

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DÉPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.AGRO/2022

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV Filière : Sciences Agronomiques
Spécialité : Protection des végétaux

Présenté par :

BELGACEM Ahlem & TABTI Soraya

Thème

**Evaluation de l'effet insecticide du *Rosmarinus officinalis*
vis-à-vis de *Tribolium castaneum* et *Rhyzopertha dominica*.**

Soutenu le : / / 2022

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom

Grade

AMMOUCHE Z.

MAA

Univ. de Bouira

Présidente

BOUBEKKA N.

MCA

Univ. de Bouira

Examinatrice

SAYAH S.

MAA

Univ. de Bouira

Promotrice

SAADA I.

Doctorante

Univ. de Bouira

Co-promotrice

Année universitaire : 2021/2022

Remerciements

*Tout d'abord nous tenons à remercions **ALLAH**, le tout puissant, qui nous donné la force, l'intelligence et la patience d'accomplir ce modeste travail.*

*Nous remercions sincèrement Madame **SAYAH S.** encadreur de ce travail, pour son aide et son suivi, nous disons merci.*

*Nos remerciements vont à madame **SAADA I.** notre co-promotrice.*

*Nos remerciements s'adressent également aux membres de jury la présidente Mme **AMMOUCHE Z.** et l'examinatrice Mme **BOUBEKKA N.** qui ont accepté d'évaluer notre travail et de nous avoir honorés par leur présence.*

*Aussi, nous présentons notre reconnaissance aux chefs de laboratoire des départements **SNVST** et **SM** qui nous ont aidée.*

DEDICACES

Je dédie Ce mémoire à ...

A MA TRÈS CHÈRE MÈRE :

Source inépuisable de tendresse, de patience et de sacrifice. Quoi que je puisse dire et écrire, je ne pourrais exprimer ma grande affection et ma profonde reconnaissance. Puisse Dieu tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et Bonheur

Mon très cher père:

*Mon cher père **Brahim** qui est toujours disponible pour nous et prêt à nous aider, je lui confirme mon attachement et mon profond respect.*

MON cher frère:

HOUSSEM

*A tous les moments d'enfance passés avec toi mon frère, en gage de **ma** profonde estime pour l'aide que tu m'as apporté. Tu m'as soutenu, réconforté et encouragé.*

Mon cher mari :

KERMIA Abderezak

Tu as partagé avec moi les meilleurs moments de ma vie, tu étais toujours à mes cotés, aucun mot ne pourrait exprimer ma gratitude, mon amour et mon respect.

A ma famille : BELGACEM et MEDDAH

Ahlem

DEDICACES

*Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude,
L'amour, le respect, la reconnaissance...*

*Tous simplement que je dédie ce mémoire de fin
d'étude à :*

*Mes très chers parents, aucune dédicace ne saurait
exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le
respect que j'ai eu pour vous. Rien au monde ne vaut
les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et
mon bien être.*

À mes chers frères et sœurs

Soraya

Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure 01	: Larve de <i>Tribolium castaneum</i>	09
Figure 02	: Adulte de <i>Tribolium castaneum</i>	10
Figure 03	: Adulte de <i>Rhyzopertha dominica</i>	14
Figure 04	: Technique d'extraction par entraînement à la vapeur.....	17
Figure 05	: Illustration schématique de la méthode d'hydrodistillation.....	18
Figure 06	: Schéma d'extraction au CO2 supercritique.....	18
Figure 07	: Technique d'extraction par micro-ondes.....	19
Figure 08	: Structure des composés terpéniques.....	20
Figure 09	: Adultes des deux insectes traités.....	22
Figure 10	: Elevage des <i>Rhyzopertha dominica</i> et <i>Tribolium castaneum</i> dans l'étuve.....	23
Figure 11	: Etapes de préparation de matériel végétal <i>Rosmarinus officinalis</i>	24
Figure 12	: Disposition expérimentale de la méthode d'extraction.....	25
Figure 13	: Réalisation des bioessais aux niveau de laboratoire.....	26
Figure 14	: Histogramme représente le taux de mortalité de <i>Tribolium castaneum</i> en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de <i>Rosmarinus officinalis</i>	27
Figure 15	: Histogramme représente le taux de mortalité de <i>Rhyzopertha dominica</i> en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de <i>Rosmarinus officinalis</i>	28

Liste des abréviations

CYP: Cytochrome P450

EST: Estérases

HE : Huile essentielle

GST: Glutathion S-transférases

NRDC: National Research Development Corporation

SOMMAIRE

Inroduction

Chapitre I : Données bibliographiques

I-1- Généralités sur la plante (<i>Rosmarinus officinalis L.</i>).....	03
I-1-2-Historique.....	03
I-1-3-Etymologie.....	03
I-1-4-Systématique	03
I-1-5-Ecologie.....	04
I-1-6-Description botanique.....	04
I-1-7-Composition chimique de <i>Rosmarinus officinalis L.</i>	05
I-1-7-1-Huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis L.</i>	05
I-1-7-2-Activités biologiques des composés de <i>Rosmarinus officinalis L.</i>	05
I-1-7-2-1-Activité antitumorale.....	05
I-1-7-2-2-Activité antioxydante.....	06
I-1-7-2-3-Activité anti-microbienne.....	06
I-1-7-2-4-Activités anti-inflammatoires et analgésiques	07
I-1-7-2-5-Activités du Système nerveux central et du système endocrinien.....	07
I-2 - <i>Tribolium castaneum</i>	07
I-2-1-Données bioécologiques sur le <i>Tribolium</i> rouge de la farine	07
I-2-2-Répartition géographique	08
I-2-3-Position systématique	08
I-2-4-Description morphologiques des différents stades du <i>Tribolium castaneum</i>	09
I-2-4-1- Œuf	09
I-2-4-2- Larve	09
I-2-4-3- Nymphe	09
I-2-4-4-Adulte.....	10
I-2-5-Cycle de développement.....	10
I-2-6-Dégâts causés par <i>Tribolium castaneum</i>	11
I-3- Capucin des grains <i>Rhyzopertha dominica</i>	11
I-3-1-Données bioécologiques sur le <i>Rhyzopertha dominica</i>	11
I-3-2-Position systématique	12
I-3-3-Répartition géographique.....	12
I-3-4-Description morphologique des différents stades du <i>Rhyzopertha dominica</i>	12
I-3-4-1-Œuf.....	12
I-3-4-2-Larve.....	13
I-3-4-3-Nymphe.....	13

I-3-4-4-Adulte.....	13
I-3-5-Cycle de développement.....	14
I-3-6-Dégâts causés par <i>Rhyzopertha dominica</i>	14
I-4-Huiles essentielles.....	15
I-4-1- Généralités sur les huiles essentielles	15
I-4-2-Localisation et rendement en huiles essentielles.....	15
I-4-3-Secteurs d'application des huiles essentielles	16
I-4-4-Caractéristiques physico-chimiques des huiles essentielles.....	16
I-4-5-L'extraction d'une l'huile essentielles (HE).....	16
I-4-6-Procédés d'extraction des huiles essentielles.....	17
I-4-6-1-Distillation à la vapeur.....	17
I-4-6-2-Hydrodistillation.....	17
I-4-6-3-Extraction au CO supercritique.....	18
I-4-6-4-Extraction assistée par micro-ondes.....	19
I-4-7-Composition chimique des huiles essentielles.....	19
I-4-7-1-Composés terpéniques.....	19
I-4-7-2-Monoterpènes.....	20
I-4-7-3-Sesquiterpènes.....	20
I-4-7-4-Composés aromatiques.....	20

Chapitre II : Matériel et méthodes

II-1-Matériel.....	22
II-1-1-Matériel du laboratoire.....	22
II-1-2-Matériels biologiques.....	22
II-1-2-1-Matériel animal.....	22
II-1-2-1-1-Elevage des insectes.....	23
II-1-2-2-Matériel végétal	23
II-1-2-2-1-Récolte.....	23
II-2-Méthodologie.....	23
II-2-1-Préparation des poudres des végétaux.....	23
II-2-1- Extraction des huiles essentielles.....	24
II-2-3- Préparation des insectes.....	25
II-2-4- Doses et traitements.....	26
II-3- Exploitation des résultats.....	26
II-3-1- Correction de mortalité.....	26

Chapitre III : Résultats et discussion

III-1-Résultats.....	27
III-1-1-Evaluation de l'effet insecticide de l'huile essentielle sur <i>Tribolium castaneum</i> et <i>Rhyzopertha dominica</i>	27
III-1-1-1-Effet sur <i>Tribolium castaneum</i>	27
III-1-1-2-Effet sur <i>Rhyzopertha dominica</i>	28
III-2-Discussion.....	29
Conclusion généraux	30
Références bibliographiques.....	31

Annexes

Introduction

Les céréales et leurs dérivées constituent l'alimentation de base dans beaucoup de pays en développement, particulièrement dans les pays maghrébins. En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale (DJERMOUN, 2009).

Les insectes ravageurs des denrées, majoritairement des Coléoptères peuvent causer la perte totale d'un stock (NGAMO et HANCE, 2007). Plusieurs catégories d'insectes attaquant les grains de céréales depuis la récolte jusqu'à la consommation. Dans le cas du blé, ces insectes peuvent occasionner des pertes considérables, allant jusqu'à 50 % (MEBARKIA *et al.*, 2012).

Rhyzopertha dominica est l'un des principaux ravageurs primaires des céréales stockées, ayant une grande capacité d'adaptation et de développement (PIRES et NOGUEIRA, 2018). Tandis que *Tribolium castaneum* est considéré comme un colonisateur secondaire se développant plus facilement sur la farine, les grains brisés ou les grains déjà infestés par un colonisateur primaire (VAYIAS *et al.*, 2010).

Les huiles essentielles présentent des activités insecticides (ÜNLÜ *et al.*, 2002 ; AYVAZ *et al.*, 2010). Elles sont aussi utilisées dans la lutte biologique contre les ravageurs. En effet, ces bio-pesticides présentent un réel avantage par rapport aux produits phytosanitaires qui comportent des risques pour la santé humaine et pour l'environnement. Les bio pesticides à partir des huiles essentielles sont caractérisés par leur faible rémanence, leur faible toxicité pour l'homme et par leur mode d'action sur les ravageurs (MIRESMAILLI *et al.*, 2006 ; KOUL *et al.*, 2008 ; SHAHI *et al.*, 2009). L'action des huiles essentielles sur les insectes et acariens affecte la croissance, la mue, la fécondité et le développement.

Rosmarinus officinalis est l'une des plantes médicinales les plus utilisés à travers le monde. Les extraits des huiles essentielles de cette plante sont largement utilisés, dans la médecine traditionnelle, depuis des siècles contre une multitude de maux. Aujourd'hui, le *Romarin* est entré dans la médecine moderne (DA ROSA *et al.*, 2013)

Dans ce contexte, le présent travail a pour but d'évaluer l'effet insecticide de plante médicinale *Rosmarinus officinalis* sur deux insectes ravageurs des céréales stockées, il s'agit de *Tribolium castaneum* et *Rhyzopertha dominica*.

L'objectif global de cette étude est de tester l'effet insecticide de l'huile essentielle du *Rosmarinus officinalis* sur deux espèces d'insectes, il s'agit de *Tribolium castaneum* et *Rhyzopertha dominica*.

Le présent document est devisé en 3 chapitres :

- Le premier chapitre regroupe des données bibliographiques sur la plante choisie ainsi que les deux espèces d'insectes.
- Le deuxième sur la description du matériel et des méthodes utilisés.

Introduction

- Le troisième chapitre résume les résultats et les données obtenus ainsi que la discussion de ces résultats.

I-1- Généralités sur la plante (*Rosmarinus officinalis* L.)

Rosmarinus officinalis L. (appelé romarin) appartient à la famille des Lamiacées (KARIMIFAR *et al.*, 2022). C'est un arbuste vivace à feuilles persistantes, caractérisé par une odeur aromatique unique (BAN *et al.*, 2016). L'huile essentielle de romarin est précieuse en raison de ses activités antimicrobiennes, antioxydants, insecticides et acaricides (KARIMIFAR *et al.*, 2022). Actuellement, les trois plus grands producteurs et exportateurs d'huiles essentielles de romarin dans le monde sont l'Espagne, la Tunisie et le Maroc (MWITHIGA, 2022). En 2000, le romarin a été élu Herbe de l'année par l'International Herbs Association (IHA, 2022).

I-1-2-Historique

Depuis l'antiquité, le feuillage est utilisé comme un ménage commun épice culinaire pour aromatiser. Extraits de romarin, dérivés des feuilles, sont utilisés comme agents aromatisants et antioxydants dans les aliments transformation et cosmétique. Le romarin a été utilisé dans la médecine alternative traditionnelle et complémentaire pour ses digestif, tonique, astringent, diurétique et diaphorétique propriétés. Il a été lié à un large éventail de bienfait avantage pour la santé (ALAVI *et al.*, 2020).

I-1-3-Etymologie

Le nom latin *Rosmarinus* est habituellement interprété comme dérivé "ros" de la rosée et "marinus" d'appartenir à la mer, bien qu'elle se développe habituellement loin de la mer. on a affirmé que cette interprétation est un produit d'étymologie traditionnelle, mais probablement le nom original est dérivé du grec "rhops" arbuste et "myron" baume (HEINRICH *et al.*, 2006).

I-1-4-Systématique

Le romarin appartient à la famille des Lamiacées, qui est l'une des familles de plantes à fleurs les plus importantes et les plus distinguées, comprenant environ 236 genres et 6900 à 7200 espèces dans le monde (NAGHIBI *et al.*, 2005 ; RAJA, 2012). La classification de *Rosmarinus officinalis* L. est la suivante :

Règne : Plantae

Embrenchement : Spermatophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiaceae

Genre : *Rosmarinus* L.

Espèce : *Rosmarinus officinalis* L. (BEGUM, 2013)

- **Nom français :** Romarin
- **Nom vernaculaire :** Rose marine, encensier, Romarin de troubadours, herbe aux couronnes.
- **Nom vernaculaire arabe :** Iklil El-jabal – Hassalban
- **Nom targui ou berbère :** Ouzghir – Touzala (ELCHAHAT, 2000).

I-1-5-Ecologie

Rosmarinus officinalis L. est originaire de la région méditerranéenne et largement cultivé en Europe, en Californie et aux États-Unis. Il pousse en climat tempéré et est largement utilisé par les populations indigènes pour l'aromathérapie (OLIVEIRA *et al.*, 2019 a), le romarin pousse spontanément dans le Sud de l'Europe (France, l'Espagne, Italie, Corse et en Portugal) et dans l'Afrique du nord (Tunisie, Maroc et en Algérie).

Le romarin est cultivé de part le monde à partir des semis ou de boutures au printemps. Les branches récoltées pendant l'été sont séchées à l'air libre et à l'ombre (HEINRICH *et al.*, 2006).

I-1-6-Description botanique

- **Tige**

Arbuste ou sous arbrisseau, rameau de 0.5 à 2 mètres cette tige est tortueuse, anguleuse et fragile. L'écorce est linéaire à cyme axillaire plus ou moins simulant des épis (SANON., 1992).

- **Feuille**

Les feuilles sont étroitement lancéolées linéaires, faibles et coriaces, les fleurs d'un bleu pâle, maculées intérieurement de violet sont disposées en courtes grappes denses s'épanouissent presque tout au long de l'année (GONZALEZ-TRUJANO *et al.*, 2007 ; ATIK BEKKARA *et al.*, 2007).

- **Fleur**

Les fleurs sont des pentamères, en général hermaphrodites. Le calice est plus ou moins bilabié persistant et la corolle bilabée, longuement tubuleuse, parfois à 4-5 lobes subégaux ou à une seule lèvre inférieure trilobée, la supérieure est bilobée. L'androcée est formé de 4 étamines, la cinquième étant très réduite, parfois 2 étamines et 2 staminodes. Le Gynécée forme 2 carpelles biovulés subdivisés chacun par une fausse cloison en 2 logettes uniovulées (MADADORI, 1982).

I-1-7-Composition chimique de *Rosmarinus officinalis* L.

La sommité fleurie et les feuilles du romarin contiennent essentiellement des flavonoïdes, des acides phénoliques -en particulier de l'acide rosmarinique- (à l'origine de ses actions cholérétique et cholagogue), et une huile essentielle (contenant du pinène, du camphène, du cinéole, du bornéol et du camphre) à laquelle il doit son action stimulante (**OLUWATUYI, et al., 2004**).

I-1-7-1-Huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* L.

L'huile essentielle de romarin obtenue par distillation à la vapeur des feuilles (jusqu'à 2,5%) est incolore à jaune clair, insoluble dans l'eau et avec un arôme caractéristique de camphre (**AL-SEREITI et al., 1999 ; FAIXOV'A et FAIX, 2008 ; BEGUM et al., 2013**). Les principaux constituants de l'huile essentielle de romarin sont le camphre (5,0–21%), le 1,8-cinéole (15–55 %), α -pinène (9,0–26 %), bornéol (1,5–5,0 %), camphène (2,5–12 %), β -pinène (2,0–9,0 %) et limonène (1,5–5,0 %) dans des proportions qui varient selon le stade végétatif et les conditions bioclimatiques (**AL-SEREITI et al., 1999 ; BEGUM et al., 2013**).

I-1-7-2-Activités biologiques des composés de *Rosmarinus officinalis* L.

Le romarin a été largement utilisé non seulement en cuisine, notamment pour modifier et rehausser les saveurs, mais aussi en médecine traditionnelle, étant une plante médicinale très appréciée pour prévenir et soigner les rhumes, les rhumatismes, les douleurs musculaires et Articulations (**CALVO et al., 2011 ; ZHANG et al., 2014**). C'est aujourd'hui l'une des sources les plus populaires de composés bioactifs naturels, et en fait, la plante exerce diverses activités pharmacologiques telles que antibactérienne (**BOZIN et al., 2007**), antidiabétique (**BAKIREL et al., 2008**), anti-inflammatoire (**TAKAKI, 2008 ; YU et al., 2013**), antitumoral (**CHEUNG et TAI, 2007 ; YESIL-CELIK Tas et al., 2010**) et antioxydant (**P'EREZ-FONS et al., 2010**), entre autres (**ZHANG et al., 2014**).

I-1-7-2-1-Activité antitumorale

La composition de l'alimentation humaine peut influencer le risque de cancer et ses composants peuvent exercer des effets positifs ou influences négatives (**VISANJI et al., 2006**). La chimioprévention est le contrôle pharmacologique à long terme du risque de cancer, sur cette matière, plusieurs plantes, ainsi que leurs composés, ont été étudiées pour leur potentiel antitumoral (**VISANJI et al., 2006 ; SANCHETI et GOYAL, 2006**). Environ 70 % des médicaments utilisés dans le traitement du cancer proviennent de produits naturels (**PRASAD et al., 2011**). Comme décrit précédemment, le romarin exerce une activité antioxydante inhibant ainsi la génotoxicité, et protégeant des agents cancérigènes ou toxiques (**GONZ'ALEZ-VALLINAS et al., 2014**). Cependant, les effets secondaires prononcés des méthodes

thérapeutiques entravent largement son efficacité, en augmente la demande de nouvelles approches dans le traitement et la prévention du cancer (XIANG *et al.*, 2014).

Les polyphénols sont des composés capables de moduler la croissance et la différenciation cellulaire et donc d'interférer avec la tumeur développement et progression (KAR *et al.*, 2012). Le romarin étant riche en composés phénoliques, de nombreuses études ont été ciblées pour l'activité antitumorale (environ 20 %) (HUANG *et al.*, 1994 ; TAI *et al.*, 2012 ; BARNI *et al.*, 2012).

I-1-7-2-2-Activité antioxydante

Les antioxydants naturels des plantes deviennent de plus en plus importants, non seulement dans le domaine nutritionnel (alimentation conservation et stabilité) mais aussi en médecine préventive (LEE et SHIBAMOTO, 2002). La famille des Lamiacées a fait l'objet de recherches sur les composés antioxydants en raison de sa forte teneur en polyphénols (BOTSOGLOU *et al.*, 2010). De même, les feuilles de *Rosmarinus officinalis L.* sont couramment utilisées comme condiment pour aromatiser les aliments et comme source de composés antioxydants utilisés dans la conservation des aliments (BENINC'A *et al.*, 2011).

Les antioxydants jouent un rôle majeur dans la prévention et le traitement des maladies associées aux dommages oxydatifs, y compris le cancer, les maladies cardiovasculaires et neurodégénératives (LEE et SHIBAMOTO, 2002 ; LEAL *et al.*, 2003 ; AHERNE *et al.*, 2007).

I-1-7-2-3-Activité anti-microbienne

Depuis les années 1990 jusqu'en 2014, l'huile essentielle de romarin a démontré l'activité antimicrobienne la plus élevée, avec 65% d'études d'activité anti-infectieuse. L'activité antimicrobienne de l'huile essentielle était supérieure, par rapport aux composés simples 1,8-cinéole et α -pinène (JIANG *et al.*, 2011). Des études expérimentales in vitro, concernant les CMI, la concentration bactéricide minimale et les processus dynamiques de destruction du temps, ont rapporté un possible effet synergique entre les composés antimicrobiens de l'huile essentielle (LUQMAN *et al.*, 2007 ; SWAMY *et al.*, 2016). Ces études ont été réalisées en testant l'acide carnosique, le carnosol, l'acide rosmarinique, l'acide oléanolique, l'acide ursolique et l'huile essentielle, contre des bactéries Gram-positives (*Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus* et *Bacillus subtilis*), trois bactéries Gram-négatives (*Proteus vulgaris*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Escherichia coli*) et deux champignons (*Candida albicans* et *Aspergillus niger*). Tous ont signalé une activité antibactérienne et antifongique prononcée (KINNE *et al.*, 1999 ; KLANCNIK *et al.*, 2009 ; JIANG *et al.*, 2011 ;

WANG *et al.*, 2012). Il a également été constaté que l'acide carnosique a montré une activité antivirale contre le syncytial respiratoire humain virus (SHIN *et al.*, 2013).

I-1-7-2-4-Activités anti-inflammatoires et analgésiques

Les plantes sont une bonne source d'agents anti-inflammatoires et la recherche continue de nouveaux composés, en particulier à partir de plantes aux effets pharmacologiques historiquement documentés, représente un énorme potentiel pharmaceutique (BENINC'A *et al.*, 2011).

Le contrôle de la libération de médiateurs dans le processus inflammatoire est l'objectif principal des anti-inflammatoires (DA ROSA *et al.*, 2013). La douleur et l'inflammation sont liées à la cicatrisation des plaies et à la production de radicaux libres qui pourraient s'étendre le processus inflammatoire (BACKHOUSE *et al.*, 2008). Ainsi, la réponse inflammatoire et les dommages oxydatifs sont deux facteurs principaux qui induire des maladies cardiovasculaires et neurodégénératives ; cependant, les polyphénols de certaines plantes sont capables de réduire ces problèmes (PENG *et al.*, 2007).

I-1-7-2-5-Activités du Système nerveux central et du système endocrinien

Le diabète sucré est l'un des troubles métaboliques les plus répandus dans le monde. L'insuline et les hypoglycémisants oraux sont utilisés pour traiter le diabète; cependant, ces médicaments ne guérissent pas la maladie et ont des effets indésirables importants (RAHIMIFARD *et al.*, 2014). Il a été démontré que le romarin diminue la glycémie dans plusieurs études in vivo (TU *et al.*, 2014).

Certaines études in vitro et in vivo ont rapporté une inhibition de la lipase gastrique dans l'estomac de rats Zucker, après traitement avec des teneurs élevées en acide carnosique, ce qui a entraîné une amélioration des profils de triglycérides (ROMO *et al.*, 2012 ; TU *et al.*, 2014). Par conséquent, l'acide carnosique, associé au carnosol, s'est avéré être le composé les plus pertinents pour le contrôle glycémique. De plus, il y a eu une tendance croissante des études pour de nouveaux médicaments neuroprotecteurs à partir de sources naturelles, ce qui soulève un nouvel espoir thérapeutique (OZAROWSKI *et al.*, 2013).

I-2 - *Tribolium castaneum*

I-2-1-Données bioécologiques sur le tribolium rouge de la farine

Tribolium castaneum la capacité de cette espèce à trouver sa nourriture et à coloniser le milieu infesté et son aptitude à persister dans de petites quantités d'aliment, lui attribuent son statut de ravageur (CAMPBELL et HAGSTRUM, 2002). Bien que ce dernier soit secondaire, requérant une infestation préalable par des ravageurs primaires, il peut facilement infester le blé ou d'autres graines endommagées durant la récolte (FARRELL, 2010). Selon un rapport de la

FAO (1976 in DELOBEL et TRAN, 1993), il s'agit de l'un des deux insectes les plus nuisibles aux produits céréaliers usinés.

Le tribolium rouge de la farine, *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera : Tenebrionidae), est l'un des insectes ravageurs les plus importants des céréales stockées, causant de graves pertes économiques en infestant une grande variété de produits stockés (HAGSTRUM *et al.*, 2012 ; OPIT *et al.*, 2012). De plus, le coléoptère sécrète des quinones, des substances connues pour être cancérigènes et qui provoquent une odeur désagréable dans les aliments (HODGES *et al.*, 1996).

I-2-2-Répartition géographique

On le trouve dans toutes les parties du monde (cosmopolite). Il existe là où les céréales stockées existent sous forme de grains ou de farine. Il est très abondant dans les régions tropicales. Sous climats froids, il est présent uniquement dans les stockages à température élevée (CHRISTINE, 2001).

I-2-3-Position systématique

Cette espèce est communément appelée tribolium rouge de la farine ou petit ver de la farine en français et red (rust-red) flour beetle en anglais. Le *Tribolium castaneum* est souvent rencontré avec une autre espèce voisine qui est *Tribolium confusum*. Ce dernier est essentiellement nuisible sur les produits de mouture. Il est difficile de distinguer entre les deux espèces, particulièrement au stade larvaire (WEIDNER et RACK., 1984 ; DELOBEL et TRAN, 1993 ; MASON, 2003).

Selon (HAINES, 1991; BOLEV, 2014; MYERS *et al.*, 2016) la classification de *Tribolium Castaneum* est la suivante :

Règne: Animalia

Phylum: Arthropoda

Sub-phylum: Hexapoda

Classe: Insecta

Ordre: Coléoptères

Super-famille: Tenebrionoidea

Famille: Tenebrionidae

Sous-famille: Tenebrioninae

Tribu: Triboliini

Genre : *Tribolium*

Espèce : *Tribolium castaneum*

I-2-4-Description morphologiques des différents stades du *Tribolium castaneum*

Dans la farine infestée, les larves, pupes et adultes sont visibles, à cause de leur taille. Cependant, les œufs, sont difficilement reconnaissables de la farine, particulièrement à l'œil nu car, les particules de la farine adhèrent aux œufs rendant leur identification plus ardue (LEELAJA *et al*, 2007).

I-2-4-1- Œuf

Les œufs du ver de farine sont blanchâtres ou transparents, avec des particules alimentaires adhérant à leur surface (MASON, 2003). Ils mesurent 0,61 à 0,7 mm de longueur et 0,35 à 0,4 mm de largeur. Ils sont fluoresçant sous des longueurs d'onde de 365nm (radiations ultra violettes) (LEELAJA *et al*, 2007).

I-2-4-2-Larve

Elle est huit fois plus longue que large, pouvant atteindre 6 mm de long à son plein développement (Figure 01), portant trois paires de pattes. Elle est de forme vermiforme, cylindrique, d'une couleur jaune très pâle à maturité portant une tête brunâtre ornée latéralement de courtes soies jaunâtres (LYON, 2000). Elle se distingue par une rangée dorsale de courtes soies à la base du dernier segment abdominal et une paire d'urogomphes recourbée vers le haut, dans un plan perpendiculaire à celui du corps (WEIDNER et RACK., 1984 ; DELOBEL et TRAN, 1993).



Figure 01 : Larve de *Tribolium castaneum* (KHAN *et al.*, 2016)

I-2-4-3-Nymphe

Elle mesure 5mm de long, nue, de couleur blanchâtre, devenant progressivement brun pâle (LYON, 2000). Les nymphes femelles se reconnaissent des nymphes mâles par les papilles génitales, situées juste en avant des urogomphes, qui sont nettement plus développées chez les femelles que chez les mâles (SOKOLOFF, 1974).

I-2-4-4-Adulte

L'adulte mesure de 3 à 4 mm, de couleur uniformément brun rougeâtre (**Figure 02**). Il est étroit, allongé, à bords parallèles. Le dernier article des antennes est légèrement renflé. Le prothorax a généralement des bords tranchants et les ailes sont fréquemment réduites. Les tarses antérieurs et moyens comportent 5 articulations, alors que les tarses postérieurs n'en ont que quatre. Les angles sont simples, mais denticulés. Les téguments sont presque toujours très robustes et de teinte foncée (**CHRISTINE, 2001**). Il est très difficile de distinguer les mâles des femelles sauf au stade nymphal.



Figure 02 : Adulte de *Tribolium castaneum* (**KHAN et al., 2016**)

I-2-5-Cycle de développement

Le cycle de développement de *Tribolium castaneum* peut être influencé par la disponibilité de nourriture et sa durée peut être extrêmement allongée en fonction de la nourriture ou des conditions de l'environnement. La durée moyenne de développement de l'œuf à l'adulte sur millet est de 37 jours à 25°C, de 26 jours à 28°C, de 23 jours à 35°C, de 21 jours à 38°C. Selon le régime alimentaire, la durée du cycle peut atteindre 120 jours à des températures comprises entre 35°C et 38°C. La longévité moyenne est de 250 jours à 25°C, 200 jours à 30°C, 2 à 3 mois à 35°C sur graines de blé (**DELOBEL et TRANE, 1993 ; CAMARA, 2009**).

L'adulte femelle dès l'âge de trois jours pond journalièrement une dizaine d'œufs entre 500 et 800 œufs qui éclosent au bout de cinq jours à 30°C (**CAMARA, 2009**). Elles sont pondues en amas sur les graines et sont difficiles à déceler alors que les larves néonates circulent simplement dans les denrées infestées et s'y nymphosent sans cocon. À 30°C, la vie larvaire dure à peu près trois semaines et l'adulte émerge de la nymphe six jours après sa formation. C'est une espèce dont l'optimum thermique se situe entre 32 et 33 °C, son développement cessant au-dessous de 22°C et qui résiste très bien aux basses hygrométries (**CAMARA, 2009**). Les adultes

et larves sont capables de cannibalisme vis-à-vis des oeufs et des nymphes. Ils peuvent se nourrir de champignons qui pourraient envahir le stock et d'une infinité multiple en matières végétales sèches et sont toujours présents dans les stocks (CAMARA, 2009). *Tribolium castaneum* est capable d'infester le blé, maïs, orge, sorgho, millet, manioc, igname, arachide, coton, ricin, cacao (DELOBEL et TRAN, 1993).

I-2-6-Dégâts causée par *Tribolium castaneum*

Tribolium castaneum est caractérisé par une très grande polyphagie. Il attaque les céréales et les produits céréaliers, arachides, noix, cacao, fruits secs et parfois les légumineuses (GWINNER *et al.*, 1996) aussi bien le mil et le maïs. En cas de forte infestation, l'adulte libère des substances quinoléiques qui confèrent à la denrée une odeur répulsive caractéristique. Il ne peut pas déprécier les grains sains qu'à partir des entrées ou trous faits par les ravageurs primaires (BEKON et FLEURAT-LESSARD, 1989). Il accompagne souvent les charançons du genre *Sitophilus* pour utiliser leurs dégâts sur les farines et graines endommagées (CRUZ *et al.*, 1988). Les exuvies larvaires et les déjections s'accumulent dans les farines contribuant encore à les déprécier (BALACHOWSKY et PIERRE, 1962). L'infestation cause des odeurs persistantes et désagréables au niveau des produits (GWINNER *et al.*, 1996). Les adultes, qui peuvent vivre très longtemps (2 ans), possèdent des glandes qui produisent une sécrétion nauséabonde dépréciant fortement les denrées et donnant une odeur âcre à la farine fortement infestée (CRUZ *et al.*, 1988). En plus, l'activité des insectes peut entraîner un dégagement de chaleur dans les céréales ainsi que l'humidification du grain, favorisant le développement des microorganismes qui contribuent à leur tour à la détérioration de la denrée avec production de mycotoxines (NESCI, *et al.*, 2011 ; GUENHA *et al.*, 2014). Elle constitue aussi un support nutritif pour un grand nombre d'acariens saprophytes, y compris le Triglyphe de la farine *Acarus siro* L., lequel se développe aux dépens du germe des grains humides détruisant ainsi leur faculté germinative (JERRAYA, 2003 ; KLYS, 2007).

I-3- Capucin des grains *Rhyzopertha dominica*

I-3-1-Données bioécologiques sur le *Rhyzopertha dominica*

Rhyzopertha dominica (Coleoptera : Bostrichidae) est l'un des principaux ravageurs des semences stockées (WAONGO *et al.*, 2015; PERISIC *et al.*, 2018 ; MISHRA *et al.*, 2019), avec une forte capacité de localisation des hôtes et registres des dégâts et des épidémies (AHMAD *et al.*, 2013). Le flux et le transport de produits infestés sur le marché de détail peuvent accélérer la propagation de ce ravageur dans le monde (PEREZ-MENDOZA *et al.*, 2004 ; CORDEIRO *et al.*, 2012 ; RAJAN *et al.*, 2018). Cet insecte se nourrit des graines de différentes plantes mais préfère celles du coton et du blé (AHMAD *et al.*, 2013).

I-3-2-Position 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 : *Rhyzopertha*

Espèce : *Rhyzopertha dominica*.

I-3-3-Répartition géographique

Le coléoptère *Rhyzopertha dominica* appelé le capucin des grains ou aussi le petit perceur des grains est un ravageur primaire des graines entreposées appartenant à la famille des Bostrychidae. Son origine n'est certainement pas connue mais **NANSEN et MEIKLE (2002)** considèrent l'Amérique du Sud comme son pays d'origine et qu'il s'est propagé par le grain transporté. Tandis que, **JIA et al., (2008)** considèrent l'Indochine son pays d'origine, vue sa fréquence et sa dévastation dans les régions tropicales, subtropicales et tempérées. De nos jours, *Rhyzopertha dominica* est largement distribué (**EDDE, 2012**), est fréquemment retrouvé dans les habitats forestiers vivant en xylophage aux dépens de plusieurs espèces végétales et dans les entrepôts, en se nourrissant des grains de céréales (blé, orge, avoine, riz, maïs, mil) et de matières amylacées (racines de Manioc, sorgho desséché, patate douce desséchée, pain, biscuit, etc.) (**CHARARAS et BALACHOWSKY, 1962**). Contrairement à beaucoup d'autres insectes des denrées, les dégâts de *Rhyzopertha dominica* sont causés aussi bien par les larves que par les adultes très voraces qui n'épargnent aucune céréale (**SECK, 1989 ; JERRAYA, 2003**).

I-3-4-Description morphologique des différents stades du *Rhyzopertha dominica***I-3-4-1-Œuf**

L'œuf est opaque, de couleur blanchâtre et d'aspect cireux à la ponte, mais prend peu à peu une couleur rosâtre. L'œuf peut atteindre 0,6 mm de longueur sur 0,2 mm de largeur. La fécondité de la femelle de *Rhyzopertha dominica* est d'environ 300 à 400 œufs et peut atteindre au maximum les 600 œufs. Ces œufs sont déposés en amas sur le grain ou isolément dans les excréments produits par l'insecte (**JERRAYA, 2003 ; EDDE, 2012**).

I-3-4-2-Larve

Rhyzopertha dominica passe en moyenne par quatre stades larvaires. La jeune larve est blanche à crème avec une tête jaune pourvue de soies et de pattes assez longues permettant son déplacement à la recherche de la nourriture. Parvenue au niveau du grain, elle y pénètre à la faveur des morsures causées par les adultes et y reste jusqu'à ce qu'elle se transforme en nymphe et ne ressort qu'à l'âge adulte (EDDE, 2012). Au dernier stade larvaire, elle est de couleur blanche avec une tête brunâtre. Les mandibules sont plus foncées, armées de 3 dents distinctes. Le corps est légèrement incurvé. La cuticule est revêtue de soies brun pâle. Le thorax est faiblement élargi (JERRAYA, 2003 ; EDDE, 2012).

I-3-4-3-Nymphe

La nymphe ne se nourrit pas, elle est relativement immobile mais capable de se tortiller de manière limitée, de couleur blanchâtre et recouverte de poils sur sa face dorsale, mais plus tard, un pigment brun se dépose dans les parties oculaire et buccale. La nymphe repose dans une cellule creusée par la larve à l'intérieur du grain ou dans une cavité de forme ovale creusée par la larve dans le matériau de la farine. Au stade nymphal, il est possible de distinguer les deux sexes. Le dimorphisme sexuel est affiché à la pointe de l'abdomen. Les organes génitaux des femelles sont divergents, en trois segments et protubérants, tandis que ceux des mâles sont convergents, en deux segments et protubérants (JERRAYA, 2003 ; EDDE, 2012).

I-3-4-4-Adulte

C'est un insecte de petite taille de 2,2 à 3 mm de longueur, de couleur brun rougeâtre à brun foncé (Figure 03), à reflet brillant, de forme cylindrique avec des côtés nettement parallèles. La tête est globuleuse portant des antennes de 10 articles dont les 3 derniers sont en massues, dilatés et de forme triangulaire. La tête est cachée sous le prothorax arrondie en forme de capuchon d'où le nom du capucin des grains. Le bord antérieur du thorax en forme de dôme est crénelé. La surface du thorax et les élytres sont percés. Les élytres sont bien développés et ponctués longitudinalement et se terminent en déclivité granuleuse avec des fosses agencées en 10-11 perforations longitudinales, ce qui leur donne un aspect strié. Le pronotum bombé, se termine par une rangée de dents régulières (JERRAYA, 2003 ; EDDE, 2012).



Figure 03: Adulte de *Rhyzopertha dominica* (Originale, 2022).

I-3-5-Cycle de développement

Rhyzopertha dominica est un insecte holométabole qui subit une métamorphose complète. Son cycle de vie comprend quatre phases, à savoir : œuf, larve, nymphe et adulte.

Les adultes peuvent voler ce qui facilite les infestations (JERRAYA, 2003 ; EDDE, 2012).

L'insecte peut boucler son cycle en moins d'un mois (27 jours) en conditions optimales de 34°C et en période beaucoup plus longue lorsque la température est moins élevée (183 jours à 21°C) (JERRAYA, 2003). Cet insecte est capable de s'attaquer à des grains dont la teneur en eau est proche de 9%. Il peut détruire quotidiennement l'équivalent à son poids du corps (SALLAM, 1999; JERRAYA, 2003). La ponte commence environ 15 jours après l'émergence de la femelle et peut durer jusqu'à 4 mois. La femelle peut rester en vie plusieurs jours après l'arrêt de la ponte. La longévité des adultes est de 8 mois au maximum avec une moyenne de 4 mois (STEFFAN, 1978; MASON, 2010). *Rhyzopertha dominica* présente 4 à 5 générations chevauchantes (BALACHOWSKY et MENSIL, 1936 ; DE-LUCA, 1980). Les adultes de *Rhyzopertha dominica* peuvent voler facilement pendant certaines périodes de l'année mais ils sont souvent transportés par les courants d'air, ils sont de bons voiliers dans les conditions chaudes (MAJEED *et al.*, 2015).

I-3-6-Dégâts causés par *Rhyzopertha dominica*

Le ravageur primaire *Rhyzopertha dominica*, attaque les graines entières stockées, les produits céréaliers et les céréales. Il est surtout un ravageur du blé et du maïs stockés, mais il peut infester le tabac, fruits à coque, les haricots, graines pour oiseaux, biscuits, le manioc, les fèves de cacao, fruits secs, arachides, épices, appâts rodenticides, la viande séchée et le poisson (EDDE, 2012).

Il cause des dommages caractéristiques et importants. Les adultes et les larves creusent des galeries dans les grains de céréales intacts ne laissant que l'enveloppe externe. Ils sont

également capables de survivre et de se développer dans le cumul de la farine produite dans les graines mâchées. Les dégâts importants sont occasionnés par les adultes qui détruisent le germe et l'albumen. Si l'attaque est sévère, les dégâts sont très facilement reconnaissables : des tunnels et des trous de formes irrégulières dans les grains intacts et dévorés. Il ne subsiste au dessus d'une couche de farine, de rognure et d'excréments que des péricarpes transformés en dentelle qui s'envolent au moindre souffle. Il en résulte une odeur douce dans les grains (KLYS, 2006 ; EDDE, 2012). *Rhyzopertha dominica* a un impact potentiel négatif sur la qualité de mouture de sorgho en modifiant ses propriétés physicochimiques, telles que le collage et la viscosité globale du collage (PARK *et al.*, 2008) et sur le riz blanchi (ARTHUR *et al.*, 2012).

I-4-Huiles essentielles

I-4-1- Généralités sur les huiles essentielles

Les huiles essentielles (HEs) sont des composés volatils extraites à partir des plantes aromatiques et médicinales (LARDRY et HABERKORN, 2007) et utilisées pour leurs activités bactéricides, virucides, fongicides, insecticides, antiparasitaires, médicinales et cosmétiques (BAKKALI *et al.*, 2008). Les familles botaniques les plus utilisées sont les Rutaceae, les Myrtaceae, les Lamiaceae et les Apiaceae (LARDRY et HABERKORN, 2007).

I-4-2-Localisation et rendement en huiles essentielles

A priori, toutes les plantes possèdent la faculté de produire des composés volatils mais seulement à l'état de traces le plus souvent. Parmi les espèces végétales, 10% seulement sont dites « aromatiques ». La capacité à accumuler l'HE est cependant la propriété de certaines familles de plantes réparties au sein de l'ensemble du règne végétal, aussi bien représentées par la classe des gymnospermes Cupressaceae (bois de cèdre) et Pinacea (pin et sapin) que celle des angiospermes. Les familles les plus importantes sont les dicotylédones comme celles des Apiaceae (coriandre), Asteracea (camomille), Geraniaceae (géranium), Illiciaceae (anis), Lamiaceae (menthe), Lauraceae (cannelle), Myristicaceae (noix), Myrtaceae (eucalyptus), Oleacea (jasmin), Rosacea (rose), Sandatalacea (bois de santal) et Rutacea (citron). Les monocotylédones sont principalement représentées par les familles Poacea (vétiver) et Zingiberaceae (gingembre) (SPICHIGER, 2002 ; KHANDELWAL, 2008). Les HE sont des sécrétions naturelles élaborées par le végétal et contenues dans les cellules ou parties de la plante comme celles des fleurs (rose), sommités fleuries (lavande), feuilles (citronnelle), écorces (cannelier), racines (iris), fruits (vanillier), bulbes (ail), rhizomes (gingembre) ou graines (muscade). Pour certaines HE comme celles de lavande ou de sauge, c'est la plante entière qui est utilisée (SERRATO-VALENTI *et al.*, 1997 ; PARTHASARATHY *et al.*, 2008). Seules les parties sécrétrices ou les plus concentrées de la plante sont récoltées à la

période de rendement optimum : avant la floraison (menthes), pendant (lavandes) et après celle-ci (plantes à graines) ou encore après la rosée du matin (fleurs fragiles) (MAFFEI *et al.*, 1989 ; SALLE, 1991). Les quantités d'HE produites par les plantes sont minimales, entraînant des rendements d'extraction extrêmement faibles, généralement inférieurs à 2%. Le rendement le plus faible est observé pour l'iris qui demande environ 4 kg de poudre pour obtenir 1 g d'absolue, ce qui explique le tarif exorbitant de cette huile (SHIVA *et al.*, 2002).

I-4-3-Secteurs d'application des huiles essentielles

Les huiles essentielles constituent une matière première destinée à divers secteurs d'activités. Leur popularité s'est accrue d'une façon considérable ces dernières années (BALANDRIN *et al.*, 1985). En effet, la demande industrielle de ces composés à forte valeur ajoutée est bien réelle, et ce grâce à la multiplicité de leurs usages dans de nombreux secteurs industriels et l'engouement des consommateurs pour ces produits de qualité.

L'industrie des cosmétiques, savonneries et parfums constitue le plus gros consommateur d'huiles essentielles (BALANDRIN *et al.*, 1985; SHAHI *et al.*, 2009). Il représente 60 % de la demande totale en substances naturelles, selon le National Recherche Développment Corporation (NRDC) (LUBBE et VERPOORTE, 2011). Ce secteur se caractérise par une très grande variété de produits, de quantité relativement faible et de prix souvent élevé. Les huiles essentielles sont utilisées comme matière première de base dans la fabrication des parfums et d'autres produits cosmétiques (MUYIMA *et al.*, 2002 ; BOUKHATEM *et al.*, 2019).

I-4-4-Caractéristiques physico-chimiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles (Eos) se caractérisent principalement par leur volatilité à température ambiante et également par leur solubilité dans les solvants organiques et l'alcool. Ils peuvent être entraînés par la vapeur d'eau malgré leur faible solubilité dans l'eau (DESMARES *et al.*, 2008). Les Eos sont très rarement colorés, avec une forte odeur et saveur (TADRENT *et al.*, 2014). Le stockage Eos nécessite l'obscurité et l'humidité en raison de la sensibilité à la lumière et à l'oxydation (DESMARES *et al.*, 2008).

I-4-5-L'extraction d'une l'huile essentielles (HE)

L'extraction d'une l'huile essentielles (HE) est nécessairement une opération complexe et délicate. Elle a pour but, en effet, de capter et recueillir les produits les plus volatils, subtils et les plus fragiles qu'élabore le végétal, et cela sans en altérer la qualité. Pour mesurer la difficulté de l'entreprise, il suffit de garder présente à l'esprit la rapidité avec laquelle se dégage, puis disparaît ou se dénature, le parfum d'une fleur, même la plus odorante, lorsqu'on en a froissé les pétales. Une fois la cuticule cireuse des poches épidermiques brisée, l'essence s'en

échappe et plusieurs molécules odorantes se dispersent dans l'air ambiant (LAHLOU, 2004 ; RICHTER et SCHELLENBERG, 2007).

I-4-6-Procédés d'extraction des huiles essentielles

I-4-6-1-Distillation à la vapeur

La plupart des huiles essentielles sont obtenues par distillation et distillation à la vapeur. Cette opération se fait dans un distillateur. Le matériel végétal supporté par une grille ou plaque perforée placée à une distance adéquate du fond de l'alambic rempli d'eau (BOUKHATEM *et al.*, 2019). Les vapeurs appliquées par une chaudière traversent la matière végétale en amenant les molécules aromatiques vers un système de refroidissement. Le produit de la distillation se sépare ainsi en deux phases distinctes : l'huile et l'eau condensée (Figure 04). Les parties insolubles sont séparées de l'eau par décantation pour donner l'huile essentielle (CHIBANI *et al.*, 2012).

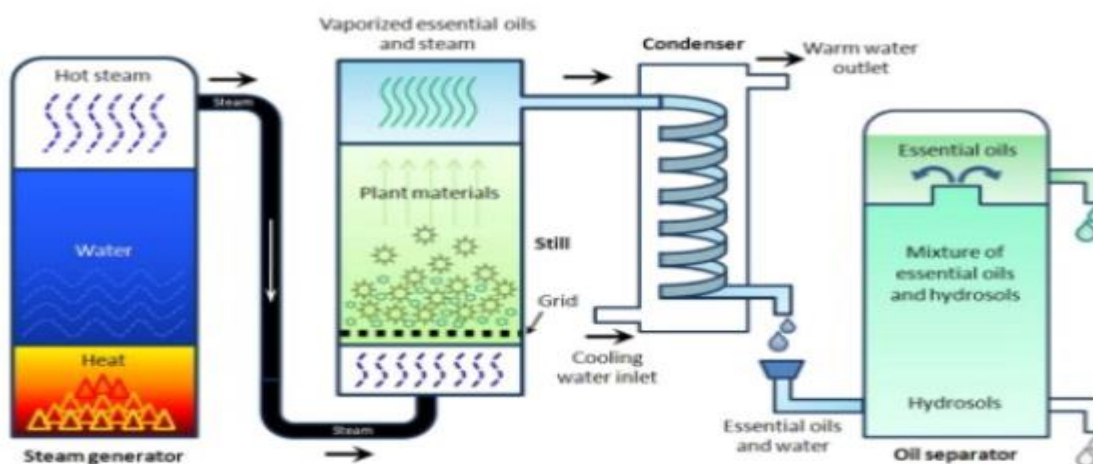


Figure 04: Technique d'extraction par entraînement à la vapeur. (PHAKAWAT et SOOTTAWAT, 2015)

I-4-6-2-Hydrodistillation

La plante est mise en contact avec de l'eau dans un ballon lors d'une extraction en laboratoire ou dans un alambic industriel qui est ensuite porté à ébullition généralement à la pression atmosphérique. Les vapeurs hétérogènes se condensent sur une surface froide et les huiles essentielles se séparent par différence de densité (Figure 05). Cette méthode est recommandée pour les matières premières qui de par leur nature, s'agglutinent facilement et empêchent ainsi la pénétration de la vapeur dans la masse végétale, comme les pétales de rose, les fleurs d'oranger, etc. (BOUKHATEM *et al.*, 2019).

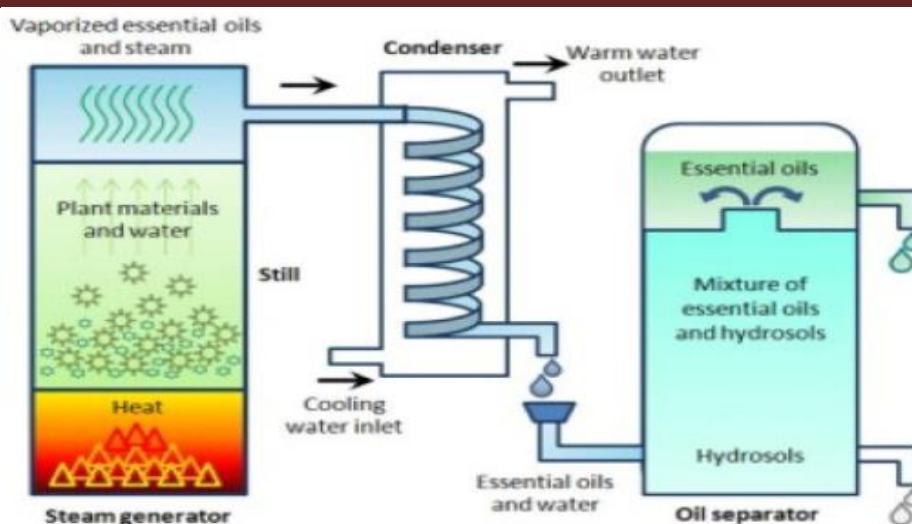
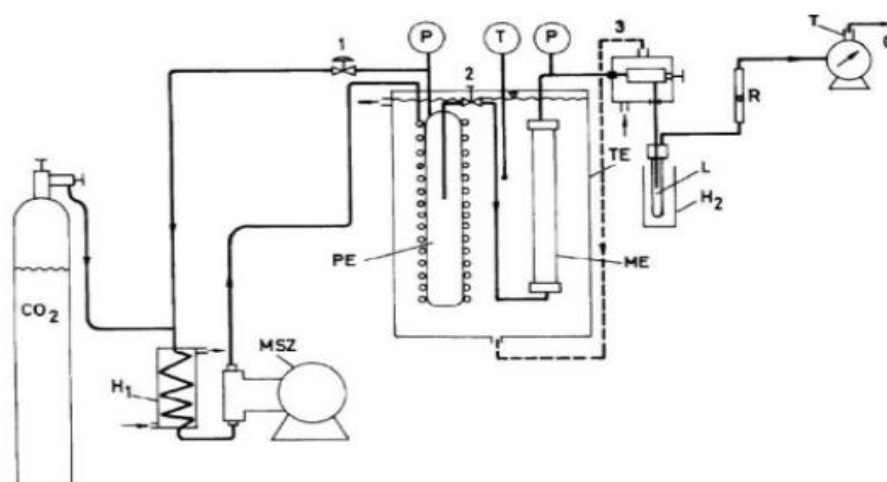


Figure 05: Illustration schématique de la méthode d'hydrodistillation (PHAKAWAT et SOOTTAWAT, 2015)

I-4-6-3-Extraction au CO supercritique

La technique est basée sur la solubilité des constituants dans le CO et son état physique. De par cette propriété, il permet une extraction dans le domaine supercritique et une séparation dans le domaine gazeux. Dans cette technique, un flux de CO à haute pression provoque l'éclatement des poches d'essence et entraîne les huiles essentielles qui seront ensuite récupérées (Figure 06). L'extraction des huiles essentielles par CO supercritique permet d'obtenir des huiles de très bonne qualité et dans des temps d'extraction relativement courts par rapport aux méthodes conventionnelles (ZIZOVIC et al., 2007).



Supercritical fluid extraction system: G, Gas-meter; H, Cooler; L, Cold vessel; Me, Extraction column; Msz, Membrane pump; PE, Buffer vessel; R, Rotameter; TE, Thermostat; P, Pressure-gauge; T, Thermometer; 1 and 2, Valves; 3,

Figure 06: Schéma d'extraction au CO₂ supercritique. (ILLES et al., 1997)

I-4-6-4-Extraction assistée par micro-ondes

Cette technique d'extraction par micro-ondes s'avère très avantageuse et permet d'obtenir des produits à haute valeur ajoutée. Le procédé consiste à irradier de la matière végétale avec des micro-ondes (**Figure 07**). L'avantage de ce procédé est de réduire considérablement le temps de distillation et d'augmenter le rendement. La distillation assistée par micro-ondes fait aujourd'hui l'objet de nombreuses études et est en constante amélioration car elle offre de nombreux avantages : technologie verte, gain d'énergie et de temps, investissement initial réduit, et dégradation thermique et hydrolytique minimisée (**REDDY et MONIRUZZAMAN, 2020**).

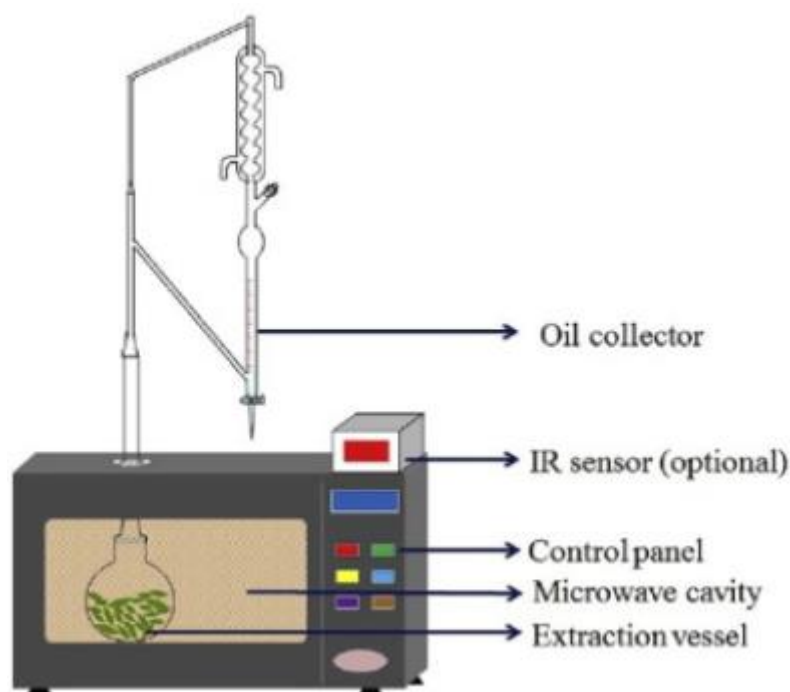


Figure 07: Technique d'extraction par micro-ondes (**SINGH CHOUHAN et al, 2019**)

I-4-7-Composition chimique des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des mélanges complexes de divers constituants à des concentrations variables, appartenant principalement à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes : les terpénoïdes et les composés aromatiques dérivés du phénylpropane (**TADRENT et al., 2014**).

I-4-7-1-Composés terpéniques

Les terpènes, qui sont des hydrocarbures naturels importants et diversifiés, sont généralement classés en fonction du nombre d'unité isoprène C_5H_8 , héli- (une unité), mono-

(deux unités), sesqui- (trois unités), di- (quatre unités), ses- (cinq unités), tri- (six unités), tétra- (huit unités) et polyterpènes (n unités) (**Figure 08**) (**BENSOUICI *et al.*, 2012**). A noter que seuls les terpènes de bas poids moléculaire (mono- et sesquiterpènes) présents dans les huiles essentielles sont responsables du caractère volatil et des propriétés olfactives (**GHORAB *et al.*, 2013**).

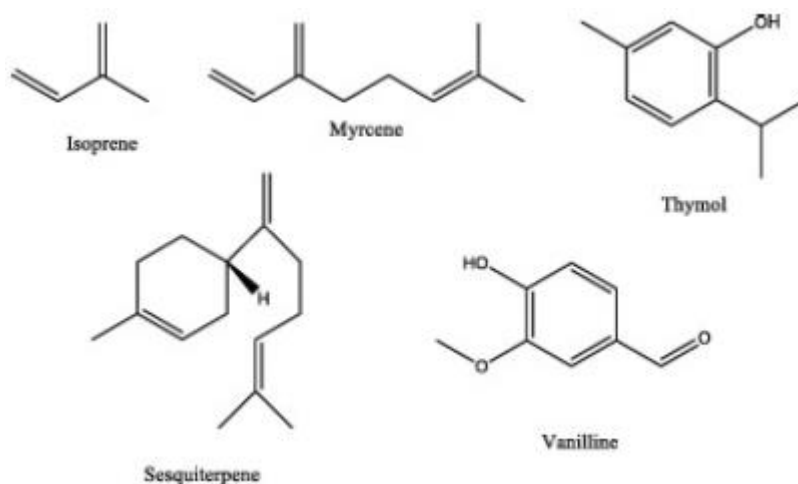


Figure 08: Structure des composés terpéniques (**HAMMOUTI *et al.*, 2019 ; LAKHAL *et al.*, 2010 ; KABOUICHE *et al.*, 2008**)

I-4-7-2-Monoterpènes

Les monoterpènes sont des molécules formées par des composés d'isoprène trouvés dans les plantes, ils peuvent être linéaires ou cycliques et contribuer aux propriétés organoleptiques généralement observées dans les herbes, les épices, les fleurs et les fruits. Ces molécules sont dotées d'une grande capacité à traiter ou à prévenir diverses maladies telles que des effets antimicrobiens, antiallergiques, anti-inflammatoires, immunomodulateurs et antioxydants (**MAHMOUD, 2002**).

I-4-7-3-Sesquiterpènes

Les sesquiterpènes, l'un des principaux composés présents dans les huiles essentielles, sont essentiellement formés de trois unités de molécule d'isoprène et ont une volatilité que les terpènes. Ce type de molécules joue un rôle principal dans la défense contre les attaques bactériennes et fongiques également connues pour leurs propriétés anti-inflammatoires (**BOUCLE, 2015**).

I-4-7-4-Composés aromatiques

Une autre classe de composés volatils que l'on trouve fréquemment est celle des composés aromatiques dérivés du phénylpropane. Cette classe comprend des composés odorants

communément connus tels que l'acide cinnamique et l'aldéhyde cinnamique, l'eugénol, l'anéthole et l'aldéhyde, ainsi que de nombreux autres. Ils sont caractéristiques par ceux de cannelle, girofle, anis, fenouil, etc... Ils sont plus fréquents dans les huiles essentielles d'Apiaceae (persil, anis, fenouil, etc.) (**LOBSTEIN, 2013**).

II-Matériel et Méthodes

Ce présente travail a pour but d'étudier l'effet de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* et sur la croissance des deux insectes *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum*.

La présent étude s'est étalé sur deux mois, du mois d'Avril jusqu'à la fin de moi de juin. La partie expérimentale est réalisée au niveau du laboratoire de chimie du département de SM (science de la matière) et le laboratoire de SNV (sciences de la nature et de la vie) UAMOB (UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ DE BOUIRA).

II-1-Matériel

II-1-1-Matériel du laboratoire

Afin de réaliser nos expériences, plusieurs outils sont nécessaires au laboratoire nous avons utilisé (**Annexe 01**)

II-1-2-Matériels biologiques

II-1-2-1-Matériel animal

Dans nos essais nous avons utilisée deux insectes des denrées stokeés il s'agit de : *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum* (**Figure 09**).



(a)



(b)

Figure 09: Adultes des deux insectes traitées (**Originale, 2022**).

(a) : *Tribolium castaneum*

(b) : *Rhyzopertha dominica*

II-1-2-1-1-Elevage des insectes

Les essais ont été conduits sur les adultes de *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum* issus chacun d'un élevage de masse. Les insectes ont été sélectionnés à partir du blé infesté. Les deux élevages ont été menés, dans des conditions contrôlées permettant un meilleur développement pour les deux insectes, dans une étuve à une T° de 27°C (**Figure 10**), une humidité relative de 20% et à l'obscurité puisque ces insectes sont connus par leur phototropisme négatif. L'élevage des deux insectes a été effectué dans de la semoule avec des grains de blé brisés.



Figure 10: Elevage des *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum* dans l'étuve.
(Originale, 2022)

II-1-2-2-Matériel végétal

II-1-2-2-1-Récolte

Plusieurs espèces végétales ont été recensées comme étant des plantes insecticides, Parmi celles qui ont fait l'objet de test de toxicité sur l'insecte *Tribolium castaneum* et *Rhyzopertha dominica* dans cette étude est le *Romarin*, les parties aériens de *Romarin* ont été récoltées dans la région de BEN HAROUN durant le mois d'Avril 2022.

II-2-Méthodologie

II-2-1-Préparation des poudres des végétaux

Les parties aériennes de *Romarin* sont lavées à l'eau distillée et puis séchées dans le laboratoire à des conditions de température ambiantes dans l'étuve à 27 C°.

Les plantes sèches sont ensuite séparée (feuilles+ fleurs) de tige sans l'utilisation de ce dernier puis broyées à l'aide d'un broyeur électrique jusqu'à sa réduction en poudre. La poudre de romarin a été conservée dans des bocaux en verre à l'abri de la lumière jusqu'à l'extraction (**Figure 11**).



Figure 11: Etapes de préparation de matériel végétal *Rosmarinus officinalis*. (Originale, 2022)

II-2-2- Extraction des huiles essentielles

Les huiles essentielles de plante étudiée ont été extraites par hydrodistillation grâce à un appareil du type Clevenger (**Figure 12**). Cette technique est basée sur l'immersion d'un

échantillon solide dans l'eau portée à ébullition. La vapeur saturée d'huiles essentielles traverse un serpentin ou elle se condense pour donner deux produits : l'eau florale et l'huile essentielle. Les feuilles et les fleurs sèches ont été mises dans une fiole de 1000ml qui fut remplie avec 500ml d'eau distillée avec 50 g de romarin broyée, la fiole avec son contenu a été mise sur le chauffe-ballon.

Les huiles essentielles entraînées par les vapeurs d'eau générées dans la fiole sont dirigées vers le col de cygne (le coude) qui relie la fiole avec le réfrigérant. Une fois arrivées dans le réfrigérant, elles se condensent rapidement et se retrouvent dans l'ampoule à décantation qui permet la séparation immédiate de l'essence par sa densité. Après 3 heures d'extraction, l'huile essentielle a été recueillie dans un petit flacon recouvert de papier aluminium pour le protéger de la lumière et conservée à 4°C. (BOUKHATEM *et al.*, 2019)

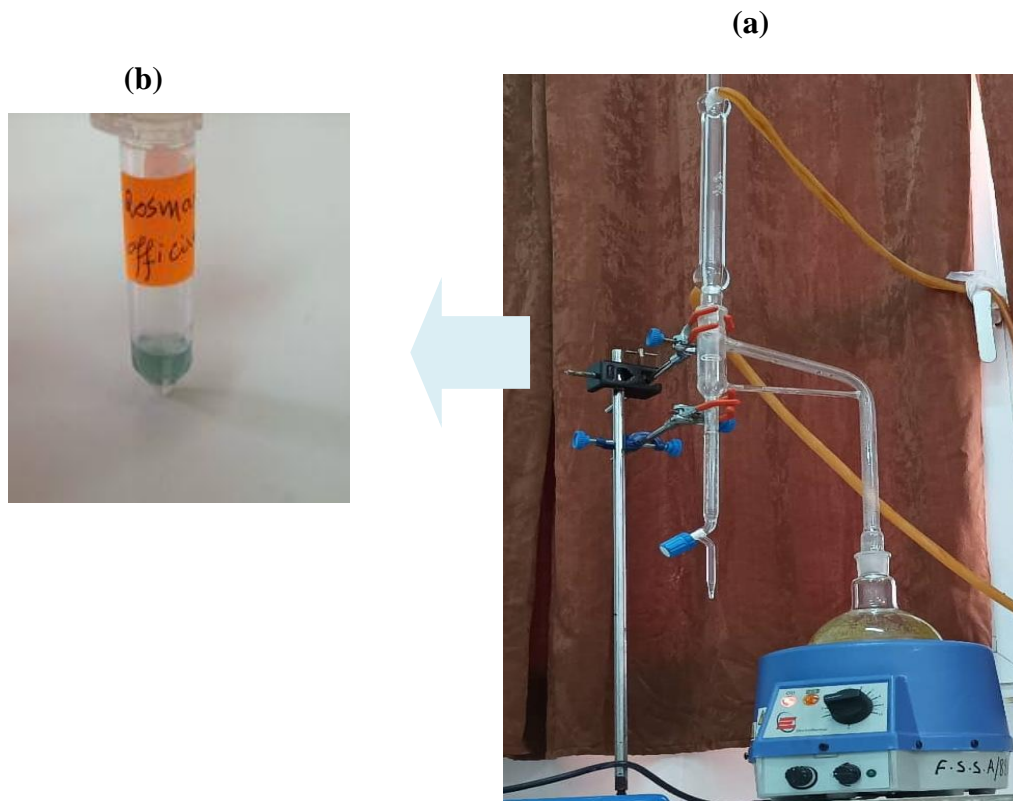


Figure 12: Disposition expérimentale de la méthode d'extraction (Originale, 2022)

(a) : Appareil d'hydrodistillation de type Clevenger.

(b) : Huile essentielle de romarin.

II-2-3- Préparation des insectes

- La récupération des adultes de *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum* été faite à l'aide d'un tamis, pour faciliter le dénombrement des adultes.

- Nous avons utilisé des pinces fines pour permettant de récupérer les adultes des deux insectes.

- Puis répartie dans les boites de pétri.

II-2-4- Doses et traitements

Les adultes des *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum*, pour chaque essai, 1 ml d'une solution acétonique contenant chacune des huiles essentielles à 0 ml, 0,001 ml, 0,002 ml, 0,003 ml, 0,004 ml, 0,005 ml, 0,006 ml (**Figure 13**). La solution est ajouté dans une boite de Pétri contenant 10 individus de l'insecte. Les essais sont répétés 3 fois pour chaque dose et le témoin (traitées avec l'acétone uniquement) et pour les deux insectes *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum*.



(a)



(b)

Figure 13: Réalisation des bioessais au niveau de laboratoire.

(a) Doses préparées.

(b) Application de traitement.

II-3- Exploitation des résultats

II-3-1- Correction de mortalité

L'efficacité de l'huile essentielle est évaluée par la mortalité. Les résultats des tests effectués ne représentent pas uniquement la mortalité causée par l'huile. Le comptage des adultes morts est réalisé après 24 heures, 48 heures et enfin après 72 heures.

La mortalité observée est exprimée après correction par la formule d'Abbott (**ABBOTT, 1925**)

:

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

- MC % : pourcentage de mortalité corrigée.
- Mt : Mortalité enregistrée dans la population de témoins.
- MT : Mortalité obtenue dans la population traitée.

III-1-Résultats

III-1-1-Evaluation de l'effet insecticide de l'huiles essentiels sur *Tribolium castaneum* et *Rhyzopertha dominica*

III-1-1-1-Effet sur *Tribolium castaneum*

Les résultats obtenus par effet de contact montrent une augmentation considérable du taux de la mortalité de *Tribolium castaneum* pour toutes les doses testées après 24h, 48h, 72 h (Figure 14).

Les premiers cas de mortalité apparaissent après le premier jour (24heures) de l'application des traitements. Le taux de mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* est de 100% (Annexe 02) après 24 h d'exposition à la dose 6 (0,006 ml), et le plus faible taux de mortalité à été enregistré est la dose 1 (0,001 ml).

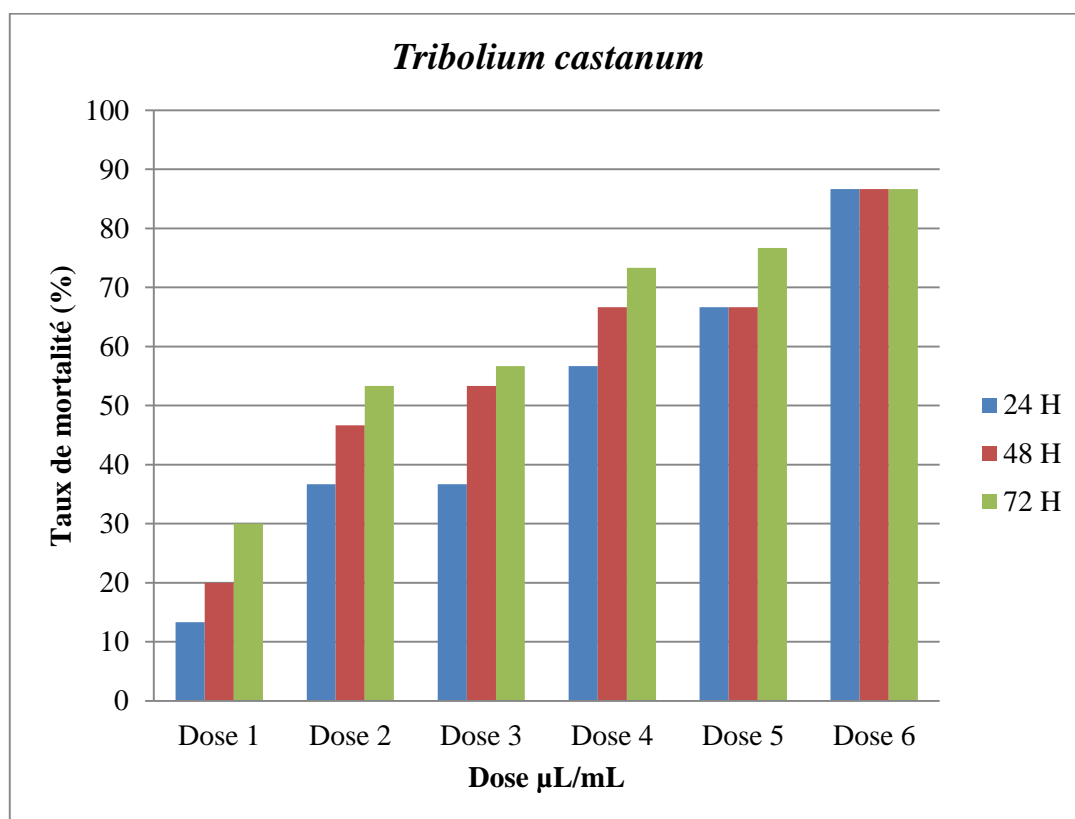


Figure 14: Histogramme représente le taux de mortalité de *Tribolium castaneum* en fonction du temps et des doses en huile essentiel de *Rosmarinus officinalis*.

III-1-1-2-Effet sur *Rhyzopertha dominica*

Les résultats obtenus par effet contact montrent une augmentation considérable du taux de la mortalité de *Rhyzopertha dominica* pour toutes les doses testées après 24h, 48h, 72 h (**Figure 15**). Les premiers cas de mortalité apparaissent après le premier jour (24heures) de l'application des traitements. Le taux de mortalité des adultes de *Rhyzopertha dominica* est de 100% (**Annexe 03**) après 24 h d'exposition à la dose 6(0,006 ml), et le plus faible taux de mortalité à été enregistré est la dose 1(0,001 ml).

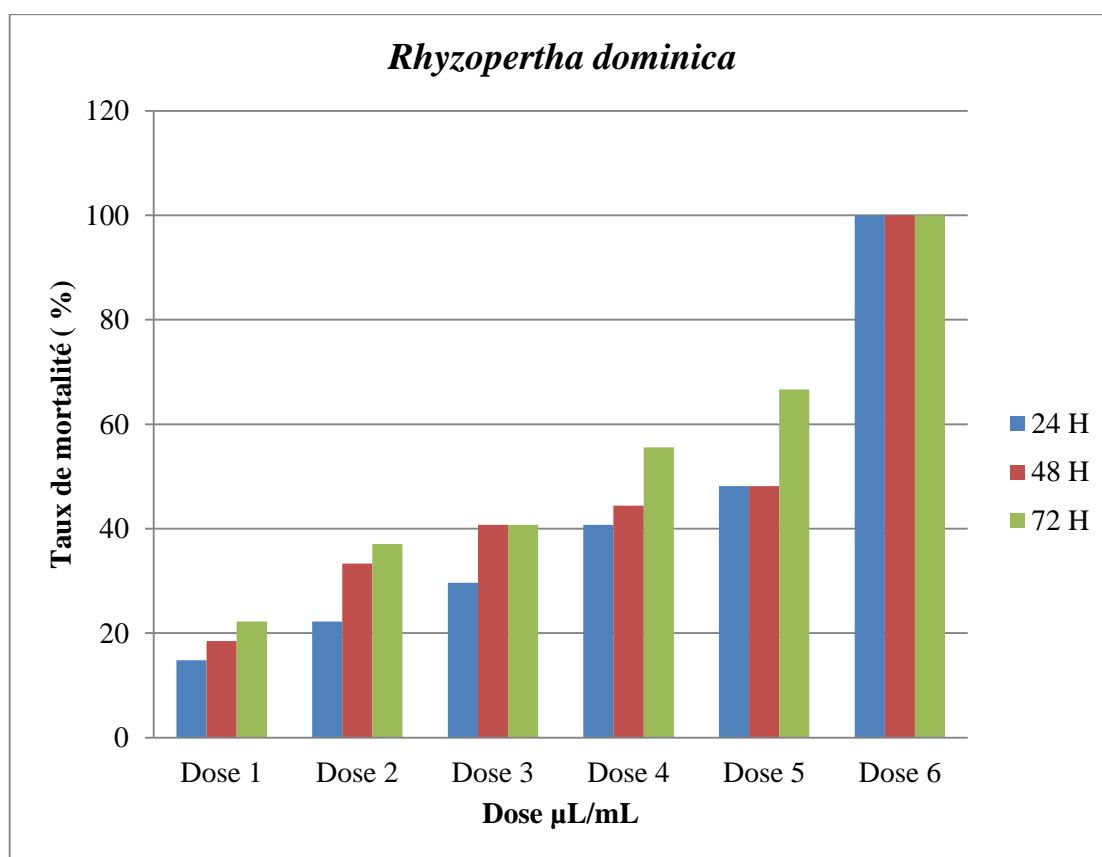


Figure 15 : Histogramme représente le taux de mortalité de *Rhyzopertha dominica* en fonction du temps et des doses en huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*

III-2-Discussion

Les huiles essentielles végétales sont des substances aromatiques spéciales extraites de plantes, ils sont utilisés dans les cosmétiques, les arômes alimentaires et d'autres domaines, mais contiennent également une variété de composants chimiques qui peuvent permettre leur utilisation comme nouveau type d'insecticide biologique pour la lutte antiparasitaire (**SILEEM et al., 2020**).

Une efficacité de l'huile essentielle par contact sur l'insecte des denrées stockées *Tribolium confusum* a été mise en valeur par de nombreux auteurs. Ainsi l'huile essentielle de *Mentha pulegium* et *Mentha rotundifolia* (**SAIBI, 2009**) de même que celle de *Mentha spicata* (**YAHYAOU, 2005**) et celle de *Syzygium aromaticum* (**KELLOUCHE et SOLTANI, 2004**) provoque une forte toxicité à l'égard des insectes des stocks.

D'après les résultats obtenus, la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* et de *Rhyzopertha dominica* est proportionnelle à la dose d'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* testés. Pour les plus fortes doses employées dans chaque test, l'huile essentielle réduisent les populations d'insectes de façon hautement significative par rapport aux lots témoins. Les différents traitements employés se classent par ordre d'efficacité comme suite : D6>D5>D4>D3>D2>D1. Le test a mis en évidence une mortalité des adultes variant en fonction des doses et du temps d'exposition. D'après **ZERROUKI, (2013)** Les applications réalisées ont enregistrées un effet dès les premières 24h qui devient plus important au bout de 48h et 72h et se stabilise au bout de 96h. La différence de toxicité s'explique probablement par la vitesse d'action des produits et que les composés volatils réagissent en synergie mais en fonction de la séparation de chaque molécule.

Conclusion général

Au terme de ce travail consacré essentiellement à l'étude de l'effet insecticide de plante spontanée *Rosmarinus officinalis* L. sur la population de *Tribolium castaneum* et *Rhyzopertha dominica* soumise à des doses variées pendant trois jours, il nous a paru de dégager les principaux résultats auxquels nous avons abouti.

Les traitements biologiques de l'huile essentielle de Romarin testées ont enregistrées une efficacité élevée et une progression forte durant toute la période du suivi. Cependant l'huile essentielle de Romarin a montré une forte toxicité vis-à-vis du *Tribolium castaneum* et *Rhyzopertha dominica*.

L'effet des compartiments, les résultats obtenus ont montré que la partie feuilles et fleurs de la plante présente un effet marquant. Les facteurs période et doses testés est comparable au cours de notre expérimentation

Grace à ces résultats qui semblent intéressants, on peut conclure que l'huile essentielle de Romarin un effet insecticide vis-à-vis les deux insectes *Tribolium castaneum* et *Rhyzopertha dominica*.

- ✓ Etude plus poussée de l'activité insecticide.
- ✓ Compléter l'étude avec des tests de toxicité des mêmes huiles essentielles sur les principales espèces d'insectes ravageurs des grains des céréales.

Références bibliographique

1. **AHERNE, S.A., KERRY, J.P., O'BRIEN, N.M. (2007).** Effects of plant extracts on antioxidant status and oxidant-induced stress in Caco-2 cells. *Br. J. Nutr.* 97(2), 321–328.
2. **AHMAD, F., RIDLEY, A., DAGLISH, G.J., BURRILL, P.R., WALTER, G.H. (2013).** Response of *Tribolium castaneum* and *Rhyzopertha dominica* to various resources, near and far from grain storage. *J. Appl. Entomol.* 137 (10), 773-781.
3. **ALAVI, M.S., FANOUDI, S., GHASEMZADEH RAHBARDAR, M., MEHRI, S., HOSSEINZADEH, H. (2020).** An updated review of protective effects of rosemary and its active constituents against natural and chemical toxicities. *Phytotherapy Research.* <https://doi.org/10.1002/ptr.6894>.
4. **AL-SEREITI, M.R., ABU-AMER, K.M., SEN, P. (1999).** Pharmacology of rosemary (*Rosmarinus officinalis* Linn.) and its therapeutic potentials. *Indian J. Exp. Biol.* 37(2), 124–130.
5. **ARTHUR, F.H., ONDIER, G.O., SIEBENMORGEN, T.J. (2012).** Impact of *Rhyzopertha dominica* (F.) on quality parameters of milled rice. *Journal of Stored Products Research*, 48, 137-142.
6. **ATIK BEKKARA, F., BOUSMAHA, L., TALEB BENDIAB, S.A., BOTI, J.B., CASANOVA, J. (2007).** Composition chimique de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* L poussant à l'état spontané et cultivé de la région de Tlemcen. *Biologie & Santé.* 7: 6-11.
7. **AYVAZ, A., SAGDIC, O., KARABORKLU, S., I. OZTURK, I., (2010).** 'Insecticidal Activity of the Essential Oils from Different Plants Against Three Stored-Product Insects', *Journal of Insect Science*, Vol. 10, N°1, 2010.
8. **BACKHOUSE, N., ROSALES, L., APABLAZA, C. et al. (2008).** Analgesic, anti-inflammatory and antioxidant properties of *Buddleja globosa*, Buddlejaceae. *J. Ethnopharmacol.* 116(2), 263–269.
9. **BAKIREL, T., BAKIREL, U., KELES, O.U., ULGEN, S.G., YARDIBI, H. (2008).** In vivo assessment of antidiabetic and antioxidant activities of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) in alloxan-diabetic rabbits. *J. Ethnopharmacol.* 116(1), 64–73.
10. **BAKKALI, F., AVERBECK, S, AVERBEK, D., IDAOMAR, M. (2008).** Biological effects of essential oils. *Food and Chemical Toxicology*, 46, 446–475.

Références bibliographique

11. **BALACHOWSKY, A.S., MESNIL, L. (1936).** Les insectes nuisibles aux plantes cultivées. Encyclopédie Entomologique. In Etudes des insectes nuisibles au blé stocké en milieu réel : Evolution et Dégâts, M.S. El-Hani, 1986.
12. **BALACHOWSKY, A.S., PIERRE, F. (1962).** Famille des Tenebrionidae. In Entomologie appliquée à l'Agriculture. Traité publié sous la direction de A.S. Balachowsky Masson et Cie Editeurs. Tome I, Coléoptères, 1^{er} Vol., 374-392.
13. **BALANDRIN, M.F., KLOCKE, J.A., WURTELE E.S., BOLLINGER, W.H. (1985).** 'Natural Plant Chemicals: Sources of Industrial and Medicinal Materials', Science, Vol. 228, N°4704, pp. 1154 – 1159.
14. **BAN, L., NARASIMHAMOORTHY, B., ZHAO, L., GREAVES, J.A., SCHROEDER, W.D. (2016).** Activités antioxydantes de différentes lignées clonales de romarin .Food Chem, 201, p. 259 – 263.
15. **BARNI, M.V., CARLINI, M.J., CAFFERATA, E.G., PURICELLI, L., MORENO, S. (2012).** Carnosic acid inhibits the proliferation and migration capacity of human colorectal cancer cells. *Oncol. Rep.* 27(4), 1041–1048.
16. **BEGUM, A., SANDHYA, S., SHAFFATH ALI, S., VINOD, K.R., REDDY, S., BANJI, D. (2013).** An in-depth review on the medicinal flora *Rosmarinus officinalis* (Lamiaceae). *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 12(1), 61–73.
17. **BEKON, K., FLEURAT-LESSARD, F. (1989).** Evolution des pertes en matière sèche des grains dus aux ravageurs secondaires: *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coléoptère; Tenebrionidae), lors de la conservation des céréales. In Céréale en région chaudes. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, Paris, 97-104.
18. **BENINC'A, J.P., DALMARCO, J.B., PIZZOLATTI, M.G., FR'ODE, T.S. (2011).** Analysis of the anti-inflammatory properties of *Rosmarinus officinalis* L. in mice. *Food Chem.* 124(2), 468–475.
19. **BENSOUICI, C., KABOUCHE, A., KABOUCHE, Z., TOUZANI, R., BRUNEAU, C. (2012).** Chim. Nat. Compd. , 48 (3), p. 510 - 511 Recherche de PDF...RéfCroiséeAfficher l'enregistrement dans Scopus.
20. **BOLES, P. (2011b).** *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) – Red Flour Beetle. Agricultural Research Service, United States, Departement of Agriculture.

Références bibliographique

21. **BOLEV, V. (2014)**. Bug guide. Species *Tribolium castaneum*. Iowa State University, Department of Entomology. Accessed at <http://bugguide.net/node/view/478936>. Accessed on 04/06/2022.
22. **BOTSOGLOU, N., TAITZOGLU, I., ZERVOS, I., BOTSOGLOU, E., TSANTARLIOTOU, M., CHATZOPOULOU P.S. (2010)**. Potential of long-term dietary administration of rosemary in improving the antioxidant status of rat tissues following carbon tetrachloride intoxication. *Food Chem. Toxicol.* 48(3), 944–950.
23. **BOUCLE CLIN, J. (2015)**. Aromather, p. 37 – 72.
24. **BOUKHATEM, M.N., FERHAT, A., KAMELI, A. (2019)**, R.Agro 9 (2), p. 1653 – 1659.
25. **BOUYANZER, A., WARAD, I., TOUZANI, R. (2019)**. Arabe. J. Chem. Environ. Rés. , 06, p. 12 – 56.
26. **BOZIN, B., MIMICA-DUKIC, N., SAMOJLIK, I., JOVIN, E. (2007)**. Antimicrobial and antioxidant properties of rosemary and sage (*Rosmarinus officinalis* L. and *Salvia officinalis* L., Lamiaceae) essential oils. J. Agric. Food Chem. 55(19), 7879–7885.
27. **CALVO, M.I., AKERRETA, S., CAVERO, R.Y. (2011)**. Pharmaceutical ethnobotany in the Riverside of Navarra (Iberian Peninsula). J. Ethnopharmacol. 135(1), 22–33.
28. **CAMARA, A., (2009)**. Lutte contre *Sitophilus oryzae* L. (coleoptera: curculionidae) et *Tribolium castaneum* herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en basse-guinée et l'utilisation des huiles essentielles végétales. Thèse. Doctorat. Univ. Québec, Montréal.
29. **CAMPBELL, J.F., HAGSTRUM, D.W. (2002)**. Patch exploitation by *Tribolium castaneum*: movement patterns, distribution and oviposition. Journal of Stored Product Research 38:5568.
30. **CASANOVA, J. (2007)**. Composition chimique de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* L poussant à l'état spontané et cultivé de la région de Tlemcen. Biologie & Santé. 7: 6-11.
31. **CHARARAS, C., BALACHOWSKY, A.S. (1962)**. Famille des Bostrychidae. In Entomologie appliquée à l'Agriculture. Traité publié sous la direction d'A. S. Balachowsky Masson et Cie Editeurs. Tome I, Coléoptères, 1^{er} Vol., 304-315.

Références bibliographique

32. **CHEUNG, S., TAI, J. (2007).** Anti-proliferative and antioxidant properties of rosemary *Rosmarinus officinalis*. *Oncol. Rep.* 17(6), 1525–1531.
33. **CHIBANI, S., BENSOUICI, C., KABOUCHE, A., ABURJAI, T., TOUZANI, R., KABOUCHE, Z. (2012).** Essent Oil Bear Pl. 15 (4), p. 682 – 685.
34. **CHRISTINE, B. (2001).** Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux, guide pratique. 2^{ème} Edition, 124-154.
35. **CORDEIRO, E.M.G., CAMPBELL, J.F., PHILLIPS, T.W. (2012).** Movement and orientation decision modeling of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in the grain ass. *Environ. Entomol.* 45 (2), 410-419.
36. **CRUZ, J.F., TOURDE, F., GRI ON, D., HEBERT, J.P. (1988).** Conservation des grains en régions chaudes, 2^{éd.} Techniques rurales en Afrique. Paris, France, Ministère de la coopération et du Développement.
37. **DA ROSA, J.S., FACCHIN, B.M., BASTOS, J. et al (2013).** Systemic administration of *Rosmarinus officinalis* attenuates the inflammatory response induced by carrageenan in the mouse model of pleurisy. *Planta Med.* 79(17), 1605–1614.
38. **DELOBEL, A., TRAN M. (1993).** Les Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes, IRD Editions, p : 275-280 et 345-346.
39. **DE-LUCA, M. (1980).** Principaux insectes nuisibles aux denrées stockées. Document technique, Ecole National Supérieur Agronomique (ENSA) de Montpellier, 81p.
40. **DJERMOUN, A. (2009).** La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques *Revue Nature et Technologie.* n° 01, 45-53 p.
41. **DESMARES, C., LAURENT, A., DELERME, C. (2008).** Afssaps, 2–18. Google Scholar.
42. **EDDE, P.A. (2012).** A review of the biology and control of *Rhyzopertha dominica* (F.). *Journal of stored products research* 48, 1-18.
43. **ELCHAHAT, N.A. (2000).** Les plantes aromatiques et ses produits pharmaceutiques et agricoles. Edition: la maison arabe, P: 283.
44. **FAIXOV´A, Z., FAIX, S. (2008).** Biological effects of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) essential oil (a review). *Folia Vet.* 52, 135–139.
45. **FARRELL, J. (2010).** Diagnostic Methods For Rust-red flour beetle and Confused flour beetle *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum*, rev: PADIL-Plant Biosecurity, Toolbox : 10-27.

Références bibliographique

46. GHORAB, H., KABOUCHE, A., SEMRA, Z., GHANNADI, A., SAJJADI, E.B., TOUZANI, R., KABOUCHE, Z. (2013). Der Pharma. Lett. , 5 (1), p. 28 – 32.
47. GONZALEZ-TRUJANO, M.E., PENA, E.I., MARTINEZ, A.L., MORENO, J., GUEVARA-FEFER, P., DECIGA-CAMPOS, M., LOPEZ-MUNOZ, F.J. (2007). Evaluation of the antinociceptive effect of *Rosmarinus officinalis* L. using three different experimental models in rodents. *J Ethnopharmacol.* 111: 476-482.
48. GONZ´ALEZ-VALLINAS, M., MOLINA, S., VICENTE, G. *et al.* (2014). Expression of microRNA-15b and the glycosyltransferase GCNT3 correlates with antitumor efficacy of Rosemary diterpenes in colon and pancreatic cancer. *PLoS ONE* 9(6), e98556.
49. GUENHA, R., SALVADOR, B.D.V., RICKMAN, J., GOULAO, L.F., MUOCHA, I.M., CARVALHO, M.O. (2014). Hermetic storage with plastic sealing to reduce insect infestation and secure paddy seed quality: A powerful strategy for rice farmers in Mozambique. *Journal of Stored Products Research*, 59, 275-281.
50. GWINNER, J., HAMISCH, R., MUCK, O. (1996). Manuel sur la manutention et la conservation des grains après récolte, GTZ, Eschborn, 368 p.
51. HAGSTRUM, D.W., PHILLIPS, T.W., CUPERUS, G. (2012). Protection des produits stockés, pp. 1 – 350.
52. HAINES, C.P. (1991). Insects and arachnids of tropical stored products: their biology and identification (a training manual).
53. HAMMOUTI, B., DAHMANI, M., YAHYI, A., ETTOUHAMI, A., MESSALI, M., ASEHRAOU, A., BOUYANZER, A., WARAD, I., TOUZANI, R. (2019). *Arabe. J. Chem. Environ. Rés.* , 06, p. 12 – 56.
54. HEINRICH, M., KUFER, J., LEONTI, M., PARDO-DE-SANTAYANA, M. (2006). Ethnobotany and ethnopharmacology-Interdisciplinary links with the historical sciences. *J Ethnopharmacol.* 107:157-160.
55. HODGES, R.J., ROBINSON, R., HALL, D.R. (1996). Contamination par les quinones du riz décortiqué par *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera :Tenebrionidae). *J. Stocké Prod. Rés. Oxf.* , 32, p. 31 – 37.
56. HUANG, M.T., HO, C.T., WANG, Z.Y. *et al* (1994). Inhibition of skin tumorigenesis by rosemary and its constituents carnosol and ursolic acid. *Cancer Res.* 54(3), 701–708.

Références bibliographique

57. **IHA.** (2022). Herbe de l'année™, The International Herb Association [DocumentWWW]. URL <<https://iherb.org/herb-of-the-year/>> (Consulté le 20 Mai 2022).
58. **ILLÉS, V., SZALAI, O., THEN, M., DAOOD, H., PERNECZKI, S.** (1997). J. Supercrit Fluids , 10, pages 209 – 218.
59. **JERRAYA, A.** (2003). Principaux nuisibles des plantes cultivées et des denrées stockées en Afrique du Nord : leur biologie, leurs ennemis naturels, leurs dégâts et leur contrôle Ed° Climat Pub, Tunis, 415p.
60. **JIA, F., TOEWS, M.D., CAMPBELL, J.F., RAMASWAMY, S.B.** (2008). Survival and reproduction of lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) on flora associated with native habitats in Kansas. Journal of Stored Products Research, 44, 366-372.
61. **JIANG, Y., WU, N., FU, Y.J. et al** (2011). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of rosemary. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 32(1), 63–68.
62. **KABOUCHE, A., KABOUCHE, Z., TOUZANI, R., BRUNEAU, C.** (2008). Chim. Nat. Compd. , 44 (6), p. 824 – 825.
63. **KABOUCHE, Z.** (2013). Der Pharma. Lett. , 5 (1), p. 28 – 32.
64. **KAR, S., PALIT, S., BALL, WB., DAS, P.K.** (2012). Carnosic acid modulates Akt/IKK/NF- κ B signaling by PP2A and induces intrinsic and extrinsic pathway mediated apoptosis in human prostate carcinoma PC-3 cells. *Apoptosis* 17(7), 735–747.
65. **KARIMIFAR, P., SAEI-DEHKORDI, S., IZADI, Z.** (2022). Propriétés antibactériennes, antioxydantes et sensorielles de l'huile essentielle de *Ziziphora clinopodioides* - *Rosmarinus officinalis* nanoencapsulée à l'aide d'alginate des odium dans des galettes de burger d'agneau cru. Bioscience alimentaire Volume 47, 101698.
66. **KELLOUCHE, A., SOLTANI, N.** (2004). Activité biologique des poudres de cinq plantes et de l'huile essentielle l'une d'entre elles sur *Collosobrucus maculatus*. *F*. International Journal of Tropical insect Sciences Vo l. 24, N02, pp. 184-191 .
67. **KHAN, I., PRAKASH, A., AGASHE, D.** (2016). Divergent immune priming responses across flour beetle life stages and populations. *Ecology and Evolution* ; 1–9.
68. **KHANDELWAL, K.** (2008). Practical pharmacognosy. Pragati Books.
69. **KINNE-SAFFRAN, E., KINNE, R.K.H.** (1999). Vitalism and synthesis of urea. *Am. J. Nephrol.* 19(2), 290–294.

Références bibliographique

70. **KLANCNIK, A., GUZEJ, B., KOLAR, M.H., ABRAMOVIC, H., MOZINA, S.S. (2009).** *In vitro* antimicrobial and antioxidant activity of commercial rosemary extract formulations. *J. Food Prot.* 72(8), 1744–1752.
71. **KLYS, M. (2006).** Nutritional preferences of the lesser grain borer *Rhyzopertha dominica* F. (Coleoptera, Bostrichidae) under conditions of free choice of food. *Journal of Plant Protection Research*, 46(4):359-367.
72. **KOUL, O., WALIA, S., DHALIWAL, G. (2008).** ‘Essential Oils as Green Pesticides: Potential and Constraints’, *Biopesticide International*, Vol. 4, N°1, pp. 63 – 84, 2008.
73. **LAHLOU, M. (2004).** Methods to study the phytochemistry and bioactivity of essential oils. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 18(6), 435-448.
74. **LAKHAL, H., BOUDIAR, T., KABOUCHE, A., KABOUCHE, Z., TOUZANI, R., BRUNEAU C. (2010).** *Nat. Prod. Commun.* , 5 (6), p. 849 – 850.
75. **LARDRY, J.M., HABERKORN, V. (2007).** L’aromathérapie et les huiles essentielles. *Kinésithérapie, La Revue*, 7(61), 14R17. doi:10.1016/s1779-0123(07)70308-x.
76. **LEAL, P.F., BRAGA, M.E.M., SATO, D.N., CARVALHO, J.E., MARQUES, M.O.M., MEIRELES, M.A.A. (2003).** Functional properties of spice extracts obtained via supercritical fluid extraction. *J. Agric. Food Chem.* 51(9), 2520–2525.
77. **LEE, K.G., SHIBAMOTO, T. (2002).** Determination of antioxidant potential of volatile extracts isolated from various herbs and spices. *J. Agric. Food Chem.* 50(17), 4947–4952.
78. **LEELAJA, B.C., RAJASHEKAR, Y., RAJENDRAN S. (2007).** Detection of eggs of stored product insects in flour with staining techniques. *Journal of Stored Product Research*, 43(3): p 206-210.
79. **LOBSTEIN, A., COUIC-MARINIER, F. (2013).** *Pharm.*, 52 (525), p. 2 – 4.
80. **LUBBE, A., VERPOORTE, R. (2011).** ‘Cultivation of Medicinal and Aromatic Plants for Specialty Industrial Materials’, *Industrial Crops and Products*, Vo34, N°1, pp. 785 – 801.
81. **LUQMAN, S., DWIVEDI, G.R., DAROKAR, M.P., KALRA, A., KHANUJA, S.P.S. (2007).** Potential of rosemary oil to be used in drug-resistant infections. *Altern. Ther. Health Med.* 13(5), 54–59.

Références bibliographique

82. **LYON, W.F. (2000)**. Confused and Red Flour Beetles. Ohio State University Extension Fact Sheet.HYG-2087-97.
83. **MADADORI, M.K. (1982)**. Les plantes médicinales .Guides vert .Salar.624p.
84. **MAFFEI, M., CHIALVA, F., SACCO, T. (1989)**. Glandular trichomes and essential oils in developing peppermint leaves. *New Phytologist*, 111(4), 707-716.
85. **MAHMOUD, S.S., CROTEAU, R.B. (2002)**. Tendances *Plant Sci.* , 7 (8), p. 366 – 373.
86. **MAJEED, M.Z., MEHMOOD, T., JAVED, 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 (IJB)*, 7 (5), 78-93.
87. **MASON, L.J. (2003)**. Grain Insect Fact Sheet E-224-W: Red and Confused Flour Beetles, *Tribolium castaneum* (Bhst.) and *Tribolium confusum* Duval. Purdue University, Department of Entomology.
88. **MASON, L.J. (2010)**. Lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (Fab.). Stored Products Pests, E-238-W. Purdue University, Department of Entomology. Plant biosecurity, 2010. Diagnostic Methods for Lesser grain borer- *Rhyzopertha dominica*, PaDIL-Plant Biosecurity Toolbox.
89. **MEBARKIA, A., BENKOHILA, H.S., HAMZA, M., MAKHLOUF, M. (2012)**. Efficacite d'une proteine entomotoxique du type alb des graines de legumineuses *Agriculture* n°3, 1-8.
90. **MIRESMAILLI, S., BRADBURY, R., ISMAN, M.B. (2006)**. 'Comparative toxicity of *Rosmarinus Officinalis* L. Essential Oil and Blends of its Major Constituents Against *Tetranychus Urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on Two Different Host Plants'. *Pestmanagement Science*, Vol. 62, N°4, pp. 366 – 371, 2006.
91. **MISHRA, G., PALLE, A.A., SRIVASTAVA, S., MISHRA, H.N. (2019)**. Disinfestation of stored wheat grain infested with *Rhyzopertha dominica* by ozone treatment: process optimization and impact on grain properties. *J. Sci. Food Agric.* 99 (11), 5008-5018.
92. **MUYIMA, N.Y.O., ZULU, G., BHENGU, T., POPPLEWELL, D. (2002)**. 'The Potential Application of Some Novel Essential Oils as Natural Cosmetic Preservatives

Références bibliographique

- in an Aqueous Cream Formulation*’, Flavour and Fragrance Journal Vol. 17, N°4, pp. 258 – 266.
93. **MWITHIGA, G., MAINA, S., GITARI, J., MUTURI, P. (2022).** Taux de croissance du romarin (*Rosmarinus officinalis* L.), rendement en huile et qualité de l'huile sous différents amendements de sol. Héliyon. Volume 8, numéro 4 e09277.
94. **MYERS, P., ESPINOSA, R., PARR, C.S., JONES, T., HAMMOND, G.S., DEWEY, T.A. (2016).** The Animal Diversity Web (online). Accessed at <http://animaldiversity.org>. Accessed 04/06/2022.
95. **NAGHIBI, F., MOSADDEGH, M., MOTAMED, S.M., GHORBANI, A. (2005).** Labiatae family in folk medicine in Iran: from ethnobotany to pharmacology. *Iran. J. Pharm. Res.* 63–79.
96. **NANSEN, C., MEIKLE, W.G. (2002).** The biology of the larger grain borer, *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). *Integrated Pest Management Reviews*, 7:91-104.
97. **NESSI, A., BARRA, P., ETCHEVERRY, M. (2011).** Integrated management of insect vectors of *Aspergillus flavus* in stored maize, using synthetic antioxidants and natural phytochemicals. *Journal of Stored Products Research*, 47,231-237.
98. **NISHIDA, R. (2014).** Écologie chimique des interactions insectes-plantes : importance écologique des métabolites secondaires des plantes Biosci. *Biotechnol. Biochimie.* , 78 (1), p. 1 - 13.
99. **NGAMO, L.S.T., HANCE, T.H. (2007).** Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical. *Tropicultura*. 25(4), 215-220.
100. **OLIVEIRA, J.R.D., CAMARGO, S.E.A., DE OLIVEIRA, L.D. (2019).** *Rosmarinus officinalis* L. (romarin) comme agent thérapeutique et prophylactique *J. Biomed. Sci.* , 26, p. 5.
101. **OLUWATUYI, M., KAATZ, G.W., GIBBONS, S. (2004).** Antibacterial and resistance modifying activity of *Rosmarinus officinalis*. *Phytochemistry*, London/Detroit, n. 24, p. 3249-3254.
102. **OPIT, G.P., PHILLIPS, T.W., AIKINS, M.J., HASAN, M.M. (2012).** Résistance à la phosphine chez *Tribolium castaneum* et *Rhyzopertha dominica* à partir de blé stocké en Oklahoma. *J. Econ. Entomol.*, 105, pages 1107 – 1114.
103. **OZAROWSKI, M., MIKOLAJCZAK, P.L., BOGACZ, A. et al.(2013).** *Rosmarinus officinalis* L. leaf extract improves memory impairment and affects

Références bibliographique

- acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase activities in rat brain. *Fitoterapia*. 91, 261–271.
104. **PARK, S.H., ARTHUR, F.H., BEAN, S.R., SCHOBBER, T.J. (2008)**. Impact of differing population levels of *Rhyzopertha dominica* (F.) on milling and physicochemical properties of sorghum kernel and flour. *Journal of Stored Products Research*, 44, 322–327.
105. **PARTHASARATHY, V.A., CHEMPAKAM, B., ZACHARIAH, T. J. (2008)**. Chemistry of spices. Édition CABI, Londres, Royaume-Uni.
106. **PENG, C.H., SU, J.D., CHYAU, C.C. et al (2007)**. Supercritical fluid extracts of rosemary leaves exhibit potent anti-inflammation and anti-tumor effects. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 71(9), 2223–2232.
107. **PEREZ-MENDOZA, J., FLINN, P.W., CAMPBELL, J.F., HAGSTRUM, D.W., THRONE, J.E. (2004)**. Detection of stored-grain insect infestation in wheat transported in railroad hopper-cars. *J. Econ. Entomol.* 97 (4), 1474-1483.
108. **PÉREZ-FONS, L., GARZÓN, M.T., MICOL, V. (2010)**. Relationship between the antioxidant capacity and effect of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) polyphenols on membrane phospholipid order. *J. Agric. Food Chem.* 58(1), 161–171.
109. **PERISIC, V., VUKOVIC, S., PERISIC, V. L., PESIC, S., VUKAJLOVIC, F., ANDRIC, G., KLJAJIC, P. (2018)**. Insecticidal activity of three diatomaceous earths on lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* F., and their effects on wheat, barley, rye, oats and triticale grain properties. *J. Stored Prod. Res.* 75, 38-46.
110. **PIRES, E.M., NOGUEIRA, R.M. (2018)**. Damage caused by *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792) (Coleoptera: Bostrichidae) in stored Brazil nuts. *Scientific Electronic Archives*, 11 (1), 57-61.
111. **PHAKAWAT, T., SOOTTAWAT, B. (2014)**. *J. Food Sci.*, 79 (7) 1–19.
112. **POTTER, C. (1935)**. The biology and distribution of *Rhyzopertha dominica* (Fab.). *Transactions and proceedings of the society*, 83: 449-482.
113. **PRASAD, S., YADAV, V.R., KANNAPPAN, R., AGGARWAL, B.B. (2011)**. Ursolic acid, a pentacyclin triterpene, potentiates TRAIL-induced apoptosis through p53-independent up-regulation of death receptors: evidence for the role of reactive oxygen species and JNK. *J. Biol. Chem.* 286(7), 5546–5557.

Références bibliographique

114. **RAHIMIFARD, M., NAVAEI-NIGJEH, M., MAHROUI, N. et al. (2014).** Improvement in the function of isolated rat pancreatic islets through reduction of oxidative stress using traditional Iranian medicine. *Cell J.* 16(2), 147–163.
115. **RAJA, R.R. (2012).** Medicinally potential plants of Labiatae (Lamiaceae) family: an overview. *Res. J. Med. Plant.* 6(3), 203–213.
116. **RAJAN, T.S., MURALITHARAN, V., DAGLISH, G.J., MOHANKUMAR, S., RAFTER, M.A., CHANDRASEKARAN, S., MOHAN, S., VIMAL, D., SRIVASTAVA, C., LOGANATHAN, M., WALTER, G. H. (2018).** Flight of three major insect pests of stored grain in the monsoonal tropics of India, by latitude, season and habitat. *J. Stored Prod. Res.* 76, 43-50.
117. **REDDY A.V.B., MONIRUZZAMAN, M., MADHAVI, V. (2020).** Étalon. *Nat. Prod. Chim,* 66, p. 197 – 223.
118. **RICHTER, J., SCHELLENBERG, I. (2007).** Comparison of different extraction methods for the determination of essential oils and related compound from aromatic plants and optimization of solid-phase microextraction/gas chromatography. *Analytical and bioanalytical chemistry,* 387(6), 2207-2217.
119. **ROMO VAQUERO, M., Y´A´NEZ-GASC´ON, M.J., GARC´IA VILLALBA, R. et al. (2012).** Inhibition of gastric lipase as a mechanism for body weight and plasma lipids reduction in Zucker rats fed a rosemary extract rich in carnosic acid. *PLoS ONE* 7(6), e39773.
120. **SAIBI, L.D. (2009).** Les huiles essentielles de *Mentha pulegium* et *Mentha rotundifolia*: Etude de la composition et de l'activité biologique. Thèse d'ingénieur en Technologie alimentaire et Nutrition humaine .E.N.S.A.EI Harrach 123 p.
121. **SALLAM, M.N. (1999).** Insect Damage: Damage on Post-harvest, Insect : Post-harvest operations. International Centre of Insect Physiology and Ecology (ICIPE). AGSI/FAO Danilo Mejia (Technical), Beverly Lewis (Language&Style).
122. **SALLE, J.L. (1991).** Le totum en phytothérapie, approche de la phyto-biothérapie. Edition Frison-Roche, Paris, France.
123. **SANCHETI, G., GOYAL, P. (2006).** Modulatory influence of *Rosemarinus officinalis* on DMBA-induced mouse skin tumorigenesis. *Asian Pacific J. Cancer Prev.* 7(2), 331–335.

Références bibliographique

124. **SANON, E. (1992).** Arbre et arbrisseaux en Algérie O.P.U. Ben Aknoun. Algerie N°686 Alger. 121p.
125. **SCIENTIFIC REPORT. (2010).** ‘*Technology Offer-Essential Oils*’, National Research Development Corporation (NRDC), Sous Presse. F.Jr. Fischetti, ‘*Flavoring Materials*’, Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology.
126. **SECK, D. (1989).** Importance et développement d'une approche de lutte intégrée contre les insectes ravageurs des stocks de maïs, de mil et de niébé en zone sahélienne, Revue Sénégalaise des Recherches Agricoles et Halieutiques, 2,3-4.
127. **SERRATO-VALENTI, G., BISIO, A., CORNARA, L., CIARALLO, G. (1997).** Structural and histochemical investigation of the glandular trichomes of *Salvia aurea* L. leaves, and chemical analysis of the essential oil. Annals of Botany, 79(3), 329-336.
128. **SHAH, C., LEITCH M., LAFOREST, S. (2009).** ‘*Marketing Intelligence System for Small-Scale Essential Oils Industry of North-Western Ontario*’, IUFRO 3.08 Small Scale Forestry Symposium Proceedings, pp. 227 – 236, Morgantown, West Virginia, June 7-11.
129. **SHIN, H.B., CHOI, M.S., RYU, B. et al (2013).** Antiviral activity of carnosic acid against respiratory syncytial virus. *Viol. J.* 10(1), 303.
130. **SHIVA, M.P., LEHRI, A., SHIVA, A. (2002).** Aromatic & medicinal plants: yielding essential oil for pharmaceutical, perfumery, cosmetic industries and trade. International Book Distributors, Dehradun, Inde.
131. **SILEEM, TM., MEHANY, A.L., HASSAN, R.S.(2020).** Toxicité fumigène de certaines huiles essentielles contre les triboliums rouges de la farine, *Tribolium castaneum* (Herbst) et son innocuité pour les mammifères Braz. J. Biol. , 80 (4), p. 769 – 776.
132. **SINGH CHOUHAN, K.B., TANDEY, R., SEN, K.K., MEHTA, R., MANDAL, V. (2019).** Tendances Food Sci. Technol, 92, p. 12 – 21.
133. **SOKOLOFF, A. (1974).** The Biology of Tribolium: With Special Emphasis on Genetic Aspects. Vol. 2. Clarendon Press, Oxford.
134. **SPICHTIGER, R.E. (2002).** Botanique systématique des plantes à fleurs: une approche phylogénétique nouvelle des angiospermes des régions tempérées et tropicales. PPUR Presses Polytechniques, Lausanne, Suisse.

Références bibliographique

135. **STEFFAN, J.R. (1978).** Description et biologie des insectes. In Les insectes et les acariens des céréales stockées, 1978. Publié sous la direction de G.Scotti. ITCF/AFNORD Eds., Paris.
136. **SWAMY, M.K., AKHTAR, M.S., SINIAH, U.R. (2016).** Antimicrobial Properties of Plant Essential Oils against Human Pathogens and Their Mode of Action: An Updated Review. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2016 (ID 3012462), 1-21.
137. **TADRENT, W., KABOUCHE, A., TOUZANI, R., KABOUCHE, Z. (2014).** J. Mater. Environ. Sci. , 5 (4), p. 1200 – 1205.
138. **TAI, J., CHEUNG, S., WU, M., HASMAN, D. (2012).** Antiproliferation effect of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) on human ovarian cancer cells *in vitro*. *Phytomedicine* 19(5), 436–443.
139. **TAKAKI, I., BERSANI-AMADO, L.E., VENDRUSCOLO, A et al. (2008).** Anti-inflammatory and antinociceptive effects of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil in experimental animal models. *J. Med. Food.* 11(4), 741–746.
140. **TANG, B., CHENG, Y., LI, Y., LI, W., MA, Y., ZHOU, Q., LU, K. (2020).** L'hormone adipocinétique améliore la résistance au chlorpyrifos médiée par CarE chez la cicadelle brune, *Nilaparvata lugens* *Insecte Mol. Biol.* , 29 (6), p. 511 - 522.
141. **TU, Z., MOSS-PIERCE, T., FORD, P., JIANG, T.A. (2014).** Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract regulates glucose and lipid metabolism by activating AMPK and PPAR pathways in HepG2 cells. *J. Agric. Food Chem.* 61(11), 2803–2810.
142. **ÜNLÜ, M., DAFERERA, D., DÖNMEZ, E., POLISSIOU, M., TEPE, B., SÖKMEN, A. (2002).** ‘Compositions and the *in vitro* antimicrobial activities of the essential oils of *Achillea setacea* and *Achillea teretifolia* Compositae’, *Journal of Ethnopharmacology*, Vol. 83, pp. 117 - 121, 2002.
143. **VAYIAS, B. J., ATHANASSIOU, C. G., MILONAS, D. N. ET MAVROTAS, C. (2010).** Persistence and efficacy of spinosad on wheat, maize and barley grains against four major stored product pests. *Crop Prot.*, 29, 496-505.
144. **VISANJI, J.M., THOMPSON, D.G., PADFIELD, P.J. (2006).** Induction of G2/M phase cell cycle arrest by carnosol and carnosic acid is associated with alteration of cyclin A and cyclin B1 levels. *Cancer Lett.* 237(1), 130–136.

Références bibliographique

145. **WANG, W., LI, N., LUO, M., ZU, Y., EFFERTH, T. (2012).** Antibacterial activity and anticancer activity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil compared to that of its main components. *Molecules* 17(3), 2704–2713.
146. **WANG, Y.W., RUAN, X.G., GONG, C.W., XIANG, X., XU, X., ZHANG, Y.M., SHEN, L.T. (2019).** Transcriptome analysis of *Sogatella furcifera* (Homoptera: Delphacidae) in response to sulfoxaflor and functional verification of resistance-related P450 genes *Int. J. Mol. Sci.*, 20 (18).
147. **WAONGO, A., BA, N.M., DABIRÉ-BINSO, L.C., SANON, A. (2015).** Diversity and community structure of insect pests developing in stored sorghum in the Northern-Sudan ecological zone of Burkina Faso. *J. Stored Prod. Res.* 63, 6-14.
148. **WEIDNER, H., RACK, G. (1984).** Tables de détermination des principaux ravageurs des denrées entreposées dans les pays chauds, Eschborn GTZ, p. 54 et 129.
149. **XIANG, Q., MA, Y., DONG, J., SHEN, R. (2014).** Carnosic acid induces apoptosis associated with mitochondrial dysfunction and Akt inactivation in HepG2 cells. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 7486, 1–9.
150. **YAHYAOU, N. (2005).** Extracti on. analyse et évaluation de l'effet insecticide des huiles essentielles de *Mentha spicata*.L sur *Rhyzoperthu dominica* F (Co leoptera, Bostrychidae) et *Tribolium confusum* (Duv.) (Coleoptera, Tenebrionidae). Thèse de Magister en sciences agronomiques, option Ecologie, INA, El-Harrach, 95 p.
151. **YESIL-CELIKTAS, O., SEVIMLI, C., BEDIR, E., VARDAR-SUKAN, F. (2010).** Inhibitory effects of rosemary extracts, carnosic acid and rosmarinic acid on the growth of various human cancer cell lines. *Plant foods Hum. Nutr.* 65(2), 158–163.
152. **YU, M.H., CHOI, J.H., CHAE, I.G et al. (2013).** Suppression of LPS-induced inflammatory activities by *Rosmarinus officinalis* L. *Food Chem.* 136(2), 1047–1054.
153. **ZHANG, Y., ADELAKUN, T.A., QU, L. et al. (2014).** New terpenoid glycosides obtained from *Rosmarinus officinalis* L. aerial parts. *Fitoterapia.* 99, 78–85.
154. **ZIZOVIC, M., STAMENI, A., ORLOVI, D. (2007).** Skala, Supercrit. *J. Fluides* 39 338–346.

Annexes

Annexe 01

Tableau 01 : Matériel du laboratoire

Matériel d'extraction des huiles	Matériel d'élevage	Matériel pour la réalisation des bioessais	Produit chimique
<ul style="list-style-type: none"> • Etuve • Para-film • Spatule • Tamet • Balance de précision • Appareil de clevenger • Papier d'aluminium 	Bocaux cylindriques en verre Etuve thermostatée	<ul style="list-style-type: none"> • Boîtes de Pétri en plastique de 8,5cm de diamètre et 1,5 cm de hauteur. • Micropipette de capacité 10-100µl, 100-1000 µl. • Une pince souple • Loupe binoculaire. 	<ul style="list-style-type: none"> • Acétone.

Annexe 02

Tableau 02 : Taux de mortalité corrigé de *Tribolium castaneum*

Dose / Temps	Dose 1	Dose 2	Dose 3	Dose 4	Dose 5	Dose 6
24 H	13,33	36,67	36,67	56,67	66,67	86,67
48 H	20	46,67	53,34	66,67	66,67	86,67

72 H	30	53,34	56,67	73,34	76,67	86,67
-------------	----	-------	-------	-------	-------	-------

Annexe 03

Tableau 03 : Taux de mortalité corrigé de *Rhyzopertha dominica*

Dose Temps	Dose 1	Dose 2	Dose 3	Dose 4	Dose 5	Dose 6
24 H	14,82	22,22	29,63	40,74	48,15	100
48 H	18,52	33,33	40,74	44,44	48,15	100
72 H	22,22	37,04	40,74	55,55	66,66	100

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم سمية الزيت العطري المستخرج من نبات *Rosmarinus officinalis* الذي تم جمعه من شمال غرب ولاية البويرة، وقد تم اختبار الزيت العطري لقدرته على المبيدات إبادة الحشرات عن طريق اللمس للآفتين الرئيسيتين للحبوب المخزنة *Rhyzopertha dominica* (حفار الحبوب) و *Tribolium castaneum* (خنفساء الدقيق الأحمر) في غياب الركيزة ، تم العلاج بست جرعات مختلفة لمدة ثلاثة أيام ، بعد 24 ساعة من التعرض لجرعة تساوي 0,006ml من زيت *Rosmarinus officinalis* العطري أظهر نشاط مبيد حشري يساوي 100٪ معدل وفيات ضد كلا الحشرتين.

الكلمات المفتاحية: حفار الحبوب ، خنفساء الدقيق الأحمر ، إكليل الجبل

Résumé

Cette étude a pour objectif d'évaluer la toxicité de l'huile essentielle extraite à partir de l'espèce végétale *Rosmarinus officinalis* collectée de nord ouest de la wilaya de bouira, l'huile essentielle a été testée pour leur pouvoir insecticide par contact vis-à-vis de deux principaux ravageurs des céréales stockées *Rhyzopertha dominica* (le capucin des grains) et *Tribolium castaneum* (le tribolium rouge de la farine) en Absence du substrat, le traitement a été fait avec six dose différent pendant trois jour , après 24h d'exposition par un dose égal a 0,006ml, l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* est montré une activité insecticide avec un taux de mortalité de 100% contre les deux insectes.

Mots clés : *Rhyzopertha dominica*, *Tribolium castaneum*, *Rosmarinus officinalis*

Abstract

This study aims to evaluate the toxicity of the essential oil extracted from the plant species *Rosmarinus officinalis* collected from the northwest of the wilaya of bouira, the essential oil was tested for their insecticidal power by contact with against two main pests of stored cereals *Rhyzopertha dominica* (the grain borer) and *Tribolium castaneum* (the red flour beetle) in Absence of the substrate, the treatment was done with six different doses for three days, after 24 hours of Exposure to an equal dose 0,006ml of Rosemary officinalis essential oil showed insecticidal activity with a 100% mortality rate against both insects.

Keywords: *Rhyzopertha dominica*, *Tribolium castaneum*, *Rosmarinus officinalis*

