

REPUBLIQUE ALGERIENE DIMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université SAAD DAHLEB Blida 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie et Physiologie d'Organisme

Mémoire de fin d'étude

En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master dans le domaine SNV

Filière science biologique

Option : Parasitologie

Thème :

**Essai de lutte contre les parasites du blé du genre
Tribolium castaneum à base de l'huile essentielle de
*Mentha roduntifolia***

Présenté par :

- M^{lle} ZERMANE Fatima
- M^{lle} ZERROUK Zoubida

Date de soutenance :

12 juillet 2021

Devant le jury composé de :

Dr KARA F/Z	Professeur	Université Blida 1	Président
Mme ZERKAOUI A	Maître assistante A	Université Blida1	Examinatrice
Dr BENDJOUID D	Professeur	Université Blida1	Promoteur
Mme BENTOURA S	Doctorante	Université Blida1	Co-promotrice

Année universitaire : 2020-2021



Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Allah le tout puissant de nous avoir donné le courage de poursuivre nos études, ainsi qu'à nos chers parents qui se sont sacrifiés pour notre réussite.

Nos remerciements les plus vifs s'adressent à notre promoteur *M. BENDJOUDI Djamel* Professeur au département de Biologie à l'université Saad Dahleb de Blida pour son encadrement, sa précieuse aide, son appui et ses conseils.

Je remercie infiniment *Mme BENTOURA Sihem* notre Co-promotrice, doctorante au département de Biologie (Blida) pour sa disponibilité, ses orientations et encouragements et surtout sa bonté et son soutien favorable pour l'aboutissement de ce travail.

Nous remercions s'adressent à la présidente du jury *Mme KARA F/Z.*, Professeur au département de Biologie d'avoir accepté de partager avec nous vos impressions et vos conseils avisés.

Ainsi que notre examinatrice *Mme ZERKAOUI Ahlem* maitre assistante A au département de Biologie d'avoir accepté d'examiner ce travail. C'est un honneur de vous avoir comme examinatrice du jury.

Je tien enfin à remercier tout le corps d'enseignements qui ont participé à ma formation au cours de la post graduation.

En fin, tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce modeste travail.





Dédicaces

Grace au dieu, le tous puissant qui m'a donné le courage et la volonté pour réaliser ce modeste travail que je dédie :

A ceux que j'aime du fond de mon cœur, à qui je dois la vie et qui n'ont cessé, à aucun moment, de me soutenir et de m'encourager par leurs prières et leurs sacrifices : Mes parents

A mon père, en témoignage de ma reconnaissance envers le soutien, les sacrifices et les efforts qu'il m'a témoigné tout le long de mes études.

La source de la vie, d'amour et de sécurité ; à la chandelle qui m'a éclairée durant toute ma vie et mes études, à celle qui a toujours eu pour ceci majeur ma réussite et mon bonheur, à vous ma très chère maman.

A mes très chers frères :

Mohamed et hamza Pour ses soutiens et ses encouragements, je lui témoigne mon grand respect.

A mes oncles et mes tantes

A ma chère amie et mon binôme zoubida qui j'ai partagé avec elle les joies et les difficultés au suivie de notre travaille

A tout la famille Zermane et la famille Zahra.

A tous les personnes qui ont marqué leur présence dans ma vie

ZERMANE.F



Dédicaces

*C'est avec un très grand honneur que je dédie ce modeste travail réalisé grâce à l'aide d'Allah
tout puissant*

*aux personnes les plus chères au monde mes parents source de vie, d'amour et d'affection .
qui m'ont permis de continuer mes études dans les meilleures Conditions et qui m'ont appris
à ne jamais baisser les bras.*

*Puisse le tout puissant te donner santé, bonheur et longue vie afin que
je puisse te combler à mon tour*

Je le dédie particulièrement à ma chère grand-mère,

A mon cher frère Amine et Fathi

*A ma chère soeur Sihem et son époux Brahim et ses enfants (Ritaj et Mohamed) source de
joie et bonheur*

A mes oncles et mes tantes

A mon très cher binom et mon meilleur amie fatima

À toute ma famille source d'espoir et de motivation

Et à tous ceux que j'aime et je respecte.

ZERROUK, Z

Résumé

L'utilisation imprudente d'insecticides chimiques a entraîné un déséquilibre environnemental et des dommages à la santé humaine, ce qui a permis l'émergence de nombreux ravageurs nuisibles et l'élimination de divers insectes bénéfiques.

La recherche des méthodes alternatives d'origine végétale pour la protection des denrées stockées contre les ravageurs de blé en particulier *Tribolium castaneum* considéré comme un insecte important et très fréquent dans les entrepôts de blé semble nécessaire ce travail a pour objet de déterminer l'effet insecticide de la poudre et l'extrait méthanolique des feuilles sèche de *Mentha rotundifolia* sur les larves et les adultes de *Tribolium castaneum* par contact.

Les mortalités trouvées chez les adultes et les larves varient en fonction du temps d'exposition et d'évaluer le temps nécessaires pour tuer 50% et 90% des populations de cet insecte.

Pour tuer 50% de la population de *Tribolium castaneum* traitée par l'extrait méthanolique de *M. rotundifolia*, le temps létal est 0,8 minutes pour les adultes et 0,77 minutes pour les larves. Et pour tuer 90% de cette population il faut 0,85 min pour l'adulte et 0,81 min pour les larves.

Les résultats ont montré qu'il y a un faible effet toxique de poudre et extrait méthanolique des feuilles de *Mentha rotundifolia* sur les larves et les adultes de *Tribolium castaneum*. Le nombre de décès varie en fonction du temps.

Mots clés : Blé, *Mentha rotundifolia*, poudre, extrait méthanolique, toxicité, *Tribolium castaneum*.

ملخص

أدى الاستخدام المتهور للمبيدات الحشرية الكيميائية إلى اختلال التوازن البيئي و إلحاق الضرر الصحي بالإنسان ، مما أتاح الفرصة بظهور العديد من الآفات الضارة والقضاء على مختلف الحشرات النافعة. يبدو البحث عن طرق بديلة من أصل نباتي من أجل حماية المواد الغذائية المخزنة وعلى وجه الخصوص خنفساء الدقيق الأحمر الذي يعتبر حشرة مهمة في مستودعات القمح.

الهدف من هذا العمل هو تحديد تأثير المبيدات الحشرية للمسحوق والمستخلص الميثانولي المستخرج من الأوراق الجافة

لنبات نعناع مستدير الأوراق على اليرقات والبالغات من آفة القمح خنفساء الدقيق الأحمر عن طريق التلامس والاستنشاق

ولتقدير الوقت اللازم لقتل 50% و 90% من مجتمع هذه الحشرة

لقتل 50% من سكان خنفساء الدقيق الأحمر المعالج بالمستخلص الميثانولي من لأوراق النعناع المستدير ، يقدر الوقت المميت 0.8 دقيقة للبالغين و 0.77 دقيقة لليرقات. لقتل 90% من هذه المجموعة يستغرق 0.85 دقيقة للبالغين و 0.81 دقيقة لليرقات.

أثبتت النتائج وجود تأثير سمي ضعيف لمسحوق ومستخلص الميثانول لأوراق النعناع المستدير على يرقات وبالغات خنفساء الدقيق الأحمر وبتفاوت عدد الوفيات مع مرور الوقت

الكلمات المفتاحية : القمح, أوراق النعناع المستدير, مسحوق, مستخلص الميثانول, سامة, خنفساء الدقيق الأحمر.

Abstract:

The reckless use of chemical insecticides has led to an environmental imbalance and harm to human health, which has allowed the emergence of many harmful pests and the elimination of various beneficial insects. The search for alternative methods of plant origin for protection of stored foodstuffs against wheat pests, in particular *Tribolium castaneum*, considered an important insect and very common in wheat warehouses, seems necessary.

The aim of this work is to identify the insecticidal effect of powder and methanolic extract of dry leaves of *Mentha rotundifolia* on larvae and adults of *Tribolium castaneum* by contact and inhalation, mortalities found in adults and larvae vary with time exposure. and estimate the time required to kill 50 and 90% of the populations of this insect.

To kill 50% of the population of *Tribolium castaneum* treated with methanolic extract of *M. rotundifolia*, the lethal time is 0.8 minutes for adults and 0.77 minutes for larvae. And to kill 90% of this population it takes 0.85 min for adults and 0.81 min for larvae.

The results showed that there is a weak toxic effect of powder and methanolic extract of *Mentha rotundifolia* leaves on larvae and adults of *Tribolium castaneum*. The number of deaths varies with time.

Key words: Wheat, mentha rotundifolia, powder, methanolic extract, toxicity, *Tribolium castaneum*

Liste des abréviations :

Abréviation	Désignation
TL50 et TL90 :	Temps létaux pour tuer 50% et 90% d'une population traitée
FAO:	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
Probit:	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
R:	Répétition
T:	Témoin
EM:	Extrait métabolique
Hab:	Habitant
ST1:	Stade végétatif
ST2:	Stade de pleine floraison
ST3:	Stade de fructification
CCLS:	Coopérative des céréales et des légumes secs

Liste des figures

Figure	Titre	Page N°
Figure 01	Fémur du mâle du <i>Tribolium castaneum</i> , face postérieure.....	5
Figure 02	Cycle vital du <i>Tribolium</i> rouge de la farine.....	5
Figure 03	Œufs de <i>Tribolium castaneum</i> colorés avec une solution d'iode 0,1N.....	6
Figure 04	Les Larves de <i>Tribolium castaneum</i>	7
Figure 05	Les pupes de <i>Tribolium castaneum</i>	8
Figure 06	Adulte de <i>Tribolium castaneum</i>	9
Figure 07	Grain infesté par <i>Tribolium castaneum</i> sur blé.....	10
Figure 08	<i>Mentha rotundifolia</i> L.....	14
Figure 09	Adulte de <i>Tribolium castaneum</i>	17
Figure 10	Les larves de <i>Tribolium castaneum</i>	18
Figure 11	Elevage en masse de <i>Tribolium castaneum</i>	18
Figure 12	Le matériel végétal.....	19
Figure 13	Grains du blé traités par la poudre des feuilles.....	19
Figure 14	Evaporation de solvant.....	21
Figure 15	Différentes étapes de la préparation de l'extrait méthanolique.....	21
Figure 16	L'extrait méthanolique de la Menthe <i>Mentha rotundifolia</i>	22
Figure 17	Matériel utilisé pour les traitements insecticides.....	23
Figure 18	Dispositif expérimentale d'un traitement par inhalation.....	23
Figure 19	(A) Les solutions utilisées pour les traitements insecticides.....	24
	(B) Extrait méthanolique diluée.....	24
Figure 20	Application de l'extrait méthanolique à l'aide d'une micropipette.....	25
Figure 21	Moyennes des mortalités en % des adultes et larves de <i>Tribolium castaneum</i> traités par inhalation par l'extrait méthanolique des feuilles de <i>Mentha</i> <i>rotundifolia</i>	30
Figure 22	Droites de régression des Probit en fonction des Log Temps la D=200 µl chez les adultes.....	31
Figure 23	Droites de régression des Probit en fonction des Log Temps la D = 200 µl chez les larves et les adultes.....	32

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
		N°
Tableau 1	Le nombre des adultes et larves de <i>T.castaneum</i> traité dans chaque boites de pétrie.....	24
Tableau 2	Les mortalités des adultes de <i>T.castaneum</i> en fonction de temps.....	28
Tableau 3	Les mortalités des larves de <i>T.castaneum</i> en fonction de temps.....	29
Tableau 4	Moyennes de mortalités en % des adultes de <i>T. Castaneum</i> traités par inhalation avec l'extrait méthanolique de <i>Mentha rutondifolia</i>	29
Tableau 5	Moyennes de mortalités en % des adultes de <i>T. Castaneum</i> traités par inhalation avec l'extrait méthanolique de <i>Mentha rutondifolia</i>	31
Tableau 6	Transformation des temps en log temps et les moyennes de mortalité en probit pour les adultes.....	33
Tableau 7	Transformation des temps en log temps et les moyennes de mortalité en probit pour les larves.....	33
Tableau 8	Différentes équations issues des droites de régressions pour les adultes et les larves de <i>Tribolium castaneum</i>	33

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Abstract

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction..... 1

CHAPITRE 1 : PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1.	Généralités sur les Tenebrionidae, en particulier le coléoptère rouge de la farine.....	3
1.1.1.	Les Tenebrionidae.....	3
1.1.2.	Le Coléoptère rouge de la farine " <i>Tribolium castaneum</i> ".....	3
1.1.2.1.	Position systématique	4
1.1.2.2.	Description générale du <i>Tribolium castaneum</i>	4
1.1.2.3.	Dimorphisme sexuel.....	4
1.1.2.4.	Cycle de vie.....	5
a.	Œuf.....	6
b.	Larve.....	6
c.	Les pupes.....	7
d.	Adultes.....	8
1.1.2.5.	Origine et répartition géographique	9
1.1.2.6.	Dégât, régime alimentaire et mobilité de <i>Tribolium castaneum</i>	9
a.	Dégât.....	9
b.	Régime alimentaire.....	10
c.	Mobilité.....	11
1.2.	Méthodes de lutte contre les insectes ravageurs.....	11
1.2.1.	La lutte préventive.....	11

1.2.2.	La lutte chimique.....	11
1.2.2.1.	Fumigante toxique.....	12
1.2.2.2.	Insecticides de contact.....	12
1.2.2.3.	Inconvénients de l’usage des insecticides chimiques.....	12
1.2.3.	La lutte biologique.....	13
1.3.	Généralités sur les menthes en particulier <i>Mentha rotundifolia</i>	13
1.3.1.	Les menthes (Lamiaceae).....	13
1.3.2.	Genre <i>Mentha</i> L.....	13
1.3.3.	Description.....	13
1.3.4.	Classification botanique.....	14
1.3.5.	Biotope et répartition.....	15
1.3.6.	Intérêt des menthes en industrie et en médecine traditionnelle	15

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODE

2.1.	Objectif.....	17
2.2.	Le matériel entomologique.....	17
2.2.1	Elevage de l’insecte.....	17
2.3.	Le matériel végétal “la Menthe”.....	18
2.3.1.	Récolte et séchage de la Menthe.....	18
2.3.2.	Effet de poudre des feuilles.....	19
2.4.	Application de traitement.....	20
2.5.	Différentes étapes de préparation de l’extrait méthanolique.....	20
2.5.1	Macération.....	20
2.5.2.	Filtration.....	20
2.5.3.	Evaporisation.....	20
2.5.5.	Conservation de l’extrait méthanolique de la Menthe.....	22
2.5.6.	Préparation de la dose de traitement.....	22
2.5.6.1.	Activité répulsive.....	22
2.5.7.	Application de traitement.....	24
2.6.	Méthode de calcul.....	25
2.6.1	Calcul du rendement de l’extrait méthanolique.....	25
2.6.2	Estimation de la mortalité et calcul de TL50 et TL90.....	25

CHAPITRE 3 : RESULTAT ET DISCUSSION

3.1.	Résultats des traitements d’extrait méthanolique de <i>Mentha roduntifolia</i>	
------	--	--

	appliqués Sur le Coléoptère rouge de la farine <i>Tribolium castaneum</i>.....	28
3.1.1.-	Calcul du rendement en extrait méthanolique de <i>Mentha roduntifolia</i>....	28
3.1.2.-	Calcul des mortalités des adultes et larves de <i>T. castaneum</i>.....	28
3.1.2.1.-	Traitement sur les adultes.....	29
3.1.2.2.	Traitement sur les larves.....	30
3.1.2.3.-	Calcul de la TL50 et la TL90.....	32
a.	TL50 et TL90 pour les adultes.....	32
3.3.-	Discussion.....	34

Conclusion 37

Références bibliographiques

Les annexes

INTRODUCTION

Introduction

Tribolium castaneum (Herbst, 1797) (Coleoptera : Tenebrionidae) est l'un des ravageurs qui peuvent causer des pertes d'une large gamme de produits stockés durables, notamment, la farine et le blé (Bennet 2003). Ils affectent leur quantité et leur qualité (Madrid *et al.*, 1990).

En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale (Djarmoun, 2009). Ils sont une source primaire de nourriture pour l'homme. La consommation des produits situés à un niveau d'environ 205 kg/hab/an (Chehat, 2007).

Les méthodes utilisées pour limiter ces pertes dans les stocks sont généralement les insecticides chimiques. Ces derniers représentent une menace sérieuse et un risque pour l'environnement et la santé humaine (Richter *et al.*, 2002 ; Meyer *et al.*, 2003).

Les insecticides à large spectre non seulement tuent les espèces de ravageurs cibles, mais tuent également les ennemis naturels de ces ravageurs. L'élimination de ces derniers perturbe l'équilibre naturel du système insecte-plante en permettant aux ravageurs de se multiplier de manière incontrôlée, entraînant parfois de nouveaux problèmes de ravageurs (Huffaker *et al.*, 1969, 1970 ; McMurtry *et al.*, 1970 ; Debach et Rose, 1977 ; Gerson et Cohen, 1989 ; Debach et Rosen, 1991). Alors que la communauté agricole devenait de plus en plus consciente des effets indésirables d'une dépendance totale aux insecticides chimiques, l'idée que la lutte naturelle est généralement une alternative plus sûre et plus écologique pour la lutte contre les parasites (Taruvinga, 2014), car elle est biodégradable et moins toxique que les insecticides de synthèse (Seck, 1996).

Le présent travail a donc pour objectif d'essayer de lutter contre les parasites du blé du genre *Tribolium castaneum* à base de l'huile essentielle de *Mentha rotundifolia* en raison de l'absence de matériel nous avons essayé l'activité insecticide de la poudre et l'extrait méthanolique des feuilles de *Mentha rotundifolia* dans la région de Meftah sur les adultes et les larves de *Tribolium castaneum* (Herbst) par l'évaluation de la mortalité et le calcul des TL50 et TL90. Le manuscrit est divisé en deux parties : une revue bibliographique contenant des informations sur la plante étudiée et l'insecte utilisé dans nos tests et une partie expérimentale qui présente les tests de répulsion des plantes sur l'adulte et la larve de *Tribolium castaneum* suivi par les résultats obtenus ainsi que leur discussion.

CHAPITRE 1 :
ETUDE
BIBLIOGRAPHIQUE

1.1.- Généralités sur les Tenebrionidae, en particulier le coléoptère rouge de la farine

1.1.1.- Les Tenebrionidae

Les Tenebrionidae constituent l'une des plus vastes familles du règne animal (plus de 15 000 espèces décrites) (Delobel et Trane, 1993). Ils sont principalement composés d'espèces saprophages. De nombreuses espèces sont xérophiles ou thermophiles, ce qui explique leur prédominance dans les zones à climat chaud et leur faible représentation dans les zones plus tempérées (Dajoz 2002).

Environ 15 espèces exotiques de ténébrionidés sont présentes en Europe (1,1% de la faune européenne de ténébrionidés). La majorité de ces espèces sont associées à des céréales avariées ou humides (Weidner *et al.*, 1984).

Les adultes des Tenebrionidae, qui sont généralement de couleur sombre, présentent une grande variété d'aspects. En revanche, les larves se caractérisent par une certaine uniformité: elles sont de forme subcylindrique. Leur tégument est généralement sclérotinisé, de couleur jaune ou brune, et leur corps se termine par une ou plusieurs paires d'urogomphes. La xérophilie explique probablement que de nombreuses espèces soient anthropophiles : plusieurs membres de la famille figurent d'ailleurs parmi les espèces les plus nuisibles aux stocks de céréales (Delobel et Trane, 1993).

Le régime alimentaire des Tenebrionidae, bien qu'assez varié, est avant tout saprophage. Beaucoup d'espèces se nourrissent de débris végétaux, souvent au sol. Certaines des espèces citées comme nuisibles aux produits emmagasinés vivent dans la nature au dépens de grains ou de fruits tombés au sol (Delobel et Trane, 1993).

1.1.2.- Le Coléoptère rouge de la farine ‘*Tribolium castaneum*’

Le coléoptère rouge de la farine (*Tribolium castaneum*, Herbst) est distribué et parmi les plus économiquement ravageurs importants des produits stockés (Garcia *et al.*, 2005), notamment l'orge, le maïs, la farine, le millet, le blé, les pommes de terre, les patates douces, fruits secs, noix et sorgho (Bennet, 2003). D'après l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), les pertes dues aux insectes nuisibles correspondent à 35% de la production agricole mondiale (Karahacane, 2015).

1.1.2.1.- Position systématique

Selon Lepesme (1944), la classification du Coléoptère rouge de la farine est donnée comme suite :

- Embranchement : Arthropoda.
- Classe : Insecta.
- Ordre : Coleoptera.
- Sous ordre : Polyphaga.
- Famille : Tenebrionidae.
- Sous Famille : Ulminae.
- Genre : *Tribolium*.
- Espèce : *Tribolium castaneum*.

Le nom commun du *Tribolium castaneum* selon (Bousquet, 1990) est le suivant :

- Français : Tribolium rouge de la farine.
- Anglais : red flour beetle.

1.1.2.2.- Description générale du *Tribolium castaneum*

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

La tête est bordée vers l'avant par une sorte de visière très caractéristique (Couilloud, 1993).

1.1.2.3.- Dimorphisme sexuel

La base du fémur inférieur possède chez le mâle un tubercule pilifère arrondi qui est absent chez la femelle. (Delobel et Trane, 1993). Les mâles ont une tache sétifère sur la face postérieure de l'avant-fémur (Fig. 1). Les femelles n'ont pas une telle tache sétifère (Bousquet, 1990).

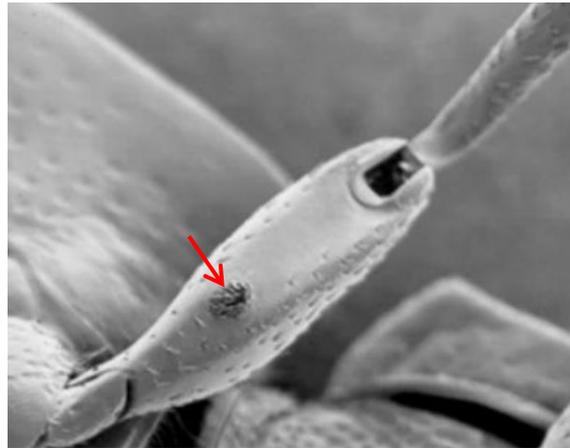


Figure n°1. – Fémur du mâle du *Tribolium castaneum*, face postérieure (Flèche rouge : tubercule pilifère) (Bousquet, 1990)

1.1.2.4.- Cycle de vie

Les cycles de vie du coléoptère (Fig. 2) comprennent quatre étapes: œuf, larve, nymphe et adulte (Bucher, 2017).

Le développement de l'œuf à l'adulte dépend de la température, de l'humidité et du régime alimentaire (Howe, 1956). Nécessitant plus de 40 jours sur des arachides à 35°C et 70 % d'humidité relative (Arbogast, 1991).



Figure n°2. – les différents stades du *Tribolium* rouge de la farine (de gauche à droite) : œufs, larve, nymphe, adulte (Sinha et Watters, 1985)

a.- Œuf

Les œufs microscopiques des ténébrionidés sont ovoïdes et d'un blanc éclatant (Fig. 3). Dans *T. castaneum* et *T. confusum*, l'embryogenèse dure généralement 3,5 à 5 jours dans des conditions de laboratoire idéales (Bucher, 2017).

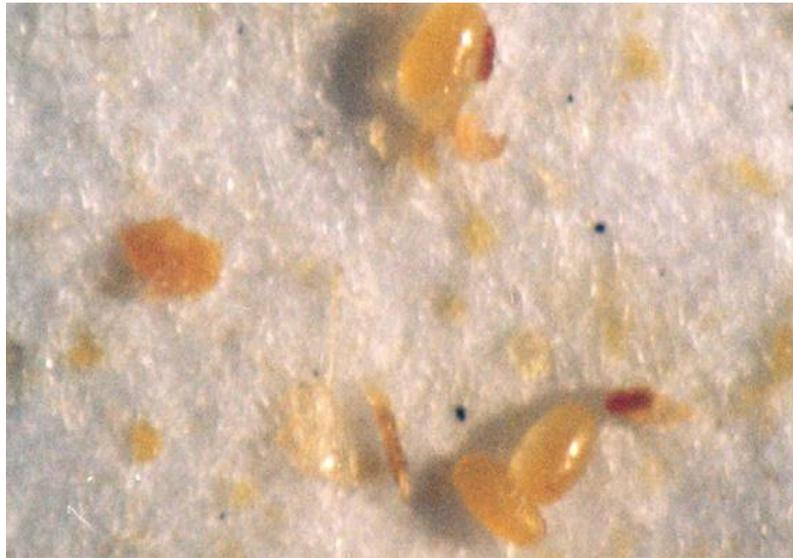


Figure n°3. – Œufs de *Tribolium castaneum* colorés avec une solution d'iode 0,1N (Leelaja *et al.*, 2007)

b.- Larve

On observe de 5 à 8 stades larvaires dans les conditions optimales de développement, mais jusqu'à 13 lorsque les conditions sont défavorables (Delobel et Trane, 1993). La larve mesure 6mm, et étroite environ 8 fois plus longue que large, d'un jaune très pâle à maturité, avec latéralement quelques courtes soies jaunes (Fig. 4). La capsule céphalique et la face dorsale sont légèrement rougeâtres (Couilloud, 1993 ; Camara, 2009).

Les larves sont allongées, fortement sclérifiées avec des pattes antérieures puissantes, munies d'épines permettant leur déplacement dans le sol (Bousquet, 1837).

Les larves circulent librement dans les denrées infestées et s'y nymphosent sans cocon. À 30° C., la vie larvaire dure à peu près trois semaines (Camara, 2009).



Figure n°4. – Les Larves de *Tribolium castaneum* (Bucher, 2017).

c.- Les pupes

Sont légères colorée, blanche ou jaunâtre (Fig. 5). Latéral sur chaque segment abdominal, ils portent des pièges à gin, c'est-à-dire des excroissances avec dents sclérosées. Les pupes ne sont pas capables de locomotion bien qu'elles puissent se tortiller (avec le mouvement provenant de l'abdomen (Bucher, 2017).

Les sexes sont dimorphes et facilement discernables comme des pupes, car les femelles ont des papilles génitales plus grandes que celles trouvées sur les pupes mâles. Dans un environnement favorable, le stade nymphal peut durer 5 à 6 jours chez *T. castaneum*(Bucher, 2017).



Figure n°5. – Les pupes de *Tribolium castaneum* (Bucher, 2017).

d.- Adultes

Les adultes de *Tribolium castaneum* Peuvent vivre plus de 3 ans tandis que dans les conditions de laboratoire est de 7 à 11 mois (Bucher, 2017).

Les coléoptères rouges de la farine adultes sont d'un brun rougeâtre brillant, plat, et d'environ 3 mm en longueur (voir Fig. 6). Ils sont très similaires en apparence aux coléoptères de la farine confus, ne différant que légèrement dans la structure des antennes, des yeux et du thorax. Adultes de les deux espèces sont très actives, mais seul le coléoptère rouge de la farine est connu pour voler (Arbogast, 1991).

Les femelles produisent en moyenne 300 à 600 œufs blancs et sphériques (Good 1936, Leslie et Park 1949), certaines femelles étant capables de produire plus de 900 œufs (Good 1936), en les déposant directement dans la nourriture.

Cependant, des analyses comportementales et génétiques récentes indiquent que cette espèce se disperse activement par vol entre les stockages de nourriture (Ridley *et al.*, 2011).



Figure n°6. – Adulte de *Tribolium castaneum* (Johnson, 2013)

1.1.2.5.- Origine et répartition géographique

Considéré comme d'origine indienne (Hinton, 1948), le coléoptère rouge de la farine est maintenant cosmopolite dans la distribution. Bien que quelque peu limité aux régions plus chaudes, il est capable de survivre dans des bâtiments chauffés dans des climats plus froids (Arbogast, 1991). Cet insecte est signalé sur graines de cotonnier en Egypte (Hargrea, 1948), en Afrique de l'Est portugaise (Mozambique) (Sara, 1939), à Madagascar (Delattre, 1958 ; Breniere et Dubois, 1965 ; Appert, 1972) ; il est récolté plus récemment, au Tchad, dans les graines en tas après égrenage par Silvie (Couilloud, 1993).

1.1.2.6.- Dégât, régime alimentaire et mobilité de *Tribolium castaneum*

a.- Dégâts

La présence de *T. castaneum* dans les structures de transformation des aliments post-récolte entraîne des pertes économiques dues à la contamination des produits par *T. castaneum* qui provoque des dommages à la fois quantitatifs et qualitatifs (Bhargava et Kumawat, 2010 ; Bounechada, 2011), en plus des coûts potentiels liés aux mesures de contrôle.

Les populations de *T. castaneum* peuvent être difficiles à contrôler car elles exploitent les fissures, les crevasses et les refuges à l'intérieur des équipements ou dans la structure du bâtiment (Campbell *et al.*, 2002).

Les dégâts sont principalement causés par les larves et les adultes, qui se nourrissent abondamment de grains préalablement troués ou cassés, ou de grains endommagés par d'autres ravageurs (Hassan *et al.*, 2020). L'infection de cet insecte provoque une odeur désagréable en raison de benzoquinone par sa glande abdominale (Fig. 7) (Campbell et Runnion, 2003).



Figure n°7. – Grain infesté par *Tribolium castaneum* sur blé (originale 2021)

b.- Régime alimentaire

Ces coléoptères ont des pièces buccales broyeuses (Aitken, 1975), dont leurs régimes alimentaires est soit psychophage, mycophage, nécrophage ou prédateur. Leur croissance la plus rapide est obtenue sur farines de céréales (dans l'ordre blé dur, blé tendre, sorgho, orge, mil, riz, maïs). Ils n'attaquent 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 (Delobel et Tran, 1993).

En cas de pullulation, larves et adultes sont cannibales et se nourrissent de leurs propres œufs et nymphes; elles consomment également toutes sortes de proies immobiles (œufs et nymphes

de divers Coléoptères) ou peu mobiles (larves de l'Anobiide *Stegobium poniceum* et du Bostrichide *Rhyzopertho dominica*, par exemple) (Delobel et Tran, 1993).

c.- Mobilité

L'adulte est très bon voilier. Il se déplace de préférence en fin d'après-midi, par temps chaud et calme et migre à partir de stocks infestés à la recherche de nouvelles sources de nourriture (Dobele et Tram, 1993). Le mâle sécrète une phéromone d'agrégation identique à celle de *T. confusum* (4.8-diméthyldécane), Selon un rapport de la FAO (1976).

1.2.- Méthodes de lutte contre les insectes ravageurs

La lutte contre les insectes constitue une préoccupation majeure et ancienne de l'homme. Les insectes forment la plus grande classe du règne animal et comprennent près de 80 % des espèces animales connues. Parmi elles, des dizaines de milliers d'espèces sont considérées comme des espèces à haut risque pour l'homme. Ils ont un double impact : (1) médical ; les insectes sont des agents pathogènes ou vecteurs de maladies pour les hommes et les animaux domestiques et (2) agricoles ; ils dévastent les récoltes. Les insectes phytophages endommagent les cultures de riz (58 % de pertes), de coton (47 %), causent la perte de plus d'un tiers des cultures de maïs et de canne à sucre et près d'un cinquième de blé (Riba et Silvy, 1989).

1.2.1.- La lutte préventive

D'après (Taruvinga *et al.*, 2014), on adopte pour celle-ci les procédures suivantes :

- Le nettoyage et le séchage qui doivent être faits aussi soigneusement que possible, en particulier quand les grains seront entreposés pendant une longue période.
- Le stockage à Température et humidité basse empêche l'activité et le développement des insectes.
- L'entreposage des grains en vrac.
- dégâts causés aux grains sont contrôlés régulièrement.

1.2.2.- La lutte chimique

D'une manière générale, les produits chimiques de lutte contre les insectes peuvent se classer en deux grands groupes.

1.2.2.1.- Fumigante toxique

Dans de nombreux systèmes de stockage, l'utilisation de fumigants est l'outil le plus économique pour gérer les insectes des grains stockés nuisibles (Mueller, 1990). Phosphine et bromure de méthyle sont les deux fumigants les plus couramment utilisés pour le stockage protection du produit. Cependant, l'effet d'appauvrissement de la couche d'ozone du bromure de méthyle a conduit à ses restrictions et à son phasage (Mbtoc, 1998). Comme alternative, les anciens fumigants y compris le sulfure de carbone (Yonglin et Allen, 1999) et des composés plus récents comme les isothiocyanates (Shaya *et al.*, 2003) ont été étudiées pour les produits stockés protection. De plus, le dioxyde de carbone (CO₂) a été utilisé pour désinfecter les produits de stockage (Annis, 1987). Bien que l'efficacité de ces méthodes semble bonne, il existe des préoccupations mondiales quant à leurs effets négatifs sur la santé humaine et l'environnement (Kostyukovsky *et al.*, 2002). Il est donc urgent de trouver une stratégie alternative pour lutter contre ces ravageurs.

1.2.2.2.- Insecticides de contact

Il est généralement supposé que les insecticides de contact pénètrent dans l'insecte en pénétrant à travers le tégument de la paroi corporelle et se dissolvent ensuite dans l'hémolymphe. Une partie du poison dissous est ensuite absorbée par la gaine médullaire qui entoure le SNC et protège les tissus sous-jacents. Cette gaine doit être passée afin d'atteindre le site d'action dans les ganglions. Ces événements sont généralement implicite dans les revues sur ce sujet, par exemple, Brown (1951), Winteringham (1957), O'Brien (1960, 1967), et Ebeling (1964).

1.2.2.3.-Inconvénients de l'usage des insecticides chimiques

Il est admis maintenant par tous que la lutte chimique à des conséquences néfastes sur l'environnement; entre autres, par la toxicité dans la chaîne trophique, la pollution des eaux de surface et souterraine (Vereijken et Viaux, 1990 ; Rudd, 1974 ; Mellanby, 1977 ; Roberts, 1989 ; Tooby, 1989), sur la santé humaine par les résidus de pesticides sur les aliments et les intoxications par inhalation (Foschi, 1989 ; Izraillet *et al.*, 1975 ; Pimentel *et al.*, 1980) et surtout la résistance acquise par les insectes ravageurs et les vecteurs de maladies infectieuses chez les humains, suite à l'utilisation intempestive, inconditionnelle et irrationnelle des pesticides chimiques (Georghiou et Mellon, 1983 ; Poiré et Pasteur, 1991 ; Starnes *et al.*, 1993 ; Knight et Norton, 1989).

1.2.3.- La lutte biologique

Plus de 59 familles et 188 genres de plantes sont utilisés pour la répression des insectes ravageurs (Simmons *et al.*, 1992). Ces plantes contiennent des substances qui ont des propriétés anti-appétantes, répulsives ou même insecticides. Généralement, à part quelques propriétés intéressantes comme la répulsion ou la dissuasion de prise alimentaire, cette méthode est similaire à la lutte classique par utilisation de substances chimiques. Ils se caractérisent par une faible toxicité pour l'homme et les animaux, une volatilité élevée et une toxicité pour le stockage des insectes ravageurs des céréales (Batish *et al.*, 2008).

1.3.- Généralités sur les menthes en particulier *Mentha rotundifolia*

1.3.1.- Les menthes (Lamiaceae)

Sont des plantes herbacées, vivaces, très odorantes que l'on trouve particulièrement dans les milieux humides. Il existe de nombreuses espèces de menthe dont certaines, telles *M. pulegium* et *M. rotundifolia*, poussent spontanément en Algérie.

Mentha rotundifolia, dont le nom vernaculaire est « timarssat » en langue arabe, est un hybride de *Mentha longifolia* et *Mentha suaveolens* (Kokkini, Papageorgiou, 1988 ; Lorenzo *et al.*, 2002), alors que pour d'autres auteurs *Mentha rotundifolia* et *Mentha suaveolens* correspondent à la même espèce (Hendriks, Van Os, 1976).

1.3.2.- Genre *Mentha* L

Les plantes *Mentha* appartiennent à la famille des Lamiacées, à la tribu Mentheae, au genre *Mentha* L. et se produisent sur les cinq continents. La taxonomie du genre *Mentha* est compliquée et au sein du genre, plus de 3000 noms ont été publiés des espèces aux formes depuis 1753 qui est la date de début de nomenclature moderne (Linnaeus, 1753). Environ 95% de ces noms sont synonymes ou illégitimes et actuellement, seuls les noms d'environ 1800 ont été suffisamment étudiés (Tucker et Naczi, 2006). Selon la dernière classification taxonomique, les plantes du genre *Mentha* sont divisées en quatre sections (Tubulosae, Eriodontes, Pulegium, *Mentha*) et 18 espèces sur la base du nombre de chromosomes et caractéristiques morphologiques (Tucker et Naczi, 2006).

1.3.3.- Description

Herbe à souche traçante, émettant de nombreuses tiges annuelles très odorantes, il n'y a aucune difficulté à identifier ce type de menthe, et cela est dû aux ses feuilles rondes, **épaisses** et ridées, qui sont moins de 2 fois plus longues que larges, opposées-décussées,

atténuées en pétiole, L'ensemble de la plante est couvert de poils denses et blanchâtres qui la rendent douce au toucher (El Rhaffari, 2008).

La plante atteint environ 50 à 70 cm de haut. Les feuilles sont très larges, ressemblant quelque peu à celles de la sauge, *Salvia* sp. Les fleurs sont roses ou blanches (Khadraoui, 2014). Les épis de fleurs, placés à l'extrémité des tiges sont longs, serrés et coniques. Au fond des calices persistants, se logent quatre fruits disposés en croix (Ducerf, 1992).

Inflorescences en faux verticilles denses feuilles, distants, calice presque bilabiés, a 5 dents aigues, corolle blanche rosée ou violet pale, a 4 lobes égaux (Iazzourene, 2015).



Figure n°8. –*Mentha rotundifolia* L. (Merssita, Menthe à feuilles rondes)(BOUNIHI, 2015)

1.3.4.- Classification botanique

Selon Grêté (1965), la systématique de *Mentha roduntifolia* est donnée comme suite :

- ✚ Règne : Plantae
- ✚ Sous-règne : Eucaryotae
- ✚ Embranchement : Spermaphytæ
- ✚ Sous-embranchement : Angiospermae
- ✚ Classe : Dicotylédonae
- ✚ Ordre : Lamiales
- ✚ Famille : Lamiaceae

✚ Genre : *Mentha*

✚ Espèce : *Mentha rotundifolia* L.

Nom vernaculaires : Selon El Rhaffari (2008) :

Tamazighte : Timijja, Timersad

Arabe : Merssita

Français : Menthe à feuille rondes

1.3.5.- Biotope et répartition

La menthe à feuilles rondes peuple les lieux humides et inondées. Elle pousse sous les bioclimats semi-arides, et humides à variantes chaudes et tempérées et largement répandu autour du bassin méditerranéen (El Rhaffari, 2008), en Amérique et en Asie occidentale (Mailhebiau, 1994, Bezanger-Beauquesne et Pinkas, 1980). Australie et Afrique du Sud (Lange et Croteau, 1999).

En Algérie et en Afrique du Nord, cette plante aromatique est bien connue comme le « timarssad » (Boutennoune, 2017).

1.3.6.- Intérêt des menthes en industrie et en médecine traditionnelle

Les plantes aromatiques et médicinales ont été utilisées pendant des siècles comme remèdes contre les maladies humaines car elles contiennent des composants chimiques à valeur thérapeutique (Nostro et al., 2000).

les menthes industrielles sont cultivées dans plusieurs pays pour leurs huiles essentielles couramment utilisées dans les industries cosmétiques, pharmaceutiques, alimentaires, de confiserie et des spiritueux (Khanuja *et al.*, 2000).

Il a été signalé que *Mentha* spp. présenter une activité antimicrobienne contre *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Salmonella enteritidis* et *Staphylococcus aureus* (Sivropoulou *et al.*, 1995; Tassou *et al.*, 2000) (Naigre *et al.*, 1996; Flamini *et al.*, 1999 ; Al-Bayati, 2009).

ces composés peuvent être utilisés pour prolonger la stabilité de stockage des aliments, en inhibant la croissance des altération d'origine alimentaire ou micro-organismes pathogènes et protection aliments causés par les dommages causés par le stress oxydatif (Teixeira *et al.*, 2012).

Il a été appliqué dans la médecine traditionnelle. Des espaces méditerranéens pour une large palette d'actions : tonique, stimulante, stomachique, carminative, analgésique, cholérétique, antispasmodique, sédatif (Font Quer, 1980), hypotenseur (Peris *et al.*, 1991).

CHAPITRE 2 :

MATERIEL ET METHODE

Dans ce chapitre sera présenté le matériel et les méthodes nécessaires à la conduite de l'élevage de *Tribolium castaneum* (Herbst), à l'extraction de poudre et l'extrait méthanolique des végétaux et les traitements insecticides à partir de la plante *Mentha roduntifolia*.

2.1.- Objectif

Ce travail a été réalisé au niveau du laboratoire «Biotechnologie, environnement et santé» de la faculté des sciences de la nature de l'université de Blida. Il consiste à mettre en évidence le potentiel insecticide de la poudre et de l'extrait méthanolique des feuilles de *Mentha roduntifolia* à l'aide de traitement par contact. Les poudre et l'extrait méthanolique ont été testées sur un insecte ravageur du blé stocké *Tribolium castaneum* par détermination des mortalités et les temps létaux TL50 et TL90 au niveau de laboratoire.

2.2.- Le matériel entomologique

Le traitement insecticide vis-à-vis de l'insecte demande de nombreux individus issus des élevages en masse. Les conditions de température et d'humidité à l'élevage de *Tribolium castaneum* (Figure. 9) sont nécessaires en utilisant comme substrat la semoule du blé dur.



Figure n°9. – Adulte de *Tribolium castaneum* (Original 2021)

2.2.1.- Elevage de l'insecte

Les échantillons de blé dur infestés d'insectes sont prélevés en mars 2021 au niveau de CCLS de Blida et sont triés dans le but de séparer les insectes des grains de blé endommagés. Pour séparer les insectes (adultes) des grains de céréales, nous avons utilisé un tamis de diamètre 0,5 mm, puis à l'aide d'un pinceau on prend quelques individus de *Tribolium castaneum*. Ces derniers sont maintenus dans des conditions de laboratoire dans une étuve (Température : 20-25° C. ; Humidité relative variant de 65 à 70 %), dans des

bocaux en plastique contenant de semoule (blé dur). Le couvercle est perforé pour permettre la respiration des insectes. Est à noter également qu'on a effectué un élevage de ces insectes dans une étuve réglé à 35°C(voir Annexe 3). Pour accélérer le cycle de vie, afin d'utiliser les adultes et les larves (Fig. 10) pour notre expérimenté (Fig. 11).



Figure n°10. – Les larves de *Tribolium castaneum* (Original 2021)

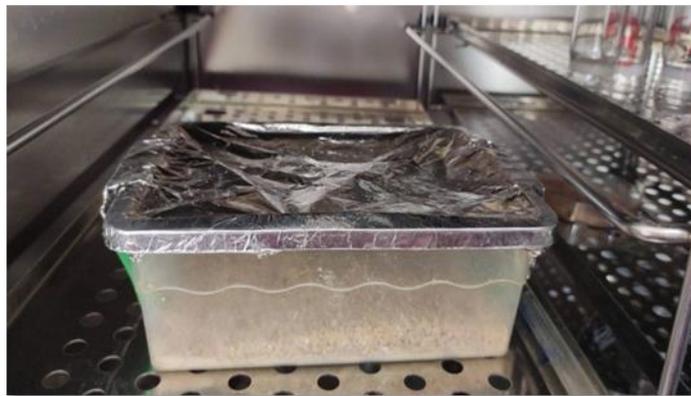


Figure n°11. – Elevage en masse de *Tribolium castaneum* (Original 2021)

2.3.- Le matériel végétal ‘la Menthe’

2.3.1.- Récolte et séchage de la Menthe

Les extraits étudiés ont été obtenus à partir de la partie aérienne (feuille) de plante de la famille de Labiées (Labiacées): parmi toutes les labiées, nous avons choisi la menthe à feuilles rondes *M. rotundifolia* L. récolté de la région de Meftah.

Le matière végétale a été ensuite étalée sur du papier aluminium, puis séchée à l’air ambiant durant 15 jours.

Les échantillons séchés ont été enfin broyés dans un broyeur à lame de cuisine puis mis dans des bocaux hermétiques et conservés à sec (température ambiante) et à l'abri de l'humidité (Fig. 12).



Figure n°12. – Le matériel végétal (Original 2021).

2.3.2.- Effet de poudre des feuilles sur les adultes de *Tribolium castaneum*

La poudre obtenue à partir de parties aérienne (feuille) de *Mentha rotundifolia* ont été mélangées chacune à des doses 7, 15g pour 100g de semoule (blé dur) dans des boîtes de Pétrie (Fig. 13). Le témoin contient 100g de semoule seulement, pour chaque dose, deux répétitions ont été réalisées.

Un lot de 10 insectes adultes ont été introduits séparément dans chaque boîte de Pétrie.

Les comptages des insectes morts sont effectués après 24 heures de contact jusqu'à le 6^{ème} jour.



Figure n°13. – Grains du blé traités par la poudre des feuilles (Original 2021).

2.4.- Application de traitement

Dans le présent travail quatre boîtes sont préparées pour les adultes et quatre boîtes pour le témoin.

- On dépose 10 insectes de *Tribolium castaneum* à l'aide d'une pince dans des boîtes de Pétrie qui contiennent le blé dur traité par la poudre avec des différentes doses (P1=7g ; P2=15g)
- On prend les boîtes de Pétrie pour observation de la survie des adultes de *T. castaneum* pendant les temps suivants 6 jours.

2.5.- Différentes étapes de préparation de l'extrait méthanolique

2.5.1.- Macération

Extraction par macération à partir des feuilles de *Mentha rotundifolia*. La macération est une opération qui consiste à laisser la poudre du matériel végétal en contact prolongé avec un solvant pour en extraire les principes actifs. C'est une extraction qui se fait à température ambiante (Lagnika, 2005).

Une prise d'essai de 5g de la matière végétale (la poudre fine des feuilles de *Mentha rotundifolia*) a été mise à macérer dans 70 ml de méthanol pendant 48h à température ambiante.

2.5.2.- Filtration

Opération consistant à séparer à l'aide d'un filtre une phase liquide (l'extrait méthanolique) et une phase solide (la poudre) initialement mélangées. Passage d'un liquide à travers un corps quelconque poreux et perméable. Nous répétons le processus deux fois.

2.5.3.- Evaporation

Après filtration du mélange, l'extrait a été évaporé grâce à un évaporateur rotatif (Fig. 14) pour obtenir un extrait sec.

Le principe du rota vapeur est basé sur la distillation du macérât sous vide. Le mode d'emploi de cet appareil est le suivant (Rihane et Benlahreche, 2013) :

- Placer le macérât à évaporer dans le ballon d'évaporation ;
- Allumer le bain-marie et choisir sa température de fonctionnement ;
- Mettre ensuite le ballon d'évaporation sous rotation ;
- Plonger le ballon d'évaporation contenant le macérât à évaporer dans le bain marie d'eau chaude ;
- Arrêter la rotation et remonter le ballon ;

- Retirer le ballon du montage et arrêter le chauffage ;
- Vider les ballons de récupération ;

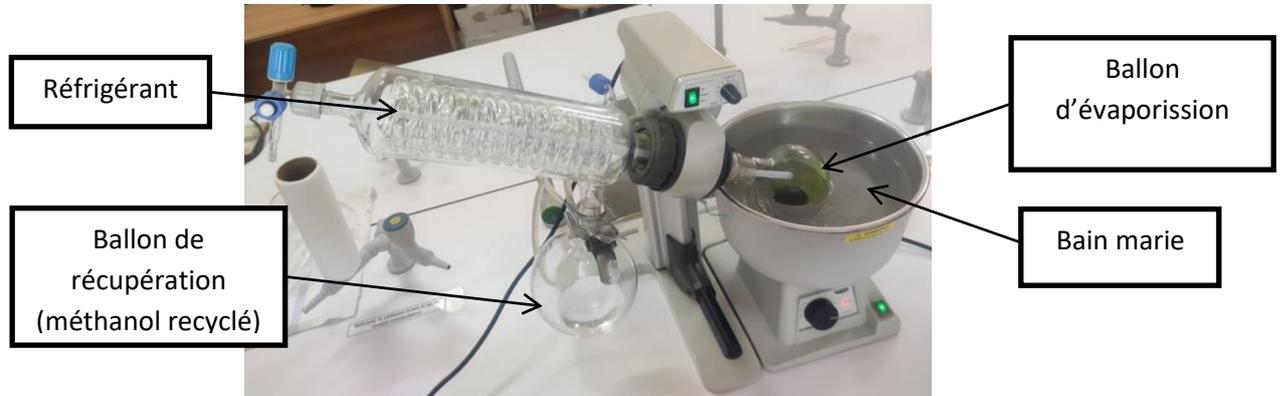


Figure n°14. – Evaporation de solvant (Original).

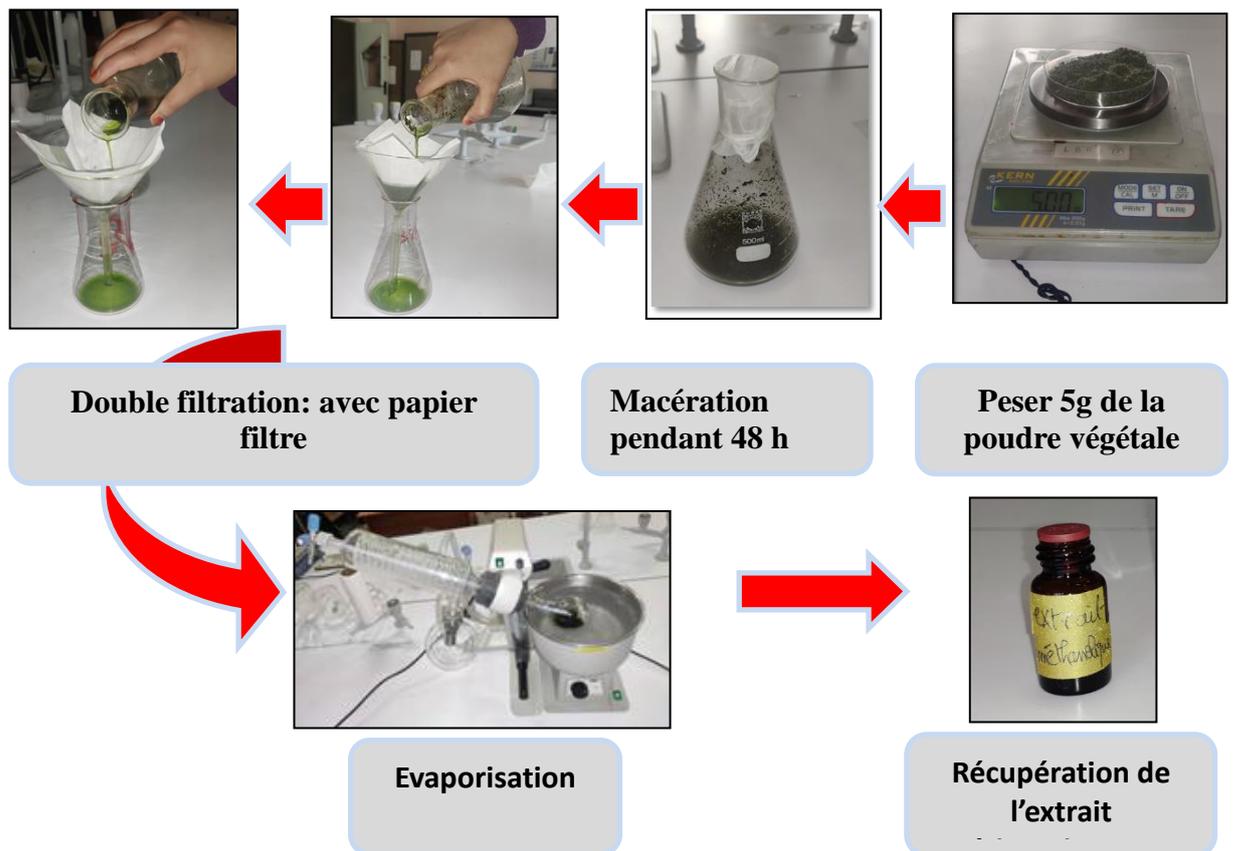


Figure n°15. – Différentes étapes de la préparation de l'extrait méthanolique

2.5.5.- Conservation de l'extrait méthanolique de la Menthe

L'extrait méthanolique est conservé dans un flacon en verre brun fermé hermétiquement pour le préserver de l'air et de la lumière (Fig. 16).



Figure n°16. – L'extrait méthanolique de la Menthe *Mentha rotundifolia* (Original 2021).

2.5.6.- Préparation de la dose de traitement

2.5.6.1.- Activité répulsive

Le caractère répulsif a été testé selon McDonald *et al.* (1970).

-. On pèse 40 mg de l'extrait méthanolique sec (pâteux) à l'aide d'une balance électronique et le mettre dans une boîte de Pétrie (Fig. 17, 18 et 19). Puis nous mesurons 98 ml de l'eau distillée et on ajoute 2 ml de méthanol, puis on prend 2ml de ce mélange et le mettre dans cette dernier, puis bien remuer. Ensuite, il est mis dans un tube et on laisse refroidir dans un réfrigérateur à température 4° C.

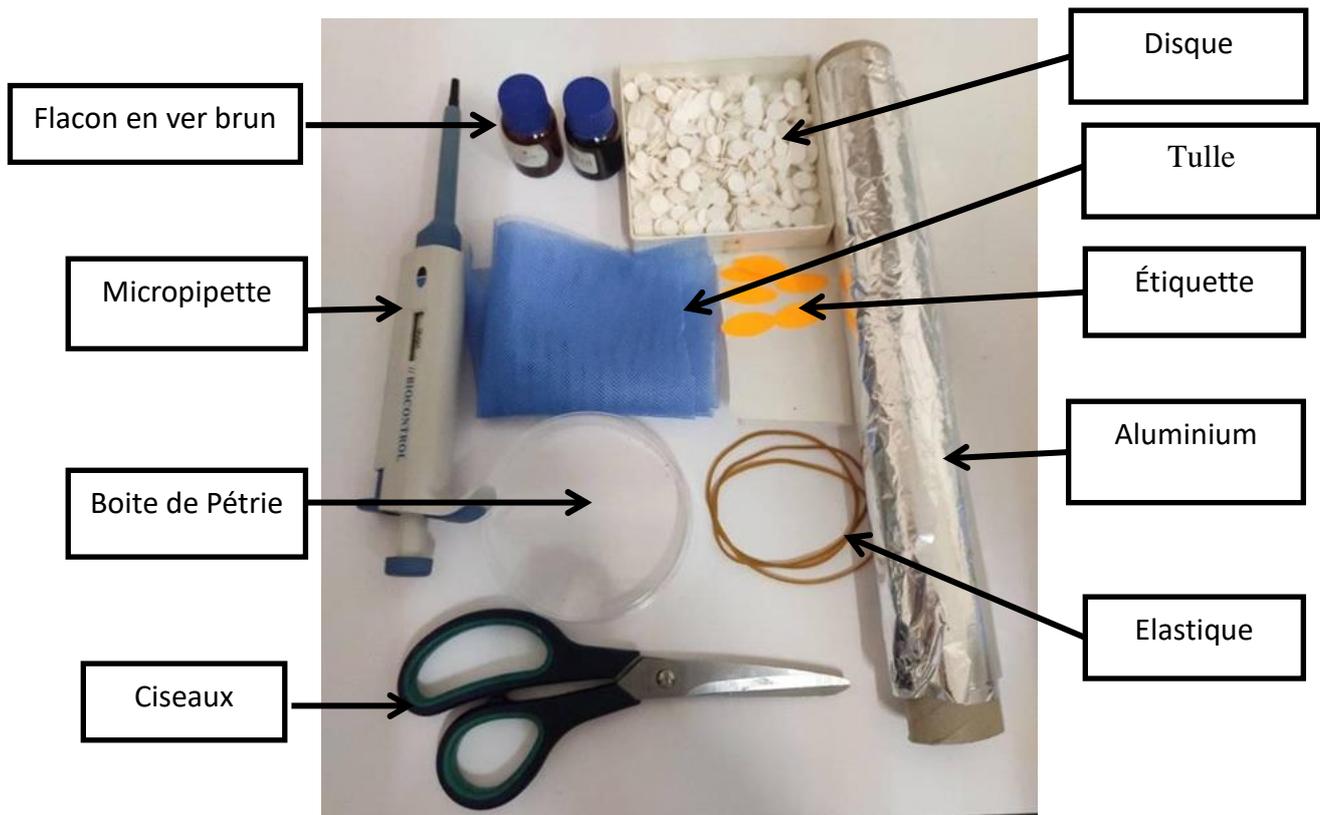


Figure n°17. – Matériel utilisé pour les traitements insecticides (Originale 2021)

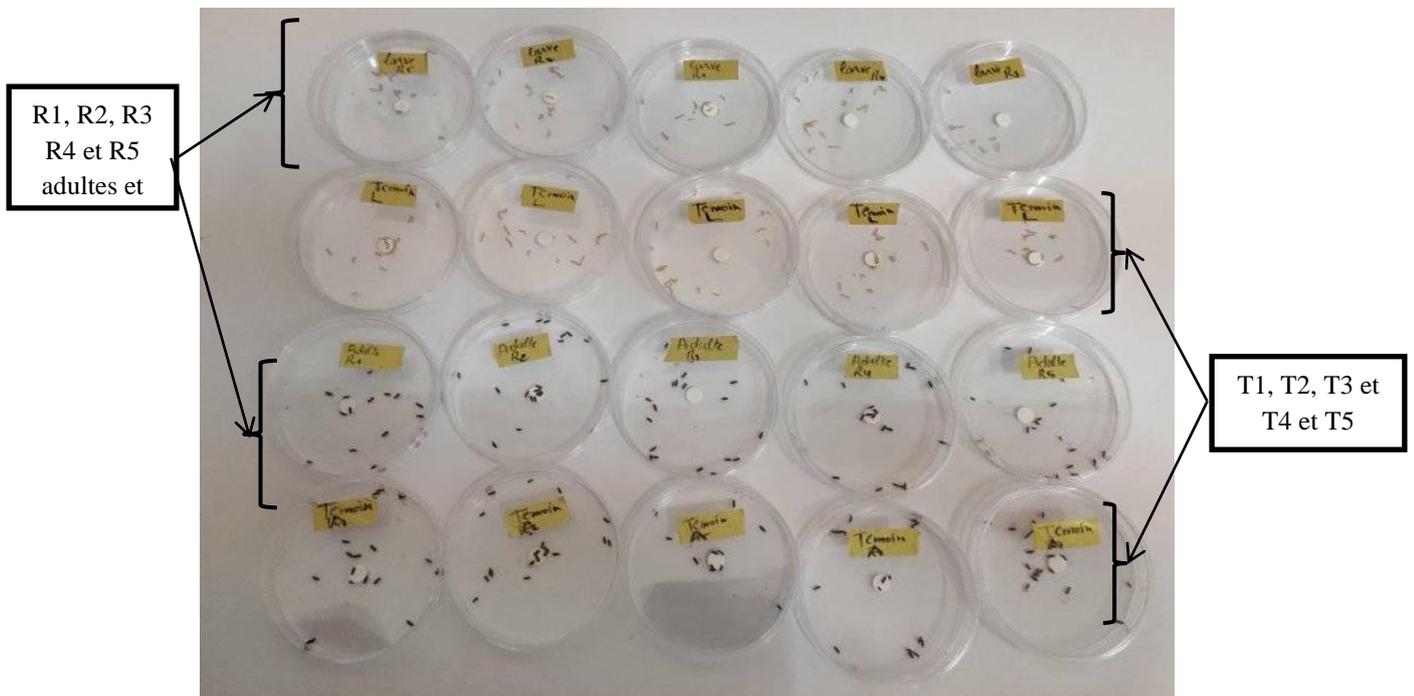


Figure n°18. – Dispositif expérimentale d'un traitement par inhalation (Originale 2021)

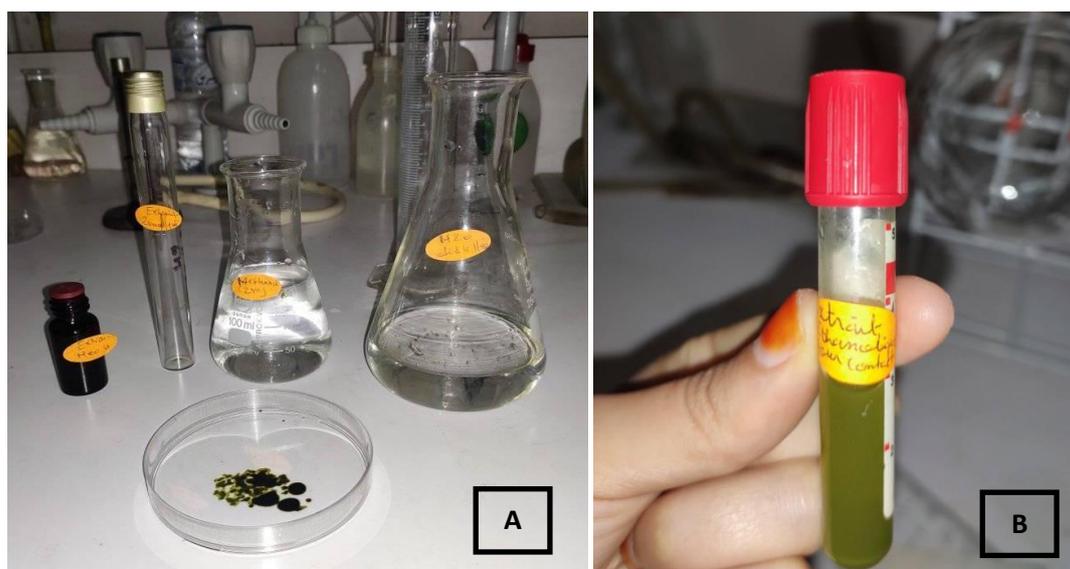


Figure n°19. – (A) Les solutions utilisées pour les traitements insecticides
(B) Extrait méthanolique diluée (Originale 2021)

2.5.7.- Application de traitement de l'EM sur les larves et les adultes

Dans la présente étude, cinq boîtes sont préparés pour les larves, les adultes et cinq boîtes pour le témoin (pour les deux).

On dépose nos échantillons "*Tribolium castaneum*" (adultes et larves) dans des boîtes de Pétrie à l'aide d'une pince et on ajoute 2g de blé (Fig. 18). Puis on met les disques au milieu, ensuite on ajoute 200 µl de l'extrait méthanolique et 200 µl de méthanol à 2% sur les témoins. On laisse les boîtes de pétrie sur la paille et on observe la survie des adultes et des larves de *T. castaneum* pendant les temps suivants : 15 min, 30 min, 60 min, et 120 min.

Le nombre des *T. castaneum* traité dans chaque boîte de Pétrie sont présentés dans le tableau ce dessous :

Tableau 1. - Le nombre des adultes et larves de *T. castaneum* traité dans chaque boîtes de pétrie

Temps	Adulte	Larve	Témoin « L »	Témoin «A »
15 min	20 insectes	20 insectes	20 insectes	20 insectes
30 min	20 insectes	20 insectes	20 insectes	20 insectes
60 min	20 insectes	20 insectes	20 insectes	20 insectes
120 min	20 insectes	20 insectes	20 insectes	20 insectes



Figure n°20. – Application de l'extrait méthanolique à l'aide d'une micropipette (Originale 2021)

2.6.- Méthode de calcul x 100

2.6.1.- Calcul du rendement de l'extrait méthanolique

Le rendement est défini comme étant le rapport de la masse d'extrait méthanolique obtenue sur la masse de matière végétale.

$$R(\%) = \frac{m_{EM} \times 100}{m_{MV}}$$

- R : le rendement en extrait méthanolique.: la masse de l'extrait méthanolique (g).
- m_{EM} : la masse de l'extrait méthanolique (g).
- m_{MV} : la masse de la matière végétale utilisée (g).

2.6.2.- Estimation de la mortalité et calcul de TL50 et TL90

Détermination des temps létaux (TL₅₀ et TL₉₀) selon la méthode d'Abott.

Pour chaque extrait méthanolique, le pourcentage moyen de mortalité est calculé ensuite corrigé par la formule d'Abbott (1925) :

$$MC\% = (M - Mt / 100 - Mt) \times 100$$

- MC (%) : Pourcentage de mortalité corrigée.
- M (%) : Pourcentage de morts dans la population traitée.
- Mt (%) : pourcentage de morts dans la population témoin

Pour calculer les TL50 et TL90, nous avons transformé les temps en logarithmes décimaux et les valeurs de pourcentages de mortalité en probit en se servant de la table de Bliss in Cavelier (1976). Ces transformations nous permettent à l'aide d'un logiciel EXCEL d'obtenir des équations de droites de régression de type :

$$Y = ax + b$$

Y : probit de mortalités corrigées.

x : logarithme de la dose ou du temps.

a : la pente.

b : valeur constante.

CHAPITRE 3 :

Résultat et Discussion

3.1.- Résultats des traitements d'extrait méthanolique de *Mentha roduntifolia* appliqués Sur le Coléoptère rouge de la farine *Tribolium castaneum*

3.1.1.- Calcul du rendement en extrait méthanolique de *Mentha roduntifolia*

Le rendement en l'extrait méthanolique est défini comme étant le rapport entre la masse d'extrait méthanolique (m1) obtenu et la masse sèche du matériel végétale utilisé (m2).

Il calculé par la formule suivante :

$$R (\%) = m1/m2 \times 100$$

$$R = 1,6/5g \times 100$$

$$R = 32\%$$

Le rendement pour 5g de plante fraîche égale à 32 %.

3.1.2.- Calcul des mortalités des adultes et larves de *T. castaneum*

Les traitements des adultes et des larves de *T. castaneum* à l'aide d'extrait méthanolique de *Mentha rutondifolia* durant les différents temps d'observation 15min, 30min, 60min et 120 min ont donné des mortalités qui varient selon les temps.

Les différentes valeurs de mortalités sont présentées dans le tableau 3.

Tableau n°2 : Les mortalités observé des adultes de *T. castaneum* en fonction de temps.

Temps	Les adultes à D = 200 µl				
15 min	11	9	15	8	9
30 min	4	1	4	6	1
60 min	1	1	1	0	1
120 min	0	0	0	0	0

Les résultats obtenus à partir de Tableau n°3 montrent que le maximum de mortalité 15 observé à 15 min et 6 à 30min. Elle diminue par la suite à 1 et 0 en T3 et T4 respectivement.

Tableau n°3 : Les mortalités observé des larves de *T.castaneum* en fonction de temps.

Temps	Les larves à D= 200 µl				
15	13	11	9	6	7
30	3	3	2	2	2
60	1	1	1	1	1
120	0	0	0	0	0

Les résultats obtenus à partir de Tableau n°4 montrent que le maximum de mortalité 13 observé à 15 min et 3 à 30min. Elle diminue par la suite à 1 et 0 en T3 et T4 respectivement.

3.1.2.1.- Traitement sur les adultes

Les individus adultes de *T. castaneum* sont placés dans des boites de pétries contenant chacune 2g de blé. Ensuite on dépose 200 µl de l'extrait méthanolique et 200 µl de méthanol à 2% sur les témoins. Les comptages des insectes morts sont effectuées après 15 min de contacte jusqu'à 120min.

Nous présentons dans le tableau 5, le résultat des différentes valeurs obtenus des traitements sur les adultes de *T. castaneum*.

Tableau n°4 : Moyennes de mortalité corrigée en % des adultes de *T. Castaneum* traités par inhalation avec l'extrait méthanolique de *Mentha rutondifolia*

Temps	Témoin	Adultes
T 1 = 15min	0	11,75
T2 = 30min	0	21
T3 = 60min	0	24
T4 = 120min	0	25

Au vu des résultats du tableau 5, il est noté que le taux de mortalités de *T.castaneum* varie selon le temps d'exposition. Aucune mortalité n'est notée au niveau du lot témoin par rapport à celles notées pour les lots traitements.

Les résultats des mortalités moyennes obtenues varient de 11,75 à 25 % (Tab. 5 ; Fig. 21). Elles ont commencé à apparaître dès le premier temps soit 15min après traitement d'extrait méthanolique avec une mortalité moyenne de 11,75% en temps T15min et 21% en T2. Elle augmente par la suite à 24 en T3. Enfin, les taux de mortalités évoluent à 25 % en 120 min.

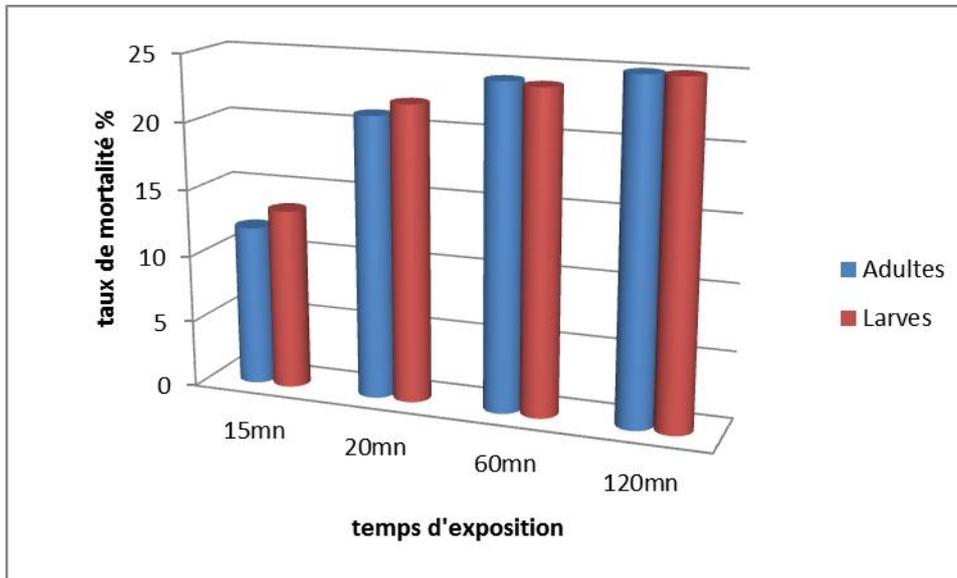


Figure n°21.- Moyennes des mortalités en % des adultes et larves de *Tribolium castaneum* traités par inhalation par l'extrait méthanolique des feuilles de *Mentha rotundifolia*

3.1.2.2.- Traitement sur les larves

Les individus larves de *T. castaneum* sont placés dans des boites de pétries contenant chacune 2g de blé. Ensuite on dépose 200 µl de l'extrait méthanolique et 200 µl de méthanol à 2% sur les témoins. Les comptages des insectes morts sont effectuées après 15 min de contacte jusqu'à 120min.

Les valeurs obtenus concernant les traitements appliqués sur les larves de *T. castaneum* sont placés dans le tableau 6.

Tableau n°5 : Moyennes de mortalités corrigées en % des adultes de *T. Castaneum* traités par inhalation avec l'extrait méthanolique de *Mentha rotundifolia*

Temps	Témoin	Larves
T 1= 15min	0	13,5
T2= 30min	0	22
T3= 60min	0	23,75
T4= 120min	0	25

Les résultats des mortalités moyennes obtenues varient de 13,5% à 25% (Tab. 6 ; Fig. 21). Elles ont commencé à apparaître dès le premier temps soit 15min après traitement avec les l'extrait méthanolique avec une mortalité moyenne de 13,5% en temps1 et 22% en T2 et elle augmente à 23,75 en T3. Enfin 25 % en 120 min.

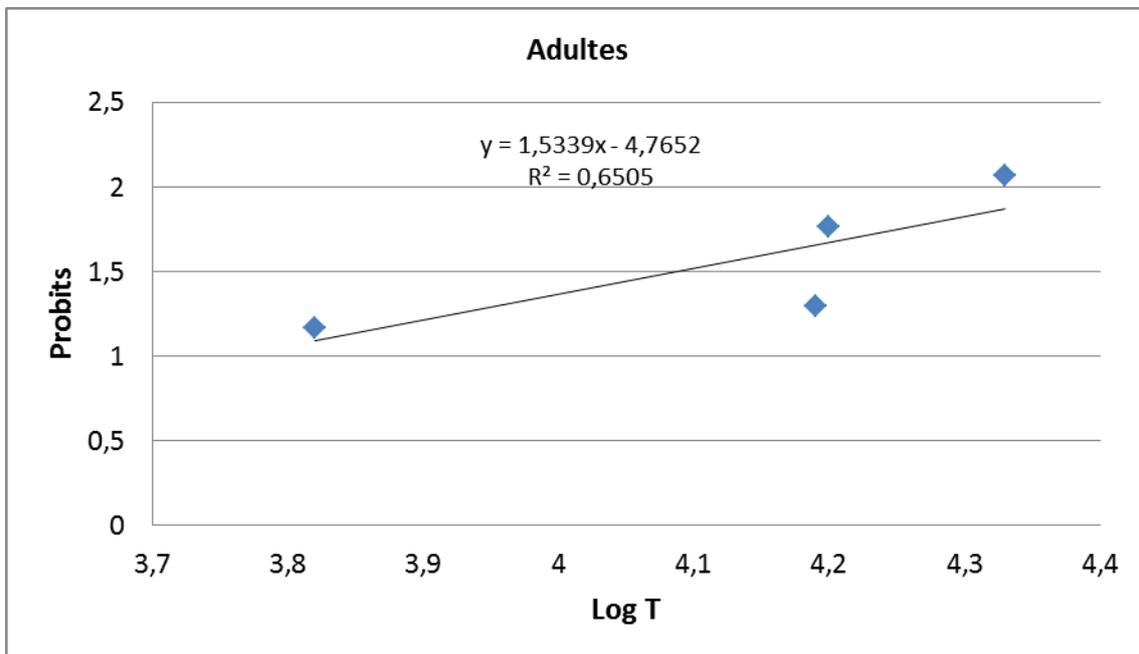


Figure n° 22 - Droites de régression des Probit en fonction des Log Temps la D=200 µl chez les adultes

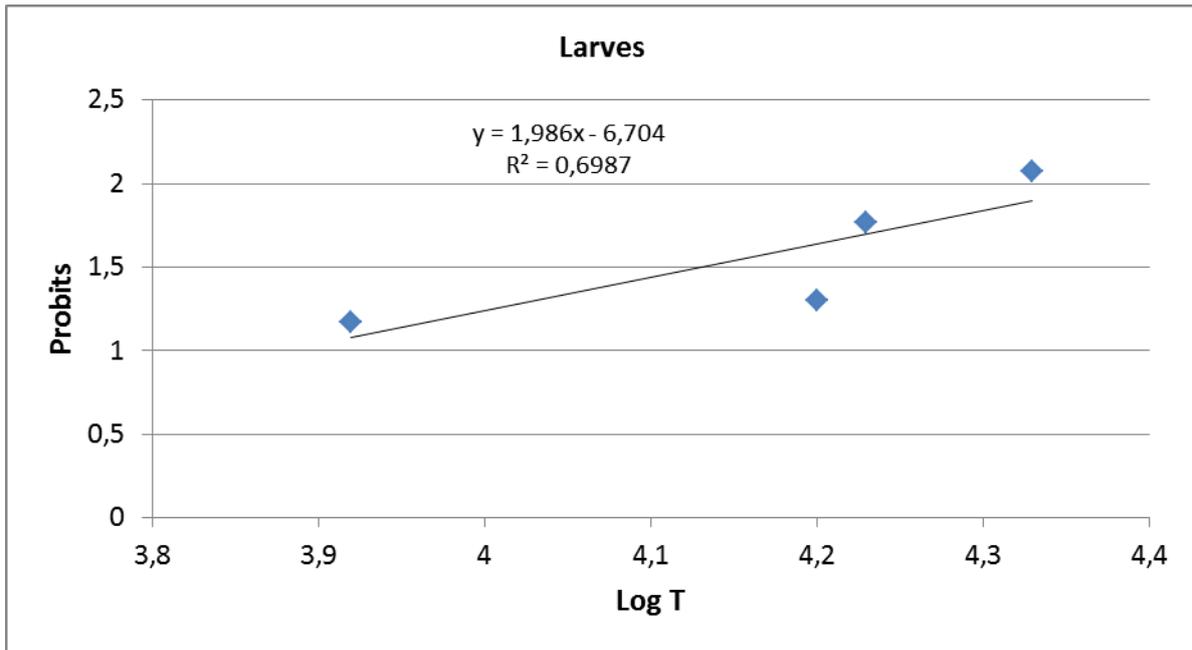


Figure n°23 - Droites de régression des Probit en fonction des Log Temps la D = 200 µl chez les larves et les adultes

3.1.2.3.- Calcul de la TL50 et la TL90

Pour estimer 50% et 90% de mortalité, il a été procédé à la transformation des pourcentages des mortalités corrigées en probits, et à la transformation en logarithme décimale des temps d'exposition: Ces transformations nous permettent d'établir des équations des droites de régression de log de temps en fonction des probits (Fig. 22et 23).Les TL50 et TL90 sont calculées directement à partir des droites de régressions.

a.- TL50 et TL90 pour les adultes

Les résultats obtenus sont placés dans les tableaux 7, 8, et 9.

Tableau n°6 - Transformation des temps en log temps et les moyennes de mortalité en probit pour les adultes.

D = 200 µl pour les adultes			
Temps	Log de temps	Moyenne de mortalité	Probit
T1=15min	1,17	11,75	3,82
T2=30min	1,3	21	4,19
T3=60min	1,77	24	4,20
T4=120min	2,07	25	4,33

Tableau n°7 - Transformation des temps en log temps et les moyennes de mortalité en probit pour les larves.

D = 200 µl pour les larves			
Temps	Log de temps	Moyenne de mortalité	Probit
T1=15min	1,17	13,5	3,92
T2=30min	1,3	22	4,23
T3=60min	1,77	23,75	4,20
T4=120min	2,07	25	4,33

Tableau n°8 - Différentes équations issues des droites de régressions pour les adultes et les larves de *Tribolium castaneum*.

Les individus	Droite de régressions	TL50 (min)	TL90 (min)
Adulte	$y = 1,5339x - 4,7652$	0,8	0,95
Larve	$y = 1,986x - 6,704$	0,77	0,89

Pour tuer 50% de la population de *Tribolium castaneum* traitée par l'extrait méthanolique de *M. rotundifolia*, le temps léthal est 0,8 minutes pour les adultes et 0,77 minutes pour les larves. Et pour tuer 90% de cette population il faut 0,95 min pour l'adulte et 0,89 min pour les larves.

3.3.- Discussion

En raison des pertes importantes qu'engendrent les insectes nuisibles au niveau des denrées stockées, ainsi en raison des problèmes environnementaux et de santé, en relation avec l'utilisation des pesticides synthétiques qui sont alarmants, l'application des extraits végétaux constitue notre préoccupation scientifique majeure.

Plusieurs études récentes ont indiqué la possibilité d'utiliser des huiles végétales aromatiques comme substitut aux pesticides chimiques fabriqués pour lutter contre de nombreux ravageurs.

Dans notre travail, nous avons eu l'occasion de tester l'effet insecticide d'extraits de *Mentha rotundifolia* telle que la poudre et l'extrait méthanolique sur le Coléoptère rouge de la farine *Tribolium castaneum*.

L'effet de poudre et l'extrait méthanolique de *Mentha rotundifolia* récolter de la région de Meftah sur les ravageurs du blé stocké montre une activité insecticide et un taux de mortalité faible non marquée à l'aide du traitement par contact sur les larves et adultes de *Tribolium castaneum*.

Comme il y'a peu de travaux effectués sur cette espèce de *Mentha rotundifolia*, on s'est contenté de comparer nos résultats avec d'autres espèces de poudre de *P. harmala* et de *Melia azedarach* sur *Tribolium castaneum* (Bounechada et Arab, 2011).

Pour *P. harmala* a donné un bon résultat pour sa toxicité sur les individus de *Tribolium castaneum*. Cette efficacité est confirmée par la mortalité des adultes de ce ravageur. La mortalité totale des individus (100%) est attribuée à la dose 30% pour les adultes.

Et pour *Melia azedarach*, le temps léthal 50 (TL 50) le plus court est enregistré après 4,3 jours de traitement chez les adultes ; avec la dose de 30 %. La mortalité la plus élevée est observée chez les individus dont la concentration de 30 % quel que soit la durée de traitement (Bounechada et Arab, 2011). Selon Lougraimzi *et al.*, (2018), les expériences réalisées pour *Tribolium castaneum* traité par la poudres de *Mentha pulegium* ont atteint une mortalité d'environ 57,69 % (à la dose de 5 %) , après 6 jours d'exposition. Le contrôle positif était plus efficace contre les adultes à 100% de mortalité enregistrée en 2 jours.

Concernant les résultats obtenus pour les extraits des parties aériennes de *Mentha rotundifolia* montre que le rendement EM obtenu par macération à partir de 5g des feuilles séchés, est de 32 %. Cependant, nos résultats ont montré des valeurs inférieures à celles trouvées par Tsibranska *et al.* (2016). En effet, au stade de la floraison, le rendement de l'extrait

méthanolique de *M. pulegium*, récolté en Turquie, a atteint 22,85%. Et Selon Salem *et al.* (2018), le rendement d'extraction varié significativement en fonction du stade de développement de *M. pulegium*. En effet, le rendement atteint au stade ST2 (19,34%) suivait de stade ST1 (14,23%), alors que l'étape ST3 a montré le rendement d'extraction le plus faible avec une valeur de 11, 11% en Tunisie.

La différence de rendement peut être due aux variations saisonnières et régionales. L'impact d'autres facteurs sur le rendement d'extraction pourrait être rapporté dans de nombreuses autres études telles que le type de solvant utilisé et son coefficient de diffusion, la taille des particules et la méthode d'extraction (Salem *et al.*, 2018), aussi l'organe utilisé dans l'extraction, les condition de séchage le contenu de chaque espèce en métabolite (Zbadi *et al.*, 2018). Ainsi le climat (rythme des pluies, écarte de températures et nature de vents (Beniston *et al.*, 1984).

Les mortalités moyennes des adultes provoquées par EM des feuilles varient en fonction du temps. Elles ont commencé à apparaitre dès le premier temps d'observation (15min) soit 11,75, puis elles augmentent pour atteindre 25% durant 120 min. Pour la même espèce un autre travail d'effet insecticide effectué à l'aide des feuilles *S. elaeagnifolium*. Un effet répulsif significatif a également été noté pour l'extrait de feuille atteignant 33,57 % après 2 heures d'exposition (Hamouda *et al.*, 2015).

Chez les larves, les mortalités ont commencé à apparaitre dès le premier temps d'observation (15min) après traitement à D= 200 μ l avec la valeur 13,5, pour évoluer durant 120min d'observation pour atteindre 25%. Cet effet était plus important contre les larves de *T. castaneum* chez les feuilles des *S. elaeagnifolium* pour atteindre 84,15 (Hamouda *et al.*, 2015). L'efficacité des extrait méthanolique et de poudre par contact donne des résultats assez faibles comparativement aux autres traitements car le taux ne dépasse pas 25% ces résultats possible due à ces paramètres l'origine géographique, les facteurs écologiques notamment climatiques (la température et l'humidité), la plante végétal elle-même, On peut dire que l'observation des larves et adultes de *Tribolium castaneum* au fil des jours permet une augmentation du nombre de mortalité. L'intensité de l'impact d'EM et la poudre varié selon l'augmentation des doses, le temps d'exposition, de la nature de l'essence et du stade du développement de la plante.

Conclusion
Et perspective

Conclusion

L'apparition des insectes résistants aux traitements chimiques à base d'insecticide de synthèse pousse à la recherche d'alternatives plus efficaces et plus sûres. Dans ce cadre, ce travail a été consacré à l'activité insecticide de l'extrait méthanolique et la poudre de *M. rotundifolia* récoltée dans la région du Meftah sur les adultes et les larves de *T. castaneum*. Car ces extraits n'interfèrent pas avec l'équilibre naturel des organismes et elles préserver l'environnement ainsi que la santé humaine et animale et sont peu coûteux.

Dans ce travail, nous avons essayé d'étudier l'activité insecticide de l'extrait méthanolique des feuilles de *M. rotundifolia* par contacte sur les larves et les adultes de *Tribolium castaneum* dans les conditions du laboratoire en calculant les taux de mortalité en fonction du temps, les TL50 et les TL90.

Le rendement en extrait méthanolique des feuilles de *M. rotundifolia* extrait par la méthode d'évaporation obtenu est de 15,625 %.

L'extrait méthanolique de la plante étudiée s'est montré une faible toxicité vis-à-vis des adultes et des larves de *Tribolium castaneum*.

Les résultats de mortalité liés au traitement à la dose de 200µl, montrent que les mortalités des A et L étaient en fonction du temps d'exposition. Les Temps T3 et T4 sont notées comme les meilleures temps en donnant des mortalités de 24 et 25% respectivement.

Les temps létaux les plus courts pour tuer 50-90% de la population des adultes du *T. castaneum* est de :

TL50 = **0,8** min obtenus par la dose D=200ul.

TL90= **0,95** min obtenus par la dose D=200ul.

On conclue que les mortalités des larves et les adultes de *Tribolium castaneum* varient en fonction du temps d'exposition.

Dans notre étude, nous avons effectué une expérience sur les parasites de blé *Tribolium castaneum* par l'utilisation de la poudre et l'extrait méthanolique, d'autant plus que toutes les recherches sur cette plante parlent d'extraction d'huiles essentielles, pour cela nous proposons de poursuivre les efforts de recherche de cette espèce végétale, afin de généraliser l'étude sur les différentes organes de *M. rotundifolia* (graine, racines, fleurs et tiges) en plus la date de récolte, la région et les types d'extraction finalement il faut augmenté la dose et le temps de traitement.

**Références
bibliographiques**

Références bibliographiques :

- ABBOTT M.S. (1925).** – A method of computing effectiveness of an insecticide. *Econ. Entomol* , Vol . 18: 265- 267.
- AITKEN, A.D. (1975).** Insect Travellers, Volume I Coleoptera, Technical Bulletin 31. Her Majesty's Stationery Office, London. Garcia M, Donael OJ, Ardanaz CE, Tonn CE, Sosa ME. 2005. Toxic and repellent effects of *Baccharis salicifolia* essential oil on *Tribolium castaneum*. *Pest Manag Sci* 61: 612 – 618.
- AL-BAYATI, F.A. (2009).** Isolation and identification of antimicrobial compound from *Mentha longifolia* L. leaves grown wild in Iraq. *Ann. Clin. Microbiol. Antimicrob.* 8, 20.
- ANNIS P. C. (1987).**- Towards rational controlled atmosphere dosage schedules: a review of current knowledge. pp. 128 - 148. In: *Proceedings of the fourth international working conference on stored-product protection* (DONAHAYE E., NAVARRO S., Eds), Tel Aviv, Israel, 21-26 September 1986, Caspit Press, Jerusalem, Israel .
- APPERT J.(1972).**- Catalogue des insectes nuisibles aux cultures malgaches. /RAM, Tananarive, 348, 125 p.
- ARBOGAST R T. (1991).** Beetles : Coleoptera ', in: J R Gorham (ed), *Ecology and Management of Food-Industry Pests* . Arlington, VI : Association of Official Analytical Chemists ,pp. 131 – 176.
- BATISH D. R., SING P. H., KOHLI K. R., KAUR S .(2008).**- Eucalyptus essential oil as a natural pesticide.- *Forest Ecology and Management*, 256: 2166-2174.
- BENISTON N.T ET BENISTON W.S. (1984).**– fleurs D'Algérie. Entreprise Nationale du livre Alger, Algérie, 359 p.
- BENNETT SM. (2003).** Life cycle *Tribolium confusum* (confused flour beetle) and *Tribolium castaneum* (rust-red flour beetle). The University of Texas at Austin, Austin, TX. <https://web.ma.utexas.edu/users/davis/375/LECTURES/L2/Tribolium.pdf>
- BEZANGER-BEAUQUESNE AND PINKAS. (1980).** L. Bezanger-Beauquesne, M. Pinkas *Plantes Médicinales des Régions Tempérées*, ED Maloire, Paris (1980) [Google Scholar](#).
- BHARGAVA, M.C. AND KUMAWAT, K.C.(2010).** *Insect pests of stored grains and grain product pests of stored grains and their management* New Delhi: New India Publishing Agency, pp. 29-70.

- BOUNIHI A. (2016).** Criblage phytochimique, Étude Toxicologique et Valorisation Pharmacologique de *Melissa officinalis* et de *Mentha rotundifolia* (Lamiacées). THÈSE DE DOCTORAT NATIONAL des Sciences de la Vie et de la Santé FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE, RABAT. 199P.
- BOUNECHADA M ET ARAB R. (2011).** Effet insecticide des plantes *Melia azedarach* L. et *Peganum harmala* L. sur *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera : Tenebrionidae). 6pp.
- BOUSQUET, Y. (1990).** Beetles associated with stored products in Canada: An identification guide. Agric. Can. Publ. 1837. 224 pp.
- BOUTENNOUNE, H. M. KEBIECHE, N. ADJEROUD, K. AL-QAOU, K. MADANI. (2017).** Anti-inflammatory, analgesic and antioxidant effects of phenolic compound from Algerian *Mentha rotundifolia* L. leaves on experimental animals, South African Journal of Botany, Volume 113, Pages 77-83, ISSN 0254-6299, <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.07.003>.
- BRENIERE J. ; DUBOIS J.(1965).** - Catalogue des insectes nuisibles aux cultures malgaches. /RAM, Tananari ve, 43, 168 p.
- BROWN A. W. A. (1951).** *Insect Control by Chemicals*. John Wiley, New York.
- BUCHER G. (2017).** *Tribolium*, In Reference Module in Life Sciences, Elsevier, ISBN: 978-0-12 809633-8. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.01216-4>.
- CAMARA A. (2009).**- Lutte contre *Sitophilus oryzae* et *Tribolium castaneum* dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en Basse Guinée et l'utilisation des huiles essentielles végétales. Thèse de doctorat , Université de Québec , Montréal ,154p.
- CAMPBELL, J.F., MULLEN, M.A. and DOWDY, A.K.(2002).** Monitoring stored-product pests in food processing plants with pheromone trapping, contour mapping, and marker capture. *Journal of Economic Entomology*, vol. 95, no. 5, pp. 1089-1101. <http://dx.doi.org/10.1093/jee/95.5.1089PMid:12403439>.
- CAMPBELL JF, RUNNION C. (2003).** Patch exploitation by female red flour beetles, *Tribolium castaneum*. *J. Insect. Sci.* 3: 1-8. COLÉOPTÈRES DÉPRÉDATEURS DU COTONNIER EN AFRIQUE ET À MADAGASCAR.
- CAVELIER A. (1976).** Phytopharmacie. Cours poly. T.1. Inst.Nat.Agro, El-Harrach,514p.
- CHEHAT F. (2007).** Analyse macroéconomique des filières, la filière blés en Algérie. Projet PAMLIM « Perspectives agricoles et agroalimentaires Maghrébines Libéralisation et Mondialisation » Alger : 7-9 avril 2007.

- COUILLOUD, R. (1993).** *COLÉOPTÈRES DÉPRÉDATEURS DU COTONNIER.*
 paris, Franc : 92p.
- DEBACH, P. & ROSE, M. (1977).** Environmental upsets caused by chemical eradication. *Calif. Agric.*, 31: 8-10.
- DEBACH, P. & ROSEN, D. (1991).** *Biological control by natural enemies.* Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- DELATTRE R. (1958).** - Les parasites du cotonnier à Madagascar. *Coton Fibres Trop.* , 13, 3, 335-352, 17planches.
- DELOBEL A ET TRAN M. (1993).** – Les coléoptères des denrées alimentaire entreposées dans les régions chaudes. ORSTOMICTA, Paris : 425 P.
- DJERMOUN A. (2009).** -La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. *Revue. Nature et technologie.* N°1. pp45-53.
- EBELING W.(1964).** Permeability of insect cuticle. In *The Physiology of Insecta* (Ed. by ROCKSTEINM) 3, 507-556. Academic Press, New York.
- EL RHAFFARI LHOSSAINE.(2008).** *Catalogue des plantes potentielles pour la conception de tisanes.* Financé par Bioersivity IFAD. Italie.
- FLAMINI, G., CIONI, P.L., PULEIO, R., MORELLI, I., PANIZZI, L.(1999).**
 Antimicrobial activity of the essential oil of *Calamintha nepeta* and its constituent pulegone against bacteria and fungi. *Phytother. Res.* 13, 349–351.
- FONTQUER P. (1980).** In *Plants Medicinales : El Dioscorides Renovado*, Ed : Labor, Barcelona ; 644-651.
- FOSCHI S. (1989).** Pesticide residues in food. *Difesa delle Plante* 12, 41-64.
- GARCIA M, DONAEL OJ, ARDANAZ CE, TONN CE, SOSA ME. (2005).** Toxic and repellent effects of *Baccharis salicifolia* essential oil on *Tribolium castaneum*. *Pest Manag Sci* 61:612 - 618.
- EORGHIU. G. P. ET MELLON C. (1983).** Pest resistance in time and space. p. 1-41 dans Georghiou. G. P & T, Saito (Edts). *Pest resistance to insecticides*, 1983. New York, 809 p.
- GERSON, U. & COHEN, E. (1989).** Resurgence of spider mites (Acari: Tetranychidae) induced by synthetic pyrethroids. *Exp. Appl. Acarol.*, 6: 29-46.
- GOOD N.E. (1936).** ‘ The flour beetles of the genus *Tribolium*’, *USDA Tech Bull*, 498, 1–57.
- GRETE P.(1965).** Précis de botanique, Systématique des angiospermes Tome II ; 2^{ème}
 Edition révisée, Faculté de Pharmacie de Paris, Masson, 429 p.
- HAMOUDA A.B., IKBAL C., K. ZARRAD, A. LAARIF. (2015).** INSECTICIDAL

ACTIVITY OF METHANOLIC EXTRACT OF SILVERLEAF NIGHTSHADE AGAINST *TRIBOLIUM CASTANEUM*. Journal of Entomological research ,03 (01). 23-28.

HARGREA VES H. (1948).- Li stof recorded cotton insects in the world. *Common wealth Instilure of Entomology, London, Harrison and Sons, Ltd.*, 50 p.

HASSANT. M. SILEEMR. S. HASSAN. (2020). Verification of atmospheric plasma irradiation as an alternative control method for *Tribolium castaneum* (Herbst) ,80(3).
• <https://doi.org/10.1590/1519-6984.222662>.

HENDRIKS H.,VAN OS FHL. (1976). Essential Oils of two chemotypes of *M. suaveolens* during ontogenesis. *Phytochemistry* 15, p. 1127–1130.

HINTON H E .(1948).‘ A synopsis of the genus *Tribolium* Macleay, with some remarks on the evolution of its species- groups (Coleoptera, Tenebrionidae) ’, *Bull Entomol Res* , 39, 13–55

HOWE R W .(1956).‘ The biology of the two common storage species of *Oryzaephilus* (Coleoptera, Cucujidae) ’, *Ann Appl Biol* , 44 , 341 – 355 .

HUFFAKER, C.B., VAN DEN BRIE, M. & MCMURTRY, J.A.(1969). The ecology of tetranychid mites and their natural control. *Ann. Rev. Entomol.*, 14: 125-174.

IAZZOURENE G.(2015). - Composition chimique et activité biologique d’extraits du myrte (*Myrtus communis* L.), de la carotte sauvage (*Daucus carota* L. subsp. *carota*) et de la menthe à feuilles rondes (*Mentha rotundifolia* L.). Thèse de doctorat en sciences agronomiques. Ecole Nationale Supérieure Agronomique .,El Harrach.145p.

LZRAILET, L. I., L. V. DROZDOVA ET M. E. EGLITE.(1975). Gigenicheskaia ozenka boverina i nekotorie perspektivi primeneniia mikrobiologiseskih sredstv zachtiti rastenih. *Gigiena i sanitariia* 11: 91.

JOHNSON J. (2013). Pest control in postharvest nuts. USA Published by Woodhead Publishing Limited, 57-87. DOI: 10.1533/9780857097484.1.56.

KARAHACANE T.(2015). -Activité insecticide des extraits de quelques plantes cultivées spontanées sur les insectes du blé en poste-récolte. Thèse de doctorat en sciences agronomiques. Ecole Nationale Supérieure Agronomique., El Harrach. 136p.

KHADRAOUI A., KHELIFA A., HAMITOCHE H. et al.(2014). Inhibitive effect by extract of *Mentha rotundifolia* leaves on the corrosion of steel in 1M HCl solution. *Res Chem Intermed* **40**, 961–972.<https://doi.org/10.1007/s11164-012-1014-y>.

KHANUJA, S.P.S., SHASANY, A.K., SRIVASTAVA, A., KUMAR, S.(2000). Assessment of genetic relationships in *Mentha* species. *Euphytica* 111, 121–125.

- KNIGHT, A. L. ET G. W. NORTON.(1989).** Economics of agricultural pesticide resistance in arthropods. *Annu. Rev. Entomol.* 34: 293-313.
- KOKKINI, S., PAPAGEORGIOU, V.P.(1988).** Constituents of essential oils from *Mentha × rotundifolia* growing wild in Greece. *Planta Med.* 54 (2), 166–167.
- KOSTYUKOVSKY M., RAVID U., SHAAYA E.(2002).**- The potential use of plant volatils for the control of stored product insects and quarantine pests in cut flowers.- *Acta Horticulturae*, 576, 347-358.
- LAGNIKA L.(2005).** Étude Phytochimique et Activité Antipaludique de Substances Naturelles issues de Plantes Béninoises. Thèse de Doctorat Université Louis Pasteur de Strasbourg/Université d'Abomey-calavi, Bénin.
- ANGE, B., CROTEAU, R.(1999).** Genetic engineering of essential oil production in mint. *Curr. Opin. Plant Biol.* 2, 139–144.
- LEELAJA, B. C., RAJASHEKAR, Y., & RAJENDRAN, S.(2007).** Detection of eggs of stored-product insects in flour with staining techniques. *Journal of Stored Products Research*, 43(3), 206-210.
- LEPESME P. (1944).** - Les coléoptères des denrées alimentaire et des produits industriels entreposes dans les régions chaudes. Ed. Chevalier, Paris, pp: 335.
- LESLIE P H AND PARK T .(1949).** ‘ The intrinsic rate of natural increase of *Tribolium castaneum* Herbst ’, *Ecology* , 30 , 469 – 477 .
- LINNAEUS, C.(1753).** *Species Plantarum*. Stockholm: Laurentius Salvius.
- LITTLE, F. F.(2006).** Treating acute asthma with antibiotics—not quite yet. *N. Engl.J. Med.*, 354(15): 1632-1634.
- LORENZO, D., PAZ, D., DELLACASSA, E., DAVIES, P., VILA, R., CANIGUERAL, S. (2002).** Essential oils of *Mentha pulegium* and *Mentha rotundifolia* from Uruguay. *Bras. Arch. Boil. Technol.* 45 (4), 519–524.
- LOUGRAIMZII HANANE , SALMA EL IRAQUI2 , ABDELAAZIZ BOUAICHI3 , SAFAE GOUIT4 , EL HASSAN ACHBANI5 , MOHAMED FADLI1.(2018).** Insecticidal effect of essential oil and powder of *Mentha pulegium* L. leaves against *Sitophilus oryzae* (LINNAEUS, 1763) and *Tribolium castaneum* (HERBST, 1797) (Coleoptera: Curculionidae, Tenebrionidae), the main pests of stored wheat in Morocco, *Polish Journal of Entomology* 87 (3): 263–278. DOI: 10.2478/pjen-2018-0018.

MADRID F. J., WHITE N. D. G., LOSCHIAVO S. R.(1990).- Insects in stored cereals and their association with farming practices in Southern Manitoba.- *Canadian Entomologist*, 122: 289-298.

MAILHEBIAU, P .(1994). **La Nouvelle Aromathérapie: Caractérologie des Essences et Tempérament Humain - Biochimie Aromatique et Influence Psychosensorielle des Odeurs**, Ed Jakin, Paris (1994) [Google Scholar](#).

MACKLED MARWA, MERVAT EL-HEFNY ,MAY BIN-JUMAH , TRANDIL F. WAHBA AND AHMED A. ALLAM . (2019).Assessment of the Toxicity of Natural Oils from *Mentha piperita*, *Pinus roxburghii*, and *Rosa* spp. Against Three Stored Product Insects *Processes* , 7(11), 861;
<https://doi.org/10.3390/pr7110861>.

MBTOC.(1998).- *Methyl bromide technical options committee: assessment of alternatives to methyl bromide.*- United Nations Environment Programme, Ozone Szcretariat, Nairobi, Kenya. MOHAN S., FIELDS P. G., 2002.- A simple technique to assess compounds that are repellents or attractive to storedproducts insects.- *Journal of Stored Product Research*, 33: 289-298.

MCDONALD, L.L., R.H. GUY, AND R.D. SPEIRS.(1970). Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants, repellents and attractants against stored product insects. U.S. Department of Agriculture, Washington D.C., Marketing Research Report n° 882. Agricultural Research Service. 8 pp.

MCMURTRY, J.A., HUFFAKER, C.G. & VAN DEN BRIE, M. (1970). Ecology of tetranychid mites and their natural enemies: a review. I. Tetranychid enemies: their biological characters and the impact of spray practices. *Hilgardia*, 40: 331-390.

MELLANBY, K. (1967). Pesticides and Pollution. London: Collins, pp.367.

MEYER, A.; CHRISMAN, J.; MOREIRA, J.C.; KOIFMAN, S. (2003).Cancer Mortality among Agricultural Workers from Serrana Region, State of Rio De Janeiro, Brazil. *Environ. Res.* , 93, 264. [Crossref], [PubMed], [Web of Science ®], [Google Scholar] .

MUELLER D. K. (1990).- Fumigation, pp. 901-939. In: *Hanbook of pest control* (MALLIS A., Ed.)- Franzak and Foster. Co.Cleveland, Ohio, USA.

NAIGRE, R., KALCK, P., ROUQUES, C., ROUX, I., MICHEL, G.(1996). Comparison of antimicrobial properties of monoterpenes and their carbonylated products. *Planta Med.* 62, 275–277.

NOSTRO, N., M. GERMANO, V.D. ÁNGELO AND M. CANNATELLI.(2000). Extraction methods and bioautography for evaluation of medicinal plant antimicrobial activity, *Lett Appl. Microbiol*, 30: 379-384.

O'BRIEN R. D. (1967). *Insecticides: Action and Metabolism.* Academic Press, New York.

PERIS JB, STUBING G, FIGUEROLA R. (1991).In *Guia de las Plantas Medicinales de la Comunidad Valenciana.* Ed : Las Provincias, Valencia, Spain :214-217.

PIMENTEL, D., D. ANDOW, R. DYSON-HUDSON, D. GALLAHAN, S. JACOBSON, M. IRISH, S. KROOP, A. MOSS, I. SCHREINER, M. SHEPARD, T. THOMPSON ET B. VINZANT. (1980). Environmental and social costs of pesticides: a preliminary assessment. *Oikos* 34: 125-140.

POIRIE, M., N. PASTEUR. (1991). La résistance des insectes aux insecticides. *La Recherche.* 22: 874-882.

RANJEET, K .(1982) . *Insect pests of stored grain: biology, behavior, and management strategies.* USA.

RAVINDER NATH GURLAL SINGH GAGAN DEEP .(2019).EFFICACY OF SOME BOTANICAL EXTRACTS AGAINST *Tribolium castaneum*: Coleoptera (Tenebrionidae), 20(15&16): 660-666.

RIBA, G. AND SILVY, C. (1989) *Combattre les Ravageurs des Cultures*. Paris: INRA.

RICHTER, E. D. Acute Human Pesticide Poisonings. In *Encyclopedia of Pest. Management*; Pimentel, D., ed.; Taylor & Francis: Boca Raton, FL, USA, 2002, 3–6. [[Google Scholar](#)] .

RIDLEY A W , HERWARD J P , DAGLISH G J , RAGHU S , COLLINS P J , AND WALTER G H .(2011). ‘ The spatiotemporal dynamics of *Tribolium castaneum* (Herbst), adult flight and gene flow ’, *Mol Ecol* , 20 , 1635 – 1646.

.RIHANE K ET BENLAHARCHE R. (2013). activité antibactérienne des polyphénols et flavonoïdes d’extraits à partir deux plantes médicinales : artémisia herba alba et ocimum basilicum sur escherichia coli et staphylococcus aureus. Mémoire de master université mentouri constantine.

ROBERTS, T. 1989. Pesticides in drinking water. Shell Agriculture 3, 18-20.

RUDD, R.A. 1974. Pesticides and the Living Landscape. Madison, USA: University of Wisconsin Press. Saccardo, P. A. 1886. Sylloge Fungorum omnium hucusque coynitorum. Pavia.

DOI : [10.1097/00010694-196408000-00023](https://doi.org/10.1097/00010694-196408000-00023).

SALEM N, SRITI J, BACHROUCH O, MSAADA K, KHAMMASSI S, HAMMAMI M, ET AL. (2018). Phenological stage effect on phenolic composition and repellent potential of *Mentha pulegium* against *Tribolium castaneum* and *Lasioderma serricorne*. *Asian Pac J Trop Biomed*; 8(4): 207-216.

DOI: [10.4103/2221-1691.231283](https://doi.org/10.4103/2221-1691.231283) 1.

SALEM N, OLFA BACHROUCH, JAZIA SRITI, KAMEL MSAADA, SABER KHAMMASSI, MAJDI HAMMAMI, SAOUSSEN SELMI, EMNA BOUSHIH, SOUHA KOORANI, MANEF ABDERRABA, BRAHIM MARZOUK, FERID LIMAM & JOUDA MEDIOUNI BEN JEMAA .(2017). Fumigant and repellent potentials of *Ricinus communis* and *Mentha pulegium* essential oils against *Tribolium castaneum* and *Lasioderma serricornis*, International Journal of Food Properties, 20:sup3, S2899-S2913, DOI: [10.1080/10942912.2017.1382508](https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1382508).

SARA IV A A.C.(1939). -A preliminary list of the insect pests of crops and fruit trees in Portuguese East Africa. *J. Entomol. Soc. South Africa*, Pretoria, 101-114.

SECK, D.(1996). Alternative protection of cowpea seeds against *Callosobruchus truncatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) using hermetic storage or in combination with *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam ex Poir. (Capparaceae) on stored grain insects. *J. Stored Prod. Res.*, 32(1): 39-44.

SHAYA E., KOSTYUKOVSKY M., DEMCHENKO N.(2003). - Alternative fumigants for the control of stored-product insects, pp. 556-560. In: *Advances in stored product protection. Proceedings of the eighth international working conference on stored-product protection* (CREDLAND P. F., AMITRAGE D. M., BELL C. H., COGAN P. M., HIGHLEY E., Eds), York UK, 22-26 July 2002. CAB International, Wallingford, UK.

SIMMONDS, M.J.S., EVANS, H.C., ET BLANEY, W.M. (1992). Pesticides for the year 2000: mycochemicals and botanicals. In *Pest management and the environment in 2000*, sous la direction de Abdul Aziz S.A. Kadir et Henry S. Barlow, p.127-164. Wallingford: CAB International.

SINHA, R.N., WATTERS, F.L. (1985). Insectes nuisibles des minoteries, des silos-élévateurs, des usines à provendes et méthodes de désinfestation. *Agric. Can.* Publ. 1776. 290 pp.

SIVROPOULOU, A., S. KOKKINI, T. LANARAS AND M. ARSENAKIS. (1995). Antimicrobial activity of mint essential oils. *J Agric. Food Chem.*, 43: 2384-2388.

STARNES, R. L., C. L. LIU ET P. G. MARONE. (1993). History, use and future of microbialinsecticides. *Amer. Entomol.* 39:83-91.

DOI : [10.1093/ae/39.2.83](https://doi.org/10.1093/ae/39.2.83)

TARUVINGA C., MEJIA D ET SANZ-ALVAREZ J. (2014). -Systèmes Appropriés de Stockage des Semences et des Grains pour les Agriculteurs à petitee echelle., F.A.O., E-ISBN., 978-92-5-208335-1. p 1-47.

TASSOU, C., K. KOUTSOUMANIS AND G. NYCHAS.(2000). Inhibition of Salmonella enteritidis and Staphylococcus aureus in nutrient broth by mint essential oil. *Food Res Int.*, 33: 273-280.

TEIXEIRA, B., MARQUES, A., RAMOS, C., BATISTA, I., SERRANO, C., MATOS, O., NENG, N.R., NOGUEIRA, J.M.F., SARAIVA, J.A., NUNES, M.L.(2012). European pennyroyal (*Mentha pulegium*) from Portugal: chemical composition of essential oil and antioxidant and antimicrobial properties of extracts and essential oil. *Ind. Crops Prod.* 36, 81–87.

TOOBY, T.E. (1989). Pesticide contamination of water - regulatory consideration. *Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference on Weeds* 3, 1165-1171.

TSIBRANSKA I, TYLKOWSKI B. (2016). Solid-liquid extraction of bioactive compounds: Effect of polydispersity and particle size evolution. *Chem Technol Metallurgy*; 51(5): 489-499.

TUCKER A. O. AND NACZI, R. F. C. MENTHA: AN OVERVIEW OF ITS CLASSIFICATION AND RELATIONSHIPS. (2006). In B. M. Lawrence (Ed.) *Mint. The genus Mentha. Medical and Aromatic Plants – Industrial Profiles* (pp. 3-35). Boca Raton, London, New York: CRC Press, Taylor & Francis Group.

VEREIJKEN ET VIAUX.(1990). Vers une agriculture intégrée. Supplément de La Recherche 227: 22-25. Vey, A.J., Fargues, J. et Robert, P., 1982. Histological and ultrastructural studies of factors determining the specificity of pathotypes of the fungus *Metarhizium anisopliae* for scarabeid larvae. Entomophaga 27: 387-397.

WEIDNER H, RACK G, FRIEDRICHSEN D .(1984). Tables de détermination des principaux ravageurs des denrées entreposées dans les pays chauds. GTZ, Germany, schborn. 157 pp.

WINTERINGHAMF. P. W. (1957) Comparative biochemical aspects of insecticidal action. *Chemy Ind. 1957, 1195-1202.* O'BRIEN R. D. (1960) *Toxic Phosphorus Esters.* Academic Press, New York.

YONGLIN R., ALLEN S. E.(1999).- A reappraisal of an old fumigant, carbon disulphide, under modern farm storage conditions, pp. 516-525. In: *Stored product protection. Proceedings of the seventh international working conference on stored-product protection* (ZUXUN J., QUAN L., YONGSHENG L., XIANCHANG T., LIANGHUA G., Eds), Beijing, China, 14- 19 October 1998, Sichuan Publishing House of Science & Technology, Chengdu, China.

ZBADI R, MOHTI H, MOUSSAOUI F. (2018). Stress oxydatif : évaluation du pouvoir antioxydant de quelques plantes médicinales. 24 (2) : 134-41
doi:10.1684/met.2018.0682.

Les annexes

Annexe 01

Tableau 3 : Tableau de transformation du pourcentage en probit

%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,87	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,5	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,8	4,82	4,85	4,87	4,9	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,05	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
	0,0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,75	7,75	7,88	8,09

(Cavelier, 1976).

Annexe 02

Matériel non biologique

Verrerie et autres :	Réactifs et solution :	Appareillages :
<ul style="list-style-type: none">- Flacon en verre brun- Tubes- Papier filtre de type Wattman n° 3 de 9 cm de diamètre,- Bocaux en plastique- disque- Etiquette- tamis- Tulle- Becher de 100ml !!!- Eprouvette- Erlenmeyer de 200ml et de 500ml- Pipettes graduées (4 ml)- Flacons- Boites de Pétri.	<ul style="list-style-type: none">- Eau distillée- Méthanol	<ul style="list-style-type: none">- Réfrigérateur- Etuve- Agitateur horizontal magnétique- Balance de précision pour la pesée des produits.- Broyeur.- Loupe binoculaire- l'étuve- Évaporateur

<ul style="list-style-type: none">- Micropipettes (200ul)- Spatule- Ciseaux- Pince- Papier aluminium- Papier absorbant		
--	--	--

Annexe 03 :



Fig



Figure : la loupe binoculaire

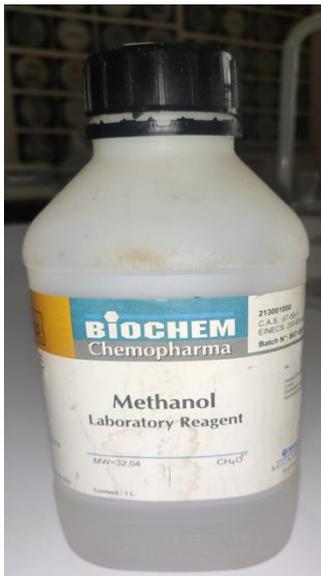


Figure : le méthanol



Figure : prélèvement de méthanol dilué à l'aide de pipete gradué

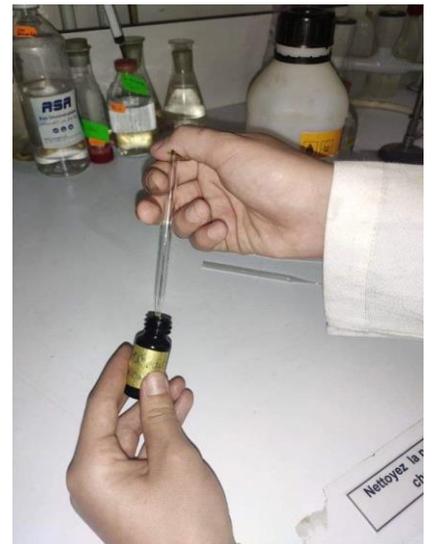


Figure : prélèvement de l'EM à l'aide de pipete pasteur

