



**République Algérienne démocratique populaire**  
**Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche**  
**Scientifique**



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

## ***Mémoire de fin d'études***

En vue d'obtention du diplôme de Master en sciences Biologiques  
**Spécialité : Biologie et Contrôle de Population d'insectes**

## **Thème**

**Lutte biologique de *Tribolium* rouge de la farine  
*Tribolium castaneum* par deux huiles essentielles ;  
l'huile d'Oranger doux *Citrus sinensis* et l'huile de  
géranium rosat *Pelargonium graveolens***

**Présenté par :**

Mlle. Kabri Lila

**Soutenu devant le jury composé de :**

**Présidente :** M<sup>me</sup>. Medjdoub-Bensaad F.

Professeur

**Promotrice :** M<sup>me</sup>. Lakabi L.

MCA

**Examinatrice :** M<sup>me</sup>. Guermah D.

MCB

***Année universitaire : 2021-2022***

# *Remerciements*

*On remercie dieu tout puissant de nous avoir donné la santé, et la volonté d'entamer et de terminer ce travail*

*Je remercie Mme MEDJDOUB-BENSAAD Ferroudja professeur à l'UMMTO, d'avoir accepté de présider le jury*

*Je remercie Mme LAKABI Lynda maître de conférences de classe A, pour la qualité de son encadrement et son aide*

*Je tiens à remercier Mme Guermañ Dyhia maître de conférences de classe B à l'UMMTO, d'avoir examiné ce modeste travail et de l'avoir dirigé ; je ne la remercie jamais assez pour ses précieux conseils et sa disponibilité et sa simplicité, pour sa patience durant la réalisation de ce mémoire et son soutien moral et ses encouragements*

*Je remercie Mme Kellouche professeur à l'UMMTO pour son aide et ses valeureuses informations*

*Mes remerciements s'adressent à tous mes professeurs pour leurs générosités et patience*



## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail à la mémoire de mes grands-pères,  
à la mémoire de ma très chère Yemma Houria*

*A la lumière de ma vie, mon bout de cœur ma mère  
Tassadit*

*A mon père Mustapha, que dieu les garde pour leur  
soutien et conseils*

*A ma moitié, ma sœur Karima, son mari et sa fille  
Alicia*

*A mon frère Abderrezak*

*A ma cousine Neouara et ses filles, Lamis, Yousra et  
Selma et son fils Mohammed Amer*

*A mon meilleur ami Nada, Kamilia, Zahira, Amira  
et Meriem pour leur aide et gentillesse*

*A Mouloud pour son aide et ses conseils, pour sa  
disponibilité et pour son soutien moral*

*A tous mes amies de la promotion*

*A toute personne ayant contribué à la réalisation  
de ce travail de loin et de près*

# Liste des figures et tableaux

## Liste des figures et tableaux

<b>Figure 1</b> : Représentation schématique de l'évolution historique des espèces du blé .....	04
<b>Figure 2</b> : système racinaire du blé .....	06
<b>Figure 3</b> : Structure d'un épi de blé tendre .....	07
<b>Figure 4</b> : Morphologie d'une plante de blé tendre .....	08
<b>Figure 5</b> : Cycle de développement du blé .....	12
<b>Figure 6</b> : Fusariose du blé .....	17
<b>Figure 7</b> : Charbon du blé .....	17
<b>Figure 8</b> : Mouche de Hesse .....	20
<b>Figure 9</b> : Larve de <i>T. castaneum</i> .....	23
<b>Figure 10</b> : Nymphe de <i>T.castaneum</i> .....	25
<b>Figure 11</b> : Adulte de <i>T.castaneum</i> .....	26
<b>Figure 12</b> : Cycle de vie de <i>Tribolium castaneum</i> sur la semoule dans les conditions de laboratoire .....	27
<b>Figure 13</b> : Dégâts de <i>Tribolium castaneum</i> sur la semoule .....	29
<b>Figure 14</b> : Morphologie d'un arbre d'oranger.....	33
<b>Figure 15</b> : Fleur d'oranger.....	34
<b>Figure 16</b> : Fruit d'oranger doux .....	34
<b>Figure 17</b> : Champ de culture du géranium rosat à Chiffa.....	37
<b>Figure 18</b> : plante de Géranium rosat .....	37
<b>Figure 19</b> : l'huile essentielle du géranium rosat provenant du marché locale (Originale, 2022) .....	40
<b>Figure 20</b> : bocaux en verre utilisés dans le test par inhalation .....	42

## Liste des figures et tableaux

<b>Figure 21</b> : Dispositif expérimental utilisé dans le lancement du test par inhalation pour les deux huiles essentielle. ....	<b>43</b>
<b>Figure 22</b> : Evolution de la mortalité des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> en fonction du temps et des doses en huiles d'oranger douce.....	<b>48</b>
<b>Figure 23</b> : Evolution de la mortalité des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> en fonction du temps et des doses en huile de géranium.....	<b>49</b>

### ❖ Liste des tableaux :

<b>Tableau N°01</b> : Classement des états du monde par production de blé (En tonne). ....	<b>14</b>
<b>Tableau N° 02</b> : Principaux coléoptères ravageurs des denrées alimentaires stockées des régions chaudes .....	<b>19</b>
<b>Tableau N° 03</b> : Spécificités biochimiques et caractéristique de l'huile essentielle de <i>C.sinensis</i> .....	<b>35</b>
<b>Tableau N° 04</b> : Liste des composés détectés à partir d'extraits aqueux et méthanoliques dans <i>P.graveolens</i> . ....	<b>39</b>
<b>Tableau N° 05</b> : Effet répulsif d'huile d'oranger douce sur le Tribolium rouge de la farine	<b>43</b>
<b>Tableau N° 06</b> : Effet répulsif de l'huile de géranium sur le tribolium rouge de la farine .....	<b>44</b>

# Sommaire

<b>Remerciement.</b> .....	<b>I</b>
<b>Dédicace.</b> .....	<b>II</b>
<b>Sommaire.</b> .....	<b>III</b>
<b>Liste des abréviations.</b> .....	<b>IV</b>
<b>Liste des tableaux et figures.</b> .....	<b>V</b>
<b>Introduction.</b> .....	<b>01</b>

## Partie I :

### Chapitre I: Plante hôte

<b>1. Historique et origine</b> .....	<b>03</b>
<b>2. Aire de répartition</b> .....	<b>05</b>
<b>3. Position systématique</b> .....	<b>05</b>
<b>4. caractères botaniques</b> .....	<b>05</b>
4.1-Racines .....	<b>05</b>
4.2-Tige .....	<b>06</b>
4.3-Feuilles .....	<b>06</b>
4.4-Fleurs .....	<b>07</b>
4.5-Epi .....	<b>07</b>
4.6-Grain.....	<b>08</b>
<b>5. Cycle biologique</b> .....	<b>08</b>
5.1 Période végétative .....	<b>09</b>
5.1.1-Germination – levée.....	<b>09</b>

## Sommaire

5.1.2-Levée-tallage.....	09
5.1.3-Tallage – montaison.....	10
5.2-Période reproductrice.....	10
5.2.1-Montaison – gonflement.....	10
5.2.2-Epiaison – floraison.....	10
5.2.3-Grossissement du grain.....	11
5.2.4-Maturation.....	11
<b>6. Exigences de culture.....</b>	<b>13</b>
6.1-Exigences édaphiques.....	13
6.2-Exigences climatiques.....	13
6.2.1-Eau.....	13
6.2.2-Température.....	13
6.2.3-Lumière.....	13
<b>7. Importance de la plante.....</b>	<b>14</b>
7.1-Importance économique.....	14
7.1.1-Dans le monde.....	14
7.1.2-En Algérie.....	15
7.1.3-Tizi-Ouzou.....	15
7.2-Valeur alimentaire.....	15
<b>8. Ravageurs et maladies.....</b>	<b>15</b>
8.1-Maladies.....	15
8.1.1-Fusarioses.....	15
8.1.2-Charbon du blé.....	16

## Sommaire

8.1.3-Carie du blé .....	16
8.1.4-Rouilles .....	16
8.1.5-Mosaïque du blé .....	16
8.2-Ravageurs .....	17
8.2.1-Oiseaux.....	17
8.2.2-Rongeurs .....	17
8.2.3-Nématodes.....	18
8.2.4-Insectes .....	18
8.2.4.1-Insectes inféodés aux stocks : .....	18
8.2.4.2-Insectes attaquant les récoltes de blé .....	20
<b>9. Conditions de stockage.....</b>	<b>21</b>
9.1-Stockage traditionnel .....	21
9.2-Stockage en vrac .....	21
9.3-Stockage en sac. ....	21

## **Chapitre II : Généralités sur l'insecte ravageur**

<b>1. Généralités .....</b>	<b>23</b>
<b>2. Origine et distribution géographique .....</b>	<b>24</b>
<b>3. Position systématique .....</b>	<b>24</b>
<b>4. Cycle de vie .....</b>	<b>24</b>
4.1. Œufs .....	24
4.2. Larve.....	25
4.3. Nymphe .....	25
4.4. Adulte .....	26

## Sommaire

<b>5. Bioécologie.....</b>	<b>26</b>
<b>6. Dégâts associés.....</b>	<b>28</b>
<b>7. Moyens de lutte contre <i>T.castaneum</i>.....</b>	<b>29</b>
7.1. Lutte chimique.....	29
7.2. Lutte biologique .....	29
7.3. Lutte physique.....	30
7.4. Lutte génétique.....	30

## Partie II :

### Chapitre III : Matériel et méthodes

<b>1. Matériel .....</b>	<b>31</b>
1.1. Matériel du laboratoire .....	31
1.2. Matériel biologique .....	31
1.2.1. Insectes .....	31
1.2.2. Huiles essentielles .....	31
1.2.2.1. Huile d'Oranger doux.....	31
1.2.2.2. Huile de Géranium rosat .....	36
<b>2. Méthodes .....</b>	<b>40</b>
2.1. Test par inhalation.....	40
2.2. Test par répulsion .....	41

### Chapitre IV : Résultats et discussion

1. Résultat du test par répulsion .....	43
1.1. Effet répulsif d'huile d'oranger douce .....	43

## Sommaire

1.2. Effet répulsif d'huile essentielle de géranium sur le tribolium rouge de la farine.....	44
1.3. Discussion .....	45
2. Résultats du test par inhalation .....	47
2.1. Effet d'huile d'oranger douce sur les adultes de <i>Tribolium castaneum</i> .....	47
2.2. Effet d'huile de géranium sur les adultes de Tribolium rouge de la farine..	48
2.3. Discussion .....	48
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>52</b>

**Références bibliographiques.**

**Résumé.**

# **Introduction**

### Introduction

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Les céréales sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale (Slama et *al.* (2005) Cité in Mouellef, 2010). La production des céréales arrive jusqu'à 2001.5 Mt (FAO, 2007).

En Algérie, les céréales et leurs dérivées constituent l'épine dorsale du système alimentaire Algérien. En effet, elles fournissent plus de 60% de l'apport calorique et de 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire nationale (Feuillet, 2000). Cependant la gestion de la structure de stockages doit viser à amoindrir les activités des facteurs de détérioration tels que les intempéries, les parasites et les insectes ravageurs qui causent d'importantes pertes économiques en lieux de stockages. Parmi ces céréales, le blé occupe la première place pour la production mondiale et la deuxième place après le riz, comme source de nourriture pour les populations humaines, il assure 15% de ses besoins énergétiques (Bajji. (1999) Cité in Mouellef, 2010).

Le blé subit des attaques des impuretés, d'insectes et de maladies à la récolte et au moment du stockage. Ce qui nécessite une intervention consistant à la combinaison des mesures de protection contre ces ravageurs.

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

Les mesures de la protection des denrées stockées sont essentiellement basées sur l'application des insecticides qui sont néfastes qu'ils polluent, appauvrissent la biodiversité, créent des problèmes de santé.

La recherche des alternatives ayant des pouvoirs insecticides, telles que les huiles essentielles et les huiles végétales, est devenue indispensable pour réduire l'effet désastreux des produits chimiques.

L'objectif de notre étude est d'évaluer le pouvoir biocide de deux huiles essentielles à savoir, l'huile d'oranger douce *Citrus sinensis* et l'huile de Géranium rosat *Pelargonium graveolens* provenant du marché local à l'égard du ravageur des denrées stockées tribolium rouge de la farine *Tribolium castaneum*.

## Introduction

Cette étude est répartie comme suit : La première partie comprend la synthèse bibliographique scindée en deux chapitres ; le premier chapitre nous montre la description de la plante hôte et le deuxième chapitre parle des généralités sur l'insecte ravageur.

La deuxième partie se divise en deux chapitre, le premier chapitre : matériel et méthodes, le deuxième chapitre : résultats et discussion dont l'objectif est l'étude de l'effet des huiles essentielles sur le tribolium rouge de la farine et enfin une conclusion viendra clôturer ce travail.

# **Chapitre I :**

## **Plante hôte**

## 1. Historique et origine

Le terme « blé » dévie probablement du gaulois «mlato » qui devient « blato » (farine) esquivant du latin «molitus » égale mou et à l'origine, du vieux français blai, blée et de verbes anciens, bléer, laver d'où le verbe emblaver qui signifie ensemercer en blé et qui désigne les grains qui, broyés fournissent de la farine (Henry et Byser, 1961) cité par Namoune (1989).

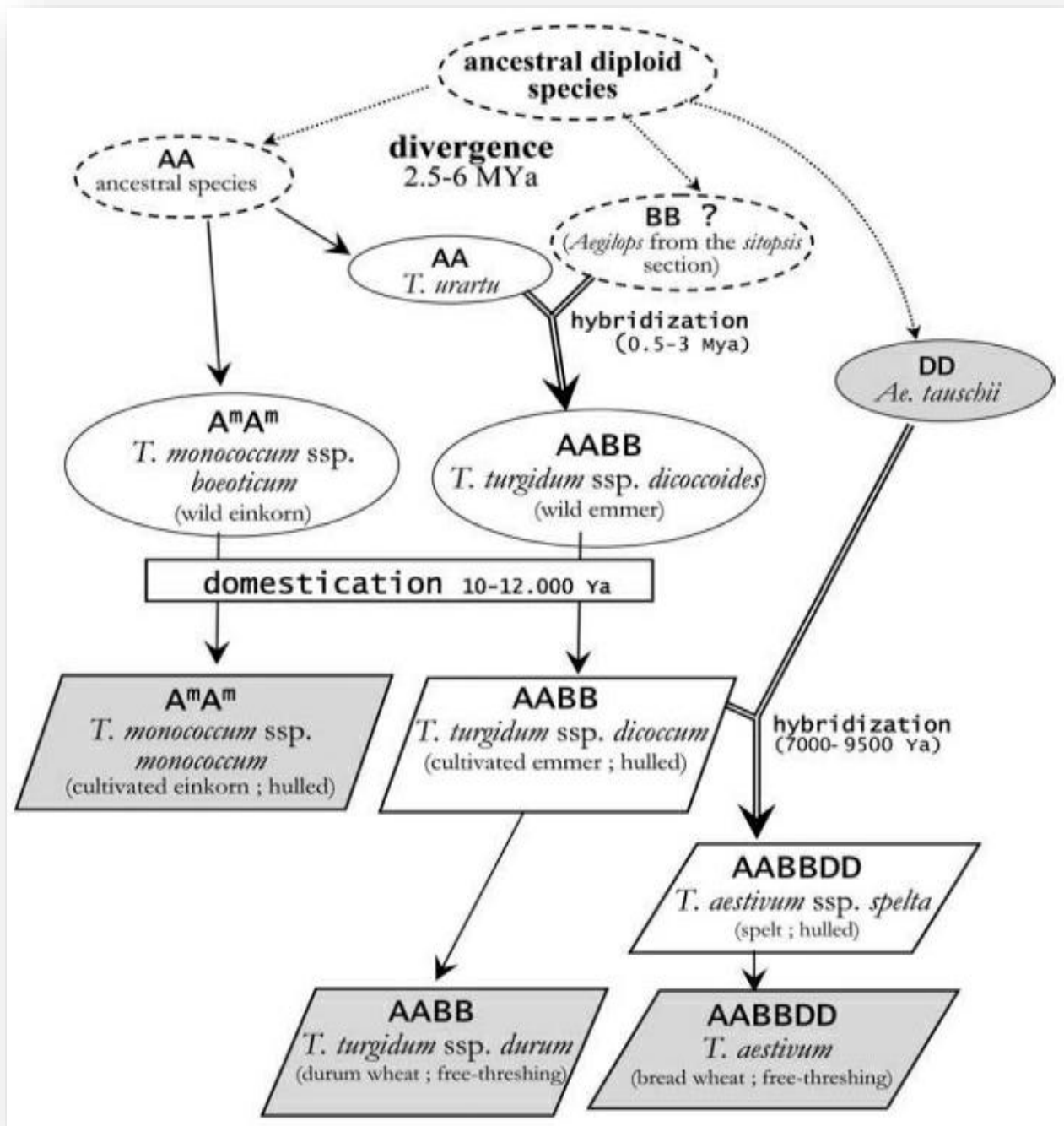
Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum*, tribu des *Triticées* au sein de la famille des *Poaceae* et plus largement au groupe des angiospermes monocotylédones (Bolot et *al.*, 2009). C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscents, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments (Feuillet, 2000).

L'aire d'origine des blés est le proche Orient, dans la zone dite du Croissant fertile, l'Irak, la Syrie et la Turquie (Baldy, 1986). La diffusion du blé vers l'Europe, l'Asie et l'Afrique du Nord est très ancienne. Le blé tendre *Triticum aestivum* est apparu il y'a 7000 à 9500 ans, probablement par la domestication des blés (Nesbitt et Samuel, 1995). Les botanistes classent le blé tendre dans le groupe des blés hexaploïdes ( $2n = 42$ ) (Bonjean, 2001). Le blé hexaploïde *Triticum aestivum* à génome (BBAADD) est très vraisemblablement apparu seulement après la domestication des blés diploïdes et tétraploïdes (fig.1) (Chantret et *al.*, 2005)

Le génome actuel du blé tendre provient de 2 évènements majeurs d'hybridations successives ; un premier évènement résultant du croisement entre deux espèces diploïdes ( $2n=14$ ), *Triticum urartu* (AA) et une espèce proche d'*Aegilops sepltoïdes* (BB), a permis l'apparition du blé dur sauvage (*Triticum turgidum ssp dicoccoïdes*) au génome AABB, à l'origine du blé dur actuel *Triticum durum*. Un second croisement entre le tétraploïde *Triticum turgidum* et le diploïde *Triticum tauschii* (aussi appelé *Aegilops tauschii* ou *Aegilops squarosa*, génome DD) a conduit à l'obtention de blés hexaploïdes tels que le blé tendre (*Triticum aestivum*) et l'épeautre (*Triticum spelta*) (Bednarek, 2012). Le génome de *Triticum aestivum* à une taille de 17 milliards de paires de bases, organisé en trois séries de 7 chromosomes appartenant aux génomes A, B et D soit 42 chromosomes au total (Paux et *al.*, 2008).

En Algérie, Ducellier a recensé particulièrement une flore mal connue, eu découvert et analysa les nombreuses variétés, qui peuplaient les champs cultivés, recueillit les échantillons les plus caractérisés, les plus productifs, les plus résistants à la sécheresse ou à quelques maladies. Le blé tendre était inconnu en Afrique du Nord avant l'arrivée des français

(Lery, 1982). Les blés ont d'abord évolués en dehors de l'intervention humaine, puis sous la pression de sélection qu'ont exercée les premiers agriculteurs (Henry et de Buyser, 2001)



**Figure 1 :** Représentation schématique de l'évolution historique des espèces du blé (Chantret et al., 2005)

## 2. Aire de répartition

Le blé est davantage cultivé dans les hautes latitudes mais on le trouve aussi dans certains pays du sud avec des variétés plus résistantes à la sécheresse.

## 3. Position systématique

Selon Cronquist, 1981 le blé appartient au :

Règne :.....Plantae

Sous-règne :.....Viridiplantae

Division :.....Magnoliophyta

Classe :.....Liliopsida

Ordre :.....Cypéales

Famille :.....Poacées

Genre :.....*Triticum*

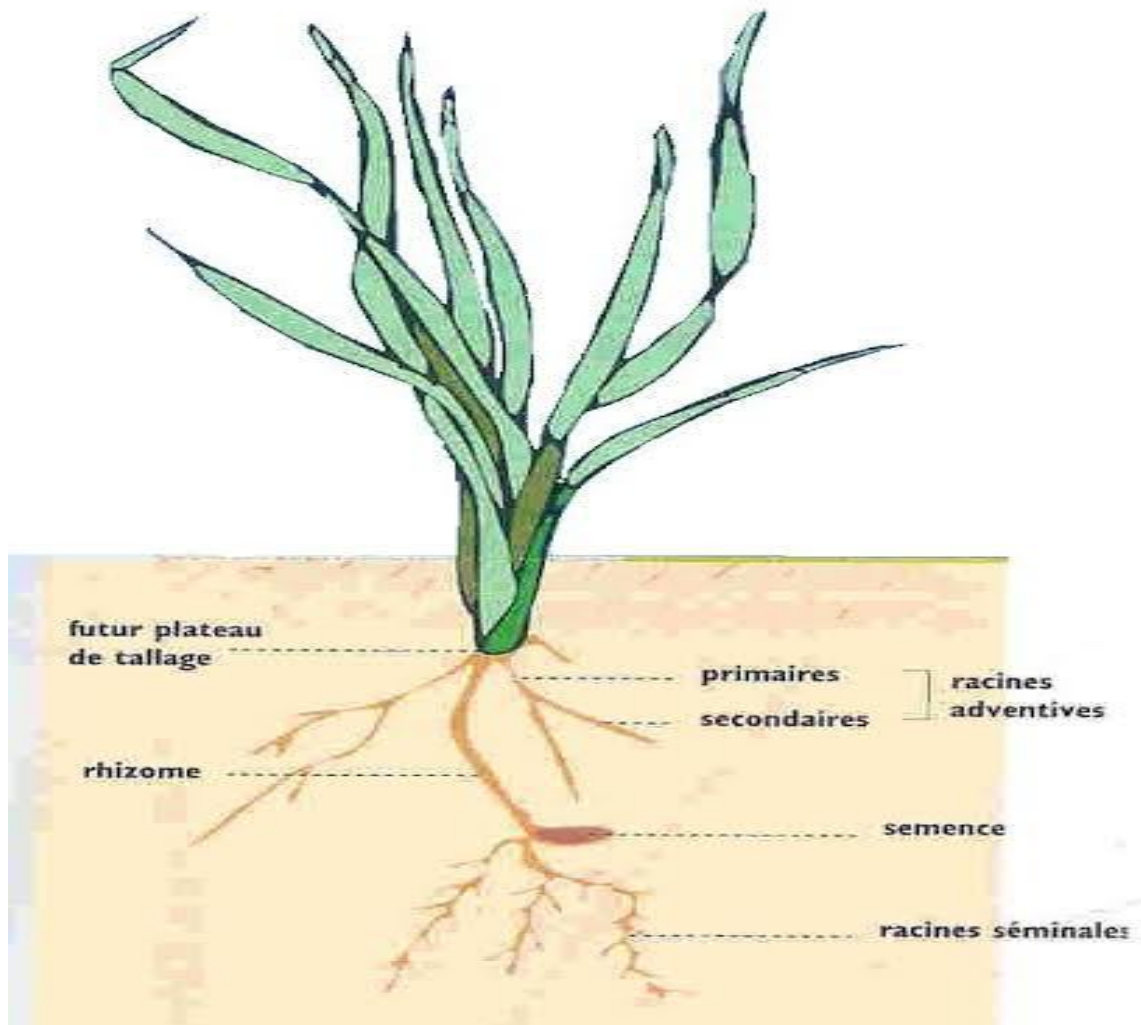
Espèce :.....*Triticum aestivum* L. 1753

## 4. caractères botaniques

### 4.1-Racines

Le système racinaire du blé est de type fasciculé peu développé comportant des racines primaires qui assurent la croissance de la plantule jusqu'au tallage et les racines secondaires ou adventices qui sont émises à partir du plateau de tallage. Les racines séminales sont produites par la plantule durant la levée tandis que ces adventives se forment plus tard à partir des nœuds à la base de la plante et forment le système racinaire permanent (Maamri, 2011).

La profondeur des racines est variable, elle dépend de la préparation du sol et son humidité. Selon le travail du sol ainsi que l'humidité du sol, 50% du poids total des racines se trouvent entre 0 à 25 cm, 10 % entre 20 à 50 cm mais elles peuvent atteindre 1m à 1.2m dans un sol bien profond (fig.2) (Soltner, 1980)



**Figure 2** : système racinaire du blé (Original, 2022)

#### 4.2-Tige

Les tiges sont des chaumes, cylindriques, souvent creux et interrompues par des nœuds où émergent de longues feuilles, qui d'abord engainent la tige puis s'allonge en un limbe étroit à nervures parallèles (Bebba, 2011). La tige prend son caractère et sa vigueur au début de la montaison, elle porte de 7 à 8 feuilles et des bourgeons auxiliaires servant à l'origine des talles et s'allonge considérablement à la montaison, une plante peut produire 03 brins avec la tige principale (fig.4).

#### 4.3-Feuilles

D'après Soltner (1980), les feuilles de blé sont assez longues, se composent de deux parties, partie supérieure en forme de lame (le limbe) et partie inférieure ou la gaine.

Elles sont alternées et ont des nervures parallèles ; au point d'attache de la gaine de la feuille se trouve une membrane mince et transparente (ligule) comportant deux petits appendices latéraux (oreillettes).

#### 4.4-Fleurs

Les fleurs sont groupées en inflorescence ou épillets qui s'attachent à l'axe ou rachis de l'épi portant de 15 à 25 épillets par épis (Benderradji, 2013). Chaque fleur est enveloppée de deux glumelles l'une à l'intérieur et l'autre à l'extérieur ainsi qu'un pistil à deux styles à stigmates plumeux qui peut produire un fruit à une seule graine, soit le caryopse (Maamri, 2011). La fécondation de la fleur a lieu à l'intérieur des glumelles, avant la sortie des étamines à l'extérieur (Benderradji, 2013).

#### 4.5-Epi

L'épi provient du bourgeon terminal du plateau de tallage après l'achèvement du développement de la tige, il apparait enveloppé dans la dernière feuille. L'inflorescence du blé est un épi muni d'un rachis portant des épillets séparés par de courts entre-nœuds (Bozzini, 1988).

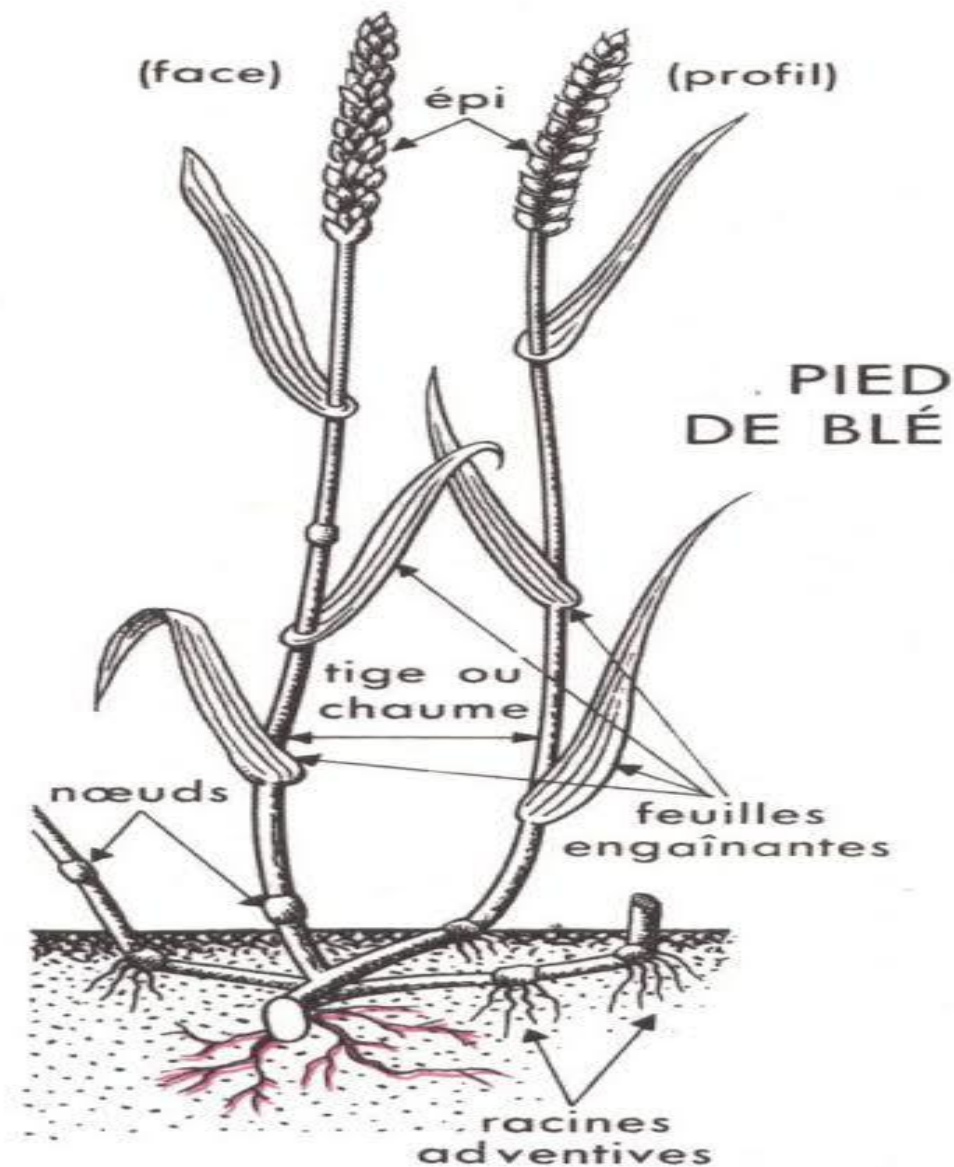
Les épillets fertiles, ovales, comprimés latéralement, de 10 à 15 mm de long sur 9 à 18 mm de large, comprennent 2 à 4 fleurons fertiles, avec des fleurons réduits à l'apex qui sont persistants sur la plante (fig.3) (Crété, 1965 in Benkhellat, 2002).



**Figure 3** : Structure d'un épi de blé tendre (feuillet, 2000)

#### 4.6-Grain

Le blé est une graminée qui possède un fruit sec appelé « caryopse », ainsi qu'à distinguer par un grain étroit allongé à sillon profond et à brosse peu développée, ainsi qu'à texture souvent vitreuse. Le grain de pollen fusiforme contient habituellement trois noyaux (Belaid, 1996).



**Figure 4 :** Morphologie d'une plante de blé tendre (Original, 2022)

#### 5. Cycle biologique

Selon Gate et *al.* (1997) et Boyeldieu. (1999), le cycle biologique du blé est représenté par de grandes périodes subdivisées en phases et en stades. On compte deux grandes périodes.

- ❖ La première période végétative débute de la germination à la fin du tallage.
- ❖ La période deuxième période : reproductrice s'étend du redressement à la fécondation.

## 5.1 Période végétative

La période végétative se caractérise par un développement strictement herbacé et s'étend de la germination jusqu'à fin tallage. Elle se divise en deux stades :

### 5.1.1-Germination – levée

La levée débute quand la première feuille traverse le coléoptile, graine rigide et protectrice enveloppant la première feuille, elle est atteinte lorsque la majorité des lignes de semis sont visible en surface du sol (Gate, 1995 ; Gate et *al.*, 1997).

La germination est le passage de la semence de l'état de vie lente à l'état de vie active ; elle nécessite un taux d'humidité de 30 %.

### 5.1.2-Levée-tallage

La phase levée- début tallage s'amorce à partir de la quatrième feuille, le début du tallage est marqué par l'apparition de l'extrémité de la première feuille de la talle latérale primaire puis d'autres talles naissent successivement à l'aisselle de la deuxième et troisième feuille de la tige centrale formant ensemble un plateau de tallage. Le début du tallage est caractérisé par :

- Formation du plateau de tallage
- Emission des talles.
- Sortie de nouvelles racines.

Les talles primaires peuvent ensuite émettre des talles secondaires, lesquelles à leur tour émettent des talles tertiaires (Belaid, 1986 ; Gate, 1995). Le nombre de talles émises par plante dépend de la variété utilisée, du climat, de l'alimentation azotée et de la profondeur de semis (Djellout, 2001).

Le fin tallage exprime donc la fin de la période végétative pour débiter la période reproductrice, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entre-nœuds (fig.5) (Gate, 1995).

### 5.1.3-Tallage – montaison

La phase plein tallage- début montaison apparaît quand la jeune inflorescence (apex) est d'environ 1 cm au-dessus du plateau de tallage, il s'agit du stade début montaison. Le premier nœud est détectable au toucher à plus de 1 cm du plateau de tallage.

La montaison se caractérise par la différenciation et l'élongation des ébauches des nœuds et d'entre-nœuds (Boulal et *al.*, 2007). Elle se manifeste, à partir du stade épi à 1 cm, par l'élongation du premier entre-nœud. Ce stade coïncide avec hauteur de 1 cm de l'ébauche de l'épi du brin-mâitre à partir du plateau de tallage (Gate, 1995).

### 5.2-Période reproductrice

La période reproductrice comprend la formation et la croissance de l'épi ; elle se caractérise par :

#### 5.2.1-Montaison – gonflement

La montaison débute à la fin du tallage, et la tige principale ainsi que les talles les plus âgées commencent à s'allonger suite à l'élongation des entre-nœuds, auparavant emplies sous l'épi (Belaid, 1996).

#### 5.2.2-Epiaison – floraison

La phase épiaison-floraison est marquée par l'éclatement de la gaine avec l'émergence de l'épi. C'est au cours de cette phase que s'achève la formation des organes floraux (l'anthèse) et s'effectue la fécondation. Cette phase est atteinte quand 50 % des épis sont à moitié sortis de la gaine de la dernière feuille (Gate, 1995).

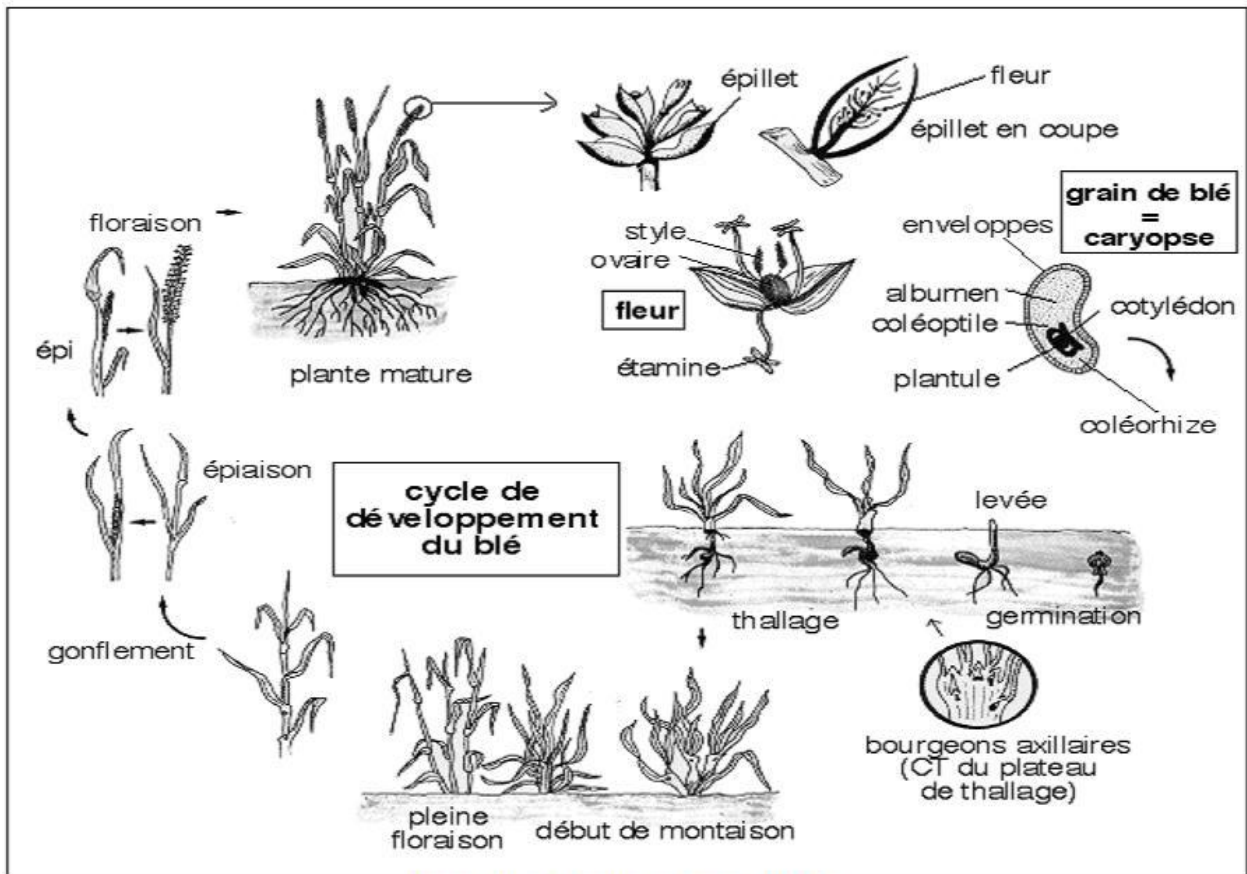
La durée de la phase épiaison est en moyenne de 32 jours (Prats et al, 1971) ; cette durée dépend aussi des conditions climatiques. Durant cette phase se termine la formation des organes floraux (l'anthèse) et se déroule la fécondation où les fleurs restent généralement fermées. La floraison dure de trois à six jours suivant les conditions climatiques. Elle commence au centre de l'épi, puis se poursuit vers les deux extrêmes de l'épi. La durée de réceptivité du stigmate du blé dépend de la variété et des conditions du milieu, mais se situe entre 3 à 13 jours. Une fois fécondé, l'ovaire grossit rapidement. Au bout de deux semaines après la fécondation, l'embryon est physiologiquement fonctionnel et peut produire une nouvelle plantule (fig.5) (Bozzini, 1988).

### 5.2.3-Grossissement du grain

Durant cette phase la plante connaît une modification dans son fonctionnement, elle sera alors orientée vers le remplissage des grains à partir de la biomasse produite. L'ovaire est marqué par sa croissance. Durant cette phase d'activité, la photosynthèse devient intense. Au début, le grain s'organise, les cellules se multiplient, les besoins des grains sont inférieurs à ce que fournissent les parties aériennes, plus de 3/4 de la matière sèche sont stockés au niveau des tiges et des feuilles. Par la suite, les besoins augmentent et le poids des grains dans l'épi s'élève, alors que la matière sèche des parties aériennes diminue progressivement. Seulement 10% à 15% de l'amidon du grain peut provenir de réserves antérieures à la floraison (Boulelouah, 2002).

### 5.2.4-Maturation

La phase de maturation succède au stade pâteux où l'humidité du grain est 45% ; elle correspond à la phase au cours de laquelle le grain va perdre progressivement son humidité en passant par divers stades (Gate, 1995). Durant cette phase, le grain va perdre progressivement son humidité en passant par divers stades. Elle commence à la fin du palier hydrique marqué par la stabilité de la teneur en eau du grain pendant 10 à 15 jours. Après cette période, le grain perdra son excès d'eau et devient progressivement « rayable à l'angle » avec 20 % d'humidité puis, « cassant sous la dent avec 15-16 % d'humidité où le grain a atteint sa teneur maximale en matière sèche. À ce stade, le poids du grain et sa teneur en protéines sont achevés ; le grain durcit et sa coloration passe du vert au jaune (Gate, 1995).



Le cycle de développement du blé.

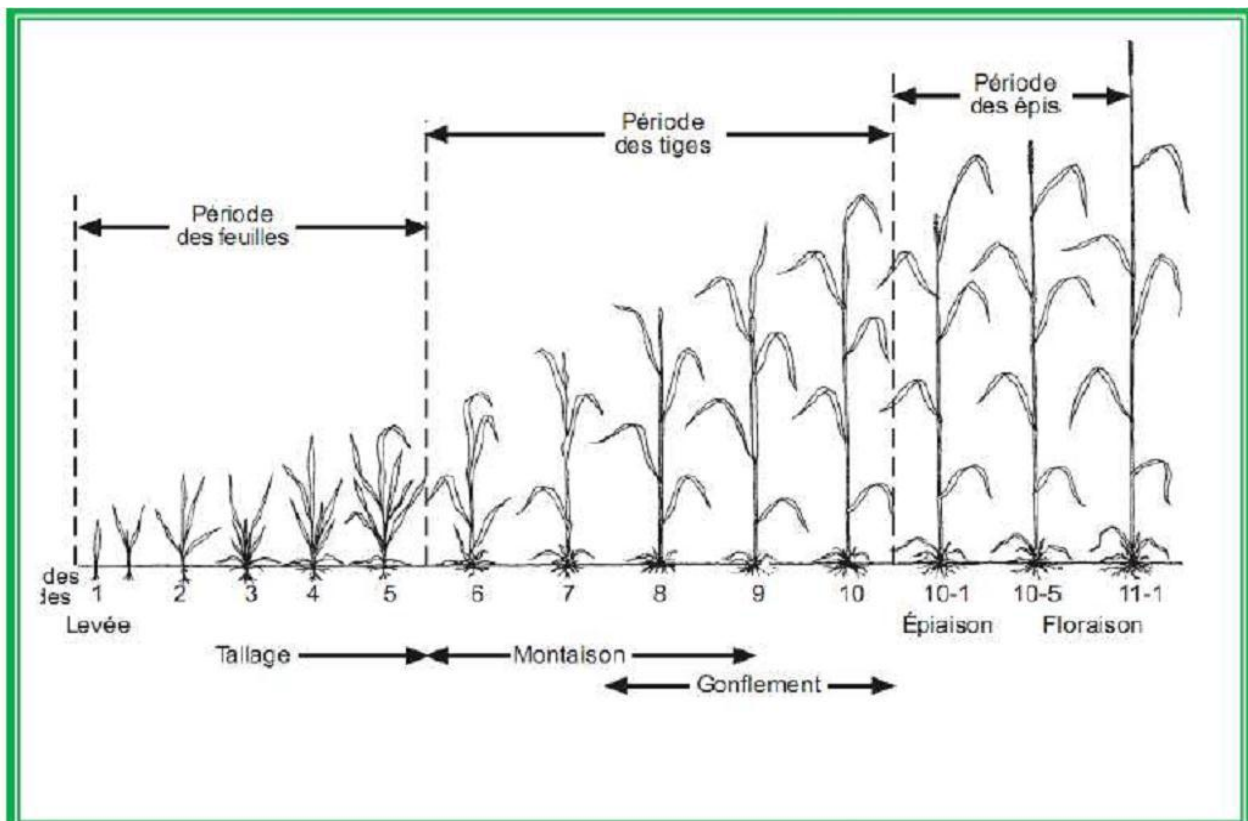


Figure 5 : Cycle de développement du blé (Original, 2022)

## 6. Exigences de culture

### 6.1-Exigences édaphiques

D'après Soltner (1988), les sols convenant le mieux au blé sont des sols drainés et profonds. La culture du blé préfère les sols limoneux, argilo-calcaires, argilo-siliceux et avec des éléments fins. Il faut noter également que le blé s'accommode à des terres différentes avec l'emploi des fumures et les variétés appropriées.

Le principal avantage d'une terre profonde c'est le fait qu'elle facilite le développement complet du système racinaire (Prat et Clement, 1971).

### 6.2-Exigences climatiques

#### 6.2.1-Eau

Les exigences en eau des cultures sont définies comme la lame d'eau nécessaire pour satisfaire l'évapotranspiration (Dorrembos et pruit, 1977). Le blé demande 450 à 650 mm de pluie, pour un bon rendement, selon le climat et la longueur du cycle végétatif (Moule, 1980).

#### 6.2.2-Température

La température est l'un des paramètres climatiques les plus importants pour la croissance et l'activité photosynthétique. Selon Soltner (1988), Le zéro de végétation du blé est très bas, égale à 0° c, son exigence en chaleur pour accomplir son cycle végétatif est très élevée, elle nécessite un cumul de 2300°c, qui se répartit le long du cycle comme suit :

- **Semi -Germination** : 150° c
- **Germination – Tallage** : 500 °c
- **Tallage – Floraison** : 850° c
- **Floraison-Maturation** 800° c.

#### 6.2.3-Lumière

La lumière est un paramètre climatique qui agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement du blé. Un bon tallage est garanti si le blé est placé dans les conditions optimales d'éclairement. Du point de vu caractéristiques climatiques, les blés préfèrent les zones caractérisées par les jours longs. D'où la culture du blé est connu comme une plante a jours longs, son seuil héméroperiodique lui permettant de former des ébauches d'épillets se situe entre de 12 à 14 heures, ce seuil varie d'une variété à l'autre. Tandis que les jours courts retardent énormément l'initiation florale surtout sil elle coïncide avec une période

sèche (Soltner, 1988). Au-dessous de ce seuil de durée de jour, il n'y a pas de formation primordiale d'épillets et les plantes continueront à différencier des organes végétatifs (Simon et al., 1989).

## 7. Importance de la plante

Les céréales présentent une importance économique et alimentaire.

### 7.1-Importance économique

#### 7.1.1-Dans le monde

709 millions d'hectares de céréales sont cultivés dans le monde, soit 51 % des terres arables, 14 % de la surface agricole mondiale et 5 % des terres émergées du monde (FAO, 2020).

D'après la FAO, environ 749 millions de tonnes de blé sont produites par an.

Les dix grands pays producteurs du blé dans le monde sont ; en première position la Chine avec une production annuelle de 134 millions de tonnes suivi par l'Inde qui produit environ 107 millions de tonnes et vient en troisième position la Russie avec 85 millions de tonnes, les États-Unis avec sa production de 49 millions de tonnes occupe la quatrième position, vient ainsi la France, le Pakistan (tab.1).

**Tableau N°01 :** Classement des états du monde par production de blé (En tonne). (FAO, 2020)

CLASSEMENT DES ÉTATS DU MONDE PAR PRODUCTION DE BLÉ (en tonne)				
Source : "Wheat", FAOSTAT, Food and Agriculture Organization, United Nations.				
RANG	ÉTAT OU TERRITOIRE	PRODUCTION DE BLÉ (t)		
		2000	2010	2020
1	Chine	99 636 000	115 181 000	134 250 000
2	Inde	76 368 896	80 803 600	107 590 000
3	Russie	34 460 052	41 507 581	85 896 326
4	États-Unis	60 639 376	60 062 408	49 690 680
5	Canada	26 535 500	23 299 600	35 183 000
6	France	37 355 957	38 207 431	30 144 110
7	Pakistan	21 078 600	23 310 800	25 247 511
8	Ukraine	10 197 000	16 851 300	24 912 350
9	Allemagne	21 621 548	23 782 955	22 172 100
10	Turquie	21 000 000	19 674 000	20 500 000

### 7.1.2-En Algérie

D'après (Anonyme, 2002) l'Algérie importe ses besoins en céréales et constitue de ce fait, le premier importateur mondial du blé.

D'après la FAO, les stocks de céréales de l'Algérie ont progressé de 5,6 millions de tonnes en 2017 à 6,7 millions de tonnes en 2020. Ils ont par la suite reculé de -6 % à 6,3 millions de tonnes en 2021, selon les estimations de l'organisation, qui prévoit une chute à 5,1 millions de tonnes en 2022.

### 7.1.3-Tizi-Ouzou

D'après Mme Ladaouri, chargée des grandes cultures à la DSA, le rendement estimé pour l'année 2022 est à 22 q/ha, contre 21 enregistrés la saison dernière, où la production globale a atteint 167 000 q. D'après les chiffres fournis par la même responsable, la superficie emblavée à travers le territoire de la wilaya est de 70 227 ha, dont 92 ha pour le blé tendre.

## 7.2-Valeur alimentaire

Le blé tendre est cultivé pour faire la farine panifiable utilisée pour le pain, ses grains se séparent de leurs enveloppes au battage. Le blé tendre a connu une très grande dispersion géographique et est devenue la céréale la plus cultivée. La sélection moderne, initiée à la fin du XIXe siècle par Henry de Vilmorin, s'est concentrée sur trois axes : la résistance aux aléas climatiques, la richesse en protéines, notamment le gluten pour la panification, et bien entendu le rendement (Armand et Germain, 1992).

Les céréales et leurs dérivés constituent l'épine dorsale du système alimentaire algérien. Ils fournissent plus de 60 % de l'apport calorique de la ration alimentaire nationale (Talamalil, 2000). Le blé tendre représente 60% de la ration alimentaire du citoyen algérien, et ses habitudes alimentaires (pâte, biscuit, pain) font de lui un grand consommateur de cette denrée (Benbelkacem, Saldi, Brinis, 1995) (Diponzo, Kaan, Nachit, 1993).

## 8. Ravageurs et maladies

### 8.1-Maladies

Parmi les maladies les plus importantes touchant le blé et causant des pertes, nous citons :

#### 8.1.1-Fusarioses

Les fusarioses sont dues à *Fusarium nivale* et *Fusarium roseum*. *F.nivale* peut contaminer les épis à partir des débris végétaux contaminés. Nous pouvons observer un

dessèchement précoce suivi d'un échaudage d'une partie de l'épi. *Fusarium roseum* fait apparaître un noircissement à la base des tiges et un dessèchement précoce de l'épi (Dupont, 1982). Cette maladie présente une incidence directe sur les rendements provoquant une diminution du nombre de grains par épi, accompagnée du risque de présence de mycotoxine dans le grain (fig.6) (Le Boulch et Mangne, 1999).

### 8.1.2-Charbon du blé

Le charbon du blé est provoqué par *Ustilago tritici* ou *Ustilago hordei* (Oufroukh et Hamadi, 1993). (Clement-grandcourt et prat, 1970) notent que ce sont des parasites foliaires ou d'inflorescence, ils ne se manifestent que peu avant le moment où l'épi sort de la graine. La dernière feuille avant l'épi jaunit et les épillets apparaissent entièrement détruits (fig.7).

### 8.1.3-Carie du blé

La carie du blé est due à *Tilletia carie* qui entraîne des diminutions sensibles de rendement et de qualité, elle compte parmi les maladies les plus importantes du blé dans le bassin méditerranéen. Elle apparaît à l'épiaison. Le blé couvert de spores donne de mauvaise qualité et inconsommable (Oufroukh et Hamadi, 1993).

### 8.1.4-Rouilles

La rouille brune due à *Puccinia triticina*, se déclare entre l'épiaison et la fin de la floraison. Elle se présente sous forme de macules brunes arrondies sur les feuilles.

La rouille noire due à *P.graminis*, est observée après la moisson sur les pailles, sous forme de pustules très allongées contenant des spores (Dupont, 1982)

### 8.1.5-Mosaïque du blé

Les deux agents de la mosaïque sont nommés l'un VMB (virus de la mosaïque du blé) et l'autre VMJB (virus de la mosaïque jaune du blé), tous deux sont transmis par le champignon du sol *Polymyxa graminus*. Parfois ces deux virus sont présents simultanément dans la même parcelle.



**Figure 6 :** Fusariose du blé (Originale, 2022)



**Figure 7 :** Charbon du blé (Originale, 2022)

## 8.2-Ravageurs

Parmi les ravageurs redoutables s'attaquant au blé, nous citons plusieurs oiseaux, rongeurs, nématodes et insectes.

### 8.2.1-Oiseaux

Les oiseaux les plus redoutables en Algérie sont les moineaux sont des oiseaux de petite taille note que ces derniers touchent sévèrement les céréales précoces et causent une perte réelle sur la récolte de céréales estimée (Borteli, 1969)

### 8.2.2-Rongeurs

Les rongeurs causant des pertes à la récolte de blé sont nombreux parmi les plus redoutables on note le Rat noir (*Rattus rattus*), le Surmulot (*Rattus novegicus*) et la Mérieone

de Shaw (*Meriones shawi*). Les Mulots n'occasionnent des dégâts sur les céréales que si leur densité est importante (Clement-Grandcourt et prat, 1970).

### **8.2.3-Nématodes**








Dans le monde, un complexe d'au moins 10 espèces de nématodes est inféodé aux céréales (Rivoal et *al.*, 1985). *Heterodera avenae* est considéré actuellement comme étant l'espèce la plus dommageable en raison de sa large distribution géographique (Rivoal et *al.*, 1978).

### **8.2.4-Insectes**

#### **8.2.4.1-Insectes inféodés aux stocks :**

Ces insectes sont des Coléoptères, causant la perte totale d'un stock en quelques générations (Tab.2) (Pimentel et *al.*, 2007).

**Tableau 2 :** Principaux coléoptères ravageurs des denrées alimentaires stockées des régions chaudes (Scotti, 1978 ; Weidner et Rack, 1984).

Espèce	Famille	Condition de développement	Longévité (mois)	Multiplication en 1 mois	Céréales attaquées
<b>Les coléoptères primaires (attaquant les graines saines)</b>					
<i>Sitophilus oryzae</i> (Charançon du riz) 	Curculionidae	Température : 15-34°C H. ambiante : 40-45% H. du grain 11-12%	4 à 12	Par 20	Blé, orge, maïs, riz
<i>Sitophilus granarius</i> (Charançon des grains) 			4 à 6		
<i>Rhizopertha dominica</i> (Capucin du grain) 	Bostrichidae	Température : 22-38°C Humidité ambiante : 40-70% Humidité du grain : 10-14 %	4 à 8	Par 20	Blé, orge.
<b>Les coléoptères secondaires (attaquant les grains brisés)</b>					
<i>Oryzaephilus surinamensis</i> (Sylvain) 	Silvanidae	Température : 23-38°C Humidité ambiante : 50-90 % Humidité du grain : 10 %	6 à 10	Par 50 à 60	Blé, orge, maïs.
<i>Cryptolestes ferrugineus</i> (Petit sylvain) 	Laemophloeidae				
<i>Tribolium castaneum</i> (Tribolium rouge de la farine) 	Tenebrionidae	Température : 23-40°C Humidité ambiante : 10-70% Humidité du grain : >10 %	2 à 3 ans	Par 60 à 70	Blé, orge, maïs
<i>Tribolium confusum</i> (tribolium brun de la farine) 					

#### 8.2.4.2-Insectes attaquant les récoltes de blé sont :

##### ➤ Pucerons

Les pucerons ravageurs de récolte de blé sont notamment *Sitobion avenae* et *Rhopalosiphum padi*.

*Sitobion avenae* est l'espèce la plus dangereuse à l'épiaison (Capisano, 1997).

*Rhopalosiphum padi* peut pulluler à la montaison mais il est surtout à craindre en automne car il peut transmettre le virus de la jaunisse naissante de l'orge (J N.O.) (Capisano, 1997).

##### ➤ Vers blancs

L'espèce la plus couramment observer sur le blé est *Geotrogus deserticola*. La nuisibilité de ces ravageurs est due aux larves et débute en automne après la levée de la culture. Leur activité se poursuit et s'intensifie durant l'hiver et le printemps (Oufroukh et Hamadi, 1993).

##### ➤ Mouche de Hesse

La mouche de Hesse appelée également la Cécidomyie destructrice (*Mayetiola destructor*) est signalée en Afrique du Nord. Les larves attaquent les graines basales du blé, de l'orge et du seigle, ou elles forment un renflement bulbeux, provoquant le jaunissement et la mort des feuilles (fig.8) (Matile, 1993).

La Mouche de Hesse peut avoir six générations par an, les adultes de la première génération font leur apparition dans le courant du mois d'avril. Ils pondent sur les jeunes blés et leurs larves se développent assez rapidement (Balachowsky et Mesnil, 1936).



**Figure 8 :** Mouche de Hesse

## 9. Conditions de stockage

### 9.1-Stockage traditionnel

Le mode de stockage traditionnel dépend des conditions climatiques, notamment du taux d'humidité ambiante, et des matériaux locaux disponibles. Les agriculteurs utilisent, en général, des greniers dont la description et l'efficacité pratique varient d'une région à l'autre.

Dans les hauts plateaux algériens, le stockage traditionnel se fait au champ ou à proximité des habitations dans des greniers qui sont en fait des enceintes creusées dans un sol argileux, c'est ce qu'on appelle " El matmour". Ce type de greniers ne met pas les produits à l'abri des attaques des rongeurs et des insectes. Le stockage traditionnel remonte à la plus haute antiquité (Diawara et *al.*, 1989).

### 9.2-Stockage en vrac

Dans ce cas, les grains en tas sont laissés à l'air libre dans des hangars ouverts à charpente métallique (Doumandji et *al.*, 2003). Dans ce type de stockage des contaminations sont possibles car il en demeure des espaces entre les murs et le toit, ainsi de libre passage aux oiseaux, aux rongeurs et aux insectes est possible. Par ailleurs l'influence des intempéries est encore assez forte et le développement des moisissures et des bactéries est toujours à craindre.

Ce moyen de stockage est indispensable face à l'insuffisance des installations spécialisées aura tendance à disparaître dans l'avenir (Doumandji et *al.*, 2003)

### 9.3-Stockage en sac

Les grains sont conservés dans des sacs fabriqués en toile de jute entreposés dans divers locaux, magasins ou hangars (Doumandji et *al.*, 2003). La conservation est notablement améliorée si le sac en toile de jute est doublé intérieurement par un sac plastique.

Les entrepôts doivent être exempts d'infestation et le produit doit être sec (Ntsam, 1989). En cas de traitements chimiques, cette toile de jute permet le passage des fumigants, pesticide très volatiles capable d'agir sur l'appareil respiratoire des insectes. Souvent ce type de stockage est passager dans les milieux où l'auto consommation est forte (Doumandji et *al.*, 2003).

Au cours de leurs stockages les grains de céréales sont sujets à de nombreuses altérations d'où des pertes considérables dans le stock, touchant ainsi la morphologie, la composition chimique et biologique du grain. Les pertes causées aux grains des céréales entreposés sont dues principalement à l'humidité, à la température et aux insectes. Il est

indispensable de connaître ces paramètres si on veut comprendre pourquoi il arrive que les récoltes se conservent mal (Maisonneuve et Larose, 1985).

# **Chapitre II :**

Généralités sur l'insecte  
ravageur

## 1. Généralités

Le Coléoptère rouge de la farine, *Tribolium castaneum* est un ravageur cosmopolite des produits (Rees, 1996 ; Nenaah, 2014). Il appartient à la famille des scarabées sombres Tenebrionidae.

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

D'après Delobel et Tran (1993), quelques appellations sont accordées à *T.castaneum* (Herbst, 1797)

- En français : Tribolium rouge de la farine, petit ver de la farine
- Anglais: Red ou Rust – red flour beetle

Le tribolium rouge de la farine appartenant à la famille des Tenberionidaes, est l'un des insectes des stocks le plus ubiquiste et le plus polyphage. Les adultes et les larves ne s'implantent généralement dans les grains qu'après les attaques de ravageurs primaires qui leur ouvrent la porte (Camara, 2009).

Lorsque les grains sont brisés souvent attaqués (Seck, 1992). *T.castaneum* est considéré comme un ravageur secondaire strict causant d'importants dégâts sur les stocks de très nombreuses denrées amylacées notamment les farines de céréales (Bonneton, 2010).

L'adulte mesure de 3 à 4mm, de couleur uniformément brun rougeâtre ; il est étroit, allongé, à bords parallèles, à pronotum presque aussi large que les élytres et non rebordé antérieurement. Les 3 derniers articles des antennes sont nettement plus grosses que les suivants, le chaperon ne dépasse pas l'œil latéralement ; la larve mesure 6mm, 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 rougeâtres. Les œufs sont incolores et microscopiques à surface collante (Camara, 2009).

La capacité de cette espèce à trouver sa nourriture et à coloniser le milieu infesté et son aptitude à persister dans de petites quantités d'aliment, lui attribuent son statut de ravageur (Campbell et Hagstrum, 2002). Bien que ce dernier soit secondaire, requérant une infestation préalable par des ravageurs primaires, il peut facilement infester le blé ou d'autres graines endommagées durant la récolte (Farrell, 2010). Selon la FAO, il s'agit de l'un des deux insectes les plus nuisibles aux produits céréaliers usinés (1976 in Delobel et Trane, 1993).

## 2. Origine et distribution géographique

Le tribolium rouge de la farine paraît originaire d'Asie du Sud ; elle est trouvée dans de la nourriture placée dans la tombe de Toutankhamon (1345 avant J.-C.) : elle est actuellement cosmopolite. Il existe dans le monde de très nombreuses lignées présentant des caractères de résistance attestée aux insecticides, aussi bien fumigants que non fumigants (Delobel et Trane, 1993).

*Tribolium castaneum* existe là où les céréales stockées existent sous forme de grains ou de farine. Il est très abondant dans les régions tropicales. Sous climats froids, il est présent uniquement dans les stockages à température élevée (Christine, 2001).

L'habitat originel connu du *Tribolium castaneum*, est sous les écorces des arbres ou les branches en décomposition, ayant pu par la suite infester les structures anthropogéniques utilisées dans les processus d'entreposage des denrées alimentaires (Good, 1936).

## 3. Position systématique

Roth (1980) a classé le Tribolium de la farine comme suit :

**Règne :** .....Animalia

**Embranchement :** .....Arthropoda

**Sous embranchement :** .....Hexapoda

**Classe :** .....Insecta.

**Sous classe :** .....Pterygota

**Ordre :** .....Coleoptera

**Famille :** .....Tenebrionidae

**Sous famille :** .....Tenebrioninae

**Genre :** .....*Tribolium*

**Espèce :** .....*Tribolium castaneum* Herbest.1797

## 4. Cycle de vie

### 4.1. Œufs

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

#### 4.2. Larve

Les larves sont vermiformes et pourvues de pattes à l'extrémité du dernier segment abdominal et une paire de courts appendices, les « urogomphes ». 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 rougeâtres (fig.9) (Godon et Willim, 1998).

Nous pouvons observer 5 à 8 stades larvaires dans les conditions optimales de développement, mais jusqu'à 13 lorsque les conditions sont défavorables.



**Figure 9 :** Larve de *T. castaneum* (Aouina et Khelifi, 2018).

#### 4.3. Nymphe

La nymphe a une forme cylindrique. Elle est de couleur blanchâtre virant vers le jaune ; la partie terminale de l'abdomen porte deux épines (Fig.10) (Christine, 2001).



**Figure 10 :** Nymphe de *T. castaneum* (Kassimi, 2014)

#### 4.4. Adulte

L'adulte de *T. castaneum* mesure de 3 à 4 mm, de couleur uniformément brune rougeâtre ; il est étroit, allongé, à bords parallèles. La tête et la partie supérieure du thorax sont couvertes de minuscules ponctions. Les ailes et les élytres sont striés sur toute leur longueur, le dernier article des antennes est légèrement renflé avec des yeux de couleur rouges. Le prothorax à généralement des bords tranchants. La partie terminale de l'abdomen porte deux épines (fig.11) (Christine, 2001).



**Figure 11 :** Adulte de *T.castaneum* (Original, 2022).

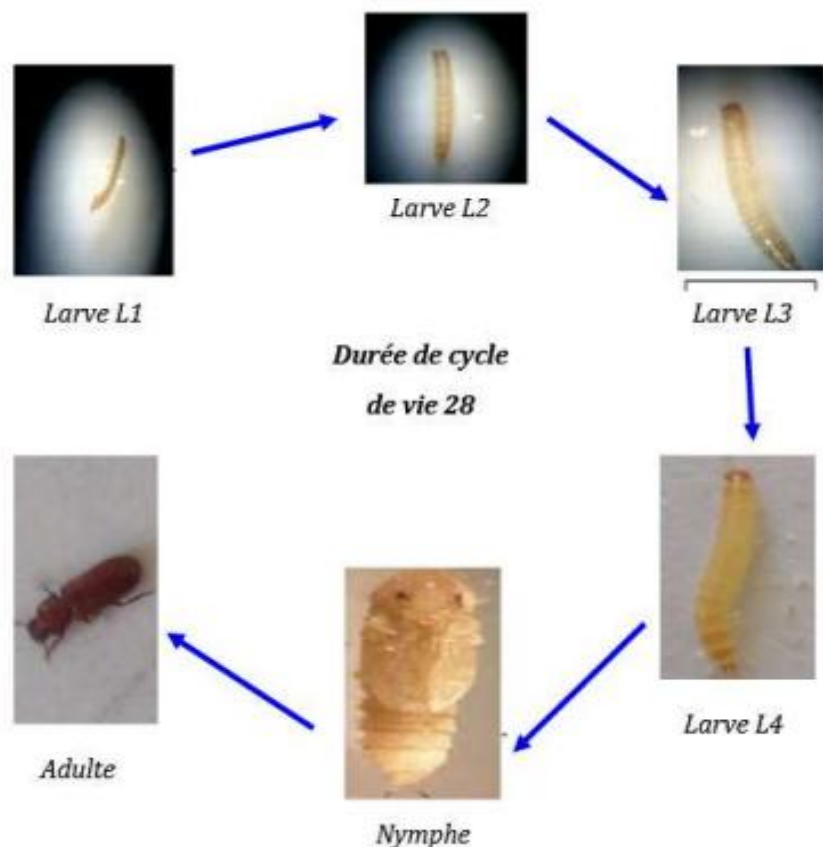
#### 5. Bioécologie

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 sans cocon. À 30°C, la vie larvaire dure à peu près trois semaines et l'adulte émerge de la nymphe six jours après sa formation (fig.12) (Kassimi, 2014).

La durée moyenne de développement de l'œuf à l'adulte sur millet est de 37 jours à 25°, de 26 jours à 28°, de 23 jours à 35°, de 21 jours à 38° (pour une HR de 70%). Selon le régime alimentaire, la durée du cycle peut atteindre 120 jours à des températures comprises entre 35° et 38°. La longévité moyenne est de 250 jours à 25°, 200 jours à 30°, 2 à 3 mois à 35° sur grains de blé, plus d'une année sur farine (maximum observé: 4 ans) (Delobel et Trane, 1993). La femelle pond entre 500 et 800 œufs (Kassimi, 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 leur identification plus ardue (Leelaja et *al.*, 2007).



**Figure 12:** Cycle de vie de *Tribolium castaneum* sur la semoule dans les conditions de laboratoire (Originale, 2022).

## 6. Dégâts associés

Le tribolium rouge de la farine a eu une longue association avec l'alimentation humaine stockée, on le trouve dans les silo à grains, dans le fumier de volaille et il est attiré par la lumière et a été trouvé en association avec un large éventail de produits de base dont les céréales, pois, cacao, fruits secs et épices, mais les produits de céréales moulues comme la semoule ( fig.13) et la farine semblent comme leur aliment préféré (Campbell et Runnion, 2003).

Cet insecte peut pénétrer dans les habitations il est capable d'infester ; l'avoine grain, le riz, maïs, orge, haricot et les graines de coton (Delobel et Tran, 1993)

Le tribolium est d'un comportement trophique, psychophage, mycophage, nécrophage et prédateur. Sa croissance est plus rapide sur les farines de céréales. Il n'attaque pas le grain intact, mais des lésions microscopiques suffisent pour permettre à la larve d'entamer le grain ; seul le germe est consommé la plupart du temps. De même les gousses d'arachide ne sont infestées que si le pédoncule a été arraché. *T.castaneum* est capable de se développer sur un certain nombre de moisissures (Delobel et Trane, 1993).

Les adultes et larves sont capables de cannibalisme vis-à-vis des œufs et des nymphes (Aissata, 2009). Ils peuvent se nourrir de champignons qui pourraient envahir le stock et d'une infinie variété de matières végétales sèches et sont toujours présents dans les stocks. Ils affectent les farines dans lesquelles ils creusent des galeries. Ils leur communiquent une teinte brunâtre et une odeur âcre et rendent la panification difficile (Gatel, 2003).

D'autres auteurs rapportent que les larves et les adultes peuvent s'attaquer aux grains de céréales sains. Desmarchelier (1988) et Sinha et al. (1988) ont observés et récoltés des larves et des adultes sur les grains de céréales et la farine stockés. Cette dernière devient alors brune et a une odeur âcre désagréable, qui peut persister dans les produits transformés (Christine, 2001). En cas de forte infestation, les substances libérées par l'adulte confèrent à la denrée une odeur répulsive caractéristique (Seck, 1991).



**Figure 13 :** Dégâts de *Tribolium castaneum* sur la semoule (Aouina et Khelifi, 2018).

## **7. Moyens de lutte contre *T.castaneum***

Le tribolium rouge de la farine peut causer la perte totale de stock à cause de ses pullulations intenses, ce qui nécessite une combinaison de plusieurs moyens de lutte, qui sont :

### **7.1. Lutte chimique**

Deux familles chimiques d'insecticides sont signalées par Fleurat-Lessard (2011): les organo- phosphorés et les pyréthrinoïdes (inclus les pyréthrines naturelles) employées sous:

Fumigant: Gueye et *al.* (2011) préconisent le Phosphure d'aluminium

Le traitement par fumigation consiste à traiter les grains à l'aide d'un gaz toxique, qu'on appelle fumigeant. L'intérêt majeur de la fumigation est de faciliter la pénétration des gaz à l'intérieur du grain et donc de détruire les œufs, larves et nymphes qui s'y développent (Aidani, 2015).

### **7.2. Lutte biologique**

La lutte biologique consiste à l'emploi des biopesticides végétaux biodégradables et respectueux de l'environnement tels que l'utilisation des huiles essentielles (Medjdoub, 2013).

Depuis l'Antiquité, les végétaux et produits végétaux ont été présentés à afficher non seulement de leurs avantages pharmacologiques, mais d'autres propriétés biologiques, y compris les activités de pesticides (Auger *et al.*, 2004 ; Khoshnoud et Khayamy, 2008).

D'après Kéita *et al.* (1999) et Isman (2000), plus de 1000 plantes recensées ont des propriétés variant de la dissuasion à la répulsion avec association de l'anti-appétence ou la létalité contre les ennemis de cultures et de stocks.

➤ **Par des huiles essentielles :**

Plusieurs études différentes indiquent l'utilisation d'huiles essentielles pour protéger des denrées stockées contre les insectes et les ravageurs (Ibrahim *et al.*, 2001).

Les huiles essentielles de plantes sont l'une des voies les plus importantes explorées dans la régulation des ravageurs, en particulier ces dernières années, car elles ont fait l'objet de nombreuses études. Sa toxicité s'exprime de différentes manières : activités ovicide, larvicide, anti nutritionnelle et inhalatoire (Kéita *et al.*, 2001 ; Aouina et Khelifi, 2018).

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 des nouvelles générations (Regnault-Roger *et al.*, 2008).

Les huiles essentielles les plus étudiées dans la littérature pour leurs propriétés et activités biologiques appartiennent à la famille des Lamiaceae : thym, origan, lavande, menthe, romarin et sauge (Aouina et Lakhdari, 2019)

### **7.3. Lutte physique**

La lutte physique concerne toutes les techniques mécano-thérapeutiques susceptibles de rendre le stock sain. En général, ces techniques ne sont pas efficaces contre les formes cachées. Elles sont recommandées pour pallier aux problèmes des résidus chimiques liés aux différents traitements chimiques appliqués aux denrées stockées. Ainsi plusieurs techniques ont été expérimentées et ont eu des succès divers : le traitement par le froid et le chaud, le stockage étanche ou sous atmosphère contrôlée et les radiations ionisantes (Benayad, 2013).

### **7.4. Lutte génétique**

Comme le *Tribolium* est capable de résister à toutes les classes d'insecticides, le contrôle de ce ravageur nécessite 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).

# **Chapitre III :**

## Matériel et méthodes

Le but de nos expériences est d'évaluer l'activité insecticide par inhalation et par répulsion de deux huiles essentielles ; l'huile essentielle de l'orange douce *Citrus sinensis* et l'huile de géranium rosat *Pelargonium graveolens* sur la longévité des adultes de tribolium rouge de la farine *Tribolium castaneum*

## 1. Matériel

### 1.1. Matériel du laboratoire

Pour les expériences réalisées au laboratoire de production et sauvegarde des espèces menacées des récoltes l'UMMTO, nous avons utilisé :

- ✓ Des boîtes de pétri pour les tests d'inhalation
- ✓ Des bocaux en verre de 125 ml de volume pour les tests de répulsion
- ✓ Micropipette pour le pipetage des micros doses des huiles
- ✓ Du papier filtre pour les tests par inhalation et par répulsion
- ✓ De l'acétone pour la dilution des huiles
- ✓ Autres accessoires : ciseaux, pinceau, fil, tamis, étiquettes, marqueur...

### 1.2. Matériel biologique

#### 1.2.1. Insectes

Les adultes utilisés de *Tribolium castaneum* proviennent d'élevage de masse réalisé sur la semoule fine au niveau du laboratoire de production et sauvegarde des espèces menacées des récoltes de la faculté des sciences biologiques et agronomiques à l'université Mouloud Maameri de Tizi-Ouzou.

#### 1.2.2. Huiles essentielles

Deux huiles essentielles proviennent du marché local ont été testées ; il s'agit d'huile d'oranger douce *Citrus sinensis* et d'huile de géranium rosat *Pelargonium graveolens*

##### 1.2.2.1. Huile d'Oranger doux

###### ➤ Origine et distribution géographique

Le mot agrume provient du latin « acrumen » qui désignait dans l'antiquité des arbres à fruits acides (Benedeste et *al.*, 2002). L'agrume (ou hespérides) se définit par sa structure en quartier appartenant à la famille des Rutacées, à la sous famille des Aurentioïdées et correspond au genre *Citrus* ; indiquant plusieurs variétés (Seif et Hillocks, 1993).

L'histoire des agrumes, d'après Webber *et al.* (1967), remonte à 4000 ans avant J-C. La plupart des types d'agrumes sont originaires des grandes zones à climat tempéré autour de la montagne de l'Himalaya et du Sud-est Asiatique.

Une fois implanté dans le bassin méditerranéen, l'oranger a été diffusé à travers le monde par les Européens en Amérique du Nord et du Sud au XVIe siècle, en Afrique du Sud au XVIIe siècle et en Australie au XVIIIe siècle (Webber et Hebert, 1967).

#### ➤ **Position systématique**

D'après Swingle et Praloran (1971), la taxonomie de l'oranger doux est la suivante :

- **Règne** : .....Plantae
- **Embranchement** : .....Magnoliophyta
- **Classe** : .....Magnoliopsida
- **Sous classe** : .....Archichlomydeae
- **Ordre** : .....Sapindales
- **Famille** : .....Rutaceae
- **Genre** : .....*Citrus*
- **Espèce** : .....*Citrus sinensis* L. (Osbeck, 1765)

#### ➤ **Description botanique**

L'oranger est un arbuste de taille moyenne de 12 mètre de hauteur avec un tronc unique au bois dur et une écorce mince et lisse (fig.14) (Harley *et al.*, 2006). D'une durée de vie de 300 à 400 ans (Bousbia, 2011). Le feuillage vert sombre persistant et légèrement ailé et la floraison blanche très parfumée, fruit de taille moyenne, sphérique, et de couleur orange. Il existe plusieurs variétés connues la Sanguilli, Thomson, Navel (Lousser, 1989). La récolte des oranges s'effectue de Novembre à Mars/Avril selon les variétés (Frély, 2015).



**Figure 14 :** Morphologie d'un arbre d'oranger (Originale, 2022).

- **Racines**

Selon Loussert (1989), le développement du système racinaire de l'arbre est en fonction des caractéristiques physiques du sol. Le système racinaire des agrumes est essentiellement localisé dans les premiers 100cm de profondeur.

- **Feuilles**

Tous les agrumes sont des arbres à feuilles entières et persistantes qui ont une durée de vie limitée et les chutes interviennent naturellement en automne et au printemps quand les nouvelles pousses apparaissent (Bachès et Bachès, 2011). Les feuilles sont de couleur vert sombre et ovales, sont persistantes, parfumées et légèrement ailées.

- **Fleurs**

Les fleurs ont entre 2 à 4cm de diamètre, axillaires, très parfumées, ayant des étamines et des pistils fonctionnels avec des glandes d'essences aromatiques. Les pétales sont de couleur blanc-rosâtre (fig.15) (Somon, 1987).



**Figure 15 :** Fleur d'oranger (Originale, 2022)

- **Fruit**

Selon kimball (1999) ; Polese (2008) ; Bachès et Bachès (2011) ; Haineault (2011), tous les fruits de citrus sont identiques dans la structure sauf quand il s'agit des dimensions, de la forme et de la couleur. Ils sont composés d'une peau qui entoure une pulpe riche en eau (fig.16).



**Figure 16 :** Fruit d'oranger doux (Originale, 2022)

- **Exigences pédoclimatiques**

Les climats les plus adéquats pour les agrumes sont ceux des régions tropicales et subtropicales humides ; les meilleurs fruits d'agrumes sont ceux des climats subtropicaux humides ou ceux des régions plus arides (le climat méditerranéen) (Rieger, 2002).

#### ➤ Composition chimique

L'orange contient en moyenne 40 % de vitamine C, 10 % de glucides simples (40 % de saccharose, 30 % de glucose et de fructose) avec un indice glycémique bas. La teneur en fibre est de 1.8 %. Elle est également riche en calcium (40mg / 100g). La teneur en acide organique est de 1.1g / 100g. Les substances aromatiques, pigments végétaux (caroténoïdes) et polyphénols (hespéridine) confèrent aux agrumes des spécificités nutritionnelles et culinaires (tab.03) (Liégeois, 2014)

**Tableau N° 03 :** Spécificités biochimiques et caractéristiques de l'huile essentielle de *C.sinensis* (Liégeois, 2014)

Huile essentielle de l'oranger doux		
Spécificités biochimiques	Limonène	83 à 90%
	Myrcène	≤5%
	Citral	≤0.5%
	Linalol	≤1%
	Géranol	≤0.1%
	Farnésol	≤0.1%
	Monoterpénols	2 à 6%
	Cétones (Carvone)	2 à 3%
	Aldéhydes terpéniques	1 à 3%

#### ➤ Usages

L'importance économique des agrumes réside dans leurs bienfaits sur la santé, attribués probablement à la présence des composés phénoliques, la vitamine C et les caroténoïdes. Les

oranges sont des sources d'huiles essentielles en raison de leurs composés aromatiques qui sont utilisées dans les boissons, les confiseries, les biscuits et les desserts (Rao et Rao, 2007).

Les fruits d'oranger sont couramment utilisés dans la transformation alimentaire (Aubert et *al.*, 2004). L'orange peut être consommée telle quelle ou bien sous forme de jus ou pour faire des confitures, et son jus est diurétique et laxatif. L'oranger est utilisé en parfumerie car on produit à partir des fleurs l'essence de Néroli et à partir des feuilles et de jeunes pousses, l'essence de petit grain (Isabelle, 2008).

L'essence d'orange douce est obtenue dans de petites poches dans le zeste, son extraction se fait par simple pression à froid des zestes d'où l'appellation d'essence car ils ne sont pas distillés (Bertrand, 2021). De plus, les huiles essentielles de *citrus* sont des mélanges complexes de différents composés qui ont montrés un large spectre d'activités biologiques telles que des activités antioxydantes (Misharina et Samusenko, 2008), anti-inflammatoires, anxiolytiques (DeMoaesPultrini et *al.*, 2006), antimicrobiennes (Jafari et *al.*, 2011) et antifongiques (Chutia et *al.*, 2009). Ces activités biologiques peuvent revêtir une grande importance dans plusieurs domaines, de la chimie alimentaire à la pharmacologie en passant par la pharmacie (Cristani et *al.*, 2007).

La première huile essentielle mondiale en tonnage provient du *Citrus sinensis* (Michel, 2015) ; elle possède une odeur fruitée et sucrée très agréable qui en fait une incontournable dans la gamme des huiles essentielles en diffusion notamment pour les nourrissons. L'huile essentielle d'orange douce se marie avec presque toutes les herbes, les épices, les fleurs et les autres agrumes (Wilson, 2010).

Selon Chutia et *al.* (2006), il a été prouvé que les huiles essentielles de certaines usines étaient des agents de biocontrol respectueux de l'environnement.

#### 1.2.2.2. Huile de Géranium rosat

##### ➤ Origine et répartition géographique du géranium rosat

*Pelargonium graveolens* provient d'Afrique du Sud, c'est une plante largement cultivée en Espagne, en Italie, au Maroc et en Chine (fig.17) (Ghedira et Goetz, 2015). Elle est introduite en Algérie au 19<sup>ème</sup> siècle (Boukhatem et *al.*, 2010). Elle est cultivée, principalement dans la plaine de Mitidja, dans les jardins et dans les cimetières (Boukhatem et *al.*, 2011).

Le terme de latin scientifique Géranium est dérivé du grec geranion/ qui vient de geranos « grue », en raison des fruits allongés comme le bec des grues. *Pelargonium* vient de

« pelargos » qui signifie cigogne, en raison d'un fruit en forme de bec de cigogne (Ghedira et Goetz, 2015). Le genre *Pelargonium* comprend environ 270 espèces distinctes (Miller, 2002).



**Figure 17 :** Champ de culture du géranium rosat à Chiffa (Boukhatem et *al.*, 2010)



**Figure 18 :** Plante de Géranium rosat (*Pelargonium graveolens*) (Fornet, 2016).

### ➤ Position systématique

Selon Ghedira et Goetz, 2015, la classification de *Pelargonium graveolens* est la suivante :

**Règne :** .....Plantae

**Sous-règne :** .....Tracheobionta

**Super division :** .....Spermatophyta

**Division :** .....Magnoliophyta

**Classe :** .....Magnoliopsida

**Sous-classe :** .....Rosidae

**Ordre :** .....Geraniales

**Famille :** .....Geraniaceae

**Genre :** .....*Pelargonium*

**Espèce :** .....*Pelargonium graveolens* L.1753

### ➤ Description botanique

*Pelargonium graveolens* est une plante aromatique médicinale vivace. Elle porte différents noms dont les plus connus sont : géranium rosat (nom à l'île de la Réunion), géranium odorant (Janin, 2006).

Le géranium rosat est un arbrisseau très ramifié ligneux qui se présente en grosse touffe arrondie et peut atteindre jusqu'à 1 mètre de hauteur et 1 m de diamètres au niveau de la cime (Ghedira et Goetz, 2015).

La tige du géranium est tendre, de couleur gris vert, velue, devenant plus sombre et ligneuse avec l'âge. Les feuilles sont opposées ou alternes, molles, parfumées, hirsutes avec des poils glandulaires et non glandulaires.

L'inflorescence terminale, en tête, avec 5–10 fleurs dans une petite pseudo-ombelle compacte dix étamines et les fleurs de couleur rose pâle ont une symétrie bilatérale caractéristique du genre *Pelargonium*.

Les conditions climatiques ont une forte influence sur le développement du *Pelargonium graveolens* qui demande un climat chaud, sec, sans vent nuisible. La température doit rester supérieure ou égale à 35°C. Les faibles gelées sont à craindre d'autant que les plantes soient plus jeunes (Peyron, 2013).

➤ **Composition chimique de l'extrait de *P.graveolens***

Il existe plusieurs variétés d'origines différentes qui se distinguent par la teneur en constituants chimiques de leurs huiles essentielles et leurs extraits (Ghedira et Goetz, 2015).

Les études sur les espèces de *P. graveolens* se sont concentrées sur la composition chimique des huiles essentielles. Les trichomes des feuilles de *Pelargonium* contiennent d'autres composés chimiques, notamment des flavonoïdes (tab.04) (Boukhris et al., 2012).

**Tableau N°4 :** Liste des composés détectés à partir d'extraits aqueux et méthanoliques dans *P.graveolens* (Boukhris et al., 2012).

Solvant	Composés
Méthanol	Myrisetine 3-O-glu-rha
	Quercetine 3-O-pent-glu
	Quercetine 3-O-rha-glu (Rutin)
	Kaempferol 3-O-glu
L'eau	Kaempferol 3,7-di-O-glu
	Isorhamnetine aglycone
	Quercetine 3-O-glu
	Quercetine 3-O-pent
	Kaempferol 3-O-rha-glu

➤ Usages

Le géranium rosat *P. graveolens* a été utilisé en médecine traditionnelle depuis longtemps pour ses nombreuses propriétés médicinales. A titre d'exemple, elle a été utilisée pour le traitement des plaies et les brûlures superficielles, pour les massages, en cas de grande fatigue ou de stress et pour le soulagement des hémorroïdes, de l'inflammation et du cancer (Saraswathi et *al.*, 2011 ; Asgarpanah et Ramezanloo, 2015). Le *P. graveolens* est capable de produire des métabolites aromatiques sécrétés par la plante qui sont référencés par la médecine traditionnelle, avec d'intéressantes activités biologiques : antimicrobienne, anti-inflammatoire, hémostatique et cicatrisante (fig.19). C'est donc une source potentielle de substances actives pour l'industrie alimentaire et pharmaceutique (Boukhatem et *al.*, 2010).

Le *P. graveolens* est une plante très efficace pour soulager la douleur causée par les hémorroïdes, la dysenterie, l'inflammation ou le cancer. Elle est également utilisée dans l'industrie de parfumerie, de cosmétique et de l'aromathérapie. Elle possède ainsi d'intéressantes activités biologiques (antimicrobienne, anti-inflammatoire, hémostatique et cicatrisante) (Saraswathi et *al.*, 2011).



**Figure 19** : l'huile essentielle du géranium rosat provenant du marché locale (Originale, 2022)

## 2. Méthodes

Deux méthodes ont contribué à prouver l'effet biocide des deux huiles essentielles qui sont :

### 2.1. Test par inhalation :

Le test par inhalation pour les deux huiles ; *Citrus sinensis* et *Pelargonium graveolens* a pour but la détermination de l'efficacité et l'effet biocide des deux huiles à l'égard des adultes de *T.castaneum*.

Les étapes à la réalisation de ce test sont :

- Préparation et prélèvement de trois doses (2 $\mu$ l, 4 $\mu$ l, 6 $\mu$ l) pour les deux huiles testées
- Dans les bocaux en verre, de 125 ml de volume nous déposons une dose d'huile à l'aide d'une micropipette sur papier filtre suspendu d'un fil à l'intérieur du bocal.
- Introduire dans chaque bocal trois individus (fig.19).
- Deux répétitions sont réalisées pour chaque dose pour les deux huiles, après le lancement du test, on dénombre les individus morts dans chaque bocal après un temps précis (1h, 3h, 6h, 24h, 48h, 72h, 96h, 120h).

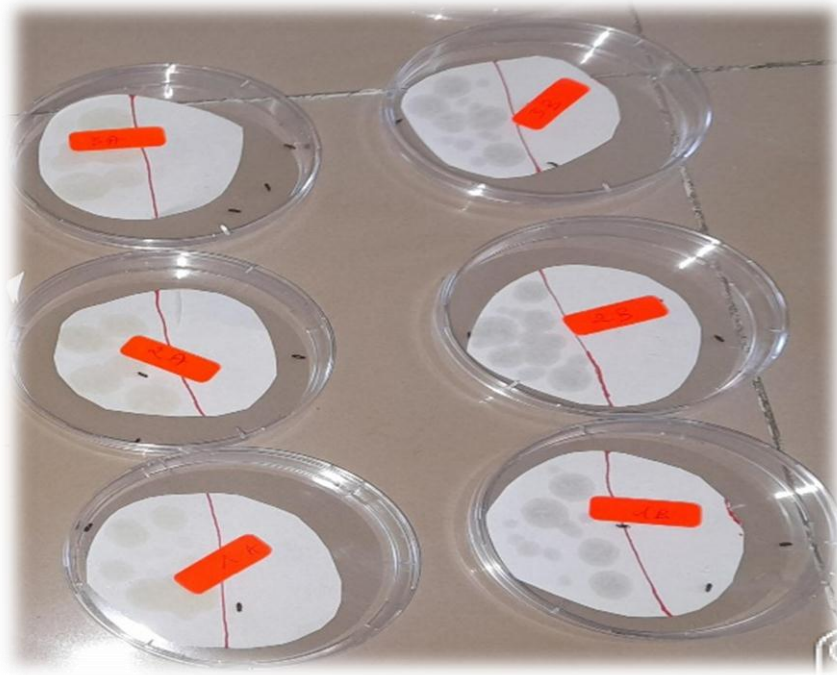


**Figure 20** : bocaux en verre utilisés dans le lancement du test par inhalation (Originale, 2022)

## 2.2. Test par répulsion :

L'évaluation de l'effet répulsif des deux huiles à l'égard de l'insecte ravageur de la farine s'est faite suivant une méthodologie précise :

- Des disques de papier filtre de 5cm de diamètre sont divisés en deux parties égales maintenus dans des boites de pétri, le disque contient en une partie l'huile et dans l'autre l'acétone (fig.20).
- Les doses 2, 4, 6, sont déposées séparément dans chaque boite, pour chaque huile, en réalisant trois répétitions par test.
- Nous introduisons trois individus de *Tribolium castaneum* dans chaque boite de pétri ; après 30 minutes d'exposition nous dénombrons les individus présents sur la partie traitée.



**Figure 21** : Dispositif expérimental utilisé dans le lancement du test par inhalation pour les deux huiles essentielle (Originale, 2022).

# **Chapitre IV**

## **Résultats et discussion**

Les tests par inhalation et par répulsion des deux huiles essentielles appliqués à l'égard de *Tribolium castaneum* ont montrés une efficacité sur la longévité des adultes.

## 1. Résultat du test par répulsion

### 1.1. Effet répulsif d'huile d'oranger douce

L'effet répulsif de l'huile d'orange douce *C.sinensis* sur le tribolium rouge de la farine a été testé et présenté dans tableau n°5.

**Tableau N°5** : effet répulsif d'huile d'oranger douce sur le Tribolium rouge de la farine

Huile	Dose	Nombre d'individus présents		Pourcentage de répulsion (%)
		Partie traité avec l'huile	Partie traité avec l'acétone	
Huile d'orange douce <i>Citrus sinensis</i>				
	2µl	3	0	100
	4µl	3	0	100
	6µl	0	3	0

La mise en évidence du pouvoir biocide par répulsion d'huile d'orange douce, sur le tribolium rouge de la farine est certainement faite par un test réalisé en fonction des doses après 30 minutes d'exposition.

A la dose 2µl, l'huile testée a montré une action très répulsive de 100% à l'égard des adultes de *T.castaneum*. De même pour la dose 4µl, le taux de répulsion enregistré est de 100% alors qu'à la dose 6µl le taux répulsion est nul.

Nous constatons que les taux de répulsion d'huile essentielle de *Citrus sinensis* aux doses 2µl, 4µl et 6µl chez le *Tribolium castaneum* sont respectivement : 100%, 100% et 0% après 30 minutes d'exposition. Le nombre d'individus gagnant la partie traitée avec l'huile essentielle reste constant au nombre de trois pour les doses 2µl et 4µl au cours du temps avec mortalité

alors qu'à la dose 6 $\mu$ l les trois individus gagnent la partie traitée avec l'acétone en s'échappant l'huile.

Les effets les plus considérables sont enregistrés aux doses 2 $\mu$ l et 4  $\mu$ l où les taux ont atteint 100%, alors qu'à la dose 6  $\mu$ l le taux de répulsion enregistré reste nul.

Selon la classification de Mc Donald (1970), l'huile essentielle d'orange douce appartient à la classe  $80 \leq PR < 100$  avec un pouvoir très répulsif.

Nos résultats sont en accord avec ceux apportés par de nombreux auteurs qui ont mis en évidence l'efficacité des huiles végétales, en particulier l'huile d'olive vis-à-vis des insectes ravageurs des denrées stockées.

### 1.2.Effet répulsif d'huile essentielle de géranium sur le tribolium rouge de la farine

L'effet répulsif d'huile essentielle de géranium à l'égard de tribolium rouge de la farine est présenté dans le tableau n°6.

**Tableau N°6 :** effet répulsif d'huile de géranium sur le tribolium rouge de la farine

Huile	Dose	Nombre d'individus présents		Pourcentage de répulsion (%)
		Sur partie traitée avec l'huile	Sur la partie traitée avec l'acétone	
Huile de géranium rosat <i>P.graveolens</i>	2 $\mu$ l	3	0	100
	4 $\mu$ l	0	3	0
	6 $\mu$ l	1	2	33.33

La mise en évidence du pouvoir biocide par répulsion d'huile de géranium sur le tribolium rouge de la farine est certainement faite par un test réalisé en fonction des doses après une exposition d'une durée de 30 minutes.

À la dose 2 $\mu$ l tous les individus gagnent la partie traitée avec l'huile, mais il semble que la dose 4 $\mu$ l fait fuir les individus vers la partie traitée avec l'acétone, pour la dose 6 $\mu$ l un

individu gagne la partie traitée avec l'huile et deux individus restent mobiles sur la partie traitée avec l'acétone.

À la dose 2µl, l'huile testée a montré une action très répulsive de 100% à l'égard des adultes de *T.castaneum*. Pour la dose 4µl, le taux de répulsion enregistré est nul alors qu'à la dose 6µl la répulsion a atteint 33.33%.

Nous constatons que les taux de répulsion d'huile essentielle de *Pelargonium graveolens* aux doses 2µl, 4µl et 6µl à l'égard de *Tribolium castaneum* sont respectivement : 100%, 0 et 33.33%. Le nombre d'individus gagnant la partie traitée et la partie traité avec l'acétone varie selon les doses et au cours du temps avec mortalité.

Selon la classification de Mc Donald (1970), l'huile essentielle de géranium appartient à la classe  $80 \leq PR < 100$  avec un pouvoir très répulsif.

### 1.3. Discussion

Ce test que nous avons réalisé est confirmé par les travaux de plusieurs chercheurs.

L'effet insecticide des huiles essentielles par contact, par ingestion et par fumigation a été bien démontré contre les déprédateurs des denrées entreposées, plusieurs études ont été réalisées sur l'efficacité des huiles essentielles (Saheb, 2007).

L'effet des huiles essentielles a été étudié avec le charançon du riz *Sitophilus oryzae* (L.) des coléoptères des grains dont le bruchidae, *Callosobruchus chinensis* (L.). Les résultats démontrent que les effets toxiques dépendent de l'espèce d'insecte, de la plante et du temps d'exposition à l'huile essentielle (Chiasson et Beloin, 2007).

Les huiles essentielle d'origan, du basilic, de la marjolaine, du thym, de la sauge, du laurier, du romarin, de la lavande, d'anis, de la menthe, du céleri, du cumin, de la coriandre et du fenouil ont été testées contre le petit capucin des céréales, *Rhyzopertha dominica* (F.), le cucujide dentelé des grains, *Oryzaephilus surinamensis* (L.), le Tribolium rouge de la farine, *Tribolium castaneum* (Hbst.) et le charançon du riz *Sitophylus oryzae* (Shaaya et al., 1991).

Les résultats obtenus ont montré une mortalité totale chez ces ravageurs ; parmi les cinq huiles testées par Benazzeddine (2010), le Romarin et la Menthe montrent la plus grande efficacité par inhalation et contact, où la mortalité est de 100% après 24 heures d'exposition que ce soit sur *S. oryzae* ou *T. confusum*. Par contact les cinq huiles essentielles manifestent un taux de mortalité assez important sur les deux espèces, toutes les huiles ont une efficacité très forte qui dépasse 88% de mortalité sur *S.oryzae* à l'exception de la Citronnelle qui n'a

atteint pas les 70% de mortalité. Concernant le *T. confusum*, le Thym et la menthe verte ont provoqué 100% de mortalité, ils sont suivi par le Romarin avec une mortalité de 97,37%, alors que l'Eucalyptus a enregistré une mortalité de 72,63% ; leur efficacité est moins importante sur *T. confusum* par rapport à leur effet sur *S. oryzae*. En fin la Citronnelle enregistre un taux de mortalité de 52% (Benazzeddine, 2010).

Sur *Rhyzopertha dominica*, des essais sur l'efficacité des huiles essentielles du romarin et du thym, par contact et par inhalation, ont encore prouvé l'effet insecticide de ces deux huiles. En effet, les formulations de *Rosmarinus officinalis* s'est montré efficace par contact à la dose de 1,384mg/cm<sup>2</sup> en montrant 89,72% de mortalité. Bien que le thym à la même dose provoque un taux de mortalité totale. Par inhalation, les taux des mortalités ont montré l'efficacité d l'huile essentielle de thym en comparaison avec celle du romarin, dont les valeurs notée sont environ 40,93% contre 38,92% à la plus forte dose 1,44mg/cm<sup>3</sup> (Guedoui, 2003 ; Saheb, 2007).

Le même travail montre que les huiles essentielles par ingestion ont donné des résultats faibles en comparaison avec les résultats des deux modes précédents (contact et inhalation). Concernant l'efficacité de ces huiles Sur *S. oryzae* (traité sur les grains de blé tendre), l'huile essentielle de la Menthe verte est le plus efficace avec un taux de mortalité de 88,72%, suivi par celle de l'Eucalyptus (65,65%), le Romarin avec un taux de 48,72%, puis le Thym 41,77% et finalement la Citronnelle (31,08%).

L'effet répulsif de l'huile essentielle de chaque plante à l'égard des adultes de ravageurs a été évalué en utilisant la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre décrite par Mc Donald et al., 1970. Les résultats de toxicité des trois plantes obtenus par Hasni et Zeghba (2017) montrent que l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* provoque un taux de mortalité dans l'ordre de 71.51% est plus élevés en comparaison avec celle d'*Eucalyptus globulus* 68.35% et *Rosmarinus officinalis* 62.51%. La toxicité augmente au fur et à mesure l'augmentation de la dose et le temps d'exposition.

Néanmoins, Nerio et al. (2009) testent l'effet répulsif de sept huiles essentielles par la méthode des choix multiples, vis-à-vis de *S. zeamais* (Coleoptera : *Curculionidae*). Ces huiles sont extraites de plantes qui proviennent de la Colombie, dont les principaux composants sont des monoterpènes et des composés phénoliques. Les résultats expriment que six huiles essentielles ont une activité répulsive très prononcée avec un effet plus marqué pour l'huile extraite de *Lippia origanoides*. Cependant, les huiles extraites d'*E. citriodora* et de *Tagetes*

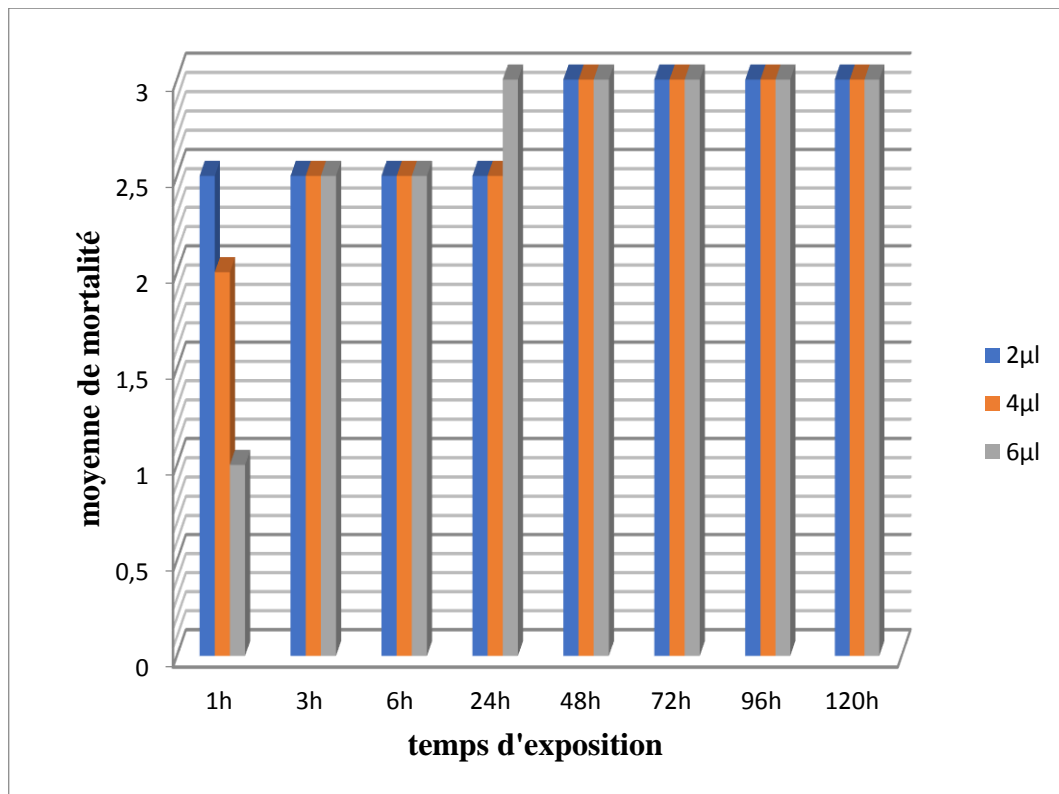
*lucida* ont manifesté pareillement un effet répulsif à des doses qui varient entre 0.063 et 0.503ml/cm<sup>2</sup> (Hasni et Zeghba, 2017).

Les résultats des traitements par les tests de répulsion ont montré que les huiles essentielles (*Calendula arvensis* et *Chamaemelum fuscatum*) ont une activité répulsive importante à l'égard des adultes de *Tribolium castaneum*. Cette activité augmente au fur et à mesure que les doses des huiles essentielles augmentent jusqu'à la dose 15 µl à partir de laquelle la répulsion était persistante (100% de répulsion). Le classement établi par Mc Donald et al. (1970) a permis de classer ces huiles essentielles comme répulsives avec un taux moyen de répulsion de 73% pour *C. fuscatum* et 72% pour *C. arvensis*. Les résultats des traitements par inhalation ont montré que les deux huiles essentielles sont efficaces. Les traitements ont entraîné une action effective par « Knock down » sur l'ensemble des adultes testés, puis un effet adulticides après six jours d'exposition a été observé. Ainsi, l'étude statistique montre que l'efficacité des huiles essentielles sur la mortalité des insectes varie selon la dose utilisée et la durée d'exposition et selon la plante utilisée. La mortalité maximale enregistrée est de 100% à la dose de 200 µl/l après six jours d'exposition pour les deux huiles essentielles. Tandis qu'aucune mortalité n'était enregistrée au niveau des témoins non traitées (Tirakmet, 2015).

## **2. Résultats du test par inhalation**

### **2.1. Effet d'huile d'oranger douce sur les adultes de *Tribolium castaneum***

Les taux de mortalité des adultes du *T.castaneum* enregistrés sont répartis suivant le graphe ci-dessous :



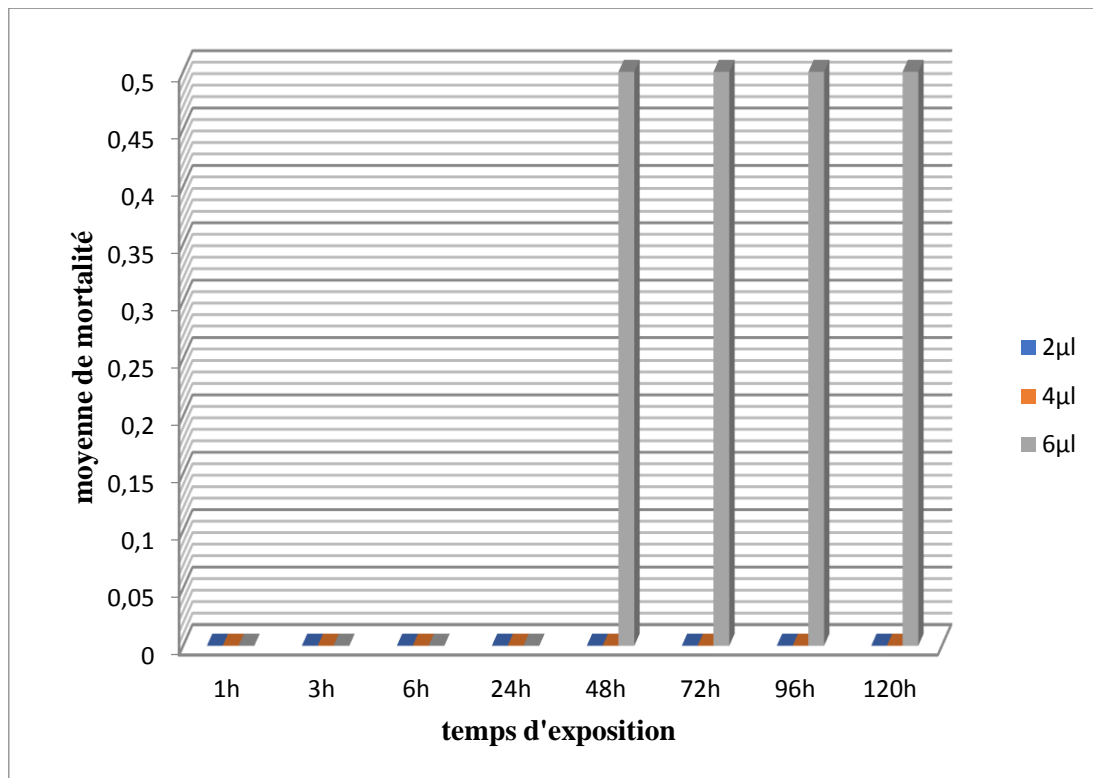
**Figure 22 :** Evolution de la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* en fonction du temps et des doses en huiles d'oranger douce

Les résultats obtenus montrent que l'huile d'oranger testée présente un effet insecticide sur les adultes de *Tribolium castaneum*. L'efficacité de l'huile varie selon les doses suivant un temps.

L'huile d'oranger douce *C.sinensis* s'est révélé comme étant très toxique à l'égard de *Tribolium rouge*, cette hypothèse se confirme, d'après nos résultats, notant qu'à la dose 2 μl après une heure d'exposition, la mortalité moyenne enregistrée est de 2.5. Les mortalités moyennes 2 et 1 sont enregistrées respectivement au dose 4 et 6μl. Au fil du temps, le pouvoir biocide d'huile d'oranger s'exprime. Nous observons qu'à la dose 2μl, la mortalité a atteint le pic après une exposition de 24h.

## 2.2. Effet d'huile de géranium sur les adultes de *Tribolium rouge* de la farine

Les résultats obtenus montrent que l'huile de géranium testée présente un faible effet sur le *tribolium rouge* (fig.22)



**Figure 23 :** Evolution de la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* en fonction du temps et des doses en huiles de géranium

Nous notons que les mortalités moyennes sont égales à 0 pour toutes les doses testées à savoir 2µl, 4µl et 6µl en fonction du temps d'exposition.

Nous avons enregistré une moyenne de mortalité de 0.5 à la dose 6µl après 48h d'exposition et ce résultat reste constant le long de l'expérience.

### 2.3. Discussion

L'huile essentielle d'oranger douce est très efficace et toxique sur les adultes de *T. castaneum*, son pouvoir biocide est très fort ceci est confirmé par le test d'inhalation.

Avec la dose la plus élevée d'huile essentielle d'oranger douce la mortalité moyenne a atteint le maximum égal à 3.

L'utilisation de l'huile essentielle d'oranger douce sur des individus de *Tribolium*, par Inhalation entraîne une forte toxicité qui conduit à la mort des adultes et leur réponse est plus rapide.

Les résultats obtenus montrent que l'huile essentielle d'oranger douce présente un effet insecticide sur les adultes de *Tribolium castaneum*, elle est toxique contre les adultes de *Tribolium castaneum* que les huiles essentielles.

Nous pouvons déduire que l'huile d'oranger douce étudiée est douée de propriétés insecticides significatives.

On constate que l'huile de géranium est très faiblement efficace avec une mortalité moyenne maximale de 0.5 contre *Tribolium castaneum*. Nous avons constaté qu'avec les huiles étudiées ; le taux de mortalité des ravageurs augmente en fonction de temps. En effet le maximum est observé 48 heures après le traitement et ceci pour les différentes doses, de *Citrus sinensis*.

L'huile de géranium représente une toxicité peu variable avec une moyenne de 0.5 après 48 h d'exposition et ce résultat reste constant en fonction des doses et de temps.

Des recherches réalisés en ce contexte ; à savoir :

Yahyaoui (2005) a réalisé des tests sur l'efficacité par inhalation et contact des huiles essentielles de la menthe verte agit sur *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium confusum* ; à la dose de 3,12% l'huile essentielle de la menthe verte agit pratiquement de la même manière sur *Rhyzopertha dominica* et sur *Tribolium castaneum* avec 100% de mortalité.

L'étude de l'activité insecticide de certaines huiles essentielles tels que la menthe, le thym, la sauge, le romarin...etc. sur quelques insectes parmi lesquels : *Rhyzopertha domonica*, *Sitophylus oryzae* et *Tribolium castaneum* montre que ces huiles sont très efficace contre ces ravageurs (Benazzeddine, 2010). L'effet insecticide des huiles essentielles par contact, ingestion et par fumigation a été bien démontré contre les prédateurs des denrées entreposées (Isman, 2002). Les insectes utilisés pour l'évaluation de la toxicité des huiles essentielles des feuilles fraîche et feuilles sèches, sont des petits vers de farine, appartenant au genre *Tribolium*. Le but est déterminé la dose des huiles essentielles la plus toxique c'est-à-dire la plus faible pouvant induire 100% de mortalité de l'insecte (Kouninki et al., 2007).

D'après Kassemi (2014) Dans les conditions de laboratoire (27C° température et 70 d'humidité relative), la durée de cycle de développement de *Tribolium castaneum* est en moyenne de 28+ ou- 2 jours. Le cycle de développement montre que les stades larvaires et nymphaux sont prédominants par leur durée où la larve, circule librement dans la denrée infestée, l'émergence de l'adulte a lieu six jours après la nymphose.

Les espèces de Rutaceae ont, aussi, attiré beaucoup d'attention en raison de leurs Activités biologiques induites par les métabolites secondaires, et leurs propriétés antifongiques, antioxydantes et anti-inflammatoires (Gonzalez-Trujano et al., 2006 ; Lauk et al., 2004 ;

Kabouche et *al.*, 2003 ; Meepagala et *al.*, 2005; Milesi et *al.*, 2001; Raghav et *al.*, 2006).

Plusieurs études ont été effectuées sur l'activité insecticide de *C. cyminum* et *F. vulgare*. Chaubey, (2011) a testé l'efficacité des huiles essentielles extraites de deux plantes aromatiques contre le charançon du riz, *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae). Ces huiles essentielles ont montré une activité répulsive significative même à des concentrations de 0,00625 et 0,003215% d'huiles essentielles de *C. cyminum* et de *P.nigrum*, respectivement. Chaubey, (2017) a utilisé également les huiles essentielle de *C. cyminum* et *P. nigrum* pour le test de toxicité par fumigation et par contacte sur *S. zeamais*. Les deux huiles essentielles ont été trouvées pour inhiber l'oviposition dans les adultes de *S. zeamais* lorsqu'ils sont exposés à des concentrations sub-létales. Les deux huiles essentielles repoussaient les adultes de *S. zeamais* de manière significative.

Asgar, (2011) a testé l'huile essentielle de *Foeniculum vulgare* sur les insectes des céréales stockées *S. oryzae* et *S. granarius*. L'huile essentielle de *Foeniculum vulgare* a montré une forte activité par fumigation contre les adultes de *S. oryzae* et *S. granarius*. La comparaison des moyennes a montré qu'il y avait des différences significatives dans la mortalité de *S. oryzae* et *S. granarius* exposées à différentes concentrations d'huile de *F. vulgare* pendant 24 et 48 heures. Zoubiri et *al.*(2014) en utilisant les huiles essentielles extraites à partir des graines de *Foeniculum vulgare*, ont enregistré des mortalités significatives sur les larves et les nymphes de *Culex pipiens*. L'activité insecticide de *Foeniculum vulgare* a été identifiée aussi par les travaux de Lucca et *al.* (2015), l'huile essentielle des fruits de cette plante a été testée contre les nymphes de *Brevicoryne brassicae* L. Pendant les essais en laboratoire, ils ont découvert que l'huile de fenouil à 1% présentait le meilleur taux de mortalité chez les nymphes de pucerons (70% à 72 h). Notant que l'efficacité insecticide et répulsive des plantes médicinales contre les insectes des denrées stockées a été confirmée par plusieurs chercheurs. Ko et *al.* (2009) ont expérimenté l'effet répulsif de l'huile essentielle des fruits de *Litsea cubeba*, l'huile essentielle de cette plante a montré une forte répulsion contre *S. zeamais* et *T. castaneum* même à faible concentration, mais son caractère répulsif a été plus marqué sur *T. castaneum*.

Ndomo et *al.* (2009) dans leur travail ont testé la répulsivité et la toxicité de l'huile essentielle des feuilles sèches de *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) contre les adultes d'*A.obtectus* (Say) (Coleoptera : Bruchidae), principal ravageur du haricot. Les valeurs de DL50 de l'huile essentielle des feuilles de *C. viminalis* contre les adultes d'*A. obtectus* calculées à la fin du deuxième jour d'exposition ont été de l'ordre de 0,103 µl/cm<sup>2</sup> pour le contact sur papier filtre

et de 0,152  $\mu\text{l/g}$  pour le contact sur graines. De plus, cette huile a présenté un taux de répulsion moyen de 60,8% (défini comme étant le taux d'insectes repoussés par l'huile essentielle).

Les huiles extraites à partir d'amande de graines d'*Azadirachta indica* A., *Juss Jatropha curcas* L., *Ricinus communis* L. et *Thevetia peruviana* K. ont été testées contre *Musca domestica* au laboratoire. Les taux de mortalités obtenus sur les adultes de *Musca domestica*, n'ont pas dépassé 30% avec les doses de 1, 5 et 10%, indiquant une action aduicide limitée des huiles testées. Par contre, la répulsivité des huiles a procuré des niveaux de protection variables allant de 23% à 53%. Le pic de répulsion contre *Musca domestica* a été observé avec *Azadirachta indica* (53%) (Chougourou et al., 2012). L'huile d'*origanum majorana* L. et *salvia officinalis* L. ont montrés une activité répulsive contre *Bruchus lentis*. L'intensité de l'impact de l'huile essentielle dépend directement de leurs concentrations et *Salvia officinalis* plus toxique qu'*origanum majorana* (El idrissi et al., 2014).

# Conclusion

### Conclusion

Le travail présenté dans ce mémoire porte sur une méthode de lutte contre l'insecte ravageur des denrées stockées *T.castaneum* qui entre dans le cadre de méthodes de lutte alternatives, afin de limiter les inconvénients d'utilisation des insecticides et limiter l'insécurité alimentaire. Le tribolium rouge de la farine est un ravageur secondaire des stocks.

Cette méthode consiste à l'utilisation de deux huiles essentielles, l'huile d'oranger douce *Citrus sinensis* et huile de géranium rosat *Pelargonium graveolens*.

L'huile essentielle d'oranger utilisée a permis d'obtenir un contrôle très satisfaisant des dégâts de *Tribolium castaneum* (adultes), contrairement à celle du géranium rosat. Ces résultats sont en concordance avec plusieurs auteurs rapportant l'efficacité des huiles pour la protection des denrées stockées.

L'huile des feuilles de *Ruta chalepensis* testée est plus efficace contre les adultes de *Tribolium castaneum* comparativement avec l'huile des feuilles d'oranger douce. La toxicité de ces plantes varie selon la dose utilisée et la durée d'exposition.

Dans certains cas, les résultats étaient similaires ou meilleurs car l'insecte était affecté par la dose, le temps d'exposition, la manière dont l'activité insecticide de l'huile essentielle était démontrée et les espèces de plantes produisant l'huile essentielle.

De nouvelles perspectives peuvent être envisagées par une étude plus poussée de l'activité insecticide. Il serait nécessaire de compléter l'étude avec des tests de toxicité des mêmes huiles essentielles sur les principales espèces d'insectes ravageurs des grains des céréales (*Rhyzopertha dominica* et *Sitophilus granarius*) et des légumineuses stockées (*Callosobruchus maculatus* et *Acanthoscelides obtectus*).

# *Bibliographie*

## Bibliographie

### A

- Aouina a., Khelifi n., 2018. Evaluation de l'effet répulsif de *cuminumcuminum* l. et *foeniculum vulgare* mill, sur l'insecte des céréales stockées *tribolium castaneum* (herbst), mémoire de master, univ: m'sila, 41p.
- Aouina m., Lakhdari s., 2019. Biologie des huiles essentielles de la famille des lamiaceae. Mémoire de mester. Univ: mohamed boudiaf-m'sila, 34p.
- Armand b., et Germain m. (1992). Le blé: éléments fondamentaux et Asgarpanah,j., Ramezanloo,f. (2015). An overview of phytopharmacology of *pelargonium graveolens* l. Indian journal of draesoznaũknowledge 14: 558-563.
- Asgar e., 2011. Susceptibility of two sitophilus species (coleoptera: curculionidae) to essential oils from *foeniculumvulgare*and *saturejahortensis*. Young researchers club, islamic azad university, ardabil branch corresponding author (asgar.ebadollahi@gmail.com; ebadollahi\_2008@yahoo.com). *Chilean journal of agricultural research* 71(3).
- Auger J., Arnault I., Diwo-Allain S., Ravierl M., Molia F. Et Pettiti M., 2004.insecticidal and fungicidal potential of allium substances as biofumigants.agroindustria, n° 3, 29,176- 182h

### B

- Bachès b. et Bachès m (2011). Agrumes, nouvelle. Edition ulmer: 7127
- Balachowsky a., 1 9 3 6 - insectes nuisibles aux plantes cultivés, leurmœurs, leur destruction. Ed. Basson, paris, tome 1, pp11-37.
- Baldy c. (1986). Comportement des blés dans les climats méditerranéens. *Ecologia mediterranea*, (12), 73-88.
- Bebbi s. (2011) essai de comportement de deux variété de blé dur (*tritucum durum*l.var.carioca et vitron) conduite sous palmier dattier au niveau de la région de ouargla. Mémoire d'ingénieur d'état en agronomie saharienne, université kasdimerbah –ouargla. 71p
- Bednarek j. (2012). Analyse fonctionnelle de tagw2, une e3 ligase de type ring, dans le développement dugrain de blé tendre (*tritucumaestivum*) sciences agricoles. Université blaise pascal – clermont ferrand ii, français,187p
- Belaid, (1996). Aspect de la céréaliculture algérienne ed. Office des publications universitaires, ben-aknoun (alger), 206p.
- Belaid. D, (1986). Aspects de la céréaliculture algérienne. Ed : office de publication universitaire, pp9-28.

## Bibliographie

- Benayad N., 2013. Évaluation de l'activité insecticide et antibactérienne des plantes aromatiques et médicinales Marocaines. Extraction de métabolites secondaires des champignons endophytiques isolés de plantes Marocaines et activité anticancéreuse. Thèse de doctorat Chimie Organique Université Mohammed V, pp 47, 48.
- Benazzeddine S, 2010, Effet insecticide de cinq huiles essentielles vis-à-vis de *Sitophilus oryzae* (Coleoptera ; *Curculionidae*) et *Tribolium confusum* (Coleoptera : *Curculionidae*). Mémoire, Ecole nationale supérieure agronomique El-Harrach d'Alger.
- Benderradji L. (2013). Sélection in vitro pour la tolérance aux stress salin et thermique chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Thèse de doctorat en sciences, Univ des Frères Mentouri, 135 p.
- Benedeste A. et Baches M. (2002). Les agrumes. Urgen Ulmer, Paris.
- Bolot S., Abrouk M., Masood-Quraishi U., Stein N., Messing J., Feuillet C. & Salse J. (2009). The “inner circle” of the cereal genomes. *Current opinion in plant biology* 12(2), 119-125.
- Bonjean A. (2001). Histoire de la culture des céréales et en particulier de celle du blé tendre (*Triticum aestivum*, L). In : S. Le Perchec, P. Guy, A. Fraval: Agriculture et biodiversité des plantes. Dossier de l'environnement de l'INRAA 21, 29-37.
- Bonneton F., 2010. The beetle by the name of *Tribolium* Typology and etymology of *Tribolium castaneum* Herbst, 1797. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 38, description.
- Borteli L. 1969- Contribution à l'étude du problème des oiseaux granivores en Tunisie *Bull. Fac. Agro. 22-23* : PP19-153
- Boukhatem, M.N., Hamaidi, M. S., Saidi, F (1), Hakim, Y., Benomier, K. (2010). Extraction, composition et valorisation de l'eau aromatique de géranium rosat (*Pélargonium graveolens*) dans la dermopharmacie. *Nature et Technologie*° 02, pp.50-55.
- Boukhatem, M.N., Saidi, F., Hamaidi, M.S., Hakim, Y., Mekarnia, M. (2011). Culture et exploitation industrielle du géranium rosat (*Pelargonium graveolens*) en Algérie : état des lieux et perspectives. *Phytothérapie* 9: 304–305.
- Boukhris, M., Simmonds, M. S. J., Sayadi, S., & Bouaziz, M. (2012). Chemical Composition and Biological Activities of Polar Extracts and Essential Oil of Rose. *Référence bibliographique scented Geranium, Pelargonium graveolens*. *Phytotherapy Research*, 27(8), 1206–1213. doi:10.1002/ptr.4853.

## Bibliographie

- Boulal H, Zaghouane O, EL Mourid M, Rezgui S. (2007) Guide pratique de la conduite
- Boulelouah N. (2002). Analyse de la variabilité génotypique de l'absorption de l'azote chez le blé tendre. DEA.INA. Paris Grignon, 33p
- Bousbia N. (2011). Extraction des huiles essentielles riches en antioxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires. Thèse de Doctorat. Option : chimie.L'Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse et Ecole Nationale Supérieure Agronomique. Paris. France.
- Boyeldieu J. (1999). Encyclopédie des techniques agricoles : production végétale-Blé Tendre Ed : Paris. 20-20.
- Bozzini A. (1988). Origin, distribution, and production of durum wheat in the world. Durum Wheat: Chemistry technology. pp 1-16.

### C

- Camara A., 2009-Lutte contre *Sitophilus oryzae* L. (coleoptera: curculionidae) et *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) dans les stocks de riz par la
- Campbell J.F et Runnion C., 2003. Patch exploitation by female red flour beetles, *Tribolium castaneum*. Journal of Insect Science, 3(20), 8p.
- Campbell, J.F., Hagstrum, D.W. (2002). Patch exploitation by *Tribolium castaneum*: movement patterns, distribution, and oviposition. Journal of Stored Products Research, 38 (2002).
- Capisano, 1997- Orges de brasserie, les préférées des malteurs - Cultivar, no 392- PP27-28
- Chantret N., Salse J., Sabot F., Rahman S., Bellec A., Laubin B., Dubois I., Dossat C., Sourdille P. Joudrier P., Gautier M. F., Cattolico L., Beckert M., Aubourg S., Weissenbach J., Caboche M., Bernard M., Leroy P. & Chalhou B. (2005). Molecular basis of evolutionary events that shaped the hardness locus in diploid and polyploid wheat species (*Triticum* and *aegilops*). The plant cell 17(4), 1033-1045.
- Chaubey M.K., 2011. Fumigant Toxicity of Essential Oils against Rice Weevil *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Biological Sciences*. 11, 411-416.
- Chaubey M.K., 2017. Évaluation des propriétés insecticides du *Cuminum cyminum* et *Piper nigrum* Huiles essentielles contre *Sitophilus zeamais*. *Journal of Entomology*. 14, 148-154.
- Chaubey M.K., 2017. Évaluation des propriétés insecticides du *Cuminum cyminum* et *Piper nigrum* Huiles essentielles contre *Sitophilus zeamais*. *Journal of Entomology*. 14, 148-154.

## Bibliographie

- Chiasson H., Beloin N., 2007. Les huiles essentielles, des biopesticides « Nouveau genre », Revue de littérature, Bulletin de la Société d'entomologie du Québec, Antennae 2007, 14 (1), 6p.
- Chougourou C.D., Dellouh P.L., Agbaka A., N'guessan K.R., Gbenou J.D., 2012. Toxicité et effets répulsifs de certaines huiles extraites des plantes locales Béninoises sur la mouche domestique *Musca domestica* L. (Diptera Muscidae). *Journal of Applied Biosciences* 55, 3953– 3961.
- Christine B., 2001. Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux, guide pratique. 2<sup>ème</sup> Edition, 124-154.
- Chutia M., Bhuyan P. D., Pathak M. G., Sarma T. Cet Boruah, P.(2009). Antifungal activity and chemical composition of *Citrus reticulata* Blanco essential oil against phytopathogens from North East India. *Food Science and Technology* 42, 777–780
- CHUTIA M., MAHANTA J. J., SAIKIA R. C., BARUAH A. K. S et SARMA T.C. (2006). Influence of leaf blight disease on yield of oil and its constituents of java citronella and in-vitro control of the pathogen using essential oils. *World Journal of Agriculture Science* 2 (3), 319– 321.
- Clark L., 1998. Dermal contact repellants for starlings: foot exposure to natural plant products. *Journal of Wilderness Management*. 61(4), 1352–1358.
- Clement-Grandcourt et Prat., 1970- Les céréales. Collection d'enseignement agricole. 2<sup>ème</sup> Ed. PP351-360.
- Clifford Trevor, H., Bostock, P. D. (2007). Etymological Dictionary of Grasses. New York: Springer –Verlag Heidelberg .
- Cristani M., D'arrigo M., Mandalari G., Castelli, F., Sarpietro M.G. et Micieli, D.( 2007). Interaction of four monoterpènes contained in essential oils with model membranes: Implications for their antibacterial activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55, 6300–6308
- Cronquist A., 1981. An Integrated System of Classification of Flowering Plants. Columbia University Press, pp1262.

### D

- Dave A., Colin J., Demianyk P.G., Fields D.S., Jayas J.T.M., William E.M., Blaine T., Noel D.G.W., 2001. Protection des céréales, des oléagineux et des légumineuses à grain entreposés à la ferme contre les insectes, les acariens et les moisissures. (éd. rev.) (Manitoba) Canada. 59 p.
- Delobel A. et Tran M., 1993. Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chauds, Faune tropicale XXXII. Paris. 103-106 p. des céréales d'automne (blé et orge) dans le Maghreb (Algérie ; Tunisie, Maroc), 176p.
- Desmarchelier J.M., 1988. The relationship between wet-bulb temperature and the intrinsic rate of increase of eight species of stored product Coleoptera. *J. stored prod. Res.*, 24(2), 107 113

## Bibliographie

- Desmarchelier J.M., 1988. The relationship between wet-bulb temperature and the intrinsic rate of increase of eight species of stored product Coleoptera. *J. stored prod.Res*, 24(2), 107-113
- Diawara B., Richard-Molard D. et Cahagnier B. 1989. Conservation des céréales humides sous atmosphère contrôlée. Limites théoriques et pratiques. Céréales en régions chaudes. AUPELF-UREF, Eds John LibbeyEurotext, Paris, 105-116.
- Djellout, (2001). Etude phréologique comparative entre quatre variétés étrangères et deux variétés locales de Blé dur (*Triticum Durum* Desf). Thèse DUEA, pp47-48.
- Doumandji A., Doumandji S. et Doumandji B., 2003. Technologie de transformations des blés et problèmes dus aux insectes au stock (Cours de technologies des céréales). Ed: Office publications universitaires, Alger, 68 p.
- Dupont, 1982- Hemicellulosic polymers from cell walls of beeswing wheat bran: Part I, polymers solubilised by alkali at 2 °. *Carbohydr. Research* 163: 99p.

### E

- El idrissi M., Harmouch G., Amechrouq A., 2014. Chemical composition and biological activity of essential oils of *origanum majorana* L. (lamiaceae) and *salvia officinalis* (L.) (lamiaceae) under bruchid. *Global Journal of Pure and Applied Chemistry Research* 2(2), 15-25.

### F

- Feuillet P (2000) Le grain de blé : composition et utilisation. INRA. Paris Paris: 23-25p.
- Feuillet P. (2000). Le grain de blé composition et utilisation. INRA, Paris, 308p.
- FLEURAT-LESSARD, F. (2011). Détermination des facteurs de transfert des résidus de pesticides des céréales traitées aux produits transformés par une approche expérimentale a priori [présentation], INRA, 11/06/2011 paris

### G

- Gate P. 1995. Ecophysiologie du blé. Ed. ITCF. Technique et Documentation. Lavoisier, Paris, 419 p
- Gatel F., 2003 -stockage et conservation des grains à la ferme, Ed. Arvalis, 80p
- Gates, E. I., Gyuk, G., Hold, G. P., & Turner, M. S. (1997), *ApJ*, submitted (astro-ph/9711110)
- Ghedira, K., & Goetz, P. (2015). Géranium rosat : *Pelargonium graveolens* L'Her. (Géraniaceae). *Phytothérapie*, 13(3), 197–201. Doi: 10.1007/s10298-015-0955-x.
- Godon, B. & Wilim, C., 1998. Les industries de première transformation des céréales. Lavoisier tec, doc Paris

## Bibliographie

- Gonzalez-Trujano, M.E., Carrera, D., Ventura- Martinez, R., Cedillo-Portugal, E., Navarrete, A. 2006. Neuropharmacological profile of an ethanol extract of *Rutachalepensis* L. in mice. *J. Ethnopharm.* 106.
- Good NE., 1936- The flour beetles of the genus *Tribolium*. USDA Technical Bulletin 5: p 27-28.
- Gueye, M .T. Seck, D., Wathelet, J .P., LOGNAY, G. (2011). Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale : Synthèse bibliographique. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 15(1).194

### H

- Haineault S. (2011). *Les Vertus Thérapeutiques des agrumes*, 3<sup>ème</sup> édition Quebecor : 152 pp
- Harley I. M., Richard S. B., Smith V.E, Deborah W., Craig R. E (2006) : *Citrus (citrus) and Fortunella (kumquat). Species Profiles for Pacific Island Agroforestry*, p: 2-22
- Hasni H., Zeghba R., 2017. Evaluation de l'effet répulsif de trois huiles essentielles des plantes vis à vis de l'insecte des céréales stockées (*Rhyzoperthadominica*), Mémoire de Master, Univ: Mohamed Boudiaf - M'sila, 43p.

### I

- Ibrahim M.A., Kainulainen P., Aflatuni A., Tilikkala K., Holopainen J.K. , 2001. Insecticidal, repellent antimicrobial activity and phytotoxicity of essential oils: with special reference to limonene and its suitability for control of insect pests. *Agricultural and Food Science in Finland*, vol 10: 243-259.
- Isabelle E. (2008). *Guide des agrumes*. Cirad, 1<sup>er</sup> Ed., Paris.
- Isman M. B, 2000, *Plant essential oils for pest and disease management*, Jollois Ed. Limoges, France, vol. 19.

### K

- Kabouche, z., benkiki, n., seguin, e., and bruneau, c. 2003. A new dicoumarinyl ether and two rare furocoumarins from *rutamontana*, *fitoterapia* 74.
- Kassemi n., 2014. activité biologique des poudres et des huiles essentielles de deux plantes aromatiques (*pseudo cytisus integrifolius* Salib et *nepeta nepetella* L.) Sur les ravageurs du blé
- Kassimi N., 2014. Activité biologique des poudres et des huiles essentielles de deux plantes aromatiques (*Pseudocytisus integrifolius* Salib et *Nepeta nepetella* L.) sur les

## Bibliographie

ravageurs du blé et des légumes secs. Thèse de doctorat en biologie, option biologie animale, Université de Tlemcen.

- Kéita S.M., Amason J.T., Baum B.R., Marles R., Camara F., et Traoré A.K., 1999. Etude ethnopharmacologique traditionnelle de quelques plantes médicinales anthelminthiques de la Haute-Guinée (République de Guinée) *Revue Med. Pharm. Afr.*, 13, 49-64.
- Kéita S.M., Vincent C., Schmit J-P., Amason J.T. et Bélanger A., 2001. Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *O. gratissimum* L. applied as an insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: *Bruchidae*). *Journal of Stored Product research*. 37, 339-349.
- Khoshnoud H. et Khayamy M., 2008. Insecticidal effects of ethanolic extract from *Verbascum cheiranthifolium* Boiss. Against two stored product insect pests species. *Journal of biological sciences*, 8(1), 191-195
- Kimball D.A (1999) : Description of citrus fruits. In: "citrus processing: A complete guide". Ed. An Aspen publication. (2), p: 7-35
- Kimball D.A (1999) : Description of citrus fruits. In: "citrus processing: A complete guide". Ed. An Aspen publication. (2), p: 7-35
- Ko K., Juntarajumnong W., Chandrapatya A., 2009. Répulsivité, fumigant et de contact toxicités de *Litsea cubeba* (Lour.) Persoon contre de *Sitophilus Motschulsky* et *Tribolium castaneum* de Herbst. *Kasetsart J. Nat. Science*. 43, 56-63.
- Kouninki H., Hancet., Martinn., Ngamol S.T., L.S.T ET Ngassoumm. B, 2007. Potential use of essential oils from local Cameroonian plants for the control of red flour weevil *Tribolium castaneum* (Herbst.) (Coleoptera: *Tenebrionidae*), *African journal of food of agriculture nutrition and development*, 7(5).

### L

- Lauk, L., Mangano, K., Rapisarda, A., Ragusa, S., Maiolino, L., Musumeci, R., Costanzo, R., and Serra, A. 2004. *J. Ethnopharm.* 90.
- Le Boulch et Franque Mangne, 1999- Evaluation de la qualité sanitaire du blé. A propos des mycotoxines et des moyens de les détecter. *Phytoma*, PP21-26.
- Leelaja B.C., Rajashekar Y., et Rajendran S., 2007- Detection of eggs of stored-product insects in flour with staining techniques. *Journal of Stored Product Research*, 43(3): p 206-210.
- Lery F. (1982) *L'agriculture au Maghreb ou pour une agronomie méditerranéenne.* (eds) Maisonneuve et Larose. Paris: 338

## Bibliographie

- Loussert, R., 1989. Les agrumes arboriculture. Ed. Technique agricoles méditerranéennes, Paris.113p.
- Lucca P.S.R., Nóbrega L.H.P., ALVES L.F.A., CRUZ-SILVA C.T.A., PACHECO F.P., 2015.The insecticidal potential of *Foeniculumvulgare*Mill., *Pimpinellaanisum*L. and *Caryophyllusaromaticus*L. to control aphid on kale plants Rev. Bras. Pl. Med., Campinas, 17(4), 585-591 p.

### M

- Maamri K. (2011) Stabilité du critère de la discrimination du carbone isotopique en relation avec le poids spécifique de la feuille drapeau chez quelques variétés de blé dur cultivées en milieu semi-aride. 111p.
- MADJDOUB, 2013. étude de l'activité insecticide des huiles essentielles de *ruta chalepensis* (l.) sur les adultes de *Triboliumcastaneum* (herbst.) et *sitophilusoryzeamais* (motsch.). 4ème journées scientifiques sur la valorisation des bios ressources .Masson (Paris).
- Maisonneuve S. et Larose J., 1985. Le stockage des produits vivriers et semenciersTom1 : Dégâts, pertes et moyens de stockage, 122-134
- Matile, 1993- Les mauvaises herbes d'Afrique du nord. . Publication 948 d'Agriculture Maroc. 217p.
- Meepagala, K.M., SCHRADER, K.K., WEDGE, D.E., AND DUKE, S.O. 2005.Algicidaland antifungal compounds from the roots of *Rutagraveolens* and synthesisof their analogs. *Phytochemistry* 66.
- Milesi, S., Massot, B., Gontier, E., Bourgaud, F., and Guckert, A.
- Miller, M. (2002). *Geranium and Pelargonium. The taxonomy of Geranium speciesand cultivars, their origins and growth in the wild* (Ed) Taylor&Francis. South BankUniversity, London, UK, 49-79.
- Moufida S. et Marzouk B. (2003). Biochemical characterization of blood orange, sweet orange, lemon, bergamot and bitter orange. *Phytochemistry*, 62 (8), 1283-1289.
- Moule C (1980) Bases scientifiques et techniques de la production des principales espèces de grande culture en France, Ed, Miason Rustique, Paris, 319p.

### N

- Ndomo A.F., Tapondjou A.L, Tendonkeng F., Tchouanguép F.M., 2009. Evaluation des propriétés insecticides des feuilles de *Callistemonviminalis*(Myrtaceae) contre les adultes d'*Acanthoscelidesobtectus*(Say) (Coleoptera; Bruchidae). *Tropicultura*. 27(3), 137-143.
- Nenaah, G. E. (2014). Chemical composition, toxicity and growth inhibitory

## Bibliographie

- Nesbitt M & Samuel D. (1995). Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. In: First International Workshop On Hulled Wheats, Castelvecchio Pascoli, Tuscany, Italy, pp :234-245.
- Ntsam S. 1989. Pourquoi stocker ? Céréales en régions chaudes. Aupelf-Uref, Eds John Libbey Eurotext, Paris, 3-8.

### O

- Oufroukh F. et Hamadi M., 1993- Maladies et ravageur des céréales. In benchabane K.D. et Ould-Mekgloufi L. 1998. Evaluation phénologique de quelques variétés d'orge (*hordeum vulgare* L.) et leur sensibilité vis-à-vis de drechslergraminea Rab. Mém. Ing Agro. INA. El-harrach. PP59-62.

### P

- Paux E., Sourdille P., Salse J., Saintenac C., Choulet F., Leroy P., Korol A., Michalak M., Kianian S. & Spielmeier W. (2008). A physical map of the 1 -gigabase bread wheat chromosome 3B. Science 322(5898) ,101-104.
- Peyron, L. (2013). Histoire du « Géranium rosat pour parfumerie » dans le pays de Grasse. Association historique du pays de Grasse. France. Vol. 6, pp.5-15.
- Pimentel M.A.G., Faroni L.R.A., Tótola M.R., et Guedes R.N.C., 2007- Phosphine resistance, respiration rate and fitness consequences in stored-product insects. Pest Management Science 63: 876-881.
- Polese J. M (2008) : La culture des agrumes. Édition artémis. pp 94
- Prats et Clement. M, (1971). Les céréales, 13<sup>ème</sup> édition collection sciences et technique agricole.

### R

- Raghav, S.K., Gupta B., Agrawal C., Goswami K., and Das H.R. 2006. Anti-inflammatory effect of *Rutagraveolens* L. in murine macrophage cells. J. Ethnopharm. 104: 234- 239
- Rao A.V. et Rao L.G., *Carotenoids and human health. Pharmacol. Res.* 2007. **55**: p. 207– 216.
- Rees, D. P. 1996. Coleoptera. In Integrated management of insect in stored product,
- Richards et al., 2008. The genome of the model beetle and pest *tribolium castaneum* nature. 452: 949–55. [Google scholar]. Robinson (2005), Urban Insect and Arachnids: A Handbook of Urban Entomology. Cambridge: Cambridge University Press. 472p.
- Rieger, M. (2002): Mark's Fruit Corps. University of Georgia Horticulture.

## Bibliographie

- Rivoal, 1978- Biologie d'*Hefero & rnazjenae* Wollen weber ~1 France. 1. Différences dans les cycles d'éclosion et de développement de deux races Fr, et Fr, Revue Ntmatol. 1 :PP171-179
- Roth M., 1980. Initiation à la morphologie, la systématique et la biologie des insectes. Orstom, Paris, 328pp.

### S

- Saheb D., 2007. Activité acaricide de quatre huiles essentielles sur *Tetranychuscinnabarinus* Boisduval 1876 (Acari ; Tetranychidae) et contribution à l'étude de leur composition chimique par GC/MS, Mémoire de Magister, Institut national Agronomique d'El-Harrach - Alger, 83p.
- Salmi M., Benmahammed A., Benderradji L., Fellahi Z., Bouzerzour H., Oulmi A. & Benbelkacem A. (2019). Generation means analysis of some metric traits in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cross. Revista Facultad Nacional de Agronomía (Soumis).
- Salmi M., Haddad L., Oulmi A., Benmahammed A. & Benbelkacem A. (2015). Variabilité phénotypique et sélection des caractères agronomiques du blé dur (*Triticum durum* Desf.) Sous conditions semi-arides. European Scientific Journal 11, 99-111.
- Saraswathi, J., Venkatesh, K., Baburao, N., Hill, M.H., Roja, R.A., et al. (2011). Phytopharmacological importance of *Pelargonium* species. Journal of Medicinal Plants Research 5: 2587-2598.
- Scotti, G., 1978 - Les insectes et les acariens des céréales stockées. Normes et Technique. Institut technique des céréales et des fourrages. Association française de Normalisation AFNOR
- Seck, D. 1992. Importance économique et développement d'une approche de lutte intégrée contre les insectes ravageurs des stocks de maïs, mil et niébé en milieu paysan Proceedings deuxième séminaire sur la lutte intégrée contre les ennemis des cultures vivrières dans le Sahel, Bamako (Mali), 2-4 Janvier 1990
- Seif, A. and R. Hillocks, *Phaeoramularia* fruit and leaf spot of citrus with special reference to Kenya. International Journal of Pest Management, 1993. 39(1): p. 44-50.
- Shaaya E., Ravid U., Paster N., Juven B., Zisman U., Pissarev V., 1991. Fumigant toxicity of essential oils against four major stored-product insects. Journal of Chemical Ecology. 17, 499-704.

## Bibliographie

- Simon H., Codaccioni P., Lequeur X. (1989). Produire des céréales à paille. Coll.Agriculture d'aujourd'hui. Science, Techniques, Applications. pp. 63 - 67; pp. 292 - 296.
- Sinha R.N., Demianyk C.J. et Mc Kenzie R.I.H., 1988. Vulnerability of common wheat cultivars to major stored - product - beetles. Canadian J. of Plant Sci., 68 (2), 337-343
- Soltner D. (2005). Les grandes productions végétales. Collection science et techniques agricoles, 472p.
- Soltner, (1980). Les grandes productions végétales, collections de sévices des techniques agricoles transformations. (Ed) Presses Université Laval, 188p.
- Soltner, (1988). Les bases de la production végétale. Troisième édition p566.
- Somon, E. (1987). Arbres, arbustes et arbrisseaux en Algérie. INRA. Ed. OPU. pp.67-68.
- Swingle W. T., 1948. The botany of citrus and its wild relatives of the orange subfamily. In: The citrusIndustry History Botany and Breeding, (Webber H.J., Batchelor L.D). University of California Press.Los Angeles. USA, p.p. 129-479.

### T

- Tirakmet S., 2015. Étude comparative entre l'activité insecticide des huiles essentielles extraites à partir de deux espèces de la famille des Astéracées récoltées dans la région de Makouda et l'activité insecticide d'un pesticide organique de synthèse sur le ravageur secondaire du blé tendre stocké *Tribolium castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidea), Mémoire de Master en Agronomie, Univ: Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 76p.
- Tirakmet S., 2015. Étude comparative entre l'activité insecticide des huiles essentielles extraites à partir de deux espèces de la famille des Astéracées récoltées dans la région de Makouda et l'activité insecticide d'un pesticide organique de synthèse sur le ravageur secondaire du blé tendre stocké *Tribolium castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidea), Mémoire de Master en Agronomie, Univ: Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 76p.

### W

- Webber et Hebert, 1967. History and development of the citrus industry. In: The citrus industry. 1. History, Word Distribution Botany and varieties. W. Reuther et al, eds. Berkeley, University of California Press: 1- 39.

## Bibliographie

- Weidner H., et Rack G., 1984- Tables de détermination des principaux ravageurs des denrées entreposées dans les pays chauds, Eschborn GTZ, p. 54 et 129.

### Y

- *Yahyaoui, N. (2005). Extraction, analyse et évaluation de l'effet insecticide des*

### Z

- Zoubiri S., Baaliouamer A., Seba N., Chamouni N., 2014. Chemical composition and larvicidal activity of Algerian *Foeniculum vulgare* seed essential oil. *Arabian Journal Of Chemistry*. 7, 480-485 p.

## ***Résumé***

Les substances d'origine naturelle et plus particulièrement les huiles essentielles représentent actuellement une solution alternative de lutte pour la protection des denrées stockées. La présente étude réalisée consiste à l'évaluation de l'effet répulsif et inhalatoire des huiles essentielles d'oranger douce *Citrus sinensis* et l'huile de géranium rosat *Pelargonium graveolens* contre l'insecte des céréales stockées *Tribolium castaneum*. Les deux huiles ont été testées par répulsion et par inhalation selon des doses précises et suivant le temps d'exposition

Les résultats des tests varient selon l'huile, le pouvoir insecticide le plus fort est enregistré avec *Citrus sinensis* (100%) de mortalité et le test de répulsion des huiles a procuré des taux variables allant de 33.33% à 100% pour les adultes de *T.castaneum*

Le pic de répulsion a été observé avec *Citrus sinensis* et *Pelargonium graveolens* contre les adultes de *Tribolium castaneum* (100 %).

**Mots clés :** *Citrus sinensis*, *Pelargonium graveolens*, *Tribolium castaneum*, huiles essentielles, test par répulsion, test par inhalation.