

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

UNIVERSITE ABDRAHMANE MIRA DE BEJAIA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT

Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en biologie

Option : Environnement et Sécurité Alimentaire

Thème

**Effet insecticide des huiles essentielles de
Pinus nigra Arl Ssp. *mauritanica* Maire et
Peyer sur les ravageurs des denrées stockées**

Par

KECHROUD Meriem

Soutenu publiquement le 21 Juin 2012

Jury

Président : M. DAHMANA A.

Promoteur : M. ADJAOUD A.

Examineur 1 : M. LAISSAOUI M.

Examineur 2 : M^{elle} BENMOUHOUB H.

- Promotion 2012 -

Remerciements

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer mes remerciements les plus sincères, tout d'abord au «Bon Dieu» pour la patience et la santé qu'il m'a offerte tout au long de mes études.

Je tiens à exprimer mes profondes gratitude à mon promoteur M. A. ADJAOU, pour avoir accepté de diriger ce travail. Je lui témoigne toute ma reconnaissance pour ses conseils, ses orientations et sa patience.

Mes vifs remerciements vont aux membres du jury qui ont bien voulu accepté évaluer mon travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents en leur disant combien je les aime, les remercie du fond du cœur pour leur amour et soutien pour ma réussite dans mes études.

A mes très chères sœurs, à mon frère, à ma grande famille, à mon cher mari, qui m'a vraiment aidé et soutenu, et en particulier les adorables Melissa, Aïmad & shanez.

A tout mes meilleurs amis surtout ; mina, fairouz, aïda, et toutes les personnes que je connaisse.

Meriem KECHROUD

Tables des matières

Liste des figures	i
Liste des tableaux	iii
Introduction	1
Chapitre 1 : Synthèse bibliographique	
I. Généralités sur les plantes hôtes	3
I.1. Le blé	3
I.1.1. Structure et composition chimique des grains de blé	3
I.1.2. Valeur alimentaire et importance économique	4
I.2. <i>Vigna unguiculata</i> L. (le niébé)	5
I.2.1. Description de <i>Vigna unguiculata</i> L.	5
I.2.2. Valeur alimentaire et importance économique du niébé	6
I.3. Le stockage	6
I.4. Les principaux insectes ravageurs des denrées stockées	7
I.4.1. <i>Rhyzopertha dominica</i> F.	7
a. Position systématique	7
b. Description de l'insecte	8
c. Origine et répartition géographique	8
d. Cycle de développement	9
e. Les dégâts causés	9
I.4.2. <i>Callosobruchus maculatus</i> F.	10
a. Position systématique	10
b. Description de l'insecte	10
c. Origine et répartition géographique	11
d. Cycle de développement	12
e. Les dégâts causés	12

I.5. Méthode de lutte contre les insectes nuisibles des denrées stockées	13
a. Lute physique.	13
b. Lute chimique.	14
c. Lute biologique.	14
I.6. Les huiles essentielles	15
I.6.1. Définition, localisation et rôle des huiles essentielles	15
I.6.2. Propriétés physiques et composition chimique des huiles essentielle	16
I.7. Méthodes d'extraction des huiles essentielles	16
a. Hydrodistillation.	16
b. Extraction par expression à froid.	17
c. Extraction par solvant volatil.	17
d. Extraction par dioxyde de carbon super critique.	17
I.8. Activité biologique des huiles essentielles	17
a. Activité antibactérienne.	17
b. Activité antiseptique.	17
c. Activité antifongique.	18
d. Activité anti radicalaire et antioxydant	18
a. Activité insecticide.	18

Chapitre 2 : Matériels et méthodes

II. 1. Matériels	20
II.1.1. Matériel entomologique	20
II.1.2. Matériel végétal	20
A. Description et Classification botanique de <i>Pinus nigra</i>	20
B. Récolte et séchage	21
II.2. Méthodes expérimentales	21
II.2.1. Méthode d'élevage	21
II.2.2. Méthode d'extraction des huiles essentielles	22
II.2.3. Evaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles de <i>Pinus nigra</i> sur <i>R.dominica</i> L. et <i>C.maculatus</i> F.	23
II.2.3.1. Evaluation de la toxicité des huiles par effet contact.	23

II.2.3.2. Evaluation de la toxicité des huiles par effet inhalation.	23
II.2.3.3. Evaluation de la répulsivité des huiles essentielles.	24
II.3. Méthodes d'analyse des données.....	26
II.3.1. Correction de la mortalité par la méthode d'Abbott.....	26
II.3.2. Détermination de la DL50.....	26
II. 3. 3. Analyse statistique des données (ANOVA).....	26

Chapitre 3 : Résultat et discussions

III.1. Rendement en huile essentielle.....	27
III.2. Evaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles de <i>Pinus nigra</i> à l'égard des adultes de <i>Rhyzopertha dominica</i> F. et <i>Callosobrucus maculatu</i> F.	27
III.2.1. Test de toxicité sur grain	27
III.2.2. Test d'inhalation	34
III.2.3. Test de répulsivité	37
Conclusion	40
Références bibliographiques	42
Annexe A	55
Annexe B	59

Liste des figures

Figure n° 1 - Coupe longitudinale d'un grain de blé	4
Figure n° 2 - Photographie des grains de niébé	5
Figure n° 3 - <i>Adulte de Rhyzopertha Dominica</i> F.....	8
Figure n° 4 - Grains de blé infectés par le <i>R. dominica</i> F.....	10
Figure n° 5 - <i>Adulte de Callosobruchus maculatus</i> F.....	11
Figure n° 6 - Les dégâts causés par <i>Callosobruchus maculatus</i> F	13
Figure n° 7 - <i>Pinus nigra</i> Arl Ssp <i>mauritanica</i> Maire et Peyer).....	20
Figure n° 8 - Elevages de <i>C. maculatus</i> F. et de <i>R. dominica</i> F	21
Figure n° 9 - Dispositif d'extraction du type Clevenger (Laouer, 2004)	22
Figure n° 10 -Dispositif expérimental des tests par contact	23
Figure n° 11 - Dispositif expérimental de test d'inhalation.....	24
Figure n° 12 -Dispositif expérimental de test de répulsivité	25
Figure n° 13 -Régression mortalité / dose par effet contact de l'huile essentielle de la partie ligneuse du Pin noire sur les adultes de <i>R. dominica</i> F.	29
Figure n° 14 -Régression mortalité / dose par effet contact de l'huile essentielle des aiguilles du Pin noire sur les adultes de <i>R. dominica</i> F.....	30
Figure n° 15 -Régression mortalité / dose par effet contact de l'huile essentielle de la partielineuse du Pin noire sur les adultes de <i>C. maculatus</i> F.....	32
Figure n° 16 -Régression mortalité / dose par effet contact de l'huile essentielle des aiguilles du Pin noire sur les adultes de <i>C. maculatus</i> F.	32
Figure n° 17 -Pourcentage de mortalité par effet inhalation des adultes de <i>R. dominica</i> F. traités par les HE des rameaux de <i>Pinus nigra</i> Arl Ssp <i>mauritanica</i> Maire et Peyer).	34
Figure n° 18 -Pourcentage de mortalité par effet inhalation des adultes de <i>R. dominica</i> F. traités par les HE des aiguilles de <i>Pinus nigra</i> Arl Ssp <i>mauritanica</i> Maire et Peyer).	35
Figure n° 19 -Pourcentage de mortalité par effet inhalation des adultes de <i>C. maculatus</i> traités par les HE des rameaux de <i>Pinus nigra</i> Arl Ssp <i>mauritanica</i> Maire et Peyer).	35
Figure n° 20 -Pourcentage de mortalité par effet inhalation des adultes de <i>Callosobruchus maculatus</i> F. traités par les HE des aiguilles de <i>Pinus nigra</i> Arl Ssp <i>mauritanica</i> Maire et Peyer).....	36

Figure n°21 -Pourcentage de répulsion des huiles essentielles des rameaux de <i>Pinusnigravis-</i> à-vis des adultes de <i>R. dominica</i> F.	37
Figure n°22 - Pourcentage de répulsion des huiles essentielles des aiguilles de <i>Pinusnigra</i> vis-à-vis des adultes de <i>R .dominica</i> F	37
Figure n°23 -Pourcentage de répulsion des huiles essentielles des rameaux de <i>Pinusnigra</i> vis- à-vis des adultes de <i>C. maculatus</i> F	38
Figure n°24 -Pourcentage de répulsion des huiles essentielles des aiguilles de <i>Pinusnigra</i> vis- à-vis des adultes de <i>C. maculatus</i> F	38

Liste des tableaux

Tableau n°1 -Rendement en huiles essentielles des rameaux (Aiguilles et partie ligneuse) du Pin noire	28
Tableau n° 2 -Mortalité par effet contact des insectes (<i>Rhyzopertha dominica</i> F.) traités par les huiles essentielles de la partie ligneuse du Pin noire.	28
Tableau n° 3 -Mortalité par effet contact des insectes (<i>Rhyzopertha dominica</i>) traités par les huiles essentielles des aiguilles du Pin noire	28
Tableau n° 4 -Mortalité par effet contact des insectes (<i>Callosobruchus maculatus</i>) traités par les huiles essentielles de la partie ligneuse du Pin noire	30
Tableau n° 5 -Mortalité par effet contact des insectes (<i>Callosobruchus maculatus</i> F.) traités par les huiles essentielles des aiguilles du Pin noire	31
Tableau 6 -Analyse de la variance pour le test de toxicité par contact sur graines.....	33
Tableau n°7 - Les groupes du test de Newman et Keuls.....	33

Introduction

Introduction

Les légumineuses alimentaires et les céréales sont soumises, durant la période de stockage, à des agressions d'origine physico-chimiques (température, humidité relative) et biotiques (insectes, micro-organismes) qui entraînent des pertes importantes ainsi qu'une chute conséquente des qualités agronomiques et organoleptiques (**Ndiaye, 1999**).

Les denrées stockées peuvent être attaquées par les insectes, les champignons et les rongeurs. Les dégâts causés par les insectes sont les plus importants. Même si le problème se pose de manière globale, il est plus 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. Actuellement, le manque de moyens de conservation fiable et peu onéreux conduit les chercheurs à mettre en œuvre des programmes de sécurité alimentaire par une protection intégrée efficace des cultures et des denrées stockées. La lutte biologique n'est pas une méthode fréquemment utilisée dans la protection des céréales stockées (**Kouassi, 2001 ; Lee & al., 1992**). La majorité des insectes ont une capacité de résistance limitée à des températures basses, inférieure à 0°C (**Lee & Delinger, 1991**).

L'utilisation d'insecticides ou fumigènes de synthèse est l'une des méthodes de lutte efficace contre ces ravageurs (**Haubruge & al., 1998 ; Relinger & al., 1988**). Malheureusement, cette méthode dégage des inconvénients qui limitent son emploi. Ils'agit notamment de la présence dans les denrées de résidus, du développement de souches d'insectes résistantes à ces insecticides, de la pollution de l'environnement, de nombreux cas d'intoxication et d'empoisonnement signalés dans certains pays (**Kumar , 1991**), ainsi que de prix relativement élevés et la rareté des produits de bonne qualité sur les marchés internationaux et locaux.

Comme méthode alternative de lutte, certains paysans à faible revenu, utilisent dans certaines régions d'Afrique, des plantes à effet insecticide pour protéger les denrées alimentaires en stockage. De nombreuses études ont été mises en place depuis un certain temps pour isoler ou identifier des métabolites secondaires extraits des plantes qui ont une activité anti-insecte (**Ndomo & al., 2009**).

Introduction

L'objectif principal du présent travail est l'évaluation au laboratoire des effets insecticides de *Pinus nigra* Arl Ssp *mauritanica* Maire et Peyer (Pinaceae) vis-a-vis des adultes de *C. maculatus* et *R. dominica*. Il importe de souligner que *Pinus nigra* Arl Ssp *mauritanica* Maire et Peyer dont les effets insecticides de l'huile essentielle n'ont jusqu'ici pas été démontrés, est une essence forestière endémique de l'Algérie et du Maroc. C'est ainsi que, dans un premier temps, nous nous sommes intéressés à mettre en œuvre une revue bibliographique concernant la bioécologie de ces deux ravageurs, un aperçu sur les huiles essentielles et leur utilisation en tant que insecticide naturel d'origine végétal. Dans un deuxième temps, nous exposons le matériel utilisé 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 1
Synthèse bibliographique

I. Généralités sur les plantes hôtes

I.1. Le blé

Les céréales constituent la base de l'alimentation humaine en tant que source protéique et énergétique (**Boudreau & Ménard, 1992**). Près d'un milliard de tonnes de céréales sont produites annuellement dans le monde, le riz et le blé sont les plus importants (**Cheftel & Cheftel, 1992**).

Le blé est une plante herbacée, monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* et à la famille des graminées. Les deux espèces qui dominent aujourd'hui la production sont le blé dur (*Triticum durum*) et le blé tendre (*Triticum aestivum*). Toutefois, plusieurs autres espèces existent, mais elles ne sont cultivées qu'en faibles quantités (**Boutigny, 2007**).

I.1.1. Structure et composition chimique des grains de blé

Le grain de blé est un caryopse (**Crété, 1965 in Benkhellat, 2002**), de forme ovoïde, plus ou moins allongée (**Cheftel & Cheftel, 1992**). Il possède une organisation en tissu spéciale afin d'assurer correctement son rôle de reproduction et de protection du germe. Son épaisseur varie entre 2,3 et 3,5 millimètre, sa longueur est comprise entre 5 et 8 millimètre (**Godon, 1986 ; Feillet, 2000**). Sur sa surface dorsale, se retrouve l'embryon qui est séparé de l'endosperme par une couche de cellules appelée "scutellum" et, un sillon profond à la face ventrale. A l'extrémité supérieure, des courts poils forment la brosse apicale, le germe se trouve à la partie inférieure (**Cheftel & Cheftel, 1992**).

De l'extérieur à l'intérieur, le grain de blé est constitué de trois parties (Figure n° 1) :

- L'enveloppe ou le péricarpe : comprend trois assises (l'épicarpe, le mésocarpe et l'endocarpe). Elle constitue 13% du poids total du grain sec (**Boudreau & Ménard, 1992**). Elle est riche en celluloses, sels minéraux, acide phytique (calcium + fer) et des vitamines (B1, B2 et B6) (**Cheftel & Cheftel, 1992 ; Gatel, 2003**).

- L'albumen : représente 84% du poids total du grain. Il est formé de grandes cellules allongées (**Crus & al, 1988 in Benkhellat, 2002**), riche en protéine (70%) et présente environ 6% de lipides (**Cheftel & Cheftel, 1992 ; Gatel, 2003**).

- Le germe ou l'embryon : occupe 2,5% du poids total, comprend deux parties, la plantule et les cotylédons qui contiennent l'essentiel des matières grasses (Cheftel & Cheftel, 1992 ; Gatel, 2003).

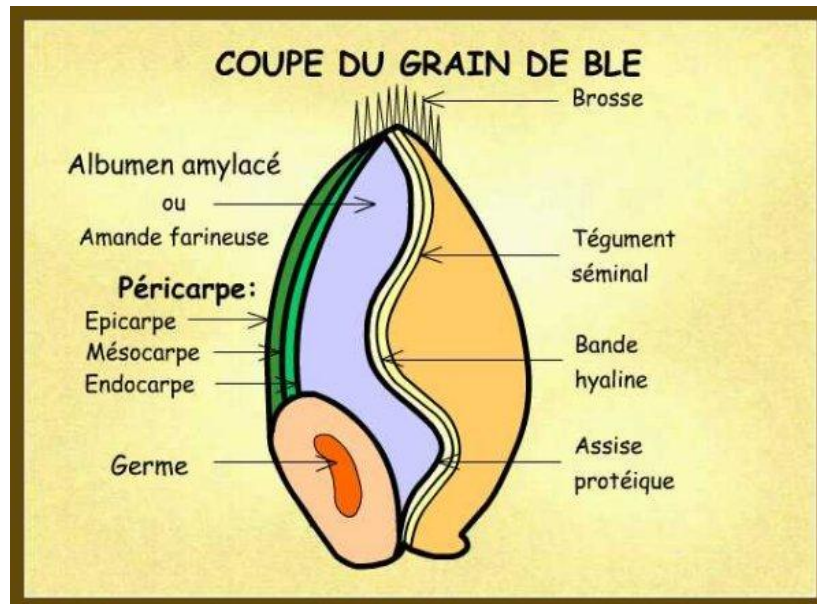


Figure n° 1 - Coupe longitudinale d'un grain de blé

(<http://technomiton.pagesperso-orange.fr>, Consultée le 15/05 /2012)

I.1.2. Valeur alimentaire et importance économique

L'amidon (glucide) est l'un des principaux constituants du grain de blé, utilisé dans plusieurs domaines, soit pour l'alimentation humaine, ou pour l'alimentation animale. Il peut servir aussi comme substrat pour produire du biocarburant (bioéthanol) (INRA, 2011).

Le blé dur occupe 8 à 10% du total des terres réservées aux blés dans le monde. La **Fao (Food and Agriculture Organization)** en 2007, estime que la superficie moyenne annuelle consacrée à la culture du blé dur est de 18 millions d'hectares pour une production moyenne de 27.5 millions de tonnes. Le Moyen-Orient, l'Afrique du Nord, la Russie, les Dakotas, le Canada, l'Inde et l'Europe méditerranéenne représentent l'essentiel de la culture du blé dur.

La culture des céréales est la spéculation prédominante de l'agriculture Algérienne, elle s'étend sur près de six millions d'hectares. La production nationale est faible et ne permet de satisfaire qu'environ 35 % des besoins d'une population de plus en plus croissante (Hervieu & al., 2006).

L'Algérie est placée en première position avant l'Égypte et la Tunisie, pays qui connaissent une forte pression de la demande alimentaire, notamment en céréales.

I.2. *Vigna unguiculata* L. (le niébé)

Vigna unguiculata L. est une des principales légumineuses alimentaires mondiales. Elle est cultivée sur plus de 9 millions d'hectares, dans toutes les zones tropicales et dans le bassin méditerranéen. La production de graines dépasse 2,5 millions de tonnes et provient pour les deux tiers d'Afrique. Dans certains pays tropicaux, le niébé fournit plus de la moitié des protéines consommées et joue un rôle clé dans l'alimentation. Seuls parmi les pays développés, les États-Unis en produisent des quantités substantielles (Pasquet & Baudoin, 1997).

I.2.1. Description de *Vigna unguiculata* L.

Le niébé est une plante herbacée dicotylédone, ayant une très grande diversité de formes (figure n° 2), appartient au genre *vigna* (Timko & Singh, 2008). C'est une plante autogame présentant de nombreuses variétés à port rampant, semi rampant ou érigé. Le fruit est une gousse indéhiscente, longue de 7 à 15 centimètre, et large de 7 à 10 millimètre, renfermant 8 à 15 graines reliées par le hile avec la suture dorsale de la gousse (Alzouma, 1987).



Figure n° 2 - Photographie des grains de niébé
(<http://www.biodiversityexplorer.org>, Consultée le 22/05 /2012)

I.2.2. Valeur alimentaire et importance économique du niébé

Le niébé est très important sur le plan alimentaire que sur le plan agronomique. Ses graines sont riches en protéines (20 à 25% de leur poids sec) et contiennent la plupart des acides aminés nécessaires à l'alimentation humaine (**Hignard, 1998 ; Archana & Jawali, 2007**), également riche en éléments minéraux, sa capacité à fixer de l'azote atmosphérique lui confère un rôle important dans la fertilité des sols.

La réserve de blé et du niébé représente un élément important pour l'alimentation humaine. Il constitue la principale source de protéine dans les pays sous-développés (**Huingnard, 1985 ; Cheftel & Cheftel, 1992**). Malheureusement, des pertes énormes de céréales sont causées par les mauvaises conditions de stockage. De ce fait, la connaissance et la maîtrise des techniques de stockage des céréales est essentielle (**Multon, 1982**).

I.3. Le stockage

Le stockage correspond à l'entreposage des graines dans une enceinte conçue à cet effet. Les systèmes traditionnels se sont affirmés au cours du temps en s'adaptant aux conditions locales. Les moyens et les formes utilisés sont très divers et dépendent de la disponibilité des matériaux de construction (**Kossou & Aho, 1993**).

D'après **Safir (1999)**, le stockage doit éviter toute ré-humidification des graines et tout échauffement biologique. L'entreposage des graines est très diversifié dans sa nature et dans ses moyens ; c'est ainsi que l'on trouve divers types de stockage qui se sont développés simultanément (**Multon, 1982**).

Les premiers dispositifs de stockage sont les silos en maçonnerie, puis en bois, en métal, et en fin en béton (**Gatel, 2003**). Pour conserver les semences, l'homme a utilisé des paniers tressés doublés de paille, des gourdes et toutes sortes de jarres de terre. Aujourd'hui, des méthodes modernes sont utilisées pour stocker les céréales. Ces dernières sont conservées selon deux modes de stockage : Stockage en sacs et Stockage en vrac (**Bakour & Bendifelah, 1990**).

Le bon stockage et la bonne conservation ont pour but de préserver au maximum les qualités originelles des grains de blé et grains de niébé. Malheureusement, les denrées stockées sont menacées par différents ravageurs tels que les rongeurs, les moisissures, les bactéries et les insectes (**Ndiaye, 1999**).

I.4. Les principaux insectes ravageurs des denrées stockées

Les insectes sont les principaux ravageurs des denrées stockées. Ils peuvent causer des dégâts considérables au niveau des stocks. La connaissance de ces ravageurs et leur biologie est le premier élément pour diminuer les dégâts.

Ces insectes nuisibles peuvent être répartis en deux principaux groupes. Ces derniers renferment plusieurs ordres d'insectes mais les plus fréquents sont les coléoptères et les lépidoptères (**Delobel & Tranc, 1993**).

- Les ravageurs primaires capables de s'attaquer à des graines intactes telles que *Rhizopertha dominica* F. (considéré comme le ravageur le plus dangereux du blé) ou *callosobruchus maculatus* F. (ravageur du niébé) (**Parmentier & Fouabi, 1989**).
- Les ravageurs secondaires qui ne sont capables d'attaquer que les graines infectées exemple : les Tribolum (**Gwinner & al., 1996**).

I.4.1. *Rhizopertha dominica* F.

a. Position systématique

D'après **Kellouche (1987)**, le *Rhizopertha dominica* F., appelé aussi, capucin des grains, appartient à la systématique suivante :

- Règne : Animal
- Embranchement : Arthropodes
- Classe : Insecte
- Ordre : Coléoptères
- Famille : Bostrichides
- Genre : *Rhizopertha*
- Espèce : *Rhizopertha dominica* (**Fabricius, 1792**).

Le capucin des grains a été décrit pour la première fois par **Fabricius** en **1792** sous le nom de *Synodendron dominicum*, puis en 1924, Lesne a donné le nom actuel de *Rhizopertha dominica*, elle est communément appelé capucin des grains (France), « the lesser grains borer » (Angleterre et Etat Unis d'Amérique) (**Delobel & Tranc, 1993**).

b. Description de l'insecte

Originnaire de l'Inde, *R. dominica* F. est devenue cosmopolite grâce au commerce des céréales (Guillaume, 1938 in Khalfi-habes, 2007). L'adulte est de couleur brune plus au moins rougeâtre, de forme cylindrique, allongée et étroite, avec des côtés nettement parallèles. C'est un insecte de petite taille, de 2,3 à 2,8 millimètre de longueur (figure n° 3), avec un prothorax qui couvre entièrement la tête d'où le nom du « capucin des grains ». Les antennes sont constituées de dix articles, les trois derniers sont fortement dilatés, le pronotum se termine par une rangée de dents régulières (12 à 14). Les adultes s'accouplent et pondent à plusieurs reprises (Steffan, 1978).

Les larves possèdent des pattes bien développées ce qui les rendent très agiles. Elles sont cylindriques avec de longues soies, puis incurvées et duvetées à la fin de leur développement (Benayad, 2008). Delobel & Tranc, 1993, signalent l'absence du dimorphisme sexuel chez *R. dominica* F.



Figure n° 3 - Adulte de *Rhyzopertha dominica* F.

(<http://insects.tamu.edu>; Consultée le 20 /05/2012)

c. Origine et répartition géographique

Le capucin des grains a apparu aux Etats Unis d'Amérique pendant la première guerre mondiale à travers les cargaisons de blé infestées provenant d'Australie (Khorramshahi & Bukholder, 1981).

Selon **Kellouche (1979)**, il a été introduit dans les ports d'Europe à la faveur du commerce international. Il est actuellement réparti dans l'ensemble des zones chaudes, tropicales et subtropicales, il résiste à la sécheresse, il est capable de se développer dans des grains de blé contenant seulement 8,5% d'eau (**Steffan, 1978 ; Khalfi-Habes, 2007**).

d. Cycle de développement

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

D'après **Balachowsky & Mensil (1936) in Benkhellat (2002)**, la durée de développement du capucin des gains est essentiellement liée à la température et à la teneur en eau des grains. Il est important de signaler que dans les mêmes conditions de température et d'humidité relative, la durée de développement est la fonction de la nature de la denrée et varie considérablement d'un individu à un autre.

Selon **Moulier & Brette (1955) in Chella & Azegagh (2004)**, le cycle dure 28 jours dans les conditions de laboratoire (Température 34°, Humidité relative à 70%, 14% la teneur en eau des grains).

Par contre **kellouche (1987)**, montre que la durée du cycle de développement de *R. dominica*, à 28°C et 75% d'humidité est de 107 jours, et elle est de 43 jours à 35°C et 85% d'humidité. Cependant et d'après **Niquet & Berhaut (1996)**, le développement de *R. dominica* F. est possible entre 18°C et 39°C avec une humidité relative ambiante de 40 à 70% et la teneur en eau des grains de 10 à 14%, leur longévité est de 4 à 8 mois maximum.

e- Les dégâts causés

Les préjudices sont causés par les adultes qui détruisent le germe et l'albumine des grains. Ce sont des insectes très voraces qui s'alimentent que d'une fraction de l'amande qu'ils réduisent en poussière (**Khalfi - Habbes, 2007**). Selon **Rao & Wilber (1972) in Benkhellat (2002)**, les dégâts sont surtout commis par les adultes qui consomment par semaine une quantité de blé d'environ 5 à 6 fois supérieur à leur poids (figure n° 4).

Les adultes causent des pertes huit fois plus supérieures à celles des larves qui s'alimentent de la farine formée par les adultes (**Delobel & Tranc, 1993**).



Figure n°4 - Grains de blé infectés par le *R.dominica* F.

(<http://lh4.ggpht.com>, Consultée le 30/05 /2012)

I.4.2. *Callosobruchus maculatus* F.

a. Position systématique

D'après **Jaloux (2004)**, l'espèce fut décrite pour la première fois par **Fabricius** en **1775**. Sa position systématique actuelle a été précisée par **Bridwell** en **1929** puis par **Southgat** en **1979**.

Callosobruchus maculatus F. appartient à la systématique suivante:

- Règne : Animal
- Embranchement : Arthropodes
- Classe : Insectes
- Ordre : Coléoptères
- Famille : Bostrichides
- Genre : *Callosobruchus*
- Espèce : *Callosobruchus maculatus* (**Fabricius, 1792**).

b. Description de l'insecte

L'adulte de *C.maculatus* F. mesure 3 à 3,8 millimètre de long (figure n°5), le corps est de forme oblongue, de couleur brun rougeâtre, caractérisé par un prothorax conique, des fémurs postérieur pourvus d'une dent au bord infero-externe. Le prothorax est noir et orné à

sa base d'une tache blanc-jaunâtre. Les élytres ne recouvrent pas entièrement l'abdomen et possèdent quatre macules noires arrondies placées latéralement, les deux plus grosses vers le milieu, les deux autres vers l'apex (**Hoffman, 1945 in khalfi - Habbes, 2007**). Les antennes sont assez longues, les quatre premiers articles sont roux. La femelle de taille plus importante que le mâle, elle se distingue par la coloration et les motifs des élytres et du pygidium (**Ndoutoume-Ndong, 1996**).

Après la copulation, *C. maculatus* F. dépose ses œufs sur les graines (**Alzouma, 1987**) ; les œufs sont de forme ovoïde et sont déposés sur le péricarpe (**Huignard & al, 2002** ; **Delobel & Tran, 1993**). Ils sont pondus et fixés par la femelle avec une substance gélatineuse à la surface des graines et des gousses (**Delobel & Tran, 1993**).

La larve du premier stade (néonate) est de type chrysomélien classique mais avec des pattes très courtes et robustes, une fois dans la graine, elle passe au deuxième stade en donnant naissance à une larve fortement incurvée de 4 millimètre de long (**Lepesme, 1944**). La larve de *C. maculatus* F. se distingue des autres espèces par un front dépourvu de sensille médian, un clypéus avec un seul scélérite transversal et des stipes portant de 11 à 13 soies (**Delobel & Tranc, 1993**).



Figure n° 5 - Adulte de *Callosobruchus maculatus* F.

(<http://www.zin.ru>; consultée le 28/05/2012)

c. Origine et répartition géographique

Selon **Hoffman & al. (1962)**, in **jaloux (2004)**, elle serait ré pondue dans toutes les zones tropicales, subtropicales, et dans le bassin méditerranéen. *C. maculatus* F. est une espèce très polyphage dont la plante hôte la plus fréquentée est *Vigna unguiculata* (**Weidner &**

Rack, 1984). Elle est très nuisible dans toutes les zones climatiques où les conditions lui permettent de se développer aussi bien en plein champ (**Balachowsky & al., 1962 in Tiaiba, 2007**).

d. Cycle de développement

Selon **Delobel & Tranc (1993)**, les conditions optimales de développement se situent à 30 °C et 70 % d'humidité relative. Par contre, l'étude réalisée par **khalfi-Habbes (1983) in khalfi-Habbes (2007)**, a révélé que cette espèce a un développement maximal à une température de 28° est une humidité de 75.85 %. Sous ces deux facteurs abiotiques, la fécondité moyenne des femelles est de 82 oeufs par femelle et la durée du cycle est de 30 jours. Par contre, la fertilité est maximale à une température de 30°C et une hygrométrie de 90%.

Selon **Kellouche (2005)**, la durée du cycle du développement (de l'œuf à l'adulte) est en moyenne de 28 ± 3 jours dans les graines de pois-chiche. L'incubation des œufs dure environ 1 semaine, le développement larvaire 15 jours et la nymphose 6 jours.

e - Les dégâts causés

Callosobruchus maculatus F. exerce une pression permanente sur les légumineuses ; cette menace est due à sa grande polyphagie et sa faculté d'adaptation à des régions climatiques variées (**Utida, 1954**). Elle contamine généralement les graines dans les cultures et une fois introduites dans les stocks elle peut continuer à se multiplier indéfiniment (**Balachowsky, 1963**).

D'après **Ndoutoume-Ndong & Rojas-Rousse (2007)**, la bruche de niébé cause non seulement une réduction directe du pois sec, mais également une diminution de la viabilité des semences et de la qualité des graines suite au développement de moisissures qui les rendent impropres à la consommation (figure n°6). En outre, au cours de leur développement, les larves de bruches éliminent l'azote sous forme d'acide urique toxique qui s'accumule à l'intérieur des graines, ce qui rend le niébé parasitaire impropre à la consommation.



Figure n° 6 - Les dégâts causés par *Callosobruchus maculatus* F.
(Photos prise au laboratoire d'écologie de l'université de Bejaia)

I.5. Méthode de lutte contre les insectes nuisibles des denrées stockées

La protection des denrées stockées soulève souvent des polémiques, du fait que les dégâts surviennent quand les récoltes sont encore sur pied (Giles & Ashman, 1971). Pour cela, il est essentiel d'assurer des méthodes de lutte qui visent l'élimination des ravageurs dans les stocks.

a-Lutte physique

La lutte physique est la destruction des insectes par la modification des conditions environnementales (Fields, 1992). Ces moyens de lutte physique font appel au froid, à la chaleur, aux radiations ionisantes et, aux matières (inertes) (Fleurat - Lessard, 1987).

Les insectes sont sensibles aux températures élevées, il suffit de leur imposer une température de 55°C durant une heure pour détruire à la fois les œufs, les larves et les adultes. Dans le cas du *R. dominica*, l'élimination des insectes à tous les stades est obtenue à 60° C pendant 10 minutes (Steffan, 1978). Cependant, la méthode de Shahein (1991), consiste à faire passer un courant d'air chaud dans la masse des graines, la mortalité absolue des individus est obtenue pendant 3 minutes de temps d'exposition à 50° C. Par contre, l'exposition du capucin des grains à 9 °C pendant 3 à 10 semaines produit l'élimination de tous les stades larvaires dans les stocks (Fields, 1992).

D'après Lee & al. (1993), les insectes présentent des perturbations physiologiques suivies d'une mort certaine sous l'action d'un courant d'air frais. Les cellules sont progressivement déshydratées et le métabolisme est abaissé.

Selon **white (2000) in Benkhellat (2002)**, les insectes ne se développent pas et ne se nourrissent pas aux températures inférieures à 10° C, ils finissent par mourir. À l'heure actuelle deux sortes de radiation ionisante sont utilisées pour la lutte contre les insectes. Dans le premier cas, il s'agit des rayons gamma ; dans le second cas, il s'agit d'électrons rapides produits par un accélérateur d'électrons (**Vanloon, 1984 in Anonyme, 1984**).

D'après **Gwinner & al. (1996)**, la radiosensibilité des ravageurs varient selon les espèces ; les stades les plus sensibles sont les œufs et les larves. Ce moyen de lutte exige un personnel qualifié et des structures de stockage adaptées, pour éviter d'exposer les opérateurs et les consommateurs au danger (**Kellouche, 1987**).

b-Lutte chimique

Il existe deux types de traitement :

- Le traitement par contact où le grain est recouvert d'une pellicule de produits insecticide qui agit sur les insectes (**Crus & al. 1988**). Ces produits peuvent être utilisés sous forme de poudre ou après la dilution.
- Le traitement par fumigation dont les petites molécules de gaz pénètre à l'intérieur des grains et dans les fissures, ce qui leur permet d'anéantir les insectes cachés. Il existe deux produits de fumigation qui possèdent une grande importance économique : l'hydrogène phosphoré (PH₃) et le bromure de méthyle (CH₃Br) (**Gwinner & al, 1996**).

c- Lutte biologique

Selon **Subramanyam & Hagstrum (1955) in Tiaiba (2007)**, la raison principale pour laquelle les chercheurs sont amenés à trouver des alternatives à la lutte chimique est le développement du phénomène de résistance des insectes ravageurs vis-à-vis des pesticides chimiques.

C'est une méthode qui utilise des prédateurs, des parasites, des agents pathogènes et des insectes (**Proctor, 1995**). Elle utilise aussi des extraits des plantes ; ces dernières ont été connues depuis des temps immémoriaux comme sources de protection des denrées stockées, beaucoup ont été utilisées par des fermiers depuis le seizième siècle (**Belmain & Stevenson, 2001 in Kachebi & Kebbi, 2003**). Différentes parties (feuilles, tiges, racines, écorces) de divers espèces sont utilisées dans plusieurs pays du monde (Afrique, Chine, Inde...) (**Dales, 1996**).

Selon l'hypothèse coévolutive de **Enreich & Raven (1964) in Tiaiba (2007)**, les végétaux possèdent des systèmes de défense contre les déprédateurs grâce à leurs développements de génotypes capables de produire des composés secondaires ayant une activité insecticides, répulsive ou inhibitrice vis-à-vis de ces ravageurs (**Huignard & al., 2002**). Ces composants naturels ne courent aucun danger sur l'environnement ni sur la santé humaine, en plus ils sont facilement dégradables et possèdent un large spectre d'activité insecticide (**Lawrence & Manshing, 1993 in benkhellat, 2002**).

I.6. Les huiles essentielles

Les huiles essentielles occupent une place importante dans la vie quotidienne des hommes et des femmes qui les utilisent autant pour se parfumer, aromatiser la nourriture ou même se soigner (**Bruneton, 1999**).

I.6.1. Définition, localisation et rôle des huiles essentielles

Les huiles essentielles ou huiles volatiles, sont des métabolites secondaires que les plantes aromatiques produisent habituellement pour combattre les infections et les parasites (**Koroch & al., 2007**).

La norme **AFNOR NFT 75-006 in Bruneton, (1999)**, définit l'huile essentielle comme: «*Un produit obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par hydrodistillation. L'huile essentielle est séparée de la phase aqueuse par des procédés physiques* ».

Les huiles essentielles sont extraites à partir des plantes aromatiques diverses, généralement localisées dans des régions chaudes ou tempérées tels que les pays tropicaux et la méditerranée (**Lahlou, 2004**).

Dans la plante, les huiles essentielles peuvent être stockées dans divers organes : fleurs (origan), feuilles (citronnelle, eucalyptus), écorces (cannelier), bois (bois de rose, santal), racines (vétiver), rhizomes (acore), fruits (badiane) ou graines (carvi) (**Bruneton, 1999**).

Les huiles essentielles jouent un rôle important, elles protègent la plante des microorganismes et des insectes nuisibles ainsi que des herbivores. Leur composant réagit comme donneur d'hydrogène dans la réaction d'oxydoréduction (**Regnault-Roger, 1997**). Parmi ces composants, il y a les terprénoïdes qui possèdent un rôle écologique lors des interactions végétales, comme inhibiteur de la germination, et aussi lors des interactions

végétal-animal, comme agent de protection contre les prédateurs tels que les insectes (**Langenheim, 1969**).

I.6.2. Propriétés physiques et composition chimique des huiles essentielle

D'après **Bruneton (1999)**, les huiles essentielles forment un groupe très homogène caractérisé par les propriétés physiques suivantes :

- Les huiles essentielles sont des substances liquides à température ambiante, elles sont incolores ou jaune ;
- Leur densité est inférieure à celle de l'eau ;
- Elles sont très altérables, sensibles à l'oxydation ;
- Elles sont solubles dans les alcools et dans la plupart des solvants organiques, mais peu solubles dans l'eau ;
- Le point d'ébullition se situe entre 60 °C et 240° C et,
- Elles perdent rapidement leurs propriétés quand elles sont exposées à la chaleur ou même à la lumière.

Les huiles essentielles sont des mélanges très complexes qui appartiennent à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques différents: le groupe des terprénoïdes d'une part et le groupe des composés aromatique dérivé du phénylpropane ; d'autre part (**Bruneton, 1999 ; Bakkali & al., 2008**).

I.7. Méthodes d'extraction des huiles essentielle

a. Hydrodistillation

C'est la méthode la plus utilisée et la mieux adaptée pour obtenir les huiles essentielles les plus pures. Elle consiste à immerger la matière première dans un bain d'eau. L'ensemble est ensuite porté à ébullition. La chaleur intense fait exploser les petites poches qui contiennent des molécules odorantes. Elles sont ensuite canalisées dans un condensateur et réfrigérées pour se liquéfier à nouveau, du fait que l'eau et les molécules aromatique possèdent une densité différente l'huile flotte à la surface de l'eau (**Bruneton, 1999 ; Fakhari & al., 2005**).

b. Extraction par expression à froid

Cette méthode est utilisée pour extraire les huiles essentielles des agrumes qui ne supportent pas les préparations à chaud. Ce procédé consiste soit à presser les péricarpes sous un courant d'eau soit à écraser les agrumes entiers entre des cylindres mécaniques, puis séparer l'huile de l'eau en utilisant un décanteur ou une centrifugeuse (**khalfi - Habbes, 2007**).

c. Extraction par solvants volatils

Elle consiste à la mise en contact de la matière végétale avec un solvant qui dissout et extrait les constituants odorants solubles de la plante, le solvant est ensuite évaporé et récupéré (**Benthorpe & Charood, 1972**).

d. Extraction par dioxyde de carbone supercritique

La technique se base sur la solubilité des constituants dans le dioxyde de carbone et de son état physique. Grâce à cette propriété, il permet l'extraction dans le domaine supercritique et la séparation dans le domaine gazeux.

Le dioxyde de carbone est liquéfié par refroidissement et comprimé à la d'extraction choisie. Il est ensuite injecté dans l'extracteur contenant le matériel végétal, après le liquide se détend pour se convertir à l'état gazeux pour être conduit vers un séparateur où il sera séparé en extrait et en solvant (**Nakatsu & al., 2000**).

I.8. Activité biologique des huiles essentielles

a. Activité antibactérienne

Les molécules aromatiques possédant l'activité antibactérienne la plus élevée sont les phénols, ensuite les aldéhydes et les cétones (**Haddouchi & Benmansour, 2008**).

Selon **Kaloustian & al. (2008)**, les huiles essentielles de l'origan et du thym présentent une meilleure activité antibactérienne vis-à-vis des souches *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*. Cette étude confirme que ce sont les phénols (*thymol et carvacrol*) qui donnent à ces huiles essentielles le caractère antibactérien.

b. Activité antiseptique

Les antiseptiques possèdent une activité antimicrobienne rapide transitoire et non spécifique qui les oppose aux antibiotiques. Beaucoup de travaux ont été réalisés traitant cette

activité. En effet les huiles essentielles de *Lippia sidoides*, des essences, à l'image de leurs principes actifs, le thymol et le carvacrol, sont fortement antiseptiques (Lacoste & al., 1996).

c. Activité antifongique

Les infections fongiques sont une actualité criante, car les antibiotiques prescrits de manière abusive favorisent leur extension. Les travaux d'El Ajjouri & al. (2008), sur les huiles essentielles de deux Lamiacées, *Thymus bleicherinust* et *Thymus capitatus*, ont montré une forte activité antifongique contre tous les champignons de pourriture de bois d'œuvre testés. Ce grand pouvoir bioactif est attribué à leurs teneurs élevées en phénols terpéniques.

c. Activité anti radicalaire et antioxydant

Les différentes activités antioxydantes utilisées sont généralement, l'activité anti-DPPH (1,1-diphényl antioxy-2-picrylhydrazyl), la décoloration du B-carotène, la peroxydation lipidique...etc. Les huiles essentielles ont des propriétés antioxydantes et antiradicalaires ; plusieurs études ont permis de définir les propriétés de ces dernières, qui sont en relation avec la composition chimique des plantes aromatiques (Bouzouita & al., 2008).

d. Activité insecticide

Les huiles essentielles ont des propriétés insecticides essentiellement larvicide, inhibitrice de la croissance et des propriétés anti-nourrissante. Ces potentiels ont été démontrés par des multiples études à travers le monde tels que les études de Kouassi & al. (2004), qui ont montré que les huiles de *Melaleuca quinquenervia* et *Ocimum gratissimum* présentent des effets insecticides contre *callosobruchus maculatus* F.

Les propriétés insecticides de l'huile de *Juniperus phoenicea* sont testées contre un insecte des denrées stockées *Tribolium confusum* ; cette huile a manifesté un effet anti appétant intéressant. Une étude préliminaire a montré que cette huile présente une toxicité élevée vis à vis de cet insecte (Bouzouita & al., 2008).

Tapondjou & al. (2009), ont démontré l'efficacité insecticide par effet répulsif de l'huile essentielle de *Callistemon viminalis* contre les adultes d'*Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera).

Les huiles essentielles ont des différents effets sur les insectes :

- Effets anti-appétent, affectant ainsi la croissance, la mue, la fécondité et le développement des insectes et acariens. Des travaux récents montrent que les mono terpènes inhibent le cholinestérase (**Keane & Ryan, 1999 in Bastien, 2008**).
- Effets sur l'octopamine : L'octopamine est neuromodulateur spécifique des invertébrés. Cette molécule, a un effet régulateur sur les battements de cœur, la motricité, le vol et le métabolisme des invertébrés (**Enan, 2000 in Bastien, 2008**).
- Effets physiques où les huiles essentielles agissent directement sur la cuticule des arthropodes à corps mous (**Isman, 2000 in Bastien, 2008**).

Chapitre 2
Matériels et méthodes

II. 1. Matériels

II.1.1. Matériel entomologique

Callosobruchus maculatus F. et *Rhyzopertha dominica F.* sont les deux insectes sur les quels ont été portés nos essais. Notre choix s'est porté sur ces deux insectes d'une part, pour les préjudices qu'ils causent sur les denrées alimentaires entreposées et, d'autre part, pour leur élevage simple et facile à contrôler dans les conditions de laboratoire.

Nous avons utilisé des adultes âgés de 2 jours au plus, issus d'un élevage de masse effectué dans une étuve au niveau du Laboratoire d'Expérimentation Animale et d'Ecologie et Environnement.

II.1.2. Matériel végétal

A. Description et Classification botanique de *Pinus nigra* Arl Ssp *mauritanica* Maire et Peyer

Le Pin noire appartient à la systématique suivante :

Embranchement : Spermaphytes

Sous-embranchement : Gymnospermes

Ordre : Coniferales

Famille : Pinacées

Tribus : Pinées

Genre : *Pinus*

Sous-genre : *Pinus*

Section : *Sylvestris*

Espèce : *Pinus nigra* Arl Ssp *mauritanica* Maire et Peyer

Sous-espèce : *Mauritanica*.



Figure n° 7 - *Pinus nigra* Arl Ssp *mauritanica* Maire et Peyer

(Photo prise par monsieur Adjaoud)

Le Pin noir (Figure n°7) représente sans doute l'une des espèces les plus remarquables des Conifères méditerranéens paléogènes et dont l'origine est mal connue (Quezel, 1976). En Algérie, cet arbre n'a été découvert qu'en 1922 et ce n'est qu'en 1927 que sa spontanéité dans

le massif de Tikjda a été prouvée définitivement par Maire et Peyer imhoff qui ont évalué l'âge des plus vieux sujets à plus de 200 ans après leur visite du peuplement (Adjaoud, 2005).

La sous-espèce mauritanica, se trouve dans quelques stations du Rif occidental au Maroc (Massif de Talassemtane) et également dans le versant Sud du Djurdjura (Tikjda, forêt de Tigounatine). C'est un arbre élancé, il atteint 25 m de haut et 3 m de circonférence, avec des cônes ovoïdes et presque deux fois plus longs que large. Les aiguilles sont d'un vert clair, rigides, fasciculées par deux, longues de 9,35 à 12,22 centimètre et larges de 1,25 à 1,29 millimètre, possédant 9 à 14 canaux résinifères (Adjaoud & Aidrous, 1992).

B. Récolte et séchage

Les rameaux du Pin noir ont été récoltés en juin 2011 au niveau de la réserve intégrale dans la forêt de Tagounatine du Parc National de Djurdjura à une altitude de 1521 mètres. Les aiguilles ont été séparées de la partie ligneuse. L'ensemble du matériel végétal a été coupé en petites parties, séché à l'ombre dans un milieu aéré, sec et à l'abri de la lumière et conservé dans des sacs en papier avec mentions du nom botanique et date de récolte.

II.2. Méthodes expérimentales

II.2.1. Méthode d'élevage

L'élevage en masse de *R. dominica* F. et de *C. maculatus* F. (figure n° 8) a été réalisé dans des boîtes de pétri en verre (15 cm de diamètre), sur des grains de blé dur (*Triticum durum*) et de niébé (*vigna unguiculata* L.) respectivement. Les boîtes de pétri ont été maintenues à l'obscurité dans une étuve réglée à une température de $33 \pm 1^\circ\text{C}$ et une humidité relative de $50 \pm 5\%$ pour *R. dominica* F. et de $30 \pm 1^\circ\text{C}$ de température et de $70 \pm 5\%$ d'humidité relative pour *C. maculatus* F.

Figure n° 8- Elevages de *C. maculatus* F. et de *R. dominica* F.
(Photo originale)



II.2.2. Méthode d'extraction des huiles essentielles

L'obtention des huiles essentielles a été effectuée par hydrodistillation dans un appareil de type Clevenger (figure n° 9). La méthode appliquée consiste à mettre 100g du matériel végétal coupé grossièrement dans un ballon en verre avec une quantité d'eau distillée suffisante pour recouvrir la matière végétale. Le mélange est porté à ébullition à l'aide d'un chauffe ballon.

Les vapeurs chargées d'huile qui se dégagent passent à travers le serpentin de refroidissement en verre où aura lieu la condensation.

L'huile ainsi obtenue est récupérée puis traitée par un déshydratant, le sulfate de sodium, pour éliminer le peu de l'eau susceptible d'avoir été retenue dans l'huile. Enfin l'huile obtenue est conservée dans des flacons opaques bien scellés à basse température (4°C). L'opération d'extraction dure trois heures à partir du début de l'ébullition

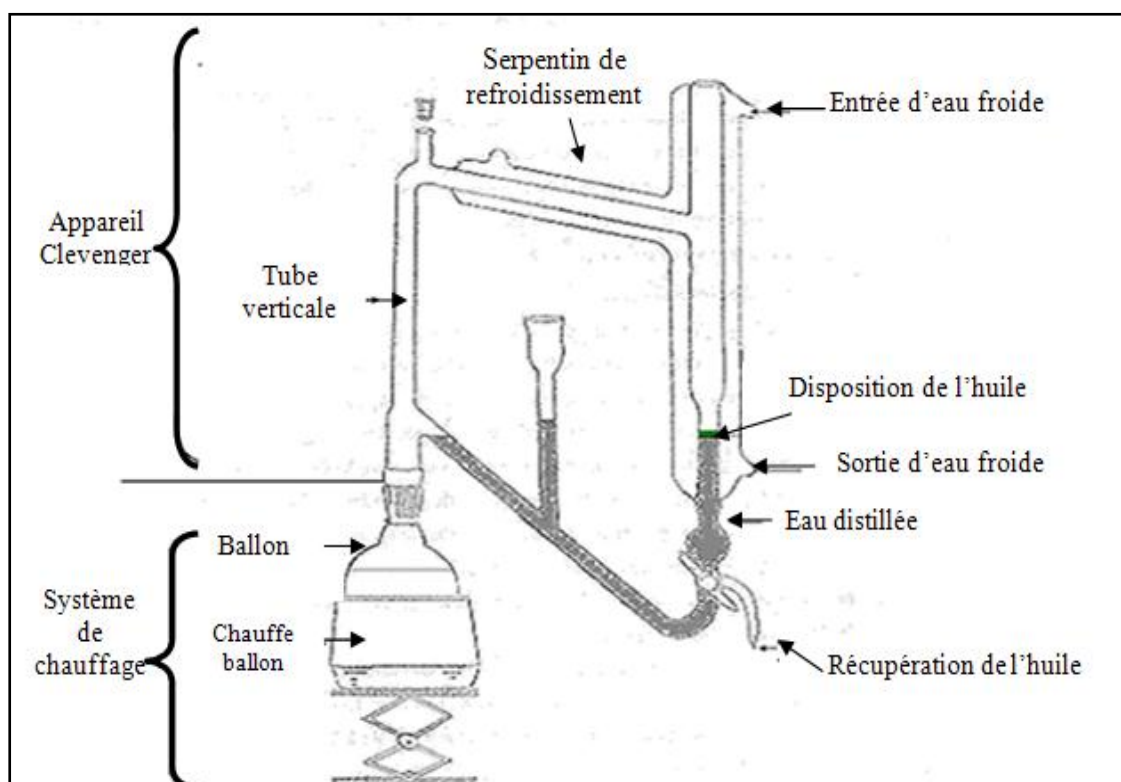


Figure n° 9 - Dispositif d'extraction du type Clevenger (Laouer, 2004)

II.2.3. Evaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles de *Pinus nigra* Arl Ssp *mauritanica* Maire et Peyer sur *R.dominica* F. et *C.maculatus* F.

II.2.3.1. Evaluation de la toxicité des huiles par effet contact

Le principe de ce test est de mettre en contact les adultes des deux insectes étudiés avec des grains de niébé et de blé. Ces derniers sont traités avec de l'acétone correspondant au test témoin et avec les différentes doses d'huiles essentielles pour les autres tests afin d'observer la mortalité obtenue après chaque traitement. Pour cela, nous avons utilisé pour chaque essai, 1 ml d'une solution acétonique contenant chacune des huiles essentielles à 2 ; 4 ; 8 et 12 $\mu\text{l/ml}$, cette solution acétonique ainsi que l'acétone (témoin) ont été ajoutés à 20 g de grains contenus dans une boîte de pétri de 9 centimètre de diamètre (figure n° 10), puis l'ensemble a été convenablement mélangé. Les essais ont été répétés 4 fois pour chaque dose. Toutes les boîtes ont été infestées par 20 insectes adultes non sexés et âgés de 2 jours au plus. Les comptages des insectes morts ont été réalisés chaque jour pendant une période de 4 jours. Les mortalités enregistrées dans les lots de grains traités ont été exprimées après la correction des résultats du témoin (dose zéro) selon la formule d'Abbott (Tapondjou & al., 2003).



20g de niébé + dose d'HE
+20 insectes



20g de blé + dose d'HE
+20 insectes

Figure n° 10 -Dispositif expérimental des tests par contact

(Photo originale)

II.2.3.2. Evaluation de la toxicité des huiles par effet inhalation

Des papiers filtres de 4 centimètre de diamètre sont traités chacun avec 1ml d'une solution d'huile essentielle (dilution d'une dose d'huile essentielles, 2, 4, 8, 12 $\mu\text{l/ml}$ dans

l'acétone) ou d'acétone (témoin). Après évaporation de solvant, chaque papier filtre est placé dans le couvercle d'un flacon de 4 centimètre de diamètre et 7 cm de hauteur. Le couvercle est ensuite vissé hermétiquement sur le flacon qui contient 20 insectes. De même que pour l'essai contact, quatre doses (2; 4; 8 et 12 μ l/ml) sont testés sur *R.dominica* F. et *C.maculatus*F. Ainsi que le témoin. Quatre répétitions ont été réalisées après 24 heure de l'exposition aux vapeurs d'huile essentielles, les insectes (*R.dominica* F. et *C.maculatus* F.) sont transférés dans des boîtes de pétri contenue 20g de niébé et de blé respectivement, non traité et placés dans l'étuve. La mortalité des insectes est observée 6 jours après traitement (Khalfi-Habes, 2007).

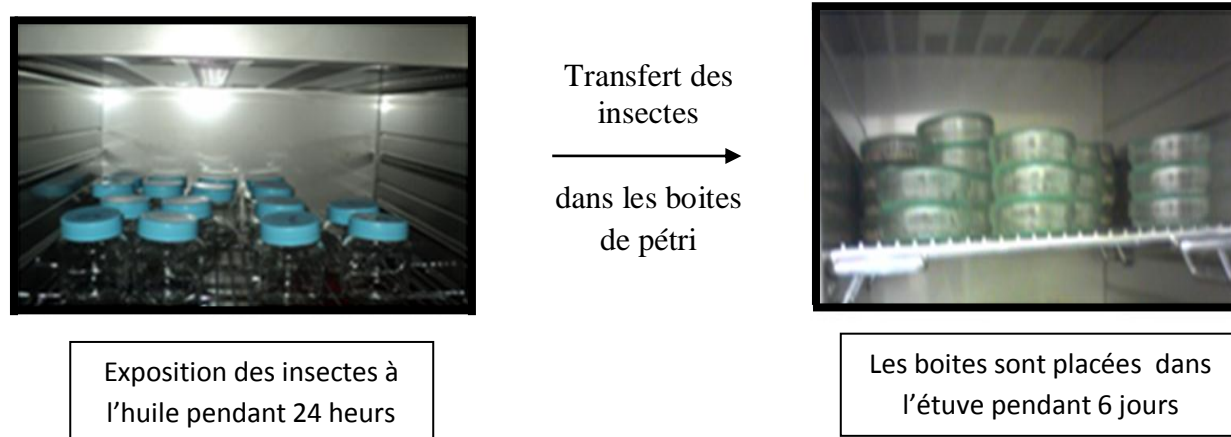


Figure n° 11 - Dispositif expérimental de test d'inhalation.

(Photo originale)

II.2.3.3. Evaluation de la répulsivité des huiles essentielles

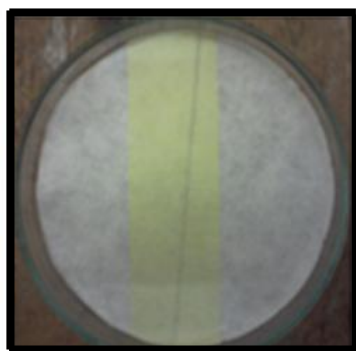
L'effet répulsif des huiles essentielles à l'égard des adultes de *R.dominica* F. et *C. maculatus* F. a été évalué en utilisant la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre décrite par McDonald & al, 1970, Ainsi, les disques de papier filtre de 8 centimètre de diamètre utilisés à cet effet ont été divisés en deux parties égales. Quatre teneurs différentes de chaque huile essentielle ont été préparées par dilution dans l'acétone, dans les proportions de 2 ; 4 ; 8 et 12 μ l/ml d'acétone. À l'aide d'une micropipette, une quantité de 0,5 ml de chaque solution a été uniformément répandue sur une moitié de disque, tandis que l'autre moitié a reçu uniquement de l'acétone. Après évaporation complète du solvant, les deux moitiés de disque ont été ressoudées au moyen d'une bande adhésive. Le disque de papier filtre ainsi reconstitué a été placé dans une boîte de Pétri de 8 cm de diamètre.

Un lot de 10 insectes adultes âgés de 2 jours au plus a été placé au centre de chaque disque de papier dans les boîtes de Pétri et quatre répétitions ont été effectuées pour chaque dose d'huile essentielle testée. Au bout de 2 heures, on a relevé le nombre d'insectes présents sur la partie de disque traitée à l'huile essentielle (Nt) et le nombre de ceux présents sur la partie traitée uniquement à l'acétone (Nc). Le pourcentage de répulsion (PR) a été calculé en utilisant la formule suivante :

$$PR = [Nc - Nt / Nc + Nt] \times 100$$

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

NT : le nombre d'insectes présents sur la partie traité avec la solution de l'huile.



L'adhésion des deux disques



Le comptage des insectes sur chaque disque réalisé après 2heurs

Figure n° 12 -Dispositif expérimental de test de répulsivité.

(Photo originale)

Selon le classement proposé par Mc Donald et ses collaborateurs (**Tapondjou et al., 2003**) le pourcentage de répulsion moyen est réparti suivant six classes, la classe 0 étant celle qui contient moins de 0,1% de répulsion. Ceci est résumé comme suit :

Classe	Intervalle de répulsion	Propriété de la substance traitée
Classe 0	PR<0,1%	Non répulsive
Classe 1	10_20%	Très faiblement répulsive
Classe 2	20_40%	Faiblement répulsive
Classe 3	40_60%	Modérément répulsive
Classe 4	60_80%	Répulsive
Classe 5	80_100%	Très répulsive

II.3. Méthodes d'analyse des données

Les données brutes récoltées durant nos expériences sont soumises à un post-traitement qui tient compte des éventuelles causes de mortalité.

II.3.1. Correction de la mortalité par la méthode d'Abbott

Afin de trouver l'efficacité d'un produit traité, il est nécessaire de corriger la mortalité des insectes, car le nombre d'individus dénombrés morts dans une population traitée par la substance toxique n'est pas le nombre réel d'individus tués par ce toxique. Il existe en fait dans toute population traitée une mortalité naturelle qui vient s'ajouter à la mortalité provoquée par ce toxique. Pour cela, les pourcentages de mortalité doivent être corrigés, la formule à suivre est :

$$MC(\%) = [M - Mt / 100 - Mt] * 100$$

Avec :

MC(%) : pourcentage de mortalité corrigée.

M(%) : pourcentage de mort dans la population traitée avec l'huile.

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

II.3.2. Détermination de la DL50

L'un des moyens d'estimer l'efficacité d'un produit est le calcul de la DL₅₀ qui correspond à la quantité de substance toxique entraînant la mort de 50% d'individus d'un même lot. Elle est déduite par le tracé de la droite de régression mortalité / dose. De ce fait, les pourcentages de mortalité corrigés sont transformés en probit selon la méthode de **Finney (1952)**.

II. 3. 3. Analyse statistique des données (ANOVA)

L'analyse statistique retenue est l'analyse de la variance à deux critères de classification. Elle est déterminée pour les facteurs huiles et doses (y compris le témoin) pour les tests contact sur gains et effet inhalation. Lorsque l'analyse révélait des différences significatives, elle était complétée par le test de Newman et Keuls (Logiciel XL Stat version 8.0).

Chapitre 3

Résultats et discussion

III.1. Rendement en huile essentielle

Le rendement est le rapport de la quantité d'huile recueillie après distillation sur la quantité de la biomasse, exprimée en pourcentage (Williams & Lusunzi, 1994). Les rendements obtenus en huile essentielle sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau n° 1-Rendement en huiles essentielles des rameaux (Aiguilles et partie ligneuse) du Pin noir.

Partie de la plante	Rendement (%)
Aiguilles	0,9
Partie ligneuse	0,5

Le tableau ci-dessus montre que les rendements réalisés en huile essentielle sont variables entre les deux parties de la plante mais restent faibles, il a fallu plusieurs distillations pour obtenir une bonne quantité. L'huile essentielle des Aiguilles est d'une couleur blanc laiteux, son rendement (0.9%) est plus élevé que celui obtenu par la partie ligneuse qui est de 0.5 % et qui présente une couleur transparente. Le rendement en huile des aiguilles est supérieur à celui obtenu par Koukous & al. (2001), qui est de 0.36 % avec l'huile de *Pinus nigra* Arl Ssp *mauritanica* Maire et Peyer et supérieur au rendement trouvé par Dob & al. (2005), sur l'espèce *Pinus pinaster*.

La faible teneur serait probablement due, selon certains auteurs aux facteurs écologiques (température, humidité, composition du sol...) et géographiques (altitude...) qui peuvent influencer la quantité et la qualité des huiles essentielles extraites (Chatzopoulou & Katsiotis., 1995 ; Hili & al., 1997 ; Miguel & al., 2004; Jordan & al., 2006; Curado et al., 2006; Andrea et al., 2007; Ebrahimi & al., 2008; Toncer & al., 2009; Mihajilov-Krstev & al., 2010; Alizadeh & al., 2011).

III.2. Evaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles de *Pinus nigra* Arl Ssp *mauritanica* Maire et Peyer à l'égard des adultes de *Rhyzopertha dominica* F. et *Callosobrucus maculatu* F.

III.2.1. Test de toxicité sur grain

Les résultats du test de toxicité des huiles essentielles de *Pinus nigra* Arl Ssp *mauritanica* Maire et Peyer par contact sur grain à l'égard des adultes de *R. dominica* F. et de *C. maculatus* F. sont consignés dans les tableaux suivants :

Tableau n° 2 -Mortalité par effet contact des insectes (*Rhyzopertha dominica* F.) traités par les huiles essentielles de la partie ligneuse du Pin noir.

Dose d'huile essentielles	Log dose	Mortalité				Moyenne	Mort%	MC%	Probit
		R1	R2	R3	R4				
Témoin	-	1	0	0	1	0.5	2.5	-	
2µl/ml	0.3	3	0	2	2	1.75	8.75	6.41	3,47
4µl/ml	0.6	4	2	3	3	3	15	12.82	3,86
8µl/ml	0.9	3	2	3	5	3.25	16.25	14.10	3,92
12µ /ml	1.08	6	3	4	4	4.25	21.25	19.23	4,13

Les résultats obtenus, montrent un faible taux de mortalité. Un effet insecticide par contact, croissant en fonction de la dose employée. Les mortalités enregistrées ne dépassent pas les 20 % pour les premières doses expérimentées. A La plus forte dose (12 µl/ml), 21,25% d'individus morts ont été comptés à la fin du quatrième jour d'exposition.

Tableau n° 3 -Mortalité par effet contact des insectes (*Rhyzopertha dominica* F.) traités par les huiles essentielles des aiguilles du Pin noir.

Dose d'huile essentielles	Log dose	Mortalité				Moyenne	Mort%	MC%	Probit
		R1	R2	R3	R4				
Témoin	-	0	0	0	1	0.25	1.25	-	
2µ l/ml	0.3	3	2	0	2	1.75	8.75	7.6	3,56
4µl/ml	0.6	3	3	3	2	2.75	13.75	12.66	3,85
8µl/ml	0.9	3	3	4	3	3.25	16.25	15.19	3,97
12µ l/ml	1.08	2	4	2	5	3.25	16.25	15.19	3,97

D'après les résultats enregistrés, on remarque que la mortalité dans les lots traités augmente en fonction de la dose utilisée. Le taux de mortalité est de 8,75 % à la dose 2µl/ml, et il atteint 16,25 % à la dose 8µl/ml et 12µl/ml, qui restent loin de l'efficacité insecticide recherchée.

L'action toxique par contact de certaines plantes sous forme d'huile essentielle à l'égard des insectes est relatée par une littérature abondante. Néanmoins, l'activité insecticide des

huiles essentielles du Pin noir, selon la bibliographie disponible, n'a pas été déjà étudiée. Pour cela, les résultats de cette étude ont été comparés à ceux obtenus pour les autres espèces de plantes aromatiques. Tels que les travaux réalisés par **khalfi-Habes (2007)**, qui a montré que 9 huiles essentielles (Genévrier, l'armoise, faux poivrier, laurier, l'eucalyptus, thym, romarin, l'origan, et la menthe) manifestent une activité insecticides par contact relativement variable selon les plantes vis-à-vis de *R. dominica* F. a la plus forte dose des huiles essentielles provoque une mortalité élevé de 70% , 100% , 52%, 100%, 100 % , 93.1% 93.1% 100 % , et 100% respectivement.

Contrairement à ces travaux, les résultats de la présente étude, montrent un effet insecticide modéré, du moins par contact, des huiles testées sur *R. dominica* F. Ceci pourrait être dû, d'une part, à la composition chimique des essences expérimentées et, d'autre part, au comportement nutritionnel des insectes étudiés.

Le tracé des droites de régression (Figure n°13 et 14) montre que les huiles essentielles du Pin noir manifestent une faible toxicité par effet de contact sur *R. dominica* F. (DL50 = 36,92 µl/ml pour les aiguilles et 28,23 µl/ml pour la partie ligneuse).

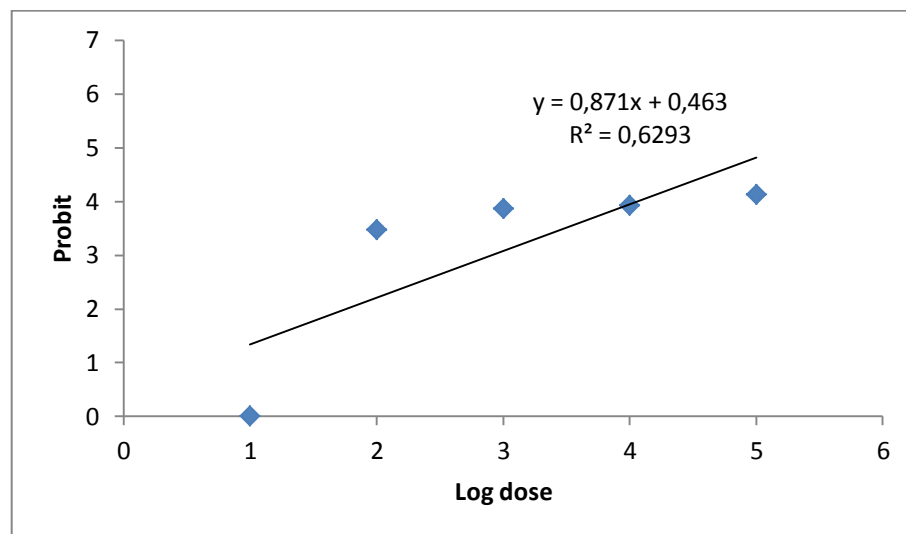


Figure n° 13 -Régression mortalité / dose par effet contact de l'huile essentielle de la partie ligneuse du Pin noire sur les adultes de *R. dominica* F.

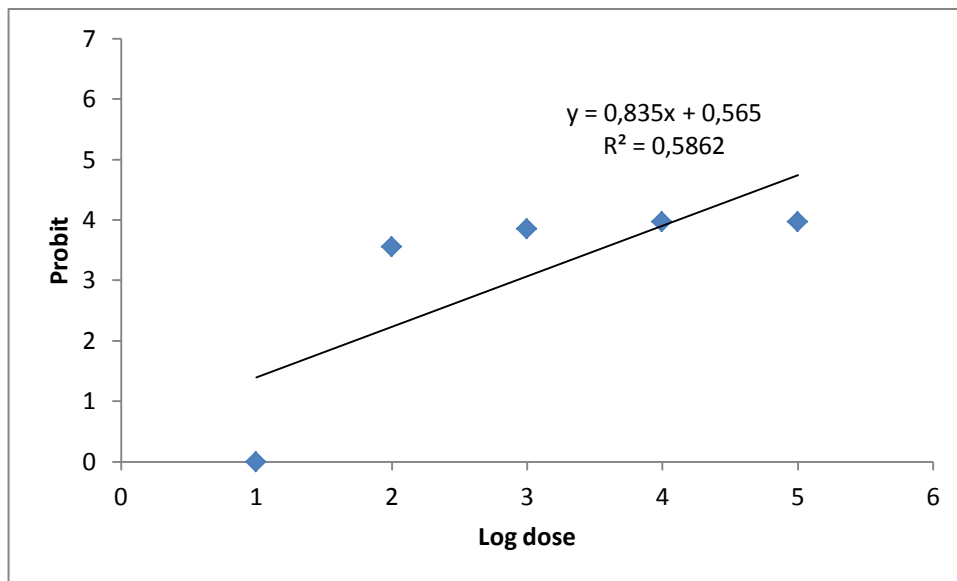


Figure n° 14 -Régression mortalité / dose par effet contact de l'huile essentielle des aiguilles du Pin noir sur les adultes de *R. dominica* F.

Les résultats du présent travail, révèlent une faible toxicité des HE du Pin noir, testées par effet contact sur les adultes de *R. dominica* F. où les doses létales 50 sont trop élevées. En effet, **Khalfi-habes** et ses collaborateurs, **2010**, montrent que les huiles essentielles de trois plantes aromatiques (L'origane, Romarin, thym) de la famille des Lamiacées provoquent une toxicité élevée par contact- inhalation sur *Rhyzopertha dominica* F. avec de faibles DL50 (DL50=0.232 mg /cm² pour l'Origan, suivi du romarin avec une DL50= 0.428 mg /cm², et du thym avec une DL50= 0.522 mg /cm²).

Tableau n° 4 -Mortalité par effet contact des insectes (*Callosobruchus maculatus* F.) traités par les huiles essentielles de la partie ligneuse du Pin noir.

Dose d'huile essentielles	Log dose	Mortalité				Moyenne	Mort%	MC%	Probit
		R1	R2	R3	R4				
Témoin	-	0	1	1	0	0.5	2.5	-	
2µl /ml	0.3	7	6	5	5	5.75	28.75	26.92	4.38
4µl /ml	0.6	7	14	6	8	8.75	43.75	42.30	4.80
8µl /ml	0.9	13	9	7	9	9.5	47.5	46.15	4.90
12µ /ml	1.08	15	14	15	14	14.5	72.5	71.79	5.57

Les résultats montrent que les lots traités enregistrent une mortalité proportionnelle à la dose. À la plus faible dose (2µl/ml), le taux de mortalité obtenu est de 28,75 % et dépasse 50 % d'individus mort, à la quatrième dose, à la fin du traitement (quatrième jour).

Tableau n° 5 -Mortalité par effet contact des insectes (*Callosobruchus maculatus* F.) traités par les huiles essentielles des aiguilles du Pin noir.

Dose d'huile essentielles	Log dose	Mortalité				Moyenne	Mort%	MC%	Probit
		R1	R2	R3	R4				
Témoin	-	0	1	1	0	0.5	2.5	-	
2µl/ml	0.3	4	6	6	6	5.5	27.5	25.64	4.34
4µl/ml	0.6	11	5	7	6	7.25	36.25	34.61	4.60
8µl/ml	0.9	8	8	13	10	9.75	48.75	47.43	4.93
12µl/ml	1.08	17	19	20	19	18.75	93.75	93.6	6.52

Les résultats consignés dans le tableau ci-dessus, indiquent que le taux de mortalité est de 27.5% à la dose 2µl/ml et, dépasse les 50% dès la quatrième dose (93.75 % à 12µl/ml).

Le potentiel biocide de certaines plantes sous forme d'huiles essentielles sur *C. maculatus* est très relaté dans la littérature. En effet, **Kim & al. (2001)**, ont signalé l'effet insecticide des huiles essentielles de trente plantes aromatiques et médicinales sur *C. chinensis* et *Sitophilus oryzae*. Ces mêmes auteurs, ont montré que les huiles essentielles de *Brasica juncea* et de *Cinnamomum cassica*, ont des pourcentages de mortalité de 84, 2% et 98%, respectivement. De même, **Nondenot & al. (2010)**, ont montré que les huiles essentielles de *Ageratum conyzoides*, de *Citrus aurantifolia* et de *Melaleuca quenrvia* possèdent une activité insecticide vis-à-vis de *Callosobruchus maculatus* F. Ils stipulent que la plus forte dose 33.3µl/ml provoque 100% de mortalité pour *Ageratum conyzoides* et *Citrus aurantifolia*. Tandis que *Melaleuca quinquenervia* provoque 71.11% de mortalité, au bout de 24 heures d'exposition.

Les huiles essentielles de *Chenopodium ambrosioides* et d'*Eucalyptus saligna* sont efficaces contre *Callosobruchus maculatus* F. et que la plus forte dose 0.3µl/g occasionne une mortalité totale au bout de quatre jours d'exposition (**Quarles, 1992**). De même **Tapondjou & al (2005)**, on met en exergue l'activité insecticide des huiles essentielles

d'*Eucalyptus saligna* et de *C. sempervirent* sur le potentiel biologique de *Sitophilus zeamais* et *Tribolium castaneum*. Ils révèlent un effet contact très toxique à l'égard de ces ravageurs. **Kellouche & Soltani (2003)**, ont montré que l'huile essentielle de clou de girofle réduit fortement la longévité de *Callosobruchus maculatus* F. et qu'une dose allant de 4 à 5 µl/g est suffisante pour obtenir une mortalité totale, en trois jours d'exposition. Le tracé des droites de régression, nous a permis de déterminer les doses létales 50 (DL 50). Ces dernières sont de l'ordre de 8,20 µl / ml pour les aiguilles et de 8,42 µl / ml pour la parties ligneuse. Nous remarquons par conséquent que la dose létale représentée par l'huile des feuilles (aiguilles) est sensiblement inférieur à celle de la partie ligneuse.

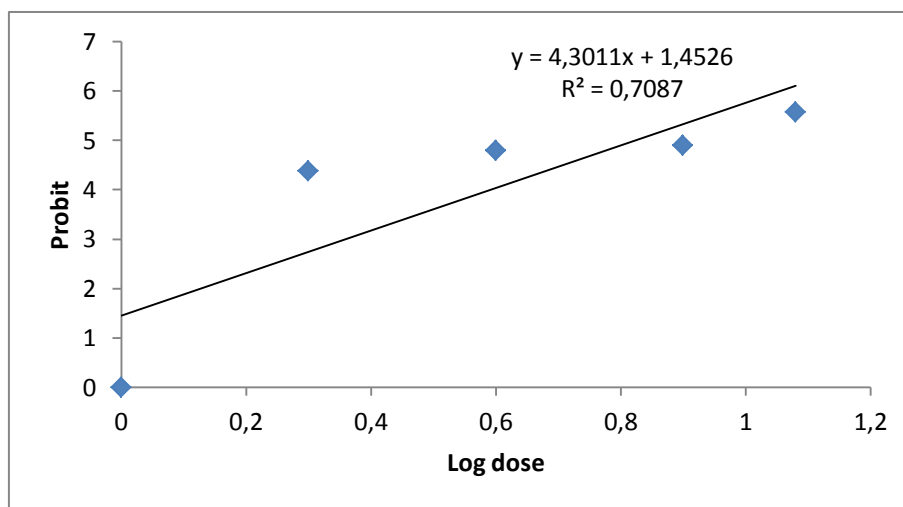


Figure n° 15 -Régression mortalité / dose par effet contact de l'huile essentielle de la partie ligneuse du Pin noir sur les adultes de *C. maculatus* F.

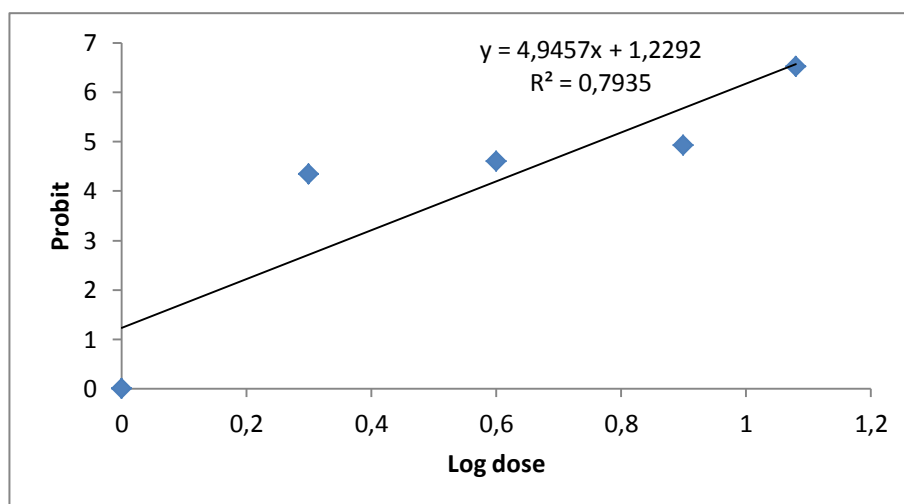


Figure n° 16 -Régression mortalité / dose par effet contact de l'huile essentielle des aiguilles du Pin noir sur les adultes de *C. maculatus* F.

La présente étude, montre que les huiles essentielles du Pin noir sont dotées d'un pouvoir insecticide contre la bruche de niébé. C'est ainsi que **Aboua & al. (2010)**, en évaluant l'effet insecticide de l'huile essentielle d' *Ageratum conyzoides* L. (Asteraceae), *Citrus aurantifolia* Christm (Rutaceae) et *Melaleuca quinquenervia* L. (Myrtaceae) sur les adultes de *C.maculatus* F., affirment que les dose occasionnant 50% de mortalité sont de 3,09 µl/l, 6,89 µl/l, et 8,05 µl/l, respectivement.

L'analyse statistique des données par le test de la variance à un critère de classification révèle une différence hautement significative ($F = 19,017$ et $p < 0,0001$) entre les différents traitements (Tableau n°6)

Tableau n° 6 -Analyse de la variance pour le test de toxicité par contact sur graines.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	5	1053,319	210,664	19,017	< 0,0001
Erreur	66	731,125	11,017		
Total corrigé	71	1784,444			

Les résultats de l'analyse de la variance pour les huiles essentielles en fonction des doses, révèlent l'existence d'une différence hautement significative entre les pourcentages de mortalité dans les lots témoins et ceux traités par les différentes huiles essentielles, ce qui explique que ces produits manifestent un effet insecticide variable sur les deux ravageurs, à savoir *R. dominica*F. et *C. maculatus* F.

Tableau n°7 - Les groupes du test de Newman et Keuls

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
H21	10,313	A	
H11	9,625	A	
H1	3,063		B
H2	2,750		B
T1	0,500		B
T2	0,500		B

La comparaison multiples des pourcentages de mortalité par le test Newman et Keuls, fait apparaitre deux groupes homogène bien individualisé pour le facteur "huile" selon le tableau suivant :

- Le groupe A, représenté par les huiles essentielles de la plante étudiée contre *C. maculatus* ;
- Le groupe B, représenté d'une part, par les huiles essentielles de la plante étudiée vis-à-vis de *R. dominica* F. et, d'autre part, par les témoins.

III.2.2. Test d'inhalation

Les résultats des tests d'inhalation des huiles essentielles de *Pinus nigra* Arl Ssp *mauritanica* Maire et Peyer à l'égard des adultes de *Rhyzopertha dominica* F. et *Callosobruchus maculatus* F. relevés après 6 jours, sont représentés dans les graphes suivant :

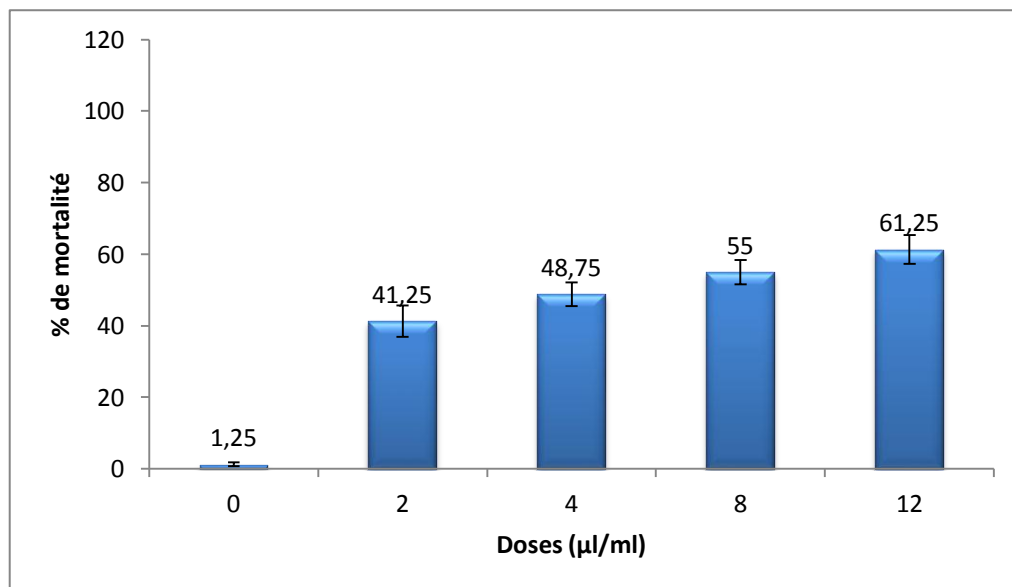


Figure n° 17-Pourcentage de mortalité par effet inhalation des adultes de *R. dominica* F. traités par les HE des rameaux de *Pinus nigra* Arl Ssp *mauritanica* Maire et Peyer

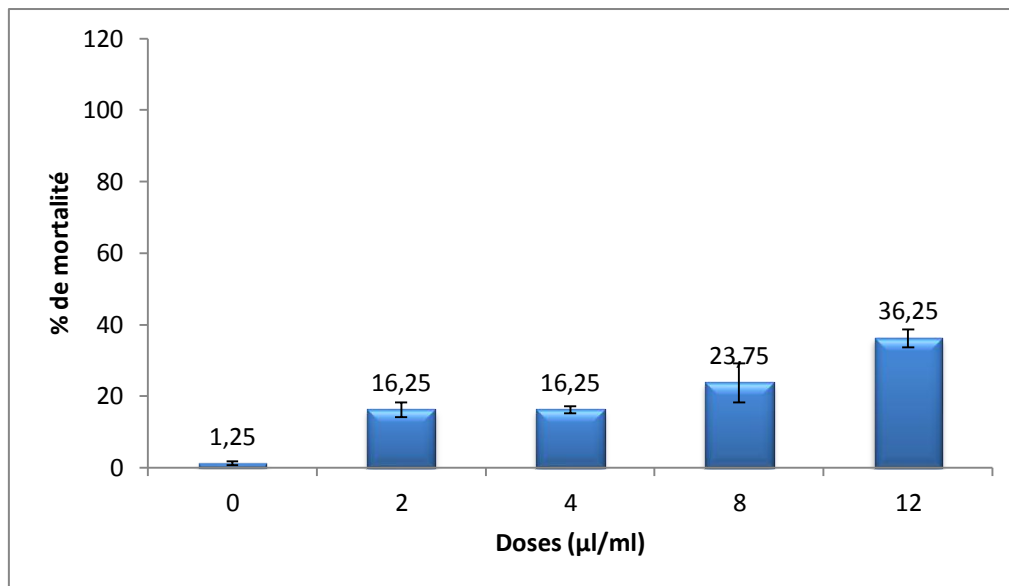


Figure n° 18 -Pourcentage de mortalité par effet inhalation des adultes de *R. dominica* F. traités par les HE des aiguilles de *Pinus nigra* Arl Ssp *mauritanica* Maire et Peyer

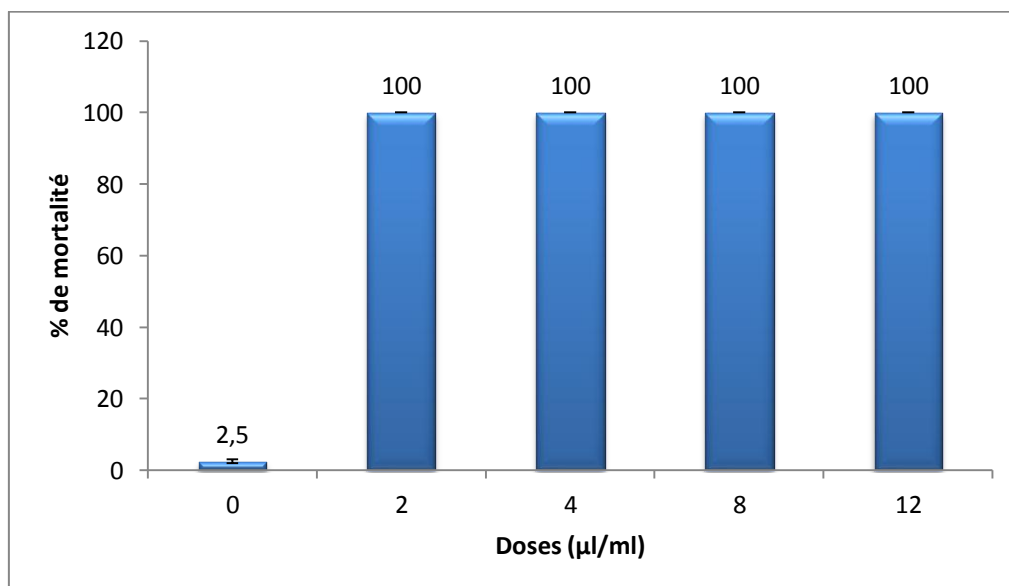


Figure n° 19 -Pourcentage de mortalité par effet inhalation des adultes de *C. maculatus* traités par les HE des rameaux de *Pinus nigra* Arl Ssp *mauritanica* Maire et Peyer

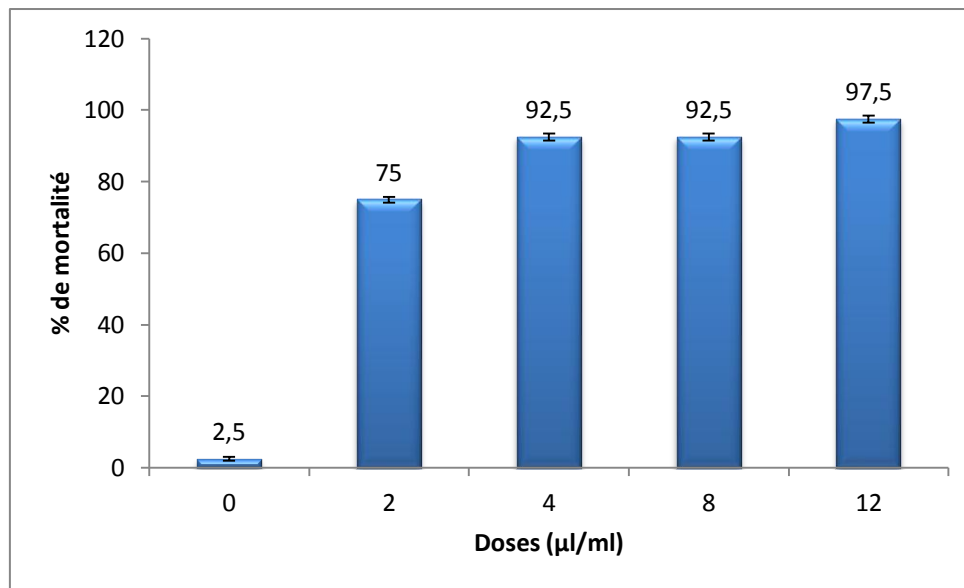


Figure n° 20 -Pourcentage de mortalité par effet inhalation des adultes de *Callosobruchus maculatus* F. traités par les HE des aiguilles de *Pinus nigra* Arl Ssp *mauritanica* Maire et Peyer

Les figures (17, 18, 19 et 20) montrent que les huiles essentielles de *Pinus nigra* Arl Ssp *mauritanica* Maire et Peyer manifestent une activité insecticide par inhalation sur les adultes des deux ravageurs. Néanmoins, l'efficacité est variable, elle est d'autant plus élevée contre *C. maculatus* F. que sur *R. dominica* F. Les taux de mortalité enregistrés oscillent entre 75 % et 100 % pour les bruches, par contre, une faible mortalité est observée dans le cas de *Rhyzopertha dominica*. Les huiles essentielles extraites des rameaux possèdent un effet insecticide par inhalation, plus élevé, que celles extraites des aiguilles vis-à-vis des capucins des grains. La mortalité occasionnée varie entre 36, 25 % et 61,25% à la dose 12µl/ml.

Plusieurs études ont montré que les huiles essentielles ont un large spectre d'action sur les insectes des denrées stockées (Hamoudi, 2000 ; Keita & al., 2001), L'étude réalisée par Shaaya & al. (1993) sur la toxicité par fumigation de 26 huiles essentielles a montré que seul le laurier, la sauge , et la lavande manifestaient 100 % de mortalité sur *R. dominica* F. ,*O. surinamensis*, *T. castaneum* et *S. oryzae* pour une concentration de 15 ml/l. Raja & al. (2001), affirment aussi que les huiles essentielles de *M. arvensis* , *M. piperita* et *M. spicata* possèdent une action biocide inhalatoire significative vis avis de *C. maculatus* F. Comparativement à ces études, les résultats obtenus, montrent un effet inhalatoire des huiles essentielles testées, du moins, contre *C. maculatus* F. Cette efficacité varie en fonction de

l'huile, de la dose et de l'insecte. Ces variations peuvent être expliquées par la composition chimique de l'huile et le comportement du ravageur.

III.2.3. Test de répulsivité

L'évaluation de la répulsivité des huiles essentielles de *Pinus nigra* Arl Ssp *mauritanica* Maire et Peyer à l'égard des adultes des deux ravageurs étudiés, obtenue après deux heures d'exposition aux différentes doses des huiles expérimentées sont représentées sur les figures ci-dessous.

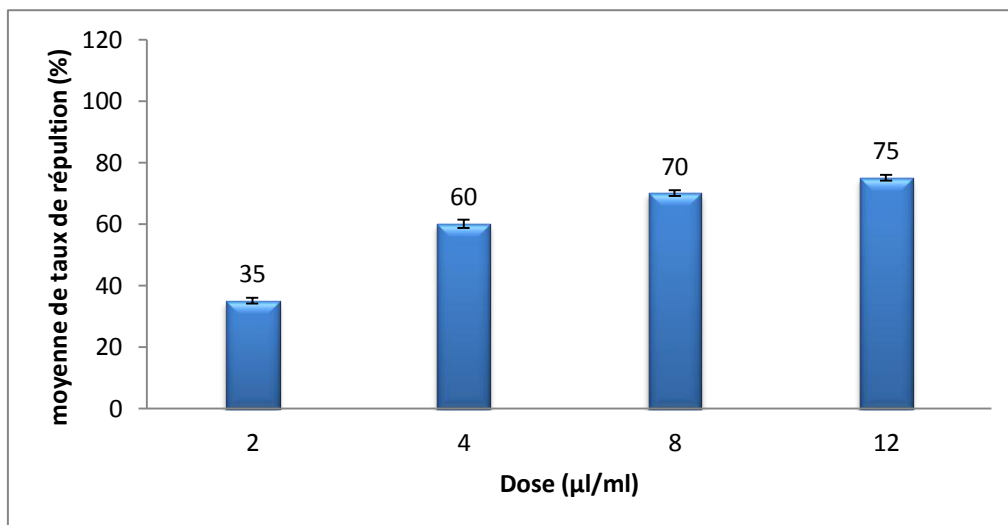


Figure n°21 -Pourcentage de répulsion des huiles essentielles des rameaux de *Pinus nigra* Arl Ssp *mauritanica* Maire et Peyer vis-à-vis des adultes de *R. dominica* F.

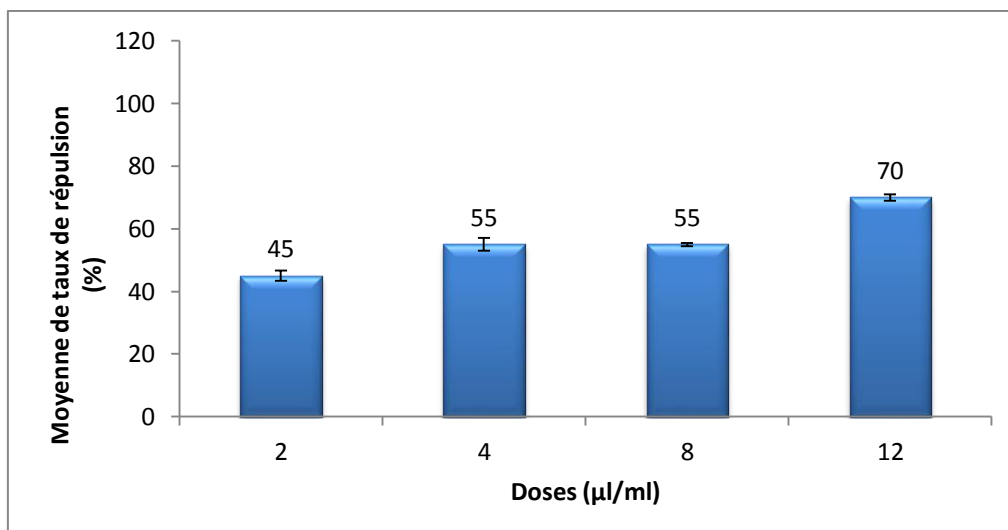


Figure n°22 - Pourcentage de répulsion des huiles essentielles des aiguilles de *Pinus nigra* Arl Ssp *mauritanica* Maire et Peyer vis-à-vis des adultes de *R. dominica* F.

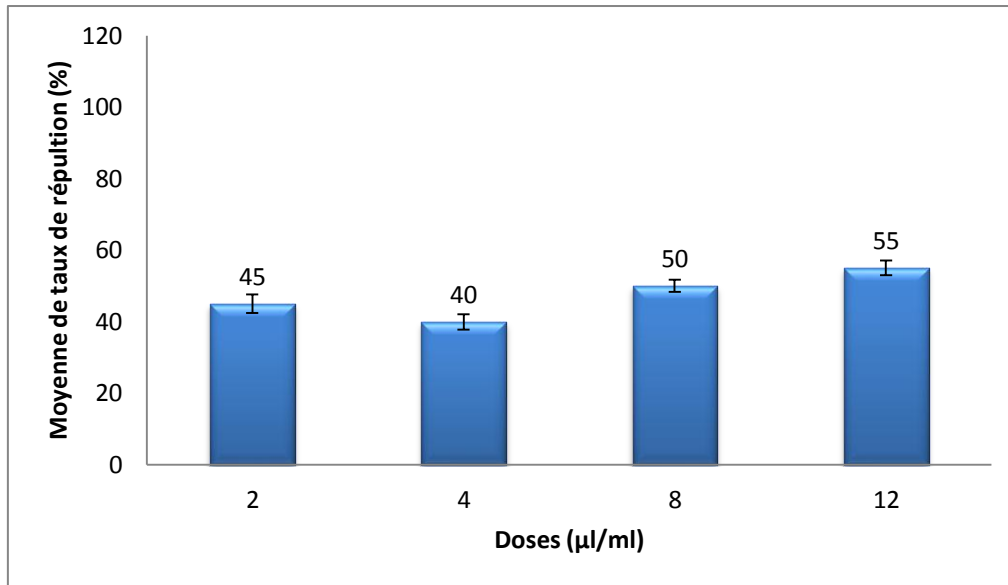


Figure n°23 -Pourcentage de répulsion des huiles essentielles des rameaux de *Pinus nigra* Arl Ssp *mauritanica* Maire et Peyer vis-à-vis des adultes de *C. maculatus* F.

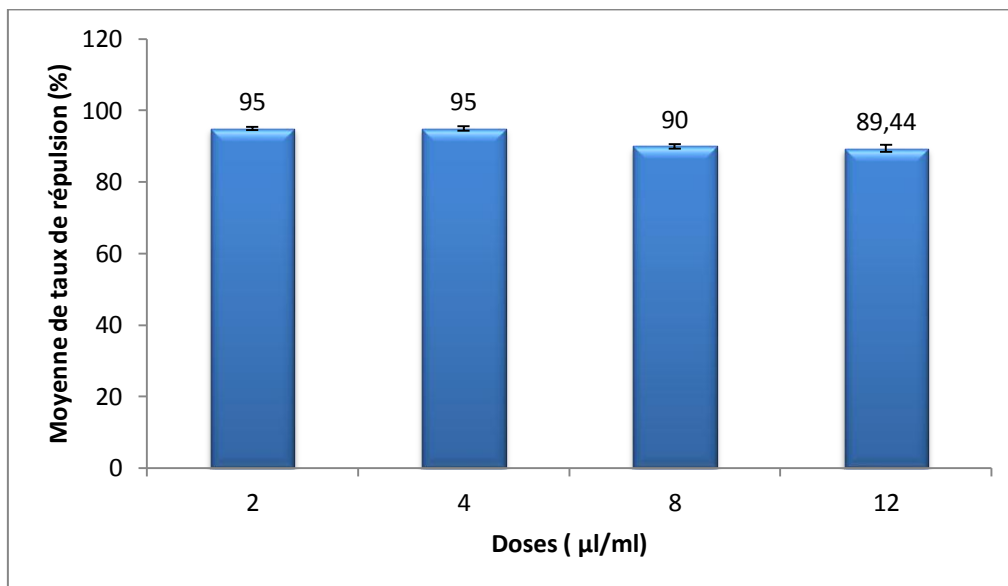


Figure n°24 -Pourcentage de répulsion des huiles essentielles des aiguilles *Pinus nigra* Arl Ssp *mauritanica* Maire et Peyer vis-à-vis des adultes de *C. maculatus* F.

L'analyse des pourcentages de répulsion obtenus, révèle que les insectes ravageurs réagissent différemment à l'effet répulsif des huiles essentielles de *Pinus nigra* Arl Ssp *mauritanica* Maire et Peyer. Les figures (21 et 22) montrent que les essences des de Pin noir ont un effet dose, sur *R. dominica* F. Selon le classement de Mc Donald, les huiles des rameaux passent de la classe II (faiblement répulsif), à la dose 2µl/ml, à la classe IV (répulsif), au reste des doses employées contre *R. dominica* F. Pour ce qui est des essences

extraites des aiguilles, l'action de ces dernières est modérée (classe III), pour les trois premières doses et, répulsive (classe IV) pour la dernière dose.

Contrairement aux adultes de *R. dominica* F., les bruches réagissent différemment aux huiles essentielles de la plante étudiées. Les pourcentages relevés montrent que les huiles des rameaux sont modérément répulsives vis-à-vis de *C. maculatus* F., pour toutes les doses employées, alors que celles des aiguilles sont hautement répulsives. Néanmoins, nous signalons que la répulsivité de ces huiles est inversement proportionnelle à la dose employée.

L'effet répulsif des huiles essentielles sur les ravageurs des denrées stockées est largement documenté. C'est ainsi que **Kishan & al. (2001)**, ont montré que l'huile essentielle d'*Artemisia annua* sont modérément répulsifs vis à vis de trois coléoptères de denrées stockées, *Callosobruchus maculatus* F. , *Rhyzoperta dominica* F. et *Sitophilus orizae*, avec une répulsion moyenne de 65-74% à la plus forte dose testée 4µl/ml pendant 1 heure. De même, **Roy & al. (2005)**, affirment que les huiles essentielles extraite de *Blumea lacera* manifestent une répulsivité de 55.7% pour *R. dominica* F. et de pour *Sitophylus* 55.34%.

Conclusion

Conclusion

La présente étude a permis d'évaluer l'activité insecticide des huiles essentielles d'une essence forestière de la famille des Pinaceae (*Pinus nigra* Arl Ssp *mauritanica* Maire et Peyer) endémique du Djurdjura en Algérie et du Rif au Maroc. Le résultat de rendement en huile essentielle obtenu à partir *Pinus nigra* Arl Ssp *mauritanica* Maire et Peyer, extraite à l'aide d'un dispositif de type clevenger a fourni des rendements de l'ordre de 0,9 % pour les aiguilles et de 0,5 % pour la partie ligneuse.

L'évaluation de l'activité insecticide montre que les huiles essentielles étudiées sont actives sur *C. maculatus* F. où les taux de mortalité enregistrés avoisinent les 100 %, par effet contact. Les doses létales occasionnant les mortalités de 50% des adultes de ce ravageur varient entre 8, 20 $\mu\text{l/ml}$ et 8,42 $\mu\text{l/ml}$ pour les aiguilles et les rameaux, respectivement. *Rhyzoperta dominica* F., quant à lui, manifeste une certaine résistance vis-à-vis de ces huiles. Les mortalités enregistrés sont de l'ordre de 16,25 %, à la dose 12 $\mu\text{l/ml}$, avec les essences extraites des aiguilles et, de 21,25 %, à la même dose, avec les huiles des rameaux.

L'action biocide de ces huiles, expérimentées par inhalation, révèle une variabilité dans les taux de mortalité enregistrés. *C. maculatus* F., est d'autant plus sensible aux vapeurs des huiles essentielles de la plante étudiée. Néanmoins, une mortalité totale est enregistrée avec les huiles des rameaux, aux différentes doses employées. Le capucin des gains (*Rhyzopertha dominica* F.), quant à lui, manifeste une grande sensibilité à ces vapeurs, contrairement au test de toxicité sur grains dont les taux enregistrés oscillent entre 36,25 % et 61,25%, à la quatrième dose (12 $\mu\text{l/ml}$), respectivement, pour les aiguilles et les rameaux.

La répulsivité de ces huiles à l'égard de ces deux ravageurs, est d'autant plus élevée comparativement aux tests précédents. L'effet des vapeurs des huiles essentielles testées à l'égard de ces deux ravageurs montrent une répulsivité certaine.

A l'issu de ce travail, nous émettons quelques réflexions et recommandations sous forme de perspectives pour une bonne exploitation du sous produit de cette essence forestière tant préservée.

- ❖ Etablir la composition chimique de ces huiles essentielles étudiées ;

Conclusion

- ❖ Etudier les autres activités des huiles essentielles : antifongique, antivirale, antiparasitaire, antioxydantes, anti-inflammatoires ...etc. ;
- ❖ Etablir les principaux composants des huiles essentielles ainsi que leurs effets ;
- ❖ Déterminer le mécanisme d'action de ces huiles essentielles.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

-A-

Aboua, L. R. N., Seri-Kouassi, B.P and Koua, H.K., 2010- Insecticidal Activity of Essential Oils from Three Aromatic Plants on *Callosobruchus maculatus* F. in Côte D'ivoire. European Journal of Scientific Research, 39 (2): 243-250.

Adjaoud D., et Aidrous N., 1992- Contribution à l'étude biosystématique du Pin noire de Djurdura (*Pinus nigra* Arl. Ssp. *mauritanica* Maire et Peyer). Mem. Ing. Agr. U.M.M.T.O. (Algérie), 103 p.

Adjaoud D., 2005- Etude de la variabilité morphologique et physiologique du Pin noire du Djurdjura (*Pinus nigra* Arl. Ssp. *mauritanica* Maire et Peyer). Mémoire de Magister en Agronomie. U.M.M.T.O. (Algérie), 101 p.

Alizadeh A., Alizadeh O., Sharafzadeh S. et Mansoori S., 2011- Effect of Different Ecological Environments on Growth and Active Substances of Garden Thyme . Advances in Environmental Biology, 5 (4), 780-783.

Alzouma I. 1987- Reproduction et développement de *Bruchidius atrolineatus* Pic. (Coleoptera : Bruchidae) aux dépens des cultures de *Vigna unguiculata* L. Walp (Leguminosae : Papilionaceae) dans un agrosystème sahélien au Niger. Thèse de Doctorat d'Etat, Univ. François-Rabelais, Tours France, 162p.

Andrea L. M.H., Micheletto S., Holguin F. O., Rodriguez J., and Mary A. O.C., 2007- Environmental Influences on Essential Oils in Roots of *Anemopsis californica*. Hortscience 42 (7):1578–1583

Anonyme, 1984- Céréales et oléagineux (manutention, commercialisation, transformation). Ed. C.I.G.I, Winnipeg , Manitoba, 3ème ED.1024p.

Archana V & Jawali N., 2007- Genetic variation and relatedness in *Vigna unguiculata* revealed by microsatellites, founder's day special issue, (N° 285): 190-197.

-B-

Bakkali, F., S. Avertebeck, D. Avertebeck & Idaomar M, 2008- biological effects of essential oils: A review. Food Chemical. Toxicology., 46: 446-475.

Bakour K. & Bendifellah L, 1990- Etat sanitaire des denrées entreposées dans les unités de stockage des régions de Draa benkedaa, Bouira et Ain Bessam, essai insecticide sur le charçon *Sitophilus grnarius*(Coleoptera, curculionidae). Thèse, Ing., Agro., Biol. Univ. Tizi-Ouzou, 141p.

Balachowsky, A. S., 1963- Entomologie Appliquée à L'agriculture, les Coléoptères. Ed .Masson et Cie, T.1, p 314-315.

Bastien F, 2008- effet larvacide des huiles essentielles sur stomoxys calcitrans a la reunion.These. Doctorat .Université Paul-Sabatier.Toulouse. Pp.78.

Benayad N., 2008- Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales Marocaines : Moyen de lutte efficace contre les denrées alimentaires stockées. Faculté des sciences de Rabat, projet de recherche, 59p.

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

Benthorpe D. V., Charood B. V. , 1972- Chemistry of terpènes and terpenoides. Ed. A.A.New man Academic press, London and New York, pp:337-374.

Boudreau A. & Ménard G., 1992- Le blé « Elément fondamentaux et transformation » Ed. Les Presses de l'Univ, Laval, Canada, 439p.

Boutigny, 2007- Identification dans les grains de blé dur de composés inhibiteurs de la biosynthèse des trichothécènes B par Fusarium. Thèse de doctorat en Biologie, Université de Bordeaux 1. 202 p.

Bouzouita N., Kachouri F., Ben Halima M. & Chaabouni M.M., 2008- Composition chimique et activités antioxydante, antimicrobienne et insecticide de l'huile essentielle de *Juniperus phoenicea*. J. Soc Pharmacognosie. Chim. Tunis. Pp119-125.

Bruneton J .1999- phytochimie, plantes médicinales, Ed. Technologie et documentation. Lavoisier, 385-623.

-C-

Chatzopoulou P.S. & Katsiotis S.T. 1995- Procedure influencing the yield and the quality of the essential oil from *Juniperus communis* L.berries. Pharmaceutica Acta Helvetiae. 70, 247-253.

Cheftel J.C & Cheftel H., 1992- Introduction à la biochimie des aliments Ed. Tech. doc. Lavoisier., Paris, vol I, 381p.

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

Crus J.F., Troud F., Griffon D. & Hébert J.P., 1988- Conservation des grains en régions chaudes. 2 Ed- « Technique rurales en Afrique ».Ed . CEEMAT ; Paris, p545.

Curado M. A., Oliveira C. B.A., Jesus J. G., Santos S.C., Seraphin J. C. et Ferri P. H. 2006- Environmental factors influence on chemical polymorphism of the essential oils of *Lychnophora ericoides*. Phytochemistry. 67, 2363–2369.

-D-

Dales, M .J, 1996 - A review of plant materials used for controlling insectes pests of stored products. Ed. Crown copyright united king dom. NRa Bulletin . 65-84p.

Delobel A & Tranm., 1993- Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes, Paris, p 424.

Dob T., Berramdane T & Chelghoum C., 2005- Analysis of essential oil from the needles of *Pinus pinaster* growing in Algeria. Chemistry of Natural Compounds. 41(5), 547-913.

-E-

Ebrahimi S. N., Hadian J., Mirjalili M.H. Sonboli A. , Yousefzadi M., 2008- Essential oil composition and antibacterial activity of *Thymus caramanicus* at different phenological stages Food Chemistry. **110**, 927-931.

El Ajjouri M., Satrani B., Gaanmi M., Aafi A., Farah A., Rahouti M., Amarti F.,& Aberchane M, 2008- Activité antifongique des huiles essentielles de *Thymus bleicherinus* pomel et *Thymus capitatus* (L). Hoffm : & link contre les champignons de pourriture du bois d'œuvre. Biotechnologies, Agronomie, Société et environnement 12(4). Pp 345-351.

-F-

Fakhari A.R., Peyman S., Rouhollah H., Samad N. E., Paul R., Haddad, 2005- Hydrodistillation-headspace solvent microextraction, a new method for analysis of the essential oil components of *Lavandula angustifolia* Mill. Journal of Chromatography A 1098(1): Pp. 14-18.

Feillet P, 2000- Le Grain de blé. Composition et utilisation, Paris, INRA. 308p.

Fields, P. G. 1992- The control of stored-product insects and mites with extreme temperatures. J. Stored Prod. Rev. N°34. Pp 269-277.

Finney, D. J., Ed. 1952- Probit Analysis. Cambridge, England, Cambridge University Press.

Fleurat - Lessard, F. 1987- Evolution des méthodes de détection et de protection des grains par des procédés physique. Annales de L'A.N.P.P., 6, pp , 449-458.

-G-

Gatel F., 2003- Stockage et conservation des grains à la ferme. Ed. Arvalis-Institu du végétale, Paris, 18p.

Giles P H, Ashman F., 1971 - A study of pre-harvest infestation of maize by *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera, Curculionidae) in the Kenya highlands. J Stored Prod Res 7: 69-83.

Godon B, 1986- Transformation : industries de cuisson et industries de fractionnement. In : Fondation Française pour la Nutrition. Dossier Céréales : Conditions de production et de transformation des céréales et qualité nutritionnelle. Bull. n° 30, Fondation Française pour la Nutrition, Paris.

Gwinner, J., Harnisch, R. & Mück, O., 1996- Manuel sur la manutention et conservation des graines après récolte. Ed. GTZ. Allemagne, 368p.

-H-

Haddouchi, F., & Benmansour., A, 2008- Huiles essentielles, utilisations et activités biologiques. Application à deux plantes aromatiques. Les technologies de laboratoire (8) .Pp. 20-27.

Hamoudi S., 2000- Extraction des huiles essentielles du romarin et du thym. Evaluation de leur toxicité vis à vis d'un insecte des denrées stockées. Mémoire d'ingénieur en génie chimique. Ecole Nationale Polytechnique. El-harach, 76p.

Haubruge E., Shiffers B., Gabriel E. & Verstraeten C., 1988- Etude de la relation dose-efficacité de six insecticides à l'égard de *Sitophilus granarius* L., *S. oryzae* L., *S. zeamais* Mots. (Col., Curculionidae). Mededelingen Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent 53/2b, 719 -726.

Hervieu, B., Capone, R., Abis, S., 2006- Mutations et défis pour l'agriculture au Maghreb, notes d'analyse du CIHEAM, n°16.13p.

Hignard J., 1998, Lutte biologique contre les Bruchidae, ravageurs du niébé en Afrique de l'ouest, rapport soumis a la commission européenne STD-3 (1992-1995), publié par CTA. p142.

Hili P; Evans C.S. and Veness R.G. 1997 - Antibacterial action of essential oils: the effect of dimethylsulphoxide on the activity of cinnamon oil. Letters in Applied Microbiology. 24, 269-275.

Huignard J., 1985- Importances des pertes dues aux insectes ravageurs des graines: problèmes posés par la conservation des légumineuses alimentaires sources de protéines végétales. UA CNRS 340.p: 193-204.

Huignard J, Dugravot S, Ketoh KG, Thibout E & Glitho AI., 2002- Utilisation de composés secondaires des végétaux pour la protection des graines d'une légumineuse, le niébé. Conséquences sur les insectes ravageurs et leurs parasitoïdes. Biopesticides d'Origine Végétale .Ed. by C Regnault-Roger, BJR Philogène & C Vincent, Lavoisier Tech & Doc, Paris. pp. 133–149.

-I-

I.N.R.A , 2011, <http://www.rennes.inra.fr>

-J-

Jaloux B, 2004- La discrimination interspécifique par *Eupelmus vuilleti* (hymenoptera :eupemidae) des hôtes parasités par *dinarmus basalis* (hymenoptera :pteromalidae). Thèse de doctorat, Tours, 161p.

Jordàn M.J., Martínez R.M., Goodner K.L., Baldwin E.A., Sotomayor J.A. 2006- Seasonal variation of *Thymus hyemalis* Lange and Spanish *Thymus vulgaris* L. essential oils composition. Industrial Crops and Products. **24**, 253–263.

-k-

Kachebi N & Kebbi M., 2003- Contribution à l'étude de l'efficacité de la poudre des feuilles du pécher contre *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera, Bostrichidae).Ing. Univ. A M. Bejaia. Pp35.

Kaloustian J, Chevalier J, Mikail C, Martino M, Abou L, Vergnes MF 2008- Study of six essential oils: Chemical composition and antibacterial activity. J Phytothér., 6 .Pp. 160-164.

Keita S.M., Vincent C., Schmit J. Parnason J.T., Bélanger A., 2001- Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *O. gratissimum* L. applied as an insecticidal fumigant and

powderto control *Callosobruchus maculatus* (fab.) (Coleoptera: Bruchidae). Journal of Stored Products Research. Vol.37, n°4, pp. 339-349.

Kellouche A, 1979 - Efficacité de quelques insecticides vis a vis d'un insecte des denrées alimentaire stockées : *Rhyzopertha dominica* (Coleopter : Bostrichidae). These .ing.Agro.,nst. Nat. Agro., El-harrach, 57p.

Kellouche, 1987- Relation parasitaires entre Lariophages (F) et *chetopila elegans* (w.) (Hymenoptera : Pteromalidae) et les ravageurs des denrées stockées : *Stophilus oryzae* (L.) et *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera : Curculionidae et Bostrichidae). These. Doc. Univ. Paul, Sabatier, Toulouse. 156p.

Kellouche A & Soltani N., 2003- Activité biologique des poudres de ciagro. nq plantes et de l'huiles essentielles d'une d'entre elle sur *Callosobruchus maculatus* F. Scien. Agro. Pp 184-191.

Kellouche A., 2005- Etude de la bruche du poi-chiche, *Callosobruchus muculatus* (F) (Coleoptera : Brchidae) : Biologie, physiologie, reproduction et lutte, Thèse. Doc d'état. Univ. Tizi-Ouzou, p154.

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

Khalfi-Habes Ouassila, Boutekedjiret Chahrazed et Sellami samira, 2010- Activité biologique de trois huiles essentielles extraites de plantes algériennes sur *Rhyzopertha dominica* (F.) (Colcoptera : Bostrychidae). Institut National Agronomique El harach.

Khorramshahi, A., Burkholder, W.E., 1981- Behaviour of the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) males-produced pheromone attracts both sexes. Journal of Chemical Ecology, vol 7, N° 1, U.S.A, pp 38.

Kim Soon-Il, Jung-Yeon Roh, Do-Hyoung Kim, Han-Seung Lee, Young-Joon Ahn, 2001,- Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*, *Journal of Stored Products Research*, Pp 293-303

Kishan Kumar Aggarwal, Arun Kumar Tripathi, Veena Prajapati and Sushil Kumar, 2001- Toxicity of 1,8-Cineole Towards Three Species of Stored Product Coleopterans. *Insect Sci. Applic. Vol. 21, No. 2, pp. 155-160*

Korocho AR, Juliani HR & Zygodlo JA. .2007- Bioactivity of Essential Oils and Their Components. In : Berger RG. (Ed.), *Flavours and Fragrances Chemistry, Bioprocessing and Sustainability*. Edition: Springer, Germany, pp. 87-115.

Kossou & Aho, 1993- Stockage et conservation des graines alimentaires Tropicales : principe et pratique. Ed. Flamboyant, cotonou, benin., 125p.

Kouassi M.,2001- Les possibilités de la lutte microbiologique emphase sur le champignon entomopathogene *Beauveria bassiana*. *Rev. Sc. Env,2*

kouassi S. B.P., C. Kanko; L.R.N. Aboua; K. A. Bekon; A. I. Glitho; G. Koukoua; Y. T. N'guessan, 2004- Action des huiles essentielles de deux plantes aromatiques de Côte d'Ivoire sur *Callosobruchus maculatus* F. du niébé », *C.R. Chimie 7* 1043-1046.

Koukous PK, Papa doupoulou KI and Papa giannpoulos AD., 2001- Essential oils of the twigs of some conifers grow in Greece .*Kurz –originalia.58*, 437-438

Kumar R., 1991- La lutte contre les insectes ravageurs. La situation de l'agriculture africaine. Editions Karthala et CTA, Pays-Bas, Paris, 310 p.

-L-

Lacoste E., Chaumont J P., Maudin D., Plemel M M ., & Matos F J A., 1996- les propriétés antiseptiques de l'huile essentielle de *Lippia sidoides*. *Cham . Application à la microflore cutanée. Annales Pharmaceutiques Frances, 54(5) Pp. 228 -230.*

Lahlou., 2004- Methods to Study the Phytochemistry and Bioactivity of Essential Oils. *Phytotherapy Research. 18,435-448.*

Langenheim, J. H., 1969 - Amber-a botanical inquiry. *Science* 163(3): 1157-1169.

Laouer H., 2004 - Inventaire de la flore médicinale utilisée dans les régions de Sétif, de Bejaïa, de M'sila et de Djelfa. Composition et activité antimicrobienne des huiles essentielles d'*Ammoïdes pusilla* (Brot) Breistr. et de *Magydaris pastinaceae* (Lamk) Paol. Thèse de Doctorat d'Etat en écologie végétale. Université Ferhat Abbas, Faculté des sciences, Setif, 146p.

Lee R.E. and Delinger D. L., 1991 - Insects at low temperature. Eds Chapman and Hall, New York, 513p.

Lee R.E., Strong-Gunderson J.M. and Lee M.R., 1992- Ice nucleating active bacteria decrease the cold hardiness of stored grain insects. *J. Econ. Ent.*, 85 (2) 371-374.

Lee R.E., Lee. M.R., Strong G & Gunderson J. M., 1993- Insect cold hardiness and ice nucleating active micro – organisms including their potential use for biological control. *J. Insect physiol.*, 39(1), Pp 1-12.

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

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

-M-

McDonald L. L; Guy R. h ;Speirs R.D, 1970- Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants and attractants against stored product insects. Marketing Research Report n° 882. Washington : Agricultural Research Service United State Departement of agriculture. Washington. 183.

Miguel G., Simões M., Figueiredo A.C., Barroso J.G. , Pedro L.G. et Carvalh L., 2004- Composition and antioxidant activities of the essential oils of *Thymus caespititius*, *Thymus camphoratus* and *Thymus mastichina*. *Food Chemistry*. **86** ,183–188.

Mihajilov-Krstev T., Radnović D., Kitić D., Stojanović-Radić Z. And Zlatković B. 2010- Antimicrobial activity of *satureja hortensis* l. Essential oil Against pathogenic microbial strains. *Arch. Biol. Sci.*, Belgrade, **62** (1), 159-166.

Multon., 1982- Conservation et stockage des graines et produits dérivés des céréales, oléagineux, protéagineux, aliments pour animaux. Ed. A.P.R.I.A. Paris. 1155p.

-N-

Nakatsu T ; Andrew T ; Lupo JR ; John W ; Chinn JR& Kang R.k.l ., 2000- Biological activity of essential oils and their constituents Atta-ur-Rahman (ED) Studies in Natural Products Chemistry .Vol.21. B.V. Pp. 571-631.

Ndiaye, Decole Sidy Baba., 1999- Manuel de stockage et de conservation des céréales et des oléagineux. Cellule Centrale d'Appui Technique PADER II. Fonds Belge de Survie.

Ndomo A. F., A.L. Tapondjou, F. Tendonkeng, Félicité Mbiopo Tchouanguép, 2009- Evaluation des propriétés insecticides des feuilles de *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) contre les adultes d'*Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera; Bruchidae). TROPICULTURA, 27, 3, 137-143.

Ndoutoume –Ndong A., 1996- Capacités parasitaires et plasticité comportementale de deux hyménoptères Eupelmidae (*Eupelmus orientalis* et *Eupelmus vuilleti*) partenaires de la communauté parasitaire des stades larvaires et nymphaux de *Callosobruchus maculatus* (Coléoptère Bruchidae). Thèse de doctorat : Université de Tours. 154p.

Ndoutoume –Ndong A & Rojas-Rousse D, 2007 - Y a-t-il élimination d'*eupelmus orientalis* Crawford par *Eupelmus vuilleti* Crawford (Hymenoptera : Eupelmidae) des système de stockage du niébé *Vigna unguiculata* Walp). Ann. Soc. Entomol.fr.(n.s), Vol 43 :193-144

Niquet G ; Berhaut P., 1996- Refroidissement par ventilation : une solution d'avenir conserver la qualité des grains. Persp. Agri, N° 216, 16p

Nondenot A L R ., Seri-Kouassi B Ph., & Koua HK ., 2010- Insecticidal Activity of Essential Oils from Three Aromatic Plants on *Callosobruchus Maculatus* F. in Cote d'ivoire. European journal of scientific research ISSN 1450- 216X. vol.39 No.2.243.INC

-P-

Parmentier M & Fouabi K., 1989- Cereale en région chaudes : conservation et transformation . Ed. john LIBBY Eurotext, paris, londre, 353p.

Pasquet RS., Baudoin JP. 1997- Le niébé, *Vigna unguiculata*. In Charrier A., Jacquot M., Hammon S., Nicolas D. (eds). L'amélioration des plantes tropicales. Montpellier, France : CIRAD-ORSTOM, p. 483–505.

Proctor D.L. ,1995- Techniques d'emmagasiner des grains : évolution et tendances dans les pays en développement. Bull. F.A.O N°109, 246p.

-Q-

Quarles W., 1992- Botanical pesticides from the chenopodium The I.P.M. Practitioner 14., Pp 1-11.

Quezel P., 1976- Les forêts du pourtour méditerranéen. Notes techniques du M.A.B 2, UNESCO ; Paris : 9 – 34.

-R-

Raja N., Albert S., Ignacimuthu S., Dorn S., 2001, Effect of plant volatile oils in protecting stored cowpea *Vigna Unguiculata* (L) Walpers against *Callosobruchus Maculatus* F. (Coleoptera:Bruchidae) infestation. Journal of Stored Products Resarch, Vol. 37, n°2, Pp 127-132.

Regnault-Roger C., 1997, Thepotential of biotanical essential oils for insect pest control integrated Pest Management Reviews. Pp 25-34.

Relinger L.M., Zettler J.L., Davis R. & Simonaitis R.A., 1988, Evaluation of pirimiphos methyl as a protectant for export grain. Journal of Economic Entomology, 81, 718-721.

Roy B., Amin R., UddinM.N ., Islam A.T.M.S., Islam M.J ., Hadler B.C. 2005- Leaf extracts of shyalmutra (*Blumea lactera* Dc.) as botanical insecticides against lesser grain borer and rice weevil. Journal of Biological Sciences, vol. 5, n02. pp.201-204.

-S-

Safir M., 1999, Condition de conservation des graines In :Sillon.,Rev.Trimest.Juil-Sept.,N°3.,Ed.Cellule de communication de l'O.A.I.C(office Algérien Inter- professionnelle des céréales.,10p.

Shaaya E., Ravis U., Paster N., Koutjukovsky M., & Plotkin S., 1993, Essential oils and their components as active fumigants against several species of stored product insects and fungi. *Acta Horticulturae*. Vol ,344.Pp 131-137.

Shahein A., 1991, Susceability of some stored product insects to high and two temperatures. *Zagazig. J. Agri. Res. Egypt*. Vol 18(2). Pp 77- 584.

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

-T-

Tapondjou L A., Alder C., Bouda H., Fontem D A., 2003, Bioefficacité des poudres et des huiles essentielles des feuilles de *Chenopodium ambrosioides* et d'*Eucalyptus saligna* à l'égard de la bruche duniébé, *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera, Bruchidae). *Cahier d'études et de recherches francophones / Agriculture*, Vol. 12. N°6. Pp 401-407.

Tapondjou A L., Adler C., Fontem D A .,Bouda H., Reichmuth C., 2005, Bioactivitties of cymol and essential oiles of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium confusum* Duval. *Journal of stored Products Research*. Vol. 41 .N°1. Pp 91-102.

Tapondjou A L., Ndomo A F., TendonkengF., Tchouangyep F M ., 2009, Evaluation des propriétés insecticides des feuilles de *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) contre les adultes d'*acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera, Bruchidae). *Tropicultura*. Pp.137-143

Tiaiba Amel, 2007, Activité insecticide des huiles essentielles de *mentha spicata* L. et *Origanum glandulosum* Desf. Sur le potentiel biotique de *Callosobruchus maculatus* Fabricus. (coéoptère : Bruchidae). Ing. Institue nationale agronomique-el Harrach. Alger. Pp77.

Timko, M. & Singh, B., 2008, Cowpea, a Multifunctional Legume In *Genomics of Tropical Crop Plants*. Editors Moore, P. and Ming, R. Publisher Springer New York. 227-258.

Toncer O., Karaman S., Kizil S., Diraz E., 2009, Changes in Essential Oil Composition of *Oregano (Origanum onites* L.) due to Diurnal Variations at Different Development Stages. *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj*, **37** (2), 177-181

-u-

Utida S., 1954, Phases dimorphism observed in the laboratory population of the cowpea weevil. (*Callosobruchus maculatus*).Jap. J. of Ecol. Vol 18: 161-168.

-w-

Weidner H. & G. Rack, 1984, Tables de détermination des principaux ravageurs des denrées entreposés dans les pays chauds, GTZ, Eschborn, Pp.83-89.

Williams LR et Lusunzi I. 1994, Essential oil from *Melaleuca dissitiflora* : a Potential source of high quality tea tree oil. Industrial Corps and Products. **2**, 211-217.

Annexe A

Annexe A : Résultats des tests effectués sur *R.dominica* F.

A.1. Résultats journaliers de test de toxicité sur grain avec l'huile des rameaux de pin noir effectué sur *R.dominica* F.

Jour n°1

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

Jour n°2

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

Jour n° 3

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

Jour n°4

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

A.2. Résultats journaliers de test de toxicité sur grain avec l'huile des aiguilles de pin noir effectué sur *R.dominica* F.

Jour n°1

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

Jour n°2

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

Jour n°3

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

Jour n°4

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

Tableau n° A.1- Mortalité par effet inhalation des insectes (*Rhyzopertha dominica* F.) traités par les huiles essentielles de la partie ligneuse du Pin noir.

Dose d'huile essentielle	Log dose	mortalité				Moyenne	Mort%	MC%
		R1	R2	R3	R4			
Témoin		0	0	0	1	0.25	1.25	-
2 µl/ml	0.3	11	13	4	5	8.25	41.25	40.50
4 µl/ml	0.6	9	6	10	14	9.75	48.75	48.10
8 µl/ml	0.9	7	10	12	15	11	55	54.43
12 µl/ml	1.07	10	14	17	8	12.25	61.25	60.76

Tableau n° A.2- Mortalité par effet inhalation des insectes (*Rhyzopertha dominica* F.) traités par les huiles essentielles des aiguilles du Pin noir.

Dose d'huile essentielle	Log dose	mortalité				Moyenne	Mort%	MC%
		R1	R2	R3	R4			
Témoin		0	0	0	1	0.25	1.25	-
2 µl/ml	0.3	3	1	6	3	3.25	16.25	15.19
4 µl/ml	0.6	4	4	2	3	3.25	16.25	15.19
8 µl/ml	0.9	9	0	0	10	4.75	23.75	22.78
12 µl/ml	1.07	6	11	6	6	7.25	36.25	35.44

Tableau n° A.3 - la répulsivité des insectes *R.dominica* F. traités avec l'huile essentielle des rameaux *Pinus nigra* Arl Ssp *mauritanica* Maire et Peyer

Dose	Répétition	Nombre sur l'acétone	Nombre sur l'huile	Moyenne De taux de répulsion	Classe et observation
2 µl/ml	R1	8	2	35±0.96	Faiblement répulsive Classe2
	R2	6	4		
	R3	7	3		
	R4	6	4		
4 µl/ml	R1	10	0	60±1.41	répulsive Classe4
	R2	7	3		
	R3	8	2		
	R4	7	3		
8 µl/ml	R1	8	2	70±1	répulsive Classe4
	R2	10	0		
	R3	8	2		
	R4	8	2		
12 µl/ml	R1	8	2	75±0.96	Répulsive Classe4
	R2	8	2		
	R3	10	0		
	R4	9	1		

Tableau n°A.4 - La répulsivité des insectes *R.dominica* F. traités avec l'huile essentielle des aiguilles de *Pinus nigra* Arl Ssp *mauritanica* Maire et Peyer

Dose	Répétition	Nombre sur l'acétone	Nombre sur l'huile	Moyenne de taux de répulsion	Observation Et classe
2 µl/ml	R1	5	5	45±1.70	Modérément répulsive Classe3
	R2	7	3		
	R3	8	2		
	R4	9	1		
4 µl/ml	R1	6	4	55±2.06	Modérément répulsive Classe3
	R2	6	4		
	R3	9	1		
	R4	10	0		
8 µl/ml	R1	7	3	55±0.5	Modérément répulsive Classe3
	R2	8	2		
	R3	8	2		
	R4	8	2		
12 µl/ml	R1	8	2	70±1	répulsive Classe4
	R2	8	2		
	R3	8	2		
	R4	10	0		

Annexe B

Annexe B : Résultats des tests effectués sur *C.maculatus* F.

B.1. Résultats journaliers de test de toxicité sur grain avec l'huile des rameaux de pin noir effectué sur *C.maculatus* F.

Jour n°1

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

Jour n°2

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

Jour n°3

Dose	R1	R2	R3	R4
Témoin	1	0	0	0
2 µl/ml	3	1	2	4
4 µl/ml	2	5	1	2
8 µl/ml	5	3	1	1
12 µl/ml	5	4	4	6

Jour n°4

Dose	R1	R2	R3	R4
Témoin	0	1	0	4
2 µl/ml	3	2	1	0
4 µl/ml	2	3	3	4
8 µl/ml	6	3	4	4
12 µl/ml	6	8	9	6

B.2. Résultats journaliers de test de toxicité sur grain avec l'huile des aiguilles de pin noir effectué sur *C.maculatus* F.

Jour n°1

Doses	R1	R2	R3	R4
Témoin	0	0	0	0
2 µl/ml	1	2	1	1
4 µl/ml	1	0	0	3
8 µl/ml	2	3	2	3
12 µl/ml	7	9	13	15

Jour n°2

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

Jour n° 3

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

Jour n°4

Dose	R1	R2	R3	R4
Témoin	0	0	0	0
2 µl/ml	1	2	3	1
4 µl/ml	5	2	6	1
8 µl/ml	2	0	8	2
12 µl/ml	1	2	0	0

Tableau n° B.1 - Mortalité par effet inhalation des insectes (*C.maculatus* F.) traités par les huiles essentielles de la partie ligneuse du Pin noir.

Dose d'huile essentielle	Log dose	mortalité				Moyenne	Mort%	MC%
		R1	R2	R3	R4			
Témoin	-	1	0	1	0	0.5	2.5	-
2 µl/ml	0.3	20	20	20	20	20	100	100
4 µl/ml	0.6	20	20	20	20	20	100	100
8 µl/ml	0.9	20	20	20	20	20	100	100
12 µl/ml	1.07	20	20	20	20	20	100	100

Tableau n° B.2 - Mortalité par effet inhalation des insectes (*C.maculatus* F.) traités par les huiles essentielles des aiguilles du Pin noir.

Dose d'huile essentielle	Log dose	mortalité				Moyenne	Mort%	MC%
		R1	R2	R3	R4			
Témoin		1	0	0	1	0.5	2.5	-
2 µl/ml	0.3	14	15	15	16	15	75	74.36
4 µl/ml	0.6	19	19	17	19	18.5	92.5	92.30
8 µl/ml	0.9	19	19	17	19	18.5	92.5	92.30
12 µl/ml	1.07	18	20	20	20	19.5	97.5	97.43

Tableau B.3 - La répulsivité des insectes *C.maculatus* F. traités avec l'huile essentielle des rameaux de *Pinus nigra* Arl Ssp *mauritanica* Maire et Peyer.

Dose	Répétition	Nombre sur l'acétone	Nombre sur l'huile	Moyenne De taux de répulsion	Observation Et classe
2 µl/ml	R1	10	0	45±2.63	Modérément répulsive Classe3
	R2	5	5		
	R3	5	5		
	R4	9	1		
4 µl/ml	R1	7	3	40±2.16	Modérément répulsive Classe3
	R2	8	2		
	R3	4	6		
	R4	9	1		
8 µl/ml	R1	6	4	50±1.73	Modérément répulsive Classe3
	R2	7	3		
	R3	10	0		
	R4	7	3		
12 µl/ml	R1	8	2	55±2.06	Modérément répulsive Classe3
	R2	5	5		
	R3	8	2		
	R4	10	0		

Tableau B.4 - la répulsivité des insectes *C.maculatus* F. traités avec l'huile essentielle des aiguilles de *Pinus nigra* Arl Ssp *mauritanica* Maire et Peyer.

Dose	Répétition	Nombre sur l'acétone	Nombre sur l'huile	Moyenne de taux de répulsion	Observation Et classe
2 µl/ml	R1	10	0	95±0.5	Très répulsive Classe 5
	R2	10	0		
	R3	10	0		
	R4	9	1		
4 µl/ml	R1	10	0	95±0.57	Très répulsive Classe 5
	R2	9	1		
	R3	10	0		
	R4	9	1		
8 µl/ml	R1	10	0	90±0.57	Très répulsive Classe 5
	R2	9	1		
	R3	9	1		
	R4	10	0		
12 µl/ml	R1	10	0	89.44±0.96	Très répulsive Classe 5
	R2	10	0		
	R3	9	1		
	R4	8	2		

Résumé

Ce travail se porte sur l'étude de l'efficacité des huiles essentielles de *Pinus nigra* Ar Ssp *mauritanica* Maire et Peyer sur deux ravageurs des denrées stockées *R. dominica* F. et *C. maculatus* F. Les résultats mettent en évidence un effet toxique manifeste des huiles du pin noir sur ces ravageurs pour les deux tests de contact et d'inhalation ainsi que un effet répulsif très marquant.

Mot clés : *Pinus nigra*, *Callosobruchus maculatus* F, *Rhyzopertha dominica* F, huiles essentielles, inhalation, répulsion.

Abstract

This work has focused on studying the effectiveness of essential oil of *Pinus nigra* Ar Ssp *mauritanica* on two stored product pests *R. dominica* F. and *C. maculatus* F. The results show clearly evident toxicity of the black pin oils on these pests for both tests of contact and inhalation, and a repellent effect very prominent.

Key words: *Pinus nigra*, *Callosobruchus maculatus* F, *Rhyzopertha dominica* F, essential oils, inhalation, repellent.