination of fish from fish densu river basin in Ghana. *Journal of environmental protection*, 2(2), P115-123.
52. Fitzgerald M., Heinrich M., Booker A., 2020. Medicinal plant analysis. A historical and regional discussion of emergent complex technic. *Frontiers in pharmacology*. 10, 1480.
53. Gautam S.G., Opit G. et al, 2014. Comparative egg morphology and chorionic ultrastructure of key stored. Product insect pests. *Annals of the entomological society of America*, 108 (01). 44-159.
54. Georgg et Kerstinh et Leo Yendouban; 2005. Petit mamelle d'identification des principaux ravageurs des denrées stockées en Afrique de l'ouest, Bénin, édition INRAB-LITA p- 20.
55. Gérard B., Martin 2014. L'homme et ses aliments. 2^{ème} édition : Initiation à la science des aliments. P 219.
56. Ghedira K., Goetz P., 2008. Melalenca alternifolia cheel (*Myrtaceae*). Matière médicale pratique. *Phytothérapie*, 6, 363-366.
57. Groot I., 2004. Protection des céréales et des légumineuses stockées. *Agrodok* 18, fondation Agromisa, p 274.

Références bibliographique

58. Gueye A.C., Diomet T., Thiaw C., Sembene M., 2015. Evolution des paramètres biodémographiques des populations de *Tribolium castaneum* H. (coleoptera, tenbrionidae).
59. Haddad L., Bachir, A., Ykhelef N., Benmahmed A; et Bouzerzour, H. 2021. Durum wheat (*Triticum turgidum* ssp durum) improvement during the past 67 years in Algeria: performance assesement of a set of local varieties under rainfed conditions of the eastern high plateaus. *Jordan journal of biological sciences*, 14(2), 327-336.
60. Hamani-Aoudjits, 2019. Bioécologie et biocontrol de la bruche de la fève *B. rufimanus* coleoptera (chrysamelidae) dans la région de Bouira. Thèse Doctorat. UMMTO, 191p.
61. Hannachi A., Fellahi, Z. 2023. Efficiency of index – based selection for potential yield in durum wheat (*Triticum turgidum* (L) ssp turgidum convar. Durum (Desf) Macky lines. *Italian journal of agronomy*, 18, 2182.
<https://bfr.bun.de/cm/349/useofundilitedteatreoilascosmetic.pdf>
62. IGC, 2022. International grains council. Récupéré sur: <https://www.igc.int/en/default.aspx>
63. Isman M.B., 2006. “Botanical insecticides, deterrents and repellents in modern agriculture and an increasing regulated world”. *Ann. Rev. Entomol*, 51: 45-66.
64. Kara Hacene T. ; 2015. Activité insecticide des extraits de quelques plantes cultivées et spontanées sur les insectes de blé en post récolte. Thèse Doctorat. Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El Harrach, 136.
65. Kassimi 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 les légumes secs. Thèse de Doctorat en biologie, option biologie animale. Université de Tlemcen.
66. Keita S.M., Vincent C., Schmit J.P., Arnason G.T. and Belanger A., 2022. Efficacy of essential oil of *ocimum bacilicum* L. and *O. gratissimum* L. applied as an insecticidal fumigant and powder prude to control *callosobruchus macultaus* (Fub) (coleopera: Bruc Bruchidae). *Stored production research*, vol 37: 339-349.
67. Kellou R. 2008. Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d’exportations pour les céréaliers français dans le cadre du pôle de compétitivité Quali-méditerranée. Le cas des coopératives sud céréales. Groupe coopératif. Occitan et ande coop. Thèse Master C.I.H.E.A.M.I.A.M Montpellier, France. PP47-48.

68. Kellouche A., 2005. Ecole de la bruche du pois chiche *cullosobrucus maculatus* F (Coleoptera : Bruchidae) : Biologie physiologie, reproduction et lutte. Thèse de Doctorat d'état en sciences naturelles, spécialité entomologie. UMMTO. p 154.
69. Kemassi A., Herouini A., Hadj S.A., Cherif R., Ould El Hadj M.D., 2019. Effet insecticide des extraits aqueux d'euphorbia guyonina (Euphorbiac) Récolte dans Oued Sebseb (Sahara algérien) sur le *Tribolium castaneum*. Lebanese science journal. Vol 20. P 58. DOI : <https://www.researchgate.net/publication/333040073>
70. Ketho I.A., Glitho et Karmaglo. Activité insecticide comparée des huiles essentielles de trois espèces de genre *cymbogonogenus* (poaceae). J. Soc. Ouest. Afr. Chim, 18.2004, 21-34.
71. Kim J.H, Park S.J, Kim B.J., 2003. Molecular phylogeny among local populations of *formica japonica* (Hym, Formicidae) in Korea. Korea Journal of entomology 33, 93-98.
72. Kouninki H, Hancet., Martian, gamol S.T., L.S.T.E.T. Ngassoumm B., 2007. Potential use of essential oils from local comeroonian plants for the control of red flour weevil *Tribolium castaneum* (Herbest) (coleopteran: Tenebrionidae), African journal of food of agriculture nutrition and development, 7(5).
73. Léelaja B.C., Rajasheka Y. et Rajendran S., 2007. Detection of eggs of stored product insect in flour with staining technic. Journal of stored product research. 43(3): pp 206-210.
74. Leonard S.T.N., 2020. La recherche d'une alternative aux polluants organiques persistants. In Bull d'information phytosanitaire-phytosanitary news bulletin, vol 43, p 12-23.
75. Lepesme P., 1944. Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés. Ed. Chevalier, Paris, p 335.
76. Lis L.B., Bakula T., Baramouski M., C Zarneuriez A., 2011. The carcinogenic effects of benzoquinones produced by the flour beetle. Pol. J. Vet Sci 14, 159-164.
77. Lucchesi M.E., 2005. Extraction sans solvant assisté par micro-ondes conception et application à l'extraction des huiles essentielles. Thèses de Doctorat. Université de la Réunion, France. P 142.
78. Lynch, J.P., 2013. Steep, cheap and deep: an ideotype to optimize water and nacquisation by maize root systems. Annals of botany, 112(2), 347-357.

Références bibliographique

79. Mc Donald L., Guy R.H. et Speirs R.D., 1970. Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants, repellents and attractants against stored-product insects. USDA marketing research report 882.
80. Megan N. and Olsen M., 2004. Mycotoxines in food. Detection and control. F. Sc. Technol. P: 190-203.
81. Menasri I., Kaism M., 2021. Les huiles essentielles et les infections microbiennes. Mémoire de Master. Biochimie des molécules bioactives et applications. Université Larbi Ben M'hidi, Oum El Bouaghi. 40p.
82. Messaoudene H., Mouhou N., 2017. Etude de la toxicité des huiles essentielles contre les ravageurs des denrées stockées. Mémoire de Master. Université Abderahmane Mira, Béjaia, p 35.
83. Mokabli A., 2002. Biologie des nématodes à kystes (Hétérodera) des céréales en Algérie. Virulence de quelques populations à l'égard de diverses variétés et lignées de céréales. Thèse Doctorat d'état, Int. Nat. Agro., El Harrach, Alger, p 66.
84. Morand D., N-izinski J.J., 1989. L'intérêt phytothérapeutique de l'arbre à thé (*Melaleuca alternifolia*). La lettre phytothérapeutique du pharmacien. (9), 4-10.
85. Moussa A., 2016. Green pesticides. Essential. Oils as biopesticides in insect pest management journal of environmental science and technology, 9(5), 354-378.
86. Moustaka J., Di Cagno R., Francavilla M., De Angelis M., Ercolini D, Vincenzi M, et Gobbetti M. 2018. From flour to fodder: How microbiota leucine metabolites are involved in functionally relevant signaling scientifica.
87. Mursleen Y., Adnan Y., Talha J. et al., 2011. River tea oil. Composition, antimicrobial and anti-oxidant. Activities and potential applications in agriculture plants (Basel). 10(10). 2105.
88. Najem M., Bammou M., Bachiri L. Bouamrine E.H., Ibijbijen J. et Nassiri L. 2020. *Ruta chalepensis* L.E.. Oil has biological potential for a natural fight against the pest of stored foodstuffs: *Tribolium castaneum* Herbest. Journal of Hindawi. P 1-5. Doi: <https://doi.org/10.1155/2020/5739786>.
89. Ncibi S., 2020. Potentiel bioinsecticide des huiles essentielles sur deux ravageurs de céréales stockées *Rhyzopertha Dominica fabricius*, 1792 et *Tribolium castaneum* Herbest, 1797 et identification de leurs ennemis de naturels. Doctorat en sciences agronomiques. Institut national agronomique de Tunisie. P 22-23.
90. Nerio L.S., Olivero-Verbel J., Stashenko, 2009. Repellent activity of essential oils: a review. Bioresour Technol. 101: 372-378.

91. Ngamao L.S.T. and Hance T., 2007. Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical. *Tropicultura*. 25(4) : 215-220.
92. Original 2021. Bazi I. et Behacel K., 2023. Thème mémoire Master en Bpo. UMMTO, p 50.
93. Pai A. et Bucher G., 2019. *Tribolium*. *Encyclopedia of animal behavior*. Vol. 3. P 232. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8-01216-4>
94. Plata-Ruedaa A., Campos J.M., Da Silva, Rolim G., Martinez L.C., Dos Santos M.H., Fernandes F.L., Serrao J.E. et Zanuncio J.C., 2018. Terpenoid constituent of cinnamon and clove essential oils cause toxic effects and behavior repellency response on granary weevil, *sitophilus granarius*. *Journal of ecotoxicology and environmental safety*. Vol. 156. P 263-270. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.03033>
95. Pretty J., Hine R., 2005. *Pesticide use and the environment in the pesticide detox – Towards a more sustainable agriculture eathxan* : London, sterling, VA; 293p.
96. Rabi, A., Mekaoussi R., Fellahi Z., Hannachi A., Benmohammed A. et Bouzerzour, H. 2020. characterization of old and recent durum wheat (*Triticum turgidum* L.) Tell convar. Durum (Desf) Mackey. Varieties assessed under south Mediterranean conditions. *Egyptian journal of agronomy*, 42(3): 307-320.
97. Ranum P., Pena Rosas, JP of Garcier-Cesal N, 2014 Global maize production, utilisation and consimption. *Annals of the New York Academy of science*. 105-112p.
98. Regnault Roger, 2021. De nouveaux phyto-insecticide pour le troisième millinaire. In Regnault Roger C., philogène B.J.R ; et Vincent C. *Biopesticides d'origine végétale*. Ed. Tec et Doc, Paris, France. pp19-39.
99. Regnault-Roger C., Philogen A. et Vincent H., 2008. *Biopesticides d'origine végétale*, 2^{ème} édition, Lavoisier 576p.
100. Richards, 2008. The genome of the model beetle and pest *Tribolium castaneum* nature. 452: 949-55 (Google scholar). Robinson (2005), *urban insect and arachnids: A hand book of urban entomology*. Cambridge university press. 472p.
101. Robinson W.H., 2005. *Urban insects and arachids: A hand book of urban entomology*. Cambridge: Cambridge university press. P 472.
102. Schuster C.L. et Smada R.J., 2007. Management of *Amaranthus rudis* S. in glyphosate resistant corn *Zea mays* L and soybean (*Glycine max* L. men). *Crop prot*, 26, 1436-1443. 169-170.

Références bibliographique

103. Shankar R.S., Srinavason S.A; Shankar. S., Rajaskar R., Kumar N. & Sathish K., 2014: Review article on wheat flour/wheat bran/Wheat husk based bio composites. 4 (4): 10.
104. Shewry P.R and Hey S. , 2015. The contribution of wheat to human diet and health. Food and energy security. 4(3), pp 178-202. <https://doi.org/10.1002/fes.64>
105. Tike M.A. et Mutlu C., 2020. Insecticidal and behavioral effects of some plant essential oils against *Sitophilus granarius* L. and *Tribolium castaneum* (Herbest). Journal of plant diseases and protection. Vol. 128 p 109-119. Doi: <https://doi.org/10.1007/541348-020-00377-2>
106. Tirakmet S. 2015. Etude comparative entre l'activité insecticide des huiles essentielles extraites à partir de deux espèces de la famille des astéracées récoltées dans la région de Makouda et de l'activité insecticide d'un pesticide organique de synthèse sur le ravageur secondaire du blé tendre stocké *Tribolium castaneum* (coleoptera : Tenebrionidea). Mémoire de Master en Agronomie. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, p 76.
107. Varma S.R., Sherif H., Serafi A., et al. Tea tree oil shrub (*Melaleuca alternifolia*). Journal of international society of preventive and community dentistry. 2018, 8(1). 27.
108. Waongo A., Yamkoulga M, Dabir-Binso C.L., Ba M.N., Sanon A., 2013. Conservation post-récolte des céréales en zone sud-saoudienne du Bourkina Fasso: perception paysanne évaluation des stocks. P 1157-1167.
109. Xynias, I.N., Miyons N., Korpetis E ; G, Ninon E., Tsablla A., Avadikos I.D et Mavromatis A.G., 2020. Durum wheat breeding in the Mediterranean Region: Current status and future prospects agronomy, 10,432.
110. Yahiaoui L. « Caractérisation d'un composite à la rupture à base des fibres végétales diss ». Université Ferhat Abbas, Sétif UFAS (Algérie), 2011.
111. Yim W.T., Bhandar B. Jackson L. et al 2016. Repellent effects of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) Oil against cattle tick larvae (*Rhipicephalus Australis*) when formulated as emulsions and in B-cyclodextrin inclusion complexes. Veterinary parasitology. Vol. 225 P. 9-103. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.201606.2007>
112. Yves H. et De Buyser J., 2001. De la graine à la plante, l'origine des blés. Belin pour la science, 69-72 pp.

Annexe

Dose \ Temps	2 μ l				4 μ l				6 μ l				8 μ l				10 μ l			
1H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3H	2	2	0	1	0	1	1	3	3	2	0	3	3	1	3	2	3	1	3	1
6H	3	5	3	3	2	3	3	5	4	2	2	3	5	1	6	3	4	2	3	3
24H	3	7	8	7	8	7	8	9	6	8	8	8	7	6	8	6	10	7	6	8
48H	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
72H	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
96H	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
120H	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Tableau: Taux de mortalité chez les adultes de *Tribolium castaneum* par inhalation à la dose 2 μ l, 4 μ l, 6 μ l, 8 μ l et 10 μ l.

Annexe

Annexe

Résumé

L'étude a pour objet d'évaluer l'effet insecticide de l'huile essentielle de Tea Tree sur les adultes du *Tribolium castaneum*; par inhalation et par répulsion à différentes microdoses. Les résultats obtenus indiquent que l'huile essentielle testée a un effet très toxique par inhalation sur les adultes de *Tribolium castaneum* au fur et à mesure que la dose et le temps d'exposition augmente. A la plus forte dose de l'huile de Tea Tree enregistre une mortalité totale des adultes *Tribolium castaneum* après 48h d'exposition. Le test par répulsion révèle que l'huile essentielle de Tea Tree est classé dans la classe V; elle est donc très répulsive avec un taux moyen de répulsion égal à 82%. De ce fait l'huile essentielle du thé s'avère être un bon moyen de lutte comme bioinsecticide permettant de réduire considérablement les populations de ce ravageur et ainsi pertes causées dans les stocks.

Mots - clés: Huile essentielle – *Tribolium castaneum* – Tea Tree – toxicité – répulsion – inhalation

Summary

The study aims to evaluate the insecticide effect of the essential oil of Tea Tree on the adults of *Tribolium castaneum*; by inhalation and by repulsion. The results obtained indicate that the essential oil has a very toxic effect by inhalation on of *Tribolium castaneum* as the dose and time of exposure increase. At the highest dose of Tea Tree oil records a total mortality of *Tribolium Castaneum* adults, after 48h of exposure. The repellency test reveals that the essential oil of Tea Tree is classified in class V; it is very repellent with an average repellency rate 82%. As a result, it can be used as bioinsecticide to reduce losses caused by these pests in stocks.

Keywords:

Essential oil, *Tribolium castaneum*, Tea Tree, Toxicity, repellency, inhalation.