

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOD MAMMARI DE TIZI-OUZOU
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences Agronomiques

Spécialité : Protection des végétaux

Thème

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).

Réalisé par :

Mme ALIANE Silya

Présenté devant le jury composé de :

Président	Mme. MEDJDOUB-BENSAAD Ferroudja	Professeure	UMMTO
Promoteur	Mme. GOUCEM-KHELFANE Karima	MCA	UMMTO
Co-promotrice	Melle. LAOUDI Tinhinane	Doctorante	UMMTO
Examinatrice	Mme. LAKABI-AHMANACHE Lynda	MCB	UMMTO

Année Universitaire 2019-2020

Remerciements

En premier lieu, mes profonds remerciements vont au Bon Dieu qui m'a donné la volonté et le courage de réaliser ce travail.

Comme je tiens à remercier :

- Madame GOUCEM-KHELFANE K., Maitre de Conférences classe A à l'UMMTO d'avoir accepté et assuré mon encadrement, pour votre soutien, votre patience, veuillez trouver ici l'expression de ma profonde et sincère gratitude.
- Merci à Melle LAOUDI T., Doctorante à UMMTO, ma co-promotrice pour votre disponibilité, pour toutes vos remarques et conseils avisés dont vous m'avez fait part tout au long de la réalisation de ce mémoire.
- Mes sincères remerciements vont également aux membres du jury qui me feront l'honneur avec une grande amabilité de siéger parmi notre jury et de juger ce modeste travail :
 - Mme MEDJDOUB-BENSAAD F., Professeur à l'UMMTO pour avoir accepté d'évaluer et de présider le jury ;
 - Mme LAKABI-AHMANACHE L., Maitre de conférences classe B à l'UMMTO pour avoir accepté d'examiner ce travail.
- Enfin, je tiens à remercier les enseignants qui m'ont éduqué et formé depuis mes premiers pas à l'école primaire jusqu'à ce jour de soutenance.

DÉDICACES

- ☀ Aux êtres les plus chers à mon cœur, mon père Mohand et ma mère Nadia, qui ont consacré leur noble existence à bâtir la mienne. De ma vie je ne saurais assez leur exprimer mon affection, ma reconnaissance et mon amour.
- ☀ A mes adorables sœurs qui ont été toujours là à mes côtés, qui m'ont aidé dans toutes les étapes de ma vie.
- ☀ A mes chères Liza, Zahra, Tassadit et ma chère petite Léa qui font une partie de mon bonheur.
- ☀ A mon mari Djamel, qui a su de loin m'encourager et me soutenir.
- ☀ A ma belle-famille, mes souhaits de Bonheur, de santé et de succès.
- ☀ A mes chères copines Fatma, Massiva et Sihem, avec qui je partage ce moment si précieux, à toute ma famille, grand-mère, oncles et tantes, cousins et cousines, petit et grand, sans exception qui, malgré l'éloignement, m'ont toujours soutenu et encouragé de façon indéfectible durant ma scolarité.
- ☀ A toute la promotion Master II protection des végétaux 2020.

	Page
Tableau 1 Les principaux extraits aqueux utilisés dans la protection des denrées stockées (Guinner et <i>al.</i> , 1996).....	14
Tableau 2 Principaux composés chimiques (%) de l'huile essentielle extraite de l'orange amère obtenus par chromatographie en phase gazeuse (Roudane, 2018).....	17
Tableau 3 Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald et <i>al.</i> (1970).....	20
Tableau 4 Résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification, la dose (F1), et le temps d'exposition (F2) concernant l'effet par inhalation de <i>C. aurantium</i>	22
Tableau 5 Classement de l'huile essentielle d'orange amère selon ses propriétés répulsives par la méthode de Mc Donald et <i>al.</i> (1970).....	23
Tableau 6 Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification pour le facteur huile essentielle (F1) concernant l'effet répulsif de l'huile essentielle de l'orange amère.....	25
Tableau 7 Résultats du test de Newman et Keuls montrant l'effet des quatre doses de l'huile essentielle de <i>C. aurantium</i> testée par inhalation sur la mortalité des adultes de <i>R. dominica</i> (D : dose).....	25
Tableau 8 Résultats du test de Newman et Keuls montrant l'effet de la durée d'exposition à l'huile essentielle de <i>C. aurantium</i> testée par inhalation sur la mortalité des adultes de <i>R. dominica</i> (T : temps).....	26

	Page
Figure 1 Morphologie d'un épi de blé tendre (Feillet, 2000).....	3
Figure 2 Structure du grain de blé (Surget et Barron, 2005).....	5
Figure 3 <i>Rhizopertha dominica</i> (F) adulte de <i>Rhizopertha dominica</i> (F.) (Anonyme1,2020)	9
Figure 4 Cycle biologique de <i>Rhizopertha dominica</i>).(Anonyme 2, 2020).....	10
Figure 5 Dégâts de <i>R. dominica</i> sur le blé (Originale, 2020).....	11
Figure 6 Elevage de masse du petit capucin dans des bocaux en plastique et en verre en conditions de laboratoire (Originale, 2020).	18
Figure 7 Etuve réfrigéré	18
Figure 8 Dispositif expérimental du test de répulsion de l'huiles essentielle testée à l'égard du petit capucin des grains de blé (Originale, 2020).....	19
Figure 9 Dispositif expérimental du test par inhalation de l'huile essentielle de bigaradier à l'égard des adultes de <i>R. dominica</i> (Originale, 2020).....	20
Figure 10 Taux de répulsion (%) des adultes de <i>R. dominica</i> après traitement avec l'huile essentielle de l'orange amère	22
Figure 11 Taux moyen de mortalité (en%) des adultes de <i>R. dominica</i> traités par l'huile essentielle de bigaradier en fonction des doses et de la durée d'exposition.....	24
Figure 12 Ajustement d'une droite de régression des taux de mortalités corrigées des adultes de <i>R. dominica</i> en fonction du logarithme des doses soumis à l'action de l'huile essentielle de bigaradier par inhalation.....	28

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction

1

Chapitre I : Présentation de la plante hôte Blé tendre

1. Description de la plante 3
2. Systématique 4
3. Histologie du grain de blé 4
4. Valeur alimentaire 4
5. Importance économique de la plante 5
 - 5.1. Dans le monde 5
 - 5.2. En Algérie 5

Chapitre II : Généralités sur l'insecte ravageur *Rhizopertha dominica*

1. Présentation de la famille des Bostrychidae 7
2. Petit capucin des grains *Rhizopertha dominica* 8
 - 2.1. Origine et répartition géographique 8
 - 2.2. Systématique 8
 - 2.3. Description de *Rhizopertha dominica* 8
 - 2.3.1. Œuf 8
 - 2.3.2. Larve 8
 - 2.3.3. Nymphes 9
 - 2.3.4. Adulte 9
 - 2.4. Cycle biologique 10
 - 2.5. Dégâts causés par l'insecte 11
3. Méthodes de lutte 11
 - 3.1. Lutte préventive 11
 - 3.2. Lutte curative 12
 - 3.2.1. Lutte physique 12
 - 3.2.2. Lutte chimique 12
 - 3.2.3. Lutte biologique 12
 - 3.2.4. Phytothérapie 13

Chapitre III : Matériel et méthodes

1. Matériel	16
1.1. Matériel de laboratoire	16
1.2. Matériel biologique	16
1.2.1. Insecte	16
1.2.2. Graines	16
1.2.3. Huile essentielle de bigarade	16
2. Méthodes	18
2.1. Elevage de masse	18
2.2. Test par répulsion	18
2.3. Test par inhalation	20
3. Analyse statistique	21

Chapitre VI : Résultats et discussions

1. Evaluation de l'effet par répulsion de l'huile essentielle	22
1.1. Résultats	22
1.2. Discussion	23
2. Evaluation de la toxicité par inhalation de l'huile essentielle	24
2.1. Résultats	24
2.2. Discussion	26
2.3. Estimation de la DL50	27

Conclusion	29
-------------------	----

Références bibliographiques	31
------------------------------------	----

Résumé	
---------------	--

Les céréales occupent une place primordiale dans le système agricole, car elles sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale (Slama *et al.*, 2005 cité par Mouellef, 2010).

D'après l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture FAO (2017), la production mondiale de céréales a atteint 2001.5 millions de tonnes en 2007. Selon la même source, la production a augmenté d'environ 300 millions de tonnes entre les campagnes agricoles 2008/2009 et 2016/2017, dépassant ainsi un volume de 2,5 milliards de tonnes en 2016/2017.

Le blé occupe la première place dans la production mondiale des céréales et la deuxième place après le riz comme source de nourriture pour les populations humaines. Il assure 15% de leurs besoins énergétiques (Bajji, 1999 par Mouellef, 2010).

En Algérie, les céréales et leurs dérivés constituent l'épine dorsale du système alimentaire. La production céréalière a atteint 34,8 millions de quintaux (qx) pour la campagne 2016-2017, contre 34,3 millions de qx lors de la saison 2015-2016 (Ministère du commerce, 2017). En effet, elles fournissent plus de 60% de l'apport calorique et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire nationale ; c'est pourquoi la connaissance des phénomènes régissant leur conservation et la maîtrise des techniques de leur stockage est déterminante pour la survie de millions de personnes (Feillet, 2000).

Lors de leurs stockages, les céréales sont généralement attaquées par des insectes, des champignons et des rongeurs. Les pertes dues aux insectes sont considérables dans les pays où les techniques modernes de stockage ne sont pas encore maîtrisées. Les dommages causés par les insectes peuvent entraîner des pertes financières et des risques d'intoxication liés à la consommation des produits avariés ou traités avec des pesticides (Zuoxine, 2006).

Parmi les insectes les plus redoutables qui affectent les stocks, le petit capucin des grains de blé, *Rhizopertha dominica* (Fabricius) (Coleoptera : Bostrychidae) un ravageur primaire originaire des régions tropicales. Les larves et les adultes de cet insecte peuvent causer des pertes importantes des grains en réduisant la qualité et/ou la quantité des produits stockés (Balachowsky, 1962).

Face à la menace que constituent les insectes ravageurs des stocks ; les moyens de lutte sont essentiellement articulés autour de l'utilisation des pesticides de synthèse. Dans des conditions optimales, leur efficacité à contrôler les nuisibles des stocks est certaine. Toutefois,

ils présentent beaucoup d'inconvénients, parmi lesquels l'accoutumance des insectes et la sélection de souches résistantes (Benhalima et *al.*, 2004), intoxications, pollution de l'environnement, désordres écologique (Regnault-Roger, 2002). Toutes ces raisons appellent à limiter leur utilisation et favoriser la recherche de méthodes alternatives de lutte contre ces ravageurs.

L'utilisation des plantes dotées de propriétés insecticides, dans les pays en développement, représente une solution alternative à la lutte chimique pour la protection des récoltes. Les plantes les plus couramment utilisées sont celles qui sont riches en huiles essentielles (Keita et *al.*, 1998). Ainsi, de nombreuses investigations s'intéressent à l'utilisation des plantes aromatiques sous différentes formes comme les poudres végétales, les extraits végétaux ou les huiles essentielles. Généralement riches en substances terpéniques, celles-ci peuvent agir efficacement sur différents stades de développement des insectes (Feillet, 2000).

Dans ce contexte, nous nous proposons d'évaluer la toxicité de l'huile essentielle du bigaradier (orange amère) vis-à-vis des adultes du petit capucin des grains de blé *R. dominica*, par inhalation et par répulsion.

Ce travail comprend une partie bibliographique et une partie expérimentale. La première partie présente la plante hôte le blé et l'insecte ravageur *R. dominica* et les principaux moyens de lutte utilisés notamment les huiles essentielles. Dans la deuxième partie, le chapitre III présente le matériel utilisé et les méthodes adoptées et le chapitre IV présente les résultats obtenus suivis d'une discussion. Ce travail sera terminé par une conclusion et quelques perspectives de recherche.

1. Description de la plante

Le blé est une plante herbacée annuelle, cespiteuse, de taille moyenne, formant au niveau du sol un plateau de tallage, dont les bourgeons axillaires se transforment en tiges feuillées dressées et longues de 60 à 100cm appelées chaumes (Boutigny, 2007). Elles comptent en général cinq à sept nœuds creux ainsi que trois ou quatre feuilles véritables. La feuille la plus haute, ou feuille-drapeau, sous-tend l'inflorescence. Les feuilles sont composées d'une gaine glabre ou pubescente en surface, munie d'auricules falciformes, d'une ligule membraneuse de 1 mm de long et d'un limbe plat, pubescent en surface, de 10 à 60 cm de long sur 10 à 15 mm de large (Godon, 1986 ; Feillet, 2000).

L'inflorescence est formée d'un racème ou « épi », simple, linéaire ou oblong, bilatéral, de 5 à 18 cm de long. Les épillets fertiles, ovales, comprimés latéralement, de 10 à 15 mm de long sur 9 à 18 mm de large, comprennent 2 à 4 fleurons fertiles, avec des fleurons réduits à l'apex qui sont persistants sur la plante (Crété, 1965 *in* Benkhellat, 2002).

Les épillets sont sous-tendus par une paire de glumes similaires, ovales, coriaces, de 6 à 11 mm de long, plus courtes que l'épillet. La glume supérieure est aussi longue que le lemme fertile adjacent. Les deux glumes présentent deux carènes et 5 à 9 nervures, divergentes vers l'apex chez la glume supérieure (Figure 1) (Cheftel et Cheftel, 1992).



Figure 1. Morphologie d'un épi de blé tendre (Feillet, 2000).

2. Systématique

Selon Ozenda (2000), le blé tendre appartient à la classification suivante :

Règne

Plantae

Sous règne	Cormophytes
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Monocotylédones
Ordre	Graminales
Famille	Graminacées
Sous famille	Festucoides
Genre	<i>Triticum</i>
Espèce	<i>Triticum aestivum</i> L. 1753

3. Histologie du grain de blé

Le blé est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscant, appelé caryopse, constitué d'une graine et du tégument. D'après Feuillet (2000), le grain est formé de trois régions (Figure 2) :

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

4. Valeur alimentaire

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

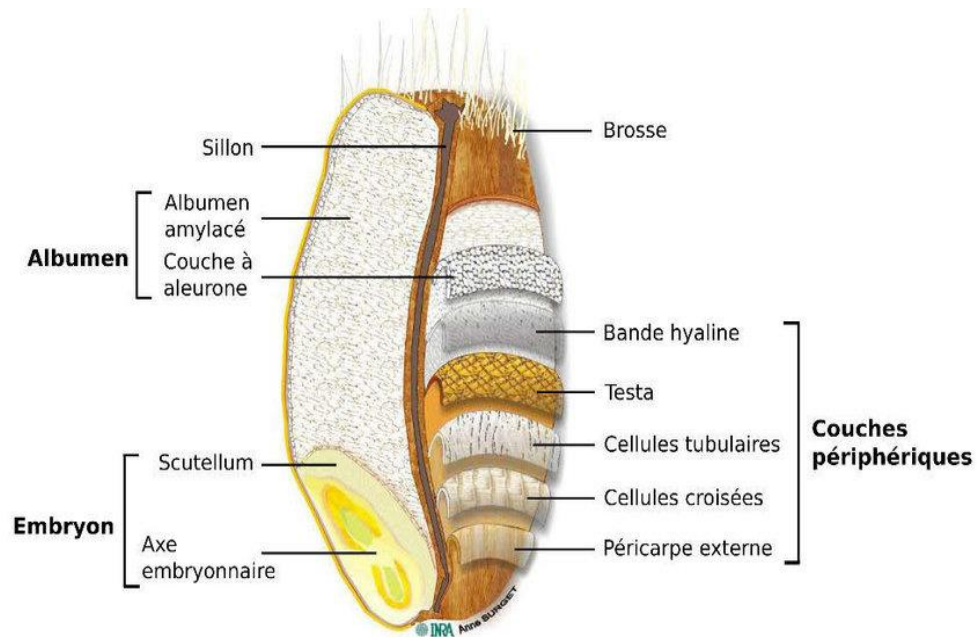


Figure 2. Structure du grain de blé (Surget et Barron, 2005).

5. Importance économique de la plante

5.1. Dans le monde

Selon ONFAA (2016), la production mondiale de blé tendre en 2015/16 est de 731,8 millions de tonnes, soit une augmentation de 5% par rapport à la campagne 2014/15. Quant à la consommation et aux échanges, ils ont augmenté respectivement en 2015/16 (soit 719,6 Mt et 152,3 Mt).

D'après FAO (2017), la consommation alimentaire mondiale de céréales devrait se maintenir à la hausse avec 1 118 millions de tonnes en 2017-2018, la consommation mondiale moyenne per capita demeurant stable à 149 kg par personne environ. La part consacrée à l'alimentation animale devrait s'établir à 927 millions de tonnes, en augmentation de 0,6% seulement par rapport aux prévisions pour 2016-2017, soit une expansion notablement plus lente que les 3,0% escomptés pour cette même période.

5.2. En Algérie

L'Algérie consacre chaque année environ 3.3 millions d'hectares à des cultures céréalières. Une superficie de 1.5 million d'hectares est plantée de blé dur et 600 000 hectares sont cultivés de blé tendre. Les habitants des pays magrébins sont les plus gros consommateurs de cette denrée au monde notamment l'Algérie avec près de 600 grammes par personne par jour (Abis, 2012). Sur le marché mondial, l'Algérie demeure toujours parmi les grands importateurs

de céréales (en particulier le blé dur et le blé tendre) du fait de la faible capacité de la filière nationale à satisfaire les besoins de consommation croissante de la population (Ammar, 2014). Selon la FAO, en 2014, l'Algérie est classée en quatrième position au niveau africain et à la dix-septième position au niveau mondial avec une production de 2.4 millions de tonnes, constituée en moyenne de blé dur à 58,7% et de blé tendre à 33%.

Selon El Watan du 1^{er} septembre 2018, 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%.

1. Présentation de la famille des Bostrychidae

Les Bostrychidae forment une famille d'insectes coléoptères. Certains d'entre eux sont xylophages et s'attaquent au bois comme le hêtre, le chêne et le châtaignier, d'autres se nourrissent de grains de céréales comptant plus de 700 espèces décrites. Les larves ont un corps recourbé comme celui des Scarabéidés, leurs segments thoraciques sont très développés. Les adultes ont souvent une forme cylindrique avec des élytres rouges et une tête cachée sous le pronotum, ce qui ressemble à une capuche, d'où leur nom commun de capucin (Cruz et *al.*, 2016).

Leur importance économique est grande car elles creusent des galeries dans le bois mort. Les œufs sont déposés dans des galeries de ponte ou à la surface du bois. La larve néonate est allongée, pourvue de pattes fonctionnelles, d'ocelles et d'urogomphes.

Un assez grand nombre d'espèce sont susceptibles de s'attaquer à des produits emmagasinés (Delobel et Tran, 1993). Parmi ces coléoptères on trouve :

- **Ravageurs primaires** qui s'attaquent à des grains intacts dont *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus granarius* et *S. oryzae*. Ces trois espèces de « ravageurs primaires » des grains sont celles qui ont le taux de multiplication par génération le plus faible, mais elles ne peuvent être séparées du grain par simple nettoyage des lots avant la mise en cellule au moment de la sortie de cellule après stockage, comme on peut le faire avec les autres espèces qui n'ont pas de formes cachées (Fleurat-Leussard, 2015).
- **Ravageurs secondaires** ne sont capables d'attaquer les grains qu'à partir des ouvertures causées par les ravageurs primaires servant de voies d'accès, c'est le cas de *Tribolium confusum*. Les espèces secondaires qualifiées « d'opportunistes » sont plus prolifiques que les ravageurs primaires, mais leur prolifération, quelquefois abondante, est plus facilement enrayée que celle des espèces strictement granivores (charançons et capucin) (Fleurat-Leussard, 2015).

2. Petit capucin des grains *Rhyzopertha dominica*

2.1. 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. Il est devenu, en raison de sa tolérance à de nombreux insecticides et en particulier au phosphore d'hydrogène, le principal ravageur des stocks de blé et de riz dans différentes régions d'Asie (Delobel et Tran, 1993). Le petit capucin des grains *R. dominica* a une aire de répartition cosmopolite avec une affinité pour les régions tropicales et subtropicales où les températures, entre 21 et 35 °C, sont adéquates à son développement (Lepesme, 1944).

2.2. Systématique

En 1792 Fabricius a décrit *Rhyzopertha dominica*, sa classification est la suivante (Potter, 1935) :

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Sous-embranchement	Hexapoda
Classe	Insecta
Ordre	Coleoptera
Famille	Bostrychidae
Genre	<i>Rhyzopertha</i>
Espèce	<i>Rhyzopertha dominica</i> (Fabricius, 1792).

2.3. Description de *Rhyzopertha dominica*

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

2.3.1. Œuf

L'œuf est généralement blanc au moment de la ponte, tournant au rose ou brun avant l'éclosion, de forme ovoïde, de 0,6 mm de longueur et de 0,2 mm de diamètre (Potter, 1935).

2.3.2. Larve

A l'éclosion, la larve présente une épine pygidiale caractéristique, de couleur jaune, insérée au bord dorsal d'une cavité formant ventouse. Immobile à maturité, la larve mesure un peu moins de 3 mm de long, elle est de couleur blanche à tête brunâtre, avec des mandibules plus sombres armées de 3 dents distinctes.

A maturité, elle est de couleur blanchâtre et avec une tête brunâtre et des mandibules plus sombres et armées de trois dents distinctes.

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).

2.3.3. Nymphe

La nymphe se forme après la dernière mue larvaire et ne se nourrit pas. Chez certaines espèces, 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).

2.3.4. Adulte

L'adulte est de couleur brun plus ou moins rougeâtre, de forme cylindrique avec des côtés nettement parallèles (caractéristiques des Bostrychidae) (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 pronotum 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).

La différenciation des sexes est basée sur des caractères externes. Chez la femelle, le dernier segment abdominal a généralement une coloration plus pâle que le reste de l'abdomen. Chez le mâle, une ligne transversale de points enfoncés au milieu de ce même segment est observée.

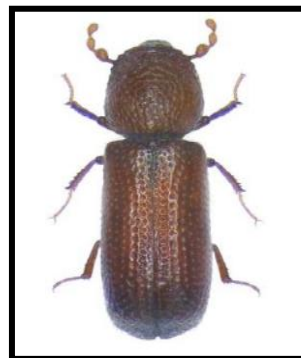


Figure 3. Aspect général de l'adulte de *Rhyzopertha dominica* F. (Anonyme 1, 2020)

2.4 Cycle biologique

Les œufs sont pondus, soit isolément, soit en petits amas à l'intérieur des grains attaqués ou à leur surface, parfois parmi les débris qui gisent entre eux. Une femelle peut pondre de 300

à 400 œufs au cours de sa vie (Koehler et Pereira, 1994). La durée moyenne d'incubation de l'œuf est de 15 jours à 26°C et 65% d'humidité relative (Potter, 1935).

Après l'éclosion, la larve s'introduit dans le grain en creusant des tunnels et continue son développement à l'intérieur (Thomson, 1966). Le nombre de mues varie de 2 à 4 à une température de 29°C et de 70 à 80% d'HR. Le même auteur a estimé la durée de développement des différents stades larvaires à 17 jours et les stades pré-nymphé et nymphé à 7 jours dans les mêmes conditions. La durée totale du cycle est en moyenne de 38 jours.

La température optimale pour le développement de *R. dominica* est d'environ 28 °C. L'espèce est plus sensible au froid, une température de 21 °C arrête sa multiplication et les adultes ne survivent pas à 3°C ; l'adulte peut supporter des températures assez élevées, mais une exposition de 3 min à 50 °C suffit pour le tuer (Figure 4) (Lepesme, 1944).

La nymphose est effectuée dans la cavité d'alimentation, à l'intérieur du grain et l'insecte prend la forme d'un adulte progressivement, elle dure d'environ 5 à 6 jours à 28°C et 8 jours à 25°C (Mason, 2003).

Les adultes restent généralement dans la graine pendant quelques jours avant l'émergence (Hagstrum et al., 2012).

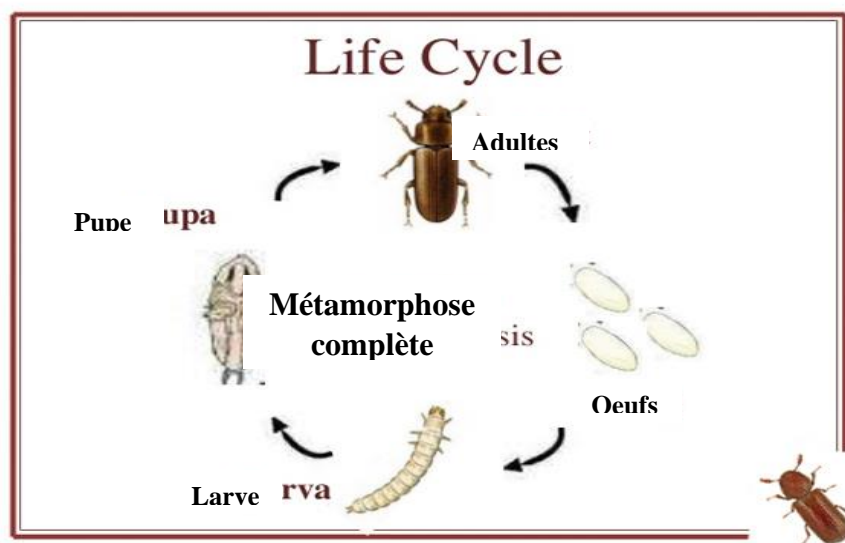


Figure 4. Cycle biologique de *Rhyzopertha dominica* (Anonyme 2, 2020)

2.5. Dégâts causés par l'insecte

R. dominica est le plus grand ennemi des grains après *Sitophilus oryzae*, c'est un ravageur dévastateur de blé stocké. Les dégâts sont commis par les adultes qui réduisent en poudre le contenu du grain, germe et albumen. Il infeste le blé, riz, maïs, orge, sorgho, millet, et leurs dérivés boulgour (grains de blé ayant subi un trempage suivi d'une cuisson, puis éclatés) (Figure 5) (Robiche et al., 2002).

Selon Trematerra et *al.* (1999), les dégâts causés par les ravageurs primaires *Rhyzopertha dominica* et *Sitophilus oryzae*, sur des grains entiers, peuvent faciliter leur colonisation par des ravageurs secondaires. Cette constatation a été expliquée par l'émission de substances volatiles attractives détectées par ces insectes ainsi que la présence de farine produite servant de nourriture aux jeunes larves et aux déprédateurs secondaires.



Figure 5. Dégâts causés par *R. dominica* sur le blé (Originale, 2020).

3. Méthodes de lutte

La protection des denrées stockées soulève souvent des polémiques, du fait que les dégâts surviennent quand les récoltes sont encore sur pied (Giles, 1971). Pour cela, il est essentiel d'assurer des méthodes de lutte qui visent l'élimination des ravageurs avant et durant le stockage.

3.1. Lutte préventive

La lutte préventive est une méthode fréquemment utilisée car elle assure une bonne protection des denrées stockées contre les ravageurs et le maintien de la qualité des produits. Elle se base sur les différentes pratiques culturales et l'entretien de la culture (Wang et *al.*, 2000 ; Lambert, 2005). Elle nécessite une hygiène rigoureuse des locaux de stockage, des moyens de transport, des installations de manutention et des machines de récolte adaptées. Kellouche (2005) pense qu'il est important d'isoler les nouvelles récoltes de celle qui sont anciennes dans l'entrepôt. D'après Gwinner et *al.* (1996), le remplissage des vides entre les grains par la bouse de vache brûlée ou le sable fin mélangé avec des grains constitue une barrière qui réduit le développement des ravageurs et limite leur mouvement.

3.2. Lutte curative

La lutte curative est utilisée lorsque la lutte préventive ne révèle pas une efficacité dans la protection des denrées stockées contre les ravageurs. Elle a pour but d'empêcher leur

développement, en cas d'infestation et avant d'arriver à des stades plus complexes et irréversibles. Divers moyens peuvent être utilisés :

3.2.1. Lutte physique

Dans le cas de *R. dominica*, l'élimination des insectes à tous les stades est obtenue, par chaleur, à 60 °C pendant 10 minutes d'exposition. En effet, la méthode de Shahein (1991), consiste à faire passer un courant d'air chaud dans la masse des graines pour assurer une mortalité absolue. L'exposition du capucin des grains à une température de 9 °C pendant 3 à 10 semaines cause l'élimination de tous les stades larvaires dans les stocks. En effet, selon White (2000), les insectes ne se développent pas et ne se nourrissent pas aux températures inférieures à 10° C, ils finissent par mourir.

3.2.2. Lutte chimique

Il existe plusieurs types de traitement, les plus utilisés sont:

- Le traitement par contact où le grain est recouvert d'une pellicule de produit insecticide qui agit sur les adultes (Cru, 1988) ;
- La fumigation, les insecticides à forte tension de vapeur sont les fumigants, ils sont destinés à un traitement curatif de choc qui touche même les formes cachées des insectes. Ils détruisent et/ou inhibent rapidement le développement des œufs, des larves et des nymphes des insectes ravageurs contenus dans les grains (Kellouche, 1987).

3.2.3. Lutte biologique

C'est une méthode qui utilise des prédateurs, micro-organismes entomopathogènes, bactéries, champignons, nématodes, protozoaires et virus pour limiter le développement d'insectes ravageurs. L'espèce la plus connue dans ce domaine est la bactérie *Bacillus thuringiensis* (Proctor, 1995). Elle utilise aussi des extraits des plantes ; ces dernières ont été connues depuis des temps immémoriaux comme sources de protection des denrées stockées, beaucoup ont été utilisées par des fermiers depuis le seizième siècle (Belmain et Stevenson, 2001 in Kachebi et Kebbi, 2003). Différentes parties (feuilles, tiges, racines, écorces) de divers espèces sont utilisées dans plusieurs pays du monde (Afrique, Chine, Inde...) (Dales, 1996).

Selon l'hypothèse coévolutive de Enreich et Raven (1964) cité par Tiaiba (2007), les végétaux possèdent des systèmes de défense contre les déprédateurs grâce à leurs développements de génotypes capables de produire des composés secondaires ayant une activité insecticide, répulsive ou inhibitrice vis-à-vis de ces ravageurs (Huignard et al., 2002). Ces composants naturels ne courent aucun danger sur l'environnement ni sur la santé humaine,

en plus ils sont facilement dégradables et possèdent un large spectre d'activité insecticide (Lawrence et Manshingh, 1993 *in* Benkhellat, 2002).

3.2.4. Phytothérapie

La phytothérapie joue un rôle très important dans la lutte contre les insectes des denrées stockées, elle utilise les parties actives des plantes ayant des propriétés thérapeutiques, afin de protéger les denrées alimentaires et préserver les qualités nutritionnelles et commerciales des graines tout en limitant la toxicité des insecticides d'origine chimique (Vincent et *al.*, 1998). Les produits naturels d'origine végétale peuvent être utilisés sous différentes formes : extraits aqueux, les extraits organiques, les poudres de plantes et les huiles végétales.

3.2.4.1. Extraits aqueux

Les extraits aqueux sont traditionnellement utilisés contre les insectes, ils sont obtenus à partir d'une matière végétale (feuille, tige, et bois séché) préalablement lavée à l'eau distillée puis séchée ensuite broyée à l'aide d'un mixeur jusqu'à sa réduction en poudre puis diluée dans l'eau distillée (100g de poudre /L d'eau) ; le mélange obtenu est filtré à l'aide de papier wattman (3mm) (Aouinty, 2006).

Les principaux extraits aqueux utilisés pendant le stockage contre les insectes ravageurs sont mentionnés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Principaux extraits aqueux utilisés dans la protection des denrées stockées (Gwinner et *al.*, 1996).

Méthodes	Effets
Aspersion à l'extrait des fleurs de pyrèthre	Répulsif et efficace sur la totalité des ravageurs
Aspersion à l'extrait de neem	Répulsif et inhibiteur du développement des insectes des denrées stockées
Aspersion à l'extrait de poivron	Répulsif sur de nombreux ravageurs, il est utilisé sur les légumineuses (persiste trois mois)

3.2.4.2.Extraits organiques

Selon Schvemberg (2008), les extraits organiques sont des macérations aqueuses ou alcooliques que l'on concentre plus ou moins par évaporation. Renault-Roger et Hamraoui (1993) rapportent que les extraits organiques les plus puissants et les plus utilisés contre les ravageurs sont :

- ❖ Le menthol extrait du thym *Thymol vulgaris*.
- ❖ L'eugénol extrait des clous de girofle *Eugenia caryophyllata*.
- ❖ La pulégone extraite de la menthe pouliot *Mentha pulegium*.
- ❖ L'eucalyptol extrait des arbres d'eucalyptus est très utilisé comme conservateur alimentaire.

3.2.4.3. Poudres des plantes

Les plantes odorantes exercent un effet protecteur sur les graines, soit en provoquant la mort de l'insecte, soit en inhibant sa reproduction. Ces plantes appartiennent à différentes familles (Myrtaceae, Poaceae, Umbelliferae, Lauraceae) et les Lamiaceae sont les plus efficaces, tels que le thym (*Thymus vulgaris* L.), le serpolet (*T. serpyllum* L.) et le romarin *Rosmarinus officinalis* L.) (Renault-Roger et Hamraoui, 1993).

Les poudres sont obtenues par broyage des différents organes (des fleurs, des semences, des écorces, des racines et des feuilles) des plantes séchées à une température ambiante (26° à 28°C) (Gwinner et al., 1996).

De nombreuses études ont montré l'efficacité des poudres extraites des plantes dans la lutte contre *R. dominica* (Gwinner et al., 1996).

3.2.4.4. Huiles végétales

Les huiles végétales sont des esters d'acide gras à poids moléculaire élevé, visqueuses et peu volatiles (Regnault et Vincent, 2002). Elles sont à la fois des insecticides de contact et des adjuvants pour les molécules liposolubles (Balashowsky, 1951 in Bernard et al., 2002).

Selon leur origine et leur composition chimique, on distingue les huiles minérales dérivées du pétrole d'une part et les huiles végétales ou animales, extraits gras d'organismes biologiques (huiles d'arachide et d'olivier) d'autre part.

3.2.4.5. Huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des substances odorantes qui se localisent dans les fleurs, feuilles, fruits, écorces et racines des plantes. Elles se forment dans un grand nombre de plantes comme produits du métabolisme secondaire (Gay, 1997). Elles sont très utilisées dans

l'industrie des produits cosmétiques, pharmaceutiques et agro-alimentaires (Kaloustian et *al.*, 2008).

Les huiles essentielles présentent un réel avantage en tant que moyen de lutte, du fait de leur faible rémanence, leur faible toxicité pour l'homme et de leur mode d'action sur les ravageurs (Ngamo et Hance, 2007).

Les monoterpènes qui rentrent en grande majorité dans la composition des huiles essentielles présentent une toxicité inhalatrice, ovicide, larvicide et adulticide à l'égard des différents ravageurs. Ces monoterpènes ainsi que les composés polyphénoliques provoquent une perturbation de la motricité naturelle de l'insecte (Regnault-Roger et *al.*, 2002).

Selon Chararas (1989), les effets exercés par les plantes aromatiques ainsi que leurs composés allélochimiques sont multiples :

- Effet toxique, phagostimulant, répulsif, attractif ou défensif à l'égard des ravageurs ;
- Effet variable selon le stade du cycle reproductif de l'insecte (ovicide ou larvicide).

Notre expérimentation est réalisée au niveau du Laboratoire de Production, sauvegarde des espèces menacées et des récoltes et influence des variations climatiques (PSEMRIVC) de l'UMMTO. Elle a pour but de déterminer l'activité insecticide par inhalation et par répulsion de l'huile essentielle de l'orange amère (Bigarade) *Citrus aurantium* sur un insecte ravageur des denrées stockées *Rhyzopertha dominica*.

1. Matériel

1.1. Matériel de laboratoire

Pour réaliser les différentes expérimentations, nous avons utilisé le matériel de laboratoire suivant :

- Des bocaux en plastique et en verre pour l'élevage de masse des adultes ;
- Des boîtes de Pétri en plastique pour les différents essais ;
- Une balance électronique pour peser les grains de blé tendre ;
- Une micropipette pour le dosage de l'huile essentielle ;
- Du papier filtre ;
- Et autres accessoires : ciseaux, pinceaux, étiquettes.

1.2. Matériel biologique

1.2.1. Insecte

L'espèce étudiée est le petit capucin des grains *R. dominica*, elle est obtenue à partir des élevages de masse réalisés au laboratoire sur les graines saines et stérilisées de blé tendre.

1.2.2. Graines

Les graines de blé tendre utilisées pour l'élevage de masse et les différents tests expérimentaux proviennent du marché local.

1.2.3. Huile essentielle

L'huile essentielle testée durant notre étude est celle de l'orange amère (Bigaradier) *Citrus aurantium* provenant du marché local et obtenue par expression à froid des écorces de l'orange.

a. Description du bigaradier

Le bigaradier *Citrus aurantium* (Narenj en arabe) est un arbrisseau épineux très décoratif de 4 à 5 m de haut qui produit l'orange amère. Il est largement implanté en région méditerranéenne. Le tronc est très ramifié, les feuilles sont d'un vert brillant. Les fleurs sont très odorantes, de couleur blanches à l'intérieur et pourpres à l'extérieur. Le fruit est ovale, plus petit que celui d'un oranger doux, de couleur jaune foncé. Les fruits sont souvent des baies cloisonnées à pulpe vésiculeuse et juteuse formées de poils intracapillaires (Hadrich et *al.*, 2008).

b. Composition chimique de l'huile essentielle

Les principaux composés chimiques de l'huile essentielle de l'orange amère sont obtenus par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (Tableau 4) (fiche technique, 2016).

Cette huile essentielle est composée de 15 principales substances volatiles où le composé largement majoritaire est le limonène (89%) suivi du myrcène (2.79%).

Tableau 2 : Principaux composés chimiques (%) de l'huile essentielle extraite de l'orange amère obtenus par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (Fiche technique, 2016).

Constituants principaux	%
alpha pinène	0.75
bêta pinène	0.62
Sabinène	0.28
Myrcène	2.79
Limonène	89.0
Ocimène trans	0.27
Linalol	0.32
Decanal	0.22
Linalyl propionate	0.97
Geranylacetate	0.27
Caryophyllène beta trans	0.18
Germacrène D	0.21
Nerolidol trans	0.20
Nootkatone	0.33
Osthol	0.26

2. Méthodes

2.1. Elevage de masse

L'élevage de masse est réalisé dans des bocaux en plastique ou en verre (Figure 7). Il consiste à mettre en contact les petits capucins adultes d'âge indéterminé avec des graines saines de blé tendre. Les bocaux sont gardés à l'obscurité, à une température de $28 \pm 1^\circ\text{C}$ et une humidité relative de $50 \pm 5\%$ dans une étuve réfrigérée (Figure 6 et 7).

Le but de cet élevage est l'obtention d'une génération homogène âgée de 0 à 24 heures, en nombre suffisant, nécessaires pour mener les différents tests expérimentaux.



Figure 6. Elevage de masse du petit capucin dans des bocaux en plastique et en verre en conditions de laboratoire (Originale, 2020).



Figure 7. Etuve réfrigéré.

2.2. Test par répulsion

Il consiste à étudier l'effet répulsif de l'huile essentielle sur les adultes de *R. dominica*.

Des disques de papier filtre sont divisés en deux parties égales dans des boîtes de Pétri. Une moitié du papier est traitée avec l'huile additionnée d'acétone (0.5ml), l'autre moitié est

traitée avec de l'acétone uniquement (témoin). Les doses utilisées sont 6, 8, 10 et 12 μ l. Quatre répétitions sont utilisées pour chaque dose. Après évaporation du solvant, nous rassemblons les deux parties traitée et non traitée à l'aide d'une bande adhésive et nous les plaçons dans une boîte de Pétri. Vingt adultes de *R. dominica* (âgés de moins de 24h) sont ensuite déposés au centre de chaque boîte (Figure 8). Pour chaque test un demi-disque est traité avec une dose de l'huile essentielle diluée dans l'acétone et le deuxième demi-disque ne reçoit que l'acétone (témoin). Après une demi-heure d'expérimentation, les individus sont dénombrés sur chaque demi-disque. Le pourcentage de répulsion est calculé par la formule suivante :

$$\text{PR (\%)} = [(\text{Nac-Nh}) / (\text{Nac+Nh})] \times 100$$

Nac : Nombre d'individus présents sur la partie traitée uniquement avec l'acétone.

Nh : Nombre d'individus présents sur la partie traitée avec l'huile essentielle.

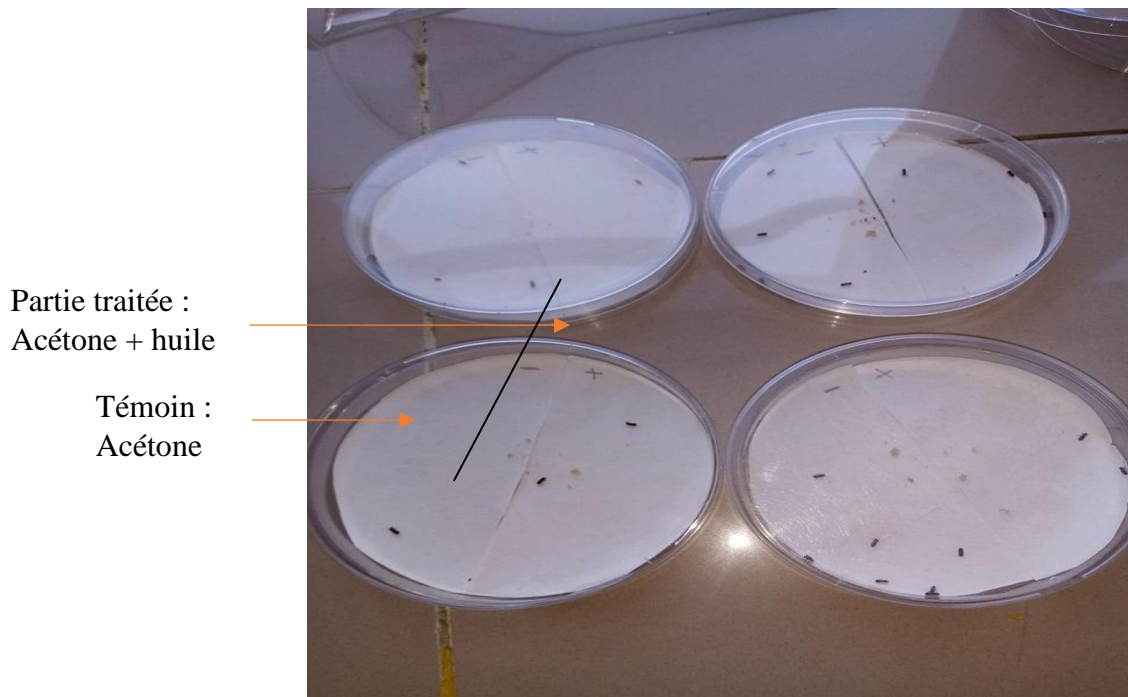


Figure 8. Dispositif expérimental du test de répulsion de l'huile essentielle de bigarade testée à l'égard du petit capucin des grains de blé (Originale, 2020).

Le pourcentage de répulsion moyen pour chaque dose de l'huile essentielle de *C. aurantium* testée est calculé puis attribué à l'une des différentes classes répulsives variant de 0 à V en adoptant la méthode de Mc Donald et *al.* (1970) (Tableau 5).

Tableau 3 : Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald et *al.* (1970).

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

2.3. Test par inhalation

Le test par inhalation consiste à évaluer la toxicité par inhalation de l'huile essentielle de bigarade à l'égard des adultes de *R. dominica*. Il est réalisé selon le protocole suivant :

Dans un bocal de 125 ml de volume, un disque de papier filtre de 2 cm de diamètre est suspendu à la face interne du couvercle, des doses de 6 μ l, 8 μ l, 10 μ l et 12 μ l d'huile essentielle de bigarade sont introduites dans chaque disque au moyen d'une micropipette. Vingt adultes de *R. dominica* âgés de moins de 24 heures sont introduits dans chaque bocal qui est fermé hermétiquement aussitôt. Quatre répétitions sont réalisées pour chaque dose et pour le témoin.

Le dénombrement des individus morts est effectué pour chaque dose et pour chaque répétition après 24, 48, 72 et 96 heures du lancement de l'expérience (Figure 9).



Figure 9. Dispositif expérimental du test par inhalation de l'huile essentielle de bigarade à l'égard des adultes de *R. dominica* (Originale, 2020).

2.4. Estimation de la DL50 par la méthode de droite de régression

La DL50 (dose létale 50%) est définie comme la dose unique d'une substance d'essai, obtenue par calcul statistique, susceptible d'entraîner la mort de 50 pour cent des animaux lorsqu'elle est administrée par voie orale (Abbott, 1925).

Elle est calculée pour le test par inhalation après 48h d'exposition à l'huile essentielle de bigarade. Le comptage des adultes mort de *R. dominica* est effectué et la mortalité corrigée (Mc) est calculée à partir des mortalités observées (Mo) en utilisant la formule d'Abbott (1925), qui tient compte de la mortalité naturelle observée sur le lot témoin (Mt), elle est calculée selon la formule ci-dessous.

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

Les mortalités corrigées sont transformées en probits en utilisant la table des probits et les doses sont transformées en logarithme décimal, ce qui permet d'établir les équations de la droite de régression à partir de laquelle la valeur de la DL50 est déduite.

3. Analyse statistique

Les résultats obtenus sont soumis à une analyse de la variance à un ou deux critères de classification en utilisant le logiciel Stat Box, version 6.4 pour déterminer l'action de l'huile essentielle vis-à-vis des adultes du petit capucin des grains de blé et d'analyser les différents paramètres étudiés.

Lorsque cette analyse montre des différences significatives, elle est complétée par le test de Newman et Keuls au seuil de 5%, afin de déterminer les groupes homogènes (Dagnelie, 1975).

Lorsque la probabilité P :

$P > 0.05$, il n'y a pas de différence significative.

$0.01 < P \leq 0.05$, il y a une différence significative.

$0.001 < P \leq 0.01$, il y a une différence hautement significative.

$P \leq 0.001$, il y a une différence très hautement significative

La DL50 par inhalation est obtenue en utilisant la droite de régression linéaire à l'aide du logiciel Microsoft Excel.

1. Evaluation de l'effet par répulsion de l'huile essentielle de *C. aurantium*

1.1. Résultats

Les résultats du test par répulsion de l'huile essentielle d'orange amère sur les adultes de *R. dominica* sont représentés dans la figure 11.

La figure montre que le taux de répulsion de l'huile essentielle de *C. aurantium* est faible, il ne dépasse pas 50%. Le taux le plus faible est enregistré à la dose 8 μ l avec une moyenne de répulsion de 32.5%, ce qui peut être dû à des erreurs de manipulation ou des facteurs résiduels, alors que le taux le plus élevé 50% est enregistré à la plus forte dose (12 μ l).

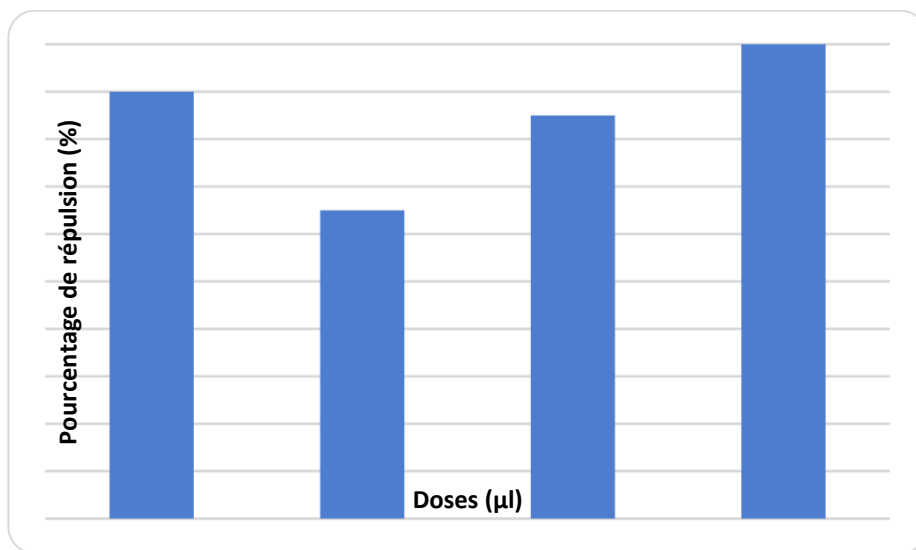


Figure 10. Taux de répulsion (%) des adultes de *R. dominica* après traitement avec l'huile essentielle de *C. aurantium*.

L'analyse de la variance à un critère de classification révèle une différence non significative pour le facteur dose de l'huile essentielle d'orange amère testée ($P=0.755$) (Tableau 4).

Tableau 4 : Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification pour les facteurs huile essentielle (F1) concernant l'effet répulsif de l'huile essentielle de *C. aurantium*.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	7100	15	473.333				
Var. Facteur 1	650	3	216.667	0.403	0.755		
Var. Résiduelle	6450	12	537.5			23.184	54.55%

Les résultats du classement de Mc Donald et *al.* (1970) de l'huile essentielle de *C. aurantium* sont représentés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Classement de l'huile essentielle d'orange amère selon ses propriétés répulsives par la méthode de Mc Donald et *al.* (1970).

Huile	Dose (μ l)	Moyennes des individus présents		Pourcentage de répulsion
		Traitée	Non traitée	
Bigaradier	6 μ l	5.5	14.5	45%
	8 μ l	6.75	13.25	32.5%
	10 μ l	5.75	14.25	42.5%
	12 μ l	5	15	50%
Taux moyen de répulsion	42.5%			
Classe	III			
Effet	Modérément répulsif			

Le tableau montre que l'huile essentielle de bigarade a une activité répulsive à l'égard des adultes de *R. dominica* et appartient selon le classement de Mc Donald et *al.* (1970) à la classe III modérément répulsive avec un taux de répulsion moyen de 42.5%.

1.2. Discussion

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%.

Ce résultat diffère de celui obtenu par Hamdani (2012) qui a montré que l'huile essentielle de bigaradier est la plus répulsive vis-à-vis d'*A. obtectus* (70%) parmi quatre espèces de Rutacées. Ce qui suggérerait que le petit capucin des grains de blé est moins sensible à l'huile essentielle de bigarade comparé à la bruche du haricot.

De même, les travaux réalisés par Goucem-Khelfane (2014) sur l'effet répulsif des huiles essentielles de neuf plantes aromatiques à l'égard d'*A. obtectus* font ressortir que les huiles essentielles de *Laurus nobilis*, *Mentha piperita*, *Lavandula angustifolia*, *Citrus reticulata* et *C. 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.

Kellouche et *al.* (2010) eux aussi ont signalé que les huiles essentielles de *Citrus mendurensis*, *Mentha officinalis*, *M. piperita* et *Melaleuca vidiflora* sont répulsives vis-à-vis de *C. maculatus*.

Les résultats obtenus par KRIM (2020) ont 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.

2. Evaluation de la toxicité par inhalation de l'huile essentielle de *C. aurantium*

L'activité insecticide de l'huile essentielle de bigarade est évaluée par inhalation par le dénombrement des adultes morts du petit capucin au niveau des différents traitements utilisés.

2.1. Résultats

Les résultats obtenus montrent que le taux de mortalité des adultes de *R. dominica* évolue proportionnellement avec la durée d'exposition et les doses de l'huile essentielle soient 0 μ l, 6 μ l, 8 μ l, 10 μ l et 12 μ l de *C. aurantium* appliquée par inhalation (Figure 12).

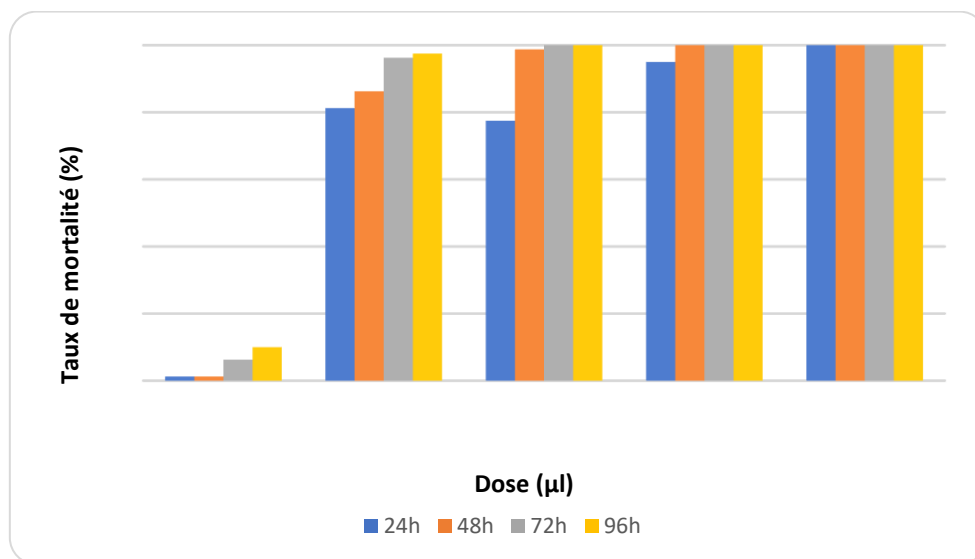


Figure 11. Taux moyen de mortalité (en %) des adultes de *R. dominica* traités par l'huile essentielle de bigaradier en fonction des doses et de la durée d'exposition.

Le taux moyen de mortalité des insectes dans le lot témoin qui représente la mortalité naturelle des individus et qui n'a subi aucun traitement, est négligeable. Elle n'est enregistrée qu'après 72H d'exposition. Par contre dans les lots traités, la mortalité augmente en fonction de la dose et de la durée d'exposition. A partir de la dose de 8 μ l, un taux de mortalité proche de 100% est enregistré dès 48H d'exposition.

L'analyse de la variance à deux critères de classification pour le paramètre mortalité, révèle une différence très hautement significative pour le facteur dose de l'huile essentielle de *C. aurantium* ($P=0$) et une différence significative pour le facteur temps d'exposition ($P=0,022$) (Tableau 6).

Tableau 6 : Résultats de l'analyse de la variance à deux critères de classification, la dose (F1), et le temps d'exposition (F2) concernant l'effet par inhalation de *C. aurantium* vis-à-vis de *Rhyzopertha dominica*

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. Totale	27417.11	19	1443.006				
Var. Facteur 1	26791.72	4	6697.929	278.203	0		
Var. Facteur 2	336.482	3	112.161	4.659	0.022		
Var. Résiduelle	288.908	12	24.076			4.907	6.33%

Le test de Newman et Keuls, au seuil de signification de 5%, classe toutes les doses utilisées pour l'huile essentielle testée dans le groupe homogène A et le témoin dans le groupe B (Tableau 8). De même, pour le facteur durée d'exposition, le test de Newman et Keuls classe les durées d'exposition 72H et 96H dans le groupe A, la durée 48H dans le groupe AB et la durée d'exposition de 24H dans le groupe homogène B (Tableau 7).

Tableau 7 : Résultats du test de Newman et Keuls montrant l'effet des quatre doses de l'huile essentielle de *C. aurantium* testée par inhalation sur la mortalité des adultes de *R. dominica* (D : dose).

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
5.0	12 μ l	100	A	
4.0	10 μ l	98.75	A	
3.0	8 μ l	94.063	A	
2.0	6 μ l	90.313	A	
1.0	0 μ l	4.688		B

Tableau 8 : Résultats du test de Newman et Keuls montrant l'effet de la durée d'exposition à l'huile essentielle de *C. aurantium* testée par inhalation sur la mortalité des adultes de *R. dominica*.

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
4.0	96H	81.5	A	
3.0	72H	80.5	A	
2.0	48H	77.25	A	B
1.0	24H	71		B

2.2. Discussion

Les résultats obtenus dans cette étude montrent nettement que l'huile essentielle de *C. aurantium* a un effet toxique sur les adultes de *R. dominica* au fur et à mesure que la dose et le temps d'exposition augmentent. Une mortalité totale, soit 100% des adultes traités, est atteinte dès la dose 8µl après 48H d'exposition.

Nos résultats concordent avec les travaux de plusieurs auteurs qui ont mis en évidence l'action par inhalation des huiles essentielles sur les ravageurs des denrées stockées. Grâce à leur volatilité importante, les huiles essentielles et leurs constituants, essentiellement des monoterpènes, 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 ne diffèrent pas de ceux obtenus par Ihidoussen et Ouendi (2009) qui ont signalé une réduction très hautement significative de la longévité des adultes de la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera : Chrysomelidae) traités avec les huiles essentielles de citron (*Citrus limonum*) et de mandarine (*Citrus reticulata*), où la longévité des individus n'atteint pas 24 heures à la dose de 10µl pour l'huile essentielle de *C. limonum* et 8 µl pour l'huile essentielle de *C. reticulata*.

Nos résultats se rapprochent aussi de ceux obtenus par Hamdani (2012) qui, pour sa part, a étudié l'efficacité de quatre huiles essentielles, du citronnier, oranger, pamplemoussier et bigaradier à l'égard des adultes d'*A. obtectus*. Il a constaté que la longévité des adultes d'*A. obtectus* est inversement proportionnelle à la dose des huiles testées. Une légère diminution est enregistrée dès la plus faible dose utilisée (2µl). Elle est de 8; 8,75 et 9 jours, valeurs correspondant respectivement aux huiles essentielles de *C. limonum*, oranger *C. sinensis* et pamplemousse *C. paradisi*.

Goucem-Khelfane (2014) a constaté que les huiles essentielles de Rutacées agissent faiblement sur la longévité des adultes comparées aux huiles essentielles de Lamiacées ; parmi les Rutacées, l'huile essentielle de bergamote s'est montrée la plus efficace à l'égard des adultes d'*A. obtectus* appliquée à des doses faibles par inhalation. Cette huile essentielle réduit la longévité des adultes au bout de 24H. Hamoudi et Temmar (2009) ont signalé que l'huile de l'orange douce et l'huile de la carotte agissent d'une façon très hautement significative sur la longévité des adultes de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae) en moins de 24H, aux doses de 25 et 100µl.

Koroghli (2018) a montré que les deux huiles essentielles de menthe poivrée (*Mentha piperita* L.) et de romarin (*Rosmarinus officinalis* L.) présentent 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 ; cet effet toxique est nettement plus important pour l'huile essentielle de la menthe pouliot que celui de l'huile essentielle de la sauge.

2.3. Estimation de la DL50

Le graphe matérialisant les résultats obtenus sous forme d'une droite de régression des taux de mortalités corrigées des adultes de *R. dominica* en fonction du logarithme des doses est représenté dans la figure 11. Il a permis de déterminer la valeur de la DL50 de l'huile essentielle de *C. aurantium* par inhalation après 48H d'exposition qui est de l'ordre de 4.26 μ l /l d'air. Ce résultat indique que cette huile essentielle exerce un effet toxique sur *R. dominica* par inhalation. (Figure 13)

Le coefficient de corrélation R^2 obtenu est de 0.76, ce qui indique une forte corrélation entre la mortalité et la dose de l'huile utilisée.

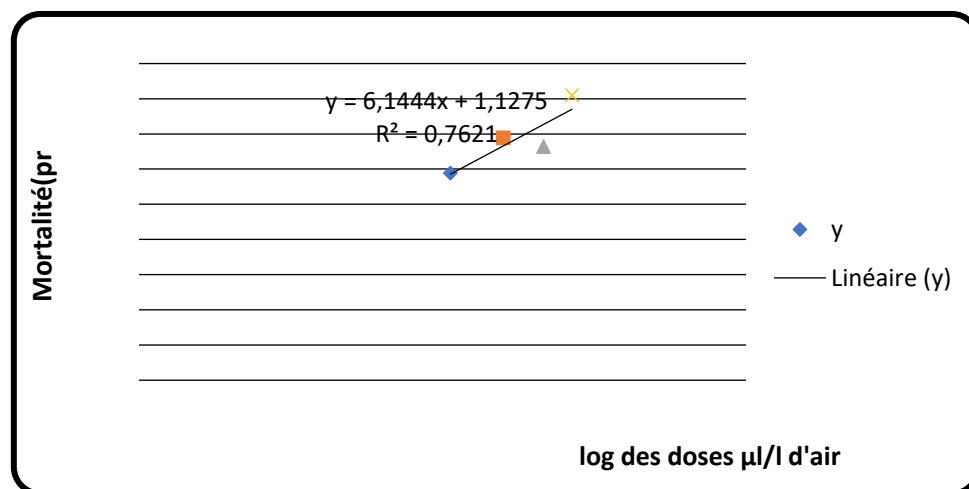


Figure 12. Ajustement d'une droite de régression des taux de mortalités corrigées des adultes de *R. dominica* en fonction du logarithme des doses soumis à l'action de l'huile essentielle de bigaradier par inhalation.

L'estimation de la dose létale qui tue 50% des individus de *R. dominica* soumis à l'expérience confirme bien les résultats obtenus dans le test par inhalation, elle est de 4.26 μ l/l d'air pour l'huile essentielle de bigaradier.

Nos résultats se rapprochent des travaux effectués par Rossi et *al.* (2012) sur les propriétés insecticides, par inhalation, de l'huile essentielle de *Citrus bergamia* à l'égard des

adultes du charançon du maïs *Sitophilus zeamais*. Ces auteurs ont signalé une mortalité relativement élevée, elle est de l'ordre de 65% et de 83% après 24H et 96H d'exposition respectivement à la dose 0.75µl/insecte, avec une DL50 de 0.36µl/insecte après 96H.

De même, Koroghli (2018) a enregistré une DL50 de l'huile essentielle de romarin, similaire à celle que nous avons obtenu, qui est de l'ordre de 4.57 µl/l d'air, à l'égard de *R. dominica*.

D'après Amirat et al. (2011), le taux de mortalité des adultes du puceron noir traités par fumigation augmente proportionnellement avec la dose de deux huiles essentielles : de l'origan commun *Origanum glandulosum* et de la lavande papillon *Lavandula stoechas*. Les DL50 calculées après 12H d'exposition pour l'origan et après 24H pour la lavande, montrent que l'huile essentielle d'origan est la plus toxique sur *Aphis pomi* avec une DL50 de 0.053 µl/cm² comparativement à l'huile essentielle de lavande dont la DL50 est de 0.105 µl/cm².

Notre étude rentre dans le cadre de la recherche des méthodes de lutte alternatives contre les insectes ravageurs des céréales stockées, qui limitent les effets néfastes de l'utilisation des insecticides chimiques.

Au cours de notre travail, nous avons tenté d'évaluer la bio efficacité de l'huile essentielle de bigarade *Citrus aurantium* à l'égard des adultes du petit capucin des grains de blé stockés *Rhyzopertha dominica*. Compte tenu des résultats obtenus, nous pouvons conclure que l'huile testée exerce une toxicité relativement importante par inhalation associé à un effet répulsif modéré sur ce ravageur.

Les résultats du traitement par inhalation révèlent une mortalité de 98% dès la dose de 8 μ l atteignant, à la dose de 10 μ l, 100% de mortalité enregistrée dès 48H d'exposition. D'après ces résultats, l'huile essentielle de bigarade a un effet insecticide significatif sur la durée de vie des adultes de *R. dominica*.

L'estimation de la dose létale qui tue 50% des individus soumis à l'expérience confirme bien les résultats obtenus dans le test par inhalation, elle est de 4,26 μ l/l d'air.

En ce qui concerne le test de répulsion, l'huile essentielle de l'orange amère est placée dans la classe III; c'est donc une huile modérément répulsive avec un taux moyen de répulsion de 42.5%.

Les résultats obtenus suggèrent que l'huile essentielle de bigaradier peut constituer un moyen de lutte efficace contre cet insecte dans les stocks de céréales.

Actuellement, cette méthode de lutte pourrait devenir une bonne alternative en Algérie qui souffre d'un grand déséquilibre économique. En effet, en plus des dépenses faramineuses occasionnées par l'importation du blé, l'approvisionnement en pesticides constitue également une grande charge financière et leur utilisation représente un danger certain pour le consommateur.

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 cette même huile sur d'autres insectes des denrées stockées.

1. **ABIS S. (2012).** Le blé en Méditerranée sociétés, commerce et stratégies. Économie et territoire relations commerciales CIHEAM, Paris, 247p.
2. **AMARI N. (2014).** Etude du choix de ponte de la bruche du niébé *Callosobruchus maculatus* en présence de différentes variétés d'haricot et de pois chiche, et influence de quelques huiles essentielles (Cèdre, Ciste, Eucalyptus) sur l'activité biologique de l'insecte. Mémoire de magistère en biologie, UMMTO, 47p.
3. **AMMAR M. (2014).** Organisation de la chaîne logistique dans la filière céréales en Algérie états des lieux et perspective. Thèse de doctorat de en biologie, Université de Montpellier, 121p.
4. **ANONYME 1.(2020).** ([http / jcringenbach.free.fr/Bostrychidae / Rhyzopertha dominica.jpg](http://jcringenbach.free.fr/Bostrychidae/Rhyzopertha_dominica.jpg), 1792)
5. **ARMAND B., et GERMAIN M. (1992).** Le Blé: éléments fondamentaux et transformation. (Ed) Presses Université Laval, 188p.
6. **ATWAL A.S. (1994).** Insect Pest of Stored Grain and Other Products: Agricultural Pest of India and South East Asia. 2ndEd. National Book Foundation, 405p.
7. **BALACHOWSKY A.S. (1962).** Traité d'entomologie appliquée à l'agriculture. T. 1, Vol. 1, Ed. Masson et Cie, Paris, 392p.
8. **BENCHARIF A., CHAULET C., CHEHAT F., KACIM., SAHLI Z. (1996).** La filière blé en Algérie. Ed. Karthala, Paris, 248p.
9. **BONJEAN A. (2001).** Histoire de la culture des céréales et en particulier de celle du blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Dossier de l'environnement d'INRA, 21 : 29-37.
10. **BOUTIGN Y. (2007).** Identification dans les grains de blé dur de composés inhibiteurs de la biosynthèse des trichothécènes B par *Fusarium*. Thèse de doctorat en Biologie, Université de Bordeaux 1, 202p.
11. **CHARVET JP. (2012).** Atlas de l'agriculture. Ed. Claire Levasseur. Paris, 64p.
12. **CHEFTEL J.C., et CHEFTEL H. (1992).** Introduction à la biochimie des aliments, Vol I. Ed. Tech et Doc., Lavoisier, Paris, 381p.
13. **CRONQUIST A. (1988).** The evolution and classification of flowering plants. 2^eédition, Ed. Botanical Garden, Bronx, New York, 359p.
14. **CRUS J.F. (1988).** Conservation des grains en régions chaudes. 2 Ed « Technique rurales en Afrique ». Ed. CEEMAT, Paris, 545p.
15. **CRUZ J., HOUNHOUGAN J., et FLEURAT-LESSARDF. (2016).** La conservation des grains après récolte Quæ CTAPresses agronomiques. 256p.

16. **DAGNELIE P. (1975).** Théories et méthodes statistiques. *Les presses agronomiques de Gembloux*, 2 : 245-249.
17. **DALES M.J. (1996).** A review of plant materials used for controlling insect pests of stored products. Ed. Crown copyright United Kingdom, NR a Bulletin, 84p.
18. **DELOBEL A., et TRAN M. (1993).** Les Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes. Ed. FauneTropicale, Paris, 424p.
19. **DJERMOUN A. (2009).** La production céréalière en Algérie : principales caractéristiques. *Revue Nature et Science*, 1: 45-53.
20. **DOUSSINAULT G., KAAAN F., LECOMTE C., et MONNEVEUX P. (1992).** Les céréales à paille présentation générale. Amélioration des espèces végétales cultivées. Ed. INRA, Paris, 765p.
21. **FAO (2014).** Afrique classement des pays producteurs de matières premières : 2 p. <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx/PageID=567> #ancor.
22. **FAO (2015).** Perspectives de récolte et situation alimentaire 1: 7p. <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx/PageID=567> #ancor.
23. **FEUILLET P. (2000).** Le Grain de blé: composition et utilisation: Mieux Comprendre. INRA, Paris, 308p.
24. **FLEURAT-LESSARD F. (2015).** Résidu de pesticides dans les céréales alimentaires : origine, devenir et gestion raisonnée, 51p.
25. **FRAPPA C. (1938).** Les insectes nuisibles au Manioc sur pied et aux tubercules de Manioc en magasin à Madagascar. *Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale*, 18(198) : 104-109.
26. **GOUCEM-KHELFANE 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 (*Phaseolus vulgaris*). Thèse de doctorat en biologie, UMMTO, 144p.
27. **GWINNER J., HARNISH R., et MUCK O. (1996).** Manuel sur la manutention et conservation des graines après récolte. Ed. GTZ. Allemagne, 368p.
28. **HADRICH B., DAHAK K., ABDENOURI N., et KECHAOU N. (2008).** Etude de séchage des feuilles de bigaradier. *Revue des énergies renouvelables*. 8 : 145- 149.
29. **HAGSTRUM D.W., PHILLIPS T.W., et CUPERUS G. (2012).** Stored Product Protection-State Research and Extension Kensas, 358pp.

30. **HAMDANI D. (2012).** Action des poudres et des huiles de quelques plantes aromatiques sur les paramètres biologiques de la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera : Bruchidae). Mémoire de Magister en Sciences biologiques, UMMTO, 94p.
31. **HAMOUDI N., et TEMMAR O. (2009).** Etude des effets insecticides de deux huiles essentielles de l'orange douce et de la carotte sur la biologie de la bruche du niébé *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae). Mémoire d'ingénieur en biologie, UMMTO, 67p.
32. **HEDJAL-CHEBHAB M. (2014).** Identification des principes actifs des huiles essentielles de quelques résineux et plantes aromatiques de provenance Algérienne et Tunisienne. Etude de leurs activités biologiques à l'égard d'un insecte ravageur des graines stockées, *Callosobruchus maculatus* F. 1775 (Coleoptera: Bruchidae). Thèse de doctorat en biologie, UMMTO, 176p.
33. **HUIGNARD J., DUGRAVOT S., KETOH KG., THIBOUT E., et GLITHO EI. (2002).** Utilisation de composés secondaires des végétaux pour la protection des graines d'une légumineuse, le niébé. Conséquences sur les insectes ravageurs et leurs parasitoïdes. Biopesticides d'origine végétale. Ed. by C Regnault-Roger, BJR Philogène & C Vincent, Lavoisier Tech & Doc, Paris, 149p.
34. **IHIDOUSSEN H., et OUENDI N. (2009).** Effet des huiles essentielles de *Citrus limonum* et *Citrus reticulata* sur l'activité biologique de la bruche du haricot: *Acanthoscelides obtectus* Say. (Coleoptera: Bruchidae). Mémoire d'ingénieur d'Etat en biologie, UMMTO, 59p.
35. **KALOUSTIAN J., CHEVALIER J., MIKAIL C., MARTINO M., ABOU L., et VERGNES MF. (2008).** Study of six essential oils: Chemical composition and antibacterial activity. *J. Phytothér.*, **6**: 160-164.
36. **KASSEMI N. (2014).** Activité biologique des poudres et des huiles essentielles de deux plantes aromatiques (*Pseudocytisus integrifolius* Salib et *Nepeta nepetella* L.) sur les ravageurs du blé et des légumes secs. Thèse de doctorat en biologie, université de Tlemcen, 144p.
37. **KELLOUCHE A. (1987).** Relations parasitaires entre *Lariophagus distinguendus* FORSTER et *Chaetospila elegans* Westwood (Hymenoptera : Pteromalidae) et les ravageurs des denrées stockées : *Sitophilus oryzae* Linneaus et *Rhyzopertha dominica* Fabricius (Coleoptera : Curculionidae et Bostrichidae). Thèse de doctorat de troisième cycle, Université Paul Sabatier, Toulouse, 156p.

38. **KELLOUCHE A. (2005).** Etude de la bruche du pois chiche, *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae) : Biologie, physiologie, reproduction et lutte. Thèse de doctorat d'Etat en biologie, UMMTO, 154p.
39. **KOEHLER P.G., et PEREIRA A. (1994).** Léser Grain Borer. *R. dominica* (Coleoptera : Tenebrionidae). 146p.
40. **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, UMMTO, 58p.
41. **KRIM S. (2019).** Activité insecticide des huiles essentielles de sauge (*Salvia officinalis* L.) et de la menthe pouliot (*Mentha pulegium* L.) à l'égard du petit capucin des grains de blé *Rhyzopertha dominica* F. (Coleoptera: Bostrychidae). Mémoire de master en sciences agronomiques, UMMTO, 50p.
42. **LEPESME P. (1944).** Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés. Encyclopédie entomologique. Série A. Ed., Le Chevalier, Paris, 257p.
43. **MASON L.J. (2003).** *Rhyzopertha dominica* (Fab.). *Purdue Extension*, 238: 1-2
44. **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.
45. **OZENDA P. (2000).** Organismes végétaux, 2. Végétaux supérieurs. Tome 2, Paris, 516p.
46. **POTTER C. (1935).** The biology and distribution of *Rhyzopertha dominica* (Fab.). *Transactions and proceedings of the society*, **83**: 449-482.
47. **PROCTOR D.L. (1995).** Techniques d'emmagasiner des grains : évolution et tendances dans les pays en développement. Bull. F.A.O N°109, 246p.
48. **REGNAULT-ROGER C., et HAMRAOUI A. (1995).** Fumigant toxicactivity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthosceides obtectus* (Say) (Coleoptera) a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Stored Prod. Res*, **31**: 291-299.
49. **REGNAULT-ROGER C., PHILOGENE J.R.B., et VINCENT C. (2002).** Bio-pesticides d'origine végétale. Ed., Tec et Doc, Lavoisier, Paris, 319p.
50. **ROUDANE W. (2018).** Activité insecticide de l'huile essentielle du Bigaradier (*Citrus aurantium* L.) à l'égard de la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* Say. (Coleoptera

- : Chrysomelidae : Bruchinae). Mémoire de master en sciences agronomiques, UMMTO, 58p.
51. **SIDANA J., SAINI V., DAHIYA S., NAIN P., et BALA S. (2013).** A review on citrus 'the boon of nature'. *Intern. J. Pharm. Sci. Rev. Res.*, **18**: 20–27.
 52. **SURGET A., et BARRON C. (2005).** Histologie du grain de blé. *Industrie des céréales*, **145** : 4-7.
 53. **THOMSON V. (1966).** The biology of the lesser grain borer *Rhyzopertha dominica* (Fab.). *Bull. Grain. Tec.*, **4** (4): 163-168.
 54. **TREMATERRA P., SCIARRETTA A., et TAMASI E. (1999).** Behavioural responses of *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus), *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Tribolium confusum*. du Val to naturally and artificially damaged durum wheat kernels. *Entomol. Exp. Appl.*, **49**: 41-44.
 55. **VINCENT S., WILLSON 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.
 56. **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 *Ocimum canum* Sinus (Lamiaceae) for protection against post harvest damage by certain stored product Coleoptera. *J. Stored Product. Res.*, **27**(4): 213-220.

Résumé

La présente étude a pour objet d'évaluer la toxicité par inhalation et par répulsion de l'huile essentielle de *Citrus aurantium* L. sur les adultes du petit capucin des grains de blé *Rhyzopertha dominica* F. Nos résultats indiquent que l'huile essentielle testée exerce une toxicité importante par inhalation sur les adultes de *R. dominica*. En effet, l'huile essentielle entraîne une mortalité de 100% après 48H d'exposition à la dose de 10µl et révèle un effet insecticide significatif. Le calcul de la DL50 par inhalation après 48H d'exposition a fait ressortir une dose de 4.26µl/l d'air. Le test par répulsion révèle que l'huile essentielle de bigaradier est placée dans la classe III ; elle est modérément répulsive avec un taux moyen de répulsion de 42.5%. Nos résultats démontrent une activité insecticide très marquée de l'huile essentielle de *C. aurantium* à l'égard de *R. dominica*, sa toxicité varie selon le type de test (répulsion et inhalation). Par conséquent, cette huile essentielle pourrait être utilisée comme moyen de lutte alternative dans les stocks notamment par fumigation.

Mots-clés : *Rhyzopertha dominica*, Huile essentielle, *Citrus aurantium*, Toxicité, Lutte.

Abstract

The purpose of this study is to assess the inhalation and repulsion toxicity of *Citrus aurantium* essential oil upon adults of the lesser grain borer *Rhyzopertha dominica*. Our results indicated that the essential oil exerted significant inhalation toxicity on adults of *R. dominica*. Indeed, the essential oil caused 100% mortality after 48 hours of exposure to the highest dose of 10µl and revealed a significant insecticidal effect. Calculation of the inhalation DL50 after 48 hours of exposure showed a DL50 value of 4.26µl. Repulsion test revealed that the essential oil of sour orange belongs to class III; It is therefore a moderately repellent oil recording an average repellency rate of 42.5%. Our results demonstrated a very marked insecticidal activity of sour orange essential oil against *R. dominica*; its toxicity varied according to the type of test (repulsion and inhalation). Therefore, this essential oil could be used as an alternative mean to control the lesser grain borer in stocks especially by fumigation.

Key-words: *Rhyzopertha dominica*, Essential oils, *Citrus aurantium*, Toxicity, Control.