



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Djillali Bounaama de Khemis-Miliana

Faculté des Sciences de la Nature et de la vie et des Sciences de terre

Département des Sciences Agronomiques

Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomiques

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de master

En production végétale

Thème

Effet insecticide par inhalation de l'huile essentielle d'*Eucalyptus gomphocephala* sur les adultes et les larves de l'insecte ravageur du blé en post-récolte *Tribolium castaneum* (Herbst)

Présentées par

M^{lle} Benrabah Faten Khouloud

M^{lle} Matari Nadjate

Devant le jury :

M^{lle} TIRCHI. N

Mr. KARAHACANE. T

M^{lle} Djebroune. A

Examinatrice

Promoteur

Examinatrice

Année universitaire : 2019/2020

DEDICACES

A ceux que j'aime du fond de mon cœur, à qui je dois la vie et qui n'ont cessé, à aucun moment, de me soutenir et de m'encourager par leurs prières et leurs sacrifices : Mes parents

A mon père, en témoignage de ma reconnaissance envers le soutien, les sacrifices et les efforts qu'il m'a témoigné tout le long de mes études.

La source de la vie, d'amour et de sécurité ; à la chandelle qui m'a éclairée durant toute ma vie et mes études, à celle qui a toujours eu pour ceci majeur ma réussite et mon bonheur, à vous ma très chère maman.

Que le bon ALLAH vous garde en bonne santé

Je dédie ce modeste travail à:

- + A mes grands parents paternelle et maternelle
- + A ma chère sœur
- + A mes frères
- + A mon bras droit **AbdRzak**
- + A Mon Proche amis **Mohamed Amine**
- + A ma tante docteur **Mouas Saida**
- + A mes collègues de travail de Ferme si Brahim Benbrik et son directeur pour leur encouragement et de me redonner confiance et leur soutien
- + A toute ma famille sans exception
- + A mes amies : **Lwiza, Hala, Nour, Soumia, Sofia, Latifa, Sabrina, Cherifa, Khira**
- + A ma petite famille de l'université : **Lwiza, Sofia, Latifa, Mourad, Mourad, Khalid, Moussa, Nadjet, Niama, Ilhem, Feriel, Mohamed.**
- + A mon binom : **Nadjet**
- + Toute la promotion de 2019-2020
- + A tous ceux qui m'ont aidé pour la réalisation de ce mémoire

Faten Khouloud Benrabah

DEDICACES

Grace au dieu, le tous puissant qui m'a donné le courage et la volonté pour réaliser ce modeste travail que je dédie :

- ✚ A mon très chère père **Lakhdar** qui ma toujours soutenu et qu'à été toujours présent pour moi.
- ✚ A la plus chère au monde, ma mère **Fatma** qui m'a toujours m'encourager durant mes études
- ✚ A mes frère **Chabane ; Moussa ; Abd El nour**
- ✚ A mes sœurs Nabila ; Souad et leurs enfants **Mohamed, Kenza** et **Marouan**
- ✚ A mes grands parents maternels et paternels pour m'avoir soutenu et me souhaiter la réussite
- ✚ A l'âme de mon cher oncle **Mourad** qui vous a quittés il ya deux ans
- ✚ A mon oncle **Mohamed** et sa femme **hayat** et ses enfants **Rahaf** et **Ala Eddine**
- ✚ A ma très chère tante **khadidja**
- ✚ A mo n très cher binôme et mon meilleur ami **Faten Khouloud**
- ✚ A mes chères amies **Ilhem, Niama, Nadjjet, Ghania, Djamila, Wahiba, Hamida, Imen.**
- ✚ A ma promo de production végétale 2019-2020
- ✚ A mes amis **Nesrine** et **Khadidja** bien qu'ils soient loin de moi, mais ils sont toujours dans mon cœur
- ✚ A tous les personnes qui ont marqué leur présence dans ma vie

Nadjjet Matari

Remerciements

Avant tout nous remercions Dieu tout puissant, pour la volonté, la santé, et la patience qu'il nous a donné durant cette année d'étude, les moyens et le pouvoir afin d'accomplir ce modeste travail.

Au terme de ce travail nous tenons à remercier tout d'abord notre promoteur **Mr KARAHACANE Tahar** pour son encadrement, sa précieuse aide, son appui et ses conseils

Nous remercions **Mr LAZALI Mohamed**, directeur du laboratoire de recherche (Eau-Roche-Plante) qui a mis à notre disposition le laboratoire et les équipements.

M^{lle} TIRCHI Nadia et **M^{lle} DJEBROUNE Aicha**, d'avoir accepté d'examiner le présent mémoire

On remercie **Mlle MEKHATI Ouahiba**, ingénieure de laboratoire (Eau-Roche-Plante) qui a mis à notre disposition le matériel

Nous tenons également à présenter nos remerciements :

A tous les enseignants de Khemis Miliana particulièrement ceux du département des sciences agronomiques à leur tête le chef département **M^{lle} TIRCHI Nadia**

Enfin, nous remercions les amis et les étudiants de notre promotion sciences agronomiques

Nous remercions également les autres enseignants, **Mr Mokabli . A, Mr Kelkouli M, Mr Bousalhih B, Mme Abidi L, M^{lle} Djebroune A, M^{lle} Khouatmiani K** et **Mme Abed L** et **Mr Merrouche A.**

RÉSUMÉS

ملخص

بدو أن مكافحة الكيمائية المستخدمة في الزراعة مسؤولة عن تلوث معظم الكائنات الحية والأضرار التي تلحق بصحة الإنسان. يبدو أن البحث في طرق بديلة لحماية المواد الغذائية المخزنة من آفات حصاد القمح ، ولا سيما تريبوليوم كاستانيوم ، الذي يعتبر حشرة مهمة شائعة جدًا في مستودعات القمح ، ضروريًا. للحد من سمية هذه المواد الكيميائية ، يبدو استخدام المبيدات الحيوية من أصل نباتي حلاً في المستقبل للحد من الإصابة والأشكال الضارة للمواد الكيميائية.

الغرض من هذه الدراسة هو تحديد تأثير المبيدات الحشرية للزيت العطري المستخرج من الأوراق الجافة لشجرة *E. gomphocephala* على اليرقات والبالغين من آفة القمح بعد الحصاد *Tribolium castaneum* عن طريق الاستنشاق والوفيات. توجد في البالغين واليرقات تختلف حسب الجرعات ووقت تعرض الأفراد للزيوت الأساسية. تختلف LD50s المحسوبة بين $368\mu\text{l}$ و $458\mu\text{l}$ لليرقات و $123\mu\text{l}$ و $256\mu\text{l}$ للبالغين. تكون أفضل في وقت المراقبة الأول، أي في الساعة 8 لليرقات وفي وقت الملاحظة الثاني (12 ساعة) للبالغين. تم العثور على أفضل الأوقات المميئة (TL₅₀) في الجرعات 3 و 4 للبالغين في الجرعتين 2 و 3 لليرقات بقيم 13.335 و 3.349 ساعة و 11.967 و 6.903 ساعة على التوالي.

الأساسية على البالغين و يرقات *Eucalyptus gomphocephala* أظهرت النتائج وجود تأثير سام لزيوت

الكلمات المفتاحية: قمح، زيوت عطرية ، *Eucalyptus gomphocephala* ، *Tribolium castaneum* ، سامة.

Résumé

La lutte chimique utilisée en agriculture apparaît responsable de la pollution de la plus part de biotopes et un préjudice à la santé humaine. La recherche des méthodes alternatives de protection des denrées stockées contre les ravageurs de blé en poste récolte en particulier *Tribolium castaneum* considéré comme un insecte important et très fréquent dans les entrepôts de blé semble nécessaire. Pour réduire les toxicités qui incombent à ces produits chimiques, l'utilisation de bio pesticide d'origine végétale paraît une solution à l'avenir réduire les infestations et les formes nocives des produits chimiques.

La présente étude a pour objet de déterminer l'effet insecticide d'huile essentielle extraite des feuilles sèches de l'arbre *Eucalyptus gomphocephala* sur les larves et les adultes de l'insecte ravageur de blé en post-récolte *Tribolium castaneum* par inhalation, les mortalités trouvées chez les adultes et les larves varient en fonction des doses et du temps d'exposition des individus aux huiles essentielles. Les DL_{50} calculées varient entre 368 μ l et 458 μ l pour les larves et 123 μ l et 256 μ l pour les adultes. Elles sont meilleures au 1^{er} temps d'observation soit à 8h pour les larves et au 2^{ème} temps d'observation (12h) pour les adultes. Les meilleurs temps létaux (TL_{50}) ont été trouvés en doses 3 et 4 pour les adultes en doses 2 et 3 pour les larves avec des valeurs respectives de 13,335 et 3,349 heures et de 11,967 et 6,903 heures.

Les résultats ont montré un effet toxique des huiles essentielles d'*Eucalyptus gomphocephala* sur les adultes et les larves de *T. castaneum*

Mots clés : Blé, *Eucalyptus gomphocephala*, Huiles essentielles, toxicité, *Tribolium castaneum*.

Abstract

The chemical control used in agriculture appears responsible for the pollution of most biotopes and damage to human health. Research into alternative methods of protecting stored foodstuffs against wheat harvest pests, in particular *Tribolium castaneum*, considered an important insect and very frequent in wheat warehouses, seems necessary. To reduce the toxicities that fall on these chemicals, the use of bio-pesticides of plant origin seems to be a solution in the future to reduce infestations and harmful forms of chemicals.

The purpose of the present study is to determine the insecticidal effect of essential oil extracted from the dry leaves of the *Eucalyptus gomphocephala* tree on the larvae and adults of the post-harvest wheat pest *Tribolium castaneum* by inhalation, mortalities found in adults and larvae vary depending on the dose and time of exposure of individuals to essential oils. The calculated LD50s vary between 368 μ l and 458 μ l for larvae and 123 μ l and 256 μ l for adults. They are best at the 1st observation time, i.e. at 8h for larvae and at the 2nd observation time (12h) for adults. The best lethal times (TL50) were found in doses 3 and 4 for adults in doses 2 and 3 for larvae with respective values of 13,335 and 3,349 hours and 11,967 and 6,903 hours.

The results show a toxic effect of *Eucalyptus gomphocephala* essential oils on adults and *T. castaneum* larvae

Key words: Essential oils, *Eucalyptus gomphocephala*, Toxicity. *Tribolium castaneum*, Wheat,

Liste des figures

N°	Titre des figures	Page
1	Larve de <i>Tribolium castaneum</i> (originale)	9
2	Nymphe de <i>Tribolium castaneum</i> (Kassimi , 2014)	10
3	Adulte de <i>Tribolium castaneum</i> (originale)	10
4	Plante d' <i>Eucalyptus gomphocephala</i> (Photo originale)	15
5	Coupe transversale de l'extrémité de la feuille d' <i>Origanum vulgare</i> L avec ses poiles sécréteurs remplis d'huile essentielle	18
6	Chambre d'élevage de <i>T. castaneum</i> (photo originale)	23
7	Population de <i>T. castaneum</i> dans un bocal d'élevage (photo originale)	23
8	Etape d'élimination des adultes de <i>T. castaneum</i> de la première génération et préparation d'une nouvelle génération homogène	24
9	les Feuilles d' <i>Eucalyptus gomphocephala</i>	24
10	Dispositif d'extraction à l'aide d'un hydrodistillateur du type Clevenger (photo originale)	25
11	Dispositif de récupération de l'huile essentielle	26
12	Conservation des huiles essentielles (photo originale)	26
13	Matériel utilisé pour les traitements insecticides (photo originale)	27
14	Préparation des doses d'huile essentielle à l'aide d'une micropipette (Photo originale)	28
15	Test inhalation appliqué dans une boîte de pétrie (photo originale)	28
16	Dispositif expérimentale d'un traitement par inhalation (Photo originale)	29
17	Moyennes des mortalités en % des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> traités par inhalation par l'huile essentielle des feuilles d' <i>Eucalyptus gomphocephala</i>	32
18	Moyennes des mortalités en % des larves de <i>Tribolium castaneum</i> traitées par inhalation par l'huile essentielle des feuilles d' <i>Eucalyptus gomphocephala</i>	33
19	Efficacité de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus gomphocephala</i> après 4h, 8h, 12h, 16h et 20h de traitement par inhalation chez <i>Tribolium</i>	36

	<i>castaneum</i> chez les adultes	
20	Droites de régression des Probit en fonction des Log Doses pour les différents temps d'observation chez les adultes	39
21	Droites de régression des Probit en fonction des Log temps pour les différentes doses appliquées chez les adultes	43
22	Droites de régression des Probit en fonction des Log temps pour les différentes doses appliquées chez les larves	46

Liste des tableaux

N°	Titre des tableaux	Page
1	Principaux insectes ennemis des denrées stockées et leurs dégâts	6
2	Transformation des pourcentages de mortalité en probit	30
3	Moyennes de mortalités en % des adultes de <i>T. Castaneum</i> traités par inhalation avec l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus gomphocephala</i>	31
4	Moyennes de mortalités en % des larves de <i>T. castaneum</i> traitées par inhalation avec l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus gomphocephala</i> .	32
5	Transformation des doses en log dose et les moyennes de mortalité en probit pour le différents temps d'observation	34
6	Transformation des doses en log dose et les moyennes de mortalité en probit pour le différents temps d'observation	37
7	Différentes équations issues des droites de régressions pour les adultes et les larves de <i>Tribolium castaneum</i> .	40
8	Transformation des temps en log temps et les moyennes de mortalité en probit pour le différents doses appliquées.	41
9	Transformation des temps en log temps et les moyennes de mortalité en probit pour le différents doses appliquées.	44
10	Différentes équations issues des droites de régressions pour les adultes et les larves de <i>Tribolium castaneum</i>	47

Listes des Annexes

N°	Listes des Annexes	Page
1	Transformation des pourcentages de mortalité en probit	30
2	Moyennes de mortalités en % des adultes de <i>T. Castaneum</i> traités par inhalation avec l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus gomphocephala</i> .	31
3	Moyennes de mortalités en % des larves de <i>T. castaneum</i> traitées par inhalation avec l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus gomphocephala</i> .	32
4	Effet de l'extrait des huiles essentielles des feuilles d' <i>Eucalyptus gomphocephala</i> sur les adultes de <i>Tribolium castaneum</i>	Annexe
5	Effet de l'extrait des huiles essentielles des feuilles d' <i>Eucalyptus gomphocephala</i> sur les larves de <i>Tribolium castaneum</i>	Annexe

Liste des abréviations

D1, D2, D3 et D4: Doses de traitement.

DL₅₀, DL₉₀: Doses létales d'une population traitée.

TL₅₀ et TL₉₀: Temps létaux pour tuer 50% et 90% d'une population traitée.

FAO: Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

Probit: Modèle employé en statistique pour la réalisation de la droite de régression en convertissant les moyennes de mortalité.

R: Répétition.

T: Témoin.

Sommaire

Page

Introduction.....	1
--------------------------	----------

Partie 1: Etude bibliographique

Chapitre I : Généralités sur le stockage et conservation du blé.....	3
1. Stockage et conservation du blé.....	3
1.1. Mode de stockage des grains	3
1.1.1. Stockage traditionnel	3
1.1.2. Stockage du blé en silos.....	3
1.1.3. Stockage en gerbe	3
1.1.4. Stockage en épis.....	3
1.2. Conditions de stockage des grains de céréales	4
1.2.1. Contrôle de la température et de l'humidité du grain	4
1.2.2. Influence de la durée de stockage	4
1.3. Facteur de détérioration des grains entreposés	4
1.3.1. Facteurs abiotiques	4
1.3.1.1. Température	4
1.3.1.2. Humidité relative.....	5
1.3.2. Facteurs biotiques	5
1.3.2.1. Détérioration d'origine enzymatique.....	5
1.3.2.2. Détérioration par le déprédateur.....	5
1.3.2.2.1. Acarien.....	6
1.3.2.2.2. Insecte.....	6
Chapitre II : Généralités sur <i>Tribolium castaneum</i> et méthodes de lutte.....	8
1. Présentation de l'espèce de <i>Tribolium castaneum</i>	8
2. Position systématique.....	8
3. Origine et répartition géographique	8
4. Description générale	8
5. Description des différents stades de développement	9

5.1. Oeuf.....	Error! Bookmark not defined.
5.2. Larve	9
5.3. Nymphe.....	9
5.4. Adulte	10
6.Dégâts	11
7. Méthodes de lutte.....	11
7.1. Lutte préventive	11
7.2. Lutte chimique	11
7.2.1. Inconvénients de l'usage des insecticides chimique.....	12
7.3. Lutte biologique.....	12
7.3.1. Lutte par les auxiliaires.....	12
7.3.2. Lutte par les bio-pesticide.....	12
7.3.3. Lutte par les végétaux	12
7.3.3.1. Huiles essentielles.....	13
Chapitre III : Généralités sur la plante étudiée.....	14
1.Historique.....	14
2.Origine	14
3.Destiribution géographique.....	14
4.Classification de la plante	14
5. Description botanique.....	15
5.1. Forme de croissance.....	15
5.2. Feuilles.....	15
5.3. Fleurs et fruits	16
5.4. Les racines	16
5.5. Écorce et bois.....	16
6. Composition chimique du genre Eucalyptus.....	16
7.Utilisation.....	16

Chapitre IV: Généralités sur les huiles essentielles	187
1.Définition	17
2.Répartition et localisation	17
3.Caractères physico-chimiques des huiles essentielles	18
4.Rôle des huiles essentielles	18
5.Méthode d'extraction des huiles essentielles	19
5.1. Hydro-distillation.....	19
5.2. L'enfleurage.....	19
5.3. Extraction par les solvants organiques.....	19
5.4. Hydro-diffusion	20
5.5. Extraction par expression à froid des huiles essentielles	20
6.Activité insecticide des huiles essentielles	20
7.Conrôle de qualité des huiles essentielles.....	20
8.Conservation	21

Partie 2: Etude Expérimentale

Chapitre V: Matériel et Méthodes	22
1.Objectif	22
2.Matériel animal	22
2.1. Elevage de <i>Tribolium castaneum</i>	22
3.Matériel végétal	24
4.Extraction de l'huile essentielle	25
4.1. Calcul de rendement	26
5.Préparation des doses de traitement.....	27
6.Mode de traitement	27
7.Résultats.....	29
7.1. Mortalités	29
Chapitre VI : Résultats et discussion	31
1.Résultats.....	31
1.1. Rendement	31

1.2. Mortalités	31
1.2.1. Traitement sur les adultes	31
1.2.2. Traitement sur les larves	32
1.3. Calcul des DL ₅₀ et DL ₉₀	33
1.3.1. Les DL ₅₀ et DL ₉₀ pour les larves.....	34
1.3.1.1. Les droites de régression.....	34
1.3.2. DL ₅₀ et DL ₉₀ pour les larves	36
1.4. Calcul DL ₅₀ et DL ₉₀ pour les adultes et les larves	39
1.5. Calcul des TL ₅₀ et TL ₉₀	40
1.5.1. TL ₅₀ et TL ₉₀ pour les adultes.....	40
1.5.2. TL ₅₀ et TL ₉₀ pour les larves.....	42
1.5.3. TL ₅₀ et TL ₉₀ pour les larves et les adultes.....	43
2. Discussion.....	47
Conclusion	46
References bibliographiques.....	49
Annexes	
Résumés	

Introduction

En Algérie, les produits céréaliers, dont le blé occupe une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale (Djarmoun, 2009), constitue l'une des céréales les plus cultivées dans le monde (Djarmoun, 2009). Le blé qui occupe une place importante dans l'alimentation humaine est riche en constituants protéiques (Molkhou, 2007)

Afin d'assurer une consommation humaine permanente de blé, la conservation post-récolte est le seul moyen obligatoirement utilisé pour les récoltes qui produisons une fois dans l'année (Waonyo et *al.*, 2013)

Mais malheureusement au cours du stockage ce produit céréalier est très souvent soumis à des attaques par les rongeurs, des champignons, des acariens et des insectes dont les plus risquées sont les différentes espèces de coléoptères et de lépidoptères (Delobel et Tran, 1993., Fleurat-lessard, 1994). ces ravageurs causent des pertes les plus importantes sur le plan quantitatif et sur le plan qualitatif (Gwinner et *al.*, 1996) par la détérioration des grains dans les unités de stockage.

L'augmentation croissante des quantités de blé stocké, couplée à la sévérité des pertes poste récolte impose l'utilisation des pesticides de synthèse pour la protection des stocks. Ces traitements sont efficaces peu onéreux et aisément disponible dans les pays en voie de développement (Koussi, 2001), alors que plusieurs auteurs ont associé l'application de ces pesticides qui peuvent présenter par conséquent des problèmes de santé humaine et environnementale (Carlos, 2006., Isman, 2006), la recherche de méthodes alternatives s'avère nécessaire face à la méfiance accrue suscitée par l'usage des produits chimique dans la protection des denrées alimentaires (Senhaji et *al.*, 2005).

Parmi les solutions envisagées, l'activité biologique d'extraits de plante, comme les huiles essentiels et leurs dérivés tiennent une place importante dans la recherche et l'importance des biopesticides (Tia et *al.*, 2013). Plusieurs travaux de recherche ont été effectués par plusieurs auteurs. Ces derniers ont étudié la possibilité d'utilisation des huiles essentielles dans la lutte alternative à la lutte chimique. Le principe est de tester l'activité insecticide des extraits aqueux en particulier les huiles essentielles contre les ravageurs du blé stocké et où les résultats sont très encourageants (Abdelgaleil et *al.*, 2008) ; (Attia et *al.*, 1984) ; (Babarinde et *al.*, 2014) ; (Badasa et *al.*, 2014) ; (Bouda et *al.*, 2001) ; (Chowdhury et *al.*, 2007) ; (Degnelie, 1975) ; (Delim et *al.*, 2013) ; (FAS, 2017) ; (Jawonisi et *al.*, 2013) ; (Kalita et *al.*, 2014) ; (Karahacane, 2015) .

Dans ce cadre s'inscrit notre travail. Il consiste à mettre en évidence l'effet insecticide par inhalation les huiles essentielles des feuilles d'*Eucalyptus gomphocephala* sur les larves et les adultes de *Tribolium castaneum* (Herbst, 1997) in vitro au niveau du laboratoire « Eau-Roche-Plante » de la faculté des sciences de la nature et de la vie et science de la terre de l'université Djilali Bounaama de Khemis Miliana. C'est l'un des plus importants insectes ravageurs, causant des dommages dans les produits alimentaires entreposés à

Introduction

l'échelle mondiale sont estimées à plus de 35% des pertes (Bulot, 1990) et même en Algérie sur quelques produits céréaliers en particulier le blé (Karahacane, 2015)

Partie 1

Etude bibliographique

Chapitre I :

Généralités sur le stockage et conservation du blé

Chapitre I : Généralités sur le stockage et conservation du blé

1. Stockage et conservation du blé

Le stockage permet de prévenir les calamités naturelles (sécheresse, faible récolte et chute de production) et la distribution régulière durant toute l'année en assurant la préservation de la valeur initiale des grains (Ketfi, 1982) il a pour but de préserver au maximum les qualités originales des grains (Nadiaya,1999).

1.1. Mode de stockage des grains

1.1.1. Stockage traditionnel

Le mode de stockage traditionnel dépend des conditions climatiques, notamment du taux d'humidité ambiant et des matériaux locaux disponibles. Le paysan algérien, des hauts plateaux, conservait surtout le produit de ses champs d'orge et de blé dans des enceintes creusées dans un sol argileux appelé (El matmour) ou dans des sacs en toiles de jute, entreposés dans divers locaux, magasins ou hangars. Une forte humidité et les eaux d'infiltration sont les inconvénients majeurs de cette méthode de stockage favorisant le développement des moisissures et des phénomènes de formulations bactériennes (Doumandji et *al.*, 2003). Le stockage traditionnel remonte à la plus haute antiquité (Diawara et *al.*, 1989)

1.1.2. Stockage du blé en silos

C'est le meilleur lieu de stockage prolongé des aliments solides comme les céréales. Ce sont des enceintes cylindriques en béton armé ou en métal inoxydable. Leur emploi réduit la main d'œuvre, augmente l'air de stockage et supprime l'utilisation des sacs onéreux (Doumandji et *al.*, 2003). Le silo de béton armé présente l'avantage d'être facilement entretenue et résiste bien à la corrosion des parois extérieures et aux pressions verticales et latérales des grains et aux chocs (Boudreau et *al.*,1992)

1.1.3. Stockage en gerbe

Ce type de stockage est mieux encore que celui en épis car le grain est protégé contre l'échauffement et les insectes notamment les charançons. Mais les gerbes exigent d'avantage de travail à la récolte et au transport. Il a deux principaux avantages, le premier permet de répartir le battage sur tout l'hiver et le second permet une bonne conservation sans séchage artificiel des grains humides (Multan, 1982)

1.1.4. Stockage en épis

C'est une méthode de stockage qui a été dans le passé une très grande importance. En épi le grain se conserve beaucoup plus facilement qu'en vrac sans exiger autant de volume qu'en gerbe (Multon, 1982).

1.2. Conditions de stockage des grains de céréales

En pratique, Godon (1991), Gatel (2003), mentionnent l'ensemble des facteurs de milieu

1.2.1. Contrôle de la température et de l'humidité du grain

Le contrôle de la température et de l'humidité relative du grain peut être réalisé par une simple lecture sur cannes-sondes thermo-hygrométrique.

D'après Nacef et sadok (2004) lorsque la teneur en eau de la graine dépasse 15% le surcroît initial d'activité de l'analyse provoque une nette augmentation du taux des sucres réducteurs. Ceux-ci sont absorbés et convertis en CO₂ et en eau en raison de l'accroissement de l'activité respiratoire.

Les principaux risques de dégradation des grains stockés sont essentiellement en fonction de l'humidité relative et de la température de conservation : la connaissance de ces deux paramètres permet d'apprécier l'aptitude au stockage. Selon leur valeur, on peut déterminer une durée de conservation pour chaque espèce de céréales en fonction d'un critère de conservation ou de détérioration prédéfini. Le maïs et le sorgho ont une humidité de récolte qui rend leur séchage obligatoire alors que pour les autres grains cela dépend des conditions de récolte.

La méthode de référence pour déterminer la teneur en eau du grain est la dessiccation par étuvage. Les méthodes usuelles font appel à des hygromètres dont certains peuvent être homologués pour les transactions commerciales.

1.2.2. Influence de la durée de stockage

La conservation des semences est effectuée à des taux d'hydratation et à des températures telles qu'elles ne subissent pas de modifications d'ordre physiologiques (levée de dormance, vigueur et phénomène de sénescence) (Pradit, 1986).

1.3. Facteur de détérioration des grains entreposés

1.3.1. Facteurs abiotiques

1.3.1.1. Température

La température est le facteur clé responsable des pertes en poste récolte. Elle exerce une forte influence sur le taux de respiration des grains stockés et celui des organismes parasites, de même que sur l'humidité relative de l'air, la teneur en eau des produits stockés et enfin sur le développement des ravageurs des stocks (Gwinner et *al.*, 1996)

1.3.1.2. Humidité relative

Généralement, les grains sont stockés ont une humidité inférieure à 70% de l'activité de l'eau pour éviter la détérioration par les micro-organismes, notamment les moisissures (Sharma *et al.*, 2014).

1.3.2. Facteurs biotiques

1.3.2.1. Détérioration d'origine enzymatique

Elles sont essentiellement provoquées par les enzymes propres du grain. En mauvaises conditions de stockage. Ces derniers entrent en activité et favorisent la dégradation de l'amidon et le rancissement des lipides (Berhaut *et al.*, 2003). Ce sont des hydrolases agissant sur les protéines (protéases) les lipides (lipases) et les glucides (glucosidases) ainsi que l'ensemble des équipements enzymatiques complexes qui régissent des phénomènes de respiration et de fermentation (Multan, 1982).

1.3.2.2. Détérioration par les déprédateurs

Pour rester en vie, les insectes ont besoin de nourriture, d'aire et de l'eau. Les céréales stockées fournissent très souvent un endroit idéal pour le séjour et le développement des insectes car la nourriture, l'air et l'eau s'y trouvent en quantités suffisantes (Aguilar *et al.*, 2004).

La faune déprédatrice des céréales entreposées est composée de différentes espèces de rongeurs, d'oiseaux, d'acarien et d'insectes (Nacef *et al.*, 2004).

1.3.2.2.1. Acariens

Les acariens de stockage, appelés aussi acariens des denrées alimentaires entreposées, ont une prédilection pour les aliments conservés dans des lieux humides. Ils se nourrissent essentiellement de moisissures (Bessot *et al.*, 2011). Ils se reproduisent selon un rythme accéléré et ils ont une fécondité élevée (Pauli *et al.*, 2013). Leur développement est très court avec seulement 10 à 12 jours entre 23 à 25c° (Berhaut *et al.*, 2003)

Chez les acariens, les seuils de température nécessaires à leur multiplication sont inférieurs à ceux des insectes. Ils se situent entre 8 et 35c°. Mais il leur faut au minimum 70% d'humidité relative (Feillet *et al.*, 2000), Soit dans les grains à 17-18% de teneur en eau (Berhaut *et al.*, 2003).

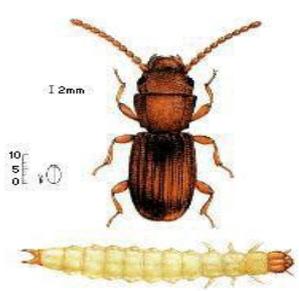
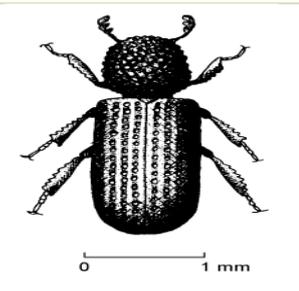
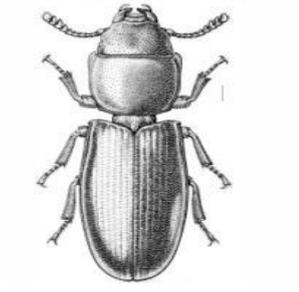
1.3.2.2.2. Insectes

De tous ravageurs, ce sont les insectes qui causent d'importantes pertes économiques au niveau du stockage des céréales. Deux ordres principaux comprennent la majorité des espèces inféodées au stock. Il s'agit des lépidoptères et des Coléoptères. Ces derniers sont à l'origine de la plus part des dommages subis

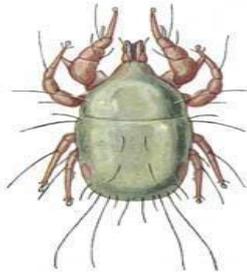
Chapitre I : Généralités sur le stockage et conservation du blé

dans les réserves des denrées stockées et sont susceptibles de causer des dégâts aux grains stockés, en particulier les espèces de *T. castaneum* et de *sitophilis granarius* qui sont très fréquentes (Karahacane, 2015)

Tableau n°1. -Les principaux ennemis des denrées stockées et leurs dégâts (Aziez et *al.*, 2003).

Insectes	Nom d'insecte	Conditions de prolifération	Dégâts occasionnés	Nature des dégâts
	Charançon (<i>Sitophilus granarius</i>)	Population multipliée par 20 en 80 jours (30°C et grains à 14%)	Larves	-Trous dans les grains -Germe et amende dévorés
	Silvain (<i>Oryzaephylus Surinamensis</i>)	Population multipliée par 50 en 28 jours (32°C, HR90%)	Larves	-Aggravation des dégâts des charançons
	Cryptoleste (<i>Cryptolestes ferrugineus</i>)	Population multipliée par 60 en 28 jours (35-40°C, HR70-90%)	Adultes et Larves	-Détruit le germe
	Capucin (<i>Rhyzopertha domonica</i>)	Population multipliée par 20 en 28 jours (34°C, HR70%)	Adultes	-Réduction en poudre du contenu du grain
	Cadelle (<i>Tenebroides sp</i>)	Développement larvaire en 100 jours à 28 °C	Larves	-Des grains dévorés

Chapitre I : Généralités sur le stockage et conservation du blé

	<p>Dermeste (<i>Trogoderma granarium</i>)</p>	<p>Population multipliée par 12.5 en 28 jours à 35°C</p>	<p>Larves</p>	<p>-Grains creusés</p>
	<p>Alucite des céréales (<i>Sitotroga cerealella</i>)</p>	<p>Population multipliée par 25 en 28 jours à 35°C</p>	<p>Larves</p>	<p>-Attaque le germe -Déprédation des grains avec les fils de soie</p>
	<p>Acarien (<i>Acarus sirop</i>)</p>	<p>Varie selon les conditions de température et la durée de vie</p>	<p>Adultes</p>	<p>-Il détruit les germes de blé et cause des allergies chez les sujets sensibles</p>

Parmi les insectes cités sur le tableau nous donnons plus d'importance à l'espèce de *T. Castaneum* car c'est une espèce très fréquente dans les milieux de stockage en Algérie (Karahacane, 2015).

Chapitre II :

Généralités sur *Tribolium castaneum*

Chapitre II : Généralités sur *Tribolium castaneum* et méthode de lutte

1. Présentation de l'espèce de *Tribolium castaneum*

Tribolium castaneum représente une partie très importante des ravageurs des denrées stockées (Syedshayfur et al., 2007). D'après l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), les pertes dues aux insectes nuisibles correspondent à 35% de la production agricole mondiale (Karahacane, 2015).

2. Position systématique

D'après (Chenni, 2016) la classification de *T. castaneum* est comme suite.

Régne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Classe : Insecta

Ordre : Coleoptera

Famille : Tenebrionidae

Espèce : *Tribolium castaneum*

Nom commun : Poux rouge de la farine

3. Origine et répartition géographique

D'après (Godon et Wilim, 1998), le *T. castaneum* est d'origine Indo-Australienne. Il se trouve dans toutes les parties du monde (cosmopolite). On le trouve dans les céréales stockées sous forme de grains ou de farine. Il est très abondant dans les régions tropicales. Il est présent uniquement dans les stocks à températures élevées (Christine, 2001).

4. Description générale

C'est un insecte appartenant à la famille des Tenebrionidae. L'adulte mesure de 3 à 4 mm, de couleur uniformément brun rougeâtre. Il est étroit, allongé, à bords parallèles, à pronotum presque aussi large que les élytres et non rebordé antérieurement. Les 3 derniers articles des antennes sont nettement plus gros que les autres. La larve mesure 6mm environ, 8 fois plus longue que large, d'un jaune très pale à maturité, avec latéralement quelques courtes soies jaunes. La capsule céphalique et la face dorsale sont légèrement rougeâtres (Camara, 2009).

5. Description des différents stades de développement

5.1. Œuf

Les œufs sont ovulaires, sans sculpture. Ils mesurent en moyenne 0.6 mm de longueur (Steffan, 1978). Les œufs éclosent après une incubation d'une semaine en moyenne à 25°C. Les durées extrêmes étant de 4 jours à 38°C et de 2 semaines à 19°C (Multon, 1982).

5.2. Larve

Sa couleur est jaunâtre, vermiforme. Elle est environ 8 fois plus longue que large. Elle est couverte des poils et a des pattes se terminant par deux paires urogomphes (Delobel et Tran, 1993).



Figure n°1. -Larve de *Tribolium castaneum* (originale)

5.3. Nymphe

Elle est de couleur blanche et nue. Les segments de son abdomen sont explantés latéralement en lames rectangulaires à bords crénelés (Balachowshi, 1962).

La nymphe reste sans protection et est incapable de se déplacer. Le sexe peut être bien visible à ce stade.



Figure n°2. -Nymphe de *Tribolium castaneum* (Kassimi , 2014)

5.4. Adulte

L'adulte est un petit insecte de couleur brun rougeâtre. Occasionnellement à cause des mutations on peut distinguer des adultes de couleur noir (Delobel et Tran, 1993). L'adulte montre une grande similarité avec son voisin *T. confusum*. C'est pour cela ce dernier est nommé *confusum* suite à la confusion dans l'identification de chaque espèce (Robinson, 2005). L'adulte est de taille comprise entre (3 - 4) mm (fig. 3). Son corps est plat et allongé (Cruz et Diop, 1989). La suture des élytres est peu carénée. Les angles antérieurs du pronotum sont non saillants. Il possède un espace interoculaire très court d'environ 1,5 fois la largeur de l'œil. La ponctuation du pronotum est espacée et le canthus des joues saillants au-dessus des yeux. La massue antennaire est constituée de 3 articles bien distincts (Calmont et Soldati, 2008).



Figure n°3. -Adulte de *Tribolium castaneum* (originale)

6. Dégâts

Probablement originaire d'Asie du Sud, le *T. castaneum* est devenu cosmopolite (Delobel et Tran, 1993). Dans la nature et selon (Bonneton, 2010), cet insecte vit sous l'écorce des arbres. Le Poux rouge de la farine est un polyphage de très nombreuses denrées amylacées, surtout les farines des céréales. On le rencontre généralement dans les silos à grains, dans le fumier de volaille et il est attiré par la lumière. Cet insecte peut pénétrer dans les habitations. Ce ravageur est capable d'infester l'avoine, les grains et farines de blé, le riz, le maïs, l'orge, le pois sec, le haricot, les graines de coton, le cacao, le gingembre et divers épices (Delobel et Tran, 1993). Son mouvement et sa dispersion dans la nature d'après Campbell et Hagstrum (2002), sont favorisés par plusieurs facteurs comme :

- L'âge des insectes.
- Qualité de nutrition.
- L'héritabilité (facteurs génétiques) de dispersion.
- La réponse aux substances volatiles de l'alimentation et aux phéromones d'agrégation.
- La fitness de reproduction qui augmente les chances de colonisation.
- Densité des insectes.

7. Méthode de lutte

Beaucoup des méthodes sont utilisées contre les ravageurs des denrées alimentaires en particulier *T. castaneum*. La plus utilisée actuellement est la lutte chimique. L'inconvénient est qu'elle présente des formes de résistance chez l'insecte.

7.1. Lutte préventive

D'après (Taruvunga *et al.*, 2014), on adopte pour celle-ci les procédures suivantes :

- Nettoyage et séchage des grains et les installations des entrepôts
- Contrôle de température et d'humidité avant et après le stockage des grains.
- L'entreposage des grains en vrac.
- Les dégâts causés aux grains sont contrôlés régulièrement.

7.2. Lutte chimique

Deux types de traitement sont généralement employés : Traitement par contact (qui consiste à recouvrir les grains, l'emballage ainsi que les locaux de stockage d'une pellicule de produit insecticide qui agit sur les prédateurs, dont l'effet est plus ou moins rapide avec une persistance d'action plus longue) et le traitement par fumigation qui consiste à traiter les grains à l'aide d'un gaz toxique appelé fumigant. L'intérêt majeur de la fumigation est de faciliter la pénétration des gaz à l'intérieur du grain et donc de détruire les œufs, les larves et les nymphes qui s'y développent (Cruz *et al.*, 1988).

7.2.1. Inconvénients de l'usage des insecticides chimiques

L'utilisation des insecticides de synthèse pour lutter contre les insectes phytophages a conduit à la contamination de la biosphère et des préjudices à la santé humaine. Selon Philogène (2002), tous les pesticides posent un problème de contamination à court ou à long terme, selon la nature de la molécule utilisée dans les traitements et selon la manière avec laquelle ils sont appliqués.

Tous ces produits phytosanitaires ont une caractéristique en commun. Ils sont neurotoxiques et des résidus de pesticides ont été détectés dans de nombreux secteurs dans la chaîne alimentaire (Regnault-Roger et *al.*, 2002).

7.3. Lutte biologique

7.3.1. Lutte par les auxiliaires

Des prédateurs comme les punaises hyménoptères et différentes punaises anthocorides sont les plus fréquemment utilisées pour le contrôle des insectes ravageurs au niveau des entrepôts essentiellement contre les coléoptères et les lépidoptères. Ces prédateurs ont une grande capacité d'augmenter leur nombre en réduisant celui des populations de leurs proies (Upadhyay et Ahmad, 2011).

7.3.2. Lutte par les bio-pesticides

La prise de conscience face au désordre écologique engendré par l'utilisation récurrente des pesticides chimiques a suscité l'intérêt de rechercher et de développer des stratégies alternatives de gestion de lutte (Vinayachandra et Chandrashkar, 2011).

7.3.3. Lutte par les végétaux

Le développement de résistance des insectes aux insecticides a permis de développer d'autres matières actives à base d'extrait végétal. Quelques espèces de plantes présentent des molécules insecticides dans la composition de leurs extraits végétaux (Extraits aqueux et huiles essentielles). Ces molécules insecticides permettant d'agir surtout par inhalation, par contact et par ingestion sur les œufs, les larves et les adultes des ravageurs (Bernard, 2006).

Les végétaux produisent des composés secondaires tel que les terpènes, les composés soufrés, les alcools. Leur utilisation en tant que bio-pesticides dans la protection des graines de céréales stockées contre les insectes ravageurs a fait l'objet de nombreuses études (Arthur, 1996). Les extraits végétaux aux propriétés insecticides sont utilisés sous plusieurs formes.

7.3.3.1. Huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des substances aromatiques liquides appelées aussi (essences aromatiques). Ils proviennent d'espèces végétales très variées, produites et emmagasinées dans certaines cellules de la matière végétale (Bruton, 1993).

Plusieurs huiles essentielles se sont avérées efficaces contre les ravageurs des denrées stockées. Plusieurs travaux de recherche ont été enregistrés par plusieurs auteurs. Ces derniers ont étudié la possibilité d'utilisation des huiles essentielles dans la lutte alternative à la lutte chimique ; (Karahacane et *al.*, 2017) ; (Khan et *al.*, 2015) ; (Kumar et *al.*, 2011) ; Mediouni Ben Djamaa, (2014) ; (Mishra et *al.*, 2011) ; (Muhammad et *al.*, 2013) ; (Rajashekar et *al.*, 2014) ; (Sousa et *al.*, 2012) ; (Tesch et *al.*, 2011) ; (Theou et *al.*, 2013) ; (Toumnou et *al.*, 2012) ; (Zia et *al.*, 2013) .

Chapitre III

Généralités sur la plante étudiée

Chapitre III : Généralités sur la plante étudiée

1. Historique

L'*Eucalyptus*, comme exotique, a déjà une longue histoire (Métro, 1955). C'est à partir de 1850 que les *Eucalyptus* ont été introduits par les Français en Algérie, avec l'*E. camaldulensis* Dehn comme espèce pionnière. Mais la plantation massive de ces arbres a eu lieu entre 1865 et 1963.

2. Origine

L'*Eucalyptus gomphocephala* est un arbre originaire de la côte sud-ouest de l'Australie-Occidentale (Taylor et al., 2009) avec une distribution naturelle couvrant une bande de terre de 400 km le long du sud-ouest côte de l'Australie-Occidentale de Jurien Bay au nord à la rivière Sabina au sud (Keighery et al., 2002).

Eucalyptus gomphocephala était un arbre endémique de la plaine côtière de Swan avec une distribution naturelle couvrant une bande de terre de 400 km le long du sud-ouest côte de l'Australie-Occidentale de Jurien Bay au nord à la rivière Sabina au sud (Keighery et al., 2002).

3. Distribution géographique

L'*Eucalyptus gomphocephala* a été planté dans toute l'Australie et dans le monde entier dans les zones semi-arides, notamment à Chypre, en Californie, Éthiopie, Grèce, Israël, Italie, Libye, Maroc, Tunisie, Turquie et Uruguay (Keighery et al., 2002., NAS, 1980).

E. gomphocephala est naturellement limité à une étroite ceinture de 400 km de long de la côte sud-ouest de l'Australie occidentale, de la région de Cervantes à 170 km au nord de Perth, vers le sud sur la plaine côtière de Swan jusqu'à la rivière Sabina près de Busselton, 50 km au sud-ouest de Bunbury (Boland et al., 2006., Brooker et Kleinig, 1990).

4. Classification de la plante

Dans la littérature on trouve la classification suivant : (Cherif, 1991)

Règne : Plante

Sous règne : Tracheobionta

Sous-Genre : Plantae

Classe : Magnoliopsida

Famille : Myrtaceae

Genre : *Eucalyptus*

Espèce : *Eucalyptus gomphocephala*

Autres dénominations

Français : Eucalyptus, arbre de la fièvre, gommier bleu

Anglais : Bleu guêtrée

Allemand : Eukalyptus blatter

Arabe : Kalitus, kalatus (Ghedira et *al.*, 2008)

5. Description botanique



Figure n°4. –Plante d'*Eucalyptus gomphocephala* (photo originale)

5.1. Forme de croissance

E. gomphocephala est un arbre moyennement grand de 25 à 40 mètres de hauteur avec un diamètre moyen à hauteur de poitrine (DHP) de 1 à 2 mètre (Boland et *al.*, 2006). Le tronc est souvent court et de $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{2}$ de la hauteur totale de l'arbre. Au nord de sa distribution, les arbres ne mesurent que 10 à 15 m de haut (Boland et *al.*, 2006) et se présentent sous forme de mallée dans la santé (Beard, 1990., Coates et *al.*, 2002), tandis que les arbres les plus hauts se trouvent dans le parc national de la forêt *E. gomphocephala* près de Ludlow, à 25 km au sud de Bunbury

5.2. Feuilles

Les cotylédons d'*Eucalyptus gomphocephala* sont peu bilobés. Les rameaux sont jaunâtres et les feuilles adultes sont de vert brillant et densément réticulés avec de minuscules glandes sébacées. Les feuilles des semis sont opposées pendant environ quatre ou cinq paires, puis alternes à pétiolées ovales ou cordées ayant une couleur verte. La taille des feuilles des semis varie de 6 à 9 cm de long et 4 à 7 cm de large. Les feuilles juvéniles sont alternes, pétiolées, ovales et souvent cordées et varient en taille de 9 à 15 cm de long

de 5,5 à 10 cm de largeur. Les feuilles adultes sont alternes, pétiolées, lancéolées de 9 à 16 cm de long et de 1,6 à 2,5 cm de large (Boland et *al.*, 2006).

5.3. Fleurs et fruits

Les boutons floraux d'*Eucalyptus gomphocephala* sont robustes et en forme de champignon. L'épithète spécifique *gomphocephala* fait référence à la morphologie du bourgeon: grec gomphos (en forme de club), cephalé (tête) (Boland et *al.*, 2006). Les inflorescences sont simples, axillaires et à sept fleurs. Les fleurs d'*Eucalyptus gomphocephala* apparaissent de janvier à avril, avec des floraisons massives survenant une à deux fois par décennie (Keene et Cracknell, 1972). Les fruits sont sessiles ou très courts pédicellés, campanulés ou parfois cylindriques, souvent légèrement nervurés. Les graines d'*E. gomphocephala* sont en forme de soucoupe, souvent à brides et gris-noir avec une ventrale hilum (Boland et *al.*, 2006).

5.4. Les racines

L'*E. gomphocephala* a la capacité de former des racines à de grandes profondeurs, par exemple, les racines d'*E. gomphocephala* ont été identifiées d'une grotte calcaire à 15 m de profondeur (Stone et Kalisz, 1991).

5.5. Écorce et bois

L'*E. gomphocephala* est du type boîte. Le bois de cœur d'*E. gomphocephala* est jaunâtre pâle, à texture fine à grain imbriqué et est très dur et durable (densité d'environ 890 à 1160 kg /m³) (Boland et *al.*, 2006).

6. Composition chimique du genre *Eucalyptus*

La teneur en huile essentielle est comprise entre 0.5 et 3.5%. Le 1,8 -cinéole ou eucalyptol est le constituant majoritaire (70--80%); les autres constituants sont majoritairement terpéniques. La feuille renferme également une douzaine d'hétérocycles oxygénés à structure acylphoroglucinol mono ou sesquiterpénique, les englobas ainsi que des composés phénoliques, acides phénols et flavonoïdes (Bruneton, 1993).

L'huile essentielle d'*Eucalyptus* a des propriétés expectorantes et fluidifiantes du mucus. Ses huiles essentielles a aussi des propriétés, antimicrobiennes, antifongiques, antivirales et action analgésique et relaxante pour les muscles (huiles de bain et de massage). Elle a aussi une action répulsive pour les insectes et calmante sur les piqûres (Bruneton, 1993).

7. Utilisation

Traditionnellement, l'*Eucalyptus* est un anti infectieux et antiseptique des voies respiratoires, il est utilisé dans le traitement de l'infection aiguë et chronique des voies respiratoires supérieures ou inférieures. Il est également conseillé pour le traitement de la toux, de bronchites, des gripes et des affections pulmonaires,

ce qui rend cette plante efficace pour soigner les rhumes et les maux de gorge (Paul, 2007). Selon le même auteur, l'huile essentielle diluée soulage les rhumatismes, les douleurs aiguës, les raideurs, les névralgies et les infections cutanées d'origine bactérienne.

Chapitre IV

Généralités sur les huiles essentielles

Chapitre IV : Généralités sur les huiles essentielles

1. Définition

Le terme “huile essentielle” a été inventé au 16^{ème} siècle par le médecin suisse *Parascelsus von Hohenheim* afin de désigner le composé actif d’un remède naturel. Il existe aujourd’hui approximativement 3000 huiles essentielles, dont environ 300 sont réellement commercialisées, destinées principalement à l’industrie des arômes et des parfums (Essawi et Srour, 2000).

Les molécules actives impliquées dans les mécanismes de défense des plantes sont issues du métabolisme secondaire. Elles ne participent pas directement à la croissance des plantes, mais ont évolué pour leur fournir une protection naturelle contre les attaques de microbes ou d’insectes. Une partie de ces métabolites secondaires se concentre dans les sacs oléifères, dans les poches sécrétrices des huiles essentielles (Guinoiseau, 2010).

L’organisme de normalisation Afnor (2000) définit les huiles essentielles comme «un produit obtenu à partir d’une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l’épicarpe de citrus, soit par distillation à sec ».

Cette définition est cependant restrictive car elle exclut aussi bien les produits extraits à l’aide de solvants que obtenus par tout autre procédé.

2. Répartition et localisation

L’huile essentielle est produite et stockée dans les tissus sécréteurs localisés dans différentes parties de la plante (fleur, fruit, bois, racine, feuille...). Sous formes de petites gouttelettes comme la plupart des substances lipophiles (Gonzalez *et al.*, 2010). Elles sont généralement associées à la présence des structures histologique spécialisés, souvent localisée sur ou à proximité de la surface de la plante (Degrayse *et al.*, 2008). Ces plantes, dites aromatiques, représentent seulement 10% de toutes les espèces végétales de la planète. En effet, la plupart des végétaux possèdent une odeur caractéristique mais ne font pas forcément partie des plantes aromatiques. Pour qu’un végétal appartienne à la famille des plantes aromatiques, il doit contenir une quantité plus ou moins importante d’essences dans une ou plusieurs parties de sa structure (Bonnafous, 2013 ; Miles, 2013).

La synthèse des huiles essentielles peut s’effectuer dans des cavités, alvéoles ou poches ou canaux sécréteurs se situant soit à la périphérie du fruit, soit dans les tissus plus profonds des racines, des feuilles ou des tiges (Perrin *et al.*, 1985).

Les huiles essentielles n’existent quasiment que chez les végétaux supérieurs. Elles sont alors stockées dans tous les organes végétaux (fleurs, feuilles) (fig. 5). Si tous les organes d’une même espèce peuvent renfermer une huile essentielle, la composition de ce dernier peut varier selon la localisation (Bruneton, 1999).

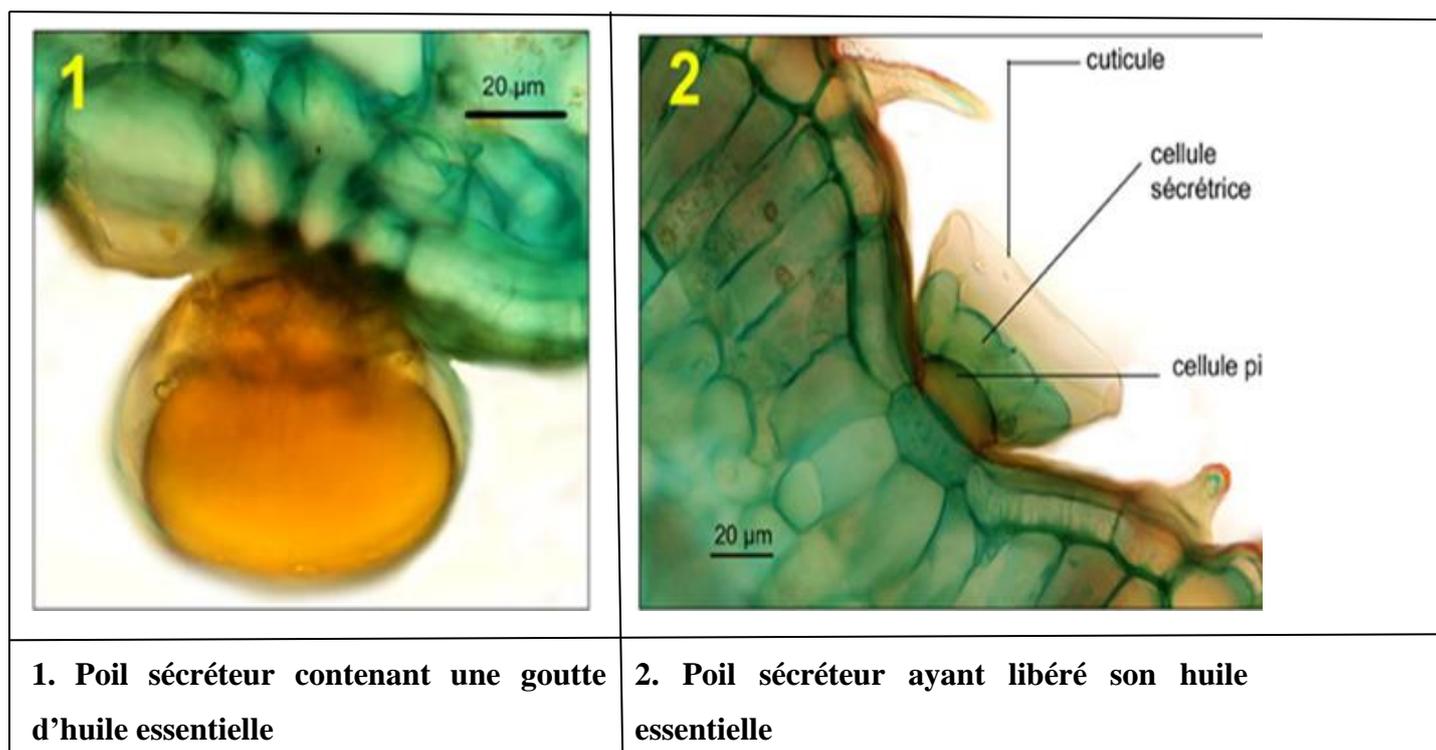


Figure n°5. -Coupe transversale de l'extrémité de la feuille d'*Origanum vulgare* L avec ses poiles

3. Caractères physico-chimiques des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont des liquides à température ambiante mais aussi volatiles, Elles sont solubles dans les solvants organiques usuels ainsi que dans l'alcool, entraînaibles à la vapeur d'eau mais très peu solubles dans l'eau (Afssaps, 2008).

Elles présentent une densité en général inférieure à celle de l'eau et un indice de réfraction élevé. Elles sont pour la plupart colorées, rougeâtres pour les huiles de cannelle et une variété de thym, jaunes pâles pour les huiles de sauge sclarée et de romarin officinal. Elles sont altérables et sensibles à l'oxydation. Par conséquent, leur conservation nécessite de l'obscurité et de l'humidité. De ce fait, l'utilisation de flacons en verre opaque est conseillée (Couic et *al.*, 2013).

Elles sont constituées de molécules à squelette carboné. Le nombre d'atomes de carbone étant compris entre 5 et 22 (le plus souvent 10 ou 15) (AFSSAPS).

4. Rôle des huiles essentielles

Les plantes produisent les huiles essentielles en tant que métabolites secondaires (Rai et *al.*, 2003). Leur rôle exact dans les processus de la vie de la plante est inconnu. Certains auteurs pensent que les huiles essentielles pourraient avoir un rôle attractif pour les insectes pollinisateurs et favoriseraient ainsi la pollinisation (Bruneton, 1999. Guignard, 2000). D'autres auteurs pensent que les huiles essentielles jouent un

rôle hormonal, régulateur et catalyseur dans les métabolismes végétal et aider la plante à s'adapter à son environnement.

5. Méthode d'extraction des huiles essentielles

5.1. Hydro-distillation

C'est la technique la plus simple et la plus répandue. Elle consiste à immerger la matière première directement dans l'eau, puis l'ensemble est porté à ébullition. L'opération est généralement conduite à pression atmosphérique. Les vapeurs formées sont condensées par un système de réfrigération par courant d'eau (Naouel, 2015).

Lors de la distillation des huiles essentielles, plusieurs phénomènes sont à la base d'échange de matière entre les phases solides, liquides et vapeur, d'où l'influence d'un grand nombre de paramètres sur la qualité et le rendement de la production de ces essences végétales (Hajji *et al.*, 1985). Les expérimentations conduites jusqu'à épuisement du substrat en essence montrent que la durée de la distillation est plus longue pour les organes de plantes ligneuses que pour les herbacées. Cette différence est fortement liée à la localisation des systèmes d'élaboration ou de stockage des huiles essentielles qui sont soit à la surface ou à l'intérieur des tissus de la plante. De ce fait, ces structures ont une influence sur le déroulement de l'hydro-distillation, c'est-à-dire sur les mécanismes successifs mis en jeu, et par conséquent sur la durée de l'opération d'extraction (Naouel, 2015).

Dans le cas où ces structures sont superficielles, la membrane externe ou la cuticule sont rapidement rompues lors de l'ébullition, les composés volatils sont immédiatement évaporés. Lorsque les huiles essentielles sont sous-cutanées, elles doivent d'abord diffuser à travers l'épaisseur du tissu végétal avant d'entrer en contact avec l'eau ou sa vapeur pour qu'elles puissent s'évaporer comme dans les sécrétions superficielles (Naouel, 2015).

5.2. L'enfleurage

L'enfleurage est une technique qui date de l'Antiquité égyptienne. Elle consiste à déposer des plantes en particulier les organes fragiles (fleurs d'oranger, pétales de rose) sur une couche de graisse animale qui se sature en essence. On épuise ensuite le corps gras par l'alcool qui récupère les senteurs et qui sera ensuite évaporé sous vide (Belaiche, 1979 ; France-Ida, 1996). Cette technique est actuellement abandonnée au profit de l'extraction par les solvants en raison de son faible rendement et de l'importante main d'œuvre qu'elle nécessite (Abou, 1988).

5.3. Extraction par les solvants organiques

Cette méthode est utilisée pour les organes végétaux présentant une concentration en essence relativement faible ou pour les essences que l'on ne peut extraire par distillation (Belaiche *et al.*, 1979). Étant de nature huileuse, les essences sont solubles dans les solvants organiques. Un épuisement des plantes

est effectué à l'aide d'un solvant volatil dont l'évaporation laisse un résidu cireux, très coloré et très aromatique.

5.4. Hydro-diffusion

Elle consiste à faire passer de haut vers le bas et à pression réduite, la vapeur d'eau au travers de la matrice végétale (Richard, 1992).

5.5. Extraction par expression à froid des huiles essentielles

Cette technique sans chauffage est réservée à l'extraction des zestes des agrumes. Le principe est mécanique. Il est fondé sur la rupture des péricarpes, réservoirs d'essences olfactives, en passant les agrumes sur des récipients dont les parois sont recouvertes de pics en métal. L'essence est libérée par un courant d'eau, puis décantée. La présence de l'eau peut entraîner des phénomènes d'hydrolyse, de contamination par des pesticides résiduels ou des micro-organismes. Une nouvelle technique physique basée sur l'ouverture des sacs oléifères par éclatement sous l'effet soit d'une dépression, soit par abrasion de l'écorce fraîche, éliminerait l'eau et diminuerait les effets d'oxydation des composés de ces essences (Charles, 2014).

6. Activité insecticide des huiles essentielles

L'efficacité des huiles essentielles en tant qu'insecticides est la préoccupation de nombreux chercheurs (Rajgovind, 2016 ; Song, 2016). Les travaux effectués concourent à mettre en évidence les différents éléments pouvant accroître l'action des huiles essentielles ravageurs. Ces études constituent une étape indispensable pour le développement de l'utilisation des huiles essentielles dans la lutte contre les ravageurs de grains. Pour tous ces auteurs, les huiles essentielles sont des substances fumigènes dotées de réelles potentialités insecticides à valoriser. (Popovic et al., 2013) ont montré l'activité insecticide de carvacrol présent dans les huiles essentielles (1.14 %) de *Calamintha glandulosa*, *Satureja montana* et *Teucrium polium sp* testés contre *Tribolium castaneum*, avec un taux de mortalité très élevé après 24 h (56,67 %) contre le *T. Castaneum*.

L'application d'huile essentielle d'*origanum glandulosum* à une concentration de 15%, par contact, ingestion et inhalation montre l'effet insecticide sur *Rhizopertha dominica* ravageur de denrée céréalière, avec un taux de mortalité enregistré de 87% à 100% (Boutekedjr et al., 2004).

7. Contrôle de qualité des huiles essentielles

Selon la pharmacopée française et européenne, le contrôle des huiles essentielles s'effectue par différents essais, comme la miscibilité à l'éthanol et certaines mesures physiques : indice de réfraction, pouvoir rotatoire et densité relative. La couleur et l'odeur sont aussi des paramètres importants. La meilleure carte d'identité quantitative et qualitative d'une huile essentielle reste cependant le profil chromatographie en phase gazeuse. Il permet de connaître très exactement la composition chimique en qualité et en quantité et de rechercher d'éventuelles traces de produits indésirables tels des pesticides ou des produits chimiques ajoutés (Pibiri, 2006).

Une huile essentielle pure et naturelle est caractérisée par sa composition strictement «végétale», contrairement aux essences synthétiques ou «identiques naturelles» intégralement reconstituées à partir de composés chimiques de synthèse (Pibiri, 2006).

8. Conservation

Les huiles essentielles sont constituées des molécules qui sont relativement instables dans le temps. Cette constatation a donc nécessité la mise en place de précautions particulières pour leur conservation. Du fait du nombre important de composés chimiques, représente une huile essentielle les possibilités de dégradation sont nombreuses. On peut observer des réactions de type photo-isomérisation, photo-cyclisation, coupure oxydative, peroxydation et décomposition en cétones et alcools, thermo-isomérisation, hydrolyse, trans-estérification (Bruneton, 2016).

Ces réactions de dégradation sont objectives par la mesure d'indices chimiques (indice de peroxyde, indice d'acide...), par la détermination de grandeurs physiques (indice de réfraction, pouvoir rotatoire, miscibilité à l'éthanol, densité...) et/ou par l'analyse chromatographique.

Pour éviter au possible l'altération des huiles essentielles, il existe des normes spécifiques sur l'emballage, le conditionnement et le stockage des huiles essentielles (norme AFNOR NF T 75-001, 1996) ainsi que sur le marquage des récipients contenant des huiles essentielles (norme NF 75-002, 1996) (Normes ISO)

Les normes recommandent :

L'utilisation de flacons propres et secs en aluminium vernissé, en acier inoxydable ou en verre teinté anti-actinique, presque entièrement remplis et fermés de façon étanche (l'espace libre étant rempli d'azote ou d'un autre gaz inerte) (Raynoud, 2006). Des incompatibilités sérieuses peuvent exister avec certains conditionnements en matières plastiques.

Partie 2
Etude Expérimentale

Chapitre V

Matériels et Méthodes

Chapitre V: Matériels et Méthodes

Dans ce chapitre nous avons abordé le matériel et les méthodes nécessaires à la conduite de l'élevage de *Tribolium castaneum* (Herbst), à l'extraction des huiles essentielles des végétaux et les traitements insecticides à partir de la plante *Eucalyptus gomphocephala* et les méthodes de calcul des DL₅₀ et DL₉₀ et TL₅₀ et TL₉₀.

1. Objectif

Ce travail a été réalisé au niveau du laboratoire « Eau-Roche-Plante » de la faculté des sciences de la nature et sciences de la terre de l'université Djilali Bounaama de khemis Miliana. Il consiste à mettre en évidence le potentiel insecticide des huiles essentielles des feuilles d'*Eucalyptus gomphocephala* à l'aide du traitement par inhalation. Les huiles extraites ont été testées sur un insecte ravageur du blé stocké *Tribolium castaneum* par détermination des mortalités, des doses létales DL₅₀ et DL₉₀ et les temps létaux TL₅₀ et TL₉₀ au niveau de laboratoire.

2. Matériel animal

Le traitement insecticide vis avis de l'insecte demande de nombreux individus issus des élevages en masse. Les conditions de température et d'humidité à l'élevage de *Tribolium castaneum* sont nécessaires en utilisant comme substrat la semoule du blé dur sont décrites ci-dessous.

2.1. Elevage de *Tribolium castaneum*

L'élevage en masse de cette espèce en vue de l'obtention des individus des larves et des adultes nécessaires pour les bios essais a été réalisé dans une armoire aménagée en chambre d'élevage (fig. 06). Les individus sont placés dans des bocaux en verre d'une capacité de 500 ml, fermés avec de la toile permettant l'aération des insectes et contenant 250 g de la semoule du blé (fig. 07). L'ensemble est mis dans la chambre d'élevage contrôlée dans les mêmes conditions que celles décrites par Toumnou et *al.*, (2012), une température de 28C° et une humidité relative de 70%.

Pour obtenir des individus ayant le même âge, une semaine après la ponte, les adultes sont éliminés. Les œufs pondus évoluent jusqu'à donner de nouveaux adultes formant la première génération. En répétant le même processus, les adultes de la deuxième génération, considérés comme homogènes, seront testés avec des huiles essentielles. Les souches de *T. castaneum* sont issues d'un ancien élevage de masse déjà entamé au niveau du laboratoire depuis l'année 2004.

Afin d'éviter le phénomène de surpopulation dans des bocaux et avoir suffisamment d'individus de *T. castaneum*, nous avons procédé à un transfert régulier des adultes dans des grandes boîtes (fig. 08). Cette procédure nous a permis d'assurer en permanence l'élevage et l'approvisionnement en individus nécessaires à l'expérimentation.

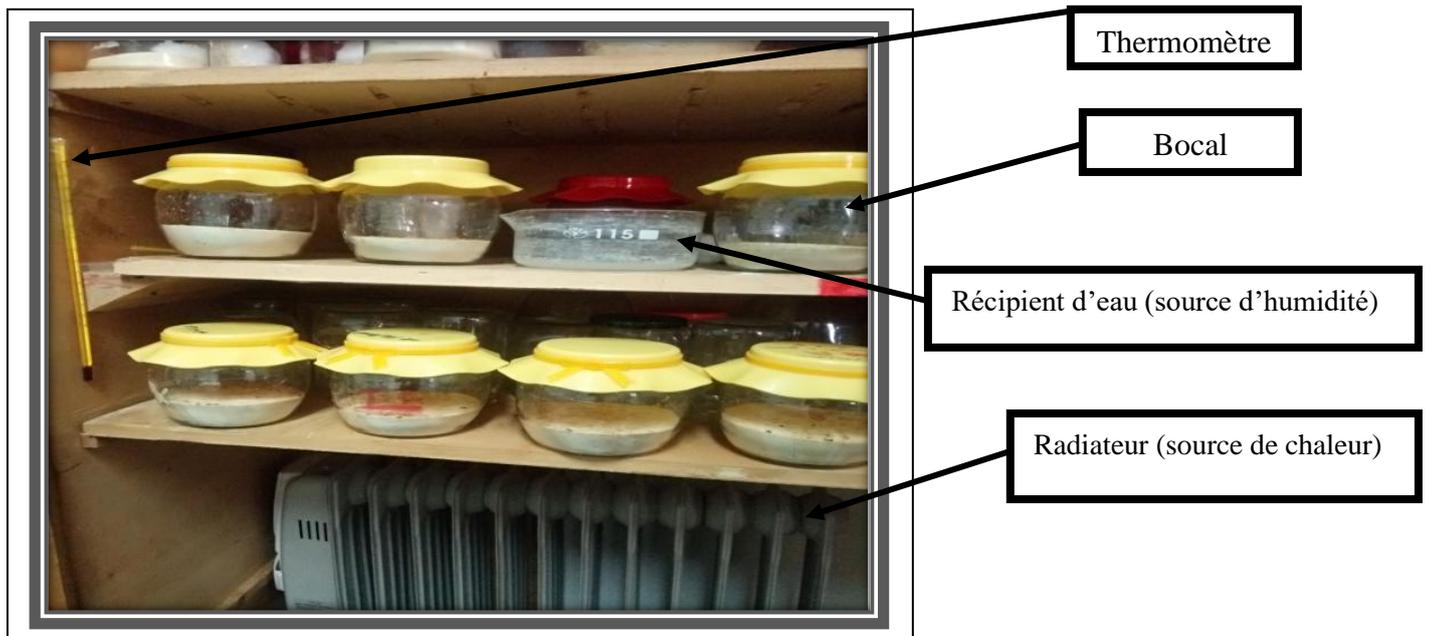


Figure n°6. – Chambre d'élevage de *T. castaneum* (photo originale)

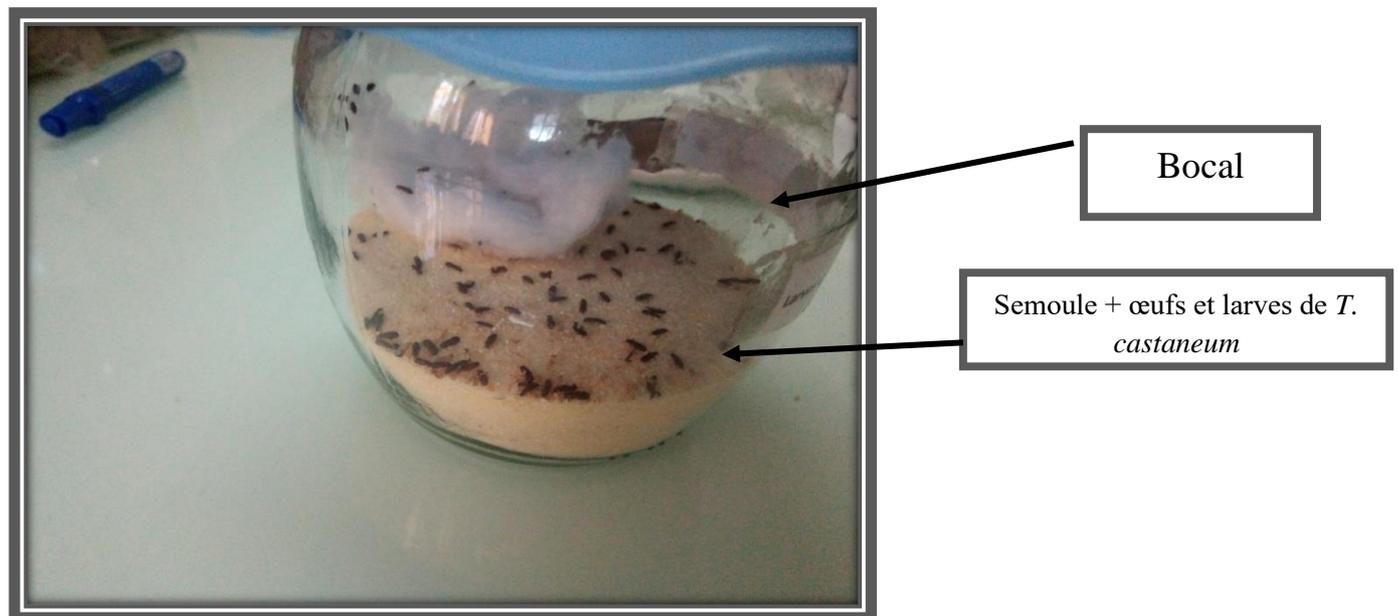


Figure n° 7. – Population de *T. castaneum* dans un bocal d'élevage (photo originale)



Figure n°8. –Étape d'élimination des adultes de *T. castaneum* de la première génération et préparation d'une nouvelle génération homogène (photo originale)

3. Matériel végétal

Les feuilles d'*Eucalyptus gomphocephala* utilisées pour l'extraction ont été récoltées à la ferme Sidi Belhaj Arib durant les mois de novembre et janvier 2020. Les feuilles d'*E. gomphocephala* ont été séchées à l'ombre au niveau du laboratoire pendant 7 à 10 jours. Les feuilles séchées sont ensuite cassées puis conservées dans des sacs en papier jusqu'à leur utilisation (fig. 09).



Figure n° 9. –les Feuilles d'*Eucalyptus gomphocephala* (photo originale)

4. Extraction de l'huile essentielle

L'extraction de l'huile essentielle a été effectuée au niveau du laboratoire de recherche << Eau– Roche– Plante >> de l'université Djilali Bounaama de Khemis-Miliana. La méthode utilisée est l'hydro-distillation à l'aide de l'appareil Clevenger (fig. 10). On introduit 50 grammes de feuilles séchées dans un ballon d'une capacité de 1 litre contenant de l'eau distillée. L'ensemble est porté à ébullition pendant 2h. Le chauffage est assuré par un Chauffe-ballon électrique d'une puissance de 350 w. Les vapeurs chargées d'huiles essentielles se condensent à leurs arrivées au niveau du réfrigérant et elles retombent sous forme de gouttelettes dans l'essencier en formant avec l'eau un mélange d'eau et d'huile (fig. 11) qui est récupérée dans une ampoule à décanter.

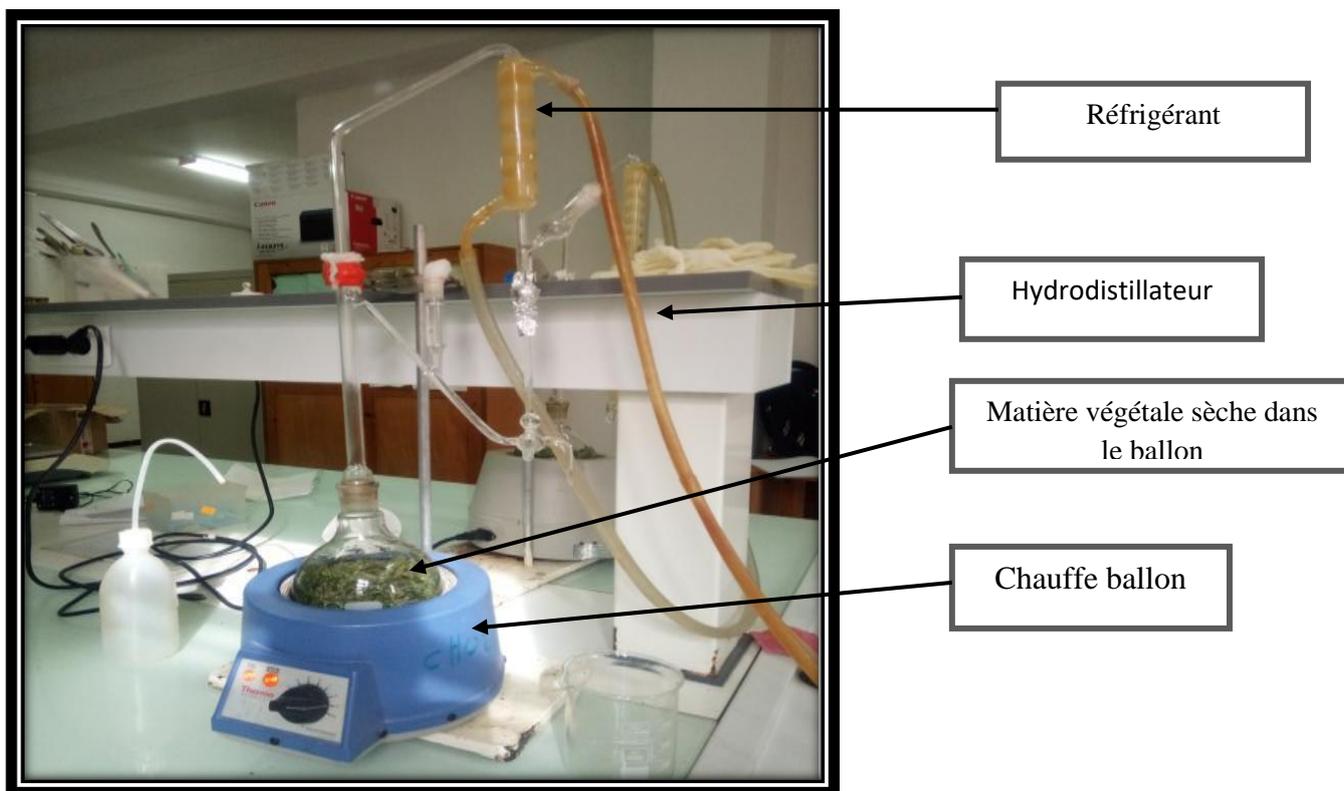


Figure n°10. - Dispositif d'extraction à l'aide d'un hydrodistillateur du type Clevenger (photo originale)

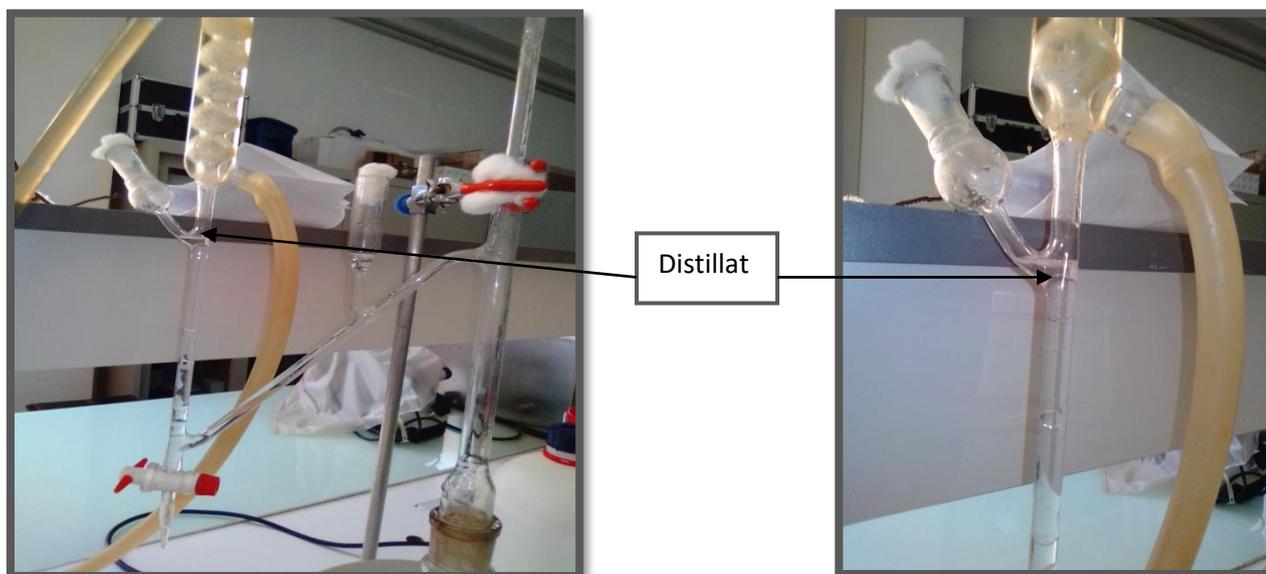


Figure n° 11. –Dispositif de récupération de l’huile essentielle

L’huile essentielle obtenue est conservée dans des petits flacons en plastique de 1 ml du type Ependorf, hermétiquement clos et recouvert avec du papier aluminium pour éviter tout risque d’altération et de dégradation de ces composantes (fig. 12). Les flacons sont mis dans un réfrigérant à 4°C pour conserver l’huile essentielle avant les traitements.

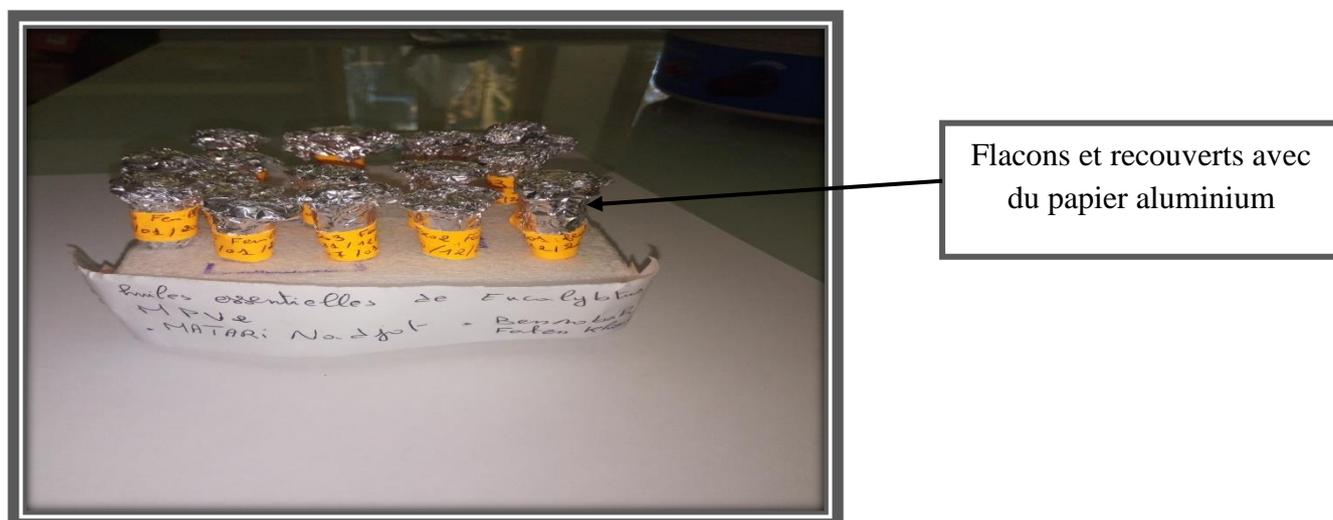


Figure n°12. – Conservation des huiles essentielles (photo originale)

4.1. Calcul de rendement

Le rendement en huiles essentielles et le rapport entre le poids de l’huile extraite et le poids du matériel végétal utilisé. Il est exprimé en pourcentage et il est calculé par la formule suivante :

$$R(\%) = (m1/m2) \times 100$$

Rdt % : rendement en huiles essentielles en %

M1 : masse en grammes d'huile essentielle.

M2 : masse en grammes de la matière végétale sèche.

5. Préparation des doses de traitement

Pour déterminer la fourchette réelle des doses à utiliser et les temps d'exposition aux huiles essentielles, on a opté par l'utilisation du test préliminaire. Il consiste à chercher les doses à appliquer qui donnent des mortalités proportionnelles aux doses appliquées. Le test a été réalisé sur dix individus tantôt sur les larves de *T. castaneum* dans des boîtes de pétrie à différentes doses tantôt sur les adultes.

Les doses retenues sont ceux qui ont donné des mortalités progressives et logiques de mortalité variant environ de 10 à 50% en doses 1 et 2 et 50% à 100% en doses 3 et 4 afin d'avoir une bonne droite de régression (Karahacane, 2015).

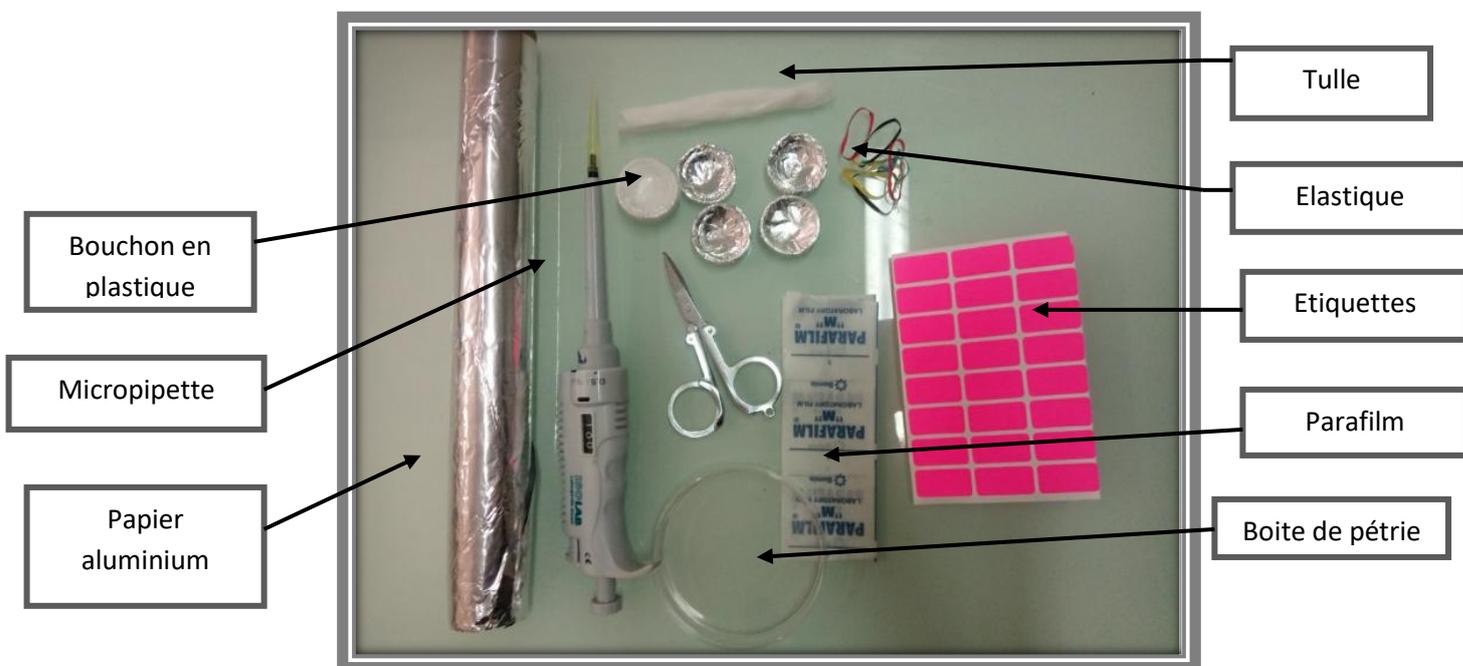


Figure n°13. -Matériel utilisé pour les traitements insecticides (photo originale)

6. Mode de traitement

Le traitement par inhalation consiste à étudier l'effet des huiles essentielles des feuilles de *Eucalyptus gomphocephala* sur la mortalité des adultes et les larves de *T. castaneum*. Les mortalités sont relevées après traitement durant plusieurs temps d'exposition de l'insecte à l'huile essentielle soit, 4h, 8h, 12h, 16h et 20h. Les résultats de mortalité sont reportés sur des tableaux 3 et 4. Les adultes et les larves de *T. castaneum* sont placés dans des boîtes de pétrie contenant chacune 10 individus. On met dans la boîte un bouchon de

Chapitre V : Matériels et Méthodes

dimensions 3 cm de diamètre × 0.5 de profondeur contenant l'huile essentielle brute. Nous notons qu'au paravent les bouchons ont été couverts par du papier aluminium et recouverts avec des morceaux de tulle (fig. 14) afin d'éviter que les individus d'y pénétrer. Les doses appliquées sont ceux qui ont été retenues après le test préliminaire soit, 50 μ l - 100 μ l - 150 μ l et 200 μ l pour les larves et 20 μ l - 40 μ l - 60 μ l et 80 μ l pour les adultes. L'ensemble des boîtes de pétrie préparées sont fermées avec du para-film (fig. 15) afin d'éviter l'évaporation des huiles essentielles et assurer une bonne efficacité des huiles essentielles. L'ensemble des boîtes sont numérotées et remis dans la chambre d'élevage sous les mêmes conditions de température et d'humidité que l'élevage de masse (fig. 16).

Trois répétitions et un témoin ont été effectués pour chaque dose et pour chaque temps d'observation. Les témoins n'ont reçu aucun volume d'huile essentielle, seulement de l'eau distillée stérilisée



Figure n°14. -Préparation des doses d'huile essentielle à l'aide d'une micropipette (Photo originale)

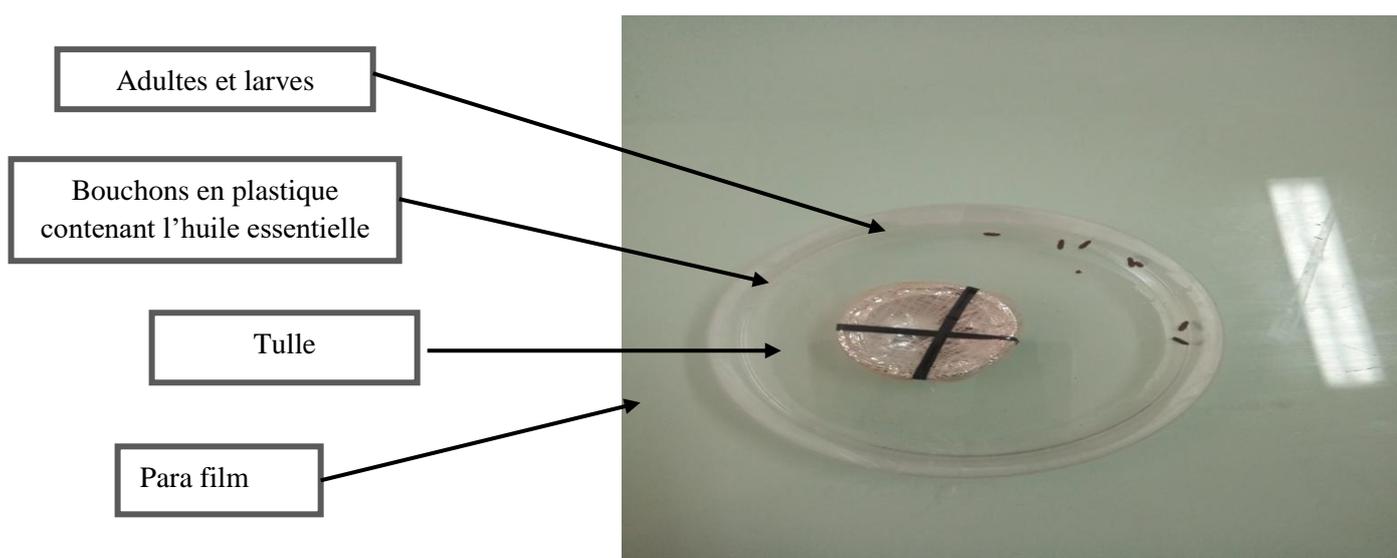


Figure 15. -Test inhalation appliqué dans une boîte de pétrie (photo originale)

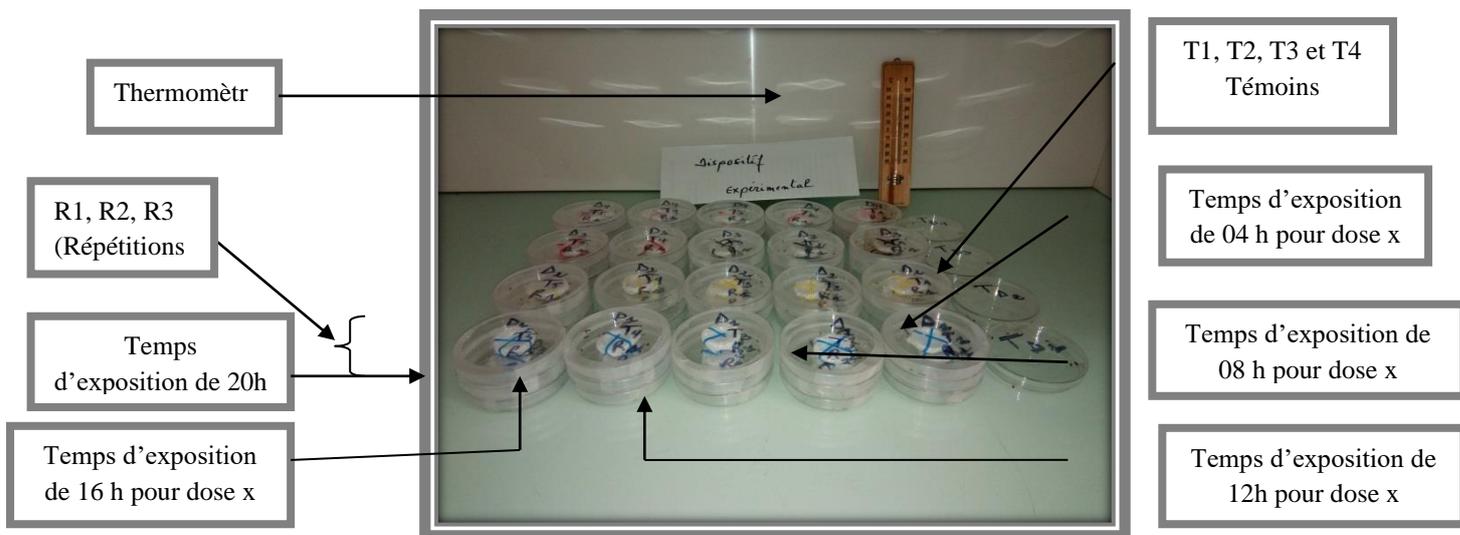


Figure 16. -Dispositif expérimentale d'un traitement par inhalation (Photo originale)

7. Résultats

7.1. Mortalités

Les résultats de mortalités moyennes en pourcentage (%) sont présentés dans les tableaux ci dessous.

7.2. Calcul des doses létales DL_{50} et DL_{90} et des temps létaux TL_{50} et TL_{90}

Pour estimer la DL_{50} et les DL_{90} et le TL_{50} et les TL_{90} (Doses et temps au bout desquels il y' a mortalité de 50% et de 90% de la population mise en élevage) on se sert de la transformation des pourcentages des mortalités corrigées en probit et de la transformation en logarithme décimal des doses et du temps (tableau n°02) (Cavelier, 1976).

Les transformations nous permettent par l'intermédiaire d'un logiciel Excel stat d'établir les droites de régression du type

$$Y = ax + b$$

Y= probit de mortalité corrigée.

X = logarithme de la dose ou du temps.

A partir de cette équation les DL_{50} et DL_{90} et les TL_{50} et TL_{90} sont déterminés.

Tableau 2. -Tableau de transformation du pourcentage en probit (Cavelier, 1976).

%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,87	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,5	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,8	4,82	4,85	4,87	4,9	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,05	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
	0,0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,75	7,75	7,88	8,09

Chapitre VI

Résultats et discussion

Chapitre VI : Résultats et discussion

1. Résultats

1.1. Rendement

Rendement en huiles essentielles des feuilles d'*Eucalyptus gomphocephala*.

$$R(\%) = m1/m2 \times 100$$

m1 = 25ml l'équivalent de 19 extractions

m2 = 930 g

$$R = 25/930g \times 100$$

$$R = 2,68\%$$

1.2. Mortalités

Les traitements des adultes et des larves de *T. castaneum* à l'aide des huiles essentielles d'*Eucalyptus gomphocephala* durant les différents temps d'observation 4h, 8h, 12h, 16h, et 20h ont donné des mortalités qui varient selon les doses appliquées et les temps d'exposition aux huiles essentielles. Les différentes valeurs de mortalités sont présentées sur les tableaux qui suivent.

1.2.1. Traitement sur les adultes

Nous donnons les différentes valeurs sur le tableau qui suit.

Tableau n°3: Moyennes de mortalités en % des adultes de *T. Castaneum* traités par inhalation avec l'huile essentielle d'*Eucalyptus gomphocephala*.

Mortalités moyennes des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> en pourcentage %					
	T	D ₁ = 20 µl	D ₂ = 40 µl	D ₃ = 60 µl	D ₄ = 80 µl
4h	0	13,33	16,66	33,33	56,66
8h	0	13,33	26,66	20	43,33
12h	0	16,66	43,33	53,33	66,66
16h	0	16,66	23,33	53,33	66,66
20h	0	20	30	40	60

Les résultats des mortalités moyennes obtenues varient de 13,33% à 66,66% (fig. 17). Elles ont commencé à apparaître dès le premier temps soit 4 h après traitement avec les huiles essentielles avec une mortalité moyenne de 13,33% en dose 1 et 16,66% en dose 2 et jusqu'à 33,33% et 56,66% respectivement en dose 3 et dose 4. Ensuite elles évoluent à 66,66% à 12h et 16h en dose 4, et 60% à 20 h en dose 4.

1.2.2. Traitement sur les larves

Nous donnons les différentes valeurs des moyennes de mortalité sur le tableau qui suit.

Tableau n°4. -Moyennes de mortalités en % des larves de *T. castaneum* traitées par inhalation avec l’huile essentielle d’*Eucalyptus gomphocephala*.

Mortalités moyennes des larves de <i>Tribolium castaneum</i> en pourcentage %					
	T	D ₁ = 50µl	D ₂ = 100µl	D ₃ = 150µl	D ₄ = 200 µl
4h	0	6,66	20	43,33	53,33
8h	0	6,66	33,33	46,66	60
12h	0	6,66	56,66	63,33	63,33
16h	0	23,33	60	66,66	63,33
20h	0	23,33	63,33	66,66	80

Les résultats des mortalités moyennes obtenues varient de 6,66% à 53,33% (fig. 18). Elles ont commencé à apparaître dès le premier jour soit 4 h après traitement avec les huiles essentielles avec une mortalité moyenne de 6,66% en dose 1 et 20% en dose 2 et jusqu’à 43,33% et 56,66% respectivement en dose 3 et dose 4. Ensuite elles ont évolué à 63,33% à 12h et 16 h en dose 4 pour atteindre 80% à 20 h en dose 4.

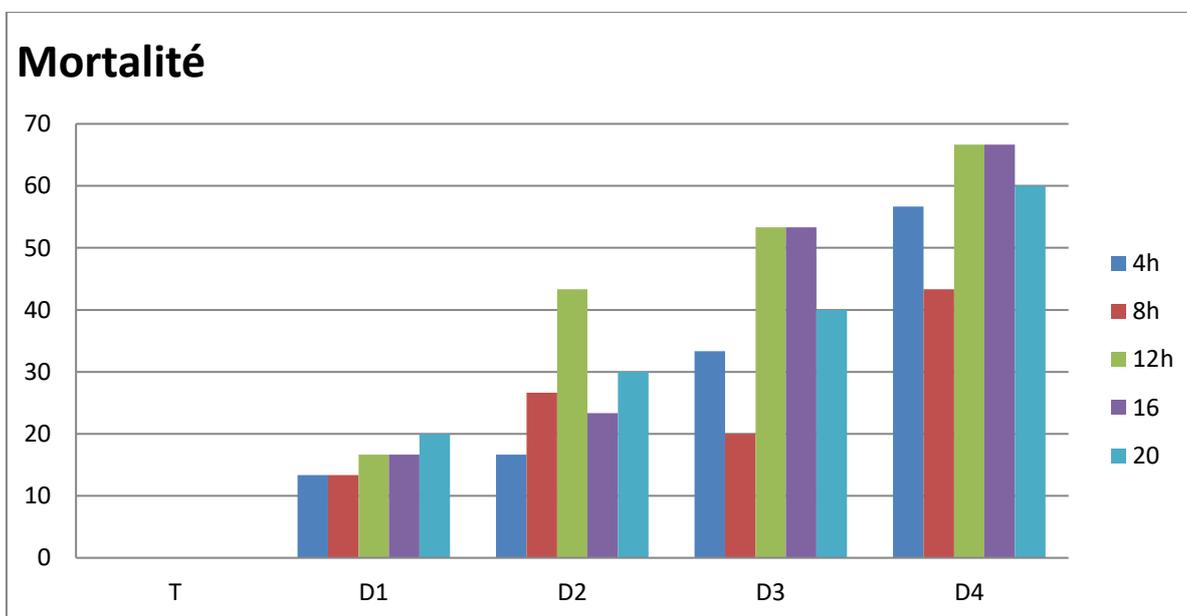


Figure n°17. -Moyennes des mortalités en % des adultes de *Tribolium castaneum* traités par inhalation par l’huile essentielle des feuilles d’*Eucalyptus gomphocephala*

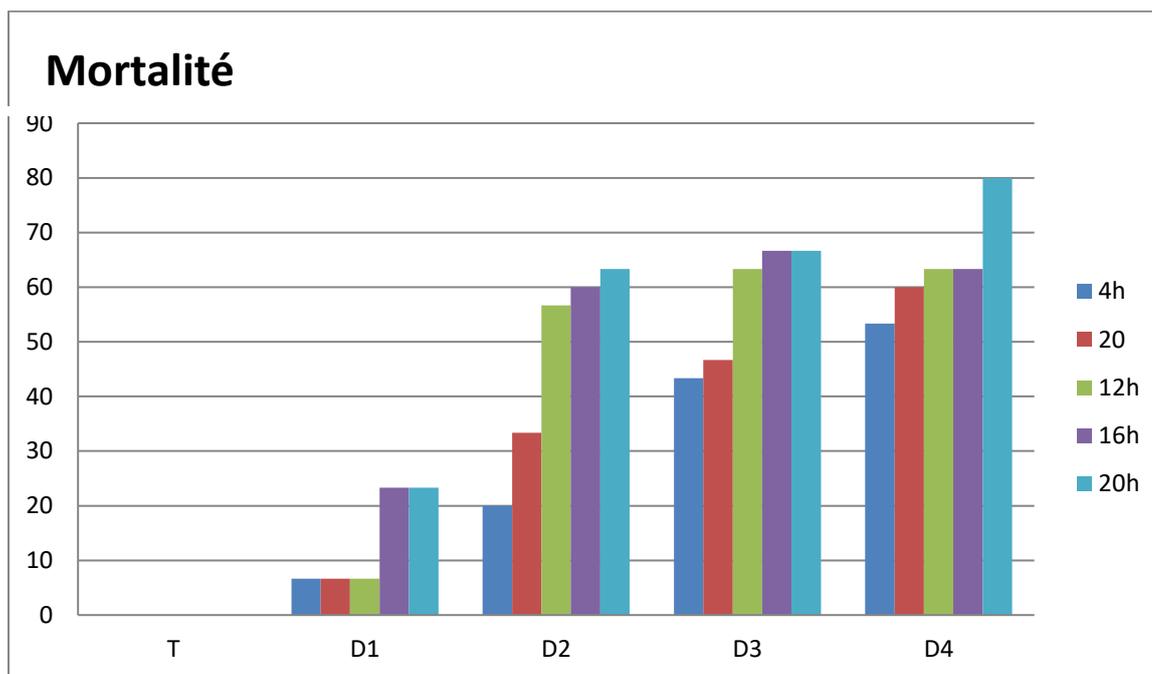


Figure n°17. - Moyennes des mortalités en % des larves de *Tribolium castaneum* traitées par inhalation par l'huile essentielle des feuilles d'*Eucalyptus gomphocephala*

1.3. Calcul des DL₅₀ et DL₉₀

Toutes les valeurs des DL₅₀ et DL₉₀ sont calculées à partir des tableaux (tableau 03 et 04), résumant les valeurs moyennes de mortalités transformées en probit et les doses en logarithmes décimaux.

1.3.1. DL₅₀ et DL₉₀ pour les adultes

Tableau n° 5. - Transformation des doses en log dose et les moyennes de mortalité en probit pour le différents temps d'observation

Après 4 h de traitement			
Doses	Log dose	Moyenne de mortalité	Probit
D1	1,30	16,33	4,020
D2	1,60	16,66	4,023
D3	1,77	33,33	4,564
D4	1,90	56,66	5,152
Après 8 h de traitement			
Doses	Log dose	Moyenne de mortalité	Probit

D1	1,30	13,33	3.884
D2	1,60	26,66	4,365
D3	1,77	20	4.160
D4	1,90	43,33	4,823
Après 12h de traitement			
Doses	Log dose	Moyenne de mortalité	Probit
D1	1,30	16,66	4,020
D2	1,60	43,33	4,823
D3	1,77	53,33	5,081
D4	1,90	66,66	5,412
Après 16 h de traitement			
Doses	Log dose	Moyenne de mortalité	Probit
D1	1,30	16,66	4,020
D2	1,60	23,33	4,265
D3	1,77	53,33	5,081
D4	1,90	66,66	5,412
Après 20 h de traitement			
Doses	Log dose	Moyenne de mortalité	Probit
D1	1,30	20	4,160
D2	1,60	30	4,480
D3	1,77	40	4,750
D4	1,90	60	5.250

1.3.1.1. Les droites de régression

Les différentes valeurs présentées sur les tableaux ci-dessus ont servi à établir les droites de régression DL₅₀ et DL₉₀ pour les larves et les adultes de *T. castaneum* et les équations de régression (fig. 19) (fig. 20) à partir des figures suivantes.

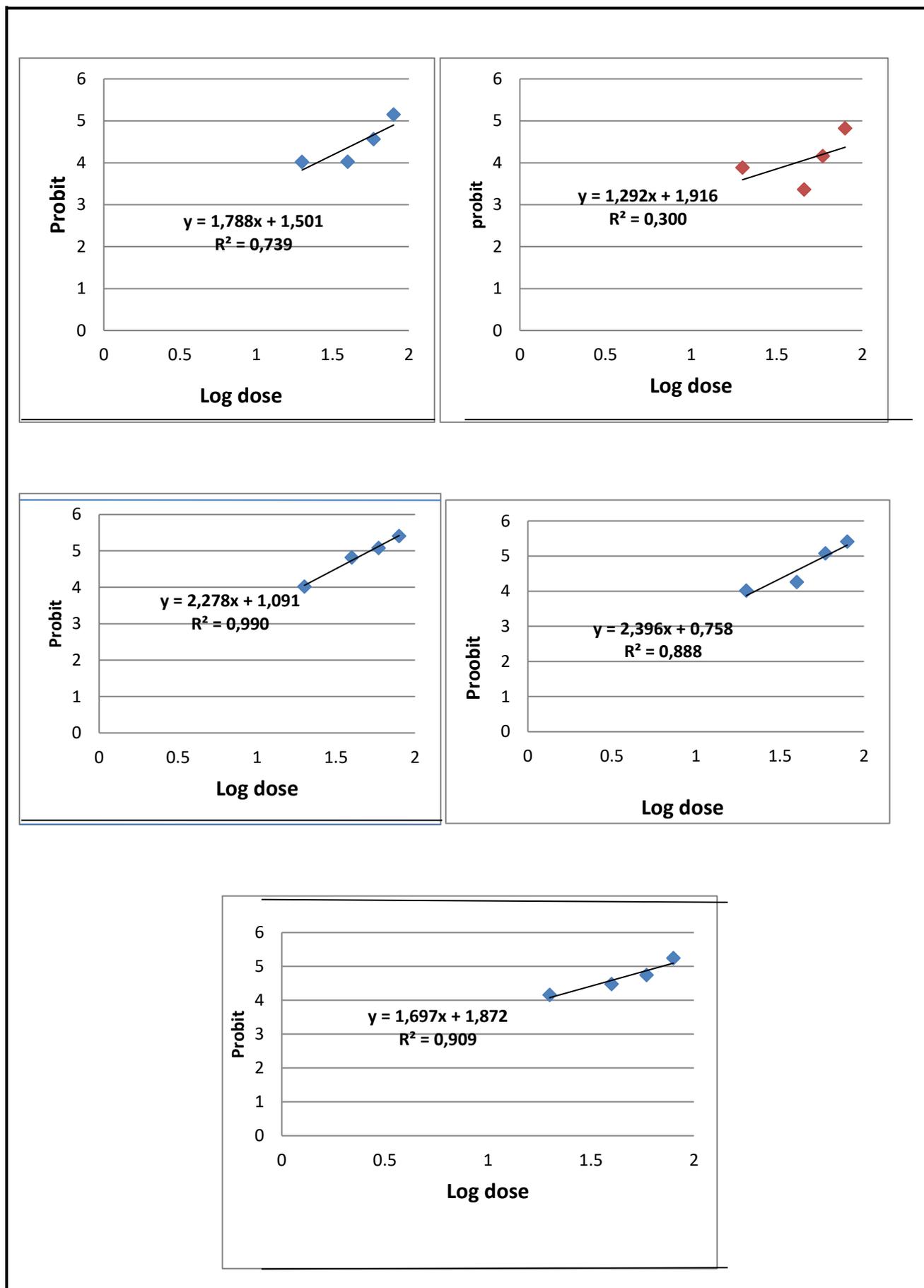


Figure n°18. -Efficacité de l'huile essentielle d'*Eucalyptus gomphocephala* après 4h, 8h, 12h, 16h et 20h de traitement par inhalation chez *Tribolium castaneum* chez les adultes

1.3.2. DL₅₀ et DL₉₀ pour les larves

Tableau n°6. -Transformation des doses en log dose et les moyennes de mortalité en probit pour les différents temps d'observation

Après 4 h de traitement			
Doses	Log dose	Moyenne de mortalité	Probit
D1	1,698	6,66	3,49
D2	2	20	4,16
D3	2,176	43,33	4,823
D4	2,301	53,33	5,081
Après 8 h de traitement			
Doses	Log dose	Moyenne de mortalité	Probit
D1	1,698	6,66	3,49
D2	2	33,33	4,564
D3	2,176	46,66	4,902
D4	2,301	60	5,250
Après 12h de traitement			
Doses	Log dose	Moyenne de mortalité	Probit
D1	1,698	6,66	3,49
D2	2	56,66	5,152
D3	2,176	63,33	5,332
D4	2,301	63,33	5,332
Après 16 h de traitement			
Doses	Log dose	Moyenne de mortalité	Probit
D1	1,698	23,33	4,265
D2	2	60	5,250
D3	2,176	66,66	5,412
D4	2,301	63,33	5,332

Après 20 h de traitement			
Doses	Log dose	Moyenne de mortalité	Probit
D1	1,698	23,33	4,265
D2	2	63,33	5,332
D3	2,176	66,66	5,412
D4	2,301	80	5,840

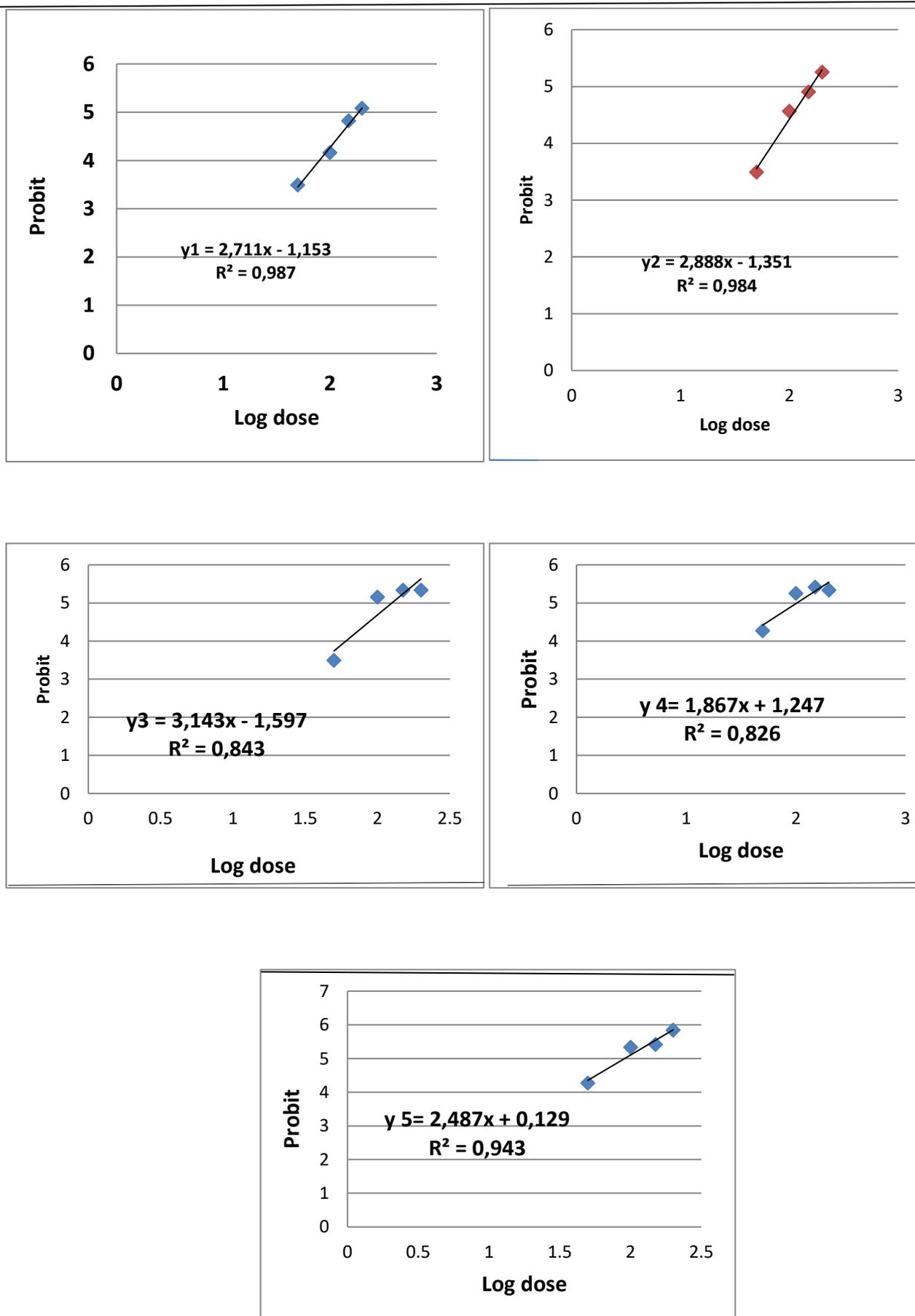


Figure n°20. - Droites de régression des Probit en fonction des Log Doses pour les différents temps d'observation chez les larves

Chapitre VI: Résultats et discussion

Ainsi après calcul, nous présentons toutes les équations issues des droites de régression sur le tableau qui suit :

1.4. Calcul DL₅₀ et DL₉₀ pour les adultes et les larves

Tableau n°7. - Différentes équations issues des droites de régressions pour les adultes et les larves de *Tribolium castaneum*.

Les individus	Droites de régressions	DL ₅₀ en µl	DL ₉₀ µl
Adulte	Y1=1,788x + 1,501	90,364	469,874
	Y2=1,292x + 1,916	243,220	2382,319
	Y3=2,278x + 1,091	51,880	189,234
	Y4=2,396x + 0,758	58,884	201,372
	Y5=1,697x + 1,872	69,662	395,366
Larve	Y1=2,711x - 1,153	185,780	550,807
	Y2=2,888x - 1,351	158,124	438,530
	Y3=3,143x - 1,597	125,314	320,626
	Y4=2,487x + 0,129	90,782	495,450
	Y5=1,867x + 1,247	102,329	297,166

D'après les droites de régression (fig. 19) (fig. 20) et les équations (tableau n°7), les DL₅₀ trouvées des adultes semblent plus ou moins correctes où les valeurs se rapprochent de l'intervalle des doses utilisées pour le traitement soit (20µl-80µl). Ainsi la meilleur DL₅₀ trouvées est de 51,880µl suivie de 58,884µl respectivement après 12h et 16h de traitement. Pour les DL₉₀, les meilleures valeurs sont 189,234µl et 201,372µl après 12h et 16h de traitement. Chez les larves, les DL₅₀ d'après les meilleures doses létales sont ceux obtenues durant le 4^{ème} et 5^{ème} temps d'observation soient 90,782µl et 102,329µl. Pour les DL₉₀ seule 297,166µl durant le 5^{ème} temps semble meilleur.

1.5. Calcul des TL₅₀ et TL₉₀

Les TL₅₀ et les TL₉₀ sont calculées directement à partir des droites de régressions (fig. 21) (fig. 22) aux différentes doses appliquées des huiles essentielles d'*Eucalyptus gomphocephala*.

1.5.1. TL₅₀ et TL₉₀ pour les adultes

Tableau n°8. - Transformation des temps en log temps et les moyennes de mortalité en probit pour les différents doses appliquées

Dose 1			
temps	Log de temps	Moyenne de mortalité	Probit
4	0,602	13,33	3,884
8	0,903	13,33	3,884
12	1,079	16,66	4,02
16	1,204	16,66	4,02
20	1,301	20	4,16
Dose 2			
temps	Log de temps	Moyenne de mortalité	Probit
4	0,602	16,66	4,02
8	0,903	26,66	4,365
12	1,079	43,33	4,823
16	1,204	23,33	4,265
20	1,301	30	4,48
Dose 3			
temps	Log de temps	Moyenne de mortalité	Probit
4	0,602	33,33	4,564
8	0,903	20	4,16
12	1,079	53,33	5,081
16	1,204	53,33	5,81
20	1,301	40	4,75

Dose 4			
temps	Log de temps	Moyenne de mortalité	Probit
4	0,602	56,66	5,152
8	0,903	43,33	4,823
12	1,079	66,66	5,412
16	1,204	66,66	5,412
20	1,301	60	5,25

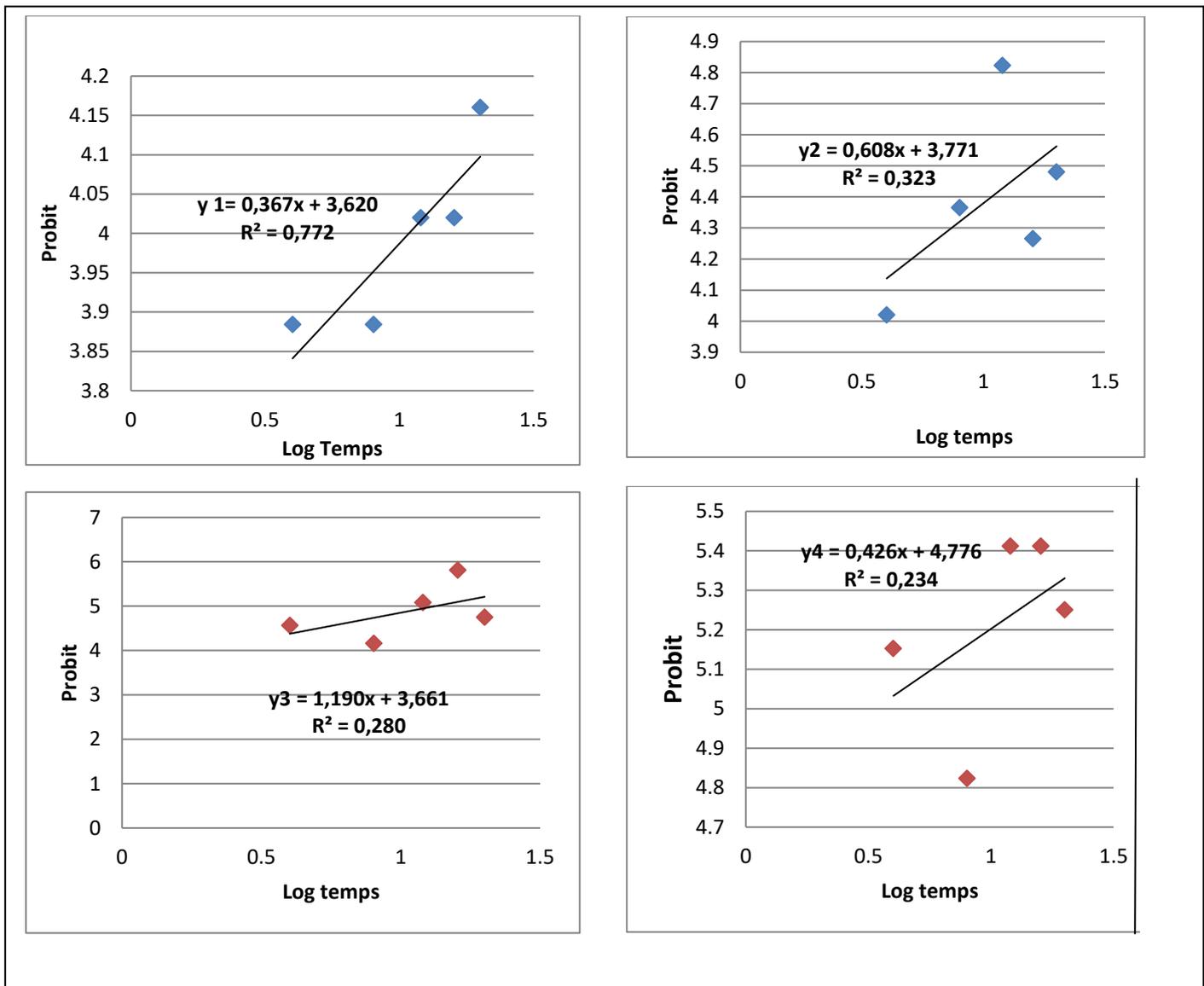


Figure n°21. - Droites de régression des Probit en fonction des Log temps pour les différentes doses chez les adultes

1.5.2. TL50 et TL90 pour les larves

Tableau n°9. - Transformation des temps en log temps et les moyennes de mortalité en probit pour les différents doses appliquées.

Dose1			
temps	Log de temps	Moyenne de mortalité	Probit
4	0,602	6,66	3,490
8	0,903	6,66	3,490
12	1,079	6,66	3,490
16	1,204	23,33	4,265
20	1,301	23,33	4,265
Dose2			
temps	Log de temps	Moyenne de mortalité	Probit
4	0,602	20	4,16
8	0,903	33,33	4,564
12	1,079	56,66	5,152
16	1,204	60	5,25
20	1,301	63,33	5,332
Dose3			
temps	Log de temps	Moyenne de mortalité	Probit
4	0,602	43,33	4,823
8	0,903	46,66	4,902
12	1,079	63,33	5,332
16	1,204	66,66	5,412
20	1,301	66,66	5,412
Dose4			

Chapitre VI: Résultats et discussion

temps	Log de temps	Moyenne de mortalité	Probit
4	0,602	53,33	5,081
8	0,903	60	5,25
12	1,079	63,33	5,332
16	1,204	63,33	5,332
20	1,301	80	5,84

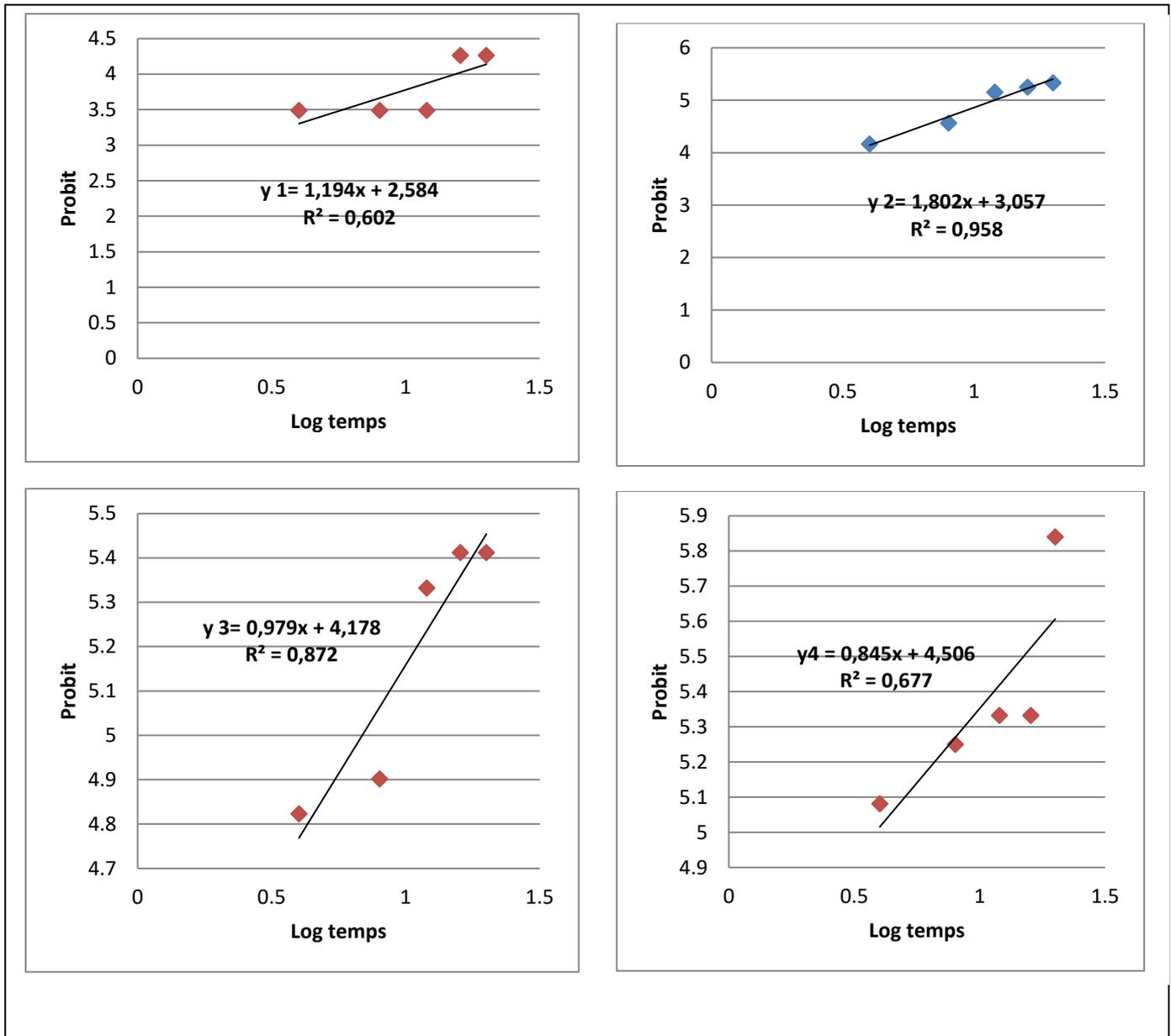


Figure n°22. -Droites de régression des Probit en fonction des Log temps pour les différentes doses appliquées chez les larves

Ainsi après calcul, nous présentons toutes les équations issues des droites de régressions sur le tableau qui suit :

1.5.3. Calcul des TL₅₀ et TL₉₀ pour les adultes et les larves

Tableau n°10. -Différentes équations issues des droites de régressions pour les adultes et les larves de *Tribolium castaneum*

Les individus	Droites de régressions	TL ₅₀ (h)	TL ₉₀ (h)
Adulte	Y1=0,608x + 3,771	104,954	13365,955
	Y2=0,426 + 4,776	5754,399	17660378,21
	Y3=1,190 + 3,661	13,335	158,489
	Y4=0,367 + 3,620	3,349	3388,441
Larve	Y1=1,194x + 2,584	105,438	1244,514
	Y2=1,802x + 3,057	11,967	61,376
	Y3=0,979x + 4,178	6,902	140,281
	Y4=0,845x + 4,506	3,837	125,602

D'après les droites de régression (fig. 21) (fig. 22), les meilleurs temps létaux trouvés pour les adultes sont ceux qui sont les plus courts. Nous retenons ceux obtenus dans les doses 3 et 4 avec des valeurs de 13,33 h et 3,34 h pour les TL₅₀ et 158,489 h pour les TL₉₀.

Les meilleurs temps létaux pour les larves sont toujours les plus courts. Nous retenons ceux obtenus dans les doses 2, 3 et 4 avec des valeurs respectives de 3,837 h, de 6,902 h et de 11,967 h pour les TL₅₀ et la dose 2 avec la valeur de 61,376 h pour les TL₉₀.

2. Discussion

L'étude de l'activité insecticide par inhalation de l'huile essentielle d'*Eucalyptus gomphocephala* extraite des feuilles sur l'insecte ravageur du blé en post-récolte *Tribolium castaneum*, nous a permis d'avoir plusieurs résultats originaux et en déduire des conclusions. Comme il y'a peu de travaux effectués sur cette espèce d'*Eucalyptus gomphocephala*, on s'est contenté de comparer nos résultats avec d'autres espèces voisines appartenant au même genre que l'*Eucalyptus*.

En premier lieu on a comparé 2,68 % du rendement trouvé durant notre étude avec quelques espèces d'*Eucalyptus*. Ces dernières présentent des rendements très variés, 2,3 % avec *E. grandis*. (Messoudia et al., 2017), 1,31 % avec *E. globulus* (Li et al., 1996 ; Silvestre et al., 1997) et 3,24 % avec *E. citriodora* (Anatole et al., 2013). Par contre le rendement en huiles essentielles d'*E. gomphocephala* trouvé durant notre expérimentation semble presque identique avec celui trouvé par Auteur (15) chez *E. tereticornis* avec une valeur de 2.3 %.

Les mortalités moyennes des adultes provoquées par les huiles essentielles des feuilles varient en fonction des doses et du temps. Elles ont commencé à apparaître dès le premier temps d'observation (4h) après traitement en doses 1, 2, 3 et 4 avec des valeurs respectives de 13,33, 16,66, 33,33 et 56,66 % pour évoluer durant le 2^{ème} et le 3^{ème} temps d'observation avec des valeurs progressives de 16,66 et 43,33 % et 16,66 et 23,33 % en dose 1 et 2 pour atteindre un maximum durant le 4^{ème} temps d'observation de 53,33 % en dose 3 et 66,66 % en dose 4. Selon Karahacane (2015) Les mortalités ont atteint 100 % à une dose de 80 µl au 3^{ème} jour d'exposition chez l'espèce *E. globulus* avec les huiles essentielles extraites à partir des feuilles. Pour la même espèce un autre travail d'effet insecticide effectué par 7. Il a trouvé des mortalités moyennes de 90 % à l'aide des doses équivalentes de 0,5 µl/cm² chez les adultes de fumigation à l'aide d'*Eucalyptus citriodora* (Annick et al., 2015) et *Eucalyptus sp* (Nattudurai et al., 2012). Les valeurs de mortalité moyennes trouvées sont respectivement de 72 % et 99,30 % après 15 jours de traitement. Chez les larves, les mortalités ont commencé à apparaître dès le premier temps d'observation (4h) après traitement en doses 1, 2, 3 et 4 avec des valeurs respectives de 6,66, 20, 43,33 et 53,33 % pour évoluer durant le 2^{ème} et le 4^{ème} temps d'observation avec des valeurs progressives de 33,33 et 46,66 % et 56,66 et 63,33 % en doses 2 et 3 pour atteindre un maximum durant le 5^{ème} temps d'observation de 66,66 % dose 3 et de 80 % en dose 4. Ces valeurs de mortalité semblent plus importantes pour les larves que celles trouvées chez les adultes. Chez toujours *E. globulus*, les mortalités moyennes de 100 % ont nécessité 21 jours d'exposition des larves à la poudre des feuilles à la dose de 0.05 g, 16 jours d'exposition à la dose de 0,1 g et 8 jours à la dose de 2 g (Anita et al., 2012) n° 101.

Chapitre VI: Résultats et discussion

Chez les larves, les mortalités provoquées par les solutions éthanoliques extraites à partir des feuilles d'*Eucalyptus glauca* à l'aide de traitement par fumigation sont de l'ordre de 100% à la concentration de 100% de la solution mère après 24 h d'exposition (Yadav et al., 2019).

Les meilleures doses létales relatives au traitement des adultes par les feuilles d'*Eucalyptus gomphocephala* sont $DL_{50} = 51,880$ et $DL_{50} = 58,884 \mu l$ trouvées respectivement après 12 et 16 h de traitement chez les adultes. Par contre chez les larves, les meilleures doses létales sont $DL_{50} = 90,782$ et $DL_{50} = 102,329$ trouvées après 16 et 20 h de traitement. Selon Annick et al., (2015), les DL_{50} trouvées chez l'*Eucalyptus citriodora* sur *T. castaneum* sont de l'ordre de $2 \mu l/cm^2$. Selon Benzaddine (2010) et Taponjoui et al., (2005) les DL_{50} trouvées respectivement sur le genre *Eucalyptus* à l'aide du traitement par contact sont de l'ordre de $0,29 \mu l/cm^2$ et $0,48 \mu l/cm^2$.

Les meilleurs temps létaux trouvés durant notre expérimentation pour tuer 50 % des populations des adultes sont 13,335 h et 3,349 h en doses 3 et 4. Chez les larves, les meilleurs TL_{50} trouvés sont 11,967 h, 6,902 h et 3,837 h en doses 2, 3 et 4. Les TL_{50} sont de l'ordre de 28, 02 jours à l'aide des huiles essentielles extraites à partir des feuilles d' *E. globulus* à l'aide du traitement par inhalation sur les adultes de *T. castaneum* (Karahacane, 2015) ce qui donne une activité potentielle des huiles essentielles d'*E. gomphocephala* avec les temps létaux très courts trouvés.

Conclusion

Conclusion

L'étude menée durant cette étude avait pour objectif l'activité insecticide par inhalation des huiles essentielles des feuilles d'*Eucalyptus gomphocephala* sur les larves et les adultes de *Tribolium castaneum* dans les conditions du laboratoire en calculant les taux mortalité en fonction des doses et du temps, les DL₅₀ et les DL₉₀ et les TL₅₀ et les TL₉₀.

A travers les résultats obtenus durant l'essai expérimental, on conclue que :

Le rendement en huiles essentielles des feuilles d'*Eucalyptus gomphocephala* extraites par la méthode d'hydro-distillation obtenu est de 2,68 %.

L'huile essentielle de la plante étudiée s'est montrée toxique à l'aide du traitement par inhalation vis-à-vis des larves et des adultes de *T. castaneum* à des doses de 50µl, 100µl, 150µl et 200µl pour les larves et 20µl, 40µl, 60µl et 80µl pour les adultes.

On conclue que les mortalités des larves et les adultes de *Tribolium castaneum* varient en fonction des doses appliquées et du temps d'exposition.

En effet, les taux de mortalité les plus élevés provoqués par les feuilles sur les adultes sont enregistrés durant le 12 h et 16 h avec 66,66% en doses 80µl. Les mortalités des larves traitées par les feuilles commencent à apparaître à partir du 1^{er} temps d'observation (après 4 h de traitement) en dose 1 (50µl)

Les meilleurs résultats de dose létale pour tuer 50% de population des adultes de *T. castaneum* avec huile essentielle des feuilles sont 51,880 µl, 58,884 µl et 189,234 µl, 201,372 µl pour tuer 90 %. Chez les larves, elles sont de 90,782 h, 102,329 h pour la DL₅₀ et 297,166 h Pour la DL₉₀.

Les taux létaux varient selon les doses. Les meilleurs temps obtenus pour les adultes traitées avec les huiles essentielles sont 13,335 h et 3,349 h en TL₅₀ et 158,489 h en TL₉₀ chez les adultes. Chez les larves, elles sont de 11,769 h, 6,902 h et 3,397 h en TL₅₀ et 61,367 h en TL₉₀.

En perspective, nous projetons :

- De généraliser le test avec les autres traitements (contact, ingestion et fumigation)
- Travailler également avec les autres parties de plante (écorce, grains)
- D'utiliser aussi les autres extraits (extraits aqueux) de différentes parties de plante
- D'améliorer et de compléter cette étude avec le traitement des œufs.
- D'utiliser un dispositif d'élevage adéquat où les conditions de température et d'humidité sont bien contrôlées.

Conclusion

- De penser à l'avenir à valoriser les huiles essentielles en étudiant la composition et la possibilité de leur formulation où plusieurs chercheurs doivent être associés (Chimistes-Biochimiste-Botaniste et Phytopharmacies).

References bibliographiques

Références bibliographiques

1. **Abbott WS. 1925.** -A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J Econ Entomol* 18: 265-67
2. **Abdelgaleil SAM., 2008.** - Abbassy MA, Belal ASH, Abdel-Rasoul MAA. 2008. Bioactivity of two constituents isolated from the essential oil of *Artemisia judaica* L. *Bioresource Technol* 99: 5947-5950.
3. **Abou Zaid, E. N., 1988.** -Aromatic and medicinal plants—their agricultural and medicinal products. El-Dar El-Arabia for Publishing, Cairo.
4. **Afnor (2000).** -Huiles essentielles. Echantillonnage et méthodes d'analyse (Tome 1) –Monographies relatives aux huiles essentielles (Tome 2. Volumes 1 et 2).
5. **Agence Française de Sécurité Sanitaire des produits de santé (AFSSAPS).**
Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles.
Contribution pour l'évaluation de la sécurité des produits cosmétiques contenant des huiles essentielles. Mai 2008.
6. **Aguilar J et Faval A., 2004.** -Glossaire entomologique : la bibliothèque du naturaliste. Ed, Lavoisier. 179p.
7. **Arthur F.H., 1996.** -Grain protectants : Currentstatus and prospects for the Coleoptera. *J.Stored . Prod.Res.*, Vol.32., pp293-203.
8. **Attia FI, FreckerT. 1984.** -Cross-resistance Spectrum and Synergism Studies in Organophosphorus-resistant Strains of *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Cucugidae) in Australia. *J Econ Entomol* 77:1367-1370.
9. **Aziez M., Hammadouche O., Mallem S. et Tacherifet S., 2003.** -Le guide pratique pour l'agréeur céréales et légumineuses alimentaires. C. N. M. Z, Algérie, 55p.
10. **Babarinde S.A, Akynyemi AO, Usman LA, Sangodele AO, Lyiola OO., 2014.** -Toxicity and repellency of *Hoslundia OPPOSITA* Vahl (Lamiaceae) lesves essential oils against rust-red flour beetle, *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera : Tenebrionidae). *Natural Prod Res* 28: 365-371.
11. **Badasa S, BufeboT, Derbe T, W-Mariam Y., 2014.** -Physico-chemical analysis of essential oil of *Lantana camara* L. of Mekelle, Ethiopia. *World J Phar and Phar Sci* 10: 1349-1357.
12. **Balachowsky S., 1962-** Entomologie appliquée à l'agriculture. Ed. Masson et Cie, Paris. Tome I. pp 378-392.
13. **Beard J. S. (1990).** - *Plant life of Western Australia*. Kangaroo Press, Sydney, NSW.
14. **Belaiche P., 1979.** -Traité de phytothérapie et d'aromathérapie. L'aromatogramme Tome I, Edition Maloine.

Références bibliographiques

15. **Berhaut P., Le Bras A., Niquet G et Griand P., 2003.** - Stockage et Conservation des grains à la ferme. Ed. Tec et Doc, ARVALIS, institut du végétal, Paris, 108p.
16. **Bernard P., 2006.** -La lutte biologique contre les organismes nuisibles à l'agriculture. Insecte Sci.Universi., Alger., pp 136-137.
17. **Bessot J.C., et Metz-Favre C. de Blay F et Pauli G., 2011.** -Acarien de stockage et acariens pyroglyphides : ressemblances, différences et conséquence pratiques. Revue française d'allergologie 51 ; 607-621pp.
18. **Boland D., Brooker M., Chippendale G., Hall N., Hyland B., Johnston R., Kleinig D., -McDonald M. et Turner J. (2006).** - Forest trees of Australia. CSIRO Publishing, Collingwood, Victoria.
19. **Bonnafous C., 2013-** Traité scientifique aromathérapie aromatologie et aromachologie.
20. **Bouda H, Taponjou LA, Fontem DA, Gumedzoe MY. 2001.** Effect of essential oils leaves of *Ageratum conyzoides*, *Lantana camara* and *Chromolaena odorata* on the mortality of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae). J Stored Prod Res 37: 103-109.
21. **Boutekedjiret C, Belabbes R, Bentahar F, Bessiere J M, et Rezzoug S. A., (2004).** Isolation of rosemary oils by different processes. J. Essent. Oil Res, Vol. 16, pp: 195–199.
22. **Brooker M. & Kleinig D. (1990).** -*Field Guide to Eucalypts, South Western and Southern Australia.* Inkata Press, Melbourne.
23. **Bruneton J (1999).** - «Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3^{ème} édition». Ed. TEC et DOC, Paris. 50 p.
24. **Bruneton J., 1993.** -Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Lavoisier., Paris, 623p.
25. **Bruneton J., 2016.** - Pharmacognosie - Phytochimie, plantes médicinales - (5^o Edition). Lavoisier.
26. **Calmont B et Soldati F (2008).** Découverte de *Tribolium madens* (Charpentier, 1825) dans le département du Puy-de-Dôme (France) ; clé de détermination et distribution des espèces du genre *Tribolium* en France. ResearchGate. T. XVII (2).pp1-8.
27. **Camara A. 2009** - Lutte contre *sitophilus oryzae* et *Tribolium castaneum* dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en Basse guinée et l'utilisation des huiles essentielles végétales. Thèse de doctorat, université de Québec, Montréal., 142p.
28. **Campbell J-F., Hagstrum D.W., (2002)-** Patch exploitation by *Tribolium castaneum*: movement patterns, distribution, and oviposition .Journal of Stored Products Research, 38 (2002). pp 55- 68.
29. **Carlos J., 2006.** -Exposition humaine aux pesticides:un facteur de risque pour le suicide au Brésil. Vertigo. Revue en science de l'environnement, 7- 18pp.

Références bibliographiques

- 30. Charles P., 2014**-Les huiles essentielles et leur expérimentations dans les services hospitaliers de France : exemples d'application en gériatrie-gérontologie et soins palliatifs. Thèse de doctorat en pharmacie, université de Lorraine. 253p.
- 31. Chenni M., 2016.** -Etude comparative de la composition chimique et de l'activité biologique de l'huile essentielle des feuilles du basilic, *Ocimum basilicum*, extraite par hydro-distillation. Thèse de doctorat en sciences. Université d'Oran. Ahmed Ben Bella, 160p.
- 32. Chowdhury JU, Chandra-Nandi N, Islam-Bhuiyan MDN. 2007.** Chemical composition of leaf essential oil of *Lantana camara* L. from Bangladesh. *Bangladesh J Bot* 36 :193-194.
- 33. Christine B., 2001.** -Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux, guide pratique. 2^{ème} Edition. pp124-154.
- 34. Coates D., Keighery G. & Broadhurst L. (2002).** - Genetic and morphological variation, and the mating system in tuart. . In: *Tuart (Eucalyptus gomphocephala) and Tuart Communities*. (eds B. Keighery and V. Longman) pp. 89-107. Perth Branch Wildflower Society of Western Australia (Inc.), Nedlands, Western Australia.
- 35. Couic-Marinier F., Lobstein A., 2013.** -Les huiles essentielles gagnent du terrain à l'officine. *Actualités pharmaceutiques* ; 52 (525) : 18-21.
- 36. Cruz F, Troude F, Griffond et Hebert J.P., 1988.** - conservation des grains en régions chaudes, 2^{ème} édition. Ministère de coopération et de développement. Paris., 544P.
- 37. Cruz J.F et Diop A., 1989.** -Génie agricole et développement: techniques d'entreposage. Rome: Food and Agriculture., Organisation (FAO), 126 p.
- 38. Dagnelie P. 1975.** Théories et méthodes statistiques. Les presses agronomiques de Gembloux., pp 2 : 245-249.
- 39. Degryse A C, Delfa I et Voinier M A., (2008).** -Risques et bénéfices possibles des huiles essentielles. Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique. 94, 8-11. Editions Dangles ; Escalquens.
- 40. Delim A, Taibi F, Fissah A, Gherib S, Boukhrari M, Cheffrou A., 2013.** -Bioactivité des huiles essentielles de l'Armoise blanche *Artemisia herba alba*: effet sur la reproduction et la mortalité des adultes d'un ravageur des denrées stockées *Ephesia kuehniella* (Lepidoptera). *Africa J of Sci* 03: 82-90.
- 41. Delobel A et Tran M., 1993.** -Les coléoptères des denrées entreposées dans les régions chaudes. Paris., IRD édition. 424p.
- 42. Diawara B., Richard J., Molard D et Cahagnier B., 1989.** -Conservation des céréales humides sous atmosphère contrôlée. Limites théoriques et pratiques. Céréales en régions chaudes. AUPELF-UREF, Eds John Libbey Euro text, paris. 105-116 pp.

Références bibliographiques

- 43. Djermoun A., 2009.** -La production céréalière en Algérie :les principales caractéristiques. Revue. Nature et technologie. N°1.pp45-53.
- 44. Doumandji A.,Doumandji-Mitiche B et DoumandjiS., 2003.** -Cours de technologie des céréales : technologie de transformation des blés et problèmes dus aux insectes au stockage. Office des publications universitaires : 1-22pp.
- 45. Essawi T et Srour M (2000).** Journal Of Ethnopharmacology, 70: 343-349.
- 46. FAS, 2017.** -Foreign agricultural servises : Grain : world markets and trad. Reportes : Unitesstates Departement of Agriculture, 59 p.
- 47. Feillet P., 2000.** -Le grain de blé composition et utilisation. Ed. INRA., Paris., 308p.
- 48. Fleurat-Lessard F., 1994.** -Ecophysiologie des Arthropodes nuisibles aux stocks de céréales en Afrique tropicale. In post-récolte, principes et application en zone tropicales, ESTEMIAUPELF.,Verstraeten., 1-61p.
- 49. Foudil C.Y. 1991.** -Etude comparative des huiles essentielles Algériennes d'Eucalyptus globulus labill et camaldulensis. Thèse magister, N.S.T.B., Alger, 159p.
- 50. France-Ida J., 1996** -Bref survol de diverses méthodes d'extraction d'huiles essentielles. Info-essence ; 3: 5-6.
- 51. Gatel F, 2003.** -Stockage et conservation des grains à la ferme, Ed. Arvalis., 80p.
- 52. Ghedira K., Goetz P., Le jeune R., 2008.** -Eucalyptus globulus labille, monograpgie médicalié phytothérapie, 6. 197. 200P.
- 53. Godon B et Wilim C., 1998-** Les industries de première transformation des céréales. Lavoisier.,Tec et doc., Paris. 656-657pp.
- 54. Godon B, 1991.** -L'industrie de première transformation des céréales, Ed. Tec et Doc Lavoisier, Paris., U.S.T.H., Alger., 159p
- 55. Gonzalez-Trujano M E, Pena E I, Martinez A L, Moreno J, Guevara-Fefer P, Deciga-Campos M, -Lopez-Munoz F. J., (2007).** -Evaluation of the antino ciceptive effect Of *Rosmarinus officinalis* L. using three different experimental models in rodents J theopharmacol: 111:476-482.
- 56. Guinoiseau E (2010).** Molécules antibactériennes issus d'huiles essentielles: Séparation, identification et mode d'action. Thèse doctorat, Université De Corse-Pasqual Paoli. 149p.

Références bibliographiques

- 57. Gwinner J., Harmisch R et Muck R ., 1996.** -Manuel sur la manutention et la consommation des graines après récolte. Ed.GTZE. Schborn,. R.F.A., pp 159-183.
- 58. Hajji S, Beliveau J, Simon D., 1985.** –Acte-colloq.Int. Plant. Aromat. Med. Maroc, 229-230.
- 59. Ismon M-B., 2006.** -Botanical insecticides deterrent, and repellents in modern agriculture and an increase nyly regulated world. Eannu. Rev. Entomol.pp 45-66.
- 60. Jawonisi IO, Adoga GI., 2013.** -Chemical constituents of essential oil of *Lantana camara* L. Leaves. British J of Phar and Toxicol 4:155-157.
- 61. Kalita S, Bhola RK., 2014.** -Repellency and toxicity of some plant extracts against *Tribolium castaneum* (Herbst). Global J Res Anal 6: 2277-8160.
- 62. Karahacane T, MokabliA, Djeddar M. 2017.** -Activité insecticide de l’huile essentielle de *Thymus vulgaris* L. sur les adultes de *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Tenebrionidae : Coleoptera), ravageur du blé en post récolte. 4ème Congrès International de Biodiversité Végétale, (Proceeding, University of Kadi Ayad, Marrakech, Maroc, 5-8 Octobre 2017).
- 63. Karahaçane T., 2015.** -Activité insecticide des extraits de quelques plantes cultivées spontanées sur les insectes du blé en poste-récolte. Thèse de doctorat en sciences agronomiques. Ecole Nationale Supérieure Agronomique., El Harrach. 136p.
- 64. Kassemi N., 2014.** -Activité biologique des poudres et des huiles essentielles de deux plantes aromatiques (*Pseudo cytisusintegrifolius*Salib et *Nepeta nepetella* L) sur les ravageurs du blé et des légumes secs. Thèse de doctorat en biologie animale. Université de Tlemcen, 68pp.
- 65. Keene D. J. & Cracknell E. M. (1972).** -Regeneration of tuart forest. *Forest Notes* 10, 14- Stone E. L. et Kalisz P. J. (1991) On the maximum extent of tree roots. *Forest Ecologyand Management* 46, 59-102.
- 66. Keighery B., Keighery G. & Shepherd D. (2002).** - The distribution and conservation of tuart and the community with which it lives. In: *Tuart (Eucalyptus gomphocephala) and Tuart Communities* (eds B. Keighery and V. Longman) pp. 6-86. Perth Branch Wildflower Society of Western Australia (Inc.), Nedlands, Western Australia.
- 67. KetfiA., 1982.** -Le blé et ses problèmes de stockage en Algérie. Thèse, Ing, Inst, Tech. Comm. Algérie, 55-60p.
- 68. Khan M, Mahmood A, Althothlan HZ. 2015.** Characterization of leaves and flowers volatile costituents of *Lantana camara* growing in central region of Saoudi Arabica. Arab J Chem 9: 764-774.

Références bibliographiques

- 69. Koussi M., 2001.** -Les possibilités de la lutte microbiologique sur le champignon enthomopathogène *Beauveria bassiana*. Rev. Sc. Env, 2p
- 70. Kumar P, Mishra S, Mlaik A, Satya S. 2011.** Insecticidal properties of *Mentha* species: A review. J of Ind Crops and Prod 34: 802-817.
- 71. Mediouni Ben Djamaa J. 2014.** Essential oil as a source of bioactive constituents for the control of insect pests of economic importance in Tunisia. J of Med et Arom Plants 65: 127-133.
- 72. Métro A (1955).** - *Eucalyptus* for planting. FAO Forestry and Forest Products Studies II. Rome : FAO.
- 73. Mishra BB, Tripathi SP, Tripathi, C.P.M. 2011.** -Contact toxicity of essential oils of *Citrus reticulata* fruits peels against stored grain pests *Sitophilus oryzae* L. and *Tribolium castaneum* (Herbst). World J of Zool 3: 307-311.
- 74. Molkhov P., 2007.** -Intolérance et allergie au blé. Journal de pédiatrie et de puériculture., 20. 228-232pp.
- 75. Muhammad S, Dilbar H, Rahat HR, Hafiz S, Ghulam G, Muneer A. 2013.** -Insecticidal activities of two Citrus oils against *Tribolium castaneum* (Herbst). Amer J of Res Com 6: 67-74. *Tribolium castaneum* (Herbst). World J of Zool 3: 307-311.
- 75. Multon J.L., 1982.** -Conservation et Stockage des grains et graines et Produits dérivés-Céréales, oléagineux, protéagineux, aliments pour animaux. Technique et Documentation Lavoisier, Paris. pp 576.
- 76. Nacef et Sadok Y., 2004.** -Contribution à l'inventaire des insectes et estimation des pertes du blé tendre stocké dans une région semi-aride (CCLS de Khemis-Miliana) et région humide (CCLS de Ténès). Thèse ingénieur d'état en sciences agronomiques. C.U.K.Miliana., 84p.
- 77. Naouel O., 2015.** -Etude chimique et biologique des huiles essentielles de coriandre, de fenouil et persil. Thèse de doctorat en chimie organique, université d'Oran 1 Ahmed Ben Bella. 198p.
- 78. NAS. (National Academy of Scientist) (1980).** -Firewood Crops: Shrub and Tree Species for Energy Production: Report of an Ad Hoc panel of the Advisory Committee on Technology Innovation, Board on Science and Technology for International Development, Commission on International Relations. Washington D.C.
- 79. Ndiaye B., 1999.** -Manuel de stockage et conservation des céréales et des oléagineux. Cellule centrale d'appui technique PADER 2. Thiés (sénégal), N°100, 23p.
- 80. Normes ISO - Huiles essentielles [Internet].** Disponible sur: <https://www.iso.org/fr/ics/71.100.60/x/>
Paris. Tome I. pp 378-392.

Références bibliographiques

- 81. Paul, I., 2007.** -La rousse des plants médicinaux .
- 82. Pauli G., Bessot J.C., 2013.** -Les acariens : biologie, écologie et actualités des allergènes moléculaires. Revue d'Allergologie., France., 53 (2013) 45-58p.
- 83. Perrin A. et Colsan M., (1985)** - L'appareil secteur chez les menthes modalités de stockage des essences dans les grandes à tête pluricellulaires. Actes colloque : les menthes en France, aspect scientifique, économique et industrielle. Université CLAUDE BERNARD, LyonI.
- 84. Philogene B.J.R., 2002** -Produits phytosanitaires insecticides d'origine végétale : promesses d'hier et d'aujourd'hui. Tec et Doc., Lavoisier, Paris.,3378 p.
- 85. Pibiri M.C., 2006**-Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles. Thèse doctorat, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne. 161p.
- 86. Popovic A, Šucur J, Orcic D and Štrbac P., (2013).** Effects of essential oil formulations on the adult insect *Tribolium castaneum* (herbst) (col., tenebrionidae) journal of central european agriculture, 2013, 14(2), p.181-193 doi: 10.5513/jcea01/14.2.1246
- 87. Pradit A., 1986.** -Physiologie et biochimie des semences : problème et perspective, Ed. C.O.N.F., Paris., 70p. El-Dar El-Arabia for Publishing, Cairo.
- 88. Rajashekar Y, Ravindra KV, Bakthavatsalam N. 2014.** -Leaves of *Lantana camara* Linn. (Verbenaceae) as a potential insecticide for the management of 3 species of stored grain insect control. J Food Sci and Technol 12: 884-892.
- 89. Rajgovind S, Gaurav S and Nakuleshwar D. J., (2016).** -Essential Oil Yield Pattern and Antibacterial and Insecticidal Activities of *Trachyspermum ammi* and *Myristica fragrans* . Volume 2016 (2016), Article ID 1428194, 7 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2016/1428194>.
- 90. Raynaud J., 2006.** - Prescription et conseil en AROMATHERAPIE. Editions TEC & DOC – EM inter – Lavoisier.
- 91. Regnault-Rager C., 2002.** -De nouveaux phyto-insecticides pour le troisième millénaire. In : philogènes B.J.R, Regnault-Roger C. et Vincent Lavoisier-Edition, Tec & Doc., 1939p.
- 92. Ria, L., et Chaliès, S. (2003).** Dynamique émotionnelle et activité: Le cas des enseignants débutants. Recherche et formation, (42), 7-19.
- 93. Richard H, 1992-** Epices et aromates. Ed. Tec et doc Lavoisier., collection science et techniques alimentaires. Paris, 339 p.
- 94. Sharma N et Bhandari A-S., 2014.** –Rev. Management of pathogens of stored cereal grain, p87-107 *Sitophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae). J Stored Prod Res 37: 103-109.

Références bibliographiques

- 95. Song J. K, Jeong-Moon L, Na-Hyun Y, Ji-Yeon L, Hoi-Seon., (2016).** -acaricidal and Insecticidal Activities of Essential Oils against a Stored-Food Mite and Stored-Grain Insects. Journal of Food Protection®, Number 1, January 2016, pp. 4-178, pp. 174-178(5).
- 96. Soussa EO, Costa JGM. 2012.** -Genus: Lantana: chemical aspects and biological activities. Rev Bras de Farm J 5 : 1155-1180.-39.
- 97. Steffan J.R., 1978.** -Description et biologie des insectes. Ed. Afnor., I.T.C.F., Paris. 238p.
- 98. Stone E. L. & Kalisz P. J. (1991).** - On the maximum extent of tree roots. Forest Ecology and Management 46, 59-102.
- 99. Syed shayfur R., Md. Mizanur., Mohammad Mizanur R. K., shameem A. B., Balaran R et nad-Fakruddinshahed S.M., 2007.** -Ethanollic Extract of melyota (*Macarangapostulata*) for repellency. Insecticidal Activity against rice weevil (*Sitophilus oryzae*). African journal of biotechnology, 6 (4). pp 379 - 383.
- 100. Taruvinga C., Mejia D et Sanz-Alvarez J. (2014).** -Systèmes Appropriés de Stockage des Semences et des Grains pour les Agriculteurs à petite échelle., F.A.O., E-ISBN., 978-92-5-208335-1. pp 1-47.
- 101. Taylor K., Barber P-A., Hardy GE-STJ., Burgess T-I. 2009.** - Botryosphaeriaceae from tuart (*Eucalyptus gomphocephala*) woodland, including descriptions of four new species. Rev Mycological research., Elsevier., 337–353 p.
- 102. Tesch NR, Mora F, Rojas L, Diaz T, Velasco J, Yanez C, Rios N, Carmona J, Pasquale S. 2011.** - Chemical composition and bacterial activity of the essential oil of *Lantanacamera* L. J Natural Prod Com 7: 1031-1035.
- 103. Theou G, Papachristos DP, and Stamopoulos DC. 2013.** -Fumigant toxicity of six essential oils to the immature stages and adults of *Tribolium confusum*. Hellenic Plant Prot J 6: 29-39.
- 104. Tia E-V., Lozano P., Menut C., Lozano Y-F., Martin T., Niamké S et Adima A-A., 2013.** Potentialités des huiles essentielles dans la lutte biologique contre la mouche blanche *Bemisia tabaci* Gem. Rev. Phytothérapie, 31-38pp.
- 105. Toumou A, Seck D, Namkossere N, Cisse N, Kandioura N, Sembene M. 2012.** -Utilisation des plantes indigènes à effet insecticide pour la protection des denrées stockées contre des insectes ravageurs à Boukoko (Centrafrique). Inter J of Biol and Chem Sci 6: 1040-1050.
- 106. Upadhyay R.K et Ahmad S., 2011.** -Management Strategies for Control of Stored Grain Insect Pests in Farmer Stores and Public Ware Houses. World Journal of Agricultural Sciences., 7 (5): 527-549.

Références bibliographiques

107. Vinayachandra S.R et Chandrashekar K.R., 2011. - Larvicidal activities of *Knema attenuate* (Hook. f. & Thomson) Warb. (Myristicaceae) extracts against *Aedes albopictus* Skuse and *Anopheles stephensi* Liston. Parasitology Research., 109:1671-1676.

108. Waongo A., Yamkoulga M., Dabir-Binso C-L et Bam-Nsanon A., 2013. - Conservation post-récolte des céréales en zone sud saoudienne du BFRKINAFASOU : perception paysanne et évaluation des stocks, Int. J. Biol. Chem. Sci., 7(3), pp1157-1167.

109. Zia S, Sagheer M, Razaq, A. 2013. - Comparative bioefficacy of different Citrus peel extracts as a grain protectant against *Callosobruchus chinensis*, *Trogoderma granarium* and *Tribolium castaneum*. World Appl Sci J 12: 1760-1769.

Annexes

Tableau n° 01. -Tableau de transformation du pourcentage en probit (Cavelier, 1976).

%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,87	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,5	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,8	4,82	4,85	4,87	4,9	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,05	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
	0,0	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,75	7,75	7,88	8,09

Tableau n°02. -Moyennes de mortalités en % des adultes de *T. Castaneum* traités par inhalation avec l’huile essentielle d’*Eucalyptus gomphocephala*.

Mortalités moyennes des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> en pourcentage %					
	T	D ₁ = 20 µl	D ₂ = 40 µl	D ₃ = 60 µl	D ₄ = 80 µl
4 h	0	13,33	16,66	33,33	56,66
8 h	0	13,33	26,66	20	43,33
12 h	0	16,66	43,33	53,33	66,66
16 h	0	16,66	23,33	53,33	66,66
20 h	0	20	30	40	60

Tableau n°03. -Moyennes de mortalités en % des larves de *T. castaneum* traitées par inhalation avec l’huile essentielle d’*Eucalyptus gomphocephala*.

Mortalités moyennes des larves de <i>Tribolium castaneum</i> en pourcentage %					
	T	D ₁ = 50µl	D ₂ = 100µl	D ₃ = 150µl	D ₄ = 200 µl
4 h	0	6,66	20	43,33	53,33
8 h	0	6,66	33,33	46,66	60
12 h	0	6,66	56,66	63,33	63,33
16 h	0	23,33	60	66,66	63,33
20 h	0	23,33	63,33	66,66	80

Annexes

Tableau n°04 : Effet de l'extrait des huiles essentielles des feuilles d'Eucalyptus gomphocephala sur les adultes de *Tribolium castaneum*

Temp / Dos	20 µl				40 µl					60 µl				80 µl			
	R1	R2	R3	M en %	R1	R2	R3	M en %	R1	R2	R3	M en %	R1	R2	R3	M en %	
04 H	10	20	10	13,33	10	30	10	16,66	60	20	20	33,33	50	60	60	56,66	
08 H	10	10	20	13,33	10	50	20	26,66	20	20	20	20	70	10	50	43,33	
12 H	10	20	20	16,66	70	10	50	43,33	60	50	50	53,33	70	70	60	66,66	
16 H	20	20	10	16,66	00	30	40	23,33	30	50	80	53,33	50	60	90	66,66	
20 H	30	20	10	20	80	00	10	30	80	10	30	40	10	90	80	60	

Tableau n°05 : Effet de l'extrait des huiles essentielles des feuilles d'Eucalyptus gomphocephala sur les larves de *Tribolium castaneum*

T / D	50 µl				100 µl				150 µl				200 µl			
	R1	R2	R3	M	R1	R2	R3	M	R1	R2	R3	M	R1	R2	R3	M
04 h	0/10	10/10	10/10	6,66	10/10	30/10	20/10	20	20/10	50/10	60/10	13	50/10	40/10	70/10	53,33
08 h	0/10	20/10	0/10	6,66	40/10	10/10	50/10	33,33	30/10	40/10	70/10	46,66	60/10	40/10	80/10	60
12 h	10/10	10/10	0/10	6,66	30/10	80/10	90/10	66,66	50/10	70/10	80/10	66,66	40/10	70/10	80/10	63,33
16 h	20/10	10/10	40/10	23,33	50/10	50/10	70/10	56,66	70/10	60/10	70/10	66,66	50/10	60/10	80/10	63,33
20 h	30/10	20/10	10/10	20	50/10	70/10	70/10	63,33	60/10	50/10	80/10	63,33	90/10	70/10	80/10	80