

3MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET D E LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE		وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Université de Blida-1-		جامعة البليدة-1-
Faculté Sciences de la nature et de vie Département de Biologie des populations et des organismes		كلية علوم الطبيعة و الحياة - قسم بيولوجيا تجمعات الكائنات الحية
B.P: 270 -Route de Soumâa – Blida	Tél. 025 43 48 03	ص.ب: 270 - طريق الصومعة – البليدة

### **Mémoire de fin d'études:**

En vue de l'obtention du diplôme de master

**Option : parasitologie**

### **Thème :**

Essai de lutte par un biocide contre un ravageur de denrées stockées en conditions contrôlées

### **Présenté par :**

Amrani nesrine

Bekal khadidja

Soutenu le 31 /08/2020 Devant la commission de jury :

Président : Mme Boulkour S      MCB

Promoteur : Mme Kara F/Z      Pr

Examineur : Mme Zerkaoui H      MAA

Année universitaire 2019/2020

## Résumés

La protection chimique des denrées alimentaires fait de limitation en raison de leurs effets néfastes sur l'environnement et la santé humaine, plusieurs travaux scientifiques ont été orientés vers la recherche d'alternatives à base d'extraits naturels de plantes médicinales pour leurs propriétés biologiques.

Les substances d'origine naturelle comme les huiles essentielles de *Cuminum cyminum* L(cumin ) et *Foeniculum vulgare* et les extraits aqueux des poudres de *Lawsonia inermis*, *Cuminum cyminum* L et *Inula viscosa* représentent actuellement une solution alternative de lutte pour la protection des denrées stockées et plus particulièrement contre l'insecte *Tribolium castaneum*

Les huiles essentielles des plantes mentionnées ont été obtenue par hydrodistillation en utilisant un appareil d'extraction de type Clevenger. Et Le rendement le plus fort est enregistré avec *Cuminum cyminum* L(cumin ).

Et en ce qui concerne les extraits aqueux des poudres ont été confectionnés à différentes concentrations par agitation magnétique durant 24 heures, en employant trois modes de pénétration ; contact, ingestion et inhalation, et les mortalités occasionnées par ces traitements permettent de classer le *Cuminum cyminum* L(cumin ).comme l'extrait le plus efficace aussi.

Tout ce qui précède, qu'il s'agisse d'huiles essentielles ou l'extraction des poudres, est une synthèse des expériences de (Aouina et Khelifi, 2018) et (madene, 2014) respectivement.

On conclure que les extraits aqueux et les huiles essentielles renferment un potentiel bio-insecticide non négligeable, et peut remplacer l'utilisation de méthodes habituel représenté par des produits chimique. Et peuvent s'intégrer dans un programme de lutte intégrée dans le traitement des insectes ravageurs des denrées stockées particulièrement le *Tribolium castaneum*

**Mots clés :** *Tribolium castaneum*, *Cuminum cyminum* L, *Foeniculum vulgare*. , *Sitophilus oryzae*, *Lawsonia inermis*, *Inula viscosa*, extrait aqueux, huiles essentielles, Denrées stockées.

## Abstract

The chemical protection of foodstuffs is limited because of their harmful effects on the environment and human health; several scientific works have been directed towards the search for alternatives based on natural extracts of medicinal plants for their biological properties.

Substances of natural origin such as essential oils of *Cuminum cyminum* L (cumin). and *Foeniculum vulgare* and aqueous extracts of the powders of *Lawsonia inermis*, *Cuminum cyminum* L and *Inula viscosa* currently represent an alternative solution in the fight for the protection of stored foodstuffs and more particularly against the insect *Tribolium castaneum*

The essential oils of the mentioned plants were obtained by hydro distillation using a Clevenger type extraction apparatus. And the highest yield is recorded with *Cuminum cyminum* L (cumin)

And as regards the aqueous extracts, the powders were prepared at different concentrations by magnetic stirring for 24 hours, by using three modes of penetration; contact, ingestion and inhalation, and the mortalities caused by these treatments allow *Cuminum cyminum* L(cumin). to be classified as the most effective extract as well.

All of the above, whether it is essential oils or the extraction of powders, is a summary of the experiences of (Aouina and Khelifi, 2018) and (madene, 2014) respectively.

It is concluded that the aqueous extracts and essential oils contain a significant bio-insecticidal potential, and can replace the use of usual methods represented by chemicals, can be integrated into an integrated pest management program in the treatment of insect pests of stored foodstuffs, particularly *tribolium castaneum*.

**Keywords:** *Tribolium castaneum*, *Cuminum cyminum* L, *Foeniculum vulgare*. , *Sitophilus oryzae*, *Lawsonia inermis*, *Inula viscosa*, the powders aqueous extracts, the essential oils, stained food.

## المخلص

الحماية الكيميائية للمواد الغذائية محدودة بسبب آثارها الضارة على البيئة وصحة الإنسان ، وقد تم توجيه العديد من الأعمال العلمية نحو البحث عن بدائل تعتمد على المستخلصات الطبيعية للنباتات الطبية لخصائصها البيولوجية

المواد ذات الأصل الطبيعي مثل الزيوت الأساسية من *Cuminum cyminum L* و *Foeniculum vulgare* والمستخلصات المائية لمساحيق *Lawsonia inermis* و *Cuminum cyminum L* و *Inula viscosa* و *Inula* *viscosa* تمثل حالياً حلاً بديلاً في الكفاح من أجل حماية المواد الغذائية المخزنة وبشكل أكثر تحديداً ضد الحشرات *tribolium castaneum*

تحصلنا على الزيوت الأساسية للنباتات المذكورة عن طريق التقطير المائي باستخدام جهاز استخراج من نوع Clevenger و تم تسجيل أعلى إنتاج عند استخدام *Cuminum cyminum L*

وفيما يتعلق بالمستخلصات المائية ، تم تحضير المساحيق بتركيزات مختلفة عن طريق التحريك المغناطيسي لمدة 24 ساعة ، وذلك باستخدام طرق النفاذية الثلاث سواء بالتلامس او عن طريق الابتلاع و اخيرا الاستنشاق ، اما بالنسبة للوفيات التي تسببها هذه العلاجات ، فيصنف *Cuminum cyminum L* في الدرجة الاولى باعتباره المستخلص الأكثر فعالية .

كل ماسبق،سواء الزيوت الاساسية او المستخلصات المائية،هو عبارة عن ملخص لتجربة كل من (Aouina et Khelifi, 2018) و (madene, 2014) على التوالي.

و من ما سبق نستنتج أن المستخلصات المائية والزيوت الأساسية تحتوي على إمكانات كبيرة للمبيدات الحيوية ، ويمكن أن تحل محل الطرق المعتادة المتمثلة في المواد الكيميائية،ويمكن دمجها في برنامج متكامل لإدارة الافات في معالجة الافات الحشرية للمواد الغذائية المخزنة وخاصة *tribolium castaneum*.

**الكلمات المفتاحية :** الزيوت الاساسية , المستخلصات المائية , مواد غذائية مخزنة ,

*Tribolium castaneum, Cuminum cyminum L, Foeniculum vulgare. , Sitophilus oryzae,*

*Lawsonia inermis, Inula viscosa ,*

## Remerciements

- ❖ *Avant tout nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens afin de pouvoir compléter ce travail*
- ❖ *Au terme de ce travail nous tenons à remercier tout d'abord notre promotrice Mme Kara F/Z, pour son encadrement, sa précieuse aide, son appui et ses conseils*
- ❖ *Aussi nous remercions également Mme Boulkour·S et Mm Zerkaoui·H le membre des jurys d'avoir accepté d'assister à la présentation de ce travail*
- ❖ *A tous les enseignants de l'Université de Blida 1, particulièrement ceux du département de Biologie des populations et des organismes·*
- ❖ *En fin, nous remercions les amis et les étudiants du département pour leur soutien, ainsi qu'à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce modeste travail·*

# Sommaire

<b>Introduction générale</b> .....	1
<b>Chapitre I : bibliographies</b> .....	3
<b><u>Partie 1 : les denrées stockées</u></b> .....	4
1. Généralité sur les denrées stockées.....	4
2. Importance économique des denrées stockées en Algérie et dans le monde.....	4
3. Les problèmes de conservation des grains entreposés par les infestations d'insectes.....	7
4. Les mesures de protection des denrées stockées :.....	8
4.1 Lutte prophylactique .....	8
4.2 Lutte par bio pesticide .....	9
<b><u>Partie 2 : Les ravageurs des denrées stockées</u></b> .....	11
1. Les insectes.....	11
1.1. Classification des insectes ravageurs .....	11
1.2. Ravageurs dans le monde et l'Algérie .....	11
2. Les oiseaux.....	13
3. Les rongeurs .....	14
4. Les acariens.....	14
5. Les Microorganismes des grains.....	14
6. Nématodes .....	15
<b><u>Partie 3 : Présentation de l'insecte étudiée</u></b> .....	16

1. Principales caractéristiques de <i>Tribolium castaneum</i> .....	16
1.1 Généralité sur les tenebrionidae.....	16
1.2 Position systématique.....	16
1.3 Etude morphologique .....	17
1.4 Ethologie .....	20
1.5 Cycle de développement.....	20
1.6 Répartition géographique de <i>Tribolium castaneum</i> .....	22
1.7 Les dégâts causés par <i>Tribolium castaneum</i> .....	23
1.8. Importance économique.....	23
1.9. Moyens de lutte.....	24
<b><u>Partie 4 : Présentation des plantes étudiées</u></b> .....	26
1. Cumin ( <i>Cuminum cyminum L.</i> ).....	26
2. Fenouil ( <i>Foeniculum vulgare Mill.</i> ).....	27
3. <i>Inula viscosa</i> .....	27
4. <i>Lawsonia inermis</i> .....	28
<b>Chapitre 2 : matériel et méthodes</b> .....	30
1. Matériel utilisés.....	31
1.1. Matériel biologique .....	31
1.2. Matériel non biologique .....	31
2. Méthodes expérimentales .....	31
3. Cycle de développement .....	31

4. Préparation des extraits aqueux .....	33
1.1. Mode opératoire .....	35
5. Extraction des huiles essentielles .....	38
5.1. Effet répulsif de l'huile essentielle sur papier filtre.....	39
<b>Chapitre 3 : Résultats et discussion .....</b>	<b>40</b>
<b>Résultats .....</b>	<b>41</b>
1. Effet des extraits aqueux de Cumin de Henné et d'Inule visqueuse.....	41
1.1. Fluctuation des mortalités pour les différents traitements.....	41
2. Effet des huiles essentielles de <i>Cuminum cyminum</i> et de <i>Foeniculum vulgare</i> .....	43
2.1. Effet répulsif de l'huile essentielle de <i>Cuminum cyminum</i> Sur les Adulte et les larves de l'insecte <i>T. castaneum</i> .....	43
2.2. Effet répulsif de l'huile essentielle de <i>Foeniculum vulgare</i> Sur les Adulte et les larves de l'insecte <i>T. castaneum</i> .....	44
<b>Discussion.....</b>	<b>46</b>
1. Les extraits aqueux.....	46
1.1. Par contact .....	46
1.2. Par inhalation.....	47
1.3. Pa ingestion .....	47
2. Les huiles essentielles.....	47
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>49</b>
<b>Références Bibliographiques .....</b>	<b>52</b>
<b>Annexe.....</b>	<b>59</b>



## Liste des tableaux :

Tableau 1: production mondiale des céréales en millions de tonnes.....	4
Tableau 2: principales insectes rencontrées dans les silos.....	6
Tableau3 : les ravageurs de blé stocké dans différents wilaya d'Algérie.....	6
Tableau 4: Principaux insectes déprédateurs des céréales stockées.....	12
Tableau 5: Insectes les plus fréquents rencontrés sur les céréales stockées en Algérie.....	13
Tableau 6 : Les différentes doses de traitement utilisées dans les tests par contact, inhalation et ingestion .....	36
Tableau 7: Mortalité corrigée de <i>Tribolium castaneum</i> traités avec les extraits aqueux par effet contact.....	41
Tableau 8 : Mortalité corrigée de <i>Tribolium castaneum</i> traité avec les extraits aqueux et de l'insecticide par inhalation.....	42
Tableau 9 : Mortalité corrigée de <i>Tribolium castaneum</i> traité avec les extraits aqueux par ingestion.....	42
Tableau 10: Classement de l'H.E de <i>C. cyminum</i> selon leur propriété de répulsion sur les adultes de <i>T. castaneum</i> .....	44
Tableau 11 : Classement de l'H.E de <i>C. cyminum</i> selon leur propriété de répulsion sur les larves de <i>T. castaneum</i> .....	44
Tableau12 : Classement de l'H.E de <i>Foeniculum vulgare</i> selon leur propriété de répulsion sur les adultes de <i>T. castaneum</i> .....	44
Tableau13 : Classement de l'H.E de <i>Foeniculum vulgare</i> selon leur propriété de répulsion sur les larves de <i>T. castaneum</i> .....	45
Tableau14 : activité insecticide sur les adultes avec un taux de répulsion moyen de 84.17% (Annexe 1) .....	59

Tableau15: activité insecticide sur les larves avec un taux de répulsion moyen de 78.34% (Annexe 2) .....	59
Tableau16: activité insecticide sur les adultes avec un taux de répulsion moyen de 75.02% (Annexe 3) .....	60
Tableau17: activité insecticide sur les larves avec un taux de répulsion moyen de 55% (Annexe 4) .....	60
Tableau 18 : pourcentage de répulsion selon le classement de <b>(MC Donald et al, 1970)</b> (Annexe 5).....	61

## Liste des figures

Figure 01 : Adulte de <i>Sitophilus oryzae</i> le charançon .....	8
Figure 02 : Adulte de <i>Tribolium castaneum</i> de Tribolium .....	8
Figure 03: Photos d'un <i>Quelea quelea</i> , en Afrique.....	13
Figure 04 : Morphologie de l'œuf sous avec grossissement Supérieur à (×180) (placenta)...	17
Figure 05: Larve de <i>Tribolium castaneum</i> .....	18
Figure 06 : Nymphes de <i>Tribolium castaneum</i> .....	18
Figure 07 : <i>Tribolium castaneum</i> Vue sous loupe binoculaire (a : Vue ventrale ; b : Vue dorsale).....	19
Figure 08: Dimorphismes sexuels chez la puppe et le mâle de <i>T. castaneum</i> .....	19
Figure 09: Cycle de développement de <i>Tribolium castaneum</i> .....	21
Figure 10 : Aspects morphologiques du Cumin.....	26
Figure 11 : Aspects morphologiques du Fenouil inflorescences et fleurs.....	27
Figure 12 : <i>Inula viscosa</i> .....	28
Figure 13 : <i>Lawsonia inermis</i> .....	29
Figure 14 : <i>Tribolium castaneum</i> sur la semoule de blé dur.....	32
Figure 15 : Nymphes et adultes du <i>T. castaneum</i> retenus avec le tamis.....	32
Figure 16 : Séchage du matériel végétal.....	33
Figure 17 : Broyage et récupération de poudre fine.....	33
Figure 18 : Peser de la poudre végétale pour chaque dose.....	34
Figure 19 : Agitation magnétique pendant 24h.....	34

Figure 20 : Filtration avec mousseline.....	35
Figure 21 : Filtration avec papier filtre.....	35
Figure 22 : Récupération de l'extrait aqueux (filtrat).....	35
Figure 23 : Bioessais par contact.....	36
Figure 24 : Bioessais par inhalation.....	37
Figure 25 : Bioessais par ingestion .....	38
Figure 26. Appareil d'hydro distillation de type Clevenger.....	39
Figure 27. Le test de répulsion des huiles essentielles.....	39

## **Liste des abbreviations**

**FAO:** Food and agriculture organization

**Mt:** millions de tonnes

**O.A.I.C :** Office Algérien Interprofessionnel des Céréales

**Mq :** millions de quintaux

**M.E.B :** microscope électronique à balayage

## **Introduction :**

Dans la plupart des pays, les céréales sont la base de l'alimentation humaine; notons qu'il en est de même pour l'alimentation animale (**Proctor, 1994**).

Le stockage des céréales occupe donc une place essentielle dans l'économie des pays développés et en voie de développement.

D'un point de vue économique, un rôle important du stockage des céréales est de réguler les fluctuations dans l'approvisionnement du marché d'une saison à l'autre et d'une année à l'autre, en récupérant l'excédent des productions saisonnières qui ont été fructueuses. Cela permet d'alimenter, par le biais de ce marché, les populations durant les périodes où les productions sont les plus faibles. Grâce à ce procédé, l'approvisionnement des populations est garanti ; il permet aussi de lisser les fluctuations des prix du marché. L'objectif de stabiliser les prix des denrées de base est l'une des principales raisons pour lesquelles les gouvernements tentent d'influencer Le stockage et la gestion des stocks.

Depuis les origines de l'agriculture, les récoltes agricoles stockées, destinées à la consommation humaine peuvent être mises en péril en raison d'incidences causées par des ravageurs en tout genre. Parmi ces ravageurs, on identifie des animaux nuisibles (les insectes, les acariens, les nématodes, les rongeurs, les limaces, les escargots et les oiseaux), des agents pathogènes de plantes (virus, bactéries, champignons) et de mauvaises herbes, collectivement appelés parasites des produits végétaux (**Dehne et Schönbeck, 1999**). Face à ces dangers, les agriculteurs ont cherché et mis en œuvre différentes méthodes et outils afin de réduire les risques de pertes causées par ces influences parasites, et si possible de les éradiquer : la démarche générale consiste, du champ, au silo et à l'utilisation, à détecter au plus tôt, la présence de ces parasites et à les traiter essentiellement par l'application de produits chimiques ou par des biocides.

La problématique générale de ce mémoire concerne la valorisation des ressources végétales d'intérêt agronomique dans le cadre de la protection de l'environnement en contribuant à la recherche de molécules naturelles qui serviraient de remplacement aux insecticides chimiques appliqués au niveau des milieux de stockage (des grand dépôts) ou bien dans la vie quotidienne d'une personne .

Pour cela nous avons sélectionné 4 types de plantes qui ont été utilisées dans les méthodes traditionnelles pour tester leur effet sur les ravageurs des denrées céréalières stockées et particulièrement sur *le Tribolium castaneum*.

# **Chapitre 1 :**

# **Bibliographies**



## Partie 1 : Les denrées stockées

### 1. Généralité sur les denrées stockées :

Les céréales appartiennent à la famille des graminées. Ces plantes sont cultivées pour l'amidon de leurs graines et sont consommées par l'homme et par les animaux ou utilisées dans l'industrie. (Berhaut et al, 2003).

La nécessité de stocker les céréales procède de plusieurs facteurs, dont le principal est l'étalement de la consommation de denrées récoltées ponctuellement dans l'année. S'y ajoutent de nombreux facteurs socio-économiques dont l'importance pour le revenu des paysans est énorme (Ntsam, 1989).

### 2. Importance économique des denrées stockées :

#### **Dans le monde :**

Ces dernières années, l'offre mondiale des céréales principales a dépassé la consommation Totale, entraînant une accumulation sensible des stocks et une nette diminution des prix sur les marchés internationaux par rapport à la décennie précédente.

Sur la base des statistiques étudiées, la production céréalière est répartie différemment sur les différents continents du monde selon les besoins des peuples, Les pays producteurs les plus importants sont :

Tableau1 : production mondiale des céréales en Mt

<b>Année</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
<b>Asie</b>	<b>1 120.2</b>	<b>1 133.0</b>
Extrême-Orient	1 016.6	1 029.6
Proche-Orient	69.3	66.6
Pays asiatiques de la CEI	34.4	36.9
<b>Afrique</b>	<b>173.8</b>	<b>169.2</b>
Afrique du Nord	39.4	30.8
Afrique de l'Ouest	54.0	56.1
Afrique centrale	5.0	5.0
Afrique de l'Est	48.6	52.6
Afrique australe	26.8	24.7
<b>Amérique centrale de Caraïbes</b>	<b>39.2</b>	<b>42.9</b>
<b>Amérique du Sud</b>	<b>186.3</b>	<b>173.5</b>
<b>Amérique du Nord</b>	<b>482.9</b>	<b>531.7</b>
<b>Europe</b>	<b>500.7</b>	<b>508.5</b>
UE	314.1	299.5
Pays européens de la CEI	172.8	192.9

<b>Océanie</b>	<b>36.9</b>	<b>53.2</b>
----------------	-------------	-------------

(S.M.I.A.R, 2018)

Les statistiques nous montrent une augmentation de la production pour la majorité des continents représentés dans le tableau 1.

Malgré la production abondance de céréales fournie par chaque continent et les différents moyens et mesures qui garantissent une protection partielle de la production, les problèmes causés par des coléoptères et lépidoptères et acariens (**Alzouma et al, 1994; Fleurat-Lessard, 1994**) sont le plus grand obstacle à l'abondance de la production, ces derniers provoquent d'énormes pertes dans ce matériau de base et sont estimées à 10% en moyenne et représentent une valeur monétaire annuelle de près de 58 milliards US\$ selon les récentes statistiques de la FAO. Ce pourcentage, encore plus élevé dans les pays de l'Afrique subsaharienne (**Fandohan et al, 2005**) :

Sur le continent **européen** où les techniques antiparasitaires perfectionnées sont mises en place, les insectes détruisent encore annuellement pour plus de 3 milliards de dollars de denrées agricoles ou forestières (**Thomas, 1999**). Comme exemple , la **France** a été frappée par plusieurs accidents survenus dans des silos de stockage de céréales, telles que les catastrophes de METZ (octobre 1982) et de BALYE (août 1997) qui ont causé respectivement, la mort de 12 et 11 victimes( **Gwinner et al ,1991**).

En **Amérique du Nord** et au **Canada** en particulier les pertes que subissent les productions de céréales varient entre 35 à 45% (Agriculture Canada, 1999- 2001).

#### **En l'Algérie :**

En Algérie, les produits céréaliers, principalement le blé occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale (10Mt), Cependant, la conservation post-récolte est le seul moyen d'assurer le lien entre la récolte de l'année et la consommation permanente. Les récoltes conservées en général dans des conditions inadéquates, sont attaquées par des moisissures, des insectes et des rongeurs (tableau 2). Des pertes pouvant dépassées 35% sont enregistrées ces dernières années selon les déclarations de (O.A.I.C.) (**Aoues et al, 2017**).

Tableau 2: principales insectes rencontrées dans les silos

<i>Ordres /famille</i>	<i>Espèces</i>	<i>Statut</i>
<i>Coleoptera : Bostrichidae</i>	<i>Rhyzopertha dominica</i>	Primaire
<i>Coleoptera : Curculionidae</i>	<i>Sitophilus oryzae</i>	Primaire
<i>Coleoptera, Silvanidae</i>	<i>Oryzaephilus surinaemensis</i>	Secondaire
<i>Coleoptera : Tenebrionidae</i>	<i>Tribolium confusum</i>	Secondaire
<i>Cleoptera : Dermaestidae</i>	<i>Trogoderma granarium</i>	Primaire
<i>Lepidoptera : Pyralidae</i>	<i>Ephestia kuehniella</i>	Secondaire
<i>Hymenoptera :Pteromalidae</i>	<i>Lariophagus distinguendus</i>	Parasitoïde
<i>Acaroidae</i>	<i>Acarus siro</i>	Tertiaire

(Aoues et al ,2017)

La production céréalière a atteint 34,8 (Mq) pour la campagne 2016-2017, contre 34,3 millions de lors de la saison 2015-2016. Présenté lors de la réunion du comité national de préparation, de suivi et d'évaluation de la campagne céréalière (labours-semailles et moisson-battage) au ministère chargé de l'agriculture. Durant la campagne 2016-2017, Et sur la campagne 2018/2019 L'Algérie a réalisé une récolte record de 3,9 (Mt).

L'Algérie est un pays producteur de premier ordre sur le continent africaine, mais cela ne l'a pas empêchée d'être classée comme la troisième plus grand importateur de blé au monde, de 8,57 milliards de dollars dont 3,1 milliards de dollars pour l'achat des céréales. Il est importé de France, d'Argentine (20% de parts de marché), ainsi que des Etats-Unis, et parfois d'Allemagne et d'Estonie (Ahmad ,2016).

#### Les dommages des céréales :

Malgré l'augmentation de la production céréalière locale à la cour des 7 dernières années (42 Mq), mais ce nombre reste insuffisant compte tenu de contraintes techniques et climatiques et la forte hausse du taux d'accroissement naturel de la population qui en 10 ans environ est passé de 1,5 à plus de 2% (Ahmad ,2016).

Par ailleurs, il est à signaler que l'augmentation de la consommation de céréales est intimement liée aux fortes subventions à la consommation des blés tendre et dur (pain-farine et semoule) qui ont eu pour corollaire des gaspillages, (pain notamment) importants et pour les pouvoirs publics (plus de 40 millions US\$ de pertes annuelles) ( Ahmad ,2016).

- Compte tenu des pertes qui en résultent, nous mentionnons les ravageurs de blé stocké dans différents wilaya d'Algérie (tableau3):

Tableau3 : les ravageurs de blé stocké dans différents wilaya d'Algérie

L'espèce	Les wilayas
<i>Rhyzopertha dominica</i> Capucin	Defla, Mostaganem, Tizi Ouzou et Bouira
<i>Sitophilus oryzae</i> , <i>Oryzaephilus surinamensis</i> , <i>Tribolium confusum</i>	Blida, Tiaret et Tlemcen
<i>Ephestia kuehniella</i> , <i>Trogoderma granarium</i> , <i>Acarus siro</i> et <i>Lariophagus distinguendus</i>	Sétif, Constantine, Guelma, Médéa et Oum el Bouaghi

(Aoues et al ,2017)

### 3. Les problèmes de conservation des grains entreposés par les infestations d'insectes :

Certains insectes vivent de la consommation du grain : au stade larvaire, ils se développent à l'intérieur même du grain : ils sont alors invisibles ; une fois adultes, en raison de leur petite taille, ils ne sont pas facilement détectables : lorsque l'on constate la présence d'insectes dans un entrepôt de céréales, cela indique généralement que le stock est déjà fortement infesté. De plus, leur faculté à se multiplier très rapidement leur donne la capacité d'occasionner des pertes considérables (**Gwinner, Harnisch et al, 1996**). Dans le cas où des conditions favorables sont réunies, notamment une bonne température, le temps de développement (cycle de développement) de certains insectes peut être compris entre 3 et 4 semaines. La température idéale pour le développement de ces insectes est de l'ordre de 25 à 30 °C. A 15 °C, le temps de développement est significativement retardé (entre 4 et 7 mois). A des températures en dessous de 10 °C ou au-delà de 35°C, le cycle de développement n'atteint pas son terme et le taux de mortalité devient alors considérable (**Feillet, 2000**), (**Cruz et al, 1988**)

Outre l'influence de la température, le développement dépend également de l'humidité du grain. Sur des céréales à moins de 10 % d'humidité une forte mortalité est enregistrée (**Cruz et al, 1988**), (**Subramanyam et Hagstrum, 1993**).

#### **3.1. Cas des insectes ravageurs :**

Les plus grands ravageurs parmi les espèces d'insectes, sont les coléoptères, les lépidoptères et les acariens.

Les insectes ravageurs, sont en général classés en deux groupes : le premier groupe, celui des ravageurs primaires, qui englobe les insectes pouvant détériorer le grain sain ; le deuxième groupe, celui des ravageurs secondaires qui ne peuvent atteindre le grain que lorsqu'il est déjà

cassé ou percé, suite à une dégradation due au processus de stockage ou à une attaque des ravageurs primaires, leur ouvrant alors une porte d'accès (**Bekon et Fleurat lessard,1989**). Ainsi, les ravageurs primaires comme les charançons (du grain et du riz) et le capucin (figure 1), en plus de leur propre consommation de céréales, donnent accès aux ravageurs secondaires comme le tribolium (figure 2), afin d'accentuer la détérioration (**ITCF, 1990**), (**Camara, 2009**).



fig 1.adult de *Sitophilus oryzae* de Charançon (**Bettahar, 2016**)



fig2. Adulte de (*Tribolium castaneum*) de Tribolium

#### 4. les mesures de protection des denrées stockées :

##### **4.1. Lutte prophylactique :**

Les mesures de préventions contre les infestations passent par plusieurs procédés :

- Assainissement :

Avant de mettre les grains dans le milieu de stockage, il faut s'assurer que l'ensemble des équipements du système de stockage soient propres en éliminant consciencieusement les résidus d'anciens grains, poussière et insectes (**Arthur et al, 2006**).

L'utilisation de l'argile diatomée peut compléter cette mesure préventive (**Glenn et al, 1999 ; Subramanyam et Roesli, 2000**).

- Séchage des grains :

Les grains doivent contenir moins de 12% d'eau afin d'éviter tout installation des insectes ravageurs et champignons (**Ames, 2013**)

- Aération :

Après récolte le lancement de cycles de refroidissement par la ventilation durant 2 à 3 semaines permet de réduire la température des grains et d'uniformiser leur humidité dans l'ensemble du système de stockage. Le facteur aération combiné avec une bonne hygiène permet de réduire efficacement le problème des insectes ravageurs et les pertes qui peuvent être occasionnées (**Bullen, 2007**).

- Inspection des silos :

Les grains entreposés sont des organismes vivants, leur valeur marchande peut chuter rapidement lorsqu'ils sont détériorés, d'où la nécessité de surveiller fréquemment la masse entreposée et de bien comprendre les processus de séchage et de détérioration (**Abramson et al, 2001**). Lors de la détection des premières infestations, il serait nécessaire de sceller rapidement le silo et procéder à la fumigation. Après fumigation, le silo est remis sous système de refroidissement par ventilation (**Bullen, 2007**).

#### **4.2. Lutte par bio pesticide :**

Les pesticides peuvent présenter des risques pour la santé des consommateurs, l'environnement, et les producteurs. On recense ainsi des effets secondaires aigus et chroniques, dont le développement de maladies de la peau et neurologiques. L'utilisation sans distinction d'insecticides à large spectre peut par ailleurs anéantir les ennemis naturels des ravageurs (**Tamo, 2012**).

La plupart des producteurs ignorent les moyens naturels par lesquels les ravageurs et les maladies peuvent être gérés. Pourtant, les bio-pesticides - dérivés des plantes ainsi que des micro-organismes comme les virus et les champignons - n'ont pratiquement aucun impact néfaste sur la santé humaine et l'environnement (**Tamo, 2012**).

##### 4.2.1. Les bios pesticides utilisés :

Les bio pesticides se divisent en trois principales branches : les produits à base de microorganismes (bactérie, virus, champignon), les produits à base d'extraits de plantes (pyrèthre, roténone, neem), les substances biologiques naturelles (les médiateurs chimiques).

Ces bios pesticides fortement sollicités pour leurs nombreux avantages : ils sont moins toxiques que les pesticides conventionnels, respectueux de la biodiversité et la biosphère. Ils

contribuent aussi à diminuer le risque de résistance chez les déprédateurs et ils sont dotés d'une spécificité d'action remarquable (**Madene, 2013/2014**).

#### 4.2.2. Méthode d'application :

Les méthodes traditionnelles d'application des épices, des plantes médicinales et de leurs extraits, et des matériaux inertes ayant un potentiel de lutte contre les ravageurs comme protecteurs de stockage, sont de plus en plus explorées et exploitées dans le monde en développement comme alternatives pour lutter contre les ravageurs des produits stockés. En plus des insectes, plusieurs autres organismes attaquent les produits stockés. Il s'agit notamment des micro-organismes (principalement les champignons et les bactéries, qui provoquent l'infection et la détérioration (**Chomchalow, 2003**) :

a. Le traitement de surface par contact qui consiste à l'application des extraits de plantes sur la surface des denrées

b. L'admixtion avec les produits stockés qui consiste à incorporer les extraits de plantes aux denrées stockés.

c. Le traitement en profondeur par contact qui s'applique en plaçant les matériaux botaniques au fond des containers ou des silos et en versant par-dessus les denrées à stocker (**Madene, 2013/2014**).

En conclusion, la Préparation et l'utilisation correcte, des bio-pesticides peuvent être efficaces que les pesticides classiques. Mais leur action insecticide est plus lente, de quelques jours.

De même le phénomène de résistance n'est pas un problème rencontré dans l'utilisation des bio-pesticides ; jusqu'à présent

Par exemple : les extraits végétaux utilisés dans les bio-pesticides contiennent plusieurs substances actives ; il est bien plus difficile pour les insectes d'y développer une résistance comparé aux pesticides chimiques, dont la plupart ne compte qu'une ou deux molécules actives (**Tamo, 2012**).

## Partie 2 : Les différents ravageurs des denrées stockées

Les ravageurs des céréales sont nombreux et appartiennent majoritairement à la classe des insectes. Outre les dommages directs qu'ils causent aux cultures de céréales, ils sont aussi dans certains cas les vecteurs de viroses et d'autres maladies. Beaucoup d'entre eux sont polyphages, mais certains insectes peuvent être plus spécialisés dans les Poaceae et attaquer aussi d'autres plantes cultivées (graminées fourragères, gazons) (Spedona et al, 2015).

### 1. Les insectes :

Les insectes sont les plus nuisibles et les plus redoutables car ils déprécient le stock tout entier, quelque soit leur nombre (Fleurrat-Lessard, 1982). Les dégâts causés par les insectes sont les plus importants. Même si le problème se pose de manière globale, les dégâts sont plus importants dans les pays en voie de développement et dans ceux de l'Afrique en particulier à cause des conditions climatiques favorables à leur développement (Alzouma, 1990).

#### **1.1. Classification des insectes ravageurs :**

Ces insectes nuisibles peuvent être répartis en trois groupes :

**Les ravageurs primaires :** capables de s'attaquer à des grains sains et entiers. De nombreux travaux leur ont été consacrés. Ils ont abouti quelques fois et des formules permettant d'estimer les pertes en matière sèche. Ainsi les dégâts causés par *Sitophilus oryzae* et *Ryzopertha dominica* ont pu être quantifiés (Bekon et Fleurat-Lessard, 1989).

**Les ravageurs secondaires :** ne peuvent déprécier les grains qu'à partir des dégâts causés par les ravageurs primaires, c'est le cas des *Tribolium*. La perte en matière sèche due aux attaques de ces ravageurs secondaires peut être difficilement estimée (Bekon et Fleurat-Lessard, 1989; Inge de Groot, 2004).

**Les ravageurs tertiaires :** se nourrissent de graines cassées, de poussières de graines et de la poudre laissée par les groupes précédents. (Inge de Groot, 2004).

#### **1.2. Les insectes ravageurs dans le monde et l'Algérie :**

**Dans le monde :**

Selon (Gahukar ,1989), (Fleuray-Leussard ,1978) et (Christine ,2001) les principaux insectes signalés sur les grains des céréales stockées sont donnés dans le tableau 4:



Tableau 4: Principaux insectes déprédateurs des céréales stockées

Espèce	Nom commun	Céréales attaquées
<b>Ordre des coléoptères</b>		
<i>Sitophilus oryzae</i>	Charançon du riz	Blé, orge, riz, maïs sorgho, mil, millet
<i>Sitophilus zeamais</i>	Charançon du maïs	Blé, maïs
<i>Sitophilus granarius</i>	Charançon du blé	Blé
<i>Rhizopertha dominica</i>	Capucin des grains	Millet, orge, riz, maïs, sorgho
<i>Trogoderma granarium</i>	Dermeste des grains	Millet, riz, blé
<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	Silvain	Blé, maïs, millet
<i>Tribolium castaneum</i>	Tribolium roux	Blé, maïs, riz, orge, sorgho, mil, millet
<i>Tribolium confusum</i>	Tribolium sombre	Riz, millet
<i>Tenebriodes mauritanicus</i>	Cadelle	Blé, maïs
<i>Cryptolestes ferrugineus</i>	Petit cucujide plat	Blé
<i>Prostphanus truncatus</i>	Grand capucin des grains	Maïs
<i>Carpophilus dimidiatus</i>	Carpophile des grains	Maïs
<i>Sitotroga cerealella</i>	Alucite des grains	Maïs, blé
<i>A.leaviga</i>	Ténébrion du champignon	Maïs
<i>Alphitobius diaperinus</i>	Petit ténébrion mat	Maïs
<i>Corcyra cephalonica</i>	Pyrale du riz	Riz
<b>Ordre des lépidoptères</b>		
<i>Sitotroga cerealella</i>	Alucite	Orge, blé, riz, mil, sorgho, millet
<i>Ephestia cautella</i>	Pyrale des amandes	Millet, riz
<i>Ephestia kuehnella</i>	Mite de la farine	Maïs
<i>Plodia interpunctella</i>	Pyrale des fruits secs	Riz, maïs, sorgho, mil
<i>Corcyra cephalonica</i>	Mite du riz	Blé, maïs, riz, sorgho, millet
<i>Pyralis farinalis</i>	Pyrale de la farine	Blé

(Gahukar ,1989), (Fleuray-Leussard ,1978) et (Christine ,2001).

#### En Algérie :

Un nombre important d'insectes des Denrées stockées ont été recensées sur les grains de céréales dans différentes régions d'Algérie (Mebarkia et al, 2001).

(Tazerouti et al, 2001) rapportent que parmi les espèces les plus rencontrées sur les céréales stockées viennent en premier lieu *Tribolium castaneum* avec 30 %, suivi de *Sitophilus granarius* avec 20 % et ensuite *Trogoderma granarium* avec 10 % les principaux insectes signalés en Algérie sont résumés dans le tableau 5 :

Tableau 5: Insectes les plus fréquents rencontrés sur les céréales stockées en Algérie

Nom scientifique	Céréale attaquée	Famille	Ordre
<i>Sitophilus granarius</i>	Maïs, blé dur, blé tendre	Curculionidae	Coleoptera
<i>Sitophilus oryzae</i>	blé dur, blé tendre	Curculionidae	Coleoptera
<i>Tribolium castaneum</i>	Blé dur, blé tendre	Tenebrionidae	Coleoptera
<i>Tribolium confusum</i>	Blé dur, blé tendre	Tenebrionidae	Coleoptera
<i>Cryptolestes ferrugineus</i>	Blé dur, blé tendre	Cucujidae	Coleoptera
<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	Blé dur, blé tendre	Cucujidae	Coleoptera
<i>Rhizopertha dominica</i>	Blé dur	Bostrychidae	Coleoptera
<i>Trogoderma granarium</i>	Blé dur, blé tendre	Dermeestidae	Coleoptera
<i>Ephestia kuehniella</i>	Blé dur, blé tendre	Pyralidae	Lepidoptera
<i>Plodia interpunctella</i>	blé dur	Pyralidae	Lepidoptera

(Mebarkia et al, 2001)

## 2. Les oiseaux :

Les oiseaux Susceptibles de dégrader le grain stocké sont principalement les moineaux, les tourterelles, les pigeons et par fois les étourneaux (figure 3) (Berhaut et al, 2003).



Fig 3. Photos d'un *Quelea quelea* en Afrique

Source : <https://i.pinimg.com/originals/fa/b8/6a/fab86a694777b3368e0206762a998e92.jpg>

### 3. Les rongeurs :

Les rongeurs rencontrés à proximité des tas de grain sont principalement les souris, les surmulots ou rats d'égouts et les rats noirs. Les souris peuvent vivre soit dans les constructions soit en extérieur. Elles colonisent donc les stockages de grain ou elles trouvent une nourriture abondante. (**Berhaut et al, 2003**). Leurs excréments contaminent les céréales qui une fois consommés par l'homme, peuvent lui occasionner des maladies (Diarrhées....) (**Anonyme, 2004**).

### 4. Les acariens :

Les plus couramment rencontrés dans les denrées stockées sont issus de plusieurs familles. Ils sont de taille très réduite, dépassant rarement le millimètre de longueur. Et possèdent quatre paires de pattes se présentant sous forme d'agrégats qui les font ressembler à une « poussière vivante ». L'optimum de développement se situe vers 25° et 90% humidité. Ce sont les moisissures présentes dans les stocks qui constituent l'essentiel de leur nourriture mais ils ne dédaignent pas les germes humides. Leur cycle de Développement est très court avec seulement 10 à 12 jours entre 23 à 25 C° dans des grains à 17% humidité (**Berhaut et al, 2003**).

Les acariens les plus rencontrés sur céréales sont :

- *Lepidoglyphus destructor*.
- *Acarus siro* (**Aoues, 2017**).

### 5. Les Microorganismes des grains :

Les microorganismes observés dans les stocks de céréales se composent de bactéries, de levures et de moisissures. Les limites inférieures moyennes de développement en fonction de l'humidité relative de l'air sont de 90% pour les bactéries, 85% pour les levures et 65 % pour les moisissures. En général, Ce sont donc les moisissures (les genres *Aspergillus* et *Penicillium*) qui constituent la menace la plus fréquente en cours de stockage. Au cours de leur développement, elles produisent parfois des toxines qui rendent les denrées sur lesquelles elles sont présentes impropres à la consommation humaine ou animale. Le cas le plus connu est celui de l'aflatoxine, une mycotoxine cancérigène produite par *Aspergillus flavus* (**waongo, 2009**).

## 6. Nématodes :

Diverses espèces de nématodes attaquent également les céréales. La plus importante est *Heterodera avenae* (nématode de l'avoine), à répartition quasi-cosmopolite. Cette dernière appartient au complexe de nématodes à kystes des céréales qui sont:

- *Aphelenchoides besseyi* (anguillulose des feuilles de riz).
- *Ditylenchus dipsaci* (anguillule des céréales).
- *Meloidogyne naasi* (nématode des céréales).
- *Pratylenchus penetrans* (nématode des prairies) (**Spedona et al, 2015**).

## Partie 3 : Présentation de l'insecte étudiée

### 1. Principales caractéristiques de *Tribolium castaneum* :

#### 1.1. Généralités sur les tenebrionidae :

Les ténébrionidés sont des coléoptères de taille comprise entre 2 mm. et 80 mm, de forme très variée, à téguments le plus souvent rigides, épais, noir mat ou luisant, de teinte sombre, coloré ou «métallique» par interférence, avec des yeux généralement grands, ovales ou ronds chez certaines sous-familles. Antennes de 11 articles, plus rarement 10. aptères ou ailées, avec nervation alaire du type primitif, 5 sternites abdominaux, pattes longs ou tout au contraire, contractées, souvent fouisseuses (**Balachowsky, 1962**).

Un certain nombre de tenebrionidae ont été signalés comme nuisibles sur les plantes cultivées et autres s'attaquent aux denrées alimentaires stockées ou emmagasinées. Parmi ces dernières le genre *Tribolium* comprend deux espèces principales *Tribolium confusum* et *Tribolium castaneum* sont des espèces cosmopolites et nuisibles.

*T. castaneum* Herbst infeste le riz, le maïs, le sorgho, le millet, les légumineuses, le manioc et farine de manioc et l'igname. Adultes et larves se nourrissent surtout des brisures. Ils attaquent les grains endommagés. Ils affectionnent les germes des grains (**Fandhon, 2005**).

*T. castaneum* est un coléoptère initialement identifié sous le nom de *Dermites navalis* par Fabricius en 1775. Ce nom est actuellement supprimé dans sa nomenclature. Il est par la suite reconnu sous le nom de *Colydium castaneum* par Johann Friedrich Herbst en 1797. Il l'a finalement nommé par *T. castaneum* en 1825 après l'avoir identifié dans la famille des Tenebrionidae (**Delobel & Tran, 1993**). Il est aujourd'hui si cosmopolite et commensal de l'homme que son origine est incertaine mais selon (**Bonneton, 2010**), il serait en provenance d'Asie méridionale au climat chaud et sec ou bien même de l'Inde.

#### 1.2. Position systématique :

Selon (**Haddad et al, 2017**). la systématique de *T. castaneum* est la suivante :

Embranchement : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Sous- embranchement : Hexapoda

Classe : Insecta

Ordre : Coleoptera

Sous – ordre : Polyphaga

Super – famille : Tenebrionoidea

Famille : Tenebrionidae

Sous – famille : Tenebrioninae

Genre : *Tribolium*

Espèce : *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797).

### 1.3 Morphologie :

#### Œuf :

(Gautam et al, 2014) élucident son ultra-structure, elle est de forme oblongue, ovale, lisse et de couleur blanchâtre, sa longueur est de (381,3 – 710,8)  $\mu\text{m}$  Son diamètre est de (290,7 - 324)  $\mu\text{m}$ . L'œuf est enveloppé dans un amas visqueux ou placenta (en anglais ; chorion), ce placenta est visible sous (M.E.B) avec grossissement supérieur à ( $\times 180$ ) (figure 4).

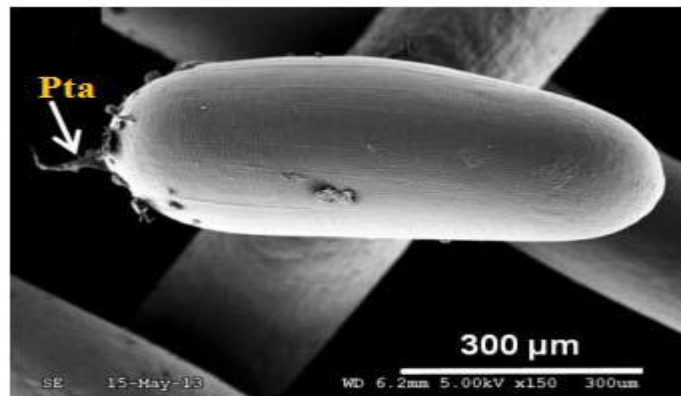


Fig 4. Morphologie de l'œuf sous (M.E.B) avec grossissement Supérieur à ( $\times 180$ ) (placenta) (Gautam et al, 2014).

#### Larve :

(Robinson ,2005) indique que la larve est vermiforme, elle est de couleur jaune à blanchâtre, elle a un corps mou couvert de petits poils et se termine par deux petites pointes. Elle a six pattes, avec deux projections pointues vers l'extrémité caudale (Diome et al, 2014). Environ 8 fois plus longue que large, d'un jaune très pâle à maturité, avec latéralement quelques courtes soies jaunes, sa tête et le segment terminal sont bruns, elle mesure 8 mm de long avant la nymphose.

Elle se distingue de la larve de *T. confusum*, insecte à moindre importance que *T. castaneum*, par la pilosité du labre, réduite à deux touffes de soies latérales (figure 5) (Delobel & Tran, 1993).



Fig 5. Larve de *Tribolium castaneum* (Aouina et Khelifi, 2018).

#### La nymphe :

À une forme cylindrique Elle est de couleur blanche et nue. Les segments de son abdomen sont ex planés latéralement en lames rectangulaires à bords crénelés (Balachowski, 1962). La nymphe reste sans protection et est incapable de se déplacer. Le sexe peut être bien visible à ce stade (figure 6).



Fig 6. Nymphes de *Tribolium castaneum* (Kassimi, 2014).

#### Adulte :

Mesure de 3 à 4 mm, de couleur uniformément brun rougeâtre il est reconnaissable par la distinction très nette des trois parties du corps (tête, thorax et abdomen). Les trois derniers articles des antennes sont plus gros et formant une massue (Fandhon, 2005) .Il est étroit, allongé, à bords parallèles. Le dernier article des antennes est légèrement renflé. Le prothorax a généralement des bords tranchants et les ailes sont fréquemment réduites. Les tarsi antérieurs et moyens comportent 5 articulations, alors que les tarsi postérieurs n'en ont que quatre. Les angles sont simples, mais denticulés. Les téguments sont presque toujours très

robustes et de teinte foncée (**Christine, 2001**). Il est très difficile de distinguer les mâles des femelles sauf au stade nymphal (**Hinton 1948**) rapporte qu'il est possible de les séparer, le mâle porte au niveau des pattes une épine à soie (figure7).

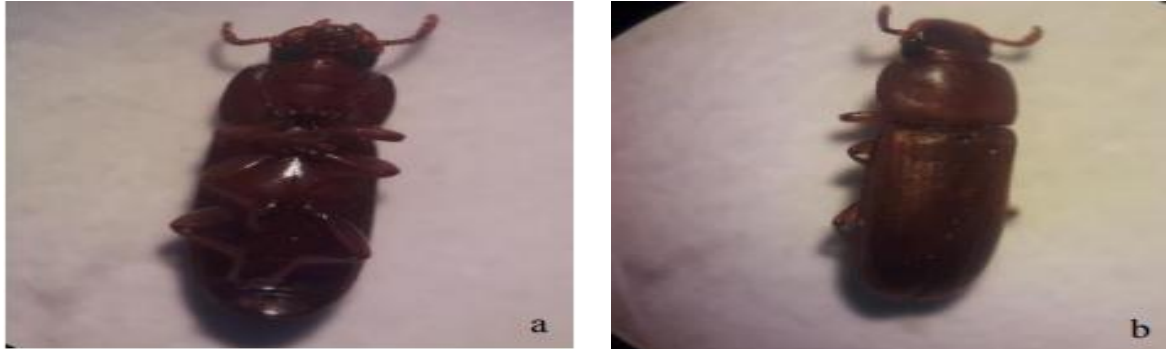


Fig. 7. *Tribolium castaneum* Vue sous loupe binoculaire (a : Vue ventrale ; b : Vue dorsale) (**Aouina et Khelifi, 2018**).

*T. castaneum* présente un dimorphisme sexuel aussi bien au stade nymphal qu'au stade adulte, mais il est plus facile de distinguer les sexes chez les nymphes que chez les adultes. Mâle ou femelle, l'abdomen de la pupa se termine par deux urogomphes. Chez les femelles, les papilles génitales, situées juste en avant des urogomphes, sont nettement plus développées que chez les mâles. Autrement dit, les urogomphes des pupes mâles sont beaucoup plus petits et ressemblent beaucoup plus à du bout des doigts plutôt qu'à des doigts. Au stade adulte, les mâles montrent un petit lopin de poils courts sur le côté antérieur de la première paire de jambes (à 1/3 de la distance de la base) plus précisément au niveau du fémur de la première paire de pattes, alors que ces poils sont absents chez les femelles (figure 8) (**Cheikh, 2019**).

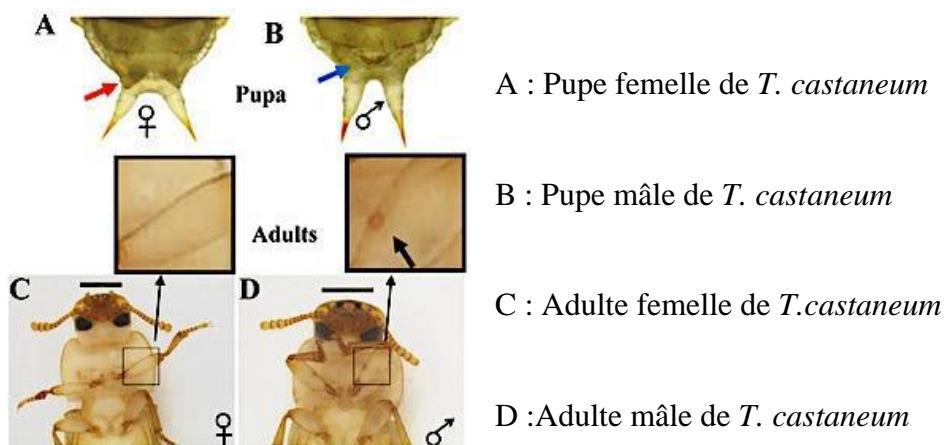


Fig 8. Dimorphismes sexuels chez la pupa et le mâle de *T. castaneum* (**Cheikh, 2019**).



## **1.4. Ethologie :**

### 1.4.1 Mobilité :

*Tribolium castaneum* est un insecte qui se déplace rapidement lorsqu'il est dérangé. Il se déplace de préférence en fin d'après midi, par temps chaud et calme, migre à partir de stocks infestés à la recherche de nouvelles sources alimentaires permettant l'oviposition et le développement larvaire. Les adultes peuvent voler après 48h de leur émergence, cependant, les femelles nouvellement émergées (2 à 10 jours) ont tendance à voler plus que les jeunes mâles, qui préfèrent rester dans le substrat pour s'accoupler (**Perez-Mendoza, 2007**).

### 1.4.2. Régime alimentaire :

Le tribolium rouge de la farine est un insecte psychophage, mycophage et occasionnellement nécrophage et prédateur d'autres insectes. Il a peut être observé dans les pourritures et sous les écorces d'arbres (**Sokoloff, 1974 ; Suresh et al, 2001 ; Alabi et al 2008**). Au niveau des minoteries, des usines alimentaires, des boulangeries et des habitations, les adultes et les larves se nourrissent de farines de céréales et autres produits de mouture, ils sont incapables de perforer les grains non moulus, mais des lésions microscopiques suffisent pour permettre à la larve d'entamer le grain ; seul le germe est consommé la plupart du temps (**Delobel et Tran, 1993**). D'autres produits peuvent être infestés par les tribolium ; les pâtes, les pois, les haricots, les noix, les épices, le chocolat, les résidus de pressage de l'huile et les grains oléagineuses ainsi que les insectes de collection.

### 1.4.3. Ennemis naturel :

*Tribolium castaneum* et *Tribolium confusum* partagent les mêmes ennemis naturels le figurent notamment des acariens, tels que *Pediculoides ventricosus*, *Acarophenax tribolii*, *Blattisocius keegani* et *Blattisocius tarsalis* (prédateur des œufs) (**Daniel ,2015**) et des insectes hyménoptères parasitoïdes de la famille des Bethyridae comme *Holepyris syvanidis* (syn. : *Rhabdepyris zea*), qui parasitent les larves (**Abraham, 1996**).

## **1.5. Cycle de développement :**

C'est une espèce très prolifique, au cours de leur vie les femelles peuvent pondre plus de 1.000 œufs (2 à 10 œufs/ jour) directement dans le substrat alimentaire (**Rees, 2004**). Entre 3 à 12 jours post-oviposition, les œufs vont éclore en petites larves actives, mais qui restent généralement cachées à l'intérieur de l'aliment, loin de la lumière (**Abdelsamad et al, 1988 ;**

**Mason, 2003**). Elles se nourrissent dans le milieu, subissant 5 à 11 mues (fonction des conditions individuelles, environnementales et la disponibilité de source d'alimentation) avant de se métamorphoser en une nymphe nue. La durée du stade larvaire varie de 22 à plus de 100 jours selon la température ambiante, quant au stade nymphal il dure huit jours, donnant lieu à des imagos vont émerger. Les premiers accouplements auront lieu après deux jours de l'émergence des imagos et dureront 3 à 15 min (**Scotti, 1978**). La durée du cycle complet varie généralement entre 7 semaines à 3 mois (figure 9). La température favorisant le développement de ces insectes est de 20 à 37°C avec 60 à 80% d'humidité relative. Dans ces conditions, la durée d'une génération peut être de 27 à 35 jours (**Shazali et 28 Smith, 1986**). *Tribolium castaneum* ne se développe pas au-dessous de 18°C. Également, à une humidité relative de 10% le développement de cette espèce peut se faire à 25-28°C et il est impossible à 35°-38°C (**Delobel et Tran, 1993**).

-La longévité de l'insecte est de 2 à 8 mois, trois jours pour les œufs, 16 jours pour les larves et 5 jours pour les pupes, les œufs sont déposés en vrac sur les grains et sont difficiles à déceler, les larves circulent librement dans les denrées infestées et s'y nymphosent sous leur cocon (**Delobel et Tran, 1978**).

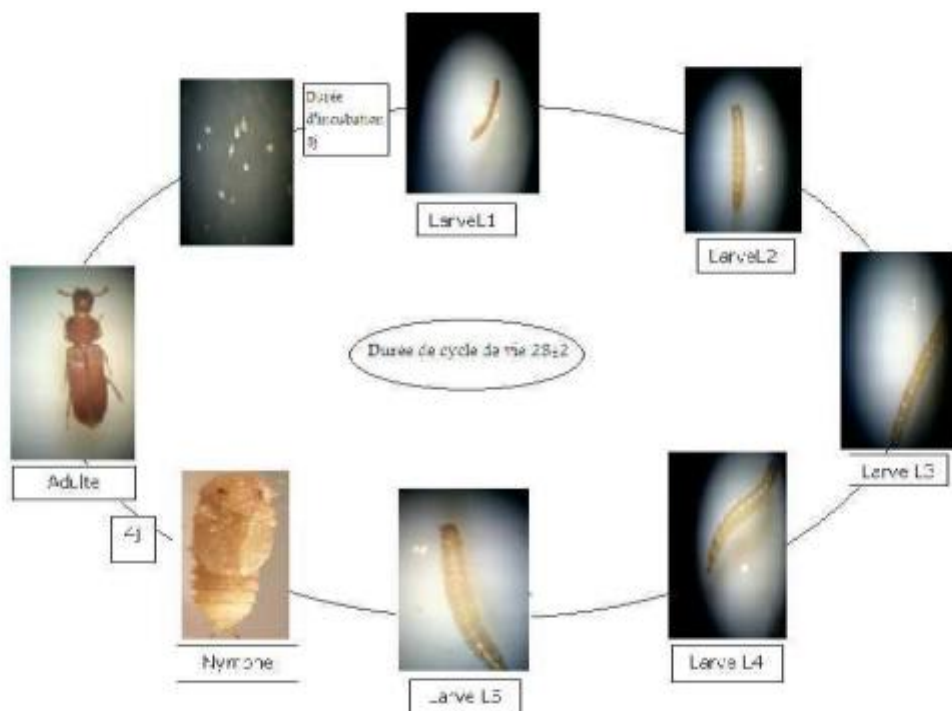


Fig 9. Cycle de développement de *Tribolium castaneum* (**Kassimi, 2014**).

### Bio écologie :

*tribolium castaneum* est un insecte facile à élever avec un cycle de développement court de 30 jours. C'est un insecte qui a exceptionnellement une longévité de six mois à quatre ans et une fécondité élevée (**Bonneton, 2010**). Les œufs collants, sont disposés à l'intérieur des récipients ou directement dans la nourriture où, à cause des particules alimentaires qui s'y adhèrent, ils sont à peines reconnaissables (**Cheikh, 2019**). Ils sont déposés en vrac sur les graines et sont difficiles à déceler. Les larves circulent librement dans les denrées infestées et s'y nymphosent sans cocon. À 30°C, la vie larvaire dure à peu près trois semaines et l'adulte émerge de la nymphe six jours après sa formation et dont son optimum thermique se situe entre 32 et 33°C, son développement cesse au-dessous de 22°C et il résiste très bien aux basses hygrométries (**Camara, 2009**). 450 œufs avec un aspect collant leur permettant rapidement de se recouvrir de particules de nourriture et d'autres débris, peuvent au maximum être pondus, un à un, à une allure de 2 à 10 par jour en fonction de la température et éclosent à 22- 27°C en 6 à 14 jours (**Cheikh, 2019**).

Selon (**Diome, 2014**) le cycle de développement de cet insecte comporte 6 à 9 stades larvaires jusqu'à 13 et la métamorphose s'effectue en 6 jours. La durée moyenne de développement de l'œuf à l'adulte sur le millet est de 37 jours à 25°C, 26 jours à 28°C, de 23 jours à 35°C et de 21 jours à 38°C pour un HR de 70% (**Delobel et Tran, 1993**). Le passage de la larve à l'adulte passe par le stade nymphal dont les nymphes, nues, se retrouvent dans les mêmes aliments que les larves. Elles sont blanches au départ mais leur couleur s'assombrit graduellement avant de devenir adultes, ce qui a lieu 9 à 17 jours plus tard. Les adultes se nourrissent des mêmes aliments que les larves et vivent entre 15 et 20 mois. On peut rencontrer 5 générations par an (**Cheikh, 2019**).

### **1.6. Répartition géographique :**

*Tribolium castaneum* est un insecte originaire d'Asie du sud (**Delobel et Tran, 1978**). Et en Afrique, elle semble avoir été nuisible en Egypte antique dès la 6ème dynastie. C'est un ravageur doté d'une grande faculté d'adaptation, présente actuellement une distribution cosmopolite. Il est plus fréquent sous les climats chauds notamment les tropiques (**Delobel et Tran, 1993**). L'habitat originel connu du *Tribolium castaneum* est sous les écorces des arbres ou les branches en décomposition, ayant pu par la suite infester les structures anthropogéniques utilisées dans les processus d'entreposage des denrées alimentaires (**Good, 1936**).

### **1.7. Les Dégâts causés par *Tribolium castaneum* :**

D'après (Steffan ,1978), ils sont très polyphages, ce sont des cléthrophages secondaires, car les larves et les adultes se nourrissent surtout de brisures, elles attaquent les grains endommagés, escortent souvent les charançons ou parachèvent leurs dégâts. Le *Tribolium* cherche surtout les denrées amylacées pulvérulentes comme la farine, le son... (Lepesme, 1944).

Les adultes secrètent une substance nauséabonde riche en quinones qui communique au lot infecté une odeur particulièrement désagréable. Sur les graines d'arachide le *Tribolium castaneum* provoque un accroissement notable de la Teneur En acides gras dans l'huile qui en est extraite et s'attaque le blé, maïs, orge, sorgho, millet ; manioc, igname, arachide, coton, ricin, cacao (Delobel et al, 1993; Cruz et al, 1988). Par exemple La farine infestée se caractérise par une vive odeur et un goût de moisissure, les quinones secrétés par *T. castaneum* sont importants et affectent la qualité technologique en détériorant la qualité du gluten de la farine. Cette dernière devient alors brune et a une odeur désagréable, qui peut persister dans les produits transformés (Christine, 2001). Le pain préparé à partir de la farine infestée est peu volumineux avec une faible qualité organoleptique (Delobel et Tran, 1993. Karunakaran et al, 2004).

(Karunakaran et al, 2004) rapportent que l'infestation causée par le *T. castaneum* dans les grains non traités durant 9 mois de stockage, réduisent la germination et augmente les dommages sur le grain de 9% à 39%.

### **1.8. Importance économique :**

L'entreposage est la plus importante étape dans la production des grains quand ils sont exposés à différentes infestations. Ce problème affecte l'économie à l'échelle mondiale, du fait du cout élevé des pertes provoquées par les insectes ravageurs des denrées alimentaires stockées, pouvant atteindre 475 millions de dollars par an (Dominguez et Marrero, 2010).

Cette espèce a eu une longue association avec l'alimentation humaine stockées et a été trouvé en association avec un large éventail de produits de base dont les céréales, farine, pois, haricots, cacao, noix, fruits secs et épices, mais les produits de céréales moulues, comme la farine semble comme leur aliment préféré (Campbell et Runnion, 2003).

## **1.9. Moyens de lutte :**

### 1.9.1. Lutte préventive :

Cette lutte consiste en une hygiène rigoureuse des moyens de transport, des locaux de stockage, des installations de manutention et des machines de récolte (**Kellouche, 2005**). Il est couramment admis que plus de 80 % de la lutte contre les insectes repose sur l'intervention sanitaire qui repose sur :

a. **Protection des locaux de stockage Avant la mise en stock des denrées :** il est indispensable de nettoyer correctement les structures de stockage :

- Balayage correcte des locaux, brossage des murs et colmatage des fissures.

- Comme les locaux de stockage, les alentours des bâtiments, doivent être propres et parfaitement dégagé (**Belmouzar, 2004**).

- Utiliser un emballage résistant tels que les sacs en polyéthylène doublé, coton que les insectes sont incapable de percer (**Amari, 2014**).

b. **Protection de la denrée Avant la mise en stock :** le produit doit être correctement nettoyé, la présence de brisures constitue un élément favorable au développement des insectes. Tout nouveau lot doit être considéré à priori comme douteux est correctement inspecté car du produit attaqué introduit même en faible quantité peut infester un magasin ou un silo (**Hamdani et Bourega 2018**).

### 1.9.2. Lutte curative :

Les traitements curatifs ont pour but d'empêcher le développement des ravageurs de denrées stockées en cas de l'infestation et avant d'arriver à des stades plus complexes irréversibles.

### 1.9.3. Lutte physique :

C'est une méthode qui consiste à utiliser des agents physiques (mouvement, chaleur, lumière, froid, eau, électricité, radiation...) afin de ralentir au maximum l'activité biologique des ravageurs des graines. D'après (**Cruz et al 1988**), les basses températures ont pour effet de ralentir l'activité alimentaire de l'insecte et d'en réduire les mouvements (au dessous de 10°C). D'après (**Laybeyrie, 1962**) L'exposition des graines aux radiations ultra-violettes de longueur d'onde inférieure à 3126 Å° provoque la mort des œufs et des larves du premier stade (**Labeyrie, 1962**). L'irradiation des denrées par des rayons gamma est une technique

utilisée dans de nombreux pays pour lutter contre les insectes ravageurs, les doses élevées de rayons tuent les insectes, alors que les faibles doses les stérilisent (**El-Badry et al, 1975**).

#### 1.9.4. Lutte chimique :

Les moyens de protection les plus efficaces sont les pesticides chimiques (**Relinger et al, 1988; Haubruge et al, 1988; Hall, 1970**). Les pesticides fréquemment utilisés sont les organophosphorés, les pyréthriinoïdes de synthèse et des produits composés à partir des matières actives appartenant aux deux familles (**Gwinner et al, 1996**). Deux types de traitement sont généralement employés :- Traitement par contact (**Cruz et al, 1988**) Tel que les pyréthriinoïdes de synthèse en provoquant souvent effet de choc sur les insectes comme *tribolium castaneum*.

-Et le traitement par fumigation (l'aide d'un gaz toxique). L'intérêt majeur de la fumigation est de faciliter la pénétration des gaz à l'intérieur du grain et donc de détruire les œufs, les larves et les nymphes qui s'y développent (**Cruz et al, 1988**).

#### 1.9.5. Lutte biologique :

La lutte biologique repose sur l'utilisation d'organismes vivante : Champignons, nématodes, bactéries, insectes, tous les organismes sont potentiellement des prédateurs pour les parasites et les ravageurs (**Anonyme, 2006**). Cette méthode entre dans le cadre du développement durable et de la sauvegarde des écosystèmes. Elle vise à réduire les populations des insectes ravageurs, en utilisant leurs ennemis naturels qui sont soit des prédateurs, soit des parasites ou des agents pathogènes, ainsi que des produits naturels d'origine végétale comme des poudres minérales des huiles végétales, huiles essentielles..., issue du phénomène de la phytothérapie Selon (**Padin et al, 1997**) l'agent pathogène comme *Beauveria bassiana* utilisé à la dose 0,5 g/q s'est montrée efficace vis-à-vis *Tribolium castaneum*. Les mortalités ont dépassé 50 % après 14 jours des traitements. Les plantes aromatiques ont été utilisées pour des fins médicaux, elles sont traditionnellement utilisées pour protéger les graines entreposées (**Sanon et al, 2002**).

## Partie 4 : Présentation des plantes étudiées

### 1. Cumin (*Cuminum cyminum* L.) :

Le cumin est une petite plante annuelle, originaire du Turkestan, d'où elle fut rapidement propagée dans l'ensemble des pays méditerranéens puis jusqu'en Amérique latine (**Boullard, 2001**).

Les épices sont intensivement employées en médecine, pharmacie, parfumerie, et les produits de beauté (**Athamena, 2009**). Le fruit du cumin est un ingrédient essentiel dans de nombreux mélanges d'épices : baharat arabe, poudre de curry Indienne, pâte de curry Thaïlandaise et condiment cajun (**Bremness, 2002**).

D'après (**Fanar, 2014**) la systématique de la plante de cumin et la suivante :

Règne : Plantes

Embranchement : Spermaphytes

Classe : Dicotyledones

Ordre : Apiales

Famille : Apiaceae

Genre : *Cuminum*

Espèce : *Cuminum cyminum* L.

Nom français : Cumin

Nom anglais : Cumin, Roman caraway

Nom vernaculaire : الكمون



Fig10. Aspects morphologiques du Cumin (**madene, 2014**).

## 2. Fenouil (*Foeniculum vulgare* Mill.) :

Est une plante médicinale et aromatique appartenant à la famille des ombellifères (Apiaceae), connu et utilisé par les humains depuis l'Antiquité (Oktay et al, 2003) .

Le fenouil est originaire de la région méditerranéenne (Zoubiri et al, 2014). Il est généralement considéré comme indigène sur les rives de la mer méditerranée mais est devenu largement naturalisée dans de nombreuses parties du monde, en particulier sur les sols secs, près de la côte de la mer et sur les berges de la rivière (Manzoor et al, 2012). Il a été cultivé dans la Russie, l'Inde, la Chine et le Japon (Zoubiri et al, 2014).

D'après (Quzel et Santa, 1963) et (Guignard ,1968) la classification du fenouil est comme suit:

Règne : Planta

Embranchement : Spermaphyte

Sous-embranchement : Angiosperme

Classe : Dicotylédones

Sous classe : Rosidae

Ordre : Apiales

Famille : Apiacées

Genre : *Foeniculum*

Espèce : *Foeniculum vulgare*.

Synonyme : Anis doux, fenouil commun.

Nom vernaculaire : besbes (البسباس)

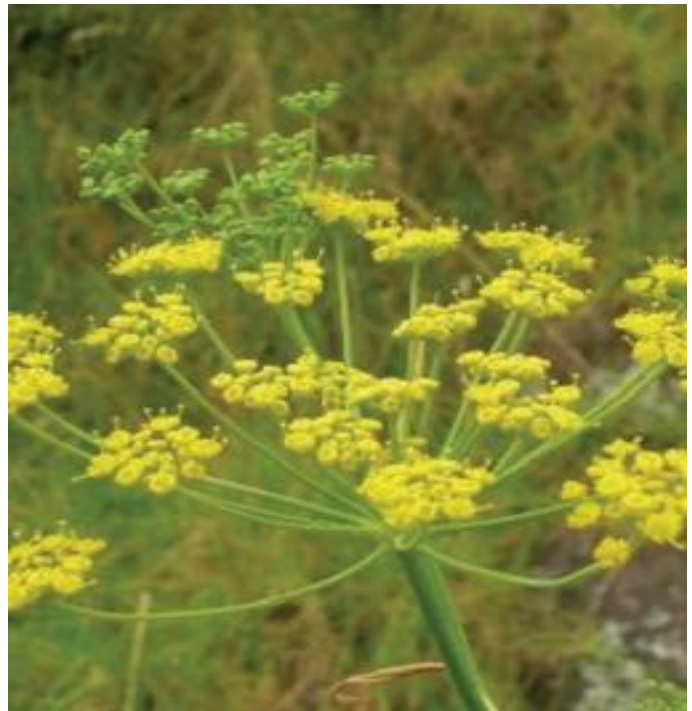


Fig 11.Aspects morphologiques du Fenouil inflorescences et fleurs (Shamkant et al, 2014).

## 3. *Inula viscosa* :

Est une plante aromatique, La classification botanique de la *Dittrichia viscosa* (L.) connue aussi sous les noms *Inula viscosa* (L.) d'après (Jauzein , 2011 ; ITIS, 2014) :



Regne : Plantae

Embranchement : Spermatophytæ

Classe : Dicotyledoneae

Sous classe : Asteridae

Ordre : Asterales

Famille : Asteraceae (Compositae)

Genre : *Dittrichia*

Espece : *Dittrichia viscosa*(L.) Greuter, 1973

Nom vernaculaires : Mâgrâman(**madene, 2014**).



Fig 12..*Inula viscosa* (**madene, 2014**).

#### 4. *Lawsonia inermis* :

Est une plante à la fois aromatique, rituelle et médicinale (**madene, 2014**), d'origine d'Afrique du Nord ou du Sud Ouest d'Asie où elle pousse toujours à l'état sauvage. Elle se serait ensuite propagée vers l'Est de l'Asie jusqu'au en Inde et en Indonésie et vers l'Ouest jusqu'au Proche Orient où elle devint l'une des plantes phares de l'Islam.

La classification botanique de *Lawsonia inermis* est résumée dans la figure 14 sous forme d'arbre phylogénique (**madene, 2014**) :

Regne : Plantae

Embranchement : Spermatophytæ

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Magnoliidae

Ordre : Myrtales

Famille : Lythraceae

Genre : *Lawsonia*

Espece : *Lawsonia inermis* (Linn, 1753)

Nom vernaculaire : Al-henna



Fig 13..*Lawsonia inermis* (madene, 2014).

## **Chapitre 2 :**

# **Matériel et méthodes**

## 1. Matériel utilisés :

### **Élevage de *Tribolium castaneum* :**

D'après les travaux de (Moussi, 2016) ; (Kassemi, 2014) l'élevage de *Tribolium castaneum* a nécessité le matériel suivant :

#### 1.1. Matériel biologique:

Les individus de *Tribolium* ayant servait comme support expérimental proviennent de la région de Bouira .La conduite de l'élevage de masse a été effectuée au niveau du laboratoire d'agronomie de la faculté des sciences de l'université de Boumerdès (Moussi, 2016).

Quant à (Kassemi, 2014), qui a travaillé dans la région de Tlemcen, nous avons considéré son travail comme une confirmation des Matériel utilisés, des méthodes expérimentales et Cycle de développement.

#### 1.2. Matériel non biologique:

- Bocaux en plastiques avec des couvercles perforés
- Balance électrique
- Tamis à petite maille
- Micro onde
- Mixeur

## 2. Méthodes expérimentales :

Les adultes de *Tribolium* on été obtenu à partir d'un élevage de masse sur la farine qui a été mis en préalable dans une étuve réglée à une température de 50°C afin de détruire toute forme parasites. Les Bocaux d'élevage ont été placé dans une chambre d'élevage à ambiance contrôlée réglée à une température de  $28 \pm 1^\circ\text{C}$  et une Humidité relative de 65 assuré par un humidificateur et une photopériode de 16 heures de lumières et 8 heures d'obscurité.

## 3. Cycle de développement :

L'étude du cycle de développement de *Tribolium castaneum* est réalisé dans des boites de pétri en plastique 10g de semoule (blé dur) broyées en poudre comme substrat alimentaire toutes les boites sont infestées par cinq couple de *Tribolium castaneum* (âges de 0 à 48 h) (figure 14).



Fig 14. *Tribolium castaneum* sur la semoule de blé dur (Hassaine, 2017).

Le cycle de développement c'est déroulé dans une étuve Réglée aux conditions optimales de 27°C de température et 70% d'hygrométrie.

Le sexage des individus de l'insecte a été effectué au stade nymphal (Ho, 1969). Par tamisage régulier du milieu de culture (1 jour/2) (figure 15), les nymphes ont été récupérées à l'aide d'une pince souple en suite examinées sous loupe binoculaire (x40).



Fig 15. Nymphes et adultes du *T. castaneum* retenus avec le tamis (madene, 2014)

En se basant sur les principaux critères de dimorphisme sexuel chez les nymphes il a été possible de séparer les nymphes mâles des nymphes femelles, maintenues par la suite

individuellement selon les conditions adéquates d'élevage. Les adultes émergeant âgés de 5 à 10 jours ont été utilisés pour les bios essais.

#### 4. Préparation des extraits aqueux :

Les extraits aqueux de l'ensemble des plantes ont été obtenus suivant la méthodologie décrite par (**Aouinty et al, 2006**) avec quelques modifications :

La première étape consiste à la récolte des plantes et le broyage de la partie choisie pour l'extraction. Les feuilles récoltées de l'inule visqueuse et du henné nettoyées à l'eau courante au laboratoire puis mises à sécher sous l'ombre à l'air libre (figure 16).



Fig 16. Séchage du matériel végétal (**madene, 2014**)

Les fruits de cumin ont été achetés à l'état sec. Chaque matériel végétal des différentes plantes ainsi déshydraté, a été broyé séparément à l'aide d'un mixeur électrique le transformant en fine poudre (figure 17).



Fig 17. Broyage et récupération de poudre fine (**madene, 2014**)

Cette dernière, a été conservée dans des flacons hermétiques, maintenus à l'abri de la lumière et de l'humidité pour usage ultérieur. La seconde étape consiste à mélanger les poudres dans l'eau distillée pour obtenir des suspensions d'extraits végétaux aqueux.

Utilisation des séries de tests à blanc sur pour but de cadrer au mieux les gammes de doses à réaliser (figure 18).

A la suite de ça, Préparé quatre dilutions pour chaque extrait dans les proportions suivantes : D1 : 0,25 : 1 (m/v), D2 : 0,5: 1 (m/v), D3 : 1 : 1(m/v), D4 : 2 : 1(m/v), (m= masse, v= volume) correspondant respectivement aux concentrations suivantes : 2,5%, 5%, 10%, 20%



Fig 18. Peser de la poudre végétale pour chaque dose (**madene, 2014**).

La suspension a été passée sous agitation magnétique pendant 24 heures afin de l'homogénéiser (figure 19).



Fig 19. Agitation magnétique pendant 24h (**madene, 2014**).

Le mélange obtenu est ensuite filtré en premier temps sur de la mousseline puis sur du papier Wattman afin d'enlever les particules solides (figures 20,21).



Fig 20. Filtration avec mousseline



Fig 21. Filtration avec papier filtre

(madene, 2014).

Les filtras recueillis maintenues pendant 72 heures en réfrigération pour favoriser la décantation, à la suite de laquelle le surnageant est récupéré et conservé dans des fioles à visse et protégé par du papier aluminium à l'abri de la lumière (figure 22).



Fig 22. Récupération de l'extrait aqueux (filtrat) (madene, 2014).

#### **4.1. Mode opératoire :**

L'ensemble des bio essais ont été conduit suivant trois types de modes d'action : contact, inhalation et ingestion.

##### **4.1.1. Préparation du produit chimique (insecticide)**

Le choix des doses tient compte des doses d'homologation ainsi que des tests préalables effectués sur le matériel biologique ciblé. Les doses utilisées pour les différents tests sont consignées dans le tableau. Quatre doses inférieures Ont été sélectionnées afin de déterminer l'efficacité de l'insecticide sur Les individus.



Tableau 6 : Les différentes doses de traitement utilisées dans les tests par contact, inhalation et ingestion

	D1	D2	D3	D4
Contact	0,06 µl/ml	0,12 µl/ml	0,24 µl/ml	0,48 µl/ml
Inhalation	0,05 µl/ml	0,1 µl/ml	0,2 µl/ml	0,4 µl/ml
Ingestion	0,02 µl/ml	0,04 µl/ml	0,08 µl/ml	0,16 µl/ml

#### 4.1.2. Evaluation de l'effet biocide

Les essais biologiques permettraient de mesurer l'effet du stimulus des extraits aqueux ainsi que du pesticide sur l'espèce et de traduire leur intensité en critères biologiques exploitables représentant pour Ce cas la mort des sujets.

##### Bio essais de toxicité par contact :

L'évaluation de la toxicité par contact des extraits aqueux ainsi que de l'insecticide est déterminée par application directe sur du papier Wattman (Salunke et al, 2005) (figure24). L'unité expérimentale considéré est des boites de Pétri. Au fond de chaque boite un papier Wattman, a été introduit préalablement imbibé avec 1ml de la dilution correspondante et laissé sécher à l'air libre pendant 30 minutes. Les tests témoins menés dans des boites de Pétri contenant du papier Wattman traité uniquement avec de l'eau distillée ou de l'acétone. Les insectes testés sont considérés s'ils ne présentent aucun mouvement lorsque nous les touchons avec un pinceau fin.

Placé séparément 20 adultes non sexés de *Tribolium castaneum* dans des boites de Pétri en suite recouvertes par une moustiquaire maintenue fermement avec un élastique et étuvées dans des conditions de température et d'humidité constantes pour toute la durée de l'expérimentation (figure 23).



Fig 23. Bioessais par contact (madene, 2014).

### Bioessais de toxicité par inhalation

L'évaluation de la toxicité des extraits aqueux par inhalation est déterminée par la méthode de l'air saturé (figure 25) (Zoubiriet et Baaliouamer, 2011).

L'unité expérimentale est représentée par des piluliers à l'intérieur desquels 20 adultes non sexés de *Tribolium castaneum* ont été placés, l'ouverture des piluliers ont été recouverte avec une moustiquaire au dessus de laquelle déposé un papier Wattman de 4 cm de diamètre préalablement imbibé avec 0,5 ml de la dilution correspondant et laissé sécher à l'air libre pendant 30 min a été placé ceci afin d'éviter le contact entre insectes et papier filtre. Les tests témoins menés dans des piluliers surmontés de papier Wattman traité uniquement avec de l'eau distillée ou de l'acétone.

Les piluliers sont fermés hermétiquement dans le but de saturer le milieu avant de les placés à l'étuve dans des conditions de température et d'humidité constantes pour toute la durée de l'expérimentation (figure 24).

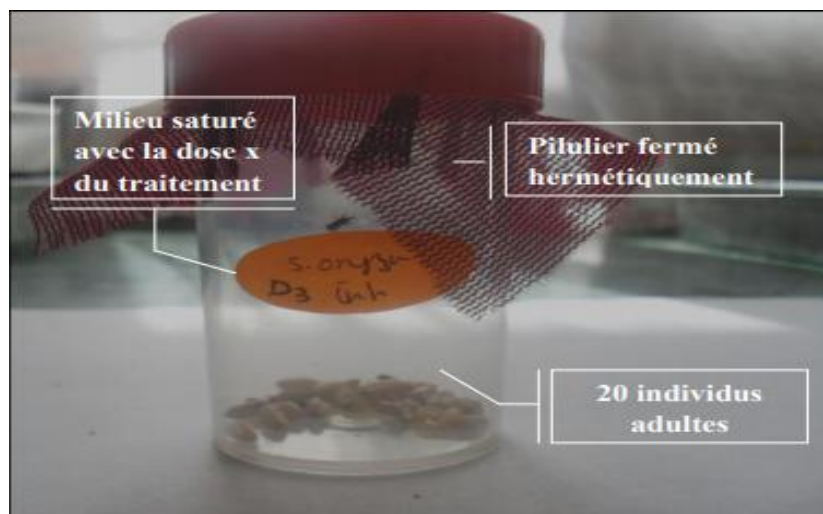


Fig 24. Bioessais par inhalation (madene, 2014).

### Bio essais de toxicité par ingestion

L'évaluation de la toxicité des extraits aqueux par ingestion est déterminée par la méthode des graines reconstituée décrite par (Huang et al, 1999) en apportant quelques modifications.

Ont été préparées des graines reconstituées à partir d'une suspension d'extrait aqueux pour chaque plante ou d'insecticide dans de la farine commerciale à raison de 12g pour 18 ml et ce pour chaque concentration.

Pour les témoins ont prise 20 individus adultes Milieu saturé avec la dose x du traitement Pilulier fermé hermétiquement 5 pour la préparation des graines reconstituées avec uniquement une suspension d'eau distillée ou d'acétone et de la farine commerciale (figure 25).

Les graines ont été déposées dans une étuve réglée à 40°C pendant 24heurs afin de faire évaporer le solvant.

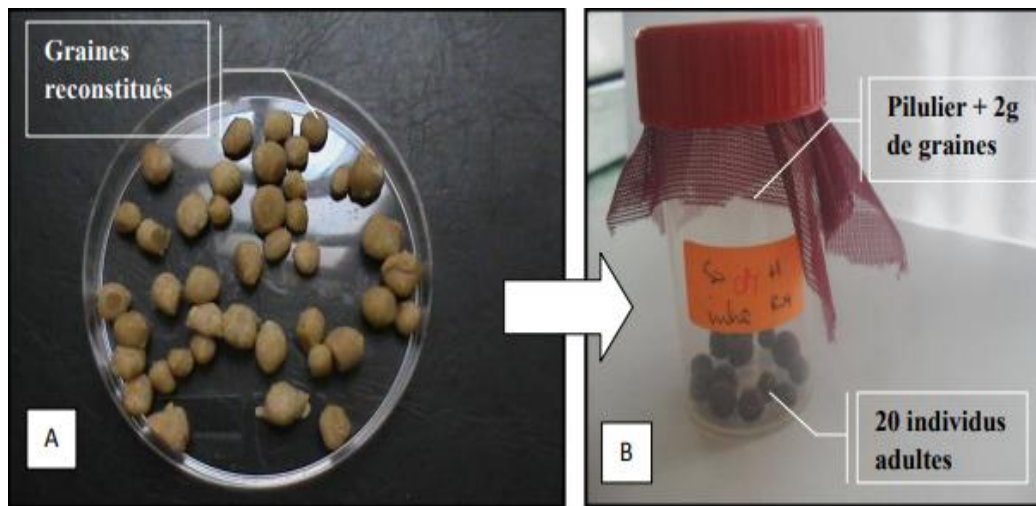


Fig 25. Bio essais par ingestion : A : Confection des grains reconstitués, B : Mise en place des insectes (**madene, 2014**).

L'unité expérimental est constituée de piluliers dans les quels 2g de graines sont déposées par répétition de chaque lot de concentration donnée.

20 adultes non sexés de *Tribolium castaneum*, préalablement pesés séparément ajoutés dans les piluliers, recouverts d'un tissu à fines mailles et déposés dans une étuve dans des conditions de température et d'humidité constantes pour toute la durée de l'expérimentation.

## 5. Extraction des huiles essentielles :

Les huiles essentielles de plante étudiée ont été extraites par hydro distillation grâce à un appareil du type Clevenger (Figure26). Cette technique est basée sur l'immersion d'un échantillon solide dans l'eau portée à ébullition. La vapeur saturée d'huiles essentielles traverse un serpentin ou elle se condense pour donner deux produits : l'eau florale et l'huile essentielle (**Aouina et Khelifi, 2018**).

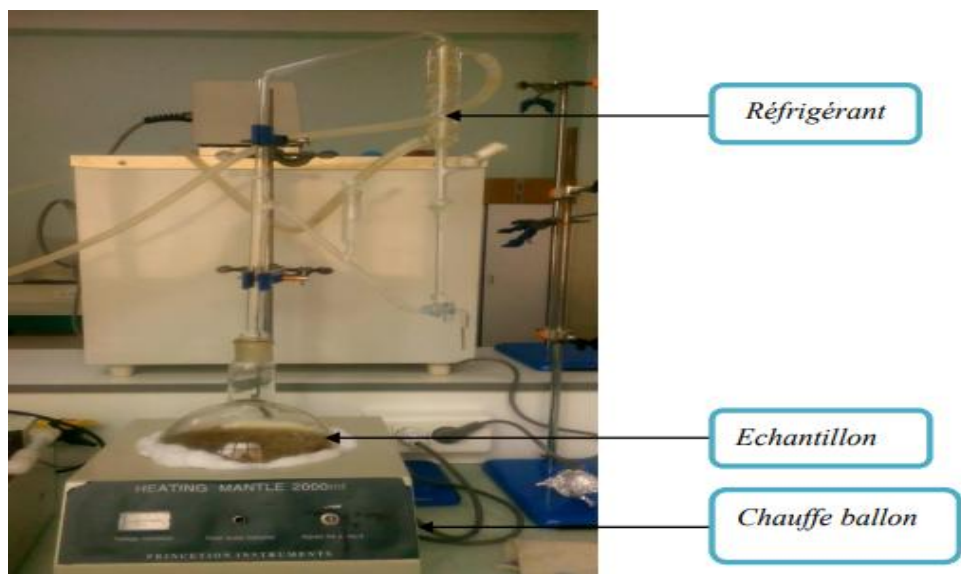


Fig26. Appareil d'hydro distillation de type Clevenger (Aouina et Khelifi, 2018).

### 5.1. Effet répulsif de l'huile essentielle sur papier filtre

D'après les travaux de (McDonald et al 1970), L'effet répulsif de l'huile essentielle à l'égard des adultes et des larves de *Tribolium castaneum* a été évalué en utilisant la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre. Ainsi, les disques de papier filtre de 9 cm de diamètre utilisés à cet effet ont été coupés en deux parties égales ayant chacune 31,80 cm<sup>2</sup> de surface. Quatre doses d'huile ont été préparées (2, 4, 6 et 8 µ/ml) par dilution dans l'acétone. 01 ml de chacune des solutions ainsi préparées a été répandu uniformément sur une moitié du disque tandis que l'autre moitié a reçu uniquement 0,5 ml d'acétone. Après quinze min, temps nécessaire pour l'évaporation complète du solvant de dilution, les deux moitiés des disques ont été ressoudées au moyen d'une bande adhésive. Le disque de papier filtre ainsi reconstitué a été placé dans une boîte de Pétri et un lot de 20 insectes adultes non sexés a été placé au centre de chaque disque (figure 27).

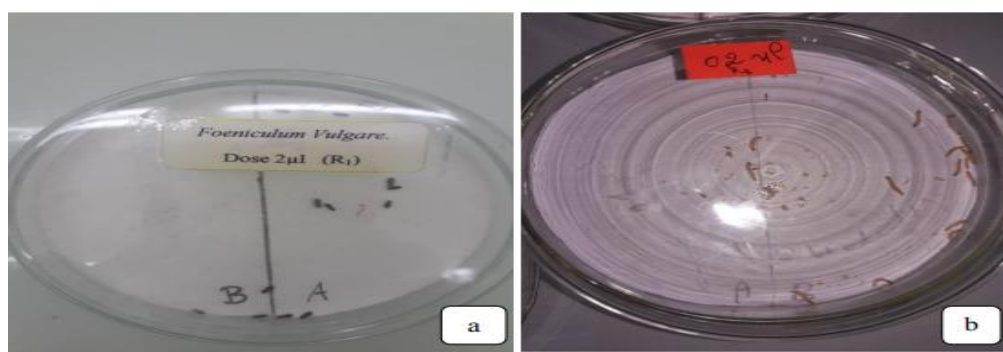


Fig 27. Le test de répulsion des huiles essentielles (a : les adultes de *T. castanum*, b : les larves de *T. castanum*) (Aouina et Khelifi, 2018).

## **Chapitre 3 :**

# **Résultats et discussion**

## Résultats :

### 1. Effet des extraits aqueux de Cumin de Henné et d'Inule visqueuse (madene, 2014):

#### **1.1. Fluctuation des mortalités pour les différents traitements :**

##### 1.1.1. Effet du traitement par contact d'Extrait aqueux des plantes utilisées :

Les données du tableau montrent que les extraits aqueux des plantes aromatiques testées présentent un effet toxique par traitement par contacte sur le *Tribolium castaneum* étudiés à leur stade adulte à des degrés variables.

Tableau 7: Mortalité corrigée de *Tribolium castaneum* traités avec les extraits aqueux par contact.

<b>Traitement Extrait aqueux</b>	<b>Dose (mg/ml)</b>	<b>Mortalité corrigée% <i>T.castaneum</i></b>
Extrait aqueux <i>L.inermis</i>	0,25	7,83
	0,5	20,01
	1	47,83
	2	79,13
Extrait aqueux <i>C.cuminum</i>	0,25	16,35
	0,5	33,05
	1	73,91
	2	100,00
Extrait aqueux <i>I.viscosa</i>	0,25	2,62
	0,5	23,48
	1	43,48
	2	65,22

Pour un temps global d'exposition de 24 jours, les plus faibles doses (0,25 et 0,5 mg/ml) ne permettent pas d'atteindre 50% de mortalité chez *T. castaneum* et ce pour l'ensemble des traitements aux extrait végétaux.

A la plus forte dose (2mg/ ml), l'extrait de Cumin a permis un contrôle total des adultes (100% de mortalité) de *T.castaneum*. Concernant le traitement à base d'extrait de henné des taux de mortalités enregistrés sont de plus 79%, pour les traitements à base d'inule visqueuse les taux de mortalités sont de 65%.

En conclusion L'extrait de Cumin reste le plus efficace par rapport aux autres extraits végétaux, ceci dû probablement au fait que le Cumin renferme des composés plus toxiques que les deux autres plantes contre le *T.castaneum*.

### 1.1.2. Effet du traitement Par inhalation d'Extrait aqueux des plantes utilisées :

Les résultats consignés dans le tableau montrent que les traitements par inhalation avec les extraits végétaux présentent une toxicité faible à moyenne.

Tableau 8 : Mortalité corrigée de *Tribolium castaneum* traité avec les extraits aqueux et de l'insecticide par inhalation.

<b>Traitement Extrait aqueux</b>	<b>Dose (mg/ml)</b>	<b>Mortalité corrigée% <i>T.castaneum</i></b>
<i>L.inermis</i>	0,25	3,42
	0,5	14,53
	1	22,22
	2	43,59
<i>C.cyminum</i>	0,25	5,13
	0,5	12,82
	1	35,90
	2	50,43
<i>I.viscosa</i>	0,25	1,71
	0,5	11,11
	1	20,51
	2	32,48

Pour un temps global d'exposition de 24 jours, les taux de mortalité corrigée enregistrés n'atteignent pas les 50% chez les insectes pour l'ensemble des extraits appliqués, à l'exception de la dose 2mg/ml qui a permis d'induire 50,43% de mortalité chez le *T. castaneum* avec l'extrait de Cumin (Tableau 8).

En conclusion l'activité neurotoxique de l'extrait aqueux est très faible dû probablement à la faible présence des métabolites volatiles à activité insecticide dans l'extrait aqueux.

### 1.1.3. Effet du traitement Par ingestion d'Extrait aqueux des plantes utilisées :

Les données du tableau mettent en exergue la toxicité par ingestion vis-à-vis *T.castaneum*.

Tableau 9 : Mortalité corrigée de *Tribolium castaneum* traité avec les extraits aqueux par ingestion

Traitement Extrait aqueux	Dose (mg/ml)	Mortalité corrigée% <i>T.castaneum</i>
<i>L.inermis</i>	0,25	1,73
	0,5	17,24
	1	22,42
	2	32,76
<i>C.cuminum</i>	0,25	4,31
	0,5	24,14
	1	33,62
	2	42,24
<i>I.viscosa</i>	0,25	0,8
	0,5	8,62
	1	22,42
	2	38,80

Les taux de mortalité corrigée enregistrées, n'atteignant pas les 50% pour l'ensemble des doses testées avec les différents extraits. A la plus forte dose (2 mg/ml) les mortalités varient entre plus de 32% à plus de 38% chez le *T. castaneum*. L'Inule visqueuse se révèle plus efficace à la même dose. Les résultats très peu intéressants ce qui laisse suggérer que l'activité insecticide des extraits végétaux est nettement atténuée quand elle est administrée avec l'aliment.

## 2. Effet des huiles essentielles de *Cuminum cyminum* et de *Foeniculum vulgare* :

L'extraction des huiles essentielles donne une huile de couleur jaune pâle avec une odeur piquante pour *Cuminum cyminum* et couleur limpide (clair) avec une odeur anisée pour *Foeniculum vulgare*.

### **2.1. Effet répulsif de l'huile essentielle de *Cuminum cyminum* Sur les Adultes et les larves de l'insecte *T. castaneum* :**

Les résultats obtenus Des essais réalisés par (McDonald et al, 1970), montrent que l'huile essentielle de la plante *C. cyminum* a une activité insecticide élevée à l'égard des adultes de cet insecte et appartiendrait à la classe V (très répulsive) (annexe 1) avec un taux de répulsion moyen de 84.17%. Et une activité insecticide à l'égard des larves de cet insecte et appartiendrait selon le classement de (McDonald et al, 1970) à la classe IV (Répulsive) (annexe 2) avec un taux de répulsion moyen de 78.34% (Tableaux 10 ; 11).



Tableau 10: Classement de l'H.E de *C. cyminum* selon leur propriété de répulsion sur les adultes de *T. castaneum*.

Huile	<i>Cuminum cyminum</i>
Taux de répulsion (%)	84.17 %
Classe de répulsion	V
Effet	Très Répulsive

Tableau 11 : Classement de l'H.E de *C. cyminum* selon leur propriété de répulsion sur les larves de *T. castaneum*

Huile	<i>Cuminum cyminum</i>
Taux de répulsion (%)	78.34 %
Classe de répulsion	IV
Effet	Répulsive

## 2.2. Effet répulsif de l'huile essentielle de *Foeniculum vulgare* Sur les Adulte et les larves de l'insecte *T. castaneum* :

Les résultats obtenus Dans les essais réalisés par (McDonald et al, 1970) montrent que l'huile essentielle de la plante *Foeniculum vulgare* a une activité insecticide à l'égard des adultes de cet insecte et appartiendrait à la classe IV (Répulsive) (annexe 3) avec un taux de répulsion moyen de 75.02%. Et Une activité insecticide moindre à l'égard des larves de cet insecte et appartiendrait selon le classement de (McDonald et al, 1970) à la classe III (Modérément Répulsive) (annexe 4) avec un taux de répulsion moyen de 55%(Tableaux 12,13).

Tableau12 : Classement de l'H.E de *Foeniculum vulgare* selon leur propriété de répulsion sur les adultes de *T. castaneum*

Huile	<i>Foeniculum vulgare</i>
Taux de répulsion (%)	75.02%.
Classe de répulsion	IV
Effet	Répulsive

Tableau13 : Classement de l'H.E de *Foeniculum vulgare* selon leur propriété de répulsion sur les larves de *T. castaneum*

Huile	<i>Foeniculum vulgare</i>
Taux de répulsion (%)	55 %.
Classe de répulsion	III
Effet	Modérément Répulsive

## Discussion :

### 1. Les extraits aqueux:

L'étude Réalisée par (MCDonald et al, 1970) avait pour but de tester l'activité biocide d'extraits de plantes connues pour leurs attribues pharmacologiques pouvant servir d'insecticides adaptés aux systèmes de stockage traditionnels ou modernes des denrées alimentaires.

D'après les résultats obtenus, la survie des adultes de *T. castaneum* est inversement proportionnelle à la dose des extraits de plantes testés.

#### 1.1. Par contact :

D'après les résultats obtenus, la mortalité des adultes de *T. castaneum* est proportionnelle à la dose des extraits aqueux. Pour les plus fortes doses employées dans chaque test, les extraits végétaux réduisent les populations d'insectes de façon hautement significative. Les différents traitements employés se classent par ordre d'efficacité comme suite : Cumin > Henné > Inule visqueuse.

Les résultats concordent avec plusieurs travaux ayant mis en évidence l'activité biocide de plusieurs extraits végétaux :

(Ziaee et Moharramipoura ,2013) ont démontré que la poudre du *C. cyminum* évaluée sur le *S. granarius* et *T. confusum* exerce par traitement contact un effet toxique atteignant une mortalité de 50% après 5 jours d'exposition pour le *S. granarius* et 7 jours pour le *T. confusum*.

Les tests menés sur une période de 6 jours par (Tavares et al, 2013) démontrent que l'arturmerone extrait de *Curcuma longa* appliqué à une très faible dose (1%) a provoqué une mortalité de 100% par contact sur le *S. zeamais*.

Les extraits organiques de *Inula helenium* et *Inula viscosa* appliqués par la méthode topique présentent une faible toxicité sur *Oncopeltus fasciatus* (punaise des Asclépiades) mais une forte activité antiappétante (Alexenizer et Dorn, 2006).

### 1.2. Par inhalation :

Les données recueillies pour les testes par inhalation exposent des mortalités chez les adultes de *T. castaneum* qui augmentent progressivement avec la dose employées. Néanmoins, ces mortalités restent relativement faibles.

Les différents traitements employés se classent par ordre d'efficacité comme suite : Cumin>Henné>Inule visqueuse.

### 1.3. Par ingestion :

L'emploi de la méthode des graines reconstituées a donné des mortalités chez les adultes de *T. castaneum* proportionnelles à la dose des extraits aqueux testés. L'action biocide des extraits aqueux reste non significative aux faibles doses, cependant elle augmente progressivement avec les doses jusqu'à obtenir des mortalités relativement moyennes.

Les différents traitements employés se classent par ordre d'efficacité comme suite : Cumin>Henné> Inule visqueuse.

## 2. Les huiles essentielles :

La teneur en huile essentielle des graines de *C. cyminum* apparaît bien plus fort (2,47%) comparée à celle obtenue par **(Rebey et al, 2012)** sur le cumin tunisien (1,6 %), et plus proche de rendement obtenue à partir d'une même espèce par **(Beis et al, 2000)** en Turquie (1.4 à 2.8%). Selon **(ElKani et al, 2007)**, les graines du cumin contiennent une huile volatile leur rendement varie de 2 à 5 %.

Pour l'huile essentielle de *F. vulgare*, le rendement obtenu est voisin de 0.79% et très proche Au rendement obtenue par **(Bouguerra, 2012)**, mais il est très faible par rapport aux rendements obtenus par **(Lazouni et al, 2007)** et **(Singh et al, 2006)** (2.7%, 1.2%) respectivement. En générale, le rendement en huile essentielle des graines du fenouil varie de 2,5 à 6 % avec une moyenne de 3,5 % **(Garnéro, 1996; Kaur et Arora, 2010)**.

Ces différences en termes de rendement sont dues à plusieurs facteurs : l'origine géographique, les facteurs écologiques notamment climatiques (la température et l'humidité), l'espèce végétal elle-même, l'organe végétal, le stade de la croissance, la période de cueillette, la conservation du matériel végétal et la méthode d'extraction **(Aouina et khelifi, 2018)**.

La présente étude montre que les deux huiles essentielles des plantes aromatiques sont efficaces dans la protection des céréales stockées Attaquées par *T. castaneum*. Elles montrent des variations significatives de leurs activités répulsives qui dépendraient de plusieurs facteurs notamment la composition chimique de ces huiles et du niveau de sensibilité des insectes.

# Conclusion générale

L'objectif de notre travail d'évaluer l'efficacité sur les insectes des denrées stockées et particulièrement sur le *Tribolium castaneum* A travers une synthèse bibliographique sur des travaux réalisés à partir de quatre plantes aromatiques *Lawsonia inermis*, *Inula viscosa*, *Foeniculum vulgare* et *Cuminum cyminum* les plus susceptibles de constituer des alternatives accessibles, efficaces et adaptées pour la lutte contre une espèce importante des graines stockées ; *T. castaneum*. Pour ce faire l'activité biologique des extraits aqueux des trois plantes *Lawsonia inermis*, *Inula viscosa*, *Cuminum cyminum* et des huiles essentielles des deux plantes *Foeniculum vulgare* et *Cuminum cyminum* suscitées a été évaluée au laboratoire. Toutes ces expériences ont contribué, même un peu, au développement de l'économie des pays et à la préservation du volume de la production en réduisant les importations et en augmentant les exportations à l'étranger, augmentant ainsi les revenus de l'État, ainsi qu'en apportant des solutions aux problèmes de stockage, que ce soit dans les maisons, les magasins et les grands entrepôts sans nuire à la santé humaine.

D'après les résultats, il est capable de déduire que les trois extraits aqueux testés ont une efficacité relativement intéressante.

La toxicité de l'ensemble des traitements s'exprime mieux au niveau des essais conduits par la méthode du papier filtre. En effet, il ressort que tous les extraits aqueux purs agissent de manière conséquente sur les formes adultes des insectes, nécessitant néanmoins pour atteindre un résultat significatif des concentrations élevées en matière première végétale et un temps d'exposition relativement prolongé.

Quant aux essais conduits par la méthode de l'air saturé et des graines reconstituées, ils présentent des résultats peu appréciables, qui sont significativement de moindre toxicité que par la méthode contact. Ces deux modes de pénétration inhalé et ingéré ne permettent d'atteindre que des mortalités très moyennes même aux plus fortes doses chez *T. castaneum*.

La détermination des mortalités corrigées correspondant à chaque extrait permis de les classer en fonction de leur toxicité, le Cumin vient en tête avec un meilleur potentiel insecticide.

Nous avons considéré le comportement reproducteur des parents exposés aux trois extraits biologiques en définissant l'étendue de leur influence sur la fécondité et la fertilité des femelles. L'ensemble des extraits aqueux agissent négativement sur le processus d'oviposition, sur l'éclosion des œufs ainsi que l'émergence des adultes de parents traités. Les résultats les plus intéressants figurent au niveau des traitements ingestion et contact pour les

extraits de Cumin et de l'Inule visqueuse. Quant à l'inhalation, les taux de réduction sont moins conséquents avec des fluctuations peu importantes entre les différents extraits aqueux.

Concernant les huiles essentielles Les rendements d'extraction ont montré que les grains de cumin est plus riche en huile essentielle (2,47%) que les grains de fenouil (0,79%). Les résultats de toxicité des deux plantes montrent que l'huile le plus répulsif, selon le classement établi par (Mc. Donald et al, 1970) est l'huile de *Cuminum cyminum* (84.17%) par rapport de *Foeniculum vulgare* (75.02%) sur les adultes de *Tribolium castaneum* et même chose pour les larves l'huile de *Cuminum cyminum* (78.34%) est plus répulsif par rapport de *Foeniculum vulgare* (55%). La toxicité évolue également avec la durée de traitement et la concentration. Les adultes de *Tribolium castaneum* sont plus sensibles que les larves aux effets insecticides de ces deux plantes Tous ces tests effectués peuvent confirmer que le traitement des denrées stockées par l'huile essentielle issue des plantes aromatiques et médicinales peut être très efficace pour lutter contre les ravageurs de ces denrées. Ces huiles contiennent des produits chimiques très intéressants du point de vue activité insecticide.

Enfin, nous pouvons conclure que ces extraits soit en extraits aqueux ou extrait huileux peuvent constituer à des degrés variables des candidats potentiels pour des méthodes de luttés alternatives à la protection chimique pour préserver l'environnement ainsi que la santé humaine et animale, des solutions alternatives sont toujours recherchées, notamment dans la flore, regorgeant de nombreuses plantes à effet insecticide ou insectifuge biodégradable.



## Références Bibliographiques :

- Abdelsamad, R.M., Elhag, E.A., Eltayeb, ET Y.M., 1988- Studies on the phenology of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) in the Sudan Gezira. *Journal of Stored Products Research*, 24(2): 101-105.
- Abraham Tadesse, 1996 « Insects and other arthropods recorded from stored maize in western Ethiopia », *African Crop Science Journal*, vol. 4, n° 3, , p. 339-343
- Ahmad L. (2016). Stockage des céréales: L'Algérie doit développer ses capacités de stockage. [Http://www.lemaghreb.dz.com/?page=detail&actualite&rubrique=Agriculture&id=79331](http://www.lemaghreb.dz.com/?page=detail&actualite&rubrique=Agriculture&id=79331), consulté le 01/05/2017.
- Aidani Housseyn, 2015 Effet des attaque de capucin des garins (*Rhizopertha dominica*) sur les céréales stockées Mémoire fin d'étude université abo beker belkaid pp 41-42.
- Agriculture et Agroalimentaire Canada. 1999-2001. Les insectes granivores. Université du Manitoba: Department of Biosystems Engineering, 13 p.
- Alldrick.A, Schrenk.D, ET others, 2012 « Chemical contamination of cereals. », *Chem. Contam. Residues Food*, p. 421–446.
- Alabi T., Michaud J.P., Arnaud L., ET Haubruge E., 2008- A comparative study of cannibalism and predation in seven species of flour beetle. *Ecological Entomology*, 33: 716-716.
- Alexenizer M., ET Dorn A., 2006- Screening of medicinal and ornamental plants for insecticidal and growth regulating activity. *J. Pest Sci.* 80, 205–215.
- Alzouma I., 1990- Les problèmes de la post-récolte en Afrique sahélienne. In: Fouabi K. and Philogene J. (eds.). *Actes du Séminaire International de la post-récolte en Afrique*. Abidjan, Côte d'Ivoire. 29 jan. - 02 fev : pp 22-27.
- Alzouma, I., Huignard I., et Lenga, A 1994. «Les coléoptères Bruchidae et les autres insectes ravageurs des légumineuses alimentaires en zone tropicale». In *Post-Récolte, principes et application en zone tropicale*, estem/aupelf, Verstraeten Eds. p.79-103.
- Amari N., 2014- Etude du choix de ponte de la bruche du niébé *Callosobruchus maculatus* en présence de différentes variétés d'haricot et de pois chiche, et influence de quelques huiles essentielles (Cèdre, Ciste, Eucalyptus) sur activité biologique de l'insecte .mémoire de magistère :pp 23,25.
- Ames H.Jr., 2013 - *Insects: Stored-grain Insect Pest Management, field crops*: 4-119- 122.
- Anonyme., 2006. *Les jardins potagers et la lutte biologique*, Ed. S. C y. France. p45.
- Anonyme1, 2011. *Guide de bonnes pratiques d'hygiène pour la collecte, le stockage, la commercialisation et le transport de céréales, d'oléagineux et de protéagineux* version aout 2011 coop de France – métiers du grain / fédération du négoce agricole (FNA) / SYNACOME Xc).
- Anonyme, 2012. *production de céréale en Algérie (1962-2012)* :[www.econostrum.info/Seck](http://www.econostrum.info/Seck), D. 2009 *Stockage, conservation et transformation des récoltes en zones tropicales*. Notes de cours.
- Aouina. A, Khelifi. N, 2018. Evaluation de l'effet répulsif de *Cuminum cyminum L.* et *Foeniculum vulgare Mill.* sur l'insecte des céréales stockées *Tribolium castaneum* (Herbst). diplôme de Master. université Mohamed Boudiaf - M'SILA.p :19.
- Aouinty B. et Oufara S., Mellouki F., et Mahari S., 2006. Évaluation préliminaire de l'activité larvicide des extraits aqueux des feuilles du ricin (*Ricinus communis L.*) et du bois de thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.) sur les larves de quatre moustiques culicidés : *Culex pipiens* (Linné), *Aedes caspius*(Pallas), *Culiseta longiareolata* (Aitken) et *Anopheles maculipennis* (Meigen), *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 10 (2), 67 - 71.

- Aoues Karima<sup>1</sup>, boutoumi Hocine et benrima Atika, 2017. état phytosanitaire du blé dur local stocké en algérie.p :289.
- Arthur F.H., Hagstrum D.W., Flinn P.W., Reed, C. ET Phillips T., 2006. Insect populations in grain residues associated with commercial Kansas Grain elevators.J.Stored Prod.Res. 42:226-239.
- Athamena S., 2009. Etude quantitative des flavonoides des graines de *cuminum cyminum* et les feuilles de *Rosmarinus officinalis* et l'évaluation de l'activité biologique, mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de magister, université el-hadjlakhdar-batna. 126 p.
- Beis SH., Ayas N., Ozek T., Kara M., Baser KHC, 2000. The production of essential oil from cumin seed. Chemistry of Natural Compounds. 36(3), 265-268.
- Balachowsky AS., 1962. Trait d'entomologie appliquée à l'agriculture. Tom. 01, vol ; 01.Ed. Masson et Cie, Paris ; pp 374-392.
- Bekon, K., et Fleurat-Lessard F., 1989. Evolution des pertes en matière sèche des grains dus aux ravageurs secondaires: *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coléoptère; Tenebrionidae), lors de la conservation des céréales. In Céréale en région chaudes. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, Paris, 97-104.
- Bekon .Ket Fleurat Lessard.F, 1989. « Evolution des pertes en matiere seche des grains dues a un ravageur secondaire: *Tribolium castaneum* (Herbst), coleoptere Tenebrionidae, lors de la conservation des cereales.
- Belmouaz A., 2004. Contrôle phytosanitaire et surveillance des denrées stockées. Agréage et protection phytosanitaire. Ed. O.A.I.C. (Office Algérien Interprofessionnel des Céréales), p 18-34.
- Berhaut et al, 2003 .stockage et conservation des grains à la ferme (qualité stockage), stockage à la ferme, (arvalis – institut du végétal) et Jean-Pierre criaud (grceta de l'evereucin), ARVALIS - institut du végétal
- Bettahar.F, 2016. Conception de prototypage d'un système complet pour la survie du grain dans les silos de stockages. These de doctorat Université TOULOUSE .p : 17-18-19-20-21.
- Bonnetone, F. 2010. Quand *Tribolium* complémente la génétique de la drosophile. Medecine/Sciences, 26 : 7p.
- Bouguerra M.A., 2012. Étude des activités biologiques de l'huile essentielle extraite des graines de *Foeniculum vulgare* Mill. En vue de son utilisation comme conservateur alimentaire. Memoire Présenté Pour L'obtention Du Diplôme De Magister. Université Mentouri Constantine. 27 p
- Boullard, B., 2001. Plantes médicinales du monde réalités et croyances. ESTEM (Ed) Paris .660 p
- Bremness L., 2002. Plantes aromatiques et médicinales. Bordas (Ed). Paris, 303 p.
- Bullen K., 2007. Insect Control in Stored Grain, DPI et F, Plant Science, and Toowoomba, Queensland the Smart State.
- Camara, 2009. Lutte contre *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) et *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en Basse-Guinée et l'utilisation des huiles essentielles végétales ».p :150.
- Campbell J.F ET Runnion C., 2003. Patch exploitation by female red flour beetles, *Tribolium castaneum*. Journal of Insect Science, 3(20), 8p.
- Chomchalow N., 2003.Protection of Stored Products with Special Reference to Thailand, AU J.T. 7(1): 31-47.

- Cheikh Abdou Khadre Mbacké DIA., 2019. Caractérisation morphogénétique des populations Ouest africaines de *Tribolium castaneum* Herbst, ravageur des céréales stockées : différenciation en races hôtes et écotypes. Génétique des populations .Ecole doctorale science de la santé d'environnement et de la vie .p :25-29.
- Christine B., 2001. Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux, guide pratique. 2ieme Edition, 124-154.
- Cruz.j, troude.f, griffon.d, et hebert.j, 1988. conservation des grains en régions chaudes, 2.ed éd. paris, france, ministère de la coopération et du développement: f. paillart abbeville.P :186.
- Daniel Carrillo, 2015. Gilberto Jose de Moraes, Jorge E. Peña, Prospects for Biological Control of Plant Feeding Mites and Other Harmful Organisms, t. 19, Springer, coll. « Progress in Biological Control », 328 p.
- Dehne .H.W ET Schönbeck.F, 1999. {CHAPTER} 2 - Crop protection – past and present », in Crop Production and Crop Protection, E.-C. O.-W. D. S. WEBER, Éd. Amsterdam: Elsevier, p. 45 - 71.
- Delobel A., et tran M, 1978. Les coléoptères des denrées alimentaires entreposent dans la région chaude.p :96.
- Diome T. 2014. Biodémographie et diversité génétique des populations de *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera, Tenebrionidae) ravageur des grains de mil (*Pennisetum glaucum* Brown) en stock au Sénégal. Thèse de Doctorat unique en Génétique des populations, Université Cheikh Anta DIOP de Dakar. 103p
- El – Badry E. A et Ahmed M. Y. Y., 1975- Effects of gamma radiation on The egg stage of southern *Cowpea weevil*, *Callosobruchus maculatus* (F.). Z.Angew. Entomol: pp 79- 32.
- El-Kani M., Fereshteh G., Mehdi M., Soosan R., 2007. Extraction of volatile oil from cumin (*Cuminum cyminum* L.) with superheated water. Journal of Food process engineering, 30(2), 255-266.
- Fanar H. Y.H., 2014. Chromatographic separation and identification of some volatile oils, organic acids and phenols from the seeds of *cuminum cyminum* growing in Iraq. IJRRAS. 19 (1), 80-90.
- Fandhon ,2005. Petit manuel d'identification des principaux ravageurs des denrées stockées en Afrique de l'Ouest. P :10.
- Fleurat lessard F., 1982.Les insectes et les acariens in : conservation et stockage des grains ey graines et produits dérivés, Ed lavoisier et Apria, Paris, pp349-396.
- Fleurat-Lessard.F, Andrieu.A.I, et Wilkin.D.R, 1994. « New trends in stored-grain infestation detection inside storage bins for permanent infestation risk monitoring », *Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored-product Protection*, p. 397–402.
- Fandohan.p,pascal fandohan georg goergen kerstin hell yéndouban lamboni ,2005.petit manuel d'identification des principaux ravageurs des denrees stockees en afrique de l'ouest.p :234.
- Feillet.P, 2000, Le grain de blé: composition et utilisation. Inst. National de la Recherche Agronomique.p :98.
- Garnéro J., 1996. Huiles essentielles. Techniques de l'Ingénieur, traité Constantes physicochimiques ; K 345-1, 39 p.
- Gautam, S. G., OPIT, G. P., et al. 2014. Comparative Egg Morphology and Chorionic Ultrastructure of Key Stored-Product Insect Pests. *Annals of the Entomological Society of America*, 108(01). 44-56.

- Glenn D.M., Puterka G.J., Vanderwet T., Byers R.E., et Feldhake C., 1999- Hydrophobic particle films, a new paradigm for suppression of arthropod pests and plant diseases. *J.Econ.Entomol.*92:759-771.
- Good NE., 1936. The flour beetles of the genus *Tribolium*. USDA Technical Bulletin 5: p 27-28.
- Guignard J.L., Crété P., 1968. Précis de botanique, Morphologie des plantes vasculaires reproduction et systématique des bryophytes, des ptéridophytes et des gymnospermes, Tome I. 2ème édition, Masson & Cie, éditeur, Paris, 8-10 p.
- Gwinner.J, Harnisch.R, et Mück.O, 1996. *Manuel sur la manutention et la conservation des grains après récolte*. GTZ.p :45.
- Haddad Samira et Khiri ibrahim ,2017. Etude de l'activité insecticide de l'extrait d'*Inula viscosa* à l'égard de deux espèces d'insectes *Ceratitidis capitata* et *Tribolium castaneum*. Mémoire de fin d'études. Université akli mohand Oulla-bouira .p :11.
- Hall, D.W., 1970. Handling and Storage of Food Grains, in Tropical and Subtropical Areas, FAO. Rome, 350 p.
- Hamdani Het bourega H., 2018. Effet insecticide de l'huile essentielle de *Pittosporum tobira* (Pittosporaceae) sur l'insecte ravageur du blé en post-récolte « *Tribolium castaneum* » (Herbst). Mémoire de fin d'étude. Université Djillali Bounaama de Khemis-Miliana .p :16.
- Hassaine siham, 2017.actévitité biologique de quelque plantes sur les ravageurs des denrées stockées. Diplôme de master. Université de Tlemcen faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers .p :21.
- Haubruge, E. Shiffers, B. Gabriel, E. Verbstraeten., 1988. «Étude de la relation dose efficacité.P:35.
- Hinton H.E., 1948. A Synopsis of the genus *Tribolium* Macleay with some remarks on the evolution of its species. *Bull. Ent. Res.*, 39, 13-55.
- Ho F.K., 1969. Identification of pupae of six species of *Tribolium* (Coleoptera : Tenebrionidae)- *Annals of the entomological Society of America*, 62 :1232-1237.
- [Http //www .wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)
- Huang Y., Ho S.H., ET Kini M., 1999. Bioactivities of safrole and isosafrole on *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae)., *Journal of Economic Entomology*, Lanham, Vol. 92, No.3: 676-683.
- Inge de Groot. K., 2004. Protection des céréales ET des légumineuses stockées. Ed.Fondation Agromisa, Wageningen, Pays Bas, 74 p.
- I. T. C. F. (Paris), Stockage et conservation des grains à la ferme: guide pratique. ITCF, 1990.
- Jauzein P., 2011- Flore des champs cultivés, 2ème édition, Quae, pp. 232-233.
- Jose Luis Viejo Montesinos 1998. Evolución de la fitofagia en los insectos, *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Actas)*, P : 23-30.
- Jurewicz .J, Hanke.W, 2008. « Prenatal and childhood exposure to pesticides and neurobehavioral development: review of epidemiological studies », *Int. J. Occup. Med. Environ. Health*, vol. 21, no 2, p. 121–132.
- Karunakaran, C., Jayas, D.S., et White, N.D.G. 2004- Identification of wheat kernels damaged by the red flour beetle using x-ray images. *Biosystems Engineering*, 87(3): 267- 274.
- Kassemi N., 2014. Activité biologique des poudres et des huiles essentielles de deux plantes aromatiques (*Pseudocytisus integrifolius S* et *Nepeta nepetella L.*) sur les ravageurs du blé et des légumes secs. Thèse de doctorat en biologie, option biologie animale, Université de Tlemcen :245.
- Kaur G.J., Arora D.S., 2010. Bioactive potential of *Anethum graveolens*, *Foeniculum vulgare* and *Trachyspermum ammi* belonging to the family Umbelliferae - Current status. *Journal of Medicinal Plants Research*. 4 (2), 087-094 p.

- Kellouche A., 2005. Etude du bruché du pois chiche *Callosobruchus maculatus.F* (Coleoptera : Bruchidae) ; Biologie, physiologie, reproduction et lutte, Thèse de Doctorat d'état en sciences naturelles, spécialité entomologie. U.M.M.T.O.154p.
- Kim.S, Rhyu.M.R, Kim.J.M, et Lee.S.H, 2003. Authentication of rice using near-infrared reflectance spectroscopy , *Cereal Chem.*, vol. 80, no 3, p. 346–349.
- König.C, 2013. Les ravageurs, menace pour nos céréales, [En ligne]. Disponible sur: <http://www.futura-sciences.com/magazines/nature/infos/dossiers/d/botanique-ravageursmenace-nos-cereales.p:1658>.
- Koussoud.K. et aho N., 1993. Stockage et conservation des grains alimentaires tropicaux : principes et pratiques .Ed. flamboyant, cotonou, Benin. ,125P. Mémoire ing.agro.ins.Nat.agro.,El Harrach,57p.
- Labeyrie V., 1962. Les Acanthoscelides obtectus, entomologie appliquée à l'agriculture dans : Balachowsky. T1. Ed. Masson publ. Paris, p 469-484.
- Lazouni H.A., Benmansour A., Taleb-Bendiab S.A., Chabane Sari D., 2007. Composition des constituants des huiles essentielles et valeurs nutritives du *Foeniculum vulgare* Mill. *Sciences et Technologie C – №25*, 7-12 p.
- Lepesme P., 1944- Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés Ed.Chevalier., Paris, 335p.
- Madene nadia, 2013/2014.Activité biologique de trois extraits végétaux et d'un insecticide sur *Sitophilus oryzae* (Coleoptera : Curculionidae) et *Tribolium castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidae). Diplôme de Magister en Sciences Agronomiques, Ecole Nationale Supérieure Agronomique el-harrach-alger.p :345.
- Maherou.L.F.J, Norest.S, 2013. les métaux lourds, quels risques pour la santé ? , [En ligne]. Disponible sur: <http://www.asef-asso.fr/problematiques-emergentes/nos-syntheses/1535-les-metaux-lourds-quels-risques-pour-la-sante-la-synthese-de-l-asef.p:345>.
- Manzoor A.R., Bilal A.D., Shahnawaz N., Sofia B.A., Bhat Mushtaq A.Q., 2012. *Foeniculum vulgare* : A comprehensive review of its traditional use, phyto-chemistry, pharmacology, and safety. *Arabian Journal of Chemistry*, 3-4.
- Mc Donald L.L., Guyr H., Speire R.D. 1970. Preliminary evaluation of new candiolate materials as toxicants, repellent and attractants against stored product insect marketing Res.189p.
- Mason L.J., 2003- Grain Insect Fact Sheet E-224-W: Red and Confused Flour Beetles, *Tribolium castaneum* (Bhst.) and *Tribolium confusum* Duval. Purdue University, Department of Entomology.p:54.
- Mebarkia A., Khalfi O. et Guechi A., 2001. Problèmes phytosanitaires des céréales stockées en régions semi-aride. Journées Scientifiques et Technique Phytosanitaires, 12 et 13 Nov, MAP, INPV El-Harrach, 119-126.
- Moussi terek, 2016. utilisation de la poudre végétale du *Romarin, Eucalyptus, Marrube* et des micro-ondes dans cadre de la lutte contre *Tribolium confusum*, Mémoire fin d'étude Université M'Hamed Bouguera- Boumerdès .p :45-46.
- Ntsam S., 1989. Pourquoi stocker ? Céréales en régions chaudes. AUPELF-UREF, Eds John Libbey Eurotext, Paris, 3-8 p.
- Oktay M., İrfan Küfrevioğlu Ö., Gülçin I., 2003. Determination of in vitro antioxidant activity of fennel (*Foeniculum vulgare*) seed extracts. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.* 36, 263–271.
- Padin S.B., Dal G.M ET Vasicel L., 1997. Pathogenicity of beauveria. Bassiana for adults of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: tenebrionidae) in stored. Ed. journal of herb spies and medicinal plante; vol 7 N°4: pp 67-37.

- Perez-Mendoza J., 2007. When Do Red Flour Beetles Fly? Integrated Pest Management, rev, IPM update, and usa.p:233.
- Proctor.D, 1994.Grain storage techniques: Evolution and trends in developing countries. Food & Agriculture Org.p:432.
- Quezel P., Santa S., 1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome II. C.N.R.S, Ed. Paris, 565 p.
- Rebey I.B., Jabri-Karoui I., Hamrouni-Sellami I., Bourgou S., Limam F., Marzouk B., 2012. Effect of drought on the biochemical composition and antioxidant activities of cumin (*Cuminum cyminum L.*) seeds. Ind. Crops Prod. 36, 238–245.
- Rees D., 2004- Insect of Stored Products, CSIRO Publishing, Canberra, Australia
- Relinger L.M., Zettler J.L., Davis R ET Simonaitis RA., 1988. Evaluation of pirimiphos methyl as a protectant for export grain. J. Eeon. Ent, 81: pp718-21.
- ROBINSON, W. H. 2005.Urban Insects and Arachnids: A Handbook of Urban Entomology. Cambridge: Cambridge University Press. 472 p.
- Salunke, B.K., Kotkar H.M., Mendki P.S., Upasani S.M., ET Maheshwari V.L., 2005. Efficacy of flavonoids in controlling *Callosobruchus chinensis (L.)* (Coleoptera: Bruchidae), a post-harvest pest of grain legumes. Crop Protection 24: 888-893.
- Sanon. A, garba .M, auger .J. ET huignard .J. 2002.Analysis of insecticidal activity of methylisotiocynate on *Callosobruchus maculatus (F.)* (Coleoptera :Bruchidae) and its Parasitoid *Dinarmus basalis (Rondani)* (Hymenoptera: Pteromalidae). J. Stor. Prod. Res. 38:129 – 138 p.
- Shamkant B., Badgujar V.V., Patel. And Atmaram H.B., 2014. *Foeniculum vulgare* Mill: A Review of Its Botany, Phytochemistry, Pharmacology,Contemporary Application, and Toxicology.Hindawi Publishing Corporation BioMed Research International. Article ID 842674, 32.
- Shazali, M.E.H., ET Smith, R.H. 1986- Life history studies of externally feeding pests of stored sorghum: *Corcyra cephalonica* (Staint.) and *Tribolium castaneum* (HBST). Journal of Stored Products Research, 22(2): 55-61.
- Singh G., Maurya S., de Lampasona M.P., Catalan C., 2006. Chemical constituents, antifungal and antioxidative potential of *Foeniculum vulgare* volatile oil and its acetone extract. Food Control. 17, 745-752.
- S.M.I.A.R .perspectives de récolte et situation alimentaire, mars 2018. rapport mondial trimestriel perspectives de récolte et situation alimentaire, p : 6.
- Sokoloff A., 1974. The Biology of Tribolium: With Special Emphasis on Genetic Aspects. Vol. 2. Clarendon Press, Oxford.p:231.
- Spedona, Piku, Thierry Caro, Pautard, Mwarf, Cymbella et Jaipasdepseudo, 2015. Http: //fr .wikipedia .org /wiki /Ravageurs\_des\_c%C3%A9r%C3%A9ales? oldid=111847429 Contributeurs. P:423.
- Suresh S., White N.D.G., Jayas D.S., et Hulasare R.B., 2001. Mortality resulting from interactions between the red flour beetle and the rusty grain beetle. Proceedings of the Entomological Society of Manitoba, 57: 11-13.
- Steffan J.R, 1978 - Description ET biologie des insectes. Ed. Afnor., I.T.C.F., Paris, 238p.
- Subramanyam .B,et Hagstrum.D, 1993. Predicting development times of six stored-product moth species (Lepidoptera: Pyralidae) in relation to temperature, relative humidity, and diet , *Eur. J. Entomol.*, vol. 90, p. 51–51.
- Steffan J.R, 1978. Description et biologie des insectes. Ed. Afnor., I.T.C.F., Paris, 238p.
- Tamo M., 2012- Les agriculteurs africains doivent passer aux bios pesticides, scidev.net USCF, *Bien conserver le grain.* 2015.

- Tavares W.D.S., Freitas S.D.S., Graziotti G.H, Parente L.M.L., Lião L.M., et Zanuncio J.C, 2013- Ar-turmerone from *Curcuma longa* (Zingiberaceae) rhizomes and effects on *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), *Industrial Crops and Products* 46: 158-164.
- Tazerouti-Bendiffallah L., Bakour K. ET Kellouch AEK, 2001. Etat sanitaire des denrées entreposées dans les unités de stockage de Draa Ben Khedda, Bouira et ain Bessam. Journées Scientifiques et Techniques Phytosanitaires, 12 et 13 Nov, MAP, INPV El- Harrach, 355-360.
- Thomas, M.B. 1999. Ecological approaches and the development of truly integrated pest management. *Prac. Natl. Acad Sei.*, 96: 5944-5951.
- Ziaee M., et Moharramipour S., 2013- Effectiveness of medicinal plant powders on *Sitophilus granarius* and *Tribolium confusum*, *J. Crop Prot.*,2 (1): 43-50.
- Zoubiri S., et Baaliouamer A., 2011- Chemical composition and insecticidal properties of some aromatic herbs essential oils from Algeria, *Food Chemistry* 129: 179-182
- Zoubiri S., Baaliouamer A., Seba N., Chamouni N., 2014. Chemical composition and larvicidal activity of Algerian *Foeniculum vulgare* seed essential oil. *Arabian Journal of Chemistry*. 7, 480-485 p.

## Annexe :

Annexe 1 : activité insecticide sur les adultes avec un taux de répulsion moyen de 84.17%

Dose	2 $\mu$ l		4 $\mu$ l		6 $\mu$ l		8 $\mu$ l	
	A	B	A	B	A	B	A	B
R1	4	16	2	18	2	18	2	18
R2	2	18	1	19	1	19	1	19
R3	1	19	2	18	1	19	0	20
Moyenne de PR	<b>84.17%</b>							

Annexe 2 : activité insecticide sur les larves avec un taux de répulsion moyen de 78.34%

Dose	2 $\mu$ l		4 $\mu$ l		6 $\mu$ l		8 $\mu$ l	
	A	B	A	B	A	B	A	B
R1	4	16	1	19	1	19	1	19
R2	3	17	2	18	4	16	2	18
R3	1	19	4	16	1	19	2	18
Moyenne de PR	<b>78.34%</b>							



Annexe 3 : activité insecticide sur les adultes avec un taux de répulsion moyen de 75.02%

<b>Dose</b>	<b>2µl</b>		<b>4µl</b>		<b>6µl</b>		<b>8µl</b>	
<b>Répétition</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
<b>R1</b>	2	18	2	18	2	18	3	17
<b>R2</b>	1	19	4	16	2	18	0	20
<b>R3</b>	8	12	2	18	2	18	2	18
<b>Moyenne de PR</b>	<b>75.02%</b>							

Annexe 4 : activité insecticide sur les larves avec un taux de répulsion moyen de 55%

<b>Dose</b>	<b>2µl</b>		<b>4µl</b>		<b>6µl</b>		<b>8µl</b>	
<b>Répétition</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
<b>R1</b>	5	15	5	15	5	15	4	16
<b>R2</b>	4	16	4	16	6	14	4	16
<b>R3</b>	7	13	5	15	2	18	3	17
<b>Moyenne de PR</b>	<b>55%</b>							

Annexe 5 : pourcentage de répulsion selon le classement de (MC Donald et al, 1970).

<b>Classes</b>	<b>Intervalle de répulsion</b>	<b>Propriétés</b>
<b>Classe 0</b>	$PR \leq 0,1\%$	N'est pas répulsion
<b>Classe I</b>	$0,1\% < PR \leq 20\%$	Trèsfaiblement repulsion
<b>Classe II</b>	$20 \% < PR \leq 40\%$	faiblement repulsion
<b>Classe III</b>	$40\% < PR \leq 60\%$	Modérément répulsion
<b>Classe IV</b>	$60\% < PR \leq 80\%$	Répulsion
<b>Classe V</b>	$80\% < PR \leq 100\%$	Très répulsion