

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamid Ibn
Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DÉPARTEMENT DE SCIENCES BIOLOGIQUES

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

M^{elle} RAHMANI Yousra

Pour l'obtention du diplôme de

**MASTER EN BIOTECHNOLOGIE ET VALORISATION DES
PLANTES**

THÈME

**Effet insecticide de l'huile essentielle de *Mentha
pulegium* L. à l'égard du bioagresseur *Tribolium
confusum* des denrées stockées**

Soutenu le 06 juillet 2021 devant le jury :

Présidente	M ^{me} BENOURED Fouzia	M.C.A.U. Mostaganem
Examinatrice	M ^{me} BERGHEUL Saida	M.C.B.U. Mostaganem
Promotrice	M ^{me} BOUALEM Malika	M.C.A.U. Mostaganem
Co-promotrice	M ^{lle} HAFFARI Faouzia	Doctorante

Année universitaire 2020/2021

Remerciement

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à ma promotrice de mémoire, M^{me} Malika BOUALAM. Et ma Co-promotrice M^{lle} Fouzia HAFFARJ. Je les remercie de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants, monsieur Google et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté de me rencontrer et de répondre à mes questions durant mes recherches.

J'exprime tous mes remerciements à M^{me} BENOURAD F. pour avoir accepté de présider le jury et M^{me} BERGUEUL S. pour l'honneur qu'elle me fait en examinant ce travail et honorer par leur présence la constitution des jury.

Je remercie les deux personnes qui me sont les plus chers au monde, ma chère maman et mon cher papa, qui m'ont aimés, soutenus et qui ont toujours été là pour moi. Je remercie ma petite famille que j'aime plus que tout mais qui est vaguement grande pour être citée en une seule page :)

Enfin, je remercie mes chers et mes chères potes, et toute personne que j'ai connu durant mon parcours universitaire pour leur bonne compagnie et la joie qui m'ont apporté.

Merci <3

Dédicace

Je dédie ce travail à la seule et l'unique personne avec qui j'ai passé, je passe et je passerai toute ma vie. À la personne qui a toujours été là, qui m'a porté dans les moments difficiles et m'a aidé à les surpasser. À la personne qui a partagé ma joie, ma peine, mon succès, ma défaite. La personne à qui je compte le plus dans ce monde, après ALLAH. À moi-même et mes 33 autres personnalités : Merci d'exister

Résumé

L'utilisation des méthodes de lutte chimique en céréaliculture apparaît responsable sur beaucoup d'effets néfastes sur les cultures eux même et surtout sur la santé humaine. La recherche des méthodes alternatives de protection des denrées stockées contre les ravageurs de blé en particulier l'insecte *Tribolium confusum*, insecte ravageur de blé dur (*Triticum durum*) est en développement constants dans le but de diminuer les toxicités qui résultent suite à ces produits chimiques. Une de ces méthodes alternatives est l'utilisation des bioinsecticides. Plus précisément, l'utilisation de l'effet insecticide de l'huile essentielle des substrats botaniques. La plante utilisée dans notre travail est *Mentha pulegium* L, qu'on appelle vernaculairement "Fluo" ou "فليو". Notre étude consiste à extraire l'huile essentielle des feuilles de cette plante et déterminer son effet insecticide contre les adultes de *Tribolium confusum*. De ce fait, on a réalisé des tests de mortalité par contact direct et par inhalation de l'HE. On a aussi testé l'effet de répulsion de cette huile contre l'insecte et l'effet de germination des grains de blé traités (*Triticum durum*). La DL50 des tests a varié entre 6.02 et 6.08µl/ml dans une période qui n'a pas dépasser les 24h. Le taux de répulsion était également élevé avec une moyenne de 82.22% après 2heures pour toutes les doses effectuées. Le taux de germination a pris des valeurs médiocres avec une moyenne de 46%. Nos résultats ont démontré l'efficacité de l'huile essentielle de *Mentha pulegium* L. comme un moyen de lutte alternative contre les ravageurs des denrées stockés.

Mot clefs : Blé dur (*Triticum durum*), *Mentha pulegium* L., *Tribolium confusum*, huile essentielle.

Résumé

The use of chemical control methods in cereal crops appears to be responsible for many adverse effects on the crops themselves and especially on human health. The search for alternative methods of protection of stored commodities against wheat pests, in particular the insect *Tribolium confusum*, insect pest of durum wheat (*Triticum durum*) is in constant development with the aim of reducing the toxicities that result from these chemicals. One of these alternative methods is the use of bio-insecticide. More specifically, the use of the insecticide effect of the essential oil of botanical substrates. The plant used in our work is *Mentha pulegium* L, which is called "Fluo" or "فليو" vernacular. Our study involves extracting essential oil from the leaves of this plant and determining its insecticidal effect against adults of *Tribolium confusum*. As a result, mortality tests were conducted by direct contact and inhalation of EO. The repellent effect of this oil was also tested against the insect and the germination effect of treated wheat kernels (*Triticum durum*). The LD 50 of the tests varied between 6.02 and 6.08 μ l/ml in a period that did not exceed 24 hours. The repulsion rate was also high with an average of 82.22% after 2hours for all doses performed. The germination rate assumed poor values with an average of 46%. Our results demonstrated the effectiveness of *Mentha pulegium* L. essential oil as an alternative means of control of stored food pests.

Keywords: Durum wheat (*Tritium durum*), *Mentha pulegium* L., *Tribolium confusum*, essential oil.

Table de la matière

Résumé	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
<i>Introduction générale</i>	01
 <i>Chapitre I : Présentation de l'insecte et de la plante</i>	
 <i>Partie 01 : Les denrées stockées</i>	
I. les céréales	02
I.1. Production des céréales dans le monde	02
II. Présentation du blé	03
II.1. Définition.....	03
II.2. Position systématique.....	03
II.3. Composition chimique et histologique du blé.....	04
II.4. Production du blé.....	05
II.4.1. Dans le monde.....	05
II.4.2. En Algérie.....	06
III. Stockage et conservation des céréales	07
III.1. Le stockage.....	07
➤ Méthodes de stockage.....	07
III.1.1. Stockage traditionnel.....	07
III.1.2. Stockage en sac.....	08
III.1.3. Stockage en vrac.....	09

Table de la matière

III.2. La conservation.....	10
➤ Méthodes de conservation.....	10
III.2.1. Le séchage.....	10
III.2.2. La ventilation.....	11
III.2.3 Le transilage.....	11
III.3. Le risque du stockage et du conservation des céréales.....	11
IV. Les principaux ravageurs des denrées stockées.....	12
IV.1. Les rongeurs.....	12
IV.2. Les microorganismes.....	12
IV.3. Les insectes.....	12
V. Les méthodes de lutte contre les ravageurs.....	14
V.1. La lutte préventive.....	14
V.2. Méthodes traditionnelles.....	15
V.3. La lutte physique.....	15
V.4. La lutte mécanique.....	16
V.5. La lutte chimique.....	16
V.6. La lutte biologique.....	16
➤ Les ennemis naturels.....	16
➤ Les huiles essentielles.....	17
VI. <i>Tribolium</i> rouge (<i>Tribolium Confusum</i>).....	17
VI.1. Généralités.....	17
VI.2. Identification de l'insecte.....	18

Table de la matière

VI.2.1. Description.....	18
VI.2.2. Position systématique.....	18
VI.2.3. Origine et répartition géographique.....	19
VI.2.4. Description des différents stades du développement de <i>T. confusum</i>	19
VI.2.5. Biologie.....	19
VI.2.6. Régime alimentaire/dégâts	21
VI.2.7. Les méthodes de lutte contre la <i>Tribolium</i>	21
➤ Les ennemis naturels.....	21
➤ La lutte chimique.....	21
➤ La lutte par substrat botanique	21
 <i>Partie 02 : Mentha Pulegium L.</i>	
I. Présentation de la plante.....	22
I.1. Généralité.....	22
I.2. Origine.....	22
I.3. Répartition géographique.....	22
I.4. Position systématique.....	23
II. Composition chimique.....	23
III. Toxicité.....	24
IV. Utilisations de l'huile essentielle de la menthe pouliot.....	25
IV.1. Utilisation traditionnelle et médicinale.....	26
IV.2. Parasiticide.....	26
IV.3. Bactéricide.....	27

Table de la matière

Chapitre II : Matériel et méthode

I. Objectif de travail	28
II. Matériel utilisé	28
II.1. Matériel végétal.....	28
II.2. Matériel animal.....	29
II.3. Matériel et produits de laboratoire.....	29
III. Méthode	30
III.1. L'extraction de l'huile essentielle.....	31
III.2. Applications des traitement biologiques.....	32
III.2.1. Test de mortalité corrigé/par contact direct de HE et l'insecte.....	32
III.2.2. Test de fumigation.....	33
III.2.3. Test répulsif.....	34
III.3. Pouvoir germinatif.....	35
IV. L'évaluation de la mortalité des adultes de <i>T. confusum</i>	36
IV.1. Calcul de la mortalité corrigée.....	36
IV.2. Détermination de la DL50 et la DL90.....	36

Chapitre III : Résultats et discussion

I. L'extraction de l'huile essentielle	37
II. Evaluation de la toxicité de l'HE de <i>M. pulegium</i> L. sur la population de <i>T. confusum</i>	37
II.1. Evaluation de l'activité insecticide de l'HE de <i>M. pulegium</i> L. à l'égard des adultes de <i>T. confusum</i> par effet de contact.....	37

Table de la matière

II.1.1. Mortalité corrigée.....	37
II.1.2. Calcul du DL50 et DL90.....	39
II.2. Evaluation de l'activité insecticide de l'HE de <i>M. pulegium</i> L. vis-à-vis des adultes de <i>T. confusum</i> par effet de fumigation.....	39
II.2.1. Mortalité corrigé.....	39
II.2.2. Calcul du DL50.....	41
II.3. Effet répulsif de l'huile essentielle de <i>M. pulegium</i> L. vis-à-vis des adultes de <i>T. confusum</i>	41
II.4. Le pouvoir germinatif.....	43
III. Discussion des résultats.....	44
<i>Conclusion générale</i>	46
<i>Références bibliographiques</i>	48

Table de la matière

Liste des figure

Figure 01	Volume de production de céréales dans le monde 2008-2019	02
Figure 02	Blé dur	03
Figure 03	La composition du grain de blé	04
Figure 04	Production et rendement du blé dans le monde entre 2017-2019	05
Figure 05	Représentation des proportions de production de blé par continent	06
Figure 06	Diagramme représentant les 10 principaux producteurs de blé dans le monde	06
Figure 07	Silo souterrain " <i>Matmoura</i> "	08
Figure 08	Stockage des céréales en sac	09
Figure 09	Cellule de stockage en vrac	09
Figure 10	Principe de séchage des céréales	10
Figure 11	Ventilation par aspiration (dépression) des céréales	11
Figure 12	Adulte de <i>Triboliumconfusum</i>	18
Figure 13	Cycle biologique de <i>Tribolium confusum</i>	20
Figure 14	Menthe pouliot(<i>Mentha pulegium</i> L.)	23
Figure 15	Feuilles de <i>Mentha pulegium</i> L.	27

Table de la matière

Figure 16	Elevage de masse de <i>Tribolium confusum</i>	28
Figure 17	L'installation de l'appareillage de l'entraînement à vapeur d'eau	29
Figure 18	Le protocole de l'extraction d'huile de <i>M. pulegium</i> L. par l'entraînement à la vapeur d'eau	30
Figure 19	Dispositif expérimental de l'extraction	30
Figure 20	Dispositif expérimentale du test de toxicité par contact de <i>M. pulegium</i> L.	32
Figure 21	Dispositif expérimentale du test de toxicité fumigation de <i>M. pulegium</i> L.	33
Figure 22	Dispositif expérimentale du test de toxicité fumigation de <i>Mentha pulegium</i> L.	33
Figure 23	Dispositif du test de germination	34
Figure 24	Test de Tukey de la mortalité corrigée en fonction de l'HE de <i>M. pulegium</i> L.	37
Figure 25	Droite de régression linéaire des probits à différentes doses de l'HE de <i>M. pulegium</i> L. sur <i>T. confusum</i> par contact direct.	37
Figure 26	Test de Tukey de la mortalité de <i>T. confusum</i> en fonction de dose d'HE de <i>M. pulegium</i> L.	39
Figure 27	Courbe linéaire des probits à différentes doses de l'HE de <i>M. pulegium</i> L. sur les adultes de <i>T. confusum</i> par inhalation.	39
Figure 28	Effet de l'HE de <i>M. pulegium</i> L. sur les grains de blé testés	41

Table de la matière

Liste des tableaux

<i>Tableau 01</i>	La surface cultivée, le rendement et la production de blé en Algérie 2017-2019	07
<i>Tableau 02</i>	Quelques insectes ravageurs des céréales stockés	13
<i>Tableau 03</i>	Quelques mesures de protection contre les insectes ravageurs	14
<i>Tableau 04</i>	Méthodes de lutte physique contre les ravageurs	15
<i>Tableau 05</i>	La composition chimique de l'huile essentielle de <i>Mentha pulegium</i> L.	24
<i>Tableau 06</i>	Calcul de la DL50 et la DL90.	39

Table de la matière

Liste des abréviations

- **OAIC** : l'Office Algérien Interprofessionnel des Céréales ;
- **FAO** : L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture ;
- **CORAF** : Le Conseil ouest et centre africain pour la recherche et le développement agricoles ;
- **HE** :Huileessentielle ;
- **DL50** : La dose létale de la mort de 50% des individus ;
- **DL90**: La dose létale de la mort de 90% des individus ;
- **ANOVA** : l'analyse de la variance ;
- **R** :Rendement
- **F** :Loi de FISHER ;
- **P** :P-value.

Introduction générale

Introduction générale

Les céréales, principalement le blé, restent la première source de nourriture pour l'homme. Comprendre les phénomènes de conservation qui les gèrent et maîtriser les technologies de stockage sont d'une importance décisive pour la survie de la population mondiale qui enregistre des taux d'accroissement à peine concevables (Aoues et *al.*, 2017).

Plusieurs ravageurs présents dans les milieux de stockage peuvent causer des pertes considérables dans le blé (Légaré et *al.*, 2013). Ses nuisibles se présentent en 3 groupes : les microorganismes, les moisissures et les insectes.

Les insectes sont les principaux déprédateurs du blé. On nomme plusieurs espèces tels que : les charançons, les trogodermes, les triboliums, etc... Les activités biologiques de ces insectes endommagent une grande partie des denrées conservées.

Le moyen le plus courant utilisé pour limiter leurs activités endommageantes est l'usage des pesticides chimiques, dont les effets indésirables affrontent des conséquences néfastes, notamment la réduction de la biodiversité, l'apparition de résistance aux insecticides chimiques (Pacheco et *al.*, 1990).

De nos jours, de nombreuses études sont emmenées vers les moyens de lutte alternative contre ces ravageurs : les moyens naturels. L'étude des activités biologiques et biotechnologiques des extraits de plantes est d'un grand intérêt. Les activités insecticides et parasitocides des huiles essentielles ont été rapportées dans plusieurs travaux (Cissokho et *al.*, 2015 ; Bouzouita et *al.*, 2008).

Cette étude est menée dans le cadre de développement des luttes alternatives à l'égard des ravageurs par l'utilisation de l'huile essentielle de la menthe pouliot. Elle est partagée en deux parties :

- Une partie bibliographique qui comprend la présentation des espèces végétales utilisées dans notre étude : *Triticum durum* et *Mentha pulegium* L. et l'espèce animale qui est l'insecte *Tribolium confusum*.

Chapitre I

Présentation de l'insecte et les plante

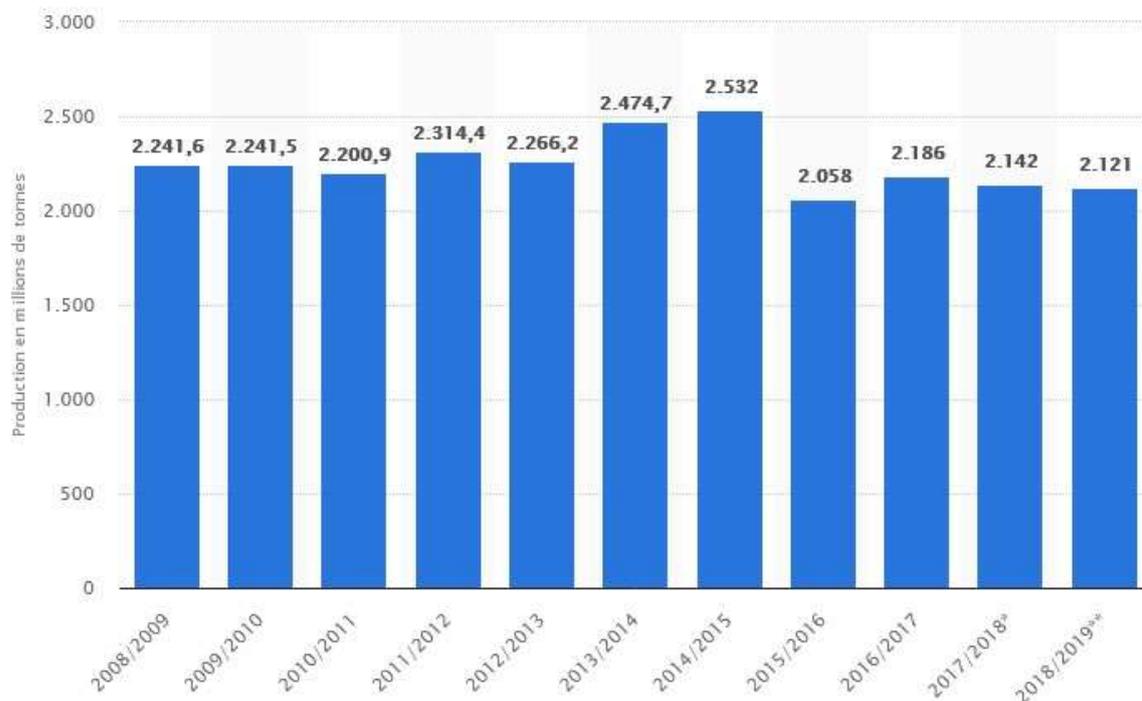
Partie 01 : *Les denrées stockées*

I. Les céréales

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

A l'échelle mondiale, les pertes de produits agricoles occasionnées par les ravageurs des denrées stockées sont estimées à 10% en moyenne et représentent une valeur monétaire annuelle aviron de 58 milliards US\$ (FAO, 2016). Ngamo et Hanse (2007) rapportent que les pays de l'Afrique subsaharienne notent une perte très élevée de la production dues aux insectes nuisibles qui peut atteindre un taux de 30%. Ceci représente presque le tiers de ce qui est produit ne parvient pas aux consommateurs. Ces pertes participent à creuser l'insécurité alimentaire et à accentuer la pauvreté en favorisant le recours massif à des importations de denrées alimentaires (Benz et *al.*, 2010).

1. Production des céréales dans le monde



© Statista 2021

Figure 01 : Volume de production de céréales dans le monde 2008-2019 (Statisia, 2019)

Les prévisions de la FAO concernant la production mondiale de céréales en 2020 ont atteint 1,7 million de tonnes et s'établissent à présent à 2 767 millions de tonnes, soit 2,1 pour cent de plus que la production de 2019. La progression en glissement mensuel s'explique presque entièrement par la révision à la hausse des prévisions concernant la production de céréales secondaires dans plusieurs pays d'Afrique (FAO, 2021).

II. Présentation du blé

1. Définition

Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des Graminées. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscent, constitué d'une graine et de téguments. Les deux espèces les plus cultivées sont le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*). En termes de production commerciale et d'alimentation humaine, c'est la plus importante espèce du genre *Triticum* après le blé tendre. Leur famille comprend 600 genres et plus de 5000 espèces (Feillet, 2000). En ce qui concerne la localisation de la domestication de blé, on considèrerait jusqu'aujourd'hui qu'elle avait eu lieu dans le Croissant fertile, vaste territoire comprenant, selon les auteurs, la vallée du Jourdain et des zones adjacentes de Palestine, de la Jordanie et de l'Iraq, voire de la bordure Ouest de l'Iran (Feldmen, 2001).



Figure 02 : Blé dur (Originale, 2021)

2. Position systématique

Selon la classification de Cronquist (1981) :

Règne	<i>Plantae</i>
Sous règne	<i>Tracheobiona</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Liliopsida</i>
Ordre	<i>Poales</i>
Famille	Gramineae
Genre	<i>Triticum</i>
Espèce	<i>Triticum durum</i> (Desf).

3. Composition chimique et histologique du blé

Un grain de blé est formé de trois régions :

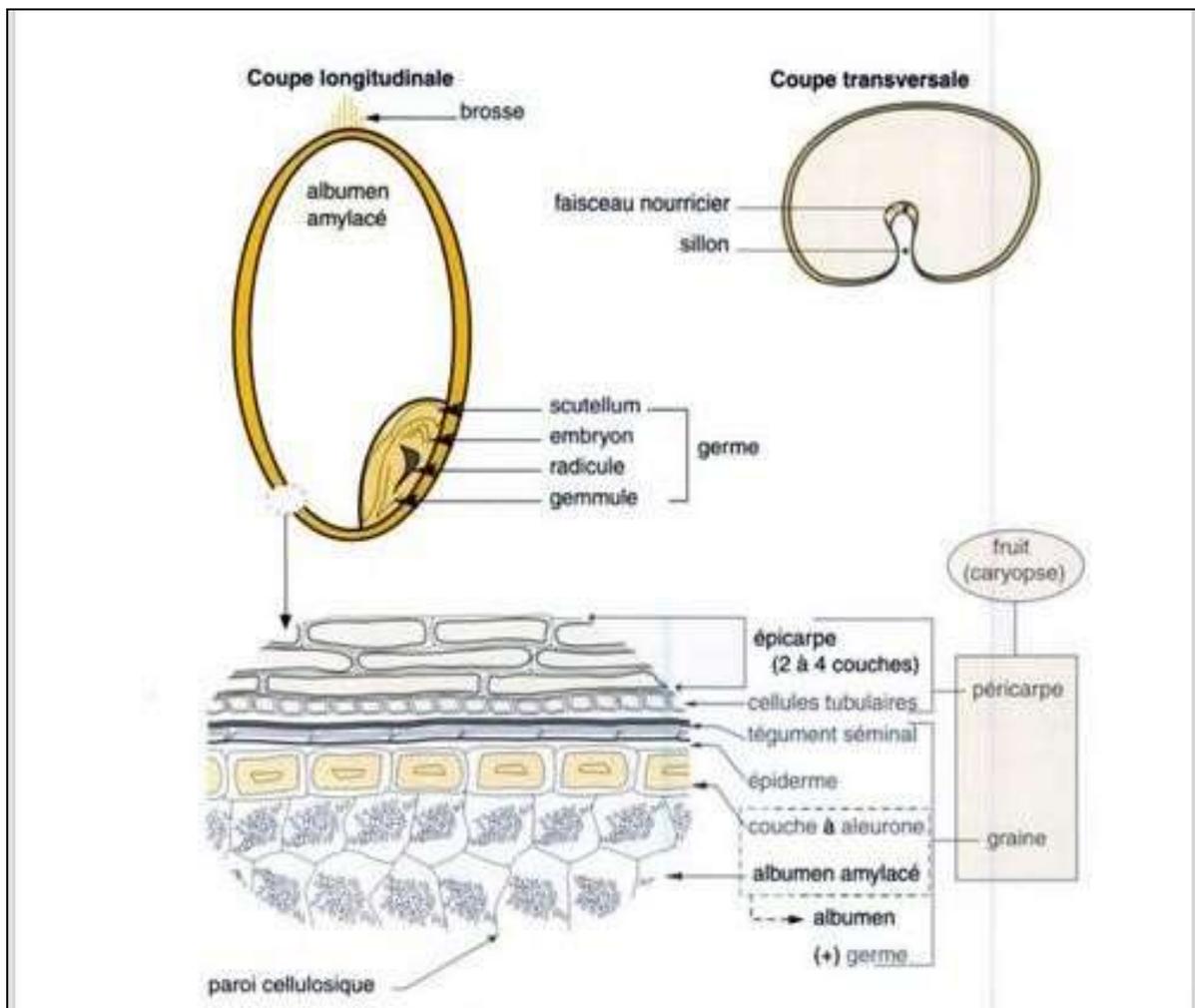


Figure 03 : La composition du grain de blé (Feillet, 2000)

- L'albumen : constitué de l'album en amylicé (au sein duquel subsistent des cellules remplies de granules d'amidon dispersés au milieu d'une matrice protéique et dont les parois cellulodiques sont peu visibles) et de la couche à aleurone (80-85% du grain).
- Les enveloppes du grain et du fruit, formées de six tissus différents : épiderme du nucelle, tégument séminal ou testa (enveloppe du grain), cellules tubulaires, cellules croisées, mésocarpe et épicarpe (13-17%).
- Le germe (3%), composé d'un embryon (lui-même formé de coléoptile, de la gemmule, de la radicule, du coléorhize et de la coiffe) et du scutellum (Feillet, 2000).

4. Production du blé

4.1. Dans le monde

Les statistiques de la FAO (2021) montrent que la production mondiale du blé en 2018-2019 a atteint environ 746.6 millions de tonnes. Tandis que la production mondiale de blé en 2019-2020 a avoisiné les 769.5 millions de tonnes.

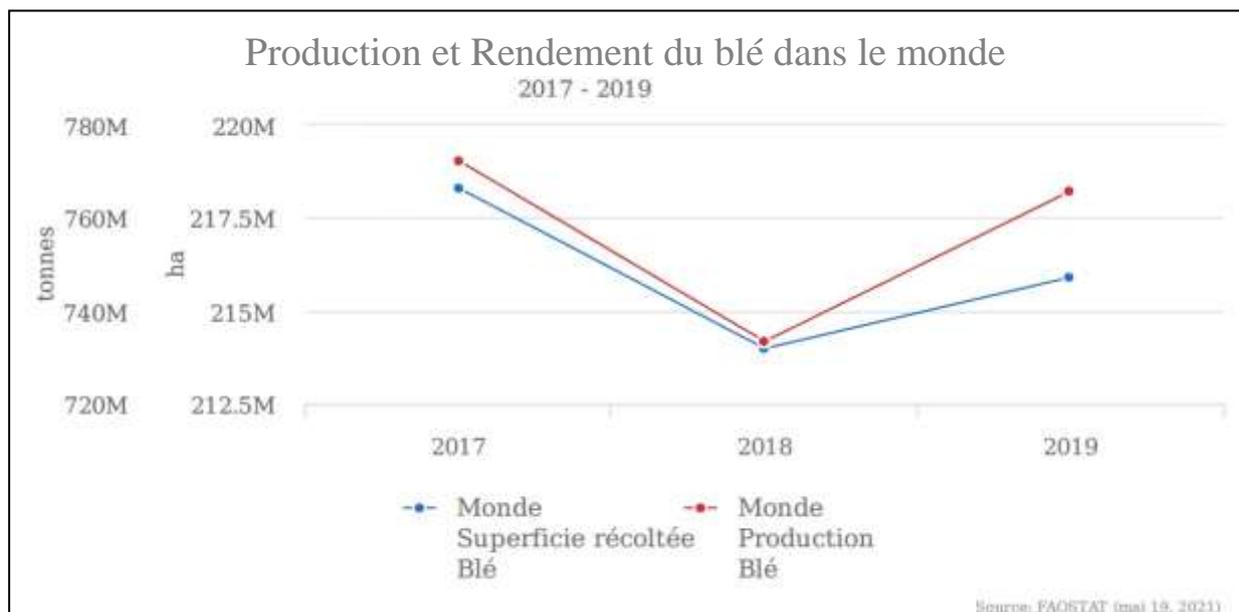


Figure 04 : Production et rendement du blé dans le monde entre 2017-2019 (FAO, 2021)

Depuis cinquante ans, la consommation mondiale de blé a triplé et l'accroissement de la production a surtout été favorisé par la progression des rendements. Les fortes variations, selon les campagnes, du disponible exportable de pays producteurs ont toutefois impacté l'approvisionnement de l'Afrique du Nord et du Moyen-Orient, importateurs traditionnels (Benlameur, 2016).

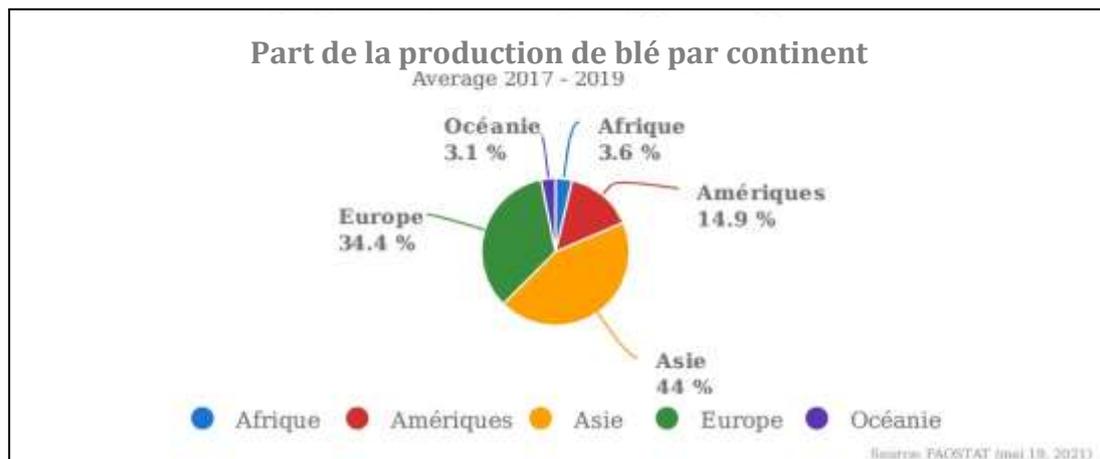


Figure 05 : Représentation des proportions de production de blé par continent (FOA, 2021)

Les données représentées ci-dessous exposent les dix principaux pays producteurs de blé au cours des années de commercialisation 2017/2019 :

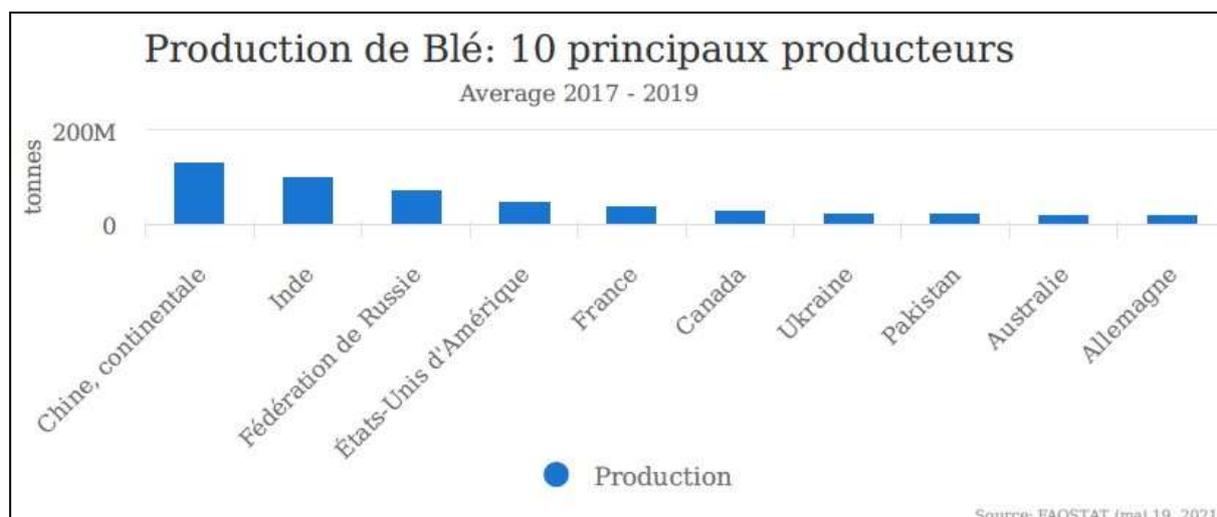


Figure 06 : Diagramme représentant les 10 principaux producteurs de blé dans le monde (FOA, 2021)

4.2. En Algérie

En Algérie, les produits céréaliers, principalement le blé occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale (Djermoun, 2009). Aussi c'est un produit de consommation de base, avec près de 600g par personne et par jour (Abis, 2012).

La céréaliculture algérienne occupe une superficie de 3.5 millions d'hectares avec 1,6 million d'hectares de blé dur. Une nette amélioration dans la production des céréales a été enregistrée durant la saison 2016-2017, avec une production de plus de 34 millions de tonnes

d'après l'Office Algérien Interprofessionnel des Céréales. Si on s'intéresse d'une manière plus précise au blé dur, on constate qu'il occupe une place très importante dans la structure spatiale de l'activité agricole. Il représente plus de 50% des superficies céréalières récoltées (OAIC, 2017).

Tableau 01 : La surface cultivée, le rendement et la production de blé en Algérie 2017-2019 (FAO, 2021)

<i>Année</i>	<i>Superficie récoltée (ha)</i>	<i>Production (Tonnes)</i>	<i>Rendement (hg/ha)</i>
2017	2 118 469	2 436 503	11 501
2018	2 087 003	3 981 219	19 076
2019	1 974 987	3 876 876	18 630

III. Stockage et conservation des céréales

1. le stockage

C'est une opération qui consiste à entreposer les produits en un lieu déterminé et pour une période donnée, en matière de commercialisation des céréales. Le stockage est l'opération qui consiste à placer, pour une période donnée, des céréales dans un magasin suivant des normes et des règles qui permettent la bonne conservation des grains (Laurent, 2003).

➤ Méthodes de stockage

1.1. Stockage traditionnel

Le stockage dans des silos souterrains (*Matmoura*) : Le paysan Algérien, sur les hauts plateaux, conservait tant bien que mal, le produit de ces champs d'orge et de blé, dans des enceintes creusées de simple trous cylindriques ou rectangulaires construites dans des zones sèches, en sol stable, généralement argileux ou le niveau de la nappe phréatique est suffisamment bas, c'est ce que l'on appelle (*Elmatmoura*). A un endroit surveillé ou proche de la ferme, la capacité de ces lieux de stockage est variable elle est de l'ordre de quelque mètres cubes (Doumaïndji et al., 1989).

C'est une technique utilisée dans plusieurs pays de l'Afrique, au proche orient et en Asie (Bartali, 1990).

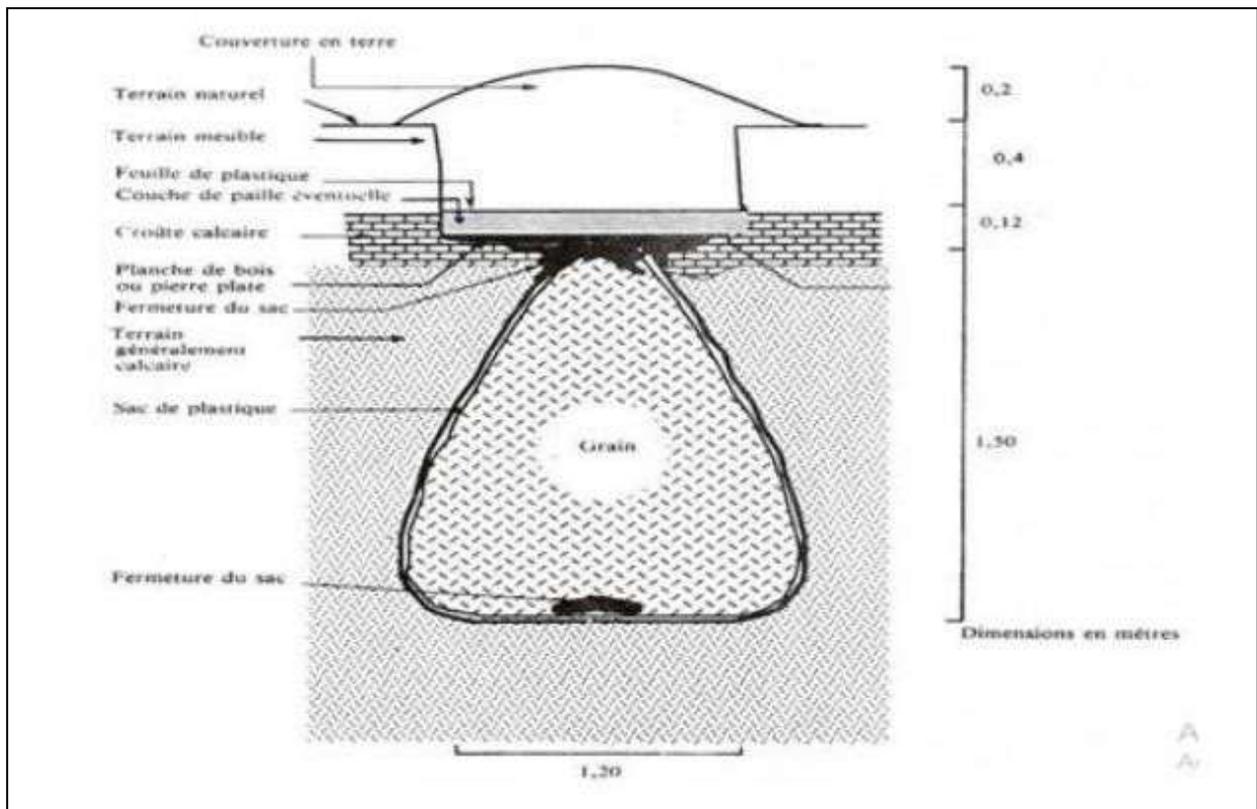


Figure 07 : Silo souterrain "Matmoura"(Bartali, 1990)

1.2. Stockage en sac

Le stockage en sac a totalement disparu dans les pays développés, par contre il est encore utilisé dans les pays en voie de développement. Les grains sont conservés dans des sacs fabriqués en toile de jute ou en polypropylène pour les semences. Les sacs sont entreposés en tas dans divers locaux, magasins ou hangars. Souvent ce type de stockage est provisoire. Dans le cas de forte production et de saturation des divers locaux de grande capacité, l'utilisation des sacs et locaux annexes (hangars et magasins) devient nécessaire (Doumaindji et *al.*, 2003).



Figure 08 : Stockage des céréales en sac (Marielle, 2021)

1.3. Stockage en vrac

Le stockage en vrac est une pratique qui consiste à mettre les denrées dans des silos, hangars (dans ce cas, les grains en tas sont laissés à l'air libre dans les hangars ouverts à charpente métallique) ou bien les mettre dans d'autres structures. C'est une méthode généralisée dans les pays développés alors qu'elle est encore peu répandue dans les pays en voie de développement, à cause du manque de moyens de transports spécialisés et la possibilité de disposer de structures adaptées. Cependant, seul l'Office National Interprofessionnel des Céréales (OAIC) et quelques entreprises privées disposent de structures qui répondent aux normes. Le contrôle et la surveillance des produits ensachés sont difficiles alors qu'ils sont plus aisés en vrac (Benlameur, 2016).



Figure 09 : Cellule de stockage en vrac (FRISOMAT, 2017)

2. Conservation

C'est l'action de garder (stocker) un produit de manière à le maintenir autant que possible dans le même état. La conservation des céréales revient donc à stocker ou garder les céréales de façon à ce que leur quantité et qualité demeurent autant que possible intactes (Coordination d'Afrique Verte, 2004). La conservation des denrées alimentaires c'est un ensemble de procédés de traitement permettant de conserver les propriétés gustatives (certains y ajoutent du goût, en particulier ceux qui nécessitent un additif) et nutritives, les caractéristiques de texture et de couleur des denrées alimentaires. Et aussi leur comestibilité, par la prévention des éventuelles intoxications alimentaires (Anonyme, 2012).

➤ Les méthodes de conservation

2.1. Séchage

Il est nécessaire de sécher le grain avant de le stocker. La méthode de séchage dépend des conditions locales (climat, saison, volume du produit, matériau disponible). Il est conseillé d'utiliser au maximum le soleil et le vent et de prendre les mesures appropriées pour éviter que les produits séchés ne soient remouillés par la rose ou la pluie (Inge de groot, 2004).

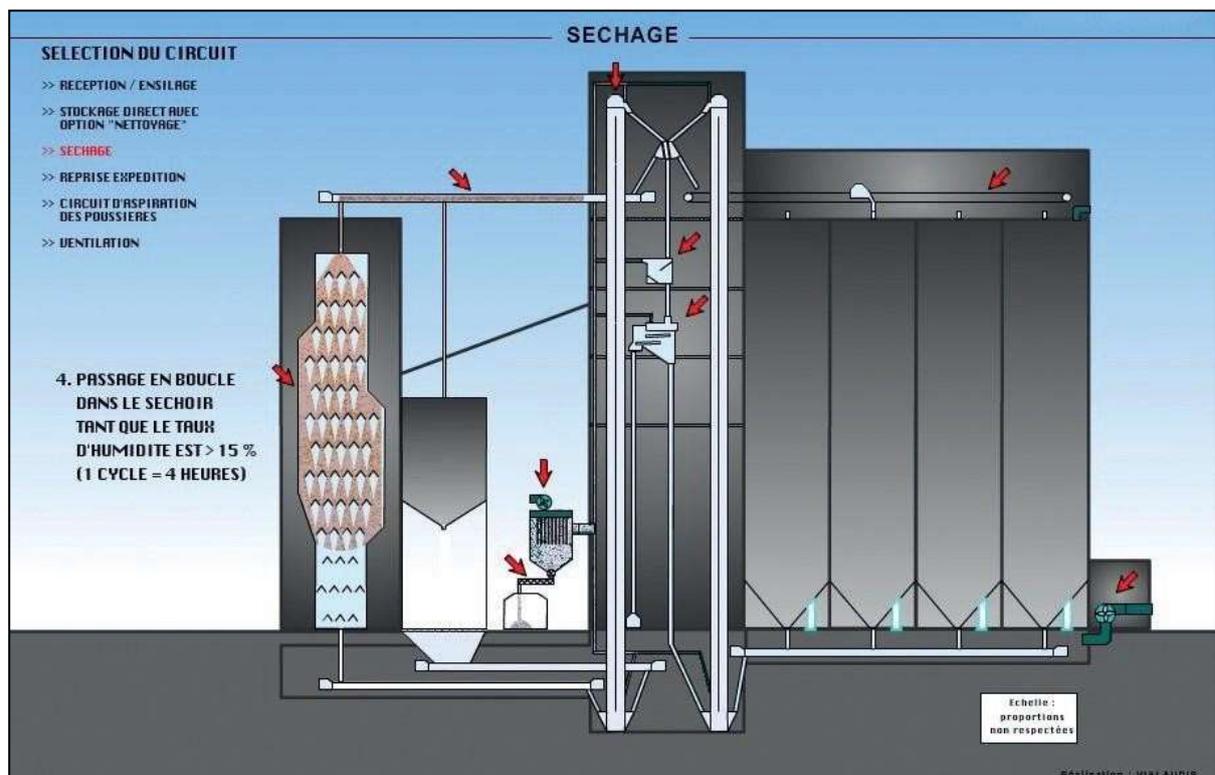


Figure 10 : Principe de séchage des céréales (Anonyme, 2011)

2.2. Ventilation :

La ventilation consiste à faire circuler l'air non chauffé dans une masse de grain, ou presque, pour refroidir ou uniformiser la température et le taux d'humidité dans l'enceinte des lieux de stockage. Ce procédé sert à abaisser et à équilibrer la température du grain et à empêcher la migration de l'humidité. Afin d'éviter l'échauffement des grains, la ventilation permet d'évacuer au fur et à mesure la chaleur produite (St-Pierre, N. et al, 2014).



Figure 11 : Ventilation par aspiration (dépression) des céréales (Anonyme, 2021)

2.3. Transilage

Le transilage permet une aération importante et rapide du grain, comme il consiste également à faire circuler le grain d'une cellule à une autre pour assurer l'homogénéisation de sa température s'il y a réchauffement, cette technique est très utilisée en Algérie. Du grain au niveau de chaque cellule, en cas d'anomalie, le responsable intervient directement soit en introduisant dans la cellule une dose de ventilation précise soit par transilage (Dib, 2014).

3. Risques du Stockage et de la conservation des céréales

La conservation post-récolte est le seul moyen d'assurer le lien entre la récolte de l'année et la consommation permanente. Les récoltes conservées en général dans des conditions inadéquates, sont attaquées par des moisissures, des insectes et des rongeurs (FouaBik, 1989).

Selon Ahmad (2016), des pertes pouvant dépassées 35% ont été enregistrées ces dernières années à la suite des déclarations de l'Office Algérien Interprofessionnel des Céréales (O.A.I.C.). Le développement des insectes et la prolifération de moisissures sur le blé stocké engendre deux conséquences ; altérations de la qualité du grain qui va se répercuter sur la valeur nutritionnelle des produits dérivés et la production de mycotoxines (Pitt et Hocking, 1997).

IV. Principaux ravageurs des denrées stockés (Céréales)

1. Rongeurs

Les principaux rongeurs déprédateurs des stocks sont le rat gris, le rat noir et la souris, les rongeurs causent des dégâts importants aux cultures et aux produits stockés et des pertes de produits alimentaires parce qu'ils consomment le grain, mais plus encore parce qu'ils polluent les denrées. Ils véhiculent aussi des maladies transmissibles à l'homme (Inge de Groot, 2004). En consommant le grain, elles colonisent donc les stockages de grain ou elles trouvent une nourriture abondante et percent le matériel d'emballage, ce qui cause des pertes considérables. Les sacs en jute peuvent être sérieusement abîmés. (Berhaut et *al.*, 2003).

2. Microorganismes

Les microorganismes observés dans les stocks de céréales se composent de bactéries, de levures et de moisissures qui sont l'ennemi le plus difficile à reconnaître dans les céréales stockées car elles sont beaucoup moins visibles. Les microorganismes sont toujours présents à la surface des grains sous la forme de spores. Dès que les conditions de température et d'humidité deviennent favorables, ces microorganismes se développent en envahissant progressivement le grain. Les conditions climatiques en régions tropicales et notamment en zones humides sont très favorables à la croissance de ces microorganismes (Coraf, 2007).

3. Insectes

Les céréales sont habituellement attaquées par les insectes ravageurs au cours de leur entreposage depuis le début de la civilisation humaine (Aissata, 2009).

Comme dans tout écosystème, on trouve au sein des denrées stockées divers groupes écologiques dont notamment des espèces cléthrophiages (des insectes vivant à l'intérieur des grains), psychophages (qui se nourrissent des débris, les grains brisés...etc.), mycétophages (qui se nourrissent des moisissures et de mycélium), des parasites et enfin, au sommet du

réseau trophique, des prédateurs se nourrissant de proies vivantes (harpactophages) ou de leurs cadavres (nécrophages). Les insectes des denrées stockées sont classiquement répartis en trois catégories : les espèces primaires, secondaires et tertiaires (Huchet, 2017).

- Les ravageurs primaires : appelés aussi « à formes cachées » capables de s'attaquer à des grains sains et entiers (Bekon et Fleurât-Lessard, 1989). Ces insectes sont capables de casser l'enveloppe dure des graines saines. Certaines espèces pondent leurs œufs à l'intérieur de la graine et les larves mangent le contenu du grain. D'autres pondent leurs œufs à la surface du grain et les larves pénètrent l'enveloppe (Inge de Groot, 2004).
- Les ravageurs secondaires : appelés aussi « à formes libres » ne peuvent déprécier les grains qu'à partir des dégâts causés par les ravageurs primaires (Bekon et Fleurât-Lessard, 1989). Car ils sont incapables de percer l'enveloppe des semences saines. Donc ils se nourrissent des grains cassés (Inge de Groot, 2004).
- Les insectes appelés ravageurs tertiaires se nourrissent des grains cassés, de poussières de graines ou des poudres laissées par les deux groupes précédents (Inge de Groot, 2004).

Tableau 02 : Quelques insectes ravageurs des céréales stockées (Aziez et *al.*, 2003).

	Espèce	Dégat
Capucin <i>(Rhyzopertha dominica)</i>		Réduction en poudre du contenu du grain (Par l'adulte)
Charançon <i>(Sitophilus granarius)</i>		-Trous dans les grains. - Germe et amande dévorée.

<p>Trogoderme (<i>Trogoderma variabileballion</i>)</p>		<p>Grains creusés.</p>
<p>Cadelle (<i>Tenebroidessp.</i>)</p>		<p>Des grains dévorés.</p>

V. Méthode de lutte des insectes

1. Lutte préventive

Tableau 03 : Quelques mesures de protection contre les insectes ravageurs (Groot, 2004)

<p>Méthode de culture</p>	<p>Le choix de la variété</p>	<p>Tenir compte de la sensibilité du produit aux ravageurs du stockage pendant le choix des semences.</p>
	<p>L'époque de la culture</p>	<p>Les produits doivent être récoltés au plus vite afin d'éviter l'infestation des céréales dans les champs.</p>
<p>Méthode de stockage</p>	<p>La sélection du site</p>	<p>Les magasins a grain doivent être construits sur un sol bien drainé pour éviter l'inondation par les eaux sous terraines ou l'humidité.</p>
	<p>La sélection du produit</p>	<p>Eviter les grains cassés, les brins de paille et les saletés dans le choix des grains à stocker.</p>
	<p>L'hygiène</p>	<p>Les mesures de l'hygiène sont essentielles pour prévenir l'endommagement.</p>

L'utilisation des huiles	Un grand nombre des huiles végétales peuvent être utilisé pour la protection en utilisant des petites quantités.
Fumée	La fumée et la chaleur d'un feu ordinaire chassent ou tuent les insectes. Cette méthode possède certains effets secondaires.

2. Méthodes traditionnelles

Cette méthode consiste à l'exposition au soleil qui favorise le départ des insectes adultes qui ne supportent pas les fortes chaleurs ni la lumière intense, à l'utilisation des plantes répulsives ainsi que le mélange des grains avec des plantes qui agissent comme insectifuge, ainsi que l'enfumage qui ne tue pas les insectes mais les éloignent et les empêchent par infestation (Doumandji et *al.*, 2003).

3. Lutte physique

La lutte physique est la destruction des insectes par la modification des conditions environnementales (Fields, 1992).

Tableau 04 : Méthodes de lutte physique contre les ravageurs

Lutte par la chaleur	La technique consiste à traiter les produits en lit fluidifié à haute température (60 à 180°C) qui est suivie d'un refroidissement rapide, la température du produit n'atteigne pas 65 à 70°C. Ce choc thermique de quelques minutes, entraîne une mortalité importante des insectes sans affecter la qualité du produit (Fleurat-Lessard, 1993).
Lutte par le froid	Le froid peut être employé pour ralentir l'activité biologique des ravageurs ou pour les tuer (Riba et Silvy, 1989). Les insectes ne se développent pas et ne se nourrissent pas aux températures inférieures à 10°C, ils finissent par mourir. Le maintien des ravageurs à 1°C pendant un mois, entraîne la mortalité des adultes (Benkhellat, 2000).

<p>Radiation</p>	<p>Ionisante : l'irradiation des denrées par des rayons Gamma est une technique utilisée dans de nombreux pays pour lutter contre les insectes ravageurs, les mâles sont plus sensibles à la radiation Gamma que les femelles. La désinsectisation par les rayons Gamma à hautes doses provoque la mort de l'insecte, par contre son exposition à faibles doses entraîne sa stérilité (Diop et <i>al.</i>, 1997 et Dongert et <i>al.</i>, 1997).</p> <p>Non ionisante : l'exposition des graines aux radiations ultra-violette de longueur d'onde inférieure à 3126λ provoque la mort des œufs et des larves de premier stade et engendre des individus anormaux après l'émergence (Labeyrie, 1962).</p>
<p>Lutte par atmosphère modifiée</p>	<p>L'utilisation du dioxyde de carbone ou de nitrogène à une concentration supérieure à 60% et une concentration d'oxygène inférieure à 1% de l'atmosphère régnant à l'intérieur des stocks, est très efficace pour éliminer la plupart des insectes de grains (While et Jayas, 1991).</p>

4. Lutte mécanique

Le transilage est une méthode qui consiste à faire circuler les grains d'une cellule à une autre, ce qui permet ainsi une aération importante et rapide du grain, et entraîne l'élimination d'une partie des insectes dans le stock (Favreau, 1988).

5. Lutte chimique

Largement répandue, en raison de son efficacité, elle doit être appliquée avec discernement pour limiter les risques qu'elle peut faire courir aux consommateurs des denrées. Deux types de traitement sont généralement employés :

- Traitement par contact qui consiste à recouvrir les grains, l'emballage ainsi que les locaux de stockage d'une pellicule de produit insecticide qui agit par contact sur les prédateurs, dont l'effet est plus ou moins rapide avec une persistance d'action plus longue (Aidani, 2015).
- Traitement par fumigation qui consiste à traiter les grains à l'aide d'un gaz toxique, qu'on appelle fumigant. L'intérêt majeur de la fumigation est de faciliter la

pénétration des gaz à l'intérieur du grain et donc de détruire les œufs et larves et nymphes qui s'y développent (Aidani, 2015).

6. Lutte biologique

➤ Les ennemis naturels

Cette méthode entre dans le cadre du développement durable et de la sauvegarde des écosystèmes. Elle vise à réduire les populations des insectes ravageurs, en utilisant leurs ennemis naturels qui sont soit des prédateurs, soit des parasites ou des agents pathogènes (Sanon et *al.*, 2002).

Des efforts ont été fournis pour développer de nouveaux composés pour substituer à ceux couramment utilisés. L'exploitation de matières premières renouvelables d'origines végétale pour la fabrication de bio-insecticide correspond à la nécessité de répondre aux réalités environnementales (Messaoudene et Mouhou, 2017).

De nombreux parasites et prédateurs ont été identifiés, tels que les Hyménoptères parasitoïdes qui se développent dans les greniers au détriment des œufs, des larves et des nymphes de bruches.

Exemples : *Dinarmus basalis*, *Eupelmus vuilleti* et *Teretrius nigrescens* (Coléoptère) prédateur naturel du capucin (Sanon et *al.*, 1999 ; Aidani, 2015).

➤ Les huiles essentielles

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 des cultures et des stocks (Kéita et *al.*, 1999 et Isman, 2000).

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 inhalatrice (Kéita et *al.*, 2001 ; Aouina et Khelifi, 2018).

VI. *Tribolium* rouge (*Tribolium confusum*)

1. Généralité

Les ténébrionidés sont des coléoptères de taille comprise entre 2 mm et 80 mm. La forme est très variée, à téguments le plus souvent rigides, épais, de couleur noir mat ou luisant. Les yeux sont généralement grands, ovales ou ronds chez certaines sous-familles. Les antennes sont de 11 articles, plus rarement 10 aptères ou ailées, avec nervation alaire du type primitif. Les pattes sont longues ou tout au contraire, contractées et souvent fouisseuses (Balachowsky, 1962).

T. confusum est un coléoptère de la famille des *Tenebrionidae* à répartition cosmopolite. C'est un ravageur commun connu pour attaquer et infester les denrées alimentaires stockées, notamment la farine et les grains de céréales, dans les silos, entrepôts, boulangeries, épiceries et maisons particulières. (Benlameur, 2016)

2. Identification de l'insecte

2.1. Description :

C'est un ravageur primaire, granivore. L'adulte est un petit coléoptère brun rougeâtre d'environ 4 mm de longueur. Au stade adulte, le *Tribolium* rouge de la farine est facilement confondu avec d'autres espèces du genre *Tribolium*. La larve est blanche avec des bandes brunes et mesure 8 mm avant la nymphose. Les produits infestés par cet insecte sont les grains entreposés, les oléagineux, les substances contenant de l'amidon, le haricot, le pois, les épices, et les racines séchées. Il préfère les grains endommagés, mais il infeste également les grains de blé sains dont il dévore le germe avant l'albumen (Benlameur, 2016).



Figure12 : Adulte de *Tribolium confusum* (Originale, 2021)

2.2. Position systématique

Selon Gretia (2009), la classification du *T. confusum* est la suivante :

Règne	<i>Animalia</i>
Embranchement	<i>Arthropoda</i>
Sous-embranchement	<i>Hexapoda</i>
Classe	<i>Insecta</i>
Ordre	<i>Coleoptera</i>
Famille	<i>Tenebrionidae</i>
Genre	<i>Tribolium</i>
Espèce	<i>Tribolium confusum</i>

2.3. Origine et répartition géographique

L'aire de répartition de *T. confusum* est très vaste à travers le monde. Il est généralement distribué dans le monde entier et il est très abondant dans toutes les parties des Etats-Unis (Anonyme, 1955).

Selon Lapesme (1944), cette espèce préfère les régions tempérées et remonte assez loin dans le nord de l'Europe et de l'Amérique, sous les climats froids. On rencontre cet insecte dans la nature, non seulement en Afrique, mais aussi dans les régions où il fut introduit, sous l'écorce des arbres (Delobel et Trans, 1993).

2.4. Description des différents stades de développement de *T. confusum*

- **L'œuf** : Il est oblong et blanchâtre, presque transparent à surface lisse. Il est recouvert d'une substance visqueuse qui lui permet d'adhérer à la denrée infestée. Il mesure en moyenne 0.6 x 0.3 mm (Lapesme, 1944).
- **La larve** : Sa couleur est jaunâtre, vermiforme. Elle est environ 8 fois plus longue que large. Elle est couverte de poils et porte des pattes se terminant par deux paires corniculées. (Delobel et Tran, 1993).

- **La nymphe** :Elle est blanche et nue, les segments de son abdomen sont explantés latéralement en lames rectangulaires à bords crénelés. La nymphe reste sans protection et incapable de se déplacer (Balachowsky, 1936).
- **L'adulte** :L'adulte est un petit insecte de couleur brun rougeâtre. Occasionnellement à cause des mutations on peut distinguer des adultes de couleur noir (Delobel et Tran, 1993). L'adulte est de taille comprise entre (3-4) mm. Son corps est plat et allongé (Cruz et Diop, 1989). La suture des élytres est peu carénée. Les angles antérieurs du pronotum sont non saillants. Il possède un espace interoculaire très court d'environ 1,5 fois la largeur de l'œil. La ponctuation du pronotum est espacée et le canthus des joues saillants au-dessus des yeux. La massue antennaire est constituée de 3 articles bien distincts (Calmont et Soldati, 2008).

2.5. Biologie

Le premier accouplement à lieu environ 2 jours après l'émergence des imagos et dure de 3 à 15 minute. Au cours de sa vie, la femelle pond entre 500 et 1000 œufs et ils sont disposés sur les marchandises et sont difficiles à déceler. L'œuf est oblong et blanchâtre, presque transparent à surface lisse recouverte d'une substance visqueuse qui lui permet d'adhérer à la denrée infestée, il mesure en moyenne 0.6 x 0.3 mm (Lepesme, 1944).

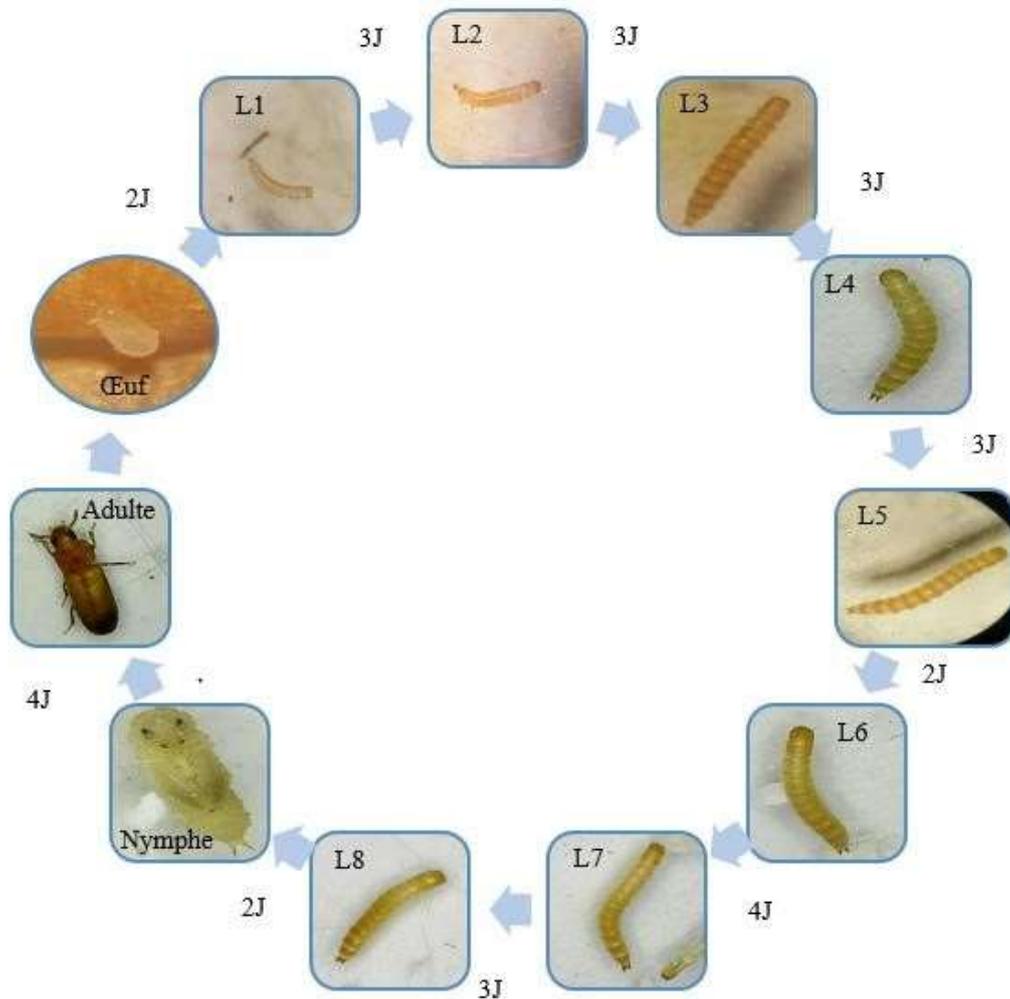


Figure 13 : Cycle biologique de *Tribolium confusum* (Originale, 2020)

L'éclosion de l'œuf donne naissance à une larve néonate et de couleur blanche, de petite taille ne dépassant pas 1.4 mm. Elle passe par plusieurs stades dont le nombre varie de 5 à 12 selon la température, l'humidité relative et la qualité de l'alimentation. La larve de dernier stade est cylindrique mesure environ 7 mm de long et 0,8 mm de large, sa couleur est d'un jaune pâle. Son corps presque glabre, se termine par deux paires urogomphes (Moussi, 2017). La nymphe est blanche et nue, les segments de son abdomen sont explantés latéralement en lames rectangulaires à bords crénelés, elle reste sans protection et est incapable de se déplacer (Balachowsky, 1936). L'imago est d'un blanc jaunâtre, son tégument se sclérotinise et se pigmente 2 à 3 jours après son émergence. La couleur devient brun rouge, sa taille atteint 3 à 4 mm. Ces élytres allongées, parallèles et arrondis à l'extrémité postérieure, portent des lignes régulières de ponctuation séparées par des côtés très fins (Lepesme, 1944).

2.6. Régime alimentaire/dégât

T. confusum recherche surtout les denrées amylacées pulvérulentes comme la farine. Les adultes secrètent une substance nauséabonde, riche en quinones qui communique au lot infesté une odeur particulièrement désagréable.

Le psychophage et mycophage sont accessoirement prédateur. La polyphagie est beaucoup moins accentuée que chez *T. castaneum*. Les farines infestées sont fortement dépréciées par l'odeur et la couleur communiquées par des quinones sécrétées par l'insecte, elles perdent une partie de leur valeur panifiable. Le développement est favorisé par la présence de grains brisés, détritrus et poussières (Lepesme, 1944).

2.7. Les méthodes de lutte contre le *Tribolium*

➤ Ennemis naturels

Quelques arthropodes tendent à limiter l'activité de *Tribolium*, en particulier les acariciens tels que *Pymotes ventricosus* Newp, *Acarophenax tribolii* Nemp et les bethylides qui parasite les larves (Lepesme, 1944).

➤ Lutte chimique

Deux types de traitement sont généralement employés : Traitement par contact de l'insecticide avec les grains et le traitement par fumigation qui consiste à traiter les grains à l'aide d'un gaz toxique appelé fumigants. (Cruz et al., 1988).

➤ Lutte par les substrats botaniques

Le développement de résistance des insectes aux insecticides a permis de développer d'autres matières actives à base d'extrait végétaux. Quelques espèces de plantes présentent des molécules insecticides dans la composition de leurs extraits végétaux (Extraits aqueux et huiles essentielles). Ces molécules insecticides permettant d'agir surtout par inhalation, par contact et par ingestion sur les œufs, les larves et les adultes des ravageurs (Bernard, 2006)

Partie02 : *Mentha*
***Pulegium* L.**

I. Présentation de la plante

1. Généralité

La menthe pouliot (*Mentha pulegium* L.) est une plante herbacée de la famille des Lamiacées. Connue depuis l'Antiquité comme plante médicinale, elle ne fut rattachée aux menthes qu'à l'époque moderne. Après avoir été très estimée jusqu'à la Renaissance, sa consommation même sous forme d'infusion, est maintenant déconseillée en raison de la présence d'un composant très hépatotoxique, la pulégone, pouvant parfois être présent dans une concentration élevée (Lary, 2002). Le pouliot a une odeur très pénétrante, une saveur âcre et amère (Balland, 1882).

2. Origine

Les *Lamiaceae* (Lamiacées ou Labiées) constituent l'une des plus grandes familles du règne végétal avec plus de 7000 espèces différentes réparties sur toute la surface du globe, mais particulièrement retrouvées sur le pourtour méditerranéen. Ce sont des plantes herbacées ou plus rarement ligneuses qui ont des tiges et rameaux carrés, des feuilles simples, opposées croisées, sans stipules, à des fibres pennées ou rarement palmées, fleurs souvent sessiles, à l'aisselle des feuilles supérieures (Hilan, 2004). Elle est une des principales familles productrices d'huiles essentielles. Ce sont des plantes qui sont énormément utilisées et connues en tant que herbes aromatiques (Andrade, 2018).

L'espèce *Mentha* ou les menthes sont de petites plantes vivaces qui se propagent rapidement en envoyant des stolons dans toutes les directions. Son odeur est caractéristique et se dégage dès qu'on touche la plante. Les feuilles des menthes et les huiles essentielles de plusieurs menthes sont utilisées en phytothérapie et en aromathérapie (Hurtel, 2012).

3. Répartition géographique

Au départ, elle était d'origine méditerranéenne. Aujourd'hui, elle est répandue aussi en Europe de l'ouest, du sud et du centre, aux canaries et à l'ouest de l'Asie, ainsi qu'en Amérique. *M. pulegium* L. est connue sous le nom de « menthe pouliot ». Le nom de « pouliot » vient du latin *pulegium*, qui dérive de *pulex* : la puce ; la plante ayant la propriété d'éloigner les puces. Elle est fréquente dans les milieux humides, elle pousse sur des sols sablonneux, et acides, mais est très sensible au gel (Anton R. et Annelise L., 2005).

4. Position systématique

Selon (Quézel et Santa, 1963).

Règne : *Plantae* ;

Classe : *Magnoliophyta* ;

Ordre : *Magnoliopsida* ;

Famille : *Lamiales* ;

Ordre : *Lamiaceae* ;

Espèce : *Mentha pulegium* L.



Figure 14: Menthe pouliot (*Mentha pulegium* L.) (Originale, 2021)

II. Composition chimique

- **Dérivés d'acides hydroxycinnamiques** : $\approx 5\%$, composés surtout d'acide rosmarinique ($\approx 3\%$) (Lamaison *et al.*, 1990).
- **Flavonoïdes** : diosmine, hesperidine (List *et al.*, 1980).
- **Tanins** (Baba Aissa, 1999).
- **Huile essentielle** : Les monoterpènes principalement

A partir de l'analyse chromatographique, 18 composés ont été identifiés dans l'huile essentielle de *Mentha pulegium* où le pulégone est le principal constituant avec un pourcentage de 71,48%, suivi du carvone (5,66%) et du dihydrocarbène (4,64%) (Tableau 05). Une composition chimique similaire a été signalée pour cette huile essentielle en Inde, au Portugal et en Turquie, en particulier en ce qui concerne le contenu de pulégone qui est indiqué comme étant le composant majoritaire, mais avec des proportions différentes (Sachin *et al.*, 2012 ; Lakhdar *et al.*, 2015 ; Agnihotri *et al.*, 2005 ; Teixeira *et al.*, 2012).

Tableau 05 : La composition chimique de l'huile essentielle de la *Mentha pulegium* L.

IR	Constituants	%
939	α -pinene Cyclohexanone-3-	0.52
952	Methyl	0.26
980	β -pinene	0.39
993	Myrcene	0.16
994	Octanol-3	1.86
1001	-2-carene	0.07
1031	Limonène	1.88
1072	p-mentha-3,8-diene	1.44
1154	Menthone	0.19
1168	Pinocarvone	1.27
1173	Menthol	0.72
1194	Dihydrocarvone	4.64
1238	R(+)-pulégone	71.48
1242	Carvone	5.66
1952	Peperitone	1.13
1419	Caryophyllene	0.33
1630	β -eudesmol	0.28
1649	γ -eudesmol	0.49
	Total	92.77

III. Toxicité

L'emploi des parties aériennes de la menthe pouliot en qualité de condiment et aux doses usuelles, ne présente aucun risque de toxicité ni aigue, ni chronique (Anton R. et Annelise, 2005). L'huile de la menthe pouliot possède des propriétés abortives par irritation de la région utérinogénito-urinaire avec des effets secondaires sur le système nerveux et le foie. Des troubles nerveux sont observés avec plus de 2g d'H.E. L'essence irrite le tissu

conjonctif oculaire. De préférence, il faut éviter le contact avec les yeux. L'utilisation de l'HE doit être avec prudence, elle risque les spasmes et la goutte. La prise simultanée des médicaments homéopathiques avec la menthe est contre-indiquée (Aouadhi, 2010).

IV. Utilisations de l'huile essentielle de la menthe pouliot

1. Utilisation traditionnelle et médicinale

*Mentha pulegium*L. est utilisée pour ces actions carminatives, diaphorétiques, stimulantes et emménagogues et elle est principalement utilisée contre les désordres provoqués par le froid ou le froid soudain. Elle est également salutaire dans les cas des spasmes, hystérie, flatulence et elle est utilisée pour chauffer l'estomac (Taalbi, 2016).

L'huile essentielle de la menthe pouliot est utilisée traditionnellement en phytothérapie pour aider à :

- la digestion et à soulager la dyspepsie flatulente et les coliques intestinaux ;
- Inflammations aiguës ou chroniques des muqueuses avec hypersécrétion des glandes de la région enflammée ;
- Expectorante, calme la toux, utilisée pour la sphère respiratoire (tropisme sphère rhinopharyngée et les poumons), contre les bronchites, les rhumes et les sinusites (en nettoyant toute la sphère digestive), ainsi que contre les troubles digestifs et l'insuffisance biliaire ;
- Elle est également utilisée pour provoquer les règles ou pour soulager les règles douloureuses (Taalbi, 2016).

2. Parasiticide

On signale que les propriétés de la menthe pouliot sont dues aux principes actifs qu'elle renferme. La menthe pouliot constitue un des principaux moyens de lutte contre la vermine (Leclerc, 1976). En la répandant dans l'air d'une pièce elle éloigne les parasites et insectes piqueurs. On en met dans les niches ou paniers des chiens, près des réserves à gains, de salaison et de fromages car l'odeur déplaît aux puces et aux petits rongeurs. On en brûle dans les locaux infestés par les puces, et on l'utilise aussi sous forme de lotion, sur le pelage des animaux domestique pour les débarrasser de ces nuisibles parasites (Baba Aissa, 1999).

3. Bactéricide

Purification d'eau, l'eau devient plus ou moins fraîche car elle est conservée dans des jarres parfois pendant plusieurs jours. L'ajout d'une poignée de feuilles de menthe permet d'enrayer le développement des bactéries en plus de rendre l'eau plus désaltérante (Noudin et Grumbach,2000).

Chapitre II

Matériel et méthode

I. Objectif de l'étude

- L'identification de l'insecte ravageur (*Tribolium confusum*) ;
- L'extraction de l'huile essentielle de *Mentha Pulegium* ;
- Utilisation de l'effet insecticide d'une matière végétale (l'huile essentielle de *Mentha pulegium*) dans la lutte contre l'insecte ravageur (*Tribolium confusum*) ;
- Vérification de l'impact d'utilisation des huiles essentielles sur les grains de blé.

II. Matériel utilisé

1. Matériel Végétal

1.1. La plante : *Mentha pulegium* L.

La récolte est faite par échantillonnage au hasard sur le terrain de la région de Métafifa Wilaya d'Adrar aux mois de décembre et janvier 2021. Les échantillons récoltés sont séchés à l'ombre, afin d'éviter l'altération des principes actifs par la lumière. Ils sont conservés jusqu'à l'extraction de l'huile essentielle.



Figure 15 : Feuilles de *Mentha Pulegium*

La partie utilisée est les feuilles de la plante séchée à l'air libre et broyer.

2. Matériel animal :

- L'élevage de masse est effectué dans un bocal en verre recouvert d'un morceau de tulle pour permettre la respiration, attaché par un élastique. Le bocal est rempli de 500g de blé dur (pour le but de l'alimentation de l'insecte) ; et conservé dans une étuve à une température de $27\pm 3^{\circ}\text{C}$ et une humidité de 75%.



Figure 16 : Elevage de masse de *Tribolium confusum* (Originale, 2021)

- L'insecte utilisé correspond à l'adulte de *Tribolium confusum* de la troisième génération. Conservé dans l'étuve pendant 3mois.

3. Matériel et produits de laboratoire

3.1. Matériel

- Des boîtes pétri de 9cm de diamètre, des boîtes stérilisées avec grand format, des bocaux en verre, un flacon de couleur brune enrobé de papier aluminium pour la conservation de l'huile essentielle.
- une balance électronique, une plaque chauffante, une étuve.
- Des étiquettes, ciseaux, des pinceaux pour porter l'insecte, des tamis, un mortier et un pilon, du papier wattman N01.

3.2. Produits : Eau distillée, acétone.

III. Méthode

1.L'extraction de l'huile essentielle

○Entrainement à la vapeur d'eau

Principe : Cette technique ne met pas en contact direct l'eau et la matière végétale à traiter. De la vapeur d'eau fournie par une chaudière traverse la matière végétale située au dessus d'une grille. Durant le passage de la vapeur à travers le matériel, les cellules éclatent et libèrent l'huile essentielle qui est vaporisée sous l'action de la chaleur pour former un mélange « eau + huile essentielle ». Le mélange est ensuite véhiculé vers le condenseur et l'essencier avant d'être séparé en une phase aqueuse et une phase organique : l'huile essentielle. L'absence de contact direct entre l'eau et la matière végétale, puis entre l'eau et les molécules aromatiques évite certains phénomènes d'hydrolyse ou de dégradation pouvant nuire à la qualité de l'huile (Boutamani, 2013).



1. : un tube gradué ;
2. : réfrigérant ;
3. : condenseur ;
4. : l'entrée de l'eau ;
5. : la sortie de l'eau ;
6. : une cocotte-minute ;
7. : une plaque chauffante ;
8. : la sortie de l'eau florale + la matière organique ;

Figure 17 : L'installation de l'appareillage de l'entraînement à vapeur d'eau (Original, 2021)

1.2 L'extraction de l'huile : Le protocole d'extraction est résumé comme suite :

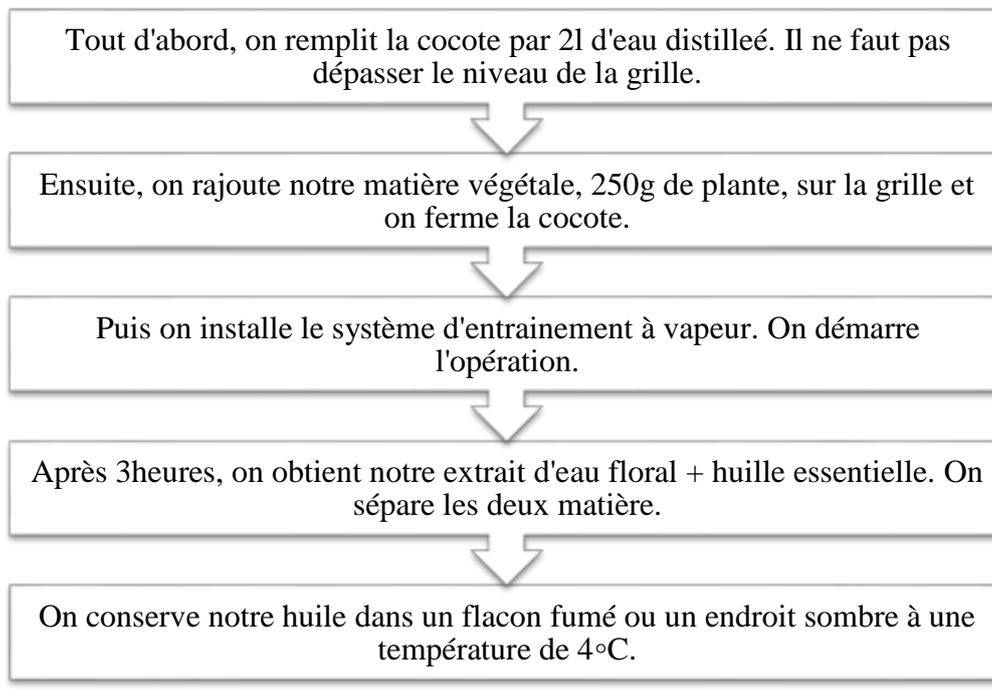


Figure 18 : Le protocole de l'extraction d'huile de *Mentha Pulegium* L. par l'entrainement à la vapeur d'eau



Figure 19 : Dispositif expérimental de l'extraction (Originale, 2021)

1.3. Détermination du rendement

Le rendement des huiles essentielles est le rapport entre la masse de l'huile extraite par rapport au poids de la matière végétale. Il est exprimé par :

$$R = \frac{Ph}{Pp} \times 100$$

Tels que : R= le rendement de l'HE, exprimé en pourcentage (%).

Ph= la masse de l'HE extraite en gramme (g).

Pp= la masse de la matière végétale utilisée en gramme (g).

2. Applications des traitements biologiques

Pour évaluer l'effet insecticide *in vitro* de l'HE extraite des feuilles de *Mentha pulegium*, où déterminer le niveau de l'efficacité de cette évaluation. Pour ce faire nous avons réalisé plusieurs tests de mortalité :

- Test de contact direct, appeler aussi test de mortalité corrigée.
- Test de fumigation, appeler aussi le test d'inhalation.
- Test répulsif.

2.1. Test de mortalité corrigée/par contact direct de l'HE et l'insecte Mode

opératoire :

- Pour effectuer ce test, On prépare 30 boites pétri, on remplit chaque boite de 30g de blé accompagné de 30 adultes de *T. confusum*.
- Après, en rajoute des doses différentes de l'HE : 5µl, 10µ, 15µl, 20µl, 25µl et 30µl. Cinq répétitions ont été appliquées pour chaque dose.
- On conserve les boites de pétri dans l'étuve à 27±1°C et une humidité de 75%.
- Enfin, on observe le nombre des insectes mort après 6h, 12h, 24h, 48h et 72.

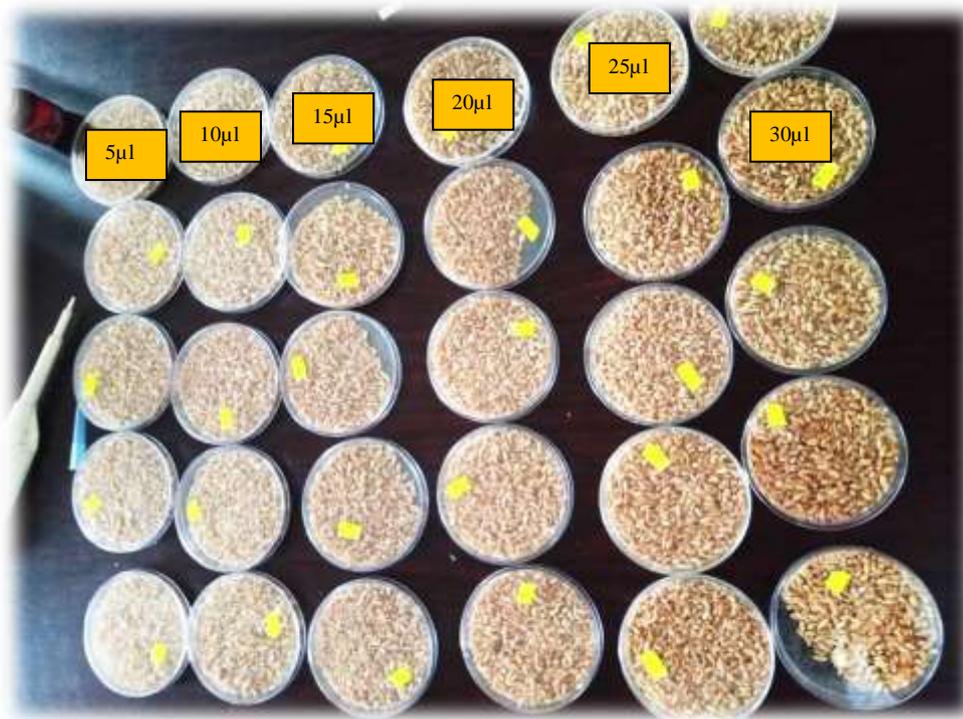


Figure 20 : Dispositif expérimental du test de toxicité par contact de *M. pulegium*
(Originale, 2021)

2.2. Test de fumigation

- Dans ce test, on prépare 18 boîtes aseptiques, et on met 10 insectes adultes dans chacune.
- On coupe des cercles du papier wattman du même diamètre des boîtes précédentes et on les place au fond des bouchons des boîtes.
- On rajoute différentes doses d'HE : 5µl, 10µl, 15µl, 20µl, 25µl et 30µl. En réalisant 3 répétitions pour chaque dose. Dans le papier Wattman effectué dans les bouchons.
- On ferme les boîtes et on les conserve dans l'étuve à $27 \pm 1^\circ\text{C}$, humidité 75%.
- On observe le nombre des insectes morts après l'application du traitement sur une durée de 6h, 12h, 24h, 48h et 72h.

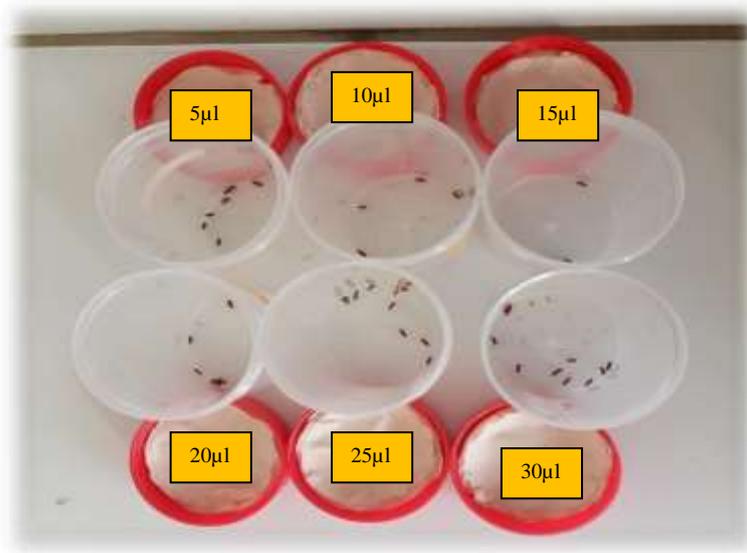


Figure 21 : Dispositif expérimental du test de fumigation de *M. pulegium* L. (Original, 2021)

2.3. Test répulsif

- Pour effectuer ce test, on a préparé 18 boites de pétri. Et on a placé du papier wattman dans chaque boite.
- On dessine un trait vertical sur le papier au milieu de la boite pour la diviser en deux.
- Dans la partie gauche, on verse 0,5ml d'acétone, sur l'autre partie on verse les différentes doses : 5µml, 10µl, 15µl, 20µl, 25µl et 30µl. Trois répétitions ont été effectuées pour chacune.
- Puis on dépose 10 adultes de *T. confusum* dans chaque boite et on observe leur déplacement et leur mortalité après une période de 5mn, 30mn, 1h et 2h.



Figure 22 : Dispositif expérimentale du test de toxicité fumigation de *M. pulegium* (original, 2021)

3. Pouvoir germinatif

Cette opération est faite pour tester l'impact de l'utilisation de l'huile essentielle sur le blé traité. De ce fait, on a pris des échantillons de blé dur de chaque boîte pétrie utilisée dans le test de contact direct à une dose différente d'HE. 100 graines chacune. Et on met les échantillons dans un coton imbibé d'eau posé dans des boîtes pétri sans couvercle. Au bout de 3-4 jours on observe la germination en comptant le nombre des graines germées.



Figure 23 : Dispositif de test de germination (Originale 2021)

➤ Evaluation du taux de germination :

Après l'observation des résultats. On calcule le taux de germination : c'est le pourcentage du nombre des grains germé par rapport au nombre total. Il est exprimé par la formule suivante :

$$\mathbf{Tg(\%) = Ng/Nt * 100}$$

Tels que :

Tg= le taux de germination

Ng= le nombre des graines germés

Nt= le nombre total des graines

IV. L'évaluation de mortalité des adultes de *Tribolium confusum*

IV.1. Calcul de la mortalité corrigée

○ Des tests de contact direct/test de fumigation :

Le traitement des valeurs notés lors l'observation des résultats de l'efficacité de l'huile essentielle dans la lutte des insectes, dans les deux premiers tests, il est fait selon la formule suivante :

$$\square \text{ Mc} = (\text{Mo} - \text{Mt}) / (100 - \text{Mt}) \times 100$$

Tels que :

Mc = mortalité corrigée (Exprimé en %)

Mt = mortalité enregistrée chez le témoin

Mo = Mortalité enregistrée dans l'échantillon traité en (%) par l'équation suivante :

$$\square \text{ Mo} = \text{Nm} / \text{Nt} * 100$$

Tels que :

Nm = nbr des insectes morts **Nt**

= nbr totale des morts.

➤ Du test répulsif :

La formule utilisée dans ce test est :

$$\square \text{ PR} = [(\text{N}_{\text{AC}} - \text{N}_{\text{HE}}) / \text{N}_{\text{T}}] * 100$$

Tels que :

N_{AC}= Le nbr des insectes qui se situent du côté de l'acétone.

N_{HE}= Le nbr des insectes qui se situent du côté de l'huile essentielle.

N_T= Le nbr total des insectes.

IV.2. Détermination de la DL50 et la DL90 :

- **La Dose létale 50** : c'est la quantité de l'huile essentielle, administrée en une seule fois, qui cause la mort de la moitié des insectes dans chaque essai. La DL₅₀ est une façon de mesurer le potentiel toxique à court terme (toxicité aiguë) d'une matière.
- **La dose létale 90** : c'est le même principe de la DL50, sauf qu'on calcule la dose qui cause la mort de 90% des insectes.

Chapitre III

Résultat et discussions

I. L'extraction de l'huile essentielle

La matière organique obtenus après l'extraction est une substance huileuse d'une odeur tres forte et d'une couleur jaune clair.

La détermination de rendement de l'huile essentielle obtenue par la technique de l'entraînement à vapeur d'eau est exprimée en pourcentage. Ce rendement est calculé à partir du poids de l'HE par rapport au poids sec de la masse végétale utilisée dans l'extraction selon la formule suivante :

$$R = \frac{P_h}{P_p} \times 100$$

Nous avons : $P_{\text{huile}} = 3.8\text{g}$ & $P_{\text{plante}} = 250\text{g}$ donc $R = 1.52\%$.

II. Evaluation la toxicité de l'HE de *M. pulegium* L. sur la population de *T. confusum*

1. Evaluation de l'activité insecticide de l'huile essentielle de *M. pulegium* L. à l'égard des adultes de *T. confusum* par effet de contact

1.1. Mortalité corrigée

Le test effectué permet le traitement des adultes de *T.confusum* à l'HE de *M. pulegium* par contact direct à différentes doses (5 $\mu\text{l/ml}$, 10 $\mu\text{l/ml}$, 15 $\mu\text{l/ml}$, 20 $\mu\text{l/ml}$, 25 $\mu\text{l/ml}$ et 30 $\mu\text{l/ml}$).Selon les calculs des nombres des individus morts après une période de : 6h, 12h, 24h, 48h et 72h.

On aperçoit que la mortalité des individus apparait dès les premières heures après l'exposition. Le taux de mortalité des individus de *T. confusum* change selon les doses testées, plus la dose d'HE est forte, plus le taux de mortalité augmente. Le taux de mortalité obtenu après 24h est de 26.66 et 35% aux doses respectives de 10 $\mu\text{l/ml}$ et 30 $\mu\text{l/ml}$.

En fonction du temps, le taux de mortalité des différentes doses expérimentées augmente. Après 6h d'exposition aux doses de 15 $\mu\text{l/ml}$ et 25 $\mu\text{l/ml}$, un taux de mortalité 20% fut obtenu et une mortalité totale est enregistrée après 48h. Le restant des doses après 72h ont enregistré un taux de 100%de mortalité des adultes testés.

L'analyse statistique de nos résultats pour l'effet de l'HE de *M. pulegium* L. à l'égard des adultes de *T. confusum* sont significatifs ($F=206.263$ et $P=0.000$) .Le test Tukey (SPSS.26) classe les facteurs de mortalité en fonction des doses en deux groupes homogènes (a et

b)comme suit : Le témoin dans le groupe (a), et le reste des doses données (5, 10, 15, 20, 25 et 30 μ l/ml) dans le groupe (b)(Figure 24).

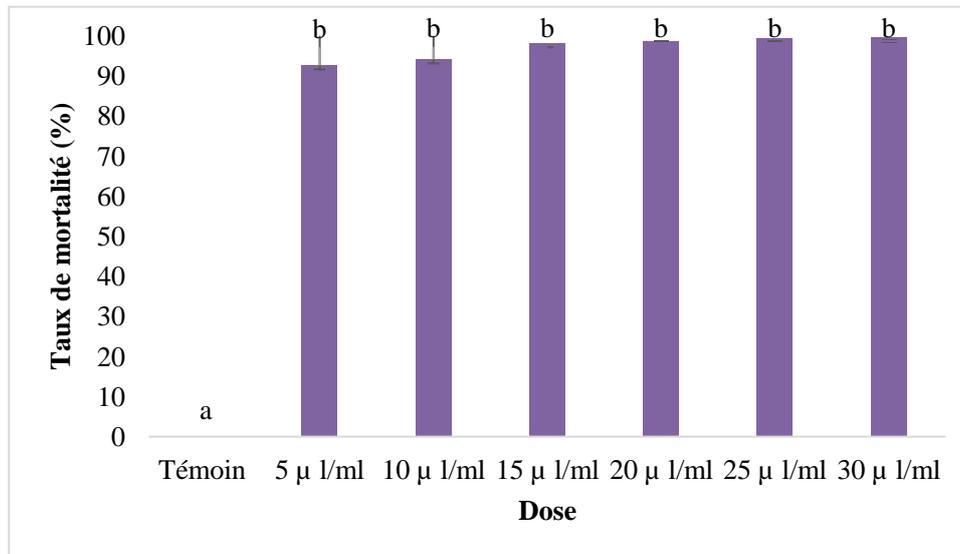


Figure 24: Test de Tukey de la mortalité corrigée en fonction de l'HE de *Mentha pulegium* L.

1.2. Calcul du DL50 et DL90

Le calcul de la dose létale de mortalité des adultes de *T.confusum* a été réalisé selon la droite de régression tracée en fonction des probits des doses de mortalité (Figure, 25).

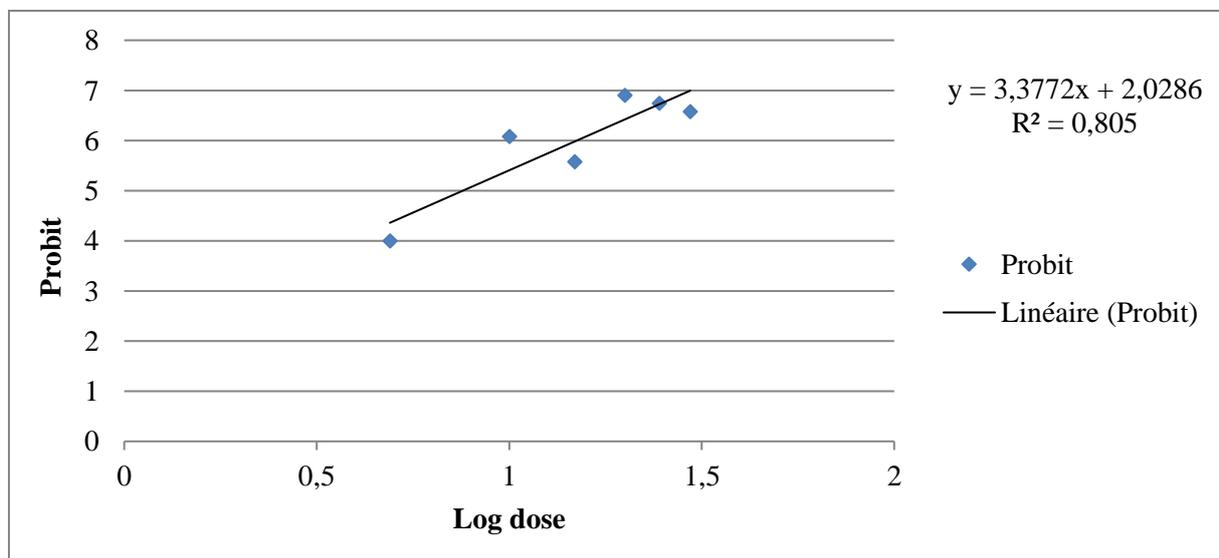


Figure 25 : Droite de régression linéaire des probits à différentes doses de l'HE de *M. pulegium* L. sur *T. confusum* par contact direct

Tableau 06 : Calcule de la DL50 et la DL90

L'équation	Probit		La dose létale (µl/ml)	
	50%	90%	DL50	DL90
$y = 3.377x + 2.028$	5	6.28	6.08	18.62

2. Evaluation de l'activité insecticide de l'HE de *mentha pulegium* L. vis-à-vis des adultes de *T. confusum* par effet de fumigation

2.1. Mortalité corrigée

L'essai par fumigation, nous acquiesce le traitement des adultes de *T.confusum* par inhalation de l'odeur de l'huile essentielle de *M. pulegium* L. à différentes doses (5 µl/ml, 10 µl/ml, 15 µl/ml, 20 µl/ml, 25 µl/ml et 30µl/ml).

La mortalité apparait dès les premières heures après l'exposition, le taux de mortalité des individus augmente avec le temps, et aussi selon l'augmentation de la dose. La dose 5µl/ml a provoqué moins de mortalité avec un maximum de 50% obtenu après 24H, cette dernière a nécessité beaucoup plus de temps pour tuer les adultes de *T. confusum*. En revanche, la dose 30µl/ml a apporté un effet plus puissant et plus rapide avec 100%. Ces résultats ont été comparés au témoin dont la mortalité corrigée enregistrée a été nulle.

L'ANOVA a prouvé une variation nettement significative avec un coefficient de variation à : 3.798 et P= 0. 005.Nous avons constaté d'après le test de Tukey que la mortalité notée sur le témoin classé en groupe (a), alors que le groupe (b)rassemble les mortalités enregistrées au niveau des doses 10, 15, 20, 25 et 30µl/ml. Par ailleurs, la dose 5µl/ml inclue les deux groupes (a et b)(Figure, 26).

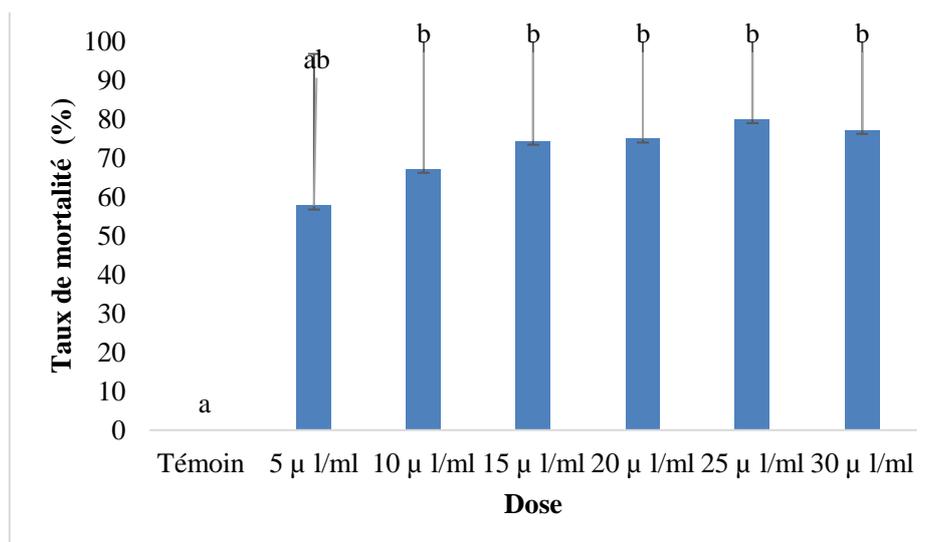


Figure 26 : Test de Tukey de la mortalité de *T. confusum* en fonction de dose d'HE de *M. pulegium* L.

2.2 Calcul du DL50

Le tracé de la droite de régression représente les pourcentages de mortalité corrigée en probit et logarithme des doses de L'HE de menthe pouliot testées pour la détermination de la DL50 (Figure, 29). Pour une durée de traitement de 92h avec l'huile essentielle de *M. pulegium*. La DL50 est calculée à partir de la fonction du tracé de régression et elle égale à 6.02µl/ml.

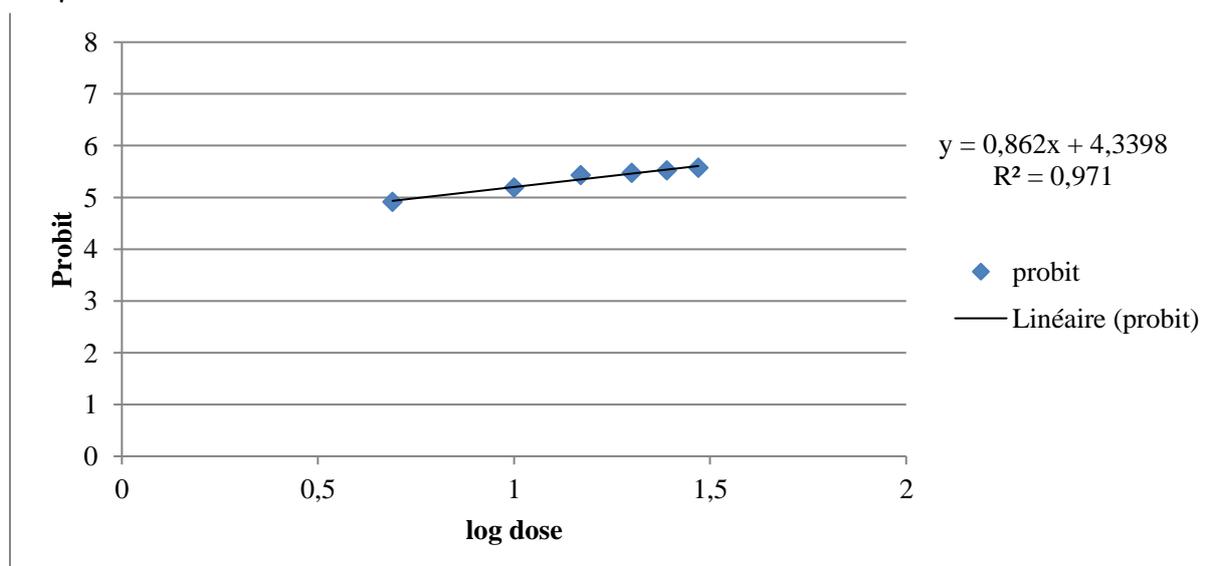


Figure 27 : Courbe linéaire des probits à différentes doses de l'HE de *M. pulegium* L. sur les adultes de *T. confusum* par inhalation

3. Effet répulsif de l'huile essentielle de *M. pulegium* vis-à-vis des adultes de *T. confusum*

Les différentes doses (5 µl/ml, 10 µl/ml, 15 µl/ml, 20 µl/ml, 25 µl/ml et 30µl/ml) de l'huile essentielle de *Mentha pulegium* L. ont provoqué des taux respectifs de 41,66%, 65%, 73.33%, 75%, 86.66% et 96.66% de répulsion vis-à-vis des adultes de *T. confusum*. Selon le classement de Mc Donald, l'HE de *M. pulegium* à la dose 5µl/ml montre une répulsivité modérée (Classe III), les doses 10, 15 et 20µl/ml regroupées à la classe IV sont répulsif et le reste des doses ont un effet très répulsif (Classe V).

L'analyse de la variance a indiqué qu'il y a une différence significative entre les doses et les mortalités (F= 36.327 et P= 0.000).

Le test de Tukey a fait ressortir selon les facteurs de mortalité 4 groupes. Le groupe (a) contient le témoin, groupe (b) comporte la dose 5µl/ml, les groupes (b) et (c) sont pour la dose 10µl/ml, les doses 15, 20 et 25µl/ml sont rassemblés dans les deux groupes (c)et (d) et la dernière dose µl/ml correspond au groupe (d).

4. Le pouvoir germinatif :

La figure ci-dessous représente les taux de germination des grains de blé traités par l'HE de *M. pulegium* L. selon la dose administrée. Les résultats ont été observés après 4 jours.

On distingue que l'HE de *M. pulegium* L. affecte négativement la germination des grains de blé traités. Le taux de germination diminue en fonction de la dose, plus la dose est élevée, plus la germination diminue. Un taux maximum de germination de 89% a été enregistré à la dose 5µl/ml, et un taux minimum de 23% à la dose 30µl/ml.

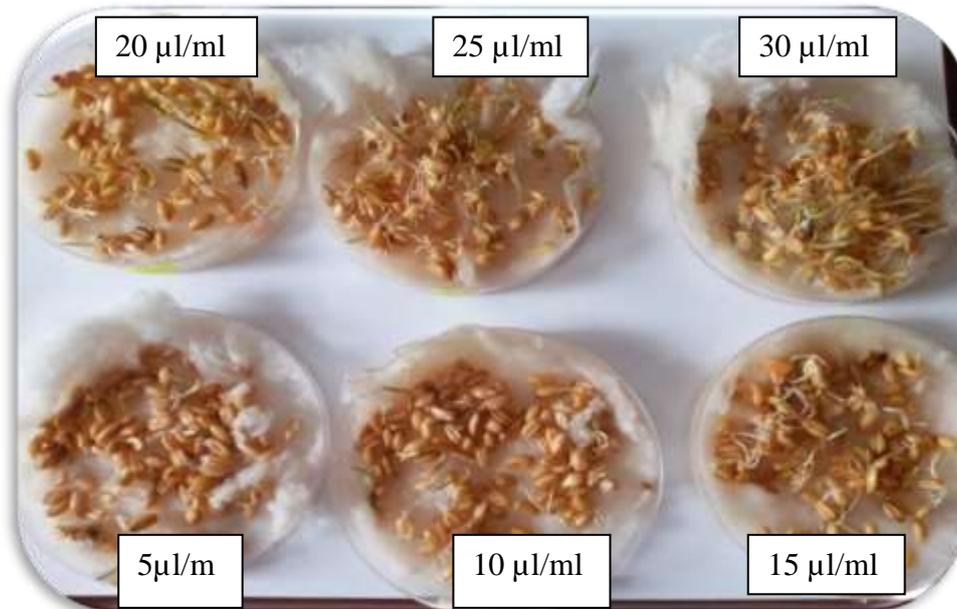


Figure 28 : Effet de l'HE de *M. pulegium*L. sur les grains de blé testés (Originale, 2021)

III. Discussion des résultats :

De nombreuses études ont été menées sur l'efficacité des huiles essentielles contre les rongeurs des denrées stockés par leur effet insecticide. Son intérêt a augmenté suite au problème des pesticides chimiques et leur effet néfaste sur l'environnement, la santé et même à cause de l'apparition d'une résistance de ces rongeurs aux pesticides chimiques (Regnault, 2006).

D'après l'étude d'Abid et Mordjani (2019), l'extraction de l'HE de *Mentha pulegium* L. un rendement de 2.44%. La plante a été récoltée en Mai 2019, de la région de "Rouina" qui est située à l'extrême sud-ouest, soit à 12 km de la Wilaya d'Ain Defla. Cette étude a donné un rendement plus fort que le nôtre qui était de l'ordre de 1.52%. Cette différence est probablement due aux variations climatiques régionales et saisonnières, aux méthodes de récoltes et de conservation, le tissu producteur de l'HE ou même la méthode d'extraction.

Sahari (2018) a étudié l'efficacité de l'HE de *M. pulegium* sur la mortalité des adultes (mâle et femelle) de *T. confusum* en effectuant un test de contact direct. Après 48 heures d'exposition, la mortalité enregistrée a atteint respectivement un taux de 96.32% à la plus faible dose (5 µl/ml) ; alors que nos résultats révèlent une mortalité de 100% avec la même dose. Leur taux augmente à la plus forte dose (20 µl) pour atteindre un nombre maximum des individus morts, contrairement à notre étude qui a atteint son maximum après 24h. De ce fait, on conclut que la toxicité de notre huile est plus importante, efficace et plus rapide.

D'après les résultats obtenus de l'étude d'Amitouche et Rakem(2017), qui était réalisée dans le but d'estimer l'effet insecticide de l'huile essentielle des résine de *Pinus pinester* sur les individus de *T. confusum*. Le test effectué est le test d'inhalation de l'HE à la dose de 50µL/ml. Après 24h, ils ont enregistré une mortalité de 18% des individus. Par ailleurs, dans nos essais, il a été enregistré un taux de 100% à la dose de 30µL/ml. En mesure d'efficacité, nous pouvons déduire que notre huile essentielle « *Mentha pulegium* L. » est nettement supérieure.

D'après Lemeailbi(2019), Le taux de répulsion des différentes doses d'huile essentielle de *Teucrium polium* L. pour les doses 2, 4, 6 et 8 µL/ml ont occasionnés respectivement une moyenne de 68.33% de répulsion vis-à-vis des adultes de *Tribolium confusum* après 24h. Alors qu'il nous a été permis d'enregistrer une moyenne de 53.33% de répulsion aux doses de 5 et 10µl/ml d'huile essentielle de *Mentha pulegium* L. A partir de ces données on distingue que l'efficacité de l'huile essentielle de *Teucrium polium* L. est plus importante que la *M. pulegium* L.

La germination des grains de blé traités par l'huile essentielle de *M. pulegium* L. a atteint un taux maximal de 89% après 4 jours et à la dose de 5Ml. Dans le même contexte, une étude réalisée par Sehari (2018) a révélé après 4 jours de suivi, un taux de germination de 60%. Comparativement à nos résultats, on constate qu'il existe une différence claire entre ces derniers et les nôtres, mettant l'accent sur l'importante toxicité de notre huile essentielle.

Conclusion générale

Conclusion générale

La céréaliculture nécessite avant tout des mesures d'hygiène du stockage et de la conservation. Les denrées stockées connaissent toutes ses mesures. Malgré tout, on distingue souvent des pertes importantes du poids, de valeur nutritionnelle et de la santé des grains des céréales. Ces dégâts sont causés principalement par des insectes ravageurs qui prennent lieu et viennent dans ces milieux de stockage. Par conséquent, des mesures de protection phytosanitaire ont été prises pour améliorer l'aspect sanitaire et nutritionnel des stocks.

Ces mesures comprennent des méthodes de lutte contre ces ravageurs. Dont la plus utilisée est la lutte chimique, mais vu que les études récentes tendent plus vers les méthodes respectueuses de l'environnement et de la santé du consommateur, les chercheurs ont trouvé un moyen biologique pour traiter les grains et diminuer les risque d'endommagement : c'est le traitement des grains en utilisant les molécules bioactifs des huiles essentielles de certaines plantes.

Notre étude consiste à montrer l'efficacité de ces moyens de lutte alternative par la valorisation des ressources d'origine botanique. La plante utilisée dans notre étude est la menthe pouliot ou *M. pulegium* L.

On a testé la toxicité de l'HE de cette plante contre un insecte ravageur des denrées stockés qui est le *Tribolium confusum* selon plusieurs tests de mortalité.

Les résultats obtenus ont été prometteurs, on a marqué une mortalité totale pour les différents tests exécutés après un maximum de 72h. La dose létale de la mortalité de la moitié des individus a été enregistrée à 6.08 μ L et 6.02 μ L pour les tests de contact direct et d'inhalation. On a ainsi enregistré un taux de répulsion élevé.

La germination des grains traités est aussi affectée par la dose de l'HE. En effet, Le taux de germination des grains diminue lorsque la dose augmente.

A la lumière de ces résultats, il nous est permis de dire que l'huile essentielle de *M. pulegium* L. à un effet insecticide considérable. De ce fait, on peut le considérer comme une bonne alternative aux pesticides chimiques. Ces alternatives de lutte ayant plusieurs avantages sur la santé des êtres vivants et sur l'environnement sont vivement recommander. Ainsi pour réduire l'utilisation des pesticides chimiques qui infectent globalement la biosphère.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

A

Abid et Mordjani, 2019. Valorisation de l'Huile Essentielle de *Mentha pulegium* L. récoltée dans la région de Rouina Wilaya d'Ain Defla. Mémoire de master. Univ : Ain Defla.

Abis Sébastien, É. V. (2012). *MediTERRA* : La diète méditerranéenne pour un développement régional durable. Presses de Sciences Po.

Ahmad, L. 2016. Stockage des céréales: L'Algérie doit développer ses capacités de stockage. http://www.lemaghreb.dz.com/?page=detail_actualite&rubrique=Agriculture&id=79331.

Aidani H., 2015. Effet des attaques de Capucin des grains (*Rhizopertha dominica*) sur les céréales stockées « Estimation sur la perte pondérale et le pouvoir germinatif Cas de blé dur dans la région de Tlemcen ». Mémoire de master, Univ: Tlemcen, 80p.

Amitouche T. et Rakem b., 2017. Effet insecticides de deux huiles essentielles à l'égard d'un insecte ravageur *Tribolium confusum* (Coleoptera : *Tenebrionidae*), Mémoire de master, Univ : Tizi-Ouzou.

Agnihotri VK., Agarwal SG., Dhar PL., Thappa RK., Baleshwara., Kapahi BK. (2005). Essential oil composition of *Mentha pulegium* L. growing wild in the North-western Himalayas India. *Flavour Frag J* 20: 607-10.

Anonyme., 1955. Les ravageurs des grains entreposés. 3^{ème} éd. CRET, Paris. 54p.

Anonyme. (2011, mars 04). *Séchoirs de céréales : prévenir et éviter les risques d'incendies.* Consulté le 2021, sur Le journal de vrac: <https://www.lejournalduvrac.com/expertise/prevenir-et-eviter-les-risques-d-incendies-dans-les-sechoirs-de-cereales/>

Anonyme, 2012 . Livret sur les techniques de conservation et gestion des matières premières et des produits transformés, 1^{ère} édition, conception : cellule formation de l'ONG AcSSA Afrique verte Niger B.P : 11 751 Niamey financement : Union Européenne et fondation MISEREOR. P.76

Anonyme. (2021). *Colonnes céréales AIRSTOCK.* Récupéré sur Fontaine silo S.A.: <https://www.fontaine-silo.com/fr/ventilation/ventilation-par-aspiration-airstock/colonnescereales/>

Références bibliographiques

Anton R. et Annelise L., 2005. .plantes aromatiques: épices, aromates, condiments et huiles essentielles, lavoisier, édition Tec &Doc.

Aoues Karima, Boutoumi Hocine, Benrima Atika, 2017. État phytosanitaire du blé dur locale stocké en Algérie, Revue Agrobiologia, Blida.

Aouina A., Khelifi N., 2018. Evaluation de l 'effet répulsif de *Cuminum cyminum* L. et *Foeniculum vulgare* Mill, sur l'insecte des céréales stockées *Tribolium castaneum* (Herbst), Mémoire de Master, Univ: M'Sila, 41p

Aziez M., Mallem S., Hammadouche O.,Tacherifet S., 2003. -Le guide pratique pour l'agréeur céréales et légumineuses alimentaires. C. N. M. Z, Algérie, 55p.

B

Baba Aissa F.1999. Encyclopédie des plantes utiles. Flore d'Algérie et du Maghreb. Edition : Librairie Moderne- ROUIBA. 368p.

Balachowsky, A. S. (1962).*Entomologie Appliquée À L'agriculture: Coléoptères.*(Vol. Numéro 1 de Entomologie appliquée à l'agriculture.). (Masson, Éd.) University of Minnesota.

Balland. (1882). *Travaux scientifiques des pharmaciens militaires français.* (Asselin, Éd.) Paris, France.

Benjamin CALMONT, F. S. (2008). Découverte de *Tribolium madens* : clé de détermination et distribution des espèces du genre *Tribolium*(Coleoptera, Tenebrionidae)., (pp. 1-7). Puy-de-Dôme, France.

Benkhellat O., 2002. Contribution à l'étude des conditions de manutention du blé et de l'écologie des arthropodes dans les écosystèmes de stockage de la région de Bejaia et essai de lutte contre *Rhizopertha dominica* (Coleoptera : *Bostichidae*) à base de poudre de plantes. Thèse. mag. Science de la nature. Univ. Bejaia.102p.

Benlameur Z.,2016. Les ravageurs des denrées stockées et leur impact sur la santé humaine, Thèse de doctotat, Ecole nationale supérieure agronomique, Alger, 132p.

Références bibliographiques

Benz H. D., Rasolofo P. And Andriamparany S.,2010. Conférence Outils Pour Décider Ensemble (OPDE 2010) : Aide à la décision et gouvernance, Montpellier, France, 25-26 octobre 2010. s.l.: s.n., 15 p.

Berhaut, P., Ndiaye, A., Niquet, G., & Jacobsen, E. E. (2003). *Advances in Stored Product Protection*. (P. Credland, Éd.)

Bernard, H.R., 2006. Research Methods in Anthropology. Qualitative and Quantitative Approaches. Altamira Press, Lanham.

Boutamani M., 2013. Etude de la variation du rendement et de la composition chimique du *Curcuma longa* et *Myristica fragrans* en fonction du temps et de la technique utilisée, Master domaine chimie du médicament, Univ : Alger.

Bouzouita N., F. Kachouri, M. Ben Halima, M. M. Chaabouni (2008). Composition chimique Et activités antioxydantes, antimicrobienne et insecticide De l'huile essentielle *Juniperus phœnicea*, Institut Supérieur des Sciences Agronomiques de Chott Meriem, Tunisie.

C

C. hilan, R. Sfeir, D. Jawish et S. Aitour, 2006, "Huiles essentielles de certaines plantes médicinales Libanaises de la famille des Lamiaceae". Lebanese Science Journal, vol. 7, n°2.

Camara, Aïssata (2009). « Lutte contre *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: *Curculionidae*) et *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: *Tenebrionidae*) dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en Basse-Guinée et l'utilisation des huiles essentielles végétales » Thèse. Montréal (Québec, Canada), Université du Québec à Montréal, Doctorat en sciences de l'environnement.

Cissokho P.S, Gueye M.T., Sow E.H., Diarra K. 2015. Substances inertes et plantes à effet insecticide utilisées dans la lutte contre les insectes ravageurs des céréales et légumineuses au Sénégal et en Afrique de l'Ouest. **HYPERLINK**

"<https://www.ajol.info/index.php/ijbcs/issue/view/12695>"Vol. 9 No. 3.

Références bibliographiques

Conseil Ouest Et Centre Africain Pour La Recherche Et Le Developpement Agricoles. (2007).*Plans Stratégique et Opérationnel aux défis de l'agriculture.* Dakar.

Coordination d'Afrique Verte Burkina Faso. (2004).*Les techniques de stockage et de conservation des céréales* (éd. 1ère édition). Burkina Faso.

Cronquist, A. (1981). *An Integrated System of Classification of Flowering Plants.* New York, Columbia University Press, USA.

D

Delobel A. et Trans, M., 1993. Les coléoptères des denrées entreposées dans les régions chaudes .Ed ORSTOM, Paris, 424 p.

Dib A., 2014. Contribution à la mise en place d'une démarche qualité inspirée au système HACCP au niveau de la coopérative des céréales et légumes secs (CCLS) de Abou- Techfine Tlemce, Mémoire de master, Univ : Tlemcen, 37p.

Diop Y.M., Marchoini E.BA. D., Hasselman C., 1997. Radiation désinfestation of cowpea seeds contaminated by *Callosobruchus maculatus* .Journal of Food processing and preservation.21,69-81 p.

Djermoun, A. (2009). La production céréalière en Algérie : les principales. *Revue Nature et Technologie. n° 01*, (p. 45 à 53). Chlef.

Doumaïndji A., Doumaïndji S., Doumaïndji B., 2003. Cours de technologie des céréales. Ed. Office des publications Universitaires Ben-Aknoun-Alger ; pp 01-20.

F

(FAO,2016). Food Agriculture organisation, système post-récolte et pertes alimentaires. FAOSTAT, Rome, Italy.

FAO. (2021, Juin 03).*Situation alimentaire mondiale.* Consulté le Juin 2021, sur Food agriculture organisation: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/fr/>

Références bibliographiques

Favreau J., 1988.Inventaire des problèmes de conservation des grains et graines et produits bruts non transformés. A.N.P.P, 2-16 p.

Feillet P. 2000. Le grain de blé. Composition, utilisation. Edition QUAE, Paris, 308p.

Feldman M. 2001. Origin of Cultivated Wheat. In Bonjean A.P. et W.J. Angus. (éd.). *The World Wheat Book: a history of wheat breeding*. Intercept Limited. Andover. Angleterre : 358 p.

Fields, P.G., 1992. The contrôle of stored -Product insecte and mites with extermitempératures. J. Stored Prode, Rev n°3,269-276 p.

Fleurat -Lessard, F., 1987. Evolution des méthodes de détection et de protection des grains par des procède physique. Annales de l'A.N.P.P, 449-457 p.

Foua-Bi K. (1989). Céréales des Régions Chaudes Conservation et Transformation, Parmentier M, Fouad-bi K (eds).AUPELF-UREF. Ads John Libbey Eurotext: Paris; 97-104.

FRISSOMAT. (2017).*Stockage en vrac*. Récupéré sur FRISSOMAT:

<https://www.frisomat.be/fr/etudes-de-cas/stockage-en-vrac-2/>

G

GRETIA (2009). Etat des lieux des connaissances sur les invertébrés continentaux des Pays de la Loire ;bilan final. Rapport GRETIA pour le Conseil Régional des Pays de la Loire. 395 p.

Gueye M.T., Seck D.Wathelet J.P., Lognay G., 2010. La lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique Occidentale, Synthèse bibliographique. Biotechnol. Agro.Soc.Environ, 15,183-194 p.

H

Huchet, J.-B. (2017). Plantes, produits végétaux et ravageurs. *Le Coléoptère, la Graine et l'Archéologue :approche archéoentomologique de quelques ravageurs des denrées stockés*, (pp. 17-38). Les Eyzies-de-Tayac.

Références bibliographiques

Hurtel, J.-M. (2012). *Menthe*. Récupéré sur Phytomania:

<https://www.phytomania.com/menthe.htm>

I

Inge de groot, 2004 : protection des céréales et des légumineuses stockent, c'est un Agrodok (livre) première édition : 1996 deuxièmes éditions : 2004 conceptions : Janneke Reijnders traduction : Evelyne Codazzi ISBN, p 74.

Isman M.B., 2000. Plant essential oils for pest and disease management. Crop Prot. 19, 603–608.

J

Joana M. Andrade, Célia Faustino, Catarina Garcia,2018.“*Rosmarinus officinalis*L. : an update review of its phytochemistry and biological activity”. Future Science OA, vol. 4, n°4. Avril 2018.

K

Kéïta SM, Vincent C, Schmit J, Arnason JT, Bélanger A. Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *O. gratissimum* L. applied as an insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus maculatus* (Fab.). J Stored Prod Res. 2001

Kéïta S.M., Vincent C., Schmit J., Ramaswamy S., Bélanger A. Effect of various essential oils on *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: *Bruchidae*). J Stored Prod Res. 2000 Oct

L

Labeyrie V., 1962. Les Acanthoscelides, Entomologie appliquées à l'agriculture in Balachowski T(I), Ed Masson Publ. Paris, 469-484 p.

Lakhdar L., Farah A., Bajjou T., Rida S. (2015). In vitro Antibacterial Activity of Essentials Oils from *Mentha pulegium*, *Citrus aurantium* and *Cymbopogon citratus* on

Références bibliographiques

Virulent Strains of *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*. *Int J Pharmacognosy phytochemical Res* 6:1035-1042.

Lamaison J.L., Pettitjean-Freytet C., et Carnat A. 1990. Teneurs en acide rosmarinique, en dérivés hydroxycinnamiques totaux et activité antioxydante chez les Apiécées, les Borraginacées et les Lamiacées médicinales. *Annales Pharmaceutiques Françaises*. 48: 103–108.

Larry G. ,2002. French, « *Isolation of (R)-(+)-Pulegone from the European Pennyroyal Mint, Mentha Pulegium* », HYPERLINK "https://fr.wikipedia.org/wiki/The_Chemical_Educator" \o"The Chemical Educator" *The Chemical Educator*, vol. 7, n° 5, octobre 2002, p. 270–277.

Laurent bouby, 2003 : de la récolte au stockage éclairages carphologiques sur les opérations de traitement des céréales à l'âge du bronze dans le sud de la France. Editions APDCA, Antibes.

Leclerc H.,1976. Précis de phytothérapie. Masson, Paris, 363p.

Légaré, J.P., J. Moisan-De-Serres et M. Fréchette. 2013. La drosophile à ailestachetées. Fiche technique. Laboratoire de diagnostic en phytoprotection. MAPAQ.

Lemailbi N., 2019. Les méthodes de lutte *contre* les insectes ravageurs des stocks, mémoire de master, Univ : Msila.

Lepesme P., 1944. Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés. Ed.P. Le chevalier, Paris.

List P. H., Horhammer L., Roth H. J., et Schmid W. 1980. HagersHundbuch der Pharmazeutischen Praxis, 4. Aufl., Bde. Ibis VIII, Springer- Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

M

Marielle. (2021). *Ventilation des céréales et stockage à plat*. Récupéré sur La tele agricole:<http://www.lateleagricole.net/ventilation-cereales-stockage-plat/>

Références bibliographiques

Mendez Cruz A. V., CorchadoJuarbe N., Siberio Torres V., 1988. Storage and digestibility, voluntary intake and chemical components of hay of five tropical grasses. J. Agric. Univ. P. Rico.

Messaoudene H., Mouhou N., 2017. Etude de la toxicité des huiles essentielles contre les ravageurs des denrées stockées, Mémoire de Master, Univ: Abderrahmane MIR-Bejaia, 35p.

N

Ngamo L.S.T. and Hance T., 2007. Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical. *Tropicultura*. 25(4): 215- 220.

Noudin C., Grumbach N., 2000. Larousse médicale., Larousse & Bardas, Paris,1203p.

P

Pitt, J.I., Hocking, A.D., (1997). Fungi and Food Spoilage, second ed. Blackie Academic and Professional, London, UK.503p.

Pacheco I.A., Sarton M.R., Taylor R.W., 1990. Levantamento de resistencia de insetospragas de graosarmazenados a fosfina no Estado de sao Paulo. Coletanea do ITAL. 20(2), 144-154.

Q

Quézel P., Santa. S. (1963). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. Paris: Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique.

R

Regnault C., 2006. Biopesticide d'origine végétale, Edition Tec & doc, Vol24.

Riba G., Silvy Ch., 1989. Combattre les ravageurs des cultures : enjeux et perspectives ; INARA-publication, Bulletin de la Société entomologique, France, Vol 94,94 p .

Références bibliographiques

S

Sachin J., Dinesh Kumar J., Neelam B. (2012). In-Vivo Antioxidant activity of ethanolic extract of *Mentha pulegium* leaf against CCl₄ induced toxicity in rats. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 737-740.

Samia AOUADHI, 2010. Atlas des risques de la phytothérapie traditionnelle : étude de 57 plantes recommandées par les herboristes. Faculté de médecine de Tunis. Master spécialisé en toxicologie 2010.

Sanon A., Garba M., Auger J., Huignard J., 2002. Analysis of insecticidal activity of methylisothiocyanate on *Callosobruchus maculatus* (F) (Coléoptera :Bruchidae) and its parasitoïde *Dinarmus Basalis* (Rondani)(Hyménoptèra :Pteromalidae).Stor .Prod. RES ,129138 p.

Sehari N., 2018. Etude de l'effet de l'huile essentielle du *Rosmarinus officinalis* et de la *Mentha pulegium* dans la lutte biologique contre les parasites des denrées stockées. Thèse de doctorat.

Statista Research Department. (2019, Octobre 02). *Production de céréales en volume au niveau mondial.* Consulté en Juin 2021, sur STATISIA:<https://fr.statista.com/statistiques/570915/cereales-volume-production-monde/>

St-Pierre, N., V. Bélanger et A. Brégarde. 2014. Ventilation et conservation des grains à la ferme. Réseau Innovagrains et Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). 58 p.

T

Taalbi A,2016, Variabilité chimique et intérêt économique des huiles essentielles de deux menthes sauvages : *Mentha pulegium* (Fliou) et *Mentha rotundifolia* (Domrane) de l'ouest Algérien. *Mémoire master, Université Abou bekr belkaid – Tlemcen.Fac. des sciences* ,60P

Teixeira B., Marques A., Ramos R., Batista I., Serrano C., Matos O. (2012).European pennyroyal (*Mentha pulegium*) from Portugal : chemical composition of essential oil and antioxidant and antimicrobial properties of extracts and essential oil. *Ind Crop Prod* 36: 81-7.

Références bibliographiques

W

While et Jayas., 1996. La lutte physique en phytoprotection.

Y

Yves H. Et De Buyser J. (2001). De la graine à la plante, l'origine des blés. Belin Pour La Science, 69-72 PP .