

République Algérienne Démocratique et populaire
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES
جامعة امجد بوقرة



FACULTE DES SCIENCES
Département de Biologie.
Mémoire de fin d'études.

En vue de l'obtention du Diplôme de Master 2 Académique.
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie (SNV)
Filière : Science Biologique
Option : Biochimie Appliquée

Thème

Effet de la durée de l'hydro-distillation sur le rendement et l'activité insecticide de l'huile essentielle de *Eucalyptus citriodora*

Présenté par :

BOUGABA Chahira, SLIMANI Syla et GUERNANE Chahinez

Soutenue le 17/09/2023, Devant le jury composé de :

Président : Mme MAAMRI Sarah MCA FS/UMBB
Examinatrice : Mme SALMI Karima MAA FS/UMBB
Promotrice : Mme CHIKHI-CHORFI Nassima MCA ENSV
Co-promotrice : Mme BELKHEIR Meriem Bélilia MAA FS/UMBB

Année universitaire : 2022/2023



Remerciements



Nous commençons par remercier ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la volonté, l'amour du savoir et surtout le courage et la patience pour effectuer ce modeste travail.



Je souhaite adresser mes chaleureux remerciements à notre promotrice, Mme CHIKHI-CHORFI N, pour sa compétence, ses conseils éclairés, sa patience, sa disponibilité et l'attention particulière qu'elle a portée à ce travail en le suivant et en le dirigeant de manière exemplaire.



Nos remerciements les plus cordiaux et toutes nos pensées de gratitude à notre Co-promotrice Mme BELKHIER MB qui a codirigé notre projet avec plein de générosité.

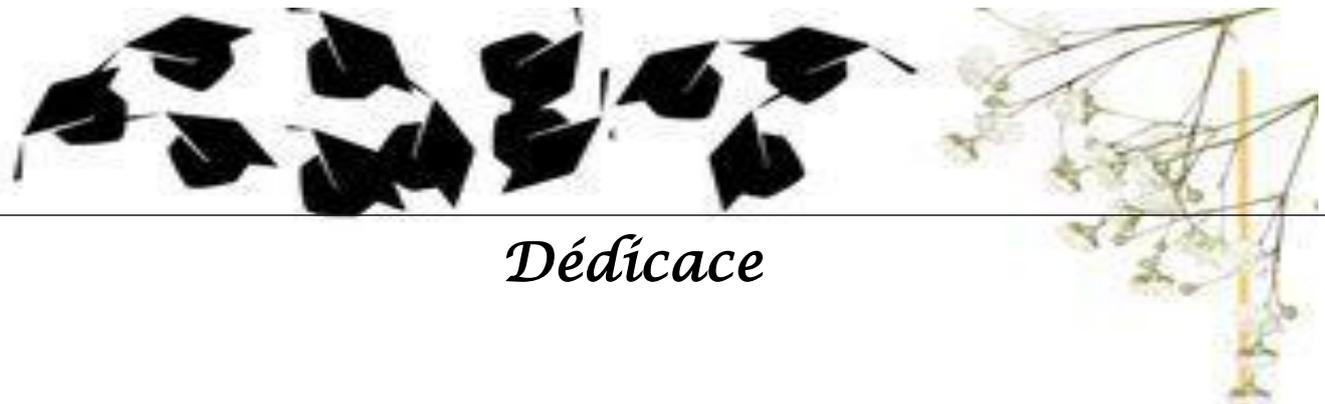
Je tiens également à exprimer mes sincères remerciements à Mme MAAMRI S, Président du jury, et Mme SALMI K pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous remercions Mme ZENIA S et Mme DJELOUT B pour leurs efforts immenses et l'ensemble du personnel du laboratoire de santé et Production Animal et Zoologie de l'ENSV.

J'adresse également mes remerciements à nos professeurs de tous les cycles, sans exception, pour la qualité de l'enseignement qu'ils nous ont dispensé.

Enfin nos remerciements s'adressent plus particulièrement à nos familles, amis et toutes personnes qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.





Dédicace

Je dédie ce travail À mes chers parents, qui consacré leur existence à bâtir la mienne, pour leur soutien, patience et soucis de tendresse et d'affection pour tout ce qui ils ont fait pour que je puisse arriver à ce Stade.

À mes frères Ahmed, Ferhat, Adel et sœurs Kahina et Saadia, qui m'avais toujours soutenu et encouragé durant ces années d'études.

À ma merveilleuse binôme, avec qui j'ai partagé tous les moments de joie et de stress SYLIA.

À tous mes amis, je remercie pour tous vos encouragements et perrière.

CHAHIRA





Dédicace

C'est avec un très grand honneur pour moi je Dédie ce modeste travail aux personnes les plus chères au monde.

À mes très chers parents pour leur amour infini, leurs encouragements et leur soutien. Que Dieu vous bénisse, vous garde en bonne santé pour moi.

A mes très chers frères et sœur: Malik et sa famille, Hamid et sa famille, Abdeslam et Kamal, Saïda et sa famille.

À toute la famille Slïmani et Morsli

À tous mes amis : Lydia, Hayat, Manal, Ouarda, yasmine, salima, Amira, Racha, Roumaïssa, Ibtissem , Siham, Amel, Lamis et Lynda... pour nos souvenirs inoubliables. Que notre amitié dure à Jamais inchallah.

A mes binômes Chahira et chahinaz, merci d'être avec moi.

À tous ceux qui pensent à moi et que je n'ai pas





Dédicace

*Je Dédie ce modeste travail à mon cher père, à
ma chère mère, pour leur extrême amour, et
Leurs incessants encouragements.*

*Depuis de nombreuses années, ils ont toujours en
moi et n'ont jamais cessé de croire en moi, que
DIEU les préserve et leur prête bonne santé et
long vie*

A mes chers frères et sœurs.

*A mon cher oncle saadoune Mustafa et la famille
saadoune.*

*A mes amis qui m'ont toujours soutenu, et
encouragé.*

Liste des abréviations

POPs : Produits Organiques Persistants

AFNOR : Association Française de Normalisation

ISO : Organisation International de Normalisation

HE : Huile Essentielle

E. citriodora : *Eucalyptus citriodora*

GC-MS : Chromatographie en phase gazeuse / spectrométrie de masse

S. oryzae : *Sitophilus oryzae*

ENSV : Ecole National Supérieure des Vétérinaires

ENSA : Ecole National Supérieure d'Agronomie

TE : Temps d'exposition

TM : Taux de mortalité

Liste des figures

Figure 1 : Structure chimique de l'isoprène.....	05
Figure 2 : Structure chimique d'un mono terpène acyclique à gauche (myrcène) et d'un mono terpène cyclique à droite (p-cimène).....	05
Figure 3 : Structure chimique de β -bisabolène.....	05
Figure 4 : Structure des acides aminés aromatiques.....	06
Figure 5 : Structure des aldéhydes aromatiques.....	07
Figure 6 : Principe schématisé de l'hydro-distillation.....	08
Figure 7 : la distillation par entrainement à la vapeur d'eau.....	09
Figure 8 : Aire de répartition d' <i>Eucalyptus citriodora</i> dans le monde.....	12
Figure 9 : Arbre d' <i>E. Citriodora</i>	12
Figure 10 : Boutons floraux et fleurs de l' <i>E. Citriodora</i>	13
Figure 11 : A : capsules de <i>E. citriodora</i> (68) ; B : planche récapitulative de l' <i>E. citriodora</i> (1 : fleurs, 2 : boutons floraux, 3 : feuilles, 4 : fruits).....	14
Figure 12 : Œuf de <i>S. oryzae</i>	19
Figure13: Larve de <i>S. oryzae</i>	19
Figure14: Nymphe <i>S. oryzae</i> (a) vue ventrale (b) vue dorsale.....	20
Figure15: L'imago de <i>Sitophilus oryzae</i> vue ventrale (b) vue dorsale.....	20
Figure16 : Dégât causé par <i>Sitophilus oryzae</i>	21
Figure 17: <i>Eucalyptus citriodora</i>	24
Figure 18: Séchage des feuilles de l' <i>E. citriodora</i>	25
Figure 19: <i>Sitophilus oryzae</i>	26
Figure20: Dispositif d'extraction des huiles essentielles.....	26

Liste des Tableaux

Figure 21 : Huile essentielle.....	27
Figure 22 : Pesée de 100g de feuilles.....	28
Figure 23 : Préparation du ballon.....	28
Figure 24 : Conservation de l'HE dans un flacon teinté	28
Figure 25 : Elevage en masse de <i>Sitophilus oryzae</i>	29
Figure 26 : Préparation des lots de <i>Sitophilus oryzae</i>	30
Figure 27 : Dispositif expérimental pour l'étude de la toxicité de l'HE.....	32
Figure 28 : influence de la durée d'hydro-distillation sur le rendement d'extraction ...	35
Figure 29 : Evaluation du taux de mortalité du <i>S. oryzae</i> traité par l'HE _{30min}	37
Figure 30 : Evaluation du taux de mortalité du <i>S. oryzae</i> traité par l'HE ₁	38
Figure 31 : Evaluation du taux de mortalité du <i>S. oryzae</i> traité par l'HE _{2h}	40
Figure 32 : Evaluation du taux de mortalité du <i>S. oryzae</i> traité par l'HE _{3h}	41
Figure 33 : Comparaison des taux moyens de mortalité.....	44

Liste des tableaux

Tableau I : composition chimique de l'huile essentielle d'*Eucalyptus citriodora*..... 15

Tableau II : structure chimique des composants principaux de l'HE de l'*E. citriodora*..... 15

Tableau III: Concentrations des solutions d'huiles essentielles..... 31

Tableau IV : Taux des mortalités moyennes de *S. oryzae* en fonction du temps et de la dose de l'HE_{30min}..... 36

Tableau V : Taux des mortalités moyennes de *S. oryzae* en fonction du temps et de la dose de l'HE_{1h}..... 38

Tableau VI : Taux des mortalités moyennes de *Sitophilus oryzae* en fonction du temps et de la dose de l'HE_{1h}..... 39

Tableau VII : Taux des mortalités moyennes de *Sitophilus oryzae* en fonction du temps et de la dose de l'HE_{3h}..... 40

Tableau VIII : comparaison de l'efficacité des HE..... 42

Table des matières

Remerciements.....	
Dédécace.....	
Liste des abréviations.....	
Liste des figures.....	
Liste des tableaux.....	
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
I. Les huiles essentielles.....	4
I.1. Définition.....	4
I.2. Composition chimique.....	4
I.2.1. Les terpènes.....	4
A.Les mono terpènes.....	5
B.Les sesquiterpènes.....	5
I.2.2.Les composés aromatiques.....	6
A.Les phénols.....	6
B.Les aldéhydes aromatiques.....	6
I.2.3.Les composés d’origines variées.....	7
I.3. Propriétés physico-chimiques.....	7
I.4.Méthodes d’extractions.....	8
I.4.1. Hydro-distillation.....	8
I.4.2. Distillation par entrainement à la vapeur d’eau.....	8
I.4.3. Expression à froid.....	9
I.5. Les activités biologiques.....	9
I.5.1. Activité anti-oxydante.....	9
I.5.2. Activité insecticide.....	10
I.5.3. Activité antimicrobienne.....	10
I.5.4.Activités anti-inflammatoires.....	10
II. <i>Eucalyptuscitriodora</i>	11
II.1.Définition.....	11
II.2.Classification.....	11
II.3.Origine et répartition.....	12
II.4.Description botanique.....	12
II.4.1.L’Arbre.....	12

Table des matières

II.4.2.Les feuilles.....	13
II.4.3.Les fleurs.....	13
II.4.4.Lesfruits.....	13
II.5.Composition chimique.....	14
II.6.Utilisations de la plante.....	16
II.6.1. Domaine thérapeutique.....	16
II.6.1.1.ActivitéAnti-inflammatoire.....	16
II.6.1.2.ActivitéAntalgique.....	16
II.6.1.3.ActivitéAnalgésique.....	16
II.6.1.4.ActivitéAntipyrétique.....	16
II.6.1.5.ActivitéAntifongique.....	16
II.6.1.6.ActivitéAntiparasitaire.....	17
II.6.2.Activité Insecticide.....	17
III. <i>Sitophilus oryzae</i>	17
III.1.Définition.....	17
III.2. Position systématique de <i>Sitophilus oryzae</i> L.....	18
III.3. Origine et répartition géographique.....	18
III.4. Description morphologique des différents stades de développement de l'insecte... 18	
III.4.1.Œuf.....	18
III.4.2.Larve.....	19
III.4.3.Nymphe.....	19
III.4.4.Imago.....	20
III.5.Régime alimentaire et dégâts causées par <i>Sitophilus oryzae</i>	20
III.6. Moyens de lutte.....	21
III.6.2.la lutte physique.....	21
III.6.3.La lutte chimique.....	22
III.6.4 lutte biologique.....	22
CHAPITRE II : MATERIEL ET MÉTHODES.....	23
I. Objectif de cette étude.....	24
II. MATERIEL.....	24
II.1. Matériel végétal.....	24
II.1.1. Identification botanique de la plante.....	25
II.1.2. Préparation du matériel végétal pour l'extraction.....	25

Table des matières

II.2. Matériel animal	25
II.2.1. Identification.....	26
III. METHODES	26
III.1. Extraction de l'huile essentielle	26
III.1.1. Principe de l'hydro-distillation.....	27
III.1.2. Protocole d'extraction	27
III.2. Conservation de l'huile essentielle	28
III.3. Élevage en masse de <i>Sitophilus oryzae</i>	29
III.4. Calcul du rendement d'extraction	29
III.5. Evaluation de la toxicité de l'huile essentielle de l' <i>Eucalyptus citriodora</i> sur <i>Sitophilus oryzae</i>	30
III.5.1. Préparation des lots d'insectes	30
III.5.2. Préparation des solutions d'huile essentielle.....	30
III.5.3. Evaluation de la toxicité par effet inhalation-contact	31
III.5.4. Calcul des mortalités	32
III.6. Analyse statistique	32
CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSION	34
I. RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	35
I.1. Rendement en huile essentielle	35
I.2. Evaluation de l'activité insecticide de l'huile essentielle de l' <i>Eucalyptus citriodora</i> contre <i>S. oryzae</i>	36
I.2.1. Activité insecticide de l'huile essentielle _{30min} (HE _{30min}).....	36
I.2.2. Activité insecticide de l'huile essentielle _{1h} (HE _{1h})	37
I.2.3. Activité insecticide de l'huile essentielle _{2h} (HE _{2h})	39
I.2.4. Activité insecticide de l'huile essentielle _{3h} (HE _{3h})	40
I.3. Efficacité des HE _{30min} , HE _{1h} , HE _{2h} et HE _{3h} :	41
Conclusion.....	47
Références bibliographiques	49
Annexe	58
Résumé	59

Introduction

INTRODUCTION

Les céréales représentent des enjeux économiques et sociaux importants en Algérie (DJERMOUN, 2009; DOUKANI et al., 2013). En effet, ils constituent les aliments de base pour l'homme et l'animal, en occupant la première position en terme d'utilisation des terres agricoles (RILEY et al., 2009). Cependant, le manque de structures adéquates de conservation constitue un des facteurs limitant l'accroissement de la production des céréales, problème majeur susceptible d'entraver les objectifs de sécurité alimentaire et d'amélioration des revenus. De plus, les structures fiables de stockage sont rares au niveau des paysans et la conservation des productions se fait la plupart du temps dans des conditions précaires. Ces conditions de stockage favorisent l'invasion des stocks des denrées par les Rongeurs, les Champignons et les insectes ravageurs qui causent respectivement 30 %, 26 %, et 44 % de pertes (HUIGNARD, 1985 ; ANONYME, 2004; JOHNSON et al., 2018).

Les espèces d'insectes les plus nuisibles appartiennent aux genres *Sitophilus* et *Tribolium* (MARSANS, 1987 ; KHAN et SELMAN, 1988 ; PINTO et al., 1997). *Sitophilu soryzae* L. est parmi les ravageurs des produits stockés les plus répandus et les plus destructeurs dans le monde entier (MAGDY et al., 2008). Il est à l'origine de pertes importantes de produits stockés, dans les régions tropicales et tempérées chaudes (MAGDY et al., 2008 ; HILL, 1990). Ce ravageur omniprésent d'importance économique, est un insecte alimentaire interne qui perce dans le grain stocké. Les charançons adultes se nourrissent principalement de l'endosperme, réduisant la teneur en glucides et les larves se nourrissent préférentiellement du germe du grain, éliminant ainsi un grand pourcentage de protéines et de vitamines. Les insectes qui attaquent sélectivement le germe causeront une plus grande perte de germination que les autres (DAL BELLO and al., 2001).

Pour résoudre le problème de pertes des produits de récolte dues aux insectes, principaux prédateurs des denrées stockées, les moyens de lutte sont essentiellement basés sur l'utilisation incontrôlée de pesticides de synthèse notamment, des produits organiques persistants (POPs) (JOHNSON et al., 2018). Ces produits entraînent plusieurs conséquences dont la contamination des denrées alimentaires par la présence de résidus toxiques, causant de graves préjudices aux consommateurs et aux utilisateurs (KUMAR, 1991; JOHNSON et al.,

2018 ; DJIDEL et al., 2018). De plus, l'environnement est aussi pollué par l'accumulation de composés toxiques dans les écosystèmes (**JOHNSON et al., 2018**).

Eu égard aux conséquences potentielles liées à l'utilisation des pesticides de synthèse, de nombreux travaux de recherche se sont intéressés à la lutte biologique, notamment l'utilisation des extraits de plante ayant des propriétés insecticides et ou insectifuge. Des études confirment les propriétés bio-pesticides de nombreuses espèces végétales qui pourraient suppléer ou remplacer efficacement les insecticides de synthèse (**FRENCH, 1985 ; JOHNSON, 2001; SANOU, 2018 ; JOHNSON et al., 2018 ; NASRI, 2022**).

Les composés naturels, en particulier les huiles essentielles, offrent actuellement une alternative efficace dans la lutte contre les insectes ravageurs (**LAHLOU, 2004**). Bien que le mode d'action de ces huiles demeure à confirmer, la plupart semblent provoquer la suffocation des œufs, des larves ou des adultes des insectes ravageurs (**DON-PEDRO, 1989 ; Ait Aider et al., 2016**).

Ce mémoire est une contribution à l'étude de l'effet de la durée de l'hydro-distillation sur le rendement de l'extraction et sur l'activité insecticide de l'huile essentielle d'une plante aromatique : *Eucalyptus citriodora*, reconnue pour ses propriétés insecticides et son efficacité contre divers ravageurs, contre un ravageur de denrées stockées : *Sitophilus oryzae* L.

Ce mémoire est organisé en trois chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à l'analyse bibliographique portant sur les huiles essentielles, les généralités sur l'*E. citriodora* et les généralités sur *Sitophilus oryzae* L
- Le deuxième chapitre est dédié au matériel et méthodes utilisés.
- Le troisième chapitre porte sur les résultats et leurs discussions et se termine par une conclusion.

CHAPITRE I
ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Les huiles essentielles

I.1. Définition

Les huiles essentielles sont des extraits de plantes dont la composition est généralement complexe et qui contiennent des composés volatils présents dans les végétaux, tels que définis par la pharmacopée (MANANTOANIMA, 1984).

Les huiles essentielles se trouvent dans différents organes des plantes, tels que les fleurs, les feuilles, les rhizomes, les fruits, l'écorce et les sucs résineux (BRUNETON et BARTON, 1987).

Parmi les familles des plantes les plus productrices d'huiles essentielles, on peut distinguer les *Lamiacées* (Thym, Lavande, Mentheet Basilic), les *Astéracées* (camomille, absinthe), les *Myrtacées* (Eucalyptus, Melaleuca, Myrte, et Girofle), ainsi que les *Lauracées* (Cannelle et Laurier) (ANONYME 1)

Selon l'Association Française de Normalisation (AFNOR), une huile essentielle est un produit obtenu à partir d'une matière première végétale par un processus d'entraînement à la vapeur d'eau, de procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des agrumes, ou par distillation sèche. Après extraction, l'huile essentielle est séparée de la phase aqueuse par des procédés physiques.

I.2. Composition chimique

Les huiles essentielles se composent généralement de très nombreux constituants qui appartiennent de façon quasi exclusive, à deux groupes : le groupe des terpénoïdes (composés terpéniques) et le groupe des composés aromatiques dérivés du phenylpropane, ce groupe est beaucoup moins fréquent. Elles peuvent également renfermer divers produits issus du processus de dégradation mettant en jeu des constituants non volatils (BRUNETON, 1999).

I.2.1. Les terpènes

L'unité de base des terpènes est l'isoprène (C₅) (**figure 1**). Selon le nombre de l'unité isoprénique, on distingue, les mono terpènes C₁₀ (2 unités isopréniques), les sesquiterpènes C₁₅ (3unitésisopréniques), les di terpènes C₂₀ (4 unités isopréniques), les sesterterpènesC₂₅ (5 unités isopréniques), les triterpènes et stéroïdes C₃₀ (6unitésisopréniques), les Tetra terpènes C₄₀ (8unitésisopréniques) et les poly terpènes C₁₀ (n unités isopréniques avec n>8) (RICHTER, 1993).

Chapitre I : Analyse Bibliographique

Les terpènes peuvent inhiber l'accumulation des toxines dans le corps humain et peuvent aider le foie et les reins à se débarrasser de l'accumulation de ces derniers. Ils ont des propriétés stimulantes, antibactériennes et sédatives (GHANMI *et al.*, 2011).

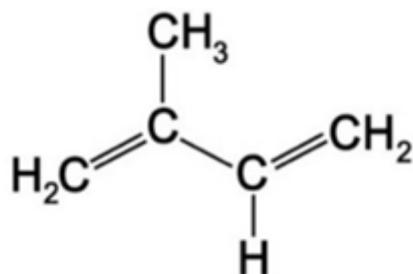


Figure 1 : Structure chimique de l'isoprène (ANONYME 2)

A. Les mono terpènes

Ils sont constitués par le couplage de deux unités isopréniques (C10) et forment 90% des huiles essentielles avec une grande diversité de structures (figure2)(BAKKALI, 2008).

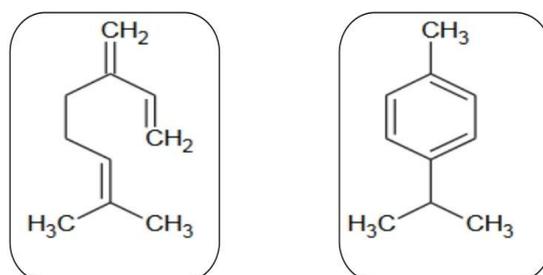


Figure2 : Structure chimique d'un mono terpène acyclique à gauche (myrcène) (ANONYME 3) et d'un mono terpène cyclique à droite (p-cimène) (ANONYME 4)

B. Les sesquiterpènes

Ils sont formés par l'assemblage de trois unités isopréniques (C15)(figure 3). Cependant leur structure ainsi que leur fonction restent similaires à celles des mono terpènes (BAKKALI *et al.*, 2008).

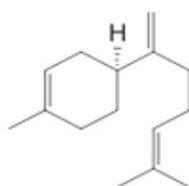


Figure3 : Structure chimique de β -bisabolene (WILEY,2023)

Chapitre I : Analyse Bibliographique

Les molécules de sesquiterpène possèdent des propriétés anti-inflammatoires et peuvent aider au bon fonctionnement du système immunitaire (GHANMI *et al.*, 2011).

I.2.2. Les composés aromatiques

Les dérivés du phénylpropane (C6-C3) ou composés phénoliques s'agissant le plus fréquemment des allyl- et propénylphénols, parfois des aldéhydes. La biosynthèse par voie phenyl propanoïdes débute par des acides aminés aromatiques que sont la phénylalanine et la tyrosine (figure 4). Ils sont généralement caractérisés par la présence d'un groupement hydroxyle fixé à un cycle phényle. Egalement, la synthèse de ces constituants nécessite une série d'acides dont l'acide shikimique et l'acide cinnamique. Les phénylpropanoïdes sont moins répondeur dans l'HE que les terpènes, néanmoins elles sont caractéristiques dans certaines huiles essentielles d'Apiaceae : anis, fenouil, persil, cannelles (eugénol, myristicine, asarones, cinnamaldéhyde) (BRUNETON, 1999).

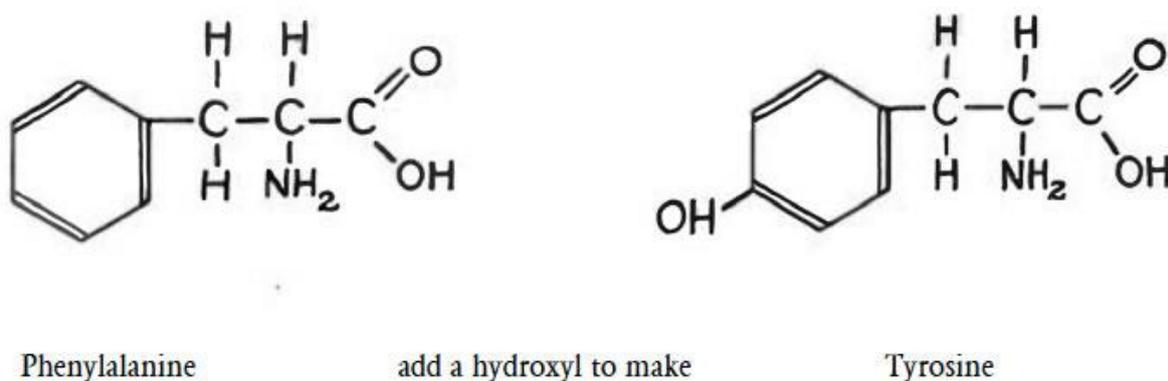


Figure 4 : Structure des acides aminés aromatiques (ANONYME 5)

A. Les phénols

Ce sont des composés chimiques aromatiques avec une fonction hydroxyle. Les phénols sont les molécules aromatiques avec le plus grand coefficient antibactérien et le plus large spectre (MAYER, 2012).

B. Les aldéhydes aromatiques

On distingue deux types d'aldéhydes : les aldéhydes terpéniques et aromatiques. Les aldéhydes aromatiques sont principalement anti-infectieux, mais néanmoins irritants en application locale et en diffusion. Le meilleur exemple est celui du cinnamaldéhyde que l'on retrouve dans le cannelier de Ceylan (*Cinnamomum zeylanicum*) (figure 5), excellent anti-infectieux mais très dermo-caustique (STAUB et BAYER, 2013).

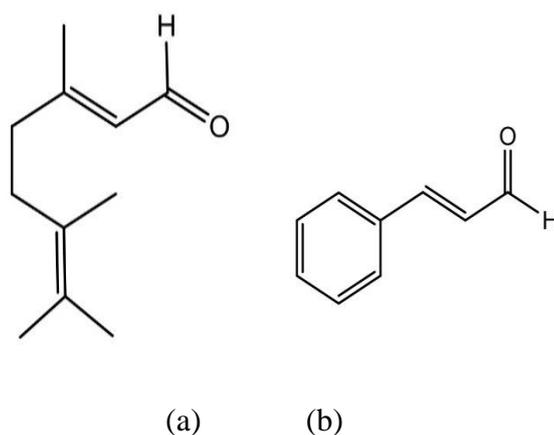


Figure 5 : Structure des aldéhydes aromatiques a) Geranial (RANA et al., 2016)
b) Cinnamaldehyde (ANONYME 6)

I.2.3. Les composés d'origines variées

Les huiles essentielles peuvent contenir différents types de composés aliphatiques, généralement de faible masse moléculaire, en raison de leur mode d'extraction par hydro distillation. Ces composés peuvent comprendre des éléments tels que l'azote ou le soufre (INOYE et ABE, 2003).

Ils sont caractérisés par un noyau aromatique lié à une chaîne de trois atomes de carbone propène C6- C3, les plus fréquemment trouvés sont l'acide cinnamique et l'aldéhyde cinnamique, l'eugénol, l'anéthole (HYLDGAARD et al., 2012).

I.3. Propriétés physico-chimiques

Les huiles essentielles ont des propriétés physiques importantes telles que la densité, l'indice de réfraction, le pouvoir rotatoire et la miscibilité dans l'alcool. Leurs propriétés chimiques sont déterminées par l'indice d'acide, l'indice d'ester, l'indice de saponification, l'indice d'iode et l'indice de peroxyde, qui permettent d'évaluer la nature des composés organiques présents dans l'huile essentielle (acide, ester, alcène, carbonyle). Les huiles essentielles doivent répondre aux critères de qualité définis par des organismes tels que l'AFNOR, qui a été le premier organisme certificateur en Europe à valider des méthodes alternatives d'analyse (TRAIKIA et MANSOURI, 2020).

I.4.Méthodes d'extractions

I.4.1. Hydro-distillation

Cette méthode d'extraction consiste à immerger la matière végétale dans un bain d'eau, qui est ensuite porté à ébullition à pression atmosphérique. La chaleur provoque l'éclatement et la libération des molécules volatiles contenues dans les cellules végétales. Le mélange volatil est ensuite refroidi, condensé et séparé en une phase aqueuse et une phase organique, qui constitue l'huile essentielle (**Figure 6**)(BRUNTON,1999).

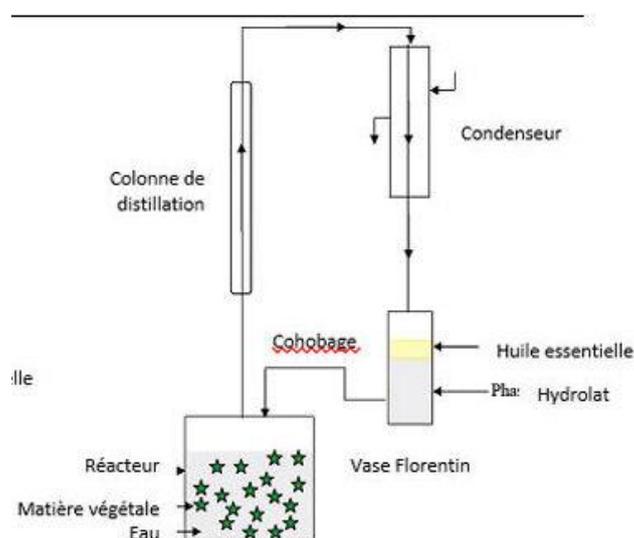


Figure 6 : Schéma de l'hydro-distillation (BOUKHATEM et al., 2019)

I.4.2. Distillation par entrainement à la vapeur d'eau

L'entrainement à la vapeur d'eau est l'une des méthodes officielles pour l'obtention des huiles essentielles. A la différence de l'hydro-distillation, cette technique ne met pas en contact direct l'eau et la matière végétale à traiter. De la vapeur d'eau fournie par une chaudière traverse la matière végétale située au-dessus d'une grille. Durant le passage de la vapeur à travers le matériel, les cellules éclatent et libèrent l'huile essentielle qui est vaporisée sous l'action de la chaleur pour former un mélange « eau + huile essentielle ». Le mélange est ensuite véhiculé vers le condenseur et l'essencier avant d'être séparé en une phase aqueuse et une phase organique (**Figure7**) (BENOUALI, 2016).

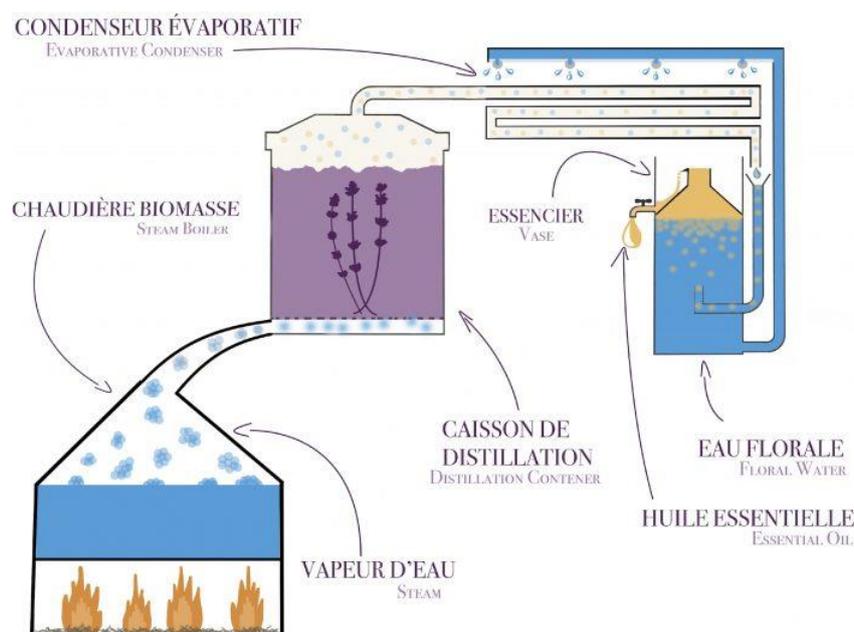


Figure 7 : Schéma d'un montage de distillation par entrainement à la vapeur d'eau
(ANONYME 7)

I.4.3. Expression à froid

La technique est réservée à l'extraction des essences volatiles contenues dans les péricarpes d'agrumes en déchirant ces dernières par un traitement mécanique. Elle consiste à rompre ou dilacérer les parois des sacs oléifères contenus dans le mésocarpe situé juste sous l'écorce du fruit, l'épicarpe, pour en recueillir le contenu qui n'a subi aucune modification (BOUKHATEM *et al.*, 2019).

I.5. Les activités biologiques

Les plantes aromatiques possèdent plusieurs activités biologiques, parmi lesquelles on peut citer les activités anti-oxydantes, herbicide, bactéricide...etc. L'activité biologique d'une huile essentielle est à mettre en relation avec sa composition chimique et les possibles effets synergiques entre ses composants.

I.5.1. Activité anti-oxydante

Les propriétés anti-oxydantes des huiles essentielles sont depuis peu massivement étudiées. Le stress oxydatif, qui survient lors de déséquilibre entre la production de radicaux libres et d'enzymes antioxydants, est en relation avec l'apparition de maladies telles que l'Alzheimer (BUTTERFIELD et LOUDER, 2002), l'artériosclérose et le cancer (GARDEN, 1997). Une façon de prévenir ce stress oxydatif qui endommage et détruit les cellules est de rechercher,

Chapitre I : Analyse Bibliographique

dans l'alimentation, un apport supplémentaire de composés antioxydants (vitamine E, α -tocophérol, BHT, etc.) (BÉLIVEAU et GINGRAS, 2005). Les huiles essentielles de Cannelle, Muscade, clou de Girofle, Basilic, Eucalyptus, Persil, Origan et Thym possèdent de puissants composés antioxydants (EDRIS, 2007).

I.5.2. Activité insecticide

L'effet insecticide des HE par contact, ingestion et par fumigation a été bien démontré contre les déprédateurs des denrées entreposées (AIT CHAUCHE, 2018). De nombreux travaux ont porté sur l'amélioration des formes d'utilisation des plantes qui permettent de renforcer et de rentabiliser leur activité insecticide (ISMAN, 1994). Les HE agissent par diffusion, c'est ce qui leur permet d'atteindre toutes les interstices dans la masse de graines stockées. Elles peuvent donc être utilisées en fumigation et leur emploi est facile (AIT CHAUCHE, 2018).

I.5.3. Activités antimicrobiennes

Les plantes aromatiques sont utilisées dans les préparations alimentaires non seulement pour la saveur qu'elles apportent mais également pour leurs propriétés antibactériennes et antifongiques. Les huiles essentielles d'Origan, de Thym, de la Sauge, du Romarin et du clou de Girofle, ont toutes une particularité commune: elles sont riches en composés phénoliques comme l'eugénol, le thymol et le carvacrol. Ces composés possèdent un effet antimicrobien contre un large spectre de bactéries: *Echerichia coli*, *Bacillus creus*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enterica*, *Clostridium jejuni*, *Lactobacillus sake*, *Staphylococcus aureus* et *Helicobacter pylori* (PAULI, 2001; FABIAN et al., 2006).

I.5.4. Activités anti-inflammatoires

Les recherches sur les différentes espèces de la plante et leurs principes actifs thérapeutiques utilisés dans le traitement de la goutte, de l'arthrite et de la fièvre ont aboutis à la mise en évidence de nouveaux composés ayant des activités anti-inflammatoire significatives. Les familles biochimiques à action anti-inflammatoire et/ou antalgique qui constituent les composés de différentes huiles essentielles sont : les aldéhydes, monoterpéniques, les esters terpéniques, l'eugénol (phénol aromatiques), l'eucalyptol (oxyde terpénique) ou 1,8 cinéole, les alcools terpéniques (sesquiterpénol, monoterpénol). Les cétones terpéniques, les phénols méthyle-éthers (BOUZID, 2018).

II. *Eucalyptus citriodora*

II.1. Définition

L'*Eucalyptus citriodora* est une plante qui appartient à la famille des *myrtacées*, que l'on trouve en Australie. L'extrait des feuilles de l'*E. citriodora* connu pour son agréable odeur de citron est largement utilisé dans l'industrie des parfums. De plus, il possède une variété d'activités biologiques : antibactérienne, antifongique, anti-hyper-glycémiant, anti-inflammatoire et antioxydante. Selon de nombreux auteurs (**DOGENSKI et al., 2016 ; QIUJIAN et al., 2021**), l'*E. citriodora* est utilisé dans de nombreuses préparations à base de plante pour traiter une gamme des maladies comme le rhume, la fièvre, la grippe et les inflammations.

II.2. Classification

Classification de l'*Eucalyptus citriodora* selon (**KOZIOL, 2015**).

Embranchement : Spermaphytes

Sous-Embranchement : Angiospermes

Clade : Dicotylédones vraies

Clade : Dicotylédones supérieure

Clade : Rosidées

Clade : Eurosidées

Ordre : Myrtales

Famille : Myrtacées

Genre : *Eucalyptus*

Espèce : *Eucalyptus citriodora* / *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S Johnson 1995

II.3. Origine et répartition

L'*E. citriodora* est un arbre d'origine Australienne et qui appartient à la famille des *Myrtaceae* et compte environ 900 à 1000 espèces. Cet arbre est répandu partout dans le monde (**figure 8**), il se développe aussi bien dans les régions sèches que dans les régions humides (**LIKIBI et al., 2019**).



Figure 8: Aire de répartition d'*Eucalyptus citriodora* dans le monde (**GBIF, 2020**)

II.4. Description botanique

II.4.1. L'Arbre

C'est un grand arbre qui peut atteindre entre 20 à 50 mètres de haut (**figure 9**). Son écorce est lisse et blanchâtre à rose ce qui lui vaut le nom vernaculaire d'Eucalyptus blanc. Son écorce se desquame par plaques, on pourra parfois même retrouver ces plaques d'écorce enroulées sur elle-même (**KOZIOL, 2015**).



Figure 9: Arbre de l'*E. citriodora* (**ROUGER, 2020**)

Chapitre I : Analyse Bibliographique

II.4.2. Les feuilles

Les feuilles seront vertes, oblongues, alternes, étroites, effilées aux extrémités et mesurant 7 à 15 cm de large. Le froissement de ces feuilles va libérer une odeur fortement citronnée due à la présence en grande quantité de citronellal (**KOZIOL, 2015**).

Les feuilles de *E. citriodora* sont simples, entières avec deux sortes de feuilles très différentes d'aspect :

Sur les jeunes rameaux, les feuilles sont ovoïdes à lancéolées, larges et sessiles.

Sur les rameaux plus âgés, les feuilles sont lancéolées, courbées, étroites, longues et portées par un long pétiole (**Figure 11**) (**ROUGER, 2020**).

II.4.3. Les fleurs

Les fleurs ont une inflorescence en forme de corymbe. Elles sont regroupées par 10 à 20. De couleur jaune crème, elles donnent naissance à des fruits sous forme de capsules (**KOZIOL, 2015**). Avant la floraison, les boutons floraux, en forme de poire (**figure 10**), formés par les pétales soudés, ont à leur sommet un capuchon arrondi qui masque les étamines. Lorsque les étamines grandissent, elles soulèvent l'opercule qui tombe laissant jaillir de nombreuses étamines blanches (**ROUGER, 2020**).



Figure 10: Boutons floraux et fleurs de *E. citriodora* (**ROUGER, 2020**)

II.4.4. Les fruits

Le fruit de *Eucalyptus citriodora* est une petite capsule ligneuse en forme d'urne ou de tonneau. A maturité, le sommet s'ouvre afin de laisser passer les graines (**ROUGER, 2020**).

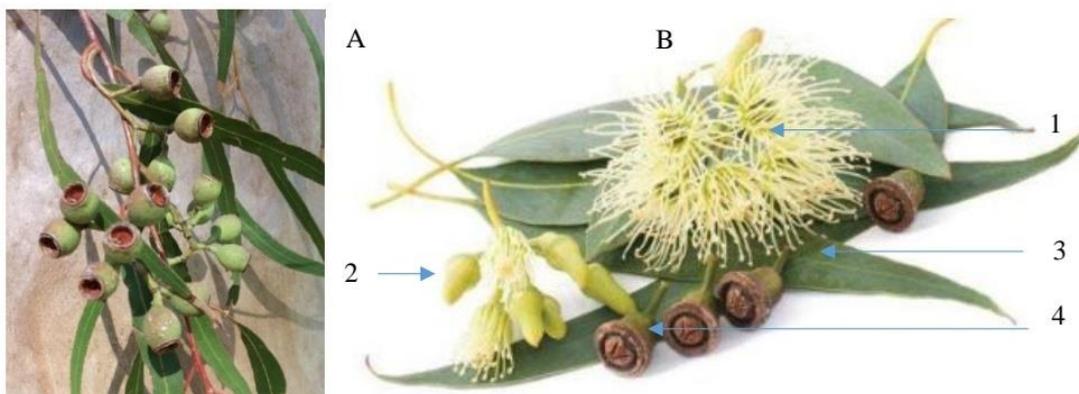


Figure 11: A : capsules de l'*E. citriodora*. B : planche récapitulative de l'*E. citriodora*
1: fleurs, 2 : boutons floraux, 3 : feuilles, 4 : fruits (ROUGER, 2020)

II.5.Composition chimique

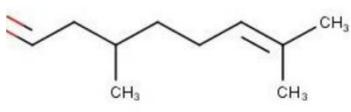
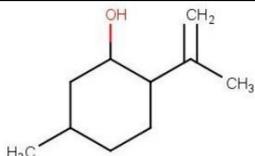
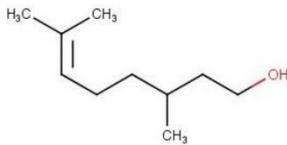
L'hydro-distillation des feuilles de l'*E.citriodora* a donné une huile de couleur jaune pâle (rendement : 1,2%, v/w). Les analyses GC-MS de l'huile ont révélé la présence de 43 composants élués entre 11 et 44 min et constituant 99,2 % de l'huile (**tableau I**). En général, l'huile était de nature monoterpénoïde, les monoterpènes constituant 94,35 % de l'huile. Le principal constituant de l'huile était le citronellal (60,66 %), suivi du 8-citronellol (12,58 %) et de l'isopulegol (8,19 %) (**Tableau II**)(SINGH *et al.*, 2012).

Chapitre I : Analyse Bibliographique

Tableau I: Composition chimique de l'huile essentielle d'*Eucalyptus citriodora* (SINGH et al., 2012).

RI ^a	Component ^b	RT (min)	%age ^c	Identification method ^d
Monoterpene Hydrocarbons				
931	α -Thujene	11.28	0.04	MS, RI
937	α -Pinene	11.53	0.86	co-GC, MS, RI
973	Sabinene	13.08	0.19	MS, RI
975	β -Pinene	13.19	0.87	co-GC, MS, RI
993	β -Myrcene	13.94	0.23	co-GC, MS, RI
1003	α -Phellandrene	14.40	0.28	MS, RI
1015	α -Terpinene	14.93	0.04	co-GC, MS, RI
1019	<i>p</i> -Cymene	15.08	0.55	co-GC, MS, RI
1028	Limonene	15.46	0.47	co-GC, MS, RI
1037	<i>cis</i> - β -Ocimene	15.85	0.08	MS, RI
1047	<i>trans</i> - β -Ocimene	16.29	0.05	MS, RI
1056	γ -Terpinene	16.66	0.26	co-GC, MS, RI
1067	<i>p</i> -Mentha-3,8-diene	17.09	0.26	MS, RI
1084	α -Terpinolene	17.87	0.31	MS, RI
Oxygenated Monoterpenes				
1026	1,8-Cineole	15.36	1.83	co-GC, MS, RI
1094	Linalool	18.30	0.03	co-GC, MS, RI
1107	<i>cis</i> -Rose oxide	18.68	0.07	MS, RI
1148	Citronellal	20.63	60.66	co-GC, MS, RI
1152	Isopulegol	20.79	8.19	co-GC, MS, RI
1164	Isosipulegol	21.31	0.58	MS, RI
1174	α -Terpineol	21.75	0.13	co-GC, MS, RI
1214	β -Citronellol	23.46	12.58	co-GC, MS, RI
1231	Geraniol	24.20	0.16	MS, RI
1236	Citral	24.41	0.07	MS, RI
1267	Isopulegyl acetate	24.88	0.04	MS, RI
1320	<i>p</i> -Menthane-3,8-diol	26.85	2.87	MS, RI
1344	Citronellyl acetate	27.75	2.38	co-GC, MS, RI
1371	<i>cis</i> -Jasmone	28.77	0.27	co-GC, MS, RI
Sesquiterpene Hydrocarbons				
1388	β -Elemene	29.43	0.04	MS, RI
1416	β -Caryophyllene	30.39	2.91	co-GC, MS, RI
1449	α -Humulene	31.46	0.18	MS, RI
1456	Aromadendrene	31.70	0.04	MS, RI
1475	Germacrene D	32.30	0.15	MS, RI
1490	Bicyclgermacrene	32.80	0.22	MS, RI
1548	Germacrene B	34.67	0.04	MS, RI
Oxygenated Sesquiterpenes				
1566	Caryophyllene oxide	35.27	0.31	co-GC, MS, RI
1572	Globulol	35.45	0.04	MS, RI
1590	Viridiflorol	36.02	0.30	MS, RI
1595	Dihydrofarnesal	36.20	0.06	MS, RI
1629	β -Eudesmol	37.30	0.05	MS, RI
1822	Methyl ionone	43.54	0.10	MS
Other Compounds				
1042	2,6-Dimethyl-5-heptenal	16.08	0.26	MS, RI
1295	4-Vinyl-2-methoxy-phenol	25.93	0.15	MS, RI

Tableau II: Structure chimique des principaux composants de l'HE de l'*E. citriodora* (ROUGER, 2020)

Citronellal (aldéhyde terpénique)	Isopulégol (monoterpéol)	Citronellol (monoterpéol)
 <p><chem>CC(C)C=CC(=O)C</chem></p> <p>$C_{10}H_{18}O$</p>	 <p><chem>CC1=CC(C)C(O)CC1</chem></p> <p>$C_{10}H_{18}O$</p>	 <p><chem>CC(C)C=CCO</chem></p> <p>$C_{10}H_{20}O$</p>

II.6.Utilisations de la plante

II.6.1. Domaine thérapeutique

Selon **MARINIER et al., 2018**, l'*Eucalyptus citriodora* possède de nombreuses activités biologiques, à savoir :

II.6.1.1.Activité Anti-inflammatoire

L'HE de l'*Eucalyptus citriodora* peut être utilisée en cas d'arthrite, de polyarthrite rhumatoïde, de bursite, de tendinite, d'épicondylite ou de cystite. Son mécanisme d'action est comparable à celui des anti-inflammatoires non stéroïdiens. Elle inhibe la synthèse des prostaglandines qui sont à l'origine de la réaction inflammatoire. Ainsi, elle calme l'inflammation et les douleurs qui lui sont liées (**MARINIER et al., 2018**).

II.6.1.2.Activité Antalgique

Elle est connue comme étant l'HE du sportif, une appellation qui provient du fait qu'elle a une activité antalgique et myorelaxante. Elle peut être conseillée en cas de déchirure, d'élongation, de contracture ou courbature, de torticolis et de lumbago (**MARINIER et al., 2018**).

II.6.1.3.Activité Analgésique

L'HE de l'*Eucalyptus citriodora* peut être mis à profit dans un cas particulier, celui du zona. En effet, cette propriété, notamment au niveau cutané, en fait un traitement de choix pour diminuer les douleurs liées à cette dermatose virale (**MARINIER et al., 2018**).

II.6.1.4.Activité Antipyrétique

L'HE de *Eucalyptus citriodora* inhibe la biosynthèse de prostaglandines, d'où son effet antipyrétique (**MARINIER et al., 2018**).

II.6.1.5.Activité Antifongique

L'HE de l'*Eucalyptus citriodora* possède une activité antifongique. Son efficacité *in vitro* contre différents champignons : *Candida albicans*, *Macrophomina phaseolina*, *Colletotrichum lindemuthianum*, *Fusarium oxysporum*, *Helminthosporium oryzae*, *Alternariatriticina*, *Rhizoctoniasolani*, *Alternariasolani*, a été démontrée par plusieurs travaux (**MARINIER et al., 2018**).

II.6.1.6. Activité Antiparasitaire

Plusieurs études ont rapporté l'efficacité de l'HE de l'*Eucalyptus citriodora* contre les nématodes gastro-intestinaux et les trypanosomes (MARINIER et al., 2018).

II.6.2. Activité Insecticide

A l'heure actuelle, il existe de nombreux répulsifs d'insectes constitués de substances chimiques. Cependant, compte tenu des effets nocifs de ces molécules chimiques sur la santé humaine, animale et sur l'environnement, la recherche s'est orientée vers les produits « naturels et sains ». L'*Eucalyptus citriodora* a souvent été cité dans la lutte contre les insectes. En effet, il s'agit d'une plante intéressante pour éloigner les insectes comme les moustiques, les tiques, les mouches, etc .. (MARINIER et al., 2018).

L'HE de l'*Eucalyptus citriodora* peut être pour une efficacité accrue, associée à d'autres HE comme celles de Géranium rosat et de Citronnelle de Ceylan. Non seulement, l'HE de *Eucalyptus citriodora* peut être utilisée en prévention des piqûres d'insectes mais également en curatif, après avoir été piqué, en raison de ses propriétés analgésiques au niveau cutané (MARINIER et al., 2018; ROUGER, 2020).

II.8. Toxicité des HE D'*E. citriodora*

L'intoxication à le plus souvent lieu par voie orale mais elle peut aussi se faire par voie locale, les doses trop élevées pourraient irriter les reins et l'apparition d'ulcère gastrique. Ainsi, il suffit d'une dose de 10 à 30 ml pour que l'HE soit mortel chez l'homme. Pour ce qui est de la toxicité chez les enfants pourront être utilisées avec parcimonie chez les enfants à partir de 2 ans, et seront autorisés à partir du 4ème mois de grossesse, on les utilisera cependant toujours avec parcimonie et avec l'avis d'un spécialiste (KOZIOL, 2015).

III. *Sitophilus oryzae*

III.1. Définition

Le *Sitophilus oryzae* connu sous le nom vernaculaire de charançon du riz en français, est un ravageur cosmopolite, considéré comme l'une des espèces les plus dévastatrices sur grains entreposés (GRENIERE et al., 2000). C'est un ravageur primaire, qui peut infester facilement les graines saines, permettant aux ravageurs secondaires, qui sont incapables de pulluler sur des graines saines, de causer davantage de dommages (HILL, 1990).

Chapitre I : Analyse Bibliographique

Charançon du riz est un insecte cléthrophage, qui attaque les céréales et leurs produits dérivés, avec une préférence pour le riz. Il est plus actif pendant la nuit (GRENIERE et al., 2000).

III.2. Position systématique de *Sitophilus oryzae* L

Le genre *Sitophilus* se reconnaît par la présence d'un rostre renflé triangulairement et portant les antennes à sa base (LEPESME, 1944), *Sitophilus oryzae* L. appartient à :

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda.

Sous embranchement : Hexapoda. Classe : Insecta

Ordre : Coleoptera.

Sous ordre : Heterogastra.

Famille : Curculionidae.

Sous famille : Calandrinae.

Genre : *Sitophilus*.

Espèce : *Sitophilus oryza* L.

Nom commun : Charançon du riz ou calandre du riz.

III.3. Origine et répartition géographique

Le charançon du riz cosmopolite, mais surtout présent en zones subtropicales et tempérées chaudes (BOUMALI, 2013), il est transporté vers les régions tempérées parmi les matières premières d'importation. Selon LEPESME, 1944, *Sitophilus oryzae* est d'origine indienne et largement répandue dans le monde entier et plus particulièrement aux Indes, Australie, dans le sud des États-Unis et dans la région méditerranéenne (Afrique du nord).

III.4. Description morphologique des différents stades de développement de l'insecte

III.4.1. Œuf

L'œuf de *S. oryzae* est piriforme, d'un blanc opaque et brillant (figure 12). Il mesure 0,6 à 0,7 mm de longueur et 0,2 à 0,3 mm de largeur (KERBEL AZZI, 2021).

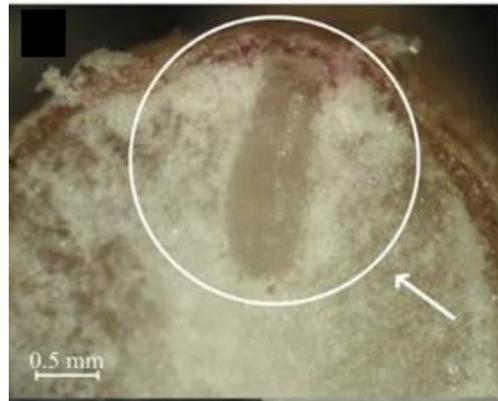


Figure 12: Œuf de *S. oryza* (KERBEL AZZI, 2021)

III.4.2. Larve

La larve est longue de 2,5 à 3 mm, de couleur blanche, de forme subcirculaire, apode et très peu velue (**figure 13**). Le premier stade mesure de 0,29 mm à 0,31 mm de longueur, le deuxième stade de 0,41 mm à 0,49 mm, le troisième stade de 0,88 mm à 10,1 mm et le quatrième de 1,35 à 1,5 mm (KERBELAZZI, 2021).



Figure 13 : larve de *S. oryza* (KERBEL AZZI, 2021)

III.4.3. Nymph

Une fois formée, la nymphe est de couleur blanche (**figure 14**), mais peu de temps après, elle devient jaune crème, elle mesure 3,75 à 4 mm de long sur 1.75 mm de large (KERBEL AZZI, 2021).

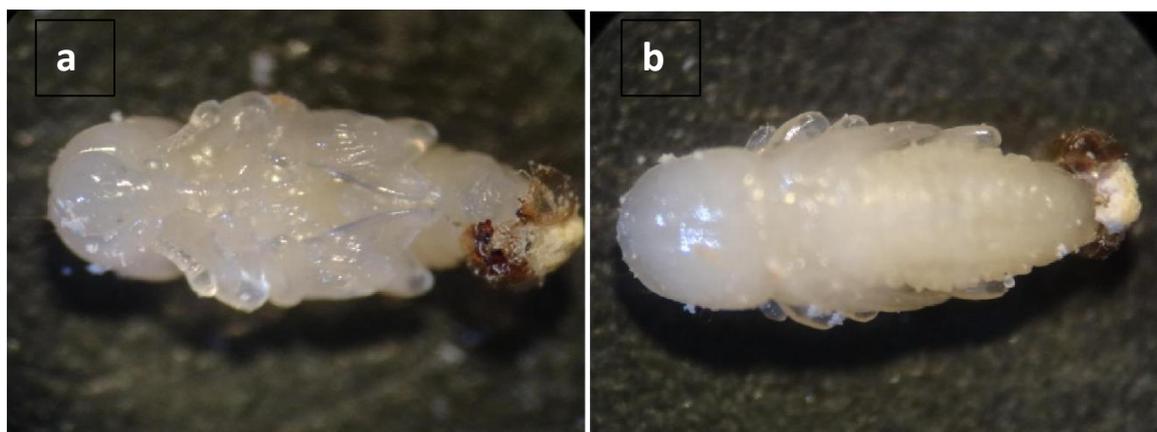


Figure 14 :Nymphe *S.oryzea* (a)vue ventrale (b) vue dorsal (KERBEL AZZI, 2021)

III.4.4.Imago

L'imago d'un brun à brun-roux, mesure 2,5 à 5 mm de long. Sa tête est munie d'un rostre, plus court que le pronotum, qui est cylindrique dans sa partie antérieure. Il est caractérisé par la présence de deux grosses tâches orangées sur les élytres qui sont ponctuées et striées. Les stries élytrales sont grossièrement ponctuées et les inter-stries finement ponctuées. Il possède des ailes postérieures membraneuses et peut voler (**figure 15**). Le rostre du mâle est plus court et plus épais et moins lisse que celui de la femelle: la face ventrale de l'abdomen est concave à l'apex chez le mâle à peu près plane chez la femelle (KERBEL AZZI, 2021).

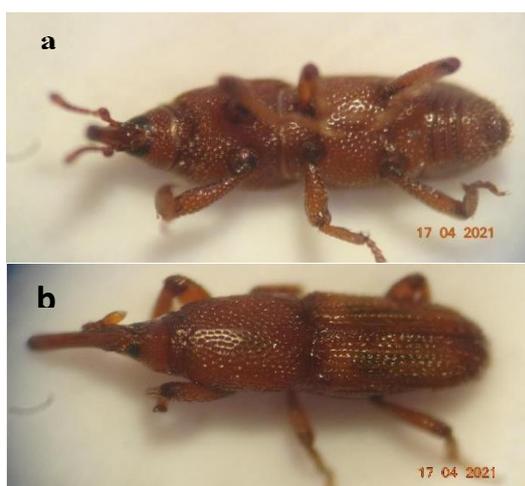


Figure 15 :L'imago de *Sitophilus oryzae* (a) vue ventrale (b) vue dorsale (KERBEL AZZI, 2021).

III.5.Régime alimentaire et dégâts causées par *Sitophilus oryzae*

Les charançons du riz s'alimentent et se multiplient aux dépens de nombreuses céréales : seigle, avoine, orge, blé, riz, maïs et peut même attaquer le pois chiche et le niébé

Chapitre I : Analyse Bibliographique

(DERRADJI-HEFFAF, 2013). Il est l'un des ravageurs primaires pour les céréales emmagasinées sur lesquelles il provoque une perte de poids et une diminution de la qualité des grains soit le germe des grains ce qui entraîne une perte germinative dans le produit stocké (figure 16) (CHALAAL et al.,2021).

Les dégâts de *S. oryzae* sont surtout causés par les larves, qui peuvent consommer la moitié ou le tiers de l'endosperme d'un grain de blé et les chiffres des pertes sont effrayants, il arrive qu'il atteigne 30 à 50% (DERRADJI-HEFFAF, 2013).



Figure 16 : Dégât causé par *sitophilus oryzae* (KERBEL AZZI, 2021)

III.6. Moyens de lutte

III.6.1.La lutte préventive

La méthode mécanique par le transilage des grains et leur nettoyage est pratiquée pour prévenir l'apparition des insectes dans les stocks (CRUZ et DIOP, 1989). De même que, la sélection des variétés de blé résistantes aux attaques des insectes (SECK, 1989).

III.6.2.La lutte physique

Plusieurs techniques physiques ont été pratiquées contre les insectes des denrées stockées plus spécifiquement le charançon du riz. D'après PAULIAN, 1988, l'irradiation des adultes fait varier le nombre des ovario les par fusion de ceux-ci entre eux, la diminution de la température (magasin réfrigéré) qui ralentit le développement des insectes. Cette pratique permet d'achever le séchage et de faire fuir ou de tuer les insectes grâce à la chaleur et à

Chapitre I : Analyse Bibliographique

l'incidence directe des rayons solaires d'atmosphère du milieu par ensilage hermétique dans un silo diminue la concentration en O₂ qui provoque par la suite la mort des calandres (STEFFAN, 1963; CRUZ et DIOP, 1989; GUEYE et *al.*, 2011).

III.6.3. La lutte chimique

Les produits chimiques sont représentés par différentes formulations, qui agissent par contact et autres par fumigation (FLEURAT-LESSARD, 2011). Les insecticides du contact tuent l'insecte qui entre en contact avec eux et représentent comme inconvénient majeur la persistance des résidus sur les grains et les denrées alimentaires (DJIDEL et *al.*, 2018)

De plus, les insecticides de contact n'ont pas d'effet toxique sur les formes cachées des insectes contrairement aux produits fumigatoires qui peuvent pénétrer dans la masse du grain et dans les fissures et ne laissent aucune trace sur les grains (GUEYE, 2011), Cependant, l'utilisation des produits chimiques agissant par fumigation peut entraîner des altérations préjudiciables au pouvoir de germination (DE GROOT, 2004). Tous ces insecticides chimiques, entraîneraient aussi des effets nocifs sur l'environnement et la santé humaine, des problèmes de disponibilité et du coût (CAMARA, 2009).

III.6.4. lutte biologique

Depuis l'évolution de la résistance des insectes des populations stockées envers les insecticides chimiques (LEPEUVRE, 1944), a incité à la recherche d'autres alternatives de lutte comme l'utilisation des ennemis naturels et les bio-pesticides d'origine végétales. Ces derniers ont fait l'objet de plusieurs travaux (FIELDS et *al.*, 2010), qui ont trouvé que la combinaison entre les saponines et le peptide extrait du pois ont un effet synergique sur la mortalité du *Sitophilus oryzae*. L'utilisation des extraits végétaux contre les insectes des stocks, est connue depuis longtemps. Selon LIPPERT, 1988, la pulvérisation d'infusion à base d'ail et de feuilles d'absinthe séchées sur les céréales stockées, se révéla efficace pour repousser les charançons ainsi que les larves de la farine.

CHAPITRE II
MATERIEL ET MÉTHODES

I. Objectif de cette étude

Notre expérimentation a pour objectif d'étudier l'effet de la durée de l'hydro-distillation sur le rendement et l'activité insecticide de l'huile essentielle extraite à partir de la plante *Eucalyptus citriodora*. Ce travail a été réalisé au niveau des laboratoires de l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire sise à Rue Issad Abbe, El Alia, Oued Smar, Alger : laboratoire de recherche Santé et Production Animale (SPA), laboratoire de biochimie préclinique et laboratoire de zoologie.

II. Matériel

II.1. Matériel non biologique :

L'appareillage et le matériel nécessaires pour la réalisation de notre travail expérimental, sont cités dans l'annexe n°1.

II.2. Matériel biologique

II.2.1. Matériel végétal

La plante sélectionnée pour cette étude est l'*Eucalyptus citriodora*. La récolte a été effectuée au niveau de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie (ENSA) sise à Hassen Badi, Oued Smar Daira d'El Harrach durant la période de Mai-Juin 2023 (**Figure 17**).



Figure 17: *Eucalyptus citriodora* (photo originale 2023)

II.2.1.1. Identification botanique de la plante

L'identification botanique de l'*E. citriodora* a été effectuée au niveau du département de botanique de l'ENSA par comparaison avec les spécimens de l'herbier du département.

II.2.1.2. Préparation du matériel végétal pour l'extraction

Après la récolte, les feuilles de la plante *E. citriodora* ont été découpées en petits morceaux, déposées sur des feuilles de papier et séchées à l'ombre, à température ambiante pendant une semaine (**Figure 18**).



Figure 18: Séchage des feuilles de l'*E. citriodora* (photo originale, 2023)

II.2.2. Matériel animal

L'insecte choisi pour cette étude est : *Sitophilus oryzae* adulte (**Figure 19**). Le choix de cet insecte se justifie par l'importance des dégâts de ce ravageur d'une part et la facilité de son élevage au laboratoire.

Les insectes sont placés dans des bocaux en verre, sur des grains de riz. Le riz provient d'un marché local d'Alger.



Figure 19 : *Sitophilus oryzae* (photo originale, 2023)

II.2.2.1. Identification

L'identification de l'insecte (**Figure19**) a été effectuée au niveau du laboratoire de zoologie de l'ENSV.

III. METHODES

III.1. Extraction de l'huile essentielle

L'extraction de l'huile essentielle de l'*Eucalyptus citriodora* a été effectuée par la méthode d'hydro-distillation à l'aide d'un appareil type Clevenger (**Figure 20**) au niveau du laboratoire de recherche SPA de l'ENSV. L'huile essentielle a été extraite à partir des feuilles de l'*E. citriodora* préalablement découpées et séchées.



Figure 20: Dispositif d'extraction de l'huile essentielle (photo originale, 2023).

III.1.1. Principe de l'hydro-distillation

Dans ce procédé d'extraction, le végétal est immergé dans l'eau portée à ébullition. La chaleur entraîne l'éclatement des cellules végétales et la libération des huiles essentielles volatiles et odorantes. Les vapeurs produites entraînent les constituants volatils vers le réfrigérant. La condensation du mélange organique gazeux, entraîne la séparation en deux phases liquides :

- Une phase organique huileuse très odorante appelée huile essentielle.
- Une phase aqueuse appelée hydrolat.



Figure 21 : Huile essentielle (photo originales, 2023)

III.1.2. Protocole d'extraction

100g de feuilles sèches et découpées de l'*E. citriodora* sont pesées (**Figure 22**) et introduites dans un ballon de 2L, rempli avec 1L d'eau distillée (**Figure 23**).



Figure 22 : Pesée de 100g de feuilles de l'*E. citriodora* (photo originale 2023)



Figure 23: Préparation du ballon (photo originale 2023)

Le ballon est ensuite chauffé à l'aide d'une chauffe ballon. La durée de chaque hydro-distillation menée en triplicata est : 30mn, 1h, 2h et 3h. Après évacuation de la phase aqueuse, l'huile essentielle est séchée avec du sulfate de sodium anhydre afin d'éliminer toute trace d'eau et filtré.

III.2. Conservation de l'huile essentielle

L'huile essentielle produite est conservée dans un flacon en verre teinté, fermé hermétiquement. Elle est conservée au réfrigérateur à une température de 4°C jusqu'à son utilisation.

Il est important d'étiqueter chaque flacon avec le nom de l'huile essentielle et la durée de l'hydro-distillation (**Figure 24**).



Figure 24 : Conservation de l'HE dans un flacon teinté (photo originale, 2023).

III.3. Calcul du rendement d'extraction

Le rendement en huile essentielle est défini comme étant le rapport en pourcentage entre le volume d'huile essentielle récupéré (ml) et la masse végétale (g). Le rendement en HE est donné par la formule suivante :

$$R_{HE}(\%) = V_{HE}/M_V \times 100$$

$R_{HE}\%$: Rendement en huiles essentielle (%)

V_{HE} : Volume de l'huile essentielle obtenue (ml)

M_V : Masse de la matière végétale utilisée (g)

Les calculs du rendement ont été effectués en triplicata pour chaque temps d'extraction (30min, 1h, 2h et 3h).

III.4.Élevage en masse de *Sitophilus oryzae*

L'élevage en masse des insectes de *Sitophilus oryzae* est réalisé au laboratoire de biochimie du département clinique, dans des bocaux en verre, lesquels sont recouverts avec un tulle moustiquaire pour assurer l'aération de l'élevage et éviter la sortie des adultes (**Figure 25**).

Les bocaux sont placés dans une étuve réglée à une température de $28\pm 2^\circ\text{C}$ et une humidité relative de 70-80% (**GONZALES, 2014**), ce qui constitue des conditions optimales pour le développement de cet insecte. Le but de cet élevage est l'obtention d'une génération d'insectes d'âge homogène, en nombre suffisant, pour mener les différents tests expérimentaux.



Figure 25 : Elevage en masse de *Sitophilus oryzae* (photo originale, 2023)

III.5. Evaluation de la toxicité de l'huile essentielle de l'*Eucalyptus citriodora* sur *Sitophilus oryzae*

L'évaluation de la toxicité de l'HE de l'*E. citriodora* par inhalation-contact a été réalisée au niveau du laboratoire de biochimie du département préclinique de l'ENSV.

III.5.1. Préparation des lots d'insectes

Des lots de dix insectes adultes (sans sexage) sont prélevés et placés dans des eppendorfs (Figure 26). Chaque lot d'insectes sera distribué dans des boîtes de Pétri en verre contenant le papier filtre Wattman.



Figure 26 : Préparation des lots de *Sitophilus oryzae* (photo originale 2023)

III.5.2. Préparation des solutions d'huile essentielle

Trois doses d'HE ont été préparées à partir d'une solution pure d'HE pour chaque durée d'hydro-distillation (Tableau III). L'acétone est le solvant de dilution utilisé. L'acétone assure une solubilité complète et rapide de l'huile essentielle, ce qui nous procure des solutions homogènes et une bonne répartition de l'huile essentielle. L'utilisation de l'acétone est préconisée, car ce dernier s'évapore rapidement sans laisser de résidus.

Nous avons réalisé cinq répétitions pour chaque dose.

Tableau III : Concentrations des solutions d'huiles essentielles

Echantillons d'HE	Doses d'HE $\mu\text{l/ml}$
HE _{30 min}	D1 : 200
	D2 : 300
	D3 : 450
HE _{1h}	D1 : 200
	D2 : 300
	D3 : 450
HE _{2h}	D1 : 200
	D2 : 300
	D3 : 450
HE _{3h}	D1 : 200
	D2 : 300
	D3 : 450

III.5.3. Evaluation de la toxicité par effet inhalation-contact

Les doses ont été choisies après plusieurs tests préliminaires. Chacune des solutions ainsi préparée a été répandue uniformément sur du papier filtre de 9 cm de diamètre posé dans une boîte de Pétri en verre de même diamètre. Dans le cas du lot témoin, le papier filtre est traité uniquement avec l'acétone.

Un lot de 10 insectes adultes a été introduit dans chaque boîte de Pétri contenant le papier filtre traité par la solution d'HE ou par l'acétone uniquement (**Figure 27**). Cinq répétitions ont

été effectuées pour chaque dose et les insectes morts ont été comptés toutes les 30min, 1h, 2h, 4h et 8h d'exposition.



Figure 27: Dispositif expérimental pour l'étude de la toxicité de l'HE (photo originale, 2023)

III.5.4. Calcul des mortalités

Les taux moyens des mortalités corrigées ont été calculés selon la formule d'Abbott, tenant compte des mortalités observées chez les témoins non traités (ABBOTT, 1925 ; PÜNTENER, 1981).

$$Mc = [(Mo-Mt) / (100-Mt)]*100$$

Mc : taux de mortalités corrigées (%)

Mo : taux de mortalité des lots traités (%)

Mt : taux de mortalités observées chez les témoins (%)

III.6. Analyse statistique

Toutes les données ont été saisies dans une base informatique classique (Excel 2010). La vérification et le traitement statistique des données sont effectués sur le logiciel XLSTAT Version 7.1.

L'analyse statistique descriptive a porté sur le calcul des taux de mortalités présentées sous forme de moyenne \pm écart-type, selon les doses administrées et le temps préconisé.

Des représentations graphiques, dont le but est d'apprécier l'évolution des taux de mortalités enregistrés. Les résultats obtenus, ont fait l'objet d'une analyse statistique par le test de

Chapitre II : Matériel et méthodes

Wilcoxon comparaison de deux échantillons appariés. Le seuil de signification choisi est d'au moins 5%.

CHAPITRE III
RÉSULTATS ET DISCUSSION

I. RÉSULTATS ET DISCUSSION

I.1. Rendement en huile essentielle

Les valeurs du rendement d'extraction pour chaque huile essentielle sont exprimées sous forme de moyennes \pm écart-type et sont portées sur la **figure 28** :

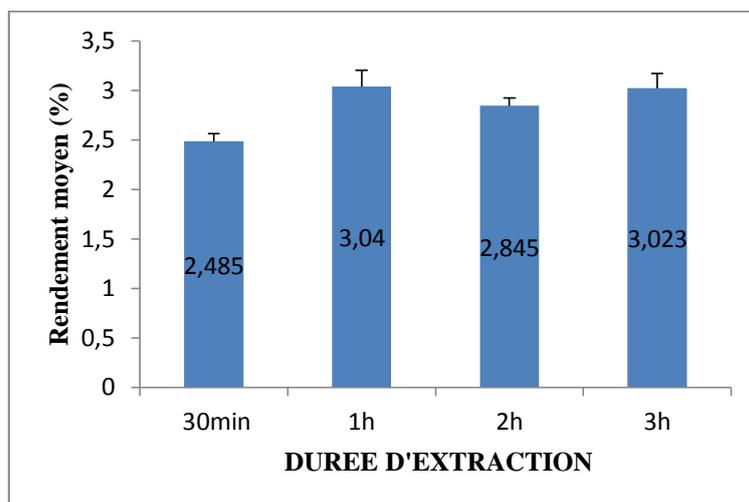


Figure 28 : Influence de la durée d'hydro-distillation sur le rendement d'extraction

Les durées de l'hydro-distillation de 1h et 3h ont permis d'obtenir un rendement d'extraction de 3,04% et 3,023% contre 2,845 et 2,485% obtenu pour l'HE_{2h} et HE_{30min} respectivement (**Figure 28**). Cependant, l'analyse de la variance portant sur l'effet de la durée de l'hydro-distillation sur la valeur du rendement d'extraction, montre qu'il n'y a pas de différence significative $p > 0,05$ et par conséquent, ces résultats suggèrent que la durée d'extraction n'a pas d'influence sur le rendement. Ces résultats sont en accord avec les travaux de **KERBOUCHE et al., 2015**.

En effet, les travaux de **KERBOUCHE et al. (2015)** portant sur l'effet de la durée de l'hydro-distillation sur le rendement de l'extraction des huiles essentielles de l'*Origanum floribundum*, ont permis de trouver des rendements de 4,5 et 4,7% pour des temps d'extraction de 30min et 1h respectivement, avec une différence non significative. Pour les temps d'hydro-distillation de 2h et 3h les rendements observés étaient de 5,08 et 5,1%

légèrement supérieur aux précédents et sans différence significative entre eux. Ainsi, la durée de l'hydro-distillation ne semble pas influencer significativement le rendement.

Cependant, le rendement peut être influencé par des paramètres intrinsèques et extrinsèques. L'altitude semble être le facteur environnemental le plus déterminant qui influence la teneur en huile essentielle (VOKOU and *al.*, 1993; DAOUDI-MERBAH and *al.*, 2016).

I.2. Evaluation de l'activité insecticide de l'huile essentielle de l'*Eucalyptus citriodora* contre *S. oryzae*

I.2.1. Activité insecticide de l'huile essentielle $_{30\text{min}}$ (HE $_{30\text{min}}$)

Les résultats des calculs des taux moyens de mortalités sont portés sur le **tableau IV** et sont exprimés sous forme de moyennes \pm écart-type.

Tableau IV: Taux des mortalités moyennes de *S. oryzae* en fonction du temps et de la dose de l'HE $_{30\text{min}}$

Echantillons	30 min	1h	2h	4h	8h	16h
Témoins	0%	0%	0%	0%	0%	0%
D1-200 $\mu\text{l/ml}$	0%	0%	2% \pm 4%	8% \pm 7%	96% \pm 8%	100% \pm 0%
D2-300 $\mu\text{l/ml}$	0%	0%	8% \pm 10%	18% \pm 15%	96% \pm 5%	100% \pm 0%
D3-450 $\mu\text{l/ml}$	0%	20% \pm 35%	56% \pm 39%	72% \pm 37%	100% \pm 0%	100% \pm 0%

L'analyse des résultats du (**Tableau IV**) décrit une bonne efficacité de l'HE $_{30\text{min}}$. En effet, un taux de mortalité de 56% est déjà observé après 2h d'exposition à la dose D3. A cette dose, les mortalités comptabilisées représentent 72% et 100% aux temps 4h et 8h respectivement.

100% de mortalité sont observées pour les doses D1 et D2 après 16h d'exposition.

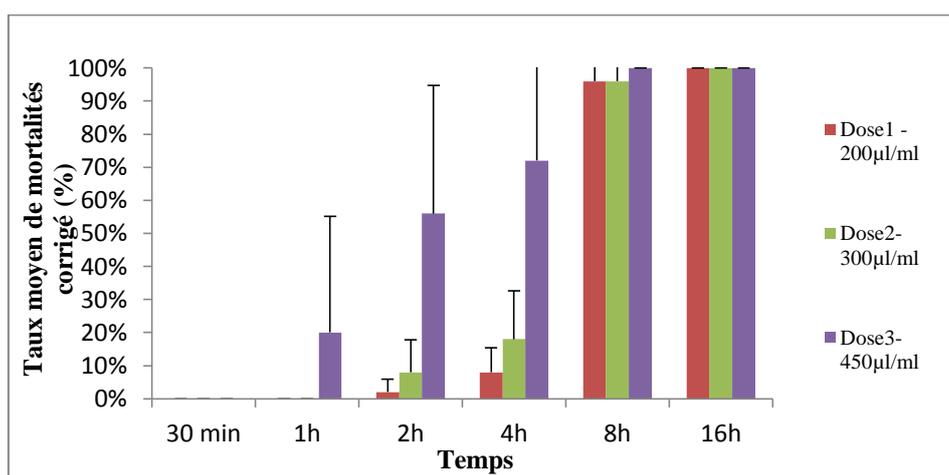


Figure 29 : Evaluation du taux de mortalité du *S. oryzae* traité par l'HE_{30min}

La mortalité des insectes *Sitophilus oryzae* évolue proportionnellement avec les doses d'HE utilisées et en fonction du temps d'exposition (**figure 29**). L'analyse statistique de la comparaison des taux de mortalités observés lors des traitements par les doses D1 et D2 a permis d'enregistrer des différences non significatives ($p > 0,05$). Par contre, la comparaison des taux de mortalités enregistrés suite aux traitements avec les doses D1 et D3, présente des différences significatives avec $p < 0,05$. Il en est de même, pour la comparaison des taux de mortalités observés lors des traitements par D3 et D2.

I.2.2. Activité insecticide de l'huile essentielle_{1h} (HE_{1h})

Les résultats des calculs des taux moyens de mortalités sont portés sur le **tableau V** et sont exprimés sous forme de moyennes \pm écart-type (**Tableau V**).

Chapitre III : Résultats et Discussion

Tableau V : Taux des mortalités moyennes de *S. oryzae* en fonction du temps et de la dose de l'HE_{1h}

Echantillons	30 min	1h	2h	4h	8h	16h
Témoins	0%	0%	0%	0%	0%	0%
D1 200µl/ml	0%	2%±4%	8%±12%	20%±17%	94%±5%	100%±0%
D2 300µl/ml	0%	0%	2%±4%	56%±20%	100%±0%	100%±0%
D3 450µl/ml	0%	12%±10%	52%±20%	100%±0%	100%±0%	100%±0%

L'analyse des résultats du (**Tableau V**) montre un taux de mortalité de 100% atteint après 4h d'exposition à l'HE_{1h} contre 20% et 56% enregistrés pour les doses D1 et D2 respectivement. Au bout de 8h d'exposition, 100% de mortalités sont atteints pour les D2 et D3 contre 94% de mortalité enregistré pour D1. Après 16h d'exposition, les mortalités atteignent 100% pour toutes les doses (**figure 30**).

La **figure 30** décrit l'évolution de l'activité insecticide de l'HE_{1h} qui est dose dépendante et qui augmente avec le temps d'exposition des insectes.

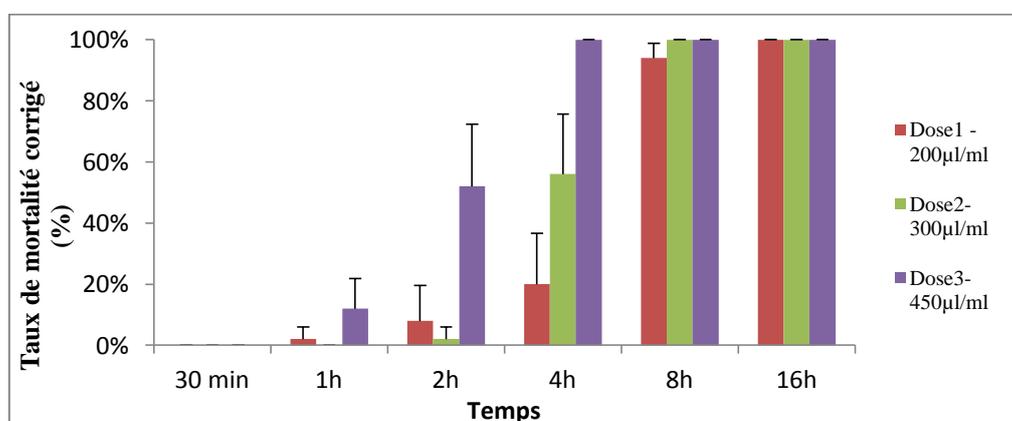


Figure 30 : Evaluation du taux de mortalité du *S. oryzae* traité par l'HE_{1h}

Chapitre III : Résultats et Discussion

L'analyse statistique des taux de mortalités cumulés au cours des traitements par les doses D1 et D2 a permis d'enregistrer des différences non significatives dans l'efficacité de la dose D1 et D2 ($p > 0,05$). Par contre, des différences significatives ($p < 0,05$) ont été enregistrées lors de la comparaison des taux de mortalités observés au cours du traitement par les doses D1 et D3. Il en est de même pour les doses D3 et D2.

I.2.3. Activité insecticide de l'huile essentielle_{2h} (HE_{2h})

Les résultats des calculs des taux moyens de mortalités sont portés sur le **tableau VI** et sont exprimés sous forme de moyennes \pm écart-type (**Tableau VI**).

Tableau VI: Taux des mortalités moyennes de *Sitophilus oryzae* en fonction du temps et de la dose de l'HE_{1h}

Echantillons	30 min	1h	2h	4h	8h	16h
Témoin	0%	0%	0%	0%	0%	0%
D1 200 μ l/ml	0%	0%	0%	2% \pm 4%	46% \pm 8%	100% \pm 0%
D2 300 μ l/ml	0%	0%	8% \pm 7%	44% \pm 12%	96% \pm 5%	100% \pm 0%
D3 450 μ l/ml	0%	42% \pm 7%	86% \pm 8%	100% \pm 0%	100% \pm 0%	100% \pm 0%

L'exposition à l'HE_{2h} a permis d'observer 46% et 100% de mortalité après 8h et 16h de traitement à la dose D1 respectivement. Le traitement par la dose D2 a enregistré un taux de mortalité de 44%, 96% et 100% avec des temps d'exposition de 4h, 8h et 16h respectivement.

Enfin, la dose D3 a entraîné une mortalité de 42% dès 1h de traitement. Un taux de mortalité de 86% et 100% est noté à 2h et 4h d'exposition (**Figure 31**).

La **figure 31** décrit une bonne activité insecticide évoluant proportionnellement avec la dose et le temps d'exposition.

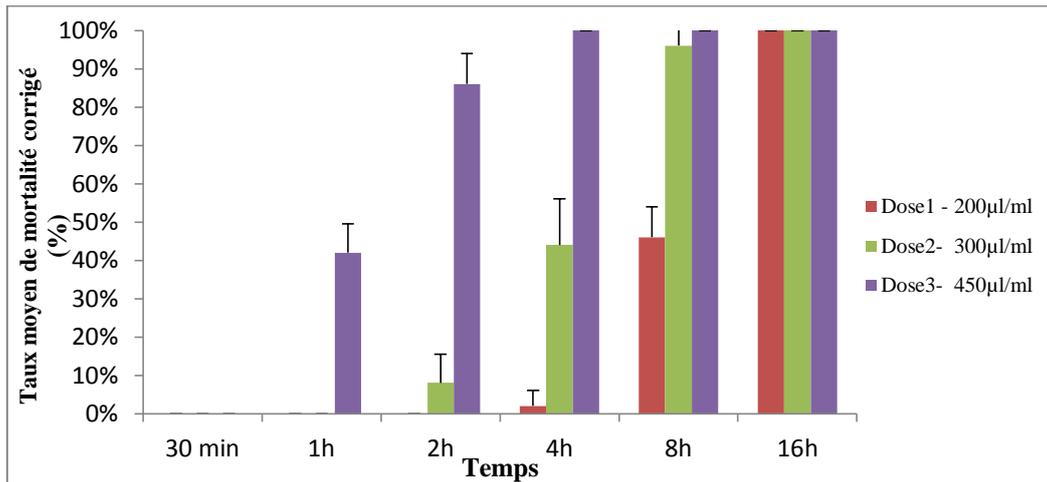


Figure 31 : Evaluation du taux de mortalité du *S. oryzae* traité par l'HE_{2h}

L'analyse statistique des taux de mortalités a révélé des différences non significatives entre les taux de mortalités enregistrés pour les doses D1 et D2 avec $p > 0,05$. Par contre, les taux de mortalités obtenus avec les doses D1 et -D3 et D3 et D2 présentent des différences significatives avec $p < 0,05$.

1.2.4. Activité insecticide de l'huile essentielle_{3h} (HE_{3h})

Les résultats des calculs des taux moyens de mortalités sont portés sur le **tableau VII** et sont exprimés sous forme de moyennes \pm écart-type (**Tableau VII**).

Tableau VII : Taux des mortalités moyennes de *Sitophilus oryzae* en fonction du temps et de la dose de l'HE_{3h}

Echantillon	30 min	1h	2h	4h	8h	16h	32h
Témoin	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
D1 200µl/ml	0%	18%±36%	46%±34%	70%±17%	84%±10%	96%±8%	100%±0%
D2 300µl/ml	0%	14%±28%	76%±8%	92%±7%	98%±4%	100%±0%	100%±0%
D3 450µl/ml	44%±29%	84%±14%	100%±0%	100%±0%	100%±0%	100%±0%	100%±0%

Chapitre III : Résultats et Discussion

Un taux de mortalité de l'ordre de 46% est enregistré dès 2h de traitement à la dose D1 par l'HE_{3h}. 70%, 84%, 96% et 100% sont observés à 4h, 8h, 16h et 32h de traitement respectivement. Le traitement par D2 a entraîné des taux de mortalité élevés, 76%, 92%, 98% et 100% pour des temps d'exposition de 2h, 4h, 8h et 16h respectivement. Enfin, la dose D3 a permis d'enregistrer 100% de mortalités dès 2h d'exposition (**figure 32**).

La **figure 32** décrit une activité insecticide intéressante de l'HE_{3h} évoluant proportionnellement avec la dose et le temps de traitement.

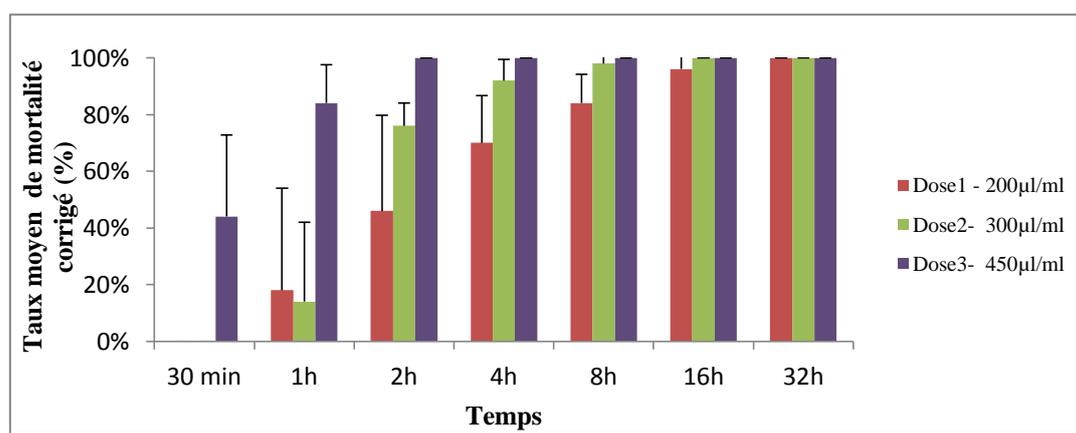


Figure 32 : Evaluation du taux de mortalité du *S. oryzae* traité par l'HE_{3h}

Des différences non significatives ont été enregistrées lors de la comparaison de l'efficacité des doses D1 et D2 ($p > 0,05$). Cependant, la comparaison des taux de mortalités observés suite au traitement des insectes par l'HE_{3h} aux doses D1 et D3 a révélé des différences significatives avec $p < 0,05$. Il en est de même pour la comparaison des taux de mortalité observés lors des traitements par l'HE_{3h} aux doses D3 et D2.

I.3. Efficacité des HE_{30min}, HE_{1h}, HE_{2h} et HE_{3h}

Ce présent travail, a permis de confirmer le pouvoir insecticide de l'huile essentielle de l'*E. citriodora* à l'égard du *S. oryzae*. L'HE_{3h} a permis d'enregistrer un taux de mortalité de 70% dès 4h d'exposition à la dose D1 contre 8%, 20% et 2% observés pour les HE_{30min}, HE_{1h} et HE_{2h} respectivement. A partir de 16h de traitement, on a pratiquement 100% de mortalité pour toutes les HE (**Tableau VIII**).

Chapitre III : Résultats et Discussion

Tableau VIII : Comparaison de l'efficacité des HE

	TE**	TM* HE _{30min}	TM* HE _{1h}	TM* HE _{2h}	TM* HE _{3h}
DOSE D1	30 min	0%	0%	0%	0%
	1h	0%	2%±4%	0%	18%±36%
	2h	2%±4%	8%±12%	0%	46%±34%
	4h	8%±7%	20%±17%	2%±4%	70%±17%
	8h	96%±8%	94%±5%	46%±8%	84%±10%
	16	100%±0%	100%±0%	100%±0%	96%±8%
	32h	100%±0%	100%±0%	100%±0%	100%±0%
	DOSE D2	30 min	0%	0%	0%
1h		0%	0%	0%	14%±28%
2h		8%±10%	2%±4%	8%±7%	76%±8%
4h		18%±15%	56%±20%	44%±12%	92%±7%
8h		96%±5%	100%±0%	96%±5%	98%±4%
16		100%±0%	100%±0%	100%±0%	100%±0%
32h		100%±0%	100%±0%	100%±0%	100%±0%
DOSE D3	30 min	0%	0%	0%	44%±29%
	1h	20%±35%	12%±10%	42%±7%	84%±14%
	2h	56%±39%	52%±20%	86%±8%	100%±0%
	4h	72%±37%	100%±0%	100%±0%	100%±0%
	8h	100%±0%	100%±0%	100%±0%	100%±0%
	16h	100%±0%	100%±0%	100%±0%	100%±0%
	32h	100%±0%	100%±0%	100%±0%	100%±0%

Pour la dose D2, 2h d'exposition à l'HE_{3h} suffisent pour entrainer une mortalité de 76% contre un taux de mortalité de 8%, 2% et 8% observés après traitement à l'HE_{30min}, HE_{1h} et HE_{2h} respectivement. Au bout de 16h de traitement à la dose D2, un taux de 100% de mortalité est atteint pour toutes les HE.

Chapitre III : Résultats et Discussion

La dose D3 a permis d'observer un taux de mortalité de 84% dès 1h d'exposition à l'HE_{3h}, contre un taux de mortalité de 20%, 12% et 42% retrouvés pour les HE_{30min}, HE_{1h} et HE_{2h} respectivement. Après 2h d'exposition à l'HE_{3h}, on enregistre 100% de mortalité. Les 100% de mortalité sont atteints au bout de 4h de traitement avec l'HE_{1h} et l'HE_{2h}, contre 72% mortalité enregistrés pour le traitement avec l'HE_{30min}. Au bout de 8h d'exposition, 100% de mortalité sont observées pour toutes les HE extraites.

Les huiles essentielles ont fait l'objet de nombreux travaux dans le cadre de la lutte biologique contre les ravageurs qui menacent aussi bien les cultures que les denrées stockées.

En effet, le potentiel des HE essentielles à diminuer d'une manière très significative les populations des insectes ravageurs a été mise en évidence par de nombreux travaux (**EL-NAHL et al., 1989 ; REGNAULT-ROGER et al., 1993 ; TUNÇ et al., 2000 ; LEE et al., 2004**).

Des études antérieures ont démontré que la toxicité des huiles essentielles isolées à partir d'échantillons de plantes contre les ravageurs des produits stockés peut être différente et peut être attribuée à leurs différentes compositions chimiques et à leurs différents composants majeurs et/ou mineurs (**YILDIRIM and al., 2011**).

L'activité insecticide de l'*Eucalyptus citriodora* est attribuée essentiellement au citronellal, composant majoritaire de cette dernière (**KOZIOL, 2015**).

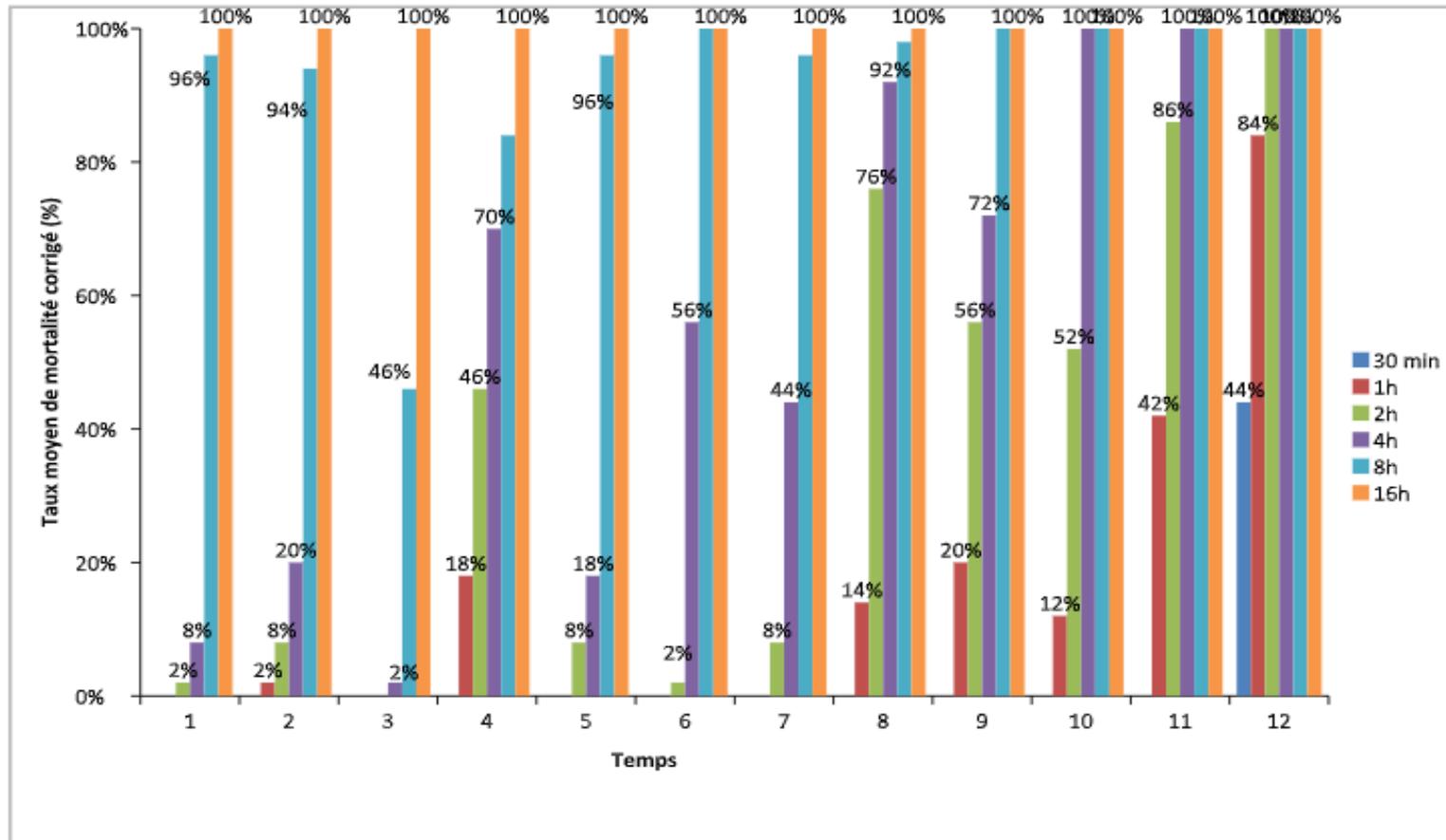


Figure 33 : Comparaison des taux moyens de mortalité

Chapitre III : Résultats et Discussion

L'analyse des résultats de la comparaison des taux moyens de mortalités cumulées en fonction de la dose de chaque HE et du temps d'exposition, a permis d'observer une différence hautement significative ($P < 0,0001$) dans l'activité insecticide des HE de l'*Eucalyptus citriodora* (**figure 33**).

En effet, l'activité insecticide la plus élevée a été attribuée à l'huile essentielle obtenue après une durée d'hydro-distillation de 3h. Ce temps d'extraction a permis d'obtenir l'huile essentielle la plus efficace.

Ces résultats suggèrent que le temps d'hydro-distillation de 3h a permis de libérer les constituants actifs nécessaires à une activité insecticide optimale. Ces résultats sont en accord avec ceux de **BENCHABANE et al., 2015**, dont les travaux ont montré que la durée de l'hydro-distillation avait un effet significatif sur la composition et la bio-activité de l'huile essentielle.

Le temps d'extraction est un facteur important à considérer dans le cadre de l'optimisation d'une activité biologique.

CONCLUSION

Conclusion

Cette étude porte sur l'effet de la durée d'hydro-distillation sur le rendement et l'activité insecticide de l'huile essentielle extraite à partir des feuilles d'*Eucalyptus citriodora*.

Les durées de l'hydro-distillation de 1h et 3h ont permis d'obtenir un rendement d'extraction de 3,04% et 3,023% contre 2,845 et 2,485% obtenu pour l'HE_{2h} et HE_{30min}. L'analyse statistique montre qu'il n'y a pas de différence significative $p > 0,05$, donc la durée d'extraction n'a pas d'influence sur le rendement. Ce résultat est intéressant dans la mesure où l'huile essentielle extraite pendant une durée de 1h fournit un rendement qui n'est pas différent de celui obtenu pour une durée d'extraction de 3h. L'hydro-distillation étant une méthode consommatrice d'énergie, une durée d'hydro-distillation plus courte permettra une économie d'énergie importante et donc un moindre coût de l'extraction.

Les essais biologiques ont pu mettre en évidence la toxicité des huiles essentielles de l'*Eucalyptus citriodora* extraites à 30min, 1h, 2h et 3h d'hydro-distillation, sur les adultes de *Sitophilus oryzae* selon le mode d'action inhalation-contact, cette toxicité évolue proportionnellement avec les doses d'HE utilisées et en fonction du temps d'exposition.

L'analyse statistique des résultats de la comparaison de l'activité insecticide des HE extraites à 30min, 1h, 2h et 3h a permis d'enregistrer une différence hautement significative. En effet, les taux de mortalité les plus élevés ont été enregistrés au cours du traitement des insectes par l'HE_{3h}. 100% de mortalité sont observés dès 2h d'exposition des adultes de *Sitophilus oryzae* à l'HE_{3h} à une concentration de 450µl/ml, contre des taux de mortalité de 56%, 52% et 86% obtenus pour les HE de 30min, 1h et 2h respectivement à la même concentration. Le temps d'extraction est donc un facteur important à prendre en considération pour une activité biologique optimale.

De nombreuses perspectives de recherche peuvent être dégagées de cette étude, il serait notamment intéressant :

- D'analyser la composition des HE extraites à 30min, 1h, 2h et 3h, afin d'identifier l'impact de la durée d'extraction sur la composition de l'HE.
- D'identifier et d'isoler les molécules bioactives responsables de l'effet insecticide

- D'étudier la toxicité des HE issues de différentes durées d'hydro-distillation sur d'autres insectes nuisibles.
- De réaliser d'autres extractions pour essayer d'autres durées d'hydro-distillation en vue d'optimiser l'efficacité de cette huile essentielle.
- De comparer l'efficacité de pesticides chimiques de synthèse avec les HE.
- D'étudier la toxicité des huiles essentielles.
- D'étudier la qualité organoleptique des denrées stockées après traitement par les HE.

Références bibliographiques

Références Bibliographique

- Abbott,W.S. (1925)A method for computing effectiveness of an insecticide. J. Econ.Entomol. **18**, 265–268.
- Ait aider, FA., Kellouche, A., Fellag, H., Debras, JF., (2016)Evaluation of the bioinsecticidal effects of the main fatty acids of olive oil on *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae) in cowpea (*Vigna unguiculata*) (L.). JPDP. 123, 235-245.
- Ait Chaouche F S. (2018) Composition chimique et activité antioxydante , antimicrobienne et insecticides des huiles essentielle et des extraits Lamiaceae, thèse Ecole Supérieure Nationale (ENSA) El-Harrach-Alger .
- Alliche S et Boughani D, (2017) Etude de la toxicité de l’huile d’olive de différentes régions de la Kabylie à l’égard de quelques ravageurs des denrées stockées.Mémoire deUniversité MOULOUD MAMMERI de Tizi-Ouzou.
- Anonyme 1(2018). Huile essentielles introduction, aux huiles essentielles, utilisation des huiles essentielle.<https://www.youngliving.com/blog/eu/fr/comment-utiliser-les-huiles-essentielles>.
- Anonyme 2 (2023). Isoprène. <https://g.co/kgs/eoY6VR>.
- Anonyme 3(2023).Terpene hydrocarbons-monoterpenes. <https://images.app.gl/NDKLSt8ctGmTXCVt9>.
- Anonyme 4(2023).Chemical structure of cinnaldehyde.<https://www.caymanchem.com/product/23159>.
- Anonyme 5(2022). Catabolism of phenylalanine and tyrosine and associated metabolic disorders.<https://www.simplepharmanotes.com/2022/07/catabolism-of-phenylalanine-and.html?m1>.
- Anonyme6(2023).Aldéhyde cinnamique.<https://images.app.goo.gl/XCM7D4aZFi5hqtDb7>.
- Anonyme 7.(2023). La distillation c’est tout un art.<https://images.app.goo.gl/6wT5jaNjj6jwwosk9>
- Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D et Idaomar M (2008)Biological effects of essential oils- A review. Food Chem Toxicol; 46: 446-475.
- Béliveau R et Gingras D(2005). Les aliments contre le cancer. Edition du trécaré. Outremont, 213 p. Garden P (1997) - Superoxide-drivena-conitase FE-S-Center-cycling. Bioscience Reports. 17: 33- 42.

Références Bibliographique

- Benchabane Otmane ;Hazzit Mohamed ;Mouhouche Fazia ; Baaliouamer Aoumeur (2015) Influence of Extraction Duration on the Chemical Composition and Biological Activities of Essential Oil of *Thymus pallescens* de Noé. Arab J Sci Eng (2015) 40:1855–1865.
- Benouali D(2016) Extraction et identification des huiles essentielles. Mémoire de Master, Université Mohamed Boudiaf.
- Boukhatem M N, Ferhat A et Kameli A (2019) Méthodes d'extraction et de distillation des huiles essentielles :Revue de littérature .revue agrobiologia 9(2) :1653-1659.
- Bouzid DJ (2018) Évaluation de l'activité biologique de l'huile essentielle d'une plante endémique *Hélichrysum italicum* (Roth) G. DON .Thèse de Université ferhat abbas sétif 1 faculté des sciences de la nature et de la vie, laboratoire de microbiologie appliquée.
- Bruneton J (1987) Eléments de Phytochimie et Pharmacognosie. Lavoisier Paris Technique et Documentation, 1987, p 585.
- Bruneton J (2009) Pharmacognosie, phytochimie : Plantes médicinales.4èmeéd, Pairs, Tec& Doc, p 1269.
- Bruneton J.Pharmacognosie(1999) Phytochimie, plantes médicinales. 3ème éd., Tec & Doc. Lavoisier , Paris, 1999.
- Butterfield D and Louder Back C (2002) Lipid peroxidation and protein oxidation in Alzheimer disease brain: potential causes and consequences involving amyloid beta-peptide-associated free radical oxidative stress. Free Radical Biology and Medicine, 32: 1050-1060.
- Chaalal H et Gherair M et Zeggou I , (2021) L'étude de l'effet bio-insecticide de deux huiles essentielles de nigella sativa et piper nigrum vis-à-vis Sitophilus oryzae (L) et Sitophilus granarius (L). Mémoire Université Ibn Khaldoun–Tiaret.
- Crus J F et Diop A (1989) Génie agricole et développement : techniques d'entreposage. Bulletin des services agricole de la FAO, 124p.
- Dal B.G., Padin S., Lopez lastra C., Fabrizio M., (2001)Laboratory évaluation of chemical-biological contról of the rice weevil (Sitophilus Oryzae L.) in stored grains. Journal of Stored Products Research, 37, 77-84.
- Daoudi-Merbah F, Hazzit M, Dahmani-Megrerouche M(2016)Influence of morphological variability and habitat on the chemical composition of essential oils of an Algerian

Références Bibliographique

- endemic *Origanum* species (*Origanum floribundum* Munby). *Chem Biodivers* ; 13:1088–94.
- De-groot I (2004) Protection des céréales et des légumineuses stockées. *Agrodok* 18, fondation Agromisa , Wageningen, 74p.
 - Derradji-heffaf F (2013) Composition chimique et activité insecticide de trois extraits végétaux à l'égard de *Sitophilus Oryzae*(L.) (Coléoptera : Curculionidae).Thèse d'École doctorale : Biologie et Écologie en Zoologie Agro-Forestière.
 - Djermoun A., (2009) La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques, *Revue Nature et Technologie*, (1), 45-53.
 - Djidel A, Daghbouche S, Benrima A et Djazouli Z, (2018) Evaluation de l'activité insecticide de l'extrait aqueux brut de la fabacae *Cytisus triflorus* l'her à l'égard *detribolium castanium* (HERBST, 1797) (COLEOPTERA: TENEBRIONIDAE).*Revue Agrobiologia* 8(2) :1093-1102.
 - Dogenski M, Ferreira N et Oliveira A L (2016)Extraction d'huile essentielle et de résine de *Corymbia citriodora* à l'aide de dioxyde de carbone proche et supercritique. *le journal des fluides supercritiques* (115)54-64.
 - Don-Pedro, KN.,(1989) Mechanism of action of some vegetable oils against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) on wheat. *J. Stored Prod. Res.* 25, 217–223
 - Doukhani K., Tabak S., Gourchala F., Mihoub Founes M., Benbag uara M., (2013)Caractérisation physicochimiques du blé fermenté par stockage souterrain(Matmora), *Revue Écologie Environnement*, (9),1-9.
 - Edris A E (2007) Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents: A review. *Phytotherapy Research* 21: 308-323.
 - EL Nahal, G.H., Schimidt, A.K.M., Risha, E.M.(1989)Vapours of *Acarus calamus* oil-a space treatment for stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, 25, 211–216.
 - Fabian D, Sabol M, Domaracha K and Bujnakova D (2006) Essential oils-their Antimicrobial activity against *Escharichia coli* and effect on intestinal cell viability. *Toxicology in vitro* 20: 1435-1445.

Références Bibliographique

- Fields P G ,Woods S and Taylor W G (2010) Triterpenoid saponins synergize insecticide peptides : effect on feeding and survival of *Sitophilus Oryzae*(Coleoptera : Curculionidae) *The Canadian Entomologist*, 142 (5) : 501-512
- Fleurat-Lessard F (2011) Les stratégies de lutte chimique en pré- et post-récolte en Afrique in HUIGNARD et al : insectes ravageurs des graines de légumineuses : Biologie des bruchinae et lutte raisonnée en Afrique. Ed. E., pp: 75-90.
- French R. C., (1985) The bio-regulatory of flavour compounds on fungal spores and other propagules. *Am. Rev. Phytopathol.*, 23: 173-199.
- Garden P. (1997) - Superoxide-driven nitric oxide synthase FE-S-Center-cycling. *Bioscience Reports*. 17 : 33- 4
- GBIF (2020) GBIF (Global Biodiversity Information Facility). *Eucalyptus citriodora* Hook, 1848. Publié dans : T. L. Mitchell, J. exped. Trop. Australia 235 1848. Source : Catalogue of Life.
- Ghanmi M ,Satrani B, Aberchane M, Ismaili R, Aafi A et El abidi A.(2011) Plantes Aromatiques et Médicinales du Maroc Les millepertuis et une vertus, La collection Maroc Nature est éditée par le Centre de Recherche Forestière, p 13-14
- Gonzalez, J O W, Gutiérrez, M M, FERRERO, A A, Beatriz F B(2014) Essential oils nanoformulations for stored-product pest control – Characterization and biological properties. *Chemosphere* 100,130–138.
- Grenier A M, Wajnberg E, Charles H, et Nardon P(2000) Variabilité de facteurs biologique et comportementaux dans les populations des trois espèces de *Sitophilus* (Coleoptera : Curculionidae) inféodées aux céréales et produits dérivés, et leur importance dans la caractérisation des espèces. *Annales de la société entomologique de France (n.s)*36 : 223-238.
- Guèye M T ,Seck D ,Wathelet J P ,Lognay,G(2010) Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale : synthèse bibliographique P 87.
- Hill D S (1990) *Pest of stored products and their control*. London, Brit. Library, 274p
- Huignard J. (1985) Importance des pertes dues aux insectes ravageurs des graines: problèmes posés par la conservation des légumineuses alimentaires, source de protéines végétales. *Cah. Nutr. Diet.*, 20 (3) : 193- 200.

Références Bibliographique

- Hyldgaard M, Mygind T, Meyer R L(2012) Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. *Frontiers in Microbiology*, 3: 1-24
- Inoye S et Abe repot (2003) Comparative study of antimicrobial and cytotoxic effects of selected essential oils by gesous and solution contacts *International Journal of Aromatherapy*, Vol 13p 33-34.
- Isman M B (1994)Botanical insecticides. *Pesticide Outlook*, 5(3): 26-26.
- Johnson F, Oussou K R,Kanko C, Tonzibo Z F,Foua-Bi K and Tano Y(2018). Bioefficacite des Huiles Essentielles de Trois Especes Vegetales (*Ocimum Gratissimum*, *Ocimum Canum et Hyptis Suaveolens*), de la Famille des Labiees dans la Lutte Contre *Sitophilus Zeamais*. *European Journal of Scientific Research*. ISSN 1450-216X / 1450-202X Vol. 150, pp. 273-
- Johnson, F(2001) Effets de poudres et d'extraits de 4 variétés de plantes (*Ocimum canum*, *O.gratissimum*, *Mentha sp* (tige jaune), *Mentha sp* (tige violette)) sur quelques paramètres biologiques de *Callosobruchus maculatus*, en laboratoire. Mémoire de DEA Université Cocody, Abidjan 64 p.284.
- Kerbel-azzi s (2022) Valorisation des grignons d'olive comme un moyen alternatif de lutte contre deux insectes ravageurs des graines stockés, *Sitophilus Oryzae* (linnaeus) (coleoptera : Curculionidae) et *Rhyzopertha dominica* (fabricius) (coleoptera : Bostrychidae).Thèse de Université Mouloud MAMMERI de Tizi – ouzou faculté des sciences biologiques et des sciences Agronomiques département de biologie.
- Kerbouche L, Hazzit M, Baaliouamer A and Akretche S (2021) Distillation time effecting on the composition of *Origanum floribundum* essential oils and their antioxidant and antimicrobial activities. *Z. Naturforsch.* ; 76(3–4)c: 153–160
- Khan, A.R., Selman, B.J., (1988) On the mortality of *Tribolium castaneum* adults treated sublethally as larvae with pirimiphos methyl, *Nosema whitei* and pirimiphos methyl-N. *whitei* doses. *Entomophaga* 33, 377±380.
- Koziol N (2015)Huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus*, d'*Eucalyptus radiata*, de *Corymbia citriodora* : qualité, efficacité et toxicité . Université de Lorraine .luides supercritiques, pages 54-64.

Références Bibliographique

- Kumar R., (1991) La lutte contre les insectes ravageurs. La situation de l'agriculture africaine. Ed. Karthala et C.T.A., 6-160.
- Lahlou M., (2004) Méthodes to study the phytochemistry and bioactivity of essentielle oils, phytother. Res. N° 18, pp. 435-448. Anonyme, 2004. Statistiques douanières. INS, PNR République de Côte d'Ivoire 1p.
- Lee, B.-H., P. C. Annis, F. Tumaaliia and W.-S. Choic (2004) Fumigant toxicity of essential oils from the Myrtaceae family and 1,8-cineole against 3 major stored-grain insects. *J. Stored Prod. Res.* 40: 553–564.
- Lepesme P (1944) Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés. Ed. P. Le chevalmier , Paris pp. 61-67.
- Lepeuvre J C (1985) Insectes, insecticides et santé : colloque national, utilisation des insecticides. Angers, éd : ACTA, 609p.
- Likibi N B, Tsibi G, Madiélé M A B, Etou O A W , Nsikaba S et Maurille O J (2019) Profils chimiques commes des huiles essentielles d'Eucalyptus citriodora hook .(Myrtaceae) et de Cymbopogon Nardus (L) Rendle (Poaceae) of congo – Brazzaville Americain Journal of Innovation Resresearch ans Applied Science. ISSN 2429-5366.
- Lipesme P (1944) les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés, Ed. Encyclopédie Entomologique, Paris :2-335.
- Lippert F(1988) Utilisation des plantes aromatique et médicinales en agriculture. Guy Tredaniel.150p.
- Magdy I. E. MOHAMED1 and Samir A. M. ABDELGALEIL(2008) Chemical composition and insecticidal potential of essential oils from Egyptian plants against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Appl. Entomol. Zool.* 43 (4): 599–607.
- Manantoanina A H (1984) Extraction d'arômes alimentaires : cas du gingembre. Mémoire de fin d'étude Antananarivo, Université d'Antananarivo; Département Industries Agricoles et Alimentaires, ESSA, 1984,78p.
- Marinier C, Mattar L et Koziol N (2018) Huiles essentielle de corymbia citriodora . *Actualités phamaceutiques* 57(577),55-56.

Références Bibliographique

- Marsans, G., (1987) Manejo y Conservación de Granos. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires, p. 266.
- Mayer F (2012) Utilisations thérapeutiques des huiles essentielles : Etude de cas en maison de retraite. Thèse de doctorat en pharmacie, p11, 25, 26,27, Université de lorraine.med.68, 164-167.
- Moghaddam M, Mehdizadeh L(2017) Chemistry of essential oils and factors influencing their constituents. In Soft chemistry and food fermentation, Handbook of Food Bioengineering, 3: 379-419.
- Nasri S, (2022) Méthodes d'utilisation des plantes insecticides contre Sitophilus Sp. UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA
- Pauli A (2001) Antimicrobial properties of essential oil constituents. International Journal of Aromathérapie , 11 : 126-133.
- Paulian R (1988) Biologie des coléoptères. Le chevalier, Paris, 720 p.
- Pinto Jr, A.R., Furiatti, R.S., Pereira, P.V.S., Lazzari, F.A., (1997) Avaliação de Insecticidas no Controle de Sitophilus oryzae (L.) (Coleoptera: Curculionidae), e Rhyzopertha dominica (Fab.) (Coleoptera: Bostrichidae) em Arroz Armazenado. Anais da Sociedade Entomologica do Brasil 26, 285±290.
- Püntener, W (ed.)(1981) *Manual for field trials in plant protection*. Ciba-Geigy.
- Rana S v, Das M ,Blazquez (2016) Rendement en huile essentielle, composition chimique et teneur totale en citral de neuf cultivars d'espèces cymbogon de l'ouest de l'ind.
- Regnault-Roger, C., A. Hamraoui, M. Holeman, E. Theron and R. Pinel (1993) Insecticidal effect of essential oils from mediterranean plants upon *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Bruchidae), a pest of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Chem. Ecol.* 19: 1233–1244.
- Richter G, Reymond G (1993) Métabolisme des végétaux: physiologie et biochimie. Éd. Presses polytechniques et universitaire Romandes 526 ;12p.
- Rilly I. T., NNicol J. M., Dababat A. A., (2009) Céréale cyst nematodes: status research and outlook, Turkey, CIMMYT, 242p.
- Rouger C (2020) huile essentielle d' *Eucalyptus globulus* , d'*Eucalyptus radiata* et de *Corymbiacitriodora* : botanique, aromathérapie et enquête auprès des pharmaciens d'officine Université Bordeaux U.F.R Des sciences pharmaceutiques, thèse numéro 96.

Références Bibliographique

- Sanou F, (2018) Effet d'extraits de neem (*Azadirachta indica* A. Juss) alternés avec des pesticides biologique et chimique sur l'entomofaune du chou (*Brassica oleracea* L.) à l'Ouest du Burkina Faso.Mémoire de UNIVERSITE NAZI BONI (UNB).
- 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 Rev. Sénégal des recherches agric , vol : 2, n°3-4-1988.
- Singh H P, Kaur S, Negi K, Kumari S, Saini V, Daizy R. Batish et Kohli R K (2012) Assessment of in vitro antioxidant activity of essential oil of *Eucalyptus citriodora* (lemon-scented Eucalypt; Myrtaceae) and its major constituents. LWT-Food Science and Technology 48:237-241.
- Staub H et Bayer L(2013)Traité approfondi de phyto-aromathérapie avec présentation de 750 huiles essentielles connues. Paris: Grancher 683 ;685.
- Steffan J R (1963)Tribu des calandrinii . Les calandres des grains(*Sitophilus*). In BALACHOWSKYA.S., Entomologie appliquée à l'Agriculture. Paris, Masson éd 1,2 : 1070 1099.
- Traikia A et Mansouri M, (2020) Etude des caractéristiques physiques et chimiques des huiles essentielles du clou de girofle et de l'eucalyptus.Mémoire de UNIVERSITE 08 MAI 1945 GUELMA.
- Tunc, I., Berger, B.M., Erler, F., Dagli, F.(2000) Ovicidal of essential oils from five plants against two stored-product insect. Journal of Stored Products Research, 36, 161–168.
- Vokou, D. S. kokkini, JM Bessiere. *Syst. Ecol*,(1993) vol. 21, p. 287.
- Wiley R(2023). Cis-beta-bisabolene.<https://images.app.goo.gl/NDKLSt8ctGmTXCVt9>.
- Yildirim E, Kordali S,Yazici G (2011) Insecticidal effects of essential oils of eleven plant species from Lamiaceae on *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Romanian Biotechnological Letters*. Vol. 16, No. 6.

Annexes

Annexe

❖ Appareillage

- Etuve
- Clevenger
- Balance analytique

❖ Matériel

- Chauffe ballon
- Ballon de 2 L
- Pipettes et des micropipettes
- Boîtes de Pétri de 9 cm de diamètre
- Papiers filtres de 9 cm de diamètre
- Les tubes et flacons en verre
- Bocal en plastique
- Loupe binoculaire
- Pince
- Bécher
- Aluminium
- Etiquettes

❖ Solvant

- Acétone
- L'eau distillée

Résumé

ملخص:

يهدف عملنا الى دراسة تأثير مدة التقطير المائي على المحصول و النشاط المبيد الحشرات للزيت العطري للنبات اوكاليبتوس سيتريودورا على آفات البضائع المخزنة سيتوفيلوس اوريزاي . الزيوت اساسية من اوكاليبتوس يتم استخلاص سيتريودورا عن طريق التقطير المائي باستخدام أوقات استخلاص تبلغ 30 دقيقة و ساعة واحدة ، ساعتين ، 3 ساعات . اظهر التحليل الإحصائي نتائج دراسة تأثير مدة الاستخلاص على المحصول أنه لا يوجد فرق معنوي . $p < 0,05$ تمكنت الاختبارات البيولوجية من اثبات ان العطرية سامة المستخرجة في أوقات مختلفة من التقطير المائي على الفئة البالغة من حشرة سيتوفيلوس اوريزاي . و لوحظ حدوث تفوق بنسبة 100% ضد سيتوفيلوس اوريزاي بتركيز D3 بعد ساعتين من التعرض للزيت العطري المستخرج من 3 ساعات من الزمن . ان تحليل نتائج مقارنة فعالية المبيدات الحشرية للزيت الأساس جعل من الممكن ملاحظة فرق كبير للغاية ، $p < 0.0001$

الكلمات المفتاحية: زيت اوكاليبتوس سيتريودورا ، الزيت العطري ، التقطير المائي ، نشاط المبيدات الحشرية ، سيتوفيلوس اوريزاي .

RÉSUMÉ

Notre travail vise à étudier l'effet de la durée de l'hydro-distillation sur le rendement et l'activité insecticide de l'huile essentielle de *Eucalyptus citriodora* sur les ravageurs des denrées stockées *Sitophilus oryzae*. Les HE de l'*E. citriodora* sont extraites par hydro-distillation, selon des temps d'extraction de 30min, 1h, 2h et 3h. L'analyse statistique des résultats de l'étude de l'effet de la durée d'extraction sur le rendement, montre qu'il n'y a pas de différence significative $p > 0,05$.

Les essais biologiques ont pu mettre en évidence la toxicité des huiles essentielles de l'*E. citriodora* extraites à différent temps d'hydro-distillation, sur les adultes de *S. oryzae*. L'HE obtenue après une durée d'hydro-distillation de 3h, a permis d'observer l'activité insecticide la plus élevée, avec un taux de mortalité de 100% enregistré dès 2h d'exposition à la concentration de 450µl/ml.

L'analyse des résultats de la comparaison de l'efficacité insecticide des HE a permis d'observer une différence hautement significative ($P < 0,0001$). Le temps d'extraction influe significativement l'activité insecticide des HE.

Mots-clés : *Eucalyptus citriodora*, huile essentielle, hydro-distillation, activité insecticide, *sitophilus oryzae*.

ABSTRACT

The aim of our work is to study the effect of hydro-distillation time on the performance and insecticidal activity of *Eucalyptus citriodora* essential oil on the stored-product pest *Sitophilus oryzae*. *E. citriodora* essential oils are extracted by hydro-distillation, with extraction times of 30min, 1h, 2h and 3h. Statistical analysis of the results of the study of the effect of extraction time on yield shows that there is no significant difference $p > 0.05$.

Bioassays demonstrated the toxicity of *E. citriodora* essential oils extracted at different hydro-distillation times, on *S. oryzae* adults. The EO obtained after a hydro-distillation time of 3h showed the highest insecticidal activity, with a mortality rate of 100% recorded as early as 2h of exposure at a concentration of 450µl/ml.

Analysis of the results of the comparison of the insecticidal efficacy of the EOs revealed a highly significant difference ($P < 0.0001$). Extraction time had a significant influence on the insecticidal activity of the EOs.

Key Words: *Eucalyptus citriodora*, essential oil, hydro-distillation, insecticidal activity, *Sitophilus oryzae*.