

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N° Ref :

Centre Universitaire Abdelhafid BOUSSOUF- Mila

Institut des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Biologiques et Agricoles

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de

Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité: Biochimie appliquée

Thème :

Impact des huiles essentielles sur le contrôle des insectes nuisibles

Présenté par :

- BOUCHAAR Aya
- CHENNIB Amira

Devant le jury :

KADJOUDJ Nadia
AMIRA Aicha
MENAKH Mouna

Grade MCB
Grade MCB
Grade MCB

Présidente
Examinatrice
Promotrice

Année Universitaire : 2024/2025

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



REMERCIEMENT

Tout d'abord, Nous remercions DIEU qui nous donné la force, la patience et la volonté pour réaliser ce travail.

Nous tenons à exprimer nos infinis remerciements à notre promotrice pour son encadrement, Dr. MENAKH Mouna pour son aide précieuse et surtout pour tous ses conseils et ses remarques qui nous ont permis de réaliser ce modeste travail.

Nous souhaitons également exprimer notre profonde gratitude aux membres du jury, Dr. KADJOUDJ Nadia et Dr. AMIRA Aicha, pour avoir accepté la responsabilité exigeante d'évaluer ce travail.

Nos remerciements vont également à tous nos Enseignants du département de science de la nature et de vie.

Et nous remercions aussi les techniciens de laboratoire qui ont participé à notre formation, Qu'ils veuillent bien trouver ici l'expression de notre gratitude, et a tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à accomplir ce travail.



Dédicaces

A ma mère Siham : TU M'as la lumière de mes jours, la source de mes efforts, Tu m'as donné ton amour, ta tendresse et toute ton attention. Dans la difficulté tu as toujours été prompte à me venir en aide.

A mon père Azzedine: mon soutien moral et source de joie et de bonheur, Merci pour l'éducation que tu as su nous donner et pour tous les efforts auxquels tu as toujours consenti pour nous voir réussir. Merci pour tes encouragements et tes conseils.

A ma chère sœur Amani, qui m'a toujours soutenu, je vous souhaite tout le bonheur du monde.

A mon frère unique Mohammed Samer pour ses encouragements et son soutien.

A toute la famille Chennib et la famille Boudjellel.

Une grande dédicace à tous Mes amis : Nada, Soumia, Bochra, et mes amis de ma promotion

A ma chère enseignante, mon encadreuse, MME.Menakh Mouna

A binôme Aya que j'aime beaucoup, ainsi que pour sa disponibilité, sa patience tout au long de ce travail. J'ai eu la chance et le plaisir d'effectuer ce travail avec elle.

A tous ceux et celles qui mon aidé de près comme de loin.

Amira

Dédicaces

Les louanges sont à Allah seigneur des mondes qui ma comblée de grâce en me permettant d'achever ce modeste travail

Je dédie ce travail à mes chères parents source de tendresse, d'amour et d'espoir, qui ont œuvré pour ma réussite ; ses soutiens ; tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils ; pour toute ses assistances et ses présences dans ma vie que dieu les protèges.

A mon très cher frère Oussama.

A mes très chères sœurs Sara et Amina et à toute ma famille.

A ma chère enseignante, mon encadreuse, MME.Menakh Mouna.

A mes oncles, tantes, cousins (es) et tous les membres de ma famille.

A ma binôme et amie Amira.

Sans oublier mes copines : Sara, Marwa, Ghada et Niama et mes amis de ma promotion.

Aya

Sommaire

Résumé en français	
Résumé en anglais	
Résumé en arabe	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction	
Partie I: Etude bibliographique	
Chapitre 01: Les insectes nuisibles	
Introduction	3
I. Classification et biologie des insectes nuisibles	3
1. Classification des insectes nuisibles	3
2. Cycle de vie et caractéristiques biologiques	4
2.1. <i>Tribolium castaneum</i>	4
2.1.1. Position systématique	5
2.1.2. Facteurs de développement	5
2.1.3. Mode d'infestation et impact sur la qualité des aliments	5
2.2. <i>Callosobruchus maculatus</i>	6
2.2.1. Position systématique	7
2.2.2. Facteurs de développement	8
2.2.3. Mode d'infestation et impact sur la qualité des aliments	8
Chapitre 02 : Les méthodes de lutte contre les insectes nuisibles	
Introduction	10
1. La lutte chimique	10
2. La lutte biologique	11
3. La lutte physique et mécanique	11
4. La lutte intégrée	12
5. Les alternatives naturelles et écologiques	12
Chapitre 03 : Généralité sur les plantes <i>Marrubium vulgare</i> et <i>Mentha pulegium</i>	
I. Généralité sur la plante <i>Marrubium vulgare</i> L	13
1. Description botanique de la plante <i>Marrubium vulgare</i> L	13
2. Distribution géographique	15

3. Taxonomie d'espèce <i>Marrubium vulgare</i>	15
3.1. Classification	15
3.2. Nomenclature	16
4. La composition chimique de l'huile essentielle de <i>Marrubium vulgare</i>	16
5. Utilisation traditionnelle	18
6. L'effet insecticide de la plante <i>Marrubium vulgare</i> sur les insectes nuisibles	18
II. Généralité sur la plante de <i>Mentha pulegium</i>	19
1. Description botanique de la <i>Mentha pulegium</i>	19
2. Distribution géographique	20
3. Taxonomie d'espèce de <i>Mentha pulegium</i>	20
3.1. Classification	20
3.2. Nomenclature	21
4. La composition chimique de l'huile essentielle de <i>Mentha pulegium</i>	21
5. Utilisation traditionnelle	22
6. L'effet insecticide de la plante <i>Mentha pulegium</i> sur les insectes nuisibles	22
Partie II: Partie expérimentale	
Chapitre 01: Matériel et Méthodes	
Objective	26
1. Matériel vegetal	26
1.1. Récolte des la plante	26
1.2. Présentation de la zone d'étude	26
1.3. Extraction des huiles essentielles	27
1.4. Détermination du rendement	28
2. Matériel entomologique	29
2.1. Les ravageurs de denrées stockées	29
2.1.1. Identification	29
2.1.2. Elevage des insectes	31
2.1.3. Test répulsif	32
3. Calculs statistiques	35
Chapitre 02: Résultats et discussion	
1. Rendement des huiles essentielles de <i>Mentha pulegium</i> et <i>Marrubium vulgare</i>	37
2. Effet répulsif des Huiles essentielles de <i>M. pulegium</i> et <i>M.vulgare</i> contre les adultes de <i>C. maculatus</i> après 2h	38

3. Effet répulsif des Huiles essentielles de <i>M. pulegium</i> et <i>M.vulgare</i> contre les adultes de <i>T. castaneum</i> après 2h	40
4. Dose répulsif (DR ₅₀) et (DR ₉₅) des huiles essentielles <i>M. pulegium</i> et <i>M.vulgare</i> contre les adultes de <i>C. maculatus</i> et <i>T. castaneum</i> après 2h	41
Conclusion	46
Références bibliographiques	48
Annexes	-

Résumés

Résumé

L'objectif de cette étude est de mettre en œuvre une méthode à la fois naturelle et efficace pour lutter contre les insectes nuisibles, tout en préservant la santé humaine et l'environnement. Dans ce cadre, nous avons utilisé les huiles essentielles de *Mentha pulegium* et *Marrubium vulgare* comme répulsifs contre les insectes des denrées stockées, *Tribolium castaneum* et *Callosobruchus maculatus*. Les activités de répulsion ont été réalisées en accord avec les recommandations de l'Organisation mondiale de la santé OMS. Selon les résultats obtenus, l'huile essentielle de *Mentha pulegium* a montré une activité répulsive notable à l'encontre de *Callosobruchus maculatus* et *Tribolium castaneum*. Les doses répulsives (DR) enregistrées étaient respectivement de $DR_{50} = 2,32 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ et $DR_{95} = 6,78 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ pour *C. maculatus*, et de $DR_{50} = 3,74 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ et $DR_{95} = 8,81 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ pour *T. castaneum*. En ce qui concerne l'huile essentielle de *Marrubium vulgare*, les résultats ont révélé une activité répulsive moins marquée contre *Callosobruchus maculatus* et *Tribolium castaneum*. Les doses répulsives enregistrées étaient respectivement de $DR_{50} = 3,51 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ et $DR_{95} = 8,20 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ pour *C. maculatus*, et de $DR_{50} = 3,26 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ et $DR_{95} = 7,43 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ pour *T. castaneum*. Les résultats obtenus indiquent que l'huile essentielle de ces plantes est efficace contre les insectes nuisibles et pourrait constituer une alternative prometteuse aux pesticides chimiques.

Mots clés: Effet répulsif, *Callosobruchus maculatus*, *Tribolium castaneum*, *Mentha pulegium*, *Marrubium vulgare*.

Abstract

The aim of this study is to implement a natural and effective method for controlling insect pests, while preserving human health and the environment. To this end, we used the essential oils of *Mentha pulegium* and *Marrubium vulgare* as repellents against the stored food insects *Tribolium castaneum* and *Callosobruchus maculatus*. The repellent activities were carried out in accordance with the recommendations of the World Health Organization WHO. According to the results obtained, *Mentha pulegium* essential oil showed significant repellent activity against *Callosobruchus maculatus* and *Tribolium castaneum*. The repellent doses (DR) recorded were $DR_{50} = 2.32 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ and $DR_{95} = 6.78 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ respectively for *C. maculatus*, and $DR_{50} = 3.74 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ and $DR_{95} = 8.81 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ for *T. castaneum*. With regard to *Marrubium vulgare* essential oil, the results revealed less marked repellent activity against *Callosobruchus maculatus* and *Tribolium castaneum*. The repellent doses recorded were $DR_{50} = 3.51 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ and $DR_{95} = 8.20 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ respectively for *C. maculatus*, and $DR_{50} = 3.26 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ and $DR_{95} = 7.43 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ for *T. castaneum*. The results obtained indicate that the essential oil of these plants is effective against insect pests and could be a promising alternative to chemical pesticides.

Key words: Repellent effect, *Callosobruchus maculatus*, *Tribolium castaneum*, *Mentha pulegium*, *Marrubium vulgare*.

ملخص

يهدف هذا البحث إلى تطبيق طريقة طبيعية وفعالة لمكافحة الحشرات الضارة مع الحفاظ على صحة الإنسان والبيئة. وفي هذا السياق، استخدمنا الزيوت العطرية من النعناع البري *mentha pulegium* وحشيشة الكلب *marrubium vulgare* كطاردات للحشرات الموجودة في الأغذية المخزنة، خنفساء الدقيق *T.castaneum* وخنفساء اللوبيا *Callosobruchus maculatus*. وتم تنفيذ أنشطة الطرد وفقاً لتوصيات منظمة الصحة العالمية WHO. وفقاً للنتائج التي تم الحصول عليها، أظهر زيت النعناع العطري نشاطاً طارداً ملحوظاً ضد *Callosobruchus maculatus* و *Tribolium castaneum*، كانت جرعات الطارد المسجلة (DR) $DR_{50} = 2.32 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ و $DR_{95} = 6.78$ و $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ ضد *C. maculatus*، و $DR_{50} = 3.74 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ و $DR_{95} = 8.81 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ ضد *T. castaneum*، على التوالي. وفيما يتعلق بالزيت العطري حشيشة الكلب، أظهرت النتائج نشاطاً طارداً أقل وضوحاً ضد *Callosobruchus maculatus* و *Tribolium castaneum*. كانت جرعات الطارد المسجلة على التوالي $DR_{50} = 3.51 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ و $DR_{95} = 8.20 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ ضد *C. maculatus*، و $DR_{50} = 3.26 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ و $DR_{95} = 7.43$ ضد *T. castaneum*. وتشير النتائج التي تم الحصول عليها إلى أن الزيت العطري لهذه النباتات فعال ضد الحشرات الضارة ويمكن أن يشكل بديلاً واعداً للمبيدات الكيميائية.

الكلمات المفتاحية: التأثير الطارد، خنفساء اللوبيا، خنفساء الدقيق، النعناع البري، حشيشة الكلب.

Liste des figures

Figure N°	Titre	Page N°
Figure 01	Cycle de développement de <i>Tribolium</i> rouge de la farine, <i>T. castaneum</i> .	4
Figure 02	Cycle biologique de <i>C. maculatus</i> .	7
Figure 03	La plante <i>Marrubium vulgare</i> L.	14
Figure 04	Structure chimique de la marrubiine.	16
Figure 05	Les structures chimiques des principaux flavonoïdes présents dans l'espèce <i>Marrubium vulgare</i> .	17
Figure 06	Morphologie de la menthe pouliot.	19
Figure 07	Aire de répartitions des menthes dans le monde.	20
Figure 08	La plante de <i>Mentha pulegium</i> .	26
Figure 09	La plante de <i>Marrubium vulgare</i> .	26
Figure 10	Localisation géographique de la zone d'étude (Greram Gouga) wilaya de Mila.	27
Figure 11	Montage d'hydrodistillation (Clévenger).	28
Figure 12	Les huiles essentielles de <i>M. vulgare</i> et <i>M. pulegium</i> .	28
Figure 13	Adulte de <i>Tribolium castaneum</i> .	30
Figure 14	Adulte de <i>Callosobruchus maculatus</i> .	31
Figure 15	Elevage de <i>Tribolium castaneum</i> au laboratoire.	32
Figure 16	Elevage de <i>Callosobruchus maculatus</i> au laboratoire.	32
Figure 17	Tubes contiennent des solutions diluées des huiles essentielles de <i>M. vulgare</i> et <i>M. pulegium</i> .	33
Figure 18	Teste répulsif des huiles essentielles de <i>M. vulgare</i> et <i>M. pulegium</i> sur les adultes de <i>T. castaneum</i> .	34
Figure 19	Teste répulsif des huiles essentielles de <i>M. vulgare</i> et <i>M. pulegium</i> sur les adultes de <i>C. maculatus</i> .	34
Figure 20	Teste répulsif d'huile de <i>Mentha pulegium</i> sur les adultes de <i>Callosobruchus maculatus</i> .	35

Figure 21	Rendement d'HE de <i>Mentha pulegium</i> et <i>Marrubium vulgare</i> .	37
Figure 22	Effet répulsif d'huile essentielle de <i>M. pulegium</i> et <i>M. vulgare</i> contre les adultes de <i>C. maculatus</i> .	39
Figure 23	Effet répulsif d'huile essentielle de <i>M. pulegium</i> et <i>M. vulgare</i> contre les adultes de <i>T. castaneum</i> .	41
Figure 24	Graphique log-probit de l'effet répulsif de l'huile essentielle de <i>M. vulgare</i> contre les adultes de <i>C. maculatus</i> (à droite) et <i>T. castaneum</i> (à gauche).	42
Figure 25	Graphique log-probit de l'effet répulsif de l'huile essentielle de <i>M. vulgare</i> contre les adultes de <i>C. maculatus</i> (à droite) et <i>T. castaneum</i> (à gauche).	43

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page N°
Tableau 01	Position systématique de <i>T. castaneum</i> .	5
Tableau 02	Position systématique de <i>C. maculatus</i> .	7
Tableau 03	Données taxonomiques.	15
Tableau 04	La nomenclature de la plante <i>Marrubium vulgare</i> L.	16
Tableau 05	Les principaux constituants de l'huile essentielle de <i>Marrubium vulgare</i> en Algérie.	17
Tableau 06	Classification botanique.	20
Tableau 07	Noms et synonymes de <i>M. pulegium</i> .	21
Tableau 08	Composition chimique de l'HE de <i>Mentha pulegium</i> .	21
Tableau 09	Pourcentage de répulsion selon le classement de (Mc Donald et al., 1970) .	33
Tableau 10	Rendement et caractéristiques organoleptiques des huiles essentielles de <i>Mentha Pulegium</i> et <i>Marrubium vulgare</i> .	37
Tableau 11	Effet répulsif des huiles essentielles de <i>M. pulegium</i> et <i>M. vulgare</i> contre les adultes de <i>C. maculatus</i> .	39
Tableau 12	Effet répulsif des huiles essentielles de <i>M. pulegium</i> et <i>M. vulgare</i> contre les adultes de <i>T. castaneum</i> .	40
Tableau 13	Dose répulsif (DR50) et (DR95) des huiles essentielles de <i>M. pulegium</i> et <i>M. vulgare</i> contre les adultes de <i>C. maculatus</i> et <i>T. castaneum</i> après 2h.	42

Listes d'abréviations

- ❖ **H.E** : Huile essentielle.
- ❖ **M** : La masse de la matière végétale utilisé.
- ❖ **M'** : La masse de résidu sec obtenue après l'extraction.
- ❖ **MO** : Mortalité observé.
- ❖ **NC** : Nombre d'insectes présents sur le demi-disque sèche.
- ❖ **NT** : Nombre d'insecte présents sur le demi-disque traité avec l'huile.
- ❖ **OMS** : organisation mondiale de la santé.
- ❖ **P** : valeur signifiante.
- ❖ **PPM** : Partie par million.
- ❖ **PR** : Pourcentage de répulsion.
- ❖ **RD₅₀** : Doses répulsives repoussent 50%.
- ❖ **RD₉₅** : Doses répulsives repoussent 95%.
- ❖ **RHE** : Rendement d'huile essentielle.
- ❖ **SPSS** : Statistical Package for the Social Sciences.
- ❖ ***T. castaneum*** : *Tribolium castaneum*.
- ❖ **X²** : Khi-deux.
- ❖ ***C. maculatus*** : *Callosobruchus maculatus*.
- ❖ **FAO** : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- ❖ ***M. vulgare*** : *Marrubium vulgare* L.
- ❖ ***M. pulegium*** : *Mentha pulegium*.
- ❖ **MHE** : Masse de l'HE récupérée en gramme (g).
- ❖ **Mmv** : Masse d'essai de la matière végétale sèche utilisée en gramme (g).
- ❖ **R HES** : Rendement de l'extraction des HES en pourcentage (%).
- ❖ **PH₃** : l'hydrogène phosphoré.
- ❖ **CH₃Br** : bromure de méthyle.

Introduction

Introduction

Les insectes des denrées stockées, tels que *Tribolium castaneum* et *Callosobruchus maculatus*, représentent parmi les principaux ravageurs des céréales entreposées. Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), les pertes causées par ces insectes nuisibles représentent environ 35 % de la production agricole mondiale. Les céréales stockées sont fréquemment la cible d'attaques répétées de divers insectes spécialisés dans l'infestation des denrées conservées. Ces ravageurs entraînent des pertes considérables en altérant à la fois la qualité et la quantité des produits entreposés (Herouini, 2021).

En Algérie, la lutte contre les ravageurs repose principalement sur des méthodes chimiques. Lorsqu'elle est correctement appliquée, cette approche permet de réduire considérablement les dégâts. Cependant, l'usage intensif d'insecticides de synthèse a engendré plusieurs effets néfastes, tels que la contamination de la chaîne alimentaire, l'élimination d'espèces non ciblées et l'émergence d'insectes nuisibles devenus résistants (Zerrougi et Boukhatem, 2021).

Les recherches sur l'utilisation de ces insecticides dangereux prennent de plus en plus d'importance. A cet effet, de nombreux travaux récents se sont penchés sur la recherche de nouvelle substance ayant des pouvoirs insecticides respectueux de la santé humaine et de l'environnement (Mahdia, 2013).

En effet, les substances d'origine naturelle et plus particulièrement les huiles essentielles représentent actuellement une solution alternative de lutte pour la protection des denrées stockées (Mahdia, 2013). L'étude des huiles essentielles est toujours d'une brûlante actualité malgré son ancienneté et les développements exponentiels des biotechnologies végétales (Boukhatem et al, 2019). Leur utilisation a fait l'objet de plusieurs travaux de recherche cette dernière décennie et a suscité un vif intérêt scientifique traduit par le nombre de travaux traitant de l'efficacité des huiles essentielles dans la protection des grains des denrées stockées (Mahdia, 2013).

Notre présent travail a pour objectif principal d'évaluer l'effet répulsif des huiles essentielles de *Mentha pulegium* et *Marrubium vulgare* sur deux ravageurs : *Tribolium castaneum* et *Callosobruchus maculatus*.

Ce travail se compose de trois parties précédées d'une introduction générale.

Introduction

❖ La première partie, est théorique, comprend trois chapitres. Le premier chapitre est consacré aux insectes nuisibles, notamment les adultes de *Tribolium castaneum* et *Callosobruchus maculatus*. Le deuxième chapitre traite des différentes méthodes de lutte contre ces insectes. Quant au le troisième chapitre, il porte sur l'étude des caractéristiques botaniques et biologiques des plantes *Marrubium vulgare* et *Mentha pulegium*.

❖ La deuxième partie expose les matériaux d'origine animale et végétale utilisés, ainsi que les protocoles expérimentaux mis en œuvre pour tester l'activité répulsive des huiles essentielles dans le cadre de cette étude.

❖ La troisième partie présente les résultats obtenus, accompagnés de leur analyse et discussion.

Enfin, ce travail se termine par une conclusion générale résumant toutes les résultats obtenus.

Partie I

Etude Bibliographique

Chapitre 01
Les insectes nuisibles

Les insectes nuisibles se présentent sous différentes formes et tailles, et comprennent un large éventail d'espèces qui ont un impact négatif sur les plantes, les animaux et les êtres humains. Ces insectes représentent une menace importante pour l'agriculture, l'environnement et la santé publique, provoquant d'énormes pertes économiques et propageant des maladies. Les insectes nuisibles incluent ceux qui se nourrissent des cultures agricoles tels que les vers de terre, les blattes, les chenilles et les larves (**Taffer, 2022**).

Les insectes nuisibles causent également la contamination des aliments et des denrées alimentaires ainsi que la destruction des biens stockés tels que les insectes qui se nourrissent du bois et des tissus. La lutte contre les insectes nuisibles est un défi majeur, nécessitant l'utilisation de stratégies multiples, notamment la prévention, la pulvérisation chimique, le contrôle biologique et les techniques Génétiques, tout en tenant compte de leurs effets sur l'environnement et la santé (**Mbacké, 2018**).

Les infestations d'insectes posent d'importants problèmes économiques et sanitaires à l'échelle mondiale. L'impact économique des insectes envahissants est massif mais souvent sous-estimé (**Bradshaw et al., 2016**). Ces infestations peuvent entraîner des risques sanitaires directs par la contamination des aliments et les réactions allergiques, ainsi que des risques indirects en créant des environnements propices à la croissance de micro-organismes nocifs (**Hubert et al., 2018**).

I. Classification et biologie des insectes nuisibles

1. Classification des insectes nuisibles

Les insectes nuisibles aux grains de céréales stockés se classent en trois catégories :

- **Les ravageurs primaires** : capables d'infester des grains sains et entiers. De nombreuses études leur ont été consacrées, aboutissant parfois à des formules d'estimation des pertes en matière sèche. Ainsi, les dommages causés par *Sitophilus oryzae* et *Rhyzopertha dominica* ont pu être quantifiés (**Bekon et Fleurat-Lessard, 1989**).
- **Les ravageurs secondaires** : ils attaquent les grains uniquement après qu'ils aient été détériorés par les ravageurs primaires. C'est le cas des *Tribolium castaneum*. L'évaluation des pertes en matière sèche dues à ces ravageurs est plus complexe (**Bekon et Fleurat-Lessard, 1989 ; Inge de Groot, 2004**).

- **Les ravageurs tertiaires** : ils se nourrissent de fragments de grains, de poussières et des résidus laissés par les deux premiers groupes (**Inge de Groot, 2004**).

2. Cycle de vie et caractéristiques biologiques

2.1. *Tribolium castaneum*

Tribolium castaneum, ou Tribolium rouge de la farine, est un coléoptère de la famille des Ténébrionidés, mesurant entre 3 et 4 mm de long, réputé pour sa facilité d'élevage (**Bonneton, 2010**). C'est un ravageur secondaire ubiquiste et polyphage, particulièrement présent dans les denrées alimentaires amylacées comme les farines, qu'il colonise généralement après l'action de ravageurs primaires ou lorsque les grains sont brisés (**Seck, 1992 ; Camara, 2009**). Son cycle de vie, d'environ 30 jours, comprend quatre stades : œuf, larve, nymphe et adulte (**Delobel et Tran, 1993**). La femelle pond entre 500 et 1000 œufs, blancs et visqueux, directement dans les aliments ou les contenants (**Balachowsky et Mesnil, 1936 ; Jerraya, 2003**). Les larves, très mobiles, creusent des galeries dans la farine et passent par 4 à 12 stades larvaires (**Jerraya, 2003 ; Camara, 2009**). Au dernier stade, elles se transforment en nymphe blanche et immobile, reconnaissable à ses lames latérales crénelées (**Balachowsky, 1936 ; Jerraya, 2003**). L'adulte, de couleur brun rougeâtre uniforme, présente des antennes renflées, des élytres striés et vit entre 15 et 20 mois, avec jusqu'à cinq générations annuelles (**Gueye et al., 1997 ; Christine, 2001**).

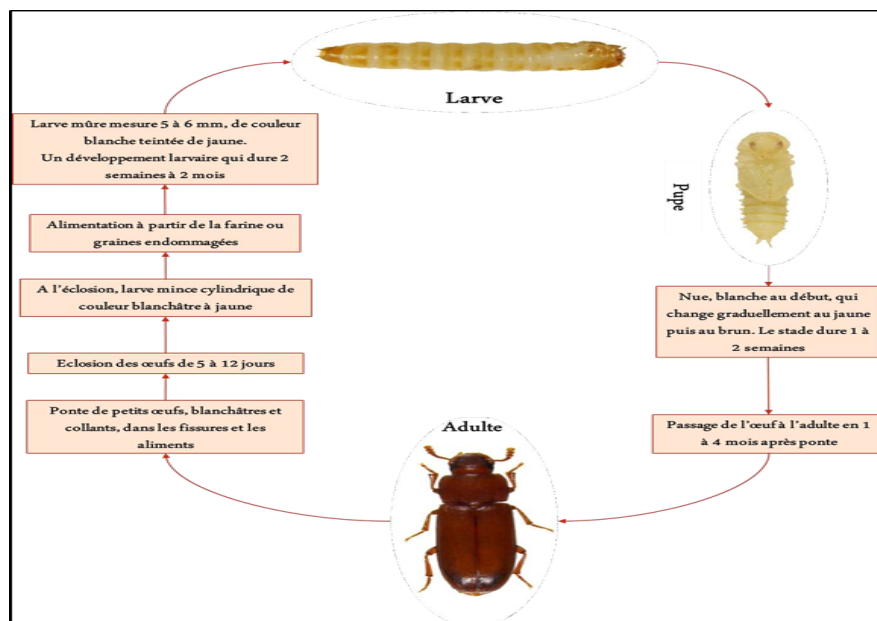


Figure 01 : Cycle de développement de *Tribolium* rouge de la farine, *T. castaneum* (**Boles, 2011 ; Khan et al., 2016**).

2.1.1. Position systématique

Selon **Weidner et Rack. (1984)** *T. castaneum* présente une systématique qui est comme suit :

Tableau 01 : Position systématique de *T. castaneum* (**Weinder et Rack, 1984**).

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Classe	Insecta
Ordre	Coleoptera
Famille	Tenebrionidae
Genre	<i>Tribolium</i>
Espèce	<i>Tribolium castaneum</i>

2.1.2. Facteurs de développement

Selon (**Robinson 2005**), la température et l'humidité sont les principaux facteurs régissant les phénomènes biologiques chez *T. castaneum*. Toutefois, d'autres éléments, tels que les champignons et la prédation, interviennent également. Les températures limites de croissance de cette espèce se situent entre 22 à 22,5 °C pour le minimum et 37,5 à 40 °C pour le maximum.

2.1.3. Mode d'infestation et impact sur la qualité des aliments

Tribolium castaneum est un insecte polyphage et un ravageur majeur des céréales stockées et produits dérivés de la farine, notamment le blé, le maïs, le mil, les arachides, les fruits secs ou encore les légumineuses (**Gwinner et al., 1996**). Il ne peut infester les grains entiers qu'à travers des ouvertures créées par d'autres ravageurs primaires, comme les charançons du genre *Sitophilus*, dont il exploite les dégâts pour accéder aux graines ou farines (**Cruz et al., 1988 ; Bekon et Fleurat-Lessard, 1989**). En cas d'infestation, il provoque une dégradation significative de la qualité des denrées : hausse de l'humidité, changements de couleur, augmentation de l'acide urique, développement microbien, et libération de fragments d'insectes, qui peuvent rapidement dépasser les seuils sanitaires fixés (**Negi et al., 2021 ; Stathas et al., 2023**). La présence d'exuvies, de déjections et la sécrétion de quinones malodorantes (MBQ et EBQ) accentuent la détérioration et donnent aux produits une odeur

âcre et répulsive (Balachowsky et Pierre, 1962 ; Cruz et al., 1988 ; Gwinner et al., 1996). Ces altérations compromettent la salubrité alimentaire et peuvent entraîner une accumulation d'aflatoxines, en particulier dans la farine de blé stockée longtemps et à forte densité d'insectes (El-Desouky et al., 2018). Le développement de *T. castaneum* dépend du type et de l'origine du substrat, les produits transformés comme la farine ou le millet décortiqué étant plus sensibles que les grains entiers (Gueye et al., 2015). Pour limiter son impact, il est essentiel de réduire la durée de stockage, de surveiller les conditions d'entreposage et de prévenir l'introduction d'insectes dans les installations (El-Desouky et al., 2018 ; Stathas et al., 2023).

2.2. *Callosobruchus maculatus*

Callosobruchus maculatus est un petit coléoptère oblong de 2,8 à 3,5 mm de long, de couleur brun-rougeâtre à grise, avec un dimorphisme sexuel marqué, les femelles étant généralement plus grandes. L'espèce présente deux formes adultes distinctes : une forme "volière" active et une forme "non volière", différant par leur capacité à voler et leur stratégie reproductive (Caswell, 1961 ; Utida, 1981). Ravageur redoutable des légumineuses, particulièrement en Afrique subsaharienne, *C. maculatus* provoque d'importantes pertes post-récolte, affectant le poids, la germination et la qualité marchande des graines (Southgate, 1979 ; Caswell, 1981 ; Kumar, 1984 ; Wasserman, 1985 ; Barbosa et al., 2002). L'œuf, de forme asymétrique (0,4–0,7 mm), est fixé aux graines par un liquide adhésif qui se solidifie à l'air (Balachowsky, 1962 ; Ouédraogo, 1978 ; Huignard et al., 1985 ; Delobel et Tran, 1993). La larve, de type chrysomélien au premier stade, pénètre la graine en creusant une galerie à partir du chorion, rejetant au passage des résidus d'œuf (Balachowsky, 1962 ; Kellouche, 2005). Quatre stades larvaires sont observés, avec une évolution vers une larve apode au second stade, et une larve charnue au quatrième, dotée d'une interface sensorielle spécifique. La nymphe, blanchâtre, se développe dans une logette aménagée par la larve L4, sous le tégument de la graine (Southgate, 1979). L'adulte, noir avec des poils dorés et blancs formant un motif en X sur les élytres, émerge par une fenêtre percée dans la graine infestée, avec un corps typiquement bruchidé, oblong et velu (Ouédraogo, 1991 ; Delobel et Tran, 1993).

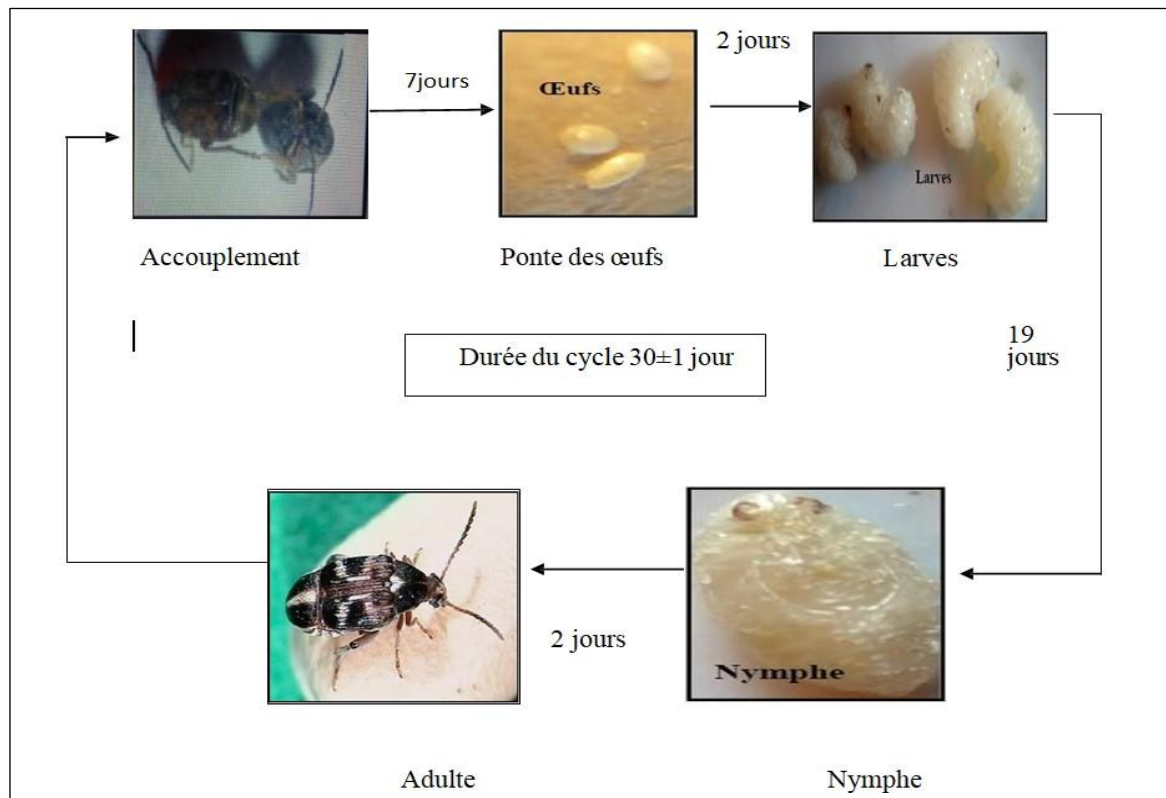


Figure 02 : Cycle biologique de *C. maculatus* (Jaloux, 2004).

2.2.1. Position systématique

Selon Balachowsky (1962), *C. maculatus* occupe la position systématique suivante :

Tableau 02 : Position systématique de *C. maculatus* (Balachowsky, 1962).

Règne	Animale
Sous-règne	Métazoaires
Embranchement	Arthropodes
Sous-embranchement	Hexapode
Classe	Insectes
Sous-classe	Ptérygotes
Ordre	Coléoptères
Famille	Bruchidés
Genre	<i>Callosobruchus</i>
Espace	<i>Callosobruchus maculatus</i>

2.2.2. Facteurs de développement

Le développement de *C. maculatus* dépend de la température et de l'humidité du milieu, notamment à 30°C et 70 % d'humidité. Après l'accouplement, les femelles pondent leurs œufs soit sur des gousses en cours de maturation, soit directement sur les graines. Les œufs sont fixés à l'aide d'une substance gélatineuse, et au moment de la ponte, une phéromone de marquage est également déposée. Cette phéromone permet à la femelle de repérer les grains peu infestés et d'éviter ceux déjà fortement colonisés, réduisant ainsi la concurrence entre les larves (Delobel et Tran, 1993).

2.2.3. Mode d'infestation et impact sur la qualité des aliments

Callosobruchus maculatus est un ravageur redoutable des légumineuses stockées, notamment du niébé et du soja. Les femelles pondent leurs œufs directement sur les gousses, et les larves se développent à l'intérieur des graines, causant des pertes significatives (Huignard et al., 1985 ; Allotey et Oyewo, 2004). L'espèce se manifeste sous deux formes morphologiques : ailée et non volante, qui diffèrent par leur comportement reproducteur et physiologique. Les formes non volantes atteignent la maturité sexuelle dès l'émergence, tandis que les formes ailées nécessitent des stimuli de la plante hôte pour initier la reproduction (Bilal, 1987). Les femelles privilégient les gousses sèches pour la ponte et sont sensibles à la présence d'œufs déjà déposés, régulant ainsi leur comportement de ponte via des signaux chimiques (Huignard et al., 1985 ; Bilal, 1987). Le tégument de certaines graines comme *Vicia faba* peut faire barrière au développement larvaire (Boughdad et al., 1986). Hautement adaptable, *C. maculatus* peut poursuivre son développement en conditions de stockage après avoir infesté les cultures (Utida, 1954 ; Balachowsky, 1963). L'infestation entraîne des pertes en poids sec, une baisse de la viabilité des graines, et une réduction de leur qualité nutritive et marchande (Singh et Jackai, 1985 ; Odah, 1995 ; Barbosa et al., 2002). Lorsque les graines présentent plusieurs trous d'émergence, leur valeur chute drastiquement (Murdock et al., 1997). Par ailleurs, la qualité nutritionnelle est affectée : baisse de la méthionine, hausse de l'acide urique et de l'azote non protéique, rendant les graines moins adaptées à la consommation humaine (Keita et al., 2001).

Chapitre 02

Les méthodes de lutte contre les insectes nuisibles.

La lutte contre les ravageurs des cultures repose principalement sur l'utilisation de pesticides de synthèse. Cependant, leur usage a engendré de nombreux problèmes encore non résolus (**Chandrashekar et Srinivasa, 2003**) parmi lesquels : le développement de la résistance chez les insectes, la disparition des populations d'insectes non ciblés et la dégradation de l'environnement (**Ouédraogo, 2004**). La présence de ces substances dans le milieu est considérée comme une source de contamination lorsqu'elles exercent des effets néfastes sur le plan biologique, les rendant ainsi polluantes (**Moriarty, 1990**) ou qualifiées de xénobiotiques. (**Butler et Lowe, 1978**) Selon (**Ramade, 2007**) un xénobiotique est une molécule étrangère à un organisme vivant, présentant une toxicité même à de faibles concentrations. Une fois dans l'environnement, ces composés peuvent perturber tous les niveaux d'organisation biologique, compromettant progressivement les équilibres écologiques, même à faible dose (**Ramade, 1998 ; Van Der Oost et al., 2003**). La dispersion des xénobiotiques suscite depuis longtemps l'intérêt de la communauté scientifique, en raison de leurs impacts sur les écosystèmes. Cette prise de conscience a soulevé des interrogations quant à leur devenir dans l'environnement et leurs effets sur les communautés animales et végétales.

1. La Lutte chimique

Les pesticides chimiques sont considérés comme les moyens de protection les plus efficaces (**Hall, 1970 ; Relinger et al., 1988 ; Haubruge et al., 1988**). Pour préserver les stocks vivriers et les semences, les principaux pesticides utilisés sont les organophosphorés, les pyréthrinoides de synthèse et des formulations combinant des substances actives issues de ces deux familles (**Gwinner et al., 1996**).

On distingue deux types de traitements :

- **Le traitement par contact** : qui consiste à enrober les grains d'une fine couche d'insecticide agissant directement sur les insectes (**Crus et al., 1988**). Ces produits sont appliqués sous forme de poudre ou après dilution.
- **Le traitement par fumigation** : où de petites molécules gazeuses pénètrent à l'intérieur des grains et dans les fissures, éliminant ainsi les insectes dissimulés. Les deux principaux fumigants d'importance économique sont l'hydrogène phosphoré (PH_3) et le bromure de méthyle (CH_3Br) (**Gwinner et al., 1996**).

Cependant, l'usage de ces pesticides a entraîné des conséquences néfastes sur l'agroécosystème, notamment le développement de résistances chez les insectes, la résurgence de ravageurs secondaires et la contamination de l'environnement. Ces effets affectent la faune, les animaux domestiques et la santé humaine (**Hagstrum, 2001 ; Bumbrah et al., 2012 ; Opit et al., 2012 ; Hagstrum et Phillips, 2017 ; Kim et Kabir, 2017**).

2. La Lutte biologique

Selon (**Subramanyam et Hagstru, 1955 ; Tiaiba, 2007**), la principale raison qui pousse les chercheurs à rechercher des alternatives à la lutte chimique est le développement de la résistance des insectes ravageurs aux pesticides. Une approche consiste à utiliser des prédateurs, des parasites, des agents pathogènes et d'autres insectes pour lutter contre ces ravageurs (**Proctor, 1995**). Par ailleurs, les végétaux disposent de mécanismes de défense naturels grâce à la production de composés secondaires aux propriétés insecticides, répulsives ou inhibitrices contre les ravageurs (**Huignard et al., 2002**). Ces substances naturelles sont non seulement respectueuses de l'environnement et sans danger pour la santé humaine, mais elles se dégradent également facilement tout en présentant un large spectre d'action insecticide (**Lawrence et Manshingh, 1993 ; Benkhellat, 2002**). La lutte biologique peut également s'appuyer sur l'utilisation d'auxiliaires, comme *Bacillus thuringiensis*, efficace contre *Tribolium castaneum* (**Malick et Riazuddin, 2007 ; Diome, 2014**). En l'absence d'auxiliaires, les huiles essentielles sont une alternative, leur activité insecticide variant en fonction de leur composition, du volume utilisé et du temps d'exposition.

3. La Lutte physique et mécanique

La lutte physique repose sur l'utilisation d'agents physiques tels que le mouvement, la chaleur, la lumière, le froid, l'eau, l'électricité ou encore les radiations pour limiter au maximum l'activité biologique des ravageurs des semences. Selon (**Labeyrie, 1962**), maintenir un entrepôt de stockage à une température de -1 °C pendant un mois peut entraîner la mort des insectes adultes. De plus, l'exposition des graines aux radiations ultraviolettes d'une longueur d'onde inférieure à 3126 Å peut être létale pour les œufs et les larves de premier stade, tout en générant des anomalies chez les individus après leur émergence (**Ben Nasr, 2021**). La lutte physique contre les ravageurs vise à modifier leur environnement afin de les rendre inaccessibles. À ce sujet, (**Benayad, 2008**) a démontré que des températures avoisinant 45 °C sont mortelles pour les insectes. De même, (**Balachowsky, 1966**) a observé

qu'un séchage des graines de fève au four, entre 55 °C et 60 °C pendant 30 minutes, réduit la prolifération des bruches sans altérer le pouvoir germinatif des graines. Par ailleurs, **(Serpeille, 1991)** a souligné que maintenir les entrepôts à 1 °C pendant un mois entraîne la mortalité des adultes. Le froid représente ainsi une méthode préventive efficace, car à 2 °C, le développement des insectes est temporairement interrompu.

4. La Lutte intégrée

Selon l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), la lutte intégrée constitue une approche privilégiée pour la protection des cultures. Elle est reconnue comme un élément clé de l'intensification durable de la production végétale et de la diminution des risques liés aux pesticides. Les stratégies de lutte intégrée contre les parasites s'appuient sur une compréhension approfondie de leur cycle de vie, de leur interaction avec l'environnement et des différentes méthodes de contrôle disponibles. Elles visent à limiter les dégâts causés par les parasites de manière économique tout en minimisant les risques pour la santé humaine, les biens et l'environnement **(FAO, 2017)**.

5. Les alternatives naturelles et écologiques

Face aux limites et aux impacts négatifs des insecticides de synthèse (résistance, toxicité, pollution), les alternatives naturelles suscitent un intérêt croissant **(Furlan et Kreutzweiser, 2015)**. Parmi celles-ci, les extraits végétaux et les huiles essentielles se démarquent par leur efficacité et leur faible impact sur l'environnement **(Tuzun et Yegen, 1999)**. Les extraits de plantes contiennent une variété de composés bioactifs (comme les alcaloïdes, les flavonoïdes ou les terpènes) ayant des propriétés insecticides, répulsives ou perturbatrices du cycle de vie des insectes. Les huiles essentielles, quant à elles, riches en monoterpènes et en sesquiterpènes, agissent par contact, inhalation ou ingestion sur les insectes nuisibles **(Boisclair et Estevez, 2006)**. De nombreuses études ont démontré l'efficacité de ces substances naturelles contre des ravageurs comme *Callosobruchus maculatus* ou *Tribolium castaneum*. Elles présentent l'avantage d'être biodégradables, moins toxiques pour l'homme et la faune non ciblée, et de réduire le risque de développement de résistances. La combinaison de ces méthodes avec une utilisation limitée des pesticides peut fournir des solutions plus durables pour la lutte contre les ravageurs **(Badiane et al., 2015)**.

Chapitre 03

Généralité sur les plantes

Marrubium vulgare L et

Mentha pulegium L.

Chapitre 03 Généralité sur les plantes Marrubium vulgare L. et Mentha pulegium L.

I. Généralité sur la plante *Marrubium vulgare L.*

1. Description botanique de la plante *Marrubium vulgare L.*

La plante *Marrubium vulgare* est une plante herbacée pérenne de couleur grisonnante qui peut atteindre 25 à 60 cm de hauteur et qui présente une légère ressemblance avec la menthe. Les tiges carrées sont simples ou ramifiées, droites ou légèrement couchées à la base, blanches et cotonneuses (Bouterfas et al., 2013). Les feuilles duveteuses sont opposées, pétiolées, ovales-arrondies, bordées de dents inégales, ridées et vert blanchâtre. C'est une plante à reproduction entomophile (Bonnet, 2012). *Marrubium vulgare* fleurit à partir d'avril à octobre (Kearney et Peebles, 1960 ; Parker, 1972). Elle fleurit généralement tôt au printemps, aisément foragée par des abeilles pour le nectar (Stritzke, 1975 ; Weiss et al., 2000).

Les fleurs sont petites et blanches (1,2-1,5 cm de long) réunies en glomérules compacts espacés sur la tige, corolle à deux lèvres, l'inférieure trilobée, la supérieure à deux lobes. Calice à dix dents courtes. Quatre étamines sont cachées dans le tube de la corolle. Fruits : quatre petits akènes cachés à la base du calice persistant. Ils sont lisses et glabres et mûrissent en automne. En ce qui concerne la partie souterraine, *M. vulgare* possède gros rhizome qui se dresse jusqu'à 6 à 8 dm (Figure) (Schlempher et al., 1996 ; Boullard, 2001).

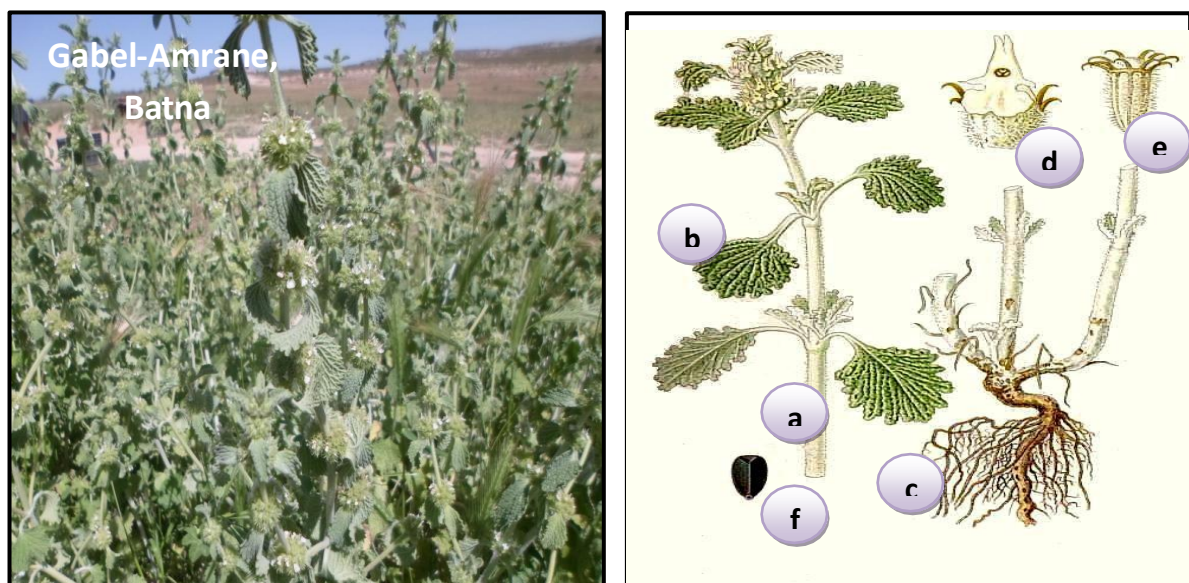


Figure 03 : La plante *Marrubium vulgare L.* (Boullard, 2001).

a. Tige ; b. Feuille ; c. Racine (partie souterraine) ; d. Fleur ; e. Calice ; f. Graine.

Chapitre 03 Généralité sur les plantes Marrubium vulgare L. et Mentha pulegium L.

2. Distribution géographique

Cette espèce se trouve dans toute l'Europe, surtout la région Méditerranéenne, Afrique du nord, Asie occidentale et dans quelques pays d'Amérique Latine particulièrement au Mexique et au Brazil. *M. vulgare* pousse à l'état sauvage principalement le long des routes, dans des lieux incultes, décombres, terrains vagues, prairies chaudes et sèches, en général sur sols calcaires (Boullard, 2001 ; Aouadhi et al., 2013 ; Bouterfas et al., 2016).

En Algérie, il existe sept espèces dont deux sont très fréquentes : *Marrubium vulgare* appelée marrube blanc, répandue au nord du pays, à l'est Algérien est appelée "El marioua" et *Marrubium deserti* ou marrube du désert très présente au Sahara et dans les hautes plaines steppiques utilisée surtout dans la région de Ghardaïa et Ouargla contre les piqûres des scorpions. Elle est nommée localement « *Djaada* » (Zaabat et al., 2010 ; Zaabat et al., 2011).

3. Taxonomie d'espèce *Marrubium vulgare*

3.1. Classification

Le genre *Marrubium* comporte 97 espèces, parmi lesquelles on peut citer : *M. globosum*, *M. peregrinum*, *M. velutinum*, *M. parviflorum*, *M. deserti* et *M. vulgare*. Cette dernière espèce est appartient à l'ordre des Lamiales, qui font partie des Angiospermes (plante à fleurs) Phanérogames (plante à graines) dicotylédones (Hennebelle et al., 2007). La classification systématique de la plante *M. vulgare* se fait comme indique le Tableau.

Tableau03 : Données taxonomiques (Bonnet, 2012).

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Asteridae
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiaceae (Labiatae)
Genre	<i>Marrubium</i>
Nom binominal	<i>Marrubium vulgare</i> L.
Nom commun	Marrube Blanc ou White Horehound

Chapitre 03 Généralité sur les plantes *Marrubium vulgare* L. et *Mentha pulegium* L.

3.2. Nomenclature

Le Marrube vulgaire est une plante, d'aspect blanchâtre à odeur forte et désagréable. L'espèce *Marrubium vulgare* L., appelée localement Marriouth, est largement utilisée en médecine traditionnelle.

Tableau 04 : La nomenclature de la plante *Marrubium vulgare* L (Al kadi, 1989 ; Bellakhdar, 1997).

	Nom vernaculaire
Arabe	Marrioua
Maroc	Merrîwt
Tunis	Marroubia
France	Marrube blanc
Anglais	Harehound
Italien	Marrubbio

4. La composition chimique de l'huile essentielle de *Marrubium vulgare*

M. vulgare produit des traces d'huile essentielle (Acimovic et al., 2020). Le composé principal de la plante est les diterpènes dont « La marrubiine » (Figure 02), responsable de la majorité des propriétés biologiques de la plante (Fulke et al., 1968). Elle a été découverte en 1842 et fut le premier diterpénoïde et composé majeur à être isolé et caractérisé à partir des feuilles de *M. vulgare* (Ahvazi et al., 2018), elle est produite et s'accumule dans les parties aériennes (Piccoli et Bottini, 2008).

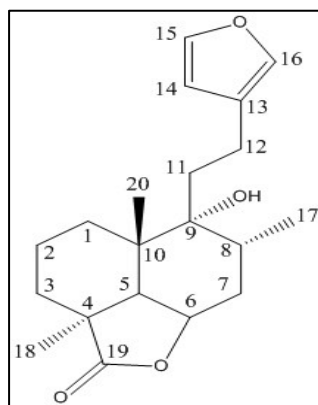


Figure 04 : Structure chimique de la marrubiine (Amri et al., 2017).

Chapitre 03 Généralité sur les plantes *Marrubium vulgare* L. et *Mentha pulegium* L.

La plante est connue aussi pour sa haute teneur en composés phénoliques (Acimovic et al., 2020) en particulier les flavonoïdes (apigénine et lutéoline) (Figure 03) (Nawwar et al., 1989).

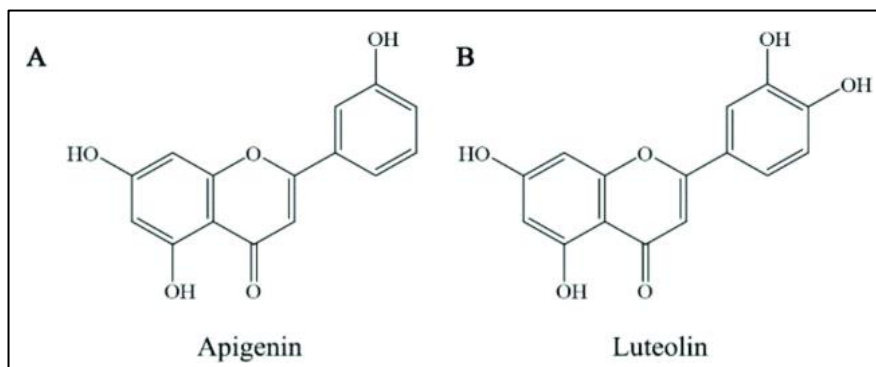


Figure 05 : Les structures chimiques des principaux flavonoïdes présents dans l'espèce *Marrubium vulgare* (Liu et al., 2019).

Tableau 05 : Les principaux constituants de l'huile essentielle de *Marrubium vulgare* en Algérie (Tabet Zatla, 2017).

Constituant	Pourcentage (%)
4, 8, 12,16-Tétraméthyl heptadécane-4-olide	16,97
Eugénol	16,00
Germacrène D-4-ol	9,61
α -Pinène	9,37
β -Bisabolène	11,00
Phytol	4,87
Hydro sabina cétone	4,12
Pipéritone	3,27
δ -Cadinène	3,13
1-Octène-3-ol	2,35
Benzaldéhyde	2,31

5. Utilisation traditionnelle

Le marrube blanc (*Marrubium vulgare*) est couramment utilisé en médecine traditionnelle pour traiter diverses affections respiratoires telles que les bronchites, les bronchectasies, les toux sèches, et la coqueluche, grâce à ses propriétés expectorantes et antispasmodiques. Il fluidifie les mucosités et aide également à traiter les troubles digestifs comme les dyspepsies et la perte d'appétit (**Djahra et al., 2013**). Ce végétal est aussi utilisé comme antidiabétique, diurétique, et pour lutter contre la cellulite et l'obésité (**Dellile, 2007**). En Algérie, il est employé pour soigner la diarrhée, le diabète, le rhumatisme, et les douleurs respiratoires (**Belhattab et Larous, 2006**). En plus de ces usages, il a été historiquement utilisé pour traiter les problèmes cardiaques, hépatiques, et digestifs, ainsi que comme substitut de la quinine contre la malaria. Les principes actifs et l'huile volatile extraits des parties aériennes de la plante sont consommés sous forme d'infusion chaude ou froide, ou de sirop. Cependant, son usage est déconseillé pendant la grossesse (**Dib et al., 2016**).

6. L'effet insecticide de la plante *Marrubium vulgare* sur les insectes nuisibles

Marrubium vulgare, une plante appartenant à la famille des Lamiacées, présente un fort potentiel insecticide contre plusieurs ravageurs d'importance économique. Des études ont montré que ses extraits possèdent des propriétés toxiques et répulsives contre divers insectes nuisibles.

Une étude menée par **Aouati et Berchi (2015)** a démontré l'efficacité de *M. vulgare* contre les larves du moustique *Culex pipiens*. Les résultats ont révélé une sensibilité élevée des larves à l'extrait de la plante, avec un taux de mortalité atteignant 59 % après 72 heures d'exposition à une concentration de 900 mg/L. Cette toxicité s'intensifie avec une exposition prolongée.

Davoud et al. (2020) ont également évalué l'effet insecticide de *M. vulgare* sur la teigne de la pomme de terre (*Phthorimaea operculella*). L'extrait d'acétate d'éthyle de la plante a montré une toxicité relative contre les larves, avec une LC_{50} de 34,79 g/L pour le deuxième stade larvaire, indiquant une efficacité modérée par rapport aux insecticides synthétiques.

Par ailleurs, **Alqurashi et Bakhawain (2010)** ont mis en évidence l'effet insecticide et répulsif de *M. vulgare* contre *Oryzaephilus surinamensis*, un ravageur des grains stockés. L'extrait éthanolique de la plante a montré une augmentation de la mortalité en fonction de la concentration testée. Ces recherches suggèrent que le *Marrubium vulgare* pourrait être une

Chapitre 03 Généralité sur les plantes Marrubium vulgare L. et Mentha pulegium L.

alternative naturelle aux pesticides chimiques, offrant une méthode de lutte contre les insectes nuisibles tout en réduisant l'impact environnemental (Mahdi et al., 2017).

II. Généralités sur la plante de *Mentha pulegium*

1. Description botanique de la *Mentha pulegium*

Les menthes, appartenant à la famille des Lamiacées, sont des plantes herbacées vivaces, très odorantes et riches en huiles essentielles responsables de leur odeur caractéristique (Jahandiez et Marie, 1934 ; Benayad, 2008). Elles sont difficiles à différencier en raison de formes intermédiaires et d'hybridation. Les menthes se distinguent par leurs fleurs petites, à corolle régulière à quatre lobes égaux et quatre étamines presque égales (Benayad, 2008). La menthe pouliot (*Mentha pulegium*) est principalement utilisée pour ses propriétés médicinales et aromatiques, et se décline en deux sous-espèces : *Mentha pulegium* ssp. *Vulgaris* et *Mentha pulegium* ssp. *Pulegium* (Quézel et Santa, 1962 ; Rana et al., 1997 ; Cantino, 1998). C'est une plante de 10 à 30 cm de hauteur, aux tiges carrées, ramifiées et à feuilles petites, ovales ou oblongues. Ses fleurs, rose lilas ou blanches, apparaissent entre mai et septembre en glomérules espacés le long de la tige (Quézel et Santa, 1963; Arvy et Gallouin, 2003).



Figure 06 : Morphologie de la menthe pouliot (Anonyme4, 2016).

Chapitre 03 Généralité sur les plantes Marrubium vulgare L. et Mentha pulegium L.

2. Distribution géographique

Cette espèce sauvage pousse dans les zones humides et généralement marécageuses, près des routes, et elle est plus abondante dans les pâturages de montagnes (**Chalchat et al., 2000**), la *Mentha pulegium L.* est très abondante et pousse spontanément en Algérie (**Quézelet Santa, 1963**).



Figure 07 : Aire de répartitions des menthes dans le monde. (**Chalchat et al., 2000**).

3. Taxonomie d'espèce de *Mentha pulegium*

3.1. Classification

Selon (**Guignard et Dupont, 2004**), la classification classique de *Mentha pulegium L.* (Tableau) est :

Tableau 06 : Classification botanique (**Guignard et Dupont, 2004**).

<i>Mentha pulegium L.</i>	
Règne	<i>Végétal</i>
Embranchement	<i>Spermaphytes</i>
Sous-embranchement	<i>Angiospermes</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Sous-classe	<i>Gamopétales</i>
Ordre	<i>Lamiales</i>
Famille	<i>Lamiacées</i>
Genre	<i>Pulegium</i>

Chapitre 03 Généralité sur les plantes Marrubium vulgare L. et Mentha pulegium L.

3.2. Nomenclature

Le nom de « pouliot » vient du latin pulegium, qui dérive de pulex : la puce ; la plante ayant la propriété d'éloigner les puces (**Gamisans et Jeanmonod, 1993**). La menthe pouliot, connue sous le nom vernaculaire arabe de « fliyou », est largement utilisée en médecine populaire dans de nombreuses cultures (**Agnihotri et al., 2005**). Elle est représentée par deux sous espèces : *Mentha pulegium ssp. Vulgaris* et *Mentha pulegium ssp. Pulegium* (**Quézel et Santa, 1962**). Cette dernière fera l'objet de notre étude.

Tableau 07 : Noms et synonymes de *M. pulegium* (**Dellille, 2007 ; Sutour, 2010**).

Nom botanique	Nom commun	Nom vernaculaire
<i>Mentha pulegium.</i>	En français : Herbe aux puces, Herbe de saint Laurent, Bléchon, Pouliot. En anglais : Penny royal.	En arabe : Feliou En targui ou berbère : Afligou, Félgou, Moursal, Temarsa.

4. La composition chimique de l'huile essentielle de *M. pulegium*

Le tableau suivant explique en détail les constituants avec leurs quantités de l'HE de *Mentha pulegium*.

Tableau 08 : Composition chimique de l'HE de *Mentha pulegium* (**Guy ; 2005**).

Constituants	Quantité (%)
α -pinene Cyclohexanone-3-	0.52
Methyl	0.26
β -pinene	0.39
Myrcene	0.16
Octanol-3	1.86
-2-carene	0.07
Limonène	1.88
p-mentha-3,8-diene	1.44
Menthone	0.19
Pinocarvone	1.27
Menthol	0.72

Chapitre 03 Généralité sur les plantes *Marrubium vulgare* L. et *Mentha pulegium* L.

Dihydrocarvone	4.64
R(+)-pulégone	71.48
Carvone	5.66
Peperitone	1.13
Caryophyllene	0.33
β -eudesmol	0.28
γ -eudesmol	0.49
Total	92.77

5. Utilisation traditionnelle

La menthe pouliot (*Mentha pulegium*) est principalement reconnue pour ses vertus thérapeutiques et insecticides, avec un goût plus amer qui la rend moins utilisée en cuisine. Historiquement, elle était peu connue, servant uniquement à former des couronnes lors des cérémonies religieuses, tandis que les Chinois appréciaient ses propriétés calmantes et antispasmodiques, et Hippocrate la voyait comme excitante, tandis que Pline soulignait son effet antalgique (**Kebissi, 2004**). Aujourd'hui, ses huiles essentielles (HE) sont couramment utilisées dans les cosmétiques, la parfumerie, l'industrie alimentaire (aromatisation des sauces, desserts, et boissons) et en aromathérapie pour stimuler et soulager les douleurs névralgiques (**Sutour, 2010**).

6. L'effet insecticide de la plante *Mentha pulegium* sur les insectes nuisibles

M. pulegium est une plante aromatique aux propriétés insecticides bien documentées, notamment grâce à ses huiles essentielles riches en monoterpènes comme le pulégone, la carvone et l' α -pinène. Des études récentes ont démontré son efficacité contre divers ravageurs et insectes vecteurs de maladies. Par exemple, **Ramzi et al. (2022)** ont évalué la toxicité fumigante de l'huile essentielle de *M. pulegium* contre les adultes femelles de *Culex pipiens*, un moustique vecteur du virus du Nil occidental. Les résultats ont montré que l'huile essentielle de cette plante surpassait l'efficacité du Deltaméthrine, un insecticide chimique, avec un taux de mortalité atteignant jusqu'à 97,71 % après 48 heures à une concentration de 312,5 μ L/L d'air.

Par ailleurs, **Abdoul-Latif et al. (2024)** ont exploré l'utilisation des nanoparticules de γ - Al_2O_3 synthétisées à partir des résidus de *M. pulegium*, y compris son huile essentielle, son extrait éthanolique et ses déchets végétaux. Ces nanoparticules ont été testées contre

Chapitre 03 Généralité sur les plantes Marrubium vulgare L. et Mentha pulegium L.

Xylosandrus crassiusculus, un ravageur du bois de caroubier dans la région du Moyen Atlas marocain. Les valeurs de DL_{50} obtenues (40 mg/g à 68 mg/g) ont montré une efficacité modérée par rapport à la perméthrine, un insecticide commercial, mais suggèrent néanmoins un potentiel intéressant en tant qu'alternative écologique. Ces résultats confirment que *M. pulegium* est une source prometteuse d'insecticides naturels, pouvant être utilisée sous forme d'huiles essentielles ou de nanoparticules, ouvrant ainsi des perspectives pour des solutions écologiques et durables en lutte anti-vectorielle et en protection des cultures.

Partie II

Partie Expérimentale

Chapitre 01

Matériel et Méthodes

Notre étude a été réalisée au laboratoire pédagogique du département des sciences de la nature et de la vie, situé au centre universitaire Abdel Hafid Boussouf de Mila.

Objective

Cette étude vise à évaluer l'impact des huiles essentielles des plantes *Mentha pulegium* et *Marrubium vulgare* sur le contrôle des insectes nuisibles, ainsi que leur effet répulsif vis-à-vis des insectes des denrées stockées, tels que *Tribolium castaneum* et *Callosobruchus maculatus*.

1. Matériel végétal

1.1 Récolte des plantes

Les feuilles de *Mentha pulegium* et *Marrubium vulgare* ont été récoltées en Algérie, dans la région de Grarem Gouga, Wilaya de Mila. Après leur récolte, les feuilles fraîches ont été séchées à l'abri de la lumière, dans un endroit sec et aéré, pendant environ 20 jours. Une fois séchées, elles ont été broyées en poudre à l'aide d'un broyeur électrique, puis conservées à température ambiante.



Figure 08 : La plante de *Mentha pulegium*



Figure 09 : La plante de *Marrubium vulgare*

1.2 Présentation de la zone d'étude

La wilaya de Mila, située dans le nord-est de l'Algérie, est bordée au nord par les wilayas de Jijel et Skikda, à l'est par celle de Constantine, au sud par les wilayas de Batna et Oum El Bouaghi, et à l'ouest par la wilaya de Sétif. Elle est composée de 13 daïras et couvre une superficie de 3.480 km², soit environ 0,14 % de la superficie totale du pays. Sa population est de 865 370 habitants, ce qui donne une densité de 248,7 habitants par km².

La région de Grarem Gouga est située à environ 60 km au sud de la wilaya de Mila, avec les coordonnées géographiques suivantes :

- Station : Grarem Gouga
- Latitude : 36,5167
- Longitude : 6.33333
- Superficie : 141,14 km²



Figure 10 : Localisation géographique de la zone d'étude (Greram Gouga) wilaya de Mila.

1.3 L'extraction des huiles essentielles

L'huile essentielle a été extraite par hydrodistillation des feuilles et des graines sèches de *Marrubium vulgare* et *Mentha pulegium* pendant 3 heures, en utilisant un appareil de type Clévenger. Un ballon de 500 ml contenant 250 ml d'eau distillée et 250 g de matière végétale a été porté à ébullition à l'aide d'un chauffe-ballon. La vapeur générée, entraînant les composés volatils, a ensuite été dirigée vers un réfrigérant maintenu entre 15°C et 18°C afin de condenser les vapeurs. Les huiles essentielles obtenues ont été collectées et stockées dans des flacons en verre opaque à une température de 4°C (Merabet, 2018). Enfin, elles ont été déshydratées à l'aide de sulfate de sodium (Abed, Messadia et al., 2021).



Figure 11 : Montage d'hydrodistillation (Clévenger).

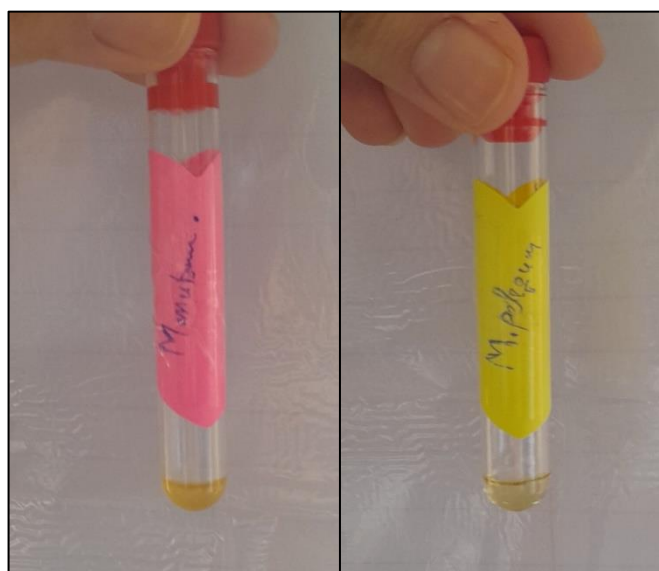


Figure 12 : Les huiles essentielles de *M. vulgare* et *M. pulegium*.

1.4. Détermination du rendement

Le rendement en huile essentielle (RHE) représente le rapport entre la masse d'huile essentielle (m HES) extraite et la masse de matière végétale (m MV) employée pour l'extraction (Afnor, 2000). Il est exprimé en pourcentage et se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$\text{RHES \%} = \frac{M_{HE}}{M_{mv}} \times 100$$

R_{HES} : Rendement de l'extraction des HES en pourcentage (%).

M_{HE} : Masse de l'HE récupérée en gramme (g).

M_{mv} : Masse d'essai de la matière végétale sèche utilisée en gramme (g).

2. Matériel entomologique

Afin d'examiner les propriétés d'effet répulsives de l'huile essentielle des plantes *Marrubium vulgare* et *Mentha pulegium*, nous avons sélectionné deux principaux ravageurs des denrées stockées : *Tribolium castaneum* et *Callosobruchus maculatus*.

2.1 Les ravageurs des denrées stockées

2.1.1 Identification

Nous avons examiné des échantillons de semoule et pois chiche infestés par des insectes. Après les avoir tamisés, nous avons trié les insectes recueillis selon leur morphologie à l'aide d'une pince entomologique, puis nous les avons identifiés à l'aide d'une loupe binoculaire. L'identification consistait à classer chaque insecte en déterminant sa famille, son genre et, si possible, son espèce, en consultant les clés d'identification des principales espèces nuisibles dans les denrées stockées, appartenant aux familles des Tenebrionidae et des Bruchidés (Georg, 2017).

❖ *Tribolium castaneum*

L'adulte de *Tribolium castaneum* se reconnaît à sa couleur brun rougeâtre et à la distinction bien marquée entre ses trois parties corporelles : la tête, le thorax et l'abdomen. Ses antennes, en forme de massue, possèdent trois derniers segments plus volumineux, formant une extrémité distincte. Quant à la larve, elle se caractérise par la présence de deux urogomphes brun foncé, très aigus à leur extrémité, un critère souvent utilisé pour différencier *T. castaneum* des autres coléoptères.



Figure 13 : Adulte de *Tribolium castaneum*.

❖ *Callosobruchus maculatus*

Parmi les différents genres du groupe *Callosobruchus*, *Callosobruchus maculatus* se distingue par plusieurs critères morphologiques spécifiques. L'adulte mesure environ 2,5 à 4 mm de long, avec un corps ovale, bombé et de couleur brun à brun rougeâtre, souvent orné de taches claires sur les élytres. Contrairement à certaines espèces proches dont les élytres recouvrent complètement l'abdomen, chez *C. maculatus*, ces derniers sont plus courts et laissent partiellement visibles les derniers segments abdominaux. La tête est prognathe, bien développée, et les antennes sont filiformes, plus longues chez le mâle que chez la femelle. Un trait distinctif important est la présence de fémurs postérieurs renflés et munis de petites épines, adaptés au saut, ce qui le différencie d'autres espèces du même genre moins spécialisées à ce niveau. Les œufs, pondus à la surface des graines, sont translucides et bien adhérents, tandis que la larve, apode et arquée, se développe entièrement à l'intérieur de la graine. Ces caractères morphologiques et biologiques permettent de différencier *C. maculatus* des autres espèces du genre *Callosobruchus*, telles que *C. chinensis* ou *C. analis*, qui peuvent présenter des variations dans la forme corporelle, la longueur des élytres ou encore les motifs colorés du corps (Mallamaire, 1962).

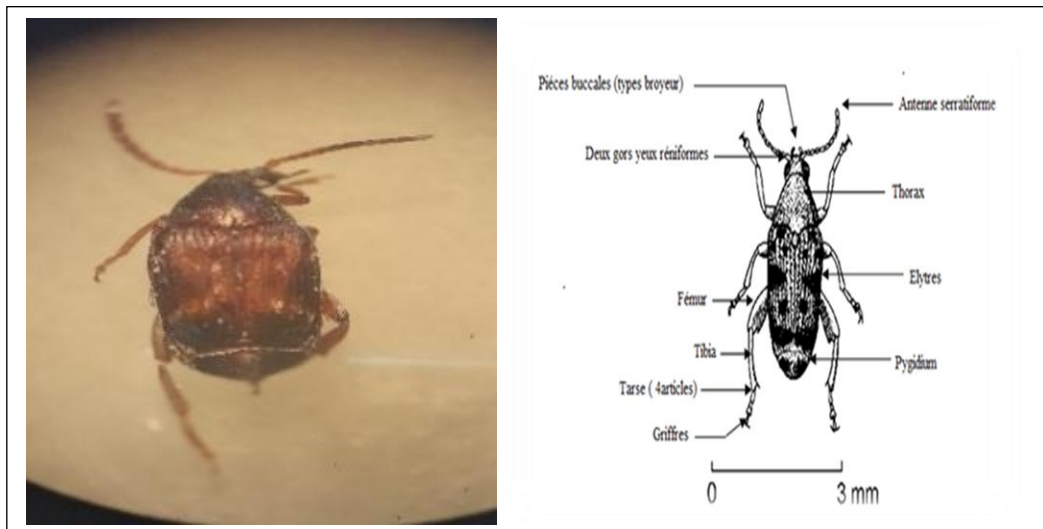


Figure 14 : Adulte de *Callosobruchus maculatus*.

2.1.2. Elevage des insectes

Les deux espèces de ravageurs étudiées ont été élevées en masse dans de la semoule et de pois chiche sous des conditions contrôlées : une température d'environ 32,8 °C, une humidité de 60 % et une obscurité totale au laboratoire. Les élevages ont été réalisés dans des récipients en plastique d'une hauteur de 15 cm et d'un diamètre de 25 cm, remplis aux trois quarts de semoule fine saine. Plus d'une centaine d'insectes d'âges indéterminés y ont été introduits, puis les récipients ont été recouverts d'un tissu à mailles fines pour assurer l'aération. L'objectif de cet élevage était de maintenir et de multiplier les générations d'insectes afin d'obtenir un nombre suffisant d'individus (**Hamidouche, 2020**).

Par la suite, un tamisage a été effectué pour séparer les larves et les adultes de chaque espèce. Ces derniers ont ensuite été placés dans des boîtes de Pétri de 9 cm de diamètre et 1,5 cm de hauteur en vue du test de contact.



Figure 15 : Elevage de *Tribolium castaneum* au laboratoire.



Figure 16 : Elevage de *Callosobruchus maculatus* au laboratoire.

2.1.3 Teste répulsif

Une solution mère contenant 10 mg d'huile essentielle de *M. pulegium* et *M. vulgare* a été préparée en le dissolvant dans 10 ml d'éthanol. Différentes doses (1,25, 2,5 et 5 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$) ont été préparées dans de l'éthanol. Des disques de papier filtre d'un diamètre de 9 cm sont divisés en deux parties égales. Une moitié du papier est imprégnée avec l'huile essentielle (1 mL) afin d'assurer une répartition homogène, tandis que l'autre moitié est traitée par 1 mL de l'éthanol. Ensuite les moitiés du papier imprégnées sont séchées à l'air libre pendant 5 à 10 minutes avant d'être reconstituée en disques et placée dans des boîtes de Pétri. Dans chaque boîte, 15 individus de *Callosobruchus maculatus* sont disposés au centre du papier filtre, avec trois répétitions pour chaque dose. Le même protocole est répété pour le *Tribolium castaneum*, avec 15 insectes par boîte. Après un traitement de 2 heures, le dénombrement de ces insectes sur les demi-disques est effectué.

Le pourcentage de répulsion (PR) est ainsi calculé selon la formule utilisée par (Nerio et al., 2009) et classé selon (Donald et al., 1970).

$$\text{Pourcentage de répulsion (\%)} = (\text{NC}-\text{NT}) / (\text{NC}+\text{NT}) \times 100.$$

NC : Nombre d'insectes présents sur le demi-disque sèche.

NT : Nombre d'insecte présents sur le demi-disque traité avec l'huile de *Mentha pulegium* et *Marrubium vulgare*.

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

Classes	Taux de répulsion	Propriétés
0	<0,1%	N'est pas répulsive
I	0,1%-20,0%	Très faiblement répulsive
II	20,1%-40,0%	Faiblement répulsive
III	40,1%-60,0%	Modérément répulsive
IV	60,1-80,0%	Répulsive
V	80,1%-100,0%	Très répulsive



Figure 17 : Tubes contiennent des solutions diluées des huiles essentielles de *M. vulgare* et *M. pulegium*.



Figure 18 : Teste répulsif des huiles essentielles de *M. vulgare* et *M. pulegium* sur les adultes de *T. castaneum*.

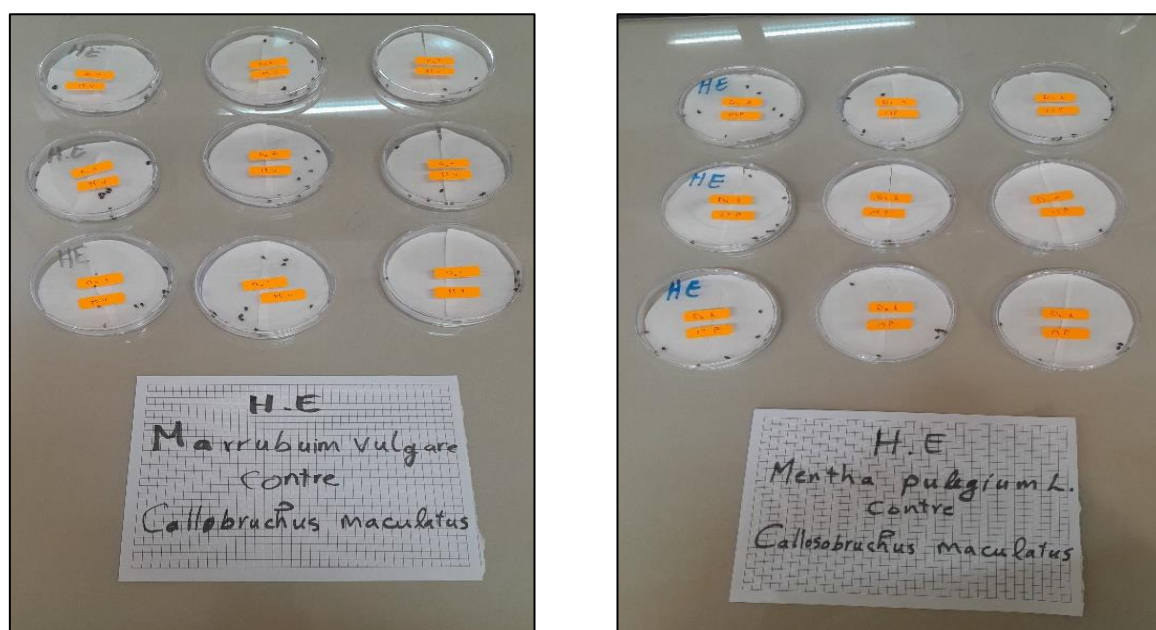


Figure 19 : Teste répulsif des huiles essentielles de *M. vulgare* et *M. pulegium* sur les adultes de *C. maculatus*.

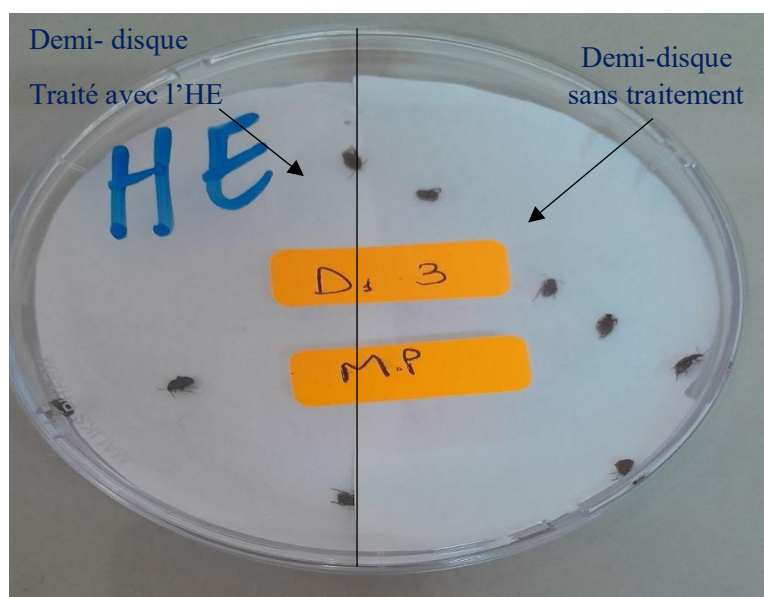


Figure 20 : Teste répulsif d’huile de *Mentha pulegium* sur les adultes de *Callosobruchus maculatus*.

3. Calculs statistiques

L'analyse statistique a été réalisée au moyen du logiciel SPSS Statistics version 22.0. Toutes les données ont été représentées en termes de moyennes $\pm$ écart-types. Les valeurs de DR_{50} et DR_{95} ont été déterminées à l'aide d'un graphique log-probit.

Chapitre 02

Résultats et discussion

1. Rendement des huiles essentielles de *Mentha pulegium* et *Marrubium vulgare*

L'hydro-distillation des plantes *Mentha pulegium* et *Marrubium vulgare* a permis d'extraire des huiles essentielles aux caractéristiques organoleptiques distinctes. L'huile essentielle de *Mentha pulegium* se caractérise par une forte odeur aromatique, une couleur jaune pâle et une texture liquide et limpide, avec un rendement de 0,25 %. En comparaison, celle de *Marrubium vulgare* présente également une forte odeur aromatique, mais avec une couleur jaune foncé et une consistance pâteuse, affichant un rendement plus élevé de 0,5 %.

Tableau10 : Rendement et caractéristiques organoleptiques des huiles essentielles de *Mentha Pulegium* et *Marrubium vulgare*.

Huile essentielle	Caractéristiques organoleptiques			Rendement
	Odeur	Couleur	Aspect	
<i>Mentha pulegium</i>	Dégage une forte odeur (aromatique)	Jaune pale	Liquide et limpide	0,25%
<i>Marrubium vulgare</i>	Dégage une forte odeur (aromatique)	Jaune foncé	Pâte	0,5%

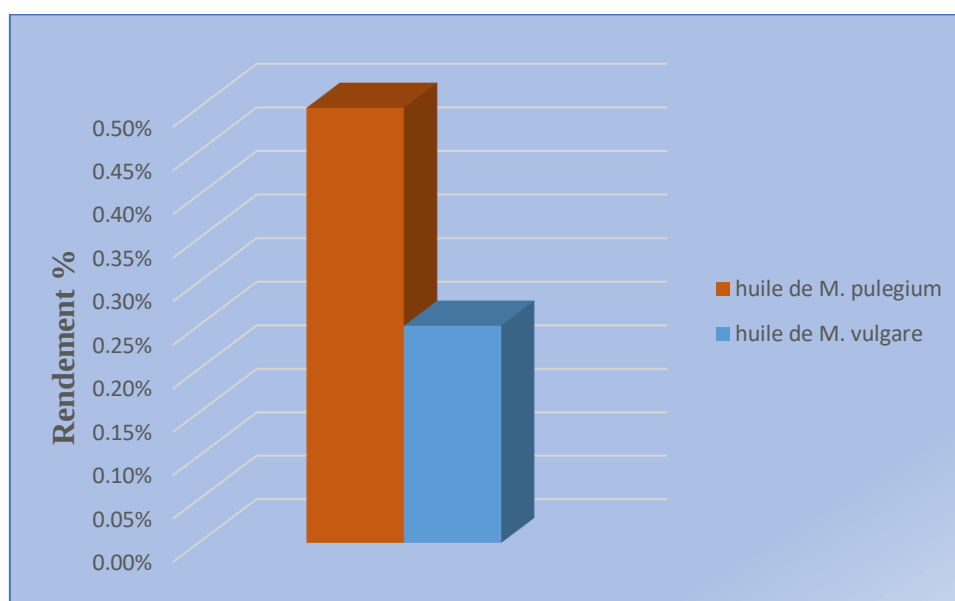


Figure 21 : Rendement d'HE de *Mentha pulegium* et *Marrubium vulgare*.

Les résultats de notre étude indiquent un rendement en huile essentielle (HE) de 0,25 % pour *Mentha pulegium* et de 0,5 % pour *Marrubium vulgare*. Cette recherche apporte une contribution précieuse à la compréhension de la production d'HE chez ces espèces, bien qu'une mise en perspective avec les travaux antérieurs soit nécessaire pour une interprétation approfondie. De plus, nos résultats se révèlent globalement cohérents avec plusieurs études antérieures. Concernant *Mentha pulegium*, par exemple, **Hammadi (2017)** a rapporté un rendement de 3,24 %, tandis que **Montes et al. (1986)** ont observé un rendement de 2,3 % au Chili. De même, **Kokkini et al. (2004)** ont étudié cette espèce dans différentes régions de Grèce, enregistrant des rendements variant entre 1,0 % et 3,8 %.

En Algérie, **Beghidja et al. (2007)** ainsi que **Benabdallah (2008)** ont évalué les rendements en huile essentielle de la menthe pouliot récoltée dans diverses régions, notamment Jijel et El Kala. Leurs résultats variaient entre 1,16 % et 2,19 % pour les premières, tandis qu'un rendement de 1,45 % a été observé dans la région d'El Kala.

Pour ce qui est du *Marrubium vulgare*, **Rezazi et al. (2017)** ont rapporté un rendement de 0,05 % en Algérie. D'autres auteurs ont obtenu des rendements inférieurs au nôtre : **Kadri et al. (2011)** et **Hamdaoui et al. (2013)**, en Tunisie, ont enregistré respectivement des valeurs de 0,02 % et 0,34 %. En Égypte, **Salama et al. (2012)** ont observé un rendement de 0,2 %. Ces variations de rendement peuvent être attribuées à divers facteurs environnementaux. En effet, l'huile essentielle est un produit métabolique des cellules végétales dont la composition, tant quantitative que qualitative, est fortement influencée par les conditions climatiques (type de climat, altitude, ensoleillement), la nature du sol, le stade de croissance de la plante, le moment de la récolte, ainsi que la méthode d'extraction utilisée **Besombes (2008)** ; **Béjaoui et al. (2013)**.

2. Effet répulsif des huiles essentielles de *M. pulegium* et *M. vulgare* contre les adultes de *C. maculatus* après 2h

Les résultats de notre étude sur l'effet des huiles essentielles des *M. pulegium* et *M. vulgare* sur *C. maculatus* ce qui nous avons pris après 2h sont indiqués dans le tableau numéro 11 et le graphique numéro 22 ci-dessous, tendent aux huiles essentielles des *M. pulegium* et *M. vulgare* présente un effet répulsif significatif contre *C. maculatus* à différentes concentrations.

On observe que l'augmentation de la concentration entraîne une hausse de la répulsivité pour les deux huiles. L'huile essentielle de *M. pulegium* se révèle plus efficace que celle de *M. vulgare*, atteignant un taux de répulsivité de 73 % à 5 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$, contre 60 % pour *M. vulgare* à la même concentration. Ces résultats suggèrent un potentiel intéressant des huiles essentielles comme agents répulsifs naturels, avec une efficacité variable selon l'espèce végétale et la concentration utilisée.

Tableau 11 : Effet répulsif des huiles essentielles de *M. pulegium* et *M. vulgare* contre les adultes de *C. maculatus*.

Huiles	Concentration ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$)	Répulsivité (%)
H.E de <i>M. vulgare</i>	1,25	24 $\pm$ 0,31
	2,5	56 $\pm$ 0,31
	5	60 $\pm$ 0,01
H. E de <i>M. pulegium</i>	1,25	53 $\pm$ 0,30
	2,5	67 $\pm$ 0,11
	5	73 $\pm$ 0,23

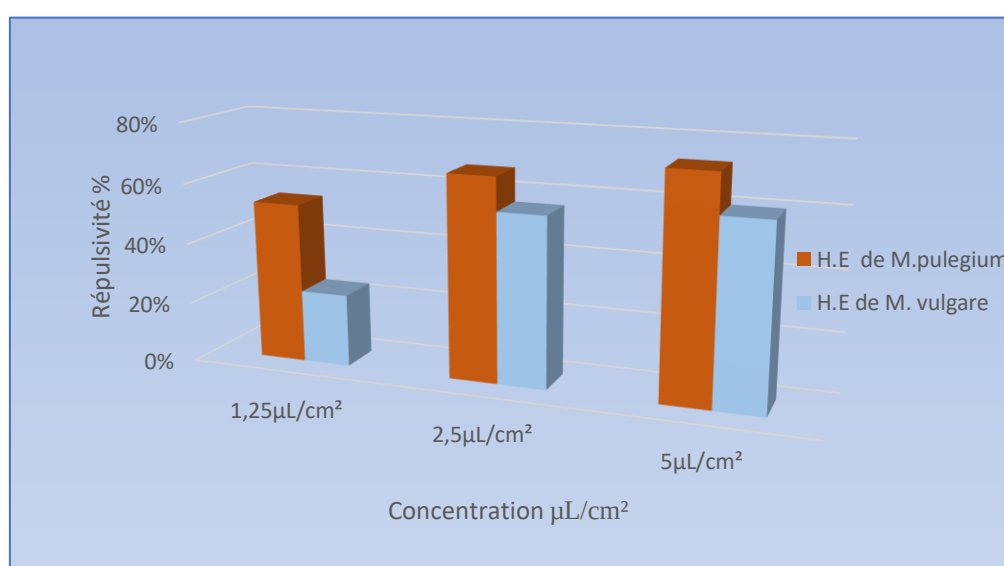


Figure 22 : Effet répulsif d'huile essentielle de *M. pulegium* et *M. vulgare* contre les adultes de *C. maculatus*.

3. Effet répulsif des huiles essentielles de *M. pulegium* et *M. vulgare* contre les adultes de *T. castaneum* après 2h

Les résultats de notre étude sur l'effet des huiles essentielles des *M. pulegium* et *M. vulgare* sur *T. castaneum* ce qui nous avons pris après 2h sont indiqués dans le tableau et le graphique ci-dessous, tendent aux huiles essentielles des *M. pulegium* et *M. vulgare* présente un effet répulsif significatif contre *T. castaneum* à différentes concentrations.

On observe que l'augmentation de la concentration entraîne une augmentation du pourcentage de répulsivité pour les deux huiles. L'huile essentielle de *M. vulgare* montre un effet répulsif plus marqué à toutes les concentrations, atteignant 64 % à 5 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$, contre 60 % pour *M. pulegium* à la même concentration. Cependant, à 1,25 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$, *M. pulegium* affiche une répulsivité plus élevée (39,95 %) comparée à *M. vulgare* (24,44 %). Ces résultats suggèrent que les deux huiles ont un potentiel répulsif significatif, mais leur efficacité varie selon la concentration utilisée.

Tableau 12 : Effet répulsif des huiles essentielles de *M. pulegium* et *M. vulgare* contre les adultes de *T. castaneum*.

Huiles	Concentration ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$)	Répulsivité (%)
H.E de <i>M. vulgare</i>	1.25	24,44 $\pm$ 0,31
	2.5	55 $\pm$ 0,33
	5	64 $\pm$ 0,41
H. E de <i>M. pulegium</i>	1.25	39,95 $\pm$ 0,09
	2.5	42,19 $\pm$ 0,33
	5	60 $\pm$ 0,01

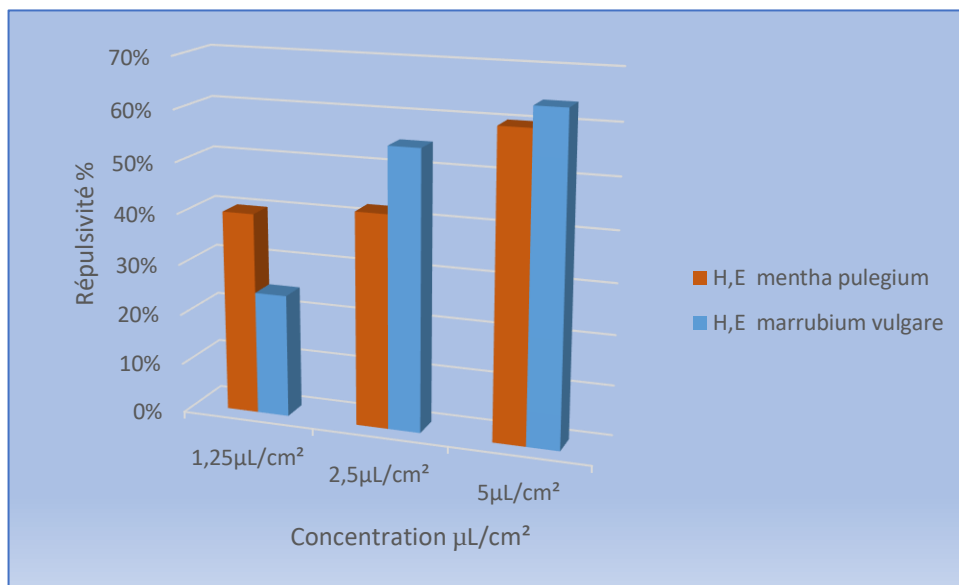


Figure 23 : Effet répulsif d’huile essentielle de *M. pulegium* et *M. vulgare* contre les adultes de *T. castaneum*.

4. Dose répulsif (DR₅₀) et (DR₉₅) des huiles essentielles de *M. pulegium* et *M. vulgare* contre les adultes de *C. maculatus* et *T. castaneum* après 2h.

Les résultats obtenus de notre étude, montrent que les deux huiles essentielles, *Mentha pulegium* et *Mentha vulgare*, exercent un effet répulsif variable sur les adultes de *Callosobruchus maculatus* et *Tribolium castaneum* après 2 heures d’exposition.

Chez *C. maculatus*, *M. pulegium* présente une DR₅₀ plus faible (2,32 µL/cm²) que *M. vulgare* (3,51 µL/cm²), ce qui indique une meilleure efficacité répulsive à plus faible dose. Cette tendance est également observée pour la DR₉₅. Le test du chi-deux révèle une différence statistiquement significative pour *M. pulegium* ($P = 0,015$), confirmant la performance répulsive plus marquée de cette huile sur cette espèce.

Chez *T. castaneum*, les deux huiles présentent des valeurs de DR₅₀ proches (3,47 µL/cm² pour *M. pulegium*, 3,26 µL/cm² pour *M. vulgare*), suggérant une efficacité comparable. Cependant, aucune des deux huiles n’a montré de différence significative ($P > 0,05$), indiquant que les variations observées pourraient ne pas être statistiquement solides à cette durée d’exposition.

Globalement, *M. pulegium* semble plus efficace sur *C. maculatus*, tandis que l'efficacité des deux huiles est similaire sur *T. castaneum*. Ces résultats suggèrent que la répulsivité dépend à la fois de l'espèce cible et de la composition chimique de l'huile.

Tableau 13 : Dose répulsif (DR_{50}) et (DR_{95}) des huiles essentielles de *M. pulegium* et *M. vulgare* contre les adultes de *C. maculatus* et *T. castaneum* après 2h.

Insectes	Huiles	DR_{50} ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$)	DR_{95} ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$)	X^2	P
<i>C. maculatus</i>	<i>M. pulegium</i>	2,32	6,78	8,39	0,015
	<i>M. vulgare</i>	3,51	8,20	4,71	0,095
<i>T. castaneum</i>	<i>M. pulegium</i>	3,47	8,81	5,28	0,071
	<i>M. vulgare</i>	3,26	7,43	3,97	0,13

DR_{50} - DR_{95} : La dose répulsive pour repousser 50% et 95% des insectes après 2h respectivement

X^2 : Khi-deux

P : valeur significative

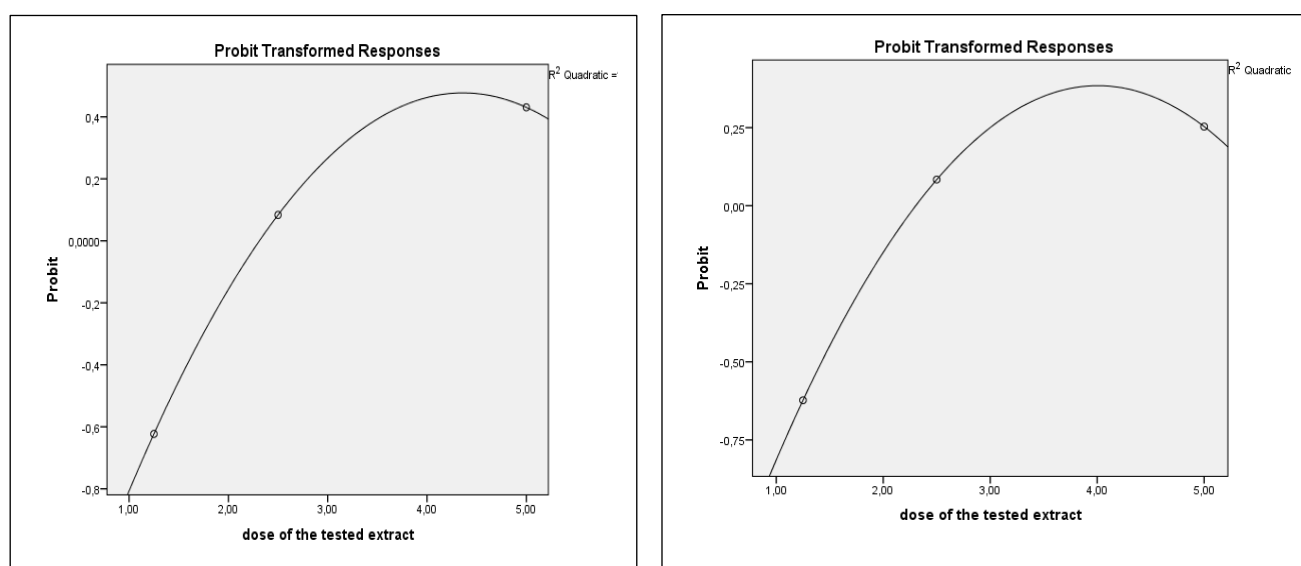


Figure 24 : Graphique log-probit de l'effet répulsif de l'huile essentielle de *M. vulgare* contre les adultes de *C. maculatus* (à droite) et *T. castaneum* (à gauche).

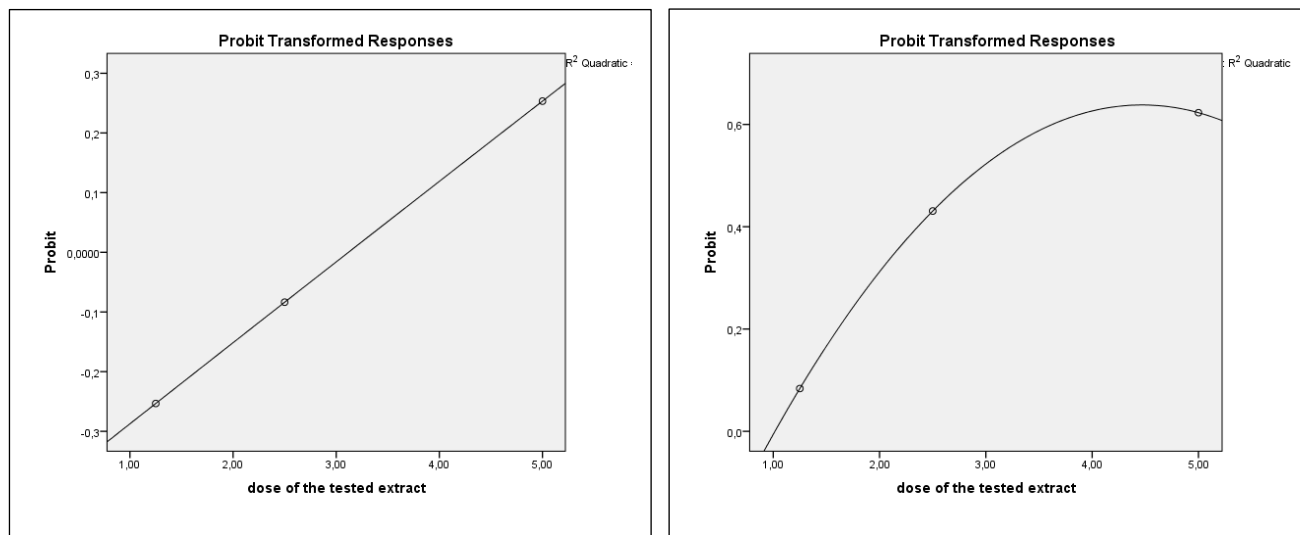


Figure 25 : Graphique log-probit de l'effet répulsif de l'huile essentielle de *M. pulegium* contre les adultes de *C. maculatus* (à droite) et *T. castaneum* (à gauche).

Discussion

Les résultats de cette étude révèlent que les huiles essentielles de *Mentha pulegium* et *Marrubium vulgare* exercent un effet répulsif significatif vis-à-vis des adultes de *Callosobruchus maculatus* et *Tribolium castaneum*, avec une relation dose-réponse claire. Les valeurs de DR_{50} obtenues indiquent que *M. pulegium* est légèrement plus efficace contre *C. maculatus* ($DR_{50} = 2,32 \mu\text{L}/\text{cm}^2$) que *M. vulgare* ($DR_{50} = 3,51 \mu\text{L}/\text{cm}^2$), tandis que pour *T. castaneum*, *M. vulgare* présente une DR_{50} inférieure ($3,26 \mu\text{L}/\text{cm}^2$) à celle de *M. pulegium* ($3,47 \mu\text{L}/\text{cm}^2$), suggérant une efficacité comparable entre les deux espèces végétales contre ce coléoptère des denrées.

Ces résultats sont en accord avec plusieurs travaux antérieurs. Par exemple, **Khelil (2015)** a démontré une répulsivité croissante de l'huile essentielle de *Mentha longifolia* contre *T. castaneum*, atteignant jusqu'à 100 % de répulsion à 15 μL . De manière similaire, **Khouas et Sadi (2023)** ont mis en évidence une efficacité supérieure de *Mentha piperita* avec un taux de répulsivité de 80 % à 40 μL , contre seulement 60 % pour *M. pulegium* à 5 $\mu\text{L}/\text{mL}$. Ces données confirment que les huiles essentielles du genre *Mentha* présentent des activités répulsives variables selon l'espèce et la concentration, mais avec une tendance générale d'efficacité accrue à des doses plus élevées.

En ce qui concerne *M. pulegium*, **Abdelli et al. (2016)** ont rapporté une mortalité de 100 % chez *T. castaneum* après exposition à 10–20 μL de l'huile essentielle par inhalation,

soulignant non seulement son effet répulsif mais également son potentiel toxique. Pour *C. maculatus*, **Tihachachet (2019)** a noté une répulsion maximale de 80 % à 1 μ L, montrant que cette espèce est aussi sensible à cette huile essentielle.

Concernant *Marrubium vulgare*, bien que peu d'études aient été menées sur son effet répulsif spécifique contre *T. castaneum* et *C. maculatus*, plusieurs recherches ont mis en évidence son potentiel insecticide contre d'autres ravageurs. **Aouati et Berchi (2015)** ont démontré une mortalité de 59 % des larves de *Culex pipiens* après exposition à 900 mg/L d'extrait aqueux de *M. vulgare*. De même, **Davoud et al. (2020)** ont observé une toxicité modérée contre les larves de *Phthorimaea operculella*, avec une CL_{50} de 34,79 g/L. En outre, **Alqurashi et Bakhawain (2010)** ont signalé un effet répulsif et insecticide significatif de l'extrait éthanolique de *M. vulgare* contre *Oryzaephilus surinamensis*, un autre insecte ravageur des grains stockés.

Ces résultats confirment l'intérêt croissant porté aux huiles essentielles comme alternatives écologiques aux insecticides chimiques. Le profil bioactif de *M. vulgare*, notamment sa richesse en composés terpéniques, pourrait expliquer son efficacité insecticide et répulsive. Selon **Mahdi et al. (2017)**, cette plante offre une méthode de lutte prometteuse à la fois efficace et respectueuse de l'environnement.

En résumé, les huiles essentielles testées montrent une efficacité répulsive dose-dépendante contre les deux espèces d'insectes étudiées. *Mentha pulegium* et *Marrubium vulgare* se révèlent être des agents botaniques intéressants dans la gestion intégrée des ravageurs des denrées stockées, notamment grâce à leurs faibles DR_{50} , leur action rapide et leur profil écologique favorable. Toutefois, des recherches complémentaires, notamment en conditions réelles de stockage, seraient nécessaires pour confirmer leur potentiel à grande échelle.

Conclusion

Conclusion

Les effets néfastes des pesticides chimiques ont conduit à la recherche d'alternatives plus respectueuses de l'environnement pour lutter contre les insectes ravageurs des denrées stockées. Parmi ces alternatives, l'utilisation des huiles essentielles se distingue comme une solution biologique prometteuse, en raison de leur richesse en composés bioactifs ayant des propriétés insecticides. Dans ce contexte, cette étude vise à évaluer le potentiel bioactif des huiles essentielles de deux plantes, *Mentha pulegium* et *Marrubium vulgare*, dans le cadre de la lutte contre deux redoutables ravageurs de graines stockées : *Tribolium castaneum* et *Callosobruchus maculatus*.

Les résultats obtenus démontrent que les huiles essentielles de *Mentha pulegium* et *Marrubium vulgare* exercent un effet significatif sur les insectes nuisibles étudiés. Leur activité répulsive varie en fonction des concentrations utilisées et des espèces ciblées. De manière plus marquée, l'huile essentielle de *M. pulegium* s'est révélée plus efficace que celle de *M. vulgare*, notamment contre certaines espèces telles que *T. castaneum* et *C. maculatus*. Par ailleurs, les doses répulsives testées apportent des preuves concrètes de leur potentiel dans la lutte contre les ravageurs.

A partir de notre étude on peut conclure que les deux huiles essentielles étudiées présentent un effet répulsif contre les deux ravageurs, et nous devons poursuivre ces travaux en mettant en évidence l'action synergique de deux ses huiles essentielles dans la lutte contre l'insecte ravageur des denrées stockée.

L'avenir de ce domaine de recherche repose sur une meilleure compréhension des modes d'action des huiles essentielles, ainsi que sur l'élargissement de leur champ d'application à d'autres domaines, comme la protection phytosanitaire ou la gestion des nuisibles en milieu de stockage. Des recherches complémentaires pourraient s'intéresser à l'amélioration des formulations afin de faciliter leur utilisation sur le terrain. Par ailleurs, l'étude de leur efficacité sur d'autres espèces de ravageurs, ainsi que l'évaluation de leur impact à long terme, pourrait contribuer à développer des stratégies de lutte plus durables et respectueuses de l'environnement.

Références bibliographiques

Références

- **Abdelli M., Moghranu H., Aboun A., 2016.** Algerian *Mentha pulegium* L. leaves essential oil: Chemical composition, antimicrobial, insecticidal and antioxidant activities, vol.94, p.197-205.
- **Abdoul-Latif F.M., Ejjabraoui M., Ainane A., Hachi T., Mohamed J., Oumaskour K., Boujaber N., El Montassir Z., Ainane T., 2024.** Correlation of the Diffusion Parameters and the Biological Activities in the Formulation of *Pinus halepensis* Essential Oil in Phosphogypsum Material. *Appl. Sci*13, 5358.
- **Abed S., Messaadia B., Djessas M., 2021.** Etude des propriétés physicochimiques et biologiques de *Thymus vulgaris* Mémoire de master. Université des Frères Mentouri Constantine Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie.p11.
- **Aćimović M., Jeremić K., Salaj N., Gavarić N., Kiproviski B., Sikora V., Zeremski T., 2020.** *Marrubium vulgare* L.: A phytochemical and pharmacological overview. *Molecules*, 25(12), 2898.
- **Afnor., 2000.** Recueil de normes Francaises “Huiles essentielles”, AFNOR, Paris. AFNOR NFT 75- 006. 2000.
- **Agnihotri V.K., Agarwal S.G., Dhar P.L., Thappa R.K., Kapahi B.K., Saxena R.K., Qazi G.N., 2005.** Essential oil composition of *Mentha pulegium* L growing wild in the north-western Himalayas India. *Flavour Fragr. J.* 20 : 607-610.
- **Ahvazi M., Balali G.R., Jamzad, Z., Saeidi H., 2018.** A taxonomical, morphological and pharmacological review of *Marrubium vulgare* L., an old medicinal plant in Iran. *Journal of Medicinal Plants*, 17(65), 7-24.
- **Al kadi A., 1989.** Usage de quelques plantes dans la médecine populaire en Libbie, Vol1-2.
- **Allotey J., Oyewo E.O., 2004.** Some aspects of the biology and control of *Callosobruchus maculatus* (F.) on some stored soybean, *Glycine max* (L.) Merr, varieties under tropical conditions. *Proceedings of the Ghana Science Association*, 26, 14-18.
- **Alqurashi A.D., Bakhashwain A.A., 2010.** INSECTICIDAL AND REPELLENT EFFECT OF SOME INDIGENOUS PLANT Extracts Against Saw-Toothed Grain Beetle, *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Sivanidae), 1(8): 665 – 672.
- **Amri B., Martino E., Vitulo F., Corana F., Kaâb L.B.B., Rui M., Rossi D., Michela Mori M., Rossi S., Collina S., 2017.** *Marrubium vulgare* L. leave extract: Phytochemical composition, antioxidant and wound healing properties. *Molecules*, 22(11), 1851.
- **Anonyme 4, 2016.** Wwww. Wikipedia. Org.
- **Aouadhi G., Ghazghazi H., Hasnaoui B., Maaroufi A., 2013.** Comparaison de l’activité

Références

antifongique d'extraits méthanoliques de trois plantes collectées du nord-ouest de la Tunisie. *Microbiol. Hyg. Alim*, 25, pp 9-14.

- **Aouati A., Berchis B, 2015.** Larvicidal effect of *Marrubium vulgare* on *Culex pipiens* in eastern Algeria. *Energy Procedia* 74, 1026 – 1031.
- **Arvy M.P., Gallouin F, 2003.** Epices, aromates et condiments. Ed. Belin, Paris. 412p.
- **Badiane D., Sarr M., Diop T.A., Ndiaye S, 2015.** Produits biologiques et variétés résistantes : alternatives aux pesticides chimiques dans la culture du coton. *Journal of Cotton Research and Development*, 29(2), 211–218.
- **Balachowsky A., Mensil L, 1936.** Les insectes nuisibles aux plantes cultivées, leurs mœurs, leur destruction. Ed. Busson., T.II., Paris, 1921p.
- **Balachowsky A.S., Pierre F, 1962.** Famille des Tenebrionidae. In Entomologie appliquée à l'Agriculture. Traité publié sous la direction d'A.S. Balachowsky Masson et Cie Editeurs. Tome I, Coléoptères, 1^{er} Vol., 374-392.
- **Balachowsky A.S., 1966.** Entomologie appliquée à l'agriculture Tome II, Vol. I, pp. 563-578. Masson et Cie, Paris, France.
- **Balachowsky A.S., 1962.** Entomologie appliquée à l'agriculture, les coléoptères. Ed. Masson et Cie, Paris, T1.564P. p 61-67.
- **Barbosa F.R., Yokoyama M., Pereira P.A.A., Zimmermann F.J.P, 2002.** Controle do caruncho-do-feijoeiro *Zabrotes subfasciatus* com óleos vegetais, munha, materiais inertes e malathion. *Pesqu. Agropecu. Bras.* 37, 1213-1217.
- **Beck C.W., L.S Blumer, 2007.** Bean beetles, *Callosobruchus maculatus*, a model system for inquiry - based undergraduate laboratories. 274 - 283pp, in *Tested Studies for Laboratory Teaching*, Volume 28 (M.A. O'Donnell, Editor). Proceedings of the 28th Workshop/Conference of the Association for Biology Laboratory Education (ABLE), p 403.
- **Beghidja N., Bouslimani N., Benayache F., Benayache S., Chalchat J.C, 2007.** Composition of the oils from *Mentha pulegium* grown in different areas of the east of Algeria. *Chem. Nat. Comp.* 43 : 481-483.
- **Béjaoui A., Boulila A., Boussaid M, 2013.** Chemical composition and biological activities of essential oils and solvent extracts of *Origanum vulgare subsp. glandulosum* Desf. from Tunisia. *J. Med. Plants Res.* 7 : 2429-2435.
- **Bekhechi C., 2008.** Analyse des huiles essentielles de quelques espèces aromatiques de la région de Tlemcen par CPG, CPG-SM et RMN 13 C et étude de leur pouvoir antibactérien. Thèse de Doctorat. Université de Tlemcen, Algérie.

Références

- **Bekon K., Flaurat L, 1989.** Evolution des pertes en matières sèche des grains dus à un ravageur secondaire : *Tribolium castaneum*. In. AUPELF-UREF, céréales en régions chaudes. Ed. John Libbey Eurotext, Paris ; pp 97-104.
- **Belhattab R., Larous L, 2006.** Essential oil composition and glandular trichomes of *Marrubium vulgare* L. growing wild in Algeria J Essent Oil Res 18: 369–73.
- **Bellakhdar J., 1997.** Médecine Arabe Ancienne et Savoirs Populaires, La pharmacopée marocaine traditionnelle. Ed. Le Fennecet Ibio Press, impression : *Dunes France*. P341.
- **Bellakhdar J., 1997.** Pharmacopée marocaine traditionnelle : Médecine arabe ancienne et savoirs populaires. Editions Ibis presse. Paris. pp. 764. 32.
- **Bennasr R., 2021.** Investigation phytochimique, évaluation des activités larvicide et anti acétylcholinestérase de différents extraits de *Mercurialis annua* L. Thèse de doctorat. Université de lorraine (France) et université de Carthage (Tunisie). P26.
- **Benabdallah A., 2008.** Contribution à l'étude histologique, phytochimique et antimicrobienne d'une plante aromatique et médicinale : *Mentha pulegium* L. Thèse de Magister, Département de Biologie, Faculté des sciences, Université Badji Mokhtar Annaba, Algérie.
- **Benayad N., 2008.** Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales Marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Projet de recherche. Faculté des Sciences Rabat, Maroc.
- **Benayad N., 2008.** Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Université Mohammed V – Agdal. Rabat, 63p.
- **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 *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera : *Bostichidae*) à base de poudre de plantes. Thèse. Mag. Science de la nature. Univ. Bejaia. 102p.
- **Besombes C., 2008.** Contribution à l'étude des phénomènes d'extraction hydrothermomécanique d'herbes aromatiques, Applications généralisées. Thèse de Doctorat. Université de La Rochelle. France.
- **Bilal S., 1987.** Étude des facteurs influençant le comportement de ponte chez *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera : *Bruchidae*). Thèse de doctorat, Université de Tours, France.

Références

- **Boisclair J., Estevez B., 2006.** Biodiversité et lutte naturelle contre les ravageurs en agriculture biologique. *Agriculture, Écosystèmes et Environnement*, 113(1-4), 1–4.
- **Boles P., 2011.** *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) Red Flour Beetle. Agricultural Research Service, United States, Departement of Agriculture.
- **Bonnet E.D., 2012.** Note sur le *Marrubium vulgare* L, nomenclature, taxonomie, synonymie. *Tela Botanica*, pp 282-287.
- **Bonneton F., 2010.** The beetle by the Name of *Tribolium* Typology and etymology of *Tribolium castaneum* Herbst, 1797. *Insect Bio Chemistry and Molecular Biology*, 38, description.
- **Bossou A.D, Ahoussi E., Ruysbergh E., Adams A., Smagghe G., De Kimpe N., Avlessi F., Sohounhloue D.C.K, Mangelinckx S, 2015.** Characterization of volatile compounds from three *Cymbopogon* species and *Eucalyptus citriodora* from Benin and their insecticidal activities against *Tribolium castaneum*. *Industrial Crops and Products*, 76: 306-317.DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015>.
- **Boughdad A., Huignard J., Barbier M., 1986.** Influence du tégument de la graine de *Vicia faba* sur le développement de *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera : Bruchidae). *Actes des Colloques Insectes Sociaux*, 3, 217-224.
- **Boukhatem M., Ferhat A., Kameli A., 2019.** Method d'extraction et de distillation des huiles essentielles. *Revue de littérature agrobiologia*, 03/09/2019, P1653-P1659.
- **Boullard B., 2001.** Plantes médicinales du monde. *Editions Estem*, pp 340-341.
- **Bouterfas K., Mehdadi Z., Elaoufi M.M., Latreche A., Benchiha W, 2016 .** Antioxidant activity and total phenolic and flavonoïds content variations of leaves extracts of white Horehound (*Marrubium vulgare* Linné) from three geographical origins. *Ann Pharm Fr*, [http://dx. doi. Org /10.1016 / j. pharma.2016.07.002](http://dx.doi.org/10.1016/j.pharma.2016.07.002)
- **Bouterfas K., Mehdadi Z., Latreche A., Hazem Z., Bouredja N, 2013.** Quantification de quelques polyphénols de *Marrubium vulgare* L. du mont de Tessala (Algérie occidentale) pendant les deux périodes de végétation et de floraison. *Journal les technologies de laboratoire*, 8(31), pp 34-41.
- **Bradshaw C. J. A., Leroy B., Bellard C., Roiz D., Albert C., Fournier A., Courchamp F, 2016.** Massive yet grossly underestimated global costs of invasive insects. *Nature Communications*, 7, 12986.

Références

- **Bumbrah G.S., Krishan K., Kanchan T., Sharma M., Sodhi G.S., 2012.** Phosphide poisoning: A review of literature. *Forensic Sci Int.* 214, 1-6.
- **Butler P.A., Lowe J.I., 1978.** Flowing sea water toxicity tests using oyster (*Crassostrea virginica*). In *Bioassay Procedures for the Ocean Disposal Permit Program*, EPA-600/9-78-010, 25-27.
- **Camara A., 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. Doct., Université de Québec., Montréal., 154p.
- **Cantino P.D., 1998.** Binomials, hyphenated uninominals, and phylogenetic Nomenclature.
- **Caswell G.H., 1961.** The infestation of cowpea the western region of Nigeria. *Tropical sciences* 3 : 154 – 158.
- **Caswell G.H., 1981.** Damage to stored cowpeas in Northern Nigeria. *Samaru J. Agric.* 1, 11- 19.
- **Chalchat J.C., Gorunovlc M.S., Maksimovlc Z.A., Petrovlc S.D., 2000.** Essential Oil of wild growing *Mentha pulegium* L. from Yugoslavia. *J. Essent. Oil Res.* 12 :598– 600.
- **Chandrashekar K., Srinivasa N., 2003.** Residual toxicity of selected pesticides, against two spotted spider mites *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) infesting French bean. *J. Ent. Res.* 27 : 197-201.
- **Christine B., 2001.** Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux, guide pratique. 2ème Edition, 124-154.
- **Crus J.F., Troude F., Griffon D., Hébert J.P., 1988** - Conservation des grains en régions chaudes. 2 Ed- « Techniques rurales en Afrique ». Ed. CEEMAT; Paris, p545.
- **Cruz J.F., Tourde F., Grion D., Hébert J.P., 1988.** Conservation des grains en régions chaudes, 2.éd. Techniques rurales en Afrique. Paris, France, Ministère de la coopération et du Développement.
- **Dellille L., 2007.** Les plantes médicinales d'Algérie. Berti éditions, Alger, 240.
- **Delobel A., Tran M., 1993.** Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes, ORSTOMICTA, Paris : p 425.
- **Delobel et Tran., 1993.** Les coléoptères alimentaires entroposées dans les regions chaudes. ORSTOM/ CTA. Faune tropicale 32. Paris 424p.
- **Dib S., Bouteldji M.R., 2016.** Effets insecticides de l'extrait des feuilles du *Marrubium vulgare* L. (*Marrube blanc*) sur le puceron *Aphis nerii* (Homop tera : Aphididae) pour

Références

l'obtention du diplôme de master. Option : Santé des plantes. UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ BOUIRA. P 4.

- **Diome T., 2014.** Biodémographie et diversité génétique des populations de *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera, Tenebrionidae) ravageur des grains de mil (*Pennisetum glaucum* Brown) en stock au Sénégal. Thèse de Doctorat unique en Génétique des populations, Université Cheikh Anta DIOP de Dakar. 103p.
- **Djahra A.B., Bordjiba O., Benkherara S., 2013.** Extraction, séparation et activité antibactérienne des tanins de *marrube blanc* (*Marrubium vulgare* L.). *Phytothérapie*, 11,348-352.
- **El-Desouky T. A., Mohamed M.I., Abdelgaleil S.A.M., 2018.** Insecticidal and biochemical effects of monoterpenes on *Tribolium castaneum* (Herbst). *Crop Protection*, 103, 171-178.
- **FAO., 2017.** Integrated pest management of major pests and diseases in eastern Europe and the Caucasus, FAO.
- **Fulke J.W.B., Henderson M.S., McCrindle R., 1968.** Some reactions of the diterpene marrubiin and its congeners. *Journal of the Chemical Society C: Organic*, 807-810.
- **Furlan L., Kreutzweiser D., 2015.** Alternatives to neonicotinoid insecticides for pest control: case studies in agriculture and forestry. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 135–147.
- **Gamisans J., Jeanmonod D., 1993.** Catalogue des plantes vasculaires de la Corse, secondes édition, Edition des conservatoires et jardins botaniques de la ville de Genève, Chambésy, 1993.
- **Georg G., 2017.** Petite manuel d'identification des principaux ravageurs des denrées stockées en Afrique de l'ouest. 10p.
- **Gueye A., Diome T., Thiaw C.H., Sembene M., Appl J., 1997.** Evolution des paramètres biodémographiques des populations de *Tribolium castaneum* H. (Coleoptera, Tenebrionidae) inféodé à l'mil (*Pennisetum glaucum* Leek) et le maïs (*Zeamays* L.) *Journal of Applied Biosciences*.
- **Gueye M.T., Seck D., Wathelet J.P., Lognay G., 2015.** Efficacy of traditional practices, *Mentha pulegium* and *Eucalyptus* oils in the control of stored millet and cowpea insect pests. *Journal of Stored Products Research*, 62, 22-30.
- **Guignard J.L., Dupont F., 2004.** Botanique : Systématique moléculaire, 13^{ème} Éd. Ed. Masson, Paris. 237 p.
- **Guy G., 2005.** Les plantes aromatiques et huile essentielle a graisse, édition l'Harmattan.

Références

- **Gwinner J., Harnisch R., Mück O, 1996.** Manuel sur la manutention et conservation des graines après récolte. Ed. GTZ. Allemagne, 368p.
- **Gwinner J., Harnish R., Mück O, 1996.** Manuel sur la manutention et la conservation des grains après récolte. Projet de protection des stocks et des récoltes, D- 65726 Eschborn, R.F.A., 388p.
- **Hagstrum D.W., 2001.** Immigration of insects into bins storing newly harvested wheat on 12 Kansas farms. J. Stored Prod. Res. 37, 221-229.
- **Hagstrum D.W., Phillips T.W, 2017.** Evolution of stored product entomology: protecting the world food supply. Ann. Rev. Entomol. 62, 372–397.
- **Hall D.W., 1970 -** Handling and Storage of Food Grains, in Tropical and Subtropical Areas, FAO. Rome, 350 p.
- **Hamdaoui B; Wannes W. A; Marrakchi M; Ben Brahim N; Marzouk B.J. Essent O.B. P.I, 2013.** 16, 608-612.
- **Hamidouche S., 2020.** *Activité de deux huiles essentielles sur un insecte ravageur des denrées stockées : Tribolium confusum* (Coleoptera ; Tenebrionidae). Mémoire de master. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. 15p.
- **Hammadi., 2017.** Effets insecticides de l’huile essentielle de mentha pulegium L.vis-à-vis du puceron noir de la fève (*Aphis fabae*). Mémoire de master, université Abedlhamid Ibn Badis, Mostaganem,31p.
- **Haubruge E., Shiffers B., Gabriel E., Verstraeten C, 1988.** Etude de la relation dose-efficacité de six insecticides à l’égard de *Sitophilus granarius* L., *S. oryzae* L., *S. zeamais* Mots. (Col., Curculionidae). Mededelingen Faculteit Land bouwwetens chappen Rijksuniversiteit Gent 53/2b, 719 -726.
- **Hennebelle T., Sahpaz S., Skaltsounis A. L., Bailleul F, 2007.** Phenolic compounds and diterpenoids from *Marrubium peregrinum*. *Biochem. Syst. Ecol.*, 35, pp 624–626.
- **Hérouini A., 2021.** *Impact des insectes ravageurs sur les céréales stockées.* Rapport ou publication, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO).
- **Hubert J., Münzbergová Z., Nesvorná M., Ságová-Marečková M., Kopecký J, 2018.** The role of mites and insects in the dissemination and survival of causative agents of mycoses in indoor environments. *Fungal Biology Reviews*, 32(2), 36-48.
- **Huignard J., Dugravot S., Ketoh K.G., Thibout E., Glitho A.I, 2002.** Utilisation de composés secondaires des végétaux pour la protection des graines d’une légumineuse, le niébé. Conséquences sur les insectes ravageurs et leurs parasitoïdes. Bio pesticides d’Origine

Références

Végétale. Ed. By C Regnault-Roger, BJR Philogène & C Vincent, Lavoisier Tech & Doc, Paris. pp. 133–149.

- **Huignard J., Leroi B., Alzouma I., Germain J.F, 1985.** Oviposition and development of *Bruchidius atrolineatus* and *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) in *Vigna unguiculata* in Niger. *Environmental Entomology*, 14(6), 828-831.
- **Inge de Groot K., 2004.** Protection des céréales et des légumineuses stockées. Ed. Fondation Agromisa, Wageningen, Pays Bas, 74 p.
- **Jahandiez E., Marie R, 1934.** Catalogues des plantes du Maroc, spermatophytes Et Ptéridophytes. Tome III. Ed. Paul Le chevalier, Paris.
- **Jaloux B., 2004.** La discrimination interspécifique par *Eupelmus vuilleti* (Hymenoptera : Eupemidae) des hôtes parasités par *Dinarmus basalis* (Hymenoptera : pteromalidae). Thèse de doctorat, Tours. 161p.
- **Jerraya A., 2003.** Principaux nuisibles des plantes cultivées et des denrées stockées en Afrique du Nord : leur biologie, leurs ennemis naturels, leurs dégâts et leur contrôle Ed° Climat Pub, Tunis, 415p.
- **Kadri A., Zarai Z., Békir A., Gharsallah N., Damak M., Gdoura R., Afr J.B, 2011.** 10, 3908-3914.
- **Kearney T.H., Peebles R.H, 1960.** Arizona flora. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California, p 1085.
- **Kebissi H., 2004.** Encyclopédie des herbes et plantes médicinales. Dar Al-Kotob Al-Iliyah, Beyrouth-Liban, 566.
- **Keita S.M., Vincent C., Schmidt J.P., Amason J.T., Belanger A, 2001.** Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicum* L applied as an insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus maculatus* (Fab) (Coleoptera: Bruchidae), *J Stored Prod Res*, Vol 37, pp 339-3349.
- **Kellouche A., 2005.** Etude du bruché du pois chiche *Callosobruchus maculatus* F (Coléoptera Bruchidae), physiologie, reproduction et lute, Thèse Doctorat d'état en Science Naturel, Univ T.O.Z, Spécialité : Entomologie, 216P.
- **Khan I., Prakash A., Agashe D, 2016.** Divergent immune priming responses across flour beetle life stages and populations. *Ecology and evolution*, 6(21), 7847-7855.
- **Khani A., Asghari J, 2012.** Insecticide activity of essential oils of *Mentha longifolia*, *Pulicaria gnaphalodes* and *Achillea* 974 S. M. DIOP et al. / *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 15(3): 966-975, 2021.

Références

- **Khelil H., 2015.** Extraction des huiles essentielles et des polyphénols, de deux Lamiacées : Evaluation de leur activité antimicrobienne et insecticide. Mémoire de master, Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou, 56p.
- **Khouas N., sadi H, 2023.** Effets insecticides des huiles essentielles de sauge officinale (*salvia officinalis L.*) et de menthe poivrée (*mentha piperita*) sur *Tribolium castaneum*. Mémoire de master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 26p.
- **Kim K.H., Kabir E., Jahan S.A, 2017.** Exposure to pesticides and the associated human health effects. Sci. Total Environ. 575, 525–535.
- **Kokkini S., Hanlidou E., Karousou R., Lanaras T., 2004.** Clinal variation of *Mentha pulegium* essential oils along the climatic gradient of Greece. J. Essent. Oil Res. 16: 588-593.
- **Kumar R., 1984.** Insect pest control. Edward Arnold Ltd, New York; 298 p.
- **Labeyrie V., 1962.** Les Acanthoscelides, Entomologie appliquée à l'agriculture Références bibliographiques In: BALACHOWSKI T (I), Ed Masson publ. Paris, pp: 469-484.
- **Lawrence M., 1993.** Les insectes ravageurs des denrées stockées. Mémoire de master, université des frères Mentouri constantine, 49 p.
- **Lepesme P., 1994 :** Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés. Ed. Paul le chevalier Paris, pp 335.
Leur pouvoir antibactérien. Thèse de Doctorat. Université de Tlemcen, Algérie.
- **Liu W.N., Shi J., Fu Y., Zhao X.H, 2019.** The stability and activity changes of apigenin and luteolin in human cervical cancer Hela cells in response to heat treatment and Fe²⁺/Cu²⁺ addition. Foods, 8(8), 346.46.3201-3206.
- **Mahdi K., Boubekka N., Benchikh C, 2017.** Effets insecticides de l'extrait des feuilles du *Marrubium vulgare L. (Marrube blanc)* sur le puceron Aphis Neri (Homoptera : Aphididae). Mémoire de Master, Université AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA ,67P.
- **Mahdia K., 2013.** Evaluation de l'efficacité d'une formulation solide d'huile essentielle sur les insectes des denrées stockées impact des conditions de stockage sur la formulation. Mémoire de Master en phytopharmacie appliquée : université de Saad Dahleb. Blida. (Algérie). P23 -25.
- **Malick R., 2007.** Caractérisation morphogénétique des population ouest- africaines de *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera : Tenebrionidae) ravageurs des céréales stockées : différenciation en races hôtes et écotypes. Thèse de doctorat, université de cheikh Anta Diop de Dakar ,31p.
- **Mallam Aire A., 1962.** Les Bruches des légumineuses au Sénégal. Communiqué présenté au 2^e congrès des spécialistes des denrées emmagasinées. CCTA, Freetown. P 8.

Références

- **Mbacké D., 2018.** Caractérisation morphogénétique des populations Ouest-africaines de *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera : Tenebrionidae), ravageurs des céréales stockées : différenciation en races hôtes et écotypes. Thèse de Doctorat, Ecole Doctorale Sciences de la Santé, de l'Environnement et de la Vie, 27p.
- **Mc Donald L.L., Guy R.H., Speirs R.D., 1970.** Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants, repellents, and attractants against stored-product insects. *Unites States Departement Agriculture Marketing Research Report*, 882p.
- **Merabet., 2018.** Analyse des effets insecticides potentiels de l'huile essentielle de *Crithmum maritimum* sur des insectes nuisibles. Mémoire de master, Centre Universitaire Abdelhafid BOUSSOUF- Mila, 25-26p.
- **Montes M., Valenzuela L., Wilkomirsky T., Niedmann C., 1986,** Détermination de la pulégone dans l'huile essentielle de *Mentha pulegium* L. originaire de Chili, *Ann. Pharmaceutiques français*, 44, p :133 - 136.
- **Moriarty F., 1990.** Ecotoxicology. The study of pollutants in Ecosystems. Academic Press, London, 289p.
- **Murdock L.L., Shade R.E., Kitch L.W., Ntoukam G., Lowenberg-DeBoer J., Huesing J.E., 1997.** Postharvest storage of cowpea in sub-Saharan Africa. In: Singh, B.B., MohanRaj, D.R., Dashiell, K.E. Jackai, L.E.N.(Eds), *Advances in Cowpea Research* International Institute of Tropical Agriculture. Ibadan, Nigeria, pp. 302-312.
- **Nawwar M.A., El Mousallamy A.M., Barakat H.H., Buddrus J., Linscheid M, 1989.** Flavonoid lactates from leaves of *Marrubium vulgare*. *Phytochemistry*, 28(11), 3201-3206.
- **Negi A., Anandharaj A., Kalakandan S., Rajamani M, 2021.** A Molecular Approach for the Detection and Quantification of *Tribolium castaneum* (Herbst) Infestation in Stored Wheat Flour. *Food Technology and Biotechnology*, 59(1), 112-121.
- **Nerio L.S., Olivero-verbel J., Stashenko E.E., 2009.** Repellent activity of essential oils from seven aromatic plants grown in Colombia against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera). *Journal of Stored Products Research*, 45(3): 212-214.
- **Novak I., Buzas G., Minker E., Kolfai M., Szendrei K., Planta M, 1966.** Untersuchung der wirkstoffe der *Rutagraveolens* II. *Planta Medica*, 14, p: 57.
- **Odah B.K., 1995.** Impact du développement de *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera : Bruchidae) sur les graines de trois variétés de *Vigna unguiculata* L. Walp. Thèse de D.E.A., Univ. Du Bénin, Lomé-Togo ; 67p.

Références

- **Opit G.P., Phillips T.W., Aikins M.J., Hasan M.M., 2012.** Phosphine resistance in *Tribolium castaneum* and *Rhyzopertha dominica* from stored wheat in Oklahoma. *J. Econ. Entomol.* 105, 1107–1114.
- **Ouedraogo P.A., 1991.** Le déterminisme du polymorphisme imaginal chez *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae), son importance sur la biologie de ce bruche. *Thèse Doctorat*. Univ. Tours (France), 197p.
- **Ouédraogo A.P., 1978.** Etude de quelques aspects de la biologie de *Callosobruchus maculatus* F. (Coléoptère ; Bruchidae) et de l'influence des facteurs externes stimulants (plante hôte et copulation) sur l'activité reproductrice de la femelle. *Thèse de Doctorat de 3^e Cycle*, Toulouse. 101 pp.
- **Ouédraogo E., 2004.** L'utilisation des insecticides naturels dans la protection des cultures au Burkina Faso. Communication faite au CTR de l'INERA Ouagadougou CEAS, 56 pp.
- **Padalia R.C, Verma R.S, Chauhan A., Sundaresan V., Chanotiya C.S, 2013.** Essential oil composition of sixteen elite cultivars of *Mentha* from western Himalayan region, India. *Maejo International Journal of Science and Technology*, 7(01): 83-93. DOI: 10.14456/mijst.2013.7
- **Parker K.F, 1972.** An illustrated guide to Arizona Weeds. *The University of Arizona Press, Tucson, AZ*, p 338.
- **Piccoli P.N., Bottini R, 2008.** Accumulation of the labdane diterpene Marrubiin in glandular trichome Acimović cells along the ontogeny of *Marrubium vulgare* plants. *Plant Growth Regulation*, 56(1), 71-76.
- **Proctor D.L., 1995.** Techniques d'emmagasiner des grains : évolution et tendances dans les pays en développement. *Bull. F.A.O N°109*, 246p.
- **Quézel P., Santa S, 1962.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques.
- **Quézel P., Santa S, 1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques.
- **Quezel P., Santa S, 1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome II, Edition du centre de la recherche scientifique, Paris, 1165 p.
- **Quézel P., Santa S, 1962.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome 1. CNRS. Ed. Paul Le chevalier, Paris.
- **Ramade F., 1998.** Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Paris, Edi science international, 786p.
- **Ramade F., 2007.** Introduction à l'écotoxicologie. Ed: Dunod. 550p.

Références

- **Rana B.K., Singh U.P., Taneja V, 1997.** Antifungal activity and kinetics of inhibition By Essential oil isolated from leaves of *Aegle marmelos*. *J. Ethnopharmacol.* 57: 29–34.
- **Relinger L.M., Zettler J.L., Davis R., Simonaitis R.A, 1988.** Evaluation of pirimiphos methyl as a protectant for export grain. *J. Econ. Ent.*, 81, 718-21.
- **Rezazi S., Hanini S., Si-Moussa C., Abdelmalek S.J.A.S.T, 2017.** 19, 307-322.
- **Robinson W.H., 2005.** Urban Insects and Arachnids: A Handbook of Urban 84. ROORDA, FA 1982-Laboratory observations on the development of *Tribolium*.
- **Salama M.M., Taher E.E., El-Bahy M.M., Rev I.M.T.S.P, 2012,** 54, 281-286.
- **Schlemper V., Ribas A., Nicolau M., Cechinel, F.V, 1996.** Antispasmodic effects of hydro-alcoholic extract of *Marrubium vulgare* on isolated tissues. *Phytomedicine*, 3(2), pp 211–216.
- **Seck D., 1992.** Importance économique et développement d’une approche de lutte intégrée contre les insectes ravageurs des stocks de maïs, mil et niébé en milieu paysan Proceedings deuxième séminaire sur la lutte intégrée contre les ennemis des cultures vivrières dans le Sahel, Bamako (Mali), 2-4 Janvier 1990.
- **Serpeille A., 1991.** Le bruche du haricot : un combat facile. *Bull. F.N.M.S.* (116), 32-54.
- **Singh S.R., Jackai L.E.N, 1985.** Insect pests of cowpeas in Africa: Their life cycle, economic importance and potential for control. In *Cowpea Research, Production and Utilization* (Edited by Singh S.R. et Rachie K.O.), pp. 217-231. London, Wiley.
- **Southgate B.J., 1979.** Biology of the Bruchidae. *Annu. Rev. Entomol.* 24, 449-473.
- **Stathas I.G., Sakellaris A.C., Papadelli M., Kapos J., Papadimitriou K., Stathas G.J, 2023.** The Effects of Insect Infestation on Stored Agricultural Products and the Quality of Food. *Foods*, 12(10), 2046.
- **Stritzke J.F., 1975.** Germination characteristics and chemical control of horehound. *International Congress of Essential Oils. Fragrance and Flavors, New Delhi.* P 71.
- **Sutour S., 2010.** Étude de la composition chimique d’huile essentielles et d’extraits de Menthe de corse et de kumquats. Thèse de doctorat, spécialité : Chimie organique et analytique. *Taxon.* 47 : 425–429.
- **Sutour S., 2010.** Etude de la composition chimique d’huiles essentielles et d’extraits de Menthes de corse et de kumquats. Thèse de doctorat, Université de Corse, France.
- **Taffar A., 2022.** Effet d’un biopesticide l’azadirachtine, sur la reproduction d’un Lépidoptère ravageur des denrées stockées *Ephestia kuehniella*. Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar-Annaba, 1-6p.

Références

- **Tiaiba A., 2007.** Activité insecticide des huiles essentielles de *mentha spicata* L. et *Origanum glandulosum* Desf. Sur le potentiel biotique de *Callosobruchus maculatus* Fabricus. (Coéoptère : Bruchidae). Ing. Institut nationale agronomique-el Harrach. Alger. Pp77.
- **Tihachachet S., 2019.** Activité insecticide de l'huile essentielle de la menthe pouliot (*Mentha pulegium* L.) à l'égard du bruche du niébé *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera : Chrysomelidae). Mémoire de master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 38p.
- **Tuzun S., Yegen O, 1999.** Essential oils from Labiatae and Umbelliferae family plants as natural repellents and pesticides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(9), 3956–3960.
- **Utida S., 1954.** Phases dimorphism observed in the laboratory Population of Cowpea weevil (*Callosobruchus maculatus* F.). *Jap. J. of eol.* 18, 161-168.
- **Utida S., 1981.** Polymorphism and phase dimorphism in *callosobruchus*; In ecology of bruchidas attacking legume. Ed. By Labeyrie, Junk, the Hygue, pp 143-17.
- **Van Der Oost R., Beyer J., Vermeulen N.P.E, 2003.** Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: à review, *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 13 (2): 57-149.
- **Verma R.S., Rahman L., Verma R.K., Chauhan A., Yadav A.K., Singh A, 2010.** Essential Oil Composition of Menthol Mint (*Mentha arvensis*) and Peppermint (*Mentha piperita*) Cultivars at Different Stages of Plant Growth from Kumaon Region of Western Himalaya. *Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 1(1): 13-18.
- **Wasserman S.S., Asami T, 1985.** The effect of maternal age upon fitness of progeny in the southern cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus*. *Oikos*, 45(2), 191-196.
- **Weidner H., Rack G, 1984.** Tables de détermination des principaux ravageurs des denrées entreposées dans les pays chauds :(titre de dos : Principaux ravageurs des denrées entreposées). Deutsche Gesellschaft für technische Zusammenarbeit.
- **Weiss J., Ainsworth N., Faithfull I, 2000.** Best practice management guide. P 8.
- **Zaabat N., Darbour N., Bayet C., Michalet S., Doléans-Jordhem A., Chelr-Ghedira L., Akkal S., Dijoux-Franca M.G, 2010.** Étude préliminaire de *Marrubium deserti* de Noé, une Lamiaceae endémique algérienne. *Pharmacognosie*, 8, pp 353-358.
- **Zaabat N., Hay A.E., Michalet S., Darbour N., Bayet C., Skandrani I., Ghedira L.C., Akkal S., Dijoux-Franca M.G, 2011.** Antioxidant and antigenotoxic properties of compounds isolated from *Marrubium deserti* de Noé. *Food and Chemical Toxicology*, pp 1-8.

Références

- **Zerrougui N., Boukhatem M, 2021.** Activité adulticide et larvicide de l'huile essentielle de *Origanum vulgare* sur un ravageur secondaire des denrées stockées - *Tribolium confusum*. Mémoire de Master En Ecophysiologie Animale : Université de Larbi Tébessa. Tébessa. (Algérie). P27-30.

Annexes

Annexes

Annexe 01

Tableau 01 : Matériel de laboratoire

Verreries et matériel en plastique	Solvants
-Béchers -Fioles -Éprouvette graduée -Boites de pétrie -Flacons -Verre de montre -Micro pipette (1000µl) -Portoir pour tubes à essai - Tubes à essai - Tube à visse - Spatule -Papier filtre - Papier film - Tamis -La louche	- Ethanol - Vinaigre - L'eau Distillé

Annexes

Appareillages



Hydrodistillateur



Loup binoculaire



Balance de précision

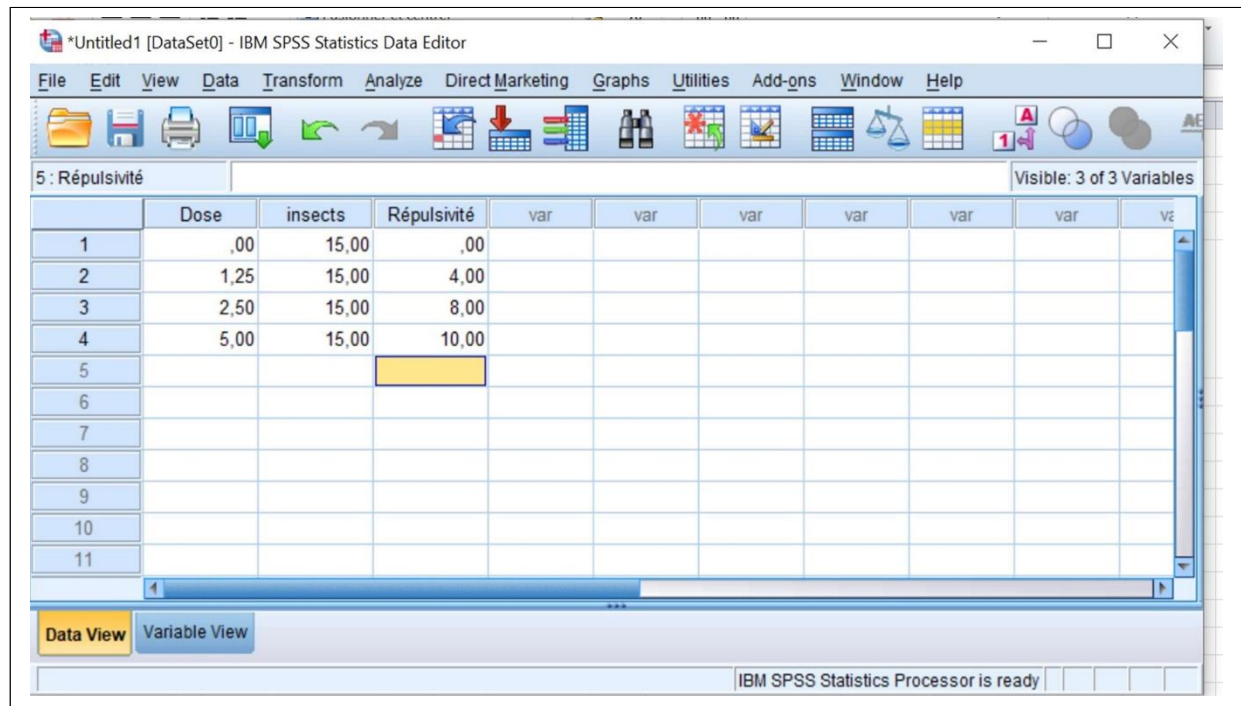


Balance

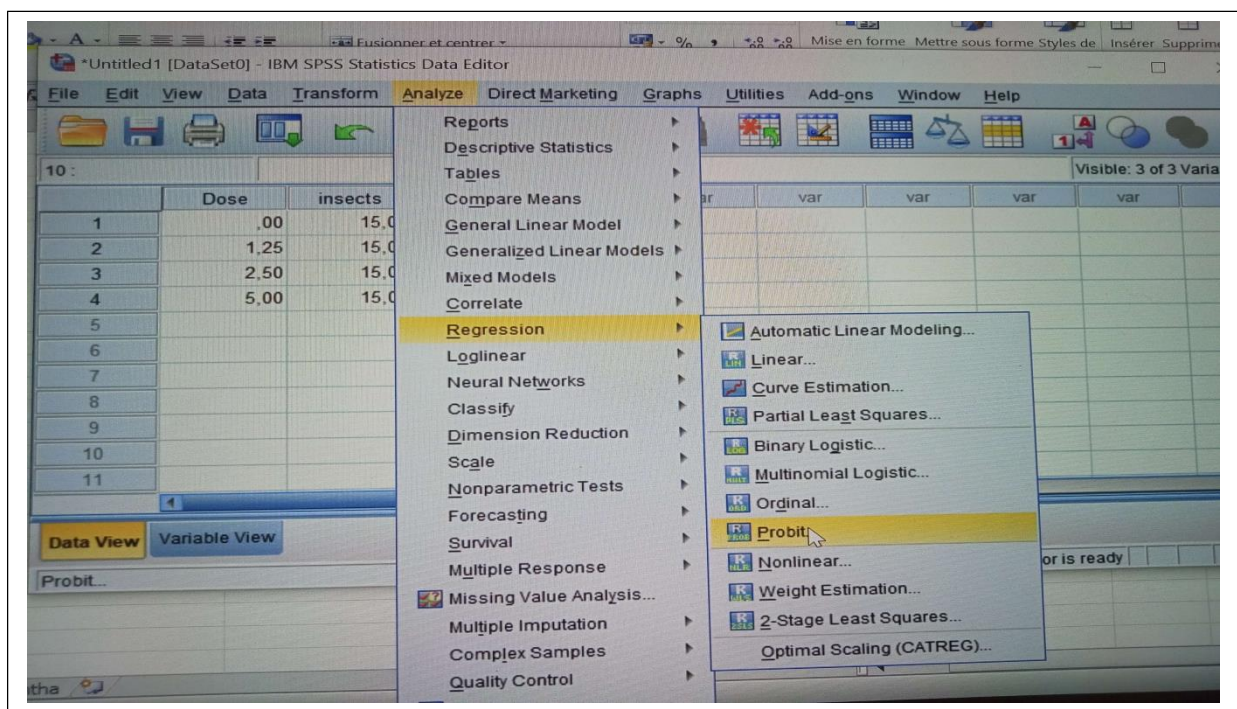
Annexes

Les étapes des analyses probites par SPSS

Etape 01 :

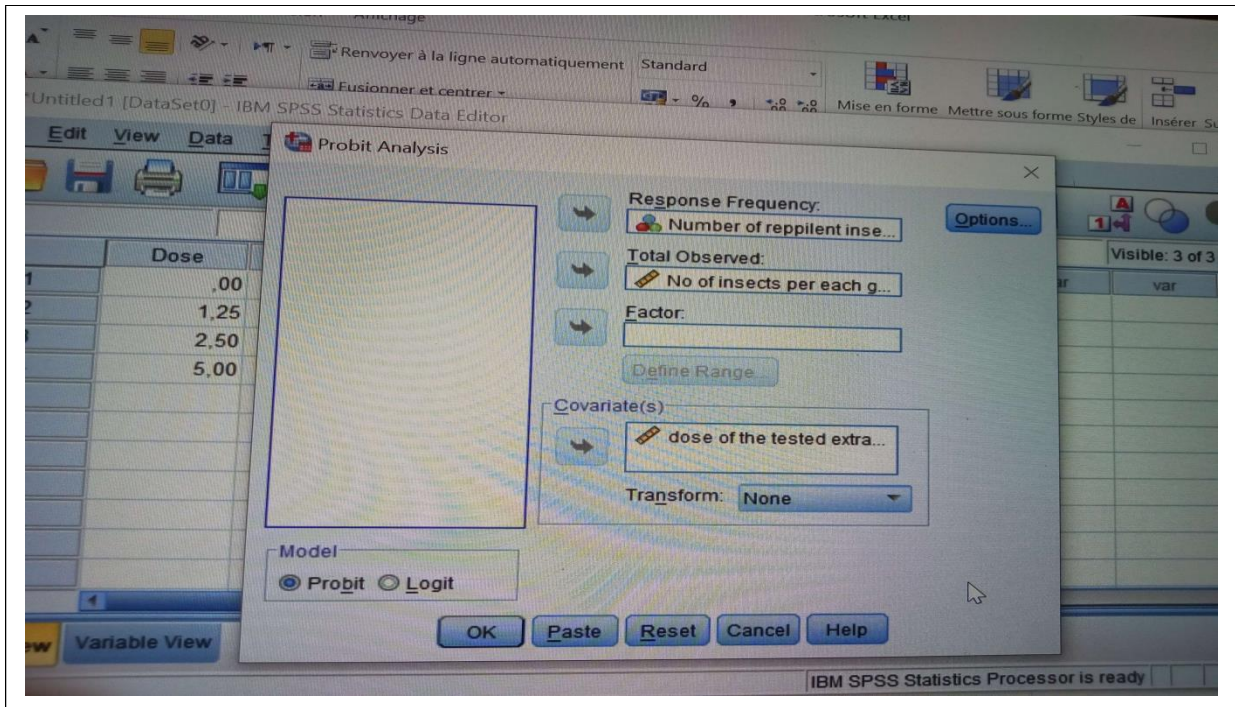


Etape 02 :

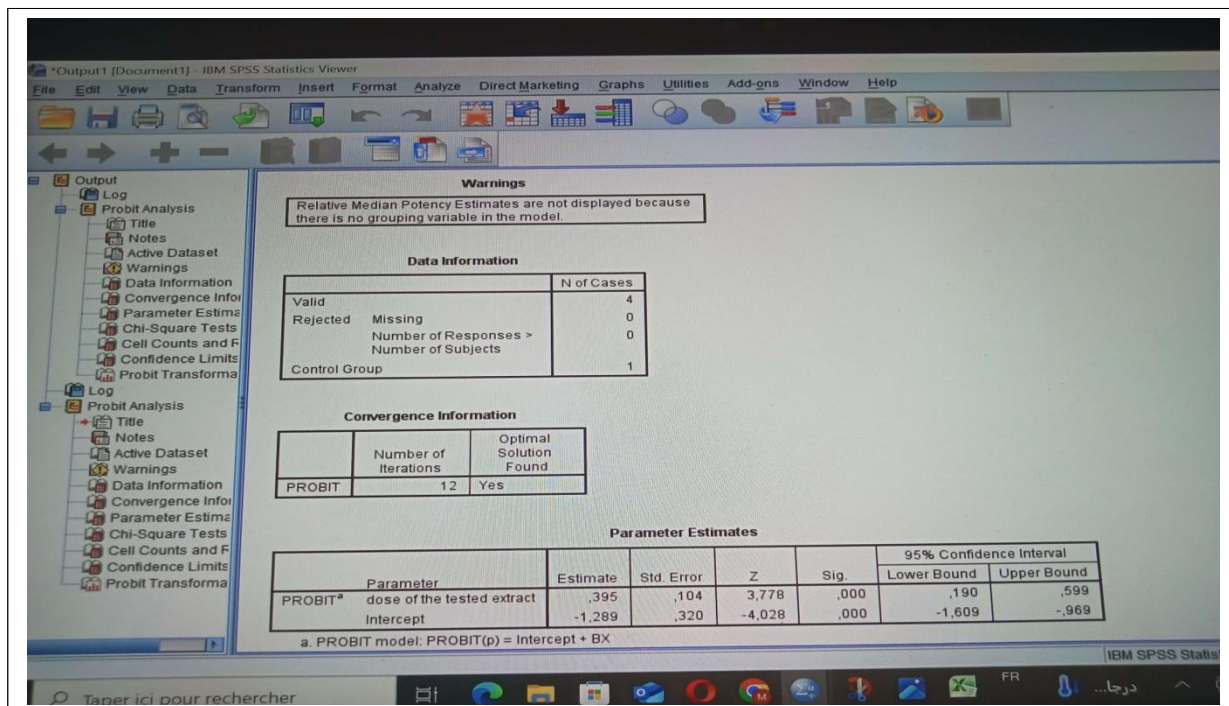


Annexes

Etape 03 :



Etape 04 :



Annexes

IBM SPSS Statistics Viewer

Output

- Log
- Probit Analysis
 - Title
 - Notes
 - Active Dataset
 - Warnings
 - Data Information
 - Convergence Info
 - Parameter Estima
 - Chi-Square Tests
 - Cell Counts and F
 - Confidence Limits
 - Probit Transforma
- Log
- Probit Analysis
 - Title
 - Notes
 - Active Dataset
 - Warnings
 - Data Information
 - Convergence Info
 - Parameter Estima
 - Chi-Square Tests
 - Cell Counts and F
 - Confidence Limits
 - Probit Transforma

Confidence Limits

95% Confidence Limits for dose of the tested extract

	Probability	Estimate	Lower Bound	Upper Bound
PROBIT	,010	-2,629	-8,330	-,720
	,020	-1,938	-6,916	-,243
	,030	-1,500	-6,022	,063
	,040	-1,170	-5,353	,296
	,050	-,902	-4,810	,488
	,060	-,673	-4,350	,653
	,070	-,473	-3,948	,798
	,080	-,294	-3,590	,931
	,090	-,131	-3,265	1,052
	,100	,019	-2,968	1,165
	,150	,641	-1,754	1,652
	,200	1,134	-,820	2,070
	,250	1,558	-,056	2,464
	,300	1,938	,588	2,861
	,350	2,291	1,135	3,279
	,400	2,625	1,603	3,727
	,450	2,949	2,005	4,210
	,500	3,268	2,358	4,729
	,550	3,586	2,677	5,282
	,600	3,910	2,974	5,871
	,650	4,244	3,260	6,500
	,700	4,597	3,546	7,179

