



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Larbi Tébessa –Tébessa

Faculté des sciences exactes et sciences de la nature et de la vie



Département : Biologie des êtres vivants

DOMAINE: Science de la Nature et de la Vie

Filière: Sciences Biologiques

SPECIALITE : Ecophysiologie animale

MEMOIRE Présenté en vue de l'obtention de diplôme de MASTER

Thème:

Etude comparative des huiles essentielles et des substances bioactives pour la protection des denrées alimentaires contre les insectes ravageurs

Présenté par : REZKALLAH Abir

GHENAIET Amira

Devant le jury :

Dr. TINE. S.	M.C.A	Université de Tébessa	Président
Pr. TINE-DJEBBAR. F	M.C.A	Université de Tébessa	Encadreuse
Dr. BOUABIDA. H	M.C.A	Université de Tébessa	Examinatrice

Date de soutenance : 26/06/2019

Année Universitaire : 2018-2019

Remerciements

« **La connaissance est la seule chose qui s'accroît lorsqu'on la partage** »

Avant toute chose, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé, la volonté, le courage, la force, la patience et la chance pour affronter ce laborieux travail.

Une thèse, tant nominative soit elle, est avant tout un travail de réflexion collective, donc au terme de ce travail, il m'est à la fois un plaisir et un devoir de remercier sincèrement toutes les personnes qui ont participé à sa réalisation.

*En tout premier lieu et avant toute chose, Nous exprimons notre profonde gratitude à **Dr. TINE Samir** d'avoir accepté la présidence du jury de notre travail, qu'il trouve ici toutes nos expressions respectueuses. Merci vivement pour vos conseils.*

*Un grand merci à notre directrice de mémoire **Professeur TINE-DJEBBAR Fouzia** pour l'excellence de l'encadrement et de l'accompagnement qu'elle nous a fournis, également pour son soutien, sa disponibilité ainsi que sa patience malgré ses multiples occupations. Merci pour la grande rigueur scientifique.*

*Nous remercions également notre Co-promotrice, **Melle SAYADA Nardjes** pour sa disponibilité, son orientation et son aide précieuse tout au long de ce travail.*

*Nos vifs et sincères remerciements à Docteur **BOUABIDA Hayette** d'avoir accepté de faire partie de ce jury.*

*Merci à l'équipe des doctorants de santé et environnement spécialement **BENKHDIM Khouloud, MARZOUGUI Abdelkader et TORCHENE Nouha.***

Merci sincèrement à toute l'équipe d'ingénieurs de laboratoire de biologie pour leur assistance technique.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Titre	Page
1	Propriétés physicochimique de Linalool, Acétate de linalyl et Camphre	24
2	Pourcentage de répulsion selon le classement de Mc Donald <i>et al.</i> (1970).	29
3	Synthèse des différents substrats potentiels testés, la nature et la spécificité sont précisées pour chacun des substrats ainsi que la longueur d'onde utilisée pour détecter leur oxydation.	32
4	Réalisation de la gamme d'étalonnage des protéines.	33
5	Caractéristiques organoleptiques des huiles essentielles de <i>Lavandula angustifolia</i> .	35
6	Effet des HEs de <i>L. angustifolia</i> appliquées par fumigation à l'égard les adultes de <i>R. dominica</i> <i>S. granarius</i> , <i>T. confusum</i> et <i>C.ferrugineus</i> sur le taux de mortalité corrigée à différentes périodes ($m \pm SEM$, $n= 3$ répétitions comportant chacune 10 individus).	36
7	Efficacité des HEs de <i>Lavandula angustifolia</i> appliqué par fumigation sur les adultes de <i>R. dominica</i> , <i>S. granarius</i> , <i>T. confusum</i> et <i>C.ferrugineus</i> :à 24, 48 et 72 heures après traitement. Analyse des probits.	37
8	Effet de Linalool appliqué par fumigation à l'égard les adultes de <i>R. dominica</i> <i>S. granarius</i> , <i>T. confusum</i> et <i>C.ferrugineus</i> sur le taux de mortalité corrigée à différentes périodes ($m \pm SEM$, $n= 3$ répétitions comportant chacune 10 individus).	39
9	Efficacité de Linalool appliqué par fumigation sur les adultes de <i>R. dominica</i> , <i>S. granarius</i> , <i>T. confusum</i> et <i>C.ferrugineus</i> :à 24, 48 et 72 heures après traitement. Analyse des probits.	40
10	Effet de l'Acetate de linalyl appliqué par fumigation à l'égard les adultes de <i>R. dominica</i> <i>S. granarius</i> , <i>T. confusum</i> et <i>C.ferrugineus</i> sur le taux de mortalité corrigée à différentes périodes ($m \pm SEM$, $n= 3$ répétitions comportant chacune 10 individus).	42
11	Efficacité de l'Acetate de linalyl appliqué par fumigation sur les adultes de <i>R. dominica</i> , <i>S. granarius</i> , <i>T. confusum</i> et <i>C.ferrugineus</i> :à 24, 48 et 72 heures après traitement. Analyse des probits.	43
12	Effet de Camphre appliqué par fumigation à l'égard les adultes de <i>R. dominica</i> <i>S. granarius</i> , <i>T. confusum</i> et <i>C.ferrugineus</i> sur le taux de mortalité corrigée à différentes périodes ($m \pm SEM$, $n= 3$ répétitions comportant chacune 10 individus).	45
13	Efficacité de Camphre appliqué par fumigation sur les adultes de <i>R. dominica</i> , <i>S. granarius</i> , <i>T. confusum</i> et <i>C.ferrugineus</i> :à 24, 48 et 72 heures après traitement. Analyse des probits.	46
14	Efficacité du mélange des composés bioactifs appliqué par fumigation sur les adultes de <i>R. dominica</i> , <i>S. granarius</i> , <i>T. confusum</i> et <i>C.ferrugineus</i> :à 24, 48 et 72 heures après traitement Analyse des probits.	48

15	Efficacité du mélange des composés bioactifs appliqué par fumigation sur les adultes de <i>R. dominica</i> , <i>S. granarius</i> , <i>T. confusum</i> et <i>C.ferrugineus</i> :à 24, 48 et 72 heures après traitement. Analyse des probits.	49
16	Efficacité comparée des HEs de <i>Lavandula angustifolia</i> , des molécules bioactives, et leur mélange l'égard des insectes d'étude.	52
17	Pourcentage de répulsion des HEs de <i>L.angustifolia</i> testé à l'égard des adultes de <i>R. dominica</i> , <i>S. granarius</i> , <i>T. confusum</i> et <i>C.ferrugineus</i> .	53
18	Pourcentage de répulsion du composé bioactif Linalool testé à l'égard des adultes de <i>R. dominica</i> , <i>S. granarius</i> , <i>T. confusum</i> et <i>C.ferrugineus</i> .	54
19	Pourcentage de répulsion du composé bioactif Acetate de linalyl testé à l'égard des adultes de <i>R. dominica</i> , <i>S. granarius</i> , <i>T. confusum</i> et <i>C.ferrugineus</i>	56
20	Pourcentage de répulsion du composé bioactif Camphre testé à l'égard des adultes de <i>R. dominica</i> , <i>S. granarius</i> , <i>T. confusum</i> et <i>C.ferrugineus</i>	57
21	Pourcentage de répulsion du mélange des composés bioactifs testé à l'égard des adultes de <i>R. dominica</i> , <i>S. granarius</i> , <i>T. confusum</i> et <i>C.ferrugineus</i> .	59
22	Classement de l'effet répulsifdes extraits étudiés selon Mc Donald. (1970).	60
23	Effet de Linalool (CL ₅₀), sur l'activité spécifique des phénols-oxydases ; Catéchcolase, Tyrosinase et Laccase (μM/min/mg de protéines) chez les adultes de <i>R. dominica</i> à différentes périodes (m ± SD ; n= 3) : comparaison des moyennes pour un même temps entre les différentes séries.	62
24	Effet de Linalool (CL ₅₀), sur l'activité spécifique des phénols-oxydases ; Catéchcolase, Tyrosinase et Laccase (μM/min/mg de protéines) chez les adultes de <i>S. granarius</i> à différentes périodes (m ± SD ; n= 3) : comparaison des moyennes pour un même temps entre les différentes séries.	63
25	Effet de Linalool (CL ₅₀), sur l'activité spécifique des phénols-oxydases ; Catéchcolase, Tyrosinase et Laccase (μM/min/mg de protéines) chez les adultes de <i>T.confusum</i> à différentes périodes (m ± SD ; n= 3) : comparaison des moyennes pour un même temps entre les différentes séries.	65
26	Effet de Linalool (CL ₅₀), sur l'activité spécifique des phénols-oxydases ; Catéchcolase, Tyrosinase et Laccase (μM/min/mg de protéines) chez les adultes de <i>C. ferrugineus</i> à différentes périodes (m ± SD ; n= 3) : comparaison des moyennes pour un même temps entre les différentes séries.	66
27	Rendements (%) en HEs extraites à partir de différents partie de différente espèce de <i>Lavandula</i> dans plusieurs régions en Algérie et d'autre pays du monde	68
28	Pourcentage des composants bioactifs (Linalool, Acétate de linalyl, et Camphre) de <i>L.angustifolia</i> dans différents pays de monde	73

LISTE DES FIGURES

Figure	Titre	Page
1	<i>Rhyzopertha dominica</i> (Fabricius, 1792) X 45	4
2	Différents stades du cycle de vie du Capucin des grains	6
3	<i>Sitophilus granarius</i> (Linnaeus, 1758) X 45	7
4	Différents stades du cycle de vie de <i>Sitophilusgranarius</i>	9
5	<i>Tribolium confusum</i> (Duval) Lepesme (1944)X 45	10
6	Différents stades du cycle de vie de <i>Triboliumconfusum</i>	12
7	<i>Cryptolestes ferrugineus</i> Stephens (1830) (GX 45)	13
8	Diffèrent stades du cycle de vie du cucujide roux	15
9	Collecte, Tri et Elevage des insectes d'étude	16
10	<i>Lavandula angustifolia</i> (Miller, 1768)	17
11	Extraction des huiles essentielles	21
12	Les essais toxicologiques	27
13	Les essais de répulsion	30
14	Dosage de l'activité phénols-oxydase	34
15	Courbe de référence exprimant les mortalités corrigées (%) des insectes testés en fonction des logarithmes décimaux des doses des HEs à différentes périodes 24, 48 et 72h.	38
16	Courbe de référence exprimant les mortalités corrigées (%) des insectes testés en fonction des logarithmes décimaux des doses de Linalool à différentes périodes 24, 48 et 72 h.	41
17	Courbe de référence exprimant les mortalités corrigées (%) des insectes testés en fonction des logarithmes décimaux des doses de l'Acetate de linalulà différentes périodes 24, 48 et 72h.	44
18	Courbe de référence exprimant les mortalités corrigées (%) des insectes testés en fonction des logarithmes décimaux des doses de Camphre à différentes périodes 24, 48 et 72h.	47
19	Courbe de référence exprimant les mortalités corrigées (%) des insectes testés en fonction des logarithmes décimaux des doses de mélange des composés bioactifs à différentes périodes 24, 48 et 72h	50
20	Effet de Linalool, sur l'activité spécifique des polyphénols-oxydases : Catéchcolase, Tyrosinase et Laccase ($\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes <i>R. dominica</i> à différentes périodes($m \pm \text{SD}$; n= 3).	61
21	Effet de Linalool, sur l'activité spécifique des polyphénols-oxydases : Catéchcolase, Tyrosinase et Laccase ($\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultesde <i>S. granarius</i> à différentes périodes($m \pm \text{SD}$; n= 3).	63
22	Effet de Linalool, sur l'activité spécifique des polyphénols-oxydases : Catéchcolase, Tyrosinase et Laccase ($\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes de <i>T.confusum</i> à différentes périodes($m \pm \text{SD}$; n= 3)	64

23	Effet de Linalool, sur l'activité spécifique des polyphénols-oxydases : Catécholase, Tyrosinase et Laccase ($\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes de <i>T.confusum</i> à différentes périodes ($m \pm \text{SD}$; $n= 3$)	66
24	Fonctionnement du complexe ORx-OR83b.	79

SOMMAIRE

N°	Contenu	Page
1.	INTRODUCTION	
2.	MATERIEL ET METHODES	3
2.1.	Présentation des insectes d'étude	3
2.1.1.	<i>Rhyzopertha dominica</i> (Fabricius, 1792)	3
2.1.1.2.	Cycle biologique	5
2.1.1.	<i>Sitophilus granarius</i> (Linnaeus, 1758)	6
2.1.1.1.	Cycle biologique	8
2.1.3	<i>Tribolium confusum</i> Lapesme (1944)	9
2.2.3.1.	Cycle biologique	11
2.1.4.	<i>Cryptolestes ferrugineus</i> Stephens. (1830)	12
2.1.4.1.	Cycle biologique	13
2.2.	Techniques d'élevage au laboratoire	15
2.3.	Présentation de <i>Lavandula angustifolia</i> (Miller, 1768)	16
2.3.1.	Description botanique	16
2.3.2.	Répartition géographique et utilisation de la plante	18
2.3.3.	Récolte et préparation de la plante	18
2.4.	Extraction des huiles essentielles	19
2.5.	Présentation des composés bioactifs testés	22
2.5.1.	Linalool	22
2.5.2.	Acétate de Linalyl	23
2.5.3.	Camphre	23
2.6.	Traitement et essai insecticide	25
2.7.	Tests de répulsion	28
2.8.	Dosage de l'activité phénols-oxydase	31
2.8.1.	Préparation de l'extrait enzymatique brut	31
2.8.2.	Principe de mesure et composition du milieu réactionnel	31
2.8.3.	Choix des substrats	32
2.8.4.	Interprétation des résultats	33
3.	RESULTATS	35
3.1.	Rendement et caractéristiques organoleptiques des	35

3.2.	Essais toxicologiques	35
3.2.1.	Toxicité des HEs à l'égard des insectes d'étude	35
3.2.2.	Toxicité des molécules bioactives à l'égard les insectes d'études	38
3.2.2.1.	Toxicité de Linalool	38
3.2.2.2.	Toxicité de l'Acetate de linalyl	41
3.2.2.3.	Toxicité de Camphre	44
3.2.3.	Toxicité de mélange des molécules bioactives à l'égard les insectes d'études	47
3.2.4.	Efficacité comparée des HEs, des molécules bioactives, et leurs mélange à l'égard des insectes d'étude	50
3.3.	Essais de répulsion	52
3.3.1.	Effet répulsif des HEs à l'égard des insectes d'étude	52
3.3.2.	Effet répulsif des composés bioactifs à l'égard des insectes d'étude	53
3.3.2.1.	Linalool	53
3.3.2.2.	Acetate de linalyl	55
3.3.2.3.	Camphre	56
3.3.3.	Effet répulsif du mélange des composés bioactifs à l'égard des insectes d'étude	58
3.3.4.	Classement de l'effet répulsif des HEs, des composés bioactifs, et leurs mélange	60
3.4.	Effet de Linalool sur l'activité polyphénols-oxydase à l'égard des insectes d'étude	60
3.4.1.	<i>R. dominica</i>	61
3.4.2.	<i>S. granarius</i>	62
3.4.3.	<i>T.confusum</i>	64
3.4.4.	<i>C. ferrugineus</i>	64
4.	DISCUSSION	67
4.1.	Rendement en huiles essentielles	67
4.2.	Toxicité des HEs de <i>L.angustifolia</i> , des composés actifs, et leur mélange à l'égard des insectes d'étude	70
4.3.	Effet répulsif des HEs de <i>L.angustifolia</i> , les composés bioactifs et leur mélange à l'égard des insectes d'étude	77
4.4.	Effet de Linalool sur l'activité polyphénols-oxydase à l'égard des insectes d'étude	83
5.	CONCLUSION ET PERSPECTIVES	87

RESUME

ABSTRACT

الملخص

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE.

1. INTRODUCTION

La population mondiale devrait augmenter de plus d'un tiers, soit 2,3 milliards de personnes, entre 2009 et 2050 (Organisation des nations pour l'alimentation et l'agriculture **FAO, 2009**). Il y a donc un besoin pressant d'accroître la production agricole tout en diminuant les pertes pré et surtout post-récoltes (**Tamgno, 2016**).

Ces pertes post-récoltes sont occasionnées au cours du stockage par différents facteurs biotiques et abiotiques qui déprécient qualitativement et quantitativement les denrées et dont les plus redoutables sont les insectes ravageurs (**Mebarkiaet al., 2012; Goudoum, 2010**).

Ils sont les vrais compétiteurs de l'homme soit par la consommation directe des réserves alimentaires stockées, soit par la dégradation de leur qualité nutritive. (**Tamgnoet al., 2013**),

Parmi ces insectes, les Coléoptères comme *Sitophilus sp*, *Rhyzopertha dominica* et *Triboliumsp*, (**Foua-bik&Bekon, 1986**). Les dommages causés par ces derniers peuvent entraîner des pertes financières, des famines et des risques d'intoxication (**Zuoxinet al., 2006**).

A cet égard, la lutte contre ces insectes ravageurs est un impératif, les insecticides de synthèse bien que les plus efficaces ont des effets secondaires néfastes tant pour les consommateurs que pour l'environnement et la biodiversité (**Regnault-Roger, 2008; Anonyme, 2007**).

Il s'agit notamment de la présence dans les denrées de résidus, du développement de souches d'insectes résistantes à ces insecticides, de la pollution de l'environnement, de nombreux cas d'intoxication et d'empoisonnement signalés dans certains pays ainsi que de prix relativement élevés et la rareté des produits de bonne qualité sur les marchés internationaux et locaux. (**Kumar, 1991**),

De nouvelles études ont été menées pour réduire l'application systématique des produits chimiques et les remplacer par des méthodes innovantes moins ou pas dangereuses autant pour le consommateur que pour son environnement (**Ngamoet al., 2016 ; Tamgno&Ngamo, 2014**). Parmi ces méthodes qui sont explorées depuis la prise de la conscience, la lutte biologique est celle qui offre une solution écologique en conformité avec le respect de l'environnement (**Karimi, 2010; Sauvionet al, 2004**).

Les bio-pesticides végétaux sont souvent efficaces en faible quantité et leurs molécules bioactives emploient plusieurs modes d'action, ce qui les rend particulièrement intéressantes pour limiter l'apparition de bio-agresseurs résistants (**Deravelet *al.*, 2014**).

Parmi les molécules à forte valeur ajoutée, mais présentes en faibles quantités et dotées d'une activité biologique et olfactive, citons les huiles essentielles (HEs) (**Jouault, 2012**).

L'extraction de ces dernières s'effectue par distillation en exploitant la volatilité des composés aromatiques pour les séparer. (**El Haib, 2011**).

Elles semblent en effet ne pas avoir de cibles cellulaires spécifiques, du fait de la diversité de leurs constituants. (**Houël, 2011**).

Ces produits ont également été étudiés pour leurs toxicité aiguë, leurs effets antiappétants, répulsifs ou attractifs et fumigeants, ainsi que l'inhibition de la reproduction de nombreux espèces ravageurs (**Cox, 2004 ; Kubo, 2006**).

L'Algérie, à l'instar de nombreux pays du monde, recèle un patrimoine floristique important qu'il soit utile d'explorer et de valoriser en utilisant des substances bioactives issues du métabolisme secondaire des plantes, dans différents domaines comme la mise au point de nouvelles formulations de bio-pesticides.

Dans cette optique, notre projet de recherche consiste d'évaluer au laboratoire l'effet insecticide potentiel d'une huile essentielle, et leurs composés bioactifs d'une plante médicinale de la famille des lamiacées : *Lavandula angustifolia* vis-à-vis des insectes ravageurs des denrées stockées afin de valider des solutions alternatives à l'utilisation d'insecticides dans les grains en post-récolte.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Présentation des insectes d'étude

Les insectes ravageurs, sont en général classés en deux groupes :

- le premier groupe, celui des ravageurs primaires, qui englobe les insectes pouvant détériorer le grain sain comme ; *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus granarius*. (Bekon&Fleurat, 1989).
- le deuxième groupe, celui des ravageurs secondaires qui ne peuvent atteindre le grain que lorsqu'il est déjà cassé ou percé, suite à une dégradation due au processus de stockage ou à une attaque des ravageurs primaires, leur ouvrant alors une porte d'accès comme le *Tribolium confusum*, *Cryptolestes ferrugineus*, afin d'accentuer la détérioration (Camara, 2009).

Notre étude est portée sur quatre espèces d'insectes du stade adulte : *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus granarius*, *Tribolium confusum* et *Cryptolestes ferrugineus*.

Ce choix du matériel biologique se justifie par l'importance des dégâts de ces ravageurs qui infeste les denrées stockées d'importance économique.

Il serait prépondérant de lutter contre les formes adultes car il est très difficile de lutter contre les larves ou leur développement se déroule à l'intérieur des grains et donc sont à l'abri des insecticides.

2.1.1. *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792)

Originnaire de l'Inde, *R. dominica* F. est devenue cosmopolite grâce au commerce des céréales (Khalfi-Habes, 2007).

L'adulte est de couleur brune plus au moins rougeâtre, de forme cylindrique, allongée et étroite, avec des côtés nettement parallèles. C'est un insecte de petite taille, de 2,3 à 2,8 millimètre de longueur (Fig. 1), avec un prothorax qui couvre entièrement la tête d'où le nom du capucin des grains. Les antennes sont constituées de dix articles, les trois derniers sont fortement dilatés, le pronotum se termine par une rangée de dents régulières (12 à 14). Les adultes s'accouplent et pondent à plusieurs reprises (Steffan, 1978).

Les larves possèdent des pattes bien développées ce qui les rendent très agiles. Elles sont cylindriques avec de longues soies, puis incurvées et duvetées à la fin de leur développement (Benayad, 2008).



Figure 1. *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792)X 45(Abir&Amira, 2019)

A : Face dorsale ; B : Face ventral.

Le capucin des grains a été décrit pour la première fois par Fabricius en 1792, sous le nom de *Synodendron dominicum*, puis en 1924, Lesne a donné le nom actuel de *Rhyzopertha dominica*, elle est communément appelée capucin des grains (Delobel&Tranc, 1993).

Il s'attaque aux céréales mais également au manioc et à la patate douce. Ce sont surtout les adultes qui font des ravages en s'attaquant au germe et à l'albumen qu'ils réduisent en farine.

Selon Benkhellat (2002), les adultes consomment par semaine une quantité de blé d'environ 5 à 6 fois supérieur à leur poids. Ils causent des pertes huit fois plus supérieures à celles des larves qui s'alimentent de la farine formée par les adultes (Delobel&Tranc, 1993).

La position systématique de *Rhyzopertha dominica* F. 1792 est la suivante :

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Sous-embranchement	Hexapoda
Classe	Insecta
Sous-classe	Pterygota
Infra-classe	Neoptera
Ordre	Coleoptera
Sous-ordre	Polyphaga
Infra-ordre	Bostrichiformia
Super-famille	Bostrichoidea
Famille	Bostrichidae
Sous-famille	Dinoderinae
Genre	<i>Rhyzopertha</i>
Espèce	<i>Rhyzopertha dominica</i> F. 1792

2.1.1.2. Cycle biologique

L'accouplement et la ponte ont lieu en avril ou mai, quand les températures sont élevées (**Lepigre, 1951**). Les femelles pondent de 300 à 600 œufs à la surface des grains, à l'intérieur ou parmi les débris, ils sont déposés isolément ou en petit amas (**Lepesme, 1944**).

D'après **Balachowsky&Mensil (1936)** la durée de développement du capucin des gains est essentiellement liée à la température et à la teneur en eau des grains. Selon (**Chella&Azegagh 2004**), le cycle dure 28 jours dans les conditions de laboratoire (Température 34°C, Humidité relative à 70%, 14% la teneur en eau des grains).

Il est important de signaler que dans les mêmes conditions de température et d'humidité relative, la durée de développement est la fonction de la nature de la denrée et varie considérablement d'un individu à un autre.

a. Ponte et éclosion

Les femelles s'accouplent plusieurs fois au cours de leur vie qui peut atteindre 8 mois et elles pondent en conditions favorables de 300 à 400 œufs environ. Avant la ponte, la femelle produit une grande quantité de farine non digérée qui permet l'établissement des larves néonates (**Flaurat, 1982**).

Les œufs sont piriformes, blancs ou rosés, isolés ou en petits paquets (**Balachowsky, 1962**). La durée moyenne d'incubation est de 15 jours à 26°C et de 65% d'humidité relative (**Potter, 1935**). (**Fig. 2**),

b. Evolution larvaire

Après l'éclosion les larves s'introduisent dans les grains en creusant des tunnels aux alentours du germe et continuent leur développement à l'intérieur (**Thomson, 1966**).

Au cours de son développement, la larve passe par 4 stades (**Balachowsky, 1962**).

Les larves du 1er stade sont de type Chrysoméli en (pourvues de pattes) ; les trois (3) derniers stades sont apodes de type Rhynchophorien (**Lepesme, 1944**). Au 1^{er} âge, elle mesure 1 à 1,5 mm de long. Au dernier stade elle atteint 2,5 à 3 mm, fortement incurvée et épaisse, blanche avec des soies foncées, segment anal renflé, tête grosse et brune ornée de poils bruns, pattes

assez grandes brunes. (Fig. 2), Les larves de ces insectes ont un régime Clétophage exclusivement car elles vivent dans les grains (Flaurat, 1982).

c. La nymphose

A lieu dans une cavité du grain. A la fin du dernier stade larvaire, la larve s'immobilise, cesse de se nourrir et se transforme en nymphe immobile. (Fig. 2),

La nymphe est libre dans la galerie creusée dans le grain par la larve à la fin de son dernier stade. Elle se nymphose au bout de vingt jours. Les adultes apparaissent de 5 à 8 jours plus tard et se reproduisent aussitôt (Fleuraat, 1982).



Figure 2. Différents stades du cycle de vie du Capucin des grains

Source : www.grainscanada.gc.ca/storage-entrepote_

2.1.2. *Sitophilus granarius* (Linnaeus, 1758)

Sitophilus granarius est un petit coléoptère apparenté à la famille Curculionidae. Anciennement connu sous le nom de Calandra, il est maintenant communément appelé charançon du blé (Lepesme, 1944).

L'adulte est brun foncé, caractérisé par un rostre bien visible légèrement recourbé et portant les antennes à sa base, équipé de pièces buccales broyeuses.

Le prothorax est aussi long que l'abdomen dont les élytres sont rainurés. Il mesure 3.5 à 5 mm et ne vole jamais (absence d'ailes postérieures membraneuses) (Lepesme, 1944). (Fig. 3),

Le charançon des grains s'alimente et se multiplie aux dépens de nombreuses céréales : Seigle, avoine, orge, blé, riz, maïs etc. (Delobel & Tranc, 1993).

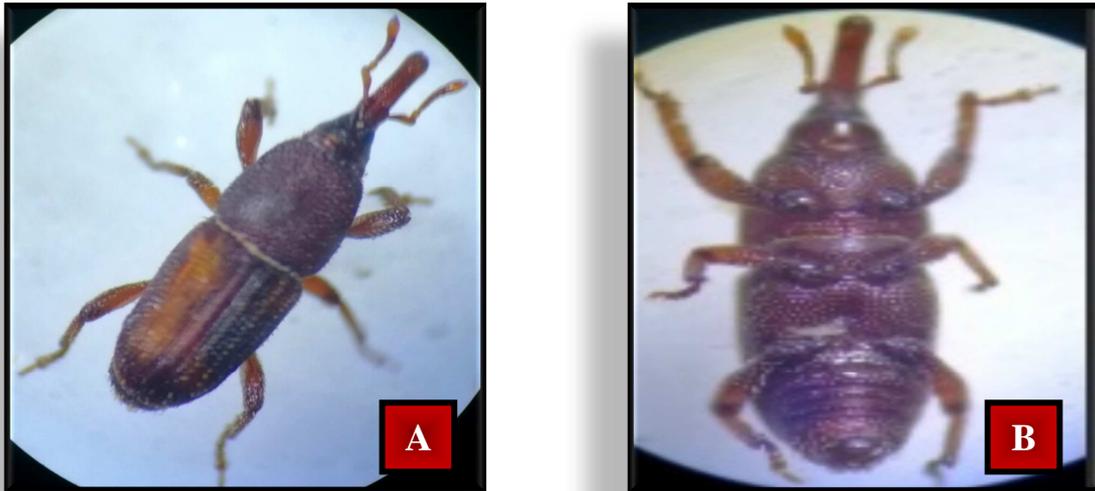


Figure 3. *Sitophilus granarius* (Linnaeus, 1758) X 45 (Abir & Amira, 2019)

A : Face dorsale ; **B** : Face ventral.

Selon **Linnaeus, (1758)** *Sitophilus granarius* se range de la manière suivante :

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Sous-embranchement	Hexapoda
Classe	Insecta
Sous-classe	Ptérygota
Infra-classe	Neoptera
Ordre	Coleoptera
Sous-ordre	Polyphaga
Famille	Curculionidae
Sous-famille	Dryphorinae
Genre	<i>Sitophilus</i>
Espèce	<i>Sitophilus granarius</i> (Linnaeus, 1758)

Sitophilus granarius a une aire de répartition quasi-cosmopolite. C'est une espèce adaptée aux climats tempérés et présente dans tous les pays tempérés. Elle est plus rare dans les pays tropicaux, où on la trouve dans les régions de hauts plateaux à climat plus frais. Ce charançon peut néanmoins causer des dégâts dans les stocks de céréales dans les pays chauds, même s'il ne survit pas (Thomson, 1966).

2.1.2.1. Cycle biologique

Le charançon du blé ne peut se reproduire que dans un grain dont le taux d'humidité est supérieur à 9.5 %. Sur une plage de températures allant de 13 à 35°C (**Thomson, 1966**).

Le développement complet se fait entre 25 à 35 jours dans des conditions optimales lorsque la température du grain se situe entre 26 °C et 30 °C, et la teneur en eau est 14 % (**Potter, 1935**). Le charançon développe son cycle complètement à l'intérieur des grains. L'insecte n'en émerge qu'au stage de jeune adulte. L'adulte possède un appendice nasal distinctif dont il se sert pour creuser dans le grain (**Thomson, 1966**).

a. Pente et éclosion

La femelle pond environ 200 œufs, à une vitesse de 2 ou 3 par jour. En fonction de la température et de l'humidité, en plaçant chacun d'eux dans un petit trou creusé dans le grain et en scellant celui-ci avec un bouchon de salive mucilagineux. (**Fig. 4**),

À 18-20°C. Les œufs éclosent après 8 à 11 jours pour donner naissance à de petites larves blanches (**Potter, 1935**).

b. Evolution larvaire

Dès qu'elle apparaît, la larve creuse au travers du grain une galerie qu'elle va élargir au fur et à mesure de sa croissance (**Bekon & Fleurat, 1989**).

Dépourvues de pattes avec une longueur de 2,5 à 3 mm, de couleur blanche les larves se nourrissent de l'albumen et achèvent leur croissance à l'intérieur du grain (**Potter, 1935**). (**Fig. 4**),

Une seule larve se développe parmi les petites graines comme celles de blé et du riz, mais des graines plus grosses comme celles du maïs supportent le développement de plusieurs spécimens.

La larve ne vit jamais à l'air libre et se développe entièrement à l'intérieur du grain, elle mue quatre fois (**Lepesme, 1944**).

c. La nymphose

La larve finit par se transformer en nymphes au sein des graines, après 6 à 8 semaines. Les adultes émergent après 5 à 16 jours supplémentaires et vivent environ 9 mois. Ils percent des trous sur le côté des grains pour en sortir (**Lepesme, 1944**). (**Fig. 4**),

S'ils sont dérangés, ils feignent la mort en repliant leurs pattes sur leur corps et en restant dans cette position. A une température de 15°C et avec un taux d'humidité du grain égal à 11.3%. Le cycle de vie complet s'étend sur six mois (**Potter, 1935**).



Figure 4. Différent stades du cycle de vie de *Sitophilus granarius*

Source : www.grainscanada.gc.ca/storage-entrepote_

2.1.3. *Tribolium confusum* Lepesme (1944)

Tribolium de la farine est un insecte coléoptère, parmi les ravageurs secondaires qui se déplace rapidement et se dissimulent de préférence dans les recoins obscurs (**Lepiger, 1966**), appartenant à la famille des Ténébrionidae.

L'adulte mesure de 3 à 4mm, de couleur uniformément brun avec une capsule céphalique et une face dorsale sont légèrement rougeâtres Il est étroit, allongé, à bord parallèles, à pronotum presque aussi large que les élytres et non rebord antérieurement. Les derniers articles des antennes sont nettement plus gros que les suivants. (**Delobel&Tran, 1993 ; Lepesme, 1944**).(Fig. 5).

Cependant, il existe plusieurs espèces de *Tribolium* dont deux espèces également connues qui sont nuisibles *T. confusum* Duval (D) et *T. castaneum* Herbst (H), ces deux espèces semblables d'aspects et de taille identique se distinguent par la forme de leurs antennes.

Chez *T. castaneum* les antennes des 3 derniers articles très brusquement élargis, tandis que *T. confusum* les antennes avec ses articles progressivement élargis (**Lepesme, 1944**).



Figure 5. *Tribolium confusum* (Duval) Lepesme (1944) X 45 (Abir & Amira, 2019)

A : Face dorsale ; B : Face ventral.

D'après **Lepesme (1944)** la position systématique de *Tribolium confusum* (D) est la suivante :

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Sous-embranchement	Hexapoda
Classe	Insecta
Sous-classe	Pterygota
Infra-classe	Neoptera
Ordre	Coleoptera
Sous-ordre	Polyphaga
Infra-ordre	<i>Cucujiformia</i>
Super-famille	Bostrichoidea
Famille	Tenebrionidae
Sous-famille	Ulominae
Genre	<i>Tribolium</i>
Espèce	<i>Tribolium confusum</i> (D) (Lepesme, 1944)

Tribolium confusum est une espèce cosmopolite (**Balachowsky & Mensil, 1936**), bien qu'il est d'origine strictement africaine, cette espèce a été transportée par l'homme avec des produits nourriciers et se rencontre maintenant dans le monde entier par suite de sa résistance plus grande aux basses températures, cette espèce se rencontre à des latitudes plus septentrionales que d'autres espèces du même genre (**Jurgen & al., 1981**).

L'espèce est nuisible aussi bien à l'état adulte qu'à l'état larvaire. (**Lepiger, 1966**). C'est un ravageur pour une grande variété de produits alimentaires sous forme de farine (blé, de riz, seigle, maïs, orge, avoine, haricots et des noix diverses...etc.) (**Jurgen & al., 1981**).

2.1.3.1. Cycle biologique

La durée du cycle est de 24 à 26 jours, à 32,5°C et une humidité relative de 70 %. *Tribolium confusum* (Duval.) est une espèce dont l'optimum thermique se situe entre 32°C et 35 ° C, son développement s'arrête au-dessous de 22°C. Il résiste aux basses hygrométries.

En absence d'alimentation, *Tribolium confusum* exerce le cannibalisme, dévore les œufs et les larves de leur congénère (**Steffan in Scotti, 1978**).

a. Pente et éclosion

Le premier accouplement à lieu environ 2 jours après l'émergence des imagos et dure de 3 à 15 minute. Chez *Tribolium confusum* (Duv.) l'échelonnement des pontes est conditionné par plusieurs copulations. Les œufs sont pondus en vrac sur les marchandises et ils sont difficiles à déceler. Au cours de sa vie, la femelle pond entre 500 et 1000 œufs. . (**Steffan in Scotti, 1978**).

L'œuf est oblong et blanchâtre, presque transparent surface lisse recouverte d'une substance visqueuse qui lui permet d'adhérer à la denrée infestée il mesure en moyenne 0.6 x 0.3 mm (**Lepesme, 1944**) (**Fig. 6**).

b. Evolution larvaire

L'éclosion de l'œuf donne naissance à une larve nonante et de couleur blanche, de petite taille ne dépassant pas 1.4 mm. Elle passe par plusieurs stades dont le nombre varie de 5 à 12 selon la température, l'humidité relative et la qualité de l'alimentation.

La larve de dernier stade est cylindrique mesure environ 7 mm de long et 0,8 mm de large, sa couleur est d'un jaune pâle. Son corps presque glabre, se termine par deux paires urogomphes, elle circule librement dans la denrée infestée ou elle nymphose (**Lepesme, 1944**). (**Fig. 6**).

c. La nymphose

La nymphe est blanche et nue, les segments de son abdomen sont explantés latéralement en lames rectangulaires à bords crénelés La nymphe reste sans protection et est incapable de se déplacer jusqu'à l'apparition de l'imago (**Balachowsky, 1936**). (**Fig. 6**).

L'imago est d'un blanc jaunâtre, son tégument se sclérotinise et se pigmente 2 à 3 jours après son émergence. La couleur devient brun rouge, sa taille atteint 3 à 4 mm. Ces élytres

allongés, parallèles et arrondis à l'extrémité postérieure, portent des lignes régulières de ponctuation séparées par des cotés très fins Les pattes sont courbées, les tarsi postérieurs sont formés de quatre articles (**Fig. 6**). (**Lepesme, 1944**).

L'émergence de l'adulte a lieu six jours après la nymphose à 32,5°C et une humidité relative de 70 %, (**Steffan in Scotti, 1978**).

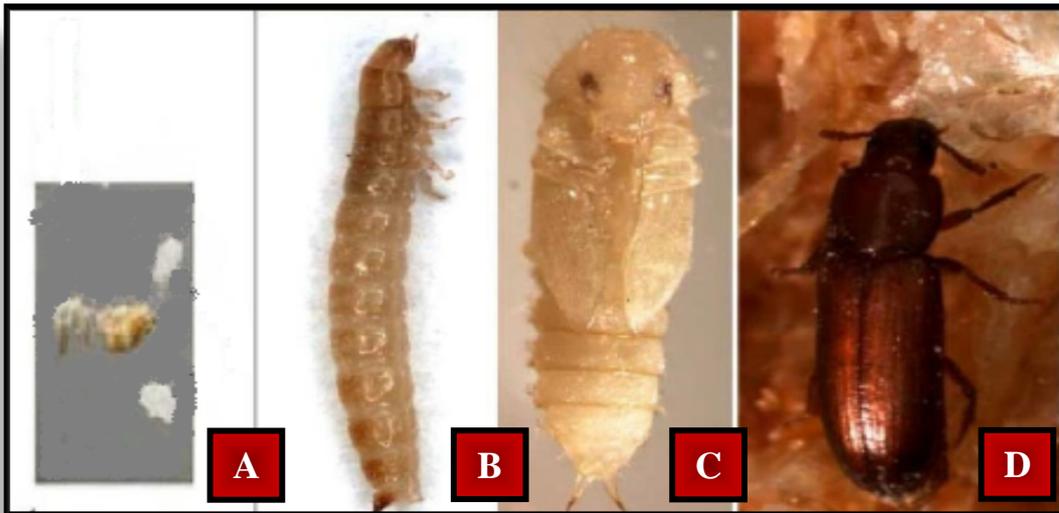


Figure 6. Différent stades du cycle de vie de *Tribolium confusum* .

A : l'oeuf (**Rebecca et al, 2003**) ; B : larve,

C: nymphe, D: adulte (**Walter, 2002**)

2.1.4. *Cryptolestes ferrugineus* Stephens. (1830)

Le cucujide roux ou petits sylvains est un coléoptère principal des ravageurs des grains entreposés. L'adulte, de forme aplatie, rectangulaire, luisant, de couleur uniformément brun-rouge, mesure 1,5 à 2,5 mm de longueur et possède de longues antennes (la moitié de la longueur du corps) en chapelet projetées vers l'avant en forme de « V » chez les deux sexes (**Fig. 7**). (**Haines, 1991; Banks, 1979**).

IL se déplace rapidement parmi le grain chaud et peut voler lorsque la température de l'air dépasse 23°C. (**Bousquet, 1990**).

Le cucujide s'attaque essentiellement au germe des céréales que les larves atteignent facilement dans les grains blessés ou endommagés par les charançons.

En conditions optimales, le cucujide peut, en 28 jours, multiplier sa population par 60 (Mason, 2003).



Figure 7. *Cryptolestes ferrugineus* Stephens. (1830) X 45 (Abir & Amira, 2019)

A : Face dorsale ; B : Face ventral

D'après Stephens. (1830) la position systématique de *Cryptolestes ferrugineus* est la suivante :

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Sous-embranchement	Hexapoda
Classe	Insecta
Sous-classe	Pterygota
Infra-classe	Neoptera
Ordre	Coleoptera
Sous-ordre	Polyphaga
Famille	Laemophloeidae
Genre	<i>Cryptolestes</i>
Espèce	<i>Cryptolestes ferrugineus</i> (Stephens, 1830)

Le Cucujideroux a une répartition cosmopolite, moins abondant en Asie et en Océanie (sauf en Australie, où il est très commun). *Cryptolestes ferrugineus* est caractéristique de zones un peu plus fraîches et plus sèches que celles où domine *C. pusillus*, auquel il est parfois associé. (Lepesme, 1944).

2.1.4.1. Cycle biologique

Les taux de croissance de la population sont principalement affectés par la température du grain et l'humidité (Mason, 2003).

a. Pente et éclosion

Les femelles vivent 6 à 9 mois et pondent 350 à 500 œufs dans les crevasses des grains et dans la poussière de grains. (Bousquet 1990).

La fécondité moyenne est de 242 œufs par femelle (Mason, 2003), l'oviposition décroît à mesure que la densité larvaire ou la proportion de femelles augmente (White & Bell, 1993).

b. Evolution larvaire

Dès l'éclosion, les larves rampent à la recherche d'une source de nourriture, attaquant de préférence le germe des grains. Elles pénètrent dans le germe des grains endommagés et s'en nourrissent. Dans le blé présentant une teneur en eau de 14,5 % et une température de 31 ° C, (Bousquet, 1990).

Les larves sont vermiformes de forme aplatie de couleur blanches à jaune pâle, avec la capsule céphalique, elle mesure à maturité de (0,5 à 4 mm) sont munies de pattes, le segment anal se terminant par 2 petites pointes. (Fig. 8).

Un seul germe de grain suffit à une larve pour accomplir son cycle évolutif.

Il existe quatre stades larvaires. Les larves du quatrième stade produisent une petite quantité de soie qui est utilisé pour attacher ensemble de petits morceaux de grain et autres débris pour faire le cocon de la pupation.

La soie provient de poils situés sur les marges latérales antérieures du segment prothoracique de la larve (Roberts & Rilett, 1963).

c. La nymphe

La nymphose a lieu dans un cocon de soie très lâche et les adultes nouvellement émergés restent dans le cocon pendant quelques jours (Anonymous, 2009; Mason, 2003).

La nymphe est très active lorsqu'elle est dérangée puis revient dans une position de repos tournée vers le bas. La nymphose prend environ 5 jours à 30 ° C. Le quatrième jour de la

nymphose, la couleur vire au bronzage et s'assombrit progressivement jusqu'à l'émergence du de l'adulte(Mason, 2003). (Fig. 8).

Le développement de l'œuf à l'adulte s'effectue en l'espace d'environ 21 jours.à 35-40°C avec une humidité relative de 70 à 90%. (Anonymous, 2009;Mason, 2003).

Les adultes ainsi que les larves sont cannibaleset consommera des œufs, des nymphes et des pré-pupe d'autres espèces cohabitant avec eux (Mason, 2003;Suresh *et al.*, 2001).

Les adultes volent bien et sont souvent présents dans des infestations mixtes avec *Triboliumcastaneum*(Mason, 2003;Suresh *et al.*, 2001).



Figure 8.Diffèrent stades du cycle de vie du cucujide roux

Source : www.grainscanada.gc.ca

2.2. Techniques d'élevage au laboratoire

L'élevage en masse est prélevé de l'Office Algérien Interprofessionnel des Céréales (OAIC) station de stockage El aouinet -Tébessa. Les individus d'insectes sont ramenés au laboratoire de Biologie Animale, où ils ont subi un tamisage à l'aide d'un tamis à mailles de dimensions 2mm pour la sélection d'espèces ciblée.

Les individus d'insectes d'étude sélectionnés sont déposés séparément dans des bocaux en verre dont chacun contient 500g des grains sains de blé dur non infesté ou traité, utilisés comme substrat alimentaire provenant de la coopérative des céréales et des légumes secs. Les bocaux sont recouverts d'un morceau de tulle maintenu par un élastique à une

température(T°) de $27 \pm 1^{\circ}\text{C}$, une humidité (HR) relative de $65 \pm 5\%$ % et une photopériode de 12heures (**Fig. 9**). L'élevage est suivi quotidiennement et les adultes nouvellement exuviés sont utilisées pour toutes les expérimentations.



Figure 9. Collecte, Tri et Elevage des insectes d'étude.(Abir&Amira, 2019).

2.3. Présentation de *Lavandula angustifolia* (Miller, 1768)

Lavande vraie, ou lavande fine, appelée communément par la population locale « khzama ».

Le mot *Lavandula* dérive du latin : lavare, qui signifie : laver (Chu & Kemper, 2001).

Elle pousse dans les montagnes calcaires de 500 à 1800 m d'altitude et il semble que l'altitude accentue encore la suavité de son odeur(Kothe, 2007).

2.3.1. Description botanique

- **Les racines** : sont pivotantes, à rameaux simples, touffus non ramifiés et lignifiée. La racine principale est droite émettent des racines secondaires nombreuses qui s'enfoncent profondément dans la terre en générale caillouteuse, sèche et de nature calcaire, à la recherche d'un maximum d'humidité (Fabianiet *al.*, 2002). (Fig. 10).

- **Les tiges** sont courtes, dressées, très ramifiées, ligneuses à la base La tendance spiralée des rameaux se résorbe presque en une rosette, portant de longs et mince épis de fleurs (Small & Deutsch, 2001). (Fig. 10)

- **Les feuilles** : sont étroites, sans pétioles ni dents, allongées, velus de couleur vert bleuté, disposées en paires opposées et de taille réduite afin de mieux supporter la sécheresse. Lesjeunes feuilles sont souvent blanchâtres, ce qui donne à la plante sa teinte gris argenté caractéristique. Les feuilles peuvent mesurer jusqu'à 5 cm de longueur et sont à la fois amères et aromatiques (Fabianiet *al.*, 2002).(Fig. 5)

- **Les fleurs** : sont hermaphrodites, les sépales sont au nombre de cinq et sont soudés pour former le calice tubulaire. Dans le creux des sillons on trouve des cellules sécrétrices d'essence. Ce sont les poils ou trichomes qui donnent au calice son aspect duveteux, participent à l'équilibre hydrique de la plante, protègent la formation productrice d'essence et renferment de l'anthocyane responsable de la couleur des fleurs (Fabianiet *al.*, 2002). (Fig. 10)

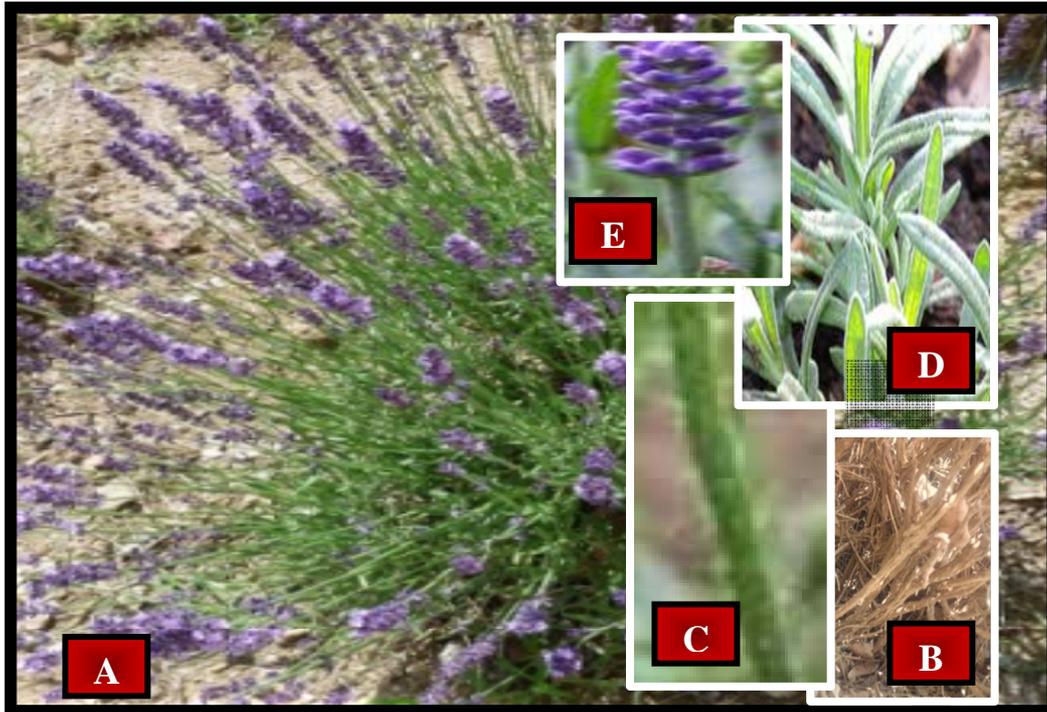


Figure10. *Lavandula angustifolia* (Miller, 1768).(Abir&Amira, 2019).

A : plante entier, B : la tige, C : feuilles disposée sur la tige, D : fleurs.

Selon **Miller (1768)** la plante *Lavandula angustifolia* est classée dans le règne végétal comme suit :

Règne	Plantae
Sous Règne	Plantes vasculaires
Embranchement	Spermaphytes
Sous Embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotyledones
Sous Classe	Dialypétales
Ordre	Lamiales (Labiales)
Famille	Lamiaceae
Genre	<i>Lavandula</i>
Espèce	<i>Lavandula angustifolia</i> M, 1768

2.3.2. Répartition géographique et utilisation de la plante

Elle pousse à l'état indigène dans certaines îles de l'Atlantique et depuis le bassin méditerranéen jusqu'au nord de l'Afrique tropicale, au Moyen Orient, à l'Arabie et à l'Inde (**Small & Deutsch, 2001**). Certaines se plaisent dans les collines incultes, d'autres préfèrent les bordures de forêts de chênes verts ou les lisières de bois d'oliviers. Leurs stations

naturelles s'étendent du bord de mer jusqu'à des altitudes de 2500 m. Mais toutes aiment les terrains secs, légers, sablonneux et pierreux, bien drainés (Vialard, 2008).

La lavande contient diverses molécules qui ont un intérêt médicinal, dont le linalol, l'acétate de linalyle, du limonène, du cinéole, de l'eugénol.... Généralement, la fleur est distillée afin d'obtenir de l'huile essentielle qui a de multiples vertus. Seules l'huile essentielle provenant de cette espèce (*Lavandula angustifolia*) bénéficie de l'appellation d'origine contrôlée (AOC) cette espèce est inscrite à la Pharmacopée française (Xème édition) (Meunier, 1999).

Ainsi, la lavande peut être utilisée comme calmant, antidépresseur et sédatif. Elle est aussi utilisée comme antalgique, anti-inflammatoire, antiseptique et cicatrisant. Elle est également antibactérienne (Elharaset al., 2013) et ses qualités hypotensives et antispasmodiques sont appréciées (Schauenberget al., 2010).

2.3.3. Récolte et préparation de la plante

La plante *Lavandula angustifolia* choisie dans notre étude est originaire de Tébessa, le critère de choix du matériel végétal repose sur la disponibilité de la plante en Algérie, son usage en pharmacopée traditionnelle locale et elle pousse à l'état spontané.

Elle est prélevée entre mars et avril 2018, fraîchement collectée, lavée sous un courant d'eau continu pendant 5 min afin d'éliminer le sol, la poussière et toute matière susceptibles d'être collés à la partie aérienne, puis séchée sur du papier propre à l'ombre dans un endroit sec et aéré pendant 10 jours. Il faut bien vérifier qu'elle soit parfaitement séchée, car la moindre trace d'humidité déclencherait un processus de moisissure qui la rendrait inutilisable.

D'après (Bourkhisset al., 2009; Djeddi, 2012) le séchage à l'ombre permet la continuité et l'accélération de la biosynthèse des huiles essentielles même après la récolte du matériel végétal.

La plante séchée est découpée en petits morceaux destinée pour l'extraction des huiles essentielles,

2.4. Extraction des huiles essentielles

L'hydrodistillation reste la technique d'extraction des HEs qui a le pouvoir de les séparer à l'état pur sans altération, la plus utilisée et la plus rapide pour l'obtention des meilleurs rendements. Son principe correspond à une distillation hétérogène qui met en jeu l'application de deux lois physiques (loi de Dalton et loi de Raoult) (El haib, 2011; El kalamouni, 2010).

L'extraction des huiles essentielles de *Lavandula angustifolia* a été réalisée par hydrodistillation, utilisant un montage de type Clevenger inventé en 1928 (Clevenger, 1928), qui s'agit d'un montage d'extraction classique.

Le choix de cette méthode d'extraction des HEs dans notre étude repose sur la mise en œuvre facile du montage expérimentale ainsi le coût de production qui s'effectue par l'utilisation d'eau uniquement, en plus d'après la **Pharmacopée Européenne (2017)** : L'huile essentielle est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition.

Le montage Clevenger est composé de cinq parties principales (Fig.11) :

- le chauffe ballon.
- le réacteur : un ballon à fond rond tri-cols en verre pyrex dans lequel on introduit la matière végétale destinée à l'extraction et l'eau.
- la colonne : un cylindre de 60 cm de longueur en verre placé au-dessus du réacteur qui recueille la phase vapeur.
- le réfrigérant (muni d'une entrée et une sortie de l'eau de refroidissement) dans lequel se condensent les vapeurs.
- la vase florentin (ampoule à décanter) où vont se séparer la phase organique (huile essentielle) et la phase aqueuse (eau florale).

Elle consiste à immerger la matière végétale dans un bain d'eau. L'ensemble est porté à ébullition et l'opération est généralement conduite à pression atmosphérique. La distillation s'effectue avec un système de recyclage communément appelé cohobage avec un robinet au bas du vase permet de recueillir l'huile essentielle à la fin de la réaction.

Ce système est intéressant puisqu'il permet le recyclage de la phase aqueuse et de s'assurer qu'il reste toujours de l'eau dans le réacteur, ce qui permet de limiter la montée en température synonyme de dégradation rapide de la matière première végétale (Tuley, 1995).

Le milieu réactionnel est constitué de 50g de la plante séchée et découpé en petit morceaux avec 500ml d'eau distillée portée à ébullition pendant 3 heures à une température voisine de 100°C (la température est limitée par celle d'ébullition de l'eau),

La température d'ébullition des molécules aromatiques seules est souvent très supérieure donc l'hydrodistillation permet de limiter le chauffage à appliquer sur la matière première.

Pendant ce temps, La chaleur qui s'applique sur la matière première végétale permet l'éclatement des cellules et la libération des molécules contenues. Il se forme un mélange azéotrope comprenant l'eau et les molécules volatiles sous forme de vapeur qui se dirige vers le col du cygne puis dans le réfrigérant où elle se condense rapidement et tombe sous forme d'huile sur une surface froide (l'eau contenu dans l'ampoule à décanter) (Lucchesi,2005).

L'huile essentielle constituée des différentes substances volatiles sera alors séparée de l'eau par la différence de densité à laquelle elle n'est pas miscible et recueillie par décantation à la fin de la distillation. (Fig. 11).

Cette huile doit être étanche c'est pour cela afin d'éliminer le peu d'eau susceptible d'avoir été retenue dans la phase organique on a la déshydraté par l'ajout du sulfate de sodium (Na_2SO_4) et la conservée à une température voisine de 4°C , dans un flacon en verre brun fermé hermétiquement pour la préserver de l'air et de la lumière.

L'utilisation de contenants en plastique parfois constatée est à éviter en raison du risque d'interactions entre le produit et la matière plastique (Morel *et al.*, 2008; AFSSAPS, 2008).

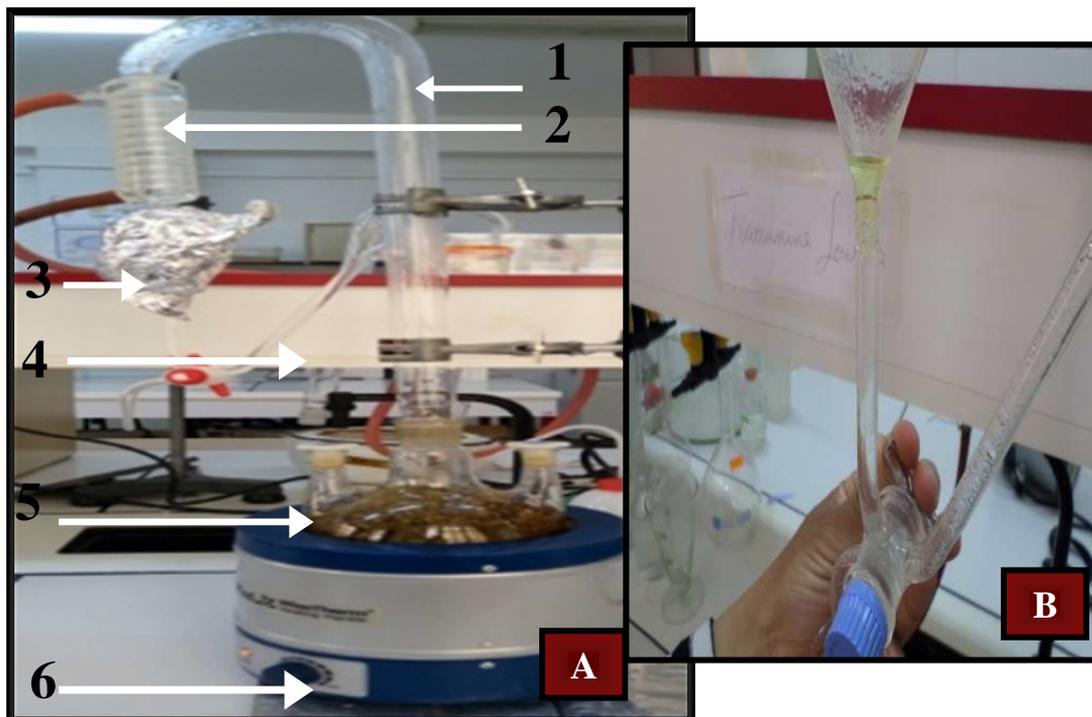


Figure 11. Extraction des huiles essentielles (Abir & Amira, 2019).
A : Montage de l'hydrodistillateur de type Clevenger. **B :** Récupération des HEs.

1. Colonne
2. Réfrigérant
3. Vase florentin
4. Système de cohavage
5. Réacteur
6. Chauffe ballon

La quantité d'huile obtenue est pesée pour le calcul du rendement de la plante (Mawussi, 2008; Tchoumbounganget *al.*, 2009), qui s'agit du rapport entre le poids de l'huile extraite et le poids de la matière sèche de la plante (AFNOR, 1987), évalué à partir de 3 échantillons. Le rendement, exprimé en pourcentage est calculé par la formule suivante :

$$R = [\Sigma P_B / \Sigma P_A] \times 100$$

R : Rendement en huile en %

P_A : Poids de la matière sèche de la plante en g

P_B : Poids de l'huile en g.

2.5. Présentation des composés bioactifs testés

Linalool, Acetate de Linalyl et le Camphre sont les trois substances chimiques synthétiques fournis par Sigma Aldrich choisis pour effectuer notre étude

Le choix de ces substances a été établi suivant des résultats antérieurs de l'analyse chimique des huiles essentielles obtenus par hydrodistillation du *Lavandula angustifolia* originaire de Tébessa effectué par chromatographie sur phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse qui révèlent la présence de 56 composants chimiques principalement Linalool (20.48%), Linalyl Acetate (13.24%) et Camphre (13.15%) sur le plan quantitatif.

Ainsi d'après Shellieet *al.* (2002) ces substances semblent être les composés majoritaires d'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* et les plus actifs biologiquement. Ils sont importants pour l'évaluation de la qualité d'huile de lavande, les concentrations de Linalool, acetate de Linalyl et de camphre étaient en gamme de la pharmacopée européenne.

2.5.1. Linalool

C'est un alcool monoterpénique acyclique chimiquement connu sous le nom de 7-diméthyl-1,6-octadiène-3-ol (CAS) n° 78-70-6. Sa formule chimique est la suivante : C₁₀H₁₈O.

C'est un liquide transparent de couleur jaune clair, (Bicchiet *al.*, 2005; Letizia *et al.*, 2003).

un produit végétal naturel qui possède des propriétés connu ; antifongique (Pattnaik *et al.*, 1997; Edris&Farrag, 2003; Alviano *et al.*, 2005; Dumanet *et al.*, 2010; Özeket *et al.*, 2010), antimicrobien (Powers&Beasley, 1985; Suppakulet *et al.*, 2003; Alviano *et al.*, 2005; Peñalver *et al.*, 2005; Dumanet *et al.*, 2010; Park *et al.*, 2012) et insecticides (Ryan & Byrne, 1988; Weaver *et al.*, 1991).

Linalool est légèrement volatile, avec un arôme agréable associé au parfum de lavande et de laurier. Cette propriété l'a rendue utile dans les produits commerciaux tels que les aromatisants, les parfums et les cosmétiques (Opdyke, 1975; Bickers *et al.*, 2003).

Il possède un centre chiral en C3 et il existe, par conséquent, deux stéréoisomères : le (R)-(-)-Linalool et le (S)-(+)-Linalool. Ces deux formes sont retrouvées dans plus de 200 huiles essentielles issues de feuilles, de fleurs ou encore d'écorces de plantes (Caputi & Aprea, 2011).

Le linalool possède une odeur agréable et chaque isomère présente un parfum (Caputi & Aprea, 2011; Letizia *et al.*, 2003).

2.5.2. Acétate de linalyl

L'acétate de Linalyl est un composé de la famille des esters monoterpéniques, est naturellement présent dans différentes plantes comme la lavande, le lavandin, la bergamote et la sauge sclérée. Il se présente sous la forme d'un liquide incolore à la douce odeur de lavande. Sa formule chimique est la suivante : $C_{12}H_{20}O_2$. Connue sous le nom chimique acétate de 3,7-diméthyl-octa-1,6-diène-3-yle (n° CAS 115-95-7) (Essential Estimation Programs Interface) (EPI) (2011). Il est soluble dans l'éthanol et le di-éthyle éther. (Letizia *et al.*, 2003).

L'acétate de Linalyl est obtenu par estérification de Linalool. On les trouve dans les huiles essentielles de plus de 200 espèces de plantes appartenant à différentes familles (Cavanagh & Wilkinson, 2002).

Il a été indiqué que l'acétate de Linalyl joue un rôle important dans l'activité anti-inflammatoire et antimicrobienne (Peana *et al.*, 2002).

En raison de sa relative stabilité en milieu basique, il est utilisé pour parfumer des savons ou des lessives (Letizia *et al.*, 2003).

2.5.3. Camphre

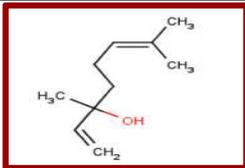
Le camphre est une cétone terpénique bicyclique, sa dénomination selon la norme IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) est 1, 7,7-triméthylbicyclo (2, 2,1) heptan-2-1 et sa formule chimique est la suivante : $C_{10}H_{16}O$.

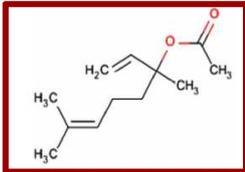
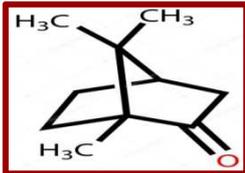
Il se présente comme un solide blanc cristallin, semi transparent, onctueux au toucher, cassant, avec une saveur amère et âcre, et possède une forte odeur aromatique caractéristique (Patnaik, 2007; Herpin, 1824). Le camphre est insoluble dans l'eau et est soluble dans l'éthanol à 95°, dans l'acétone, dans l'éther, dans le benzène et dans une majeure partie des solvants organiques (Patri et al., 2006; Patnaik, 2007).

Le camphre présente deux isomères optiques : le (+)-camphre, dextrogyre et le (-)-camphre, lévogyre. Ces deux formes sont retrouvées dans les plantes avec une prédominance de la forme dextrogyre. Le (+)-camphre est notamment retrouvé dans le camphrier (*Cinnamomum camphora*), les HE de lavande aspic (*Lavandula latifolia*) et de romarin à camphre (*Rosmarinus officinalis* CT camphre). La forme (-)-camphre est quant à elle présente dans l'HE de grande camomille (*Tanacetum parthenium*) (Burdock, 2004; Patri et al., 2006).

Le tableau 1 présente quelques propriétés physico-chimiques des trois composés testés : Linalool, Acétate de linalyl et le Camphre

Tableau 1. Propriétés physicochimique de Linalool, Acétate de linalyl et Camphre

Substance	Paramètre	Valeurs	Reference
Linalool	Formule chimique	$C_{10}H_{18}O$	Bicchiet al. (2005); Letizia et al.(2003).
	Masse moléculaire	154,25 g/mol	
	Point d'ébullition	198°C	
	Structure chimique		http://www.thegoodscentscompany.com/opl/78-70-6.html
	Solubilité dans l'eau (mg/l)	854 à 23,5°C	
	Densité	0.86	
	Biodégradabilité	Facilement biodégradable	

	Formule chimique	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	Essential Estimation Programs Interface (EPI) (2011).
	Masse moléculaire	169,29 g/mol	
	Point d'ébullition	220°C	
	Point de fusion	< -20 <°C	
	Solubilité dans l'eau (mg/l)	20,12	
Acetate de Linalyl	Structure chimique		http://www.thegoodscentscompany.com/opl/115-95-7.html
	Biodégradabilité	Facilement biodégradable	
Camphre	Formule chimique	C ₁₀ H ₁₆ O	Patri <i>et al.</i> (2006) ; Patnaik, (2007).
	Masse moléculaire	152,23 g/mol	
	Température de fusion	178,8°C	
	Point de sublimation	204°C	
	Densité	0,986 - 0,996	
	Structure chimique		http://www.thegoodscentscompany.com/opl/29171-20-8.html

2.6. Traitement et essai insecticide

Les tests de toxicité ont pour objet d'évaluer le degré de sensibilité (ou de résistance) d'une substance toxique chez les diverses espèces animales ou végétales. En pratique, ils cherchent à déterminer les différentes formes de toxicité (par ingestion ; par inhalation ou par contact) et à faire une évaluation quantitative des principaux effets létaux ou sublétaux (**Ramade, 2007**).

Afin d'évaluée une étude comparative entre l'effet insecticide des HEs de *Lavandula angustifolia*, leurs composés bioactifs séparément (Linalool, Acetate de linalyl et le Camphre) et le mélange de ces différents composant ainsi de définir les concentrations létales (CL₅₀, CL₉₀) à l'égard des adultes de *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus granarius*, *Tribolium confusum* et *Cryptolestes ferrugineus* on a réalisé trois essais toxicologiques par fumigation :

- Application des HEs extraite du *Lavandula angustifolia*.
- Application de Linalool, Acetate de linalyl et de Camphre (chaque substance séparément)
- Application d'un mélange de ces différents composés : le mélange des composés majeurs d'origine synthétique d'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* a été testés en respectant le ratio trouvé dans l'analyse chimique l'huile essentielle

Ainsi on a préparé une solution éthanoïque de Linalool (20.48%), Linalyl Acetate (13.24%) et Camphre (13.15%).

Après un screening préalable l'essai est conduit en utilisant les différentes concentrations d'huile essentielle, Linalool, Linalyl Acetate, Camphre, et le mélange préparé ; 25, 50, 100, 150 et 200 µl /L air), qui sont appliqués à l'aide d'une micropipette sur du papier filtre (Wattman n°2) coupé en cercle 2,5 cm de diamètre suspendue à l'aide d'un fil à la face interne du couvercle des flacons stériles, à usage unique de 60ml de volume contenant chacune 10 individus de la même espèce d'insectes d'étude adultes non sexés avec 10gr de blé sain.(Fig. 12).

Cinq répétitions ont été réalisées pour chaque concentration testée pour chaque espèce d'insecte. Par ailleurs, une série témoin sans aucun traitement est conduite en parallèle.

La mortalité des séries témoin et traitée est enregistrée après 24,48 et 72 heures après traitement.(Fig. 12). Les insectes incapables de bouger la tête et les antennes sont considérés comme morts.

Les mortalités observées ont été corrigées selon la formule ci-après d'**Abbott (1925)** qui donne les valeurs corrigées de la mortalité en pourcentage en fonction des mortalités des échantillons traités et celle du témoin.Cette correction permet d'exclure le biais dû à la mort naturelle observée dans nos conditions expérimentales.

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

MC (%) : pourcentage de mortalité corrigé.

M (%) : pourcentage de morts dans la population traitée.

MT (%) : pourcentage de morts dans la population témoin.

Les concentrations létales et sous létales ainsi que leurs intervalles de confiance ont été calculées grâce à un Logiciel Graph Pad Prism 7.

Matériel et Méthodes

Les essais toxicologiques

25, 50, 100, 150 et 200 µl /L air

Application des HEs
extraite du *Lavandula
angustifolia*

Application de Linalool,
Acetate de linalyl et de
Camphre

Application du mélange
Linalool (20.48%), Acetate
de Linalyl
(13.24%) Camphre



Papier filtre n°2) coupé en cercle 2,5 cm Ø



10g blé+10
insectes



10g blé+10
insectes



10g blé+10
insectes



10g blé+10
insectes



Suivie de mortalité 24, 48 et 72 h

Figure 12. Les essais toxicologiques (Abir & Amira, 2019).

2.7. Tests de répulsion

Les répulsifs d'origine naturelle sont utilisés depuis des siècles à travers le monde. Dès l'Antiquité, des écrits d'historiens rapportent l'emploi d'huile végétale pour chasser les insectes (Paluchet *al.*, 2010).

Pour être considérée comme un bon répulsif, une substance insectifuge doit posséder des propriétés excito-répulsives efficaces contre les insectes ciblés, non toxique pour l'homme et avoir une durée d'action suffisamment importante (Klunet *al.*, 2006).

Ce test est réalisé pour calculer le pourcentage de répulsion des HEs extraites du *L. angustifolia*, de chacun de ces composés bioactifs : Linalool, Acétate linalyl et Camphre, et du mélange de ces composants en respectant les pourcentage testée pour les essaistoxicologiques (Linalool 20.48%, Acétate de linalyl 13.24% et Camphre 13.15%), à l'égard des adultes de *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus granarius*, *Tribolium confusum* et *Cryptolestes ferrugineus* d'après la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre décrite par McDonald *et al.* (1970) qui consiste les étapes suivantes :

- Des disques du papier filtre Wattman n°2 de 9 cm de diamètre sont coupés en deux parties égales.
- Quatre concentrations d'huile essentielle, de chaque composé majoritaire, et du mélange des composants majoritaire (Linalool 20.48%, Acétate de Linalyl 13.24% et Camphre 13.15%) ont été préparées (1, 2, 4 et 8 µl/ml) par dilution dans l'acétone.
- 0,5 ml de chacune des solutions ainsi préparées a été répandue uniformément sur une moitié du disque tandis que l'autre moitié a reçu uniquement 0,5 ml d'acétone. Trois répétitions ont été effectuées pour chaque concentration.
- Après quinze minutes, temps nécessaire pour l'évaporation complète du solvant, les deux moitiés des disques ont été ressoudées au moyen d'une bande adhésive. Le disque de papier filtre ainsi reconstitué a été placé dans une boîte de Pétri en plastique et un lot de 10 insectes de la même espèce, a été placé au centre de chaque disque (Fig.13).
- Le nombre d'insectes présents sur la partie de papier filtre traitée à l'huile essentielle (**Nt**) et le nombre de ceux présents sur la partie témoin traitée uniquement à l'acétone (**Nc**) ont été relevés après ½, 3, 6 et 24h.

Le pourcentage de répulsion (PR) a été calculé en utilisant la formule ci-après et attribué à l'une des différentes classes répulsives variant de 0 à V (McDonald *et al.* 1970) qui sont présentés dans le tableau 2

$$PR = (Nc - Nt) / (Nc + Nt) \times 100$$

Tableau 2. Pourcentage de répulsion selon le classement de **Mc Donald *et al.* (1970).**

Classes	Intervalles de répulsion	Propriétés
Classe 0	RP < 0.1%	N'est pas répulsive
Classe I	RP = 0.1%–20.0%	Très faiblement répulsive
Classe II	RP = 20.1%–40.0%	Faiblement répulsive
Classe III	RP = 40.1%–60.0%	Modérément répulsive
Classe IV	RP = 60.1%–80.0%	Répulsive
Classe V	RP = 80.1 %–100.0%	Très répulsive

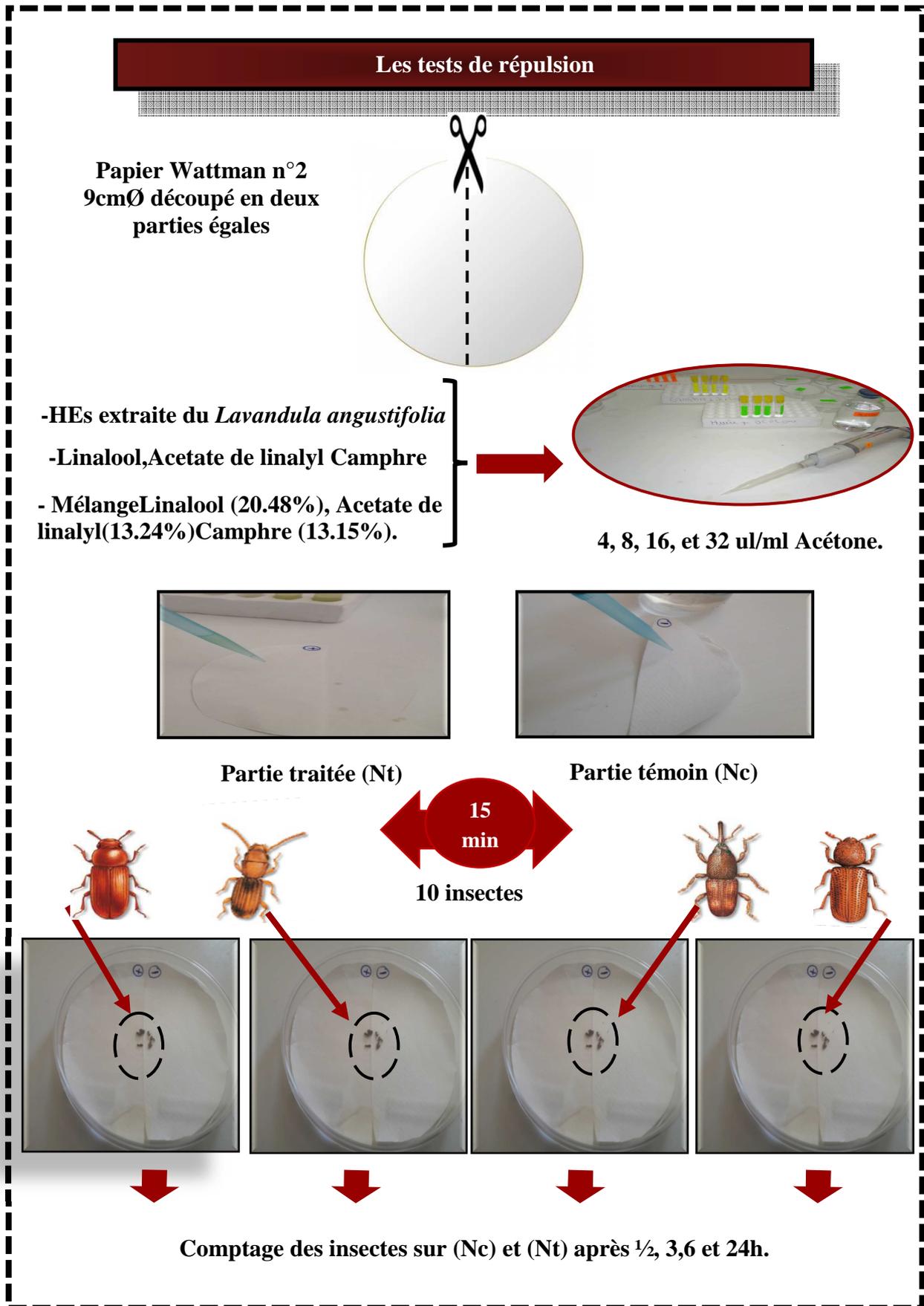


Figure 13. Les tests de répulsion (Abir & Amira, 2019).

2.8. Dosage de l'activité polyphénols-oxydase

2.8.1. Préparation de l'extrait enzymatique brut

Les échantillons témoins et traité à la CL₅₀ avec Linalool prélevées après 24, 48, et 72h sont pesés et conservés par lot de 10 individus. L'extrait enzymatique été obtenu selon le protocole décrit par **Janovitz- Klapp *et al.*(1989)**. Qui consiste un broyage dans 1ml de tampon phosphate (0,05 M, PH 7,0) préalablement refroidi à 4 °C, puis une centrifugation à 15000 tours à 4°C pendant 30 min. Le surnagent obtenu servira comme source d'enzyme et le culot pour le dosage des protéines totale. (**Fig.14**).

2.8.2. Principe de mesure et composition du milieu réactionnel

La méthode est basée sur la quantification de l'oxydation d'un substrat par l'enzyme. Cette oxydation est suivie au cours du temps, ce qui présente l'avantage de s'assurer, pour chaque mesure, que l'enzyme catalyse la réaction en conditions de vitesse initiale.

Afin de maintenir les conditions de vitesse initiale, il est important que le substrat ne soit pas le réactif limitant au cours de la réaction (à 25°C)

Les dosages d'activité phénoloxydase ont été réalisés d'après le protocole utilise par **Reid *et al.* (2003)**.

Le milieu réactionnel pour les différents dosages d'activité polyphénoloxydase, est constitué de trois réactifs dans les proportions suivantes :

-200µL de la solution enzymatique

-200µL de tampon Tris-HCl 0,1M pH 8 ,2

Ce mélange réactionnel est alors incubé durant 10 minutes à 25°C avant l'ajout de :

-400µL de substrat dilue dans l'eau bi-distillée.

Après une brève agitation de 3 secondes afin d'homogénéiser le milieu réactionnel, la lecture des absorbances est réalisée dans un spectrophotomètre à une longueur d'onde adaptée au substrat utilisé. (Tableau 3)

Les cinétiques enzymatiques sont suivies pendant 30 min chaque 5 min.

Pour chacun des dosages réalisés, des « contrôles », contenant 200µL d'eau bi-distillée ,200µL de tampon Tris-HCl, 400µL de substrat, ont été effectués

Ces valeurs d'auto oxydation ont systématiquement été soustraites des valeurs obtenues en présence de solution enzymatique afin de ne considérer que l'oxydation du substrat causée par la catalyse enzymatique.

Ces valeurs d'auto oxydation ont systématiquement été soustraites des valeurs obtenues en présence de solution enzymatique afin de ne considérer que l'oxydation du substrat causée par la catalyse enzymatique.

Pour les solutions enzymatiques et les contrôles les dosages ont systématiquement été réalisés en triplicatas afin de réduire la variabilité.

2.8.3. Choix des substrats

Trois substrats potentiels d'une ou plusieurs sous-classes de phénoloxydases ont été testés. Ces substrats ont été répertoriés dans la littérature comme étant des substrats potentiels de phénoloxydases chez les champignons, les végétaux ou les animaux.

Le Pyrocatechol, l'Acide propionique(S)-2-Amino- 3- (4-hydroxyphenyl), et le 1,4 Dihydroxybenzene sont les trois substrats testés pour notre étude avec des concentrations de 10, 3, et 0.5 Mm respectivement. (Tableau 3)

Tableau 3. Synthèse des différents substrats potentiels testés, la nature et la spécificité sont précisées pour chacun des substrats ainsi que la longueur d'onde utilisée pour détecter leur oxydation.

Spécificité du substrat	Nature du substrat	Nom	Longueur d'onde
Non spécifique	O-diphénol	Pyrocatechol	405 nm
Tyrosinase	Monophénol	Acide propionique(S)-2-Amino3-(4-hydroxyphenyl)	492 nm
Laccase	P-diphénol	1,4-Dihydroxybenzene	390 nm

Afin de déterminer l'activité enzymatique spécifique, la concentration en protéines totales des différents échantillons a été préalablement quantifiée suivant la méthode de **Bradford (1976)** qui utilise le bleu brillant de Coomassie (BBC G 250, Merck) comme réactif et l'albumine de sérum de bœuf (BSA) (Sigma) comme standard. Le réactif révèle la présence des protéines par une coloration bleue. Une fraction aliquote de 100 µl à laquelle on ajoute 4 ml de réactif.

La gamme d'étalonnage a été réalisée à partir d'une solution mère de BSA (1mg/ml)

La solution de BBC, se prépare comme suit : On homogénéise 100 mg de BBC dans 50 ml d'éthanol 95°, on y ajoute 100 ml d'acide orthophosphorique à 85% et le tout est complété à 1000 ml avec de l'eau distillée. La durée de la conservation du réactif est de 2 à 3 semaines à 4°C. L'absorbance est lue au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 595 nm contre un blanc de gamme (Tableau 4)

Tableau 4. Réalisation de la gamme d'étalonnage des protéines.

Tubes	1	2	3	4	5	6
Quantité de BSA (µl)	0	20	40	60	80	100
Eau distillée (µl)	100	80	60	40	20	0
Réactif BBC (ml)	4	4	4	4	4	4
Quantité de BSA (µg)	0	20	40	60	80	100

2.8.4. Interprétation des résultats

L'activité volumique (A_{vol}) a été calculée de la manière suivante :

$$A_{vol}(\text{U.mL}^{-1} \text{ d'enzyme}) = ((\Delta A - \Delta A_{autoox}) / T) \times V_t$$

ΔA : est la différence d'absorbance au cours du temps pour l'échantillon.

ΔA_{autoox} : est la différence d'absorbance pour les contrôles ou les 200µL de solution enzymatique ont été remplacés par 200µL d'eau bi-distillée.

T : la durée en minutes au cours de laquelle l'absorbance est suivie. (30min)

V_t : le volume total du milieu réactionnel (soit 800µL pour notre étude).

V_e : le volume de solution enzymatique (soit 200µL dans notre étude).

F_d : le facteur de dilution qui permet d'obtenir un résultat par millilitre d'enzyme et non pas pour 200µL d'enzyme (1mL / 200µL = 5).

L'activité spécifique est alors obtenue en divisant la valeur de l'activité volumique par la concentration en protéines totales en mg.mL⁻¹. On obtient alors une activité spécifique en unité arbitraire, U, par mg de protéines.

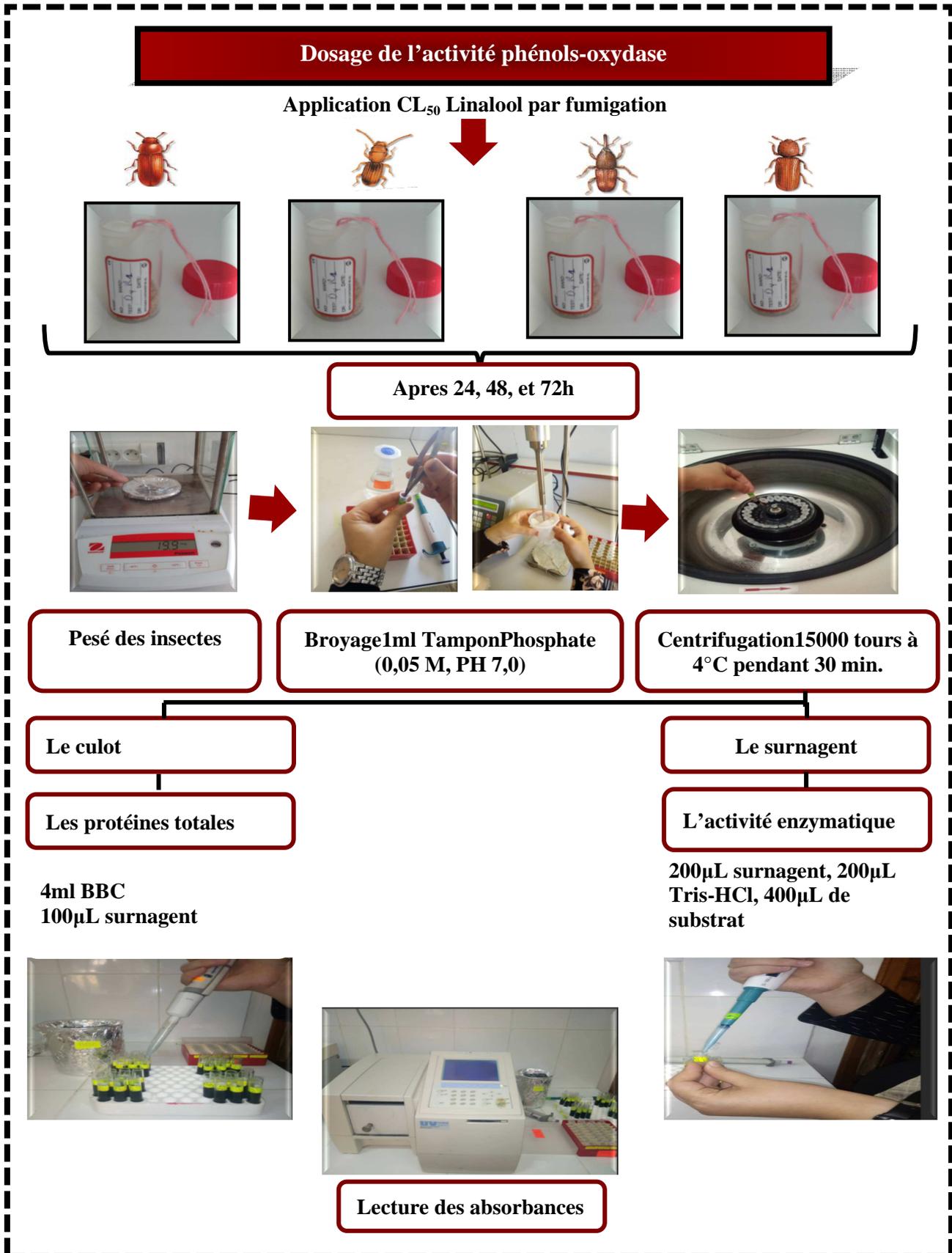


Figure 14. Dosage de l'activité phénols-oxydase (Abir & Amira, 2019).

3. RESULTATS

3.1. Rendement et caractéristiques organoleptiques des HEs

Le rendement en huile essentielle extraites de la partie aérienne de *Lavandula angustifolia* par hydro-distillation de type Clevenger enregistré au cours de nos expérimentations est de l'ordre de 2.30%. Le tableau 5 résume Les caractéristiques organoleptiques de ces huiles.

Tableau 5. Caractéristiques organoleptiques des huiles essentielles de *Lavandula angustifolia*.

Plante	Couleur	Odeur	Saveur	Solubilité
<i>Lavandula angustifolia</i>	jaune claire	lavandée agréable	piquante	liposoluble

3.2. Essais toxicologiques

Les essais toxicologiques ont permis de déterminer l'efficacité des huiles essentielles extraites de *Lavandula angustifolia*, chacun de ces des composants bioactifs : Linalool, Acetate de linalyl, et le Camphre, de plus le mélange de ces composés ensemble a des pourcentages déterminée évaluée à partir de la mortalité enregistrée chez les adultes de quatre espèces d'insectes : *R. dominica*, *S. granarius*, *T. confusum* et *C. ferrugineus* à différentes périodes 24, 48 et 72 heures après traitement.

3.2.1. Toxicité des HEs à l'égard des ravageurs

Les HEs de *Lavandula angustifolia* ont été testées par fumigation sur les adultes des insectes ciblés dans notre étude utilisant différentes concentrations : 25, 50, 100, 200, et 400 µl/Lair. Les résultats de mortalité enregistrée après les périodes de traitement 24, 48 et 72 h sont répertoriés dans le tableau 6, allant de $8 \pm 3,2$, $14 \pm 4,8$ et $46 \pm 7,2$ % pour la plus faible dose appliquée jusqu'au $92 \pm 3,2$, $86 \pm 8,8$, $96 \pm 4,8$, et 100% pour la plus forte dose (400 µl/L) chez *S. granarius*, *T. confusum*, *R. dominica* et *C. ferrugineus* après 24 et 72h respectivement.

On note aussi une augmentation du taux de mortalité en fonction des concentrations appliquées et le temps d'exposition chez les quatre espèces d'insectes (**Fig. 15**). Ainsi *C. ferrugineus* marque un taux de mortalité le plus supérieur par rapport aux autres espèces estimé à 100 % chez les séries traitées avec les doses 200, 400 µl après 48 h de même avec les doses 50, 100, 200 et 400 µl après 72h.

Tableau 6. Effet des HEs de *L. angustifolia* appliquées par fumigation à l'égard des adultes de *R. dominica*, *S. granarius*, *T. confusum* et *C. ferrugineus* sur le taux de mortalité corrigée à différentes périodes ($m \pm SEM$, $n = 3$ répétitions comportant chacune 10 individus).

Temps (h)	Dose μL	<i>R.dominica</i>	<i>S. granarius</i>	<i>T. confusum</i>	<i>C.ferrugineus</i>
24	25	14 \pm 4,80	08 \pm 3,20	08 \pm 3,20	46 \pm 7,20
	50	32 \pm 3,20	22 \pm 3,20	18 \pm 3,20	70 \pm 4,00
	100	46 \pm 4,80	36 \pm 4,80	34 \pm 4,80	84 \pm 4,80
	200	52 \pm 6,40	46 \pm 4,80	48 \pm 6,40	92 \pm 6,40
	400	56 \pm 4,80	62 \pm 6,40	68 \pm 3,20	96 \pm 4,80
48	25	28 \pm 6,40	22 \pm 6,40	22 \pm 6,40	54 \pm 4,80
	50	40 \pm 4,00	34 \pm 4,80	28 \pm 6,40	76 \pm 4,80
	100	72 \pm 3,20	44 \pm 4,80	40 \pm 4,00	96 \pm 4,80
	200	80 \pm 4,00	64 \pm 4,80	54 \pm 4,80	100 \pm 0,00
	400	88 \pm 3.20	86 \pm 4,80	72 \pm 6,40	100 \pm 0,00
72	25	42 \pm 3 ,20	30 \pm 4,00	30 \pm 8,00	76 \pm 4,80
	50	58 \pm 6,40	40 \pm 4,00	44 \pm 8,00	100 \pm 0,00
	100	76 \pm 4,80	54 \pm 4,80	50 \pm 8,00	100 \pm 0,00
	200	84 \pm 4,80	76 \pm 4,80	70 \pm 4,00	100 \pm 0,00
	400	96 \pm 4,80	92 \pm 3,20	86 \pm 8,80	100 \pm 0,00

Les concentrations sous létales (CL_{10} et CL_{25}) et létales (CL_{50} et CL_{90}) au cours de différentes périodes des différents espèces ainsi que le Slope, le coefficient de détermination et l'intervalle de confiance ont été calculés par le logiciel GRAPH PAD PRISM 7 (Tableau 7).

Tableau 7. Efficacité des HEs de *Lavandula angustifolia* appliquées par fumigation sur les adultes de *dominica*, *S. granarius*, *T. confusum* et *C. ferrugineus* à différentes périodes après traitement. Analyse des probits.

Période (h)	R ²	Slope	CL ₁₀ (µl/L) IC (95%)	CL ₂₅ (µl/L) IC (95%)	CL ₅₀ (µl/L) IC (95%)	CL ₉₀ (µl/L) IC (95%)
<i>R.dominica</i>						
24	0,98	0,63	6,058 (0,01835-27,03)	34,45 (2,823-79,19)	195,90 (101,7-936,2)	6338 (993,3-21258001)
48	0,96	1,20	9,411 (2,406-20,28)	23,48 (10,4-37,85)	58,56 (40,13-80,96)	364,40 (177-1095)
72	0,96	1,05	4,404 (2,056-7,528)	12,44 (7,69-17,43)	35,11 (27,7-42,41)	280 (188,5-456,1)
<i>S. granarius</i>						
24	0,98	0,89	19,43 (8,241-35,26)	66,03 (43,29-92,32)	224,40 (171,3-318)	2591 (1215-8957)
48	0,96	1,02	12,19 (3,106-27,45)	35,48 (16,4-58,81)	103,30 (71,54-147,7)	875,30 (406,3-3339)
72	0,96	1,05	8,699 (1,917-20,19)	24,59 (10,01-42,01)	69,51 (45,82-99,26)	555,40 (264,5-1914)
<i>T. confusum</i>						
24	0,99	1,08	26,51 (18,97-35,36)	73,25 (61,07-86,43)	202,40 (178,4-231,9)	1544 (1092-2381)
48	0,98	0,81	10,19 (4,031-19,23)	39,06 (24,08-55,95)	149,7 (117,7-195,4)	2198 (1093-6494)
72	0,96	0,86	5,887 (0,8862-15,48)	20,85 (7,008-37,87)	73,84 (47,05-108,3)	926,1 (388,5-46,41)
<i>C.ferrugineus</i>						
24	0,99	1,29	5,042 (3,483-6,819)	11,78 (9,301-14,25)	27,51 (24,43-30,4)	150,1 (122,3-188)
48	0,98	1,78	6,839 (2,944-11,25)	12,67 (7,248-17,42)	23,48 (17,43-28,8)	80,61 (56,75-123,8)
72	/	19,23	20,55 0	23,25 0	24,12 0	26,4 0

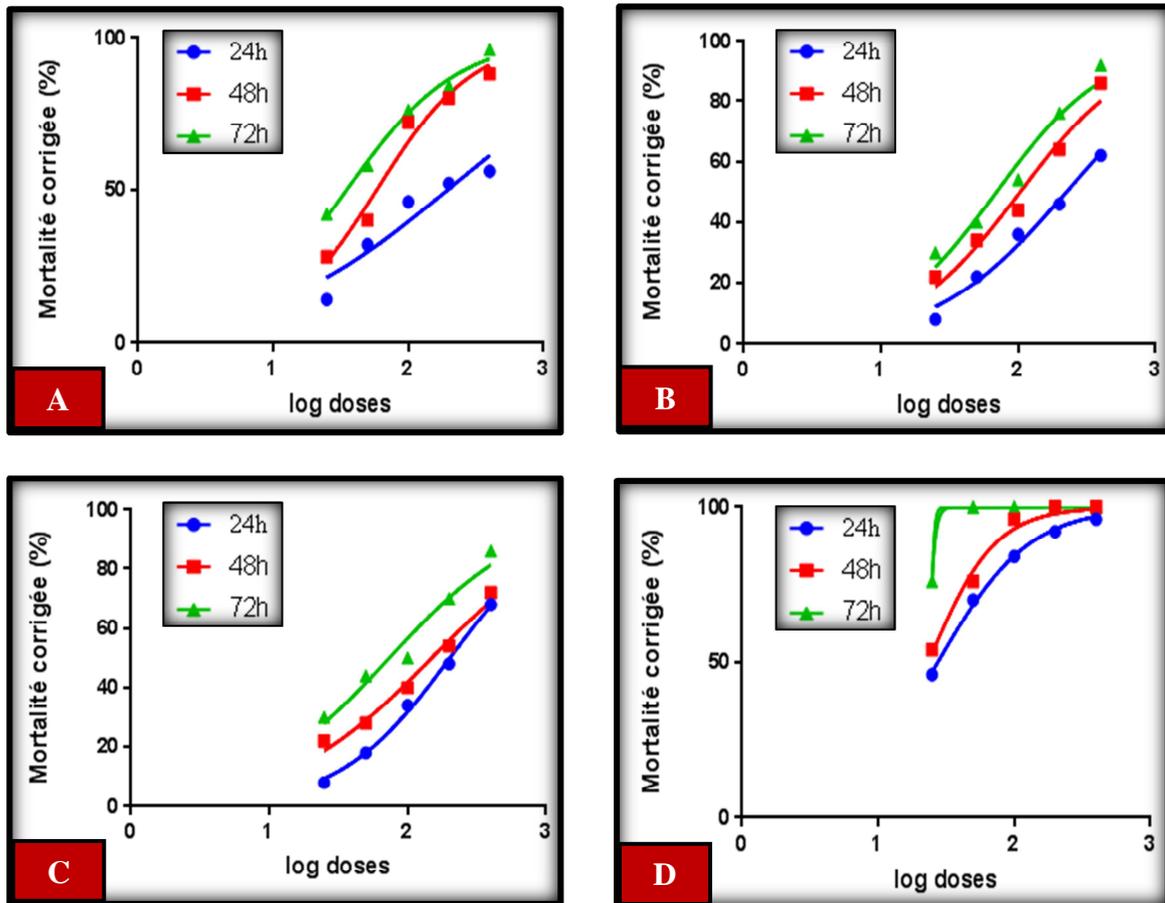


Figure 15. Courbe de référence exprimant les mortalités corrigées (%) des insectes testés en fonction des logarithmes décimaux des doses des HES à différentes périodes 24, 48 et 72h. **A** : *R. dominica*, **B** : *S. granarius*, **C** : *T. confusum*, **D** : *C. ferrugineus*

3.1.1. Toxicité des molécules bioactives à l'égard les insectes d'études

3.1.1.1. Toxicité de Linalool

L'évolution de la mortalité occasionnée en fonction du temps 24, 48, et 72h par effet fumigant contre les insectes traités avec Linalool à différentes concentrations sont illustrées sur le tableau 8

Les résultats révèlent un effet toxique proportionnel à la dose employée et le temps d'exposition chez toutes les espèces d'insectes ciblé dans notre étude. (Fig. 16).

Les faibles pourcentages de mortalités sont enregistrées après 24 h chez les séries traitées avec la faible dose : 16 ± 7.2 , 30 ± 4 , 16 ± 7.2 , et 18 ± 3.2 % chez *R. dominica*, *S. granarius*, *T. confusum* et *C. ferrugineus* respectivement.

Ainsi on note une mortalité de 100 % chez *R. dominica* et *C. ferrugineus* chez les séries traité avec la forte dose après 24, 78, et 72h. Demême chez *S. granarius* après 48h et 72h.

Par contre chez *T. confusum* l'application de Linalool par fumigation a provoqué un maximum de mortalité de 96±4.8 % obtenu uniquement chez les séries traitées avec la plus forte dose après 72h de traitement.

Tableau 8. Effet de Linalool appliqué par fumigation à l'égard les adultes de *R. dominica*, *S. granarius*, *T. confusum* et *C. ferrugineus* sur le taux de mortalité corrigée à différentes périodes ($m \pm SEM$, $n= 3$ répétitions comportant chacune 10 individus).

Temps (h)	Dose $\mu\text{L/L}$	<i>R.dominica</i>	<i>S. granarius</i>	<i>T. confusum</i>	<i>C.ferrugineus</i>
24	25	16±7,20	30±4,00	16± 7,20	18,00 ±3,20
	50	48± 3,20	42± 3,20	18± 6,40	44,00 ±4,80
	100	70±4,00	46 ± 4,80	26±4.80	80,00 ±4,00
	200	88± 6,40	68±3,20	44± 6,40	90,00 ±8,00
	400	100±0,0	78±6,40	54± 7,20	100,00 ±0,0
48	25	30±8,00	54±8,80	24±4,80	48±3,20
	50	66±4,80	78±3,20	28± 3,20	62±3,20
	100	94± 7,20	86± 7,20	48± 3,20	84±4,80
	200	100±0,00	92± 6,40	62± 6,40	92±6,40
	400	100±0,00	100±0,00	88± 6,40	100±0,00
72	25	36 ± 7,20	74± 4,80	28± 6,40	68±3,20
	50	76 ± 7,20	92 ± 6,40	44 ± 7,20	78±6,40
	100	96± 4,80	96± 4,80	52 ± 6,40	90±4,00
	200	100± 0,00	100±0,00	76 ±7,20	94±7,20
	400	100± 0,00	100±0,00	96±4.80	100±0,00

Les concentrations sous létales (CL_{10} et CL_{25}) et létales (CL_{50} et CL_{90}) au cours de différentes périodes des différents espèces d'insectes ainsi que le Slope, le coefficient de détermination et l'intervalle de confiance ont été calculés par le logiciel GRAPH PAD PRISM 7 (Tableau 9)

Tableau 9. Efficacité de Linalool appliqué par fumigation sur les adultes de *R. dominica*, *S. granarius*, *T. confusum* et *C.ferrugineus* : à 24, 48 et 72 h après traitement. Analyse des probits.

Période (h)	R ²	Slope	CL ₁₀ (µ/L) IC (95%)	CL ₂₅ (µ/L) IC (95%)	CL ₅₀ (µ/L) IC (95%)	CL ₉₀ (µ/L) IC (95%)
<i>R.dominica</i>						
24	0,98	1,73	16,24 (9,488-24,17)	30,55 (21,95-39,56)	57,48 (47,15-69,82)	203,5 (135,5-331)
48	0,99	2,38	14,53 (11,31-17,79)	23,02 (19,66-26,27)	36,47 (33,18-39,95)	91,57 (76,26-11,9)
72	0,99	2,55	13,32 (12,1-14,52)	20,47 (19,27-21,61)	31,44 (30,33-32,58)	74,22 (68,66-80,56)
<i>S. granarius</i>						
24	0,95	0,75	4,696 (0,5399-13,52)	20,06 (6,059-37,64)	85,66 (54 ,93-127,9)	1563 (597,8-11453)
48	0,97	1,27	3,782 (1,01-8,162)	8,955 (3,719-14,59)	21,2 (13,36-27,4)	118,8 (73,84-216,3)
72	0,99	1,87	4,405 (2,333-7,166)	7,922 (5,068-11,04)	14,25 (10,95-17,09)	46,07 (39,27-54,81)
<i>T. confusum</i>						
24	0,97	0,76	17,73 (5,401-37,06)	75,08 (45,3-109,40)	318 (226,90-554,9)	5703 (1964-42985)
48	0,95	1,07	13,45 (2,27-34,52)	37,42 (13,81-67,78)	104,1 (66,24-161,10)	458,60 (333,60-4577)
72	0,94	1,1	9,25 (0,97-25,87)	25,12 (6,59-49,19)	68,20 (37,57-109,40)	309,90 (202,20-2998)
<i>C.ferrugineus</i>						
24	0,99	2,02	18,44 (12,96-24,63)	31,70 (25,51-38,08)	54,50 (47,72-62,1)	161,10 (121,4-222,8)
48	0,97	1,24	4,98 (1,458-10,04)	12 (5,399-18 ,84)	28,93 (19,19-37,77)	168 (101,2-330,3)
72	0,97	1,02	1,473 (0,2545-4,011)	4,308 (1,265-8,474)	12,60 (6,185-18,32)	107,80 (71,27-182,7)

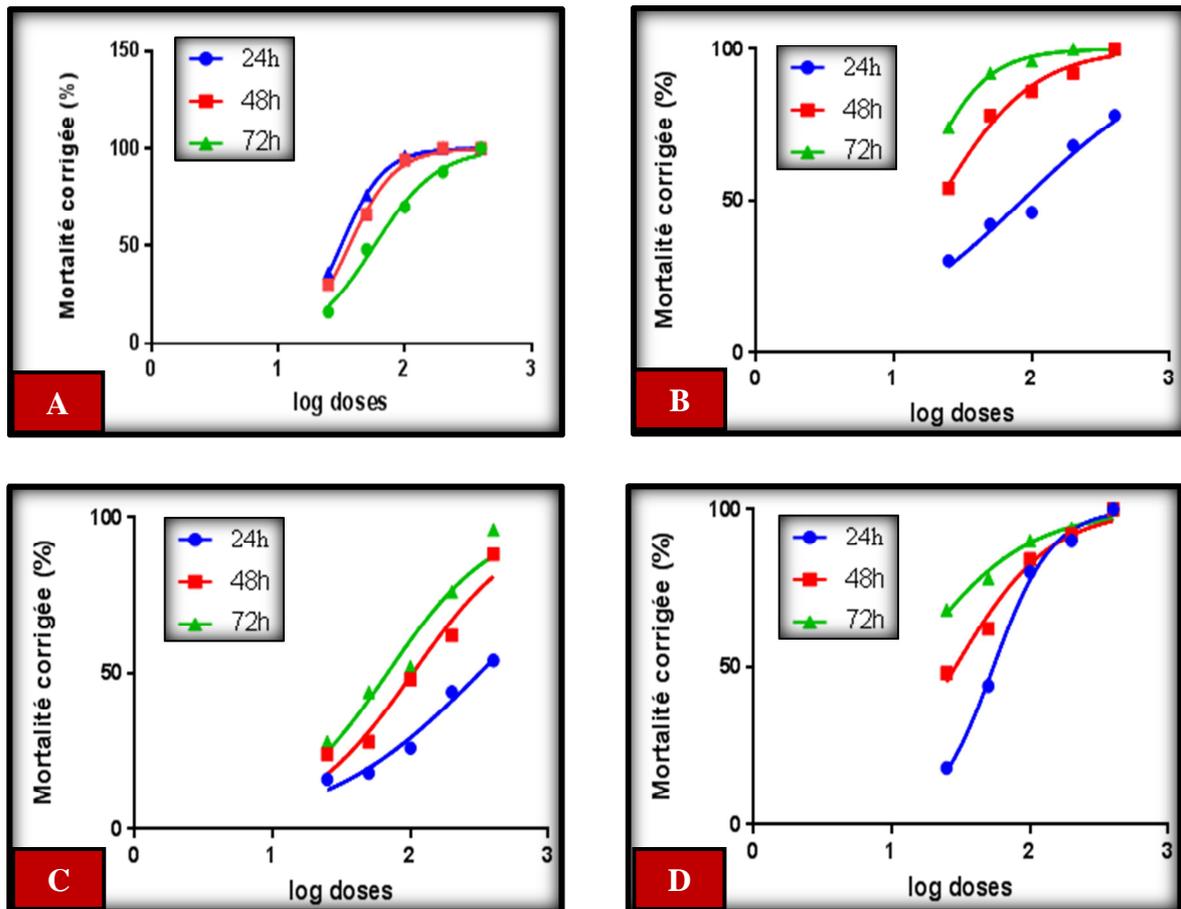


Figure 16. Courbe de référence exprimant les mortalités corrigées (%) des insectes testés en fonction des logarithmes décimaux des doses de Linalool à différentes périodes 24, 48 et 72h.

A : *R. dominica*, **B :** *S. granarius*, **C :** *T. confusum*, **D :** *C. ferrugineus*.

3.1.1.2. Toxicité d'Acetate de Linalyl

Les résultats obtenus montrent que l'acetate de linalyl a également une activité insecticide sur les adultes de différents insectes d'étude par effet d'inhalation dose-temps. (**Fig. 17**).

En effet les fortes doses appliquées provoquent une mortalité variée en fonction de l'espèce d'insecte, on a enregistré une mortalité de 62 ± 3.2 , 72 ± 6.4 et 74 ± 4.8 % après 24 h, cette mortalité a augmenté jusqu'à 78 ± 6.4 , 88 ± 3.2 et 92 ± 3.2 % après 48h pour atteindre 86 ± 4.8 , 94 ± 4.8 , et 100 % à 72h après le traitement chez les individus de *T. confusum*, *R. dominica*, et *S. granarius* respectivement.

Tandis chez *C.ferrugineus* le taux de mortalité atteint 100% avec la dose la plus forte 400 μ l après une exposition de 24h. De même pour les deux doses 100 et 200 μ l ou on note une mortalité totale à partir d'une exposition de 48h. (Tableau 10).

Tableau 10. Effet de l'Acétate de linalyl appliqué par fumigation à l'égard des adultes de *R. dominica*, *S. granarius*, *T. confusum* et *C. ferrugineus* sur le taux de mortalité corrigée à différentes périodes (m \pm SEM, n= 3 répétitions comportant chacune 10 individus).

Temps (h)	Dose μ l/L	<i>R.dominica</i>	<i>S. granarius</i>	<i>T. confusum</i>	<i>C.ferrugineus</i>
24	25	8 \pm 3,20	14 \pm 4,80	8 \pm 3,20	18 \pm 6,40
	50	24 \pm 7,20	32 \pm 3,20	24 \pm 4,80	46 \pm 7,20
	100	50 \pm 8,00	50 \pm 4,00	38 \pm 3,20	80 \pm 4,00
	200	64 \pm 4,80	64 \pm 4,80	46 \pm 4,80	96 \pm 4,80
	400	72 \pm 6,40	74 \pm 4,80	62 \pm 3,20	100 \pm 0,00
48	25	18 \pm 3,2	36 \pm 4,80	24 \pm 4,80	42 \pm 3,20
	50	44 \pm 4,8	48 \pm 3,20	36 \pm 4,80	82 \pm 6,40
	100	64 \pm 4,8	60 \pm 8,00	50 \pm 8,00	100 \pm 0,00
	200	76 \pm 4,8	78 \pm 3,20	66 \pm 4,80	100 \pm 0,00
	400	88 \pm 3,2	92 \pm 3,20	78 \pm 6,40	100 \pm 0,00
72	25	34 \pm 4,80	54 \pm 7,20	40 \pm 4,00	68 \pm 6,40
	50	52 \pm 4,6	60 \pm 12,00	56 \pm 7,20	86 \pm 4,80
	100	70 \pm 4,00	82 \pm 3,20	68 \pm 3,20	100 \pm 0,00
	200	88 \pm 3,20	90 \pm 8,00	78 \pm 3,20	100 \pm 0,00
	400	94 \pm 4,80	100 \pm 0,00	86 \pm 4,80	100 \pm 0,00

Le tableau 11 présente les valeurs des concentrations sous létales (CL₁₀ et CL₂₅) et létales (CL₅₀ et CL₉₀) au cours de différentes périodes à l'égard des différents espèces d'insectes ainsi que le Slope, le coefficient de détermination et l'intervalle de confiance calculés par le logiciel GRAPH PAD PRISM 7.

Tableau 11. Efficacité de l'Acetate de linalyl appliqué par fumigation sur les adultes de *R. dominica*, *S. granarius*, *T. confusum* et *C. ferrugineus* : à 24, 48 et 72 h après traitement. Analyse des probits.

Période (h)	R ²	Slope	CL ₁₀ (µl/L) IC (95%)	CL ₂₅ (µl/L) IC (95%)	CL ₅₀ (µl/L) IC (95%)	CL ₉₀ (µl/L) IC (95%)
<i>R. dominica</i>						
24	0,95	1,12	18,09 (3,981-41,25)	48,13 (21,47-80,8)	128 (84,57-207)	905,5 (355,5-5384)
48	0,98	1,22	11,35 (4,876-19,94)	27,84 (16,89-39,6)	68,33 (52,67-87,76)	411,4 (233,5-882)
72	0,99	1,20	7,377 (4,652-10,59)	18,33 (13,76-23)	45,52 (39,19-52,16)	280,90 (208,8-397,2)
<i>S. granarius</i>						
24	0,98	0,98	12,21 (4,854-22,58)	37,37 (22,51-54,08)	114,40 (87,75-151,3)	1073 (554,4-2922)
48	0,97	0,94	5,146 (1,186-11,78)	16,49 (6,774-27,75)	52,82 (35,27-72,52)	542,30 (272,9-1588)
72	0,93	1,04	3,068 (0,1087-10,21)	8,802 (0,9612-19,27)	25,26 (8,044-40,43)	208 (90,63-918,6)
<i>T. confusum</i>						
24	0,94	1,01	83,04 (17,04-193,9)	245,40 (117,7-394,50)	725,50 (505,8-1296)	6338 (2415-64197)
48	0,97	0,98	38,46 (13,78-74,09)	117,50 (65,95-174,70)	359 (276,4-460,50)	3352 (1834-8898)
72	0,98	0,86	12,57 (5,218-22,94)	44,62 (25,94-64,92)	158,40 (123,70-192,80)	1995 (1293-3568)
<i>C. ferrugineus</i>						
24	0,99	2,16	19,06 (16,23-22,06)	31,71 (28,65-34,81)	52,73 (49,37-56,29)	145,90 (127-169,20)
48	0,99	2,79	12,83 (10,19-15,27)	19,03 (16,48-21,22)	28,21 (26,07-30,35)	62 (52,49-74,23)
72	0,97	1,89	5,327 (1,641-10,46)	9,523 (4,196-14,77)	17,02 (10,58-21,36)	54,41 (39,23-80,48)

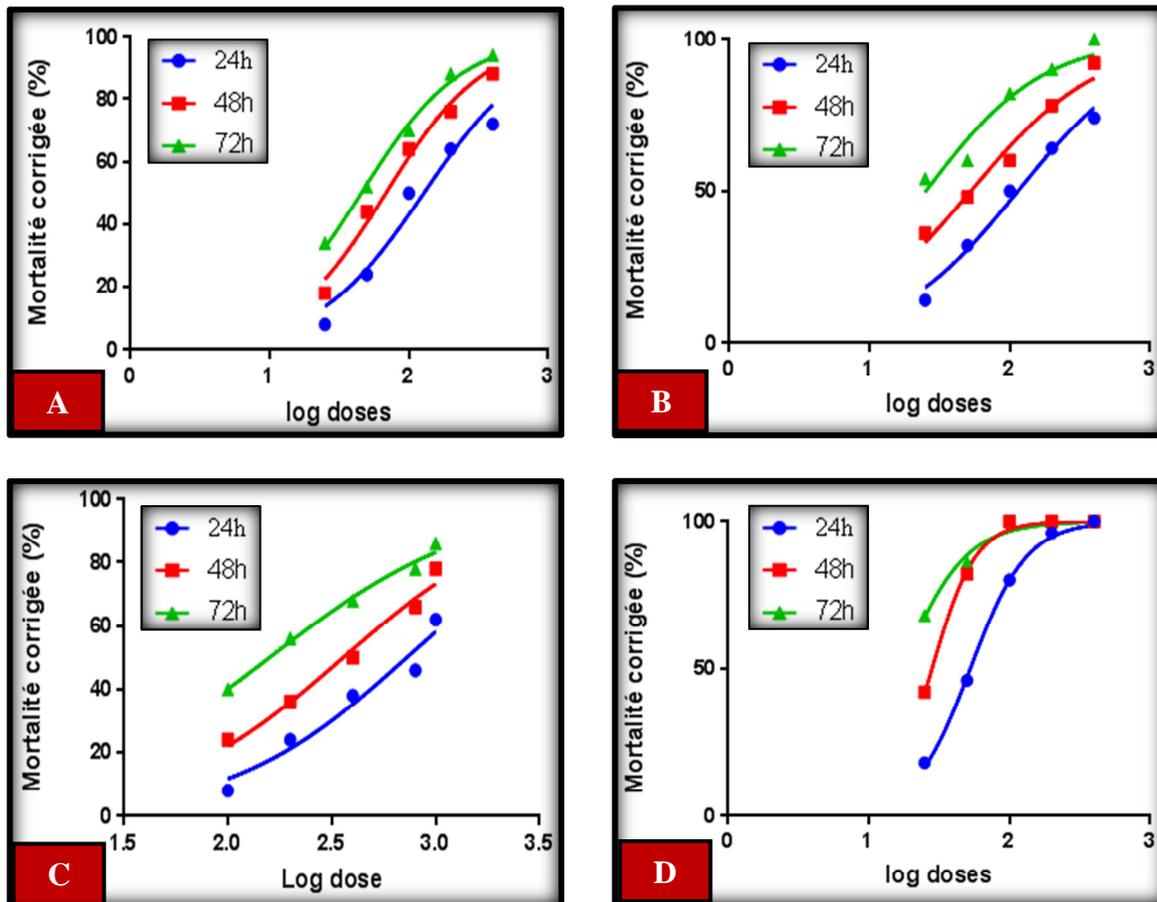


Figure 17. Courbe de référence exprimant les mortalités corrigées (%) des insectes testés en fonction des logarithmes décimaux des doses de l'Acetate de linalul à différentes périodes 24, 48 et 72h. **A:***R.dominica*, **B:** *S. granarius*, **C:** *T. confusum*, **D:***C.ferrugineus*

3.1.1.3.Toxicité de Camphre

La lecture des résultats consignés dans le tableau 12 montre que le Camphre a un effet toxique vis-à-vis les insectes d'étude évalué à partir de pourcentage de mortalité enregistré au cours des périodes 24, 48, 72h.

Egalement on note une augmentation du taux de mortalité en fonction des concentrations appliquées de la molécule bioactive et le temps d'exposition variable selon les espèces d'insectes (**Fig. 18**). Chez les séries traitées à la dose la plus faible le pourcentage de mortalité est de $12 \pm 3,2$ à $18 \pm 3,2\%$, de $18 \pm 3,2$ à $38 \pm 6,4\%$, de $32 \pm 6,4$ à $56 \pm 4,8\%$ après 24h, 48, et 72h respectivement. Dont le pourcentage de mortalité le plus faible est observé chez *T. confusum* durant les temps testé. En ce qui concerne la dose la plus forte le taux de mortalité le plus élevé est révélé chez *R.dominica* estimé à $98 \pm 3,2\%$ à 24h et 100% à 48 et 72h.

Tableau 12. Effet de Camphre appliqué par fumigation à l'égard les adultes de *R. dominica*, *S. granarius*, *T. confusum* et *C. ferrugineus* sur le taux de mortalité corrigée à différentes périodes ($m \pm SEM$, $n= 3$ répétitions comportant chacune 10 individus).

Temps (h)	Dose μL	<i>R.dominica</i>	<i>S. granarius</i>	<i>T. confusum</i>	<i>C.ferrugineus</i>
24	25	18 \pm 3,20	14 \pm 4,80	12 \pm 3,20	16 \pm 4,80
	50	42 \pm 6,40	32 \pm 3,20	22 \pm 3,20	34 \pm 4,80
	100	58 \pm 3,20	44 \pm 4,80	36 \pm 4,80	48 \pm 3,20
	200	76 \pm 4,80	62 \pm 3,20	44 \pm 4,80	60 \pm 4,00
	400	98 \pm 3,20	76 \pm 4,80	56 \pm 4,80	82 \pm 3,20
48	25	34 \pm 4,80	26 \pm 4,80	18 \pm 3,20	38 \pm 6,40
	50	50 \pm 4,00	46 \pm 4,80	42 \pm 3,20	48 \pm 6,40
	100	74 \pm 4,80	54 \pm 4,80	58 \pm 3,20	52 \pm 3,20
	200	94 \pm 4,80	66 \pm 4,80	64 \pm 4,80	66 \pm 7,20
	400	100 \pm 0,00	82 \pm 3,20	88 \pm 3,20	94 \pm 7,20
72	25	56 \pm 4,80	50 \pm 4,00	32 \pm 6,40	54 \pm 4,80
	50	64 \pm 4,80	66 \pm 4,80	54 \pm 4,80	66 \pm 4,80
	100	90 \pm 12,00	72 \pm 6,40	64 \pm 4,80	72 \pm 3,20
	200	98 \pm 3,20	78 \pm 3,20	74 \pm 4,80	86 \pm 4,80
	400	100 \pm 0,00	94 \pm 4,80	94 \pm 4,80	100 \pm 0,00

Le tableau 13 présente les valeurs des concentrations sous létales (CL_{10} et CL_{25}) et létales (CL_{50} et CL_{90}) au cours de différentes périodes à l'égard les différents espèces d'insectes ainsi que le Slope, le coefficient de détermination et l'intervalle de confiance calculés par le logiciel GRAPH PAD PRISM 7.

Tableau 13. Efficacité de Camphre appliqué par fumigation sur les adultes de *R. dominica*, *S. granarius*, *T. confusum* et *C. ferrugineus* à différentes périodes après traitement. Analyse des probits.

Période (h)	R ²	Slope	CL ₁₀ (µl/L) IC (95%)	CL ₂₅ (µl/L) IC (95%)	CL ₅₀ (µl/L) IC (95%)	CL ₉₀ (µl/L) IC (95%)
<i>R.dominica</i>						
24	0,99	1,34	13,74 (7,993-2095)	41,14 (30,38-52, 89)	123,3 (103,6-147,4)	1106 (706,5-1995)
48	0,97	1,45	5,334 (1,335-12,01)	20,18 (9,168-32,9)	76,36 (54,66-103,5)	1093 (513,3-3744)
72	0,94	1,29	1,229 (0,02514-5,386)	5,453 (0,4457-13, 95)	24,19 (7,446-39,92)	476 (183,8-3200)
<i>S. granarius</i>						
24	0,99	1,00	13,74 (7,993-20,95)	41,14 (30,38-52,89)	1233 (103,6-147,4)	1106 (706,5-1995)
48	0,97	0,82	5,334 (1,335-12,01)	20,18 (9,168-32,9)	76,36 (54,66-103,5)	1093 (513,3-3744)
72	0,94	0,73	1,229 (0,02514-5,386)	5,453 (0,4457-13,95)	24,19 (7,446-39,92)	476 (183,8-3200)
<i>T.confusum</i>						
24	0,98	0,74	13,90 (5,684-25,62)	61,29 (40,8-84,25)	270,10 (205,8-393,9)	5247 (2227-21159)
48	0,95	1,04	9,984 (1,519-25,14)	28,62 (9,772-51,56)	82,03 (50,95-128)	673,9 (267,5-3803)
72	0,95	0,97	5,254 (0,7349-13,61)	16,28 (4,939-29,71)	50,47 (29,76-74,22)	484,8 (211,4-1992)
<i>C.ferrugineus</i>						
24	0,98	1,01	12,73 (5,044-23,75)	37,51 (22,3-54,99)	110,60 (84,21-146)	961 (510,6-2510)
48	0,85	0,78	3.692 (4,812e-005-22,03)	/	59,62 (7,016-133,6)	962,70 (208,8-3315)
72	0,91	0,86	1.795 (001254-8,097)	6,426 (0,2417-17,06)	23 (4,379-40,57)	294,90 (109,3-2454)

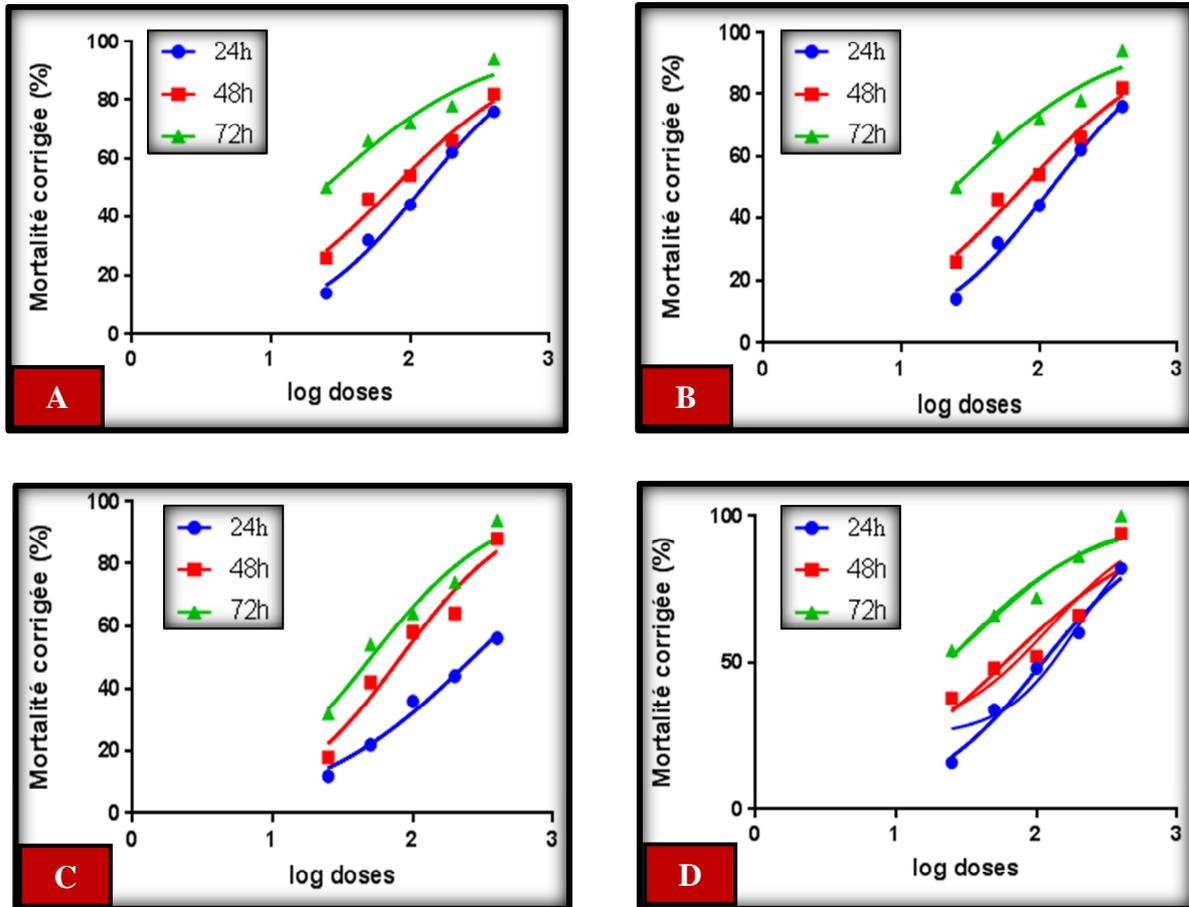


Figure 18. Courbe de référence exprimant les mortalités corrigées (%) des insectes testés en fonction des logarithmes décimaux des doses de Camphre à différentes périodes 24, 48 et 72h. **A:** *R. dominica*, **B:** *S. granarius*, **C:** *T. confusum*, **D:** *C. ferrugineus*

3.1.2. Toxicité de mélange des molécules bioactives à l'égard les insectes d'études

Les résultats relatifs au pourcentage de mortalités des individus traités avec le mélange de composants sont consignés sur le tableau 14

Ce mélange contient Linalool (20.48%), Acetate de linalyl (13.24%) et Camphre (13.15%) appliqué aussi par fumigation pendant les mêmes durées d'expérimentation 24, 48, et 72h.

La lecture du tableau de mortalité révèle que ce mélange a engendré une activité insecticide vis-à-vis les insectes ciblé avec un effet dose-réponse-temps d'exposition. (Fig. 19).

T. confusum marque un taux de mortalité le plus faible parmi les insectes d'étude : 14 ± 4.8 % avec la doses la plus faible après 24h de traitement.

À l'opposé *C.ferrugineus* a noté des pourcentages de mortalité élevé : 100% chez les séries traitées avec la dose la plus forte pendant 24, 48, et 72h du traitement.

Concernant les autres espèces d'insectes le maximum pourcentage de mortalité est obtenu avec la dose la plus forte 400µl après une durée de 7h estimé à $98\pm 3.2\%$ pour *R.dominica* et *S. granarius* et $98\pm 2.66\%$ pour *T. confusum*.

Tableau 14. Efficacité du mélange des composés bioactifs appliqué par fumigation sur les adultes de *R. dominica*, *S. granarius*, *T. confusum* et *C. ferrugineus* : à 24, 48 et 72 heures après traitement. Analyse des probits.

Temps (h)	Dose µl/L	<i>R.dominica</i>	<i>S. granarius</i>	<i>T. confusum</i>	<i>C.ferrugineus</i>
24	25	24± 4,80	20±4,00	14±4,80	28± 6,40
	50	40±4,00	30±4,00	28±3,20	52± 6,40
	100	50±4,00	44± 7,20	36±4,80	72± 3,20
	200	66±7,20	58± 3,20	42±6,40	84± 4,80
	400	90±8,00	70±8,00	56±4,80	100±0,00
48	25	36± 4,80	40±4,00	32±6,40	64± 7,20
	50	52± 6,40	46± 8,80	48±3,20	80±4,00
	100	62± 6,40	66± 4,80	54±4,80	86±4,80
	200	80±8,00	76± 7,20	66±4,80	98±3,20
	400	94± 7,20	94± 4,80	82±3,20	100±0,00
72	25	48± 6,40	62± 6,40	52±2,60	72±3,20
	50	58± 7,20	66± 4,80	58±5,30	88±3,20
	100	72±6,40	80±4,00	64±6,00	96±4,80
	200	90±4,00	82± 6,40	82±2,60	100±0,00
	400	98± 3,20	98± 3,20	98±2,66	100±0,00

Les concentrations sous létales (CL_{10} et CL_{25}) et létales (CL_{50} et CL_{90}) au cours de différentes périodes des différents espèces d'insectes ainsi que le Slope, le coefficient de détermination et l'intervalle de confiance ont été calculés par le logiciel GRAPH PAD PRISM 7 (Tableau 15).

Tableau 15. Efficacité du mélange des composés bioactifs appliqué par fumigation sur les adultes de *R. dominica*, *S. granarius*, *T. confusum* et *C. ferrugineus* : à 24, 48 et 72 h après traitement. Analyse des probits.

Période (h)	R ²	Slope	CL ₁₀ (µl/L) IC (95%)	CL ₂₅ (µl/L) IC (95%)	CL ₅₀ (µl/L) IC (95%)	CL ₉₀ (µl/L) IC (95%)
<i>R.dominica</i>						
24	0,96	1,00	9,56 (1,731-23,64)	28,44 (10,64-50,44)	84,59 (54,38-126,4)	748,4 (323,2-3486)
48	0,97	0,98	5,138 (1,181-11,67)	15,75 (6,39-2647)	48,26 (31,78-66,39)	453,4 (230,6-1278)
72	0,95	1,01	3,614 (0,3253-10,33)	10,66 (2,253-21,03)	31,44 (14,65-47,43)	273,6 (126,7-989)
<i>S.granarius</i>						
24	0,99	0,81	9,252 (8,071-10,51)	35,65 (33,1-38,25)	137,40 (131,5-143 ,6)	/
48	0,95	0,92	4,457 (0,388-13,15)	14,64 (3,297-29,09)	48,11 (25.12-73.58)	/
72	0,88	0,71	0,6827 (4,565e005-5,423)	3,201 (0,0048-12,42)	15,01 (0,495-31 ,62)	/
<i>T.confusum</i>						
24	0,96	0,64	9,095 (1,937-21,72)	5,61 (26,14-78,76)	281,7 (194,3-516,4)	8722 (2571-99364)
48	0,97	0,72	3,318 (0,5616-8,703)	15 (5,428-26,69)	67,77 (45,72-94,17)	1384 (590.5-6131)
72	0,86	0,78	1,757 (3,889e005-11,08)	7,16 (0,0074-23,75)	29,20 (1,26-60,58)	485,30 (127,8-80997)
<i>C.ferrugineus</i>						
24	0,98	1,37	9,896 (4,739-16,38)	22,02 (13,96-30,36)	49 (38,51-60,83)	242,60 (153,2-431,3)
48	0,96	1,15	2,298 (0,3226-6,325)	5,95 (1,527-11,61)	15,40 (7,082-22,13)	103,20 (62-197,9)
72	0,99	1,61	3,596 (2,184-5,347)	7,10 (5,011-9,312)	14,02 (11,44-16,31)	54,66 (47,51-63,6)

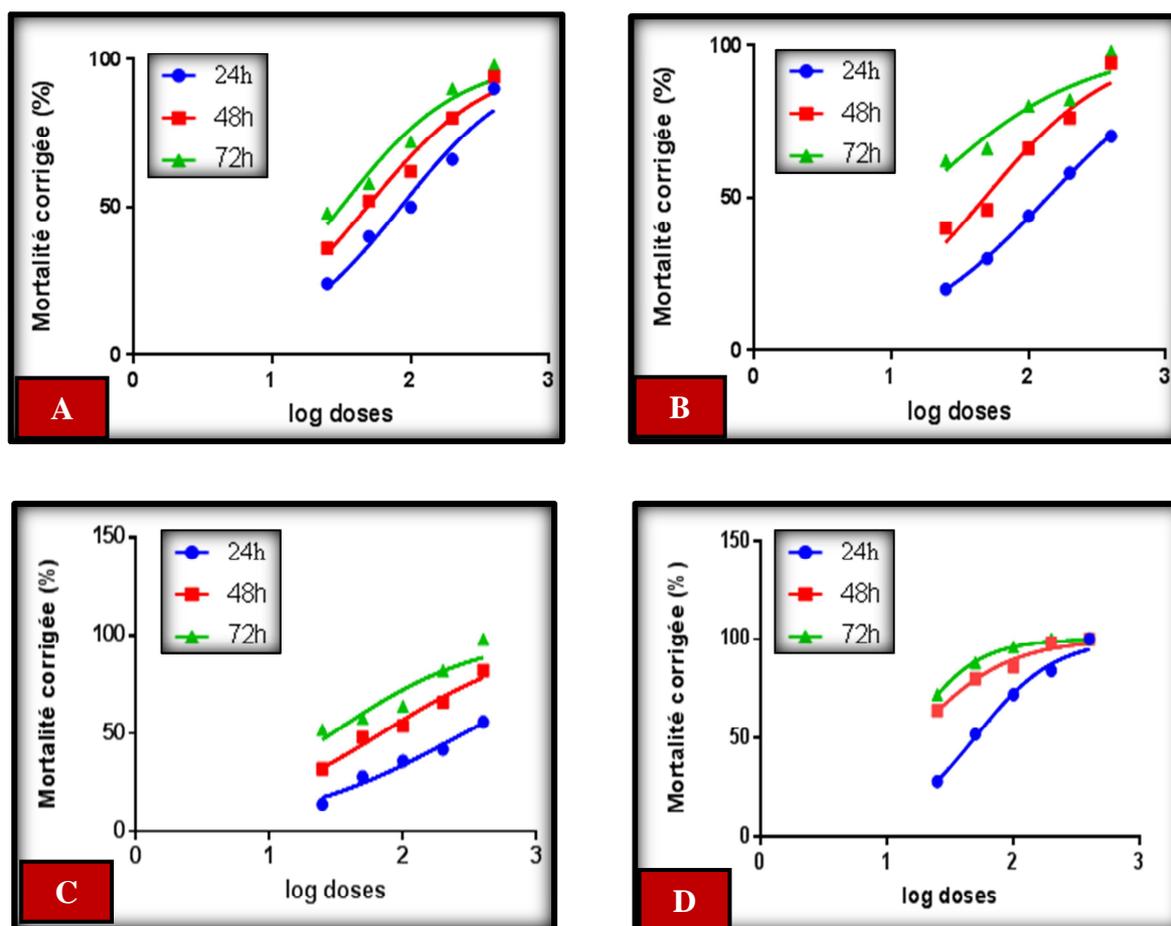


Figure 19. Courbe de référence exprimant les mortalités corrigées (%) des insectes testés en fonction des logarithmes décimaux des doses de mélange des composés bioactifs à différentes périodes 24, 48 et 72h. **A:** *R.dominica*, **B:** *S. granarius*, **C:** *T. confusum*, **D:** *C.ferrugineus*.

3.1.3. Efficacité comparée des HEs, des molécules bioactives, et leurs mélange à l'égard des insectes d'étude.

Les valeurs des CL_{50} calculées au terme de l'expérimentation des huiles essentielles, des différents composés bioactifs et du mélange de ces composés montrent qu'elles sont variables en fonction de la molécule appliquée et l'espèce d'insectes (Tableau 16).

Ainsi les HEs de *Lavandula angustifolia* sont les plus efficaces contre *T. confusum* et *C.ferrugineus* appartenant aux groupe des ravageurs secondaire avec des valeurs de 202.4 et 27.51 $\mu\text{l/L}$ comparativement aux valeurs des CL_{50} enregistré avec les autres molécules bioactifs : Linalool, Acetate de Linalyl et Camphre et leur mélange testées qui note des valeurs

de 318,725.5, 270.1 et 281.7 $\mu\text{l/L}$ chez *T. confusum* et 54.5, 110.6, et 49 $\mu\text{l/L}$ chez *C. ferrugineus* respectivement.

Par contre chez les deux autres espèces d'insectes d'étude *R. dominica* et *S. granarius* appartenant au groupe des ravageurs primaires la molécule bioactive Linalool semble la plus toxique dont on a enregistré des valeurs de CL_{50} de 57.48 et de 85.66 $\mu\text{l/L}$ respectivement.

Donc on peut conclure d'après nos résultats qu'il y a une corrélation entre la toxicité des molécules et le groupe d'insecte à savoir primaire ou secondaire.

Ceci est confirmé dans notre étude par l'obtention de la même valeur de CL_{50} chez les espèces d'insectes primaires traitées avec le Camphre *R. dominica* et *S. granarius* : 123.3 $\mu\text{l/L}$. A noter que le camphre semble la 2^{ème} molécule toxique après Linalool vis-à-vis *R. dominica* et la 3^{ème} chez *S. granarius* après Linalool et l'Acétate de linalyl par classement selon les valeurs des CL_{50} de chaque molécule testée pour chaque espèce.

Ainsi la lecture du tableau 16 montre que chez le groupe des insectes ravageurs primaires (*R. dominica* et *S. granarius*) l'huile essentielle de *Lavandula angustifolia* a montré la faible toxicité avec des valeurs de CL_{50} de 195.9 et 224.4 $\mu\text{l/L}$ respectivement.

De même pour le groupe des insectes secondaires Linalool occupe la 4^{ème} position de toxicité avec des valeurs de 54.5 et 318 $\mu\text{l/L}$ chez *C. ferrugineus* et *T. confusum* respectivement.

D'après les résultats mentionnés dans le tableau 16 la comparaison des valeurs de CL_{50} entre toutes les espèces d'insectes testées révèle que *C. ferrugineus* est la plus sensible vis-à-vis des huiles essentielles, Linalool, Acétate de linalyl, Camphre et le mélange de ces composés bioactifs avec des CL_{50} de 27.51, 54.5, 52.73, 110. et 49 $\mu\text{l/L}$. Par ailleurs *T. confusum* est l'espèce la plus résistante à l'égard de tous les composés testés avec des valeurs de 202.4, 318, 725.5, 270.1 et 281.7 $\mu\text{l/L}$ respectivement.

Les deux autres espèces *R. dominica* et *S. granarius* montrent une résistance ou sensibilité assez assimilable pour toutes les molécules testées dont les résultats sont répertoriés dans le tableau 16.

On ce qui concerne le mélange des composés bioactifs le tableau 16 montre que les CL_{50} sont également variés selon l'espèce de l'insecte.

Ainsi ce mélange est plus toxique que l'Acétate de linalyl, le Camphre et les HEs chez *R.dominica* par contre chez *S. granarius* ce mélange représente la faible toxicité par rapport aux autres molécules testées.

Tableau 16. Efficacité comparée des HEs de *Lavandula angustifolia*, des molécules bioactives, et leur mélange à l'égard des insectes d'étude.

Molécules Appliquées	CL ₅₀ (µl/L) /24h			
	Espèces d'insectes			
	<i>R.dominica</i>	<i>S. granarius</i>	<i>T. confusum</i>	<i>C.ferrugineus</i>
Huiles essentielles	195.9	224.4	202.4	27.51
Linalool	57.48	85.66	318	54.5
Acétate de linalyl	128	114.4	725.5	52.73
Camphre	123.3	123.3	270.1	110.6
Mélange des composés	84.59	137.4	281.7	49

3.2. Essais de répulsion

Les résultats du pouvoir répulsif des huiles essentielles extraites de *Lavandula angustifolia*, chacun de ces des composants bioactifs : Linalool, Acétate de linalyl, et le Camphre, de plus le mélange de ces composés ensemble a des pourcentages déterminée à l'égard des insectes d'étude *R. dominica*, *S. granarius*, *T. confusum* et *C.ferrugineus* sont présentés dans les tableaux 17, 18, 19, 20, et 21. Ce pouvoir a été déterminé selon la méthode de **Mc Donald, (1970)**.

3.2.1. Effet répulsif des HEs à l'égard des ravageurs

La lecture des résultats consignés dans le tableau 17 révèlent que les HEs testées ont montré une activité répulsive vis-à-vis les insectes ciblés.

Le pourcentage de répulsion marque une augmentation en fonctions des concentrations appliquées (1, 2,4 et 8 µl/ml). Allant de 26,66 ± 8,88, 20.00 ± 13,33, et 33.33 ± 8.88% pour la plus faible concentration appliquée (1µl/ml) jusqu'au, 93.33 ± 8.88, 80.00 ± 13.33, et 93.33 ± 8.88% pour la plus forte dose (8 µl/ml) chez *R. dominica*, *S. granarius*, *T. confusum* après ½ et 24h respectivement. Donc on note un effet très répulsif avec corrélation dose-temps des HEs testées vis-à-vis ces espèces. *C.ferrugineus* marque un pourcentage de répulsion avec un effet dose uniquement, 26.66 ± 8.88 % pour la dose la plus faible (1µl/ml) après 3, 6 et 24h jusqu'au 86,66 ± 8,88% pour la dose la plus forte appliqué (8 µl/ml) après ½, et 24 h. Les classes de

répartition de chaque dose appliquée pour chaque espèce d'insectes après les périodes de traitement sont présentées dans le tableau 17.

Tableau 17. Pourcentage de répulsion des HES de *L. angustifolia* testé à l'égard des adultes de *R. dominica*, *S. granarius*, *T. confusum* et *C. ferrugineus*.

C (μ l/ml)	Périodes après traitement(h)	(PR %)	Classe	(PR %)	Classe
		<i>R. dominica</i>		<i>S. granarius</i>	
1	1/2	26.66 \pm 8.88	II	20.00 \pm 13.33	I
2		33.33 \pm 8.88	II	26.66 \pm 8.88	II
4		53.33 \pm 8.88	III	33.33 \pm 8.88	II
8		66.66 \pm 8.88	IV	46.66 \pm 8.88	III
1	3	40.00 \pm 13.33	II	20.00 \pm 0.00	I
2		46.66 \pm 8.88	III	26.66 \pm 17.77	I
4		66.66 \pm 17.77	IV	46.66 \pm 8.88	III
8		73.33 \pm 8.88	IV	53.33 \pm 8.88	III
1	6	46.66 \pm 17.77	III	40.00 \pm 13.33	II
2		53.33 \pm 8.88	III	53.33 \pm 8.88	III
4		66.66 \pm 8.88	IV	60.00 \pm 0.00	III
8		80.00 \pm 0.00	IV	66.66 \pm 8.88	IV
1	24	46.66 \pm 8.88	III	46.66 \pm 8.88	III
2		53.33 \pm 8.88	III	60.00 \pm 13.33	III
4		86.66 \pm 8.88	V	73.33 \pm 8.88	IV
8		93.33 \pm 8.88	V	80.00 \pm 13.33	IV
		<i>T. confusum</i>		<i>C. ferrugineus</i>	
1	1/2	33.33 \pm 8.88	II	40.00 \pm 13.33	II
2		46.66 \pm 8.88	III	46.66 \pm 8.88	III
4		53.33 \pm 8.88	III	66.66 \pm 8.88	IV
8		60.00 \pm 13.33	III	86.66 \pm 8.88	V
1	3	60.00 \pm 13.33	III	26.66 \pm 8.88	II
2		66.66 \pm 8.88	IV	40.00 \pm 0.00	II
4		73.33 \pm 8.88	IV	53.33 \pm 8.88	III
8		80.00 \pm 13.33	IV	73.33 \pm 8.88	IV
1	6	66.66 \pm 8.88	IV	26.66 \pm 8.88	II
2		73.33 \pm 8.88	IV	40.00 \pm 13.33	II
4		80.00 \pm 13.33	IV	46.66 \pm 8.88	III
8		93.33 \pm 8.88	V	60.00 \pm 26.66	III
1	24	66.66 \pm 17.77	IV	26.66 \pm 8.88	II
2		73.33 \pm 8.88	IV	33.33 \pm 8.88	II
4		73.33 \pm 17.77	IV	46.66 \pm 8.88	III
8		93.33 \pm 8.88	V	86.66 \pm 8.88	III

3.2.2. Effet répulsif des composés bioactifs à l'égard des insectes d'étude

3.2.1.1. Linalool

L'évaluation de la répulsion du composé bioactif Linalool à l'égard des adultes de *R. dominica*, *S. granarius*, *T. confusum* et *C. ferrugineus* après les quatre durée d'exposition aux différentes doses appliqué dans ce présent travail est représentée dans le tableau 18.

Tableau 18. Pourcentage de répulsion du composé bioactif Linalool testé à l'égard des adultes de *R. dominica*, *S. granarius*, *T. confusum* et *C. ferrugineus*.

Concentrations ($\mu\text{l/ml}$)	Temps (h)	PR (%)	Classe	PR (%)	Classe
<i>R. dominica</i>			<i>S. granarius</i>		
1	1/2	66.66 \pm 8.88	IV	86.66 \pm 8,88	V
2		66.66 \pm 17.77	IV	86,66 \pm 8,88	V
4		80.00 \pm 13.33	IV	86,66 \pm 8,88	V
8		86.66 \pm 17.77	V	93,33 \pm 8,88	V
1	3	60.00 \pm 13.33	III	73,33 \pm 8,88	IV
2		60.00 \pm 26.66	III	80.00 \pm 0.00	IV
4		73.33 \pm 17.77	IV	80,00 \pm 13,33	IV
8		73.33 \pm 17.77	IV	86.66 \pm 8.88	V
1	6	46.66 \pm 8.88	III	53.33 \pm 8.88	III
2		46.66 \pm 8.88	III	66.66 \pm 8.88	IV
4		66.66 \pm 8.88	IV	86,66 \pm 17.77	V
8		73.33 \pm 17.77	IV	86.66 \pm 8.88	V
1	24	33.33 \pm 8.88	II	46.66 \pm 8.88	III
2		40.00 \pm 13.33	II	46.66 \pm 17.77	III
4		60.00 \pm 0.00	III	60.00 \pm 13.33	III
8		73.33 \pm 8.88	IV	60.00 \pm 13.33	III
<i>T. confusum</i>			<i>C. ferrugineus</i>		
1	1/2	80.00 \pm 13.33	IV	60.00 \pm 13,33	III
2		86.66 \pm 8.88	V	73,33 \pm 8,88	IV
4		93.33 \pm 8.88	V	80,00 \pm 0,00	IV
8		100.00 \pm 0.00	V	86,66 \pm 8,88	V
1	3	73.33 \pm 17.77	IV	53,33 \pm 8,88	III
2		80.00 \pm 26.66	IV	66.66 \pm 8.88	IV
4		86.66 \pm 8.88	V	73,33 \pm 17,77	IV
8		93.33 \pm 8.88	V	80.00 \pm 0.00	IV
1	6	66.66 \pm 8.88	IV	53.33 \pm 17.77	III
2		73.33 \pm 17.77	IV	60.00 \pm 0.00	III
4		80.00 \pm 0.00	IV	66,66 \pm 8.88	IV
8		86.66 \pm 8.88	V	73.33 \pm 8.88	IV
1	24	53.33 \pm 22.22	III	46.66 \pm 17.77	III
2		60.00 \pm 13.33	III	60.00 \pm 26.66	III
4		66.66 \pm 8.88	IV	60.00 \pm 0.00	III
8		80.00 \pm 26.66	IV	73.33 \pm 8.88	IV

A l'examen du tableau il ressort que la molécule bioactive Linalool a provoqué un effet très répulsif (classe V) corrélé avec dose appliquée contre les insectes testés selon des pourcentages de répulsion variable en fonction de l'espèce de l'insecte. Ainsi on a enregistré 86,66 \pm 17,77, 93,33 \pm 8,88, 100 \pm 0,00 et 86,66 \pm 8,88% de répulsion chez les populations d'insectes *R. dominica*, *S. granarius*, *T. confusum* et *C. ferrugineus* testés avec la dose la plus élevée après une

½ h de traitement cordialement. Ces pourcentages ont diminué avec les autres durées d'expérimentation. Donc y'a pas effet dose-temps de la molécule appliqué contre les ravageurs ciblé.

3.2.1.2. Acétate de linalyl

Les pourcentages de répulsion d'Acétate de linalyl calculés au terme de notre expérimentation et mentionné dans le tableau 19 montrent que cette molécule a un effet très répulsif contre les insectes étudiés également variable en fonction de la dose appliqué, l'espèce de l'insecte et le temps d'exposition. Les pourcentage les plus forts de répulsion sont obtenus chez les séries traitées avec la dose la plus forte après ½ h de traitement d'où on note un effet dose-répulsion uniquement chez toute les insectes testés dont *R. dominica* marque le pourcentage de répulsion le plus supérieur par rapport aux autre espèces d'insectes : $93.33 \pm 8.88\%$ (classe V) obtenu même à la dose de $2 \mu\text{L/ml}$ après ½ et 3h d'exposition à l'Acétate de linalyl. Les autres espèces ont enregistré des pourcentages de répulsion identique $86,66 \pm 8,88$ appartenant a la classe V selon la classement de **Mc Donald (1970)**.

Tableau 19. Pourcentage de répulsion du composé bioactif Acetate de linalyl testé à l'égard des adultes de *R. dominica*, *S. granarius*, *T. confusum* et *C. ferrugineus*.

Concentrations ($\mu\text{L/ml}$)	Périodes après traitement(h)	PR (%)	Classe	PR (%)	Classe
		<i>R. dominica</i>		<i>S. granarius</i>	
1	1/2	80.00 ± 13.33	IV	$60.00 \pm 13,33$	III
2		86.66 ± 8.88	V	$66,66 \pm 8,88$	IV
4		93.33 ± 8.88	V	$80,00 \pm 13,33$	IV
8		93.33 ± 8.88	V	$86,66 \pm 8,88$	V
1	3	73.33 ± 8.88	IV	$53,33 \pm 8,88$	III
2		80.00 ± 13.33	IV	66.66 ± 8.88	IV
4		93.33 ± 8.88	V	$73,33 \pm 17,77$	IV
8		93.33 ± 8.88	V	80.00 ± 0.00	IV
1	6	60.00 ± 13.33	III	46.66 ± 17.77	III
2		66.66 ± 8.88	IV	60.00 ± 0.00	III
4		73.33 ± 8.88	IV	$66,66 \pm 8,88$	IV
8		80.00 ± 0.00	IV	$73,33 \pm 17,77$	IV
1	24	53.33 ± 8.88	III	$33,33 \pm 8,88$	II
2		60.00 ± 26.66	III	$46,66 \pm 8,88$	III
4		$66,66 \pm 17,77$	IV	$53,33 \pm 8,88$	III
8		$73,33 \pm 8,88$	IV	$66,66 \pm 8,88$	IV
		<i>T. confusum</i>		<i>C. ferrugineus</i>	
1	1/2	53.33 ± 8.88	III	$53,33 \pm 8,88$	III
2		60.00 ± 13.33	III	$73,33 \pm 8,88$	IV
4		80.00 ± 0.00	IV	$80,00 \pm 26,66$	IV
8		86.66 ± 8.88	V	$86,66 \pm 8,88$	V
1	3	46.66 ± 8.88	III	$46,66 \pm 8,88$	III
2		53.33 ± 8.88	III	60.00 ± 13.33	III

4		73.33 ± 8.88	IV	73,33 ± 8,88	IV
8		80.00±13.33	IV	80.00± 0.00	IV
1	6	40.00 ±0.00	II	46.66 ± 8.88	III
2		46.66 ± 8.88	III	53.33± 8.88	III
4		66.66 ±8.88	IV	66,66 ± 8.88	IV
8		73.33 ± 8.88	IV	73.33± 8.88	IV
1	24	33.33 ± 8.88	II	13.33± 8.88	I
2		46.66 ± 8.88	III	53.33± 8.88	III
4		60.00±13.33	III	60.00 ±0.00	III
8		73.33±17.77	IV	66.66± 8.88	IV

3.2.1.3. Camphre

La lecture des résultats consignés dans le tableau 20ci-dessous révèlent que le Camphre a montré une activité répulsive vis-à-vis les insectes ciblée variante avec un effet dose-temps.

Tableau 20. Pourcentage de répulsion du composé bioactif Camphre testé à l'égard des adultes de *R. dominica*, *S. granarius*, *T. confusum* et *C. ferrugineus*.

Concentrations (µl/ml)	Temps(h)	PR (%)	Classe	PR (%)	Classe
		<i>R. dominica</i>		<i>S. granarius</i>	
1	1/2	00.00 ± 0.00	0	20.00±0,00	I
2		20.00±0.00	I	26,66 ± 8,88	II
4		26.66 ±8.88	II	53,33 ± 8,88	III
8		33.33 ± 8.88	II	60,00±13,33	III
1	3	13.33 ± 8.88	I	26,66 ± 8,88	II
2		33.33 ±8.88	II	33.33 ±8.88	II
4		46.66±8.88	III	60,00 ± 0,00	III
8		60.00 ±0.00	III	66.66 ± 8.88	IV
1	6	26.66±17.77	II	46.66 ± 8.88	III
2		40.00±13.33	II	43.33±8.88	III
4		53.33 ±8.88	III	60,00±0.00	III
8		66.66± 8.88	IV	73.33±8.88	IV
1	24	33.33 ± 8.88	II	53.33± 8.88	III
2		53.33±17.77	III	66.66±8.88	IV
4		60.00±13.33	III	80.00 ±0.00	IV
8		80.00 ±0.00	IV	86.66±8.88	V
		<i>T. confusum</i>		<i>C. ferrugineus</i>	
1	1/2	13.33 ± 8.88	I	13.33±8,88	I
2		26.66±8.88	II	20,00 ± 0,00	I
4		46.66 ± 8.88	III	33,33 ± 8,88	II
8		66.66±22.22	IV	40,00±13,33	II
1	3	20.00 ± 0.00	I	26,66 ± 8,88	II
2		40.00 ±13.33	II	33.33 ± 8.88	II
4		46.66±8.88	III	40.00 ± 0,00	II
8		47.87±10.50	III	53.33 ± 8.88	III
1	6	26.66 ±8.88	II	40.00± 0.00	II
2		40.00 ±0.00	II	46.66±8.88	III
4		46.66 ±8.88	III	53,33 ±22.22	III

8		66.66± 8.88	IV	66.66±8.88	IV
1		33.33 ± 8.88	II	46.66± 8.88	III
2	24	46.66±8.88	III	53.33±17.77	III
4		53.33 ± 8.88	III	60.00 ±0.00	III
8		73.33 ± 8.88	IV	80.00±0.00	IV

La lecture des résultats révèlent que l'exposition d'une population de *R. dominica* à une concentration de 1µl/ml de Camphre pendant une 1/2 heure ne semble pas répulsif avec un pourcentage de répulsion nulle, (classe 0), qui augmente progressivement en fonction des doses appliquées et au cours du temps d'exposition jusqu'à atteindre 80% chez les séries testées avec la plus forte dose après 24 h du traitement. Chez les autres espèces d'insectes d'étude on note une augmentation de pourcentage de répulsion en fonction des durées d'expérimentation allant de 13,33 ± 8,88, 20, et 13,33 ± 8,88% (classe I), jusqu'à 73,33 ± 8,88, 86,66± 8,88 et 80,00± 0,00 % au début et à la fin d'expérimentation chez *T. confusum*, *S. granarius* et *C. ferrugineus* respectivement.

3.2.2. Effet répulsif du mélange des composés bioactifs à l'égard des insectes d'étude

Les résultats de l'essai répulsif du mélange des composés bioactifs (Linalool, Acétate de linalyl, et Camphre) à l'égard des insectes ciblés sont répertoriés dans le tableau 21. Les pourcentages de répulsion sont proportionnels à la dose appliquée de ce mélange et le temps d'exposition chez les quatre espèces d'insectes testés. *R. dominica* marque un pourcentage de répulsion assez faible comparativement aux autres espèces : de 6.66 ± 8.88 à 66.66±17.77 % appartenant ainsi à la classe IV. Par contre les autres espèces ont montré des pourcentages de répulsion importants estimés à 80.00±0.00 % pour *S. granarius*, 93.33 ± 8.88% chez *T. confusum*, et 80% chez *C. ferrugineus* appartenant selon le classement de **Mc Donald, (1970)** aux classes suivantes respectivement : IV, V et IV.

Tableau 21. Pourcentage de répulsion du mélange des composés bioactifs testé à l'égard des adultes de *R. dominica*, *S. granarius*, *T. confusum* et *C. ferrugineus*.

Concentrations (µl/ml)	Temps (h)	PR (%)	Classe	PR (%)	Classe	
			<i>R. dominica</i>		<i>S. granarius</i>	
1	1/2	6.66 ± 8.88	I	0.00 ± 0,00	0	
2		13.33 ± 8.88	I	13.33 ± 8,88	I	
4		26.66 ± 8.88	II	26,66 ± 8,88	II	
8		40.00±13.33	II	33,33 ± 8,88	II	
1	3	13.33 ± 8.88	I	13,33 ± 8,88	I	
2		26.66 ±17.77	II	20.00 ±13.33	I	
4		33.33±17.77	II	46,66 ± 8,88	III	
8		46.66 ±22.22	III	66.66 ± 8.88	IV	
1	6	20.00 ±0.00	I	13.33 ± 8.88	I	
2		33.33 ±8.88	II	26.66 ±8.88	II	
4		40.00 ±0.00	II	53,33 ± 8.88	IV	
8		60.00± 13.33	III	73.33± 8.88	III	
1	24	26.66 ± 8.88	I	20.00± 0.00	I	
2		40.00±13.33	II	26.66± 8.88	II	
4		46.66 ± 8.88	III	60.00± 0.00	III	
8		66.66±17.77	IV	80.00±0.00	IV	
			<i>T. confusum</i>		<i>C. ferrugineus</i>	
1	1/2	26.66 ± 8.88	II	20.00 ± 0,00	I	
2		53.33 ± 8.88	III	26,66 ± 8,88	II	
4		73.33 ± 8.88	IV	40,00 ± 0,00	II	
8		80.00 ± 13.33	IV	46,66 ± 8,88	III	
1	3	53.33±22.22	III	40,00±13,33	II	
2		60.00 ± 0.00	III	46.66 ± 8.88	III	
4		73.33 ± 8.88	IV	53,33±17.77	III	
8		86.66 ± 8.88	V	60.00±13.33	III	
1	6	60.00 ±13.33	III	46.66 ± 8.88	III	
2		73.33 ± 8.88	IV	53.33 ± 8.88	III	
4		80.00 ± 0.00	IV	60,00±13.33	III	
8		86.66 ± 8.88	V	66.66 ± 8.88	IV	
1	24	66.66 ± 8.88	IV	53.33 ± 8.88	III	
2		80.00 ±0.00	IV	66.66 ± 8.88	IV	
4		86.66 ± 8.88	V	73.33 ± 8.88	IV	
8		93.33 ± 8.88	V	80.00 ± 0.00	IV	

3.2.3. Classement de l'effet répulsif des HEs, des composés bioactifs, et leurs mélange

A la lumière de ces résultats on peut noter que l'effet répulsif des molécules séparément ou contenus dans un mélange varie suivant : la molécule même, la dose appliqué, la durée d'exposition et l'espèce d'insecte.

Le tableau suivant résume le classement des **HEs, des composés bioactifs, et leurs mélanges** testés dans notre expérimentation selon leurs pourcentage de répulsion (maximum) obtenu vis-à-vis les espèces d'insecte ciblé, la dose, la durée d'exposition et leur classification selon **Mc Donald, (1970)**.

Tableau 22. Classement de l'effet répulsif des extraits étudiés selon **Mc Donald. (1970)**.

Molécules	C ($\mu\text{l/ml}$)	Durée (h)	(PR %)	Classe	Effet	Espèce d'insecte
Linalool	8	1/2	100	V	Très répulsif	<i>T.confusum</i>
HEs	8	24 6, 24	93.33 \pm 8.88	V	Très répulsif	<i>R. dominica</i> <i>T.confusum</i>
Acétate de linalyl	4, 8	3	93.33 \pm 8.88	V	Très répulsif	<i>R. dominica</i>
Mélange	8	24	93.33 \pm 8.88	V	Très répulsif	<i>T.confusum</i>
Camphre	8	24	86.66 \pm 8.88	V	Très répulsif	<i>S.granarius</i>

Globalement la plus grande répulsivité est obtenue chez Linalool (100%), suivi par les HEs Acetate de linalyl, et le mélange des composés bioactifs avec un pourcentage identique (93.33 \pm 8.88 %) puis le Camphre (86.66 \pm 8.88 %). L'effet très répulsif le plus remarquable est enregistré avec la dose la plus forte 8 $\mu\text{l/ml}$ après des durées variable vis-à-vis les insectes d'étude.

3.3. Effet de Linalool sur l'activité des polyphénols-oxydase

Les insectes d'études traités avec Linalool à la CL_{50} après 24, 48 et 72h après traitement ont subi un dosage de trois activités enzymatique polyphénols-oxydases ; Catéchcolase, Tyrosinase et Laccase utilisant différentes substrats : catéchol, L-tyrosine et hydroquinone respectivement dont les résultats de chaque espèce avec les trois substrats seront présenté séparément.

3.3.1. *R. dominica*

Le tableau 23 montre les résultats obtenus du dosage de chaque activité enzymatique polyphénols-oxydases chez *R. dominica* traité avec la molécule bioactive Linalool. La lecture du tableau montre que l'activité enzymatique des catéchcolases a subi une augmentation hautement significative ($P= 0.0031$) et très hautement significative ($P<0.0001$) au cours des temps 24, 48 et 72 respectivement, comparativement avec les témoins. De même pour les deux

activités enzymatiques Tyrosinase et Laccase on note aussi une augmentation très hautement significative chez les différentes périodes testées (Fig.20)

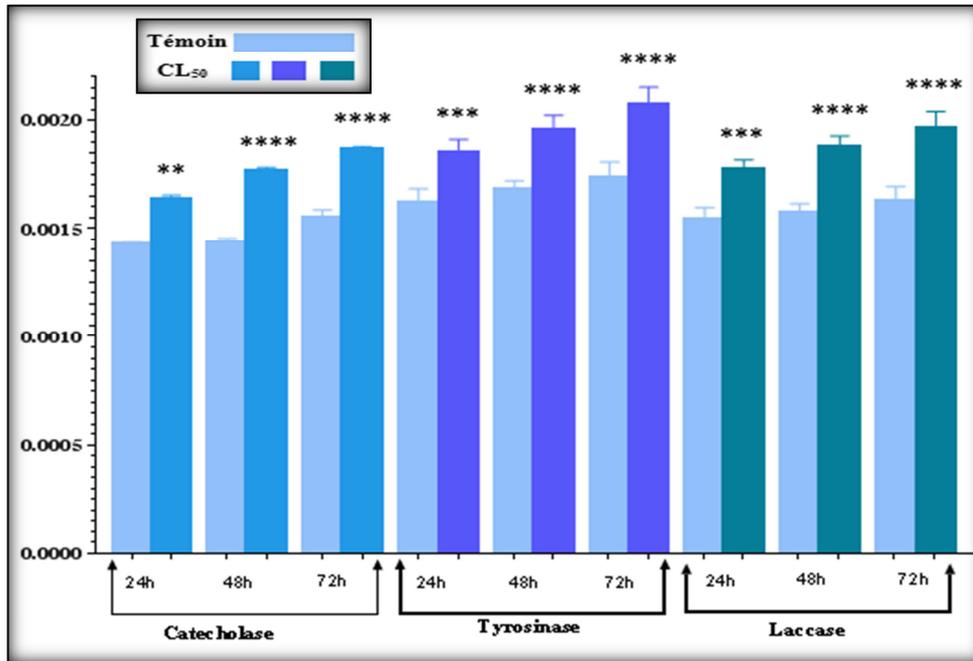


Figure 20. Effet de Linalool, sur l'activité spécifique des polyphénols-oxydases : Catéchcolase, Tyrosinase et Laccase ($\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes *R. dominica* à différentes périodes ($m \pm \text{SD}$; $n= 3$).

Tableau 23. Effet de Linalool (CL_{50}), sur l'activité spécifique des polyphénols-oxydases ; Catéchcolase, Tyrosinase et Laccase ($\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes de *R. dominica* à différentes périodes ($m \pm \text{SD}$; $n= 3$) : comparaison des moyennes pour un même temps entre les différentes séries.

Espèce d'insecte		<i>R. dominica</i>	
Activité enzymatique	Durée (h)	Témoin	Traité CL_{50}
Catéchcolase	24	0.00143±0.00001 A	0.00164±0.00001 B
	48	0.00144±0.00001 A	0.00176±0.00001 B
	72	0.00155±0.00003 A	0.00186±0.00001 B
Tyrosinase	24	0.00162±0.00005 A	0.00185±0.00005 B
	48	0.00168±0.00003 A	0.00195±0.00005 B
	72	0.00173±0.00006 A	0.00207±0.00006 B
Laccase	24	0.00154±0.00004 A	0.00177±0.00004 B
	48	0.00157±0.00004 A	0.00188±0.00003 B
	72	0.00163±0.00005 A	0.00196±0.00006 B

3.3.2. *S. granarius*

Les résultats répertoriés sur le tableau 24 et la figure 21 montrent que la comparaison des valeurs moyennes entre les séries témoins et traitées des individus de *S. granarius* révèle une augmentation significative chez les enzymes polyphénols-oxydase des deux activités testées Tyrosinase et Laccase après 72h de traitement avec des valeurs de ($p=0,0111$) et ($p=0,043$) respectivement. On ce qui concerne l'activité enzymatique des Catécholase on note une diminution non significative chez toutes les séries expérimentées (Fig.21).

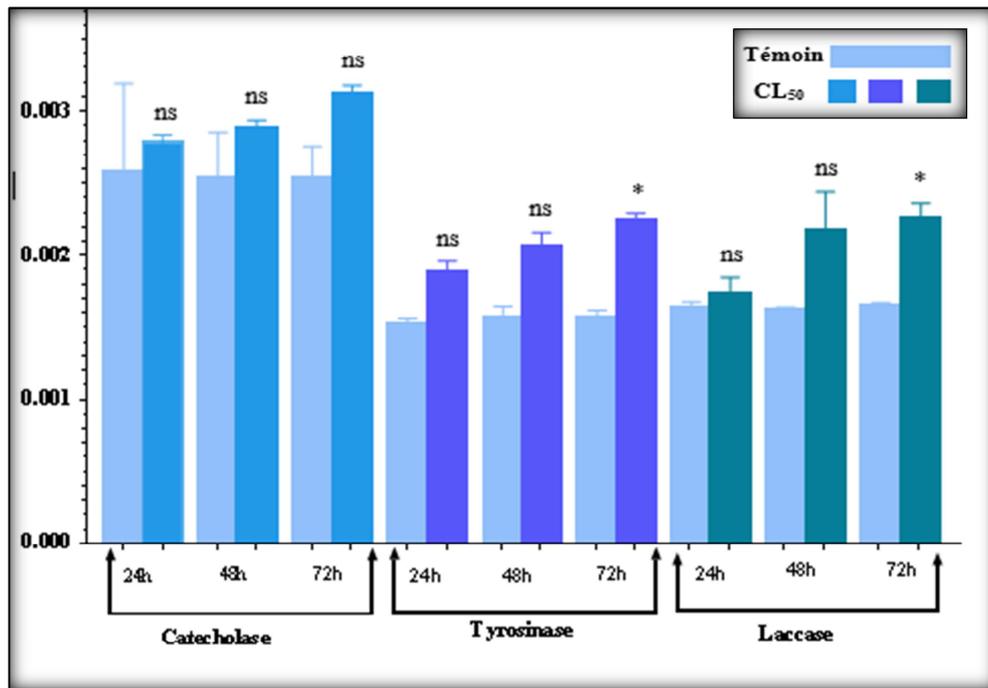


Figure 21. Effet de Linalool, sur l'activité spécifique des polyphénols-oxydases : Catécholase, Tyrosinase et Laccase ($\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes de *S. granarius* à différentes périodes ($m \pm \text{SD}$; $n=3$).

Tableau 24. Effet de Linalool (CL₅₀), sur l'activité spécifique des polyphénols-oxydases ; Catéchcolase, Tyrosinase et Laccase (µM/min/mg de protéines) chez les adultes de *S. granarius* à différentes périodes (m ± SD ; n= 3) : comparaison des moyennes pour un même temps entre les différentes séries.

Espèce d'insecte		<i>S. granarius</i>	
Activité enzymatique	Durée (h)	Témoin	Traité Cl ₅₀
Catéchcolase	24	0.00257±0.00042 A	0.00277±0.00005 A
	48	0.00253±0.00025 A	0.00287±0.00005 A
	72	0.00252±0.00018 A	0.00311±0.00005 A
Tyrosinase	24	0.00152±0.00003 A	0.00188±0.00006 A
	48	0.00156±0.00007 A	0.00206±0.00008 A
	72	0.00156±0.00005 A	0.00225±0.00003 B
Laccase	24	0.00163±0.00004 A	0.00173±0.00009 A
	48	0.00162±0.00001 A	0.00217±0.00019 A
	72	0.00164±0.00002 A	0.00225±0.00009 B

3.3.3. *T.confusum*

Les résultats consignés sur le tableau 25 montrent que l'application de Linalool a provoqué chez les individus de *T.confusum* une augmentation *non* significative des Catéchcolases, Tyrosinases et Laccases au premier temps de l'expérimentation 24h. Ensuite les différentes enzymes ont subi une augmentation hautement significative pour les Tyrosinases (P=0.0194) et très hautement significative (P=0.0047) après 24 et 48 h respectivement. Ainsi une augmentation très hautement significative des Catéchcolase et Laccases est observée chez les individus traités après 24 et 48h comparativement avec les séries témoin (**Fig.22**).

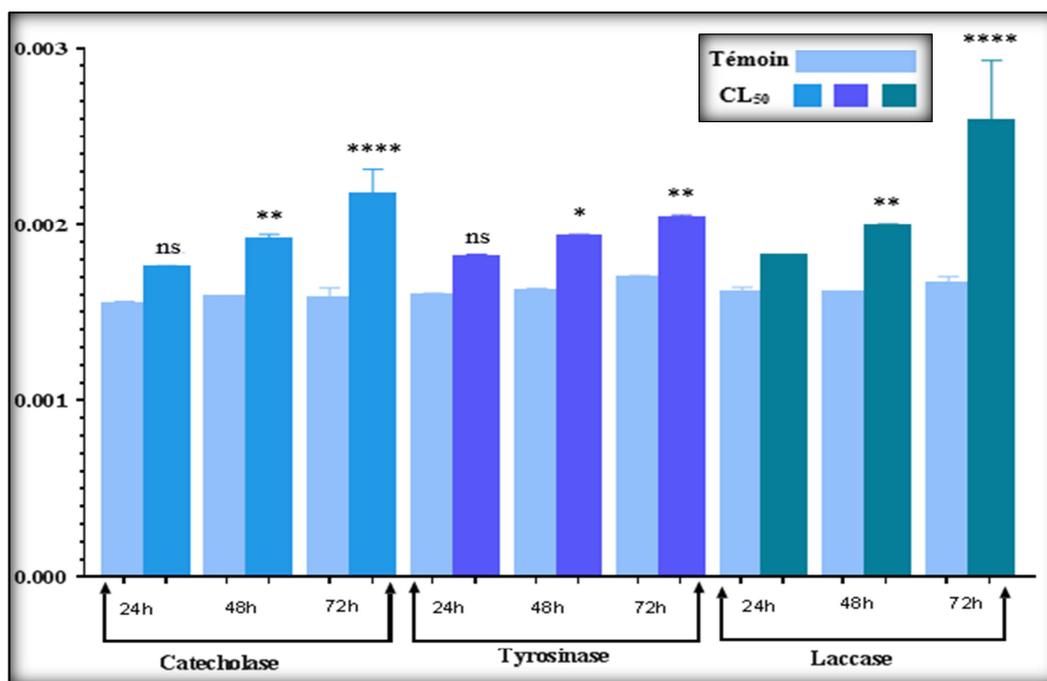


Figure 22. Effet de Linalool, sur l'activité spécifique des polyphénols-oxydases : Catéchcolase, Tyrosinase et Laccase ($\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes de *T.confusum* à différentes périodes ($m \pm \text{SD}$; $n= 3$).

Tableau 25. Effet de Linalool (CL_{50}), sur l'activité spécifique des polyphénols-oxydases ; Catéchcolase, Tyrosinase et Laccase ($\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes de *T.confusum* à différentes périodes ($m \pm \text{SD}$; $n= 3$) : comparaison des moyennes pour un même temps entre les différentes séries.

Espèce d'insecte		<i>T.confusum</i>	
Activité enzymatique	Durée (h)	Témoin	Traité CL_{50}
Catéchcolase	24	0.00155 \pm 0.00001 A	0.00175 \pm 0.00001 A
	48	0.00158 \pm 0.00001 A	0.00191 \pm 0.00002 B
	72	0.00158 \pm 0.00004 A	0.00217 \pm 0.00010 B
Tyrosinase	24	0.00159 \pm 0.00001 A	0.00181 \pm 0.00001 A
	48	0.00162 \pm 0.00001 A	0.00193 \pm 0.00001 B
	72	0.00169 \pm 0.00001 A	0.00204 \pm 0.00001 B
Laccase	24	0.00161 \pm 0.00003 A	0.00181 \pm 0.00001 A
	48	0.00161 \pm 0.00000 A	0.00199 \pm 0.00001 B
	72	0.00166 \pm 0.00003 A	0.00259 \pm 0.00026 B

3.3.4. *C. ferrugineus*

L'examen du tableau 26 révèle que l'activité enzymatique des catécholases a enregistré une augmentation non significative chez les différentes séries traitées avec la CL50 de Linalool. Par contre, cette molécule bioactive a provoqué une augmentation très hautement significative ($P < 0.0001$) des deux activités enzymatiques laccases et tyrosinase au cours des différents temps de traitement par comparaison avec les témoins (Fig.23).

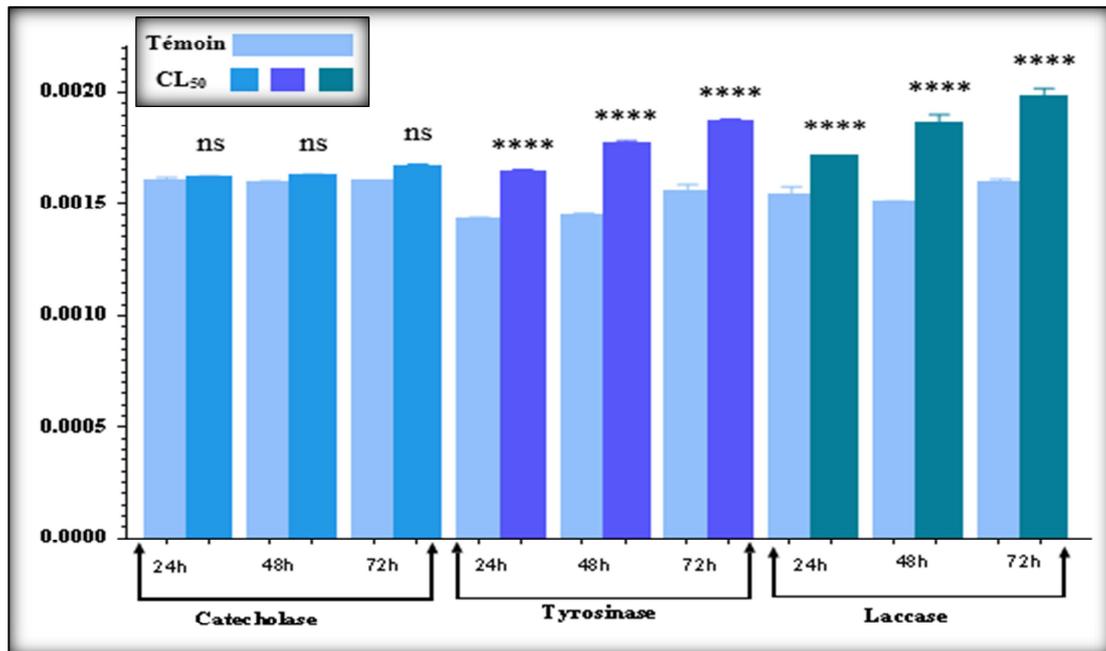


Figure 23. Effet de Linalool, sur l'activité spécifique des polyphénols-oxydases : Catécholase, Tyrosinase et Laccase ($\mu\text{M}/\text{min}/\text{mg}$ de protéines) chez les adultes de *C. ferrugineus* à différentes périodes ($m \pm \text{SD}$; $n = 3$)

Tableau 26. Effet de Linalool (CL₅₀), sur l'activité spécifique des polyphénols-oxydases ; Catéchcolase, Tyrosinase et Laccase (µM/min/mg de protéines) chez les adultes de *C. ferrugineus* à différentes périodes (m ± SD ; n= 3) : comparaison des moyennes pour un même temps entre les différentes séries.

Espèce d'insecte		<i>C. ferrugineus</i>	
Activité enzymatique	Durée (h)	Témoin	Traité CL ₅₀
Catéchcolase	24	0.00159±0.00002 A	0.00161±0.00001 A
	48	0.00159±0.00001 A	0.00162±0.00001 A
	72	0.00160±0.00001 A	0.00166±0.00001 A
Tyrosinase	24	0.00143±0.00001 A	0.00164±0.00001 B
	48	0.00144±0.00001 A	0.00176±0.00001 B
	72	0.00155±0.00003 A	0.00186±0.00001 B
Laccase	24	0.00154±0.00003 A	0.00171±0.00001 B
	48	0.00151±0.00001 A	0.00186±0.00003 B
	72	0.00159±0.00001 A	0.00198±0.00003 B

A noter que toutes les activités enzymatiques de polyphénoloxydase testée chez toutes les séries traitées ont subi une augmentation au cours des périodes de traitement 24, 48 et 72h chez toutes les espèces d'insectes.

4. DISCUSSION

4.1. Rendement en huiles essentielles

La méthode d'obtention des huiles essentielles reste une étape très importante qui peut agir directement sur la qualité et la quantité des huiles essentielles. Le succès de cette étape est interprété par le calcul de rendements (**Bruneton, 1999**). En fonction de la plante, que l'on exploite, le rendement en HE est très variable.

Notre étude montre que la partie aérienne de *L. angustifolia* collectée de la région de Tébessa a donné un rendement important en huile essentielle estimé à **2,3 %** sur les différentes opérations d'extractions réalisées. Ce rendement est plus important que celui trouvé par **Elharas et al. (2013)**, **Barkat & Laib (2011)** et **Belhadj Mostefa et al. (2014)** avec des valeurs de l'ordre de 1,5 ; 1,36 et 2% respectivement. Ainsi les travaux de **Verma et al. (2010)**, ont montré un rendement égal à celui trouvé dans notre étude 2,3%. Tandis que les travaux de **Benyagoub et al. (2014)**, sur la même plante originaire d'Oum El Alou (Tlemcen, Algérie) note un rendement plus important en huiles essentielles estimé à 4,12%. Le bon rendement des huiles obtenu dans cette étude, peut-être dû au climat semi-aride qui caractérise la région de Tébessa et il est bien connu que les rendements maximaux sont obtenus dans les régions à climat sec (**Ouibrahim, 2014**). Le tableau 27 Montre le rendement en huiles essentielles extraites à partir de certaines parties de différentes espèces de *Lavandula* dans plusieurs régions en Algérie et d'autre pays du monde.

Tableau. 27 Rendements (%) en HEs extraites à partir de différents parties de certaines espèces de *Lavandula* dans plusieurs régions en Algérie et d'autre pays du monde.

Régions	Espèces	Partie utilisée	R (%)	Références
Tlemcen	<i>L.angustifolia</i>	Fleurs	0,37	Chemloul (2014)
Boumerdes	<i>L. stoechas</i>	Partie aérienne	0,43	Tichadine & Mendil(2017)
M'sila	<i>L.officinalis</i>	Tiges et feuilles	0,30	Hasni & Zeghba(2017)
Constantine	<i>L.officinalis</i>	Fleurs	1,36	Laib (2012)
Espagne	<i>L.dentata</i>	Partie aérienne	0,80	Gamez et al. (1990)
Yemen	<i>L. dentata</i>	Partie aérienne	0,58	Mothana et al. (2012)
Maroc	<i>L. dentata</i>	Partie aérienne	1,41	Imelouane et al. (2010)
Tunisie	<i>L. dentata</i>	Partie aérienne	1,96	Msaada et al. (2012)

L'examen de ce tableau révèle une variation du rendement en huile essentielle de certaines espèces de *Lavandula*. Cette variation peut s'expliquer par différents facteurs d'origine intrinsèques, spécifiques au bagage génétique de la plante (**Bruneton, 1999**).

Les cellules productrices d'huile essentielle pouvant se situer dans différents organes, il est possible d'obtenir différentes huiles selon les parties sélectionnées d'une même plante. Des travaux de recherche ont montré des différences de composition des huiles en fonction des organes (feuilles et fleurs) et des sous-espèces (**Maffei & Sacco, 1997**). Les cellules sécrètent l'huile biosynthétisée sous la cuticule protectrice. La récupération de son contenu en huile essentielle ne se fera que par rupture de la cuticule (**Wagner & al., 2004; Sharma & al., 2003**). Des hybridations, des facteurs de mutation, de la polyploïdie et du polymorphisme chimique « chimiotypes ou formes physiologiques » sont les principaux facteurs intrinsèques qui influencent la composition et le rendement des huiles essentielles (**Garnero, 1991; Anton & Belyagoubi, 2006**). Les facteurs extrinsèques à savoir l'espèce, la localisation géographique, la période de récolte, les pratiques culturales, la technique d'extraction, la température, la durée de séchage peuvent également influencer ce rendement (**Silano & Delbo, 2008 ; Olle & Bender, 2010**). Le rendement des HEs varie d'une espèce de lavande à une autre, il présente des valeurs de 2,3% et 2,89% chez *L. abrialis* (**Zrira, 2007; Soro & al., 2014**), et de 1,97% chez *L. pedunculata* (**Soro & al., 2014**). Le stade végétatif au moment de la récolte est un facteur déterminant pour le rendement et la composition d'huile essentielle des plantes de *Lavandula* (**Fantino, 1990**). D'autres études ont mis en évidence des variations de rendements et de composition chimique au cours d'une même journée. C'est le cas des fleurs de roses qui donneront en général un meilleur rendement si la récolte se fait entre 6h et 9h du matin (**Baser & Buchbauer, 2009**). Le rendement est généralement optimal juste avant la floraison car après, la plante perd environ 70 % de son huile essentielle (**Masotti, & al 2003**).

De profondes modifications de l'huile essentielle peuvent intervenir lors de l'exploitation des végétaux depuis leur collecte jusqu'à leur transformation industrielle. Le mode de récolte, les conditions de transport, de séchage et de stockage peuvent générer des dégradations enzymatiques. Après la cueillette, les plantes sont soit utilisées fraîches, mais souvent elles passent à la dessiccation ; le séchage des plantes a pour intérêts d'alléger le produit et de permettre sa conservation par diminution de l'activité de l'eau. Mais en revanche, le séchage modifie le produit dans sa forme, sa texture et sa composition ce qui est souvent considéré comme un inconvénient (**Hanna, 2002; Moghrani & al., 2009**). Cette règle a été confirmée pour l'eucalyptus (**Zrira, 1992; Zrira & al., 1991**), la verveine (**Eddaouri, 1992 ; Edwardien & al., 1993**), les lavandes (**Raïss, 1998; Valnet, 2003**), la tanaïsie annuelle (**Greche, 1999**) et le romarin (**Amrani, 1999**).

Les travaux de **Bourkhiss & al. (2009)** ont montré que la teneur en huiles essentielles des feuilles de Thuya de Berberie augmente significativement avec le mode et la durée de séchage. La meilleure concentration, soit 0,81 %, est obtenue au neuvième jour au séchage à l'ombre. **Valnet (2003)** a cherché à comprendre l'origine de ce phénomène. Après avoir vérifié plusieurs hypothèses, elle a conclu qu'il s'agit d'un phénomène biologique. La plante, après sa récolte continue à vivre et son activité de biosynthèse des terpènes et dérivés s'accroît. Il paraît s'agir pour la plante d'un moyen de défense contre le stress hydrique. C'est ce qui expliquerait l'augmentation des rendements en huiles essentielles pendant les premières phases. Après la mort définitive de la plante, toute l'activité de biosynthèse s'arrête et les pertes d'huiles essentielles par évaporation ne sont plus compensées, d'où les baisses des rendements de distillation.

L'influence des facteurs environnementaux, comme la température, l'humidité (**Boira & Blanquer (1998)**; **Palà-paul & al.(2001)**), et latitude (**Azevedo & al., 2001**; **Oliveira & al., 2005**), la nature du sol (**Oliveira et al., 2005** ; **Peng & Yang., 2005** ; **Zheljazkov & al., 2005**) sur la composition chimique et le rendement des huiles essentielles a été décrite. Le rendement et la composition chimique des huiles essentielles varient également en fonction de la méthode d'extraction (**khajeh et al., 2004** ; **Viljoen et al., 2006**; **Sefidkon et al., 2007**). Notre huile essentielle est obtenue par hydrodistillation. Aujourd'hui, c'est une méthode normée, que ce soit pour l'extraction des huiles essentielles ou pour le contrôle de leur qualité (**AFNOR, 1996**).

4.2. Toxicité de *L.angustifolia* à l'égard des ravageurs

La toxicologie s'intéresse à la composition chimique et aux effets de toutes les substances toxiques connues, ainsi qu'à leurs effets post-mortem. Les tests toxicologiques ont pour objectif de déterminer le pouvoir insecticide d'une matière active à l'égard d'un insecte donné, ils sont nécessaires pour évaluer les concentrations létales (CL_{50} et CL_{90}).

Il existe trois voies d'entrée des substances insecticides dans l'organisme : la voie cutanée, la voie orale, ou la voie respiratoire. La toxicité de la substance dépend de son mode d'absorption, de ses propriétés chimiques, mais aussi de son métabolisme et des mécanismes possibles de détoxification (**Moretto & Lotti, 1998**).

Dans notre travail, les bioessais sont réalisés par application des HEs de *L. angustifolia*, des molécules bioactives : Linalool, Acétate de linalyl, et Camphre ainsi le mélange de ces composés par fumigation à l'égard de quatre espèces d'insectes ravageurs ; *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus granarius*, *Tribolium confusum* et *Cryptolestes ferrugineus*.

La fumigation est une technique très importante pour l'élimination des insectes nuisibles dans les produits stockés. Les fumigants pénètrent de manière homogène jusqu'aux extrémités en raison de leur propriété de diffusion et peuvent être appliqués en grande quantité en peu de temps (Zettler & Arthur, 2000). Au terme de notre étude, il ressort que les HEs de *Lavandula angustifolia* et leurs composant bioactifs appliqués par fumigation présentent une activité insecticide avec une relation dose-réponse, donc sont susceptibles de contrôler les populations des insectes ciblés.

Le suivi de l'évolution de leurs mortalité induite par la fumigation des molécules examinées dans les conditions de laboratoire, en fonction du temps d'exposition 24,48, et 72h a permis d'obtenir des concentration létales CL_{50} variable en fonction de la molécule appliquée et l'espèce testée. Ce qui confirme celles obtenues par plusieurs auteurs qui ont mis en évidence l'activité biologique d'une multitude d'extraits et d'huiles essentielles et leurs composants bioactifs par fumigation à l'égard des principaux insectes ravageurs des denrées stockées.

Aref & al. (2015) a testé l'effet des huiles essentielles d'*Eucalyptus dadasii* sur les adultes de deux ravageurs primaires des denrées stockées *Rhyzopertha dominica* et *Oryzaephilus surinamensis*, les résultats obtenus indiquent que la majorité des individus sont sensibles aux huiles essentielles d'*Eucalyptus dadasii*, les CL_{50} estimées correspondent à 41,69 et 57,92 μL d'air respectivement. Les travaux de Benayad & al. (2013) ont signalé un effet insecticide des huiles essentielles de *M. suaveolens* et *M. pulegium* contre *S. oryzae* et *R. dominica*. Ces huiles essentielles étaient très toxiques pour les deux espèces coléoptères au cours des premières 24 heures, avec 100% de mortalité lorsque 50 μL et 12 μL ont été utilisés, respectivement.

Ogendo & al. (2008) quant à eux ont démontré la toxicité des huiles essentielles d'*Ocimum gratissimum* L. à 1 μL sur *R. dominica*, *O. surinamensis* et *C. chinensis* (L.) avec des taux de mortalité de 98 à 100 % après 24 h. Dumbia & al. (2014), ont rapporté que l'huile essentielle extraite de *C. nardus* possède une activité insecticide sur les adultes de *Rhyzopertha dominica* avec un taux de mortalité de 100% après 24 h.

Ces essais rapportent que la toxicité des HEs est variable en fonction de l'essence testée, la durée d'exposition (Kim & al., 2003), de l'espèces du ravageur et surtout du stade de développement concerné par les tests (Kellouche & Soltani, 2004; Sanon & al., 2006).

Effectivement nos résultats révèlent que les HEs de *Lavandula angustifolia* sont les plus efficaces parmi toutes les molécules testées contre *T. confusum* et *C. ferrugineus* par contre chez *R. dominica* et *S. granarius*, les mêmes huiles présentent la faible toxicité.

Ainsi *C. ferrugineus* marque un taux de mortalité le plus supérieur par rapport aux autres espèces d'insectes estimé à 100 % chez les séries traitées avec les doses 200, 400 µl après 48 h de même avec les doses 50, 100, 200 et 400 µl après 72h. tandis que *T. confusum* semble le plus résistant comparativement aux autres espèces étudiées.

Taleb-Toudert (2015) a signalé une mortalité de 100 % après 24 heures d'exposition (à la dose de 16 µl) des adultes de *Callosobruchus maculatus* aux vapeurs des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis*, *Mentha spicata*, *Ocimum basilicum*, *Aloysia triphylla*, *Salvia officinalis* et *Myrtus communis*. Par contre, elle a souligné que les huiles de *Pistacia lentiscus* se révèlent faiblement toxiques par fumigation sur les adultes de bruche, dans les mêmes conditions expérimentales. Sont nommés insecticides les substances actives ayant la propriété de tuer les insectes, leurs larves ou leurs œufs. Les cibles potentielles des insecticides sont nombreuses : système nerveux central, le métabolisme respiratoire ou le métabolisme hormonal (**Nauen, 2006**). En raison de forte volatilité, les HEs ont une action fumigante et gazeuse pouvant être importante pour produire des insecticides variés selon les plantes (**Abdel-Aziz et al., 2015; Mohamed & al., 2008**). La relation entre les structures chimiques des HE et leur activité biologique ont été étudiées, un léger changement dans la structure moléculaire peut modifier fortement leurs activités biologiques (**Sharaby & al., 2015**). Cette différence d'action serait liée à leur composition chimique. Ce sont des mélanges de composés chimiques de nature et de fonctions différentes (**Ketoh, 1998**). Plusieurs études ont suggérées que l'efficacité insecticide de ces substances naturelles appliquées dans les tests de toxicité par fumigation (inhalation) contre les ravageurs de denrées stockées serait vraisemblablement due à leur richesse en composés monoterpéniques (**Regnault-Roger & Hamraoui, 1995; Tapondjou & al., 2002**). Ces derniers sont des inhibiteurs de la reproduction chez *A. obtectus*. Cette action est très rapide et plus forte chez les femelles que chez les larves et les adultes mâles par fumigation. Ils sont très actifs sur les insectes sans altérer le pouvoir germinatif des graines traitées (**Kéita & al., 2001**).

Dans la présente étude l'effet toxique d'HE de *Lavandula angustifolia* vis-à-vis les insectes ciblés est attribué à ses principaux constituants dont certaines molécules bioactives d'entre eux ont été reconnues contre plusieurs insectes nuisibles stockés. La présence de composés

appartenant à une classe spécifique de métabolites secondaires, au sein d'une même plante peuvent servir de marqueurs chimiot axonomiques indiquant les voies de biosynthèse et les propriétés fonctionnelles des plantes (**Crocketta & al., 2011**).

Le tableau 28 présente un exemple chiffré suffisamment parlant des constituants majeurs (Linalool, Acétate de linalyl, et Camphre)des HEs de *L. angustifolia* récoltée dans différents pays dans le monde.

Tableau 28. Pourcentage des composants bioactifs (Linalool, Acétate de linalyl, et Camphre) de *L.angustifolia* dans différents pays du monde.

Composants majoritaires	Pays	Références
Linalool (10,68%), Acétate de linalyl (15,26 %), Camphre (11,25%).	Constantine (Algérie)	Laib (2012)
Linalool (26.60%), Acétate de linalyl (36.30%), Camphre (30%)	France	Gibsonet al. (1989)
Linalool (20,10%), Acétate de linalyl (13,30%)	Grèce	Hassiotis et al. (2010)
Linalool (20-45%), Acétate de linalyl (25-46 %), Camphre (<1,2%).		Pharmacopée Européenne. (2017)

L'application des composés bioactifs d'origine synthétique : Linalool, Acetate de Linalyl, Camphre a montré une activité insecticide de chaque molécule séparément vis-à-vis toutes les espèces d'insectes ciblés avec des valeurs de CL₅₀ variante en fonction de l'espèce d'insecte et de la molécule appliquée. Ainsi chez le groupe des ravageurs primaire :*R. dominica* et *S. granarius* Linalool a montré une activité insecticide la plus forte avec des valeurs de CL₅₀ de 57.48 et de 85.66 µl/L respectivement. Une toxicité de fumigant remarquable a été rapportée pour le 1,8-cinéole, le linalool, le bornéol, camphre et de l'Acétate de linalyl contre *S. oryzae* et *R. dominica*, les effets toxiques de ces substances sont médiées en pénétrant dans le corps d'insecte par le système respiratoire (via un fumigant) (**Rozman & al., 2007**). Ainsi La mort des insectes qui augmente avec la dose des HEs pourrait s'expliquer par l'augmentation de la quantité des principes actifs (**Kim & al., 2001**). Les travaux de **Liu & al.(2006)** ; **Koul & al. (2008)** ; **Faraone & al.(2015)** ont montré que Linalool en tant que composé principal des HEs de *Coriandrum sativum* et *Carum carvi* L. présente une forte activité insecticide contre *S. oryzae* , *Rhyzopertha dominica* et *Cryptolestes pusillus*. En outre, des fractions riches en camphre sont très toxiques pour les populations de *Rhyzopertha dominica* et *Cryptolestes pusillus*.

Rozman & al. (2007) ont signalé une toxicité de Linalool contre *Tribolium castaneum*, *R. dominica*, et *S. oryzae* par fumigation, il était très efficace et provoquait 100% de mortalité à la plus faible concentration utilisée (0,1 mL / 720 mL de volume). **Khalfi & al. (2006)** ont observé un effet insecticide de deux composants majoritaire 1,8 cinéol et carvone des HEs de *M. spicata* contre *R. dominica*. **Obeng-Ofori & al. (1997)** ont démontré l'effet insecticide du 1,8 cinéol un des composants majoritaire de *Lavandula angustifolia* par application topique sur *Sitophilus granarius*, *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum* et *P. truncatus* ; la dose 7 µl a induit 100 % de mortalité au bout de 48 h sur les quatre espèces de ravageurs. **Abdurrahman & al. (2010)** notent dans leur étude que Les effets toxiques des HEs de myrte contre *Ephestia kuehniella*, *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) et *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Bruchidae) est attribuée aux principaux constituants de cette huile : Linalool (31,3%) et L'Acétate de linalyle (17,8%). Linalool présente des propriétés insecticide et ovicides contre *Helicoverpa armigera* comme (**Koul & al., 2013**). **Shukia & al. (2012)** suggèrent que l'effet des HEs d'*E. adenophorum* et de *A. nilagirica* sur les adultes de *R.dominica* et *C.ferrugineus* après 96 h de traitement, est due à ses principaux constituants : le Camphre. En outre, ils ont indiqué que les constituants mineurs des HEs jouent un rôle important dans la modification de l'activité par des effets synergiques.

Les molécules actives des plantes insecticides peuvent varier d'une famille de plante à une autre, et à l'intérieur de la même famille et la sensibilité peut différer pour un insecte donné d'un stade à un autre (**Gueye & al., 2011**). La sélectivité et la spécificité permettent aux molécules allélochimiques végétales d'agir à des moments déterminés sur les espèces ciblées. (**Kéita & al., 2001**). L'effet bio insecticide des huiles essentielles ou leurs composés majoritaires sur les insectes ravageurs pourrait s'expliquer par l'action des composés monoterpéniques qui bloque les sites actifs de fixation de l'acétylcholinestérase, par inhibition de la synthèse de la tyramine précurseur de l'octopamine, un neuromédiateur chez les insectes (**Enan, 2002**). Ainsi **Don Pedro. (1989)** avance l'hypothèse selon laquelle l'activité des huiles essentielles serait due à la toxicité directe de leurs composés qui inhiberaient l'activité métabolique, par pénétration à travers le tube respiratoire. D'autres mécanismes, comme des perturbations des voies de biosynthèse ou des systèmes enzymatiques, peuvent également être impliqués (**Tajkarimi & al., 2010**). Ces actions sont dues aux constituants lipophiles des huiles essentielles, pouvant donc traverser facilement les membranes cellulaires et en bouleverser la structure et le fonctionnement (**Bakkali & al., 2008**).

La diversité des mécanismes d'action impliqués dans les activités des huiles essentielles permettrait en particulier de limiter le taux de développement des résistances. Les huiles essentielles semblent en effet ne pas avoir de cibles cellulaires spécifiques, du fait de la diversité de leurs constituants (**Houël, 2011**). Les constituants majeurs des huiles essentielles ont des efficacités insecticides soit singulières ou lorsqu'elles sont mises ensemble. Il n'y a pas forcément synergie lorsque tous ces composés sont conditionnés ensemble, de même les efficacités ne sont pas les mêmes pour tous les insectes (**Bekele et al., 2001**). Diverses études ont porté sur l'effet synergique des HE, leurs composants actifs et de leurs combinaisons contre les insectes. Notre étude aussi entre dans cette thématique dont on a évalué la toxicité d'un mélange des différents composés majoritaires bioactifs d'HE de la plante *L. angustifolia*. Les résultats obtenus montrent que ce mélange semble insecticide à l'égard d'espèces d'insectes d'étude avec des CL₅₀ variable en fonction de l'espèce de l'insecte dont la plus forte est observée chez *C. ferrugineus* et la plus faible chez *T. confusum*. Ce mélange est plus toxique que l'Acétate de linalyl, le Camphre et les HEs vis-à-vis *R. dominica*. **Abbassy & al. (2009)** ont signalé que le terpinène-4-ol et le c-terpinène isolés à partir des HEs de *M. hortensis* avait un effet synergique. Ils ont augmenté l'activité insecticide de 2 à 4 fois contre la larve de *S. littoralis*. Par contre l'étude de **Regnault-Roger. (1997)** a montré que les HEs de *M. hortensis* avaient une activité hautement insecticide supérieure à celle des composés actifs de l'a-terpinène et du terpinène-4-ol qui représentent les composants majeurs de cette huile. Cependant selon **Ndomo & al. (2009)** il serait difficile de penser que l'activité insecticide de ces huiles essentielles se limite uniquement à certains constituants majoritaires elle pourrait aussi être due à certains constituants minoritaires ou à un effet synergique de plusieurs constituants.

Les effets synergiques de ces HE peuvent être dus au mécanisme d'action différent de leurs composants chimiques. Par exemple, le mécanisme de toxicité des monoterpènes et de certains HE inhibe l'acétyl choline estérase (AChE) (**Isman, 2000**). En outre, les monoterpènes peuvent avoir des effets sur de nombreuses cibles présentant de nombreux mécanismes de toxicité (**Emekci & al., 2004**). **Jiang & al. (2009)** ont évalué l'activité insecticide des HEs de *L. pungens*, et du mélange des constituants majoritaires 1,8-cinéole et le γ -terpinène contre les larves de *Trichoplusia ni*, les valeurs de CL₅₀ des HEs étaient (87,1 et μ g par larve). Tandis que la toxicité des principaux composants majoritaires individuels était inférieure à celle des HEs (112,5 μ g par larve).

Selon **Jiang & al. (2009)** ce résultat indique que l'effet insecticide est le résultat d'action synergique de principaux constituants majoritaire avec d'autres composés présents dans l'huile même en quantité et minoritaire (combinaison des molécules actif et non actif). Par conséquent, tous les composants actifs et inactifs sont nécessaires pour une toxicité complète. **Khalfi & al. (2006)** ont étudié l'activité insecticide des HEs de la menthe verte et de deux composés actifs 1,8 cinéole et carvone contre *Rhyzopertha dominica*. Ils ont constaté que l'activité est due à l'action synergique de 1,8 cinéole et de carvone. Les composants volatils des huiles essentielles peut être classé en terpènes, benzène dérivés, hydrocarbures et autres composés divers (**Ngoh & al., 1998**). Les monoterpénoïdes sont les molécules les plus représentatifs constituant 90% des HE et permettre une grande variété de structures avec divers fonctions (**Fouad & da Camara, 2017**). Les composés majoritaires contenus dans HE combinés peuvent agir en synergie pour améliorer l'effet insecticide du mélange soit en augmentant ou en prolongeant leur effet. **Ma & al., (2014)**. **Kanda & al. (2017)** suggère que les mélanges artificiels pourraient être préparés pour obtenir des mélanges potentiels pour le contrôle des insectes nuisibles des grains entreposés. Des effets antagonistes ont été trouvés dans mélanges de combinaison de carvacrol avec perillaldéhyde et thymol, contre *Culex pipiens* (**Ma & al., 2014**). **Yildirim & al. (2013)** note dans leurs étude que certains monoterpènes oxygénés sont des composés fortement toxiques exemple : le bornéol, le fenchol, le linalol, le terholen-4-ol menthol (groupe des alcools) ; 1,8-cinéole, oxyde de limonène (groupe époxydes); camphre, carvone, citronellal, dihydrocarvone, fenchone, menthone (groupe cétones et aldéhydes) et acétate de néryl (groupe des esters) ont atteint un effet insecticide de 100% contre *S. zeamais*. Les mêmes auteurs notent que le 1,8-cinéole, le fenchone, le linalol et oxyde de limonène sont les plus efficaces avec des valeurs de CL₅₀ de 1,98, 2,44, 2,44 et 3,23 µl respectivement après 96 h du traitement.

4.3. Effet répulsif des extraits de *L. angustifolia* à l'égard des ravageurs

Un répulsif ou insectifuge est une substance, appliquée sur la peau ou les vêtements, capable de repousser les insectes (moustiques, mouches, simulies, moucheron, taons, tiques, puces, etc.), sans les tuer. Cette définition oppose les répulsifs aux substances insecticides, qui tuent l'insecte. Cette action nécessite un contact avec le produit (**Invs, 2012**). L'activité répulsive est un phénomène physiologique qui s'effectue chez les insectes comme mécanisme de défense contre les toxines sécrétées par les plantes (**Ben Slimen & Baoundi, 2016**). Ce potentiel de répulsion peut être utilisé pour lutter contre les dégâts causés par ces insectes ravageurs.

L'efficacité des répulsifs anti-insectes a été principalement évaluée sur les moustiques, mais leur mécanisme d'action est applicable à tous les arthropodes. Ils sont cependant inefficaces sur les hyménoptères (abeilles, guêpes, etc.) (Combemale, 2001; Maurille, 2005). Les huiles essentielles extraites de plantes sont utilisées de façon traditionnelle depuis des siècles, sont de plus en plus étudiées pour leur potentielle activité répulsive envers les arthropodes (SMV & SFP, 2010). De nombreux travaux scientifiques publiés dans la littérature ont mis en évidence l'effet répulsif des huiles essentielles contre les insectes des stocks. Les résultats obtenus mettent en évidence que l'effet répulsif d'huile essentielle du *Lavandula angustifolia*, des molécules bioactifs séparément ou contenus dans un mélange varie suivant : la molécule même, la dose appliquée, la durée d'exposition et l'espèce d'insecte. Akramiet al. (2011) ont évalué l'activité répulsive des HE de *Mentha longifolia* et de *Thymus kotschyanus* contre *Callosobruchus maculatus*. Les valeurs répulsives à une concentration de 800 ppm ont été enregistrées respectivement 90 et 73,33% pour *M. longifolia* et *T. kotschyanus* contre *C. maculatus*. Negahban & Moharamipour. (2007) ont constaté que l'HE d'*Artemisia sieberi* à 1,5 ppm était plus répulsif pour *Tribolium castaneum* que *Sitophilus oryzae* et *Callosobruchus maculatus* avec des pourcentages répulsifs variante 65,90, 59,70 et 55,80% respectivement. Nikooei & Moharramipour. (2011) ont constaté que l'HE de *Salvia mirzayanii* à une concentration de 3 ppm avait une forte activité répulsive contre *Tribolium confusum* (86,66%) par rapport à *R. dominica* (70,0%). L'effet répulsif serait créé par l'odeur repoussante d'un insectifuge pour certaines espèces d'insectes ou par une perturbation des récepteurs chimiques logés sur leurs antennes les quelles leurs permettent normalement de repérer leurs proies. Le mode d'action des répulsifs n'est pas encore clairement établi, leurs structures chimiques étant très variées. Ils provoqueraient chez l'insecte une perturbation du système olfactif, ce qui l'empêcherait de repérer son hôte (Combemale, 2001). En effet, l'olfaction joue un rôle majeur dans les événements comportementaux qui conduisent la femelle de moustique à sa « proie » humaine et les répulsifs sont utilisés pour entraver ce processus (Bohbot et al., 2011). Chez les insectes, la drosophile est l'animal chez lequel les récepteurs olfactifs sont les mieux connus. Il s'agit de complexes hétéromériques composés d'une protéine ubiquitaire appelée Or83b et dont on retrouve des orthologues chez tous les insectes. Chaque récepteur est donc constitué d'une sous-unité de type Or83b et d'une autre sous-unité spécifique (Wicher & al., 2008). l'extrémité N-terminale de cette protéine est en position intracellulaire alors que l'extrémité C-terminale est en position extracellulaire (Benton & al., 2006; Nakagawa & Vosshall, 2009). (Fig 24).

La sous-unité spécifique comporte sept domaines transmembranaires et elle est capable de détecter soit des odeurs soit des phéromones. La composante Or83b serait un canal ionique perméable aux cations (**Wicher & al., 2008**) et serait requise pour l'adressage du complexe au niveau des dendrites ainsi que pour le bon fonctionnement du récepteur olfactif (**Benton & al., 2006**). Le fonctionnement de ces complexes protéiques reste controversé : certaines études suggèrent que ces complexes formeraient des canaux ioniques activés par un ligand et ceci sans l'implication de protéines G (**Smartet al., 2008**) alors que d'autres suggèrent que la détection des odeurs peut aussi passer par l'activation de protéines G (**Ha & Smith, 2008; Wicher & al., 2008; Kaupp, 2010**) (Fig 24). **Nakagawa & Vosshal. (2009)** ont proposé une théorie selon laquelle la fixation d'une molécule odorante entraîne dans un premier temps une entrée rapide de cations, notamment le calcium, via le récepteur olfactif (ou le complexe formé avec Or83b). Dans une seconde étape, plus lente celle-là, le calcium serait à l'origine de processus de modulation ayant pour conséquence d'augmenter la sensibilité des récepteurs olfactifs aux odeurs (rétrocontrôle positif). Ces processus de modulation impliqueraient des protéines G via un mécanisme qui reste pour l'instant inconnu.

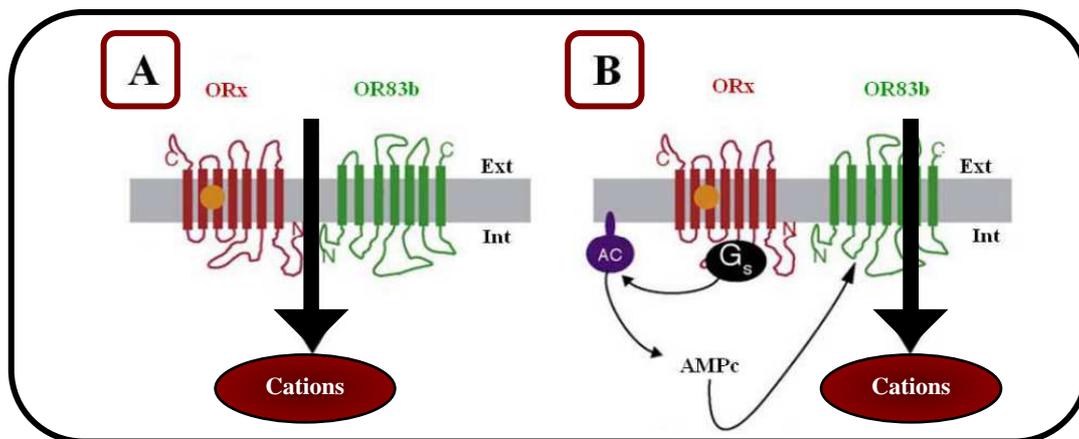


Figure.24 Fonctionnement du complexe ORx-OR83b.

A, Selon certains auteurs, le complexe ORx-OR83b forme un canal qui est directement activé par la fixation d'une odeur ou d'une phéromone (orange).

B, D'après d'autres auteurs, OR83b serait un canal ionique qui serait activé par la fixation d'un messenger secondaire. La fixation d'une odeur ou d'une phéromone sur le récepteur ORx activerait une protéine G qui à son tour induirait la production d'AMPc. ORx, récepteur olfactif spécifique (**Nakagawa & Vosshal 2009**).

Selon **Ngamo & Hance. (2007)** une huile essentielle n'exerce pas forcément la même activité aux différents stades du cycle biologique d'un insecte, comme il existe une grande variation dans la sensibilité des espèces d'insectes pour une même huile essentielle. Il ressort selon

Ndomo & al. (2009), qu'après deux heures d'exposition, les différentes doses de l'huile essentielle des feuilles de *Callistemon viminalis* (de 0,031 à 0,251 $\mu\text{l}/\text{cm}^2$) ont occasionné une répulsion dont le taux varie de 36,6 à 80% vis-à-vis des adultes d'*Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera : Bruchidae). Ceci montre clairement que le pourcentage de répulsion varie en fonction de la dose.

Les résultats obtenus par **Aiboud (2011)** pour le test de répulsion sur le bruche du niébé *C.maculatus* mettent en évidence un effet dose pour les sept huiles essentielles testés. Le thym, l'origan et basilic ont montré une activité plus marquée (très répulsive) par rapport aux autres huiles essentielles. Le répulsif idéal serait efficace contre une large variété d'arthropodes hématophages et à durée d'action prolongée. D'autres caractéristiques pourraient augmenter sa durée d'efficacité comme la stabilité chimique. Concernant la notion de volatilité, les répulsifs doivent en effet s'évaporer pour maintenir une vapeur de concentration suffisante à la surface, permettant ainsi à la substance active répulsive d'interagir avec le système olfactif de l'insecte (**Karr & al., 2012**). Selon (**Abdelaziz & al., 2014**) l'activité répulsive est liée aux principaux composés actifs et aux autres constituants chimiques présentes dans l'huile essentielle. Les HEs extraites de plantes ayant une répulsion plus élevée comprenaient de nombreux composés actifs ex : la citronnelle, le cèdre, la verveine, le pennyroyal, le géranium et la lavande (**Thongdon & Inprakhon., 2009; Park & al., 2006**). Nos essais ont montré que Linalool est très répulsif vis-vis *T.confusum* avec un pourcentage de 100% de répulsion. L'Acétate de linalyl aussi a provoqué un pourcentage de répulsion de 93.33 ± 8.88 % identique à celle obtenus avec l'application du mélange et supérieur à celle du camphre estimé à 86.66 ± 8.88 % contre les différents insectes d'étude. Le linalool, L'Acétate de linalyl, l'Eugénol, le Thymol, le Cymol et le Méthyl chavicol ont une activité répulsive contre plusieurs insectes (**Koul, 2008**). Linalool et l'Eugenol sont des composés dont les odeurs sont répulsives pour les femelles. En effet, des expériences de laboratoire montrent que les femelles évitent ces odeurs, évitent les feuilles de poireaux traitées avec ces composés (à concentration de 1%), évitent de pondre sur des feuilles de poireaux traitées avec ces composés (à concentration de 1% et 0,1%) (**Cavanagh & Wilkinson, 2002**). **Abdel-Sattar & al. (2010)** ont montré que les HE de fruits et feuilles de *Schinus molle* avaient une activité répulsive contre les insectes *Trogoderma granarium* et *Tribolium castaneum*. Ils ont découvert que le p-cymène était considéré comme un composant majeur et responsable de l'effet répulsive.

Les plantes qui contiennent une forte teneur en camphre sont utilisées notamment en tant qu'insectifuge. qui lui confèrent son activité répulsive (**Charpentier, 2006**). Ce qui confirme nos résultats dont on a enregistré un pourcentage de répulsion e camphre de 73.33 ± 8.88 , 86.66 ± 8.88 et 80.00 ± 0.00 % chez *T. confusum*, *S. granarius* et *C. ferrugineus* respectivement. **Agarwal & al. (2001)** ont démontré la toxicité et l'effet répulsif du 1,8 cinéole contre *Rhyzopertha dominica* Ce chimiotype s'est révélé répulsif avec un taux de répulsivité variant de 65 % à 74 %, vis-à-vis l'insecte ravageur, à la dose 4 µl/ml après 01 heure d'exposition. Les composés majoritaires des huiles essentielles ont des efficacités insecticides soit singulière ou lorsqu'elles sont mises ensemble **Ngamo & Hance. (2007)**.

Nos résultats révèle que le mélange des composées bioactif a montré une répulsivité importante estimé à 80.00 ± 0.00 % pour *S. granarius*, $93.33 \pm 8.88\%$ chez *T. confusum*, et 80% chez *C. ferrugineus*. Certains polyphénols ont une action insecticide, d'autre ont un effet attractif. La composition de certains insecticides comprend à la fois une substance insecticide autre qu'un polyphénol et un polyphénol présentant un effet de synergie. Ils attirent les insectes et les immobilisent à proximité de l'autre insecticide à action rapide. L'effet attractif des polyphénols permet de masquer l'effet répulsif des substances insecticides. (**El-Modafar & El-Boustani, 2002**). Dans le même ordre d'idée **Garcia & al. (2005)** suggèrent que ce sont les groupements hydroxyle, contenus dans les HEs, qui sont responsables de l'activité biocide. Ces groupements hydroxyle possèdent une spécificité électrostatique qui leur permet de générer des interactions récepteurs-substance répulsive et l'induction de la bioactivité des huiles essentielles ; celle-ci se traduit le plus souvent par une action sur la physiologie des insectes, en induisant des effets antiappétants ou déterrents, affectant ainsi la croissance, la fécondité et le développement des insectes.

Les résultats rapportés dans **Sanfacon & al. (2005)** révèlent que l'espèce du moustique, ainsi que la densité d'insectes présents dans l'environnement immédiat également jouer un rôle important sur l'efficacité d'un insectifuge (**Fradin & Day, 2002**). L'huile de citronnelle en particulier est considérée depuis le début du XXe siècle comme le standard naturel des répulsifs anti- moustiques, bien qu'ayant une efficacité de répulsion inférieure à 30 minutes (**Paluch & al, 2010**). Récemment, il a été montré que ces huiles essentielles possèdent des propriétés distinctes suivant la concentration en substances actives. Par exemple l'huile essentielle de thym a des effets irritants, répulsifs puis toxiques selon la concentration testée (0.01% à 1 %). Au contraire, l'essence d'aneth est répulsive puis irritante pour les moustiques, mais ne montre aucune propriété toxique (**Deletre & al, 2013**).

Ainsi, il a été montré que les concentrations d'huile essentielle de lavande et de géraniol (généralement inférieur à 1%), utilisées dans la formulation de répulsifs cutanés, n'étaient pas suffisantes pour induire un effet répulsif durable. De plus, la durée de répulsion peut être différente d'une espèce vectrice à une autre, s'avérant généralement moins efficace pour les moustiques les plus agressifs, comme *Ae. aegypti* (Semmler & al, 2014). Néanmoins, les études de formulation ont montré un effet synergique des huiles essentielles avec la vanilline, augmentant ainsi la durée de l'effet répulsif de près de 8 heures (Deletre & al, 2013 ; Rehman & al, 2014).

4.4. Effet de Linalool sur l'activité polyphénol-oxydase chez les ravageurs

Les polyphénols oxydase sont des métallo-protéines présentes dans l'ensemble du règne du vivant, des végétaux aux animaux en passant par les champignons et les insectes (Bertrand, 1896). Ces enzymes sont des oxydoréductases impliquées dans le transport des électrons, qui réduisent le dioxygène en eau (Xu, 2001). Il s'agit de métallo-protéines à cuivre, également appelées : oxydases bleues en raison des atomes de cuivre qu'elles contiennent au niveau de leur site actif. Le terme de phénoloxydase désigne un groupe d'enzymes capable de catalyser l'oxydation de différents composés phénoliques en présence de dioxygène.

L'enzyme se fixe à son substrat, grâce à son site actif qui est une entité tridimensionnelle, occupant généralement, une part relativement faible du volume total de l'enzyme. Une fois le complexe enzyme-substrat formé, les liaisons qui le maintiennent sont relativement faibles car ce sont la complémentarité des formes tridimensionnelles et le caractère directionnel des liaisons formées qui contribuent au haut degré de spécificité entre une enzyme et un substrat

Différentes études ont porté sur l'évolution des activités polyphénols-oxydase (POPs) en fonction des variations des paramètres environnementaux abiotiques tels que la température, la salinité, le pH mais aussi en fonction de la présence de différents contaminants chimiques. (Gomez-Jimenez & al., 2000). Cette activité enzymatique augmente avec la valeur de pH lorsque celle-ci reste compris dans l'éventail (logique) des valeurs physiologiques de chaque espèce (Tanner & al., 2006). Cet éventail physiologique est notamment défini par le pH de l'hémolymphe de l'espèce d'invertébré étudiée. Ainsi, le fait que le pH optimal pour la POP soit, de façon générale, plus faible chez les insectes que chez les arthropodes marins devrait correspondre à un pH plus faible de l'hémolymphe chez ces espèces (Cònsoli & Vinson, 2002).

Notre étude a montré que le traitement des insectes par fumigation avec Linalool a provoqué une augmentation de l'activité spécifique des POPs avec tous les substrats testés catéchol, L-tyrosine et hydroquinone. Etant donné le fait que les phénomènes d'hypoxie sont généralement accompagnés d'une augmentation de la concentration en dioxyde de carbone et donc d'une acidification du milieu. **Tanner** et collaborateurs (2006) ont montré que, pour de faibles concentrations en dioxygène dans l'hémolymphe (1%), l'activité POPs était réduite de 70% chez le crabe *Callinectes sapidus*. Les résultats obtenus sur *Callinectes sapidus* (**Tanner & al., 2006**) mettent en avant une baisse de l'activité PO lorsque la concentration en dioxygène diminue et suggèrent donc que les épisodes d'hypoxie, voire d'anoxie, notamment en milieu littoral, amoindriraient considérablement les défenses immunitaires de ces invertébrés en les rendant davantage vulnérables aux organismes pathogènes.

Parmi les stress de nature abiotique susceptibles d'impacter les niveaux d'activité POPs des organismes, différents contaminants chimiques ont été testés chez les invertébrés. Les tributylétains (TBT), dont l'utilisation est aujourd'hui interdite, restent présents dans de nombreuses zones du globe dans les sédiments. Leurs effets sur des hémocytes isolés du tunicier *Styela plicata* montrent une inhibition de l'activité POPs pour des concentrations supérieures à 0,1 µg.L⁻¹ alors que, dans le même temps, une exposition au cuivre, au zinc, au cadmium, au plomb ou encore au mercure, aux mêmes concentrations, ne modifie pas le niveau d'activité POPs par rapport à des hémocytes non-exposés (**Tujula & al., 2001**). Des individus entiers ont également été soumis à une même exposition aux (TBT) et l'ensemble des hémocytes a été collecté : sur ces échantillons, l'activité POPs est significativement plus importante que pour les animaux non-exposés. Cette différence de tendance entre l'exposition cellulaire et l'exposition de l'animal entier s'explique par un recrutement important des hémocytes dans l'hémolymphe. Ainsi, l'inhibition d'activité POPs observée au niveau cellulaire est contrebalancée par une augmentation des cellules à l'origine de cette activité enzymatique. L'activité POPs, au niveau de l'organisme se voit donc augmentée après une exposition aux TBT (**Tujula & al., 2001**). L'inhibition de l'activité PO, constatée au niveau cellulaire, s'oppose aux résultats obtenus par **Mottin & al. (2010)** chez l'ormeau *Haliotis tuberculata* après une exposition au zinc. En effet, les hémocytes de cette espèce possèdent une activité POPs plus importante après une exposition au zinc par rapport à des hémocytes non exposés. Un autre exemple d'augmentation d'activité des hémocytes est celui de *Crassostrea gigas* après une exposition à l'hydrocarbure benzo [b] fluoranthène (**Badonilles & al., 2008**).

L'exposition a d'autres composés toxiques tels que les polychlorobiphényles (PCB) a été étudiée et a résulté, chez la crevette *Crangon crangon*, en une baisse d'activité PO dans les hémocytes (Smith & Johnston, 1992). Ainsi, il n'y a pas de réponse type de l'activité POP faceaux contaminants chimiques puisque l'activité POPs semble varier en fonction des espèces, du type, et de la forme des contaminants étudiés (Mottin & al., 2010). La cascade d'activation des POPs est déclenchée par différents facteurs, notamment l'entrée dans l'organisme d'un corps étranger. Cette activation permet de augmenter la résistance de la paroi et des membranes (Cerenius & al., 2008). Les différentes molécules pénétrant dans l'organisme vont, dans un premier temps, être reconnues comme faisant partie du non-soi et entraîner la libération du zymogène de la POP des cellules hémolympatiques où elles sont stockées, vers le milieu extracellulaire par exocytose (Cerenius & Söderhall, 2004).

Différents composés d'origine bactérienne ont également été identifiés comme des inhibiteurs de l'activation de la POP (Liang & al., 1997 ; Cerenius & Söderhall, 2004 ; Eleftherianos & al., 2007). L'oxydation des différents substrats des 3 sous-classes de POPs va aboutir à la formation d'odiphénols ou d'o-quinones pour les tyrosinases, d'o-quinones ou de p-quinones pour les laccases, et d'o-quinones pour les catéchol oxydases. Les connaissances sur le devenir de ces composés et les mécanismes de mélanisation qui en découlent sont principalement issues d'études portant sur les insectes (Christensen & al., 2005). L'oxydation des composés phénoliques par les POPs va aboutir à la formation de dopa (activité monophénol oxydase) puis de dopa-quinones (activité diphénol-oxydase). En présence de cystéine (et plus largement de composés thiols), les dopa-quinones vont être transformés en cystéinyl-dopa qui vont à leur tour subir une oxydation puis une polymérisation. Le composé alors obtenu est la pheomelanine, composé de couleur jaune à rouge. C'est l'un des deux constituants de la mélanine (Roulin & al., 2011). Les produits de réaction des POPs et la mélanine, au sens large, possèdent également un rôle structural au sein des organismes. Le rôle structural de la mélanine et de ses dérivés a également été largement étudié chez les arthropodes et plus particulièrement chez les insectes qui ne possèdent pas de squelette interne comme les mammifères mais un exosquelette. Afin de protéger le corps mou de ces espèces, cet exosquelette est induré par un processus appelé sclérotinisation qui est très proche et lié au processus de mélanisation (Sugumaran, 1991 ; Suderman & al., 2006 ; Andersen, 2010). Chez les insectes, deux sous-classes de POPs ont été mises en avant au cours de la sclérotinisation : les tyrosinases et les laccases (Andersen, 2010) qui vont oxyder les composés phénoliques pour aboutir à la formation de quinones. Les principaux composés

phénoliques sur lesquels les POPs vont agir sont des o-diphénols : la N-acétyl-dopamine (NADA) et la N-beta-alanyl dopamine (NBAD). Les différentes o-quinones ainsi formées peuvent ensuite subir différentes isomérisations puis spontanément se lier à des groupes nucléophiles libres de différentes protéines et de chitine par réticulation. Ces différentes réactions vont avoir pour conséquence de rendre insolubles les protéines modifiées (Suderman & al., 2006) et vont s'accompagner d'une des hydratation importante de la cuticule nouvellement formée, ce qui va contribuer au durcissement de celle-ci (Andersen, 1981 ; Wappner & Quesada-Allué, 1996). En fonction des espèces et de leur stade de développement, les laccases et les tyrosinases sont impliquées différemment dans le processus de sclérotinisation. Ainsi, les laccases sont les seules POPs détectées dans la cuticule de criquet (Andersen, 1978) alors que chez le sphinx du tabac, *Manduca sexta*, les deux sous classes de POPs sont présentes au niveau de la cuticule (Thomas & al., 1989 ; Morgan & al., 1990). L'activité laccase augmente significativement au moment de la sclérotinisation et redescend à un niveau relativement faible dès lors que le processus est terminé (Barrett, 1991). Au cours de la mue, ces espèces vont perdre leur cuticule et en reconstruire une nouvelle plus grande. La cuticule nouvellement formée apparaît dans un premier temps molle et claire. Puis, très rapidement, celle-ci va s'indurer et parallèlement s'assombrir ce qui confirme le fait que l'induration de l'exosquelette et la mélanisation sont liées (Sugumaran, 1991). Cependant, les travaux menés sur des insectes albinos présentant une cuticule indurée prouvent que bien que ces deux voies peuvent se dérouler indépendamment (Malek, 1957 ; Karlson & Sekeris, 1962 ; Andersen & al., 1996) malgré le fait qu'elles partagent certaines voies enzymatiques et certains Intermédiaires réactionnels (Andersen, 2010).

5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Ce projet provient de la volonté de trouver une alternative aux insecticides chimique contre des insectes ravageurs pouvant causés des pertes poste récolte importantes. L'originalité de cette étude est de relier l'effet insecticide et répulsif d'une huile essentielle extraite de *Lavandua angustifolia*, et de ses composés majoritaires bioactifs d'origine synthétique (Linalool, Acetate de linalyl, et Camphre) employés seuls et en mélange contre des insectes ravageurs : *R. dominica*, *S. granarius*, *T. confusum* et *C. ferrugineus*.

Au terme de cette étude nous pouvons conclure que :

-L'huile essentielle de la partie aérienne de *L. angustifolia* originaire de Tébessa ainsi que les composés bioactifs considéré comme majoritaire de cette huile possède un caractère insecticide et répulsif contre les adultes d'espèces d'insectes testés variable en fonction de la molécule appliquée, de l'espèce ainsi que le groupe d'insecte, donc sont susceptibles de contrôler des populations des insectes bien ciblés.

-L'application du Linalool par fumigation sur les insectes a engendré une activation du système phenols-oxydases qui se traduit par une augmentation des activités enzymatiques Catéchcolase, Tyrosinase et Laccase chez les différent espèces des insectes.

Cette étude mérite d'être complété par

-Fractionnement des huiles essentielles par des méthodes chromatographiques et l'extraction de ces composés bioactifs naturel.

-Tester l'effet de ces composés bioactifs sur d'autre enzymes de détoxification, la digestion et le potentiel reproducteur des insectes afin d'obtenir un formulaire d'un biopesticide vert, préparé dans le laboratoire contre les insectes ravageurs des denrées stocké.

RESUME

Pour parer au problème d'éradication des insectes ravageurs des denrées stockées, de nombreux moyens sont proposés principalement, la lutte chimique. Face à la demande croissante de promotion d'un développement durable et de la protection de l'environnement, des méthodes alternatives sont préconisées.

C'est dans cet axe que s'insère l'objectif de la thématique de recherche développée au sein du laboratoire qui consiste à rechercher à partir des huiles essentielles (HEs) d'une plante médicinale *Lavandula angustifolia* et des composés bioactifs, Linalool, Acétate de linalyl, et Camphre souvent exemptes d'effets secondaires de nouveaux biopesticides à effet insecticide et répulsif contre quatre ravageurs des grains en post-récolte : *R. dominica*, *S. granarius*, *T. confusum* et *C.ferrugineus*. Plusieurs aspects ont été déterminés :

Extraction des HEs : de la plante ciblé par hydro-distillation de type Clevenger dont les résultats montrent que cette plante renferme 2,30% huiles essentielles.

Aspect toxicologique : réalisé par fumigation des HEs, des composés bioactifs appliqués seuls et en mélange préparés avec des pourcentages déterminés selon une analyse chimique des HEs réalisée dans des travaux antérieurs par chromatographie sur phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse, à l'égard des insectes ciblés qui ont permis d'établir les concentrations sous létales et létales (CL₂₅, CL₅₀ et CL₉₀) à 24, 48 et 72h après traitement. Les extraits manifestent une toxicité avec une relation dose-réponse-temps variable en fonction de la molécule appliquée, l'espèce et le groupe d'insecte (primaire ou secondaire).

Essais de répulsion : en appliquant la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre. Globalement la plus grande répulsion est obtenue chez Linalool (100%), suivi par les HEs, Acétate de linalyl, et le mélange des composés bioactifs avec un pourcentage de répulsion identique puis le Camphre. L'effet très répulsif le plus remarquable est enregistré avec la dose la plus forte après des périodes variables vis-à-vis les insectes d'étude.

Activité phénol-oxydase : les résultats montrent que Linalool a provoqué une activation du système phénols-oxydase qui se traduit par une augmentation des différentes activités enzymatique testées ; Catéchcolase, Tyrosinase et Laccase chez toute les espèces d'insectes étudiées.

Mots clés : *R. dominica*, *S. granarius*, *T. confusum*, *C.ferrugineus*, *L. angustifolia*, Toxicité, Répulsion, Fumigation, Huile essentielle, Composé bioactifs, Linalool, Acétate de linalyl, Camphre, Phénol-oxydase, Catéchcolase, Tyrosinase, Laccase.

ABSTRACT

To counter the problem of eradicating insect pests of stored products, many ways are proposed mainly chemical control. .

Faced with the growing demand for the promotion of sustainable development and the protection of the environment, alternative methods are recommended.

It is in this axis that the objective of the research theme developed within the laboratory is inserted

which consists of searching from the essential oils (EO) of a medicinal plant *Lavandula angustifolia* and bioactive compounds Linalool, linalyl Acetate, and Camphor) often free of side effects of new insecticide and repellent biopesticide against four pests of grains in post-harvest: *R. dominica*, *S. granarius*, *T. confusum* and *C. ferrugineus*.

Several aspects are determined

The extraction of EO: from the plant targeted by hydrodistillation type Clevenger whose results shows that this plant contains 2.30% of essential oils.

Toxicological aspect: carried out by fumigation of the HEs, bioactive compounds applied alone and in mixture; prepared with percentages determined according to a chemical analysis of the EO carried out in previous work by gas phase chromatography coupled to mass spectrometry. with respect to targeted insects that were used to establish lethal and lethal concentrations (CL25, LC50 and CL90) at 24, 48 and 72 h after treatment. The results show toxicity with a variable dose-response-time relationship depending on the molecule applied, the species and the insect group (primary or secondary).

Repellent essay: carried out by preferential zone method on filter paper. Overall the greatest repellency is obtained in Linalool (100%), followed by EO, linalyl Acetate, and the mixture of bioactive compounds with identical repulsion percentage and then Camphor.

The most remarkable repellent effect is recorded with the highest dose after varying durations of study insects.

Phenol-oxidase activity: results show that Linalool provoked an activation of the phenol oxidase system, which results in an increase in the various enzymatic activities sucked into; Catecholase, Tyrosinase and Laccase in all insect species studied.

Key words: *R. dominica*, *S. granarius*, *T. confusum* and *C. ferrugineus*. *L. angustifolia*, Toxicity, Repellent, Fumigation, Essential oil, organic compound, Linalool, Linalyl acetate, Camphor, Phenol oxidase, Catecholase, Tyrosinase, Laccase.

المخلص

لمواجهة مشكلة القضاء على آفات الحشرات للمنتجات المخزنة، يتم تطبيق العديد من الطرق و بشكل رئيسي المكافحة الكيميائية.

نظرا للطلب المتزايد على تعزيز التنمية المستدامة وحماية البيئة، يستوجب استخدام طرق بديلة في هذا الإطار، يتمثل الهدف من موضوع البحث الذي تم انجازه داخل المختبر في البحث عن مبيد حشري ذو خاصية قاتلة وطاردة للحشرات من خلال تطبيق الزيوت الأساسية لنبته طبية *Lavandula angustifolia* وكذا المركبات الفعالة *linalyl, Camphre, Acétate de Linalool*.

إضافة الى تطبيق مزيج لهذه المركبات ضد الحشرات الآتية: *R. dominica, S. granarius, T. confusum et C.ferrugineus*.

أظهرت النتائج ما يلي :

- استخلاص الزيوت الأساسية: بنوع الاستخلاص المائي Clevenger الذي تظهر نتائجه أن هذه النبتة تحتوي على 2.30% زيوت أساسية.

-الجانب السمي: تم تنفيذه بواسطة تبخير الزيوت الأساسية، والمركبات النشطة بيولوجياً مطبقة بمفردها وفي المزيج المحضر بنسب مئوية محددة وفقاً للتحليل الكيميائي الذي أجري في أعمال سابقة بواسطة كروماتوجرافيا الطور الغازي والقياس الطيفي الشامل ضد الحشرات المستهدفة. هذا الاختبار استخدمت لمعرفة التراكيز القاتلة (CL25، LC50 و CL90) بعد 24 و 48 و 72 ساعة بعد العلاج.

وأظهرت النتائج سمية متعلقة بالجرعة المطبقة والمركب المطبق إضافة إلى نوع الحشرة ونوعيتها أولية أو ثانوية. اختبار تنفير الحشرات الذي اظهر بدوره انه يتغير وفقا للجرعة المطبقة وكذا مدة الاختبار حيث لوحظ خلال التجربة إن *Linalool* الأكثر تنفيراً

هذه المادة أدت إلى تحفيز إنزيمات الأكسدة الفينولية وفقاً لتحاليل للنشاطات الانزيمية الآتية *Catécholase, Tyrosinase et Laccase*.

الكلمات المفتاحية

زيوت أساسية – نباتات طبية – تنفير – حشرات التخزين – مركبات فعالة – سمية

- Alviano W.S., R.R Mendonca-Filho., D.S Alviano., H.R Bizzo., T Souto-Padron., M.L Rodrigues., A.M Bolognese., C.S Alviano., M.M.G Souza.** (2005). Antimicrobial activity of *Croton cajucara* Benth linalool-rich essential oil on artificial biofilms and planktonic microorganisms. *Oral Microbiol. Immunol.* 20:101–105.
- Alviano., M.M.G Souza.** (2005). Antimicrobial activity of *Croton cajucara* Benth linalool-rich essential oil on artificial biofilms and planktonic microorganisms. *Oral Microbiol. Immunol.* 20:101–105.
- A Camara.** (2009). Lutte contre *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) et *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en Basse-Guinée et l'utilisation des huiles essentielles végétales.
- Anonymous.** (2009). Rusty Grain Beetle *Cryptolestes ferrugineus* (Steph.) Canadian Grain Commission. pp 2,3,15.
- A FSSAPS.** (2008). Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé. Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles.
- A FNOR.** (1987). Huiles essentielles, recueil dans des normes française. 5^{ème} éditions. 1. échantillonnage et méthodes d'analyses, 2. Spécifications, AFNOR, Paris.
- Abbott W.B.** (1925). A method for computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18 : 265 – 267.
- Anton R., Lobstein A.** (2006). Plantes aromatiques. Epices, aromates, condiments et huiles essentielles. Ed. Tec. & Doc., Paris, P522.
- Amrani A.E.** (1999). Effets de la période de récolte, du niveau de coupe et de la région sur le rendement et la composition chimique de l'huile essentielle, Doctorat en chimie organique, Université Hassan II ; Faculté des sciences Ben M'sik ; Casablanca Maroc.
- A FNOR (Association Française de Normalisation).** (1996). Huiles essentielles, recueil de normes françaises. 5^{ème} éd.

- Aref S.P., Valizadegan., O.** (2015). Fumigant toxicity and repellent effect of three Iranian Eucalyptus species against the lesser grain beetle, *Rhyzopertha dominica* (F.) (Col.: Bostrichidae), *J. Entomol. Zool. Stud* 3 (2), pp. 198-202.
- Abdel-Aziz., N.F., W.L Abdou., E.A Abdel-Hakim., F.M El-Hawarya., A.M El-Bakry., E.A Sammour.** (2015). L'effet de certains insecticides verts à partir d'huiles essentielles sur *Aphis craccivora* et leurs effets secondaires. *J. Entomol. Res*, 39:275-286.
- Abbassy M.A., S.A.M Abdelgaleil., R.Y.A Rabie.** (2009). Insecticidal and synergistic effects of Majoranahortensissessential oil and some of its major constituents. *Entomol. Exp. Applicata*, 131: 225-232.
- Akrami H., S Moharramipour., S Imani.** (2011). Comparative effect of *Thymus kotschyanus* and *Mentha longifolia* essential oils on oviposition deterrence and repellency of *Callosobruchus maculatus* F. *Iranian J. Med. Aromatic Plants*, 27: 1-10.
- Aiboud K.** (2011). Etude de l'efficacité de quelques huiles essentielles à l'égard de bruche de neibé *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera; Bruchidae) et impacts de traitement sur la germination des des graines de *Vigna unguiculata*. Mémoire de magister en science ecologie UMMTD.
- Abdelaziz., N.F., H.A Salem., E.A Sammour.** (2014). Effet insecticide de certains composés respectueux de l'environnement sur des cochenilles et cochenilles et leurs effets secondaires sur les enzymes antioxydantes des nourrissons de mangue. *Cambre. Phytopathol. . Protéger l'usine*, 47: 1-14.
- Abdel-Sattar E., A.A. Zaitoun., M.A. Farag., S.H. El Gayed., F.M.H Harraz.** (2010). Chemical composition, insecticidal and insect repellent activity of *Schinus molle* L. leaf and fruit essential oils against *Trogoderma granarium* and *Tribolium castaneum*. *Nat. Prod. Res.*, 24: 226-235.
- Agarwal M., Walia S., Dhingra S., Khambaj B.P.S.** (2001). Insect growth inhibition, antifeedant and antifungal activity against *Spilosoma obliqua* and *Rhizoctonia solani*. *Pest Manag. Sci.*, vol 57: 289-300.

Azevedo N.R., Campos I.F.P., Ferreira H.D., Portes T.A., Santos S.C., Seraphin J.C., Paula J.R., Ferri P.H. (2001). Chemical variability in the essential oil of *Hyptis suaveolens*. *Phytochemistry*, 57:733- 736.

Anonyme. (2007). Environnement-Intoxication: quand les pesticides empoisonnent les agriculteurs, Douala 11 juillet 2007, *Le messager*, 3.

Andersen S.O. (2010). Insect cuticularsclerotization: a review. *InsectBiochemistry and MolecularBiology* 40, 166-178.

Andersen S.O. (1981). The stabilization of locust cuticle. *Journal of insectphysiology* 27, 393-396.

Andersen S.O. (1978). Characterization of a trypsin-solubilized phenoloxidase from locust cuticle. *Insect biochemistry* 8, 143-148.

Andersen S., Peter M., Roepstorff P. (1996). Cuticularsclerotization in insects.

-B-

Benyagoub E., Nabbou N., Sirat M., DahliS Z. (2014). Proprietesantibacteriennes et constituants phytochimiques des extraits de la lavande de la region de Tlemcen et leur effet sur quelques especesbacteriennes responsables d'infection alimentaire *Revue des BioRessources Vol 4 N° 2* 18-28.

BALACHOWSKY A., MENSIL L. (1936). Les insectes nuisibles azux plantes cultivées leurs destruction .Ed.EtablissementBusson,Paris, T.II,III,Pp :1722-1724.

Bicchi Carlo., Chiara Cordero., Erica Liberto., Patrizia Rubiolo., Barbara Sgorbini et., Pat Sandra. (2005). Impact of phase ratio, polydimethylsiloxane volume and size, andsampling temperature and time on headspace sorptive extraction recovery of some volatilecompounds in the essential oil field. *J Chromatogr A*, 1071(1-2):111–118.

Bickers D., P Calow., H Greim., J.M Hanifin., A.E Rogers., J.H Saurat., I.G Sipes., R.L Smith., H Tagami. (2003). Atoxicologic and dermatologic assessment of linalool and related esters when used as fragrance ingredients. Food Chem. Toxicol.41:919–942.

Benayad N. (2008). Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines, moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Thèse de Doctorat. Université Mohammed V-Agdal de Rabat, Maroc. 200 pp.

Benkhellat O. (2002). Contribution à l'étude des conditions de manutention du blé et de l'écologie des arthropodes dans les écosystèmes de stockage de la région de Bejaia et essai de lutte contre *rhyzopertha dominica* (Coleoptera : Bostichidae) à base de poudre de plantes. Thèse. Magistère. Science de la nature. Univ. Bejaia.102p.

Balachowsky A.S. (1962). Trait d'entomologie appliquée à l'agriculture. Tom. 01, vol ; 01. Ed. Masson et Cie, Paris ; pp 374-392.

Banks., H.J. (1979). Identification of stored product Cryptolestes spp. (Coleoptera: Cucujidae): A rapid technique for preparation of suitable mounts. Journal of the Australian Entomological Society. 18:217-222.

Bousquet. (1990). guide d'identification des insectes au canadapp 13.68.41.

Bourkhiss M., M Hnach., B Bourkhiss., M Ouhssine., A Chaouch2., B Satrani. (2009). Effet de séchage sur la teneur et la composition chimique des huiles essentielles de *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters agrosolution vol 20 N1.

Bruneton J. (1999). Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Techniques et Documentation. 3ème éd. Lavoisier. Paris (France). 199 p.

Barkat M., Laib I. (2011). Composition chimique et activité antioxydante de l'huile essentielle des fleurs sèches de *Lavandula officinalis*. Revue de génie industriel ; 6 : 46-54.

Belhadj M.M., Kabouche A., Abaza I., Aburjai T., Touzani R., Kabouche Z. (2014). Chemotypes investigation of *Lavandula* essential oils growing at different North African soils. Journal of Materials and Environmental Science 5 (6): 1896-1901.

Benyagoub E., Nabbou N., Sirat M., DahliS Z. (2014). Propriétés antibactériennes et constituants phytochimiques des extraits de la lavande de la région de Tlemcen et leur effet sur quelques espèces bactériennes responsables d'infection alimentaire *Revue des BioRessources Vol 4 N° 2* 18-28.

Baser K.H.C., Buchbauer G. (2009). Handbook of essential oils : science, technology and applications. CRC Press. 1^{ère} éd. 991p.

Bourkhiss M., M Hnach., B Bourkhiss., M Ouhssine., A Chaouch2., B Satrani. (2009). Effet de séchage sur la teneur et la composition chimique des huiles essentielles de *Tetraclinis articulata (Vahl)* Masters agrosolution vol 20 N1.

Benayad N. (2013). Évaluation de l'activité insecticide et antibactérienne des plantes aromatiques et médicinales Marocaines. Extraction de métabolites secondaires des champignons endophytiques isolés de plantes Marocaines et activité anticancéreuse. Thèse de Doctorat en Chimie. Spécialité : Chimie organique. Université Mohamed V. Agdal. Faculté des Sciences. Rabat. 186 p.

Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., Idaomar M. (2008). Biological effects oils. A review Science Directe. Food and Chemical Toxicology. Vol 46: 446-475.

Bekele J., Hasanali A. (2001). Blend effects in the toxicity of the essential oil constituents of *Ocimum Kilimandsand* and *Ocimum kenyense* (Labiatae) on two post-harvest insects pests. *Phytochemistry*, 57, 385-391.

Bradford M.M. (1976). A rapid and sensitive method of the quantitation microgram quantities of Protein utilising the principale dye binding. *Analytical Biochemistry* 72: 248 - 254.

Bohbot J., Fu L., Le T. (2011). Multiple activities of insect repellents on odorant receptors in mosquitoes. *Medical and Veterinary Entomology* ; 25 ; 436-444.

Benton R., Sachse S., Michnick S.W., Vosshall L.B. (2006). Atypical membrane topology and heteromeric function of *Drosophila* odorant receptors in vivo. *PLoS Biology* 4:e20.

Boira H., Blanquer A. (1998). Environmental factors affecting chemical variability of essential oils in *Thymus piperella* L. *Biochemical Systematic and Ecology*, 26:811-822.

Bertrand., G. (1896). Simultaneous occurrence of laccase and tyrosinase in the juice of some mushrooms. *Compte rendus hebdomadaires des séances de l'académie des sciences* 123, 463-465.

Bado-Nilles A., Gagnaire B., Thomas-Guyon H., Le Floch S., Renault T. (2008). Effects of 16 pure hydrocarbons and two oils on haemocyte and haemolymphatic parameters in the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*(Thunberg). *Toxicology in Vitro* 22, 1610-1617.

Barrett F.M. (1991). Phenoloxidases and the integument. CSIRO Publications: Melbourne, Australia.

-C-

Caputi Lorenzo., Aprea Eugenio. (2011). Use of terpenoids as natural flavouring compounds in food industry. *Recent Pat Food NutrAgric*, 3(1):9–16.

Chella R., Azegagh N. (2004). Utilisation de l'extrait acétonique des feuilles de figuier «Ficus Craca » : Moracées ,Phanyrogammae contre *Rhyzopertha dominica* (Coléoptère : Bostrichidae).ing .Univ .A M.Bejaia. Pp 44.

Chu C. J., Kemper K. J. (2001). Lavender (*Lavandula* spp.). Longwood Herbal Task Force. 32p.

Clevenger J.F. (1928). Determination of volatile oil. *J. Ann. Pharm. Assoc.* 17(4) 346-35.

Cavanagh H., Wilkinson J. (2002). Biological activities of lavender essential oil. *Phytother. Res.* 16 (4), 301–308.

Crocketta S.L., N.K.B. (2011). Taxonomy and chemotaxonomy of the genus *Hypericum*, *Robsonb. Med. Aromat. Plant. Sci. Biotechnol.* 5, 1-13.

- C**ombemale P. (2001). La prescription des répulsifs. *Revue de Médecine Tropicale* ; 61 ; 99-103.
- C**harpentier G. (2006). Les répulsifs contre les insectes hématophages. *Antennae*; Bulletin de la société d'entomologie du Québec 13 (2) ; 5-8.
- C**HEMLOUL F. (2014). Etude de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *lavandula officinalis* de la région de tlemcen , université abdou beker belkaid , pp47-64.
- C**ox P.D. (2004). Potential for using semiochemicals to protect stored products from insect infestation. *Journal of Stored Products Research*, 40: 1-25.
- C**ônsoli., F.L., Vinson., S.B. (2002). Hemolymph of reproductives of *Solenopsisinvicta* (Hymenoptera: Formicidae)—amino acids, proteins and sugars. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology* 132, 711-719.
- C**erenius L., Lee BL., Söderhäll K. (2008). The proPO-system: pros and cons for its role in invertebrate immunity. *Trends in immunology*. 29:263-71.
- C**erenius L., Söderhäll K. (2004). The prophenoloxidase-activating system in invertebrates. *Immunologicalreviews* 198, 116-126.
- C**hristensen B.M., LiJ., Chen C-C., Nappi A.J. (2005). Melanization immune responses in mosquito vectors. *Trends in parasitology* 21, 192-199.

-D-

- D**elobel., Tranc. (1993). Les Coléoptères des denrées entreposées dans les régions chaudes. EdOrstom.pp 125-129.
- D**uman A.D., I Telci., K.S Dayisoğlu., M Digrak., I Demirtas., M.H Alma. (2010). Evaluation of bioactivity of linalool-rich essential oils from *Ocimumbasilicum* and *Coriandrum sativum* varieties. *Nat. Prod. Commun.* 5:969–974.
- D**jeddi S., Argyropoulou C., Chatter R. (2012). Analgesic properties of secondary metabolites from Algerian *Centaurea pullata* and Greek *C. grisebachii* ssp. *Grisebachii*. *Journal of Applied Sciences Research*, vol. 8(6): 2876-2880.

Doumbia M., Yoboue K., Kouamé K.L., Coffi K., Kra K.D., Kwadjo K.E., Douan B.G., Dagnogo M. (2014). Toxicity of *Cymbopogon nardus* (Glumales: Poaceae) against four stored food products insect Pests. *Int. J. Farm. Allied Sci.*, 3(8): 903-909.

Don Pedro K.N. (1996). Investigation of single and joint fumigant insecticidal action of Citrus peel oil Components, *Pesticide Science*, Vol.46 : 79-84.

Deletre E., Martin T., Campagne P., Bourguet D., Cadin A., Menut C., Bonafos R., Chandre F. (2013). Repellent, irritant and toxic effects of 20 plant extracts on adults of the malaria vector *Anopheles gambiae* mosquito. *PLoS One*. 8(12):e82103.

Deravel J., Krier F., Jacques Ph. (2014). Les biopesticides, compléments et alternatives aux produits phytosanitaires chimiques (synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron.Soc. Environ*, 18(2): 220-232.

-E-

Edris A.E., E.S Farrag. (2003). Antifungal activity of peppermint and sweet basil essential oils and their major aroma constituents on some plant pathogenic fungi from the vapor phase. *Nahrung* 47:117–121.

Elharas K., A Daagare., A Mesfioui., M Ouhsine. (2013). Activité antibactérienne de l'huile essentielle des inflorescences de *Laurus nobilis* et *Lavandula angustifolia* ». *Afrique Science*, Vol. 9(2), . ISSN 1813-548X.

Eddaouri M. (1992). La culture de verveine au Maroc : Effets des techniques culturales, du milieu et des procédés technologiques sur les rendements en aromates (feuilles séchées) et en huile essentielle ; Considérations économiques, Mémoire de 3^o cycle agronomique option : Industries Agricoles et Alimentaires ; I. A. V. Hassan II , Rabat, Maroc.

Edwardien M., A Belanger., B Benjilal. (1993). Les huiles essentielles de la verveine odorante (*Lipiacitriodora* L.) du Maroc : effet de séchage sur le rendement en HE et sa composition chimique. Communication aux 12^{èmes} journées mondiales HE. Dignes-Les Bains.

Enan E. (2002). Insecticidal activity of essential oils: Octopaminergic sites of action. *Comparative Biochemistry and Physiology, Toxicology and Pharmacology*. Part C130. Vol (3): 325-337.

Emekci M., S Navarro., E Donahaye., M Rindner., A Azrieli. (2004). Respiration of *Rhyzopertha dominica* (F.) at reduced oxygen concentrations. J. Stored Prod. Res., 40: 27-38.

Elhaib A. (2011). Valorisation de terpènes naturels issus de plantes marocaines par transformation catalytique. Thèse de doctorat en chimie organique et catalyse. Université de Toulouse III- Paul Sabatier. 195 p.

Eleftherianos I., Boundy S., Joyce S.A., Aslam S., Marshall J.W., Cox R.J., Simpson T.J., Clarke D.J., Reynolds S.E. (2007). An antibiotic produced by an insect-pathogenic bacterium suppresses host defenses through phenoloxidase inhibition. Proceedings of the National Academy of Sciences 104, 2419-2424.

-F-

Fabricius. (1792). An accentuated list of the British Lepidoptera, with hints on the derivation of the names, Entomological Societies of Oxford and Cambridge, p. 1858.

Flaurat-Lessard. (1982). Les insectes et les acariens. In. Multon JI, conservation et stockages des grains et graines et produits dérivés. Ed. Lavoisier, Paris. Vol. 01; pp 394-436.

Fabiani., Gilbert., Christof Alain. (2002). Mémoires de la lavande Barbentane : équinoxe, 131p.

Fantino N.S. (1990), Etude du polymorphisme au d'une population de lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.)- Détermination de critères précoces de sélection, Thèse de doctorat. Université de La Rochelle, p : 41-45.

Faraone N., NK Hillier., G.C Cutle. (2015). Huiles essentielles végétales et agissent en synergie contrarient la toxicité des différents insecticides conventionnels contre *Myzus persicae* (Hemiptera:Aphididae). PLoS one, vol. 10. 10.1371 / journal.pone.0127774.

Fouad HA., Da Camara SAG. (2017). Chemical composition and bioactivity of peel oils from *Citrus aurantiifolia* and *Citrus reticulata* and enantiomers of their major constituent against *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). J. Stored Prod. Res., 73: 30-36.

Fradin Ms., Day J.f. (2002). Comparative efficacy of insect repellents against mosquito bites. *New England Journal of Medicine* ; 347 ; 13-18. *Revue Prescrire. Prévention des piqûres de moustiques ou des morsures de tiques. Idées-Forces Prescrire* ; 321.

Foua-Bik. (1989). Vulgarisation de la méthode du triple ensachage pour le stockage amélioré du niébé en zonesahélienne du nord Cameroun : Enjeux et perceptions paysannes, *Tropicultura*, 31 (3):170-178.

FAO. (2009). L'agriculture mondiale à l'horizon 2050, Forum d'experts de haut niveau. Comment nourrir le monde en 2050?, Rome, Italie, ,4.

-G-

George A Burdock. (2004). *Fenaroli's Handbook of Flavor Ingredients*. CRC Press, 5 édition.

Gamez M.J., Jimenez J., Navarro C., Zarzuelo A. (1990). Study of the essential oil of *Lavandula dentata* L. *Pharmazie*45: 69-70.

Garnero J. (1991). Les huiles essentielles, leur obtention, leur composition, leur analyse et leur normalisation. Ed. *Encyclopédie des médecines naturelles*, Paris, France: PP 2-20.

Greche H. (1999). La tanaise annuelle (*Tanacetum annuum* L.) du Maroc : Chimie, chimiotaxonomie, tests biologiques et pouvoir inhibiteur de la corrosion du fer en milieu acide, Doctorat en chimie appliquée, Université Ibn Tofail ; Kenitra Maroc.

Gibson D.E., Moore G.P., Pfaff J.A. (1989). Camphor ingestion. *AM J Emerg Med*, vol. 7, n°1, pp. 41-43.

Gueye M.T., Seck D., Wathelet J.P., Lognay G. (2011). Lutte contre les Ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale : synthèse bibliographique. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ* .15(1): 183-194.

Garcia M., Donald O.J., Ardanaz C.E., Tonn G.E., Sosa M.E. (2005). Toxic and repellent effects of *Baccharis salicifolia* essential oil on *Tribolium castaneum*. *Pest Management Science* Vol.61:612-618.

Goudoum A. (2010). Impact des huiles essentielles sur le potentiel technologique et nutritionnel des grains et farine de maïs au cours du stockage. Thèse de Doctorat, Université de Ngaoundéré, 158.

Gomez-Jimenez S., Uglow., R.F., Gollas-Galvan T. (2000). The effects of cooling and emersion on total haemocyte count and phenoloxidase activity of the spiny lobster *Panulirus interruptus*. *Fish & shellfish immunology* 10, 631-635.

-H-

Herpin J.C. (1824). *Récréations chimiques, ou, Recueil d'expériences curieuses et instructives :auxquelles on a joint, un précis élémentaire de chimie, l'explication raisonnée des phénomènes produits dans les diverses expériences ...*, volume 1. Audot.

Haines., C.P. (1991). *Insects and Arachnids of Tropical Stored Products. Their Biology and Identification. A Training manual.* Natural Resource Institute, Chatham Kent, UK., pp. 43,246.

Hanna L. (2002). Optimisation des conditions de séchage pour la maîtrise de la qualité de l'*Origanum syriacum*, (DEA), L'Institut de Recherches Agronomiques Liban (IRAL).

Hassiotis C.N., Tarantilis P.A., Daferer D., Polissiou M.G. (2010). Etherio, a new variety of *Lavandula angustifolia* with improved essential oil production and composition from natural selected genotypes growing in Greece. *Industrial Crops and Products*, 32(2), 7782.

Houël E. (2011). Etude des substances bioactives issues de la flore amazonienne. Analyse de préparations phytothérapeutiques à base de *Quassia amara* L. (Simaroubaceae) et *Psidium acutangulum* D.C. (Myrtaceae) utilisées en Guyane Française pour une indication antipaludique. Identification et analyse métabolique d'huiles essentielles à activité antifongique. Thèse de doctorat en chimie des substances. Université des Antilles et de la Guyane. 220P.

HaTS SmithDP. (2008). Insect odorant receptors: channeling scent. *Cell* 133:761-763.

HASNI H., ZEGHBA R. (2017). Evaluation de l 'effet repulsif de trois huiles essentielles des plantes vis-à-vis de l'insecte des céréales stockées (*Rhyzopertha dominica*) . UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA , pp41-63.

Houël E. (2011). Etude des substances bioactives issues de la flore amazonienne.

-I-

Imelouane B., Elbachiri A., Ankit M., Benzeid H., Khedid K. (2010). Physico-Chemical Compositions and Antimicrobial Activity of Essential Oil of Eastern Moroccan *Lavandula dentata*. *International Journal of Agriculture and Biology* **11**: 113–118.

Isman. (2000). Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protect.*, 19: 603-608.

InVS. (2012). Institut de veille sanitaire. Recommandation sanitaires pour les voyageurs. *Bulletin épidémiologique hebdomadaire* ; 20-21 ; 223-253.

-J-

JURGEN K., HEINA S., WERNER K. (1981). Maladies, Ravageurs et mauvaises herbes des cultures Tropicales, Vol 23(1) .,Pp1-13

John Wiley., Sons. (2007). Patnaik Pradyot: *A comprehensive guide to the hazardous properties of chemical substances*.

Jiang Z., Y Akhtar., R Bradbury., X Zhang., M.B Isman. (2009). Comparative toxicity of essential oils of *Litsea pungens* and *Litsea cubeba* and blends of their major constituents against the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. *J. Agric. Food Chem.*, 57: 4833-4837.

Janovitz-Klapp A.H., Richard F.C., Nicolas J. (1989). Polyphenoloxidase from apple, partial purification and some properties. *Phytochemistry*, 28: 2903-2907.

Jouault S. (2012). La qualité des huiles essentielles et son influence sur leur efficacité et sur leur toxicité. Thèse de doctorat d'état en pharmacie. Université de Lorraine. Faculté de pharmacie. France. 137 p.

-K-

K Bekon., F. Fleurat Lessard. (1989). Evolution des pertes en matière sèche des grains dues à un ravageur secondaire: *Tribolium castaneum* (Herbst), coleoptère Tenebrionidae, lors de la conservation des céréales.

Khalfi-Habes Ouassila. (2007). Evaluation du potentiel biocide et étude de l'influence de la composition des huiles essentielles de quelques plantes algériennes sur *Rhyzopertha dominica* (F) (Coleoptera : Bostrichidae) et *Callosobruchus maculatus* (F) (Coleoptera : Bostrychidae). Thèse de doctorat, Institut nationale agronomique-el Harrach. Alger. Pp119.

Kothe H.W. (2007). 1000 plantes aromatiques et médicinales, Terres Edition.

Klun J.A., Khrimian A., Debboun M. (2006). Repellent and deterrent effects of SS220, Picaridin, and Deet suppress human blood feeding by *Aedes aegypti*, *Anopheles stephensi*, and *Phlebotomus papatasi*. Med Entomol. 43(1):34-9.

Kim S., Roh J.Y., Kim D.H., Lee H.S., Ahn Y.J. (2003). Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. Journal of Stored Products, Vol. 39, pp. 293-303.

Kellouche A., Soltani N. (2004). Activité biologique des poudres de cinq plantes et d'huile essentielle d'une d'entre elles sur *Callosobruchus maculatus* (F.). *International Journal of Tropical Insect Science*, 24 (1): 184-191.

Ketoh K. (1998). Utilisation des huiles essentielles de quelques plantes aromatiques du Togo comme biopesticides dans la gestion des stades de développement de *Callosobruchus maculatus*. Thèse de Doctorat, Université du Bénin, Lomé (Togo).

Kéita S.M., Vincent C., Schmit J-P., Arnason J.T., Bélanger A. (2001). Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *O. gratissimum* L. applied as an insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae). Journal of Stored Product research, 37, 339-349.

Kim D., Ahn Y. (2001). Contact and fumigant activities of constituents of *Foeniculum vulgare* fruit against three coleopteran stored product insects. *Pest Management Science*, 57: 301-306.

Koul O., S Walia., G.S Dhaliwal. (2008). Les huiles essentielles comme pesticides verts : potentiels et contraintes. *Biopestic. Int* 4: 63-84.

Khalfi-HabesOuassila. (2007). Evaluation du potentiel biocide et étude de l'influence de la composition des huiles essentielles de quelques plantes algériennes sur *Rhyzopertha dominica* (F) (Coleoptera : Bostrychidae) et *Callosobruchus maculatus* (F) (Coleoptera :Bostrychidae). Thèse de doctorat, Institut nationale agronomique-el Harrach. Alger. Pp119.

Koul O., Singh R., Kaur B., Kanda D. (2013). Comparative study on the behavioral response and acute toxicity of some essential oil compounds and their binary mixtures to larvae of *Helicoverpa armigera*, *Spodoptera litura* and *Chilo partellus*. *Ind. Crop Prod.*, 49: 428-436.

Kéita S.M., Vincent C., Schmit J-P., Arnason J.T., Bélanger A. (2001). Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *O. gratissimum* L. applied as an insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Product research*, 37, 339-349.

Khalfi O., E.H Benyoussef., N Yahiaoui. (2006). Extraction, analysis and insecticidal activity of spearmint essential oil from Algeria against *Rhyzopertha dominica* (F.). *J. Essent. Oil Bear. Plants*, 9: 17-21.

Kaupp UB. (2010). Olfactory signalling in vertebrates and insects: differences and commonalities. *Nature Reviews Neuroscience* 11:188-200.

Karr J., Speaker T., Kasting G. (2012). A novel encapsulation of N,N-diethyl-3-methylbenzamide (DEET) favorably modifies skin absorption while maintaining effective evaporation rates. *Journal of Controlled Release*; 160 (3) ; 502-508.

Koul O., S Walia., G.S Dhaliwal. (2008). Essential oils as green pesticides: Potential and constraints. *Biopestic. Int.*, 4: 63-84.

Kubo I. (2006). New concept to search for alternate insect control agents from plants. In Rai, M., and M. Carpinella (eds.) *Naturally occurring bioactive compounds 3*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. 61-80 pp.

Karimi J., Haubruge E., F Francis. (2010). Development of entomotoxic molecules as control agents: illustration of some protein potential uses and limits of lectins (Review), *Biotech. Agro.Soc.Env*; 14(1): 225-241.

Kumar R. (1991). La lutte contre les insectes ravageurs, Edition Karthala et CTA, France et Pays-as, 293p.

Karlson P., Sekeris C.E. (1962). N-acetyl-dopamine as sclerotizing agent of the insect cuticle. *Nature* 195, 183-184.

-L-

LEPIGIER A.L. (1966). La Desinsécaton des syocks de céréales Ed.Offinterprof des céréales paris 406 p.

LEPESME P. (1944). les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés. Encyclopédie entomologique., Ed . lechevalier use for biological control .J .Insectphysiol., Vol 39(1) .,Pp1-12.

Letizia C.S., J Cocchiara., J Lalko., A.M Api. (2003). Fragrance material review on linalool. *Food and Chemical Toxicology*, 41(7):943 – 964.

Lesne P. (1941). Quelques remarques sur *le Rhizoperthadominico* F_ Reu. fr.Entomol. 7 :145-151.

Lepigre. (1951). Insectes du logée et du magasin. Reconnaissance et moyens de destruction. Insectarium. Jardin d'essai, Alger, 339p.

Lepesme P. (1944). Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés . Encyclopédie entomologique. Ed. Le chevalier,Paris, SérieA., Xxii,257p.

Lucchesi M.E. (2005). *Extraction sans solvant assistée par les micro-ondes*. Thèse pour le diplôme de docteur en sciences (chimie). Université de la Réunion.

Laubimène. (2012). Etude des activités antioxydante et antifongique de l'huile essentielle des fleurs sèches de *Lavandula officinalis*: application aux moisissures des légumes secs. Nature & Technologie.

Liu F., Lx Wen., Zz Li., W Yu., HY Sun., JF Chen. (2006). Des nanoparticules de silice creuses poreuses comme système de libération contrôlée pour pesticide soluble dans l'eau. Mater. Res. Bull . , 41: 2268-2275.

Liang Z., Sottrup-Jensen L., Aspán A., Hall M., Söderhäll K. (1997). Pacifastin, a novel 155-kDa heterodimeric proteinase inhibitor containing a unique transferrin chain. Proceedings of the National Academy of Sciences 94, 6682-6687.

-M-

Mason., L.J. (2003). Grain Insect Fact Sheet E.-227-W: Rusty, Flat and Flour Mill Beetles *Cryptolestes* spp. Purdue University: Department of Entomology.

Meunier. (1999). Christiane Lavandes et Lanvandins. Aix-en-Provence : Edisud.. 214 pages.

Morel J., M Grancher. (2008). Traité pratique de phytothérapie.. 620p.

Mawussi G. (2008). Bilan environnemental de l'utilisation de pesticides organochlorés dans les cultures de coton, café et cacao au Togo et recherche d'alternatives par l'évaluation du pouvoir insecticide d'extraits de plantes locales contre le scolyte du café (*Hypothenemushampe*). Thèse de Doctorat. Université de Toulouse. 187 p.

Mcdonald L.L., Guy R.H., Speirs R.D. (1970). Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants, repellents and attractants against stored product insects. Marketing. Res. Rep. n° 882. Washington: Agric. Res. Service, US. Dept of Agric., 183 p.

Mothana R.A., Alsaid M.S., Hasoon S.S., Al-Mosaiyb N.A., Al-Rehaily A.J., Al-Yahy M.A. (2012). Antimicrobial and antioxidant activities and gas chromatography mass spectrometry (GC/MS) analysis of the essential oils of *Ajugabracteosa* Wall. Ex Benth and *Lavandula dentata* L. growing wild in Yemen. Journal of Medicinal Plants Research 6(15): 3066-3071.

Msaada K., Salem N., Tammar S., Hammami M., Saharkhiz M.J., Debiche N., Limam F.F & Marzouk, B. (2012). Essential oil composition of *Lavandula dentata*, *L. stoechas* and *L. multifida* cultivated in Tunisia. Journal of Essential Oil Bearing Plants 15 (6): 1030-103.

Maffei., Sacco. (1997). Perfumer and flavorist, Flavour and Fragrance Journal.13, p.61.

Masotti V., Juteau F., Bessière J.M., Viano J. (2003). Seasonal and phenological variations of the essential oil from the narrow endemic species *Artemisia molinieri* and its biological activities. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51, 7115-7121.

Moghrani H., M. Legras., R Maachi. (2009). Contribution à l'étude de la rentabilité du séchage dans l'exploitation des plantes aromatiques algériennes, congrès international sur la santé et l'agro- alimentaire.

Moretto A., M Lotti. (1998). Poisoning by organophosphorus insecticides and sensory neuropathy. Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry, 64, 4, pp. 463-468.

Mohamed., Mie., Sam Abdelgaleil. (2008). Composition chimique et le potentiel insecticide des huiles essentielles de plantes égyptiennes contre *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) et *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). Applied Entomol. Zool, 43: 599-607.

Ma WB., Feng JT., Jiang ZL., Wu H., Ma ZQ., Zhang X. (2014). Fumigant activity of eleven essential oil compounds and their selected binary mixtures against *Culex pipiens pallens* (Diptera: Culicidae). Parasitol. Res., 113(10): 3631-3637.

Maurille S. (2005). Les substances répulsives dans la protection du voyageur contre les piqûres d'arthropodes hématophages : étude comparée du DEET (N,N-diéthyl-m-toluamide). Thèse d'exercice : pharmacie. Faculté de pharmacie d'Angers. 92 pages.

Ministère en charge de la santé. (2008). Chikungunya - Répulsifs corporels : réponses aux questions les plus fréquentes. <http://www.sante.gouv.fr/chikungunya-repulsifs-corporels-reponses-auxquestions>.

Me Barkia A., Benkohila H.S., Hamza M., M Makhlouf. (2012). Efficacité d'une protéine entomotoxique du type A1b des graines de légumineuses. *Agriculture* ;3: 1-8.

Mottin E., Caplat C., Mahaut M.L., Costil K., Barillier D., Lebel J.M., Serpentine A. (2010). Effect of *in vitro* exposure to zinc on immunological parameters of haemocytes from the marine gastropod *Haliotistuberculata*. *Fish & Shellfish Immunology* 29, 846-853.

Morgan T., Thomas B., Yonekura M., Czaplak T., Kramer K., Hopkins T. (1990). Soluble tyrosinases from pharate pupal integument of the tobacco hornworm, *Manduca sexta*(L.). *Insectbiochemistry* 20, 251-260.

Malek S. (1957). Sclerotization and melanization: two independent processes in the cuticle of the desert locust. *Nature* 180, 237.

-N-

Nauen R. (2006). Insecticide mode of action: return of the ryanodine receptor. *Pest management science*, 62, 8, pp. 690-692.

Ndomo A.F., Tapondjou A.L., Tendonkeng F., Tchouanguep F.M. (2009). Evaluation des propriétés insecticides de feuilles de *Callistemon viminalis*(Myrtaceae) contre les adultes d' *d'Acanthoscelides obtectus*(Say)(Coléoptera;Bruchidae). *Tropicicultura*. 27(3): 137-143.

Ngoh SP., Choo LEW., Pang FY., Huang Y., Kini MR., HoSH. (1998). Insecticidal and repellent of nine volatile constituents of essential oils against American cockroach, *Periplaneta Americana*(L.). *Pest Mang. Sci.*, 54(3): 261-268.

Negahban M., S Moharamipour. (2007). Efficiency of artemisia sieberi and artemisia scoparia essential oils on nutritional indices of *Tribolium castaneum* (Col: Tenebrionidae). *Iran. J. Med. Arom. Plant*, 23: 13-22.

Nikooei M., S Moharramipour. (2011). Fumigant toxicity and repellency effects of essential oil of *Salvia mirzayanii* on *Rhyzopertha dominica* and *Tribolium confusum*. *J. Entomol. Soc. Iran*, 30: 17-30.

Nakagawa T., Vosshall L.B. (2009). Controversy and consensus: noncanonical signaling mechanisms in the insect olfactory system. *Current Opin* 292.

Ngamo T.S.L., Ngatanko I., Ngassoum M.B., Mapongmestsem P.M., Hance T. (2007). Persistence of insecticidal activities of crude essential oils of three aromatic plants towards four major stored product insect pests. *African Journal of Agricultural Research*, 2(4): 173-177.

Ngdomo A.F., Tapondjou A.L., Tendonkeng F., Tchouanguiep F.M. (2009). Evaluation des propriétés insecticides de feuilles de *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) contre les adultes d' *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coléoptera; Bruchidae). *Tropicicultura*. 27(3): 137-143.

Ngamo T.S.L., Ngatanko I., Ngassoum M.B., Mapongmestsem P.M., Hance T. (2007). Persistence of insecticidal activities of crude essential oils of three aromatic plants towards four major stored product insect pests. *African Journal of Agricultural Research*, 2(4): 173-177.

Ngamo., Tinkeu L.S., Tamgn B.R., M Gandebe. (2016). Bioactivity of flours of seeds of leguminous crops *Pisum sativum*, *Phaseolus vulgaris* and *Glycine max* used as botanical insecticides against *Sitophilus oryzae* Linnaeus (Coleoptera: Curculionidae) on sorghum grains. *Inter. J. Biol. Chem. Sci* ; 10 (3):919-927.

-O-

Ozek T., N Tabanca., F Demirci., D.E Wedge., K Husnu CanBaşer. (2010). Enantiomeric distribution of some linalool containing essential oils and their biological activities. *Rec. Nat. Prod.* 4:180–192.

Opdyke D.L.J. (1975). *Fragrance raw materials monographs. Linalool.* Food Cosmet. Toxicol. 13:827–832.

Ouibrahim A., Tlili-Ait-kaki Y., Bennadja S., Amrouni S., Djahoudi A.G., Djeba M.R. (2013). Evaluation of antibacterial activity of *Laurus nobilis* L., *Rosmarinus officinalis* L. and *Ocimum basilicum* L. from Northeast of Algeria. *African Journal of Microbiology Research* 7(42):4968-4973.

Olle M., Bender I. (2010), the content of oils in Umbelliferous crops and its formation, *Agronomy Research* 8 (3), p.687-696.

Ogendo, J., O. (2008). Bioactivity of *Ocimumgratissimum* L. oil and two of its constituents against five insect pests attacking stored food products. *J. Stored Prod. Res.*, 44, 328-334.

Obeng-Ofori D., Reichmuth C.H., Bekele J., Hassanali A. (1997). Biological activity of 1,8 cineol, a major component of essential oil of *Ocimumkenyense*(Ayobangira) against stored product beetles. *Journal Applied of Entomology*. Vol. 121 : 237-243.

-P-

Pattnaik S., V.R Subramanyam., M Bapaji., C.R Kole. (1997). Antibacterial and antifungal activity of aromatic constituents of essential oils. *Microbios* 89:39–46.

Powers K.A., V.R Beasley. (1985). Toxicological aspects of linalool: A review. *Vet. Hum. Toxicol.* 27:484–486.

Penalver P., B Huerta., C Borge., R Astorga., R Romero., A Perea. (2005) Antimicrobial activity of five essential oils against origin strains of the *Enterobacteriaceae* family. *APMIS* 113:1–6.

Park S.N., Y.K Lim., M.O Freire., E Cho., D Jin., J.K Kook. (2012). Antimicrobial effect of linalool and α -terpineol against periodontopathic and cariogenic bacteria. *Anaerobe* 18:369–372.

Patri Gianfranco., Vittorio Silano., Robert Anton. (2006). *Plantes dans les cosmétiques*, volume 3. Council of Europe.

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

Pharmacopée Européenne. (2017). EDQM. Huiles essentielles – Aetherolea.. 9ème éd.

Peana A., D'Aquila P., Panin F., Serra G., Pippia P., Maretti M. (2002). Anti-inflammatory activity of linalool and linalyl acetate constituents of essential oils. *Phytomedicine* 9, 721–726.

Paluch G., Bartholomay L., Coats J. (2010). Mosquito repellents: a review of chemical structure diversity and olfaction. *Pest Manag Sci.* 66(9):925-35.

Pharmacopée Européenne. (2017). EDQM. Huiles essentielles – Aetherolea..9ème éd.

Park I.K., K.S Choi., D.H Kim., I.H Choi., L.S Kim et al. (2006). Fumigant activity of plant essential oils and components from horseradish (*Armoracia rusticana*), anise (*Pimpinellaanisum*) and garlic (*Allium sativum*) oils against *Lycoriellaingenua* (Diptera: Sciaridae). *Pest Manage. Sci.*, 62: 723-728.

Paluch G., Bartholomay L., Coats J. (2010). Mosquito repellents: a review of chemical structure diversity and olfaction. *Pest ManagSci.* 66(9):925-35.

-R-

REBECA B., THOMAS F., ANDREW K. (2003). Guide de gestion de la Floride d'insectes ravageurs des grains entreposés. Université de la Floride.

Ryan M.F., O Byrne. (1988). Plant-insect coevolution and inhibition of acetylcholinesterase. *J. Chem. Ecol.* 14:1965–1975.

Ramade F. (2007). Introduction à l'écotoxicologie, Ed. Lavoisier, Ile de France: 618 p.

Roux D. (2008). Conseil en aromathérapie - 2e édition. Pro-Officina.

Raiss A. (1998). Les lavandes de la région de Khemessat : Contribution à l'étude de quelques facteurs affectant les rendements et la qualité de leurs huiles essentielles, Mémoire de 3e cycle agronomique option : Industries Agricoles et Alimentaires ; I.A.V. Hassan II, Rabat, Maroc .

Regnault-Roger., Hamraoui. (1995). Fumigant toxic activity and reproduction inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelidesobtectus*(Say) (Coleoptera), a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Stored Products Research.* Vol 1: 291-299.

Rozman V., Kalinovic I., Korunic Z. (2007). Toxicity of naturally occurring compounds of Lamiaceae and Lauraceae to three stored-product insects.- *Journal of Stored Products Research*, 43: 349-355.

Regnault-Roger C. (1997). The potential of botanical essential oils for insect pest control. *Integ. Pest. Manage. Rev.*, 2: 25-34.

Reid HI., Duncan HL., Laidler LA., Hunter D., Birkbeck TH. (2003). Isolation of *Vibrio tapetis* from cultivated Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*L.). *Aquaculture*. 221:65.

Rehman J.U., Ali A., Khan I.A. (2014) Plant based products: use and development as repellents against mosquitoes: A review. *Fitoterapia*. 95:65-7

Regnault-Roger C., Philogène B.J.R., C Vincent. (2008). *Biopesticides d'origine végétale*, 2ème édition, Lavoisier, Paris,550p.

Roulin A., Almasi B., Meichtry-Stier K., Jenni L. (2011). Eumelanin- and pheomelaninbased colour advertise resistance to oxidative stress in opposite ways. *Journal of evolutionary biology* 24, 2241-2247.

-S-

Suppakul P., J Miltz., K Sonneveld., S.W Bigger. (2003). Antimicrobial properties of basil and its possible application in food packaging. *J. Agric. Food Chem.* 51:3197–3207.

Steffan J R. (1978), *Les insectes et les acariens des céréales stockées. Normes et techniques.* AFNOR, 237 p.

Suresh S., White N.D.G., Jayas D.S., Hulasare R.B. (2001). Mortality resulting from interactions between the red flour beetle and the rusty grain beetle. *Proceedings of the Entomological Society of Manitoba*, 57: 11-18.

Stephens. (1830). *A systematic Catalogue of British insects: being an attempt to arrange all the hitherto discovered indigenous insects in accordance with their natural affinities.*

Small E., Deutsch G. (2001). *Herbes culinaires pour nos jardins de pays froid*, Ed.CNRC.

Schauenberg P., Paris F. (2010). *Guide des plantes médicinales : Analyse, description et utilisation de 400 plantes*, Ed. Delachaux et Niestlé, p.396.

- S**harma S., Sangwan N.S., Sangwan R.S. (2003). Developmental process of essential oil glandular trichome collapsing in menthol mint. *Currentsci*. Vol. 84 N°25 pp : 544 - 550.
- S**ilano V., Delbo M. (2008). Assessment report on *Foeniculum vulgare* Miller. EMEA, European Medicines Agency. London.p. 23.
- S**oro N.K., Majdoui K., Khabbal Y., Zair T. (2014). Chemical composition and antibacterial activity of *Lavandula species L.dentata*L., *L. pedunculata*Mill and *Lavandula abrialis*essential oils from Morocco against foodborne and nosocomial pathogens. *International Journal of Innovation and Applied Studies* 7 (2):774-781.
- S**anon A., Ilboudo Z., Dabire B.L.C., Nebie C.H R., Dicko O.I., Monge J-P. (2006). Effects of *Hyptisspicigera*Lam. (Labiatae) on the behaviour and development of *Callosobruchusmaculatus*F. (Coleoptera: Bruchidae), a pest of stored cowpeas. *International Journal of Pest Management*, 52 (2): 117-123.
- S**haraby A., A El-Nujiban. (2015). Effet négatif des terpènes purs et certaines combinaisons contre le ver - gris noir, *Agrotis ipsilon* (Hufn.) (Lépidoptères:Noctuidae). *Egypte. J.Biol. Pest Control*, 25: 401-406.
- S**hukia K., P.S.P.V Vidyasagar., S.A Aldosari., M Abdel-Azim. (2012). Antifeedant activity of three essential oils against the red palm weevil, *Rhynchophorusferrugineus*. *Bull. Insectol.*, 65: 71-76.
- S**MV., SFP. (2010). Société de médecine des voyages et Société française de parasitologie. Recommandations de bonne pratique – Texte court : protection personnelle anti-vectorielle ou protection contre les insectes piqueurs et les tiques.
- S**mart R., Kiely A., Beale M., Vargas E., Carraher C., Kralicek A.V., Christie D.L., Chen C., Newcomb R.D., Warr C.G. (2008). *Drosophila* odorant receptors are novel seven transmembrane domain proteins that can signal independently of heterotrimeric G proteins. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 38:770.780.
- S**emmler M., Abdel-Ghaffar F., Schmidt J., Mehlhorn H. (2014). Evaluation of biological and chemical insect repellents and their potential adverse effects. *Parasitol Res.* 113(1):185-8.

Sauvion N., Nardon C., Febvay G., Gatehouse AMR., Y Rahbe. (2004). Binding of the insecticidal lectin Concanavalin A in pea aphid, *Acyrtosiphonpisum* (Harris) and induced effects on the structure of midgut epithelial cells. *J. Ins.Phys*;50(12): 1137-1150.

Smith V.J., Johnston P.A. (1992). Differential haemotoxic effect of PCB congeners in the common shrimp, *Crangoncrangon*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Comparative Pharmacology* 101, 641-649.

Sugumaran M. (1991). Molecular mechanisms for mammalian melanogenesis Comparison with insect cuticularsclerotization. *FEBS letters* 293, 4-10.

Suderman R.J., Dittmer N.T., Kanost M.R., Kramer K.J. (2006). Model reactions for insect cuticle sclerotization: cross-linking of recombinant cuticular proteins upon their laccasecatalyzedoxidative conjugation with catechols. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 36, 353-365.

Sugumaran M. (1991). Molecular mechanisms for mammalian melanogenesis Comparison with insect cuticularsclerotization. *FEBS letters* 293, 4-10.

-T-

Thomson., V. (1966). The biology of the lesser grain borer *Rhizopertha dominica* (FAB.) (Coleoptera: Bostrychidae). *Bull. Grain Tech.*, 4 (4): 163-168.

Tuley de Silva K. (1995). A manual on the essential oil industry. United Nations Industrial DevelopmentOrganization. 232p.

Tchoumbougngang F., Dongmo P.M.J., Sameza M.L., Mbanjo E.G.N., Fotso G.B.T., Zello P.H.A., Menut C. (2009). Activité larvicide sur *Anophelesgambiae*Giles et composition chimique des huiles essentielles extraites de quatre plantes cultivées au Cameroun. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*13 (1):77-84.

Taleb-Toudert. (2015). Extraction et caractérisation des huiles essentielles de dix plantes aromatiques provenant de la région de Kabylie (Nord Algérien). Evaluation de leurs effets sur le bruche du niébé *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae). Thèse de Doctorat en Sciences biologiques. UMMTO, 206 p.

Tapondjou L.A., Alder C., Fontem D.A., Bouda H., Reichmuth C. (2005), Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium confusum* du Val. *Journal of Stored Products Research*, 41, 91-102.

Tajkarimi M.M., Ibrahim S.A., Cliver D.O. (2010). Antimicrobial herb and spice compounds in food. *Food control*. Vol 21: 1199-1218.

Thongdon-a J., P Inprakhon. (2009). Composition and biological activities of essential oils from *Limnophilage offrayi* Bonati. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 25: 1313-1320.

TIACHADINE W., MENDIL M. (2017). Caractérisation phytochimique de parite aérienne et des huiles essentielles de *Lavandula stoechas* L. (Lamiaceae) de la région de Timezrit (Boumerdes), université M'hamed bougara boumerdes, pp25-43.

Tamgno B.R., L.S Ngamo Tinkeu. (2014). Utilisation des produits dérivés du neem (*Azadirachta indica*) comme alternatives aux insecticides conventionnels et dangereux dans la Vallée du Logone pour la protection des semences de maïs et de sorgho. *Sci. Tech. Dév*; 15: 1-9.

Tamgno B.R., L.S Ngamo Tinkeu. (2013) Diversity of stored grain insect pests in the Logone valley, from northern Cameroon to western Chad Republic in Central Africa. *J. Agr. Sci. Tech. A.*, 3 (9): 724-731.

Tamgno B.R. (2016). Potentiel insecticide des formulations poudreuses de quatre Légumineuses et du neemier contre les Insectes ravageurs des céréales en stockage dans la vallée du Logone », Thèse de Doctorat/Ph.D., Biologie des Organismes Animaux, Faculté des Sciences, Université de Ngaoundéré. 175.

Tanner., C.A., Burnett., L.E., Burnett., K.G. (2006). The effects of hypoxia and pH on phenoloxidase activity in the Atlantic blue crab, *Callinectes sapidus*. *Comparative Biochemistry and Physiology-Part A: Molecular & Integrative Physiology* 144, 218-223.

Tujula N., Radford J., Nair S.V., Raftos D.A. (2001). Effects of tributyltin and other metals on the phenoloxidase activating system of the tunicate, *Styelaplicata*. *Aquatic toxicology* 55, 191-201.

Thomas B., Yonekura M., Morgan T., Czapla T., Hopkins T., Kramer K. (1989).

A trypsin-solubilized laccase from pharate pupal integument of the tobacco hornworm, *Manduca sexta*. *Insect Biochemistry* 19, 611-622.

-U-

UNEP. (2005). High Production Volume Chemicals Program, Screening Information Dataset for Linalool /CAS n° 78-70-6, 25 p.

-V-

Vialard N. (2008). Remèdes et recettes à la lavande, Ed. Rustica. P 82-86.

Verma Ram S. (2010). Bioconversion of heptanal to heptanol by *Saccharomyces cerevisiae*. *Yeast* 27(5):269-75.

Valnet. (2003). Les huiles essentielles, une santé toute naturelle. Phytothérapie de la recherche à la pratique., 1(1), 12

Valnet. (2003). Les huiles essentielles, une santé toute naturelle. Phytothérapie de la recherche à la pratique., 1(1), 12.

-W-

WALTER E. (2002) Pests of stored food products. <http://entomology.ucr.edu/ebeling/ebeling>.

Weaver D.K., F.V Dunkel., L Ntezurubanza., L.L Jackson., D.T Stock. (1991). The efficacy of linalool, a major component of freshly-milled *Ocimum canum* Sims (Lamiaceae), for protection against postharvest damage by certain stored product Coleoptera. *J. Stored Prod. Res.* 27:213–220.

White N.D.G., Bell R. J. (1993). Effects of mating status, sex ratio, and population density on longevity and offspring production of *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Coleoptera: Cucujidae) *Experimental Gerontology*, 28: 617-631.

Wagner G.J., Wang E., Shepherd R.W. (2004). New Approaches for Studying and Exploiting an Old Protuberance, the Plant Trichome. *Ann. Bota.* Vol. 93 N°1, pp : 3 – 11.

Wicher D., Schafer R., Bauernfeind R., Stensmyr M.C., Heller R., Heinemann S.H., Hansson B.S. (2008). *Drosophila* odorant receptors are both ligand-gated and cation channels. *Nature* 452:1007-1011.

Wappner P., Quesada-Allué L.A. (1996). Water loss during cuticle sclerotization in the medfly *Ceratitiscapitata* independent of catecholamines. *Journal of insect physiology* 42, 705-709.

-X-

Xu., F. (2001). Dioxygen reactivity of laccase. *Applied biochemistry and biotechnology* 95, 125-133.

-Y-

Yildirim E., Emsen 2B., Kordali 1S. (2013). Insecticidal effects of monoterpenes on *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Applied Botany and Food Quality* 86, 198 - 204.

-Z-

Zrira S. (2007). Le lavandin *Lavandula hybrida abrialis* du Maroc. *Revue des régions arides* 1 :118-123.

Zrira S. (1992). Les huiles essentielles d'eucalyptus du Maroc : Facteurs influençant la productivité et la qualité de ces essences. Investigations sur les possibilités d'exploiter *l'Eucalyptus camaldulensis* pour la production d'huile essentielle d'*eucalyptus* à cinéole, Thèse de doctorat ès-sciences agronomiques ; I. A. V. Hassan II ; Rabat, Maroc.

Zrira S.S., B.B. Benjlali. (1991). The Essential Oil of the Leaves and the Fruits of *E. camaldulensis*. Journal of Essential Oil Research. 36, 443-444.

ZETTLER J.L., ARTHUR F.H. (2000). Chemical control of stored product insects with fumigants and residual treatments. Crop Prot. 19, 577-582.