

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Blida 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Biotechnologies

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master
Académique en Sciences de la Nature et de la Vie

Spécialité : Phytopharmacie Appliquée

Evaluation de l'efficacité de deux formulations à base d'huiles essentielles sur *Tribolium castaneum*(Herbst)

Présenté par : M^{elle} ELIMAM Nabila

Devant les membres de jury composé de :

M ^r AROUN M.F	U.S.D. BLIDA	M.C.B	Président
M ^{me} BABA AISSA .K	U.S.D. BLIDA	M.A.A	promotrice
M ^r DJAZOULI .Z.E	U.S.D. BLIDA	PROFESSEUR	Co-promoteur
M ^r MOUSSAOUL.K	U.S.B. BLIDA	M.A.A	Examineur

Année Universitaire 2016/2017

REMERCIEMENTS

*Au terme de ce modeste travail, Mes premiers remerciements s'adressent à **ALLAH** de m'avoir donné la foi, la force, la patience, et le courage pour avoir réalisé ce travail.*

J'adresse mes sincères remerciements à ma promotrice, M^m MOUSSAOUI-BABA AISSA. K pour avoir bien voulu m'encadrer, pour ses précieux conseils, pour son aide, sa patience, et son suivi tout au long de la réalisation de ce mémoire. J'espère qu'elle trouve ici l'expression de ma profonde gratitude

*J'exprime aussi ma gratitude à **Mr. DJAZOULI Z. E.** Professeur à l'université de BLIDA1, qui m'a fait l'honneur d'être mon Co-promoteur ; ainsi que pour l'intérêt qu'il a apporté à la réalisation de ce travail. Je le remercie chaleureusement pour ses encouragements, orientations, aide, précieux conseils, patience et aussi pour sa disponibilité et sa gentillesse.*

*Je remercie également **Mr. AROUN M.F.** Ed'avoir accepté de présider mon jury soutenance et pour ses conseils judicieux et surtout son soutien et ses apports tant enrichissants.*

*Je remercie aussi **Mr MOUSSAOUI** pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant d'examiner ce mémoire*

Je n'oublierai jamais l'aide avantageuse des ingénieurs de laboratoires de Zoologie et de Phytopharmacie de l'université de BLIDA 1, je leur remercie infiniment.

Je ne pourrai terminer cette liste de remerciements sans exprimer ma profonde gratitude à tous les enseignants et professeurs qui ont assuré ma formation sans oublier le personnel du département de Biotechnologies de Blid

DEDICACES

A mes très chers parents, qui présentent pour moi la source de tendresse et l'exemple du dévouement. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que vous méritez, pour tous les sacrifices que vous n'avez cessé de me donner depuis toujours, vous m'avez guidé pour suivre le bon chemin dans ma vie et mes études. Je vous dédie ce travail en témoignage de mon profond amour.

Je dédie aussi ce modeste travail :

A ma très chère sœur qui occupe une place unique dans ma vie, tu es la plus belle chose qui ne me soit jamais arrivée.

A mes frères Amine Nassim et Mounir pour leurs présence, leurs soutiens moraux et surtout leur amour.

A mes belles sœurs Safia et Wafa

A mon très cher fiancé qui n'a pas cessé de m'encourager, toute ma reconnaissance pour son immense clémence et surtout pour avoir répondu présent à chaque fois que j'ai eu besoin de son aide.

A mon aimable petit frère Abd El Rahman

A ma grand-mère et mes tentes

A ma belle-famille plus spécialement mes beaux-parents

A mes cher(e)s ami(e)s en particulier Asma, Yasmine, Romaiissa, Fadia, pour votre gentillesse, votre amour votre aide, soutiens et disponibilité, que cela se traduit par le plaisir et la joie que j'ai eu l'enchantement de vous connaître.

A mon amie OUCHENE YASMINA

Je tiens à remercier aussi toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin, directement ou indirectement à la réalisation de ce modeste travail. «A ceux qui cachent leurs chagrins pour ne pas assombrir des vies »

Evaluation de l'efficacité de deux formulations à base d'huiles essentielles sur *Tribolium castaneum* (Herbst)

Résumé

Face à l'ampleur des dégâts causés par les insectes et plus précisément les coléoptères sur les denrées stockées, une panoplie de méthodes est utilisée pour éradiquer le fléau ou maintenir le niveau des attaques à un seuil économiquement acceptable. On essaye par tous les moyens de diminuer l'application des insecticides et on fait appel à la lutte biologique ; parmi les voies les plus explorées dans la régulation des ravageurs : la formulation des huiles essentielles.

L'objectif de cette étude consiste à l'évaluation de l'effet biocide de deux bioproduits formulés à base d'huile essentielle de lentisque (*Pistacia lentiscus* L) et d'huile essentielle de petit grain de Bigaradier (*Citrus aurantium*), vis-à-vis des adultes d'un ravageur redoutable des denrées stockées: *Tribolium castaneum*.

Les biopesticides formulés à base des huiles essentielles de lentisque (*Pistacia lentiscus*) et d'huile essentielle de petit grain de Bigaradier (*Citrus aurantium*), à la dose D3 (1g) a exercé un effet très important sur les populations de *Tribolium castaneum*. Par ailleurs la dose D2 (0,75g) a exercé un effet modéré par rapport à la dose D1 (0,5g) qui a montré un degré d'efficacité le plus faible dans la température ambiante.

Mots clés : *Biopesticides ; Citrus aurantium ; Huiles essentielles ; Pistacia lentiscus ; Tribolium castaneum*

Evaluation of the effectiveness of two formulations based on essential oils on *Tribolium castaneum* (Herbst)

Abstract

Given the extent of the damage caused by insects and more specifically beetles on stored foodstuffs, a variety of methods are used to eradicate the plague or to maintain the level of attacks at an economically acceptable level. Every effort is being made to reduce the application of insecticides and to use biological control; among the most explored ways in the regulation of pests: the formulation of essential oils.

The objective of this study is to evaluate the biocidal effect of two formulated bioproducts based on lentisk essential oil (*pistacia lentiscus*) and Bigaradier (*citrus aurantium*) small-grain essential oil, of a serious pest of stored food: *Tribolium castaneum*.

The biopesticides formulated with lentisque (*pistacia lentiscus*) essential oils and Bigaradier (*Citrus aurantium*) small-grain essential oil, at dose D3 (1g), had a very important effect on the populations of *Tribolium castaneum*. Moreover, the dose D2 (0.75 g) exerted a moderate effect with respect to the dose D1 (0.5 g) which showed a lowest degree of efficiency in the ambient temperature.

Key words: *:Biopesticides ; Citrus aurantium ; essential oils; Pistacia lentiscus ; Tribolium castaneum*

تقييم فعالية اثنين من الصيغ على أساس الزيوت الأساسية على خنفساء الدقيق

Tribolium castaneum (Herbst)

ملخص

وبالنظر إلى مدى الأضرار التي تسببها الحشرات، وعلى وجه الخصوص الخنفساء على المواد الغذائية المخزنة، تستخدم مجموعة متنوعة من الأساليب للقضاء على الطاعون أو للحفاظ على مستوى الهجمات على مستوى مقبول اقتصادي ويبدل كل جهد ممكن للحد من تطبيق المبيدات الحشرية واستخدام مكافحة البيولوجية؛ من بين أكثر الطرق استكشافاً في تنظيم الآفات: صياغة الزيوت الأساسية

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم تأثير مبيد بيولوجي من اثنين من المنتجات البيولوجية وضعت على أساس لنتيسك من الضروري النفط (بيستاسيالينيسكوس) و بيغارادير (الحمضيات أورانتيوم) الحبوب الصغيرة من الضروري النفط، -تقدما من قبل الكبار من الآفات اللعين من المواد الغذائية المخزنة خنفساء الدقيق وكانت المبيدات الحيوية المصاغة مع الزيوت العطرية (بيستاسيالينيسكوس) والزيوت الأساسية وبيغارادير (الحمضيات أورانتيوم) من الحبوب الأساسية ذات الحبيبات الصغيرة، عند الجرعة (1g) D3 ، لها تأثير مهم جدا على خنفساء الدقيق. وعلاوة على ذلك، كان للجرعة (0.75) D2 (جم) تأثير معتدل فيما غرام والتي أظهرت أدنى درجة من الكفاءة في درجة الحرارة المحيطة يتعلق جرعة (0.5) D1

كلمات البحث: المبيدات الحيوية ، الزيوت العطرية، الفستق لينيسكوس، الحمضيات أورانتيوم، كخنفساء الدقيق.

Liste des figures

Figure 1 :	Coupe d'un grain de blé montrant un œuf de <i>S. oryzae</i> Linn. Dans sa logette. (<i>In Acta</i> , 1982).	5
Figure 2 :	Larve de <i>S. oryzae</i> L. (<i>In Acta</i> , 1982).	5
Figure 3 :	Nymphe de <i>S. oryzae</i> dans un grain de blé. (<i>In Acta</i> , 1982).....	6
Figure 4 :	Adulte de <i>Sitophilusoryzae</i> (L). (Anonyme, 2005).....	6
Figure 5 :	Cycle de développement de <i>S. oryzae</i> (<i>In Acta</i> , 1982).....	7
Figure 6 :	<i>Tribolium castaneum</i> Herbst (Lepigre, 1966).....	8
Figure 7 :	<i>Tribolium</i> brun de la farine (adulte).	9
Figure 8 :	les stades de développement de <i>Tribolium castaneum</i>	9
Figure 9 :	Les dommages causés par <i>Tribolium castaneum</i>	10
Figure 10 :	Distribution des 11 espèces de <i>Pistacia lentiscus</i> (Thingshuanget <i>al.</i> ,(2008).	16
Figure 11 :	« Larmes » de résine qui s'écoulent du tronc de <i>Pistacia lentiscus</i> (Anonyme ,2011).....	17
Figure 12 :	plante du bigaradier (<i>Citrus aurantium</i>)(L., 1753).....	20
Figure 13 :	Adulte de <i>Tribolium castaneum</i> (<i>original</i> , 2017).....	22
Figure 14 :	Élevage de <i>Tribolium castaneum</i> (<i>original</i> , 2017).....	23
Figure 15 :	Présentation générale de Lentisque et bigaradier (<i>original</i> , 2017)	23
Figure 16 :	Matériel végétal séché (<i>original</i> 2017).....	24
Figure 17 :	Diapositive d'extraction de l'huile essentielle (<i>original</i> , 2017).....	25
Figure 18 :	les bioproduits formulés du bigaradier lentisque et du Témoin sans l'huile essentielle	26

Figure 19 :	Schéma directeur des différents traitements appliqués sur les populations de <i>Tribolium castaneum</i>.....	28
Figure 20 :	évaluation temporelle du taux de mortalité observée de <i>Tribolium castaneum</i> sous l'effet de la formulation en gel des huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier par contact.....	31
Figure 21 :	évaluation temporelle du taux de mortalité corrigée de <i>Tribolium castaneum</i> sous l'effet de la formulation en gel des huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier par contact.....	32
Figure 22 :	Tendance des potentialités insecticides de la formulation gel des bioproduits à base d'huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier.....	33
Figure 23 :	Évaluation temporelle du taux de mortalité observée de <i>Tribolium castaneum</i> sous l'effet de la formulation de poudre a base des huiles essentielles formulées de Lentisque et du Bigaradier par contact.....	35
Figure 24 :	évaluation temporelle du taux de mortalité corrigée de <i>Tribolium castaneum</i> sous l'effet de la formulation de poudre a base des huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier par contact.....	36
Figure 25 :	Tendance des potentialités insecticides de la formulation en poudre des bioproduits à base d'huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier.....	37
Figure 26 :	évaluation temporelle des taux de mortalités sous l'effet de la formulation en gel des bioproduits à base d'huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier par effet résiduel.....	39
Figure 27 :	Evaluation temporelles des taux de mortalité corrigée sous l'effet de la formulation gel des bioproduits à base d'huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier par l'effet résiduel	40
Figure 28 :	Tendance des potentialités insecticides de la formulation gel des bioproduits à base d'huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier	41

Listedes tableaux

Tableau 1 :	Concentration des différents composés identifiés par Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectroscopie de masse des huiles essentielles des feuilles de <i>Pistacia lentiscus</i>	18
Tableau 2 :	Concentration des différents composés identifiés par Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectroscopie de masse des huiles essentielles des feuilles de Bigaradier.....	20
Tableau 3 :	Comparaison des potentialités insecticides de la formulation en gel des bioproduits à base d’huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier.....	34
Tableau4 :	Comparaison des potentialités insecticides de la formulation en poudre des bioproduits à base d’huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier.....	38
Tableau5 :	Comparaison des potentialités insecticides de la formulation poudre des bioproduits à base d’huiles essentielles.....	42

LISTE DES ABREVIATIONS ET DES SYMBOLES

ACP	Analyse en Composantes Principales
°C	Degrés Celsius
Fig.	Figure
g	gramme
%	pourcentage.
h	heures
HE	huile essentielle
D	dose
T	Tribolium
TM	témoin
MC	la mortalité corrigée
M	pourcentage de morts dans la population traitée
T°	température
D1	dose 1 0.5g/100ml
D2	dose 2 0.75g/100ml
D3	dose 3 1g/100ml
L	Lentisque
B	bigaradier

Sommaire

Résumé

Abstract

ملخص

Introduction générale	1
Chapitre 1 : Synthèse bibliographique	
1. les denrées stockées.....	4
1. 1. Importances des céréales dans l'alimentation humaine.....	4
1. 2. Problèmes liés au stockage.....	5
1. 3. Les principaux ravageurs.....	5
1. 3. 1. Présentation du ravageur <i>Sitophilus oryzae</i> (L),	5
1. 3. 1. 1. La position systématique.....	5
1. 3. 1. 2. Répartition géographique.....	5
1. 3. 1. 3. Biologie de développement.....	6
1. 4. Présentation du ravageur <i>Tribolium castaneum</i>	7
2. Moyens de lutte	10
2. 1. Lutte préventive	10
2. 2. Lutte curative	10
3. Importance des huiles essentielles dans la gestion des nuisances causées par les ravageurs des denrées stockées	12
4. Bio activité des huiles essentielles	13
4. 1. Activité insecticide	13
4. 2. Autres activités biologiques des huiles essentielles.....	14
4. 3. Formulation des huiles essentielles	14
5. Répartition géographique de <i>Pistacia lentiscus</i> et systématique	14
5. 1. Répartition géographique	14
5. 2. Systématique	15
5. 3. Description botanique.....	16
5. 4. Utilisation thérapeutique traditionnelle	17
6. Le bigaradier	19
6. 1. Discription de la plante	19
6. 2. Systématique.....	19
6. 3. Composition chimique de l'huile essentielle de bigaradier	20
6. 4. Effets insecticides de huile essentielle de bigaradier	21

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

1. Objectif	22
2. Matériels d'étude.....	22
2. 1 Matériel animal	22
2. 1. 1. Origine du substrat d'élevage	22
2. 1. 2. Elevage du matériel animal.....	23
2. 2. Matériel végétal.....	23
2. 2. 1. Echantillonnage	23
2. 2. 2. Séchage	24
2. 2. 3. Extraction d'huiles essentielles.....	24
2. 2. 4. Estimation du rendement en huile essentielle	25
2. 2. 5. Formulation des bioproduits	25
3. Dispositif expérimental	26
3. 1. Application des traitements sur le <i>Tribolium castaneum</i>	26
3. 2. Les Tests de toxicité	27
3. 3. Exploitation des résultats	29
4. Analyse statistique des résultats.....	29
4. 1. 4.1. Analyses multi-variées.....	29

Chapitre 3 : Résultats

1. Le rendement et Caractérisation des huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier.....	31
2. Evaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles formulées de Lentisque et du Bigaradier par contact.....	31
2. 1 Evaluation des potentialités insecticides de la formulation poudre des bioproduits à base d'huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier par contact	31
2. 2. Evaluation des potentialités insecticides de la formulation en poudre des bioproduits à base d'huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier par contact.....	35
2. 3. Estimation de l'activité insecticide d'huiles essentielles formulées en gel de Lentisque et du Bigaradier par effet résiduel	39

Chapitre 4 : discussion générale

1. Estimation du rendement des huiles essentielles.....	44
2. Evaluation de l'activité insecticide des formulations à base d'huiles essentielles de lentisque et de bigaradier sur les adultes de <i>Tribolium castaneum</i>	44
3 Evaluation temporelle de l'activité insecticide des formulations à base d'huile essentielle de Bigaradier et de lentisque sur les adultes de <i>Tribolium castaneum</i> sous l'effet dose.....	46

Conclusion générale	48
----------------------------------	----

Références bibliographiques

Introduction générale

La consommation des céréales et des légumineuses alimentaires se fait toute l'année. Le stockage rend possible la disponibilité quasi permanente de ces denrées sur les marchés et assure les semences pour les campagnes agricoles à venir. **(Bell et al., 1998 in Ngamo et Hance, 2007).**

Pendant ce stockage, les insectes et principalement certains genres de Coléoptères provoquent des pertes qui avoisinent les 3% dans les pays développés alors qu'en Afrique, elles atteignent 30%.**(Siluy, 1992 in Benazzeddine, 2011).**

L'Algérie n'échappe pas à ce problème où les dégâts provoqués seulement par les insectes dépassent de loin les 33% en période d'été, (température optimale de développement des insectes) **(Mebarkia. et al., 2006).**

Parmi les coléoptères, le Tribolium rouge de la farine (*Tribolium castaneum* Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) parachève les dégâts **(Markham et al., 1994; Throne, 1994)**. Cet insecte se développe et se nourrit dans les denrées alimentaires, causant ainsi des pertes quantitatives et qualitatives.

En matière de lutte, Les pratiques traditionnelles ont été abandonnées au profit des méthodes modernes à cause de nombreux changements subits par l'agriculture au cours des dernières décennies **(Thian et Ducommun, 1993, FAO, 1990 in Camara, 2009).**

Les méthodes modernes constituent principalement en des produits chimiques (pesticides). Comme l'utilisation de pesticides devient de plus en plus dangereuse, de nombreux travaux se sont penchés sur la recherche de substances ayant des pouvoirs insecticides et respectueux de la santé humaine et de l'environnement.

La recherche des méthodes alternatives de protection des denrées issues du savoir-faire des anciens puis l'usage des phytopesticides, produits de la biodiversité locale se présente aujourd'hui comme une alternative prometteuse. Les phytopesticides formulés à partir des huiles essentielles des plantes aromatiques condimentaires constituent une piste sérieuse. L'utilisation des huiles essentielles comme insecticide est devenue une piste d'avenir à intérêt scientifique très important.

En Algérie, les recherches concernant l'action des huiles essentielles sont récentes et restent à titre expérimental, généralement orientées vers la lutte contre les insectes ravageurs des denrées stockées. Ces produits alimentaires sont destinés à la consommation directe, d'où l'intérêt de ces

biopesticides qui sont biodégradables et non polluants, ainsi on ne risque pas de les trouver dans notre alimentation.

Plusieurs travaux font références à l'utilisation des huiles essentielles pour la protection des denrées stockées contre les insectes (**Zoubiri et Baaliouamer, 2011, Liu et al., 2011 et Mdjimivou, 2011**). Cependant, suite à la courte rémanence des huiles essentielles, due à leur volatilité et l'instabilité, on s'est intéressé à la formulation des huiles essentielles qui assure non seulement la stabilité chimique et physique du produit mais aussi par rapport à son efficacité biologique et son innocuité à l'égard des cultures.

Ainsi, notre étude a porté sur l'évaluation temporelle de l'activité biocide de deux huiles essentielles; l'une de lentisque (*Pistacia lentiscus*) et l'autre de bigaradier (*Citrus aurantium*) formulées de différentes textures (gel et poudre) dans le cadre d'une lutte biologique contre le *Tribolium castaneum*. , un des principaux insectes ravageurs des denrées alimentaires stockées

Dans ce contexte on a essayé de répondre à certaines questions hypothèses, à savoir:

-Quel serait l'impact des bioformulations à base d'huiles essentielles et de leur mode d'application sur les populations adultes de *Tribolium castaneum*?

-Les huiles essentielles en question appliquées à différentes doses présentent-elles la même efficacité dans le temps?

Chapitre I

1. Les denrées stockées

1.1. Importances des céréales dans l'alimentation humaine

Les céréales se sont substituées à d'autres produits tel que les fruits, les légumes et les viandes, mais généralement plus chers. Les céréales contribuent pour 35% à 45 % des apports caloriques dans les rations alimentaires méditerranéennes, ceci est fonction des pays, des traditions culturelles et alimentaires, les milieux d'habitation, les modes de vie. Les principales céréales produites dans les pays du bassin méditerranéen sont le blé, le maïs et l'orge. **(Anonyme, 2006)**

1.1.1. Production et consommation des céréales dans les pays du bassin méditerranéen

La France, l'Espagne, l'Italie, la Turquie et l'Egypte assurent plus de 75% de la production céréalière des pays du bassin méditerranéen. Au Maroc, en Tunisie et en Algérie, la production est fortement fluctuante en fonction des variations climatiques et de la maîtrise des techniques de production d'où très souvent on fait recours aux importations. **(Anonyme, 2006).**

Selon la même source, les niveaux de consommation de céréales par an sont assez différents d'un pays à l'autre. On peut distinguer 3 groupes de pays: le premier groupe est représenté par des pays tels que la Tunisie, le Maroc, l'Algérie et l'Egypte où la consommation moyenne par habitant se situe entre 200 Kg et 250 kg. Le deuxième groupe avec une consommation variant de 130 kg à 160 kg est représenté par des pays tels que la Grèce, le Portugal, l'Italie et l'Albanie et enfin l'Espagne et la France avec une consommation inférieure à 100kg figurent dans le troisième groupe.

1.1.2. Importance économique des céréales en Algérie:

Les céréales et leurs dérivées représentent un élément stratégique dans le système alimentaire en Algérie aussi bien du point de vue superficie agricole occupée que du point de vue économique et nutritionnel. **(Bencharif et chaulet, 1991 in Said, 2011).** En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale; La production des céréales, jachère comprise, occupe environ 80% de la superficie agricole utile (SAU) du pays, la superficie emblavée annuellement en céréales se situe entre 3 et 3,5 millions d'ha. Les superficies annuellement récoltées représentent 63% des emblavures **(Djermoun, 2009).**

1.2. Problèmes liés au stockage

Les dépréciations observées sont en général la résultante de l'action des ravageurs, de l'inadéquation du module de stockage ou du type de denrée qui peut être un cultivar très réceptif aux facteurs de pertes (**Ashamo, 2006 inGueyetal., 2011**).

1.2.1. Les ravageurs

Lors du stockage, les grains et les graines sont attaqués en général par des insectes Coléoptères. (**Yahiaoui, 2005**). Ces coléoptères sont repartis en 2 groupes, (**Bekon et Fleurat-Lessard, 1989 inYahiaoui, 2005**).

1.2.1.1. Catégorie de ravageurs

- **Ravageurs primaires:** qui attaquent les grains intacts tels que *Rhysoperthadominica*
- **Ravageurs secondaires:** Ils attaquent les grains déjà infectés par les ravageurs primaires, à partir des ouvertures qui servent de voie d'accès, tel que *Tribolium confusum* et *Tribolium castaneum*.

1.3. Les principaux ravageurs

1.3.1. Présentation du ravageur *Sitophilusoryzae* (L.),

1.3.1.1. La position systématique

Le charançon du riz est un coléoptère faisant partie de la famille des *Curculionidae*, le genre *Sitophilus*, ce dernier comprend trois espèces: *S. granarius* (L.), *S. oryzae*(L.), *S. Zeamais*Motsch.

D'après **Borroretal.(1981)**, la position systématique de *Sitophilusoryzae* (L.), se résume comme suite: l'embranchement des arthropodes et appartient à la classe des insectes et l'ordre des coléoptères et la famille de *Curculionidae*.

1.3.1.2 Répartition géographique

Cosmopolite, mais surtout présent en zones subtropicales et tempérées chaudes. On a mis en évidence, chez *Zeamais* aussi bien que chez *Sitophilusoryzae* l'existence de races géographiques qui diffèrent pour de nombreux caractères comme l'adaptabilité à des plantes hôtes différentes fécondité, longévité, vitesse de développement et l'aptitude au vol (**Alex et Maurice, 1993**).

1.3.1.3. Biologie de développement

1.3.1.3.1. Description morphologique des différents stades de *S. oryzae*

Le cycle vital de *S.oryzae* comporte quatre stades: l'œuf, la larve, la nymphe et l'imago. (Figure: 5)

L'œuf de *S.oryzae* est piriforme, blanc, brillant et mesure 0,65 à 0,70 mm. (Lepesme P., 1944).

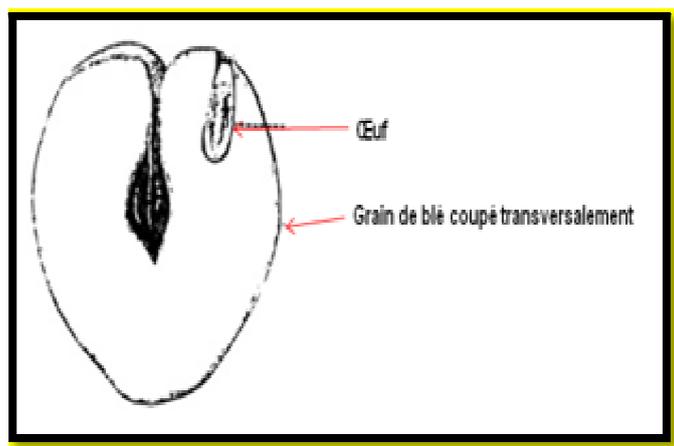


Figure 01: Coupe d'un grain de blé montrant un œuf de *Sitophilus oryzae*(L.) Dans sa logette. (Anonyme, 1982).

La larve, après l'éclosion passe par quatre stades que l'on identifie par la longueur de la capsule céphalique. La larve est apode et d'un blanc perle. Elle se singularise par sa forme extrêmement ramassée (**Steffan, 1978**). Sa tête, d'un brun-clair, porte des mandibules plus sombres, fortes et triangulaires (**Lacoste, 1970**).

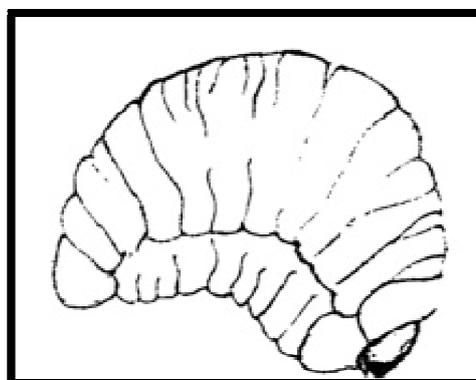


Figure 02: Larve de *Sitophilus oryzae* (L.)(Anonyme, 1982).

La nymphe, à son complet développement, la larve aménage une sorte de chambre de nymphose où elle passe par un stade pré-nympheale. Après une

période d'immobilisation de 50 heures environ, la prénympe se transforme en nympe La durée de ce dernier stade varie de 6 à 15 jours (**Lepesme, 1944**).

Après la métamorphose, la nympe morphologiquement identique à l'adulte, reste repliée, le rostre tourné vers l'abdomen, se transforme en un imago d'aspect clair, qui demeure à l'intérieur du grain encore de 3 à 80 jours selon la température en attendant que durcissent ses téguments. L'imago perce, ensuite l'enveloppe du grain et s'échappe à l'extérieur par l'extrémité opposée au trou où l'adulte a déposé l'œuf (**Mathlein, 1938**).

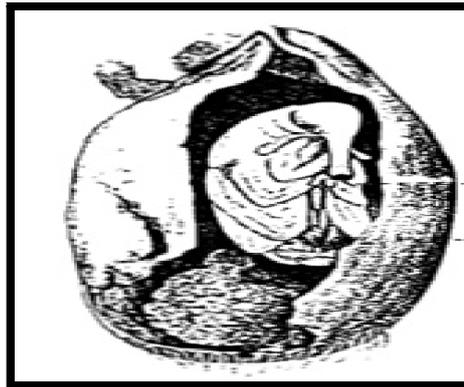


Figure. 03: Nympe de *Sitophilus oryzae* dans un grain de blé. (Anonyme, 1982).

L'adulte, d'une taille comprise entre 2,5 et 5mm. Les charançons se caractérisent par le prolongement de leur tête en avant par un long rostre visible à l'œil nu, à l'extrémité duquel se trouvent les pièces buccales broyeuses et portant des antennes; les pattes à fémur robuste, des tibias s'achevant par deux crochets arqués et des tarsi courts de quatre articles.

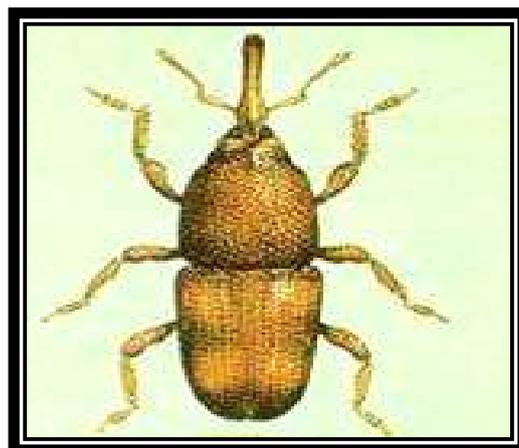


Figure 04: Adulte de *Sitophilus oryzae* (L). (Anonyme, 2005)

1.3.1.3.2. La ponte

La maturité sexuelle est acquise dès le jour même où l'insecte sort du grain. La ponte, après accouplement, a lieu, à partir du 3ème jour après cette sortie et se fait, très souvent, au voisinage du sillon central du grain, près du germe (**Kehe, 1975**). A l'aide de son rostre, la femelle pratique, dans le grain, un trou dont la profondeur atteint généralement la longueur pré-antennaire du rostre et dont la largeur dépasse légèrement celle de l'œuf. Elle y dépose, directement, l'œuf qu'elle recouvre, alors, d'une matière gélatineuse qui durcit à l'air. La ponte persiste toute la vie de l'insecte, le nombre d'œufs déposés par une femelle pouvant atteindre 200-400 œufs, soit une moyenne de 10 œufs par jour, à la température de 32°C (**Steffan, 1978**).

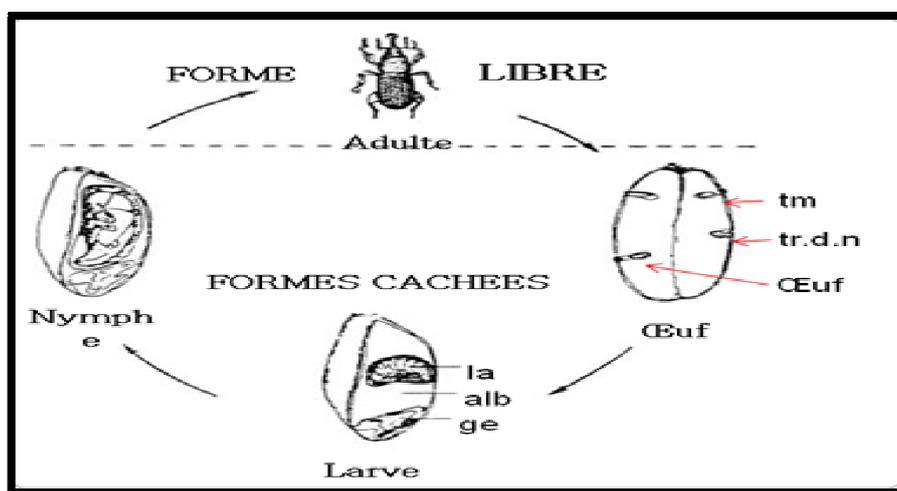


Figure 05: Cycle de développement de *Sitophilus oryzae* (In Acta, 1982).

La: larve apode, alb: albumen, ge: germe, tm: tampon mucilagineux, tr: trou de nourriture (Fleurat-Lessard, 1982a).

1.4. Présentation du ravageur *Tribolium castaneum*

1.4.1. Position systématique de *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797)

Le genre *Tribolium* se compose de petits coléoptères extrêmement communs (**Lepesme., 1944**), leur taille varie de 3 à 4 mm de long et leur couleur s'étend vers le brun plus ou moins foncé (Figure: 7) (**Balachovsky., 1963**). Selon **Lepesme (1944)**, ces insectes sont peu actifs et se nourrissent de produit de mouture, ils se dissimulent de préférence dans les recoins obscurs.



Figure 07: *Tribolium castaneum* Herbst (Lepigre, 1966)

Selon **Lepesme (1944)**, la classification de cette espèce est la suivante:

Embranchement:	Arthropoda.
Classe:	Insecta
Ordre:	Coleoptera
Sous Ordre:	Polyphaga
Famille:	Tenebrionidae
Sous Famille:	Ulominae
Genre:	<i>Tribolium</i>
Espèce:	<i>Tribolium castaneum</i>

1.4.2. Description:

L'adulte mesure de 3 à 4mm, de couleur uniformément brun rougeâtre, étroit, allongé à bord parallèles, à pronotum presque aussi large que les élytres et non rebordé antérieurement. Les trois derniers articles des antennes sont nettement plus gros que les suivant (**Camara, 2009**).



Figure 08: *Tribolium castaneum* de la farine (adulte).

1.4.3. Cycle évolutif

La femelle pond 300 à 400 œufs à des températures supérieures à 20 °C. Les larves qui en émergent sont filiformes, de couleur blanchâtre avec des bandes brun pâle. Elles mesurent 8 mm au terme de leur croissance. Le développement, de la ponte au stade adulte, prend 15 à 20 jours dans des conditions optimales (35 °C et humidité relative de 10 % ou moins). Cet insecte vole dès que les températures atteignent ou dépassent 25 C, ce qui explique la rapidité de sa propagation. Les températures propices à son développement complet se situent entre 20 et 40°C. La longévité de l'insecte est de 2 à 8 mois suivant les conditions abiotiques (Camara, 2009)

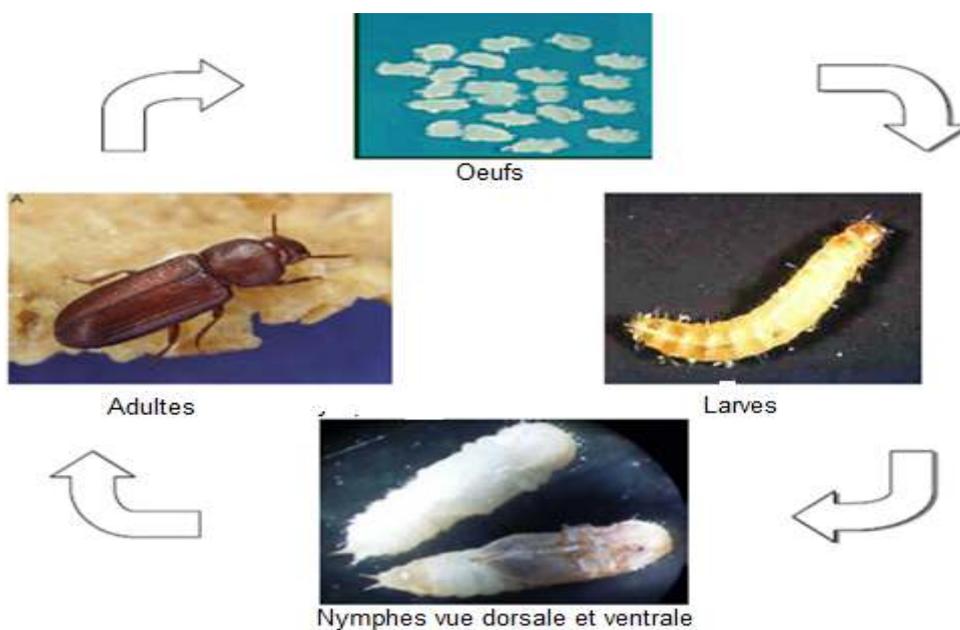


Figure 09: les stades de développement de *Tribolium castaneum*

1.4.4. Dommages:

Insecte cosmopolite affectionne les farines dans lesquelles il creuse des galeries. Il leur communique une teinte brunâtre, une odeur âcre et rend la panification difficile. Cet insecte se nourrit et se développe sur toute une variété d'aliments, mais il ravage surtout les grains entreposés, les oléagineux et leurs produits. Bien qu'il préfère le grain brisé ou endommagé, il s'attaquera volontiers au blé entier, dont il dévorera d'abord le germe puis l'albumen (Camara, 2009).



Figure 10: adultes *Tribolium castaneum*

2. Moyens de lutte:

La lutte contre les insectes ravageurs des denrées stockées comprend 2 méthodes: préventive et se pratique avant installation des ravageurs et l'autre curative, se pratique quand les lots sont déjà infectés (**Balachowsky, 1962 inHamdani, 2012**).

2.1. Lutte préventive:

Le mélange des grains avec des substances minérales comme le sable et la silice est un procédé très courant dans le contrôle des insectes des denrées stockées. En effet, les matières inertes entraînent la mort par déshydratation ou par abrasion de la cuticule des insectes. (**Kandja, 1996 inSoukeyna, 1999 inHamdani, 2012**).

2.2Lutte curative

2.2.1. Lutte chimique

Les méthodes utilisées pour limiter les pertes dans les stocks sont généralement les insecticides chimiques qui peuvent induire à une intoxication chronique des consommateurs, une résistance chez les ravageurs et avoir un effet négatif sur l'environnement (**Philogeneetal., 2002 et Marion-Poll F et al., 2002**).

Les moyens de protection les plus efficaces sont les pesticides chimiques. (**Relingeret al., 1988, Haubugeet al., 1988 in Camara, 2009**). D'après **Isman (2006)**, plusieurs pays en développement ont recours à l'insecticide DDT et autres polluants organiques persistants. Ceci provoque non seulement des problèmes de résistance chez les insectes ravageurs, mais entrainerait aussi des effets nocifs sur l'environnement et la santé humaine.

Les insecticides posent en outre des problèmes de disponibilité, de stockage et de cout. Selon **Isman (2006)et Pan Africa, (2003) in Camara,**

(2009), les produits chimiques sont utilisés d'une façon abusive et impropre dans la plupart des pays africains. Les paysans détournent souvent les pesticides à des usages autres que ceux pour lesquels ils étaient destinés et utilisent les pesticides toxiques sans mesure de protection adéquate à cause des taux d'analphabétisme.

Selon la nature des nuisibles auxquels ils sont destinés et le type de produit utilisé dans la protection des stocks, les pesticides sont scindés en 2 groupes (Hamdani, 2012):

- **Insecticides de contact:** mode d'intoxication qui permet d'atteindre de nombreux insectes non sensibles aux produits d'ingestion en raison de leur mode de vie. L'intérêt de cette voie est que l'insecticide agit non seulement sur les insectes touchés par le toxique, mais aussi sur ceux qui viennent ultérieurement au contact des plantes traitées.

- **Les fumigants:** sont appliqués par voie d'inhalation, sous forme de gaz ou de vapeur. L'intérêt de leur emploi est lié à leur diffusion à l'intérieur des grains pouvant aussi atteindre des formes cachées des ravageurs tel que les œufs, les larves et les nymphes. Dans des conditions optimales, leur efficacité à contrôler les nuisibles des stocks est certaine, toutefois ils présentent beaucoup d'inconvénients parmi lesquels l'accoutumance des insectes et la sélection de souches résistantes. (Benhalima *et al.*, 2004 in Gueye *et al.*, 2011), pollution de l'environnement et désordres écologiques (Regnault, 2002).

Toutes ces raisons militent en faveur de la recherche de méthodes alternatives de lutte. Pour réussir une protection efficace des denrées au cours du stockage, il faut trouver une alternative qui n'engage pas des problèmes de santé ou toute nuisance aux consommateurs et à l'environnement, entre autre:

2.2.2. La lutte physique:

L'utilisation des agents physiques (mouvement, chaleur, froid, radiation) afin de ralentir au maximum l'activité biologique des ravageurs. Selon Cruz *et al.*, (1988) in Hamdani (2012), les basses températures ralentissent l'activité alimentaire des insectes et les températures élevées inhibent les stades de développement.

L'irradiation est aussi une méthode qui donne de bons résultats, mais cette méthode tout comme la lutte par le froid ne sont pas utilisées en Afrique vue le coût de l'énergie et la lourdeur des installations de base (Gueye *et al.*, 2011)

2.2.3. La lutte biologique

C'est l'usage d'organismes vivants ou de leurs produits pour empêcher ou réduire les pertes ou dommages causés par des nuisibles. Les organismes vivants utilisés, communément appelés auxiliaires, antagonistes ou agents de lutte peuvent être des parasitoïdes, des prédateurs ou des pathogènes (**Hamdani, 2012 et Gueye et al., 2011**).

2.2.3.1. La phytothérapie

Selon **Gueye et al. (2011)**, l'usage des plantes indigènes dans la conservation des récoltes a été pratiqué avant même l'apparition des insecticides de synthèse. Certains paysans à faible revenu utilisaient dans certaines régions des plantes à effet insecticide pour protéger les denrées alimentaires en stockage.

Les produits extraits à partir des végétaux sont utilisés comme bio pesticides contre les ravageurs pour leur effet répulsif, de contact, ou de fumigants et ce sous plusieurs formes: extrait organique, extrait aqueux, poudres des plantes, huiles essentielles et huiles végétales. Les phytopesticides valorisables sous la forme des huiles essentielles présentent un réel avantage du fait de leur faible rémanence, leur faible toxicité pour l'homme et de leur mode d'action sur les ravageurs (**Ngamo et Hance, 2007**). La recherche d'insecticide efficace, respectueux de l'environnement et de la santé humaine se focalise sur l'utilisation de substances naturelles. (**Ngassoumeta, 2003; Ngamo et al., 2003 in Nguemtchouin, 2012 et Regnault, 2002**).

3. Importance des huiles essentielles dans la gestion des nuisances causées par les ravageurs des denrées stockées

Ce sont des métabolites secondaires, produites par les plantes comme moyen de défense contre les ravageurs phytophages, contiennent en moyenne 20 à 60 composés (mono terpènes, sesquiterpènes), connue dès l'antiquité pour leurs propriétés médicinales (**Hamdani, 2012**).

Les plantes sont naturellement dotées de médiateurs chimiques permettant la communication entre les espèces et présentant divers effets. Beaucoup de molécules dans ces composés, interviennent dans la défense du végétal contre les ravageurs, ainsi 2000 espèces végétales dotées de propriétés insecticides sont identifiées (**Ngamo et Hance, 2007**).

Les huiles essentielles jouent un rôle très important dans la formulation de divers produits de parfumerie, cosmétique, arômes alimentaires ainsi que dans le domaine de la lutte biologique contre les ravageurs (**Jamali et al., 2007**).

Dans les pays développés ou en voie de développement, les huiles essentielles détiennent actuellement une importante place dans le système de

lutte, leur rôle dans la recherche phytopharmaceutique dans certains pays du monde n'est plus à démontrer (**Lahlou, 2004**).

4. Bio activité des huiles essentielles

Les huiles essentielles jouent divers rôles dans les plantes qui les produisent, chez certaines plantes, elles ont un rôle protecteur car elles repoussent les insectes. D'autres propriétés (antimicrobienne, antifongique, antioxydant), sont également évoquées et montrent la diversité du potentiel des huiles essentielles (**Goudoum, 2010 in Nguemtchouin, 2012**)

4.1. Activité insecticide

Selon **Keita et al. (2001)**, les huiles essentielles constituent un outil remarquable de défense contre les insectes nuisibles et ceux des denrées stockées en particulier.

Certaines huiles essentielles dont les constituants principaux possèdent des propriétés répulsives ou dissuasives sont utilisées depuis longtemps dans la protection du grain entreposé (**Regnault et al, 1993**).

La mise en évidence du potentiel insecticide des huiles essentielles est un moyen non seulement de comprendre l'utilisation traditionnelle des plantes dans la protection des denrées, mais aussi d'offrir des possibilités nouvelles pour la mise en œuvre d'extrait de plante (**Nguemtchouin, 2012**).

Différents travaux font références à l'utilisation des huiles essentielles pour la protection des denrées stockées contre les ravageurs, on cite les travaux de **Yahiaoui (2005)** qui a évalué l'effet insecticide des l'huile essentielle de Menthe sur *Rhyzoperthadominica* et *Tribolium confusum*, ceux de **Khalfi et al.**, qui ont mis en exergue l'activité biologique de 3 extraits de plantes algériennes sur *Rhyzopertadominica*, ainsi que ceux de **Zoubiri et al., (2011)** qui ont étudié l'effet de 3 plantes sur *Sitophilus granarius*, qui est un genre de recueil dans lequel ils citent les principales plantes à potentiel insecticide, ainsi que l'activité biologique et les principaux constituants de chacune. Ces travaux révèlent que l'effet de l'huile essentielle sur les insectes n'est pas systématique, car on observe des réponses différentes suivant l'espèce d'insecte et l'huile essentielle, c'est pourquoi leur utilisation doit être basée sur des connaissances fiables et suffisantes, connaître le principe actif des plantes afin d'en étudier l'efficacité et le mode d'action (**Nguemtchouin, 2006 in Nguemtchouin, 2012**).

Un autre moyen d'évaluer l'activité des huiles essentielles est de travailler non pas sur le mélange complexe de ses constituants, mais d'étudier l'action spécifique des constituants des huiles essentielles.

Ce survol des recherches sur les substances naturelles à effet insecticide montre que les plantes possèdent des propriétés variantes de la répulsion à

l'anti appétence et à la létalité contre les ennemis des denrées stockées et que ces propriétés varient en fonction des constituants chimiques et de la sensibilité des ravageurs aux substances actives.

4.2. Autres activités biologiques des huiles essentielles

En plus de l'effet insecticide, les huiles essentielles et grâce à leur composition chimique riche en terpènes, aldehydes, et alcools, sont dotées de pouvoir antiseptique, antimicrobien et antifongique, comme le montre les travaux de **Caillard(2003)** in **Menaceur (2011)** qui montre que les huiles essentielles ont une activité antiseptique pour les poumons(*Eucalyptus*), dépurative ou cicatrisante (lavande). **Laib (2012)**, a évalué l'activité antioxydant et antifongique de l'huile essentielle de Lavande, d'autre part, **Ayadi (2011)**, a étudié l'effet antimicrobien des huiles essentielles de Romarin sur les souches GRAM+ et GRAM.

4.3. Formulation des huiles essentielles

Les principes actifs de bio-pesticides sont formulés de la même façon comme des pesticides de synthèse dans la plus part des cas. C'est le plus commode des utilisateurs comme il leur permet d'utiliser le même équipement pour des traitements différents. Beaucoup de bio-pesticides sont à base des organismes vivants. La variabilité de ces organismes devra être maintenue à des niveaux tolérables pendant le processus de formulation et le stockage.

Au moment de l'application, les organismes doivent reprendre leur état inerte pour leur activité. Les problèmes de formulations des bioproduits reviennent sur la compréhension omnipotente et rigoureuse des processus causant la mortalité des organismes qui est nécessaire pour promouvoir des progrès. **(Seaman, 1990)**.

Le processus de formulation mène à un produit final en mélangeant le composant microbien ou autre avec différents adjuvants pour la survie de l'agent biologique, et la bio-activité et la stabilité de stockage. Ainsi de faciliter le traitement pendant l'application du produit, Elles permettent aussi la protection du bio-agent soumis aux conditions environnementales défavorables, et favorisent l'activité du bio-agent en augmentant le contact et l'interaction avec le bioagresseur ciblé. **(Boyetchko et al., 1998)**

5. Répartition géographique de *Pistacia lentiscus* et systématique

5.1. Répartition géographique

Arbre du maquis et de la garrigue, *Pistacia lentiscus* est retrouvé à l'état spontané dans les pays du circum méditerranéen **(Seigue, 1985, Correia et Barradas, 2000)**. En Algérie, il occupe l'étage thermo-méditerranéen. Sa limite méridionale se situe aux environs de Saïda, sa présence au sud de l'Atlas

saharien n'est pas signalée (**Ait Said, 2011**). Le lentisque se trouve sur tout le long du tell et dans les zones forestières. (**More et White, 2005**).

Pistacialentiscus est largement distribué dans des écosystèmes «extrêmes» caractérisés par la rareté des éléments nutritifs et de l'eau ; avec une exposition prolongée au rayonnement solaire et aux hautes températures (**Margaris, 1981 cité par Bhouriet al., 2010**).

Bien qu'il soit bien adapté au sol et au climat méditerranéen semi-aride, le pistachier lentisque est de nos jours négativement affecté par plusieurs situations : le tourisme ; les incendies ; la dégradation des sols ; la déforestation et la plantation d'autres arbres, surtout les oliviers. En raison de cette pression, le nombre d'arbrisseau de *Pistacialentiscus* ne cesse de diminuer (**Doganet al., 2003**).

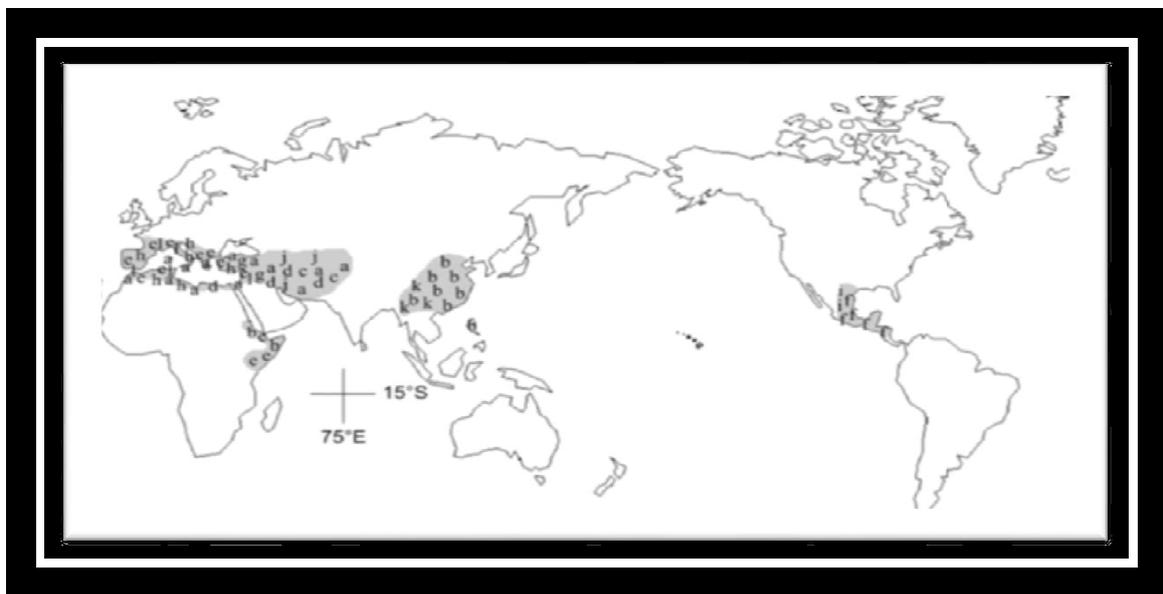


Figure 11: Distribution des 11 espèces de *Pistacialentiscus* (Thingsuanget al., 2008).

5.2. Systématique

Selon **Bozorgiet al. (2013)**, le lentisque ou pistachier lentisque (*Pistacialentiscus* L.), appartient à l'embranchement de spermatophytes, sous-embranchement des angiospermes, classe de dicotylédones et l'ordre de sapindales. C'est un arbrisseau du genre *Pistacia* appartenant à la famille cosmopolite des Anacardiaceae qui comprend environ 70 genres et plus de 600 espèces.

5.3. Description botanique

Le pistachier lentisque « *Pistacialentiscus*L. est un arbrisseau ramifié de trois mètres de hauteur, à odeur de résine fortement âcre (**More et White,2005**). », Couramment appelé « Dro » en arabe local.

Les feuilles de ce petit ligneux sont persistantes, paripennées, avec 4 à 10 folioles elliptiques, coriaces et luisantes et le pétiole est nettement ailé. On trouve des pieds mâles et femelles distincts (espèce dioïque) qui fleurissent en grappes denses en mois de Mai (**Hans, 2007**).

Les fleurs sont unisexuées d'environ 3 mm de large qui apparaissent au printemps (Mars à Mai). Elles sont très aromatiques et se présentent sous forme de racèmes (grappe) de petite taille. Les fleurs femelles sont vert jaunâtre alors qu'elles sont de couleur rouge foncé pour les fleurs mâles (**More et White,2005**).

D'après **Belfadel (2009)**, le Fruit est une drupe arrondie de 2 à 3 mm de diamètre, monosperme, contenant un nucléole de la même forme ; le fruit est d'abord rouge puis devient noirâtre à sa maturité, (l'automne) .Le produit le plus connu de cette plante est la résine appelée également mastic, il s'agit d'une substance aromatique et résineuse qui suinte du tronc et des branches principales. Cette sécrétion peut être favorisée par des éraflures pratiquées dans le tronc et les branches (Figure :12). Les petites « larmes » qui s'écoulent de la plante sont séchées au soleil pour les faire durcir en gouttes translucides ; une variété célèbre de cette résine provient des arbustes retrouvés au sud de l'île grecque de Chios en mer Égée(**Seigue,1985**).



Figure 12: « Larmes » de résine qui s'écoulent du tronc de *Pistacialentiscus*(Anonyme,2011).

5.4. Utilisation thérapeutique traditionnelle:

Les médecines traditionnelles pratiquées de part et d'autre des rives de la méditerranée, attribues au lentisque des vertus dans le traitement des ulcères, des plaies et brûlures légères. La médecine traditionnelle algérienne utilise surtout l'huile grasse obtenue par expression des fruits de lentisque dans le traitement des petites blessures, brûlures légères et érythèmes L'huile est aussi employée par voie orale contre les problèmes respiratoires d'origine allergique et les ulcères de l'estomac. (Yahya, 1992, Iserin, 2001, Baudoux, 2003 et Grosjean, 2007).

L'huile végétale de fruits est utilisée en Algérie contre la bronchite, l'asthme, la sinusite, l'eczéma et les brûlures.

Les feuilles ont pourvue une action anti-inflammatoire, antibactérienne, antifongique, antipyrétique, astringente, hépato protective, expectorante et stimulante. Elles sont également utilisées dans le traitement d'autres maladies telles que l'eczéma, les infections buccales, les ulcères, l'asthme et les problèmes respiratoires (Mekious, 1997).

5.5. Caractérisation des huiles essentielles de *Pistacialentiscus* L.

L'analyse de l'huile essentielle des feuilles de *Pistacialentiscus* L. par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectroscopie de masse GC/SM a permis de détecter et identifier 19 chémotypes qui sont consignés dans le Tableau.

Tableau 01: Concentration des différents composés identifiés par Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectroscopie de masse des huiles essentielles des feuilles de *Pistacia lentiscus* L.

Composés chimiques	H.E. des feuilles
β -Pinène	9
Camphene	<u>10</u>
γ -Ter pinène	5
4-Carène	3
Terpinèn-4-ol	5
α -Terpineol	2
Hexanoate d'isopentyle	2
Acétate de bornyle	<u>6</u>
2-Undecanone	6
α -Copaène	2
Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis (methylethenyl)	2
Caryophyllène	<u>15</u>
Humulene	6
β-Copaène	<u>8</u>
γ - Muurolene	5
α-Cubebene	8
β -Cubebene	2
α -Cadinol	2
τ -Cadinol	2

Il ressort du tableau, que les huiles essentielles de *Pistacia lentiscus* L. sont un complexe de composées monoterpéniques (C10) et sesquiterpéniques (C15). D'autre part, les huiles essentielles obtenues à partir des feuilles de lentisque sont représentées par 19 chémotypes à savoir : β -Pinène, Camphene, γ -Ter pinène, 4-Carène, Terpinèn-4-ol, α -Terpineol, Hexanoate d'isopentyle, Acétate de bornyle, 2-Undecanone, α -Copaène, Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis (methylethenyl), Caryophyllène, Humulene, β -Copaène, γ - Muurolene, α -Cubebene, β - Cubebene, α -Cadinol, τ -Cadinol.

6. Le bigaradier

6.1. Description de la plante

Le bigaradier (*Citrus aurantium* L.), est un arbrisseau épineux très décoratif de 4 à 5 m de haut, qui produit l'orange amère. Il est largement implanté en région méditerranéenne. Son tronc est très ramifié et ses feuilles sont d'un vert brillant et persistant. Ses fleurs blanches à l'intérieur et pourpres en dehors, sont très odorantes

Arbre à fruit sauvage, plus petit que celui d'un oranger doux, est ovoïde et jaune foncé, souvent sont des baies cloisonnées à pulpe vésiculeuse et juteuse formée de poils intra carpellaires : ce sont des hespéridés propres aux agrumes (**Hadrich et al., 2008**).

Cultivé pour servir de porte greffe et pour la culture de la fleur d'orange, particulièrement fréquent dans la Mitidja. le bigaradier n'est pas très différent, par et ses fleurs au parfum suave de l'Orangedoux. Son fruit n'est pas comestible car il est amer, pourtant certaines ménagères savent en faire de délicieuses confitures. il contient des principes actifs :

Limonène, géraniol, linalol, nérol dans son essence et d'autres constituants dans ses fruits et feuilles : acides, vitamines, sels minéraux, oligo-éléments et des principes amers non azotés (amaroïdes). (**Anonyme, 2000**)

6.2. Systématique

Noms communs: Bigarade, orange amère, Petit grain Bigaradier

Famille: Rutacées

Nom scientifique: *Citrus aurantium* (L., 1753) (Figure : 13)



Figure 13: Plante du bigaradier (*Citrus aurantium* L., 1753)

6.3.Composition chimique de l'huile essentielle de bigaradier:

D'après **Haubruge *etal.* (1989)**, l'analyse de la composition chimique des huiles, par chromatographie en phase gazeuse et par spectrométrie de masse, permet de constater d'une part que la plupart des substances identifiées sont des hydrocarbures monoterpéniques et d'autre part qu'ils existent des différences nettes, au niveau de la composition, entre l'huile de Petit Grain Bigaradier et les autres huiles de *Citrus*. En effet, le limonène est la substance principale des huiles extraites de l'Orange douce (90.7%), du Citron (67.3%) et du Pamplemousse (93.7%); alors que les principaux composés, présents dans l'huile de petit grain bigaradier sont, par ordre décroissant: l'acétate de linalyle (56.8%), le linalol (17%), le limonène (4.4%) et d'autres substances (20.8%)

6.3.1. Caractérisation du Bigaradier

Tableau 02: Concentration des différents composés identifiés par Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectroscopie de masse des huiles essentielles des feuilles de Bigaradier.

Composés chimiques	H.E. des feuilles
α -pinène	12,10
β -Pinène	13,47
Sabinène	/
β -Myrcène	3,19
Limonène	2,20
m-cyméné	/
Ocymène ou terpinène	2,23
Terpinolène	/
Linalol	23,36
Acétate de linalyle	37,28
α -terpinol	/
Acétate de géranyl	6,35
Nérol	/
Trans-Géraniol	/
Caryophyllène	1,11
Carène	1,08
Citral	0,33
Acétate de neryl	4,10
Autre	

6.4. Effets insecticides de huile essentielle des feuilles de bigaradier:

Un travail qui a été mené par **AlAkhal et al. (2014)** sur la valorisation des huiles essentielles de deux plantes de la famille des Rutacées cultivé au Maroc (*Citrus sinensis* et *Citrus aurantium*), les résultats ont dévoilés qu'après 24h de traitement par contact, l'huile essentielle de *Citrus aurantium* exprimé une forte activité larvicide avec 100% de mortalité sur les larves de l'espèce *Culex pipiens* à partir d'une concentration de 300ppm.

Pavela (2009) a trouvé également des résultats intéressants concernant l'activité de *Citrus aurantium* sur *Culex quinquefasciatus*, avec une CL50 = 179,8 ppm et une CL90 de 351,1 ppm.

Des essais ont été réalisés en conditions normalisées : 27°C et 70% d'humidité. Les résultats ont montré que l'huile extraite du Petit Grain Bigarade est très toxique à l'égard des trois ravageurs des denrées stockées (*Sitophilus zeamais*, *Prostephanustruncatus* et *Tribolium castaneum* et que *S. Zeamais* est l'espèce la plus susceptible à cette huile; dont le pourcentage de mortalité après 5 jours d'application topique est de 98, 92 et 100%, respectivement pour *S. zeamais*, *P. truncatus* et *T. castaneum* (**Haubruge et al., 1989**).

Le rendement est très faible (0,1 %) : une tonne de fleurs donne un kilo d'huile essentielle de néroli (**Albert vieille, juin 2012**)

Chapitre II : Matériel et méthode

1. Objectif

L'objectif de ce travail consiste à tester l'activité biocide de deux huiles essentielles : l'une étant de lentisque (*Pistacia lentiscus*) et l'autre du bigaradier (*Citrus aurantium*), formulées toutes deux sous forme de gel et de poudre appliquées à différentes doses sur un ravageur redoutable des denrées stockées, le *Tribolium castaneum* (herbst).

2. Matériel d'étude

2.1 Matériel animal

La souche de *Tribolium castaneum* a été obtenue à partir d'un élevage en masse entretenu dans de la farine, au niveau du laboratoire de Phytopharmacie appliquée du département des Biotechnologies à l'université de Blida 1.



Figure14: Adulte de *Tribolium castaneum* (original, 2017)

2.1.1. Origine du substrat d'élevage

La farine, substrat utilisé pour l'élevage en masse du *Tribolium castaneum* et lors des traitements biocides, a été prélevée à partir d'un stock conservé au niveau du laboratoire de Phytopharmacie appliquée du département des Biotechnologies

2.1.2. Elevage du matériel animal

Le matériel biologique destiné à l'évaluation de l'efficacité des phytopréparations appliquées est limité aux individus de *Tribolium*

castaneum(Herbst) originaire des stocks de farine.Unélevage de *T. castaneum* a été réalisé dans des bocaux en verre contenant de la farine infestée par des adultes de *Tribolium castaneum* qui en ont été fermé par un filet a fine maille maintenu par un élastique pour permettre la respiration des insectes.



Figure 15: élevage de *Tribolium castaneum* (original, 2017)

2.2. Matériel végétal

2.2.1. Echantillonnage:

Le lentisque (*Pistacia Lentiscus* L.) et le bigaradier (*Citrus aurantium* L.) ont été récoltés durant la période hivernale.



Figure 16: Présentation générale de Lentisque et bigaradier (original, 2017)

b: arbrisseau de lentisque (*pistacia Lentiscus*), b: Arbre de bigaradier (*Citrus aurantium* L)

2.2.2. Séchage

Les deux plantes ont été séchées à température ambiante, à l'abri de la lumière afin d'éviter la photo-oxydation des substances, et dans un endroit bien aéré pour éviter les moisissures.



Figure 13 : matériel végétal séché (original 2017)

A: Echantillons de 200g de Bigaradier, B: Echantillons de 200g de lentisque

2.2.3. Extraction des huiles essentielles

Les huiles essentielles des rameaux et des feuilles de *Pistacia lentiscus* L. et de *Citrus aurantium* L., ont été extraites par la méthode d'entraînement à la vapeur à l'aide d'un appareil Clevenger. Cette dernière consiste à faire passer un courant de vapeur d'eau à travers 200g de matériel végétal sans macération préalable. La vapeur endommage la structure des cellules végétales et libère ainsi les molécules volatiles qui sont ensuite entraînées vers le réfrigérant, pour la condensation et l'Huile essentielle se sépare de l'hydrolat par simple différence de densité. L'Huile essentielle étant plus légère que l'eau, elle surnage au-dessus de l'hydrolat. Le distillat recueilli est transversé dans une ampoule à décanter sans ajouter aucun solvant pour obtenir une huile essentielle pure.



Figure 17: Diapositive d'extraction de l'huile essentielle (Original, 2017)

2.2.4. Estimation du rendement en huile essentielle

Le rendement en huile essentielle est défini comme étant le rapport entre le volume d'huile essentielle obtenue et la masse du matériel végétal à traiter (**Belyagoubi, 2006**). Il est exprimé en pourcentage par rapport au 200 g de matière sèche) a été calculé par la relation suivante :

$$\text{Rd HE (\%)} = (V / M \text{ MV}) \times 100$$

Avec:

Rd HE (%) : rendement en huile essentielle exprimé en pourcentage.

V : volume d'huile essentielle en ml.

M MV : La masse de la matière végétale utilisée (sèche).

2.2.5. Formulation des bioproduits

Les traitements utilisés sont des bioproduits à base d'huiles essentielles extraites de deux plantes aromatiques à savoir *Citrus aurantium* L. et *Pistacia lentiscus* et formulés à 10% de chaque huile essentielle.

Ces formulations ont été préparées au laboratoire de phytopharmacie appliquée du département d'Agronomie de l'université de Blida1 selon le protocole établie par **Moussaoui et al., 2014** .



**Figure18: Les bioproduits formulés du bigaradier lentisque etdu
Témoïn (sans l'huile essentielle)**

3. Dispositif expérimental

3.1. Application des traitements sur le *Tribolium castaneum*:

3.1.1. Préparation des dilutions

Trois solutions de chacune des huiles essentielles formulées de Lentisque et de Bigaradier sous forme de gel ont été préparées en diluant des quantités de: D1 (0,50g Formulation Mère/100ml d'eau distillée), D2 (0,75g Formulation Mère/100ml d'eau distillée); D3(1g Formulation Mère/100ml d'eau distillée)

Afin d'affirmer l'efficacité de ces bioproduits à base de deux huiles essentielles formulées, une formulation témoin sans matière active (c'est-à-dire sans huile essentielle) a été conçue pour la préparation des dilutions témoins. Les mêmes doses ont été préconisées pour la formulation témoin D1 (0,50g Formulation Mère sans matière active/100ml d'eau distillée), D2 (0,75g Formulation Mèresans matière active /100ml d'eau distillée); D3 (1g Formulation Mèresans matière active /100ml d'eau distillée).

3.1.2. Application des traitements

Les traitements sont réalisés au niveau du laboratoire de Phytopharmacie appliquée, dans des conditions ambiantes de température comprise entre 25 et 28°C et d'humidité relative HR. Comprise entre 60 et 80%. Dans chaque boîte de pétri de 5,5 cm de diamètre, nous avons introduit 20 individus de *Tribolium castaneum* afin de subir les différents traitements préconisés.

3.2. Les Tests de toxicité

3.2.1. Test de toxicité du bioproduit en gel par effet de contact

L'effet de contact direct des bioproduits à base d'huiles essentielles de lentisque et de bigaradier formulées sous forme de gel ainsi que du témoin (sans matière active) ont été appliqués par pulvérisation de trois doses différentes D1 (0,50gFormulation Mère/100ml d'eau distillée) et D2 (0,75gFormulation Mère/100ml d'eau distillée) et D3(1gFormulation Mère/100ml d'eau distillée) à l'aide d'un petit pulvérisateur sur les individus adultes de *T. castaneum*.

3.2.2. Test de toxicité du bioproduit en poudre par effet de contact

L'application de bioproduits sous forme de poudre à différentes doses D1 (0,50gFormulation Mère/100ml d'eau distillée) et D2 (0,75gFormulation Mère/100ml d'eau distillée) et D3 (1gFormulation Mère/100ml d'eau distillée) obtenues à partir de l'huile essentielle formulée ont été mélangés convenablement avec 10 graines de blé tendre par un homogénéisateur rotatif. Un lot de 20 individus adultes de *Tribolium castaneum* a été introduit dans des boîtes de pétri puis para filmées afin d'éviter la volatilisation et les pertes des molécules actives.

3.2.3. Test de toxicité du bioproduit engel par effet résiduel

L'effet résiduel des bioproduits à base d'huiles essentielles formulées de Lentisque et de Bigaradier a été conduit par pulvérisation sur le papier filtre disposé au fond des boîtes de pétri, puis introduit les individus de *T. castaneum*. Tous les essais ont été réalisés en 5 répétitions étalés sur une période de suivi de 24 heures.

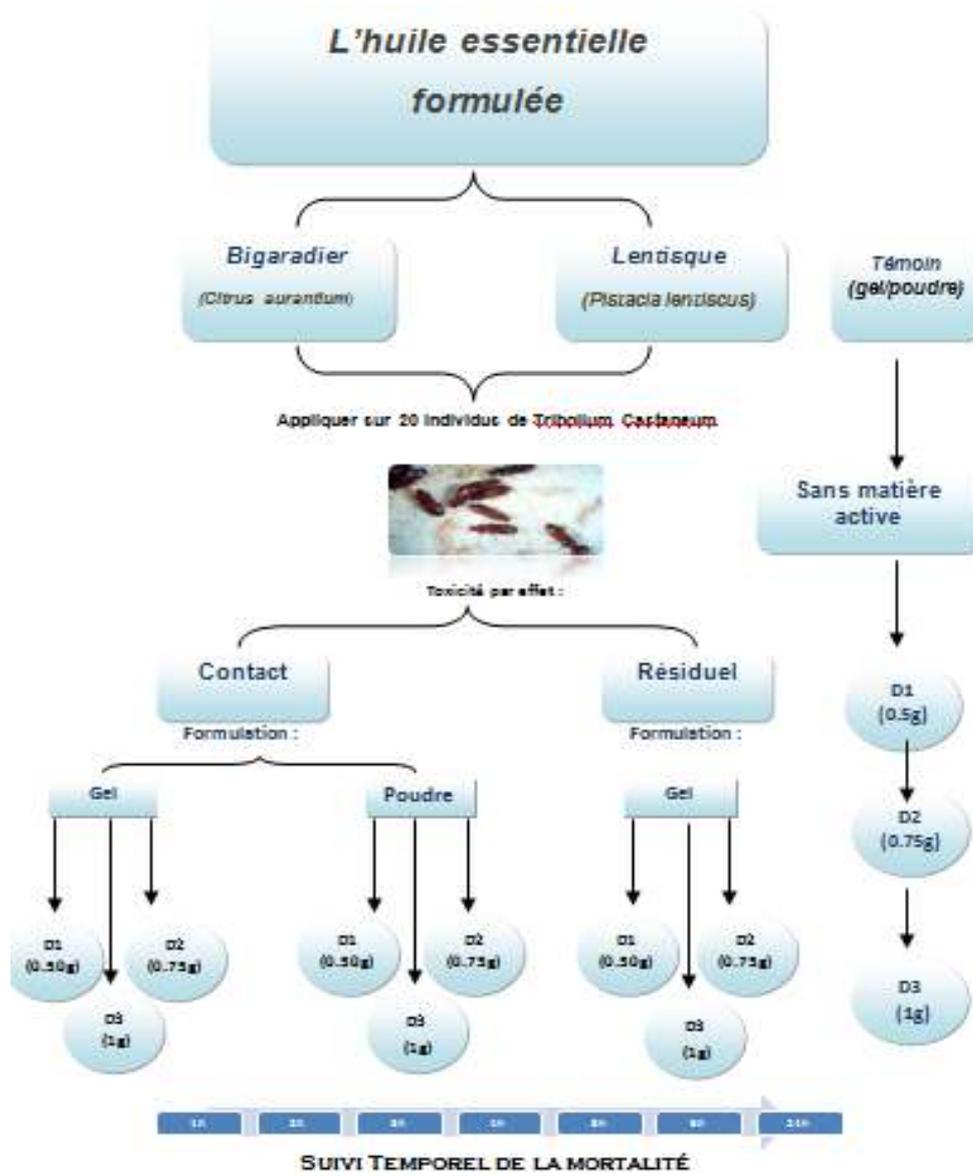


Figure 19: Schéma directeur des différents traitements appliqués sur les populations de *Tribolium castaneum*

3.3. Exploitation des résultats

3.3.1. Dénombrement

Pour tous les traitements appliqués, un dénombrement a été effectué à l'aide d'une pince, pour estimer la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum*. Ces observations ont été réalisées au bout de 24h, respectivement après 1 heure, 2 heures, 3 heures, 4 heures, 5 heures, 6 heures et enfin 24 heures après traitement. Le taux de mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* est estimé en fonction du temps d'exposition et des différentes doses appliquées D₁ (0,50g Formulation Mère/100ml d'eau distillée) D₂ (0,75g Formulation Mère/100ml d'eau distillée) et D₃ (1g Formulation Mère/100ml d'eau distillée).

3.3.2. Estimation de la mortalité corrigée

L'efficacité d'un produit biocide est évaluée par la mortalité de l'organisme cible. Cependant, le nombre d'individus dénombrés morts dans une population traitée par un 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 le toxique, pour cela les pourcentages de mortalité doivent être corrigés par la formule de SCHNEIDER-ORELLI qui est la suivante :

$$MC\% = (M - M_t * 100) / (100 - M_t)$$

Avec :

MC (%) : Pourcentage de mortalité corrigée

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

M_t (%) : Pourcentage de morts dans la population témoin

4. Analyse statistique des résultats

4.1. Analyses multi-variées

L'analyse statistique concerne l'évaluation de l'activité insecticide des bioproduits à base d'huiles essentielles de Lentisque et de Bigaradier sur la disponibilité numérique des individus adultes de *Tribolium castaneum*. Les analyses de la variance sont faites sur des moyennes homogènes adoptées sur la base d'un coefficient de variance (C.V. <15%). La signification des comparaisons des moyennes a été confirmée par un test de comparaison par paire (Test Tukey). Les contributions significatives retenues sont au seuil d'une probabilité de 5%, (SPSS, 2016). La tendance de la variation temporelle des mortalités corrigées de *Tribolium castaneum* par rapport à leurs réactions aux différents bioproduits à base d'huiles essentielles de *Pistacia lentiscus* et *Citrus aurantium* nous a été établie par une analyse en composante principale

(A.C.P.). La projection des variables sur les deux axes de l'analyse multivariée a été conduite par le logiciel (PAST vers. 1.37) (**Hammer*et al.*, 2001**).

Chapitre 3: Résultats

Dans ce chapitre, nous allons présenter tous les résultats relatifs à l'effet de la formulation des huiles essentielles à base de lentisque et du bigaradier sur les populations des *Tribolium castaneum* par l'effet contact et résiduel.

1. Le rendement des huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier

Le rendement moyen en huile essentielle pour 200g de matière végétale de lentisque (*Pistacia lentiscus*) est de 0,20%. L'extrait obtenu est de couleur jaune et présente un aspect liquide, mobile et limpide, avec une odeur aromatique, très puissante et pénétrante.

Le rendement moyen en huile essentielle de bigaradier (*Citrus aurantium* L) pour 200g de matière végétale est de 0,15%.

2. Evaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles formulées de Lentisque et du Bigaradier par contact

Après l'application des traitements à base de deux huiles essentielles formulées sur les individus de *Tribolium castaneum* ces derniers ont réagi de manière similaire à l'effet toxique des bioproduits comparativement à la population non traitée.

2.1. Evaluation des potentialités insecticides de la formulation gel des bioproduits à base d'huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier par contact

Dans la présente étude on étalera les résultats où on a appliqué la formulation gel des bioproduits à base d'huiles essentielles de lentisque et du bigaradier sur les individus adultes de *Tribolium castaneum*.

2.1.1. Fluctuation des taux de mortalité observée de la formulation en gel des bioproduits à base d'huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier par contact

Les résultats de l'effet par contact des bioproduits à base des huiles essentielles de lentisque et de bigaradier testés sur les adultes de *Tribolium castaneum* rapportés graphiquement sur les 2 figures montrent que quelque soient les doses de ces bioproduits formulés leurs taux temporels de mortalités augmentent avec le temps en restant toujours supérieurs aux témoins. (figure:20)

Après 24h de traitement, la dose de 1g de chaque huile formulée atteint 100% de mortalité.

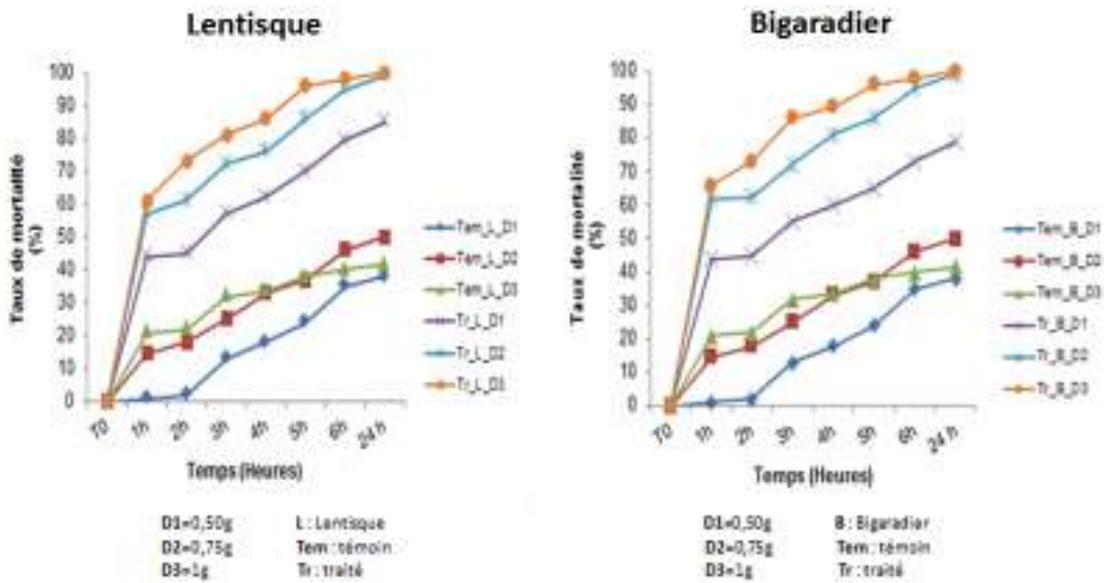


Figure 20: Evaluation temporelle du taux de mortalité observée de *Tribolium castaneum* sous l'effet de la formulation en gel des huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier par contact

2.1.2. Fluctuation des taux de mortalité corrigée sous l'effet de la formulation en gel par contact

Les graphes de l'évolution temporelle de la mortalité corrigée de *Tribolium castaneum* par effet contact des bioproduits à base d'huiles essentielles de Lentisque et Bigaradier (figure:21) .montrent que la mortalité corrigée de ces bioproduits est très élevée, et la dose 1g a une mortalité de 100%, la dose 0,5 g de lentisque et bigaradier présente une faible efficacité par rapport aux autres doses après 24h.

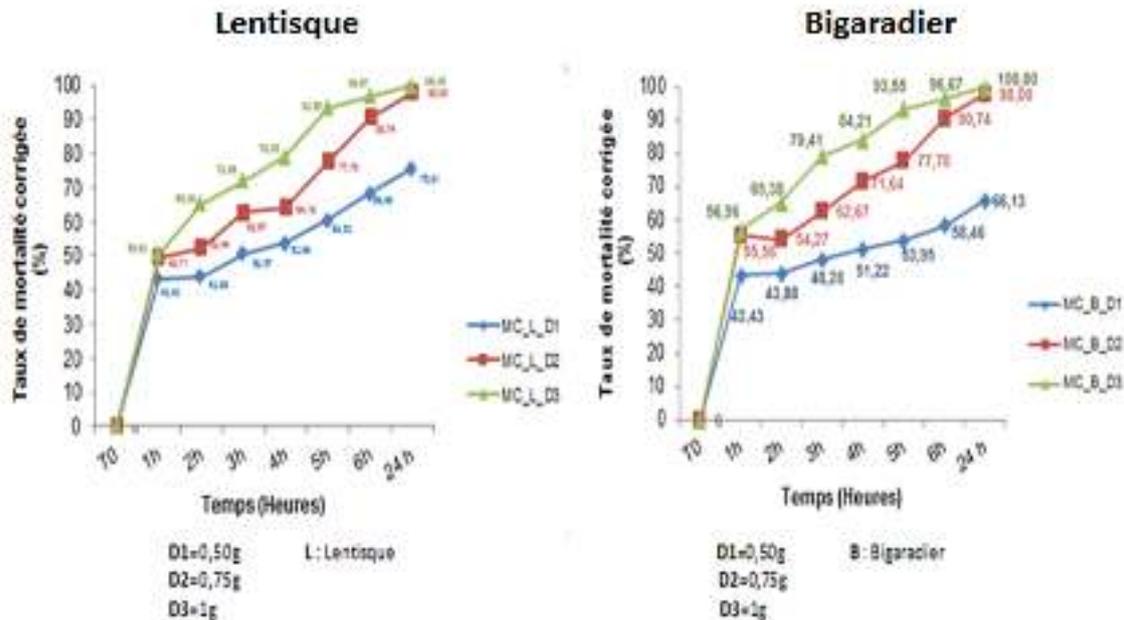


Figure 21 : Evaluation temporelle du taux de mortalité corrigée de *Tribolium castaneum* sous l'effet de la formulation en gel des huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier par contact

2.1.3. Tendence des potentialités insecticides de la formulation en gel des bioproduits à base d'huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier par contact

L'analyse en composantes principales (A C P) effectuée avec le logiciel Pastà partir des valeurs des mortalités corrigées de *Tribolium castaneum* est satisfaisante pour le paramètre étudié dans la mesure (figure: 22)

La projection des valeurs des mortalités corrigées des adultes de *Tribolium castaneum* par effet contact sur le premier axe 1 (96,49) montre que les doses des bioproduits à base de lentisque et de bigaradier accusent une corrélation positive (figure :22 axe1) les projections des vecteurs relatifs aux mortalités corrigées informent que les doses appliquées des deux formulations à base de lentisque et de bigaradier montrent un effet toxique sur les adultes.

La projection des mêmes données à travers le deuxième axe (2,82%) indique une discrimination de l'effet entre les doses des formulations à base de lentisque et de bigaradier .les corrélations négatives établies affichent nettement la forte toxicité de la dose D3(1gFormulation Mère/100ml d'eau distillé) les 2 formulations, par comparaison, à l'effet toxique des doses D1 (0,50gFormulation Mère/100ml d'eau distillée) et D2 (0,75gFormulation Mère/100ml d'eau distillé)de lentisque et bigaradier). L'apparition de l'effet toxique de la doseD3 1g est à partir de 5h de traitement (figure : 22 axe 2)

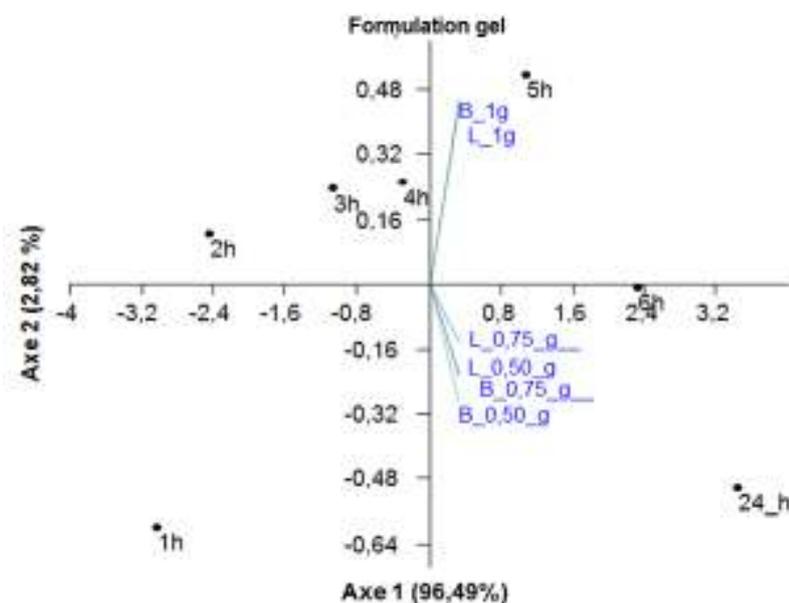


Figure 22: Tendence des potentialités insecticides de la formulation en gel des bioproduits à base d’huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier par contact

2.1.4. Comparaison des potentialités insecticides de la formulation en gel des bioproduits à base d’huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier

Une analyse à un seul facteur One-way ANOVA a été utilisée pour affiner les potentialités du facteur dose des deux formulations d’huiles essentielles. Les résultats de l’analyse de la variance et celles du test de comparaison multiple Post-Hoc de Tukey sont consignés dans le (tableau:3).

À partir des résultats obtenus, nous remarquons que les différentes doses enregistrent un effet très significative sur le taux de mortalité corrigée des adultes de *Tribolium castaneum* pour l’ensemble des formulations ($p < 0,01\%$). Le test de comparaison multiple Post-Hoc de Tukey, désigne le démarcage des différentes doses du bioproduit à base d’huile essentielle de Bigaradier par rapport aux différentes doses du bioproduit formulé à base de lentisque. Les deux dilutions du bioproduit à base d’huile essentielle de Bigaradier engendrent des mortalités corrigées plus importantes par comparaison aux dilutions bioproduit formulé à base de lentisque.

Tableau 03: Comparaison des potentialités insecticides de la formulation en gel des bioproduits à base d'huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier par contact

	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p(same)
Between groups:	5209,43	5	1041,89	4,313	0,003544
Within groups:	8695,63	36	241,545		
Total:	13905,1	41			

Levene's test for homogeneity of variance, based on means: p(same) = 0,2319
Based on medians: p(same) = 0,4417

Welch F test in the case of unequal variances: F=5,741, df=16,44, p=0,003016

Tukey's pairwise comparisons:
Q \ p(same)

	L_0,50_g	L_0,75_g	L_1g	B_0,50_g	B_0,75_g	B_1g
L_0,50_g		0,5372	0,08665	0,9945	0,3811	0,04104
L_0,75_g	2,412		0,8933	0,246	0,9998	0,7343
L_1g	3,913	1,501		0,02469	0,9655	0,9995
B_0,50_g	0,7537	3,166	4,667		0,1515	0,01067
B_0,75_g	2,78	0,3682	1,133	3,534		0,8671
B_1g	4,374	1,962	0,4605	5,127	1,593	

2.2. Evaluation des potentialités insecticides de la formulation en poudre des bioproduits à base d'huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier par contact

2.2.1. Fluctuation des taux de mortalité de la formulation en poudre des bioproduits à base d'huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier par contact

Les résultats de l'effet par contact des bioproduits à base d'huiles essentielles de lentisque et de bigaradier de texture poudreuse testés sur les adultes de *Tribolium castaneum* rapportés graphiquement sur les 2 figures montre que quelque soient les doses de ces bioproduits formulés leur taux temporels de mortalités augmente avec le temps et toujours supérieurs aux témoins.

Après 24h de traitement, la dose D3(1g Formulation Mère/100ml d'eau distillé) de chaque huile formulée atteint 80% de mortalité, et toutes les doses quel que soit le traitement leur mortalité est comprise entre 40% et 80%. (figure: 23).

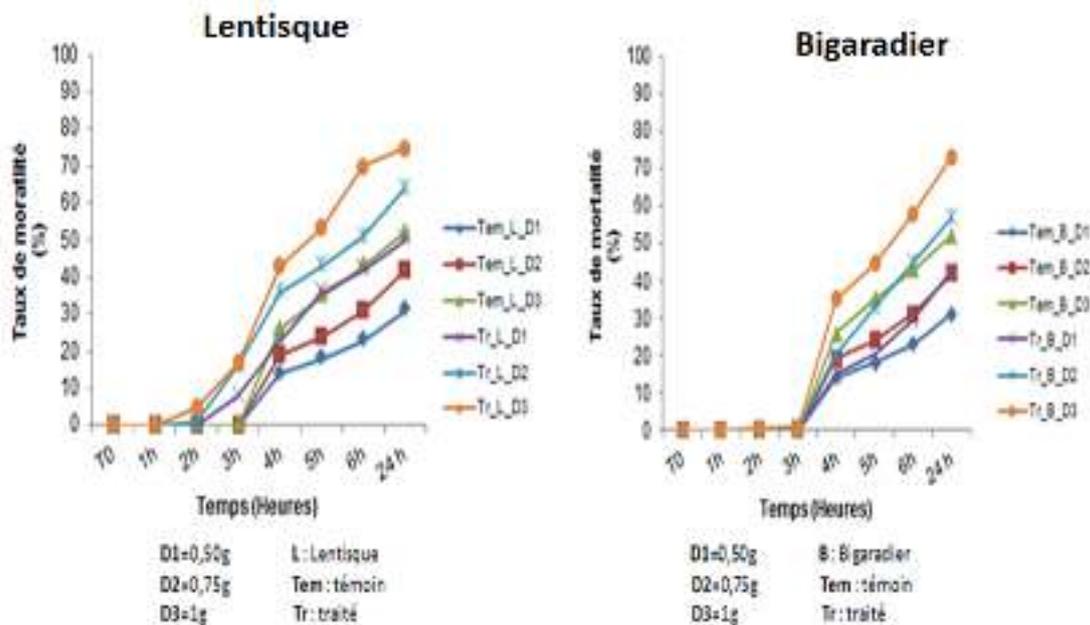


Figure 23 : évaluation temporelle du taux de mortalité observée de *Tribolium castaneum* sous l'effet de la formulation en poudre à base des huiles essentielles formulées de Lentisque et du Bigaradier par contact

2.2.2 Fluctuation des mortalités corrigées sous l'effet de la formulation en poudre à base des huiles essentielles formulées de Lentisque et du Bigaradier par contact

les graphes de l'évolution temporelle de la mortalité corrigée de *T.castaneum* par effet contact des bioproduits à base d'huile essentielle de Lentisque et Bigaradier (figure24) montrent que la mortalité corrigée de ces bioproduits est très élevée, et que la dose de D3 (1 Formulation Mère/100ml d'eau distillé) a une mortalité de presque 50%, la dose 0,5 g de lentisque et bigaradier présente une faible efficacité par rapport aux autres doses .après 24h qui ne dépasse pas 27% pour lentisque et 17% pour le bigaradier.

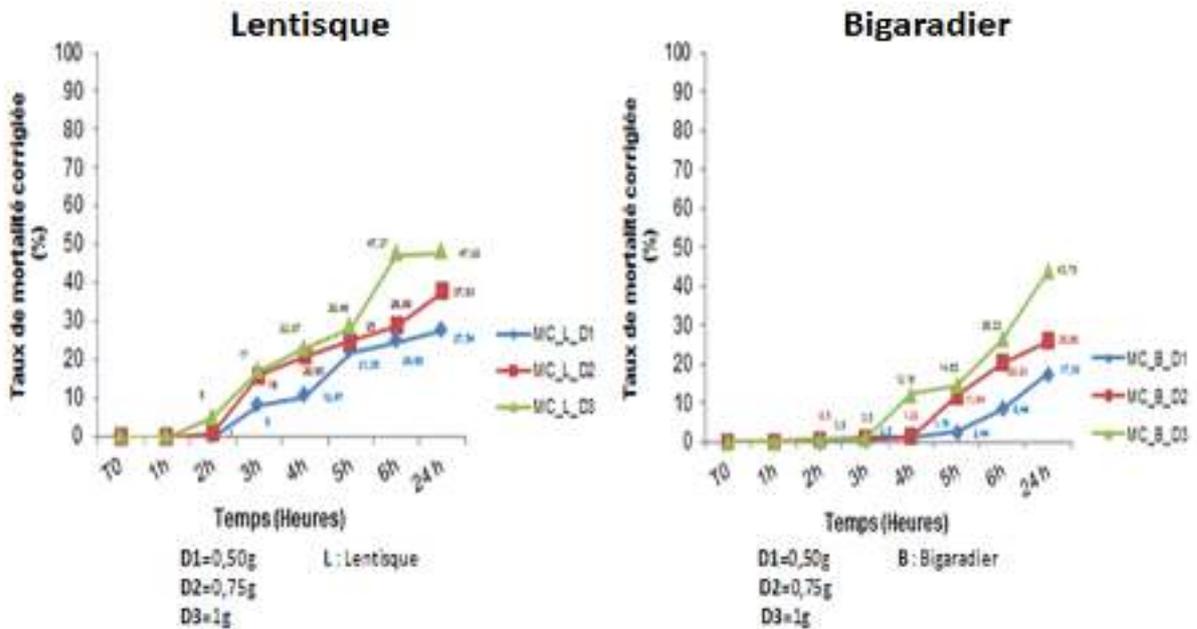


Figure 24: évaluation temporelle du taux de mortalité corrigée de *Tribolium castaneum* sous l'effet de la formulation de poudre à base des huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier par contact

2.2.3. Tendances des potentialités insecticides de la formulation en poudre des bioproduits à base d'huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier par contact

L'analyse en composantes principales (A C P) effectuée avec le logiciel pastà partir des valeurs des mortalités corrigées de *Tribolium castaneum* est satisfaisante pour le paramètre étudié dans la mesure où plus de 80% de la variance sont exprimés sur les deux premiers axes (figure: 25)

La projection des valeurs des mortalités corrigées des adultes de *Tribolium castaneum* par effet contact sur le premier axe 1 (92,28) montre que les doses des bioproduits à base de lentisque et de bigaradier accusent une corrélation positive (figure : 25axe1) les projections des vecteurs relatifs aux mortalités corrigées informent que les doses appliquées des deux formulations à base de lentisque et de bigaradier montrent un effet toxique sur les individus traités.

La projection des mêmes données à travers le deuxième axe (5,38%) indique une différenciation de l'effet entre les doses des formulations à base de lentisque et de bigaradier .les corrélations négatives établies montrent nettement une toxicité très différente des doses D1 (0,50g) ,D2 (0,75g) et D3(1g) de lentisque par comparaison à l'effet toxique des doses D1(0,50g) et D2 (0,75g) et D3 (1g) de bigaradier. l'apparition de l'effet toxique des doses de lentisque est à partir de 5h de traitement, contrairement au bigaradier qui présente un effet tardif après 24 heures de traitement (figure : 25 axe 2).

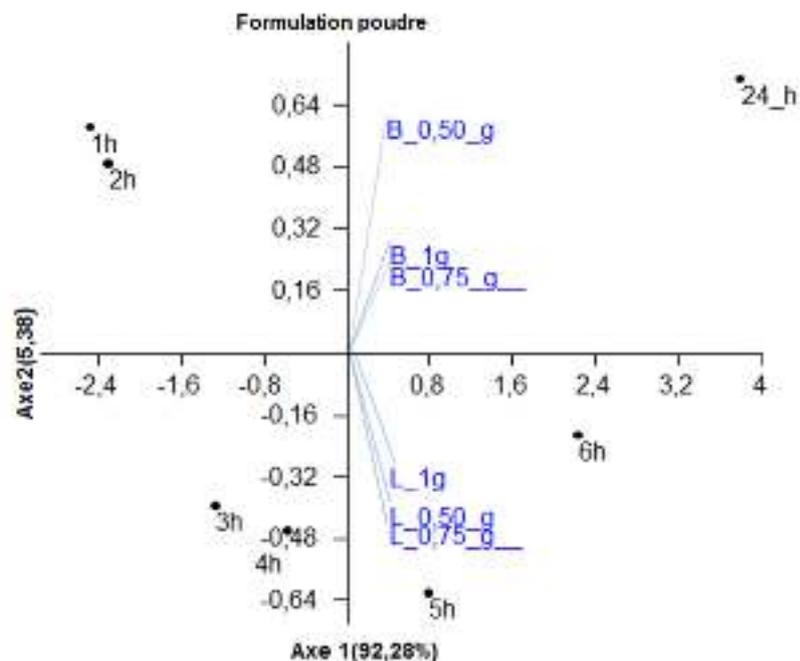


Figure 25: Tendance des potentialités insecticides de la formulation en poudre des bioproduits à base d'huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier

2.2.3. Comparaison des potentialités insecticides de la formulation poudre des bioproduits à base d'huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier

L'analyse One-way ANOVA par référence à la probabilité associée à l'effet des bioproduits de formulation poudreuse sur les adultes de *Tribolium castaneum* il en ressort l'absence d'un effet significatif des différentes doses des bioproduits à bases d'huiles essentielles sur le taux de mortalité de *Tribolium castaneum* (Tableau: 4). Le test Post-Hoc de Tukey, par conséquent ne désigne aucune suprématie entre doses des bioproduits.

Tableau 04: Comparaison des potentialités insecticides de la formulation en poudre des bioproduits à base d'huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier

	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p(same)
Between groups:	1723,02	5	344,605	1,864	0,1252
Within groups:	6655,89	36	184,886		
Total:	8378,91	41			

Levene's test for homogeneity of variance, based on means: p(same) = 0,2171
Based on medians: p(same) = 0,339

Welch F test in the case of unequal variances: F=2,227, df=16,36, p=0,1009

Tukey's pairwise comparisons:
Q \ p(same)

	L_0,50_g	L_0,75_g	L_1g	B_0,50_g	B_0,75_g	B_1g
L_0,50_g		0,9766	0,6693	0,8181	0,9883	1
L_0,75_g	1,036		0,972	0,3815	0,7499	0,9885
L_1g	2,115	1,079		0,0943	0,2989	0,7343
B_0,50_g	1,743	2,779	3,858		0,99	0,7606
B_0,75_g	0,8873	1,923	3,002	0,8559		0,9761
B_1g	0,1532	0,8828	1,962	1,896	1,04	

2.3. Estimation de l'activité insecticide des huiles essentielles formulées en gel de Lentisque et du Bigaradier par effet résiduel

Dans le but de mettre en évidence l'effet des huiles essentielles de lentisque et de bigaradier sur la mortalité de *Tribolium castaneum*, par la méthode de l'effet résiduel nous avons confronté nos données à une analyse statistique.

2.3.1. Fluctuation des taux de mortalités sous l'effet de la formulation en gel des bioproduits à base d'huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier par effet résiduel

Les graphes (figure:26) montrent l'évolution du taux de mortalité corrigée des individus de *Tribolium. Castaneum* par effet résiduel. D'après les résultats obtenus, on constate que le bioproduit du bigaradier testé sur les individus de *Tribolium. castaneum* montre un effet biocide plus important pour la dose D3 suivi de la dose D2 jusqu'à la dose D1, la figure nous montre que le pourcentage de mortalité est bien reparti suivant les doses d'une façon ascendantes.

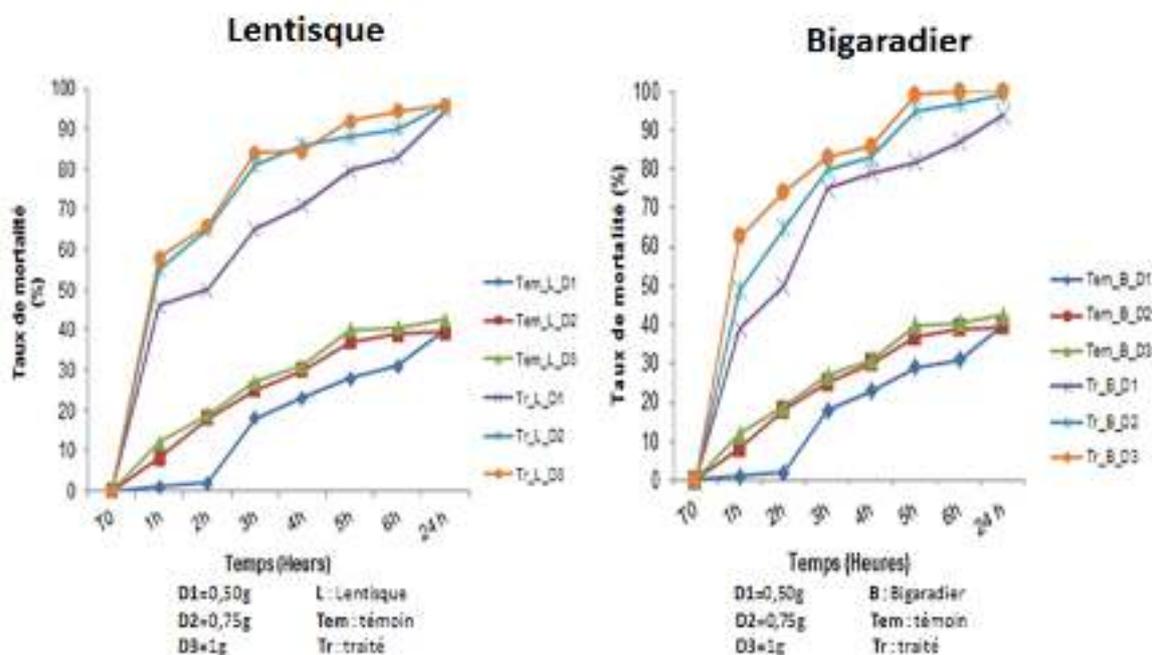


Figure 26: Evaluation temporelle des taux de mortalités sous l'effet de la formulation en gel des bioproduits à base d'huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier par effet résiduel

2.3.2. Fluctuation des taux de mortalité corrigée sous l'effet de la formulation en gel des bioproduits à base d'huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier par effet résiduel

Les graphes de l'évolution temporelle de la mortalité corrigés de *Tribolium castaneum* par effet résiduel des bioproduits à base d'huiles essentielles de Lentisque et Bigaradier (figure:27) montrent que la mortalité corrigée de ces bioproduits est très élevée en signalant que l'effet est apparu dès la première heure de traitement pour toutes les doses

La dose de D3 1g à une mortalité de 100% cela nous informe que le bioproduit de bigaradier est très efficace d'une part, d'autre part on enregistre 93% de mortalité pour lentisque.

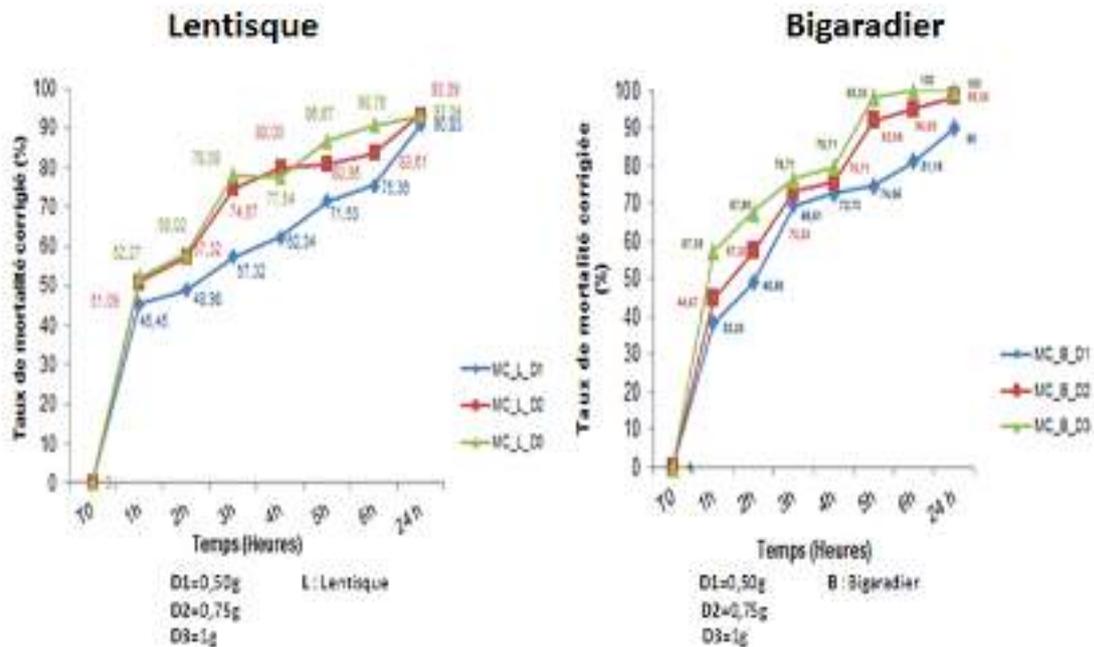


Figure 27: Evaluation temporelle des taux de mortalité corrigée sous l'effet de la formulation gel des bioproduits à base d'huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier par l'effet résiduel

2.3.3. Tendence des potentialités insecticides de la formulation en gel des bioproduits à base d'huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier par effet résiduel

L'analyse en composantes principales (A C P) effectuée avec le logiciel Past à partir des valeurs des mortalités corrigées de *Tribolium castaneum* est satisfaisante pour le paramètre étudié dans la mesure où plus de 80% de la variance sont exprimés sur les deux premiers axes (figure:28)

La projection des valeurs des mortalités corrigées des adultes de *Tribolium castaneum* par effet contact sur le premier axe 1 (97,35) montre que les doses des bioproduits à base de lentisque et de bigaradier affichent une corrélation positive (figure :28axe1) Les projections des vecteurs relatifs aux mortalités corrigées informent que les doses appliquées des deux formulations à base de lentisque et de bigaradier montrent un effet toxique sur les adultes traités.

La projection des mêmes données à travers le deuxième axe (1,75%) indique une différenciation de l'effet entre les doses des formulations à base de lentisque et de bigaradier .les corrélations négatives établies affiche nettement la forte toxicité de la dose D3 1g des 2 formulations par comparaison à l'effet toxique des doses D2 et D3. Les doses 0,75g de lentisque et 0,50g de bigaradier apparaissent après 4heures de traitement.

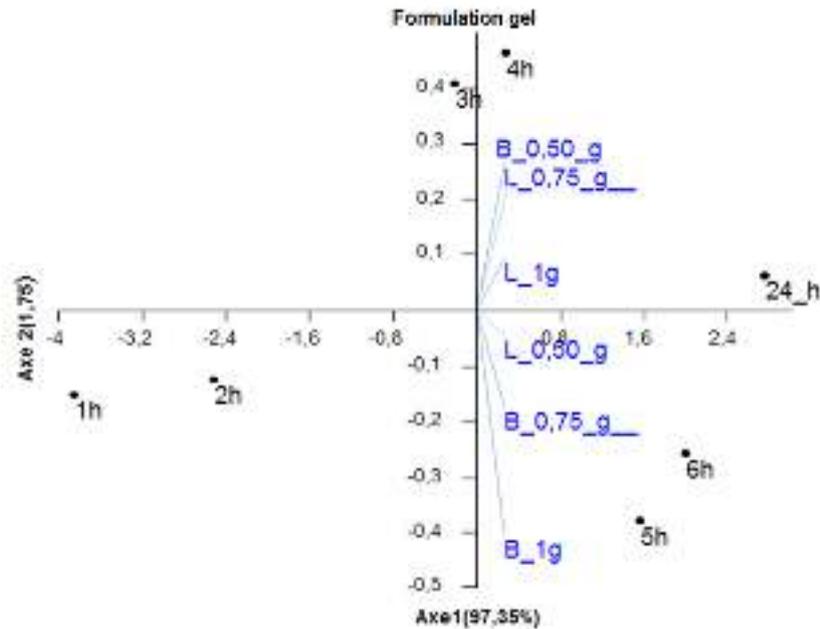


Figure 28: Tendence des potentialités insecticides de la formulation gel des bioproduits à base d’huiles essentiellesde Lentisque et du Bigaradier

2.3.4. Comparaison des potentialités insecticides de la formulation en gel des bioproduits à base d’huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier

L’analyse One-way ANOVA par référence à la probabilité associée à l’effet des bioproduits de formulation gel sur les adultes de *Tribolium castaneum* il en ressort l’absence d’un effet significatif des différentes doses des bioproduits à bases d’huiles essentielles sur le taux de mortalité de *Tribolium castaneum* (tableau :5). Le test Post-Hoc de Tukey, par conséquent ne désigne aucune suprématie entre doses des bioproduits.

Tableaux 05: Comparaison des potentialités insecticides de la formulation gel des bioproduits à base d'huiles essentielles de Lentisque et du Bigaradier

	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p(same)
Between groups:	1423,67	5	284,735	0,9636	0,4529
Within groups:	10637,5	36	295,487		
Total:	12061,2	41			

Levene's test for homogeneity of variance, based on means: p(same) = 0,9377
Based on medians: p(same) = 0,9344

Welch F test in the case of unequal variances: F=0,8463, df=16,77, p=0,536

Tukey's pairwise comparisons:
Q \ p(same)

	L_0,50_g	L_0,75_g	L_1g	B_0,50_g	B_0,75_g	B_1g
L_0,50_g		0,8702	0,7628	0,9999	0,9759	0,7177
L_0,75_g	1,583		0,9999	0,7663	0,9989	0,9997
L_1g	1,891	0,3078		0,6364	0,9904	1
B_0,50_g	0,2988	1,882	2,19		0,9309	0,587
B_0,75_g	1,043	0,5405	0,8483	1,341		0,9833
B_1g	2,002	0,4186	0,1108	2,301	0,9591	

Chapitre IV : Discussion générale

Depuis des siècles les communautés humaines ont utilisé des extraits des plantes comme biopesticides pour lutter contre les ravageurs des cultures et des denrées stockées. Ces produits constituent sans doute une des clés du développement durable des activités agricoles dans le monde. Dans cette optique une étude sur l'utilisation des huiles essentielles de lentisque et Bigaradier sur les adultes *Tribolium castaneum* a été réalisée. Cependant, les résultats phares sont exposés ci-dessous

1. Estimation du rendement des huiles essentielles:

Les rendements moyens en huile essentielle pour 200g de matière végétale de lentisque et de bigaradier sont respectivement de 0,20% et de 0,15. Nos résultats sont proches de ceux obtenus par **Zrira et al.(2003)**, au Maroc et à ceux obtenus par **Congiu et al. (2002)** et alen Sardaigne. Ces auteurs indiquent un rendement compris entre 0,2 et 0,4 %. Néanmoins, ils sont supérieurs à ceux obtenus par **Amhamdi H et al. (2009)**, dont le rendement a été de l'ordre de 0,14%. Le rendement en huile essentielle de *Pistacia lentiscus* L. et de *Citrus aurantium* semble dépendre donc de la nature des parties de la plante utilisée, le matériel employé pour l'extraction et la méthode d'extraction, aussi bien l'origine de la plante et la période de récolte.

2. Evaluation de l'activité insecticide des formulations à base d'huiles essentielles de lentisque et de bigaradier sur les adultes de *Tribolium castaneum*.

Les résultats touchant à l'efficacité des formulations à base d'huile essentielle de lentisque montrent une efficacité importante sur les adultes de *Tribolium castaneum*. L'utilisation des huiles essentielles de lentisque sous forme de gel par effet de contact provoque des mortalités plus importantes sur *T. castaneum* avec 100% de mortalité à la fin du suivi (24h après traitement). En revanche, un effet de choc a été signalé dès la première heure après traitement avec un taux de mortalité corrigée dépassant les 60%, par contre la formulation sous forme poudreuse affiche une toxicité moyenne ne dépassant pas 50% de mortalité des adultes des *T. castaneum* et cela pour les deux huiles essentielles testées.

Les résultats de la mortalité corrigée des *Tribolium castaneum* due à la formulation à base d'huile essentielle de Bigaradier sous forme de gel montrent une efficacité élevée traduite par une mortalité qui dépasse 90 % par contact et effet résiduel, contrairement à la formulation sous forme poudreuse qui reste moins efficace affichant une mortalité moyenne ne dépassant pas 60%.

Plusieurs études faites par **EL-Akhal et al. (2014)** montrent que l'huile essentielle de *Citrus aurantium* possède une activité larvicide sur *Culex pipiens* par une mortalité de 100% ainsi que les résultats d'étude menée par **Hamdani, (2012)** qui montrent qu'elle est très toxique sur les adultes des

Callosobruchus maculatus D'autres études réalisées par **Haubruge et al. (1989)** montrent également que cette même huile est la plus efficace à l'égard de *Tribolium castaneum* et *Sitophilus zeamais* par rapport aux autres huiles testées.

Cette différence d'efficacité est probablement due à la nature du support de ces deux formulations (gel et poudre) qui influence sur l'activité des molécules actives. En effet la texture poudreuse exige une surface rugueuse afin de faciliter l'adhésion des particules bioactives à la surface de la cuticule de l'insecte ce qui n'est pas le cas du *Tribolium castaneum*. Plusieurs auteurs, estiment que la réduction des pontes observée pour les traitements utilisés pendant la première semaine d'incubation serait le fait de la mort précoce des adultes de *C. maculatus* due aux vapeurs d'huiles essentielles et le support utilisé, comme l'ont montré **Schmidt et al. (1991)**, **Mazibur et Gerhard. (1999)** en étudiant l'effet de l'huile de *Acorus calamus* sur *Callosobruchus phaseoli*.

Les résultats obtenus n'excluent pas l'efficacité de la formulation en poudre dans la lutte contre le *Tribolium castaneum* et d'autres insectes ravageurs de grains stockés. En effet, **Kéita et al. (2000)** affirment que les formulations à base de poudre peuvent aussi exercer un effet létal sur des adultes du bruche du niébé *Callosobruchus maculatus*

Les résultats des analyses des huiles essentielles de *Pistacia lentiscus* L. montrent la présence d'un complexe de composés monoterpéniques (C10) et sesquiterpéniques (C15). Des études par **Kaita et al. (2000)** exposent que les monoterpènes ont été souvent caractérisés par leur activité biocide et répulsive contre de nombreux ravageurs des denrées stockées.

D'après **Chemat et al. (2012)** l'activité phytoprotectrice des plantes serait due aux métabolites secondaires tels que les huiles essentielles, les terpénoïdes, les polyphénols, les stéroïdes, et les alcaloïdes qu'elles synthétisent pour se protéger contre les agents phytopathogènes et les ravageurs. Ainsi **Bachrouch et al. (2010)**, signalent que l'huile essentielle de lentisque est très efficace sur les adultes et les larves des *Tribolium castaneum* avec un taux de 100 % de mortalité. Plusieurs monoterpènes (eucalyptol, limonène, eugénol, etc.) ont été testés et plusieurs travaux ont été réalisés dans ce contexte, on peut citer ceux de **Ojmelukwe et Alder (1999)** qui montrent que les monoterpènes hydrocarbonés tel que l'alpha pinène ont des propriétés insecticides vis-à-vis de *Tribolium castaneum*. **Amhamdi et al. (2009)**, ont signalés que le myrcène et le limonène sont considérés comme composé majoritaire de l'huile essentielle du Pistachier. Par ailleurs, en Tunisie l'étude faite par **Mekni, (2011)**, a montré que l'acide palmitique et l'acide linoléique sont les composés majeurs. Cette variation de composition n'est que

le reflet de la biodiversité moléculaire rencontrée chez *Pistacia lentiscus* L., due au climat et au biotope approprié.

Regnault et Hamraoui (1995) ont constaté un effet toxique des monoterpènes sur certains ravageurs telle que la bruche. Ces auteurs rapportent que le linalol étant le plus toxique et l'estragole étant le moins. Ceci peut expliquer les résultats de notre expérimentation qui ont montré que l'huile extraite du bigaradier est la plus toxique, vu que celle-ci est plus riche en linalol et en acétate de linalyle.

En effet, **Haubruge et al.(1998)** ont testé la toxicité de cinq huiles essentielles de Citrus à l'égard de trois coléoptères. Les résultats du test par contact des grains traités ont indiqué que l'huile extraite du bigaradier est la plus efficace simultanément à l'égard de *Sitophilus zeamais*, (Coleoptera : Curculionidae), *Prostephanus truncatus* (Coleoptera : Bostrychidae) et *Tribolium castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidae). Ces auteurs ont constaté aussi que *S. zeamais* est le plus sensible envers ces huiles vu qu'ils ont noté pour cet insecte une mortalité de 96% à la dose de 5 µl de l'huile du bigaradier après 7 jours. Pour le test par application topique, les travaux de ces auteurs ont montré que la longévité de *P. truncatus* est d'une journée à la dose de 2 µl de l'huile du bigaradier. En effet des mortalités de 28%, 98%, 34% et 24% des adultes de *S. zeamais* ont été enregistrées à la dose 2 µl après 24 heures, respectivement pour les huiles de l'orange douce, du bigaradier, du citron et du pamplemousse.

Le linalol extrait d'une plante de la famille de Lamiacées à savoir *Ocimum canum* a une action très significative sur la longévité des adultes d'*A. obtectus* (Coleoptera : Bruchidae), *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera : Bruchidae), *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera : Bostrychidae) et *Sitophilus oryzae* (Coleoptera : Curculionidae), de fait, un effet très marqué est enregistré avant une durée de traitement de 48 heures (**Weaver et al., 1991**).

3. Evaluation temporelle de l'activité insecticide des formulations à base d'huile essentielle de Bigaradier et de lentisque sur les adultes de *Tribolium castaneum* sous l'effet dose:

Comparativement aux témoins les deux huiles essentielles formulées testées présentent une toxicité graduelle en fonction du degré de concentration des doses et du temps d'exposition des individus traités à ces dernières. Ainsi, il ressort de ces résultats que la D3(1g/100ml) est la plus efficace par rapport à la D2(0,75g/100ml) et la D1(0,5g/100ml). Ainsi, nos résultats sont confirmés par ceux trouvés par **Belhadi et al. (2016)** qui ont montré que la toxicité de la formulation d'huile essentielle de bigaradier est dépendante de la dose. Cela signifie que plus la dose augmente plus la formulation présente un effet biocide qui se traduit par la réduction de la densité des populations aphidiennes.

C'est à partir de 2 heures et avec les trois doses de l'huile essentielle de lentisque formulée sous la forme poudre, que la sensibilité est la plus forte des *Tribolium* par rapport aux applications des huiles essentielles du Bigaradier, qui présente une toxicité à partir de 4 heures. La différence du laps de temps observé s'explique probablement par la vitesse d'action des produits. Les huiles essentielles agissent selon le rythme de largage de la molécule bioactive. Selon **Lahlou (2004)**, les huiles essentielles ont prouvé leur pouvoir insecticide antiparasitaire et antimicrobien. Cependant elles agissent selon le rythme de séparation et libération des molécules.

Quant à la différence de toxicité des doses appliquées, celle-ci pourrait s'expliquer par la vitesse de métabolisation. On sait que les arthropodes métabolisent en quelques heures la plus part des matières actives des pesticides de synthèse (**Pilling et al., 1992**). mais aucune étude n'a encore été faite sur la métabolisation des molécules bioactives des huiles essentielles.

Conclusion

Au terme de ce travail consacré essentiellement à l'estimation de l'effet biocide de deux huiles essentielles formulées sous forme de gel et de poudre sur les individus de *Tribolium castaneum* testées à différentes doses, il nous a paru intéressant de présenter les principaux résultats auxquels nous avons aboutis.

Les résultats montrent que l'ensemble des bioproduits appliqués en faible (D1), moyenne (D2) et forte (D3) doses ont enregistré une efficacité sur les adultes de *T. castaneum* par comparaison au témoin. La répercussion des huiles essentielles des feuilles de menthe et de bigaradier est certaine.

Les résultats relatifs au traitement biologique de la formulation en gel des bioproduits à base d'huiles essentielles de Menthe et du Bigaradier vis-à-vis les adultes de *Tribolium castaneum* en fonction des différentes doses par contact ont montré une efficacité très importante qui atteint 100% de mortalité sur les individus de *T. castaneum* à la fin de suivi, avec un effet choc des deux bioproduits manifesté dès la première heure après traitement contrairement aux bioproduits en poudre dont la mortalité ne dépasse pas les 50%.

Les résultats dénotent encore que la plus forte dose D3 (1g/100ml) a un effet très important sur la mortalité de la population du *Tribolium castaneum* comparé à la dose D2 (0,75g/100ml) qui a un effet modéré et la dose D1 (0,5g/100ml) qui montre une faible efficacité.

Suite à ces résultats qui semblent intéressants, on peut conclure que la formulation des huiles essentielles de menthe (*Pistacia lentiscus* L.) et de bigaradier (*Citrus aurantium* L.) joue un rôle important dans la stabilité du bioproduit et l'optimisation de sa toxicité en facilitant sa pénétration à travers la cuticule des adultes de *Tribolium castaneum* grâce à ses caractéristiques physiques de volatilisation.

En perspective. Le calcul de la DL50 et de la TL50 reste un élément clé qui sera traité dans les études ultérieures afin de bien valoriser les biopesticides dans le cadre d'une production intégrée. Élargir les essais d'efficacité sur d'autres ravageurs des denrées stockées.

Il serait intéressant aussi d'évaluer l'efficacité des huiles essentielles issues d'autres stades phénologiques des deux plantes étudiées.

Al-akhal F .,Elouali A .,Oudrhini W et Areche H.,2013.Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles de deux plantes aromatiques du centre nord marocain: *Thymus vulagris* et *Thymus saturoioidi*. Alex. « Maurice Abravanel, 90, Utah Symphony Leader. » New york times, 23 Septembre 1993,p.D22

Amhamdi H., Aouinti F, Wathelet J.P. et Elbachiri A., 2009. Chemical Composition of the Essential Oil of *Pistacia lentiscus* L. from Eastern Morocco. University Mohamed I. Morocco, 3(2): 90–95

Anonyme, **2017.** *Tribolium castaneum* H., [https://fr.wikipedia.org/wiki/Tribolium_\(Tenebrionidae\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Tribolium_(Tenebrionidae)).

Anonyme, 2004. Afrique verte Burkina Faso, Module de formation sur les techniques de stockage et de conservation des céréales, 44p.

Ashamo M.O., 2006. Relative susceptibility of some local and elite rice varieties to the rice weevil, *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae). *J. Food Agric. Environ.*, 4(1), 249-252.

Bachrouch O, Ben Jemâa JM, Aidi WW, Thierry T, Brahim M, Manef A.,2010. Composition and insecticidal activity of essential oil from *Pistacia lentiscus* L. against *Ectomyeloisceratoniae* Zeller and *Ephesiakuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Stored Products Research*, 46: 242-247.

Balachovsky A. 1993 : L'extension de la cochenille australienne (*Icerya purchasi* Mask.) en France et de son prédateur *Novius cardinalis* Muls. *Ann. l'Épiphyt.* 16 : 1-24.

Bekon, K., Fleurat-Lessard, F., 1989. Evolution des pertes en matière sèche des grains dues à un ravageur secondaire : *Tribolium castaneum* (Herbst), coleoptère Tenebrionidae, lors de la conservation des céréales. In: M. Parmentier, K. Foua-Bi, *Céréales en régions chaudes* (p. 97-104). Paris, FRA : John Libbey.

Belfadel, F.Z. , 2009, Huile de fruits de *Pistacia lentiscus* Caractéristiques physicochimiques et effets biologiques (Effet cicatrisant chez le rat). Université de Constantine faculté des sciences exacte département de chimie.

Belhadi A, Mehenni M, Reguieg L, Yakhlef H., 2016. Pratiques phytosanitaires des serristes maraîchers de trois localités de l'est des Ziban et leur impact potentiel sur la santé humaine et l'environnement. *Revue Agriculture* 1 (numéro spécial): 9–16.

Bell A., Mück O. & Schneider H., 1998, La protection intégrée des denrées stockées est une affaire rentable! GTZ, Eschborn, Germany, 42 p.

Belyagoubi L., 2006. Effet de quelques essences végétales sur la croissance des moisissures de détérioration des céréales. Thèse de Magister. Univ Abou BekrBelkaid de Tlemcen. Faculté des Sciences.Départ de Biologie ,110p.

BENHALIMA, H.; CHAUDHRY, M.Q.; MILLS, K.A.; 2004.
PRICE, N.R. Phosphine resistance in stored-productinsectsclectedfrom various grain storagefacilities in Morocco. Journal of Stored ProductsResearch, v.40, p.241-249.

Borror, D.J., D.M. De Long & C.A. Triplehorn. 1981. An introduction to the study of insects. 5th ed. Saunders, Philadelphia.

Boyetchko S, Pedersen E, Punja Z, and Reddy M 1999.Formulations of biopesticides. In: Hall FR, Menn JJ eds.Methods in Biotechnology, Vol. 5: Biopesticides: Use andDelivery. Totowa, NJ: HumanaPress. pp 487–508.

Bozorgi M, Memariani Z, Mobli M, SalehiSurmaghi MH, Shams-Ardekani MR, Rahimi, R. 2013. *Pistacia*species (*P. vera*, *P. atlantica*, *P. terebinthus*, *P. khinjuk*, and *P. lentiscus*): areview of theirtraditional uses, phytochemistry, and pharmacology. Sci World J. 15:219815.

Caillard, D., Martin, J.L., 2003, ThermallyActivatedMechanisms in Crystal plasticity,PergamonMaterialsSerie, ed. E.W. Cahn,Pergamon, Amsterdam.

Chaulet C. (1991). Agriculture et nourriture dans les réformes algériennes : un espace pour les paysans. *Revue tiers monde*, 01/10/1991, vol. 32, n. 128, p. 741-770.

Chemat F, Abert Vian M, Cravotto G, et al. 2012. Green extraction of naturalproducts: Concept and principles. Int. J. Mol. Sci. 13: 8615–8627.

Congiu R., Falconieri D., Marongiu B., Piras A. et Porcedda S., 2002. Extraction and isolation of *Pistacia lentiscus* L. essential oil by supercriticalCO₂ ,FlavourFragr. J, 17: 239-244.

des Ziban et leur impact potentiel sur la santé humaine etl'environnement. Revue Agriculture 1(numéro spécial): 9–16.

Djermoun, A.,2009. la production céréalière en Algérie :les principales caractéristiques. Revue Nature et Technologie. n°01. Pp :45-53

Dogan, Y. 2012,Traditionallyusedwildedible greens in the AegeanRegion

en Afrique occidentale : une revue. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*,
Environ.,4(1),249-252.Environment – Norway, 24 pages.
Food Chemistry, **122** ,**2010**, pp. 1226-1228

Goudoum A, T.L.S Ngamo, M.B. Ngassoum,N.L. Tatsadjieu and C.M. Mbofung,2010. *Tribolium castaneum*(Coleoptera : Curculionidae) sensivity to repetitive applications of lethal doses of imidacloprid and extacts of *Clausenaanisata* (Rutaceae) and *Plectranthusglandulosus* (Lamiaceae). *Int J. Biol. Chem. Sci.*, 4 : 1242-1250.

Guèye MT, Seck D, Wathelet J-P, Lognay G 2011. Lutte contre les
Hadrich, B., Boudhrioua, N. and Kechaou, N. 2008. Drying of Tunisian sardine (*Sardinellaaurita*) experimentalstudy and three-dimensionaltransfermodeling of dryingkinetics. *Journal of Food Engineering* 84: 92-100.

HANS W., KOTH., 2007.1000 plantes aromatiques et médicinales. Ed: Terre: 242

Haubruge E.et Amichot M.,1998 . Les mécanismes responsables de la résistance aux insecticides chez les insectes et les acariens.*Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **2** (3), 161–174.
J, 18: 475-480.

Jamali,D., Khoury, G. and Sahyoun, H. 2006. Frombureaucratic organisations to learning organisations. An evolutionaryroadmap. *TheLearning Organisation*,13 (4), 2006, pp. 337-352.

KEITA M.S., VINCENT CHARLES., SCHMIT J. P., RAMMASWANY S., BELANGER A., 2000. Effect of various essential oils on *Callosobruchusmaculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of storedproductsResearch.* 36: pp. 355-364.

Khalfi, O., Sahraoui, N., Bentahar, F. and Boutekedjiret, C. 2008.Chemical composition and insecticidalproperties of *Origanumglandulosum*(Desf.) essential oilfromAlgeria. *J. Sci. Food Agric.*, 88: 1562-1566pp.

Korkisch, J., and I .Sreffan 1978. Determination of thallium in natural waters.

Lahlou M., 2004, Methods to studyphytochemistry andbioactivity of essential oils,*PhytotherapyResearch*, p. 435-448.

Lepesme, P. 1944 Note sur quelques Laboulbeniacees de France. *Bull. Soc .Entomol. Fr .* 1994 : 67-68

Liu P, Ge Q, Chen B, Salkoff L, Kotlikoff MI, JPhysiol. 2011;589:101–117.

Markham, R.H., N.A. Bosque-Pérez, C. Borgemeister et W.G. Meikle. 1994.Developingpest management strategies for *Sitophiluszeamais*and

Prostephanustruncatus in the tropics. FAO Plant Prot. Bull.42: 97-116.

Masson, 1962-1963. Entomologie appliquée à l'agriculture, Traité. Vol. 1, *Coléoptères*. Published under the direction of A. S. Balachowsky. parts, xxvii, Paris, 1391 pp.

MAZIBUR H.S., GERHARD J., 1999. Journal Stored Prod. Res.35 : p.285.

Mebarkia A., Abdelguerfi A., (2007). Etude du potentiel agronomique de trois espèces de vesces (*Vicia* spp.) et variabilité dans la région semi-aride de Sétif (Algérien). Fourrages, 192, 495-504.

MEKIOUS Sch. et HOUMANI Z., (1997). Plante dans la médecine traditionnelle et la cuisine algérienne. Ed : RVBIA. P : 51.

Mekni N., 2011. GC/MS Chemical Analysis of Pistashia lentiscus fatty oil from the north of Tunisia. Faculty of Sciences of Tunis, Tunisia, 3(4): 2245-2248.

Mendez Cruz, A. V. ; Corchado Juarbe, N. ; Siberio Torres, V., 1988. Storage and digestibility, voluntary intake and chemical components of hay of five tropical grasses. J. Agric. Univ. P. Rico, 72 (4): 531-543

Moussaoui k., Ahmed H., Zitouni G. et Djazouli Z., 2014. Université Blida1, faculté des sciences de la nature et de la vie, département de Biotechnologie institut technique des Elevages Route de Chebli Baba Ali.

Ngamo LST, Hance TH. 2007. Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical. Tropicultura , 25(4): 215-220.

Ngamo LST, Ngassoum MB, Mapongmetsem PM, Malaisse F, Haubruge E, Lognay G, Hance T. 2007a. Current post harvest practices to avoid insect attacks on stored grains in Northern Cameroon. Agr. J., 2(2): 242-247.

Nguemtchouin M.M.G., Ngassoum M.B., Ngamo L., Cretin M., Gaudu X. 2010. Insecticidal activities of powdered formulation base on essential oil of *Xylopiiaethiopica* and kaolinite clay against *Sitophilus zeamais*. *Journal of crop Protection*, 29: 985-99.

Norwegian Agricultural Inspection Service (NAIS), 2000 - Pesticides Risk Indicators for Heath and of Turkey. - Acta Societatis Botanicorum Poloniae 81 (4): 245-255. *oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae). *J. Food Agric.*

Pan-African Bioethics Initiative (PABIN) Third Conference, Good Health Research Practices in Africa, 28-30 April 2003 United Nations Conference Hall, Addis Ababa, Ethiopia.

Pavela R., Vrchotová N., Tříska J. 2009: Mosquitocidal activities of thyme oils (*Thymus vulgaris* L.) against *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). *Parasitology Research*, **105**: 1365–1370.

Philogène B.J.R, Regnault-Roger C. & Vincent C., 2002. Produits phytosanitaires insecticides d'origine végétale : promesses d'hier et d'aujourd'hui. In : Philogène B.J.R, coord. *Biopesticides* d'origine végétale. Paris : Lavoisier-Éditions Tec & Doc, 1-17pp.

physicochimiques et effets biologiques (Effet cicatrisant chez le rat). Université de Constantine faculté des sciences exacte département de chimie. phytosanitaires des serristes maraîchers de trois localités de l'est

Pilling E.D., Bromley-Challenor K.A.C., Walker C.H. & Jepson P.C., 1995. Mechanism of synergism between the pyrethroid insecticide lambda cyhalothrin and the imidazole fungicide prochloraz, in the honeybee (*Apis mellifera* L.). *Pestic. Biochem. Physiol.* **51**: 1-11

PILLING, B. K. and ZHANG, L., 1992, Cooperative exchange: rewards and risks. *International Journal of Purchasing and Materials Management*, **28**, 2–9. PRICE, N.R. Phosphine resistance in stored-product insects collected from Products Research, v.40, p.241-249.

ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et

Regnault-Roger, C. and Hamraoui, A. (1995) Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by Monoterpenes upon *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera), bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of Stored Product Research* **31**, 291–9.

Salhi, 2012: Allelochemicals from some medicinal and aromatic plants and their potential use as bioherbicides. P 39.

Schmidt AM, et al. (1991) A single-stranded DNA binding protein from *S. cerevisiae* specifically recognizes the T-rich strand of the core sequence of ARS elements and discriminates against mutant sequences. *EMBO J* **10**(4):981-5.

Seigue, A. La forêt circum-méditerranéenne et ses problèmes. 1985; Lecompte, M. Biogéographie de la Montagne marocaine : le Moyen-Atlas Central. 1986. In: Cahiers d'outre-mer. N° 161 - 41e année, Janvier-mars 1988. pp. 97-98.

Silvy C., 1992. Quantifications... info zoo, bulletin d'information des zoologistes de l'INRA, n°6, 90-103. stockées est une affaire rentable! GTZ, Eschborn, Germany, 42 p.

Tapondjou L.A., Adler C., Bouda H. & Fontem D.A., 2002. Efficacy of powder and essential oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectants against six-stored product beetles. *J. Stored Prod. Res.*, **38**, 395-402. various grain storage facilities in Morocco. *Journal of Stored*

Weaver CD, Crombie B, Stacey G, Roberts DM (1991) Calcium dependent phosphorylation of symbiosome membrane proteins from nitrogen-fixing soybean nodules. Evidence for phosphorylation of nodulin-26. *Plant Physiol* 95: 222-227.

Zoubiri, A. Baaliouamer, Essential oil composition of *Coriandrum sativum* seed cultivated in Algeria as food grains protectant.

Zrira S., Elamrani A.A. et Benjilali B., 2003 .Chemical composition of the essential oil of *Pistacia lentiscus* L. from Morocco-a seasonal variation. *FlavourFragr.*