



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج

Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.

كلية العلوم الطبيعية والحياة وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم الفلاحية

Département des Sciences Agronomiques



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Protection des végétaux

Thème

**L'utilisation des huiles essentielles dans la lutte contre
les insectes des denrées stockées
(Recherche bibliographique)**

Présenté par : Boukhalfa Hanane et Rouabah Ilhem

Soutenu le : 13/10/2020

Devant le jury :

Président :	Dr. Laib Djamel Eddine	M.A.A (Université de B.B.A)
Encadrant :	Dr. Dahou Moutassem	M.C.B (Université de B.B.A)
Examineur :	Dr. Alili Dahmane	M.C.B (Université de B.B.A)

Année universitaire : 2019/2020

Remerciements

*Avant tout nous remercions **ALLAH** tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et la patience pour terminée ce mémoire.*

*Tous nos sincères remerciements et notre profonde gratitude à notre professeur et à notre superviseur « **Dahou Moutassem** » . Qui nous a honorés en acceptant de diriger ce travail, et pour sa grande aide et ses précieux conseils.*

*Nos adressent nos sincères remerciements à Mr : **Laib Djamel Eddine**, professeur à l'université Mohamed El-Bachir Al-Ibrahimi d'avoir accepté de présider le jury.*

*Nous tiens également mes vifs remerciements à Mr : **Alili Dahmane**, professeur à l'université Mohamed El-Bachir Al-Ibrahimi pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant d'examiner ce mémoire.*

Sans oublier tous les enseignants et tous les étudiants de la spécialité protection des végétaux.

Et nous profite de l'occasion pour remercier tous proches et tous amis, qui nous ont toujours soutenue et encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire. Merci à toutes et à tous.



Dédicace

*C'est avec un très grand honneur pour nous de
dédions ce modeste travail aux personnes les plus
chères au monde.*

*À nos chers parents qui nous a permis de continuer
nos études dans les meilleures conditions et qui nous
appris a ne jamais baissé les bras.*

*À nos très chères sœurs qui ont toujours été avec
nous et ont apporté tout leur soutien.*

*À tous nos chers amis qui ont ajouté du plaisir et du
bonheur à nos vies.*

Et a tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin.

Hanane et Ithem

L'utilisation des huiles essentielles dans la lutte contre les insectes des denrées stockées

Résumé

Les céréales constituent les ressources alimentaires les plus importantes pour la population mondiale. Le stockage et la conservation de ces céréales est une pratique d'un intérêt primordial à cause des facteurs de détériorations biologiques, notamment les insectes nuisibles aux denrées stockées. Ces insectes interviennent dans les lieux de stockages en diminuant la quantité et la qualité des graines stockées les rendent ainsi impropres pour la consommation. Les produits chimiques est le seul moyen de lutte le plus rentable et efficace contre ces ravageurs, malheureusement ces produits ont été avérés hautement toxiques pour population humaine et environnementales. Les huiles essentielles végétales constituent une solution alternative aux produits chimiques, car elles sont très riches en molécules bioactives avec des propriétés insecticides telles que le thymol, linalool, limonène et carvacrol. L'efficacité des huiles essentielles sur les insectes de stocks tels que *S. granarius* et *T. confusum* a été démontrée par les rapports scientifiques. Ces activités varient largement en fonction de la nature de l'huile essentielle, la concentration et de la durée du traitement. Les huiles essentielles procèdent ces activités insecticides via des moyens physiques et physiologiques. Ces produits inventent des solutions prometteuses afin de réduire l'utilisation abusives des pesticides chimiques.

Mots clé : Céréales, huiles essentielle, insecticides, ravageurs, denrées stockées.

استخدام الزيوت الأساسية في مكافحة الحشرات في المواد الغذائية المخزنة

الملخص

تعتبر الحبوب أهم مصدر غذائي لسكان العالم. ويعد تخزينها والحفاظ عليها ممارسة ذات أهمية أساسية بسبب عوامل التدهور البيولوجي، ولا سيما الحشرات الضارة بالأغذية المخزنة فهي تتدخل في مناطق التخزين عن طريق تقليل كمية ونوعية البذور المخزنة، مما يجعلها غير صالحة للاستهلاك. تعد المواد الكيميائية الوسيلة الوحيدة الأكثر فعالية من حيث التكلفة والنتيجة لمكافحة هذه الآفات، ولسوء الحظ ثبت أن هذه المنتجات شديدة السمية للإنسان والبيئة. لذلك تعتبر الزيوت النباتية الأساسية حلاً بديلاً للمواد الكيميائية، لأنها غنية جداً بالجزئيات النشطة بيولوجياً ذات خصائص مبيدات للحشرات مثل الثيمول واللينالول والليمونين والكارفاكروول. حيث أثبتت التقارير العلمية فعالية الزيوت الأساسية على حشرات المخزون مثل *S.granarius* و *T. confusum*. تختلف هذه الأنشطة بشكل كبير حسب طبيعة الزيت العطري والتركيز ومدة العلاج. تقوم هذه الزيوت بأنشطة المبيدات الحشرية بالوسائل الفيزيائية والفسولوجية. تبتكر هذه المنتجات حلولاً واعدة للحد من إساءة استخدام مبيدات الآفات الكيميائية.

الكلمات المفتاحية: حبوب ، زيوت أساسية ، مبيدات حشرية ، آفات ، أغذية مخزنة.

The use of essential oils in the fight against insects in stored food

summary

Cereals are the most important food source for the world's population. The storage and preservation of these cereals is a practice of primary interest because of factors of biological deterioration, in particular insects harmful to stored food. These insects intervene in storage areas by reducing the quantity and quality of stored seeds, making them unsuitable for consumption. Chemicals are the only most cost effective and effective means of controlling these pests, unfortunately these products have been shown to be highly toxic to humans and the environment. Vegetable essential oils are an alternative solution to chemicals, as they are very rich in bioactive molecules with insecticidal properties such as thymol, linalool, limonene and carvacrol. The effectiveness of essential oils on stock insects such as *S. granarius* and *T. confusum* has been demonstrated by scientific reports. These activities vary widely depending on the nature of the essential oil, the concentration and the duration of the treatment. Essential oils carry out these insecticidal activities via physical and physiological means. These products invent promising solutions to reduce the misuse of chemical pesticides.

Keywords: Cereals, essential oils, insecticides, pests, stored food.

Sommaire

Résumé

Introduction	01
---------------------------	----

CAPITRE I :

LES PRINCIPAUX RAVAGEURS DES ET MOYENS DE LUTTE

1. Impact des insectes ravageurs sur les céréales	02
2. Catégories des insectes ravageurs des denrées stockées	02
2.1. Les ravageurs premiers	02
2.2. Les ravageurs secondaires	02
2.3. Les ravageurs tertiaires	03
3. Principaux groupes d'insectes ravageurs	03
3.1. Les coléoptères	03
3.1.1. <i>Sitophilus granarius</i> L	03
3.1.2. <i>Sitophilus zeamais</i>	06
3.1.3. <i>Rhyzopertha dominica</i>	06
3.1.4. <i>Tribolium Confusum</i>	07
3.1.5. <i>Tribolium castaneum</i> Herbst	08
3.2. Les lépidoptères	08
3.2.1. <i>Ephestia cautella</i> (Walker).....	09
3.2.2. <i>Plodia interpunctella</i>	09
3.2.3. <i>Sitotroga cerealella</i> (olivier)	09
4. Moyens de lutte contre les insectes des denrées stockées	10
4.1. La lutte physique	10
4.2. La lutte chimique	11
4.3. La Lutte biologique	11

CHAPITRE II :

LES HUILES ESSENTIELLES UNE METHODE DE LUTTE ALTERNATIVES AUX INSECTICIDES

1. Généralités sur les huiles essentielles	13
1.1. Historique	13
1.2. Définition des Huiles essentielles	13
1.3. Composition chimique des huiles essentielles	13
1.4. Méthodes d'extraction des huiles essentielles	14
2. Utilisation des huiles essentielles en tant que biopesticides	15
2.1. Importance des huiles essentielles dans la protection des plantes	15
2.2. Composition chimique des huiles essentielles responsable de l'activité insecticide	16
2.3. Mode d'action des huiles essentielles sur les ravageurs des céréales	18
2.4. Les huiles essentielles utilisées comme insecticides	20
2.4.1. Famille de Lamiaceae	20
2.4.2. Famille de Myrtaceae	21
2.4.3. Famille de Poaceae	21
2.4.4. Famille de Astéracées	21
2.5. Effet des huiles essentielles sur les insectes des denrées stockées	22
Conclusion générale	26

Référence bibliographique

Introduction

Introduction

Les insectes ravageurs peuvent causer des pertes partielles et parfois totales des denrées céréalières produits stockées (**Rajashekar et al., 2010**). Ces insectes sont responsables d'une perte mondiale annuelle de grains stockés avec un rapport de 10 jusqu'à 40% (**Rajashekar et al., 2012**). Le moyen le plus courant pour limiter leurs activités est l'usage des pesticides, dont les effets indésirables sont malheureusement très nombreux. De nombreux travaux de recherches ont confirmé que l'utilisation inconsidérée des pesticides chimiques affronte d'autres conséquences néfastes, notamment la réduction de la biodiversité, l'apparition de résistance aux insecticides chimiques. La résistance des insectes de stockages aux différents insecticides a été signalée pour beaucoup de insectes y compris *Rhyzopertha dominica* (F.), *Sitophilus oryzae* (F.), *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) et *Tribolium castaneum* (Herbst) contre le malathion, pirimiphos-methyl, fenitrothion et phosphine (**Pacheco et al., 1990; Sartori et al., 1990; Sartori, 1993**).

Dans le temps moderne, de nombreuses recherches sont orientées vers les méthodes de lutte alternatives notamment les moyens naturels. La recherche de méthodes alternatives de protection des denrées stockées par l'usage de substances inertes telles que les substances végétales à effet insecticide (**Cissokho et al., 2015**).

En effet, les substances d'origine végétale et plus spécifiquement les huiles essentielles représentent une solution alternative de lutte pour la protection des denrées stockées. Leur utilisation a fait l'objet de plusieurs travaux de recherche cette dernière décennie et a suscité un vif intérêt scientifique traduit par le nombre de travaux traitant l'efficacité des huiles essentielles dans la protection des grains et des denrées stockées (**Shaaya et al., 1997 ; Tunc et al., 2000 ; Owabali et al., 2009 ; Camara, 2009**).

L'objectif principal de cette recherche l'étude l'utilisation des huiles essentielles dans la lutte contre les insectes des denrées stockées, en particulier les céréales stockées. Dans ce travail, nous sommes intéressés à savoir l'effet, l'activité, l'utilisation et le mode d'action des huiles essentielles en tant que insecticides, et enfin connaître les perspectives des huiles essentielles dans la lutte contre les ravageurs des denrées stockées.

Dans ce cadre, cette étude bibliographique est organisée en trois chapitres. Le premier chapitre inclure des généralités sur les principaux ravageurs des denrées stockées et les moyens de lutte contre ces ravageurs. Le troisième chapitre porte sur les généralités sur les huiles essentielles et l'activité, méthode d'application et le mode d'action de ces huiles et les perspectives des huiles essentielles dans la lutte contre les ravageurs des denrées stockées. Enfin, ce travail a été terminé par une conclusion générale.

CHAPITRE I

LES PRINCIPAUX RAVAGEURS DES ET

MOYENS DE LUTTE

1. Impact des insectes ravageurs sur les céréales

Les céréales sont habituellement attaquées par les insectes ravageurs au cours de leur entreposage depuis le début de la civilisation humaine (Aissata, 2009). Les pertes les plus graves sont ordonnées par différentes espèces appartenant aux différents groupes des coléoptères, lépidoptères et acariens (Fleurat-Lessard, 1994). Les insectes occasionnent des pertes importantes en consommant soit l'album en causant une perte de poids et une diminution de la qualité des graines, ce qui emporte une perte de pouvoir germinatif des produits stockés (Dabiré et al., 2008). En outre, l'activité métabolique des insectes crée subséquemment un milieu très favorable au développement des champignons produisant des mycotoxines réduisent ainsi la qualité du grains et le rendent impropre à la consommation (Lamboni et al., 2009).

Les insectes ravageurs sont responsables d'une perte mondiale annuelle de grains stockés avec un rapport de 10 jusqu'à 40% (Rajashekar et al., 2012). Ces pertes post-récoltes céréalières sont estimées, avant transformation, à 10-20% des cultures stockées qui correspond à environ 4milliards de dollars, représentant ainsi 13,5% de la valeur totale de la production céréalière (Ouédraogo et al., 2014). Les espèces appartenant au groupe des coléoptères constituent le groupe le plus important au sein des insectes ravageurs des denrées stockées, elles peuvent être répartis en deux catégories : la première catégorie, celle des ravageurs primaires et secondaires (O'Kelly, 1983).

2. Catégories des insectes ravageurs des denrées stockées

2.1. Les ravageurs primaires

Les insectes ravageurs primaires sont les plus dangereux. Ces ravageurs sont capables de briser l'enveloppe dure des grains saines telle que l'alucide des céréales. Certaines espèces pondent leurs œufs à l'intérieur de la graine et les larves dévorent le dedans de la graine. Par ailleurs, d'autres espèces pondent les œufs à la surface de la graine et les larves percent l'enveloppe dure de la graine et se nourrissent du dedans très nutritif (De-Groot, 2004).

2.2. Les ravageurs secondaires

Les membres de ce groupe sont incapables de perforer l'enveloppe dure des graines saines. Elles suivent le premier assaillant. Les ravageurs secondaires se nourrissent de graines et d'enveloppes de graine déjà cassées. Ces ravageurs n'attaquent pas les graines saines et intactes, mais ils attaquent uniquement les graines déjà endommagées par les ravageurs primaires (De-Groot, 2004). Ils se développent à l'extérieur de ces derniers et les espèces mycétophages consomment les moisissures présentes sur les grains endommagés (Huchet, 2016).

2.3. Les ravageurs tertiaires

Les insectes appelés ravageurs tertiaires comptent essentiellement des espèces prédatrices qui vont se nourrir des larves et adultes des deux premiers groupes. Bien que ces derniers soient utiles dans la régulation des ravageurs, leur présence au sein des grains pose toutefois des problèmes sanitaires (**Huchet, 2016**). Ils se nourrissent des graines brisées, de poussières des graines et de la poudre laissée par les deux groupes précédents (**De-Groot, 2004**).

3. Principaux groupes d'insectes ravageurs

3.1. Les coléoptères

Les Coléoptères constituent l'ordre d'insectes le plus riche en espèces : on estime actuellement leur nombre à environ 350 000, C'est parmi les Coléoptères que l'on rencontre la plus grande variété d'insectes des produits emmagasinés. Les Coléoptères ravageurs des denrées stockées ont une importance économique mondiale sont peu nombreux. Ces quelques espèces sont pourtant responsables de l'essentiel des pertes dans les silos (**Oelobel et Tran, 1993**).

3.1.1. *Sitophilus granarius* L

Les charançons (*Sitophilus granarius* L) sont bien connus comme des ravageurs primaires très dévastateurs des grains de céréales entreposés (Mew et Misra ,1994). Ils sont caractérisés par la présence d'un rostre rigide, portant des antennes à sa base. Ces ravageurs attaquent la plus part des cultures céréalières, notamment le blé, l'orge, l'avoine et le seigle (**Shelom et Noyes, 2001**).

L'œuf est caractérisée par une couleur blanche brillante de forme opaque, ovoïde, avec une longueur variable entre 0.6 et 0.8mm (**Reichmuthet al ., 2007**). Les larves sont blanchâtres et apodes, mesurent de 2 à 4 mm, avec une tête foncé (**Grdth et Headrick, 2011**). Elle se nourrit à l'intérieur des grains puis s'y chrysalide (**Leraut, 2015**). La Nymphe se passe du blanc au brun, de forme cylindrique et de 3 à 4 mm de long (**Lepesme, 1944**).

L'adulte est ovale de couleur brun foncé mesure environ 4 mm de long, avec une tête prolongé par un long rostre et des longues pattes (Gerozisis et al ., 2008). Les élytres sont striées et ponctuées de gros points, la deuxième paire des ailes est absente, le thorax avec des perforations ovales (**Rees, 2007**). L'espèce *S. granarius* est charançon aux mœurs principalement nocturne, se montre plus active la nuit que le jour. Elle peut vivre en permanence dans l'obscurité complète, ces déplacements sont relativement rapides. La femelle de *S. granarius* pondre les œufs à l'intérieur des grains dans un trou qu'elle perce par son rostre. Ce trou est ensuite rebouché par une matière mucilagineuse (**Danho et Haubruge, 2003**).

Tableau 1. Principaux insectes déprédateurs des céréales stockées (Christine, 2001).

	Espèce	Nom commun	Conditions de développement (DRIAAF, sd)	Longévité adultes (DRIAAF, sd)	Céréales attaquées
Coléoptères	<i>Sitophilus oryzae L.</i>	Charançon du riz	Température : 15 à 34°C Humidité ambiante : > 40% Humidité du grain : >12%	4 à 12 mois	Blé orge, riz, maïs, sorgho,
	<i>Sitophilus zeamais M.</i>	Charançon du maïs	Température : 12 à 35°C	3 à 6 mois	Blé, maïs
	<i>Sitophilus granarius L</i>	Charançon du blé	Température : 12 à 35°C Humidité ambiante : > 40-45% Humidité du grain : >11% (à 12°)	4 à 6 mois	Blé
	<i>Rhizopertha dominica F.</i>	Capucin des grains	Température : 22 à 38°C Humidité ambiante : 40 à 70% Humidité du grain : 10 à 14%	4 à 8 mois	orge, riz maïs, sorgho
	<i>Trogoderma granarium (Everst)</i>	Dermeste des grains	Température : 20 à 40°C	2 semaines	Millet, riz, blé
	<i>Oryzaephilus surinamensis L.</i>	Silvain	Température : 31 à 38°C Humidité ambiante : > 50% Humidité du grain : >10%	6 à 10 mois	Blé, maïs, millet
	<i>Tribolium castaneum(Herbst)</i>	Tribolium roux	Température : 20 à 40°C Humidité ambiante : > 30%	2 à 3 ans	Blé, maïs, riz, orge, sorgho,

			Humidité du grain : >10%		
	<i>Tribolium confusum</i> (Duval)	Tribolium sombre	Température : 25 à 35°C	6 mois	Blé, Riz, millet
	<i>Tenebroides mauritanicus</i>	Cadelle		2 semaines	Blé, maïs
	<i>Cryptolestes ferrugineus</i> (Stephens)	Petit cucujide plat	Température : 23°C au moins Humidité : 69%	1 semaine et 3 ans	Blé
	<i>Prostphanus truncatus</i> (Horn)	Grand capucin	Température : 25 à 35°C Humidité relative : 75%	45 à 61 jours	Maïs
	<i>Carpophilus dimidiatus</i> F.	Carpophile			Maïs
Lépidoptères	<i>Sitotroga cerealella</i> (olivier)	Alucite	température : 15 à 35°C humidité ambiante : > 30-40% humidité du grain : > 9%	2 à 4 semaines	Orge, blé, riz, mil, sorgho
	<i>Ephestia cautella</i> (Walker)	Pyrale des amandes	température : 17 à 30°C	10 jours	Millet, riz
	<i>Ephestia kuehniella</i> (Zaller)	Mite de la farine	température : 25 à 35°C	6 mois	Maïs
	<i>Plodia interpunctella</i>	Pyrale des fruits	Température : 17 à 37°C Humidité ambiante : 40 à 75% Humidité du grain : >10%	1 à 3 semaines	Riz, maïs, sorgho,
	<i>Corcyra cephalonica</i> (stanit)	Pyrale de riz	Température : 33 °C Humidité relative : 70 %		Riz, maïs, blé, sorgho,
	<i>Pyralis farinalis</i> L.	Pyrale de la farine		9 à 10 jours	Blé

Le nombre d'œufs entreposés par la femelle peut accéder jusqu'aux 250 œufs (**Bailey, 2007**). Après l'éclosion, la larve se développe à l'intérieur de la graine qu'elle va ainsi évacuer complètement, et s'y nymphose pour n'en sortir du grain que sous forme d'adulte. Les adultes vivent sept à huit mois dans les silos de stockage, se déplaçant autour de la masse de grains tout au long de la journée (**Hagstrum et al ., 2012**).

3.1.2. Le charançon du maïs (*Sitophilus zeamais*)

Le genre *Sitophilus* est uniquement inféodé aux céréales qu'elle contamine généralement dans les stocks. Il est caractérisé par l'existence d'un rostre renflé triangulairement et portant les antennes à sa base. La larve blanche et charnue est apode, mesure de 2 à 4 mm. Elles se multiplient dans les graines sèches et causent beaucoup de dommages aux stocks. L'espèce *Sitophilus zeamais* est caractérisée par leur allure générale et particulière, leur corps souvent trapu et surtout leurs pièces buccales transformées en une sorte de trompe, appelée rostre. Les antennes présentent une forme caractéristique, coudée à angle droit, avec un premier article (le scape) très long. Les élytres sont contigus et peuvent parfois être soudés (**Anonyme, 2009**).

Les femelles adultes pondent environ 200 œufs à une vitesse de 20 à 30 par jours. Ces derniers sont déposés au fond de cavités creusées dans l'endosperme du grain et rebouchées à l'aide d'un tampon mucilagineux. Après 8 à 11 jours d'incubation, les œufs éclosent avec une gamme de température allant de 18 à 20°C. Les larves de couleur blanche, apodes, dures, légèrement courbées consomment l'endoderme du grain. Elles muent quatre fois pour finalement se transformer en nymphe après 6 à 8 semaines. Le nombre d'œufs pondus dans un site nourricier, va conditionner en fonction de la quantité de ressources disponibles, l'intensité d'une compétition larvaire (**Danho et Haubruge, 2003**).

Les adultes émergent après 5 à 16 jours supplémentaires. Ils vivent environ 8 mois. En effet, les œufs ne sont guère affectés par les ovicides durant les 6 jours d'incubation. Le premier stade larvaire est vulnérable aux conditions de l'environnement (humidité relative, oxygène, densité de la population, température) (**Aboubakry, 2010**). Il peut y avoir jusqu'à 90% de mortalité à ce stade. Les survivants réussissent généralement à atteindre le stade adulte. Le cycle complet dure de 26 à 35 jours dans les zones tropicales.

3.1.3. *Rhyzopertha dominica*

Le bostryche ou capucin des grains (*Rhyzopertha dominica* F.), est un insecte de catégorie primaire (**Mew et Misra ,1994**), très nocif aux grains stockés. Cette espèce est caractérisée par un corps cylindrique et une tête caché derrière le pronotum (**Shelom et**

Noyes, 2001). Elle s'attaque plusieurs produits entreposés, plus particulièrement au blé, à l'orge, au sorgho et au riz (**Ladang et al ., 2008 ; Mahroof et al., 2010**).

L'œuf de *R. dominica* est généralement ovoïde de 0.6 mm de longueur et 0.2 mm de diamètre, de couleur blanche au moment de la ponte devient rose ou brun avant l'éclosion (**Potter, 1935 ; Edde, 2012**). À l'éclosion la larve tient une couleur jaune, à maturité, elle est de couleur blanchâtre et avec une tête brunâtre, des mandibules plus sombres et armées de trois dents distinctes. (**Delobel et Tran, 1993**). La nymphe est d'environ 3,9 mm de long avec une couleur blanche à brunâtre (Potter, 1935). L'adulte est cylindrique de 3 mm de longueur, de couleur brun foncé, avec des antennes de 3 segments dont la tête est caché par le thorax (**Kavallieratos et al ., 2012 ; Cruz et al ., 2016**).

Le cycle biologique de *R. dominica* dure 27 jours dans les conditions optimales (**Capinera, 2008**). Les femelles de cette espèce pondent les œufs à la surface des grains. Dans les formalités idéales, à des températures de 28 à 32°C et une teneur en eau du grain de 70 %, la femelle peut pondre jusqu'à 500 œufs (**Majeed et al ., 2015**). En effet, après l'éclosion la larve pénètre dans le noyau pour s'alimenter du germe ainsi de l'endosperme (**Neethirajan et al ., 2007, Ozkaya et al., 2009**) et reste à l'intérieur jusqu'à la maturité (**Chanbang et al., 2007**). Elle passe par 3 ou 5 stades larvaires avant la nymphose à l'intérieur de la graine.

3.1.4. Le Tribolium brun de la farine (*Tribolium Confusum*)

Sont des coléoptères de forme très variée, à téguments le plus souvent rigides, épais, noir mat ou luisant, de teinte sombre, coloré ou « métallique » par interférence, avec des yeux généralement grands, ovales ou ronds chez certaines sous-familles, de taille comprise entre 2 mm et 8 mm. Aptères ou ailées, avec nervation alaire du type primitif, 5 sternites abdominaux, antennes de 11 articles, pattes longues ou tout au contraire, contractées, souvent fousseuses (**Balachowsky, 1962**).

Le premier accouplement à lieu environ 2 jours après l'émergence des imagos et dure de 3 à 15 minute. Au cours de sa vie, la femelle pond entre 500 et 1000 œufs et ils sont disposés sur les marchandises et ils sont difficiles à déceler. L'œuf est oblong et blanchâtre, presque transparent surface lisse recouverte d'une substance visqueuse qui lui permet d'adhérer à la denrée infestée il mesure en moyenne 0.6 x 0.3 mm (**Lepesme, 1944**). L'éclosion de l'œuf donne naissance à une la larve neonate et de couleur blanche, de petite taille ne dépassant pas 1.4 mm. Elle passe par plusieurs stades dont le nombre varie de 5 à 12 selon la température, l'humidité relative et la qualité de l'alimentation. La larve de dernier

stade est cylindrique mesure environ 7 mm de long et 0,8 mm de large, sa couleur est d'un jaune pâle. Son corps presque glabre, se termine par deux paires urogomphes (**Moussi, 2017**).

La nymphe est blanche et nue, les segments de son abdomen sont explantés latéralement en lames rectangulaires à bords crénelés, elle reste sans protection et est incapable de se déplacer (**Balachowsky, 1936**). L'imago est d'un blanc jaunâtre, son tégument se sclérotinise et se pigmente 2 à 3 jours après son émergence. La couleur devient brun rouge, sa taille atteint 3 à 4 mm. Ces élytres allongés, parallèles et arrondis à l'extrémité postérieure, portent des lignes régulières de ponctuation séparées par des cotés très fins (**Lepesme, 1944**).

3.1.5. *Tribolium castaneum* Herbst

L'adulte de *Tribolium castaneum* est de couleur brun rougeâtre, mesure de 2.3 à 4.5 mm, la tête et la partie supérieure de thorax sont vêtues de minuscules ponctions et ailes élytres sont striées sur toute leur longueur. Les antennes sont agrandies à la pointe capitale avec yeux sont de couleur rouges, noir. Les œufs sont cylindrique blanc ou incolore avec une longueur d'environ 0.5 mm, ils sont collants qui les fait se couvrir de farine et coller aux récipients. Les larves est environ huit fois plus longue que large, d'un jaune très pâle à maturité, la tête est brun pâle (**Delobel et Tran, 1978**).

La longévité de ravageur et de 2 à 8 mois suivant les conditions abiotiques des trois jours pour les œufs, 16 jours pour les larves et 5 jours pour les pupes. Les femelles pondent entre 300 et 400 œufs dans les conditions optimales de 35 ou 38°C et 10% d'humidité relative. La durée moyenne de développement de l'œuf à l'adulte est de 37 jours à 25°C, de 26 jours à 28°C, de 23 jours à 35°C de 21 jours à 38°C. Les œufs sont déposées en vrac sur les graines et sont difficiles à déceler, les larves circulent librement dans les denrées infestées et s'y nymphoses son cocon (**Delobel et Tran, 1978**).

3.2. Les lépidoptères

L'ordre des Lépidoptères, qui comprend les chenilles (formes juvéniles) et les papillons (formes adultes) (**Le Gall et Casevitz, 1995**). Ils ont deux paires d'ailes membraneuses recouvertes d'écailles. Relativement fragiles. Les larves attaquent les grains et endommagent les stocks, car elles ont des pièces buccales fortes, et certaines chenilles peuvent pénétrer à l'intérieur des grains. Contrairement aux adultes ne vivent qu'une quinzaine de jours. Pour se nourrir ils ne disposent que d'une trompe et ne cause aucun dégât mais chaque femelle peut pondre plusieurs centaines d'œufs en quelques jours. (**Anonyme, 2003 ; Lakhial, 2018**).

3.2.1. Pyrale des amandes *Ephestia cautella* (Walker)

Un petit papillon de 6 à 10mm pour une envergure de 18 à 20mm aux ailes antérieures de couleur terne grise à fauve tachées de noir. La larve est de couleur grisâtre avec deux taches sombres aux extrémités et des poils sur tout le corps, la taille avant la nymphose est de 12-15mm. La larve d'Ephestia est sont un ravageur dangereux pour les produits de valeur marchande élevée (fruits secs, cacao, café...). Il s'attaque aussi aux céréales, aux cossettes de manioc et aux oléagineux. (Fandohan et al, 2005).

3.2.2. Pyrale des fruits *Plodia interpunctella*

La pyrale indienne de la farine, *Plodia interpunctella*, est un ravageur d'importance économique mondiale des produits stockés et des produits alimentaires transformés, y compris les céréales en vrac (Adarkwah et Schölle, 2012).

L'adulte mesure 10mm environ au repos avec une envergure allant jusqu'à 30mm. La moitié basale des ailes antérieures est blanchâtre alors que l'autre moitié est brun cuivré. Larve: de couleur ivoire avec une tête brune, elle mesure 9 à 19mm au terme de sa croissance. La larve de *Plodia* est nocive aux arachides et aux céréales dont elles consomment principalement le germe. Elles tissent des fils de soie qui retiennent leurs excréments qui polluent les produits qui deviennent impropres à la consommation (Fandohan et al, 2005).

Un cycle de vie peut être complété en 27 à 305 jours. L'accouplement et la ponte des œufs ont lieu environ trois jours après l'émergence des adultes, Où une seule femelle peut pondre jusqu'à 400 œufs après l'accouplement. Les œufs peuvent être pondus seuls ou en grappes et sont généralement pondus directement sur la source de nourriture des larves. Les œufs éclosent en sept à huit jours à 20 ° C et en trois à quatre jours à 30 ° C. À l'éclosion, les larves commencent à se disperser et peuvent s'établir en quelques heures dans une source de nourriture.

Les larves peuvent achever leur développement en six à huit semaines à des températures allant de 18 à 35 ° C. Le nombre de stades larvaires varie de cinq à sept (selon la source de nourriture et la température). Le stade nymphal peut durer de 15 à 20 jours à 20 ° C et de sept à huit jours à 30 ° C (Fasulo et Knox, 2018)

3.2.3. L'alucite des céréales *Sitotroga cerealella* (olivier)

L'alucite des céréales *Sitotroga cerealella* (Olivier 1789) appartenant à la famille des Gelechiidae et à l'ordre des lépidoptères, est un insecte cosmopolite qui est largement répandu au niveau mondial. C'est un petit papillon de couleur chamois ou brun jaunâtre qui a une

envergure d'environ 1,5 cm. Il est le plus fréquemment retrouvé dans les grains infestés. Selon Akter et al. (2013) la longévité des adultes varie entre 2 et 4 semaines selon les conditions de développement. *Sitotroga cerealella* est un ravageur qui attaque les stockées de maïs, de blé, de riz, de sorgho et il attaque aussi les céréales dans le champ avant la récolte (Seck, 1991 ; Adjalien et al, 2014).

Papillon à ailes dorées ou argentées de 5 à 9mm. Envergure = 13-19mm. Larve : rouge ou rose vif palissant à mesure que la chenille grandit jusqu'à devenir blanche. Taille avant la nymphose = 12-14mm. La chenille se développe dans un grain de céréale principalement de maïs, sorgho, riz, mais aussi dans les graines des légumineuses. C'est un ravageur primaire très redoutable dans les systèmes de conservation (Fandohan et al, 2005)

4. Moyens de lutte contre les insectes des denrées stockées

4.1. La lutte physique (Bettahar. F, 2016)

L'humidité des denrées stockées est un des facteurs physiologiques le plus critique dans le bon stockage des grains. Une hygrométrie élevée favorise l'auto-réchauffement du grain et le développement de différents parasites. Les nouvelles récoltes ont souvent une teneur en eau légèrement élevée, Il nécessite donc un processus de séchage, Pour cela, l'air est propulsé à travers le grain afin de diminuer la teneur en eau. Le séchage utilise des débits d'air plus élevés que ceux utilisés pour l'aération. Il existe plusieurs méthodes de séchage des grains, allant du simple séchage sous le soleil aux systèmes avancés de séchoir à flux continu.

L'aération est utilisée pour abaisser la température du stock après récolte. Bien qu'elle nécessite toute une installation, la ventilation est devenue la méthode la moins onéreuse pour lutter contre les insectes.

Le piégeage est une technique très répandue : elle est utilisée principalement pour le dépistage d'infestations des entrepôts de grain mais aussi pour réduire les populations d'insectes. Cette méthode se révèle plus efficace pour lutter contre les insectes volants. Il existe de multiples types de pièges à insectes qui sont disponibles sur le marché, afin de répondre aux besoins selon la quantité de grain entreposé et l'espèce à surveiller.

La durée d'exposition nécessaire pour neutraliser les insectes diffère entre le traitement à haute et à basse température des lots de grains infestés. Les températures basses nécessitent généralement un temps d'exposition plus important que les températures élevées. Pour la plupart des insectes, quel que soit leur stade de vie (oeuf - adulte), pour éliminer ces insectes nécessitent une température allant de 50 à 60 ans pour quelques minutes et à 0 °C degrés pour

obtenir le même résultat. D'autre part, pour une température comprise entre -16 et -22 °C, un temps d'exposition du grain de moins d'une heure est suffisant pour une élimination totale des insectes. Ces principes d'actions curatives thermiques utilisent une ventilation par air chaud ou par air froid ou des systèmes de lit fluidisé.

4.2. La lutte chimique

Largement répandue, en raison de son efficacité, elle doit être appliquée avec discernement pour limiter les risques qu'elle peut faire courir aux consommateurs des denrées. Deux types de traitement sont généralement employés :

Traitement par contact qui consiste à recouvrir les grains, l'emballage ainsi que les locaux de stockage d'une pellicule de produit insecticide qui agit par contact sur les déprédateurs, dont l'effet est plus ou moins rapide avec une persistance d'action plus longue

Traitement par fumigation qui consiste à traiter les grains à l'aide d'un gaz toxique, qu'on appelle fumigeant. L'intérêt majeur de la fumigation est de faciliter la pénétration des gaz à l'intérieur du grain et donc de détruire les œufs, larves et nymphes qui s'y développent (**Aidani, 2015**).

4.3. La Lutte biologique

Ce mode de lutte dépend principalement de l'utilisation de parasites, des parasitoïdes et des prédateurs comme agent de régulation des ravageurs. Des efforts ont été fournis pour développer de nouveaux composés pour substituer à ceux couramment utilisés. L'exploitation de matières premières renouvelables d'origines végétale pour la fabrication de bio-insecticides correspond à la nécessité de répondre aux réalités environnementales (**Messaoudene et Mouhou, 2017**).

De nombreux parasites et prédateurs ont été identifiés, tels que les Hyménoptères parasitoïdes qui se développent dans les greniers au détriment des oeufs, des larves et des nymphes de bruches, les plus efficaces sont : *Dinarmus basalis* et *Eupelmus vuilleti*, *Teretriosoma nigrescens* (Coléoptère), prédateur naturel du grand capucin (**Sanon & al, 1999 ; Aidani, 2015**).

Depuis l'Antiquité, les végétaux et produits végétaux ont été présentés à afficher non seulement de leurs avantages pharmacologiques, mais d'autres propriétés biologiques, y compris les activités de pesticides (**Auger et al., 2004; Khoshnoud et Khayamy, 2008**).

D'après **Kéita *et al.* (1999)** et **Isman (2000)**, que plus de 1000 plantes recensées ont des propriétés variant de la dissuasion à la répulsion avec association de l'anti-appétence ou la létalité contre les ennemis des cultures et des stocks.

Plusieurs études différentes indiquent l'utilisation d'huiles essentielles pour protéger des denrées stockées contre les insectes et les ravageurs (**Ibrahim *et al.*, 2001**).

Les huiles essentielles de plantes sont l'une des voies les plus importantes explorées dans la régulation des ravageurs, en particulier ces dernières années, car elles ont fait l'objet de nombreuses études. Sa toxicité s'exprime de différentes manières : activités ovicide, larvicide, antinutritionnelle et inhalatoire (**Kéita *et al.*, 2001 ; Aouina et Khelifi, 2018**).

Dans la plante, les huiles essentielles peuvent être stockées dans divers organes : fleurs (origan), feuilles (citronnelle, eucalyptus), écorces (canneliers), bois (bois de rose, santal), racine (vétiver), rhizomes (acore), fruits (badiane) ou graines (carvi) (**Bruneton, 1987 ; Messaoudene et Mouhou, 2017**).

CHAPITRE II

**LES HUILES ESSENTIELLES UNE METHODE DE
LUTTE ALTERNATIVES AUX INSECTICIDES**

1. Généralités sur les huiles essentielles

1.1. Historique

Les substances naturelles défensives des plantes et en particulier les huiles essentielles ont servi comme insecticide longtemps avant l'avènement des substances chimiques de synthèse à la faveur des deux grandes guerres mondiales.

Les premières traces d'utilisation des HE en tant que telles nous viennent d'Égypte, entre 3000 et 2000 ans avant JC. En effet, à cette période il semble qu'une forme rudimentaire de distillation soit employée pour extraire la substance des plantes aromatiques (**Jouault, 2012**).

De tous temps, en tous lieux, notamment dans les pays tropicaux, les plantes aromatiques ont joué des rôles primordiaux. D'abord utilisées à l'état brut, puis infusées, digérées, sous forme d'onguent, de parfum, d'extraits alcooliques, elles ont toujours eu une place prépondérante dans la culture de nombreux peuples à travers les âges, que ce soit sur le plan religieux, ou médical (**Jouault, 2012**).

1.2. Définition des huiles essentielles

Ce sont des substances huileuses, volatiles, d'odeur et de saveurs couramment fortes, extraites à partir des différentes parties des plantes aromatiques, par plusieurs méthodes d'extraction (hydrodistillation, enfleurage, par solvant...) (**Belaiche, 1979**). Les huiles essentielles sont des produits de compositions généralement assez complexes enfermant des principes volatils contenus dans les végétaux et plus ou moins modifiés au cours de la préparation» (**Bruneton 1999**). La norme française AFNOR NF T75-006 définit l'huile essentielle comme : «un produit obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des Citrus, et qui sont séparés de la phase aqueuse par procédés physiques » (**Garnero, 1976**).

1.3. Composition chimique des huiles essentielles

La composition chimique des huiles essentielles est généralement très compliquée d'un double point de vue, à la fois par le nombre élevé de constituants présents et par la diversité importante de leurs structures. En effet, elles comprennent deux classes de composants caractérisés par des origines biogénétiques bien distincts : le groupe des Terpénoïdes, le groupe de composés aromatiques dérivés du phénylpropane et les constituants d'origines diverses (**Saheb, 2007**).

1.3.1. Les Terpénoïdes

Dans le cas des huiles essentielles, les Terpénoïdes les plus volatils représentés par une faible masse moléculaire à savoir ; les monoterpènes et les sesquiterpènes sont les plus concer-

nés. Ces derniers sont des porteurs de fonctions dont le seuil d'oxydation est variable, ils donnent naissance à des milliers de différentes composantes (**Couderc, 2001**). Ce sont des substances, de formules chimiques brutes $C_{10}H_{16}$ de forme cyclique et volatils. Ces hydrocarbures sont responsables d'une part, de l'odeur dégagée par les plantes et les fleurs. Ces substances sont des structures chimiques variées, elles peuvent être acyclique, monocycliques ou tricyclique. La nomenclature utilisée a pour base une unité terpénique en Coi les différents terpénoïdes sont obtenue par l'addition de nouvelles molécules C5 (**Boumediene et Agha, 2014**).

1.3.2. Les monoterpènes

Ce sont des hydrocarbures aliphatiques, saturés ou insaturés. Ces molécules peuvent être acycliques comme (myrcènes, ocymène...), ou cycliques (le pinène, camphène...), et même aromatiques (p-cymène), aussi, elles peuvent contenir des atomes d'oxygènes (**Fekih, 2015**).

1.3.3. Les sesquiterpènes

Les variations structurales dans cette série sont de même nature que dans le cas précédent carbures, alcools, cétones étant les plus fréquents. On trouvera ci-dessous quelques exemples de sesquiterpènes caractéristiques des H.E (**Fekih, 2015**).

1.3.4. Composés aromatiques

Les composés aromatiques sont beaucoup moins fréquents que les terpènes. Ils sont dérivés de phényle-propane (C6-C3), caractérisés par un noyau aromatique est couplé à une chaîne de trois carbones (**Couderc, 2001**).

1.3.5. Composés d'origines diverses

Lors de la préparation des huiles essentielles, certains composés aliphatiques, de faible masse moléculaire, sont entraînés lors de l'hydrodistillation (carbures, acides, alcools, aldéhydes, esters....) (**Couderc, 2001**).

1.4. Méthodes d'extraction des huiles essentielles

1.4.1. Entraînement à la vapeur d'eau

L'entraînement à la vapeur d'eau est l'une des méthodes officielles pour l'obtention des huiles essentielles. A la différence de l'hydrodistillation, cette technique ne met pas en contact direct l'eau et la matière végétale à traiter. De la vapeur d'eau fournie par une chaudière traverse la matière végétale située au-dessus d'une grille.

Durant le passage de la vapeur à travers le matériel, les cellules éclatent et libèrent l'huile essentielle qui est vaporisée sous l'action de la chaleur pour former un mélange « eau + huile

essentielle ». Le mélange est ensuite véhiculé vers le condenseur et l'essencier avant d'être séparé en une phase aqueuse et une phase organique. L'hydrodiffusion est une variante de l'entraînement à la vapeur (**Benouali, 2016**).

1.4.2. L'extraction par solvants

La technique d'extraction par solvant, consiste à placer dans un extracteur un solvant volatil et la matière végétale à traiter. Grâce à des lavages successifs, le solvant va se charger en molécules aromatiques, avant d'être envoyé au concentrateur pour y être distillé à pression atmosphérique. Le produit ainsi obtenu est appelé « concrète ». Cette concrète pourra être par la suite brassée avec de l'alcool absolu, filtrée et glacée pour en extraire les cires végétales. Après une dernière concentration, on obtient une « absolue » (**Benouali, 2016**).

L'extraction par solvant organique volatil reste très pratiquée. Les solvants les plus utilisés à l'heure actuelle sont l'hexane, cyclohexane, l'éthanol moins fréquemment le dichlorométhane et l'acétone.

2. Utilisation des huiles essentielles en tant que biopesticides

2.1. Importance des huiles essentielles dans la protection des plantes

Dans le cadre de la gestion des ravageurs agricoles, les pesticides botaniques sont bien adaptés pour une utilisation dans les pays industrialisés et peuvent jouer un rôle beaucoup plus important dans la protection de post-récolte et les produits alimentaires (**Isman, 2006**). Parmi les différents produits d'origine végétale, l'application d'huiles essentielles est une méthode très intéressante pour contrôler les pertes de post-récolte. En effet, les huiles essentielles et leurs composants ont suscité un intérêt particulier en raison de leur statut relativement sûr, une large acceptation par les consommateurs et leur exploitation pour le potentiel des usages multiples (**Feng et Zheng., 2007**).

Le problème du développement de la résistance chez les insectes nuisibles aux cultures peut être résolu par l'utilisation d'huiles essentielles de plantes supérieures que les fumigènes dans la gestion des ravageurs des stocks en raison de la synergie entre les différentes composantes des huiles (**Varma et Dubey, 1999 ; Dubey et al., 2006**). L'utilisation traditionnelle des plantes dans la lutte contre les prédateurs des denrées stockées, et en tant que répulsives des insectes volants dans les maisons a fait preuve de son efficacité. Ces applications ont démontré que les huiles essentielles et leurs constituants sont toxiques sur un grand nombre d'insectes par contact et fumigation (**Saheb, 2007**).

Selon **Chiasson et Beloin (2007)**, les bio-insecticides à base des huiles essentielles présentent plusieurs caractéristiques d'intérêt :

1. Plusieurs huiles essentielles sont aussi très efficaces contre les insectes nuisibles en comparons avec les produits chimiques de synthèse. Ils ont en général une efficacité à large spectre, mais avec une spécificité pour certaines classes ou ordres d'insectes.
2. Ces composés sont très peu persistants dans la nature, ils peuvent être appliqués jusqu'au moment de la récolte. Cette faible persistance permet aussi aux applicateurs de retourner au champ ou dans une serre dans un court délai après le traitement.
3. Les formulations à base des huiles essentielles sont stables à la température et les huiles essentielles brutes peuvent être conservées pendant plusieurs années.
4. Ces produits peuvent être utilisés en traitement individuels ou combinés ; ceci permet le développement de nouveaux mélanges pouvant avoir un effet additif ou synergique.
5. Un biopesticides peut être mis sur le marché dans un délai plus court qu'un produit de synthèse, car le processus d'homologation est moins exigeant.
6. Les biopesticides à base d'huiles essentielles forment une classe d'insecticides intéressante car étant constituées de plusieurs composés à mécanismes d'action variés. En plus, elles ont des modes d'application multiples.

2.2. Composition chimique des huiles essentielles responsable de l'activité insecticide

Les activités des huiles essentielles décrites sur les insectes sont variées : larvicides, adulticides, répulsifs ou inhibiteurs de croissance (**Iteipmai, 2013**). Les composés chimiques de plus grande efficacité et à plus large spectre sont les phénols, les alcools, les aldéhydes, les cétones et plus rarement les terpènes (**Mennal et Chennafi, 2015**).

Les activités insecticides des huiles essentielles sont principalement attribuées aux mono-terpénoïdes qui sont généralement volatiles et lipophiles qui peuvent rapidement pénétrer dans les insectes et interfèrent avec leurs fonctions physiologiques (**Reis et al., 2014**). En outre, les composants chimiques présents dans les huiles essentielles tels que le thymol, le linalool, le citronellol, le limonène, le carvacrol et le α - et le β -pinène ont été largement documentés pour être des composés possèdent des activités larvicides et adulticides contre différents insectes des produits stockés (**Tripathi et al., 2002**).

Le pouvoir bio-insecticides et les différences observées dans l'efficacité des huiles essentielles sont expliqués d'une part par la composition et la richesse des huiles testées en composés d'une part et de leurs variabilités en fonction des espèces végétales d'autre part. Il est cependant

clair qu'ils interviennent directement sur la morphologie ou la physiologie de l'organisme nuisible.

Les huiles essentielles de plusieurs plantes aromatiques sont très riches en Camphène, 1,8-Cineole, alpha-Thuyone, Isochrysantenone et bêta-Thuyone, ce qui explique ces propriétés insecticides. Ces composés ont été caractérisés par leur activité biocide et répulsive contre de nombreux ravageurs des denrées stockées (**kellouche et al., 2010 ; Mansour et al., 2015**). Certains auteurs ont avéré que l'activité insecticide de l'huile essentielle de *T. pallescens* est due principalement aux composés majoritaires de cette huile telle que le thymol, le carvacrol. Ces composés ont été signalés comme un composant qui exerce un effet analgésique sur les récepteurs $\alpha_1 - \alpha_2$ et β -adrénergiques (**Shabnum et Wagay, 2011**). Cependant, le Carvacrol possède une forte activité insecticide et affecte les insectes des denrées stockées par inhalation (**Ahn et al., 1998 ; Isman, 2000**).

L'huile essentielle riche en linalol, thymol, et carvacrol exprime une activité insecticide vis-à-vis des insectes, ceci est confirmé par les travaux de **Traboulsi et al. (2002)**, qui ont testé huit composés contre les moustiques et ils ont prouvé que le thymol et le carvacrol présentent une activité insecticide très élevée. En effet, d'après les travaux d'**Obeng-Ofori et al. (1997)**, les propriétés insecticides de 1,8-cinéole, le linalool, l'eugénol, α -terpinéol et le cymol ont été démontrées sur plusieurs insectes ravageurs primaires des céréales stockées en particulier sur *Tribolium confusum*, *Tribolium castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidae), *Sitophilus zeamais* (Coleoptera : Curculionidae), *Rhyzoperta dominica* (Coleoptera : Bostrichidae) et *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae).

Kordali et al. ont indiqué que le terpinen-4-ol est le composant le plus toxique aux adultes de *Sitophilus granarius* exposés à l'huile d'*artmesia herba alba*. En outre, cette composante présente une toxicité prometteuse sur les charançons de riz (*Sitophilus oryzae* L.) et une toxicité relativement forte sur les larves et les adultes du coléoptère *Leptinotarsa decemlineata* (Say). Ce même composé a été également signalé comme composé insecticide sur *Tribolium confusum* (du Val) ainsi que sur *Sitophilus granarius*. Cavalcanti et al. a mentionné que monoterpénoides eugénol et 1,8-cineol ont montré une bonne activité larvicide contre les insectes ravageurs des denrées stockées.

Prates et al. (2008) ont également signalé que les monoterpène possèdent une activité insecticide et son leur mode d'action est représenté par la pénétration dans la cuticule d'insecte (Effet par contact), par inhalation et par le système digestif (effet par ingestion). Le camphre est une substance terpénique parmi les substances hautement biologiquement actives contre les in-

sectes, les champignons et les bactéries. Toutes ces données peuvent expliquer l'efficacité de l'huile de l'armoise blanche sur le développement de *Rizopertha dominica* et *Sitophilus granarius* (**Kermiche, 2017**).

Le type et la nature des constituants et leur concentration individuelle explique d'une part l'activité insecticide (**Liu et al., 2014**), mais pareillement le résultat de l'interférence synergique entre tous les différents constituants de l'huile essentielle d'autre part. Dans ce cadre, des interactions compliquées peuvent se produire entre les constituants majeurs et mineurs d'une manière synergique qui affecte positivement ou négativement l'activité insecticide.

De même, les mélanges des huiles essentielles provenant de différentes plantes peuvent avoir une activité plus élevée que les traitements individuels de manière difficile à prédire (**Geden, 2012**). **Seri-Kouassi et al.** (2004) ont montré que la toxicité des huiles essentielles sur les insectes est induite souvent par l'action de leurs composés majoritaires (**Seri-Kouassi et al., 2004**). Toutefois, ce n'est pas uniquement les composés majoritaires des HE qui sont responsables de cette activité insecticide, mais il peut y avoir aussi d'autres composés minoritaires qui peuvent interagir d'une façon synergique (**Nagmo et hance, 2007**).

L'activité insecticide des terpènes dans quelques huiles essentielles était inférieure à celle des huiles essentielles eux-mêmes (**Palacios et al., 2009**). En effet, **Zhang et al., (2014)** ont signalé que les propriétés de la bioactivité de l'huile essentielle de *A. argyi* peut être attribuée à la synergie entre les composants majeurs et mineurs de l'huile essentielle.

2.3. Mode d'action des huiles essentielles sur les ravageurs des céréales

Les plantes aromatiques et leurs molécules allélochimiques en particulier les huiles essentielles accoutument une double activité insecticide sur les adultes et sur les différentes phases du cycle reproductif (**Tirakmet, 2015**). Toutefois, les activités insecticides des huiles essentielles décrites sur les insectes des denrées stockées s'exerce sur plusieurs niveaux et limite la renaissance des nouvelles générations (**Regnault-Roger et al, 2008**).

Par leur volatilité et leur petite taille, beaucoup des composants des huiles essentielles interagissent avec les récepteurs d'odeur des insectes, déclenchant des comportements variés : fuite, attraction, oviposition... etc (**Iteipmai, 2013**). Bien que, d'autres chercheurs rapportent que les mécanismes d'action des huiles essentielles sont d'ordre physiologique ou physique. Les huiles essentielles ont des effets antiappétant, affectant ainsi la croissance, la mue, la fécondité et le développement des insectes et acariens (**Tirakmet, 2015**).

2.3.1. Effets physiologiques

Plusieurs travaux ont montré que la plupart des huiles agissent en perturbant la structure de la membrane cellulaire mais, pour certaines, des effets neurotoxiques ont pu être mis en évidence, dus à des interactions avec des neurotransmetteurs des Arthropodes (**Huignard, 2013 ; Tirakmet, 2015**). La plupart des huiles essentielles procèdent ces activités insecticides en perturbant la structure de la membrane cellulaire, mais pour certaines, des effets neurotoxiques ont pu être mis en évidence, dus à des interactions avec des neurotransmetteurs tels que le GABA (acide gamma aminobutyrique) et l'octopamine, ou par inhibition de l'acétyl cholinesterase. Autrement, certaines huiles essentielles peuvent potentialiser l'action d'autres molécules en inhibant les cytochromes P450 qui, normalement les détoxifient.

Des études antérieures expliquant le mode d'action des huiles essentielles ont montré que ces composés peuvent montrer des symptômes qui présentent des activités neurotoxiques, tel que l'hyperactivité, saisies et des tremblements suivis d'une paralysie et la mort de l'insecte qui sont très semblables aux effets produits par les Insecticides de type pyréthroïdes (**Kostyukovsky, 2002**). Par ailleurs, a rapporté que les huiles essentielles sont des neurotoxines puissantes et peuvent inhibées l'enzyme acétylcholinestérase dans le système nerveux central.

Ces effet ont été confirmé par les travaux menés par **Abdelgaleil et al., (2016)** qui ont rapporté des nouvelles contributions sur le mode d'action des huiles essentielles sur les insectes des denrées stockées par l'inhibition de l'activité des ATPases. Autrement, les résultats obtenus par **Polatoğlu et al., (2016)**, montrent que l'huile essentielle de *Crithmum maritimum L.* a provoqué une d'inhibition l'AChE d'environ 50,3% et l' BChE avec un taux de 59,8%. Cependant, dans le même rapport, AChE enzyme a été signalé comme étant capable d'avoir plus d'un monoterpène comme inhibiteur (**López et al., 2015**).Cependant, **Guo et al. (2009)** ont constaté que les monoterpénoïde, le terpinène-4-ol, ont une forte inhibition de l'activité de la Na⁺, K⁺ et l'ATPase.

Selon Huignard (2013), certaines plantes produisent des substances qui agissent au niveau des glandes endocrines régulant la croissance des insectes. Dans ce cadre, elles provoquent un arrêt ou un ralentissement de la croissance larvaire. Et de ce fait, les huiles extraites à partir de ces plantes sont utilisées en tant qu'insecticides biologiques (**Tirakmet, 2015**).

Les protéines, les lipides (triglycérides) et les glucides (glycogène) constituent les ressources énergétiques des insectes (**Wigglesworth, 1942 ; Locke et Collins, 1968**). En effet, Les réserves énergétiques glucidiques sont sollicitées pour les fonctions somatiques et de mobilité. Alor s que, la disponibilité des lipides et du glycogène semble être le résultat d'une balance entre

la prise de nourriture et les demandes de réserves pour la croissance et la reproduction (**Essaïdi et al., 2014**).

Ce cas peut être expliqué le mode d'action des huiles sur les insectes, provoquent des perturbations physiologiques et métaboliques chez les insectes traités en inhibant la synthèse des protéines. Les résultats obtenus par **Belaifa et Sadaoui (2018)** montrent une augmentation des teneurs en protéines et des glucides chez les insectes traitées avec les concentrations les plus élevées. Par contre, une augmentation des taux des lipides a été constatée notamment chez *T. confusum*.

2.3.2. Effets physiques

Chiasson et Beloin (2007) indiquent que les huiles essentielles procèdent directement sur la cuticule des insectes et acariens à corps mou. **Isman (2000)** émet cette hypothèse car plusieurs huiles essentielles sont plus efficaces sur les arthropodes à corps mou. C'est le cas du FACIN qui exerce une répression satisfaisante sur les thrips, les pucerons, les aleurodes et certains acariens et qui s'est avéré moins efficace avec des insectes à carapace dure tels que les coléoptères et les hyménoptères adultes et certains acariens prédateurs (**Tirakmet, 2015**).

Il reste à déterminer le mécanisme par lequel les huiles essentielles dégradent l'enveloppe externe de certains insectes et acariens. En effet, la nature lipophile de l'huile essentielle peut dégrader la couche cireuse et causer des pertes en eau. Les trachées et les sacs d'air des insectes sont enduits de cette couche cireuse et sont affectés par l'huile essentielle ce qui peut entraîner l'asphyxie (**Chiasson et Beloin, 2007**).

2.4. Les huiles essentielles utilisées comme insecticides

Parmi les 800 000 espèces de plantes prospérant sur la planète, un nombre relativement important synthétise des composants aromatiques (**Franchomme et al, 2001**).

Parmi ces plantes, certaines (seulement 10 %...) sont dites aromatiques et capables de produire des huiles essentielles. Elles sont donc composées de molécules odorantes et volatiles. C'est dans les organes producteurs de la plante que sont les feuilles, les fruits, les graines, les racines, l'écorce ou bien encore les fleurs, que l'on retrouve ces molécules caractéristiques.

Il existe plusieurs familles des plantes à huiles essentielles. Dans ce titre, nous tenterons de présenter les familles les plus importantes qui ont été utilisées comme insecticides.

2.4.1. Famille de Lamiaceae

La famille des Lamiaceae, qui est l'une des familles de plantes à fleurs les plus grandes et les plus distinguées (**Naghbi et al, 2005**), comprenant environ 236 genres et 6900–7200 espèces

dans le monde. Le nom de famille d'origine est Labiatae parce que les fleurs ont généralement des pétales fusionnés dans les lèvres supérieures et inférieures, bien que la plupart des botanistes utilisent actuellement le nom de Lamiaceae (**Raja, 2012**).

Le Lamiaceae est bien connu pour ses huiles essentielles biologiquement actives, communes à de nombreux membres de la famille. Cette famille est l'une des principales sources de plantes culinaires, végétales et médicinales du monde entier. Espèces de *Mentha*, *Thymus*, *Salvia*, *Origanum*, *Coleus* et *Ocimum* (**Naghibi et al, 2005**).

Les huiles essentielles les plus étudiées dans la littérature pour leurs propriétés et activités biologique appartiennent à la famille des Lamiaceae : thym, origan, lavande, menthe, romarin, sauge, etc... (**Aouina et Lakhdari, 2019**).

2.4.2. Famille de Myrtaceae

Les Myrtaceae sont une famille d'au moins 133 genres et 3800 espèces. Il a des centres de diversité en Australie, en Asie du sud-est et des régions tropicales au sud de l'Amérique tempérée, mais il est peu représenté en Afrique. La famille se distingue par une combinaison des caractéristiques suivantes : feuilles entières contenant des glandes sébacées, ovaire moitié inférieur à inférieur, étamines généralement nombreuses, phloème interne et fosses habillées sur les vaisseaux du xylème (**Wilson et al., 2001**).

2.4.3. Famille de Poaceae

Poaceae, anciennement appelée Gramineae, famille des graminées de plantes à fleurs monocotylédones, une division de l'ordre des Poales. Les Poacées sont la source de nourriture la plus importante au monde. Elles se classent parmi les cinq premières familles de plantes à fleurs en termes de nombre d'espèces, mais elles sont clairement la famille la plus abondante et la plus importante de la flore terrestre. Ils poussent sur tous les continents, du désert aux habitats d'eau douce et marins, et du tout sauf aux plus hautes altitudes. Les communautés végétales dominées par les graminées représentent environ 24 pour cent de la végétation terrestre (**Campbell, sd**).

La famille des Gramineae est la plus considérable qui soit. On lui attribue plus de 600 genres et de 10.000 espèces. Une telle profusion est liée, entre autres facteurs, à sa grande extension géographique. On la trouve sur tous les continents et aussi sur la plupart des îlots océaniques (**Félix, 1962**).

2.4.4. Famille des Astéracées

Le mot « Aster » du grec signifie étoile, en relation avec la forme de la fleur. La famille des composées est celle qui compte le plus grand nombre d'espèces soit environ 25000 espèces

réparties en 1300 genres, ce qui représente environ 8 à 10% de toutes les plantes à fleurs. Les composées ont une distribution mondiale (sauf l'Antarctique) avec une large diversification écologique. Toutefois, elles sont abondantes principalement dans les régions tropicales et subtropicales bordant les zones semi-arides et désertiques, elles sont moins fréquentes dans les forêts tropicales. D'après Quezel et Santa, en Algérie, il en existe 109 genres et 408 espèces (**Kenouche, 2017**).

2.5. Effet des huiles essentielles sur les insectes des denrées stockées

Les huiles essentielles des plantes aromatiques et médicinales font partie ces dernières années des voies les plus explorées dans la régulation des ravageurs. Leur application dans la protection des stocks a fait l'objet de nombreux travaux. Leur toxicité s'exprime de différentes manières : activités ovicide, larvicide, antinutritionnelle et inhalatoire (**Kéïta et al., 2000 ; Renault-Roger, 2002**). Mis à part l'inhibition de l'éclosion des œufs, les vapeurs d'huiles essentielles augmentent la mortalité des larves. Les huiles essentielles de certaines plantes sont utilisées pour leurs activités de contact et inhalatrice selon la cible visée (**Guèye et al., 2011**).

L'effet insecticide des huiles essentielles par contact, par ingestion et par fumigation a été bien démontré contre les déprédateurs des denrées entreposées, plusieurs études ont été réalisées sur l'efficacité des huiles essentielles (**Saheb, 2007**).

L'effet des huiles essentielles a été étudié avec le charançon du riz *Sitophilus oryzae* (L.), des coléoptères des grains dont le bruchidae, *Callosobruchus chinensis* (L.). Les résultats démontrent que les effets toxiques dépendent de l'espèce d'insecte, de la plante et du temps d'exposition à l'huile essentielle (**Chiasson et Beloin, 2007**).

Les huiles essentielles d'origan, de basilic, de marjolaine, de thym, de sauge, de laurier, de romarin, de lavande, d'anis, de menthe, de céleri, de cumin, d'agrumes, de coriandre et de fenouil ont été testées contre le petit perceur des céréales, *Rhyssopertha dominica* (F.), le cucujide dentelé des grains, *Oryzaephilus surinamensis* (L.), le Tribolium rouge de la farine, *Tribolium castaneum* (Hbst.) et le charançon du riz (**Shaaya et al., 1991**).

Les résultats obtenus ont montré une mortalité totale chez ces ravageurs. Parmi les cinq huiles testées par Benazzeddine (2010), le Romarin et la Menthe montrent la plus grande efficacité par inhalation et contact, où la mortalité est de 100% après 24 heures d'exposition que ce soit sur *S. oryzae* ou *T. confusum*. Par contact les cinq huiles essentielles manifestent un taux de mortalité assez important sur les deux espèces, toutes les huiles ont une efficacité très forte qui dépasse 88% de mortalité sur *S.oryzae* à l'exception de la Citronnelle qui n'a atteint pas les 70% de mortalité. Concernant le *T. confusum*, le Thym et la menthe verte ont provoqué 100% de mor-

talité, ils sont suivi par le Romarin avec une mortalité de 97,37%, alors que l'Eucalyptus a enregistré une mortalité de 72,63% ; leur efficacité est moins importante sur *T. confusum* par rapport à leur effet sur *S. oryzae*. En fin la Citronnelle avec un taux de mortalité de 52% (**Benazzeddine, 2010**).

Sur *Rhyzopertha dominica*, des essais sur l'efficacité des huiles essentielles de romarin et de thym, par contact et par inhalation, ont encore prouvé l'effet insecticide de ces deux huiles. En effet, les formulations de *Rosmarinus officinalis* s'est montré efficace par contact à la dose de 1,384mg/cm² en montrant 89,72% de mortalité. Bien que le thym à la même dose provoque un taux de mortalité totale. Par inhalation, les taux des mortalités ont montré l'efficacité d l'huile essentielle de thym en comparaison avec celle du romarin, dont les valeurs notée sont environ 40,93% contre 38,92% à la plus forte dose 1,44mg/cm³ (**Guedoui, 2003 ; Saheb, 2007**).

Le même travail montre que les huiles essentielles par ingestion ont donné des résultats faibles en comparaison avec les résultats des deux modes précédents (contact et inhalation). Concernant l'efficacité de ces huiles Sur *S. oryzae* (traité sur les grains de blé tendre), l'huile essentielle de la Menthe verte est le plus efficace avec un taux de mortalité de 88,72%, suivi par celle de l'Eucalyptus (65,65%), le Romarin avec un taux de 48,72%, puis le Thym 41,77%, en finalement la Citronnelle (31,08%).

L'effet répulsif de l'huile essentielle de chaque plante à l'égard des adultes de ravageurs a été évalué en utilisant la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre décrite par Mc Donald et al., 1970. Les résultats de toxicité des trois plantes obtenus par **Hasni et Zeghba (2017)** montrent que l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* provoque un taux de mortalité dans l'ordre de 71.51% est plus élevés en comparaison avec celle d'*Eucalyptus globulus* 68.35% et *Rosmarinus officinalis* 62.51%. La toxicité augmente au fur et à mesure l'augmentation de la dose et le temps d'exposition.

Néanmoins, Nerio et al. (2009) testent l'effet répulsif de sept huiles essentielles par la méthode des choix multiples, vis-à-vis de *S. zeamais* (Coleoptera : Curculionidae). Ces huiles sont extraites de plantes qui proviennent de la Colombie, dont les principaux composants sont des monoterpènes et des composés phénolique .Les résultats expriment que six huiles essentielles ont une activité répulsive très prononcée avec un effet plus marqué pour l'huile extraite de *Lippiaoriganoides*. Cependant, les huiles extraites d'*E. citriodora* et de *Tagetes lucida* ont manifesté pareillement un effet répulsif à des doses qui varient entre 0.063 et 0.503ml/cm² (**Hasni et Zeghba, 2017**).

Les résultats des tests de l'activité insecticide des cinq huiles essentielles (*Cedrus atlantica*, *Citrus limonum*, *Rosmarinus officinalis*, *Syzygium aromaticum* et *Eucalyptus globules*) ont montré une mortalité très importante au cours du premier jour de traitement. Les résultats obtenus permettent de comparer le pouvoir insecticide des huiles essentielles contre *Tribolium confusum* à différentes concentrations, d'où la destruction maximale de *Tribolium confusum* à une vitesse plus courte (la durée (1 jour) est possible). Les huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis*, *Syzygium aromaticum* et *d'Eucalyptus globules* sont très efficaces contre *Tribolium confusum*. Après un contact de cinq jours, *Tribolium confusum* est complètement détruit à une dose de $3,5 \times 10^{-2} \mu\text{l} / \text{cm}^3$ pour les cinq huiles essentielles. Ces activités insecticides des huiles essentielles sont probablement dues au constituant majeur de chaque huile essentielle (**Ainane et al., 2018**).

L'évaluation des huiles essentielles par ingestion a donné des résultats faibles en comparaison avec les résultats des deux modes précédents (contact et inhalation) concernant l'efficacité de ces huiles la Menthe verte a causé un taux de mortalité très élevé 88,72% suivi par l'Eucalyptus 65,65% de mortalité sur *S.oryzae*, concernant *T.confusum* l'Eucalyptus et le Romarin ont dépassé le taux létales de 50%. Alors que pour les autres huiles sont inefficaces par ingestion sur les deux espèces.

Concernant l'évaluation de l'activité insecticide des HE vis-à-vis *S.oryzae* sur graines reconstituées, toutes les huiles essentielles ont empêché l'émergence des adultes ce qui explique que ces huiles ont un effet ovicide sur *S.oryzae*.

Pour l'étude de l'impact des huiles essentielles *d'Eucalyptus globulus* sur *Rhyzopertha dominica*. Le résultat d'après **Ghenaiet et Aouidet (2016)** les tests de toxicité que nous avons appliqués sur des adultes de *Rhyzopertha dominica* avec des différentes concentrations des huiles essentielles *d'Eucalyptus globulus*: 25, 50, 75,100 et 125 $\mu\text{l/L}$ d'air. Après 24 h, nous avons enregistré une mortalité de 41 jusqu'à 100 % avec une relation dose réponse, donc un pouvoir insecticide, avec une concentration létale CL50 qui est de 33,39 $\mu\text{l/L}$ d'air.

Selon **Benbelkhir et Hammani (2019)** pour étude de l'activité insecticide des huiles essentielles de *Thymus palleescens* et *Cymbopogon citratus*. L'huile essentielle de *T. palleescens* affect significativement la vitalité des adultes de *Tribolium confusum*. Les résultats obtenus par contact après 96h dénudent également 80% de mortalité corrigée avec les concentrations de 80 μL et 76.67% avec la concentration 40 μL . Par ailleurs, les tests par inhalation sur les adultes de *Tribolium confusum* a atteint un taux de 36.76% et 80% de mortalité corrigée après 96 h de traitement avec les concentrations de 10 et 100 μL de la formulation de *T. palleescens*. D'après

l'examen des valeurs des DL après 24h d'exposition des insectes aux différentes doses des huiles testés, on a constaté que les deux huiles essentielles agissent mieux par contact que par inhalation. Cependant, les valeurs les plus faibles de la DL50 ont été notées pour les traitements par l'huile essentielle de *T. pallescens* par contact. La population de *Tribolium confusum* traitée a enregistré une augmentation des teneurs glucidiques entre 0.86 à 11.62% après leur exposition aux formulations à base *C. citratus*.

Les résultats des traitements par les tests de répulsion ont montré que les huiles essentielles (*Calendula arvensis* et *Chamaemelum fuscatum*) ont une activité répulsive importante à l'égard des adultes de *Tribolium castaneum*. Cette activité augmente au fur et à mesure que les doses des huiles essentielles augmentent jusqu'à la dose 15 μ l à partir de laquelle la répulsion était persistante (100% de répulsion). Le classement établi par Mc Donald et al., (1970) a permis de classer ces huiles essentielles comme répulsives avec un taux moyen de répulsion de 73% pour *C. fuscatum* et 72% pour *C. arvensis*. Les résultats des traitements par inhalation ont montré que les deux huiles essentielles sont efficaces. Les traitements ont entraîné une action effective par « Knock down » sur l'ensemble des adultes testés, puis un effet adulticides après six jours d'exposition a été observé. Ainsi, l'étude statistique montre que l'efficacité des huiles essentielles sur la mortalité des insectes varie selon la dose utilisée et la durée d'exposition et selon la plante utilisée. La mortalité maximale enregistrée est de 100% à la dose de 200 μ l/l après six jours d'exposition pour les deux huiles essentielles. Tandis qu'aucune mortalité n'était enregistrée au niveau des témoins non traitées (**Tirakme, 2015**).

Conclusion

Les céréales sont considérées comme l'une des ressources alimentaires les plus importantes au monde, que ce soit en termes de consommation (humaine ou animale) ou en termes de stockage (pour atteindre l'autosuffisance ou au niveau de l'économie mondiale). Le bon stockage et la bonne conservation de ces céréales est l'un des facteurs les plus importants recherchés par les agriculteurs. Et étant donné qu'il s'agit d'un écosystème industrialisé soumis aux attaques de nombreux ravageurs.

Les insectes sont les ravageurs les plus importants qui sont exposés au stock, causant de gros dégâts en termes de quantité et de qualité du stock. De nombreuses méthodes de lutte ont été utilisées contre ces insectes, la plus courante étant l'utilisation de pesticides chimiques dont les effets indésirables sont malheureusement très nombreux. L'intoxication humaine en est une principale. Pour cela, il était nécessaire de rechercher différentes méthodes moins nocives et plus protectrices.

Les huiles essentielles sont considérées comme l'une des méthodes de lutte biologique qui ont été utilisées comme insecticides. Elle est célèbre pour sa richesse en molécules bioactives qui sont utilisées dans différents domaines. Les huiles essentielles ont une activité insecticide très importante. La toxicité des huiles essentielles varie largement en fonction de la nature de l'huile essentielle, la concentration utilisée et de la durée du traitement.

Les huiles essentielles sont aussi très efficaces contre un large spectre d'insectes, peu persistants dans la nature et stables à la température. Ces produits. En effet, les huiles essentielles forment une classe d'insecticides intéressante car étant constituées de plusieurs composés peuvent être utilisés en traitement individuels ou combinés.

Les composants chimiques présents dans les huiles essentielles tels que le thymol, le linalool, le citronellol, le limonène, le carvacrol et le α - et le β -pinène ont été largement documentés pour être des composés possédant des activités larviques et adulticides contre différents insectes des produits stockés. La plupart des huiles essentielles procèdent ces activités insecticides physiques et physiologiques en perturbant la structure de la membrane cellulaire, mais pour certaines, des effets neurotoxiques.

Au terme de ce travail nous pouvons conclure que les huiles essentielles des plantes ont une activité insecticide sur les insectes des denrées stockées (*Sitophilus zeamais*, *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus granarius*, *Tribolium confusum*, *Tribolium castaneum*, *Rhizopertha dominica*). Ceci nous amène à dire que ces plantes étudiées sont prometteuses comme source de bioinsecticide et se prêtent bien à des investigations dans le domaine de la lutte biologique.

Références bibliographiques

Abdelgaleil S.A.M., Mohamed M.I.E., Shawir M.S., Abou T.H.K., 2016. Chemical composition, insecticidal and biochemical effects of essential oils of different plant species from Northern Egypt on the rice weevil, *Sitophilus oryzae* L. J. Pestic. Sci. 89, 219–229.

Aboubakry S., 2010. Sensibilité de quelques variétés de blé cultivé dans la vallée du fleuve Sénégal au ravageur *Sitophilus zeamais* Motschulsky. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master II de Biologie Animale à l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 30p.

Adarkwah C., Schölle M., 2012. Biological control of *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) by single and double releases of two larval parasitoids in bulk stored wheat. Journal of Stored Products Research 51, pp 1-5.

Adjalian.E., Noudogbessi J.P., Kossou D., Sohounhloue D., 2014. État et perspectives de lutte contre *Sitotroga Cerealella* (Olivier, 1789) de prédateur des céréales au Bénin: synthèse bibliographique. Journal of Applied Biosciences 79 : 6955 – 6967, ISSN 1997–5902, <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v79i1.16>

Ahn Y.J., Lee S.B., Lee H.S., Kim G.H., 2000. Insecticidal and acaricidal activity of carvacrol and β -thujaplicine derived from *Thujopsis dolabrata* var. *Hondai* sawdust. J. Chem. Ecol. 24, 81–90 (1998) .

Aidani H., 2015. Effet des attaques de Capucin des grains (*Rhizopertha dominica*) sur les céréales stockées « Estimation sur la perte pondérale et le pouvoir germinatif Cas de blé dur dans la région de Tlemcen ». Mémoire de master, Univ: Tlemcen, 80p.

Ainane A., Benhima R., Khammour F., Elkouali M., Talbi M., Abba E., Cherroud S., Ainane T., 2018. Composition chimique et activité insecticide de cinq huiles essentielles: *Cedrus atlantica*, *Citrus limonum*, *Eucalyptus globules*, *Rosmarinus officinalis* et *Syzygium aromaticum*, pp 67-79.

Aouina A., Khelifi N., 2018. Evaluation de l 'effet répulsif de *Cuminum cyminum* L. et *Foeniculum vulgare* Mill, sur l'insecte des céréales stockées *Tribolium castaneum* (Herbst), Mémoire de Master, Univ: M'Sila, 41p.

Aouina M., Lakhdari S., 2019. Biologie des huiles essentielles de la famille des Lamiaceae. Mémoire de Mester. Univ: Mohamed Boudiaf-M'sila, 34p.

Balachowsky A. S., 1962. Entomologie appliquée à l'agriculture. Ed. Masson et cie, paris, Tome I, pp. 378-392.

Belaifa C., Sadaoui H., 2018. Etude de l'activité insecticide des huiles essentielles de *Thymus pallescens* (de Noé.) et *Cymbopogon citratus* (Stapf.) contre deux coléoptères de produits entreposés *Sitophilus zeamais* (Motschulsky.) et *Tribolium confusum* (Duval), Mémoire de Master, Univ : Mohamed El Bachir El Ibrahim B.B.A.

Benazzeddine S., 2010. Effet insecticide de cinq huiles essentielles vis- à - vis de *Sitophilus oryzae* (Coleoptera; Curculionidae) et *Tribolium confusum* (Coleoptera; Tenebrionidae), Ecole nationale supérieure agronomique El-Harrach d'Alger - Ingénieur d'état en science agronomique.

Benbelkhir A., Hammani A., 2019. Etude de l'activité insecticide des huiles essentielles de *Thymus pallescens* (deNoé.: 1849) et *Cymbopogon citratus* (Duval.; 1863). Mémoire de Master, Univ : Mohamed El Bachir El Ibrahim B.B.A.

Benouali D., 2016. Extraction et identification des huiles essentielles, Polycopie Cours, Module : Séparation et analyse des biomolécules, Master 2 : Contrôle de qualité, Univ: Sciences et de la technologie d'Oran « Mohamed Boudaif », 17p.

Bettahar F., 2016. Conception et prototypage d'un système complet pour la surveillance du grain dans les silos de stockage, Thèse de doctorat, Université Toulouse le Mirail - Toulouse II, Français, 153p.

Boumediene N., Agha O., 2014. Contribution à l'étude de l'activité biologique d'une espèce du genre Rata de Djebel Tessala (Algérie occidentale) et à la faisabilité d'un Plan de conservation, Mémoire de Master II: Amélioration de la Production Végétale, Univ: Abou bekr belkaid Tlemcen, 68p.

Camara A., 2009. Lutte contre *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera : Curculionidae) et *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera : Tenebrionidae) dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en basse-guinée et l'utilisation des huiles essentielles végétales thèse du doctorat, 173p.

Campbell (sd). Poaceae plant family. <https://www.britannica.com/plant/Poaceae>

Chiasson H., Beloin N., 2007. Les huiles essentielles, des biopesticides « Nouveau genre », Revue de littérature, Bulletin de la Société d'entomologie du Québec, Antennae 2007, 14 (1), 6p.

Couderc V.L., 2001. Toxicité des huiles essentielles, these pour obtenir le grade de Docteur veterinaire, Univ: Paul-Sabatier de Toulouse, 59p.

Cruz J.F., Dimanche P., Ducamp C.M.N., Fliedel G., Joas J., Marchand J.L., Mestres C., Troude F., 2002. La récolte, le stockage et la première transformation In « Mémento de l'agronome ». Paris, Qua, 717-746. Cruz J.F., Diop A., 1989. Genie agricole.

Danho M. et Haubruge E., 2003. Comportement de ponte et stratégie reproductive de *Sitophilus zeamais* [Coleoptera : Curculionidae]. Phytprotection.84 (2) : 59-67.

Delobel A., Tran M., 1993. Les Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes. Paris : ORSTOM, (Faune Tropicale 32), 425p.

De Groot I., 2004. Protection des céréales et des légumineuses stockées, Agromisa, 2 éd. Agromisa Foundation 74p.

DRIAAF (sd). Direction régionale et interdépartementale de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt d'Ile-de-France, Service régional de l'alimentation.

Fandohan P., Goergen G., Hell K., Lamboni PhD., 2005. Petit manuel d'identification des principaux ravageurs des denrées stockées en Afrique de l'Ouest. Publisher: INRAB & IITA, 20p.

Fasulo T.R., Knox M.A. Indianmeal Moth, *Plodia interpunctella* (Hübner) (Insecta: Lepidoptera: Pyralidae). EENY-026. One of a series of the Department of Entomology and Nematology. UF/IFAS Extension. Original publication date February 1998. Revised November 2015. Reviewed September 2018, pp 1-4. <https://edis.ifas.ufl.edu>

Fekih N., 2015. Propriétés chimiques et biologiques des huiles essentielles de trois espèces du genre *Pinus* Poussant en Algérie, Thèse: de Doctorat Es-Sciences en Chimie, Univ: Abou Bekr Belkaid – Tlemcen, 131p.

Félix J.H., 1962. Les Graminées (Poaceae) d'Afrique tropicale, Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières. Paris, 345p.

Fleurat L. F., 1994. « Écophysiologie des Arthropodes nuisibles aux stocks de céréales en Afrique tropicale ». In Post-Récolte, principes et application en zone tropicale, ESTEMIAUPELF Verstraet en, 1-61.

Franchomme P., Jollois R., Penoel D., 2001. L'Aromathérapie exactement : encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des extraits aromatiques. Démonstration, illustration et applications d'une science médicale naturelle. Édition Roger Jollois, 491p.

Geden C.G., 2012. Status of biopesticides for control of house flies. J. Biopest. 5,1-11.

Ghenaiet I., Aouidet S., 2016. Etude de l'impacte des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* sur *Rhyzopertha dominica* : Aspect toxicologique et biomarqueur, Mém: Master, Univ: Larbi Tébessi –Tébessa-, 39p.

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

Guo Z., Ma Z., Feng J., Zhang X., 2009. Inhibition of Na⁺, K⁺ATPase in housefly (*Musca domestica* L.) by terpinen-4-ol and its ester derivatives. Agric Sci China 8,1492–1497.

Hasni H., Zeghba R., 2017. Evaluation de l'effet répulsif de trois huiles essentielles des plantes vis à vis de l'insecte des céréales stockées (*Rhyzopertha dominica*), Mémoire de Master, Univ: Mohamed Boudiaf - M'sila, 43p.

Huchet J.B., 2016. Le Coléoptère, la Graine et l'Archéologue : Approche archéontomologie des principaux ravageurs des denrées stockées. Plantes, produits végétaux et ravageurs Actes des X^e Rencontre d'Archéobotanique, les Eyzies de Tayac, 24-27 september 2014, pp. 17-42.

Ibrahim M.A., Kainulainen P., Aflatuni A., Tilikkala K., Holopainen J.K., 2001. Insecticidal, repellent antimicrobial activity and phytotoxicity of essential oils: with special reference to limolene and its suitability for control of insect pests. Agricultural and Food Science in Finland, vol 10 : 243-259.

Isman M.B., 2000. Plant essential oils for pest and disease management. Crop Prot. 19, 603–608.

Iteipmai., 2013. Les huiles essentielles dans la protection des cultures : une voie en cours d'exploration, 8p.
www.iteipmai.fr

Jouault S., 2012. La qualité des huiles essentielles et son influence sur leur efficacité et sur leur toxicité, le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie, Univ: Lorraine, faculté de Pharmacie, 137p.

Kermiche F., 2017. Evaluation de l'effet insecticide de deux huiles essentielles formulées (*Thymus pallescens* Noé et *Artemisia herba alba* Asso) sur les adultes *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) et

Rhyzopertha dominica (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). Mémoire de Master, Univ : Mohamed El Bachir El Ibrahim B.B.A, 43p.

Kennouche S., 2017. Etude phytochimique et biologique des espèces *Chrysanthemum segetum* L. (Asteraceae) et *Limonium pruinosum* (L.) Chaz. (Plumbaginaceae). Thèse de Doctorat en Sciences en Chimie organique. Univ: Des Freres Mentouri-Constantine. 195p.

Kostyukovsky M., Rafaeli A., Gileadi C., Demchenko N., Shaaya E., 2002. Activation of octopaminergic receptors by essential oil constituents isolated from aromatic plants: possible mode of action against insect pests. Pest Manag. Sci. 58, 1101–1106.

Lakhial S., 2018. Inventaire des insectes et des maladies des denrées stockées, Mémoire de master, Univ : de bouira, 35p.

Lepesme P., 1944. Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés. Ed.P. Le chevalier, Paris, pp. 61 - 67.

Le Gall P., Casevitz W. J., 1995. Les Insectes Lépidoptères In La fonction venimeuse, Paris, pp. 17-22.

Liu X.C., Li Y., Wang T., Wang Q., Liu Z.L., 2014. Chemical composition and insecticidal activity of essential oil of *Artemisia frigid* Willd (Compositae) against two grain storage insects. Trop. J. Pharm. Res. 13(4), 587–592.

López M.D., Campoy F.J., Pascual V.M.J., Munoz D.E., Vidal C.J., 2015. Acetylcholinesterase activity of electric eel is increased or decreased by selected monoterpenoids and phenylpropanoids in a concentration-dependent manner. Chem-Biol. Interact. 229, 36–43.

Mansour S.A., El-Sharkawy A.Z., Abdel H.N.A., 2015. Toxicity of essential plant oils, in comparison with conventional insecticides, against the desert locust, *Schistocerca gregaria* (Forskål). Industrial Crops and Products.63, 92-99.

Messaoudene H., Mouhou N., 2017. Etude de la toxicité des huiles essentielles contre les ravageurs des denrées stockées, Mémoire de Master, Univ: Abderrahmane MIR-Bejaia, 35p.

Mennal H., Chennafi S., 2015. Synthèse bibliographique des résultats de recherche sur l'application des huiles essentielles de quelques espèces de la famille des lamiacées obtenues à l'Université de Khemis Miliana, Mémoire de Master, Univ: Djilali Bounaama Khemis Miliana, 41p.

Naghbi F., Mosaddegh M., Motamed S.M., Ghorbani A., 2005. Labiatae family in folk medicine in Iran: from ethnobotany to pharmacology. Iran. J. Pharm. Res, pp 63–79.

Ngamo L.S.T., Hance Th., 2007. Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical, Cameroun. Tropicultura. 25 (4) : 215-220.

Obeng O.D., Reichmuth C.H., Bekele J., Hassanali A., 1997. Biological activity of 1,8-cineole, a major component of essential oil of *Ocimum kenyense* (Ayobeingira) against stored product beetles. J. Appl. Entomol., 121, 237-243.

- O'Kelly E., 1983.** Traitement et stockage des céréales vivrières par les ménages ruraux. Rome, Food & Agriculture Org, 134p.
- Pacheco I.A., Sarton M.R., Taylor R.W., 1990.** Levantamento de resistencia de insetos-pragas de graos armazenados a fosfina no Estado de sao Paulo. Coletanea do ITAL. 20(2), 144-154.
- Palacios S.M., Bertoni A., Rossi Y., Santander R., Urzúa A., 2009.** Efficacy of essential oils from edible plants as insecticides against the house fly, *Musca domestica* L. *Molecules*.14(5),1938-47.
- Polatoğlu K., Karakoç O.C., Yücel Y.Y., Gücel S., Demirc B., Başer K.H.C., Demirc I.F., 2016.** Insecticidal activity of edible *Crithmum maritimum* L. essential oil against Coleopteran and Lepidopteran insects. *Industrial Crops and Products*.89, 383–389.Proctor D.L., 1994.
- Raja R.R., 2012.** Medicinally potential plants of Labiatae (Lamiaceae) family: an overview. *Res. J. Med. Plant*. 6(3) : 203–213.
- Rajashekar Y., Gunasekaran N., Shivanandappa T., 2010.** Insecticidal activity of the root extract of *Decalepis hamiltonii* against stored product insect pests and its application in grain protection. *J Food Sci Technol* 47 :310–314
- Rees D., 2007.** *Insects of stored grain : a pocket reference*, 2nd ed, CSIRO Publishing Australia, 77p.
- Reis S.L., Mantello A.G., Rossete E.A.G., Cardoso A.M., Beleboni R.O., 2014.** Insecticidal and repellent activity of typical monoterpenes from plant essential oils against *Callosobruchus maculatus* (Fabr. 1775). *BMC Proceedings*. 8(4),115.
- Regnault R.C., Hamraoui A., 1995.** Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthosceides obtectus* (Say) (Coleoptera) a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Stored Prod. Res.* 31, 291–299.
- Saheb D., 2007.** Activité acaricide de quatre huiles essentielles sur *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval 1876 (Acari ; Tetranychidae) et contribution à l'étude de leur composition chimique par GC/MS, Mémoire de Magister, Institut national Agronomique d' El-Harrach - Alger, 83p.
- Shaaya E., Kostjukovski M., Eilberg J., Sukprakarn C., 1997.** Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored product insects. *J Stored Prod Res* 33:7–15
- Shaaya E., Ravid U., Paster N., Juven B., Zisman U., Pissarev V., 1991.** Fumigant toxicity of essential oils against four major stored-product insects. *Journal of Chemical Ecology*.17, 499-704.
- Shabnum S., Wagay M.G., 2011.** Essential oil composition of *Thymus vulgaris* L. and their uses. *J. Res. Dev.* 11, 83–94.
- Tirakmet S., 2015.** Étude comparative entre l'activité insecticide des huiles essentielles extraites à partir de deux espèces de la famille des Astéracées récoltées dans la région de Makouda et l'activité insecticide d'un pesticide organique de synthèse sur le ravageur secondaire du blé tendre stocké *Tribolium castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidea), Mémoire de Master en Agronomie, Univ: Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 76p.

Traboulsi A.F., Taoubi K., EL-HAJ S., Bessiere J.M., Rammal S., 2002. Insecticidal properties of essential plant oils against the mosquito *Culex pipiens molestus* (Diptera: Culicidae). *Pest Manag Sci.* 58(5),491-5.

Tripathi A.K., Prajapati N.V., Bahi J.R., Bansal R.P., Khanuja S.P.S., Kumar S., 2002. Bioactivities of the leaf essential oil of *Curcuma longa* (var. ch-66) on three species of stored-product beetles (Coleoptera). *J Econ Entomol.*95, 183–9.

Wilson G-P., O'brien M.M., Gadek A.P., Quinn J.C., 2001. Myrtaceae Revisited: A Reassessment of Intrafamilial Groups, *American Journal of Botany.* 88 (11) : 2013–2025.

Zhang W.J., You C.X., Yang K., Chen R., Wang Y., Wu Y., Geng Z.F., Chen H.P., Jiang H.Y., Su Y., Lei N., Ma P., Du S.S., Deng Z.W., 2014. Bioactivity of essential oil of *Artemisia argyi* Lévl: et Van and its main compounds against *Lasioderma serricorne*. *J. Oleo. Sci.*63, 829 837.