

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

Département des Sciences Biologiques



*Mémoire de fin d'études*



En vue de l'obtention du diplôme de MASTER  
en Sciences Biologiques  
Spécialité : Biologie et contrôle des populations d'insectes.

## Thème

**Activité biologique de deux huiles essentielles de la menthe poivrée (*Mentha piperita*) et de la marjolaine (*Origanum majorana*) sur *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera : Bostrychidae).**

Présenté par :

**OUNAS Lydia**

et

**SLIMANI Nouara**

Devant le jury composé de :

**Présidente : M<sup>me</sup> AOUAR M.**

Professeur à UMMTO

**Examinatrice : M<sup>elle</sup> LAOUDI T.**

Doctorante à UMMTO

**Promotrice : M<sup>me</sup> AIT AIDER F.**

M.C.B à UMMTO

**Co-Promotrice : M<sup>elle</sup> KHELOUL L.**

Docteur à UMMTO

**Promotion 2021 /2022**



# Remerciement

*On remercie, très chaleureusement Mme AITT AIDER, Maitre de conférence B à l'UMMTO pour son encadrement efficace et sa disponibilité.*

*On remercie aussi particulièrement, notre Co-promotrice melle KHELOUL Docteur à l'UMMTO.*

*Nos remerciements s'adressent aussi aux membres de jury :*

*Mme AOUAR, M, Professeur à l'UMMTO.*

*Melle LAOUDI, T, Doctorante à l'UMMTO.*

*Nos remerciements vont également à tous ceux qui nous ont aidés, à un titre ou un autre, qu'il s'agisse de la fourniture d'informations précieuses ou des conseils.*



# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail :*

*A La source de tendresse et d'amour ma très chère maman Nadia, la plus merveilleuse et la plus courageuse des mères du monde, sache que c'est grâce à toi que je suis arrivée là où je suis que dieu te protège à chaque moment.*

*A mon cher père Hocine, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour et l'estime, le respect que j'ai pour lui.*

*A ma grand-mère maternelle Ourdia.*

*A mon adorable frère : Jugurtha.*

*A la plus merveilleuse des sœurs : Liza.*

*A mon fiancé Aziz qui m'a encouragé et soutenu tout au long de mon travail.*

*A ma cousine :Melissa.*

*A toutes la famille Ounas et Ait amer.*

*A ma binôme :Nouara.*

*A ma copine :Naima.*

*A tous ceux et celles qui m'ont aidé de près ou de loin.*



# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail :*

*A La source de tendresse et d'amour ma très chère yemma 3zizen zakia, la plus merveilleuse et la plus courageuse des mères du monde, sache que c'est grâce à toi que je suis arrivée là où je suis que dieu te protège à chaque moment.*

*A mon cher père Amrane, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour et le respect que j'ai pour toi .*

*A la joie de la maison, ma raison de vivre : mes deux frères d'amour Smail et Amokrane.*

*A ma complice nounou et toute sa famille.*

*A la plus aimable des grands-mères, Jida que dieu la benisse.*

*A nana saadia qui a toujours était à nos cotés*

*A la personne la plus chère à mon coeur Oulienne*

*A toute la famille Slimani ( Sonia, Lili, chrifa et lydia ) en particulier.*

*A ma sœur de cœur Linda, khalti mezhoura et khalti malika .  
ma binôme :lydia.*

*A mon cher ami d'enfance a3mimi.*

*A tous mes amis que j'apprécie énormément, ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.*

**Liste des tableaux**

**Liste des figures**

**Introduction ..... 1**

**Chapitre I : Synthèse bibliographique**

**1-1-Généralités sur le blé dur ..... 3**

**1-2-Origine et répartition géographique ..... 3**

**-3-Morphologie ..... 4**

**1-1-4-Classification botanique..... 6**

**1-5-Importance économique des céréales en Algérie ..... 6**

**1-6-Superficie, production et rendement ..... 7**

**2-1-Généralités sur l'insecte ravageur étudié ..... 8**

**2-2-Position systématique ..... 8**

**2-3-Origine et répartition géographique ..... 8**

**2-4-Description de *Rhizopertha dominica* ..... 8**

**2-5-Biologie de *R. dominica* ..... 10**

**2-6-Dégâts et importance économique..... 11**

**2-7-Méthodes de lutte..... 12**

**2-7-1-Lutte préventive..... 12**

**2-7-2-Lutte curative..... 12**

**3-1-Généralité sur les huiles essentielles..... 14**

**1-3-2-Définition..... 14**

**3-3-Répartition et localisation des huiles essentielles..... 14**

**3-4-Caractéristiques physico-chimiques des huiles essentielles ..... 15**

**3-4-1- Terpénoïdes ..... 15**

**3-4-2- Composés aromatiques ..... 16**

**3-3-5-Présentation des plantes étudiées ..... 16**

**3-5-1-La Menthe poivrée : *Mentha piperita*..... 16**

**3-5-2-La Marjolaine à coquille :*Origanum majorana* ..... 19**

## **Chapitre II : Matériel et méthodes**

**1-Matériel et méthodes..... 23**

**1-1-Matériel de laboratoire ..... 23**

**1-2-Matériel biologique..... 25**

**1-2-1-Matériel végétal ..... 25**

**1-2-2-Matériel animal ..... 25**

**2-Méthodes ..... 25**

**2-1-Elevage de masse de *R. dominica*..... 25**

**2-2-Test par inhalation..... 26**

**2-3-Test par répulsion ..... 27**

**2-5-Paramètres biologiques étudiés ..... 29**

**2-6- Paramètres agronomiques étudiés ..... 30**

**2-6-Analyse statistique ..... 31**

## **Chapitre III : Résultats et discussion**

**Résultats et discussions ..... 32**

**1-Résultats des tests d'inhalation des huiles essentielles testées sur les adultes de *R. dominica*..... 32**

**1-1-Résultats des tests de toxicité de l'huile essentielle de la menthe poivrée sur les adultes de *R. dominica*par inhalation ..... 32**

**1-2-Résultats des tests de toxicité de l'huile essentielle de la marjolaine sur les adultes de *R. dominica*par inhalation..... 33**

**2- Résultats relatifs à l'effet des traitements sur l'émergence des adultes de la première génération de *R. dominica*. ..... 37**

**3-Action des traitements sur la faculté germinative des graines ..... 46**

**Conclusion..... 49**

## Liste des Tableaux

Tableau 1.	Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald et <i>al.</i> (1970).	29
Tableau 2.	Résultats de l'analyse de la variance, à trois critères de classification, concernant l'effet du traitement par inhalation vis-à-vis des adultes de <i>R. dominica</i> .	34
Tableau 3	Résultats du test NEWMAN et KEULS montrant l'effet des quatre doses des huiles essentielles testées par inhalation sur la mortalité des adultes de <i>R. dominica</i> .	34
Tableau 4	Résultats du test de NEWMAN et KEULS montrant l'effet de la durée d'exposition aux huiles essentielles testées par inhalation sur la mortalité des adultes de <i>R. dominica</i> .	35
Tableau 5	Résultats du test de NEWMAN et KEULS portant sur l'effet des deux huiles essentielles, testées par inhalation, sur la mortalité des adultes de <i>R. dominica</i> .	35
Tableau 6	Résultats du l'analyse de la variance à trois critères de classification concernant l'effet du traitement par inhalation sur les émergences des adultes de <i>R. dominica</i>	39
Tableau 7	Résultat du test de NEWMAN et Keuls montrant l'effet du facteur dose des huiles essentielles testées par inhalation, sur les émergences des adultes de <i>R. dominica</i>	39
Tableau 8	Résultats du test de NEWMAN et Keuls montrant l'effet du facteur temps d'expositions aux huiles essentielles testées par inhalation sur les émergences des adultes de <i>R. dominica</i> .	40
Tableau 9	Résultats du test de NEWMAN et Keuls montrant l'effet du facteur huile testée par inhalation sur l'émergence des adultes de <i>R. dominica</i> .	40
Tableau 10	Nombre moyen des adultes de <i>R. dominica</i> recensés dans les parties traitées et non traitées et le pourcentage de répulsion selon les différentes doses de l'huile essentielle de menthe poivrée.	42
Tableau 11	Nombre moyen des adultes de <i>R. dominica</i> recensés dans les parties traitées et non traitées et le pourcentage de répulsion selon les différentes doses de l'huile essentielle de marjolaine.	43

## Liste des Tableaux

Tableau 12	Résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification (dose (F1), huile(F2), concernant les tests de répulsivité avec les deux huiles essentielles.	43
Tableau 13	Résultat du test de NEWMAN et Keuls montrant l'effet du facteur dose des huiles essentielles, testées par répulsivité, sur les adultes de <i>R. dominica</i> .	44
Tableau 14	Résultats du test de NEWMAN et Keuls montrant l'effet du facteur huile testée par répulsivité, sur les adultes de <i>R. dominica</i> .	44
Tableau 15	Résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification (dose (F1), huile (F2), concernant la faculté germinative avec les deux huiles essentielles.	47
Tableau 16	Résultats du test de NEWMAN et KEULS portant sur l'effet dose des huiles essentielles testées par inhalation, sur la germination des graines de blé dur.	47
Tableau 17	Résultats du test de NEWMAN et Keuls sur l'effet du facteur huile essentielle testée par inhalation, sur la germination des graines de blé dur.	48

## Liste des figures

<b>Figure 1</b>	Morphologie d'un épi de blé dur (Inra, 2015).	04
<b>Figure 2</b>	Anatomie du grain du blé (Anonyme 1, 2020).	05
<b>Figure 3</b>	Petit capucin des grains au grossissement $\times 20$ (A : Face latérale ; B : Face ventrale) (Originale, 2022).	10
<b>Figure 4</b>	Dégâts causés par <i>R.dominica</i> sur les grains de blé dur (Originale, 2022).	11
<b>Figure 5</b>	Plante de la menthe poivrée ( <i>Mentha piperita</i> ) (Anonyme 3, 2017).	17
<b>Figure 6</b>	Plante de la marjolaine ( <i>Origanum majorana</i> ) (Dubois et al., 2006).	20
<b>Figure 7</b>	Matériel de laboratoire utilisé dans les différents bio-essais (Originale,2022).	24
<b>Figure 8</b>	Elevage de masse de <i>R.dominica</i> (Originale, 2020).	26
<b>Figure 9</b>	Dispositif expérimental du test par inhalation des huiles essentielles de marjolaine et de menthe poivrée à l'égard des adultes de <i>R. dominica</i> (Originale, 2022).	27
<b>Figure 10</b>	Dispositif expérimental du test par répulsion des huiles essentielles de marjolaine et de menthe poivrée à différentes doses à l'égard des adultes de <i>R. dominica</i> (Originale, 2022).	28
<b>Figure 11</b>	Test de germination des graines de blé dur (Originale, 2022).	30
<b>Figure 12</b>	Taux moyen de mortalité en (%) (moyenne $\pm$ écart type) des adultes de <i>R.dominica</i> traités par l'huile essentielle de la menthe poivrée en fonction des doses et de la durée d'exposition.	32
<b>Figure 13</b>	Taux moyen de mortalité en (%) (moyenne $\pm$ écart type) des adultes de <i>R.dominica</i> traités par l'huile essentielle de la marjolaine en fonction des doses et de la durée d'exposition.	33
<b>Figure 14</b>	Taux moyen d'émergence des adultes de <i>R.dominica</i> après traitement à l'huile essentielle de la menthe poivrée par inhalation.	37

## Liste des figures

<b>Figure 15</b>	Taux moyen d'émergence des adultes de <i>R.dominica</i> après traitement avec l'huile essentielle de marjolaine par inhalation.	38
<b>Figure 16</b>	Le taux de germination (%) (moyenne $\pm$ écart-type) des graines de blé dur infestées par <i>R.dominica</i> et traitées avec les deux huiles essentielles.	46

Les graines de céréales constituent la principale ressource alimentaire de l'homme et des animaux domestiques. Elles tiennent la première place quant à l'occupation des surfaces agricoles, dont 70 % de ces terres agricoles mondiales sont emblavées en céréales (Riley et *al.*, 2009).

En Algérie, les céréales sont des ressources vitales et stratégiques. Leur consommation ne cesse de croître à cause d'une forte dynamique démographique qu'a connue le pays depuis son indépendance.

La production céréalière en Algérie ne couvre plus les besoins de la population depuis 1970 (Smadhi et *al.*, 2009). En revanche, l'essentiel de ces céréales est importé.

Pour garantir la sécurité alimentaire nationale en matière de céréales, les récoltes doivent être stockées dans des entrepôts durant des périodes variables, allant de quelques jours à plus d'un an (Proctor, 1994). De ce fait, le stockage est un moyen d'assurer le lien entre la récolte intervenant une fois dans l'année et la consommation qui est permanente et obligatoire (Waongo et *al.*, 2013).

Il faut souligner qu'un stock de grains est un écosystème artificiel créé par l'homme et constitué d'un ensemble de différentes entités vivantes, d'une part et obligatoirement les grains avec leur germes et microorganismes (moisissures, levures, bactéries), d'autre part, de façon non obligatoire mais cependant très fréquente, les animaux prédateurs (insectes, acariens, rongeurs et oiseaux) (Multon, 1982).

Stocker un aliment, c'est lui offrir les conditions nécessaires à la prolongation de sa durée d'utilisation sans son altération en préservant sa qualité afin de maintenir son approvisionnement durant toute l'année. Durant la période de pléthore, les denrées stockées sont regroupées à l'abri des agressions. En revanche, ces dernières sont attaquées par divers ravageurs qui risquent d'altérer les produits stockés. Cependant, les insectes ravageurs sont responsables des pertes mondiales très considérables en grains entreposés estimés entre 10 et 40% par an (Rajashekar et *al.*, 2010).

Les insectes granivores qui se développent dans les denrées stockées constituent un problème universel, plusieurs d'entre eux sont devenus cosmopolites. Par les échanges commerciaux et la distribution des produits agricoles ont contribué à l'accentuation de ce problème (Steffan, 1963; Golebiowska, 1969). Les insectes et principalement certains genres de Coléoptères s'attaquent aux grains. Ils se classent en insectes ravageurs primaires ou les

ravageurs secondaires, qui ont le pouvoir de casser l'enveloppe dure des grains et creuser à l'intérieur. Les adultes sont de grands voyageurs, capables de se déplacer dans des paysages agricoles et non agricoles. *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrychidae) est l'un des principaux insectes ravageurs des denrées stockées en général et du blé en particulier.

Si aucune protection n'est faite, après sept mois de stockage, la perte des denrées peut être totale (Ngamo et Hance, 2007). Ces pertes participent à creuser l'insécurité alimentaire et à accentuer la pauvreté en favorisant le recours massif à des importations de denrées alimentaires (Benz et al., 2010). De nombreuses solutions techniques ont été développées pour améliorer l'efficacité de la gestion des insectes ravageurs des cultures et des denrées stockées (lutte chimique, lutte biologique, résistance variétale) mais leur appropriation est restée limitée. La lutte chimique atteint par ailleurs certaines limites avec son impact significatif sur l'environnement ( Khaliq et al., 2007; OMS, 2011; Ramezani et al., 2008; Regnault et Loger, 2002; Travis et al., 2009; Fianko et al., 2011 ) et le développement de résistance aux insecticides par certains ravageurs (Sayyed et al., 2008; Schuster et Smeda, 2007).

Au cours des deux dernières décennies, de nombreux travaux ont été menés dans le but de rechercher des méthodes de protection des denrées plus douces, respectueuses de la santé humaine et de l'environnement. La recherche des méthodes alternatives de protection des denrées issues du savoir-faire des anciens puis l'usage des phytopesticides.

Les phytopesticides formulés à partir des huiles essentielles des plantes aromatiques condimentaires constituent une piste sérieuse (Ngamo et Hance, 2007). Dans ce profil, de nombreux travaux de recherche ont été déjà réalisés dans le laboratoire d'Entomologie II à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. C'est à la suite de ces travaux, que nous nous proposons d'évaluer l'effet insecticide des huiles essentielles de deux plantes, la menthe poivrée (*Mentha piperita*) et la marjolaine (*Origanum majorana*) par inhalation et par répulsion sur les adultes de *R. dominica*.

Ce travail comprend une partie bibliographique et une partie expérimentale. Dans la première partie est présentée la plante hôte le blé dur, l'insecte ravageur *R. dominica* et les principaux moyens de lutte utilisés notamment les huiles essentielles. La seconde partie comporte le matériel utilisé, les méthodes adoptées ainsi que les résultats obtenus suivis d'une discussion. Ce travail sera terminé par une conclusion finale.

### 1-1-Généralités sur le blé dur

Le blé dur est cultivé principalement dans les pays du bassin Méditerranéen à climat aride et semi-aride là où l'agriculture est dans la plus mauvaise passe. Elle se caractérise par l'augmentation de la température couplée à la baisse des précipitations, en plus la désertification et la sécheresse tuent les sols agricoles (Abeledo et *al.*, 2008).

Les constituants du grain de blé sont responsables de sa qualité technologique. La qualité de la matière première dépend de celle du produit fini. Leurs déterminants génétiques et le rôle des paramètres agro-climatiques constituent des clés indispensables à l'ensemble des agents de la filière : sélectionneurs, agriculteurs et transformateurs (Benbelkacem et Kellou, 2000).

Les grains de blé dur sont allongés, souvent même pointus, avec des enveloppes assez minces et légèrement translucides. Ils donnent moins de son que les blés tendres, bien que contenant plus de gluten (12 à 14%), se prêtent moins bien à la panification. C'est un blé utilisé essentiellement en semoulerie, pour la fabrication des pâtes alimentaires et des couscous (Abecassis, 1993).

### 1-2-Origin et répartition géographique

Selon Feldman (2001), la culture du blé s'est diffusée vers le Nord – Ouest par les plaines côtières du bassin méditerranéen et arrivée jusqu'au Balkans (URSS) puis en suivant la vallée du Danube (Allemagne) pour se fixer aussi dans la vallée du Rhin (France) entre 5000 et 6000 an avant J.C. Les restes archéologiques montrent que le blé a atteint l'Ouest de l'Europe 5000 an avant J.C environ. Dans le même temps, il est introduit en Asie et en Afrique.

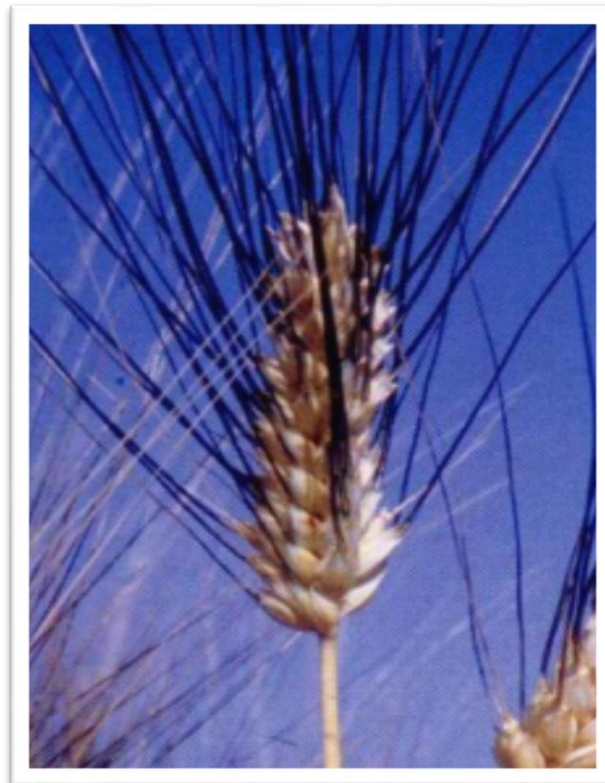
Son introduction en Amérique, et plus encore en Australie, n'est que très récente. L'évolution du blé s'est donc produite dans de nombreux écosystèmes, de manière relativement indépendante jusqu'au XIX siècle (Bonjean, 2001). Selon Hamed (1979), le centre d'origine du blé est le Tigre et l'Euphrate (l'actuel Irak), puis l'espèce s'est étendue en Egypte, en Chine, en Europe et en Amérique, en (1934), a fait intervenir, pour la première fois dans la classification, l'origine géographique en distinguant nettement deux espèces :

1-La sous espèce *Europeum* Vav., se trouve dans les Balkans et la Russie.

2-La sous espèce *Mediterraneum* Vav, rencontrée dans le bassin méditerranéen. Grignac (1978) rapporte que le moyen Orient où coexistent les deux espèces parentales se rencontrent de nombreuses formes de blé dur et serait le centre d'origine géographique du blé. L'espèce (*Triticum durum* Desf.), s'est différenciée dans trois centres secondaires différents qui sont : - Le bassin occidental de la Méditerranée. - Le Sud de la Russie et le Proche Orient. Chaque centre secondaire donna naissance à des groupes de variétés botaniques aux caractéristiques phénologiques, morphologiques et physiologiques particulières (Monneveux, 1991).

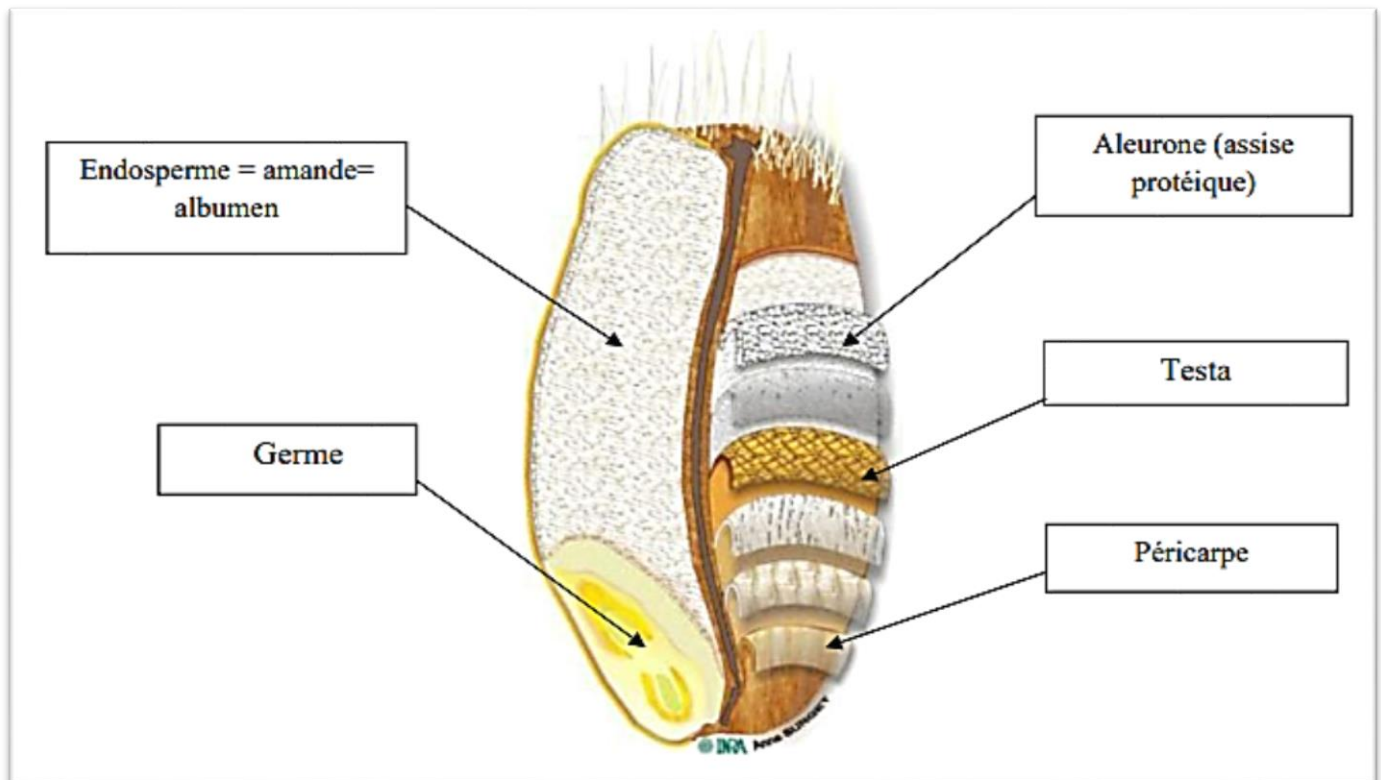
### **1-3-Morphologie**

Le blé est une plante herbacée annuelle, monocotylédone; il porte des feuilles alternes, formées d'un chaume portant un épi constitué de deux rangées d'épillets. Les fleurs sont nombreuses, fertiles et autogames. Elles sont groupées en épis situés à l'extrémité des chaumes (Figure 1). Chacune d'elles peut produire un fruit à une seule graine, soit le caryopse (Bozzini, 1988).



**Figure 1** : Morphologie d'un épi de blé dur (Inra, 2015).

Selon Soltner (1998), chaque graine contient un large endosperme et un embryon aplati situé à l'apex de la graine et à proximité de la base de la fleur. Le grain de blé se compose de trois parties : l'écorce, l'amande et le germe. C'est un grain nu, dont la couleur varie du jaune pâle à l'ocre roux selon la variété du blé ; il est formé de deux faces, l'une est plane, l'autre est bombée. La face plane est parcourue par un sillon médian et profond où se trouve le faisceau nourricier du grain. La face bombée présente au niveau de sa partie inférieure une zone renflée où se trouve le germe (Figure 2).



**Figure 2 :** Anatomie du grain du blé (Anonyme 1, 2020).

La plante de blé dur comporte un système racinaire, de type fasciculé. Il est composé de deux systèmes racinaires successifs :

- ✓ **Le système séminal (racines primaires)** : seul fonctionnel de la levée au début du tallage, ces racines sont d'origine embryonnaire. Ce système est constitué d'une racine principale et deux paires de racines latérales, soit cinq racines ; éventuellement une sixième racine qui peut se développer. Les racines de ce système sont au nombre de six, rarement sept (Hazmoune, 2006).

- ✓ **Le système adventif (racines secondaires) :** c'est un système de racines coronaires ou système de racines de tallage. Il se forme dès le tallage et se substitue parallèlement au système séminal. Il est de type fasciculé bien que moins puissant (Soltner, 2005). Les racines adventives se forment plus tard à partir des nœuds à la base de la plante et constituent le système racinaire permanent (Clarke et *al.*, 2002).

#### **1-1-4-Classification botanique**

D'après Ozenda (2000), le blé dur appartient à la classification suivante :

**Règne :** Végétal (plantae)

**Sous Règne :** Cormophytes

**Embranchement :** Spermaphytes

**Sous-embranchement :** Angiospermes

**Classe :** Monocotylédones

**Ordre :** Graminales

**Famille :** Graminacées

**Sous famille :** Festucoides

**Genre :** *Triticum*

**Espèce :** *Triticum durum* Desf.

#### **1-5-Importance économique des céréales en Algérie**

Les céréales et particulièrement le blé dur occupe une place prépondérante dans l'agriculture et par conséquent l'économie Algérienne. Cette importance se justifie à plusieurs niveaux. Cette espèce constitue un élément de base du modèle alimentaire de la population locale. Néanmoins, sa production demeure faible pour satisfaire les besoins sans cesse croissant et son importation constitue une lourde facture à l'économie national. Les faibles productions s'expliquent principalement par les faibles rendements enregistrés à travers les différentes compagnes agricoles (Madr, 2011).

En Algérie, le blé dur (*Triticum durum* Desf) est la première céréale cultivée dans le pays. Elle occupe annuellement plus d'un million d'hectares. La production nationale en blé dur est encore faible, elle ne couvre que 20 à 25 % des besoins du pays, le reste étant importé.

L'Algérie avant les années 1830, exporte son blé au monde entier. Actuellement l'Algérie importe son blé et se trouve dépendante du marché international (Hervieu *et al.*, 2006).

Par sa position de grand importateur de blé, l'Algérie achète annuellement, plus de 5% de la production céréalière mondiale, cette situation risque de se prolonger à plusieurs années, faute de rendements insuffisants et des besoins de consommation sans cesse croissants devant une forte évolution démographique (Chellali, 2007).

### **1-6-Superficie, production et rendement**

Les prévisions de la FAO (2020) concernant la production de céréales dans le monde en 2020 ont été révisées à la hausse (+ 9,3 millions de tonnes). Elles s'établissent désormais à près de 2 790 millions de tonnes et la production mondiale devrait dépasser de 3,0 pour cent (81,3 millions de tonnes) le record atteint en 2019 (FAO, 2020). La production mondiale de blé est estimée à 761,5 millions de tonnes. L'augmentation est due en grande partie à une révision à la hausse des prévisions relatives à la production de blé en Australie (+ 5,5 millions de tonnes), qui s'explique principalement par l'amélioration des perspectives de rendement due à de fortes précipitations antérieures et des prévisions météorologiques favorables pour le reste de la campagne. Ces facteurs, combinés à des superficies emblavées plus importantes que prévu initialement, devraient entraîner un rebond plus net de la production en 2020, qui contrasterait avec les récoltes réduites des deux années précédentes, dues à la sécheresse. Les prévisions relatives à la production de blé ont également été relevées pour l'Inde (+ 2,2 millions de tonnes) (FAO, 2020).

En Algérie, la production nationale céréalière réalisée à l'issue de la campagne 2017-2018 a atteint 60,5 millions de quintaux, contre 34,7 millions de quintaux enregistrés durant la campagne précédente, soit une hausse de 74,4% (MADR, 2018). Dans le détail, la production céréalière est répartie entre le blé dur, à hauteur de 31,5 millions de quintaux, contre 19,9 millions de quintaux enregistrés durant la campagne précédente, soit une hausse de 58%, et l'orge pour 19,5 millions de quintaux, contre 9,6 millions de quintaux réalisés lors de la campagne 2016-2017 (MADR, 2018). S'agissant des superficies emblavées, au titre de la campagne 2017-2018, celles-ci ont atteint 3,4 millions d'hectares contre 3,5 millions d'hectares pour la campagne 2016-2017 (MADR, 2018).

### **2-1-Généralités sur l'insecte ravageur étudié**

Le petit capucin des grains, *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) (Coleoptera : Bostrichidae), est un ravageur primaire des denrées stockées. Les adultes font des ravages en s'attaquant au germe et à l'albumen qu'ils réduisent en farine. La larve, en forme de croissant se développe à l'intérieur des graines. Cet insecte résiste bien à la chaleur (Balachowsky, 1962).

### **2-2-Position systématique**

D'après Kellouche (1987), *Rhyzopertha dominica* (F), appelé aussi, petit capucin des grains, appartient à la systématique suivante :

**Règne :** Animalia

**Embranchement :** Arthropoda

**Sous-embranchement :** Hexapoda

**Classe :** Insecta

**Ordre :** Coleoptera

**Famille :** Bostrichidae

**Genre :** *Rhyzopertha*

**Espèce :** *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792).

### **2-3-Origine et répartition géographique**

Le capucin est vraisemblablement originaire d'Asie du Sud-est, il est actuellement répandu dans l'ensemble des zones tropicales, subtropicales et tempérées chaudes. En Algérie, le capucin est présent dans les wilayas de Ain Defla, Mostaganem, Tizi-Ouzou et Bouira (Aoues et *al.*, 2017).

### **2-4-Description de *Rhyzopertha dominica***

*R. dominica*, est un ravageur de blé stocké à l'échelle mondiale. C'est la plus petite des espèces de Bostrichidae et passe par quatre stades de développement à savoir l'œuf, la larve, la nymphe et l'adulte.

- **Œuf :** Couleur blanche au moment de la ponte, rose pâle ou brun avant l'éclosion. Il est allongé et légèrement piriforme, mesure 0,6 mm de longueur et de 0,2 mm de diamètre (Potter, 1935). Il est pondu à l'intérieur du grain.
- **Larve:** Il ya généralement quatre stades larvaires. La larve est scarabaeiformes, les deux premiers stades ne sont pas recourbés, le troisième et le quatrième stade ont la tête et le thorax recourbés vers l'abdomen (Potter, 1935).

A l'éclosion la larve tient une couleur jaune, à maturité, elle est de couleur blanchâtre avec une tête brunâtre, mesure environ 3 mm de long, avec un corps fortement courbé et possédant des mandibules plus sombres armées de trois dents distincts. Les larves possèdent des pattes bien développées, ce qui les rendent très agiles. Elles sont cylindriques avec de longues soies, puis incurvées et duvetées à la fin de leur développement (Delobel et Tran, 1993).

- **Nymphe :** La nymphe est d'environ 3,9 mm de long avec une couleur blanche à brunâtre, recouverte de poils sur la face dorsale. Elle est formée après la dernière mue larvaire (Balachowsky et Mesnil, 1936 ; Delobel et Tran, 1993). Elle est enfermée dans un cocon tissé par la larve. Durant sa vie nymphale, l'insecte subit une métamorphose interne et externe complète qui mène au stade adulte (Delobel et Tran, 1993).
- **Adulte :** L'adulte est de couleur brun plus ou moins rougeâtre, de forme cylindrique avec des côtés nettement parallèles (caractéristiques des Bostrichidae) (Figure 3). Il mesure 2.2 à 3 mm de long. Cet insecte présente des antennes en massues de 3 articles. Vu de la face dorsale, le protonum se termine par une rangée de dents régulières (12 à 14) et des tubercules aplatis en arrière. Les élytres sont bien développés et ponctués longitudinalement (Delobel et Tran, 1993).



A

B

**Figure 3 :** Petit capucin des grains au grossissement  $\times 20$  (A : Face latérale ; B : Face ventrale) (Originale, 2022).

### 2-5-Biologie de *R. dominica*

Au cours de sa vie, la femelle de *R. dominica* peut pondre jusqu'à 500 œufs (Majeed et *al.*, 2015) dans des conditions optimales, à des températures allant de 28 °C à 32 °C et une teneur en eau du grain de 70 % (Astuti et *al.*, 2013). C'est à la surface des grains que les femelles pondent les œufs, dès l'éclosion, la larve entre dans le noyau pour se nourrir du germe et de l'endosperme (Neethirajan et *al.*, 2007 ; Ozkaya et *al.*, 2009) et reste à l'intérieur jusqu'à la maturité (Chanbang et *al.*, 2007). Elle passe par 3 ou 5 stades larvaires avant de se nymphoser à l'intérieur du grain. Le cycle dure 27 jours dans des conditions optimales (Capinera, 2008).

## 2-6-Dégâts et importance économique

Le petit capucin est un ravageur potentiel qui cause des pertes quantitatives et qualitatives de graines stockées (Sanchez-Marinez et *al.*, 1997) et cela demande des coûts financiers immenses pour lutter contre ce ravageur (Cuperus et *al.*,1990 ; Anon,1998).

Les dégâts sont causés par les larves et les adultes, qui s'attaquent à de nombreux produits entreposés (céréales, graines, fruits séchés, maïs) (Scotti, 1978 ; Multon, 1982).

Cet insecte détruit le germe et l'albumen et n'épargne que partiellement le tégument, il ne consomme qu'une partie du grain et le reste est gaspillé par les excréments et les exuvies.

L'activité métabolique des insectes crée ainsi un milieu favorable au développement des micro-organismes produisant des toxines qui réduisent ainsi la qualité du grain et le rend impropre à la consommation (Lamboni et Hell, 2009).

Il ne subsiste du grain qu'une poudre de farine souillée et une partie du tégument transformée en dentelle qui s'envole au moindre souffle (Figure 4).



**Figure 4 :** Dégâts causés par *R. dominica* sur les grains de blé dur (Originale, 2022).

**2-7-Méthodes de lutte**

La lutte contre les ravageurs des denrées stockées comprend deux méthodes, l'une est préventive, qui s'effectue avant l'installation des ravageurs et l'autre est curative, s'utilise lorsque les lots sont déjà infestés.

**2-7-1-Lutte préventive****❖ Nettoyage des locaux**

Les bonnes pratiques de conservation des denrées stockées reposent sur la prophylaxie, c'est à dire sur le nettoyage et la désinfection des locaux et cellules ou des conteneurs de stockage avant leur remplissage, l'aménagement des structures de stockage pour empêcher l'accès des prédateurs et le raisonnement des interventions quand elles sont indispensables (Cruz et *al.*, 2016).

**❖ Nettoyage des grains**

Le séchage et la désinfection des grains avant le stockage sont indispensables pour une bonne conservation. Il s'agit de pré-nettoyer les grains lors de la mise en stockage. Le principe d'aspiration d'air au travers du flux de grains utilisés pour éliminer les poussières et les impuretés légères (Multon, 1982 ; Gacem et *al.*, 2011).

**2-7-2-Lutte curative**

La lutte curative vient s'ajouter à la lutte préventive qui est insuffisante pour lutter contre ces insectes. Cette méthode fait appel à plusieurs moyens :

**a. Lutte chimique**

Lorsque les méthodes préventives ont échoué et ne permettent plus de maîtriser l'infestation, l'utilisation de méthodes de lutte directe s'avère nécessaire. La lutte chimique par des insecticides est l'une des méthodes la plus efficace contre les insectes des denrées stockées (Tapondjou et *al.*, 2002) dans lequel ces ravageurs sont exposés à un environnement gazeux et toxique (Upadhyay et Ahmad, 2011). Cette méthode de lutte, comprend les fumigants et les insecticides de contact.

**❖ Traitement par contact :** Les organochlorés, les carbamates, les organophosphorés et les pyréthriinoïdes de synthèse sont les insecticides les plus couramment utilisés (Guèye, 2012).

❖ **Traitement par fumigation** : Les insecticides à forte tension de vapeur sont les fumigants, ils sont utilisés à un traitement curatif de choc et affectent même les insectes sous forme cachées. Ils détruisent rapidement le développement des œufs, des larves et des nymphes des ravageurs inclus dans les grains (Kellouche, 1987).

### b. Lutte physique

❖ **La chaleur** : Selon Serpeille (1991), à forte hygrométrie (90%) et à une température de 34°C, la mortalité atteint 65% et les adultes émergés sont anormaux. A une température de 55°C, après quelques minutes d'exposition tous les adultes sont détruits sans altérer le pouvoir germinatif des grains (Labeyrie, 1962).

❖ **Le froid** : Les basses températures ralentissent l'activité biologique et causent la mort de certains ravageurs. Par exemple, à une température inférieure à 8°C, la larve ne peut pas pénétrer à l'intérieur de la graine (Serpeille, 1991). A une température de -1°C, les insectes ne peuvent pas survivre plus d'un mois (Labeyrie, 1962).

### c. Lutte biologique par les plantes aromatiques

Cette méthode permet d'utiliser des substances d'origine végétale pour lutter contre les insectes ravageurs. La phytothérapie joue un rôle très important dans la lutte contre les insectes des denrées stockées, elle se base sur l'utilisation des parties actives des plantes appelées bioinsecticides qui remplacent les insecticides chimiques. Ils se trouvent sous plusieurs formes : des poudres, des extraits organiques et aqueux, des huiles végétales et des huiles essentielles (Vincent et *al.*, 1998).

**3-1-Généralité sur les huiles essentielles**

Face à la nocivité des produits antiparasitaires et insecticides, les huiles essentielles constituent une alternative naturelle et respectueuse de l'environnement, elles sont irremplaçables.

L'utilisation des huiles essentielles s'appelle l'aromathérapie. Cela consiste à recueillir les principes actifs des plantes par un processus complexe de distillation à la vapeur d'eau pour en récupérer la forme liquide et concentrée que l'on connaît sous le terme « d'huile essentielle ». Cependant, il ne s'agit pas de corps gras à proprement parler, mais d'une infinité de molécules actives contenues sous formes concentrées dans un tout petit volume.

Chaque huile essentielle possède une composition chimique particulière que l'on appelle Chémotype. Celui-ci est défini en fonction de l'environnement de la plante, de son lieu de pousse, du sol, de l'exposition au soleil, de la température, de sa résistance aux intempéries, etc. Ainsi une même espèce végétale peut produire des huiles essentielles différentes et posséder plusieurs chémotypes (Anonyme 2, 2020).

**3-2-Définition**

Plusieurs définitions disponibles d'une huile essentielle convergent sur le fait que les huiles essentielles, communément appelées ``essences``.

Une huile essentielle vient du latin « *essentia* » qui signifie « nature d'une chose ».

Les huiles essentielles sont par définition des métabolites secondaires produits par les plantes comme moyen de défense contre les ravageurs phytophages. Ces extraits contiennent en moyenne 20 à 60 composés (Chiasson et Beloin, 2007).

Les huiles végétales et les huiles essentielles trouvent toutes deux leur origine dans la nature. Malgré leurs noms assez similaires, ce n'est pas du tout la même chose. En effet, leurs compositions et leurs propriétés sont différentes. Plus généralement, les huiles végétales viennent de l'expression à chaud ou à froid des fruits oléagineux ou des graines, tandis que les huiles essentielles viennent de l'extraction d'une partie de plantes aromatiques. Ainsi, les huiles végétales ont une texture huileuse, ce qui n'est pas du tout le cas des huiles essentielles.

En outre, les huiles végétales contiennent des vitamines, des minéraux et des acides gras. Elles ont des propriétés nutritives, adoucissantes, protectrices... (Anonyme 2, 2020).

**3-3-Répartition et localisation des huiles essentielles**

Selon Bruneton (1999), les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs. Les plantes capables d'élaborer les constituants qui composent ces huiles essentielles sont connues sous le nom de plantes aromatiques, réparties dans un nombre limité de familles, ex : Myrtacées, Lauracées, Rutacées, Lamiacées, Astéracées, Apiacées, Cupressacées, Poacées, Zingibéracées, Pipéracées, etc.

Il existe quatre structures sécrétrices :

- **Les cellules sécrétrices** : Chez les Lauracées et les Zingibéracées.
- **Les poches sphériques schizogénèse** : Chez les Astéracées et les Rosacées.
- **Les canaux glandulaires lysigènes** : Chez les Conifères et les Ombellifères.
- **Les poils glandulaires épidermiques** : Chez les Lamiacées et les Géraniacées.

Les huiles essentielles sont produites dans le cytoplasme des cellules. Elles peuvent être stockées dans divers organes végétaux : les fleurs (bergamotier, rose, ...), les sommités fleuries (tagète, lavande, menthe, ...), les feuilles (citronnelle, eucalyptus, ...), les racines (vétiver), les rhizomes (gingembre, curcuma, ...), les fruits (poivres, ...), le bois (bois de rose, santal, camphrier, ...), ou les grains (muscade, ambrette, ...).

**3-4-Caractéristiques physico-chimiques des huiles essentielles**

L'étude de la composition chimique des huiles essentielles révèle qu'il s'agit de mélange complexe et variable de constituants appartenant exclusivement à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes et qui sont : les terpénoïdes et les composés aromatiques dérivés du phénylpropane (phénylpropanoïdes).

**3-4-1-Terpénoïdes**

Les terpènes sont des hydrocarbures naturels, de structure soit cyclique soit à chaîne ouverte : leur formule brute est  $(C_5H_x)_n$  dont le "x" est variable en fonction du degré d'insaturations de la molécule et "n" peut prendre des valeurs (1-8) sauf dans les polyterpènes où il peut atteindre plus de 100 (le caoutchouc).

On y trouve en plus de terpènes, des hydrocarbures, des esters, des lactones, des aldéhydes, des alcools, des acides, des cétones, des phénols, des oxydes et autres (Malecky, 2008).

### 3-4-2- Composés aromatiques

Une autre classe de composés volatils fréquemment rencontrés, est celle des composés aromatiques dérivés du phénylpropane. Très souvent, il s'agit d'allyle et de propénylphénol. Cette classe comporte des composés odorants bien connus comme la vanilline, l'eugénol, l'anéthol, l'estragole et bien d'autres. Ils sont davantage fréquents dans les huiles essentielles d'Apiaceae (persil, anis, fenouil, etc.) et sont caractéristiques de celles du clou de girofle, de la vanille, de la cannelle, du basilic, de l'estragon. Les propriétés et les caractérisations d'une huile essentielle sont : densité, solubilité, réfraction, rotation, point d'ébullition et de distillation (Bardeau, 2009).

Les composés d'origines diverses :

Compte tenu de leur mode d'extraction, les huiles essentielles peuvent renfermer divers composés aliphatiques, généralement de faible masse moléculaire, entraînés lors de l'hydrodistillation. Ces produits peuvent être azotés ou soufrés (Teisseire, 1991).

### 3-5-Présentation des plantes étudiées

#### 3-5-1- Menthe poivrée : *Mentha piperita*

##### ➤ Description botanique

La menthe poivrée (*Mentha piperita*) est une plante indigène cultivée de la famille des Lamiacées. Elle est herbacée à végétation vigoureuse, avec une odeur et une saveur pénétrante particulière aromatique, brûle, mais laisse une sensation de fraîcheur (Hammami et Abdessalem, 2005). Cette menthe est un hybride de la menthe aquatique (*Mentha aquatica*) et de la menthe verte (*Mentha spicata*), qui ont des propriétés médicinales similaires. C'est une plante vivace dont les rhizomes se propagent sous terre, elle est également disséminée par des stolons (Baudoux, 2002). Ses feuilles mesurent 4 à 10 cm de long, de forme ovale, vert foncé, rougeâtre au soleil et rouge cuivré à l'ombre (Fouzi, 1994). Elles sont couvertes de gros poils sécrétoires ronds dans lesquels s'accumulent des substances odorantes volatiles. Elle est caractérisée par des tiges quadrilatères, le plus souvent violettes, de 50 à 80 cm de haut, à branches dressées, divisées en branches opposées (Hammami et Abdessalem, 2005). Ses fleurs sont roses violacé tout en haut de la plante, regroupées en épis très serrés. Le calice a cinq dents, la corolle pourpre violacée (parfois blanche) se termine par quatre lobes, les quatre étamines sont contenues dans la corolle et les graines sont clairsemées et stériles (Figure 5).



**Figure 5 :** Plante de la menthe poivrée (*Mentha piperita*) (Anonyme 3, 2017).

### ➤ **Systematique**

Selon Quezel et Santa (1963), la menthe poivrée est classée comme suit :

**Règne :** Plantae

**Division :** Magnoliophyta

**Classe :** Magnoliopsida

**Ordre :** Lamiales

**Famille :** Lamiaceae

**Genre :** *Mentha*

**Nom binominal :** *Mentha piperita* L.

La menthe poivrée a plusieurs noms à travers le monde en voici quelques-uns :

- En Europe

Anglais : Peppermint

Espagnol : Hierbabuena, Menta, Piperita

Portugais : Menta

Français : Menthe anglaise, Menthe poivrée, Sente bon (Hammami et Abdesselem, 2005).

- En Afrique

Arabe : nânâfolfoli

- En Asie

Inde : Pudina, pudinha

Chine : Ara nae, bai sa ra naiesaranae (Hammami et Abdesselem, 2005).

### ➤ Origine, distribution géographique et culture

*M. piperita* est un hybride cultivé, provenant probablement d'Angleterre et des pays méditerranéens (François, 2012). Elle est cultivée en Europe, en Asie, en Afrique du nord et en Amérique de nord.

Elle affectionne les sols humides ou, au contraire, secs, en fait, cela dépend de l'espèce. En général, la menthe poivrée est plantée en mars, avril. On peut la bouturer en mars, juillet et août. Elle est récoltée de mai à octobre. Elle doit, de préférence, être plantée dans un endroit ensoleillé. Elle nécessite un sol drainé, fertile et frais, riche en calcaire et en argile. Elle requiert un pH entre 6 et 7. Elle se reproduit grâce à des stolons (Abbas, 2005).

### ➤ Propriétés

En santé, l'huile essentielle de la menthe poivrée est reconnue pour ces propriétés :

- Tonique et stimulant digestif, pancréatique et nerveux.
- Anesthésique et antalgique, calme les démangeaisons.
- Rafraîchissante, bactéricide et fongicide.
- Anticatarrhale, expectorante, mucolytique.
- Décongestionnant nasal, libère la sphère respiratoire.
- Favorise le bon fonctionnement hépatique et prostatique.
- Anti-inflammatoire intestinale et urinaire (Anonyme 4, 2021).

### ➤ Utilisations

Elle est traditionnellement utilisée pour améliorer les situations suivantes :

- Insuffisance hépatopancréatique.
- Indigestion, dyspepsie, nausées, vomissements, flatulence.
- Mal des transports, vertige.
- Névralgie, arthrite, rhumatismes, tendinites, migraines, céphalées.
- Zona, herpès, névrite virales.

- Rhinites, sinusites, otites.
- Inconfort des voies uro-génitales.
- Choc, traumatisme.
- Asthénie (fatigue) physique, mentale et sexuelle.

En cuisine, l'huile essentielle de la menthe poivrée est utilisée pour parfumer aussi bien les plats salés que les plats sucrés (Anonyme 4, 2021)

➤ **Partie de la plante extraite**

Parties aériennes.

➤ **Compositions chimique**

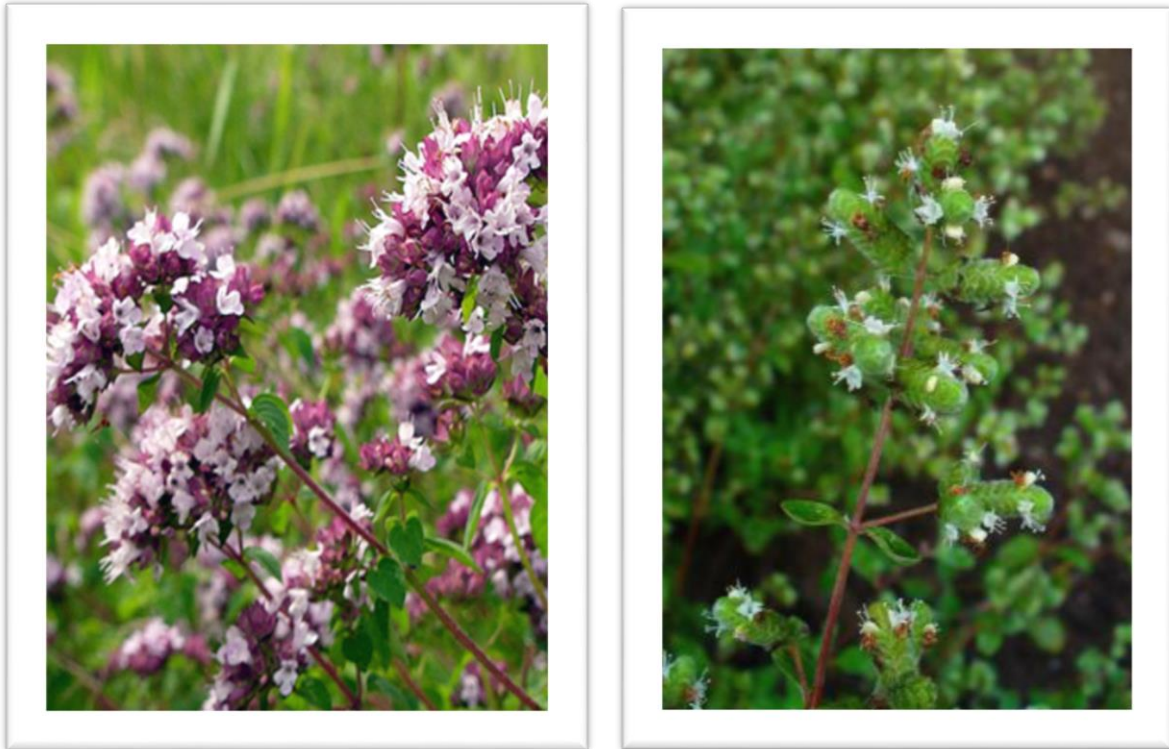
Les principaux constituants biochimiques obtenus par Chromatographie phase gaz de l'huile essentielle de la menthe poivrée sont :

- Monoterpénols : menthol (40.31%)
- Oxydes terpéniques : 1,8-cinéole (6.35%), menthofuran (1.96%)
- Monoterpénones : menthone (25.94%), pulégone (0.70%)
- Esters terpéniques : acétate de menthyle (5.21%)

### **3-5-2- Marjolaine à coquille : *Origanum majorana***

➤ **Description botanique**

La marjolaine à coquille (*Origanum majorana*) est une plante vivace sauvage et annuelle cultivée comme plante condimentaire pour ses feuilles aromatiques (Vera et *al.*, 1999). Elle se caractérise par une tige rougeâtre quadrangulaire de 80 cm de long, des feuilles duveteuses, ovales de couleur vert grisâtre poussant par paire. Ses fleurs sont petites, blanche ou pourpre, groupées en épis dans l'aisselle des feuilles supérieures avec deux bractées en forme de cuillère (Figure 6).



**Figure 6 :** Plante de la marjolaine (*Origanum majorana*) (Dubois et *al.*, 2006).

➤ **Systematique**

Selon Tripathy et *al.* (2017), la classification botanique de la marjolaine est :

**Règne :** Plantae

**Sous- règne :** Viridiplantae

**Super division :** Embryophyta

**Division :** Tracheophyta

**Sous-division :** Spermatophytina

**Classe :** Magnoliopsida

**Super-ordre :** Asteridae

**Ordre :** Lamiales

**Famille :** Lamiaceae

**Sous-famille :** Nepetoideae

**Genre :** *Origanum*

**Espèce :** *Origanum majorana* L.

### ➤ Origine et distribution géographique

Originnaire du bassin méditerranéen (Iserin, 2001), de Chypre et du sud de la Turquie (Ietswaart et *al.*, 1980), la marjolaine vraie est une plante vivace sur les côtes de la région méditerranéenne et en Afrique, mais annuelle dans les jardins de l'Europe centrale où elle est cultivée (Chevalier, 1938).

*O. majorana* est une plante aromatique cultivée partout dans le monde dans diverses parties de l'Inde, la France, l'Europe du nord et dans les zones tropicales comme un aromate et pour sa saveur, son huile essentielle et son parfum (Iserin, 2001 ; Vasudeva et Goel., 2015). Elle pousse en Europe du Sud, en Afrique du Nord et en Turquie (Soliman et *al.*, 2009). *O. majorana* est cultivée également dans de nombreux pays d'Amérique et d'Asie, en Europe occidentale, elle pousse généralement dans des régions sèches rocheuses et calcaires de 100 à 1500 m d'altitude.

### ➤ Propriétés

En santé, l'huile essentielle de marjolaine à coquille est reconnue pour ces propriétés :

- Puissante tonique du système parasymphatique : hypertensive, vasodilatatrice, anaphrodisiatique, activité calmante du système nerveux central.
- Anti-asthénique, neurotonique et rééquilibrante générale et nerveuse.
- Riche en actifs antifongiques, antibactériens, antispasmodiques.
- Favorise l'apaisement des douleurs.
- Stimulante gastrique et régulatrice de l'appétit.

En cuisine, l'huile essentielle de marjolaine à coquilles est reconnue pour ces propriétés citant :

- Saveur aromatique d'origan doux (Anonyme 4, 2021).

### ➤ Utilisations

Elle est traditionnellement utilisée pour améliorer les situations suivantes :

- Aide à l'apaisement et au confort articulaire et musculaire : rhumatismes, arthrose, lumbago, sciatique, crampes et contractures musculaires.
- Fatigue générale et psychique.
- Infections respiratoires : rhinite, bronchite, rhinopharyngite, sinusite.

- Pour préparer des huiles aromatiques qui parfumeront les viandes, les grillades et les plats de légumes (Anonyme 4, 2021).

### ➤ **Partie de la plante extraite**

Parties aériennes.

### ➤ **Composition chimique**

*O. majorana* se caractérise par de fortes saveurs et odeurs agréables et épicées. Cette herbe contient en particulier :

- Monoterpénols : terpinène-4-ol (22.89%), (E)-thujanol (15.61%)
- Monoterpènes : gamma-terpinène (13.41%), alpha-terpinène (8.08%), sabinène (8.33%).

**1-Matériel et méthodes**

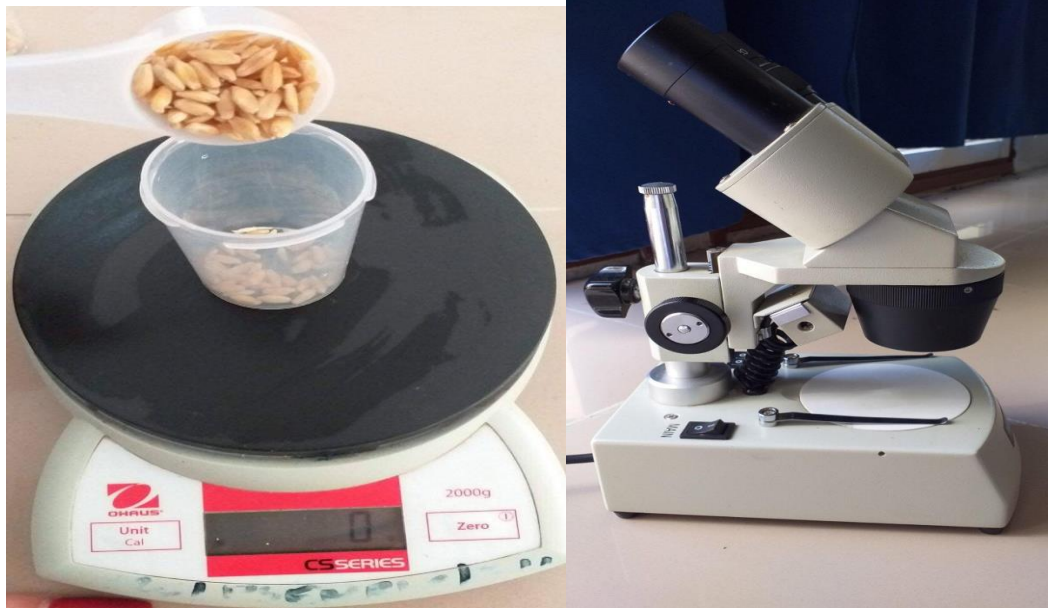
Notre travail expérimental a été réalisé au sein du laboratoire d'Entomologie II de la faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Le but de cette étude est de déterminer l'activité insecticide de deux huiles essentielles (la menthe poivrée *M. piperita* et la marjolaine *O. majorana*) par répulsion et par inhalation sur un insecte ravageur primaire des denrées stockées *R. dominica*.

**1-1-Matériel de laboratoire**

Pour la réalisation de notre travail expérimental, nous avons utilisé une liste de matériel :

- Une étuve obscure réglée à une température  $30 \pm 1^\circ\text{C}$  et une humidité relative de  $60 \pm 5\%$ , correspondant aux conditions favorables au développement de l'insecte ravageur étudié (Figure 7) ;
- Des bocaux en verre pour l'élevage de masse ;
- Des flacons en plexiglas de 64 ml de volume ;
- Des boîtes de Pétri ;
- Une micropipette à volume variable pour le pipetage des huiles essentielles ;
- Une loupe binoculaire pour l'observation des différentes espèces d'insectes ;
- Une balance électronique pour peser les graines de blé dur;
- Du papier filtre pour les tests par inhalation et de répulsivité;
- L'acétone comme solvant ;
- Autres : pinceaux, ciseaux, fil fin, scotch, étiquettes, aiguille, tamis.....



A

B



C



D

E

**Figure 7 :** Matériel de laboratoire utilisé dans les différents bio-essais (A : balance ; B : loupe binoculaire ; C : micropipette ; D : étuve ; E : Autre accessoire (Originale, 2022).

**1-2-Matériel biologique****1-2-1-Matériel végétal****✚ Les plantes aromatiques**

Les huiles essentielles de la menthe poivrée et de la marjolaine à coquille testées durant notre étude proviennent d'un point de vente du laboratoire Français Aroma-Zone situé à Tizi-Ouzou.

**✚ Le blé dur**

Les graines du blé dur utilisées dans les différents tests expérimentaux proviennent du marché local. Ce sont des graines saines indemnes de toute infestation.

**1-2-2-Matériel animal****✚ Le petit capucin des grains**

L'espèce étudiée est *R. dominica*, elle est obtenue à partir des élevages de masse accomplis au niveau du laboratoire d'Entomologie II sur les graines saines de blé dur.

**2-Méthodes****2-1-Elevage de masse de *R. dominica***

Les individus de *R. dominica* utilisés sont issus de souches prélevées au niveau du laboratoire d'Entomologie Appliquée (II) de la faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Dans des bocaux en verre, des grains de blé sains sont contaminés avec les adultes mâles et femelles de *R. dominica* d'âge indéterminé. Les bocaux sont ensuite maintenus à l'obscurité dans une étuve réglée à une température de  $30 \pm 2^\circ\text{C}$  et  $60 \pm 5\%$  d'humidité relative.

Au bout d'une semaine, les adultes sont retirés. Les œufs pondus évoluent pour donner les individus de la première génération. Les adultes âgés de 0 à 7 jours, sont récoltés et utilisés au cours de nos expériences.

Ces élevages de masse permettent de fournir un nombre suffisant d'adultes pour les différents tests biologiques (Figure 8).



**Figure 8 :** Elevage de masse de *R. dominica* (Originale, 2022).

### 2-2-Test par inhalation

Il consiste à étudier la toxicité par inhalation de deux huiles essentielles à l'égard des adultes de *R. dominica*, aux différentes doses testées en fonction du temps et de la durée d'exposition. Il est réalisé selon le protocole suivant :

- Dans des flacons en plexiglas de 64 ml de volume, nous avons introduit 5 g de blé dur et 20 adultes du petit capucin âgés de 0 à 7 jours, puis nous avons injecté une dose d'huile essentielle de menthe poivrée ou de marjolaine sur le morceau de papier filtre suspendu sur la face interne du couvercle à l'aide d'une micropipette. Les doses testées sont : 10 $\mu$ l, 20 $\mu$ l, 30 $\mu$ l, 40 $\mu$ l et 50 $\mu$ l.
- Cinq répétitions sont réalisées pour chaque dose, en parallèle cinq témoins sont réalisés (sans huile essentielle).
- Après inhalation du traitement, les insectes adultes sont retirés des flacons et placés dans des boîtes de Pétri, le dénombrement des individus morts est effectué 24h après le traitement.
- Le taux de mortalité des individus a été évalué après différents temps d'exposition : 24h, 48h, 72h, 96h pour chaque dose et pour chaque répétition (Figure 9).

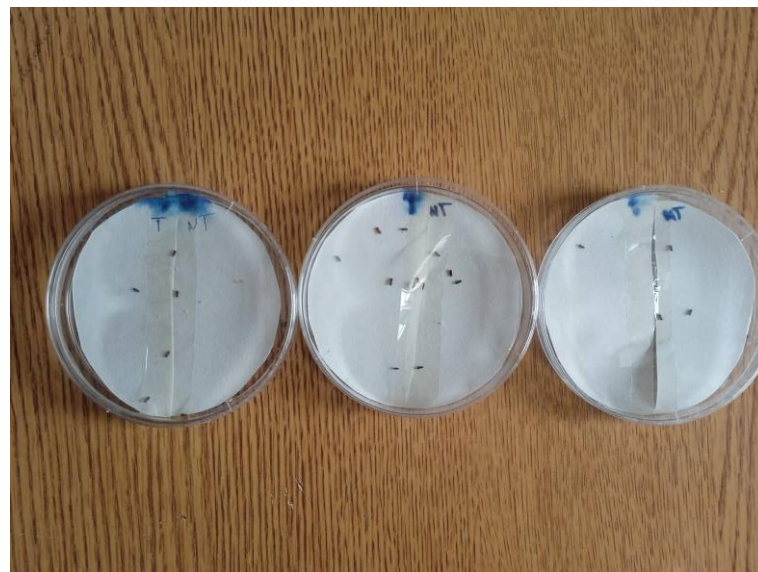
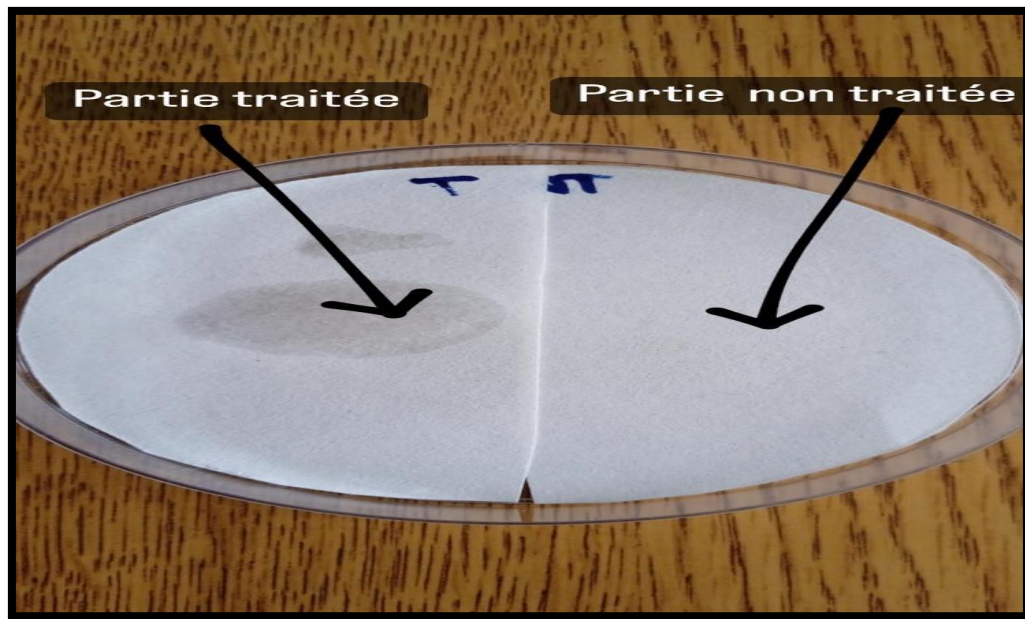


**Figure 9** : Dispositif expérimental du test par inhalation des huiles essentielles de marjolaine et de menthe poivrée à l'égard des adultes de *R. dominica* (Originale, 2022).

### 2-3-Test par répulsion

Des disques de papier filtre (9 cm de diamètre) sont divisés en deux parties égales. Une partie du papier filtre est traitée avec l'une des deux huiles essentielles diluée dans 0,5 ml d'acétone et l'autre partie est traitée uniquement avec 0,5 ml d'acétone (témoin). Les doses utilisées pour les deux huiles essentielles de marjolaine et de la menthe poivrée sont (10 $\mu$ l, 20 $\mu$ l, 30 $\mu$ l, 40 $\mu$ l et 50 $\mu$ l) prélevées à l'aide d'une micropipette.

Après évaporation du solvant, nous rassemblons les deux parties traitées et non traitées à l'aide d'une bande adhésive et placées sur le fond d'une boîte de Pétri en plastique (9cm de diamètre et 1,5 cm de hauteur) et vingt adultes de *R. dominica* sont ensuite déposés au centre de chaque boîte. Trois répétitions sont réalisées pour chaque dose d'huile essentielle. Après une demi-heure d'exposition, les individus sont dénombrés sur chaque demi -disque (Figure10).



**Figure 10 :** Dispositif expérimental du test par répulsion des huiles essentielles de marjolaine et de menthe poivrée à différentes doses à l'égard des adultes de *R. dominica* (Originale, 2022).

Le pourcentage de répulsion (PR), induit par les huiles essentielles sur les adultes de *R. dominica*, est calculé selon la formule de Mc Donald et *al.* (1970) :

$$PR (\%) = [(NT - Tr) / (NT + Tr)] \times 100$$

**NT** : Nombre d'individus présents dans la partie traitée avec l'acétone uniquement.

**Tr** : Nombre d'individus présents dans la partie traitée avec l'huile essentielle diluée dans l'acétone).

Le pourcentage de répulsion moyen pour chaque huile essentielle est calculé et attribué à l'une des différentes classes répulsives allant de 0 à V (Mc Donald et *al.*, 1970) (Tableau 1).

**Tableau 1** : Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald et *al.* (1970).

Classes	Intervalle de répulsion	Propriétés
<b>Classe 0</b>	$PR \leq 0.1$	N'est pas répulsive
<b>Classe I</b>	$0.1 < PR \leq 20$	Très faiblement répulsive
<b>Classe II</b>	$20 < PR \leq 40$	Faiblement répulsive
<b>Classe III</b>	$40 < PR \leq 60$	Modérément répulsive
<b>Classe IV</b>	$60 < PR \leq 80$	Répulsive
<b>Classe V</b>	$80 < PR \leq 100$	Très répulsive

## 2-5-Paramètres biologiques étudiés

### **Mortalité**

Les individus morts sont dénombrés dans chaque boîte de Pétri après des temps d'exposition variables : 24, 48, 72 et 96 h.

### **Emergence**

A partir du 21<sup>ème</sup> jour jusqu'aux 45<sup>ème</sup> jours, les individus adultes émergés sont retirés des boîtes de Pétri et dénombrés.

## 2-6- Paramètres agronomiques étudiés

### ❖ La faculté germinative des grains de blé

Un test de germination a été réalisé, dans le but d'évaluer l'effet de deux huiles essentielles sur la faculté germinative des grains traités à différentes doses d'huiles essentielles, comme suit :

50 graines sont prélevées de chaque lot et mises à germer. Rappelons que chaque lot est constitué d'une combinaison (huile essentielle / dose) avec les quatre répétitions.

En plus, un lot de 50 graines saines et non traitées sont mises à germer.

Les graines prélevées seront couvertes avec du coton imbibé d'eau dans des boites de Pétri (Figure 11).

Après 5 jours, les graines ayant germé dans chaque lot sont dénombrées.

Le taux de germination est calculé comme suit :

$$\text{Taux de germination (\%)} = (\text{nombre de graines germées} / 50) \times 100.$$



**Figure 11** : Test de germination des graines de blé dur (Originale, 2022).

**2-6-Analyse statistique**

Tous les résultats obtenus pour les différents paramètres étudiés sont soumis à une analyse de la variance à deux ou à trois critères de classification en utilisant le logiciel STATBOX, version 6.40 pour déterminer l'action des huiles essentielles vis-à-vis du petit capucin.

Si la probabilité (P) est :

$P > 0,05$ , il n'y a pas de différence significative.

$0,01 < P < 0,05$ , il y a une différence significative.

$0,001 < P < 0,1$ , il y a une différence hautement significative.

$P < 0,001$ , il y a une différence très hautement significative.

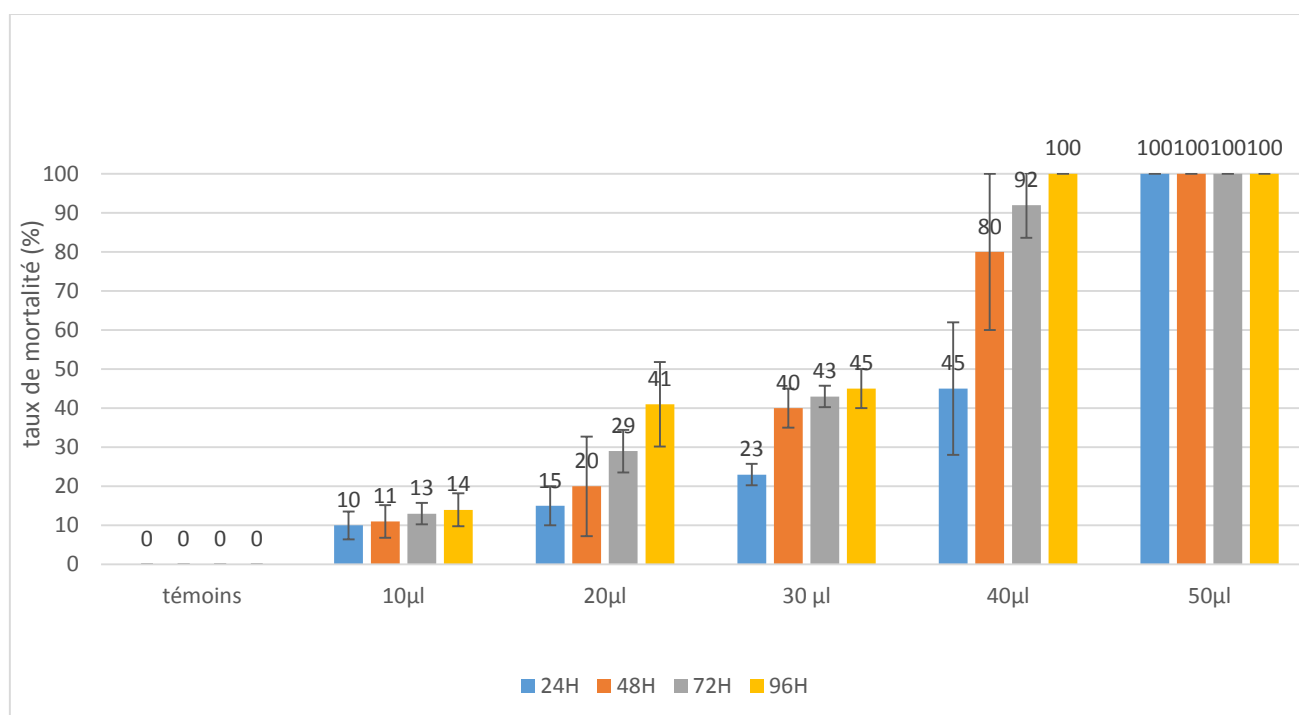
Lorsque cette analyse montre des différences significatives, elle est complétée par le test de NEWMAN et KEULS afin de déterminer les groupes homogènes.

## 1-Résultats des tests d'inhalation des huiles essentielles testées sur les adultes de *R. dominica*

### 1-1-Résultats des tests de toxicité de l'huile essentielle de la menthe poivrée sur les adultes de *R. dominica* par inhalation

Les résultats obtenus montrent que le taux de mortalité des adultes de *R. dominica* par inhalation évolue proportionnellement avec la durée d'exposition et les doses de l'huile essentielle de la menthe poivrée.

Dans les lots traités, une mortalité qui ne dépasse pas 50% est observée après 24 heures d'exposition pour les doses testées allant de 10 à 40  $\mu$ l. Une mortalité totale des adultes est enregistrée à partir de la dose 40 $\mu$ l, après 96h de traitement. Le taux moyen de mortalité des adultes dans les lots témoins, qui n'ont subi aucun traitement, est nulle (Figure 12).



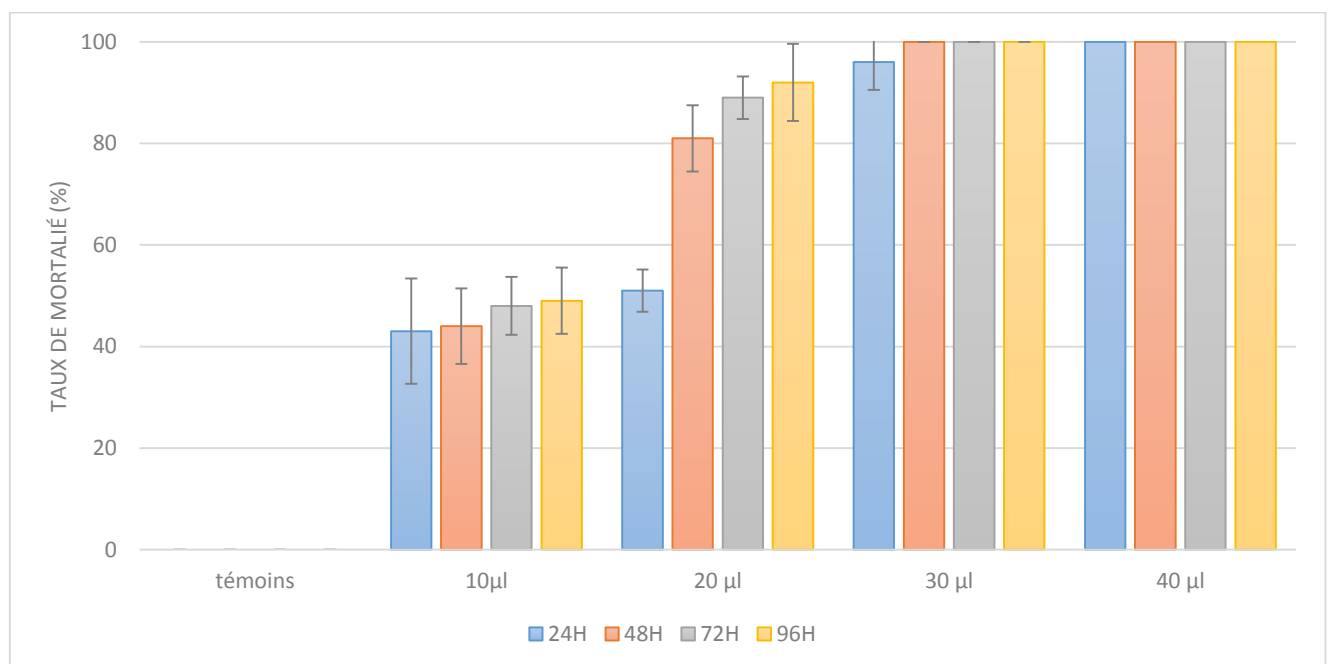
**Figure 12 :** Taux moyen de mortalité en (%) (moyenne  $\pm$  écart type) des adultes de *R. dominica* traités par l'huile essentielle de la menthe poivrée en fonction des doses et de la durée d'exposition.

### 1-2-Résultats des tests de toxicité de l'huile essentielle de la marjolaine sur les adultes de *R. dominica* par inhalation

D'après les résultats obtenus (Figure 13), le taux de mortalité des adultes de *R. dominica* évolue de façon dépendante de la concentration et de la durée d'exposition.

L'huile essentielle de marjolaine affecte les taux de mortalité des adultes de *R. dominica*.

En effet, un taux de mortalité de 80% est enregistré dès 48h d'exposition, à la dose 20 $\mu$ l. Une mortalité totale des capucins est notée à partir de la dose 30 $\mu$ l après 48h.



**Figure 13 :** Taux moyen de mortalité en (%) (moyenne  $\pm$  écart type) des adultes de *R. dominica* traités par l'huile essentielle de la marjolaine en fonction des doses et de la durée d'exposition.

L'analyse de la variance à trois critères de classification montre une différence très hautement significative pour les facteurs : dose ( $P=0$ ), temps ( $P=0$ ), et huile ( $P=0$ ). Par contre l'interaction entre les deux facteurs (temps et huile) montre une différence très hautement significative ( $P=0$ ) (Tableau 2).

**Tableau 2 :** Résultats de l'analyse de la variance, à trois critères de classification, huile (F1), dose (F2), temps (F3) concernant l'effet du traitement par inhalation vis-à-vis des adultes de *R. dominica*.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	384168,3	239	1607,399				
VAR.FACTEUR 1 Huile	286182	5	57236,41	1690,675	0		
VAR.FACTEUR 2 Dose	4624,156	3	1541,385	45,53	0		
VAR.FACTEUR 3 Temps	44553,72	1	44553,72	1316,048	0		
VAR.INTER F1*2	6277,094	15	418,473	12,361	0		
VAR.INTER F1*3	30557,53	5	6111,506	180,525	0		
VAR.INTER F2*3	362,063	3	120,688	3,565	0,01519		
VAR.INTER F1*2*3	5111,688	15	340,779	10,066	0		
VAR.RESIDUELLE 1	6500	192	33,854			5,818	10,22%

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification de 5%, classe le facteur Dose en six groupes homogènes A, B, C, D, E et F. La dose 50µl est la plus efficace, elle appartient au groupe A ; la plus faible dose (10µl) montrant une moindre efficacité, et appartient au groupe E. La dose 0µl est classée dans le dernier groupe F du lot témoin (Tableau3).

**Tableau 3 :** Résultats du test de NEWMAN et KEULS montrant l'effet des quatre doses des huiles essentielles testées par inhalation sur la mortalité des adultes de *R. dominica*.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES				
6.0	D5 (50µl)	100	A				
5.0	D4 (40µl)	89,625		B			
4.0	D3(30µl)	70,625			C		
3.0	D2(20µl)	52,25				D	
2.0	D1(10µl)	29					E
1.0	D0 (0µl)	0					F

Pour le facteur temps d'exposition, le test de NEWMAN et KEULS a fait ressortir 4 groupes homogènes (A, B, C, D) (Tableau 4).

**Tableau 4 :** Résultats du test de NEWMAN et KEULS montrant l'effet de la durée d'exposition aux huiles essentielles testées par inhalation sur la mortalité des adultes de *R. dominica*.

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
4.0	T4 (96h)	61,75	A			
3.0	T3 (72h)	59,5		B		
2.0	T2 (48h)	56,333			C	
1.0	T1 (24h)	50,083				D

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification 5%, classe les deux huiles essentielles dans deux groupes homogènes A et B. La marjolaine est classée dans le groupe A avec une moyenne égale à 70,54, elle manifeste une toxicité supérieure à celle de la menthe poivrée, appartenant au groupe B avec une moyenne de 43,97 (Tableau 5).

**Tableau 5 :** Résultats du test de NEWMAN et KEULS portant sur l'effet des deux huiles essentielles, testées par inhalation, sur la mortalité des adultes de *R. dominica*.

F3	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	H2	70,542	A	
1.0	H1	43,292		B

## Discussion

Les résultats obtenus dans cette étude montrent nettement que les deux huiles essentielles testées, manifestent un effet toxique très hautement significatif sur les adultes de *R. dominica* au fur et à mesure que la dose et le temps d'exposition augmentent.

Plusieurs études ont montré que les huiles essentielles ont un large spectre d'action

sur les insectes des denrées stockées (Hamoudi, 2000 ; Keita et *al.*, 2000). Grace à leur volatilité importante, les huiles essentielles et leurs constituants, essentiellement des mono terpènes, exercent des effets insecticides et réduisent ou perturbent la croissance des insectes à différents stades de leur développement (Weaver et *al.*, 1991; Konstatopoulou et *al.*, 1992; Regnault-Roger et Hamraoui, 1994).

Nos résultats diffèrent de ceux obtenus par Belkadi (2014), laquelle a signalé que les huiles essentielles de grenade (*Punica granatum*) et de l'inule odorante (*Inula graveolens*) ont une faible action insecticide à l'égard de *R. dominica* ; le taux de mortalité des adultes exposés à *I. graveolens* par inhalation est de 14,37 % à la dose de 30µl/20g de blé tendre dès 48h d'exposition.

Cependant, Raja et *al.*, (2001) affirment aussi que les huiles essentielles de *Mentha arvensis*, *M. piperita* et *M. spicata* possèdent une action biocide significative vis-à-vis de *C. maculatus* F., et ce, par inhalation. Cette efficacité varie en fonction de l'huile et de la dose. Ces variations peuvent être expliquées par la composition chimique de l'huile essentielle et le comportement du ravageur.

Nos résultats ne diffèrent pas de ceux obtenus par Koroghli (2018) qui a signalé un effet toxique très hautement significatif de la menthe poivrée (*Mentha piperita*) et du romarin (*Rosmarinus officinalis*) sur les adultes de *R. dominica* par inhalation. En effet, les huiles essentielles entraînent une mortalité de 100% après 48h d'exposition à la plus forte dose de 12µl pour l'huile essentielle de *R. officinalis* et à la dose 6µl pour l'huile essentielle de *M. piperita*.

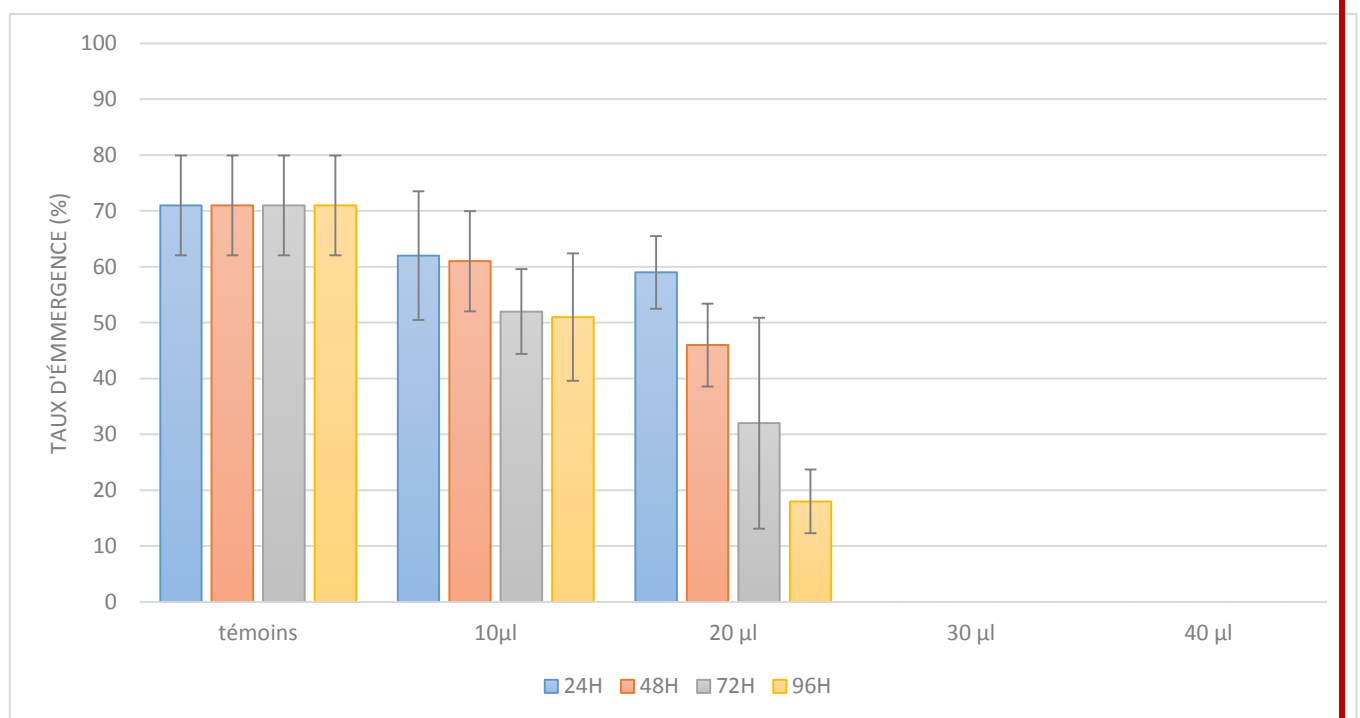
Shaaya et *al.* (1991) signalent que les huiles essentielles extraites à partir de certaines Labiées comme l'origan, le basilic, la marjolaine, le thym, la sauge, le romarin et la lavande ont causé 100% de mortalité chez *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera :Bostrychidae), *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Silvanidae), *Tribolium castaneum* (Hbst.) (Coleoptera : Tenebrionidae) et *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera : Curculionidae), à des doses variant de 10 à 15 µl/ l d'air.

Raja et *al.* (2001) et Taleb (2015) affirment aussi que l'huile essentielle de *M. spicata* possède une action biocide inhalatoire significatrice vis à vis de *Callosobruchus maculatus* F. (Bruchidae).

Les travaux de Kedjem et Taharbouchth (2021) ont révélé que l'huile essentielle de lentisque (*Pistacia lentiscus*) provoque 24% de mortalité sur *T. confusum* à la plus forte dose 20 $\mu$ l, après 24h d'exposition. Par ailleurs, pour l'huile essentielle de basilic (*Ocinum basilicum*), la mortalité moyenne n'excède pas les 19% pour la dose 20 $\mu$ l, après un temps d'exposition de 24h.

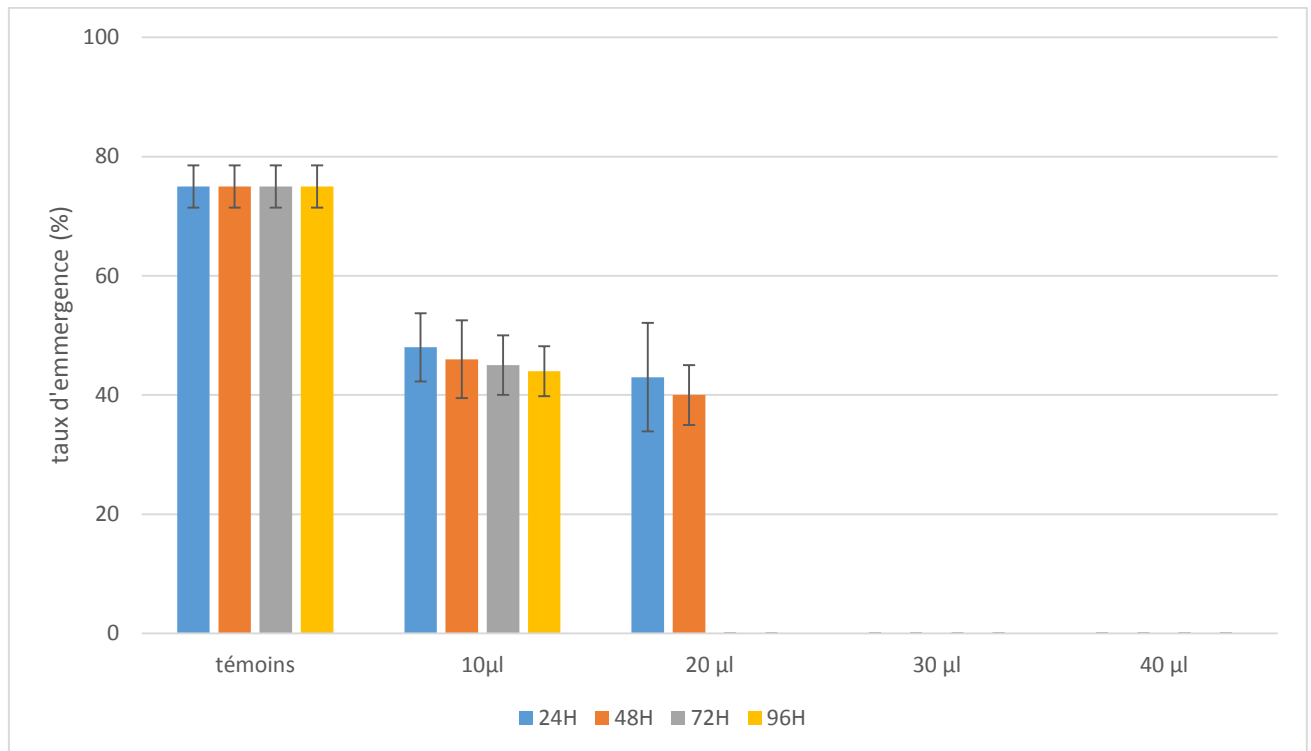
### 1-2- Résultats relatifs à l'effet des traitements sur l'émergence des adultes de la première génération de *R. dominica*.

Il ressort de la figure 14, que les traitements avec l'huile essentielle de la menthe poivrée réduisent clairement le taux d'émergence des adultes de *R. dominica* comparativement aux lots témoins où il est optimal (70%). Ce taux diminue pour s'annuler complètement à partir de la dose 30 $\mu$ l et ceci quelque soit la durée d'exposition.



**Figure 14 :** Taux moyen d'émergence des adultes de *R. dominica* après traitement à l'huile essentielle de la menthe poivrée par inhalation.

Dans les lots témoins, un taux d'émergence des adultes de 75% est enregistré. Par contre dans les lots traités, ce taux diminue considérablement dès la plus faible dose (10 $\mu$ l) pour s'annuler à partir de la dose 20 $\mu$ l, après 72h d'exposition (Figure 15).



**Figure 15 :** Taux moyen d'émergence des adultes de *R. dominica* après traitement avec l'huile essentielle de marjolaine par inhalation.

Le tableau de l'analyse de la variance à trois critères de classification des résultats des émergences des adultes de *R. dominica* a relaté des différences très hautement significative ( $P=0$ ) pour les facteurs : (dose, temps et huile) ainsi que pour les interactions (dose  $\times$  temps) et (dose  $\times$  huile). L'interaction des trois facteurs (dose  $\times$  temps  $\times$  huile) est significative avec ( $P=0.017$ ) (Tableau 6).

**Tableau 6 :** Résultats de l'analyse de la variance à trois critères de classification concernant l'effet du traitement par inhalation sur les émergences des adultes de *R. dominica*

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	219624,9	239	918,933				
VAR.FACTEUR 1 Dose	195263	5	39052,6	1264,435	0		
VAR.FACTEUR 2 Temps	2896,141	3	965,38	31,257	0		
VAR.FACTEUR 3 Huile	1020,906	1	1020,906	33,055	0		
VAR.INTER F1*2	9978,234	15	665,216	21,538	0		
VAR.INTER F1*3	3534,719	5	706,944	22,889	0		
VAR.INTER F2*3	75,328	3	25,109	0,813	0,49082		
VAR.INTER F1*2*3	926,547	15	61,77	2	0,0171		
VAR.RESIDUELLE 1	5930	192	30,885			5,557	21,67%

Le test de NEWMAN et KEULS, au seuil de signification de 5%, classe le facteur dose (F1) dans quatre groupes homogènes. La dose (0µl) est classée dans le groupe A et le groupe D correspond aux doses 30, 40 et 50µl (Tableau 7).

**Tableau 7 :** Résultat du test de NEWMAN et Keuls montrant l'effet du facteur dose des huiles essentielles testées par inhalation sur les émergences des adultes de *R. dominica*

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
1.0	D0 (0µl)	73	A			
2.0	D1 (10µl)	51,125		B		
3.0	D2 (20µl)	29,75			C	
5.0	D4 (40µl)	0				D
6.0	D5 (50µl)	0				D
4.0	D3 (30µl)	0				D

Pour le facteur durée d'exposition, le test de NEWMAN et Keuls a fait ressortir deux groupes homogènes A et B. les temps d'expositions les plus courts (24h et 48h) sont classés dans le groupe homogène A, 72h et 96h dans le groupe B (Tableau 8).

**Tableau 8 :** Résultats du test de NEWMAN et Keuls montrant l'effet du facteur temps d'expositions aux huiles essentielles testées par inhalation sur les émergences des adultes de *R. dominica*.

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	T1 (24h)	29,833	A	
2.0	T2 (48h)	28,25	A	
3.0	T3 (72h)	22,917		B
4.0	T4 (96h)	21,583		B

Ce même test classe les deux huiles testées en 2 groupes homogènes A et B. L'huile essentielle de la menthe poivrée appartient au groupe homogène A, avec une moyenne de 27.70, celle de marjolaine au groupe B avec une moyenne de 23.58 (Tableau 9).

**Tableau 9 :** Résultats du test de NEWMAN et Keuls montrant l'effet du facteur huile testées par inhalation sur l'émergence des adultes de *R. dominica*.

F3	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	H1 menthe	27,708	A	
2.0	H2 marjolaine	23,583		B

## Discussion

D'après nos résultats, nous n'avons enregistré aucune descendance dans les lots traités avec l'huile essentielle de marjolaine à la dose 20 $\mu$ l, après 72h d'exposition, tandis que pour l'huile essentielle de la menthe poivrée, le taux d'émergence des adultes s'annule à partir de 30 $\mu$ l.

Nos résultats sont similaires à ceux de Kacel et Baba ahmed (2022) qui déclarent que le taux d'émergence des lots traités par l'huile essentielle de marjolaine diminue au fur et à mesure que les concentrations augmentent et s'annule dès la dose 50 $\mu$ l. Dans les lots traités par la menthe poivrée, le taux d'émergence diminue jusqu'à atteindre 5%, à la plus forte dose (60 $\mu$ l).

Par ailleurs, de nombreuses études mettent en exergue l'effet d'une multitude de bio insecticide vis-à-vis de la viabilité post-embryonnaire de *S. oryzae* et *R. dominica* et *C. maculatus*.

Bouzidi et Toubal (2015) ont noté qu'aucune émergence n'a été enregistrée aux doses 0,2 et 0,4ml /50g des graines de blé dur chez *S. granarius* et *R. dominica*.

Selon Hamai et al. (2006), aucune émergence des adultes de *C. maculatus* n'a été observé à la dose de 0.0125 ml / 50g de niébé pour l'huile de la lavande 0.025 ml pour les huiles essentielle de citron et citronnelle, 0.1 ml pour le persil et 0.4 ml pour l'huile essentielle d'abricot.

## **2- Résultats des tests de toxicité par répulsion sur les adultes de *R. dominica***

Les résultats de l'effet par répulsion des deux huiles essentielles testées sont mentionnés dans les tableaux (10 et 11).

D'après les tableaux 11 et 12, les deux huiles essentielles de menthe poivrée et de marjolaine présente une certaine activité répulsive à l'égard des adultes de *R. dominica* où les taux de répulsion sont respectivement de 26.67 et 35.32%.

Selon le classement de Mc Donald et al. (1970), ces deux huiles essentielles sont faiblement répulsives appartiennent à la classe II.

**Tableau 10 :** Nombre moyen des adultes de *R. dominica* recensés dans les parties traitées et non traitées et le pourcentage de répulsion selon les différentes doses de l'huile essentielle de menthe poivrée.

	Doses (µl)	Huile essentielle de la menthe poivrée		
		Moyen d'individus présents dans		Pourcentage de répulsion
		Partie traitée	Partie non traitée	
Huile De la menthe poivrée	10	8.33	11.33	15
	20	8	12	20
	30	8	12	20
	40	7.33	12.67	26.7
	50	5.33	14.67	46.65
	Taux Moyen de répulsion	26.67%		
Classe	Classe II			
Effet	Faiblement répulsif			

**Tableau 11 :** Nombre moyen des adultes de *R. dominica* recensés dans les parties traitées et non traitées et le pourcentage de répulsion selon les différentes doses de l'huile essentielle de marjolaine.

Huile de la menthe poivrée	Doses ( $\mu$ l)	Huile essentielle de la marjolaine		
		Moyen d'individus présents dans		Pourcentage de répulsion
		Partie traitée	Partie non traitée	
10	9	11	10%	
20	6.66	13.33	33.35%	
30	6	14	40%	
40	6	14	40%	
50	4.67	15.33	53.3%	
Taux moyen de répulsion		35.32%		
Classe		Classe II		
Effet		Faiblement répulsif		

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre une différence très hautement significative pour le facteur dose ( $P = 0$ ), et pour le facteur temps ( $P = 0.00024$ ). L'interaction entre les deux facteurs (dose et huile) montre une différence significative ( $P = 0,03532$ ) (Tableau12).

**Tableau 12 :** Résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification (dose (F1), huile (F2), concernant les tests de répulsivité avec les deux huiles essentielles.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	6496,667	29	224,023				
VAR.FACTEUR 1 (Dose)	4546,667	4	1136,667	31	0		
VAR.FACTEUR 2 (Huile)	750,001	1	750,001	20,455	0,00024		
VAR.INTER F1*2	466,666	4	116,667	3,182	0,03532		
VAR.RESIDUELLE 1	733,334	20	36,667			6,055	19,96%

Le test de NEWMAN et Keuls, au seuil de signification 5%, classe le facteur dose dans trois groupes homogènes : la dose 50µl dans le groupe A, avec le taux le plus élevé de répulsivité (50%), suivie des doses 20, 30, 40µl classées dans le groupe B et enfin la dose 10µl enregistrant le plus faible taux de répulsivité appartient au groupe homogène C (Tableau 13).

**Tableau 13** : Résultat du test de NEWMAN et Keuls montrant l'effet du facteur dose (F1) des huiles essentielles, testées par répulsivité, sur les adultes de *R. dominica*.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
5.0	D5 (50µl)	50	A		
4.0	D4 (40µl)	33,333		B	
3.0	D3 (30µl)	30		B	
2.0	D2 (20µl)	26,667		B	
1.0	D1 (10µl)	11,667			C

Le tableau ci-dessous montre que l'huile essentielle de la menthe poivrée appartient au groupe homogène B, avec une moyenne de répulsion de 25.33. Par contre l'huile essentielle de marjolaine appartient au groupe homogène B avec une moyenne de 35.33% (Tableau 14).

**Tableau 14** : Résultats du test de NEWMAN et Keuls montrant l'effet du facteur huile essentielle testée par répulsivité, sur les adultes de *R. dominica*.

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	H2 marjolaine	35,333	A	
1.0	H1 Menthe poivrée	25,333		B

## Discussion

Les résultats obtenus montrent clairement que les deux huiles essentielles testées ont un effet faiblement répulsif (classe II) avec un taux moyen de 35.32% pour la marjolaine et 26.67% pour la menthe poivrée à l'égard des adultes de *R. dominica*.

L'effet répulsif des huiles essentielles sur les ravageurs des denrées stockées est largement documenté. C'est ainsi que Krim (2019) a montré que les deux huiles essentielles testées, la sauge officinale et la menthe pouliot ont un effet répulsif à l'égard des adultes de *R. dominica*, la sauge est très répulsive et la menthe pouliot est modérément répulsive.

Nos résultats diffèrent de ceux obtenus par Koroghli (2018) qui a montré que les deux huiles testées ont un effet répulsif considérable à l'égard de *R. dominica* ; elles sont placées selon la méthode de Mc Donald et al. (1970) dans la classe répulsive (IV) avec des valeurs moyennes de répulsion de 65.5% pour l'huile essentielle de romarin et 72.39% pour l'huile essentielle de la menthe poivrée.

Roy et al. (2005) affirment que l'huile essentielle extraite de Lastron bâtard (*Blumea lacera*) appartenant à la famille des Asteraceae manifeste une répulsion de 55.7% à l'égard de *R. dominica* et de 55.34% à l'égard de *Sitophilus oryzae*.

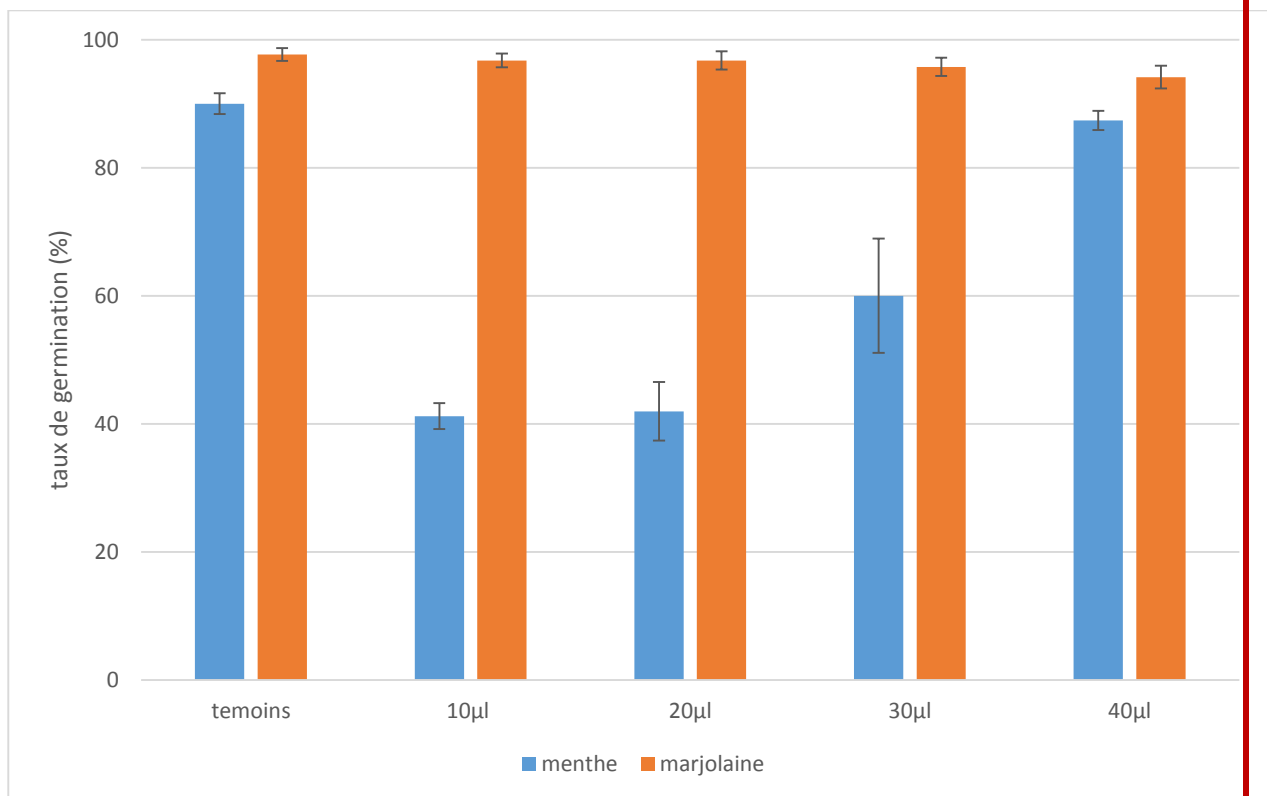
Les travaux réalisés par Goucem-Khelfane (2014) sur l'effet répulsif des huiles essentielles de neuf plantes aromatiques à l'égard d'*Acanthoscelides. obtectus* font ressortir que les huiles essentielles de *Laurus nobilis*, *Mentha piperita*, *Lavandula angustifolia*, *Citrus reticulata* et *Citrus bergamia* sont répulsives avec des taux respectifs de 73.75%; 71.25%; 63.75%; 63.75% et 61.87% et que les huiles essentielles de *Thymus satureioides* (53.75%), *Eucaliptus globulus* (51.25%) et *Citrus limonum* (43.75%) sont moyennement répulsives.

Selon Aliane (2020), l'huile essentielle de bigaradier s'est montrée modérément répulsive à l'égard de *R. dominica* avec un taux de répulsion moyen de 42.5%.

Kishan et al. (2001) ont montré que l'huile essentielle d'*Artemisia annua* appartenant à la famille des Asteraceae est modérément répulsive vis-à-vis de trois coléoptères des denrées stockées, *C. maculatus*, *R. dominica* et *Sitophilus oryzae*, avec une répulsion moyenne de 65 à 74% à la plus forte dose testée (4µl/ml) pendant 1 heure. Les effets répulsifs de ces huiles essentielles pourraient dépendre de la composition chimique et du niveau de sensibilité de l'insecte (Casida, 1990).

### 3-Action des traitements sur la faculté germinative des graines

Les résultats du test de germination des graines du blé dur sont présentés dans la figure 15 qui montre que le taux de germination des grains traités à l'huile essentielle de la menthe poivrée augmente au fur et à mesure que la dose augmente pour atteindre un taux maximal de 87.37% à la plus forte dose (40 $\mu$ l). Par contre pour l'huile essentielle de la marjolaine, la capacité germinative des graines oscille de 94% à 97%. Dans les lots témoins (graines sans traitements), le taux de germination atteint les 98% (Figure 16).



**Figure 16 :** Le taux de germination (%) (moyenne  $\pm$  écart-type) des graines de blé dur infestées par *R. dominica* et traitées avec les deux huiles essentielles.

**Tableau 15** : Résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification (dose (F1), huile (F2), concernant la faculté germinative avec les deux huiles essentielles.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	17407,09	39	446,336				
VAR.FACTEUR 1	3478,048	4	869,512	14,228	0		
VAR.FACTEUR 2	8505,975	1	8505,975	139,185	0		
VAR.INTER F1*2	3589,682	4	897,42	14,685	0		
VAR.RESIDUELLE 1	1833,388	30	61,113			7,817	9,57%

Le tableau de l'analyse de la variance à deux critères de classification des résultats de la germinations des grains de blé dur a relaté des différences très hautement significatives ( $P=0$ ) pour facteur : (dose et huiles) ainsi que pour l'interaction (dose  $\times$  huile) ( Tableau 15).

Le test de NEWMAN et Keuls, au seuil de signification 5%, classe le facteur dose dans deux groupes homogènes ; le groupe A correspond aux témoins (0 $\mu$ l) et à la dose 40 $\mu$ l, regroupe les moyennes les plus élevées (94 et 90.76). Toutefois les doses 20, 30 et 10 $\mu$ l appartiennent au groupe B, avec des valeurs plus faibles du taux de germination (Tableau 16).

**Tableau 16** : Résultats du test de NEWMAN et KEULS portant sur l'effet dose (F1) des huiles essentielles testées par inhalation sur la germination des graines de blé dur.

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES
1.0	D0	94	A
5.0	D4	90,763	A
3.0	D2	78,375	B
4.0	D3	76,375	B
2.0	D1	68,975	B

Ce même test classe le facteur huile dans deux groupes homogènes. L'huile essentielle de marjolaine est classée dans le groupe homogène A avec une moyenne de 96.28%. L'huile essentielle de la menthe poivrée est moins efficace, avec une moyenne de 67.11% appartient au groupe B (Tableau 17).

**Tableau 17** : Résultats du test de NEWMAN et Keuls sur l'effet du facteur huile essentielle testée par inhalation, sur la germination des graines de blé dur.

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPE HOMOGÈNES	
2.0	H2 marjolaine	96,28	A	
1.0	H1 menthe poivrée	67,115		B

### Discussion

Le test de germination est complémentaire aux tests précédents car on ne peut juger l'efficacité d'une huile sans connaître ses effets secondaires sur les graines.

Les résultats concernant la faculté germinative révèlent des différences hautement significatives pour le facteur huile essentielle, classant en première position la marjolaine (96.28%) et en deuxième position la menthe poivrée (67.11%).

Le taux de germination des graines traitées avec l'huile essentielle de la menthe poivrée augmente avec la dose utilisée. Les résultats montrent que l'huile de menthe poivrée testée a affecté la capacité germinative des graines de blé dur comparativement à l'huile de marjolaine.

Selon Tefiles, (2019) les résultats des tests de germination ont montré que les grains de blé traités avec les huiles essentielles de *Mentha spicata* et de *Thymus vulgaris* ont affecté le taux de germination moins important par rapport aux témoins et à l'huile essentielle de *C. sircensis thomson*.

Meziani et Mechrak (2021) ont rapporté que les huiles essentielles des clous de girofle et de bois de Hô ont altéré légèrement le pouvoir germinatif des graines de blé tendre, en enregistrant des taux de germinations de (88.2%) et (84.2%) respectivement.

En revanche, Benbelkacem et Benarab (2012), rapportent que l'huile d'olive vierge, de deuxième pression et les margines n'affectent pas le taux de germination des grains de blé (environ 90% de germination).

## Conclusion

---

Au cours de notre travail, nous avons tenté d'évaluer la bio efficacité de deux huiles essentielles : la menthe poivrée (*Mentha piperita*) et la marjolaine (*Origanum majorana*) à l'égard des adultes du petit capucin des grains de blé stockés *Rhyzopertha dominica*.

Compte tenu des résultats obtenus, nous pouvons conclure que les huiles essentielles testées exercent une toxicité très hautement significative par inhalation associé à un effet faiblement répulsif sur ce ravageur.

L'efficacité des deux huiles essentielles de *O. marjorana* et de *M. piperita* sur la mortalité des adultes de *R. dominica* varie selon la dose et le temps d'exposition.

L'utilisation de ces deux huiles par inhalation a affecté la viabilité des adultes avec 100% de mortalité à la dose 30µl, après 48h d'exposition pour l'huile essentielle de la marjolaine, et après 96h d'exposition à la dose 40µl pour la menthe poivrée.

Les huiles étudiées affectent par ailleurs la viabilité post-embryonnaire de *R. dominica*, en effet, les traitements ont été efficaces non seulement sur les adultes mais aussi sur le développement larvaire se déroulant à l'intérieur des grains.

En ce qui concerne le test par répulsion, les deux huiles ont montré un effet faiblement répulsif à l'égard de l'insecte ; elles sont placées selon la méthode de Mc Donald *et al.* (1970) dans la classe (II) faiblement répulsif avec des valeurs moyennes de répulsion de 35.32% pour l'huile essentielle de la marjolaine et 26.67% pour l'huile essentielle de la menthe poivrée.

Les résultats obtenus montrent que l'huile essentielle de la marjolaine en comparaison à celle de la menthe poivrée, présente l'effet le plus toxique par inhalation, par contre ces deux huiles sont faiblement répulsives.

Il ressort de notre étude que le traitement par la marjolaine confère aux graines de blé dur une meilleure protection comparativement à l'huile essentielle de la menthe poivrée.

## Conclusion

---

Les résultats obtenus suggèrent que ces deux huiles essentielles peuvent constituer un moyen de lutte efficace contre cet insecte dans les stocks de céréales.

De nombreuses perspectives de recherches peuvent être dégagées de cette étude. Ainsi, il serait judicieux d'entamer des expériences de confirmation ayant pour objectif de vérifier, dans des conditions aussi proches de la pratique, les conclusions des travaux réalisés en conditions contrôlées notamment pour les plantes qui se sont révélées efficaces contre *R. dominica* ou d'autres insectes ravageurs des produits entreposés. Il serait également intéressant d'affiner les recherches en identifiant et isolant les composés actifs de ces huiles essentielles. Il serait aussi intéressant de tester ces mêmes huiles sur d'autres insectes des denrées stockées.

### A

**Abbas K., 2005.** Perspectives d'avenir de la jachere paturee dans les zones cerealieres semi arides. Fourrages (2005) 184, 533-546 p.

**Abdelli I., 2018.** Caractérisation physicochimique des huiles d'olive de quatre régions de la Kabylie et étude de leur activité biologique à l'égard des deux insectes Ravageurs des grains stokés, *Rhyzopertha dominica* et *Sitophylus granarius*. Mémoire de master académique en agronomie, U.M.M.T.O, 40 p.

**Abecassis J., 1993.** Nouvelles possibilités d'apprécier la valeur meunière et la valeur semoulière des blés. Industries des céréales, n.8, 25-37 p.

**Abeledo L.G., Savin R., Gustavo A. et Salfer., 2008.** Wheat productivity in the Mediterranean Ebro Valley: Analyzing the gap between attainable and potential yield with a simulation model. *European journal of Agronomy*.28, 541 – 550 p.

**Aliane S., 2020.** Activité insecticide de l'huile essentielle de bigaradier (*Citrus aurantium* L.) à l'égard du petit capucin des grains de blé *Rhyzopertha dominica* F. (Coleoptera : Bostrychidae). Mémoire de master en sciences agronomiques, U.M.M.T.O, 23 p.

**Anon A., 1998.** Reregistrationeligibility decision: Aluminum and magnesium phosphide. Washington DC, 191p.

**Anonyme 3, 2017.** (<http://www.puressentiel.com/be/fr/herbier/menthe-poivree>).

**Anonyme 1, 2020.**[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).

**Anonyme 2, 2020.** <https://www.memoireonline.com/11/15/9306/Etude-bibliographique-sur-les-huiles-essentielles-et-vegetales.html>.

**Anonyme 4, 2021.** Aroma zone .

**Aoues K., Boutoumi H. et Benrima A., 2017.** Etat phytosanitaire du blé dur local stocké en Algérie, *Revue Agrobiologia*, 7 (1): 286 -296 p.

**Astuti L., Mudjiono G., Rasminah S. et Rahardjo B., 2013.** Influence of temperature and humidity on the population growth of *Rhyzopertha dominica* F. (Coleoptera, Bostrichidae) on milled rice. *Journal of entomology*, 10- 86 – 94 p.

### B

**Baba ahmed L. et Kacel A., 2022.** L'effet bio insecticide de deux huiles essentielles de la menthe poivrée (*Mentha piperita*) et de la marjolaine à coquilles (*Origanum majorana*) à l'égard du *Tribolium confusum* (Coleoptera : Tenebrionidae). Mémoire de master en sciences biologiques. U.M.M.T.O. 49 - 51 p.

**Balachowsky A. et Mesnil L., 1936.** Les insectes nuisibles aux plantes cultivées, leurs mœurs, leur destruction. Ed. Busson, Paris T. II, 1715 - 1742 p.

**Balachowsky A. S., 1962.** Entomologie appliquée à l'agriculture, Tome 1. Volume 1 : Coléoptères. Ed. Masson et Cie, Paris, T.I, vol 1, 564p.

**Bardeau F., 2009.** Les huiles essentielles : Découvrir les bienfaits et les vertus d'une médecine ancestrale. Ed. Fernand Lanore, France, 315 p.

**Baudoux D., 2002.** L'Aromatherapie. Se soigner par les huiles essentielles (Amyris, Bruxellesed.).

**Belkadi L., 2014.** Etude de l'efficacité des huiles essentielles de l'inule odorante, *Innula graveolens* (Asteraceae) et de la grenade, *Punica granatum* (Punicaceae) à l'égard de petit capucin des grains, *Ryzopertha dominica* (Coleoptera : Bostrychidae). Mémoire de master en sciences biologiques. U.M.M.T.O. 27 p.

**Benbelkacem A. et Kellou K., 2000.** Evaluation du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (*Triticum triduum* L. var. *durum*) cultivées en Algérie 87 p.

**Benz DH., Diallo A., Lançon F., Meuriot V., Rasolof P., Temple L. et Wane A., 2010.** L'imparfaite transmission des prix mondiaux aux marchés agricoles d'Afrique subsaharienne. Farm, Cirad; 28 p.

**Bonjean A., 2001.** Histoire de la culture des céréales et en particulier de celle du blé *triticumaestivum* L. Eds Le perche S., Guy P et Fraval A. Agriculture et biodiversité des plantes. Dossier de l'environnement de l'INRA, n 21, 29 – 37 p.

**Bouzegane F. et Djemai S., 2017.** Recherche d'un effet synergique entre une huile d'olive vierge (Artisannale) et deux huiles essentielles (orange : *Citrus sinensis* L.) et (armoïse : *Eriocephalus africanus*) à l'égard du *Triboliumconfusum* (Coleoptera : Tenebrionidae). Mémoire de master en sciences biologiques. U.M.M.T.O. 85 p.

**Bouzidi M. et Toubal N., 2015.** Effet insecticide de l'huile d'olive de différentes régions de Kabylie à l'égard de quatre coléoptères ravageurs des grains stockés : *Sitophilus oryzae* (curculionidae), *Rhyzopertha dominica* (Bochtrydae), *Tribolium castaneum* (Tenebrionidae) et *callosobruchus maculatus*(bruchidae). Mémoire de master en biologie U.M.M.T.O.

**Bozzini A., 1988.** Origine, distribution and production of durum wheat in the world. Chemistry and Technology. Fabriani G.C Lintas (ed). 1-16 p.

**Bruneton J., 1999.** Pharmacognosie et phytochimie, plantes médicinales. ed : Tec et Doc. Lavoisier. Paris. 915p.

### C

**Capinera J.L., 2008.** Encyclopedia of entomology, (2éd).USA, Springer Science and Business, 43-46 p.

**Casida J.H., 1990.** Pesticide mode of action, evidence for implications of a finite number of biochemical targets. In :Casida J.E. (ed.). Pesticides and alternatives. Innovative chemical and Biological Approaches to Pest Control. Amsterdam: Elsevier, 11-22 p.

**Chanbang Y., Arthur F.H., Wilde G.E., Throne J.E., 2007.** Efficacy of diatomaceous earth to control *Rhyzoperthadominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae), Journal of stored products research, 26(7), 923 – 929 p.

**Chellali B., 2007.** Marché mondial des céréales : L'Algérie assure sa sécurité alimentaire.

**Chevalier A., 1938.** La Marjolaine vraie (*Majorana hortensis*) et sa culture. Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée, 18(204), 593-604 p.

**Chiasson H. et Beloin N., 2007.** Les huiles essentielles, des biopesticides «nouveau genre ». Antennae, 14 (1), 3 – 6 p.

**Clarke J.M., Norvell W.A., Clarke F.R. et Buckley T.W., 2002.** «Concentration of cadmium and other elements in the grain of near-isogenic durum lines. » Can. J. Plant Sci. /Revue canadienne de phytotechnie, 82:27 - 33 p.

**CRUZ J., Hounhouigan J., et Fleurat-Lessardf., 2016.** La conservation des grains après récolte QuaCTAPresses agronomiques. 256p.

**Cuperus G.W., Noyes R.T., FargoW.S.,Clary B.L.,Arnold D.C. et Anderson K., 1990.** Management practices in a high-risk stored-wheat system in Oklahoma. Bulletin of the entomological Society of America. 36(2):129-134 p.

### D

**Delobel Al, Tran M., 1993.**Les Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes. Paris : ORSTOM, 32, 425 p.

**Dubois J., Mitterand H., Dautat A., 2006.** Dictionnaire étymologique et historique du français – Larousse.

### F

**FAO., 2020.** Statistics Data: the Food and Agriculture Organization of the United Nations.Official website. Retrieved from<http://www.fao.org/faostat/ en/#data>.

**Feldman M., 2001.** «Origin of Cultivated Wheat ". Dans Bonjean A.P. et W.J. Angus (éd.) The World Wheat Book: a history of wheat breeding. Intercept Limited, Andover, Angleterre, 3-58 p.

**Fianko J.R., Donkor A., Lowor S.T., Yeboah P.O., Glover et., Adom T., Faanu A., 2011.** Health risk associated with pesticide contamination of fish from the Densu River Basin in Ghana. Journal of Environmental Protection, 2(2): 115-123 p.

**François C., 2012.** Les plantes et leurs noms « Histoire insolites ». 152 p.

### G

**Gacem M.A., Ould El Hadj Khelil A. et Gacemi B., 2011.** Etude de la qualité physico-chimique et mycologique du blé tendre local et importe stocke au niveau De L'office Algérien Interprofessionnel Des Céréales (OAIC) de La Localité De Saida (Algérie). Algerian journal of arid environment vol. 1, n° 2, Décembre 2011: 67-76 p.

**Golebiowska Z., 1969.** The feeding and fecundity of *Sitophilus granaries* L., *Sitophilus oryzae* L. And *Rhizopertha dominica* F. in wheat grain, Journal of Stored Products Research 5: 143 – 155p.

**Goucem K., 2014.** Etude de l'activité insecticide des huiles essentielles et des poudres de quelques plantes à l'égard de la bruche du haricot *Acanthocelides obtectus* (Say) (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) et comportement de ce ravageur vis-à-vis des composés volatils de différentes variétés de la plante hôte (*Phaseolusvulgaris*). Thèse de doctorat en biologie, U.M.M.T.O, 144 p.

**Grignac P., 1978.** Le blé dur : Techniques agricoles. Tome I, ed 6-10 p.

**Guèye M .T., 2012.** Gestion intégrée des ravageurs de céréales et de légumineuses stockées au Sénégal par l'utilisation de substances issues de plantes. Thèse de doctorat, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, 216 p.

### H

**Hamai K., Hamara K., et Kacimi F., 2006.** Effet de cinq huiles végétale sur l'activité biologique de *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera : Bruchidae).

**Hamed M., 1979.** Plantes et culture des cultures céréalières, les cultures légumineuses. Syrie.

**Hammami S. et Abdesselem M., 2005.** Extraction et analyse des huiles essentielles de la menthe poivrée de la région de Ouargla. Thèse Ing ,Univ, Blida P69.

**Hamoudi S., 2000.** Extraction des huiles essentielles du romarin et du thym. Evaluation de leur toxicité vis à vis d'un insecte des denrées stockées. Mémoire d'ingénieur en génie chimique. Ecole nationale polytechnique. El-harach, 76p.

**Hazmoune T., 2006.** Le semis profond comme palliatif à la sécheresse. Rôle de la coléoptile dans la levée et conséquences sur les composantes du rendement. Thèse de doctorat Univ. Constantine ; 168P

**Hervieu B., Capone R., Abis S., 2006.** Mutations et défis pour l'agriculture au Maghreb, notes d'analyse du CIHEAM, n°16 - 13p.

### I

**Ietswaart, J. H., et Ietswaart J. H., 1980.** A taxonomic revision of the genus *Origanum* (*Labiatae*) (1e éd.). (Vol. 4, p. 158). The Hague: Leiden University Press. 17, 84 p.

**Inra., 2015.** Joël ABECASSIS la première transformation du blé dur, [Site internet] [joel.abecassis@wanadoo.fr](mailto:joel.abecassis@wanadoo.fr).

**Iserin P., 2001.** Larousse encyclopédie des plantes médicinales. Identification, préparations, soins. 2nd edition, dorling kindersley limited, Londres. 241 p.

### K

**Kedjem I., Taharboucht., 2021.** Evaluation de l'effet bioinsecticide de deux huiles essentielles : *Pistacia lentiscus* (L.) et *Ocimum basilicum* (L.) SUR *Tribolium Confusum* (Coleoptera : Tenbridiidae). Mémoire de master, U.M.M.T.O 35 p.

**Kellouche A., 1987.** Relations parasitaires entre *Lariophagus distinguendus* forester et *Chaetospilae leganswes-twood* (Hymenoptera : Pteromalidae) et les ravageurs des denrées stockées : *Sitophilus oryzae* Linneatus et *Rhyzopertha dominica* Fabricius (Coleoptera : Curculionidae et Bostrychidae). Thèse de doctorat de troisième cycle en ecologie. Univ. PaulSabatier Toulouse : 14 – 19 p.

**Keita S.M., Vincent C., Schmit J.P., Ramasways., et Belanger A., 2000.** Effect of various essentials oils on *Callosobrucus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). Journal of Stored Products Research. Vol. 36: 335-364 p.

**Khaliq A., Attique M.N.R., Sayyed A.H., 2007.** Evidences for resistance to organophosphates and pyrethroids in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) from Pakistan. Bull. entomol. Res., 97: 191– 200 p.

**Kishan K. A., Arun K. T., Veena P., et Suhil K., 2001.** Toxicity of 1,8 -Cineole Towards Three Species of Stored Product Coleopterans. Insect Sci. Applic. Vol. 21, No. 2. 155-160 p.

**Konstantopoulou I., Vassilopoulou L., Mavragani-Tsipidou P., Scouras Z. G., 1992.** Insecticidal effects of essential oils. A study of the effects of essential oils extracted from eleven Greek aromatic plants on *Drosophila auraria*. 48, 616 – 619 p.

**Koroghli K., 2018.** Activité insecticide des huiles essentielles de romarin (*Rosmarinus officinalis* L.) et de la menthe poivrée (*Mentha piperita* L.) à l'égard du petit capucin des grains de blé *Rhyzopertha dominica* F. (Coleoptera : Bostrychidae). Mémoire de master en sciences biologiques, U.M.M.T.O, 58p.

**Krim S., 2019.** Activité insecticide des huiles essentielles de sauge (*Salvia officinalis* L.) et de la menthe pouliot (*Menth apulegium* L.) à l'égard du petit capucin des grains de blé *Rhyzopertha dominica* F. (Coleoptera: Bostrychidae). Mémoire de master en sciences agronomiques, U.M.M.T.O, 50p.

### L

**Labeyrie Y., 1962.** Les Acanthoscelides obtectus, entomologie appliquée à l'agriculture. Ed. Masson Publ. Paris, 335 P.

**Lamboni Y., Hell K., 2009.** Propagation of mycotoxigenic fungi in maize stores by post-harvest insects. *International Journal of Tropical Insect Science*, 29 (1), 31-39 p.

### M

**MADR., 2011.** Statistiques agricoles. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Office algérien Interprofessionnel des céréales (OAIC), Algérie. 84 p.

**MADR., 2018.** <http://madrp.gov.dz/agriculture/statistiques-agricoles/>.

**Majeed Z.M., Mahmood T., Javad M., Sellami F., Riaz M.A., Afzal M., 2015.** Biology and management of stored products insect pest *Rhyzopertha dominica* (Fab.) (Coleoptera: Bostrichidae). *International journal of biosciences*, 7(5), 78-93 p.

**Malecky M., 2008.** Le métabolisme des terpénoïdes chez les caprins. *Sciences de la vie. Agro ParisTech*, 201 p.

**MC donald L.L., Guy R.H., et Speirs R.D., 1970.** Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants, repellents and attractants against stored product insects. *Marketing Research report. N° 882.* Washington: Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture, 183p.

**Meziani N., Mackerack S., 2021.** Etude de l'effet insecticide des huiles essentielles des clous de girofle (*Syzygium aromatecum*) et du bois de Hô (*Cinnamomum comphora*) vis-à-vis de *Rhyzopertha dominica* F. (Coleoptera : Bostrychidea). *Mémoire de master, U.M.M.T.O*, 55 P.

**Monneveux Ph., 1991.** Quelle stratégie pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver ? In : Chalbi Demarly Y. éd. *L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides.* Ed. AUPELF-UREF. John Libbey. INSA-INRA, P165:186.

**Malecky M., 2008.** Thèse du doctorat, l'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'environnement(AgroParisTech).

**Multon J.L., 1982.** Conservation et stockage des grains et produits dérivés ; céréale, oléagineux, protéagineux, aliments pour animaux. Volume 1. *Technique et Documentation (Lavoisier)*. 394 – 397 p.

### N

**Neethirajan S., Karunakaran C., Jayas D.S., et White N.D.J., 2007.** Detection techniques for stored-product insects in grain. *Food Control* 18(2), 157-162 p.

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

### O

**OMS., 2008.** Rapport sur la malnutrition en Afrique subsaharienne. Bull. N°5.52p. Pelletier SW. 2001. Alkaloids: Chemical and Biological Perspectives. University of Georgia: USA; 656p.

**Ozenda P., 2000.** Organismes végétaux, 2. Végétaux supérieurs. Tome 2, Paris, 516 p.

**Ozkaya H., Ozkaya B., Colakoglu A.S., 2009.** Technological properties of a variety of soft and hard bread wheat infested by *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Tribolium confusum* du Val. *Journal of Food Agriculture and Environment* 7(3-4), 166-172 p.

### P

**Potter C., 1935.** The biology and distribution of *Rhyzopertha dominica* (Fab). *Transactions and proceedings of the society*, 83:449 – 482 p.

**Proctor D. L., 1994.** Grain storage techniques. Evolution and trends in developing countries. Group for assistance on systems relating to grain after harvest. FAO, Agricultural Services Bulletin, n° 109, 265 P.

### Q

**Quezel P., Santa S., 1963.** Nouvelle flore de L'Algérie et des régions désertiques méridionales. Editions du Centre National de la recherche scientifique. Tome II.

### R

**Raja N., Albert S., Ignacimuthu S., et Dorn S., 2001.** Effect of volatile oils in protecting stored cowpea *Vigna unguiculata* (L.) Walpers against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) infestation. *Journal of stored products research*. Vol 37: 127-132 p.

**Rajashekar Y., Gunasekaran N. et Shivanandappa T., 2010.** Insecticidal Activity of the Root Extract of *Decalepishamiltonii* against Stored-Product Insect Pests and Its application in grain protection. *Journal Food Science and Technology*, 43, 310-314 p.

**Ramezani M., Oliver D.P., Kookana R.S., Gurjeet G., Preston C., 2008.** Abiotic degradation (photodegradation and hydrolysis) of imidazolinone herbicides. *J. Environ. Sci. Health. Part B*, 43: 105– 112.

**Regnault-Roger C., et Hamraoui A., 1994.** Comparaison of the insecticidal effects of water extracted and intact aromatic plants on *Acanthocelides obtectus*, a bruchid beetle pest of kidney beans, *Chemoecology*, 5/6: 1-5.

**Regnault T-Roger C., Philogene B. J. R., et Vincent C., 2002.** Biopesticides d'origines végétales. Ed. Paris, 337 p.

**Roy B., Amin R., Uddin M. N., Islam A.T.M.S., Islam M.J., Hadler B.C., 2005.** Leaf extracts of shyalmutra (*Blumealactera Dc.*) as botanical insecticides against lesser grain borer and rice weevil. *Journal of biological sciences*, vol. 5, n02.201-204 p.

**Riley I.T., Nicol J.M. and Dababat A.A., 2009.** Cereal cyst nematodes: Status research and outlook. Ed. CIMMYT, Ankara, Turkey, 242 p.

### S

**Sanchez-Martinez R.I., Cortez-Rocha M.O., Ortega-Dorame F., Morales-Valdes M. et Silveyra M.I., 1997.** End-use quality of flour from *Rhyzopertha dominica* infested wheat. *Cereal Chemistry.*, 74: 481-483 p.

**Sayyed A.H., Ahmad M., Crickmore N., 2008.** Fitness costs limit the development of resistance to indoxacarb and deltamethrin in *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Econ. Entomol.*, 101: 1927–1933 p.

**Schuster C.L, Smeda R.J., 2007.** Management of *Amaranthus rudis* S. in glyphosate resistant corn (*Zea mays* L) and soybean (*Glycine max* L. Merr.). *CropProt.*, 26: 1436–1443 p.

**Scotti G., 1978.** Les insectes et les acariens des céréales stockées. Ed. AFNOR- I.T.F.C. 221p.

**Serpeille A., 1991.** La bruche du haricot : un combat facile. Bulletin semences, n° 116, Ed. FNAMS, Paris, app : 32-34 p.

**Shayaa E., Ravid U., Paster N., Juven B., Zisman U. et Pissarev V., 1991.** Fumigant toxicity of essential oils against four major stored-product insects. Journal of Chemical Ecology Vol.17: 499-704 p.

**Smadhi, B Mouhouche, L Zella, M Semiani. L Zella., 2009.** Science et changements planétaires/ sécheresse 20 (2), 199-203P.

**Soliman F. M., Yousif M. F., Zaghloul S. S. et Okba, M. M., 2009.** Seasonal variation in the essential oil composition of *Origanum majorana* L. cultivated in Egypt. Zeitschrift für Naturforschung C, 64(9-10), 611-614 p.

**Soltner D., 2005.** Les grandes productions végétales. 20<sup>ème</sup> Edition. Collection science et techniques agricoles.

**Soltner D., 1998.** Les grandes productions végétales : céréales, plantes sarclées, prairies. Sainte-Gemme-sur-Loire, Sciences et Techniques Agricoles. 20-23p.

**Steffan J.R., 1963.** Tribu des calandrini. Les calandres des grains (*Sitophilus*). In: Balachowsky, A.S (Ed.), entomologie Appliquée à l'Agriculture. Tome I, Vol. 2. Masson et Cie, Paris, pp. 1070 -1099.

### T

**Taleb-Toudert K., 2015.** Extraction et caractérisation des huiles essentielles de dix plantes aromatiques provenant de la région de Kabylie (Nord Algérien). Evaluation de leurs effets sur la bruche du niébé *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae). Thèse de doctorat d'Etat, U.M.M.T.O.

**Tapondjou L.A., Adler C., Bouda H., Fontem D.A., 2002.** Efficacy of powder and essential oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectants against six-stored product beetles. Journal of Stored Products Research, 38,395-402 p.

**Tefiles D., 2019.** Etude de la toxicité de quelques plantes aromatiques a l'égard d'un insecte des denrées stockées *Rhyssopertha dominica*. Mémoire de Master en Sciences Biologiques, U.M.M.T.O., 46p

**Teisseire P.J., 1991.** Chimie des substances odorantes. Ed. Tec et Doc, Lavoisier. Paris, 480p.

**Travis R., Legleiter K., Bradley W., 2009.** Evaluation of herbicide programs for the management of glyphosate-resistant waterhemp (*Amaranthus rudis*) in Maize. Crop Protection, 28: 917–922 p.

**Tripathy B., Satyanarayana S., Abedulla Khan K. et Raja K., 2017.** An Updated Review on Traditional Uses, Taxonomy, Phytochemistry. Pharmacology and Toxicology of *Origanum majorana*. Int. J. Pharma Res. Health Sci, 5, 1717-1723 p.

### U

**Upadhyay R.K., Ahmad S., 2011.** Management Strategies for Control of Stored Grain Insect Pests in Farmer Stores and Public Ware Houses. World Journal of Agricultural Sciences. 7 (5), 527-549 p.

### V

**Vasudeva N. et Goel P., 2015.** *Origanum majorana L.*-Phyto-pharmacological review. *Origanum majorana L.* -Phyto-pharmacological review. Department of Pharmaceutical Sciences, Guru Jambheshwar University of Science and Technology, Hisar, Haryana, India. Indian Journal of Natural Products and Resources Vol. 6(4). 261-267 p.

**Vera R. R. et Chane-Ming, J., 1999.** Chemical composition of the essential oil of *marjoram* (*Origanum majorana L.*) from Reunion Island. Food Chemistry, 66(2), 143-145 p.

**Vincent S., Wilson R., Coelho C., Affolter M. et Leptin M., 1998.** The Drosophila protein dof is specifically required for FGF signaling. Mol. Cell 2(4): 515-525 p.

### W

**Waongo A., Yamkoulga M., Dabire-Binso C., Malick N. et Sanon A., 2013.** Conservation post-récolte des céréales en zone sud-soudanienne du Burkina Faso : Perception paysanne et évaluation des stocks Int. J. Biol. Chem. , 1157- 1167 p.

**Weaver D.K., Dunkel F.V., Ntezurubanza L., Jackson L.L. et Stock D.T., 1991.** The efficacy of linalool, a major component of freshly milled *OcimumcanumSinus* (Lamiaceae) for protection against post harvest damage by certain stored product Coleoptera.J. Stored Product. Res., 27(4): 213-220 p.

## Résumé

La présente étude a pour objet d'évaluer la toxicité par inhalation et par répulsion de l'huile essentielle de *Mentha piperita* et d'*Origanum majorana* sur les adultes du petit capucin des grains *Rhyzopertha dominica* F., puis d'évaluer l'effet de ces traitements sur l'émergence de l'insecte ainsi que sur la faculté germinative des grains de blé dans les conditions de laboratoire.

Les résultats indiquent que les huiles essentielles testées exercent une toxicité importante par inhalation sur les adultes de *R. dominica*. En effet, les huiles essentielles de la marjolaine et de la menthe poivrée entraînent une mortalité de 100%, après 48H d'exposition à la dose 30µl et après 96H d'exposition à la dose 40µl, respectivement.

Aucune descendance n'a été observée chez ce ravageur aux doses 30 et 40µl. Les résultats ont révélé également que les huiles essentielles affectent le pouvoir germinatif des semences de blé dur lorsque la dose augmente.

Le test par répulsion a révélé que les huiles essentielles H1 et H2 sont faiblement répulsives avec un taux moyen de répulsion de 26.67% et 35.32%, respectivement.

De ce fait, les huiles essentielles de la menthe poivrée et de la marjolaine peuvent constituer un moyen de lutte efficace contre cet insecte dans les stocks de céréales.

**Mots-clés :** *Rhyzopertha dominica*, huile essentielle, *Mentha piperita*, *Origanum majorana*, toxicité, répulsion, lutte.

## Abstract

The purpose of this study is to evaluate the fumigant toxicity and repellent activity of the essential oils of *Mentha piperita* and *Origanum majorana* against adults of the lesser grain borer *Rhyzopertha dominica* F, then to evaluate the effect of these treatments on the emergence of the insect as well as on the germination capacity of wheat grains under laboratory conditions.

The results indicate that the tested essential oils exert significant fumigant toxicity against *R. dominica* adults. Indeed, the essential oils of majoram and peppermint lead to 100% mortality, after 48 h of exposure at the dose of 30µl and after 96 h of exposure at the dose of 40µl respectively.

No progeny was observed in this pest at the 30 and 40 µl doses. The results also revealed that the oils affect the germination capacity of durum wheat seeds when the dose increases.

The repellency test revealed that the essential oils are weakly repellent with an average repellency rate of 26.67% and 35.32%.

Therefore, the essential oils of peppermint and marjoram can constitute an effective means of controlling this insect in cereal stocks.

**Keywords:** *Rhyzopertha dominica*, essential oil, *Mentha piperita*, *Origanum majorana*, toxicity, repulsion, pest control.

