

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane MIR-Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Sciences Biologiques de l'Environnement
Filière: Sciences Biologiques
Option: Environnement et Sécurité Alimentaire



Réf.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**Etude de la toxicité des huiles essentielles contre
les ravageurs des denrées stockées**

Présenté par:

**Melle. MESSAOUDENE hafida
& Mme.MOUHOU nouara**

Soutenu le : 17 jour **Juin 2017**

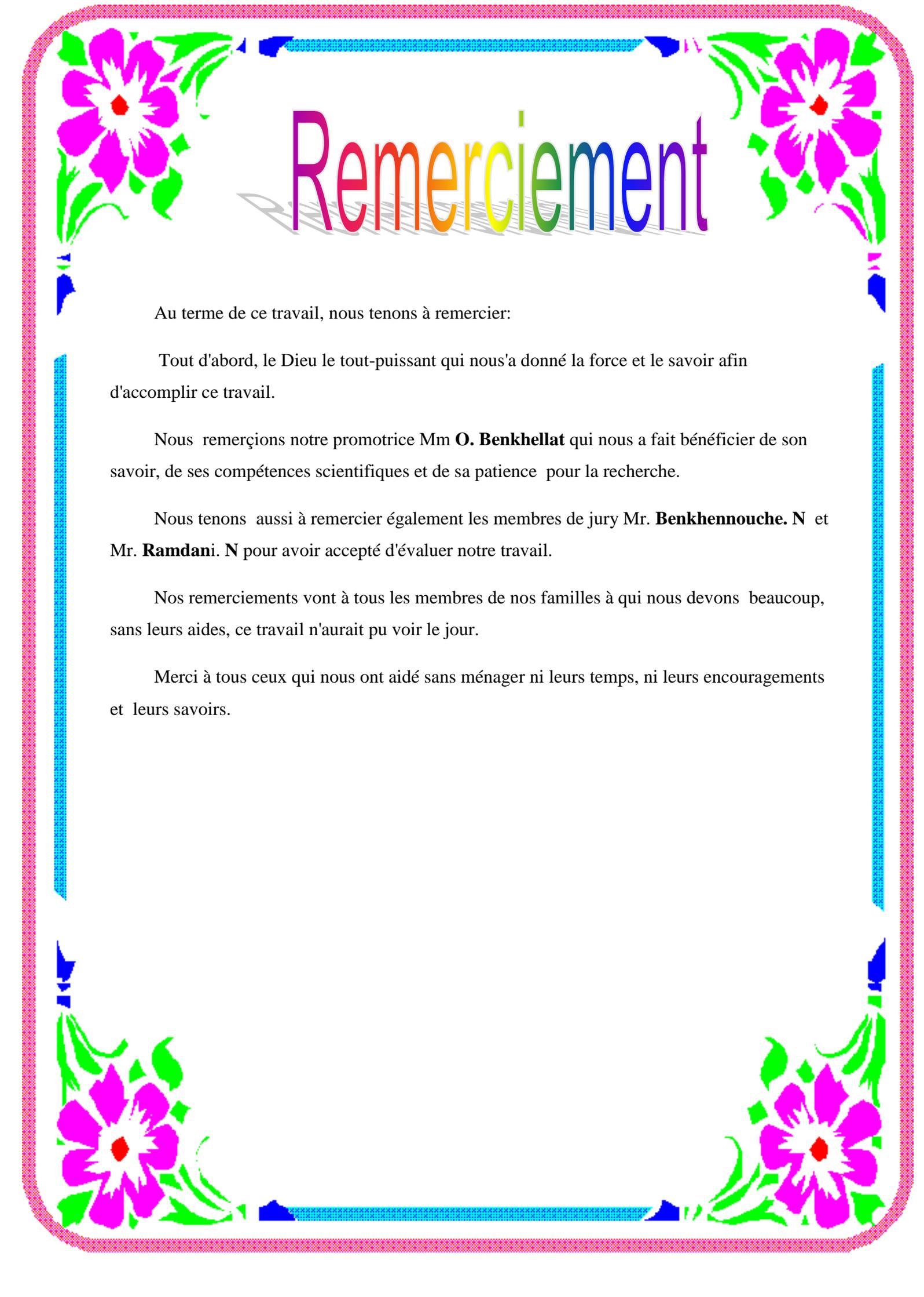
Devant le jury composé de :

Grade

Mr. Benkhennouche N
Mme. Benkhellat O
Mr. Ramdani N

Président
Encadreur
Examineur

Année universitaire: 2016/2017



Remerciement

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier:

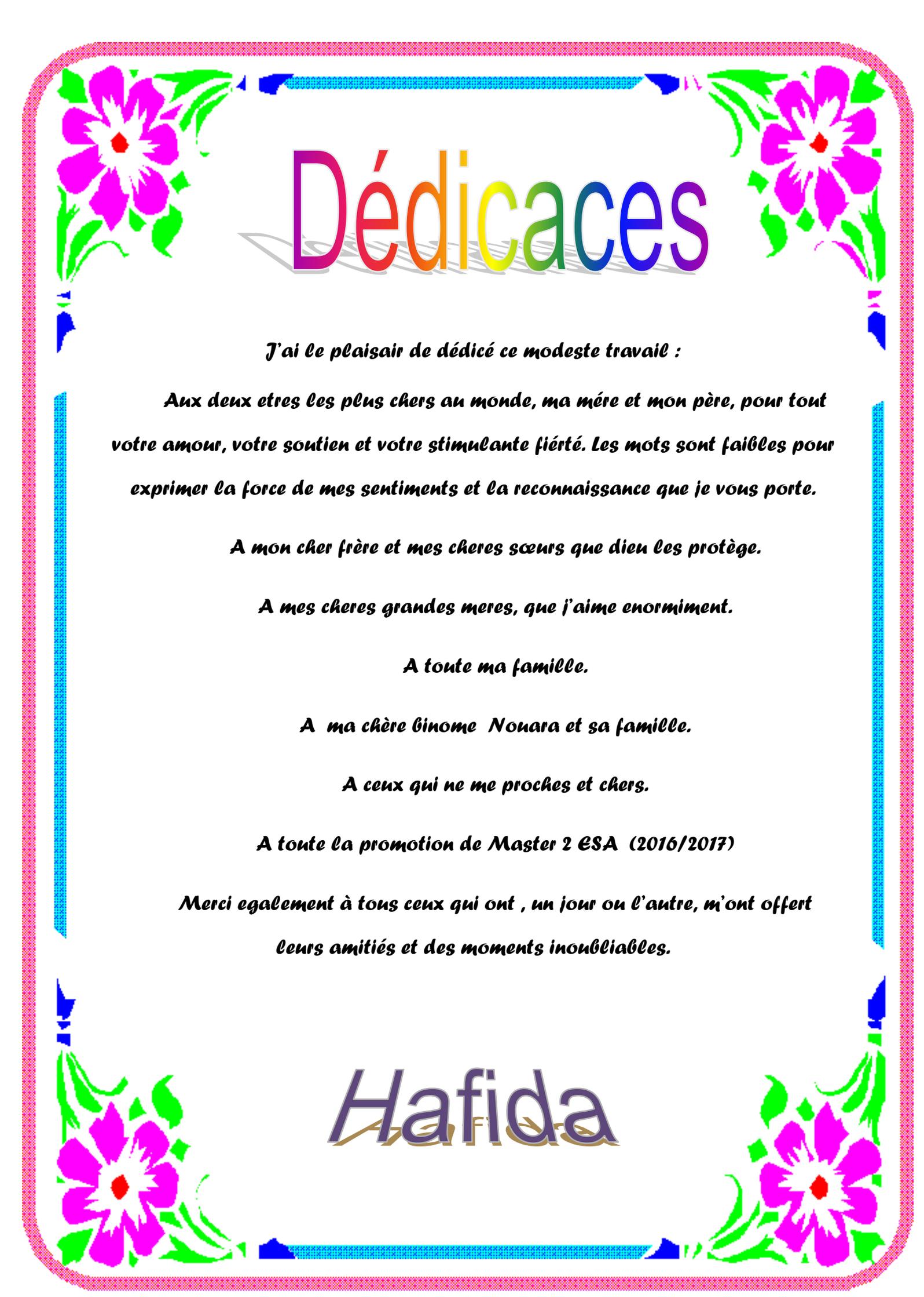
Tout d'abord, le Dieu le tout-puissant qui nous'a donné la force et le savoir afin d'accomplir ce travail.

Nous remercions notre promotrice Mm **O. Benkhellat** qui nous a fait bénéficier de son savoir, de ses compétences scientifiques et de sa patience pour la recherche.

Nous tenons aussi à remercier également les membres de jury Mr. **Benkhennouche. N** et Mr. **Ramdani. N** pour avoir accepté d'évaluer notre travail.

Nos remerciements vont à tous les membres de nos familles à qui nous devons beaucoup, sans leurs aides, ce travail n'aurait pu voir le jour.

Merci à tous ceux qui nous ont aidé sans ménager ni leurs temps, ni leurs encouragements et leurs savoirs.



Dédicaces

J'ai le plaisir de dédicé ce modeste travail :

Aux deux etres les plus chers au monde, ma mère et mon père, pour tout votre amour, votre soutien et votre stimulante fierté. Les mots sont faibles pour exprimer la force de mes sentiments et la reconnaissance que je vous porte.

A mon cher frère et mes cheres sœurs que dieu les protège.

A mes cheres grandes meres, que j'aime enormiment.

A toute ma famille.

A ma chère binome Nouara et sa famille.

A ceux qui ne me proches et chers.

A toute la promotion de Master 2 ESA (2016/2017)

Merci également à tous ceux qui ont , un jour ou l'autre, m'ont offert leurs amitiés et des moments inoubliables.

Hafida



Dédicaces

A mes chères parents qui m'ont toujours soutenue et je les remercie d'autant que je ne remercie personne, à leurs aide, à leur orientations et leurs conseils durant mes études et dans ma vie.

A mon mari Oualid.

A mes chers frères Nassim et Hocine.

A mes chères sœurs Sylia, Lyly et Hania.

A ma binome Hafida et sa famille.

A mes amis.

A toute la promotion de Master 2 ESA (2016/2017).

Nouara

Liste des figures

Figure. I. 1: Adulte de *Callosobruchus maculatus* avec ses différentes parties.....6

Figure. I. 2 : Cycle de développement.....8

Figure. I. 3: Dégâts causés aux grains de niébés par *Callosobruchus maculatus*.....9

Figure. II. 1: Photographies de *Juniperus oxycedrus* (A) et de *Pinus pinea* (B).....13

Figure. II. 2 : Montage d’hydrodistillation utilisé dans l’extraction des huiles essentielles.....14

Figure. II. 3: Dispositif expérimentale de test de contact.....15

Figure. II. 4: Dispositif expérimentale de test d’inhalation16

Figure. II. 5: Dispositif expérimental de test de répulsion.....17

Figure.III.1 : Évolution de la mortalité des adultes de *Callosobruchus maculatus* en fonction de la durée d'exposition et des doses des huiles essentielles extraites des feuilles et des rameaux de *Pinus pinea* et de *Juniperus oxycedrus* sur grains de niébé.....24

Figure. III. 2 : Évolution de la mortalité des adultes de *Callosobruchus maculatus* par fumigation en fonction de la durée d'exposition et des doses des huiles essentielles extraites des feuilles et des rameaux de *Pinus pinea* et de *Juniperus oxycedrus*27

Figure.III. 3: Répulsivité moyenne des huiles essentielle des feuilles de *Pinus pinea* à l’égard des adultes *Callosobruchus maculatus*.....30

Figure.III. 4: Répulsivité moyenne des huiles essentielle des rameaux de *Pinus pinea* à l’égard des adultes *C.maculatus*.....31

Figure.III.5 : Répulsivité moyenne des huiles essentielle des feuilles de *Juniperus oxycedrus* à l’égard des adultes *Callosobruchus maculatus*.....31

Figure.III. 6: Répulsivité moyenne des huiles essentielle des rameaux de *Juniperus oxycedrus* à l’égard des adultes *Callosobruchus maculatus*.....32

Liste des tableaux

Tableau. I. 1: Valeur alimentaire des graines de niébé.....4

Tableau. I. 2: Ravageurs des denrées au cours du stockage au nord Cameroun.....5

Tableau. II.1: Classement de la répulsivité selon MC DONALD	19
Tableau III.1: Rendement en huiles essentielles des parties des deux plantes étudiées.....	21
Tableau. III.2: Mortalité par effet contact des insectes traités avec l'huile essentielle extraite des feuilles de <i>Pinus pinea</i>	22
Tableau.III. 3: Mortalité par effet contact des insectes traités avec l'huile essentielle extraite des rameaux de <i>Pinus pinea</i>	22
Tableau.III. 4: Mortalité par effet contact des insectes traités avec l'huile essentielle extraite des feuilles de <i>Juniperus oxycedrus</i>	23
Tableau.III. 5: Mortalité par effet contact des insectes traités avec l'huile essentielle extraite des rameaux de <i>Juniperus oxycedrus</i>	23
Tableau.III.6 : Mortalité par effet d'inhalation des insectes traités par l'huile essentielle des feuilles de <i>Pinus pinea</i>	28
Tableau.III.7 : Mortalité par effet d'inhalation des insectes traités par l'huile essentielle des rameaux de <i>Pinus pinea</i>	28
Tableau.III.8: Mortalité par effet d'inhalation des insectes traités par l'huile essentielle des feuilles de <i>Juniperus oxycedrus</i>	29
Tableau.III.9: Mortalité par effet d'inhalation des insectes traités par l'huile essentielle des rameaux de <i>Juniperus oxycedrus</i>	29
Tableau.III.10 : Classe de répulsivité des huiles essentielles étudiées selon Mc Donald et al., 1970	32

Liste d'abréviation

NC : Nombre d'insectes présents sur la partie de disque traité uniquement avec de l'acétone.

NT: Représente le nombre d'insectes présents sur la partie de disque traité avec la solution (Huile essentielle - acétone).

PR: Le pourcentage de répulsivité.

MC (%): Pourcentage de mortalité corrigé.

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

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

***TL*₅₀** : Temps létale 50.

***DL*₅₀** : Dose létale 50.

Rdt (%) : Rendement en huile essentielle.

Introduction.....	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique	
I.1. Généralité sur le niébé.....	3
I.1.1. Position systématique.....	3
I.1.2 Importance nutritionnelle.....	4
I.1.3. Importance économique.....	4
I.1.4. Problèmes et difficultés liés au stockage des denrées	5
I.2 Les principaux ravageurs des denrées stockées	5
I.2.1 Description de <i>Callosobruchus maculatus</i>	6
I.2.2 Position systématique	7
I.2.3 Cycle de développement	7
I.2.4 Pertes et dégâts	8
I.3 Moyen de lutte	9
I.3.1. Les méthodes traditionnelles	9
I.3.2 La lutte chimique	10
I.3.3. La lutte biologique	10
I.3.4. Huiles essentielles	10
Chapitre II: Matériels et méthodes	
II.1. Matériels.....	12
II.1.1 Elevage de <i>Callosobruchus maculatus</i>	12
II.2.Matériel végétale	12
II.2. 1. Description botanique.....	12

II.2.2 Récolte et séchage	14
II.2.3 Extraction par Hydrodistillation.....	14
II.2.4 Evaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles des feuilles et rameaux de <i>Pinus pinea</i> et <i>Juniperus oxycedrus</i> sur <i>Callosobruchus maculatus</i>	15
II.3 Correction de la mortalité par méthodes d'Abbott.....	19
II.4. Détermination de DL ₅₀	19
Chapitre III : Résultats et discussions	
III.1 Rendement en huiles essentielles.....	21
III.2. Evaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles à l'égard des adultes de <i>Callosobruchus maculatus</i>	22
III.2.1. Toxicité par contact sur graines.....	22
III.3. Test de toxicité par fumigation (inhalation).....	26
III. 4. Test de répulsivité.....	30
Conclusion.....	34
Référence bibliographiques	
Annexe	
Annexe A	
Annexe B	
Annexe C	
Annexe D	
Annexe E	
Annexe G	

Introduction

Introduction

Les légumineuses et les céréales sont les produits des marchés internationaux les plus échangés et constituent la base de régime alimentaire de la plupart des pays au monde, surtout les pays sous développés comme les pays du Sud Africains et les pays en voie de développement comme l'Algérie où leur alimentation est basée surtout sur les légumineuses comme source des protéines à l'exemple: du l'haricot avec toutes ses variétés, les différentes graines de lentille, pois chiche et autres. Et sur le maïs et le riz comme source de glucide et des sucres longs.

Chaque année, près de **20000** espèces d'insectes menacent la production mondiale et détruisent une bonne partie des céréales et des légumineuses vivrières et qui causent des dégâts importantes; elles dégradent la qualité nutritionnelle et organoleptique du produit stocké et qui mènent jusqu'à la perte totale du produit; dont on trouve entre la récolte, le stockage à la consommation plus de **30 %** de la production est perdue (**ALZOUMA, 1995**).

Pour augmenter la production des légumineuses, réduire la pression de toutes sortes de ravageurs, et pour mettre une limite à ses dégâts, les agriculteurs et les paysans utilisent différentes méthodes de lutte, mais la plus utilisée est la lutte chimique (**HAUBRUGUE et al., 1989**) dont l'utilisation des pesticides à grande échelle. Malheureusement des études ont montrés que ces produits utilisées sont dangereux sur l'environnement et nocifs pour la santé humaine, ces dangers ont conduit l'OMS a interdire l'usage de certaines insecticides chimiques.

Les plantes vivrières ont une importance économique pour les pays en développement (**REGNAULT ROGER ET AL., 1997**). Il est donc nécessaire de rechercher des méthodes de contrôles efficaces des populations d'insectes ravageurs afin de limiter les pertes dus aux Coléoptères Bruchidae, qui sont parmi les principaux ravageurs des graines.

Parmi les insectes ravageurs, la bruche du niébé *Callobruchus maculatus* est d'origine inconnue et son affinité est subtropicale et tropicale.

La recherche de méthodes de lutte efficace contre les insectes ravageurs et bénéfiques pour la santé humaine et pour l'environnement, de nombreuses études sont faites et d'autres se développent pour donner beaucoup de possibilités dans le règne végétal pour isoler des substances qui ont un rôle d'insecticides (**LICTHENSTEN ,1966**).

Notre étude vise comme objectif essentiel l'évaluation de l'activité insecticide de quatre huiles essentielles sur les adultes de bruche de niébé; *Callochbruchus maculatus*.

Dans un premier temps, nous sommes intéressé à mettre en œuvre une revue bibliographique concernant la taxonomie et la morphologie de la plante hôte et le ravageur *Callosobruchus maculatus*. Elle traite également de la valeur alimentaire de cette plante ainsi que l'importance économique, des dégâts perpétrés par les bruches. Dans un deuxième temps, nous exposons le matériel et la méthodologie retenue pour l'étude. Enfin et dans un dernier temps, nous regroupons les résultats et les discussions relatifs aux différentes expérimentations dans le cadre de cette présente contribution.

Chapitre I

Synthèse bibliographique

I.1. Généralités sur le niébé

Le niébé (*Vigna Unguiculata*) est une légumineuse originaire des régions tropicales semi-arides que l'on retrouve essentiellement en Afrique, Asie, Amérique et autour du bassin méditerranéen. Cette dicotylédone, bien qu'ayant fait état d'un certain degré d'allogamie (**RACHIE et ROBERT, 1974**).

Le niébé est une légumineuse herbacée tropicale. Le gel lui est fatal et une température d'au moins **8 à 11°C** est nécessaire à tous les stades de son développement; la température optimale se situe autour de **28 °C** (**CRAUFURD et al., 1997**).

Les légumineuses jouent un rôle très important dans l'agriculture des régions tropicales, le niébé est une plante qui a un cycle de développement très court par rapport à d'autres légumineuses et qui possède aussi des caractères adaptatifs lui permettant une croissance rapide, un bon comportement sous l'ombrage, une adaptation à la sécheresse du fait de sa tolérance en eau (**KONGNE, 2012**). Les racines portent des nodules qui renferment des bactéries fixatrices d'azote. La fixation de l'azote atmosphérique est considérée comme satisfaisante (**MULONGOY, 1985**).

I.1.1. Position systématique (**SINGH et RACHIE, 1985**)

- **Famille:** Légumineuse.
- **Sous- famille:** Fabaceae.
- **Tribu:** Phaseoleae.
- **Sous-tribu:** Phaseolineae.
- **Genre:** *Vigna*.
- **Espèce:** *Vigna unguiculata* .

Le niébé est une plante à feuilles alternes, pétiolées dont les deux premières opposées sont sessiles et entières. il présente également des stipules sur chaque nœud de la tige et trois bourgeons axillaires. Les formes de niébé cultivées se distinguent des formes sauvages par des gousses non déhiscentes et par des grains non dormants (**CHARRIER et al., 1997**).

Les caractéristiques des grains et des gousses chez les formes cultivées constituent des critères de description des cultivars (**SOUKEYNA, 1999**). La nature du tégument permet de distinguer deux types de grains : l'un épais, lisse est plus ou moins brillant et l'autre mince, ridé

et mat. Le phénotype à tégument lisse est dominant par rapport au ridé (CHARRIER *et al.*, 1997).

I.1.2 Importance nutritionnelle

Les graines de niébé consommées par l'homme sont très riches en protéines et contiennent les acides aminés. Les feuilles tendres sont cuites sous formes de légumes et sont aussi riches en vitamines et en sels minéraux (LIENARD et SECK., 1994).

Tableau. I.1: Valeur alimentaire des graines de niébé. Source (EHLERS, 1997)

Constituants	Proportions	Principaux acides	Protéines (%)
Eau	11 %	Lysine	6,6
Protéines	23,4 %	Cystéine	0,99
carbohydrates	56,89 %	Histidine	3,3
Acides gras	1,3 %	Tryptophane	4,1
Fibres	1,3 %		0,9
Calcium	90 mg/100g		
Fer	5,7 mg/100g		
Acide nicotinique	2 mg/100g		
Vitamine A	32,42 mg/100g		
Vitamine D	26-78,02 mg/100g		

Le niébé aussi est considéré comme la viande pour les populations pauvres, les fanes sont réservées à l'alimentation animales après la récolte des graines.

I.1.3. Importance économique

Selon la (FAO, 2002) la production de niébé est estimée à 3,3 millions de tonnes des graines sèches dont 64% sont produites en Afrique.

Les cultures vivrières jouent un rôle socio-économique très important dans la grande partie des exploitations, mène à l'amélioration de la sécurité et à l'autosuffisance alimentaire, la création des revenus au travers les différences activités comme (la production, la transformation, la commercialisation et la consommation) ainsi la promotion de l'agro-industrie.

I.1.4. Problèmes et difficultés liés au stockage des denrées

Les denrées stockées peuvent être attaquées par les insectes, les champignons et les rongeurs. Les dégâts causés par l'insecte sont les plus importants. Même si le problème se pose de manière générale et globale, il est important dans les pays en voie de développement et dans ceux de l'Afrique en particulier à cause des conditions climatiques favorables à leur développement (ALZOUMA, 1990).

I.2 Les principaux ravageurs des denrées stockées

Les insectes sont les principaux ravageurs des cultures des légumineuses, ils sont classés suivant l'organe cible de la plante qu'ils attaquent. Parmi ces insectes on cite les Bruchidae sont uniquement inféodées aux légumineuses qu'elles contaminent généralement en plein champ, cette famille compte environ **1300** espèces dont *C. maculatus* principal ravageur du niébé dans nos tropiques (CAMARA, 1997).

Tableau. I. 2: Ravageurs des denrées au cours du stockage au nord Cameroun.
(NGMAMO, 2000)

Nom	Famille et ordre	Nom	Famille et ordre	Nom	Famille et ordre
<i>Sitophilus zeamais</i> (Motschulky)	Coleop.: Curculionidae	<i>Acanthoscelides</i> <i>obtectus</i> (Say)	Coleop.: Bruchidae	<i>Ephestia elutella</i> (Hubner)	Lepidoptera: Pyrilidae
<i>Sitophilus granarius</i> (L.)	Coleop.: Curculionidae	<i>Callosobruchus</i> <i>maculatus</i> (Fabricius)	Coleop.: Bruchidae	<i>Ephestia</i> <i>kuehniella</i> (Keller)	Lepidoptera: Pyrilidae
<i>Sitophilus oryzae</i> (L.)	Coleop.: Curculionidae	<i>Callosobruchus</i> <i>subnotatus</i> (Pic)	Coleop.: Bruchidae	<i>Gibbium</i> <i>aequinoctiale</i> (Boieldieu)	Coleop.: Ptinidae
<i>Prostephanus</i> <i>truncatus</i> (Horn)	Coleop.: Bostrichidae	<i>Callosobruchus</i> <i>rhodesianus</i> (Pic)	Coleop.: Curculionidae	<i>Sitotroga</i> <i>cerealella</i> (L.)	Lepidoptera: Pyrilidae
<i>Tribolium castaneum</i> (Herbst)	Coleop.: Tenebrionidae	<i>Oryzaephilus</i> <i>surinamensis</i> (L.)	Coleop.: Silvanidae	<i>Rhizopertha</i> <i>dominica</i> (Fabricius)	Coleop.: Bostrichidae
<i>Tribolium confusum</i> (Jaquelin du Val)	Coleop.: Curculionidae	<i>Oryzaephilus</i> <i>mercator</i> (Fauvel)	Coleop.: Silvanidae	<i>Oligota</i> <i>chrysopyga</i> (Kraatz)	Coleop. Staphilinidae

I.2.1 Description de *Callosobruchus maculatus*

C'est un insecte de petite taille (2,8 - 3,5 mm) ; dont le corps est de forme oblongue de couleur brun rougeâtre à gris, les femelles ont une taille plus importante que les mâles. A l'état adulte, *Callosobruchus maculatus* est une espèce dimorphique. Il existe deux formes en fonction de la coloration et les motifs des élytres et du pygidium, l'aptitude au vol et la fécondation, ce sont la forme volière ou active et la forme non volière ou normale (CASWELL, 1961 ; UTIDA, 1981).

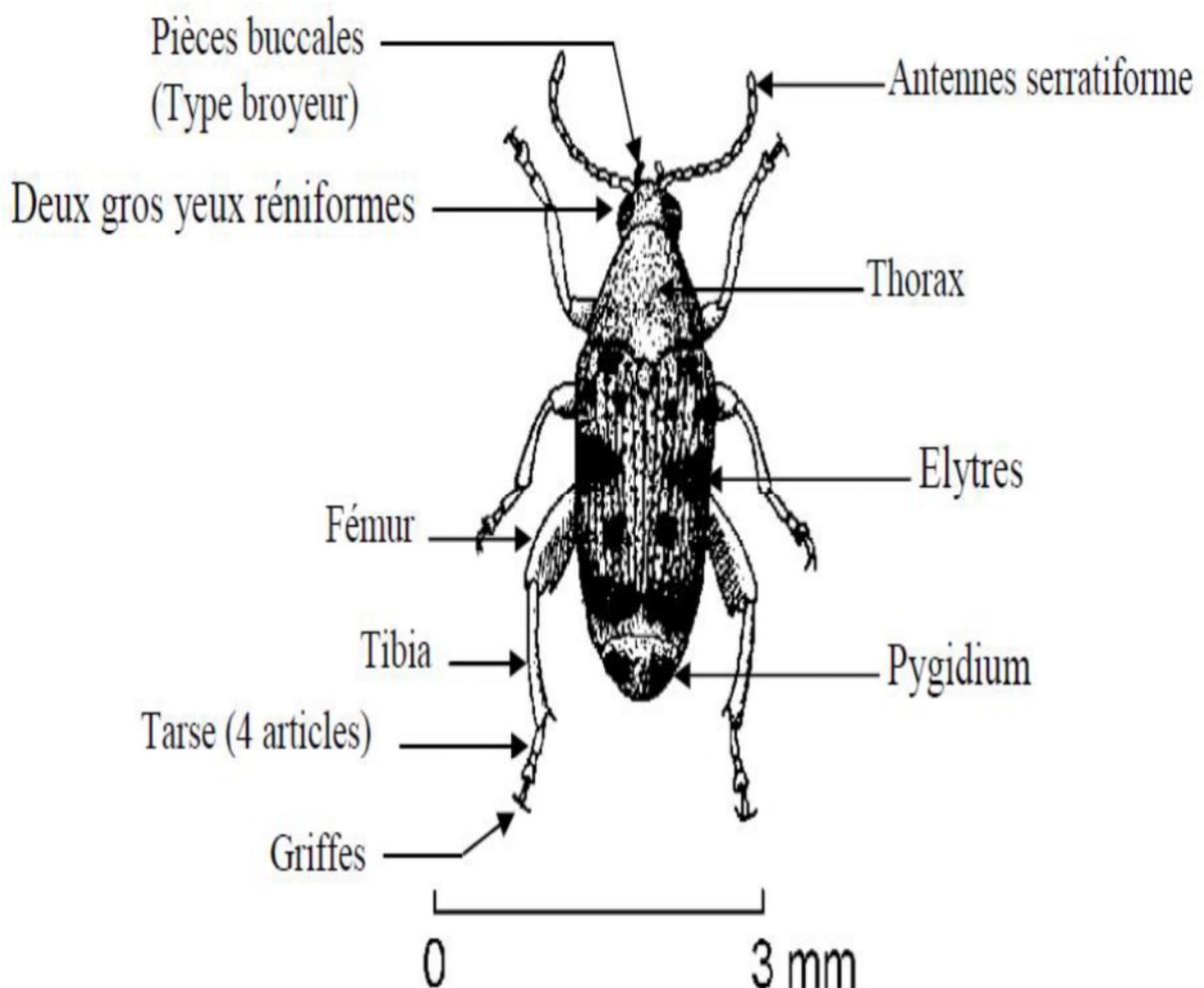


Figure. I. 1: Adulte de *Callosobruchus maculatus* avec ses différentes parties

(Source: REES, 1996).

La forme volière ou active à fécondité faible (**10 à 15 œufs**) par femelle (**GLITHO et al. 1988 ; DELOBEL, T RAN 1993**). Elle est capable de voler et responsable de l'infestation dans les cultures. Généralement elle est grande de taille et la coloration rousse est souvent absente ; les facteurs déterminant l'apparition de cette forme (température, qualité du substrat trophique humidité des graines ...) (**OUEDRAGO, 1996**).

La forme non volière ou normale; à fécondité élevée, elle est caractérisée par son incapacité au vol due à ses muscles alaires atrophiés (**OUEDRAGO et al., 1996**) cette forme est adaptée aux condition de stockage

I.2.2 Position systématique

- **Ordre:** Colleoptéra.
- **Sous ordre:** Phytophagoida.
- **Famille:** Chrysomelidae.
- **Sous famille:** Bruchinae.
- **Genre:** *Callosobruchus*.
- **Espèce:** *Callosobruchus maculatus*. (**SOUTHAGATE, 1979**)

I.2.3 Cycle de développement

Le cycle de développement de *Callosobruchus maculatus* est en fonction de la température et de l'humidité (**30 °C** et **70 %**) de milieu. Après l'accouplement, les femelles pondent sur les gousses en voie de maturation ou directement sur les graines. Les œufs pondus seront fixés par les femelles avec une substance gélatineuse, lors de la ponte, une phéromone de marquage est déposée en même temps que l'œuf, elle permet à la femelle d'éviter les grains fortement infestés, et de réduire ainsi les compétitions inter – larvaire (**DELOBEL et TRAN, 1993**). La moyenne des pontes varie entre **75** et **100** œufs par la femelle (**LARSON, 1924**).

L'éclosion des œufs survient **5 à 7** jours après la ponte dans les conditions favorables, la larve qui ne possède pas encore de pattes motrices perce la paroi externe de l'enveloppe de la gousse ou du tégument de la graine et rentre à l'intérieur (**FOX, 1994**).

La larve peut accéder directement aux réserves nutritives de la graine au niveau des gousses, la jeune larve peut échouer dans le vide (espace inter- grain) ou déboucher, au cours de son transit trophique, sur un petit grain à faible réserve ne pouvant lui permettre d'atteindre le stade final de développement.

La nymphose dure 7 jours chez *Callosobruchus maculatus* (DELOBEL et TRAN, 1993). Elle se déroule à l'intérieur d'un seul grain. L'adulte émerge dans la graine pour commencer un nouveau cycle de vie après avoir traversé la fenêtre de la sortie préparé par la larve.

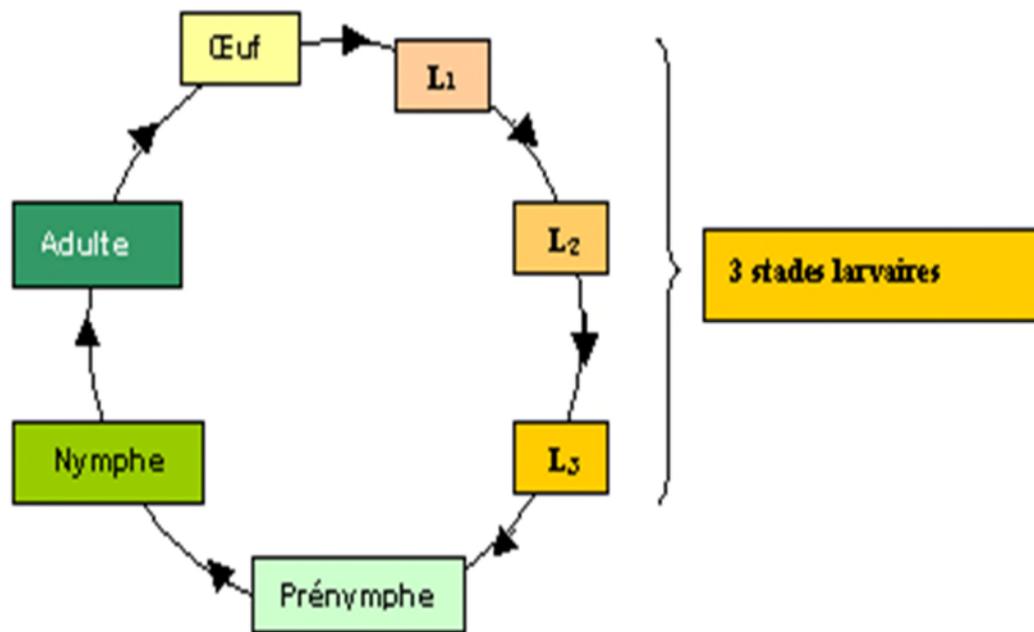


Figure. I. 2: Cycle de développement.

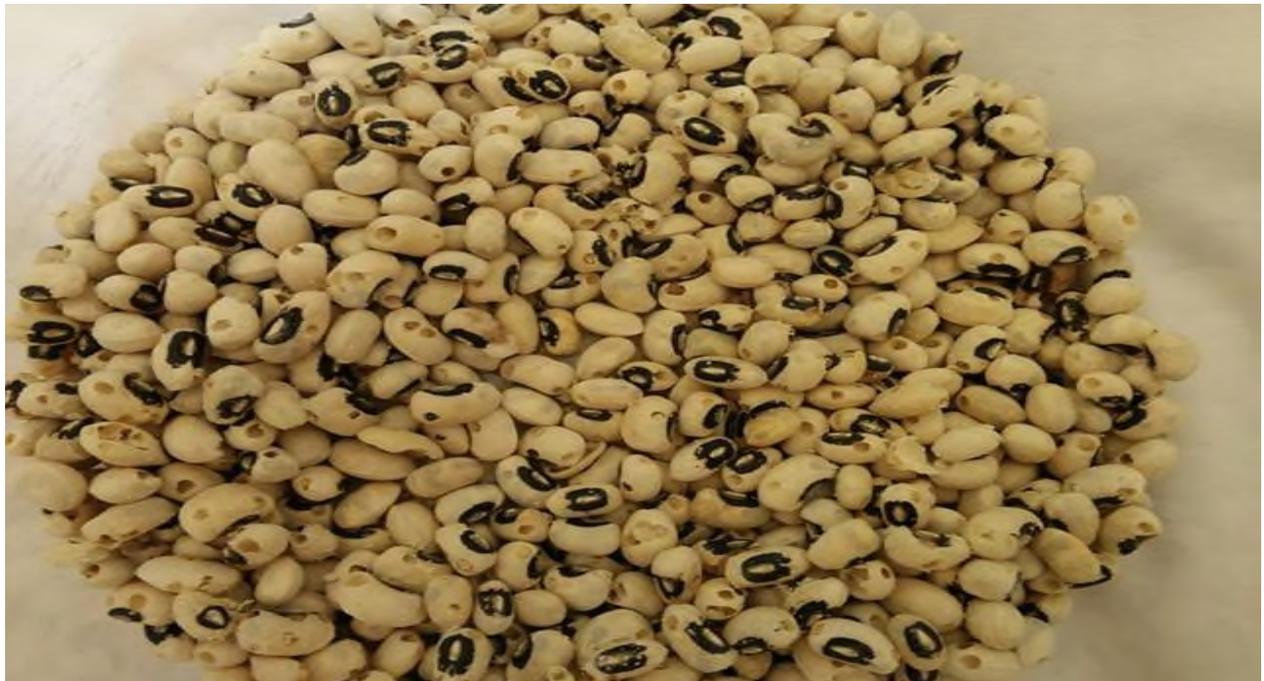
I.2.4 Pertes et dégâts

D'après (NGAMO et HANCE, 2007) ont rapporté que les insectes ravageurs des denrées stockées, majoritairement des coléoptères peuvent causer des pertes qualitatives et quantitatives non seulement une réduction des graines mais également une diminution de la qualité des graines et de la viabilité des semences, compromettant sur leur consommation et leur semis et ces pertes interviennent à tous les stades, de la récolte à la consommation, plus de 30% de la production est perdue (ALZOUMA, 1995), cette proportion est plus forte en région sahélienne du fait de la longue période de stockage (NGAMO et HANCE, 2007). Si aucune protection n'est faite après sept mois de stockage, la perte des denrées peut être totale.

(CASWELL, 1961) a estimé qu'au Nigeria, les pertes en poids sec dues à *Callosobruchus maculatus* excèdent les 2900 tonnes par année. (SINGH et al., 1978) estiment que la totalité des graines de niébé infestée par *Callosobruchus maculatus* après une période 3 à 5 mois de stockage. Au Sénégal, les dommages en terme de graines peuvent atteindre les 99%, après 6 mois de stockages (SECK et al., 1991). Les pertes occasionnées par *Callosobruchus maculatus* avoisinent les 800 à 900 g/ kg.

D'après (OUEDERAGO *et al.*, 1996) en plus des pertes en poids, l'infestation par *Callosobruchus maculatus* affecte la qualité des grains, en réduisant leur capacité germinative.

Figure. I.3: Dégâts causés aux grains de niébés par *Callosobruchus maculatus*. (PHOTO ORIGINAL, 2017).



I.3 Moyens de lutte

Les méthodes de gestion des stocks généralement utilisées sont les méthodes traditionnelles, la lutte chimique et la lutte biologique.

I.3.1. Les méthodes traditionnelles

D'après (AMEVION, 1998) divers méthodes traditionnelles ont été répertoriées :

- ❖ L'utilisation de nombreuses espèces végétales ou certaines de ses parties à activités insecticide.
- ❖ L'utilisation de la fumée ou le séchage au soleil (utilisation de la température et de l'humidité)
- ❖ L'utilisation des substances comme l'argile et le sable.

I.3.2 La lutte chimique

Parmi les moyens utilisés, la lutte chimique qui reste à court et à moyen terme, efficace pour assurer une protection effective des stocks :

a) Insecticides de contact: sont des produits de synthèse qui pénètrent dans les tissus de l'insecte et ont un effet toxique par contact, ils sont commercialisés sous forme de poudre, de solution à pulvériser (**CRUS et al., 1988**)

b) La fumigats: sont des insecticides à haute tension de vapeur qui agissent à l'état de gaz mais sont commercialisés sous formes de pastilles comme la phosphine et le bromure de méthyle (**SINGH et al., 1990**). La fumigation est la mieux adaptée pour traiter à la fois des formes externes (adultes et œufs) et la formes qui se développent à l'intérieur de la graine (**ZLTER et ARTHUR, 2000**).

I.3.3. La lutte biologique

Ce mode de lutte s'articule dans la majeure partie des cas sur l'utilisation de parasites, introduire ou réintroduire des parasitoïdes et des prédateurs comme agent de régulation des ravageurs (**PROTOCTOR, 1995**). Des efforts ont été fournis pour développer de nouveaux composés pour substituer à ceux couramment utilisés. L'exploitation de matières premières renouvelables d'origines végétale pour la fabrication de bio-insecticides correspond à la nécessité de répondre aux réalités environnementales actuelles telles que la lutte contre l'effet de serre, la réduction de la pollution, un faible effet toxicologique et la biodégradabilité du produit (**HERNANDEZ-OCHOA, 2005**).

Parmi les molécules à fortes valeur ajoutées, mais présentes en faibles quantités et dotées d'une activité biologique et olfactive, citons les huiles essentielles (**JOUAULT, 2012**).

I.3.4. Huiles essentielles

a) Définition, localisation et rôle des huiles essentielles: les huiles essentielles sont des produits de métabolisme secondaire des plantes; produites comme moyen de défense contre les agresseurs phytophages (**KEITA et al ., 2001**) .

D'après (**RICHTER, 1993**) les huiles essentielles se trouvent chez environ 2000 espèces végétales réparties en 60 familles. Sont des mélanges de nombreux composés qui sont des molécules peu complexes produites par la distillation d'une plante aromatique ou d'une partie de

la plante (ISMAN , 2002); qu'elle produit comme moyen de défense contre les ravageurs phytophages (CSECK et KAUFMAN.,1999), comme les terpènes, les phénols, les méthyles_éthers, les oxydes, cétones et esters...

Dans la plante, les huiles essentielles peuvent être stockées dans divers oranges: fleurs (origan), feuilles (citronnelle, eucalyptus), écorces (canneliers), bois (bois de rose, santal), racine (vétiver), rhizomes (acore), fruits (badiane) ou graines (carvi) (BRUNETON, 1987).

b) Méthodes d'extraction des huiles essentielles

1) Hydro-distillation

C'est la méthode la plus simple, cette technique consiste à immerger la matière première végétale dans un bain d'eau. Les composés volatils contenus dans les cellules diffusent à travers les parois cellulaires sous l'action physique qui exerce le gonflement de la matière végétale. La chaleur intense fait exploser les petites poches qui contiennent des molécules odorantes. Elles sont ensuite canalisées dans un condensées et réfrigérées pour se liquéfier à nouveau, du fait que la différence de densité entre l'eau et les composés aromatiques entraîne la formation d'une phase organique et d'une phase aqueuse (BRUNETON, 1999 ; FAKHARI *et al.*, 2005)

2) Extraction par dioxyde de carbone supercritique

La technique se base sur la solubilité des constituants dans le dioxyde de carbone son état physique et liquéfier par refroidissement et comprimé à l'extraction choisie (NAKASTU *et al.*, 2000).

Chapitre II

Matériels et méthodes

II.1. Matériels

II.1.1 Elevage de *Callosobruchus maculatus*

L'élevage en masse de *Callosobruchus maculatus* a été réalisé dans des boîtes en plastiques hermétiques, sur les graines de niébé (*Vinga unguiculata*)

Les boîtes étaient maintenues à l'obscurité dans une étuve réglée à une température de 30⁺ 1° C et à une humidité relative de 70±.

II.2 Matériel végétal

II.2.1 Description botanique

Nous avons retenu dans me cadre de ce travail le matériel végétal suivant :

II.2.1.1. *Pinus penia*

C'est un arbre qui peut atteindre 30 m de hauteur et 1 m de diamètre. La cime a une forme conique au départ et la forme d'un parasol à la fin, d'où l'appellation Pin parasol. L'écorce est lisse au départ et devient fissuré, de couleur rougeâtre. Le fruit est assez gros cône renfermant des amandes.

C'est une espèce qui s'adapte bien sur les dunes littorales. Elle exige un sol sablonneux et siliceux profond, une pluviométrie importante et une humidité atmosphérique élevée (QUEZEL et SANTA, 1963).

II.2.1.2 *Juniperus oxycedrus*

Le genévrier oxycède est une espèce typique de la région méditerranéenne où elle représente un élément pionnier très dynamique, surtout en milieu forestier dégradé. Feuillage entièrement aciculaire, aiguilles verticillées par trois autour du rameau, plus longues que *Juniperus communis* (longueur: 10 à 25 mm, largeur: 1,5 mm), la pointe est aigue, cornée et très piquantes, la face supérieure avec deux bandelettes blanchâtres à des stomates nettement distinctes. Port Compact ou buissonnant, étalé moins dense que *Juniperus communis*. Ecorce fissurée en minces lanières brun-gris. Les chatons mâles se présentent comme de petits sacs jaune rose. Les fleurs femelles sont sensiblement globuleuses, petites avec de minces écailles verticillées par trois, soudées à la base (CALLEN, 1976; SEIGUE, 1985; RIOU-NIVERT, 2001)

II.2.2 Récolte et séchage des feuilles et rameaux de *Pinus pinea* et *Juniperus oxycedrus*.

Les branches du Pin parasol ont été récoltées au niveau du reboisement du Pin dans la localité de Aimoucha (Sétif) à une altitude de **1128 m**, en juin 2016. Ceux de genévrier oxycèdre, ont été récoltés du coté du Parc National du Djurdjura, en octobre de la même année. Les feuilles épineuses et en forme d'aiguilles des deux plantes sont séparées de la partie ligneuse qui est coupées en petites pièces, séchées à l'ombre, à une température ambiante et conservées dans des sacs en papier loin de toute humidité pour d'éventuelles extractions d'huiles essentielles.

Figure. II. 1: Photographies de *Juniperus oxycedrus* (A) et de *Pinus pinea* (B).



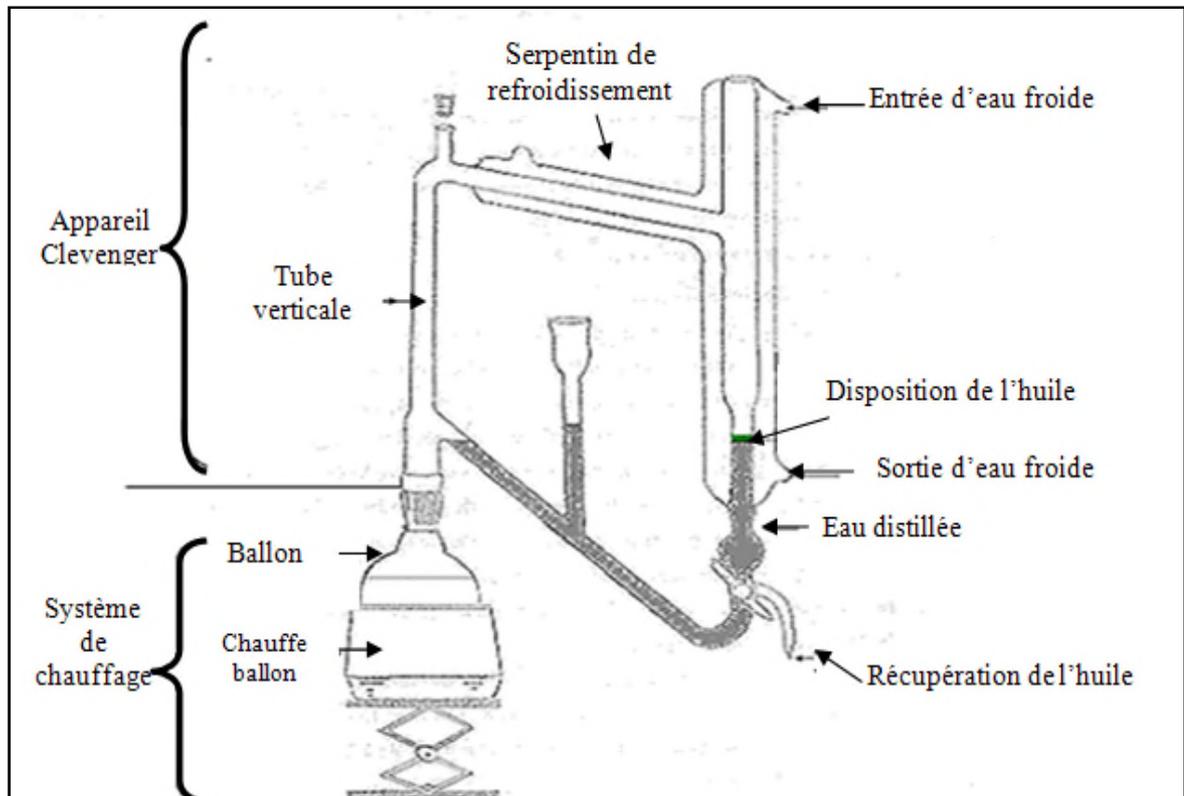
II.2.3 Extraction des l'huiles essentielles

Dans un ballon de **1l** on introduit une quantité de matière végétal, sèche et bien broyée, de masse connue (**50-100g**). On ajoute de l'eau distillée et on relié le ballon à un réfrigérant porte par la suite à l'ébullition à l'aide d'un chauffe-ballon. La chaleur ainsi générée réchauffe la masse végétale dans l'eau. L'effet conjugué de la température et de la pression fait éclater les cellules sécrétrices qui libèrent ainsi les huiles essentielles. La vapeur d'eau et les composés de l'essence se forment en haut de la colonne et passe dans le condenseur où ils se liquéfient. Le liquide coule alors dans la burette où il se sépare en deux phases. La phase aqueuse, plus lourde, reste en bas et l'autre plus légère, constituée principalement d'huile essentielle.

On fait la lecture de volume des huiles essentielles pour faire par la suite le calcul de rendement. On soutire la phase aqueuse et par la suite l'huile essentielle est récupérée dans un

flacon en verre enfumé (protection contre la lumière). Enfin, ce flacon est bien bouché et conservé dans un réfrigérateur à 4°C pour l'analyse chimique et les tests de l'activité biologique.

Figure. II. 2: Montage d'hydrodistillation utilisé dans l'extraction des huiles essentielles



II.2.4 Evaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles des feuilles et rameaux de *Pinus pinea* et *Juniperus oxycedrus* sur *Callosobruchus maculatus*

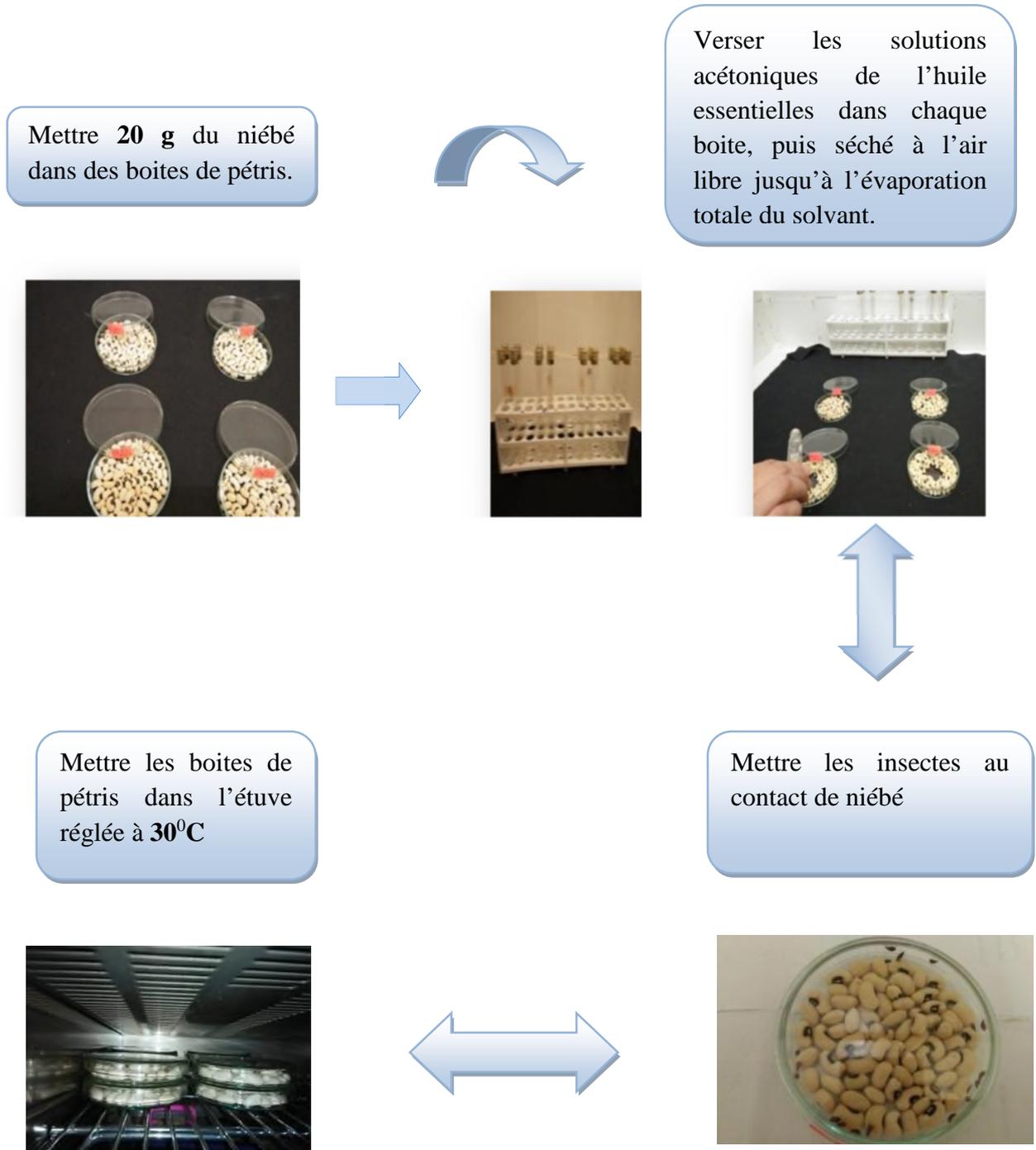
Trois tests sont réalisés avec les huiles essentielles extraites des plantes *Pinus pinea* et *Juniperus oxycedrus* sur les adultes de *Callosobruchus maculatus* (Contact, inhalation et répulsion ou fumigation)

a) Test de toxicité par contact des huiles essentielles sur graines

Pour chaque essai, une solution acétonique de 1 ml, contenant chacune des huiles essentielles avec les doses (2; 4; 8 et 16 µl/ml d'acétone) est dispersé d'une manière homogène dans 20 g de grains du niébé dans des boîtes de pétri et laisser évaporer le solvant pendant 15 à 20 minutes. Les essais ont été répétés 4 fois pour chaque dose. Toutes les boîtes ont été infestées

par 10 couples (10 mâles et 10 femelles) de bruches adultes. Les comptages des insectes morts ont été réalisés chaque jour pendant 4 jours (figure. II. 3)

Figure. II. 3. : Dispositif expérimentale de test de contact.

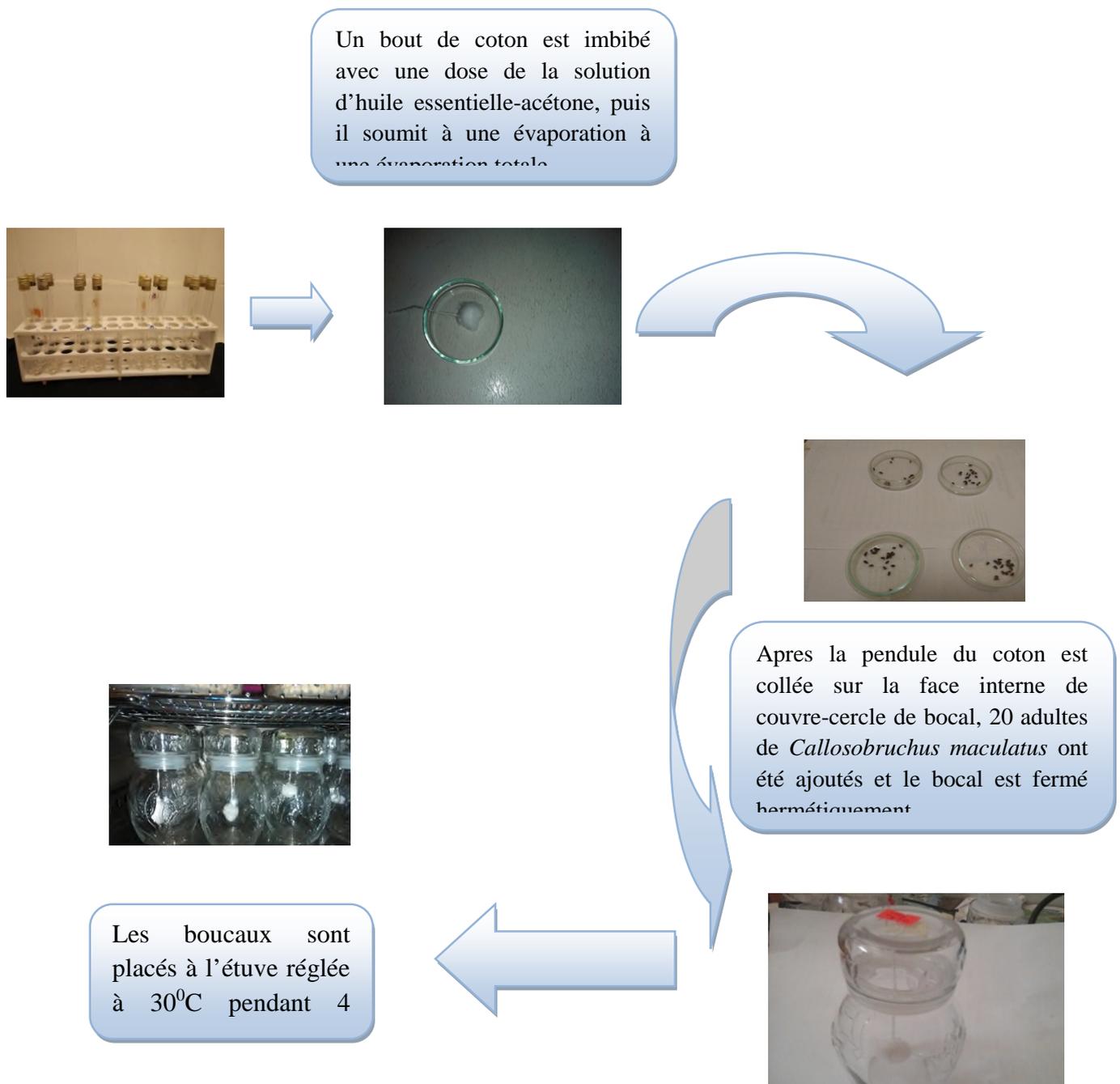


b) Toxicité par inhalation

Le test consiste à étudier l'effet par inhalation des huiles essentielles sur les adultes *Callosobruchus maculatus*.

- Dans des bocaux en verre, une dose d'huile essentielle est disposée sur du coton suspendue à l'aide d'un fil à la face interne de couvercle.
- **10 couples** (mâles et femelles), ont été introduits dans de chaque bocal.
- Après chaque temps d'exposition, (**24 ; 48 ; 72 et 96 h**), le comptage des insectes morts s'effectue sous une loupe à main. Quatre répétitions ont été réalisées pour chaque dose ce qui fait 320 insectes pour le test effectuée pour chaque huile essentielle.

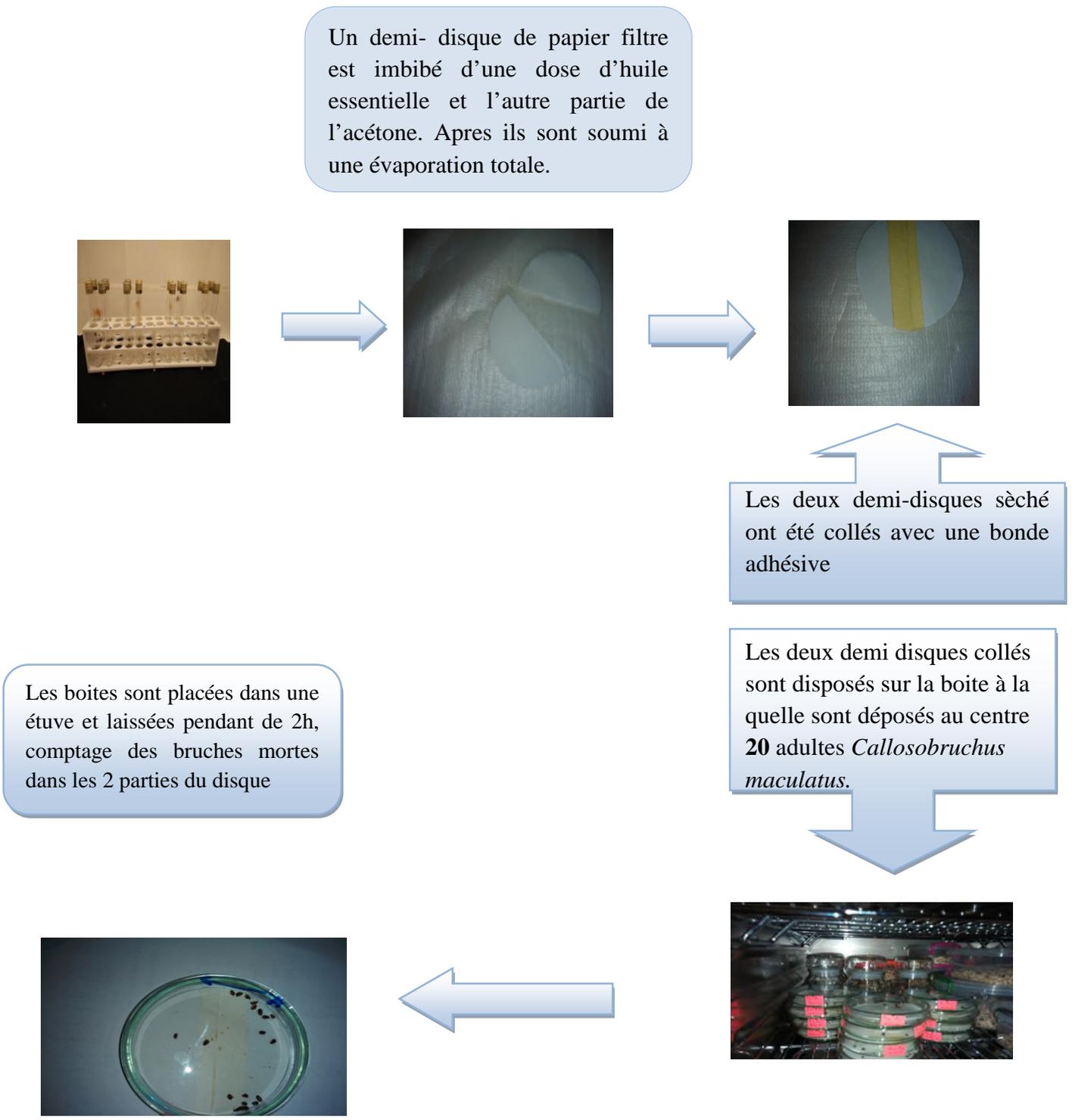
Figure. II. 4: Dispositif expérimentale de test d'inhalation



c) Test de répulsivité

Ce test consiste à étudier l'effet répulsif des quatres huiles essentielles sur les adultes *Callosobruchus maculatus*.

Figure. II. 5: Dispositif expérimental de test de répulsion.



Pour le réaliser, nous avons suivi les étapes suivantes :

- ✚ Découpage en deux de papier filtre de 8 cm de diamètre.
- ✚ Préparation de quatre doses différentes de huiles essentielles de **2; 4; 8 et 16 µl** diluées dans l'acétone pour chaque huile essentielle.
- ✚ Pour chaque test un demi-disque est traité avec **0,5 µl** de la solution d'huile essentielle diluée dans l'acétone et le deuxième ne reçoit que de l'acétone avec un volume de **0,5 µl**.
- ✚ Après l'évaporation, nous rassemblons les deux parties traitées par une bande adhésive et nous les plaçons dans une boîte de pétri.
- ✚ Dix couples de *Callosobruchus maculatus* (**10 mâles et 10 femelles**) sont ensuite disposés au centre de la boîte.
- ✚ Mettre les boîtes dans l'étuve réglée à **30 °C**.
- ✚ Après deux heures, on compte le nombre d'insectes présents dans la partie traitée avec de l'huile essentielle et le nombre d'individus présents dans la partie traitée uniquement avec de l'acétone.
- ✚ Le pourcentage de répulsivité est calculé comme suite :

$$PR = \frac{(NC - NT)}{(NC + NT)} \times 100 \%$$

NC : le nombre d'insectes présents sur la partie de disque traité uniquement avec de l'acétone.

NT : représente le nombre d'insectes présents sur la partie de disque traité avec la solution (huile essentielle- acétone).

Le pourcentage de répulsion moyen pour chaque huile est calculé et attribué à l'une des différentes classes répulsives variant de **0 à V (MC DONALD et al., 1970)**, qui sont présentés dans le tableau suivants :

Tableau. II.1: Classement de la répulsivité selon MC DONALD

Classe	Intervalle de répulsion	Propriété de la substance traitée
Classe 0	$PR \leq 0,1 \%$	Non répulsive
Classe I	$0,1 < PR \leq 20 \%$	Très faiblement répulsive
Classe II	$20 < PR \leq 40 \%$	Faiblement répulsive
Classe III	$40 < PR \leq 60 \%$	Modérément répulsive
Classe IV	$60 < PR \leq 80 \%$	répulsive
Classe V	$80 < PR \leq 100 \%$	Très répulsive

Analyse des données

II.3 Correction de la mortalité par la méthode d'Abbott

Selon la formule d'ABBOTT (NDOMO et *al.*, 2009), qui donne les valeurs corrigées de la mortalité en pourcentage en fonction des mortalités des échantillons traités et celle du témoin.

Cette correction permet d'exclure le biais dû à la mort naturelle observée dans nos conditions expérimentales.

$$MC (\%) = \frac{(M - MT)}{(100 - MT)} \times 100$$

MC (%) : pourcentage de mortalité corrigé.

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

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

II.4. Détermination de DL₅₀

Les résultats des tests ont été réalisés par la fonction Probit qui est l'inverse de la fonction de répartition associé à la distribution Normal selon la méthode de (FINNEY., 1971) .

La **DL₅₀** est déterminée comme moyen d'estimer l'efficacité d'un produit, le calcul de la **DL₅₀** correspond à la qualité de la substance toxique entraînant la mort de **50 %** d'individus d'un même lot.

Elle est déduite par le tracé de la droite de Probit en fonction de la dose ; après la transformation des pourcentages de mortalité corrigées en Probit, réalisée par le logiciel **XLSTAT, PRO**.

Chapitre III

Résultats et discussions

III.1 Rendement en huiles essentielles

Le rendement en huile essentielle est le rapport entre le poids d'huile essentielle extraite (m) et le poids sec de la matière végétale utilisée (M). Ce rapport permet d'estimer la production en huile essentielle des plantes.

$$\text{Rdt (\%)} = (m / M) * 100$$

Le tableau ci-dessous montre la variabilité des rendements en huiles essentielles des organes des deux espèces étudiées.

Tableau III.1: Rendement en huiles essentielles des parties des deux plantes étudiées

Espèce (Partie utilisée)	Rendement (%)
<i>Juniperus oxycedrus</i> L. (feuilles)	0.56
<i>Juniperus oxycedrus</i> L. (rameaux)	0.39
<i>Pinus pinea</i> Arn. (feuilles)	0.9
<i>Pinus pinea</i> (rameaux)	0.43

Le genévrier oxycèdre présente des rendements en huiles essentielles allant de **0,39** à **0,56** % pour les feuilles et les rameaux, respectivement. De couleur jaune claire et d'une odeur piquante, nettement supérieurs aux huiles extraites de *Juniperus phoenicea* et de *Juniperus thurifera*, au Maroc en 2010 et de *Juniperus phoenicea* du Corsica en 2001 (REZZI et al., 2001 ; DERWICH et al., 2010 ; MANSOURI et al., 2010), qui présentent des rendements beaucoup plus élevés, qui sont de l'ordre de **1,62** % et **1,32** %, **0,75** % , respectivement. Néanmoins, il avoisine les valeurs du rendement de *Juniperus communis* des montagnes d'Olympe, de *Juniperus brevifolia* des îles de la Suède et de *Juniperus foetidissima* de l' Hémisphère nord qui sont de l'ordre de **0,30**%, (**0,20**% - **0,50**%), (**0,23**% - **0,85**%), respectivement (CHATZOPOULOU et al., 1995 ; ADAMS, 1998 ; TUNALIER et al., 2002).

Les feuilles en aiguilles du pin pignon, quant à elles, ont sécrété des essences de couleur jaune claire et d'odeur de bois (résine), avec un rendement **de 0.9%**. Cette valeur est considérée comme étant élevée comparativement à celles calculées par (KOUKOUS et al., 2001), pour les aiguilles de *Pinus nigra*, et de (DOB et al., 2005), pour la même partie chez *Pinus pinaster*.

Ces différences sont dues à plusieurs facteurs : l'origine géographique, les facteurs écologiques notamment climatiques (la température et l'humidité), l'espèce végétal elle-même, l'organe végétal, le stade de la croissance, la période de cueillette, la conservation du matériel végétal et la méthode d'extraction (REGNAULT-ROGER, 1997; BRUNETON, 1999 ; BAKKALI et *al.*, 2008).

III.2. Evaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles à l'égard des adultes de *Callosobrochus maculatus*

III.2.1. Toxicité par contact sur graines

Les résultats du test de toxicité sur graines des huiles essentielles expérimentées par contact sur graines de niébé contre les adultes de *Callosobrochus maculatus* sont représentés dans les tableaux ci dessous:

Tableau. III.2: Mortalité par effet contact des insectes traités avec l'huile essentielle extraite des feuilles de *Pinus pinea*.

Doses	D1	D2	D3	D4	Nombre de morts/80	Mortalité %	Mc%
Témoin	2	0	1	1	4	5	-
2	9	10	13	12	44	55	52,63
4	18	17	13	14	62	77,5	74,21
8	16	18	16	14	64	80	78,94
16	19	16	16	16	67	83,75	82,89

La lecture des résultats consignés dans le tableau précédent montre un effet dose. A la plus faible dose (**2µl / ml**), la mortalité enregistrée est de **52.63 %**; elle dépasse la dose létale 50. Tandis que les doses **8** et **16 µl / ml** ont occasionnées **78.94** et **82.89 %** de mortalité, respectivement.

Tableau.III. 3: Mortalité par effet contact des insectes traités avec l'huile essentielle extraite des rameaux de *Pinus pinea*

Doses	R1	R2	R3	R4	Nombre de morts/80	Mortalité %	Mc%
Témoin	2	0	1	1	4	5	-
2	5	9	7	15	36	45	42,10

4	11	8	12	9	40	50	47,36
8	10	10	10	9	40	50	47,36
16	7	11	11	13	42	52.5	50

Les résultats obtenus avec les huiles essentielles des rameaux révèlent que ces dernières ont provoqué une mortalité peu importante comparativement à celles des feuilles. A la plus forte dose, elles ont occasionnées **50 %** de mortalité sur la population du ravageur expérimenté.

Tableau.III. 4: Mortalité par effet contact des insectes traités avec l’huile essentielle extraite des feuilles de *Juniperus oxycedrus*.

Doses	R1	R2	R3	R4	Nombre de morts/80	Mortalité%	Mc%
Témoin	2	0	1	1	4	5	-
2	4	6	4	6	20	25	21,05
4	8	7	0	6	21	26,25	22,36
8	9	9	10	12	40	50	47,36
16	4	17	3	19	43	53,75	51,31

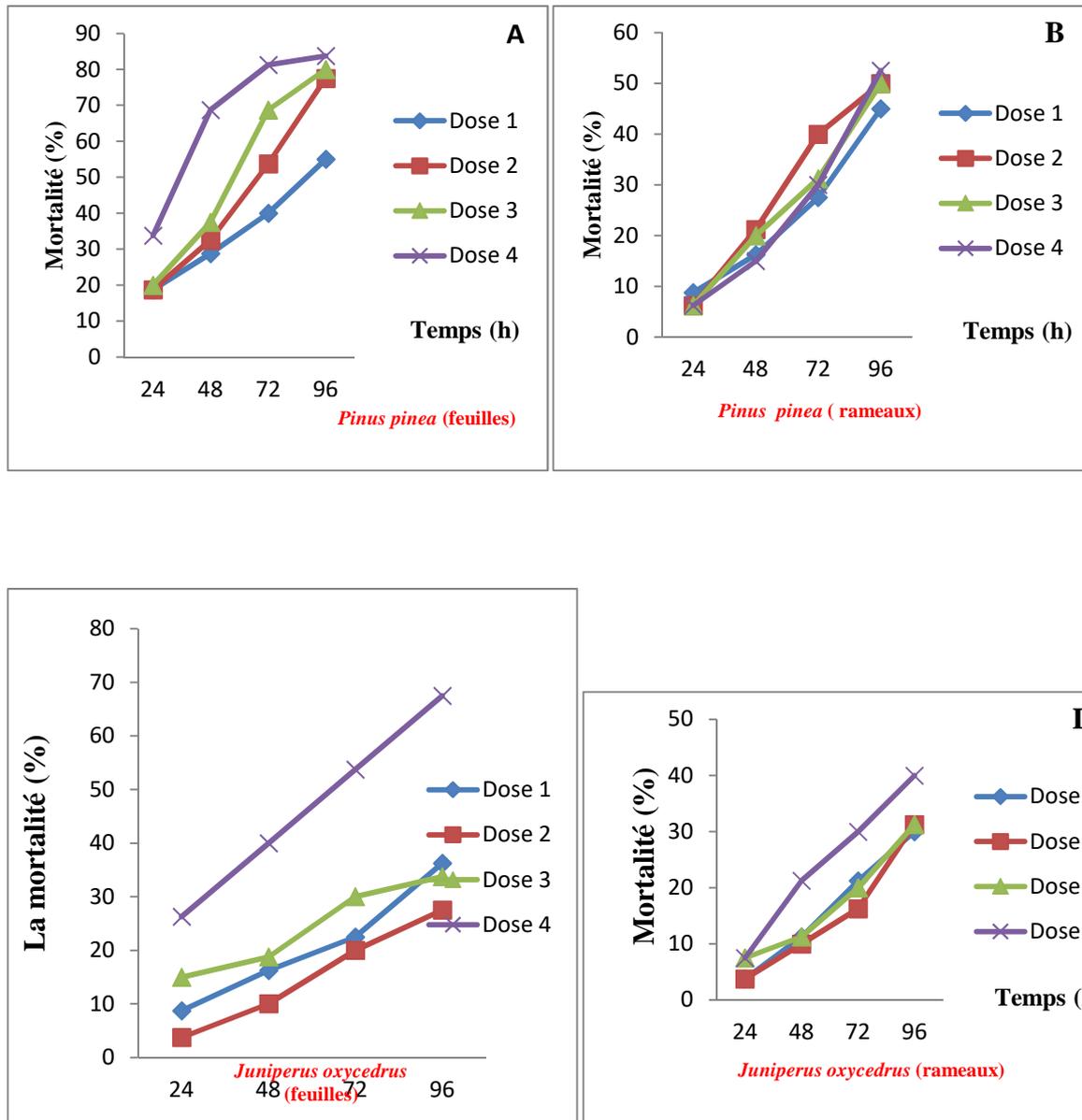
Tableau.III. 5: Mortalité par effet contact des insectes traités avec l’huile essentielle extraite des rameaux de *Juniperus oxycedrus*

Doses	R1	R2	R3	R4	Nombre de morts/80	Mortalité%	Mc%
Témoin	2	0	1	1	4	5	-
2	5	5	5	9	24	30	26,31
4	5	8	6	6	25	31,25	27,63
8	6	8	4	7	25	31,25	27,63
16	9	9	12	2	32	40	47,36

Les résultats des essences de genévrier oxycèdre testées par contact à l’égard des adultes de *Callosobrochus maculatus* montrent un effet toxique proportionnel à la dose employée. L’huile extraite des feuilles s’est avérée plus efficace que celle des rameaux. Elle a occasionnée plus de **50 %** de morts à la dose de **8 µl / ml** contrairement aux rameaux où ce taux n’est atteint qu’à la plus forte dose.

L'évolution de la mortalité occasionnée en fonction du temps par effet contact des insectes traités avec les phytoinsecticides des deux essences forestière étudiées sont illustrées sur la figure suivante:

Figure.III.1 : Évolution de la mortalité des adultes de *Callosobruchus maculatus* en fonction de la durée d'exposition et des doses des huiles essentielles extraites des feuilles et des rameaux de *Pinus pinea* et de *Juniperus oxycedrus* sur grains de niébé.



D'après les résultats illustrés ci-dessus, les taux de mortalité des insectes observés en fonction du temps et des différentes doses des huiles essentielles des deux plantes montrent qu'aux doses utilisées, les HEs sont efficaces à l'égard de *Callosobruchus maculatus* dans les

grains de niébé. Les mortalités enregistrées dans les lots traités sont proportionnelles aux temps d'exposition et aux doses employées d'huiles essentielles. Au quatrième jour d'exposition, des taux de **40 à 85%** de mortalité ont été occasionnés par les différentes huiles testées sur les adultes du ravageur considéré.

Les valeurs de DL_{50} calculées au terme de l'expérimentation montrent que les huiles essentielles de *Pinus pinea* sont les plus efficaces que celles de *Juniperus oxycedrus*. Ces valeurs diffèrent d'une huile essentielle à une autre vis-à-vis des adultes de *Callosobruchus maculatus* (**Tableau.E.1. Annexe E**)

L'huile des feuilles de *Pinus pinea* est la plus toxique vis-à-vis des adultes avec la plus faible DL_{50} qui est de l'ordre de **1.05 µl/ml**. Elle est suivie respectivement de celles de rameaux de la même plante et de celle des feuilles de *génévrier oxycèdre*. L'huile des rameaux est la moins efficace vis-à-vis des adultes du ravageur étudié. Pour ces huiles, la DL_{50} varie de **6.85 à 224.16 µl/l**, respectivement. Les valeurs des pentes sont faibles et proches les unes des autres, ce qui montre que les populations d'insectes utilisées sont hétérogènes. Les valeurs du χ^2 sont non significatives à **5%** (**p < 0,05**), témoignant du bon ajustement du modèle d'analyse.

Pour chaque plante testée, les résultats des tests statistiques montrent qu'il existe une variation concernant le taux de mortalité des insectes qui dépend de la dose utilisée en HEs et de la durée d'exposition (**F = 5.70 ; P < 0.0001**). C'est ainsi que l'analyse de la variance à deux critères de classification révèle une différence hautement significative pour l'huile (**F = 21.47; P < 0.0001; DDL = 3**), pour la dose (**F = 4.34; P = 0.09 ; DDL = 3**) et pour l'interaction des deux facteurs (**F = 0.904; P = 0.529; DDL = 9**) (**Annexe Tableau .D.1 et Tableau.D.2**)

Discussion

Les plantes synthétisent plusieurs substances du métabolisme secondaire. Ces molécules peuvent avoir différents effets chez les insectes : répulsif, attractif, perturbateur du développement, inhibiteur de la reproduction, etc. Leur toxicité peut être directe ou indirecte sur les organes cibles (organes sensoriels, système nerveux, système endocrines, appareil digestif, appareil reproductif, etc.) (**BENAYAD, 2013**). L'ensemble des résultats confirme ceux obtenus par plusieurs auteurs qui ont mis en évidence l'activité biologique d'une multitude d'extraits de plantes à l'égard des principaux insectes ravageurs des denrées stockées.

(**TAPONDJOU et al., 2003**), ont affirmés les propriétés entomotoxiques des huiles essentielles d'*Eucalyptus saligna* et de *Chenopodium ambrosioides*. Ces huiles induisent une

mortalité totale chez les adultes du bruche de niébé à **0.3 µl / g** de niébé, au quatrième jour d'exposition.

(BRITO et al., 2006), ont montré l'effet insecticide des huiles essentielles de *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus globulus* et *E.staigerana* sur la bruche de niébé à des doses allant de **5 à 25 µl**.

D'après (LALE et MUSTAPHA ; 2000), les HEs de citronnelle, du girofle et de citron se sont révélées significativement toxiques vis à vis de *Callosobruchus maculatus* et se rangent selon l'ordre décroissant de toxicité suivant: Girofle, Citronnelle, Citron. Toutefois des mortalités significatives s'observent dès qu'il y a contact direct avec une huile.

Pour les huiles essentielles testées, les résultats des tests statistiques montrent qu'il existe une variation concernant le taux de mortalité des insectes qui dépend de la dose utilisée en huiles essentielles et la durée d'exposition.

D'après (KIM et al., 2003), les effets toxiques des HEs dépendent du ravageur, de l'essence testée et de la durée d'exposition.

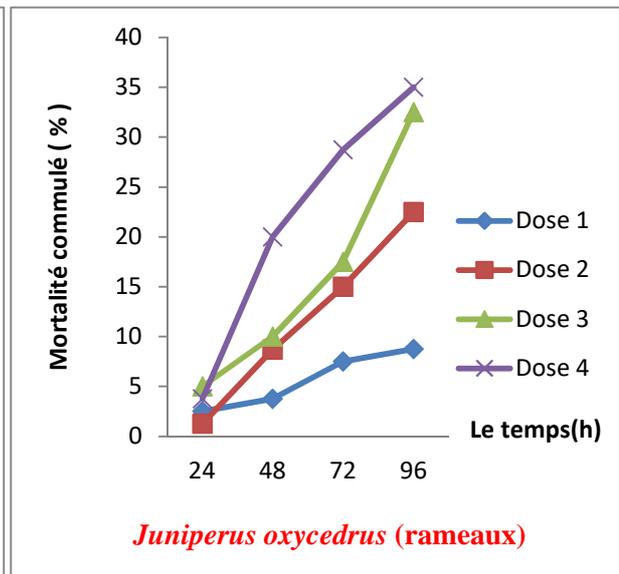
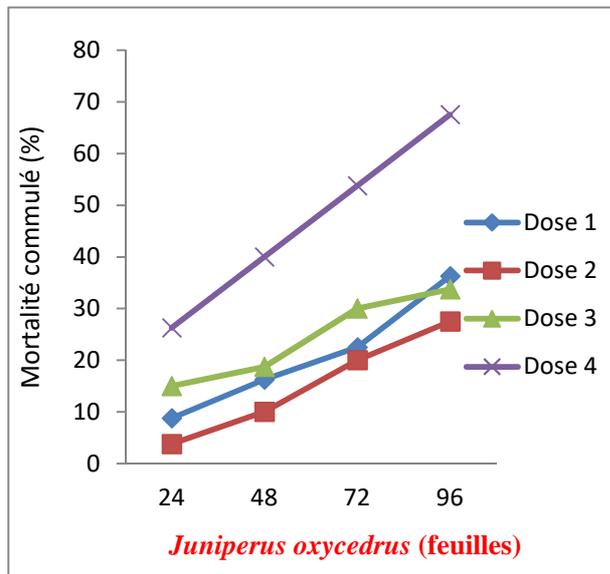
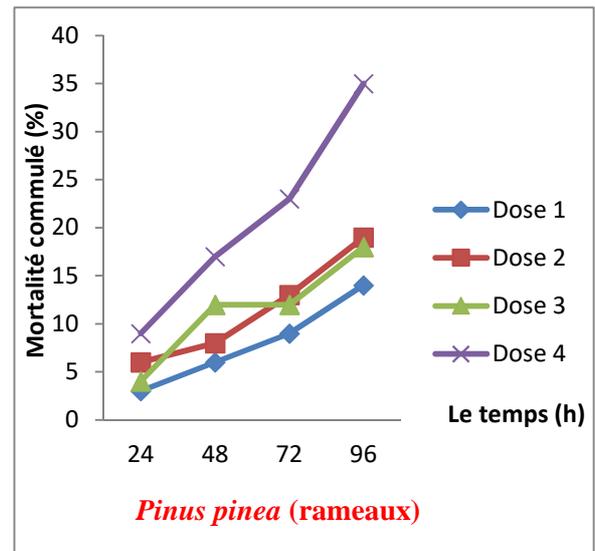
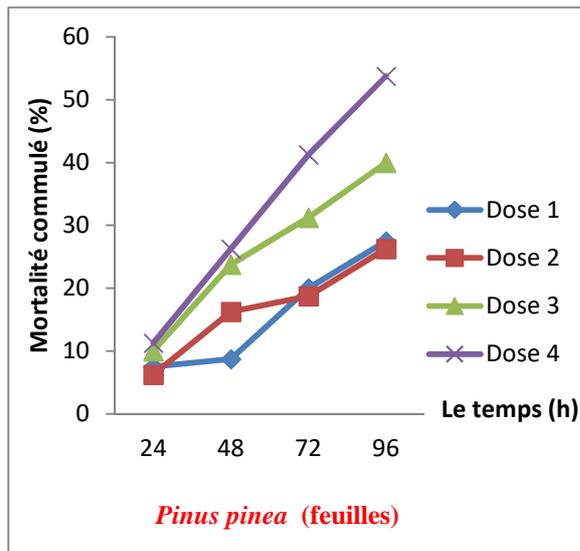
(GARNEAU ; 2001), les terpènes et les phénylpropanes, principaux constituants des HEs, sont responsables des activités insecticides. Plusieurs travaux portant sur l'analyse chimique des substances végétales ont montré aussi la présence des monoterpènes qui inhibent le cholinestérase et les composés soufrés qui agissent sur les canaux potassium de certains insectes comme la blatte.

III.3. Test de toxicité par fumigation (inhalation)

Au terme de cette étude, il ressort que les huiles essentielles utilisées en fumigation sont susceptibles de contrôler les populations de *Callosobruchus maculatus* en stockage expérimental.

Les graphes des figures matérialisant les résultats ont permis de suivre l'évolution de la mortalité des adultes de *Callosobruchus maculatus* induite par les vapeurs des **4** huiles essentielles examinées dans les conditions de laboratoire, en fonction du temps d'exposition.

Figure. III. 2 : Évolution de la mortalité des adultes de *Callosobruchus maculatus* par fumigation en fonction de la durée d'exposition et des doses des huiles essentielles extraites des feuilles et des rameaux de *Pinus pinea* et de *Juniperus oxycedrus*.



D'après les figures de l'évolution de l'effet biocide des huiles essentielles testées, par fumigation en fonction du temps d'exposition, une variabilité en fonction de l'espèce ou de l'organe de la plante utilisée ainsi qu'un effet dose se distinguent. En effet, une augmentation des taux de mortalités cumulées est observée en fonction de la dose employée et de la durée d'exposition. C'est ainsi que des mortalités modérées allant de **3.94** à **32.63%** et de **13.15** à **40.78%** pour les rameaux de genévrier et ceux du pin, respectivement.

Une activité moyennement toxique à hautement élevée se révèle nettement dans le tracé des figures précédentes avec les huiles extraites des feuilles des deux plantes étudiées. Les mortalités causées oscillent entre **19.73** à **51.13 %** pour *Pinus pinea* et **25** à **96.05%** pour *Juniperus oxycedrus*. Cependant les DL₅₀ calculées sont faibles et ne dépassent pas **15µl/ml**

(Annexe). Nous remarquons aussi que la mortalité augmente quand les doses augmentent (Tableaux.III. 6, 7, 8 et 9) mais que ces taux ne dépassent pas à la plus forte dose les **51.31%** pour les huiles extraites de feuilles de *Pinus pinea*. Par contre les huiles des feuilles de *Juniperus oxycedrus* se révèlent plus toxiques puisqu'elles provoquent une mortalité de **96.05 %** à la dose de **16µl / ml**. Ceci est confirmé par la DL₅₀ calculée (**5.49 µl/ml**). Cette toxicité s'explique vraisemblablement par la composition chimique des huiles testées présentant une teneur élevée en monoterpènes oxygénés.

Tableau.III.6 : Mortalité par effet d'inhalation des insectes traités par l'huile essentielle des feuilles de *Pinus pinea*.

Doses	R1	R2	R3	R4	Nombre de morts%	Mortalité%	Mc%
Témoin	0	1	2	1	4	5	-
2	3	6	8	5	22	27,5	23,68
4	8	3	4	6	19	23,75	19,73
8	11	7	6	8	32	40	36,84
16	8	13	10	12	43	53,75	51,31

Tableau.III.7 : Mortalité par effet d'inhalation des insectes traités par l'huile essentielle des rameaux de *Pinus pinea*

Doses	R1	R2	R3	R4	Nombre de morts%	Mortalité%	Mc%
Témoin	0	1	2	1	4	5	-
2	4	1	2	7	14	17,5	13,15
4	6	3	7	3	19	23,75	19,13
8	9	4	3	7	23	28,75	25
16	9	6	10	10	35	43,75	40,78

Tableau.III.8: Mortalité par effet d'inhalation des insectes traités par l'huile essentielle des

Doses	R1	R2	R3	R4	Nombre de morts%	Mortalité%	Mc%
Témoin	0	1	2	1	4	5	-
2	8	3	8	4	23	28,75	25
4	8	5	7	9	29	36,25	32,89
8	8	8	12	3	31	38,75	35,52
16	19	20	20	18	77	96,25	96,05

feuilles de *Juniperus oxycedrus*.

Tableau.III.9: Mortalité par effet d'inhalation des insectes traités par l'huile essentielle des rameaux de *Juniperus oxycedrus*.

Doses	R1	R2	R3	R4	Nombre de morts%	Mortalité%	Mc%
Témoin	0	1	2	1	4	5	-
2	2	1	4	0	7	8,75	25
4	4	3	4	7	18	22,5	32,89
8	6	3	10	7	26	32,5	35,52
16	8	8	4	8	28	35	96,05

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle une différence hautement significative pour l'huile ($F = 14.17$; $P < 0.0001$; $DDL = 3$), pour la dose ($F = 27.61$; $P < 0.0001$; $DDL = 3$) et pour l'interaction des deux facteurs ($F = 3.03$; $P = 0.006$; $DDL = 9$) (Annexe D)

Discussion

Un nombre important de travaux ont démontré l'activité insecticide par fumigation des huiles essentielles sur de nombreux prédateurs. Selon (KELLOUCHE *et al.*, 2010), les huiles essentielles de *Cupressus sempervirens* ont causé 100 % de mortalité à la dose 20µl et 30 µl, après 96 et 48 heures d'exposition. Plus tard, (HEDJAL-CHBHAB, 2014), a noté une mortalité adulticide du la bruche de niébé de l'ordre de 100 % à la dose de 50 µl/l avec les huiles essentielles de *Cupressus sempervirens*, par inhalation.

(AYVAZ *et al.*, 2010), en testant l'huile essentielle d'origan par fumigation contre deux déprédateurs de denrées stockées, a enregistré une mortalité de **100 %** après **24 heures** d'exposition. De même, (TALEB-TOUDERT ;2015), a signalé une mortalité de **100 %** après **24 heures** d'exposition (à la dose de **16 µl**) des adultes de *Callosobruchus maculatus* aux vapeurs des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis*, *Mentha spicata*, *Ocimum basilicum* , *Aloysia triphylla*, *Salvia officinalis* et *Myrtus communis*. Par contre, elle a souligné que les huiles de *Pistacia lentiscus* se révèlent faiblement toxique par fumigation sur les adultes du la bruche, dans les mêmes conditions expérimentales.

Plusieurs études ont suggérées que l'efficacité insecticides de ces substances naturelles appliquées dans les tests de toxicité par fumigation (inhalation) contres les ravageurs de denrées stockées serait vraisemblablement due à leur richesse en composés monoterpéniques (REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI, 1995; TAPONDJOU *et al.*, 2002).

III.4. Tests de répulsivité

L'évaluation de la répulsivité des huiles essentielles à l'égard des adultes de *Callosobruchus maculatus* après deux heures d'exposition aux différentes doses des huiles essentielles expérimentées dans ce présent travail, est représentée sur les figures ci dessous :

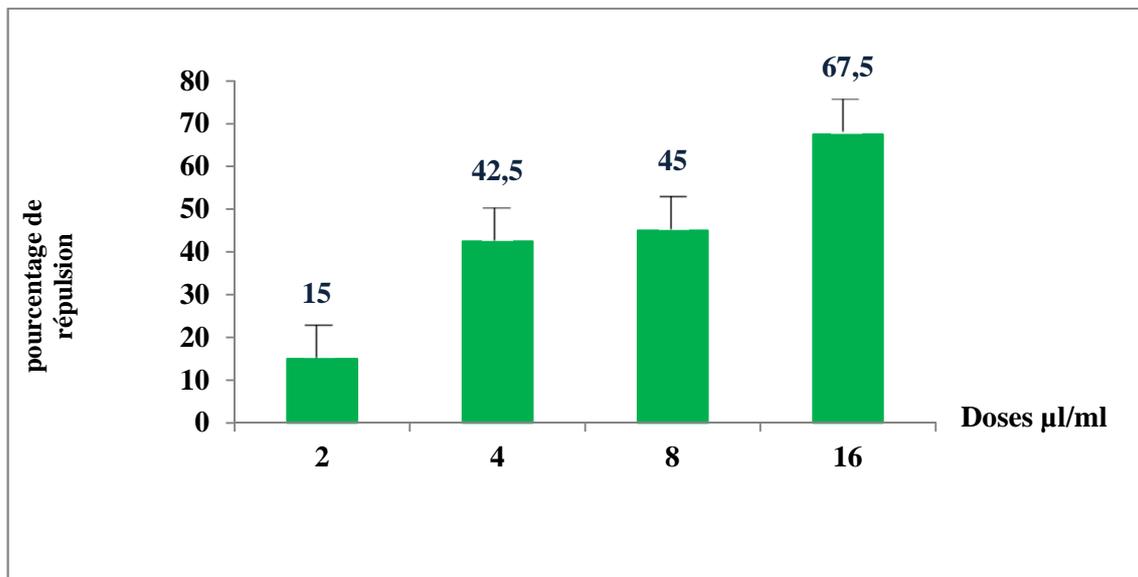


Figure.III. 3: Répulsivité moyenne des huiles essentielle des feuilles de *Pinus pinea* à l'égard des adultes *Callosobruchus maculatus*

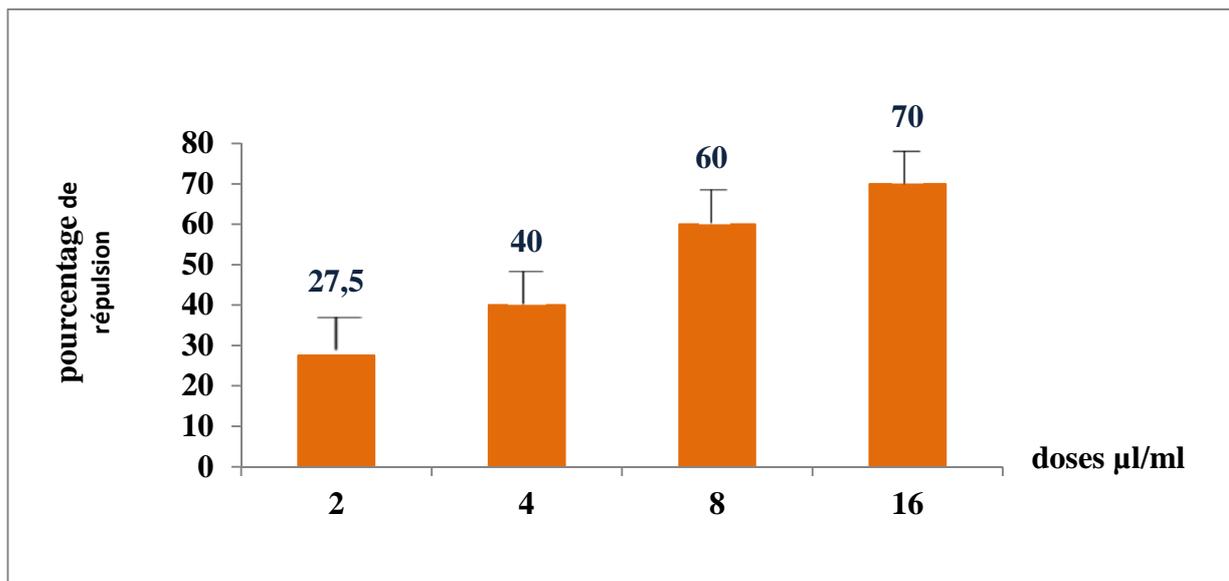


Figure.III. 4: Répulsivité moyenne des huiles essentielle des rameaux de *Pinus pinea* à l'égard des adultes *Callosobruchus maculatus*

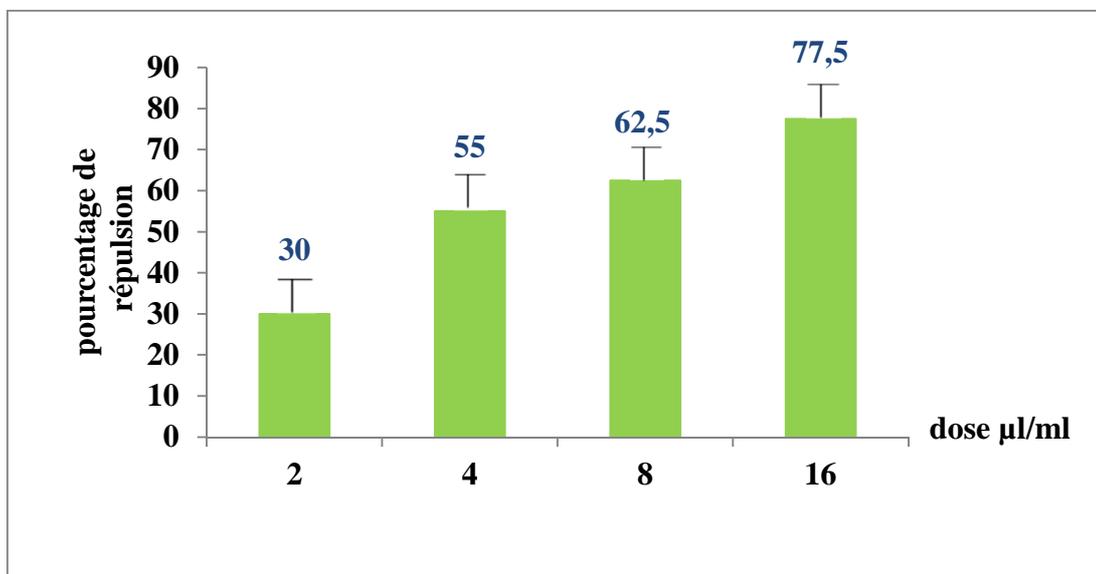


Figure.III.5: Répulsivité moyenne des huiles essentielles des feuilles de *Juniperus oxycedrus* à l'égard des adultes *Callosobruchus maculatus*

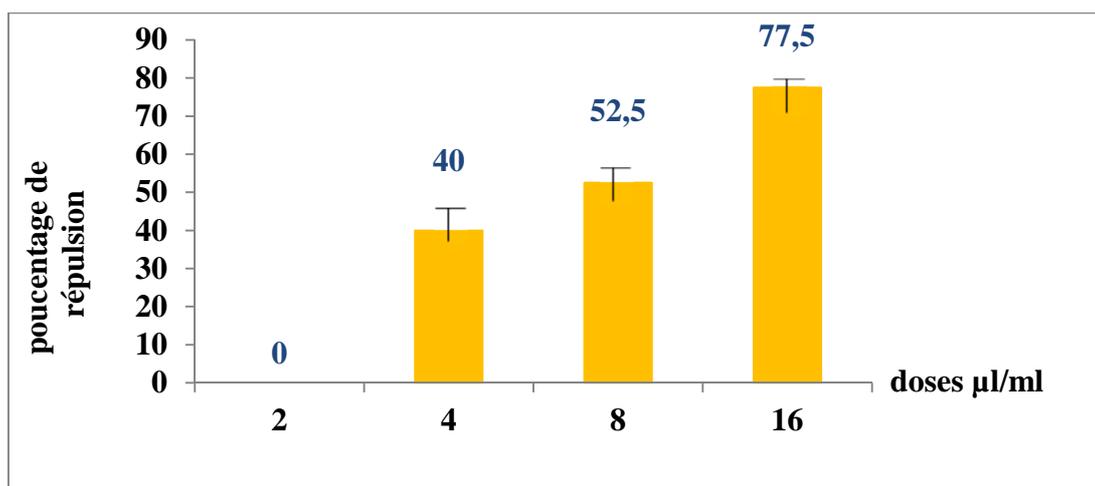


Figure.III. 6: Répulsivité moyenne des huiles essentielle des rameaux de *Juniperus oxycedrus* à l'égard des adultes *Callosobruchus maculatus*

Nous constatons que la répulsivité varie selon des huiles, la plus grande répulsivité est obtenue avec les huiles de *Juniperus oxycedrus*, notamment celles des feuilles où des pourcentages moyens allant de 55 % (à la dose de 4 $\mu\text{l/ml}$) à 77.5 % à la dose 16 $\mu\text{l/ml}$ ont été calculés. Les huiles essentielles du Pin pignon, aux faibles doses, se révèlent faiblement répulsives. Pour les feuilles, les pourcentages moyens de répulsion oscillent entre 40 et 60 % pour les doses de 4, 8 et 4 $\mu\text{l/ml}$, respectivement. Les rameaux quant à eux exhibent une répulsivité allant de 60 à 70 %, aux doses de 8 à 16 $\mu\text{l/ml}$, respectivement.

Selon le classement de (MC DONALD et al., (1970), les huiles essentielles expérimentées dans ce travail manifestent une répulsivité modérée appartenant à la classe IV de cette échelle (Tableau.III.10)

Tableau.III.10 : Classe de répulsivité des huiles essentielles étudiées selon (MC DONALD et al., 1970)

Huile	Pr/ Ecartype	Classe
Huile 1	42/ 1,72	Modérément répulsive
Huile 2	49,37/ 0.905	Modérément répulsive
Huile 3	56,25/ 1,48	Modérément répulsive
Huile 4	42,5/ 1,31	Modérément répulsive

L'analyse de la variance à un critère de classification révèle une différence très hautement significative ($F = 9,022$; $P < 0,0001$) entre les différents traitements (Annexe D)

Discussion

De nombreux travaux scientifiques publiés dans la littérature ont mis en évidence l'effet répulsif des huiles essentielles contre les insectes des stocks.

Ainsi, les substances naturelles que nous avons testées ont eu un effet toxique par fumigation sur les adultes de *Callosobruchus maculatus*. En effet, elles ont toutes causé la mort des bruches, après 96 heures d'exposition à la dose 16 µl/ml et elles corroborent les taux de mortalités mis en exergue par plusieurs auteurs (KHALFI-HABES, 2007, HEDJAL-CHEBHEB, 2014; TALEB-TOUDERT, 2015). L'activité toxique de ces substances semble être liée aux composés terpéniques qu'elles contiennent.

(AGGARWALE et al., 2001), signalent que le 1-8 cineole est moyennement répulsif sur les bruches de niébé, à la dose de 4 µl. (PAPACHRISTOS et STAMAPOULOUS 2002), ont montré que l' α -pinene, le limonene et le camphre de l'huile essentielle de *Juniperus oxycedrus* ont effet répulsif à l'égard d'*Acanthoscelides obtectus*. De même, (HEDJAL-CHEBHEB, 2014), a mis en évidence la répulsivité des huiles essentielles du genre Eucalyptus à partir de 75 µl sur les bruches de niébé. De même, (NERIO et al. (2009), signalent que l'huile essentielle d'*Eucalyptus citriodora* est très répulsive contre *Sitophilus zeameais* à la dose 0.503 µl / cm² après 24 heures d'exposition. Dans le même ordre d'idée, (TAPONDJOU et al., 2005), ont montré l'effet toxique d'*Eucalyptus saligna* à l'égard de *Sitophilus zeameais* et *Tribolium confusum*, à la dose 0.36 µl / cm².

Conclusion

Conclusion

La présente étude a permis d'évaluer l'activité insecticide et la toxicité des huiles essentielles des feuilles et des rameaux extraites des plantes *Pinus pinea* et *Juniperus oxycedrus*.

L'évaluation de l'activité insecticide montre que les huiles essentielles testées sont actives sur *Callosobruchus maculatus* où le taux de mortalité enregistrés avoisine les **83,75%** par effet contact. Les doses létales occasionnant les mortalités de **50%** des adultes de ce ravageur varient entre **1,05µl/ml** et **6,85µl/ml** pour l'huile des feuilles et des rameaux, respectivement extraites de la plante *Pinus pinea*, et varient entre **11,47µl/ml** et **224,16µl/ml** pour la deuxième plante *Juniperus oxycedrus* feuilles et rameaux, respectivement. L'analyse de la variance de test de contact a relevé que l'effet insecticide des huiles essentielles des quatre plantes étudiées différent significativement. De même, une différence significative est observée pour le facteur dose, et le facteur huile.

Dans le test d'inhalation les feuilles de *Pinus pinea* et de *Juniperus oxycedrus* sont avérés plus toxiques vis-à-vis *Callosobruchus maculatus* avec des pourcentages de mortalité de l'ordre **55** et **95%**. contrairement pour les rameaux de *Juniperus oxycedrus* dont les taux enregistrés est de **35%**. Les doses létales occasionnant les mortalité de **50%** des adultes de ce ravageur varient entre **5,49µl/ml** et **14,74µl/ml** pour les feuilles de *Juniperus oxycedrus* et de *Pinus pinea*, respectivement et de l'ordre **28,76** et **30, 36µl/ml** enregistrés pour les rameaux de *Pinus pinea* et *Juniperus oxycedrus*. L'étude de la variance a démontré qu'il ya une différence significative pour le facteur dose, le facteur huile et l'interaction huile-dose.

La répulsivité de ces huiles à l'égard de ravageur testé est modérément répulsive. Les pourcentages de mortalité enregistrés pour les quatre huiles essentielles varient entre **67,5** et **77,5 %**. L'analyse de variance a relevé une différence significative pour le facteur dose.

Ce présent travail affirme que les quatre huiles essentielles étudiées peuvent assurer une protection des grains de niébé. Par conséquent elles peuvent être exploitées comme agents biocides. Ainsi cette étude nous ouvre de larges perspectives :

- ❖ Evaluation des effets insecticides des huiles essentielles étudiées vis-à-vis des adultes de *Callosobruchus maculatus*.
- ❖ Tester les effets des huiles essentielles sur la qualité organoleptique et nutritionnelle du niébé.

- ❖ Des expériences complémentaires sont nécessaires pour préciser la nature du (ou des) composé (s) responsable de cette activité, pour optimiser les doses efficaces.
- ❖ Les résultats obtenus sont certes encourageants, mais l'efficacité de ces différentes huiles essentielles reste encore à démontrer en situation réelles dans les entrepôts de stockage.

Références bibliographiques

A

Adams R.P., 1998. The leaf essential oils and chemotaxonomy of *Juniperus* sect. *Juniperus*. *Biochem. Syst. Ecol.*, **26**, 637-645

ALZOUMA L., 1990, des problèmes de la post. Récoltes en Afrique Sahélienne. In: Fouabi K. and philogene J. (eds). Actés du Séminaire International de la post récolte en Afrique Abidja, coté d'Ivoire. 29 Jn. 02 Fev., pp. 22- 27

ALZOUMA, L.1995. Connaissance et contrôle des Coléoptères Bruchidae ravageurs des légumineuses alimentaires au Sa:hel . ahel IPM No1 pp. 4, 10 - 11. Booker R. H ,1967 . Observation on thre bruchids associated with cowpea in Northern Nigeria. *J. Stored Prod Res.* 3, 1-15 e Camara, M. 1997. Recherche sur les nouvelles substances biocides végétales

AMEVOIN, k., 1998b: Activités reproductrices et réponses comportementales de *Danarmus basalis* (ROND) et *Euplms vulleti* (Craw) en presence de leur hotes *Callosobruchus maculates* (FAB) EN ZONE GUIN2NNE AU Togo. Thèse doctorat .Togo. 152P.

ARGAWAL, K., TRIPATHI A., AHMAD, A., PRAJAPATI, V., VERMA, N. , KUMAR, S., 2001. Toxicity of 1- Menthol anti derivatives against four storage insectes. *insect Sci. Applic.* 21 (3pp) 229-235.

AYVAZ A. SAGDIC O. KARABORKLU S. & OZTURK I., 2010. Insecticidal activity of the essential oils from different plants against three stored- product insects. *Journal of Insect Science.* Vol. 10 N°21: 1-13

B

BAKALI F., AVERBECK S., AVERBECK D., IDAOMAR., 2008. Biological effets oils. A review *Science Directe. Food and Chemical and Toxicology.* Vol 46 : 446-475.

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

BRUNETON J., 1987. Éléments de phytochimie et de pharmacognosie. Paris,Lavoisier, 585p.

BRUNETON J., 1999 : Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Ed. Tec & Doc. ; pp : 461 – 769.

BRITO J.P., BAPTISTUSSI R.C., FUNICHELO M., OLIVEIRA J.EM., & BORTOLI S.A., 2006. Effect of essential oils of *Eucalyptus spp.* Under *Zabrotes subfasciatus* (Both., 1833) (Coleoptera: Bruchidae) and *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775) (Coleoptera : Bruchidae) in two beans species. Bol. Sanidad Veg.Plagas., vol 32 (N°4) : 573-580.

C

CHARRIER M.C.A, KONAN K.C., HAROLD R.M., MICHEL J, SEG HARNON T.

DOMINIQUE N., 1997, L'amélioration des plantes tropicales. CIRAD, ORSTON, pp 483-503

CALLEN C., 1976. Les conifères cultivés en Europe, volume I, édition J-B Ballière, 428p

CAMARA, M. 1997. Recherche sur les nouvelles substances biocides végétales - Application au contrôle de bruches du niébé *Callosobruchus maculatus* F. et de l'arachide *Caryedon serratus* OL. Mémoire de fin d'étude. E NSA-Thèse. p72.

CASIDA J. H., 1990, Pesticide mode of action evidence for and implication of a finite number of Biological approaches to pest control (Amsterdam: Elsevier). Pp11-22.

CASWELL G.H., 1961, The infestation of cowpea in the western region of Nigeria. Trop Sci., pp 8 - 154.;

Chatzopoulou P. S., Katsiotis S. T.,1995. Pharm. Acta Helv. 70 : 247.

CRAUFURD P.Q. , SUMMERFIELD R.j., ELLIS R.H. , ROBERTS E.H. , 1997. Photoperiod, temperature, and the growth and development of cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. In : Advances in cowpea research, B.B. Singh et al. éd., Ibadan, Nigeria, IITA-JIRCAS, p. 75-86 .

CRUS J. F., TROUD F., GRIFFON D. & HEBERT J. P., 1988. Conservation des grains en régions chaudes. 2 Ed- « Technique rurales en Afrique ».Ed. CEEMAT ; Paris, 545

CSEKE L.J., & KAUFMAN P.B., 1999. How and why these compounds are synthesized by plants. Pages 37-90.

D

DELOBEL et TRAN, 1993. Les coléoptères alimentaires entroposées dans les régions chaudes. ORSTOM/ CTA. Faune tropicale 32. Paris 424p

DELOBEL, A. et TRAN, M. 1993. Le coléoptères alimentaires entroposées dans s régions chaudes. ORSTOM/CTA. pp : des denrées alimentaires entreposées régions chaudes. ORSTOM/CTA. Pp 312-316.

Derwich E., Benziane Z. et Boukir A., 2010. GC/MS Analysis and antibacterial activity of the essential oil of *Mentha pulegium* grown in Morocco. Res. J. Agric. & Biol. Sci., p :191-198.

Dob, T.; Berramdane, T.; Chelghoum, C., 2005. Chemistry of Natural Compounds Vol. 41 Issue 5, p545-548. 4p. 2 Charts.

E

EHLERS, D. J., HALL., A.E., 1997. Cowpa (*Vigna unguiculata*). Field, Crops Research. 53: 187-204.

F

Fakhari, A. R., et Salehi, P. (2005). Hydrodistillation-headspace solvent microextraction, a new method for analysis of the essential oil components of *Lavandula angustifolia* Mill. J. Chromatogr. A. 1098, 14-18.

FINNEY., 1971. Statistical Method in Biological Assay. 2nd ed., Griffin. London p.333

FOX C. W., 1994, The influence of egg size on offspring performance in the seed beetle. *Callosobruchus maculatus*. Oikos, 71: 321-325

G

GARNEAU F.X., 2001. Notes du cours *Produits naturels*. Département des sciences fondamentales, UQAC, Chicoutimi, Québec. 17p.

GRUBBEN, J. L., 2004. Légumes, Ressources végétales de l'Afrique tropicale : 618 - 626.

GLITHO T. A., NUTO Y., ATTOH A., SAMBENA B., & KOUNNOUK., 1988, Ecologie et Biologie de la reproduction des Bruchidae parasites des légumineuses alimentaires cultivés au Togo et au Benin. Rapport ABN (Biosciences), Lomé., 81 p.

I

ISMAN M. B., 2002. Problèmes et perspectives de commercialisation des insecticides d'origines botaniques. In << Biopesticide d'origine végétale>>. Edition Tec A Doc, pp. 301-311

H

HAUBRUGE, G., L OGNAY, MALIER, M., DANHIER, P., GLISON, J., GASPAR, C., 1989. Etude de la toxicité de cinq huiles essentielles extraites de *Cirus* sp, à l'égard de *Sitophilus zeamais* *Mosth* (Col., Curculionidae) ; et *Tribolium castaneum* HERBET (Col., Tenebrionidae). Mad. Fac. Landbouww Rijksuniv. 54(3).

HEDJAL-CHBHAB, 2014. Identification des principes actifs des huiles essentielles de quelques résineux et plantes aromatiques de provenance Algérienne et Tunisienne. Etude de leurs activités biologiques à l'égard d'un insecte ravageur des graines stockées, *Callosobruchus maculatus* F. 1775 (Coleoptera: Bruchidae). Thèse de Doctorat en Biologie. Spécialité: Entomologie appliquée. UMMTO, 103 p.

HENANDEZ OCHAOA L. R., 2005. Substitution de solvants et matières activés de synthèse par combiné « Solvants (Actif) d'origine végétale ». Thèse de doctorat en sciences des agroagresseurs. Institut National polytechnique de Toulouse. 224p.

J

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

K

KHALFI-HABES O., 2007. Evaluation du potentiel biocide et étude de l'influence de la composition des huiles essentielles de quelques plantes algériennes sur *Rhyzoperta dominica* (F) (Coleoptera: Bostrychidae) et *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). Thèse de Doctorat d'état en Sciences Agronomiques. Institut National Agronomique. El-Harache. 157 p.

KHARI AR, SALEHI P, HEYDRAI R, EBRAHIMI SN, HADDAD PR, HADDAD, 2005. Hydrodistillation- headspace solvent microextraction, a new for analysis of the essential oil components of *lavandula angustifolia* Mill. Journal of Chromatography A1098(1) : 14-18.

KELLOUCHE, A., AIT AIDER, F., LABDAOUI, K., MOULA, D., HAMADI, N., OURAMDANE, A., FREROT B. & MELLOUK, M., 2010. Biological activity of ten essential oils against cowpea beetle *Callosobruchus maculatus* Fabricius (Coleoptera: Bruchidea). International Journal of Integrative Biology. Vol.10 : 86-89.,

KETOH G.K., KOUMAGLO H.K. & GLITHO I.A., 2005. Inhibition of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) development with essential oil extracted from *Cymbopogon schoenanthus* L. Spreng. (Poaceae), and the wasp *Dinarmus basalis* Rondani (Hymenoptera: Pteromalidae). J. Stored Prod. Res., 41, 363-371.

KEITA S. M., VINCENT C., SCHMIT J. PARNASON J. T., BELANGER A. 2001. Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *Ocimum. Gratissimum* L. applied as an insecticidal fumigant and *poxderto control Callosobruchus maculatus* (Fab). (Coleopera : Bruchidae). Journal of Stored Products Research. Vol. 37, n^o 4, pp. 339-349

KIM S, ROH J. Y., KIM D. H., LEE H. S., AHN Y. J. (2003). Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzea* and *Callosobruchus chinensi*. Journal of Stored Products, Vol. 39, pp. 293-303.

KONGNE. M. L., 2012. Evaluation de l'activité insecticide de trois plantes locales contre *Callosobruchus maculatus* dans la région de l'Extrême-Nord Cameroun pour la conservation de *Vigna unguiculata*. Thèse du master en Biologies des organismes. Universités de Maroua.80p.

KOUKOS, P.k., PARADOPOULOU, K.I., PAPAGIANNPOULOS, A.D.2001. Essential oils of the twigs of some conifers grown in greece. *Holz. Als. Roh-und Werkstoff*.58 :437-438.

KUMAR, P; MISHARA, S; MALIK, A ; SATYA. S; 2011. Insecticidal properties of *Mentha speies*: A review. 34: 802-817.

L

Lahlou M., 2004: Methods to study phytochemistry and bioactivity of essential oils. *Phytotherapy Research* 18: pp.435-448.

LALÉ N.E.S., MUSTAPHA A. (2000), Potential of combining neem (*Azadirachta indica* A.Juss) seed oil with varietal resistance for the management of the cowpea bruchid, *Callosobruchus maculatus* (F). *Journal of Stored Products Research*, Vol. 36, n° 3, pp.215-222

LARSON A. O., 1924 : The effect of \veevity Seed beans upon the bean trop an upon the dissemination of weeoils *Bruchus obtectus* SAY an *B. quadrimaculatus* FAB. *J.EC.ENT. I_I1*

BALACHOWSKY, A. S., 1962 : traité d'entomologie Appliquée à l'Agriculture : Coléoptères. Tome 1. 1. Paris Masson et Cie Editions.

17 (S), pp. 338-548.

LICHTENSTEIN, E.P.1966. Insecticides occuring naturally in crops. *Adv. Chem. Ser.* 53 :34-38.

LIENARD V. & SECK D., 1994, Revue des méthodes de lutte contre *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae), ravageur des grains de niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp) en Afrique Tropicale. *Insect Sci. Appli.*, 15 (3): 301-311.

M

Mansouri N, B Satrani, M Ghanmi L. El Ghadraoui A. Aafi A. Farah, 2010. Valorisation des huiles essentielles de *Juniperus thurifera* et de *Juniperus oxycedrus* du Maroc. *Phytothérapie*; 8: 166–170.

MC DONALD L.L., GEY RH OF SPEIRS R.D., 1970. Preliminary evaluation of new candidate materials as oxieant, rapellante and attractants against Stored Product insects. Marketing research rapport n° 882. Agriculture Research Services. Departement of agriculture, Washington 183p

MULONGOY K., 1985. Nitrogen-fixing symbiosis and tropical ecosystems. In : Cowpea research, production and utilization, S.R. Singh et K.O. Rachie éd., New York, Etats-Unis, Wiley, p. 307-315.

N

NGAMO L.S.T., 2000, Protection intégrée des stocks de céréales et de légumineuses alimentaires. Analyses scientifiques. Bulletin Panafricain d'Informations Phytosanitaires, N°26-27, 13-15. 54.

NGAMO L.S.T., 2000, Premier rapport annuel (1999-2000). Grand programme de recherche universitaire. Développement et valorisation des ressources animales et végétales. Protection intégrée des denrées stockées. Université de Ngaoundéré. 31 p.

NGAMO L. et HANC TH., 2007. Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical, in Tropicultura, vol 25 (n°4), 215-220pp.

NAKASTU T ; ANDREW T; LUPO JR ; JOHN W; CHINN JR & KANG R.K.L, 2000. Biological activity of essential oils and their constituents Atta- Rahman (ED) studies in Naturel products *CHEMISTRY*, Vol. 21.B. V. 5716631.

NERIO, L.S., OLIVERO-VERBAL, J., STASHENKO, E.E,2009. Replent activity of essential oils: A review. Bioresorce Technolog. Volume 101: 372-378.

NDOMO. A, TAPONDJOU, F., TCHOUANGUEP, F., 2009. Evaluation des propriétés insecticides des feuilles de *callistemon viminalis* (Myrtaceal) contre les adultes d'*Acanthoscelids oblectus* (Say)(Coleoptera). Tropicultura. 27 (3): 137-143.

O

OUEDRAGO A.P., 1996b. Le déterminisme du poly morphisme imaginal chez *Callosubruchus maculatus* (Fab.), Loleoptère Bruchidae. Importance des facteurs climatiques sur l'évolution des populations de ce Bruchidae dans un système expérimental de stockage des graines de *vigna unguiculata* (Walp). Thèse de doctorat d'Etat. P.117p

OUEDRAGO., SOU S., SANON A., MONGE J P., HUIGNARD J., TRAM M.D & CREDLAND P.F .,1996. Influence of temperature and humidité on population of. c. m (col:Bruchidae) and its Parasitoid *pinaramus basalis* (pteromalidae) in two zones of Burkina Faso. Bull. of Entom. Res., 86: 695 -702.

P

PAPACHRISTOS DP, STAMOPOULOS DC., 2002. Repellent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oil vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*. 38:117–128.

PROCTOR D. L., 1995. Techniques d'emménagement des grains: évoluer et tendances dans les pays en développement. Bull. F.A.O n^o 109, 24p.

Q

Quezel, P. et Santa, S. 1963. Nouvelle Flore d'Algérie et des Régions Désertiques Méridionales. 2 Tomes, Editions CNRS , Paris, 1170.

R

RACHIE K.O. & ROBERT L.M., 1974. Grain legumes of lowland tropics. *Advances in Agronomy* 26: pp. 44-50.

REES P. D., 1996, Coleoptera. In: integrated Management of insect in stored Products, pp 1-39.

REGNANT- ROGER C., 1997.The potential of botanical essential oils for insect pest control. *Int Pest Manag Rev*, 2:1-10.

RICHTER ; G; 1993: Métabolisme des végétaux : physiologie et biochimie. Collection de biologie, pp: 287-315.

REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI, 1995. Fumigant toxic activity and reproduction inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera), a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Stored Products Research*. Vol 1: 291-299.

REGNAULT-ROGER C. et HAMRAOUI A., 1997, Lutte contre les insectes phytophages par les plantes aromatiques et leur molécules allelochimiques. *Acta Bot. Gallica*, 144, 401-412. 69. Kostjukovski M.,

RIOU-NIVERT P., 2001. Les résineux, connaissance et reconnaissance, tome I, 2^{ème} édition, 256p.

REZZI, S., CAVALEIRO,C., BEGHELLI, A., SALGUEIRO, L., DA CUNHA,P et CASANOVA, J., 2001. Intraspecific chemical variability of the leaf essential oil of *Juniperus phoenicea* var. Turbinata Form Corsica. *Biochem. Syst. Ecol.*29 :1175-1184.

S

SECK D., SIDIBE B., HAUBRUGE E. et GASPAR CH. (1991a). La protection des stocks de niébé (*Vigna unguiculata(L.) Walp*) en milieu rural: Utilisation de différentes formulations à base de neem (*Azadirachta indica* A. JU~S) provenant du Sénégal. *Med'ed. Fac.. Landbouwwet. Rijkuniv. Gent.* 56/3b, 1217-1224.

SECK D., SIDIBE B., HAUBRUGE E., HEMPTINNE J. L. ET GASPAR CH. (1991b) La protection chimique des stocks de niébé et de maïs contre les insectes au Sénégal. *Meded. Fac. Landbouww. Rijkuniv.*

SEIGUE A., 1985. La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. Edition Maison neuve et la rose, Paris : 503 p.

SINGH, S. R., RACHIE, K. O.1985. Cowpea Research, Production and utilisation. Singh S. R. & Rachie K. O. (ed.), 460 pp.

SINGH H.R. et TAYLOR T.A.,1 1978. Rest of grains legumes ecology a- And contol. Et Singh S. R. Vanenden F. And Taylor T. A. Academic press, b-New York, 454p.

SINGH S.R., JACKAI L.E.N., DOS SANTOS J.H.R. & ADALLA C.B., 1990. Insect pests of cowpeas. In “Singh S.R. (eds), *Insect Pests of Tropical Food Legums*”. John Wiley and sons, Chichester, pp. 43-89.

SOUTHAGATE B. J., 1979. Biology of the Bruchidae. *Annu. Revu. of Entomology.* Vol 24: 449-473.

SOUKEYNA C., 1999. Evaluation de la résistance variétable du niébé *Vingua uniguiculata*. *Callosobruchus maculatus* L. Mém. D'Ing. En production végétale. Ecole. Nat. Sup. D'Agro. SENEGAL. 58p.

T

TAPONDJOU, L.A., ADLER, C., BOUDA, H.& FONTEM, D.A., 2002. Efficacy of powder and essential oil from *Chenopodium ambroceoides* leaves as post-harvest grain

protectants against six-stored product beetles. *Journal of Stored and Products Research*. Vol 38: 395-402

TAPONDJOU, L. A., ADLER, C., BOUDA, H., & FONTEM, D. A. (2003). Bioefficacité des poudres et des huiles essentielles des feuilles de *Chenopodium ambrosioides* et *Eucalyptus saligna* à l'égard de la bruche du niébé, *Callosobruchus maculatus* Fab.(Coleoptera, Bruchidae). *Cahiers Agricultures*, 12(6), 401-407

TAPONDJOU, A. L., ADLER, C., FONTEM, D. A., BOUDA, H., & REICHMUTH, C. H. (2005). Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium confusum* du Val. *Journal of Stored Products Research*, 41(1), 91-102.

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

Tunalier, Z., Kirimer, N., Baser, K.H.C. 2002. The composition of essential oils from various parts of *Juniperus foetidissima*. *Chemistry of Natural Compounds* 38, 43-47.

U

UTIDA .S., 1981, Polymoyphism and phase dimorphism in *callosobruchus*; In ecology of bruchidas attacking legume. Ed. By Labeyrie, Junk, the Hygue, pp 143 - 17.

Z

ZETTLER JL, ARTHUR FH: 2000. Chemical control of stored product insects with fumigants and residual treatments. *Crop Protection* 19: 577–582.

Sites électroniques

FAO, 2002 : www.fao.org

Image01 :www.google.dz/search?q=cycle+de+developpement+callosobruchus+maculatus+pdf&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjVs8b117zUAhUGVRQKHcgjAHkQ_AUIBigB&biw=1366&bih=623#tbm=isch&q=cycle+de+developpement+callosobruchus+maculatus+&imgdii=X1YuNpTcO3jfxM:&imgcr=-2ciuprZl2LVZM:

Annexe

A.1. Les résultats journaliers de test de toxicité sur de huile essentielle *Pinus pinea* (huiles des feuilles)

Jour n^o 1

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	0	0	0	0
2 µl/ml	2	4	6	3
4µl/ml	5	6	1	3
8µl/ml	2	6	4	4
16µl/ml	6	10	4	7

Jour n^o 2

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	1	0	0	0
2 µl/ml	3	0	3	2
4µl/ml	3	2	4	2
8µl/ml	4	5	3	2
16µl/ml	12	2	7	7

Jour n^o 3

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	0	0	0	1
2 µl/ml	2	2	3	2
4µl/ml	5	5	5	2
8µl/ml	7	5	6	7
16µl/ml	1	4	3	2

Jour n^o 4

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	1	0	1	0
2 µl/ml	2	4	1	5
4µl/ml	5	4	3	7
8µl/ml	3	2	3	1
16µl/ml	0	0	2	0

Tableau. A. 1 : Mortalité par effet de contact des insectes traités par l'huile essentielle *Pinus pinea* (huiles des feuilles).

Doses	D1	D2	D3	D4	Nombre de morts/80	Mortalité %	MC%
Témoin	2	0	1	1	4	5	-
2	9	10	13	12	44	55	52,63
4	18	17	13	14	62	77,5	74,21
8	16	18	16	14	64	80	78,94
16	19	16	16	16	67	83,75	82,89

A.2. Les résultats journaliers de test de toxicité sur de huile essentielle *Pinus pinea* (huiles des rameaux)

Jour n^o 1

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	0	0	0	0
2 µl/ml	0	1	2	4
4µl/ml	1	2	2	0
8µl/ml	1	0	3	1
16µl/ml	1	2	1	1

Jour n^o 2

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	1	0	0	0
2 µl/ml	1	1	0	4
4µl/ml	5	0	4	3
8µl/ml	3	2	3	3
16µl/ml	2	2	1	2

Jour n^o 3

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	0	0	0	1
2 µl/ml	2	4	2	1
4µl/ml	4	3	3	5
8µl/ml	3	2	1	3
16µl/ml	2	3	3	4

Jour n^o 4

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	1	0	1	0
2 µl/ml	2	3	3	6
4µl/ml	1	3	3	1
8µl/ml	3	6	2	4
16µl/ml	2	4	6	6

Tableau. A. 2: Mortalité par effet de contact des insectes traités par l'huile essentielle *Pinus pinea* (huiles des rameaux).

Doses	R1	R2	R3	R4	Nombre de morts/80	Mortalité %	MC%
Témoin	2	0	1	1	4	5	-
2	5	9	7	15	36	45	42,10
4	11	8	12	9	40	50	47,36
8	10	10	9	11	40	50	47,36
16	7	11	11	13	42	52.5	50

A.3. Les résultats journaliers de test de toxicité sur de huile essentielle *Juniperus oxycedrus* (huiles des feuilles)

Jour n^o 1

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	0	0	0	0
2 µl/ml	2	1	0	4
4µl/ml	1	0	0	2
8µl/ml	2	3	4	3
16µl/ml	0	8	1	12

Jour n^o 2

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	1	0	0	0
2 µl/ml	0	2	1	0
4µl/ml	2	2	0	1
8µl/ml	2	3	3	5
16µl/ml	1	5	0	5

Jour n^o 3

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	0	0	0	1
2 µl/ml	1	2	3	0
4µl/ml	3	2	0	2
8µl/ml	2	3	2	3
16µl/ml	2	4	1	1

Jour n^o 4

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	1	0	1	0
2 µl/ml	1	1	0	2
4µl/ml	2	3	0	1
8µl/ml	3	0	1	1
16µl/ml	1	0	1	1

Tableau. A. 3 : Mortalité par effet de contact des insectes traités par l'huile essentielle *Juniperus oxycedrus* (huile des feuilles).

Doses	R1	R2	R3	R4	Nombre de morts/80	Mortalité%	MC%
Témoin	2	0	1	1	4	5	-
2	4	6	4	6	20	25	21,05
4	8	7	0	6	21	26,25	22,36
8	9	9	10	12	40	50	47,36
16	4	17	3	19	43	53,75	51,31

A.4. Les résultats journaliers de test de toxicité sur de huile essentielle *Juniperus oxycedrus* (huiles des rameaux)

Jour n^o 1

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	0	0	0	0
2 µl/ml	0	2	1	0
4µl/ml	0	1	1	1
8µl/ml	3	0	0	3
16µl/ml	3	1	2	0

Jour n^o 2

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	1	0	0	0
2 µl/ml	0	1	1	4
4µl/ml	1	1	2	1
8µl/ml	1	0	2	0
16µl/ml	2	4	4	1

Jour n^o 3

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	0	0	0	1
2 µl/ml	4	1	1	2
4µl/ml	0	2	1	2
8µl/ml	2	2	1	2
16µl/ml	1	2	4	0

Jour n^o 4

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	1	0	1	0
2 µl/ml	1	1	2	3
4µl/ml	4	4	2	2
8µl/ml	0	6	1	2
16µl/ml	3	2	2	1

Tableau. A. 4: Mortalité par effet de contact des insectes traités par l'huile essentielle *Juniperus oxycedrus* (huiles des rameaux).

Doses	R1	R2	R3	R4	Nombre de morts/80	Mortalité%	MC%
Témoin	2	0	1	1	4	5	-
2	5	5	5	9	24	30	26,31
4	5	8	6	6	25	31,25	27,63
8	6	8	4	7	25	31,25	27,63
16	9	9	12	2	32	40	47,36

B.1. Les résultats journaliers de test de toxicité d'inhalation sur de huile essentielle *Pinus pinea* (huiles des feuilles)

Jour n^o 1

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	0	0	1	1
2 µl/ml	0	0	4	2
4µl/ml	4	1	0	0
8µl/ml	1	1	3	3
16µl/ml	3	4	0	2

Jour n^o 2

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	0	0	0	0
2 µl/ml	0	0	0	1
4µl/ml	4	1	1	2
8µl/ml	5	4	0	2
16µl/ml	1	5	4	2

Jour n^o 3

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	0	1	0	0
2 µl/ml	2	3	2	2
4µl/ml	0	0	1	2
8µl/ml	3	0	1	2
16µl/ml	2	1	6	3

Jour n^o 4

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	0	0	1	0
2 µl/ml	1	3	2	0
4µl/ml	0	2	2	2
8µl/ml	2	2	2	1
16µl/ml	2	3	0	5

Tableau. B. 1 : Mortalité par effet d'inhalation des insectes traités par l'huile essentielle *Pinus pinea* (huile des feuilles).

Doses	R1	R2	R3	R4	Nombre de morts%	Mortalité%	MC%
Témoin	0	1	2	1	4	5	-
2	3	6	8	5	22	27,5	23,68
4	8	4	4	6	22	27,5	23,68
8	11	7	6	8	32	40	36,84
16	8	13	10	12	43	53,75	51,31

B.2. Les résultats journaliers de test de toxicité d'inhalation sur de huile essentielle *Pinus pinea* (huiles des rameaux)

Jour n^o 1

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	0	0	1	1
2 µl/ml	0	0	0	3
4µl/ml	3	1	1	1
8µl/ml	4	2	0	3
16µl/ml	2	2	3	2

Jour n^o 2

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	0	0	0	0
2 µl/ml	0	1	1	1
4µl/ml	0	0	1	1
8µl/ml	3	2	1	2
16µl/ml	1	2	2	3

Jour n^o 3

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	0	1	0	0
2 µl/ml	1	0	1	1
4µl/ml	1	1	2	1
8µl/ml	0	0	0	0
16µl/ml	1	1	2	2

Jour n^o 4

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	0	0	1	0
2 µl/ml	3	0	0	2
4µl/ml	2	1	3	0
8µl/ml	2	0	2	2
16µl/ml	5	1	3	3

Tableau. B. 2: Mortalité par effet d'inhalation des insectes traités par l'huile essentielle *Pinus pinea* (huiles des rameaux).

Doses	R1	R2	R3	R4	Nombre de morts%	Mortalité%	MC%
Témoin	0	1	2	1	4	5	-
2	4	1	2	7	14	17,5	13,15
4	6	3	7	3	19	23,75	19,13
8	9	4	3	7	23	28,75	25
16	9	6	10	10	35	43,75	40,78

B.3. Les résultats journaliers de test de toxicité d'inhalation sur de huile essentielle *Juniperus oxycedrus* (huiles des feuilles)

Jour n^o 1

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	0	0	1	1
2 µl/ml	0	1	1	1
4µl/ml	2	1	3	3
8µl/ml	3	3	5	1
16µl/ml	10	6	10	6

Jour n^o 2

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	0	0	0	0
2 µl/ml	2	0	1	1
4µl/ml	2	2	1	1
8µl/ml	3	1	3	2
16µl/ml	3	11	4	3

Jour n^o 3

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	0	1	0	0
2 µl/ml	1	2	2	0
4µl/ml	3	2	2	1
8µl/ml	2	3	4	0
16µl/ml	3	2	3	3

Jour n^o 4

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	0	0	1	0
2 µl/ml	5	0	4	2
4µl/ml	1	0	1	4
8µl/ml	0	1	2	0
16µl/ml	3	1	3	4

Tableau. B. 3: Mortalité par effet d'inhalation des insectes traités par l'huile essentielle *Juniperus oxycedrus* (huiles des feuilles).

Doses	R1	R2	R3	R4	Nombre de morts%	Mortalité%	MC%
Témoin	0	1	2	1	4	5	-
2	8	3	8	4	23	28,75	25
4	8	5	7	9	29	36,25	32,89
8	8	8	12	3	31	38,75	35,52
16	19	20	20	18	77	96,25	96,05

B.4. Les résultats journaliers de test de toxicité d'inhalation sur de huile essentielle *Juniperus oxycedrus* (huiles des rameaux)

Jour n^o 1

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	0	0	1	1
2 µl/ml	0	1	1	0
4µl/ml	0	1	0	0
8µl/ml	0	0	2	2
16µl/ml	1	1	0	1

Jour n^o 2

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	0	0	0	0
2 µl/ml	1	0	0	0
4µl/ml	1	1	1	3
8µl/ml	0	1	1	2
16µl/ml	3	5	1	4

Jour n^o 3

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	0	1	0	0
2 µl/ml	1	0	2	0
4µl/ml	1	1	2	1
8µl/ml	2	0	2	2
16µl/ml	2	1	3	1

Jour n^o 4

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	0	0	1	0
2 µl/ml	0	0	1	0
4µl/ml	2	0	1	3
8µl/ml	4	2	5	1
16µl/ml	2	1	0	2

Tableau. B. 4 : Mortalité par effet d'inhalation des insectes traités par l'huile essentielle *Juniperus oxycedrus* (huiles des rameaux).

Doses	R1	R2	R3	R4	Nombre de morts%	Mortalité%	MC%
Témoin	0	1	2	1	4	5	-
2	2	1	4	0	7	8,75	3,94
4	4	3	4	7	18	22,5	18,42
8	6	3	10	7	26	32,5	34,21
16	8	8	4	8	28	35	32,63

Tableau. C. 1: Résultat de test de répulsion de l'huile *Pinus pinea* (l'huile des feuilles) sur les adultes *callosobruchus maculatus*.

Doses	solutions	R1	R2	R3	R4	Moyenne	Pr%	Ecart type	Classe et observation
D1 2µl/ml	acétone	11	11	15	9	11,5	15	2,51	Très faiblement répulsive
	Huile	9	9	5	11	8,5		2,51	
D2 4µl/ml	acétone	15	14	16	12	14,25	42,5	1,70	Modérément répulsive
	Huile	5	6	4	8	5,75		1,70	
D3 8µl/ml	acétone	15	16	12	15	14,5	45	1,73	Modérément répulsive
	Huile	5	4	8	5	5,5		1,73	
D4 16µl/ml	acétone	18	17	16	16	16,75	67,5	0,95	Répulsive
	Huile	2	3	4	4	3,25		0,95	

Tableau. C. 2 : Résultat de test de répulsion de l'huile *Pinus pinea*(l'huile des rameaux) sur les adultes *callosobruchus maculatus*.

Doses	solutions	R1	R2	R3	R4	Moyenne	Pr%	Ecart type	Classe et observation
D1 2µl/ml	acétone	12	15	12	12	12,75	27,5	1,5	Faiblement répulsive
	huile	8	5	8	8	7,25		1,5	
D2 4µl/ml	acétone	13	14	14	15	14	40	0,81	Modérément répulsive
	huile	7	6	6	5	6		0,81	
D3 8µl/ml	acétone	16	16	15	17	16	60	0,5	répulsive
	huile	4	4	5	3	4		0,5	
D4 16µl/ml	acétone	17	18	16	17	17	70	0,81	répulsive
	huile	3	2	4	3	3		0,81	

Tableau n^o C.3. Résultat de test de répulsion de l'huile *Juniperus oxycedrus* (l'huile des feuilles) sur les adultes *callosobruchus maculatus*

Doses	solutions	R1	R2	R3	R4	Moyenne	Pr%	Ecart type	Classe et observation
D1 2µl/ml	acétone	11	12	15	14	13	30	1,82	Très faiblement répulsive
	huile	9	8	5	6	7		1,82	
D2 4µl/ml	acétone	17	15	13	17	15,5	55	1,91	Modérément répulsive
	huile	3	5	7	3	4,5		1,91	
D3 8µl/ml	acétone	17	17	16	15	16,25	62,5	0,95	Répulsive
	huile	3	3	4	5	3,75		0,95	
D4 16µl/ml	acétone	19	18	18	16	17,75	77,5	1,25	Répulsive
	huile	1	2	2	4	2,25		1,25	

Tableau n^o C.4. Résultat de test de répulsion de l'huile *Juniperus oxycedrus* (l'huile des rameaux) sur les adultes *callosobruchus maculatus*

D1 2µl/ml	acétone	10	12	9	9	10	0	1,41	Non répulsive
	huile	10	8	11	11	10		1,41	
D2 4µl/ml	acétone	13	15	13	15	14	40	1,15	Modérément répulsive
	huile	7	5	7	5	6		1,15	
D3 8µl/ml	acétone	13	16	14	18	15,25	52,5	2,21	Modérément répulsive
	huile	7	4	6	2	4,75		2,21	
D4 16µl/ml	acétone	17	18	18	18	17,75	77,5	0,5	Répulsive
	huile	3	2	2	2	2,25		0,5	

Tableau. D. 1: L'analyse de la variance à deux facteurs (contact).

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	15	837,734	55,849	5,707	< 0,0001
Erreur	48	469,750	9,786		
Total corrigé	63	1307,484			

Tableau. D. 2 : L'analyse de la variance à deux facteurs

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Huiles	3	630,547	210,182	21,477	< 0,0001
Doses	3	127,547	42,516	4,344	0,009
Huiles*Doses	9	79,641	8,849	0,904	0,529

Tableau. D. 3 : Classement des huiles et doses par le test de Newman et keuls

Modalité	Moyenne	Groupes	
D4	11,500	A	
D3	10,563	A	
D2	9,250	A	B
D1	7,750		B

Tableau. D. 4 : Classement des huiles et doses par le test de Newman et keuls.

Modalité	Moyenne	Groupes	
H1	14,813	A	
H2	9,875		B
H3	7,750		B
H4	6,625		C

Tableau. D. 5: Analyse de variance à deux Facteur (Inhalation).

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	15	874,938	58,329	10,181	< 0,0001
Erreur Total corrigé	48	275,000	5,729		
	63	1149,938			

Tableau. D. 6: Analyse de variance à deux Facteur (a).

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Huiles	3	243,562	81,187	14,171	< 0,0001
Doses	3	474,687	158,229	27,618	< 0,0001
Huiles*Doses	9	156,688	17,410	3,039	0,006

Tableau. D. 7: Analyse de variance à deux Facteur (b).

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	15	29743,750	1982,917	9,022	< 0,0001
Erreur	48	10550,000	219,792		
Total corrigé	63	40293,750			

Tableau. E. 1: DL₅₀ (test de contact).

Huile essentielle	DL ₅₀ (µl/ml) (min – max)	DL ₉₅ (µl/ml) (min – max)	Chi-square	P.value	Intercept	Slope
Huile 1	1,05 (0.21-1,93)	62,61 (25,71-778,91)	3,28	0,05	4,97	0,92
Huile 2	6.85		0,14	0,05	4,84	0,18
Huile 3	11,47 (8,02-22,31)	543.47 (134,10-18496,75)	3,03	0,05	3,95	0,98
Huile 4	224,16	224,16	0,64	0,05	4,35	0,27

Tableau. E. 2: DL₅₀ (test d'inhalation).

Huile essentielle	DL ₅₀ (µl/ml) (min – max)	DL ₉₅ (µl/ml) (min – max)	Chi-square	P .value	Intercept	Slope
Huile 1	14,74 (9.27-46,49)	1546,03 (222,52-719068,93)	1.64	0,05	4,04	0,81
Huile 2	28,76 (15.32-181,74)	263.78 (313,5-2661801,5)	0.61	0,05	3,77	0,83
Huile 3	5,49	42,83	26,56	0,05	3,63	1,84
Huile 4	30,36(17,03-130,52)	1385,22 (242.52-168236,12)	2,69	0,05	3,53	0,99

Tableau. F. 1: La mortalité cumulé contact d'huile 1

	Dose 1	Dose 2	Dose 3	Dose 4
24	15	15	16	27
48	23	26	30	55
72	32	43	55	65
96	44	62	64	67

Tableau. F. 2: La mortalité cumulé (%) contact d'huile 1

	Dose 1	Dose 2	Dose 3	Dose 4
24	18,75	18,75	20	33,75
48	28,75	32,5	37,5	68,75
72	40	53,75	68,75	81,25
96	55	77,5	80	83,75

Tableau. F. 3: La mortalité cumulé contact d'huile 2

	Dose 1	Dose 2	Dose 3	Dose 4
24	7	5	5	5
48	13	17	16	12
72	22	32	25	24
96	36	40	40	42

Tableau. F. 4: La mortalité cumulé (%) contact d'huile 2

	Dose 1	Dose 2	Dose 3	Dose 4
24	8,75	6,25	6,25	6,25
48	16,25	21,25	20	15
72	27,5	40	31,25	30
96	45	50	50	52,5

Tableau. F. 5: La mortalité cumulé contact d'huile 3

	Dose 1	Dose 2	Dose 3	Dose 4
24	7	3	12	21
48	13	8	15	32
72	18	16	24	43
96	29	22	27	54

Tableau. F. 6: La mortalité cumulé (%) contact d'huile 3

	Dose 1	Dose 2	Dose 3	Dose 4
24	8,75	3,75	15	26,25
48	16,25	10	18,75	40
72	22,5	20	30	53,75
96	36,25	2,5	33,75	67,5

Tableau. F. 7: La mortalité cumulé contact d'huile 4

	Dose 1	Dose 2	Dose 3	Dose 4
24	3	3	6	6
48	9	8	9	17
72	17	13	16	24
96	24	25	25	32

Tableau. F. 8: La mortalité cumulé (%) contact d'huile 4

	Dose 1	Dose 2	Dose 3	Dose 4
24	3,75	3,75	7,5	7,5
48	11,25	10	11,25	21,25
72	21,25	16,25	20	30
96	30	31,25	31,25	40

Tableau. G. 1: La mortalité cumulé inalation d'huile 1

	Dose 1	Dose 2	Dose 3	Dose 4
24	6	5	8	9
48	7	13	19	21
72	16	15	25	33
96	22	21	32	43

Tableau. G. 2: La mortalité cumulé (%) inalation d'huile 1

	Dose 1	Dose 2	Dose 3	Dose 4
24	2,5	1,25	5	3,75
48	3,75	8,7	10	20
72	7,5	15	17,5	28,75
96	8,75	22,5	32,5	35

Tableau. G. 3: La mortalité cumulé inalation d'huile 2

	Dose 1	Dose 2	Dose 3	Dose 4
24	3	6	4	9
48	6	8	12	17
72	9	13	12	23
96	14	19	18	35

Tableau. G. 4: La mortalité cumulé (%) inalation d'huile 2

	Dose 1	Dose 2	Dose 3	Dose 4
24	3,75	7,5	5	11,25
48	7,5	10	15	21,25
72	11,25	16,25	15	28,75
96	17,5	23,75	22,5	43,75

Tableau. G. 5: La mortalité cumulé inalation d'huile 3

	Dose 1	Dose 2	Dose 3	Dose 4
24	3	9	12	32
48	7	15	21	53
72	12	23	30	64
96	23	29	33	75

Tableau. G. 6: La mortalité cumulé (%) inalation d'huile 3

	Dose 1	Dose 2	Dose 3	Dose 4
24	3,75	11,25	15	40
48	8,75	18,75	26,25	66,25
72	15	28,75	37,5	80
96	28,75	36,25	41,25	93,75

Tableau. G. 7: La mortalité cumulé inhalation huile 4

	Dose 1	Dose 2	Dose 3	Dose 4
24	2	1	4	3
48	3	7	8	16
72	6	12	14	23
96	7	18	26	28

Tableau. G. 8: La mortalité cumulé (%) inhalation huile 4

	Dose 1	Dose 2	Dose 3	Dose 4
24	2,5	1,25	5	3,75
48	3,75	8,7	10	20
72	7,5	15	17,5	28,75
96	8,75	22,5	32,5	35

Résumé

Ce travail s'est porté sur l'étude de l'efficacité des huiles essentielles des feuilles et des rameaux de *Pinus pinea* et *Juniperus oxycedrus* sur le ravageur des denrées stockées *Callosobruchus maculatus*. Les résultats mettent en évidence un effet toxique manifeste des huiles de feuilles de *Pins pinea* et *Juniperus oxycedrus* sur *Callosobruchus maculatus* pour le test de contact, un effet plus toxique pour *Junperus oxycedrus* pour le test d'inhalation, et un effet modérément répulsive chez toutes les huiles pour le test de répulsion.

Mots clés : Huiles essentielles, *Pinus pinea*, *Juniperus oxycedrus*, *Callosobruchus maculatus*, contact, inhalation, répulsion.

Abstract

This work focused on the study of the efficacy of essential oils of leaves and twigs of *Pinus pinea* and *Juniperus oxycedrus* on the pest of stored food *Callosobruchus maculatus*. The results demonstrate a clear toxic effect of *Pinus pinea* and *Juniperus oxycedrus* leaf oils on *Callosobruchus maculatus* for the contact test, a more toxic effect for *Junperus oxycedrus* for the inhalation test, and a moderately repulsive effect in all Oils for the repulsion test.

Key words: Essential oils, *Pinus pinea*, *Juniperus oxycedrus*, *Callosobruchus maculatus*, contact, inhalation, repulsion