



# ***Remerciements***

*Tout d'abord je remercie le « **DIEU** » le tout puissant qui m'a donné la santé et le courage d'effectuer ce travail de fin d'étude, dans les meilleures conditions.*

*Mes remerciements s'adressent en premier à ma promotrice **Mme TALEB-TOUDERT K.** Maître de conférence classe A à l'Université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou d'avoir accepté de diriger l'étude de ce mémoire et de m'avoir conseillée et aidée et honorée depuis le début. Je tiens à lui exprimer ma profonde gratitude.*

*Mes sincères remerciements à **Mme SAHMOUNE SIDI MANSOUR F. MAA** à l'UMMTO pour avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury, ainsi que **Mme HEDJAL CHEBHEB M. PROFESSEUR** à l'UMMTO, pour l'attention qu'elle a bien voulu porter à ce travail, en qualité d'examinatrice.*

*Je tiens à remercier tous mes enseignants du cycle primaire jusqu'au jury.*

*Mes remerciements vont aussi à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.*



## *Dédicaces*

*Je dédier ce modeste travail :*

*A l'âme de ma chère mère*

*Qui aurait été fière de ma réussite. Tous les mots du monde ne sauraient exprimer l'immense amour que je vous porte, maman ; ni la profonde gratitude que je vous témoigne pour tous les efforts et les sacrifices que vous n'avez jamais cessé de consentir pour mon instruction et mon bien-être. Je vous rends hommage par ce modeste travail.*

*A mon très cher Père*

*L'homme de ma vie. Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager.*

*A Mon cher mari Madjid*

*De m'avoir soutenu et encouragé tout le long de mon projet, pour ses encouragements, sa confiance et son amour. Ainsi qu'à mon petit Ange "Ayla" qui a illuminé ma vie. Puisse Dieu vous garde.*

*A Ma famille et belle-famille*

*Je remercie Mes deux frères Lyes et Djamila, ma belle-mère, mon beau frères et ma belle sœur.*

*A tout mes amis*

*A tous mes collègues de la Section E  
Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.*



# Sommaire

## Liste des abréviations

## Listes des figures

## Introduction.....1

## Chapitre I : Les huiles essentielles

1- Définition.....	3
2- Localisation et Rôles des huiles essentielles chez les végétaux.....	3
3- Propriétés Physiques.....	4
4- Propriétés Chimiques.....	5
5- Composition chimique.....	5
5-1- Les Terpènes.....	5
5-2- Les Composés aromatiques.....	6
5-3- Les composés d'origine diverses.....	7
6- Méthodes d'extraction.....	8
6-1-Hydrodistillation.....	8
6-2- Extraction par Entraînement à la Vapeur d'eau.....	8
6-3- Hydrodiffusion.....	9
6-4- Extraction à Froid.....	9
6-5- Extraction assistée par Micro-ondes.....	9
6-6- Extraction par Fluides supercritique.....	10
6-7- L'enfleurage et la macération.....	10

## Chapitre II : Les insectes ravageurs des denrées stockées

<b>I- Généralités .....</b>	<b>11</b>
1- Ravageurs Primaires.....	11
2- Ravageurs Secondaires.....	11
3- Ravageurs Tertiaires.....	12
<b>II- Les Dégâts Causées Par les insectes Ravageurs.....</b>	<b>12</b>
1- Perte de poids.....	12
2- Perte de qualité et de valeur marchande.....	13
3- Diminution de la faculté de germination des semences.....	13

4- Formation de moisissures en milieu mal ventilé.....	13
5-Perte de valeur nutritive.....	13
<b>III- Les Catégories d'insectes ravageurs.....</b>	<b>14</b>
1- Les Coléoptères.....	14
1-1- Tribolium Brun de la Farine ( <i>Tribolium confusum</i> ).....	14
1-1-1- Description.....	14
1-1-2- Position Systématique.....	15
1-1-3- Biologie.....	15
1-1-4- Différents stades de Développement.....	15
1-1-4-1- L'œuf.....	15
1-1-4-2- La larve.....	16
1-1-4-3- La nymphe.....	16
1-1-4-4- L'adulte.....	16
1-1-5- Dégâts Causées par <i>T.confusum</i> .....	17
1-2- Tribolium Rouge de la Farine ( <i>Tribolium castaneum</i> ).....	18
1-2-1- Description.....	18
1-2-2- Position Systématique.....	19
1-2-3- Biologie.....	19
1-2-4- Différents Stades de Développement.....	20
1-2-4-1- L'œuf.....	20
1-2-4-2- La larve.....	20
1-2-4-3- la nymphe.....	20
1-2-4-4- L'adulte.....	20
1-2-5- Dégâts Causées par <i>T.Castaneum</i> .....	21
1-3- Le Petit Perceur des Grains ( <i>Rhyzopertha dominica</i> ).....	22
1-3-1- Description.....	22
1-3-2-Position Systématique.....	23
1-3-3- Cycle Biologique.....	23
1-3-4- Différents Stades de Développement.....	23
1-3-4-1- L'œuf.....	23
1-3-4-2- La Larve.....	23
1-3-4-3- La nymphe.....	24
1-3-4-4- L'adulte.....	24
1-3-5- Dégâts Causées par <i>R.dominica</i> .....	25
1-4- Le Charançon du riz ( <i>Sitophilus oryzae</i> ).....	26
1-4-1- Description.....	26

1-4-2- Position Systématique.....	27
1-4-3- Biologie et Cycle de Développement.....	27
1-4-4- Stades de Développement.....	28
1-4-4-1- L'œuf.....	28
1-4-4-2- La larve.....	28
1-4-4-3- La nymphe.....	28
1-4-4-4- L'adulte.....	28
1-4-5- Dégâts Causées par <i>S.oryzae</i> .....	29
1-5- Le Charançon du blé ( <i>Sitophilus Granarius</i> ) .....	30
1-5-1- Description.....	30
1-5-2- Position Systématique.....	31
1-5-3- Biologie.....	31
1-5-4- Différents Stades de Développement.....	31
1-5-4-1- L'œuf.....	31
1-5-4-2- La larve.....	32
1-5-4-3- La nymphe.....	32
1-5-4-4- L'adulte .....	32
1-5-5- Dégâts Causées par <i>S.granarius</i> .....	33
1-6- La Bruche du Niébé ( <i>Callosobruchus maculatus</i> ).....	34
1-6-1- Description .....	34
1-6-2- Position Systématique.....	35
1-6-3- Le Cycle Biologique.....	35
1-6-4- Stades de Développement.....	36
1-6-4-1- L'œuf .....	36
1-6-4-2- La larve.....	36
1-6-4-3- La nymphe.....	36
1-6-4-4- L'adulte .....	37
1-6-5- Dégâts Causées par <i>C. Maculatus</i> .....	38
1-7- La Bruche Chinoise ( <i>Callosobruchus chinensis</i> ).....	39
1-7-1- Description.....	39
1-7-2- Position Systématique.....	39
1-7-3- Le Cycle Biologique.....	40
1-7-4- Stades de Développement.....	40
1-7-4-1- L'œuf.....	40
1-7-4-2- La larve.....	41

1-7-4-3- La nymphe.....	41
1-7-4-4- L'adulte.....	41
1-7-5- Dégâts Causés par <i>C. Chinensis</i> .....	42
1-8- La Bruche du haricot ( <i>Acanthoscelides obtectus</i> ).....	43
1-8-1- Description.....	43
1-8-2- Position Systématique.....	44
1-8-3- Cycle Biologique.....	44
1-8-4- Stades de Développement.....	45
1-8-4-1- L'œuf.....	45
1-8-4-2- La larve.....	45
1-8-4-3- La nymphe.....	45
1-8-4-4- L'adulte.....	45
1-8-5- Dégâts Causés par <i>A. obtectus</i> .....	46
1-9- Le silvain dentelé des grains ( <i>Oryzaephilus surinamensis</i> ).....	47
1-9-1- Description.....	47
1-9-2- Position Systématique.....	48
1-9-3- Le Cycle Biologique.....	48
1-9-4- Stades de Développement d' <i>O. surinamensis</i> .....	49
1-9-4-1- L'œuf.....	49
1-9-4-2- La larve.....	49
1-9-4-3- La nymphe.....	49
1-9-4-4 L'adulte.....	50
1-9-5- Dégâts Causés par <i>O. Surinamensis</i> .....	51
2- Les Lépidoptères.....	52
2-1- La Pyrale de la Farine ( <i>Ephestia kuehniella</i> ) .....	52
2-1-1- Description.....	52
2-1-2- Position Systématique .....	53
2-1-3- Biologie.....	53
2-1-4- Stades de Développement.....	53
2-1-4-1- L'oeuf .....	53
2-1-4-2-La larve.....	54
2-1-4-3 La nymphe.....	54
2-1-4-4- L'adulte.....	54
2-1-5- Dégâts Causés par <i>E. kuehniella</i> .....	55
2-2- La pyrale indienne de la farine ( <i>Plodia interpunctella</i> ).....	56

2-2-1- Description.....	56
2-2-2- Position Systématique.....	56
2-2-3- Cycle Biologique.....	56
2-2-4- Stades de Développement.....	57
2-2-4-1- L'œuf.....	57
2-2-4-2 La larve.....	57
2-2-4-3- La nymphe.....	57
2-2-4-4- L'adulte .....	57
2-2-5- Dégâts Causés par <i>P. Interpunctella</i> .....	58
2-3- La Pyrale de Riz ( <i>Corcyra cephalonica</i> ).....	59
2-3-1- Description.....	59
2-3-2- Position Systématique.....	59
2-3-3- Cycle Biologique.....	60
2-3-4- Stades de Développement.....	60
2-3-4-1- L'œuf .....	60
2-3-4-2- La nymphe.....	60
2-3-4-3- La larve.....	61
2-3-4-4- L'adulte .....	61
2-3-5- Dégâts Causés par <i>C. cephalonica</i> .....	62

### **Chapitre III : Méthodes de lutte contre les ravageurs des denrées stockées**

<b>I- Méthodes de lutte traditionnelles .....</b>	<b>63</b>
1- Exposition au Soleil.....	63
2- Enfumage .....	63
3- Utilisation de plantes répulsives.....	63
4- Utilisation d'huiles.....	63
5- Utilisation de matières inertes.....	64
<b>II- Méthodes de Lutte Modernes.....</b>	<b>64</b>
1- Lutte préventive.....	64
1-1- Nettoyage des locaux.....	64
1-2- Nettoyage des graines.....	64
2- Lutte curative.....	64
2-1- Lutte chimique.....	64
2-1-1- Traitement par contact.....	65
2-1-2- Traitement par fumigation.....	65

2-2- La Lutte Biologique.....	65
2-3- La Lutte Biotechnologie.....	66
2-3-1- Lutte par phéromones.....	66
2-3-2- Lutte par utilisation des régulateurs de croissance.....	66
2-4- La Lutte physique.....	66
2-4-1- Lutte par le froid.....	66
2-4-2- Lutte par le Chaud.....	67
2-4-3- Lutte par Radiation ionisante.....	67
2-5- La lutte mécanique.....	67
2-6- La lutte intégrée.....	67
2-7- La lutte par les phyto-pesticides.....	68
2-8- La lutte par l'ozone gazeux.....	68

**Conclusion.....69**

**Références bibliographique**

## Listes des figures

- Figure 1:** Quelques organes sécréteurs d'huiles essentielles.
- Figure 2:** Structures chimiques des principaux composants des huiles essentielles.
- Figure 3:** Schéma du principe de la technique de l'hydrodistillation.
- Figure 4:** Schéma du principe de la technique de l'entraînement à la vapeur d'eau.
- Figure 5 :** Grains de blé infestés par les insectes ravageurs.
- Figure 6 :** Adulte de *Tribolium confusum* (**A** : face dorsale ; **B** : face ventrale).
- Figure 7 :** Cycle de développement chez *Tribolium confusum*.
- Figure 8:** Dégâts de *Tribolium confusum* des céréales déjà infestés.
- Figure 9 :** L'adulte de *Tribolium castaneum* (**A** : face dorsale, **B** : face ventrale).
- Figure 10 :** Cycle biologique de *Tribolium castaneum* .
- Figure 11 :** Semoule infectée par *Tribolium castaneum*.
- Figure 12 :** Adulte de *Rhyzopertha dominica* F.
- Figure 13 :** Cycle de développement de *R. dominica*.
- Figure 14 :** Dégâts causés par *R. dominica* sur les grains de blé dur.
- Figure 15 :** Adulte de *Sitophilus oryzae*.
- Figure 16:** Cycle évolutif du *Sitophilus oryzae*.
- Figures 17 :** (**A**) : Grains vidés par *S.oryzae* sur des grains de riz, (**B**) : Charançon adulte émergeant d'un grain d'orge complètement vidé.
- Figure 18 :** Adulte de *Sitophilus granarius* (**A** : Face dorsale ; **B** : Face ventrale).
- Figure 19 :** Cycle de développement de *S.granarius*.
- Figure 20 :** les dégâts causés par *S. granarius* sur la farine
- Figure 21 :** Adulte de *Callosobruchus maculatus* (**A** : fumelle, **B** : mâle)
- Figure 22 :** Cycle biologie de *C. maculatus*.
- Figure 23 :** Les dégâts causés par *C. maculatus*.
- Figure 24 :** Adulte de *Callosobruchus chinensis* (**A** : Face dorsale, **B** : Face ventrale).
- Figure 25 :** Cycle biologique de la bruche chinoise *C. chinensis*.
- Figure 26 :** Graines de pois-chiche infestés par la *C.chinensis*.
- Figure 27 :** Adulte d'*Acanthoscelides obtectus* (**A** : Face ventrale, **B** : Face dorsale).
- Figure 28 :** Cycle de vie *A. obtectus* sur les graines de haricot dans les conditions de laboratoire.
- Figure 29 :** Les dégâts causés par la bruche du haricot, (**A** : Graines saines de haricot avant contamination *A. obtectus* ; **B**: trous d'émergence des adultes d'*A. obtectus* sur graines du haricot ; **C** : grain d'haricot complètement broyé par les larves d'*A. obtectus*).

**Figure 30 :** Adulte *Oryzaephilus surinamensis*.

**Figure 31 :** Cycle de développement d'*O. surinamensis*.

**Figure 32:** Farine d'orge infestée par *O. surinamensis*

**Figure 33 :** *Ephestia kuehniella*

**Figure 34 :** Cycle de développement d'*Ephestia kuehniella* à 27°C

**Figure 35:** Farine infestée par *Ephestia kuehniella* Zeller

**Figure 36 :** *Plodia interpunctella*.

**Figure 37 :** Cycle de développement de *Plodia interpunctella*.

**Figure 38 :** Dégâts causés par les chenilles de *Plodia interpunctella* et *Ephestia kuehniella* sur la semoule.

**Figure 39 :** Adulte de *Corcyra cephalonica*.

**Figure 40 :** Cycle de développement *C. cephalonica*.

**Figure 41 :** Riz en provenance d'un stationnement de conditionnement infesté par *Corcyra cephalonica*.

## Liste des abréviations

**%**: Pourcentage.

**C°**: Degré Celsius.

**Fig**: Figure.

**UMMTO** : Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

**µm**: Micromètre.

**mm**: millimètre.

**Cm**: Centimètre.

**g**: gramme.

**Kg**: Kilogramme.

**éd**: édition.

**etc**: et cetera.

**+**: Plus.

**×**: Par.

**±**: plus ou moins.

**XVI<sup>é</sup>**: 16<sup>ème</sup> siècle.

**L1**: Larve 1.

**L2**: Larve 2.

**L3**: Larve 3.

**L4**: Larve 4.

**Z**: Zaller.

**FAO**: Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

**IGRs**: Insectes Growth Regulators (Régulateur de Croissance des Insectes).

**Spp**: plusieurs espèces (species pluralis).

**Ppm**: Parties par million.



**Introduction**

La conservation efficace des grains stockés, des céréales et de leurs dérivés revêt une importance capitale pour l'approvisionnement alimentaire mondial (**Elbrense et al., 2022**). Cette ressource essentielle est cruciale pour la survie humaine. De même, la culture des légumineuses vivrières est reconnue comme l'une des solutions les plus efficaces et économiques pour nourrir les populations des pays en développement (**Soltner, 1990**).

En Algérie, cette pratique agricole est ancrée depuis des siècles dans diverses zones agro-écologiques, où des légumineuses telles que le pois chiche, le niébé et l'haricot prospèrent. Par ailleurs, les produits céréaliers occupent une place stratégique tant dans l'alimentation que dans l'économie nationale algérienne, (**Djermoun, 2009 in Taleb, 2022**) et (**Ranum et al., 2014**). Le blé, en particulier, représente la principale culture céréalière mondiale, avec une consommation en constante évolution. En 2006, celle-ci s'élevait à près de 690 millions de tonnes dans le monde et à 30 millions de tonnes en Afrique du Nord (**Kellou, 2008**).

En Algérie, la consommation de blé a atteint 201 kg par habitant en 2003 (**Djaouti, 2010**). Les rendements de ces cultures sont souvent entravés par leur faible stabilité et productivité. Cette situation découle principalement de leur vulnérabilité aux contraintes abiotiques telles que le froid, la chaleur et la dégradation des sols, ainsi qu'aux contraintes biotiques telles que les maladies et les ravageurs (**Geerts et al., 2011**). De plus, l'absence de variétés résistantes ou tolérantes à ces contraintes aggrave cette problématique.

Afin d'assurer un approvisionnement constant en blé pour les consommateurs, le stockage est devenu indispensable, servant de principal moyen de régulation du marché tout au long de l'année. Cependant, durant cette période, les céréales stockées sont souvent exposées à des attaques de rongeurs, de champignons, d'acariens et d'insectes. Parmi ces derniers, les Coléoptères et les Lépidoptères sont responsables des pertes les plus significatives (**Delobel, 1993**) et **Fleurat-Lessard (1994)**. La présence de ces ravageurs dans les installations de stockage peut entraîner une détérioration des grains, entraînant ainsi des pertes tant quantitatives que qualitatives (**Gwinner et al., 1996**).

Parmi les insectes nuisibles les plus préoccupants pour les denrées stockées *Tribolium (confusum, castaneum)*, *Rhizopertha dominica*, *Sitophilus Granarius* et *S. Oryzae*, *Callosobruchus (maculatus, chinensis)*, *Ephestia kuehniella*, *Corcyra cephalonica*...etc. La prolifération de ces insectes est principalement favorisée par des conditions climatiques propices à leur développement et à leur survie. Les adultes sécrètent une substance riche en

quinones, conférant aux produits alimentaires envahis une odeur désagréable et une coloration altérée, cette substance étant irritante pour l'homme et pouvant entraîner des troubles gastro-intestinaux, (**Roger., 2002**). Certains de ces ravageurs commencent à endommager les graines dès leur maturation et poursuivent leurs activités destructrices pendant le stockage, (**Pruthi et Singh, 1950**).

Pour limiter ces pertes de stocks, les agriculteurs ont souvent recours à la lutte chimique, bien que plusieurs études aient établi un lien entre l'utilisation de pesticides et des problèmes de santé humaine et environnementaux (**Isman, 2005**) et **Carlos (2006)**. Ainsi, de nombreux chercheurs se tournent vers des alternatives naturelles, telles que l'utilisation d'insecticides d'origine végétale moins toxiques. Les méthodes de contrôle naturel représentent des solutions prometteuses pour les insecticides végétaux (**Camara et al., 2009**).

Effectivement, les composés naturels, notamment les huiles essentielles, offrent désormais une alternative de lutte pour la protection des denrées stockées.

Les huiles essentielles extraites des plantes sont déjà largement utilisées en aromathérapie, en pharmacie, en parfumerie, en cosmétique et dans la conservation des aliments. Leur utilisation est motivée soit par leur large spectre d'activités biologiques, soit par leur capacité à cibler des problèmes spécifiques (**Cimanga et al., 2002**).

Au cours de la décennie écoulée, les huiles essentielles ont fait l'objet de multiples recherches et ont attiré un intérêt scientifique considérable, comme en attestent les nombreuses études visant à évaluer leur efficacité dans la préservation des céréales et le stockage des produits alimentaires (**Shaaya et al., 1997**) et (**Kellouche et Soltani., 2004**).

Notre travail s'articule autour d'une synthèse bibliographique dont les principaux chapitres sont :

En premier lieu les huiles essentielles suivra le deuxième chapitre abordant les insectes ravageurs des denrées stockées vient le troisième chapitre consacré aux méthodes de lutte et enfin une conclusion.



# **Chapitre I : Les huiles essentielles**

## 1- Définition

Les huiles essentielles sont des substances liquides volatiles et odorantes, dépourvues de matière grasse, obtenues à partir d'extraits de plantes (**Couic-Marinier et Lobstein, 2013**).

D'après le (**Dictionnaire Larousse, éditions 2000**), une "huile essentielle" est principalement composée d'un mélange de substances terpéniques, produites par le métabolisme secondaire des plantes. Elles servent à diverses fonctions, comme insecticide ou à la dissuasion des herbivores, et sont également responsables des parfums des fleurs, utilisées dans la fabrication de parfums. Selon la **pharmacopée française (8ème éd, 1965)**, une huile essentielle, également appelée essence ou huile volatile est définie comme un produit généralement complexe, renfermant les principes volatils contenus dans les végétaux, plus ou moins modifiés au cours de l'extraction. Pour extraire ces principes volatils, plusieurs procédés sont utilisés, mais seuls deux sont employés pour récupérer les essences officinales : la distillation à la vapeur d'eau de plantes à essences ou de certains de leurs organes, et le procédé par expression (**Wichtl et Anton, 2003**).

## 2- Localisation et Rôles des huiles essentielles chez les végétaux

En général, toutes les plantes ont la capacité de produire des composés volatils, mais le plus souvent en quantités minimes. Seulement environ 10% des espèces végétales sont considérées comme "aromatiques". Cependant, la capacité à accumuler des huiles essentielles est une caractéristique propre à certaines familles de plantes réparties dans l'ensemble du règne végétal (**Spichiger, 2002**).

Selon **Black (1997)** La synthèse et l'accumulation des huiles essentielles se produisent dans des structures histologiques spéciales, qui varient en fonction de la famille de la plante. Ces structures se trouvent soit à la surface des différents organes de la plante, appelés sites exogènes, soit à l'intérieur de canaux ou de poches, appelés sites endogènes. Les sites exogènes et endogènes comprennent : Les poils sécréteurs ou trichomes ; Les cellules épidermiques. Les cellules sécrétrices internes (Fig 1-A); Les canaux sécréteurs (Fig 1-B); Les poches sécrétrices (Fig 1-C).

Les huiles essentielles sont produites par les plantes via des voies métaboliques secondaires, agissant comme des molécules de communication et de défense. Elles jouent un rôle crucial dans la protection des plantes contre les herbivores et les agents pathogènes, ainsi que dans leur reproduction et leur résistance à la chaleur. De plus, elles ont la capacité d'inhiber ou de ralentir la croissance des micro-organismes. Les huiles essentielles contribuent à la saveur et aux odeurs des plantes. Leurs molécules agissent pour rétablir l'équilibre de l'organisme, avec

des effets physiques sur les symptômes, des aspects émotionnels liés à la perception olfactive et des aspects énergétiques grâce à leur impact sur les ions positifs et négatifs (Pavela et al., 2018).

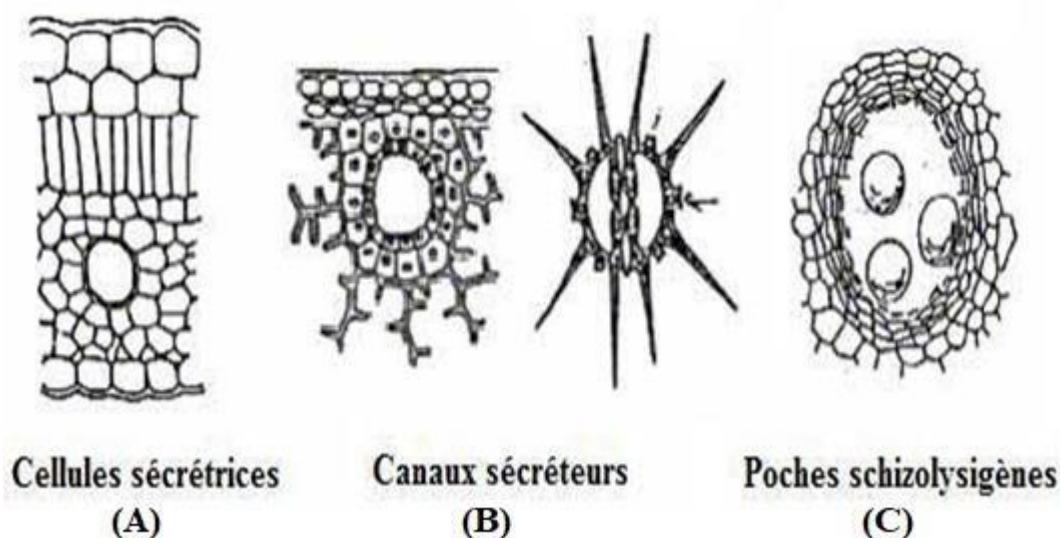


Figure 1: Quelques organes sécréteurs d'huiles essentielles (Hadjou et Lazri, 2023).

### 3- Propriétés Physiques

Selon Bruneton (1999) toutes les huiles essentielles possèdent des caractéristiques communes: elles sont volatiles, parfumées et inflammables. Leur densité est généralement inférieure à celle de l'eau, à l'exception de trois huiles essentielles officinales: la cannelle, le clou de girofle et le saffras. Habituellement, ces huiles sont incolores ou légèrement jaunes lorsqu'elles sont liquides à température ambiante. Elles se dissolvent facilement dans les alcools, les huiles fixes et la plupart des solvants organiques. Le point d'ébullition des huiles essentielles est toujours supérieur à 100°C et varie en fonction de leur poids moléculaire. Par exemple, le caryophyllène, le géraniol, le citral et le  $\alpha$ -pinène ont des points d'ébullition respectifs de 260°C, 230°C, 228°C et 156°C. Cependant (Valnet, 1984) ces points peuvent varier de 160°C à 240°C. De plus, les huiles essentielles présentent généralement un indice de réfraction élevé et ont la capacité de dévier la lumière polarisée, ce qui les rend optiquement actives selon Bruneton (1999).

## 4- Propriétés Chimiques

La composition chimique d'une huile essentielle est extrêmement complexe et dépend de nombreux facteurs variables. Il est crucial de connaître précisément les composants d'une huile essentielle, non seulement pour évaluer sa qualité et comprendre ses propriétés, mais aussi pour anticiper tout risque éventuel de toxicité (**Couic-Marinier et Lobstein, 2013**).

Plupart de ces constituants sont issus de deux groupes distincts, caractérisés par des origines biogénétiques différentes : le groupe des terpénoïdes et celui des composés aromatiques dérivés du phénylpropane, comme décrit par (**Drosso Sonate, 2002**).

## 5- Composition chimique

Les huiles essentielles sont constituées de petites molécules volatiles appelées terpénoïdes (ou terpènes), qui sont synthétisées à partir d'isoprène, de composés aromatiques dérivés du phénylpropane (composés phénoliques), ainsi que d'autres composés d'origines diverses (**Labioud, 2016**).

### 5-1- Les Terpènes

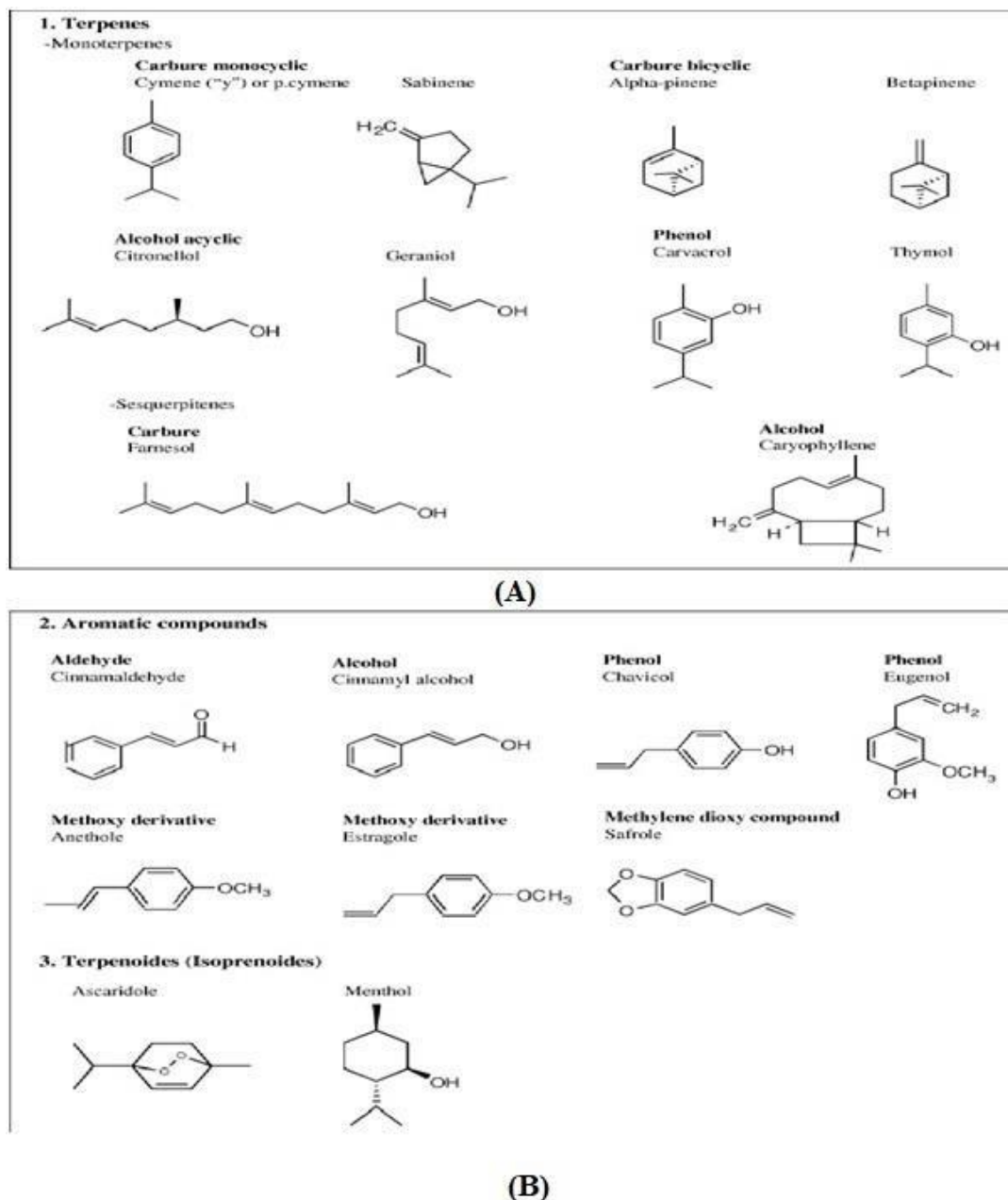
D'après **Hernandez-Ochoa (2005)** les terpènes sont des composés hydrocarbonés naturels, présentant une structure cyclique ou linéaire. Leur caractéristique structurale principale réside dans la présence d'unités isopréniques composées de cinq atomes de carbone ( $C_5H_8$ ) dans leur squelette.

Ils sont classés en fonction du nombre d'unités isopréniques: les monoterpènes, formés de deux unités ( $C_{10}H_{16}$ ), les sesquiterpènes, composés de trois unités ( $C_{15}H_{24}$ ), les diterpènes, constitués de quatre unités ( $C_{20}H_{32}$ ), les tétraterpènes, constitués de huit unités qui conduisent aux caroténoïdes, et les polyterpènes ( $C_5H_8$ ) où n peut varier de 9 à 30. (Fig 2-A)

- **Les terpénoïdes** : qui sont des terpènes contenant une ou plusieurs fonctions chimiques telles que les alcools, les aldéhydes, les cétones, les acides, etc.
- **Les monoterpènes** : majoritaires dans les huiles essentielles (parfois plus de 90%), sont volatils et peuvent être entraînés par la vapeur d'eau. Ils présentent souvent un parfum agréable et peuvent être acycliques (comme le myrcène et l'ocymène), monocycliques (comme le terpinène et le p-cymène) ou bicycliques (comme le pinène et le sabinène). Parmi ces monoterpènes, on trouve également des substances avec différentes fonctions chimiques, telles que des alcools (comme le géraniol et le menthol), des aldéhydes (comme le géraniol, le citronellal et le sinensal), des cétones (comme la carvone, la menthone et la  $\beta$ -vétinone), et des esters (comme l'acétate de géranyle, l'acétate de linalyle, l'acétate de cédryle et l'acétate  $\alpha$ -terpinyle).
- **Les sesquiterpènes** : forment la classe la plus diversifiée des terpènes, avec plus de 3000 molécules, comprenant notamment le  $\beta$ -caryophyllène, le  $\beta$ -bisabolène, l' $\alpha$ -humulène, l' $\alpha$ -bisabolol et le farnesol, comme indiqué par **(Bruneton, 1999)** et **(Hernandez-Ochoa, 2005)**.

## 5-2- Les Composés aromatiques

À la différence des dérivés terpéniques, les composés aromatiques sont moins courants dans les huiles essentielles. Souvent, ces composés se résument à l'allyle et au propénylphénol. Ils revêtent une importance particulière car ils sont généralement responsables des propriétés sensorielles des huiles essentielles. Par exemple, l'eugénol est connu pour son parfum caractéristique de clou de girofle **Ouis (2015)**. (Fig 2-B).



**Figure 2:** Structures chimiques des principaux composants des huiles essentielles (Guzman et Lucia, 2021).

### 5-3- Les composés d'origine diverses

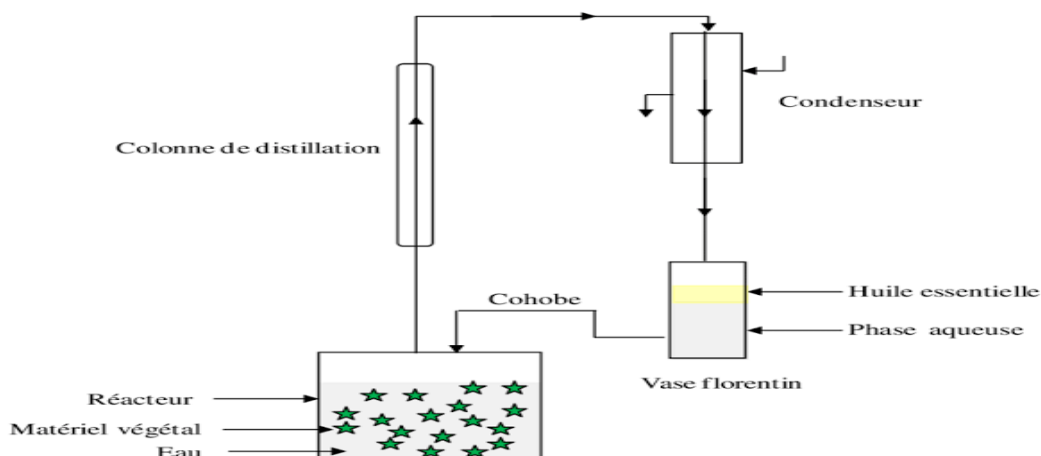
Un certain nombre de produits sont créés par la transformation de molécules non volatiles, issues notamment de la dégradation des terpènes non volatils. Cela peut résulter de l'auto-oxydation, par exemple des caroténoïdes, ou des acides gras tels que l'acide linoléique et l'acide  $\alpha$ -linoléique, donnant lieu à des composés comme le 3-cis hexanol, le décanal et la  $\beta$ -ionone (Piochon, 2008).

## 6- Méthodes d'extraction

Un éventail de techniques est utilisé pour extraire les huiles essentielles, reflétant la diversité des matières premières et la sensibilité particulière de certains de leurs composants (Garnero, 1977). Parmi ces méthodes d'extraction, citons :

### 6-1- Hydrodistillation

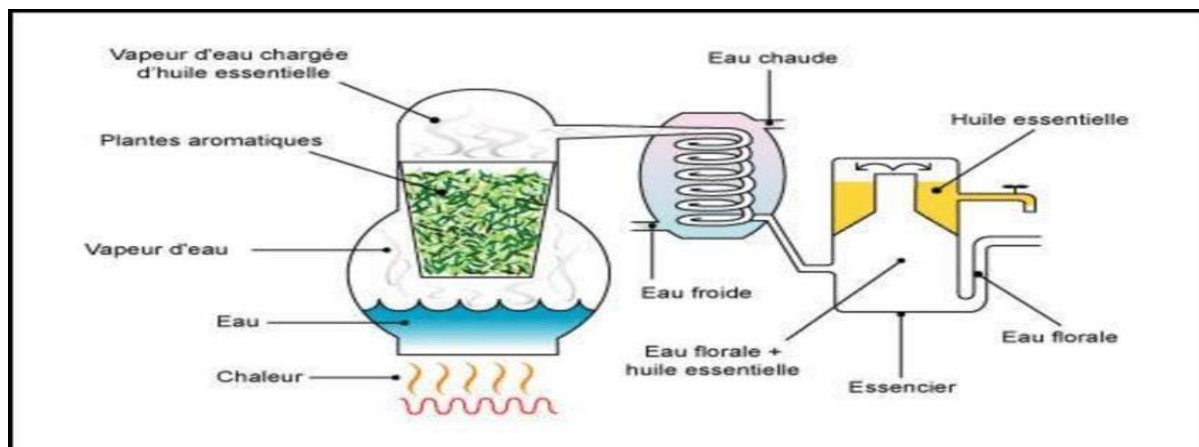
L'idée de base est d'immerger la matière végétale directement dans un ballon rempli d'eau, puis de porter le tout à ébullition. Les vapeurs résultantes se condensent sur une surface froide, permettant ainsi la séparation de l'huile essentielle en raison de différences de densité (Bruneton, 1993). (Fig 3).



**Figure 3:** Schéma du principe de la technique de l'hydrodistillation (Boukhatem et al., 2019).

### 6-2- Extraction par Entraînement à la Vapeur d'eau

L'extraction par entraînement à la vapeur d'eau implique de placer la matière végétale sur une grille perforée à l'intérieur de l'extracteur. Ensuite, la vapeur produite par un générateur est introduite sous la grille, entraînant les composés les plus volatils hors du substrat cellulosique. Les vapeurs d'huile et d'eau sont ensuite condensées, et l'huile est récupérée par décantation. (Sawamura, 2009). (Fig 4).



**Figure 4:** Schéma du principe de la technique de l'entraînement à la vapeur (Goudjil, 2016).

### 6-3- Hydrodiffusion

L'hydrodiffusion constitue une variation de l'entraînement à la vapeur, où le flux de vapeur circule de haut en bas plutôt que de bas en haut. Cette méthode tire parti de l'action osmotique de la vapeur d'eau. Son principe repose sur l'utilisation de la gravité pour séparer et condenser le mélange de "vapeur d'eau + huile essentielle" dispersé dans la matière végétale. Tout comme l'entraînement à la vapeur d'eau, l'hydrodiffusion présente l'avantage de maintenir le matériel végétal isolé de l'eau. De plus, elle permet des économies de temps et d'énergie en réduisant la durée de la distillation et la consommation de vapeur (Lucchesi, 2005).

### 6-4- Extraction à Froid

L'extraction par expression à froid est couramment utilisée pour extraire les huiles essentielles des agrumes. Son principe repose sur la rupture mécanique des poches à essences, suivie de la récupération de l'huile essentielle. Cette dernière est ensuite séparée par décantation ou centrifugation. Certaines machines utilisent également une technique de rupture par dépression pour recueillir directement l'huile essentielle, évitant ainsi les altérations dues à l'eau (Chaintreau et al., 2003).

### 6-5- Extraction assistée par Micro-ondes

Ce processus implique le chauffage de la matière végétale par micro-ondes dans une enceinte fermée, où la pression est progressivement réduite. Les composés volatils sont libérés par la vapeur d'eau générée à partir de l'eau naturellement présente dans la plante. Ensuite, ils sont

récupérés à l'aide des méthodes conventionnelles telles que la condensation, le refroidissement et la décantation (**Hemwimon et al., 2007**).

### **6-6- Extraction par Fluides supercritique**

La méthode d'extraction par fluide supercritique (SFE) est innovante car elle utilise des solvants dans des conditions de température et de pression spécifiques, où le solvant se trouve dans un état intermédiaire entre liquide et gazeux, offrant ainsi des propriétés physico-chimiques uniques telles qu'un pouvoir de solvatation accru. Bien que divers solvants puissent être utilisés, le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) est le plus couramment employé, principalement pour des raisons pratiques telles que sa disponibilité, sa non-toxicité et son élimination facile de l'extrait. La SFE, considérée comme une méthode "verte" en raison de son faible usage de solvants organiques, est également beaucoup plus rapide que les techniques traditionnelles telles que l'hydrodistillation, ce qui peut entraîner des différences qualitatives et quantitatives dans les compositions chimiques des extraits obtenus (**Boukhatem et al., 2019**).

### **6-7- L'enfleurage et la macération**

L'enfleurage implique le dépôt de pétales de fleurs parfumées sur des couches de graisses neutres, produisant ainsi des pommades odorantes. Cette méthode peut également être réalisée à chaud en utilisant des graisses fondantes, comme c'est le cas pour la violette, les fleurs d'oranger et le cassis. La macération, quant à elle, est une technique où des composés chimiques sont extraits d'une substance en la laissant longuement en contact avec un solvant (**Paris et Moyse, 1967**).



## **Chapitre II : Les insectes ravageurs des denrées stockées**

## I-Généralités

Les stocks de grains sont vulnérables à diverses attaques de prédateurs, notamment les oiseaux, les rongeurs et les insectes. Parmi eux, les insectes pouvant être particulièrement redoutables en raison de leur capacité à passer inaperçus (**Berhaut et al., 2003**). Les espèces d'insectes granivores sont généralement spécialisées dans l'alimentation et la reproduction à partir des graines.

Ces insectes nuisibles peuvent être classés en deux catégories principales, comprenant plusieurs ordres, les plus courants étant les coléoptères et les lépidoptères (**Karahacane et al., 2015**).

### 1- Ravageurs Primaires

Les insectes ravageurs primaires sont particulièrement redoutables car ils ont la capacité de percer la coque solide des grains sains, comme celle des céréales. Certaines espèces pondent leurs oeufs à l'intérieur du grain, où les larves se nourrissent de son contenu. D'autres espèces déposent leurs oeufs à la surface des grains, les larves perçant ensuite la coque dure pour accéder à l'intérieur nutritif (**De Groot, 2004**). Parmi ces ravageurs on distingue : Charançon du blé, le petit perceur des grains, la bruche chinoise .....etc.

### 2- Ravageurs Secondaires

Les membres de cette catégorie sont incapables de percer la coque solide des graines intactes. Ils profitent des dommages causés par les premiers ravageurs, se nourrissant des graines et de leurs enveloppes déjà brisées. Contrairement aux ravageurs primaires, ils n'attaquent pas les grains intacts, mais se concentrent uniquement sur celles déjà endommagées par les ravageurs précédents (**De-Groot, 2004**). Leur développement se fait à l'extérieur des grains endommagés, et les espèces qui se nourrissent de moisissures consomment les champignons présents sur ces grains (**Huchet, 2016**), par exemple : Tribolium rouge de la farine, Sylvain dentelé des grains, pyrale indienne des fruits sec.....etc.

### 3- Ravageurs Tertiaires

Se composent principalement d'espèces prédatrices qui se nourrissent des larves et des adultes des deux premiers groupes d'insectes. Bien qu'ils contribuent à réguler les populations de ravageurs, leur présence parmi les grains peut poser des problèmes d'hygiène (**Huchet, 2016**). Ces insectes se nourrissent de graines brisées, de poussières de graines et de résidus laissés par les groupes précédents (**De-Groot, 2004**), comme : Acarien des denrées entreposées, Lépidoptère des denrées stockées, Dermeste des collections stockées....etc.

## II- Dégâts Causés Par les insectes Ravageurs

Les dommages causés par les insectes aux denrées stockées sont considérables. Dans les pays développés, on estime que 20% de la consommation est touchée, mais la situation est encore plus préoccupante dans les pays en développement où les conditions de stockage sont souvent précaires. Selon la FAO, entre 20 et 40% de la récolte mondiale, y compris les légumineuses, est détruite par les insectes lors du stockage. Les types de dommages causés par les insectes aux denrées stockées varient considérablement. En plus de consommer une quantité importante de nourriture, ils contaminent également les aliments avec des excréments, des odeurs, des fils de soie, des cadavres et des peaux moulées, favorisant ainsi la croissance de micro-organismes. Les insectes se multiplient et se nourrissent à l'intérieur des denrées alimentaires, entraînant une perte tant en quantité qu'en qualité (**Zekri et al., 2016**).

### 1-Perte de poids

Une fois qu'ils se sont installés dans un produit, les insectes se nourrissent continuellement. Les estimations de la perte de poids varient considérablement en fonction du produit, de la localisation et des méthodes d'entreposage utilisées. Dans les régions tropicales, pour les céréales ou les légumes secs entreposés dans des conditions traditionnelles, on estime une perte de poids de 10% à 40% sur un cycle complet d'entreposage (**Aidani, 2015 in Bellaoucha et Saidi, 2020**).

## 2-Perte de qualité et de valeur marchande

Les produits infestés sont contaminés par les débris laissés par les insectes, ce qui entraîne une accumulation de poussière. Les grains sont souvent perforés et peuvent changer de couleur. Les aliments préparés avec des produits contaminés peuvent avoir une odeur ou un goût désagréable (Dabré *et al.*, 2008). (Fig 5).



**Figure 5 :** Grains de blé infestés par les insectes ravageurs (Kermiche, 2017).

## 3-Diminution de la faculté de germination des semences

Les dommages causés à l'embryon d'une graine entravent généralement sa germination ; certains ravageurs ciblent particulièrement le germe (Lamboni *et al.*, 2009).

## 4- Formation de moisissures en milieu mal ventilé

Les insectes, les moisissures et même les grains eux-mêmes dégagent de l'eau de respiration provenant du substrat d'hydrates de carbone. En cas de mauvaise circulation de l'air dans un environnement humide, les moisissures se multiplient rapidement et s'accumulent, entraînant ainsi des dommages graves (Aidani en 2015).

## 5-Perte de valeur nutritive

Si les ravageurs consomment le germe, cela entraîne une réduction de la teneur en protéines du grain. En Algérie, ces dernières années, des pertes dépassant 35% ont été enregistrées selon l'Office Algérien Interprofessionnel des Céréales (O.A.I.C.) (Aoues *et al.*, 2017).

### III- Les Catégories d'insectes ravageurs

#### 1-Les Coléoptères

Les Coléoptères représentent l'ordre d'insectes le plus diversifié en espèces, avec environ 350 000 espèces répertoriées à ce jour. Parmi eux, on trouve la plus grande diversité d'insectes affectant les produits stockés. Bien que les Coléoptères ravageurs des denrées entreposées ne soient pas nombreux, leur impact économique mondial est significatif. Ces quelques espèces sont responsables de la majorité des pertes dans les silos (**Delobel et Tran, 1993**).

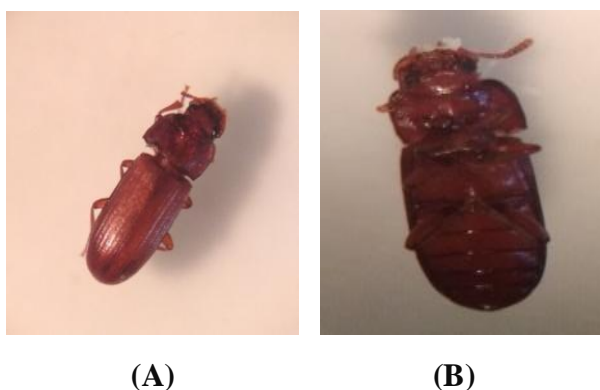
□ Parmi ces insectes Ravageurs de l'Ordre des Coléoptères on distingue :

#### 1-1- Tribolium Brun de la Farine (*Tribolium confusum*)

##### 1-1-1- Description

Le tribolium, un ravageur secondaire, a une propension à se déplacer rapidement et à se dissimuler dans les coins sombres (**Derbazi, 2020**).

Il prospère partout où les céréales sont stockées, que ce soit sous forme de grains ou de farine, et est particulièrement répandu dans les régions tropicales. Dans les climats plus froids, on le trouve principalement dans les entrepôts où la température est élevée, comme indiqué par **Christine (2001)**. Il est couramment repéré dans les environs des silos, des entrepôts, des boulangeries et des usines où les denrées alimentaires, notamment la farine, sont entreposées. (**Benlameur, 2016**). (Fig 6)



**Figure 6** : Adulte de *Tribolium confusum*  
(A : face dorsale ; B : face ventrale), (**Hadjou et Lazri, 2023**).

### 1-1-2- Position Systématique

Le *Tribolium* brun de farine classé par **Gretia (2009)** comme suit:

- Règne : *Animalia*
- Embranchement : Arthropoda
- Sous-embranchement : Hexapoda
- Classe: Insecta
- Ordre : Coleoptera
- Famille : Tenebrionidae
- Genre : *Tribolium*
- Espèce : *Tribolium confusum*

### 1-1-3- Biologie

Environ deux jours après l'émergence des imagos, le premier accouplement se produit, durant trois à quinze minutes. Les œufs sont déposés en vrac sur les marchandises, ce qui les rend difficiles à repérer. Au cours de sa vie, la femelle pond entre 500 et 1000 œufs, Les larves traversent entre 5 et 12 stades de développement, ce nombre variant en fonction des conditions de température et d'humidité (**Steffan in Scotti, 1978**). Les imagos ont une durée de vie prolongée et continuent de pondre des œufs sur une longue période, selon **Salim et al (2019)**. Le cycle de vie complet du *T. confusum* dure de 7 à 12 semaines. L'optimum thermique de cette espèce se situe entre 32 et 35 °C, et son développement cesse en dessous de 22 °C. De plus, cette espèce montre une résistance aux basses humidités, comme indiqué par **Benlameur en 2016**. En l'absence de nourriture, le *T.confusum* pratique le cannibalisme en se nourrissant des œufs et des larves de ses congénères (**Moussi, 2017**).

### 1-1-4- Différents stades de Développement

#### 1-1-4-1- L'œuf

Dans les meilleures farines, ces petits organismes sont à peine perceptibles à l'œil nu en raison de leur taille minuscule. Leur longueur ne dépasse guère les 0,36 cm, et ils adoptent une forme ovale. Lorsqu'ils pondent, ils sont enveloppés de liquide, ce qui les fait adhérer aux particules de farine. Les femelles peuvent vivre près d'un an et pondre un à deux œufs par jour pendant cette période (**Shepard, 1994**).

### **1-1-4-2- La larve**

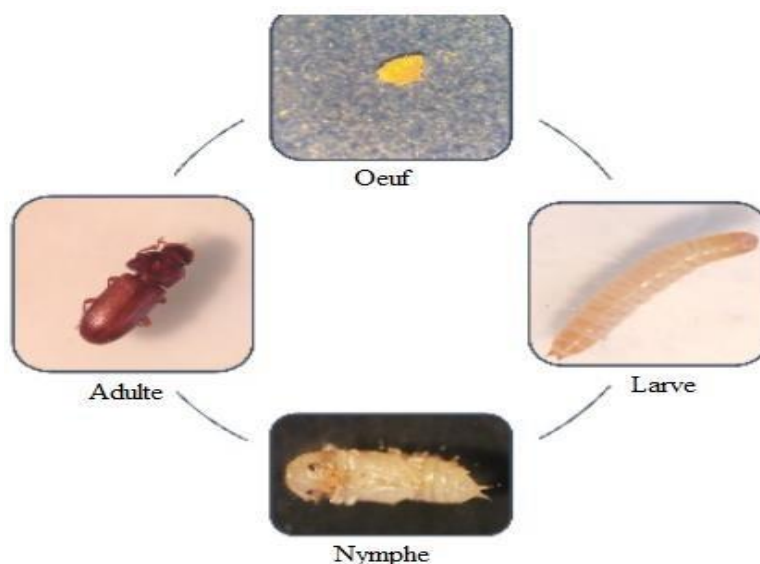
La jeune larve commence par être blanche, puis prend progressivement une teinte jaune, à l'exception de ses pièces buccales et de sa tête qui restent plus foncées. Elle a une forme allongée cylindrique et presque lisse, avec une paire de prolongements abdominaux dirigés vers le haut, appelés urogomphes, et son corps est couvert de nombreuses soies. Au fil de leur développement, les larves perdent progressivement en mobilité à travers 7 à 98 mues successives. La larve au stade final est cylindrique, de couleur jaune pâle, mesurant environ 7 mm de long pour 0,8 mm de large. Ensuite, ces larves matures remontent à la surface avant de se transformer en nymphes, restant ainsi sans protection et incapables de se déplacer (Fleurat-Lessard, 1982 in Tinkichet, 2023).

### **1-1-4-3- La nymphe**

Est de couleur blanche et dépourvue de poils, avec les segments de son abdomen étendus latéralement en lames rectangulaires aux bords dentelés. Elle demeure sans protection et immobile (Balachowsky, 1936).

### **1-1-4-4- L'adulte**

Appelé aussi imago, présente une coloration initiale blanc jaunâtre qui évolue en brun rougeâtre environ 2 à 3 jours après son émergence, suite à la sclérotisation et à la pigmentation de son tégument. Il atteint une taille d'environ 3 à 4 mm. Ses élytres sont allongés, parallèles et arrondis à l'extrémité postérieure, avec des lignes régulières de ponctuation séparées par de très fines stries. Les pattes sont incurvées, tandis que les tarse postérieurs se composent de quatre articles. (Lepesme, 1944). La figure 7, résume le cycle de développement de *T.confusum*.



**Figure 7** : Cycle de développement chez *Tribolium confusum* (Hadjou et Lazri, 2023).

### 1-1-5- Dégâts Causés par *T.confusum*

D'après Delobel et Tran (1993), *Tribolium confusum* est un insecte nuisible majeur des denrées stockées, affectant principalement les graines, les noyaux et autres produits déjà endommagés par d'autres ravageurs ou lors de la récolte et du stockage. Les adultes de *Tribolium* brun ciblent spécifiquement les grains endommagés ou brisés, se retrouvant principalement dans la farine, la poussière et les impuretés (Fig 8). Leur présence est souvent caractérisée par une odeur persistante et désagréable qui peut altérer les propriétés des produits alimentaires contaminés. Cette substance émise peut également causer des irritations et des désordres gastriques chez l'homme (Roger, 2002). Les infestations s'intensifient en contaminant les produits avec des matières fécales, des débris corporels, des sous-produits métaboliques et des résidus de pupes (Lord et al., 2007). L'infestation insecticide a entraîné diverses pertes, telles que la diminution du poids, la dégradation de la qualité, la réduction de la valeur commerciale, la perte nutritionnelle, la diminution de la capacité de stockage et la baisse du pouvoir germinatif, parmi d'autres conséquences (Banga et al., 2018).

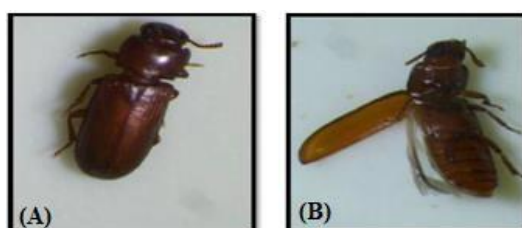


**Figure 8:** Dégâts causés par *Tribolium confusum* sur les céréales déjà infestées (Hamidouche, 2021).

## 1-2- Tribolium Rouge de la Farine (*Tribolium castaneum*)

### 1-2-1- Description

Le Tribolium rouge de la farine est un membre de la famille “Tenebrionidae” le plus étendue du règne animal, avec plus de 15 000 espèces répertoriées. Leur présence est observée à travers le monde, mais leur diversité semble être particulièrement élevée dans les régions désertiques et subdésertiques. Le *Tribolium castaneum* est un insecte Polyphage et nécrophage et prédateur. Sa croissance est optimale lorsqu’il se nourrit de farines de céréales. Il ne s’attaque généralement pas aux grains intacts, mais même de petites lésions microscopiques peuvent permettre aux larves d’y pénétrer. (Fig 9). En général, seul le germe est consommé, tandis que les adultes et les larves peuvent également se livrer au cannibalisme envers les œufs et les nymphes **Delobel et Tran (1993)**. En général, les adultes et les larves de *T. castaneum* ne s’installent dans les grains qu’après que les ravageurs principaux les ont déjà attaqués, leur offrant ainsi une opportunité, ou lorsque les grains sont endommagés, **Camara (2009)**.



**Figure 9 :** L’adulte de *Tribolium castaneum* (A : face dorsale, B : face ventrale), (**Kechaoui et Mekdoud, 2022**).

### 1-2-2- Position Systématique

D'après **Chenni (2016)**, la classification de *Tribolium* rouge de la farine est comme suit :

- Règne : Animalia
- Embranchement : Arthropoda
- Sous Embranchement : Antennata
- Classe : Insecta
- Sous Classe : Ptérygota
- Ordre : Coléoptera
- Sous ordre : Polyphaga
- Famille : Tenebrionidae
- Genre : *Tribolium*
- Espèce : *Tribolium castaneum* (**Herbst, 1797**).

### 1-2-3- Biologie

En conditions optimales de température et d'humidité (31°C et 15%), le développement de l'œuf à l'adulte se termine en 28 jours. Cependant, des conditions d'humidité plus basses (8%) ralentissent ce processus (**Dave et al., 2001**). La femelle commence à pondre environ trois jours après l'accouplement, déposant chaque jour environ dix œufs. À une température de 30°C, les œufs éclosent au bout de cinq jours, étant souvent difficiles à repérer car ils sont déposés en vrac sur les graines. Les larves se déplacent librement dans les aliments contaminés et se nymphosent sans former de cocon. À 30°C, la période larvaire dure environ trois semaines, et six jours après sa formation, l'adulte émerge de la nymphe (**Kassimi, 2014 in Ben amri et Mallaoui, 2022**). En fonction de la température, la période de développement de l'œuf à l'âge adulte sur du millet varie, allant de 37 jours à 25°C, à 26 jours à 28°C, à 23 jours à 35°C, et à 21 jours à 38°C, avec une humidité relative de 70%. Sous certaine condition alimentaire, cette période peut s'étendre jusqu'à 120 jours à des températures comprises entre 35°C et 38°C. De plus, la longévité moyenne varie selon la température, allant de 250 jours à 25°C, à 200 jours à 30°C, et jusqu'à plus d'un an lorsqu'élevé sur de la farine, avec un maximum observé de 4 ans, Chaque femelle a une fécondité moyenne d'environ 500 œufs, selon **Delobel et Tran (1993)**.

## 1-2-4- Différents Stades de Développement

### 1-2-4-1- L'œuf

En moyenne, l'œuf a des dimensions de 0,6 sur 0,3 millimètres. Sa forme est oblongue et sa couleur est blanchâtre, presque transparente, avec une surface lisse recouverte d'une substance visqueuse pour adhérer au substratum. De plus, il est enveloppé dans une fine couche de farine (Lepesme, 1994 in Chebini et Amichi, 2021).

### 1-2-4-2- La larve

À maturité, la larve mesure environ huit fois sa largeur et arbore une teinte jaune très claire, agrémentée de quelques courtes soies jaunes sur les côtés. Son dernier segment abdominal est pourvu d'une paire d'urogomphes recourbés vers le haut, disposés perpendiculairement au plan du corps (Delobel et Tran, 1993). Les larves sont actives et se nourrissent jusqu'au dernier stade, où elles deviennent immobiles et cessent de se nourrir, se métamorphosant alors en nymphes immobiles. Ce changement s'étend sur une période de 3 à 9 semaines selon Gueye *et al.*, (2015).

### 1-2-4-3- la nymphe

La nymphe présente une forme cylindrique et une coloration blanchâtre qui vire vers le jaune. À l'extrémité de son abdomen, on observe la présence de deux épines selon Christine (2001).

### 1-2-4-4- L'adulte

D'après Delobel et Tran (1993) L'adulte de *T. castaneum* a une taille comprise entre 3 et 4 mm, avec une couleur uniformément brun rougeâtre. Son corps est étroit, allongé et plutôt plat, avec des bords parallèles, La tête et la partie supérieure du thorax présentent de minuscules ponctions. Les élytres de *T. castaneum* sont striés sur toute leur longueur, et le dernier segment des antennes se termine par une massue lâche, tri-segmentée et légèrement renflée, tandis que les yeux sont de couleur rouge.

Le prothorax de Tribolium rouge de la farine a généralement des bords tranchants, et à l'extrémité de l'abdomen se trouvent deux épines selon Bouchard (2016) in Ben amri et Mallaoui (2022). (Fig 10).

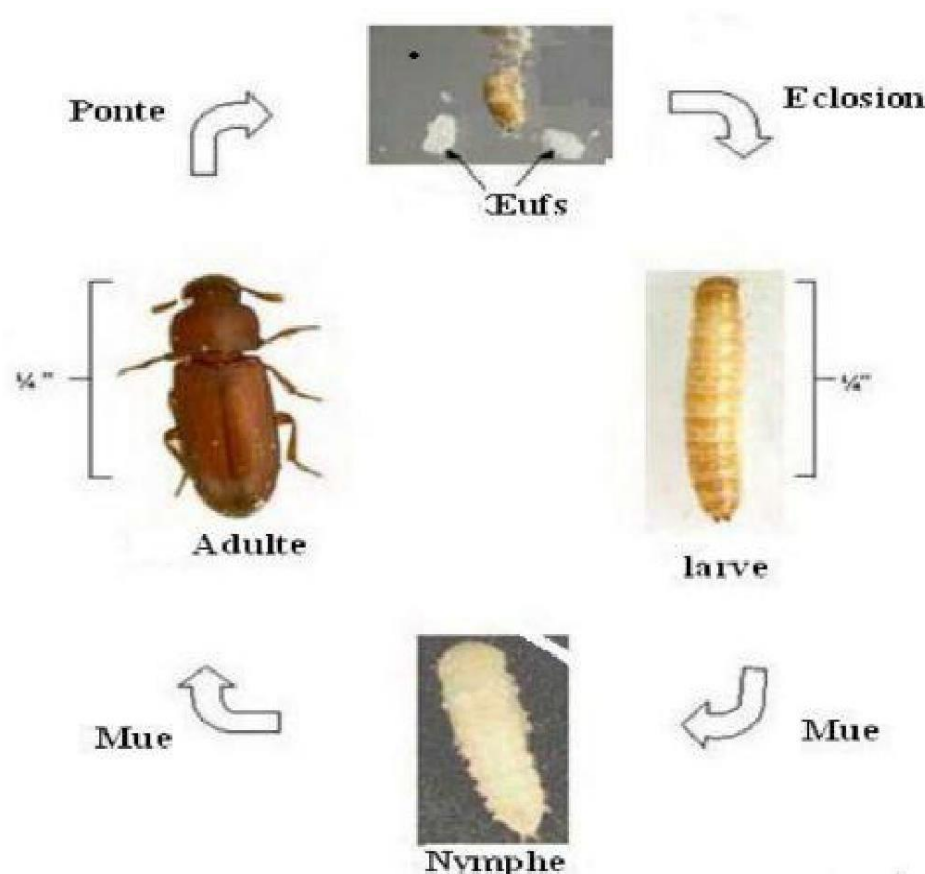


Figure 10 : Cycle biologique de *Tribolium castaneum* (Kechaoui et Mekdoud, 2022).

### 1-2-5- Dégâts Causés par *T. Castaneum*

Le *T. castaneum* est couramment trouvé dans les cultures telles que le riz, le blé, le son, la farine de riz et de blé, le maïs, l'orge, le sorgho, le millet, le manioc, le tapioca, ainsi que dans les fruits secs, entre autres. Cependant, les légumineuses sous forme de farine, comme l'arachide, le coprah, les graines de coton, le ricin, les cabosses de cacao, le chocolat, la noix de muscade, le poivre et le gingembre, ne sont pas favorables à son développement. Les farines infestées par le *T. castaneum* subissent une forte dépréciation, principalement en raison de l'odeur émise par les sciures, les déjections et les exuvies (acides uriques) (Delobel et Tran, 1993) De plus, l'activité des insectes dans les céréales peut générer de la chaleur et de l'humidité, favorisant ainsi la croissance des microorganismes responsables de la détérioration et de la production de mycotoxines (Nexi, et al., 2011). Cette activité offre également un environnement propice à la nutrition d'un grand nombre d'acariens saprophytes, notamment le Triglyphe de la farine *Acarus siro* L., qui se développe aux dépens du germe des grains humides, compromettant ainsi leur capacité de germination (Jerraya, 2023). (voir la Fig 11).



**Figure 11** : Semoule infestée par *Tribolium castaneum* (Chebini et Amichi, 2021).

### **1-3- Le Petit Perceur des Grains (*Rhyzopertha dominica*)**

#### **1-3-1- Description**

*R. dominica*, également connu sous le nom de petit perceur des grains, est un ravageur primaire de la famille des Bostrychidae. Reconnaisable à son pronotum prolongé en avant par deux dents, il présente une forme caractéristique en cycle (DAJOZ, 2002). Parmi les plus petits coléoptères nuisibles aux grains stockés tels que le blé, le maïs et le riz (LEPESME, 1944). (Fig 12). *R.dominica* représente une menace majeure pour les produits stockés. Les adultes causent des dommages en s'attaquant au germe et à l'albumen des grains, les transformant en farine. Les larves, en forme de croissant, se développent à l'intérieur des graines. Cet insecte est connu pour sa résistance à la chaleur (Balachowsky, 1962).



**Figure 12** : Adulte de *Rhyzopertha dominica* F (Khellaf et Kermiche, 2020).

### 1-3-2-Position Systématique

En 1792, Fabricius a publié la description de *Rhyzopertha dominica*. Sa classification est détaillée comme suit (Potter, 1935) :

- Règne : Animalia
- Embranchement : Arthropoda
- Sous-embranchement : Hexapoda
- Classe : Insecta
- Ordre : Coleoptera
- Famille : Bostrychidae
- Genre : *Rhyzopertha*
- Espèce : *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792).

### 1-3-3- Cycle Biologique

À des températures idéales entre 28°C et 32°C et avec un taux d'humidité du grain de 70% (Astuti et al., 2013), la femelle de *R. dominica* peut déposer de 300 à 400 œufs au cours de sa vie. Les œufs sont pondus individuellement ou en groupes compacts à l'intérieur des grains infectés ou à leur surface, parfois parmi les débris environnants (Koehler et Pereira, 1994). Dès l'éclosion, les larves pénètrent dans le noyau du grain pour se nourrir du germe et de l'endosperme, restant à l'intérieur jusqu'à leur maturité (Neethirajan et al., 2007; Chanbang et al., 2007). Elles traversent 3 à 5 stades larvaires avant de nymphoser à l'intérieur du grain. Sous une température de 26°C et une humidité relative de 65%, l'incubation des œufs dure en moyenne 15 jours (Potter, 1935).

### 1-3-4- Différents Stades de Développement

#### 1-3-4-1- L'œuf

Avant l'éclosion, l'œuf présente une couleur blanche au moment de la ponte, qui évolue vers une teinte rose pâle ou brunâtre. De forme allongée et légèrement en forme de poire, il mesure 0,6 mm de longueur et 0,2 mm de diamètre (Potter, 1935).

#### 1-3-4-2- La Larve

D'après (Potter, 1935), il y a quatre stades larvaires. La larve a une forme scarabée, les deux premiers stades n'ont pas de courbure, tandis que le troisième et le quatrième stade présentent une courbure de la tête et du thorax vers l'abdomen. À l'éclosion, la larve arbore une teinte

jaune qui évolue vers une couleur blanchâtre à maturité, avec une tête brunâtre. Mesurant environ 3 mm de longueur, elle présente un corps fortement courbé et des mandibules sombres munies de trois dents distinctes. Les larves sont dotées de pattes bien développées, ce qui les rend très agiles. Leur forme est cylindrique avec de longues soies, devenant incurvées et duvetées à mesure de leur développement final (**Delobel et Tran, 1993**).

### **1-3-4-3- La nymphe**

La nymphe, mesurant environ 3,9 mm de long, présente une teinte allant du blanc au brunâtre et est recouverte de poils sur sa face dorsale.

Elle émerge après la dernière mue larvaire (**Balachowsky et Mesnil, 1936 ; Delobel et Tran, 1993**) et est enveloppée dans un cocon tissé par la larve. Pendant cette phase nymphale, l'insecte subit une métamorphose interne et externe complète qui le conduit à l'étape adulte (**Delobel et Tran, 1993**).

### **1-3-4-4- L'adulte**

L'adulte de *R. dominica* est un petit coléoptère mesurant entre 2,5 et 3 mm de longueur, d'une teinte jaune rougeâtre claire. Il présente une forme cylindrique avec des côtés parfaitement parallèles. (**Balachowsky, 1962**). Le prothorax recouvre entièrement la tête, d'où le surnom de "capucin des grains". Ce coléoptère est doté d'antennes en massue composées de 3 articles. Vu de dessus, le pronotum se termine par une rangée régulière de dents (12 à 14). Les élytres sont bien développés et ponctués longitudinalement. Les adultes ont la capacité de voler, ce qui favorise les infestations (**Benayad, 2008**). (Fig 13).

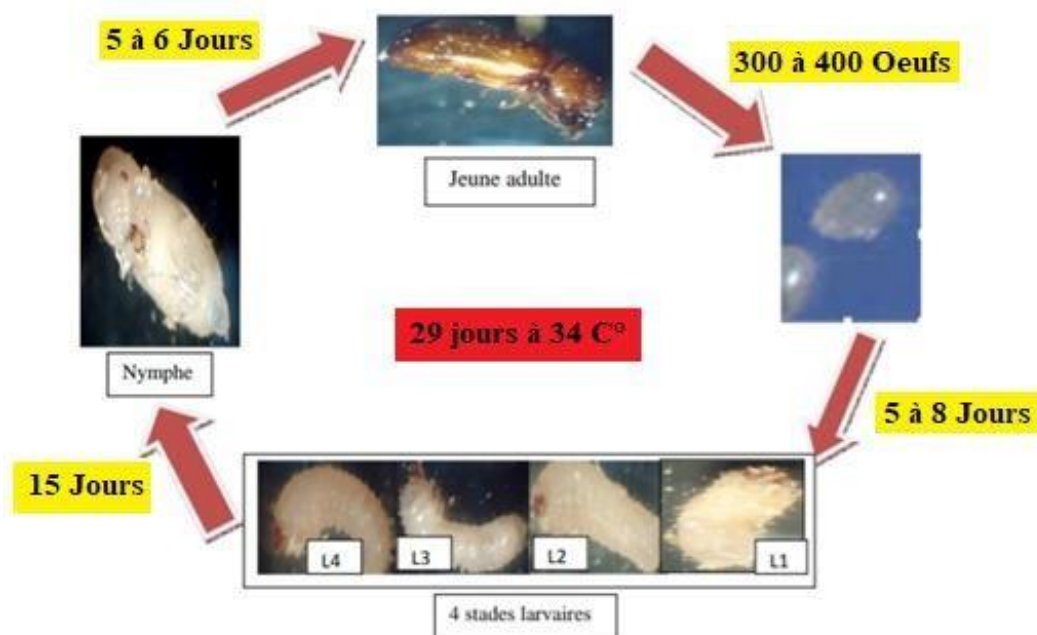


Figure 13 : Cycle de développement de *R. dominica* (Chaouadi et Smaili, 2017).

### 1-3-5- Dégâts Causés par *R. dominica*

Selon Multon (1982) et Scotti (1978), les larves et les adultes sont responsables des dommages infligés, attaquant divers produits stockés tels que les céréales, les graines et les fruits séchés, en particulier le blé, le riz et le maïs. Les adultes sont les principaux responsables des dommages, attaquant directement les grains avec leurs mandibules et les vidant complètement de leur contenu. Avant la ponte, les femelles se montrent particulièrement voraces, bien qu'elles ne consomment pas tout ce qu'elles rongent, laissant derrière elles une certaine quantité de farine intacte mélangée à leurs excréments (Benayad, 2008). En plus de cela, ils endommagent les grains en creusant des galeries à travers eux, ce qui se traduit par une présence abondante de farine, de tunnels et de trous de forme irrégulière dans le produit, accompagnés d'une odeur désagréable. (Delobel et Tran, 1993). (Fig 14).



**Figure 14:** Dégâts causés par *R. dominica* sur les grains de blé dur (Ounas et Slimani, 2022).

#### **1-4-Le charançon du riz (*Sitophilus oryzae*)**

##### **1-4-1- Description**

*Sitophilus oryzae* appelé aussi le charançon du riz est largement répandu dans les régions tropicales et infeste une variété de graines de céréales telles que le riz, le maïs, le sorgho, le mil, le blé, l'orge, ainsi que des produits transformés tels que les farines, les pâtes alimentaires, les biscuits... etc (Mallamaire, 1965). Cet insecte est de petite taille (2,5 à 5 mm) ; son rostre est plus long que le pronotum, peu arqué et cylindrique. Le pronotum est plus long que large et aussi long que les élytres.

Il ressemble beaucoup à *Sitophilus granarius* L., mais se distingue par sa ponctuation arrondie, ses stries élytrales grossièrement ponctuées et par deux taches ocre sur chaque élytre (Vilardebo, 1946). (Fig 15).



Figure 15 : Adulte de *Sitophilus oryzae* (Camara, 2009).

### 1-4-2- Position Systématique

Nom commun : Charançon du riz ou calandre du riz.

D'après les données de **Lepesme (1944)**, *Sitophilus oryzae* L., 1753 , est classé comme suit :

- **Règne** :Animalia
- **Embranchement** : Arthropoda.
- **Sous embranchement** : Hexapoda
- **Classe** : Insecta
- **Ordre** :Coleoptera
- **Sous ordre** : Heterogastra
- **Famille** : Curculionidae
- **Sous famille** : Rhynchophorinae
- **Genre** : *Sitophilus*
- **Espèce** : *sitophilus oryzae* L., 1753

### 1-4-3- Biologie et Cycle de Développement

La ponte quotidienne est d'environ 10 à 12 œufs dans du blé tendre et de 2 à 3 œufs dans du blé dur. Cependant, cette ponte cesse lorsque la température descend en dessous de 14 à 15 °C, comme indiqué par **Kellouche (1987)**.

Les femelles de *S. oryzae* évitent de pondre leurs oeufs dans des grains déjà occupés. Elles pratiquent un petit trou dans le grain où elles déposent un oeuf, puis referment le trou avec du mucus produit par leur oviducte. (**Paulian, 1988**).

La période d'incubation varie en fonction de la température : elle est de 6 jours à 28°C, de 10 jours à 20 °C et de 15 jours à 16 °C, comme rapporté par **Kellouche (1987)**. La durée complète du cycle de développement, de l'œuf à l'adulte, varie selon les saisons : environ 1 mois en été et de 3 à 4 mois en hiver, selon les observations de **Lepesme (1944)**. Selon **Balachowsky (1963)**, qui compile les données de plusieurs auteurs, la période de développement augmente lorsque la température baisse, tout en maintenant une humidité relative constante de 70%. Le mâle se différencie de la femelle par son rostre, qui est plus épais, plus court et plus profondément ponctué. De plus, les derniers sternites abdominaux sont plus courbés vers le bas chez le mâle que chez la femelle, selon les observations de **Lepesme en 1944**.

#### **1-4-4- Stades de Développement**

##### **1-4-4-1- L'œuf**

Présente une forme ovale ou piriforme, avec une couleur blanc opaque et brillant. Ses dimensions sont comprises entre 0,6 et 0,7 mm de longueur et entre 0,2 et 0,3 mm de largeur (**Appert et Deuse, 1985**).

##### **1-4-4-2- La larve**

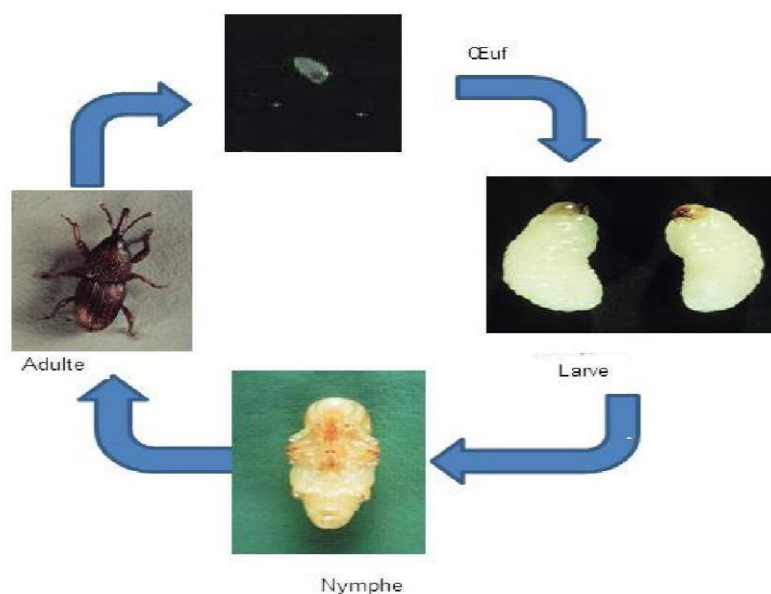
Se distingue par sa couleur blanche, sa forme globuleuse et sa posture ramassée. À la fin de son développement, elle atteint une longueur de 2,5 à 3 mm (**Appert et Deuse, 1985**).

##### **1-4-4-3- La nymphe**

La nymphe présente une forme cylindrique et mesure entre 3,75 et 4 mm de longueur. Sa couleur évolue du blanc au brun au fur et à mesure de son développement, subissant la mélanisation et la sclérotinisation de la cuticule, comme décrit par **Lepesme en 1944 in Chaouadi et Smaili en 2017**.

##### **1-4-4-4- L'adulte**

L'adulte de *Sitophilus oryzae*, mesure environ 2 à 3 mm de longueur et est de couleur brun rougeâtre à noirâtre. Son corps est légèrement allongé et courbé, avec une tête prolongée en une sorte de rostre qui lui donne une apparence caractéristique. Les élytres présentent des lignes de points disposées en rangées. Ils ont des antennes coudées en forme de massue Selon **Lazzari et al., (2008)**. (Fig 16).

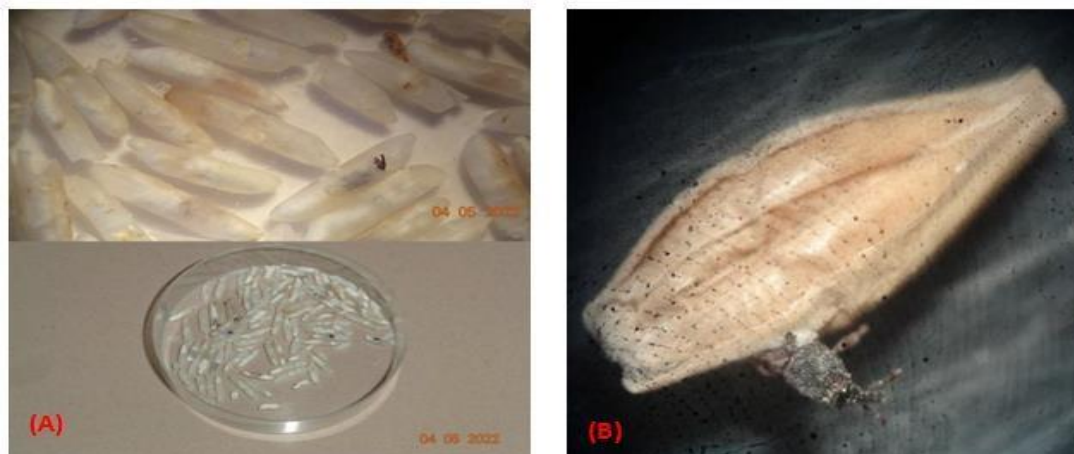


**Figure 16:** Cycle évolutif du *Sitophilus oryzae* (Aoues, 2018).

#### 1-4-5- Dégâts Causés par *S.oryzae*

La calandre de riz infeste diverses céréales telles que le blé, le seigle, l'orge, l'avoine, le maïs, le riz, et autres. Contrairement à *R. dominica*, les adultes de la calandre de riz provoquent moins de dommages, les larves étant principalement responsables des dégâts ( **Kellouche, 1987**). (Fig 17).

Le charançon de riz constitue l'un des principaux ravageurs des céréales stockées, entraînant une réduction du poids des grains et une altération de leur qualité en favorisant la croissance des champignons (**Kranz et al., 1977**). De plus, il facilite la prolifération des ravageurs secondaires (**De Groot, 2004**). D'après (**Kellouche, 1987**) dans les régions subtropicales telles que l'Inde, l'Australie, l'Égypte et le sud des États-Unis, ce ravageur peut même attaquer les cultures vivantes.



**Figures 17 :** (A) : Grains vidés par *S.oryzae* sur des grains de riz, (B) : Charançon adulte émergeant d'un grain d'orge complètement vidé (Chabi et Kheffache, 2022).

## 1-5-Le charançon du blé (*Sitophilus Granarius*)

### 1-5-1- Description

Les charançons (*Sitophilus granarius* L) granivores des céréales, membres de la famille des Curculionidés, sont les occupants les plus courants des réserves de céréales à travers le globe (Cruz et al., 2016) . Leur caractéristique distinctive est un rostre rigide portant des antennes à sa base (Fig 18).Ces insectes nuisibles s'attaquent à la plupart des cultures céréalières, incluant le blé, l'orge, l'avoine et le seigle (Navarro et Noyes, 2001). Le genre *Sitophilus* comprend deux espèces, *Sitophilus granarius* et *S. oryzae*, qui ont acquis une répartition mondiale avec l'essor du commerce des grains (Lavoisier, 2010 in Abdelli, 2018).



**Figure 18 :** Adulte de *Sitophilus granarius* (A : Face dorsale ; B : Face ventrale) (Kechaoui et Mekdoud, 2022).

### 1-5-2- Position Systématique

*S. granarius* a été initialement décrit par **Linné en 1758** sous le nom de *Curculio granarius*, puis Schoenherr lui a attribué le terme *Sitophilus granarius* en 1838 (**Plarre, 2010**). Selon **Longstaff (1981)**, sa classification taxonomique est la suivante:

- **Règne** : Animalia
- **Embranchement** : Arthropoda
- **Sous-embranchement** : Hexapoda
- **Classe** : Insecta
- **Sous-classe** : Pterygota
- **Ordre** : Coleoptera
- **Sous-ordre** : Polyphaga
- **Famille** : Curculionidae
- **Sous-famille** : Dryophthorinae
- **Genre** : *Sitophilus*
- **Espèce** : *Sitophilus granarius* (**Linne, 1758**).

### 1-5-3- Biologie

*S. granarius* est un charançon principalement nocturne, montrant une activité accrue pendant la nuit par rapport au jour. Il peut subsister dans l'obscurité totale et se déplace assez rapidement (**Steffan in Scotti, 1978**). La femelle de *S. granarius* pond ses oeufs à l'intérieur des grains, en creusant un trou avec son rostre, ensuite scellé avec du mucilage (**Danho et Haubruge, 2003**). Les larves éclosent et se développent à l'intérieur du grain, le vidant complètement, avant de se nymphoser et de devenir des adultes parfaitement formés. Une femelle peut déposer jusqu'à 250 œufs (**Bailey, 2007**). Un environnement avec une température de 30 °C et une humidité relative de 70 % est nécessaire pour leur développement (**Mason et McDonough, 2012**). Les adultes vivent environ sept à huit mois dans les silos de stockage, se déplaçant autour des grains tout au long de la journée (**Hagstrum et al., 2012**).

### 1-5-4- Différents Stades de Développement

#### 1-5-4-1- L'œuf

L'œuf des calandres, au chorion très finement chagriné, est blanc, brillant, et légèrement pyriforme. Il mesure de 0,5 à 0,8mm de longueur, sa largeur variant entre 0,2 et 0,3mm (**Balachowsky et al., 1963**).

### **1-5-4-2- La larve**

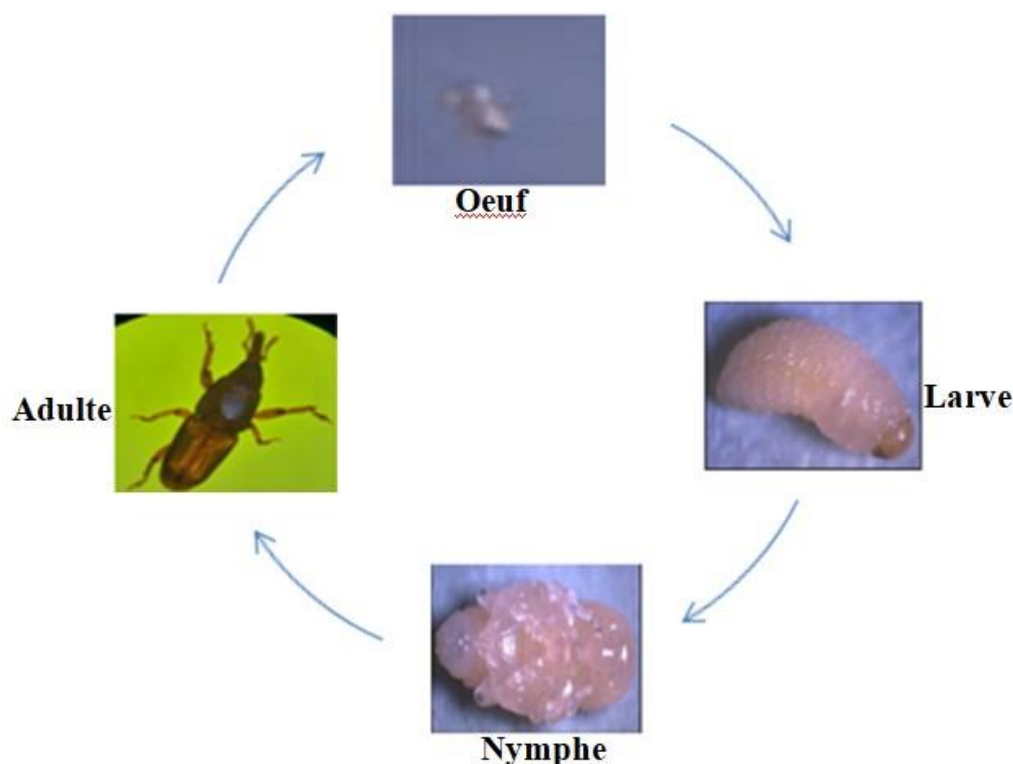
La larve, sans pattes, présente une teinte blanchâtre et une forme similaire à une tranche d'orange (**Cruz et al., 2016**). Elle mesure entre 2 et 3 mm de long, avec une surface dorsale très bombée et une surface ventrale plate. Sa tête est brunâtre et hémisphérique, dotée de mandibules plus foncées munies d'une dent subapicale interne très distincte, précédée d'une autre dent plus petite (**Balachowsky et Mensil, 1936**).

### **1-5-4-3- La nymphe**

La nymphe se forme lorsque la larve se métamorphose en une structure cylindrique, avec trois tergites thoraciques clairement séparés des segments abdominaux. Au fur et à mesure qu'elle vieillit, la nymphe devient brunâtre, prenant progressivement l'apparence de l'adulte, avec une taille similaire à celle de ce dernier (**Balachowsky et al., 1963**).

### **1-5-4-4- L'adulte**

Son corps mesure entre 3 et 4 mm de long. La tête est prolongée par un rostre portant des mandibules broyeuses, utilisées par l'insecte pour percer les grains afin de se nourrir ou, pour la femelle, pour y déposer ses oeufs (**Cruz et al., 2016**). Ses élytres présentent des stries et de gros points, la deuxième paire d'ailes est absente, tandis que le thorax comporte des perforations ovales (**Rees, 2007**). (Fig 19).



**Figure 19** : Cycle de développement de *S. granarius* (Kechaoui et Mekdoud, 2022).

### 1-5-5- Dégâts Causés par *S. granarius*

D'après Balachowsky et al (1963), Les *Sitophilus* sont les insectes les plus dommageables pour les grains stockés, non seulement à cause de leurs propres dégâts, mais aussi parce qu'ils attirent d'autres organismes nuisibles qui aggravent la situation. Malgré les méthodes de lutte actuelles, ils continuent de causer d'importants dégâts même dans les régions les mieux équipées. Le développement d'un charançon dans un grain peut réduire sa masse de 35 à 40%, principalement à cause des larves en croissance (Cruz et al., 2016).

En présence d'insectes et dans des conditions de stockage défavorables, la première qualité à se détériorer est la capacité germinative (Fig 20), ce qui est particulièrement préoccupant pour les céréales destinées à la brasserie, comme l'orge, ainsi que pour la conservation des semences.(Fleurat-Leussard, 2015).



**Figure 20** : Dégâts causés par *S. granarius* sur la farine (Kechaoui et Mekdoud, 2022).

## 1-6- La Bruche du Niébé (*Callosobruchus maculatus*)

### 1-6-1- Description

C'est en 1775 que **Fabricius** a donné la première description de la bruche du niébé, la nommant *Bruchus maculatus* (**Jaloux, 2004**). C'est un insecte de petite taille, mesurant entre 2,8 et 3,5 mm, avec un corps oblongue allant du brun rougeâtre au gris. Les femelles sont généralement plus grandes que les mâles. À l'état adulte, *C. maculatus* présente un dimorphisme sexuel, avec deux formes distinctes basées sur la coloration, les motifs des élytres et du pygidium, ainsi que sur la capacité de vol et la fécondation : la forme volière ou active et la forme non volière ou normale (**Caswell, 1961**). La forme volière ou active a une faible fécondité, produisant environ 10 à 15 œufs par femelle (**Glitho et al., 1990; Delobel et Tran, 1993**). (Fig 21).

Ces individus sont capables de voler et sont responsables des infestations dans les cultures. Ils sont généralement plus grands en taille et souvent dépourvus de coloration rousse. Les principaux facteurs influençant l'apparition de cette forme sont la température, la qualité du substrat alimentaire et l'humidité des graines (**Ouedraogo, 1996**).



**Figure 21** : Adulte de *Callosobruchus maculatus* (A : femelle, B : mâle) (Ben belkacem, 2021).

### 1-6-2- Position Systématique

La position systématique actuelle de *C. maculatus* a été définie par Bridwell en 1929, puis précisée par Southgate en 1979 in (Taleb, 2015) *C. maculatus* est classé comme suit :

**Règne** : Animalia

**Embranchement** : Arthropoda

**Classe** : Insecta

**Ordre** : Coleoptera

**Sous-ordre** : Heteroptera

**Super-famille** : Phytophagoidea

**Famille** : Chrysomelidae (Bruchinae)

**Sous-famille** : Bruchinae

**Genre** : *Callosobruchus*

**Espèce** : *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775)

### 1-6-3- Cycle Biologique

D'après Delobel et Tran (1993), les conditions optimales de développement se situent à 30 °C et 70 % d'humidité relative. Toute fois, selon l'étude de Khalfi-Habbes (1983) in Khalfi-Habbes (2007), il a été constaté que cette espèce atteint son développement optimal à une température de 28°C et une humidité de 75,85%. En contraste, la fertilité maximale est observée à une température de 30°C et une humidité de 90%. Les femelles déposent entre 75 et 100 œufs sur une période de 15 jours à un mois, avec une moyenne de 3 à 12 œufs par jour (Balachowsky, 1962). Selon Kellouche (2005) in Aoudjit et Sahouane (2015).

Le cycle de développement (de l'œuf à l'adulte) dure en moyenne  $28 \pm 3$  jours dans les graines de pois chiche.

L'incubation des œufs dure environ 1 semaine, le développement larvaire 15 jours et la nymphose 6 jours. (Voir figure 22).

## **1-6-4- Stades de Développement**

### **1-6-4-1- L'œuf**

L'œuf, mesurant entre 0,4 et 0,7 mm de long sur 0,3 à 0,4 mm de large (**Balachowsky, 1962**) et (**Ouedraogo, 1991**) présente une forme ovoïde et une couleur blanchâtre. Il est solidement attaché au testa de la graine par une substance nommée spumaline. À sa partie postérieure, on trouve un court tube respiratoire (**Seck, 1991**).

Un œuf mal déposé ou faiblement adhérent au substrat peut avorter (**Balachowsky, 1962**).

### **1-6-4-2- La larve**

Elle traverse quatre stades avant d'atteindre la nymphose. À l'exception du premier stade, qui se déroule à la surface de la graine sous le chorion de l'œuf, tous les autres stades ont lieu à l'intérieur de la graine. L'éclosion survient environ six jours après la ponte. La larve néonate, également appelée larve primaire, présente des caractéristiques chrysoméliennes avec des pattes courtes et robustes, et elle pénètre directement dans la graine en creusant une galerie. Après la première mue, elle perd ses pattes et sa peau de larve pour devenir une larve secondaire apode. Par la suite, elle subit deux autres mues pour atteindre le stade de larve du troisième stade, mesurant environ 4 mm de long, puis du quatrième stade. La larve du quatrième stade adopte une forme en arc de cercle et présente des pattes vestigiales, ainsi qu'un seul ocelle de chaque côté de la tête (**Delobel et Tran, 1993**).

### **1-6-4-3- La nymphe**

Initialement, elle présente une couleur blanchâtre et conserve encore sur sa face ventrale l'exuvie de la larve du quatrième stade. La nymphose se déroule à l'intérieur de la graine, dans une cavité aménagée par la larve du quatrième stade, isolée de l'extérieur par la fine membrane tégumentaire de la graine. Progressivement, ses organes se sclérifient dans un ordre spécifique : d'abord les yeux, puis les pièces buccales et les antennes, suivis des pattes, des élytres, et enfin de l'ensemble du corps (**Ouedraogo, 1978**).

### 1-6-4-4- L'adulte

À la fin de la nymphose, l'adulte émerge de la graine pour entamer un nouveau cycle, ayant franchi la fenêtre de sortie préalablement préparée par la larve mature. Il mesure entre 2,8 et 3,5 mm de longueur et affiche généralement une coloration noire et rousse, avec des nuances intermédiaires entre ces deux teintes. Caractéristique des Bruchidae, *C. maculatus* présente un corps oblong entièrement couvert de poils blancs à jaunâtres (Ouedraogo, 1991). Ses antennes sont crénelées à partir du cinquième article, et les derniers articles sont parfois assombris. Les élytres sont noirs avec des zones rousses revêtues d'une pilosité blanche et dorée, formant souvent un motif en forme de X plus ou moins prononcé sur les deux élytres (Delobel et Tran, 1993). (Fig 22).

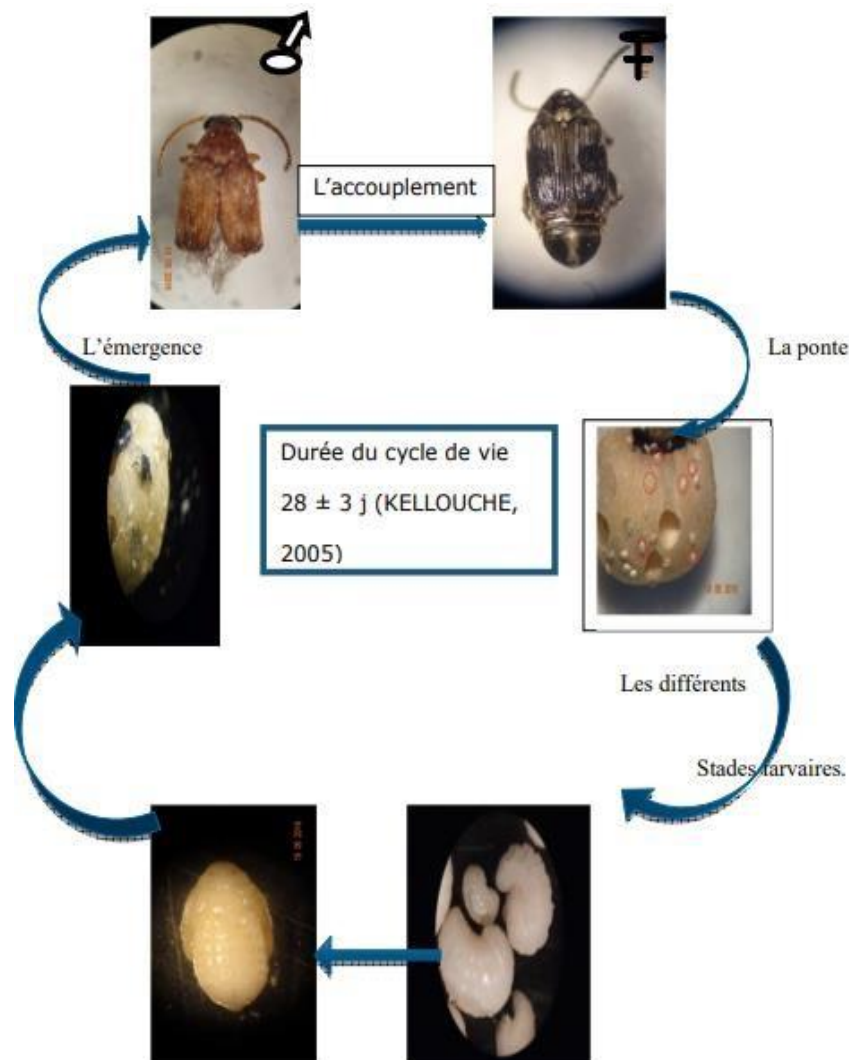


Figure 22 : Cycle biologie de *C. maculatus* (Fekart et Seddiki., 2016).

### 1-6-5- Dégâts Causés par *C. Maculatus*

Les dégâts les plus significatifs causés par ce ravageur sur le niébé et le pois-chiche ont été observés en Afrique et en Amérique (**Fleurat et Leussard, 1980**), engendrant des pertes tant en termes de quantité (poids) que de qualité. Le *C. maculatus* représente une menace persistante pour les légumineuses en raison de sa large palette alimentaire et de sa capacité à s'adapter à divers climats (**Utida, 1954**). Il infecte généralement les graines pendant la culture et, une fois stockées, peut proliférer indéfiniment (**Balachowsky, 1963**). Ces pertes quantitatives sont en moyenne estimées à 90% par (**Seck et al., 1991**) et à 800g/kg de graines par (**Oudraougo et al., 1996**) après quelques mois de stockage. Au Cameroun, une Conservation de neuf mois peut entraîner une perte totale de récolte due à la bruche (**Ntoukam et kitch, 1998**). (Fig 23).



**Figure 23** : Dégâts causés par *C. maculatus* (**Ben belkacem, 2021**).

## 1-7- La Bruche Chinoise (*Callosobruchus chinensis*)

### 1-7-1- Description

Selon **Balachowsky (1962)**, le *C. chinensis* c'est un insecte qui appartient à la famille des Bruchidées qui se caractérisent par leur forme courte, compacte et globuleuse, mesurant entre 1,3 et 5 mm. Elles ont une tête distincte et un menton pédonculé ; leurs antennes, non filiformes, sont insérées près des yeux, tandis que leurs élytres sont souvent couverts d'une fine pilosité, parfois partielle sur l'abdomen (**Hoffman, 1945**).

Les pattes postérieures sont toujours plus développées que les deux autres paires, avec des fémurs fréquemment élargis ou renflés. Dans la plupart des espèces de cette famille, les ailes restent fonctionnelles (**Labeyrie, 1962**). (Fig 24).



**Figure 24** : Adulte de *Callosobruchus chinensis* (A : Face dorsale, B : Face ventrale)  
(**Chabni et Belabbas, 2022**).

### 1-7-2- Position Systématique

D'après **Balachowsky (1962) in Acheraïou et Kaced (2019)**, la classification systématique de la bruche chinoise est la suivante :

- **Règne** : Animalia
- **Embranchement** : Arthropoda
- **Classe** : Insecta
- **Sous-classe** : Pterygota Neoptera
- **Ordre** : Coleoptera
- **Sous-ordre** : Polyphaga
- **Famille** : Bruchidae (Chrysomelidae)
- **Genre** : *Callosobruchus*
- **Espèce** : *Callosobruchus chinensis* (**Linnaeus, 1758**).

### 1-7-3- Cycle Biologique

D'après **Bonnemaison (1962) in Habbi et Lounnas (2021)**, le bruche chinois présente une biologie similaire à celle du bruche du haricot. Les adultes passent l'hiver à l'intérieur des graines de pois chiche et émergent à la fin d'avril ; pendant cette période, ils ne se nourrissent pas mais s'accouplent. La femelle choisit généralement la suture dorsale de la gousse, parfois la suture ventrale, pour pondre ses œufs. Elle ronge la gousse au point de contact des deux valves, creusant un trou étroit et profond, puis dépose les œufs en paquets de 2 à 20, parfois plus, sur les graines voisines ainsi que sur la paroi externe de la gousse. Les œufs adhèrent fermement au tégument de la graine par leur face plane, bien que leur nombre puisse être réduit en présence de graines déjà infestées et varie également en fonction des conditions climatiques, généralement entre 50 et 70 œufs. Après une incubation de 8 à 10 jours, l'œuf éclos et donne naissance à une larve L1 qui pénètre directement dans la graine hôte. Au cours de leur développement, les larves de *C. chinensis* muent trois fois, passant ainsi par quatre stades larvaires, qui peuvent être distingués en fonction de la taille des larves et de la capsule céphalique. (**Chavan et al., 1997; Parr et al., 1998**), La durée de développement larvaire varie, avec un minimum de 18 à 20 jours, qui peut être réduit à 18 jours dans un entrepôt chauffé (**Delobel et Tran, 1993**). **Fleurat Lessard (1982)** mentionne que cette espèce peut connaître de 5 à 6 générations, tandis que **Bonnemaison (1962)** a observé de 3 à 4 générations par an Les ennemis animaux des plantes cultivées et des forêts.

### 1-7-4- Stades de Développement

#### 1-7-4-1- L'œuf

Les œufs, largement ovales et sub symétriques, mesurent  $0,5 \times 0,3$  mm et sont de couleur blanche et translucide. Ils se fixent étroitement à la graine (ou à la gousse) le long de son axe longitudinal. Les œufs mal déposés (obliquement, verticalement) ou faiblement adhérents avortent (**Fleurat Lessard, 1982**). Selon ce dernier, le nombre d'œufs pondus par la femelle varie en fonction des conditions climatiques mais ne dépasse jamais 50 œufs.

### **1-7-4-2- La larve**

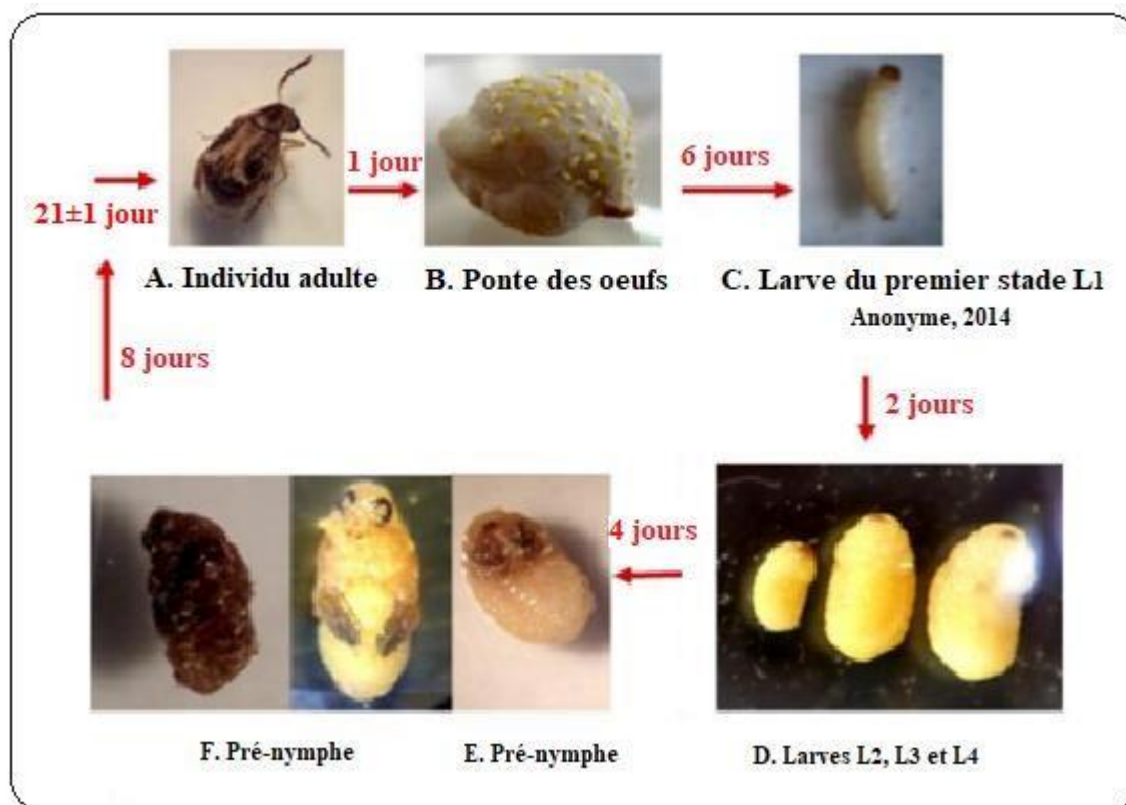
La larve, mesurant entre 0,38 et 0,47 mm de longueur et entre 0,18 et 0,20 mm de largeur, présente des pattes fines. Son corps mou, légèrement arqué et enroulé, est de couleur blanc ivoire, avec la tête et la pièce tergale pro-thoracique brunâtres (**Yvon de Luca, 1956**). Le développement larvaire se décompose en quatre stades ; la première larve L1 est immobile, tandis que les larves des stades L2, L3 et L4 sont mobiles et très similaires, bien que celles des deux derniers stades soient de taille plus importante (**Delobel et Tran, 1993**).

### **1-7-4-3- La nymphe**

La pupa, de couleur blanche à jaunâtre, présente clairement la tête, le thorax et l'abdomen, et mesure en moyenne 3,34 mm de longueur et 1,67 mm de largeur. Sa période nymphale s'étend sur une durée de 6 à 7 jours (**Kumar et al., 2009**).

### **1-7-4-4- L'adulte**

La bruche chinoise se distingue par sa petite taille par rapport aux autres membres de la famille des Bruchidés, mesurant entre 2,2 et 2,8 mm de longueur. Son corps est compact, avec deux callosités nacrées à la base du prothorax, ce dernier prenant une forme conique et se rétrécissant vers le tiers antérieur (**Fleurat Lessard, 1982 in Boughezraouene, 2022**). Le pygidium est allongé et assez pointu, recouvert d'une substance blanche et jaune. La face ventrale est noire avec de petites zones de poils blancs. Les fémurs postérieurs présentent une seule dent sur le bord infero-externe, une caractéristique du genre *Callosobruchus* (**Delobel et Tran, 1993**). Les mêmes auteurs ajoutent que l'adulte est capable de voler efficacement. (Fig 25).



**Figure 25** : Cycle biologique de la bruche chinoise *C. chinensis* (Acheraiou et Kaced, 2019).

### 1-7-5- Dégâts Causés par *C. Chinensis*

*C. chinensis* est l'un des insectes responsables de pertes importantes, tant quantitatives que qualitatives, dans les denrées stockées. Selon Caswell (1961) et Scotti (1988), les pertes de poids des graines peuvent dépasser 80% après six à sept mois de stockage. Sur le plan qualitatif, ces pertes se traduisent par une diminution du pouvoir germinatif des graines de légumineuses (El-Maziani et al., 2016). De plus, le développement de moisissures et l'infestation des graines nuisent à leur valeur nutritive et à leur qualité sensorielle, rendant les graines stockées impropres à la consommation (Mukendi et al., 2016).

L'impact de la consommation des graines entreposées par les bruches peut être aggravé par la présence d'acide urique et de fragments de chitine, rendant les lots contaminés impropres à la consommation (Venkatrao, 1960). (Fig 26).



**Figure 26 :** Graines de pois-chiche infestées par la *C.chinensis* (Chabni et Belabbas., 20022)

## 1-8- La Bruche du haricot (*Acanthoscelides obtectus*)

### 1-8-1- Description

Il s'agit d'une espèce cosmopolite qui se trouve principalement sur les plantes du genre *Phaseolus*. Décrite par "Say" sous le nom spécifique *A.obtectus*, cet insecte est de forme ovale, mesurant entre 3 et 5 mm de long et 2 à 3 mm de large. Son corps est généralement d'un brun foncé fuligineux, recouvert de soies brillantes principalement grises, qui sont inclinées vers l'arrière (Khelil, 1977 in Roudane, 2018). (Fig 27).



(A)

(B)

**Figure 27 :** Adulte d'*Acanthoscelides obtectus*  
(A : Face ventrale, B : Face dorsale) (Sadli, 2017)

### 1-8-2- Position Systématique

D'après **Balachowsky (1962)**, la position systématique du bruche du haricot est la suivante :

- **Règne** : Animal
- **Embranchement** : Arthropodes
- **Sous-embranchement** : Antennates
- **Classe** : Insectes
- **Sous-classe** : Ptérygotes
- **Ordre** : Coléoptères
- **Famille** : Bruchidae
- **Genre** : *Acanthoscelides*
- **Espèce** : *Acanthoscelides obtectus* Say

### 1-8-3-Cycle Biologique

Selon (**Bonnemaison, 1962**) Les adultes de la bruche du haricot sortent des graines où ils ont passé l'hiver à la fin avril pour s'accoupler. La femelle, selon les observations de (**Zachariae 1959 in Balachowsky, 1962**), pond ses œufs près de la suture dorsale de la gousse, rongant la gousse pour y déposer des paquets d'œufs (**Franssen, 1956 in Balachowsky, 1962**), note que la ponte se fait exclusivement dans les gousses jaunissantes, avec une durée d'incubation de 3 à 5 jours selon la température. Après l'éclosion, la larve primaire circule brièvement à la surface de la gousse avant de pénétrer dans la graine où elle mue et se nymphose. La durée de développement larvaire, d'environ trois semaines en moyenne, peut varier. De celle observe que dans des conditions optimales (27°C, 70% d'humidité relative), le cycle complet de développement prend environ un mois, avec la possibilité de plusieurs générations successives dans les entrepôts, entraînant d'importants dégâts à chaque génération. Les adultes émergent 15 à 18 jours plus tard et peuvent commencer à pondre sur les graines stockées dès la fin de juillet, avec une accélération du développement en raison de la température élevée, les adultes de la troisième génération apparaissant en septembre (**Bonnemaison en 1962**).

## 1-8-4- Stades de Développement

### 1-8-4-1- L'œuf

Les femelles d'*Acanthoscelides obtectus* déposent des œufs blancs et lisses, cylindriques, de manière assez aléatoire, sans adhérer étroitement au support. Ces œufs mesurent 0,75 mm de long pour 2,5 mm de large, ils sont étroits, avec une légère expansion au niveau de leur extrémité antérieure par rapport à la postérieure, et ne présentent pas de micropyle visible (**Balachowsky, 1962**).

### 1-8-4-2- La larve

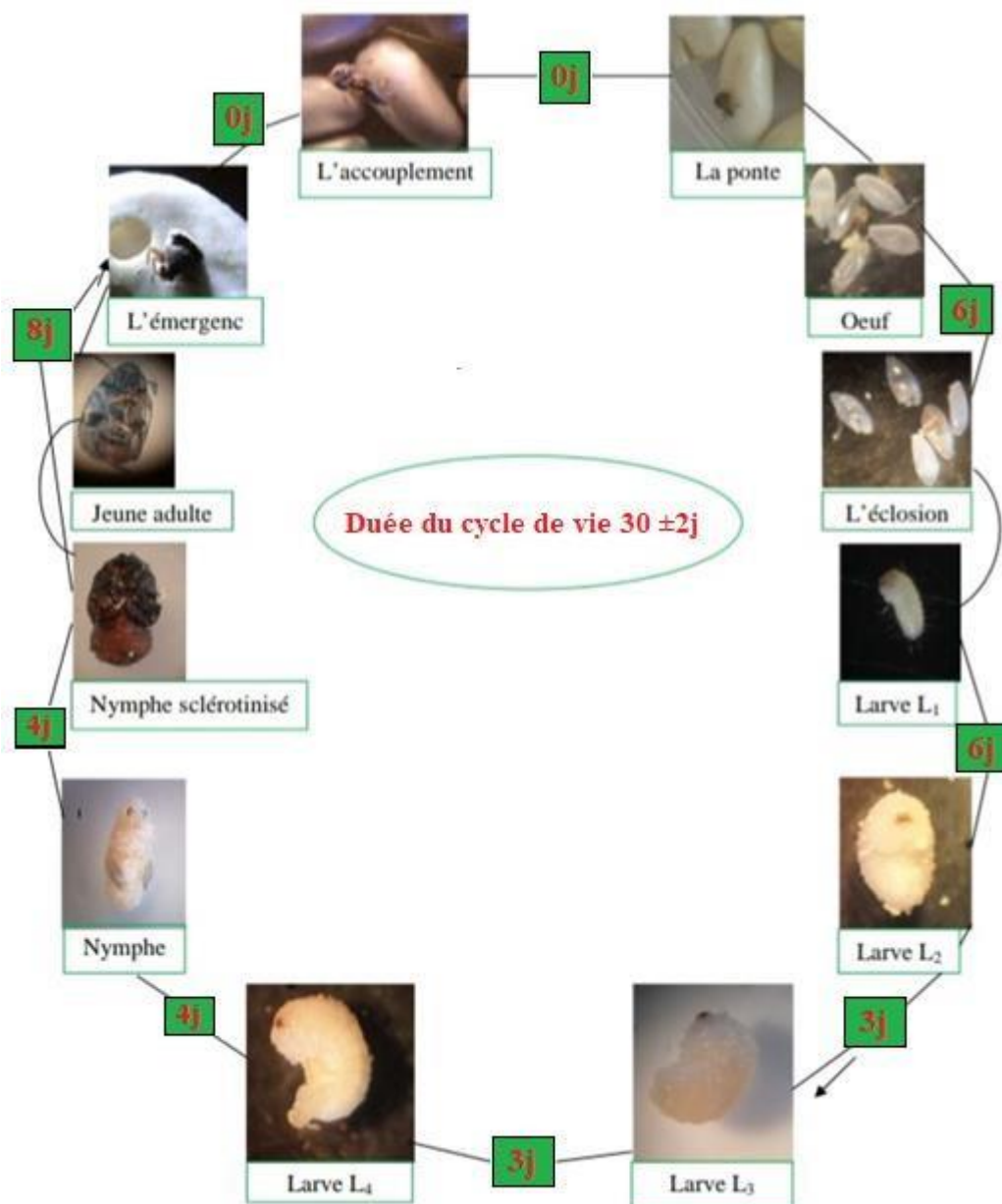
Le développement larvaire d'*Acanthoscelides obtectus* comprend quatre stades distincts. La larve néo née, appelée L1 et de type chrysomélien, est de couleur blanchâtre et mesure 0,6 mm de long sur 0,2 mm de large. Elle est munie de pattes fines ainsi que de plaques thoraciques et anales caractéristiques. Peu après avoir pénétré dans la graine, la larve effectue sa première mue pour passer au deuxième stade apode, nommé L2 et de type rhyncophorien. Par la suite, elle subit deux autres mues (L3 et L4) pour compléter son développement larvaire, selon (**Khelil, 1977**).

### 1-8-4-3- La nymphe

La larve L4 pénètre dans sa chambre nymphale et cesse tout mouvement. Pendant cette période d'immobilité, elle se métamorphose en un jeune imago, subissant ensuite des processus de sclérotinisation et de pigmentation. La nymphe représente la dernière phase de développement de la larve d'*A. obtectus* avant son émergence sous forme d'adulte. Le processus de nymphose dure de quinze à dix-huit jours (**Goix en 1986**).

### 1-8-4-4- L'adulte

L'adulte d'*Acanthoscelides obtectus* a une taille moyenne de 2,5 à 3 mm de long sur 1,7 à 1,9 mm de large, bien que dans les populations à forte densité, sa taille puisse être réduite. Son corps est de couleur brun ferrugineux et est couvert de courtes soies dorées qui sont orientées vers l'arrière (**Labeyrie en 1962 in Aziri, 2015**). Selon **Balachowsky en 1962**, les antennes sont composées de 11 articles, les cinq premiers étant de couleur rousse avec une tache noire à leur extrémité, les cinq suivants sont presque entièrement noirs, et le dernier article est roux. De plus, les fémurs postérieurs sont munis de trois dents, dont la première est particulièrement développée. (Fig 28).



**Figure 28** : Cycle de vie de *A. obtectus* sur les graines de haricot dans les conditions de laboratoire (Sadli, 2017).

### 1-8-5- Dégâts Causés par *A. obtectus*

Au début de l'infestation larvaire, les haricots semblent intacts, mais au fil du temps, de petites taches parfaitement rondes, mesurant de 2 à 3 mm de diamètre et de couleur variant en fonction des graines, apparaissent.

Après plusieurs mois d'attaque, les haricots présentent des perforations, avec la présence d'insectes adultes à l'intérieur et des graines où les larves poursuivent leur développement (Goix en 1986). Les pertes de poids peuvent dépasser les 80% après six à sept mois de

stockage, selon l'IDI en 1994, et les graines deviennent impropres à la consommation (Gain en 1978). De plus, les bruches contaminent les graines stockées en libérant de l'acide urique et des fragments de chitine, rendant les lots contaminés inutilisables (Venkatrao, 1960). Les haricots contaminés acquièrent un goût désagréable, les rendant impropres à la consommation humaine (Balachowsky en 1962). (Fig 29).



**Figure 29** : Dégâts causés par la bruche du haricot, (A : Graines saines de haricot avant contamination *A. obtectus* ; B: trous d'émergence des adultes d'*A. obtectus* sur graines de haricot ; C : grain d'haricot complètement broyé par les larves d'*A. obtectus*) (Sadli, 2017).

## 1-9- Le silvain dentelé des grains (*Oryzaephilus surinamensis*)

### 1-9-1- Description

*Oryzaephilus surinamensis*, également connu sous le nom de cucujide ou Silvain dentelé des grains, est un ravageur majeur des produits stockés à travers le monde (Al-Dosari et al., 2002 ; Mallah et al., 2016). Il s'agit d'un ravageur secondaire capable d'infester une large gamme de produits tels que les noix, la levure, le sucre, le tabac, les grains et les fruits secs (Hill, 2003 ; Mahroof et Hagstrum, 2012). Cet insecte a été observé à la fois à l'intérieur et à l'extérieur des entrepôts, ainsi que dans les fissures et les crevasses des installations de stockage, comme le soulignent (Hill, 2003) et (Mahroof et Hagstrum, 2012). Attiré par l'odeur des aliments, sa forme aplatie lui permet de se faufiler à l'intérieur des emballages de nourriture fermés ( Sahitou et al., 2017). Il se nourrit des grains endommagés, produisant de la sciure (Throne et al., 2003), mais il peut également infester le germe des grains intacts, comme observé par Hill en 2003. (Fig 30).



Figure 30 : Adulte d'*Oryzaephilus surinamensis* (Aoues, 2018)

### 1-9-2- Position Systématique

D'après **Delobel et Tran (1993)**, *Oryzaephilus surinamensis* est classé comme suit :

- **Règne** : Animalia
- **Embranchement** : Arthropoda
- **Sous-embranchement** : Hexapoda
- **Classe** : Insecta
- **Sous-classe** : Pterygota
- **Ordre** : Coleoptera
- **Sous-ordre** : Polyphaga
- **Famille** : Silvanidae
- **Sous-famille** : Silvaninae
- **Genre** : *Oryzaephilus*
- **Espèce** : *Oryzaephilus surinamensis* **Linnaeus (1758)**

### 1-9-3- Cycle Biologique

La femelle fécondée d'*Oryzaephilus surinamensis* a la capacité de produire indifféremment des mâles ou des femelles, tandis que la femelle non fécondée engendre exclusivement des mâles par parthénogenèse arrhénotoque (**Maughan, 2012**). Après l'accouplement, la femelle pond quotidiennement de 6 à 10 œufs, soit individuellement soit en amas, dans une source de nourriture. Sur toute sa durée de vie, chaque femelle peut pondre jusqu'à 375 œufs. Sous des conditions optimales de température de 30°C, les œufs éclosent entre 3 et 5 jours (**Steffan en 1978** et **Howe en 1956**).

Le cycle de développement peut durer de 20 à 80 jours, selon les variations de température (17°C à 35°C) et d'humidité relative (10% à 90%) (**Howe en 1956**). On observe généralement de 4 à 6 générations par an. Les adultes ont une longévité de 6 à 10 mois voire plus, pouvant atteindre jusqu'à 3 ans. Dans des conditions idéales de température (32°C) et d'humidité (70%), la population peut augmenter jusqu'à 50 fois en seulement 28 jours. (**Anne-Marie, 2016**).

#### **1-9-4- Stades de Développement d'*O. surinamensis***

##### **1-9-4-1- L'oeuf**

Les œufs du Silvain dentelé se présentent comme de petits objets blancs et brillants lorsqu'ils sont pondus, avec une forme allongée ovale et des extrémités plus ou moins arrondies. Leur longueur varie de 0,8 à 0,9 mm (**Steffan, 1978**). Ces œufs éclosent entre 3 et 5 jours après la ponte, lorsque les températures avoisinent les 35°C à 40°C et que l'humidité relative est d'environ 70 % (**Kumar en 2017**).

##### **1-9-4-2- La larve**

Les larves présentent une forme sub cylindrique et aplatie, avec une teinte allant du blanc au jaune pâle, et elles se déplacent librement à travers les aliments. Elles sont dotées d'une tête brune bien développée et de trois paires de pattes sur le thorax (**Kumar en 2017**). La larve est munie d'une tête équipée de pièces buccales broyeuses, d'une paire d'antennes à deux articles et de minuscules yeux. Elle possède également trois paires de pattes, avec trois segments thoraciques distincts. Sur chaque segment du thorax et de l'abdomen, on observe deux taches brunes, ainsi qu'une plaque dorsale portant quatre longues soies sur le bord postérieur (**Steffan, 1978**).

##### **1-9-4-3- La nymphe**

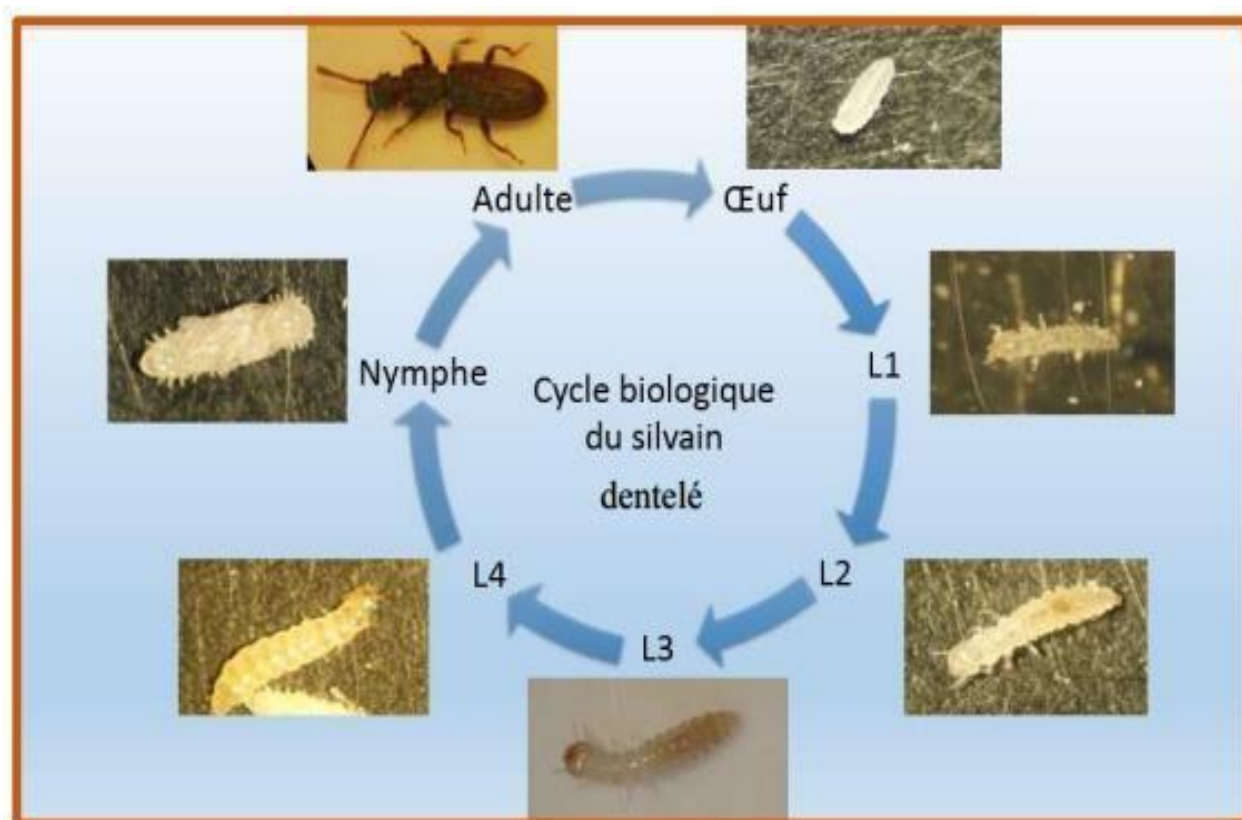
La nymphe commence par avoir une coloration blanche, puis elle vire au marron avant d'atteindre l'âge adulte, période durant laquelle elle reste immobile et ne se nourrit pas (**Sinha et Watters, 1985**). Sa structure est aplatie, avec des prolongements sur chaque côté du thorax et de l'abdomen, mesurant généralement entre 2,5 et 3 mm de long.

La nymphose se déroule dans un cocon protecteur composé de petits grains ou de particules alimentaires après environ une semaine (**Rees, 2004**).

#### 1-9-4-4 L'adulte

L'adulte du Silvain se présente sous une forme aplatie dorso-ventralement avec un exosquelette brun-rougeâtre, mesurant de 2,5 à 3,5 mm de long. Ses bords thoraciques arborent six projections en forme de dent de scie, d'où son nom "dentelé". Les antennes de sa tête sont relativement courtes et caudales. (Kumar, 2017).

Selon Halstead (1980) in Elnajjar (2022), la tête est triangulaire, avec des pièces buccales broyeuses, une paire d'antennes et deux petits yeux latéraux. Le prothorax présente six dents aiguës en forme de dent de scie et une paire de pattes de chaque côté. Le mésothorax et le métathorax ont chacun une paire de pattes articulées et une paire d'ailes membraneuses. L'abdomen comprend cinq segments, le dernier abritant les organes génitaux. (Fig 31).



**Figure 31** : Cycle de développement d'*O. surinamensis* (Hammoutene et Ben ouarab, 2022)

### 1-9-5- Dégâts Causés par *O. surinamensis*

*O. surinamensis* est communément observé dans les céréales et les aliments pour animaux domestiques, se nourrissant particulièrement de la zone germinale des céréales. Cependant, les infestations par cet insecte peuvent entraîner une contamination significative due aux excréments et aux cadavres, ce qui peut causer une diminution de la masse sèche du produit infesté et une augmentation de sa teneur en eau, favorisant ainsi la croissance de moisissures (Steffan, 1978).

Les dommages causés par ces insectes sur les grains réduisent leur valeur et peuvent les rendre impropres à la consommation. La présence d'*O. surinamensis* dans les denrées témoigne de la détérioration du grain (Waongo et al., 2013; Kara, 2015). (Fig 32).



**Figure 32:** Farine d'orge infestée par *O. surinamensis* (Elnajjar, 2022).

## 2- Les Lépidoptères

Les Lépidoptères figurent parmi les ordres d'insectes les plus répandus et les mieux étudiés à travers le monde. Ils englobent entre 155 100 et 174 233 espèces répertoriées, dont près de 7000 en Europe et 5000 en France, réparties dans 120 familles et 46 super-familles (**Robert et al., 2009**). Les Lépidoptères, qui comprennent les chenilles (stades juvéniles) et les papillons (stades adultes), possèdent deux paires d'ailes recouvertes d'écailles, relativement fragiles (**Le Gall et Casevitz, 1995**).

□ On peut distinguer Quelques insectes Ravageurs de l'Ordre Lépidoptères :

### 2-1- La Pyrale de la Farine (*Ephestia kuehniella* )

#### 2-1-1- Description

*Ephestia kuehniella* **Zeller (1879)**, également connue sous le nom de "pyrale de la farine", est un ravageur important dans les minoteries, selon **Trematerra et Gentile (2010)**. Le genre *Ephestia* Z, qui fait partie de la sous-famille des phycitinae, comprend plus de 100 espèces réparties dans le monde entier, dont beaucoup sont désormais présentes partout. Elles se nourrissent de diverses sources alimentaires autres que les cultures, telles que la farine, les fruits, les noix séchées, les noisettes et les amandes (**Balachowsky, 1972**). Cette mite des denrées stockées est caractérisée par ses larves qui s'attaquent principalement à la farine, aux grains de céréales (blé, maïs, riz), à la semoule, aux pâtes alimentaires, ainsi qu'aux fruits secs tels que les raisins, les figues et les abricots (**Sedlacek et al., 1995**) et (**Tarlack et al., 2014**). Elle constitue également une source allergène pouvant déclencher l'asthme et la rhinite (**Bataille et al., 1995 ; Cipola et al., 1996**). (Fig 33).



**Figure 33** : *Ephestia kuehniella* (**Taffar, 2022**).

### 2-1-2- Position Systématique

Selon le Centre National d'Information sur la Biotechnologie (NCBI, 2018), sa classification systématique est la suivante:

- **Règne** : Animalia
- **Sous-règne** : Metazoa
- **Embranchement** : Arthropoda
- **Classe** : Insecta
- **Super-ordre** : Endopterygota
- **Ordre** : Lepidoptera
- **Famille** : Pyralidae
- **Genre** : *Ephestia*
- **Espèce** : *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879)

### 2-1-3- Biologie

Pour *Ephestia kuehniella*, le cycle complet de son développement dure approximativement 61 jours à une température constante de  $(27^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C})$  (Pakyari et al., 2018), avec une humidité relative de 70 % (Vieira et al., 1992). Selon Elzghari (1969), le développement d'*Ephestia* se déroule en cinq stades larvaires, avec une durée totale du cycle évolutif variant de 45 à 53 jours à une température comprise entre 20,0 et 22,5 °C, et une humidité relative de 65,75%. Le développement des lépidoptères suit un cycle de vie appelé holométabole, comprenant les stades d'oeufs, de larve, de chrysalide et d'adulte (Zekri et al., 2016).

### 2-1-4- Stades de Développement

#### 2-1-4-1- L'oeuf

De forme ovoïde et d'une teinte blanchâtre, l'oeuf présente une période d'incubation variant de 3 à 14 jours, selon la température environnante (Balachowsky, 1972). Il mesure 460 µm de longueur et 230µm de largeur (Hami et al., 2004 ; Yezli-Touiker et al., 2016).

### **2-1-4-2-La larve**

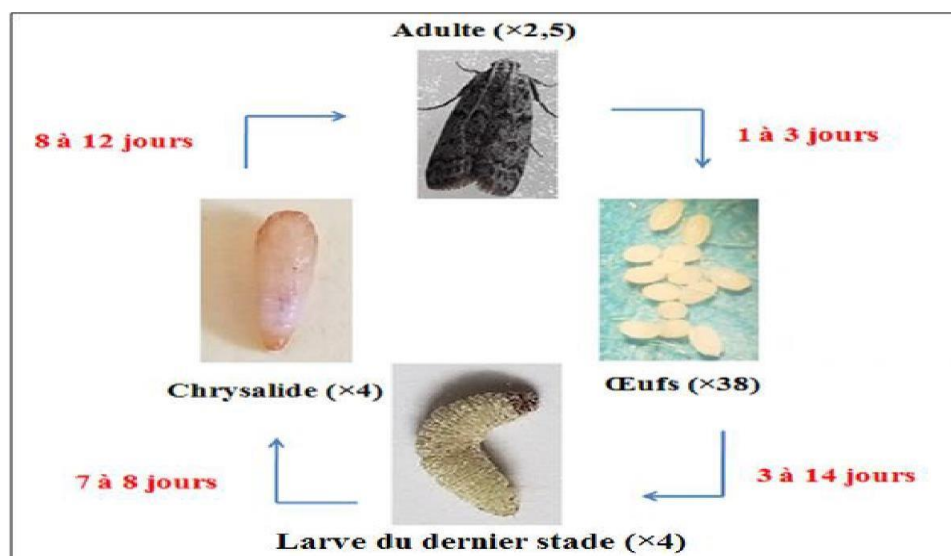
La larve, ou chenille, traverse six stades larvaires. Au premier stade, elle mesure de 1 à 1,5 mm de long, atteignant jusqu'à 15 à 20 mm au stade final. Dès la mue, elle se nourrit directement de farine, arborant une teinte blanche avec des nuances de rose. Les mâles se distinguent des femelles par la présence de deux tâches noires sur la face dorsale de l'abdomen, correspondant aux testicules (**Hami, 2005; Taibi, 2007**).

### **2-1-4-3 La nymphe**

La chrysalide, ou nymphe, initialement de teinte blanchâtre, prend une teinte plus foncée au fil du temps. Enveloppée dans un cocon de soie blanche contenant des réserves nutritives, la chrysalide évolue vers l'âge adulte après une période de développement nymphal variant de 8 à 12 jours (**Ozer, 1953**).

### **2-1-4-4- L'adulte**

Les adultes, de taille relativement grande, ont une envergure variant de 20 à 25 mm et mesurent de 9 à 12 mm de longueur. Leurs ailes antérieures présentent des teintes grises avec quelques marques brunes et blanches, tandis que les ailes supérieures ont une teinte grise plus ou moins foncée. Les palpes labiaux sont incurvés vers le haut (**Doumandji – Mitich, 1978**). Cette espèce se distingue également par sa petite tête globuleuse, dotée de deux palpes labiaux dressés vers l'avant, saillants et de forme cornue, ainsi que par son front dépourvu de squamules (**Balachowsky, 1972**). (Fig 34).



**Figure 34 :** Cycle de développement d'*Ephestia kuehniella* à 27°C (Taffar, 2022).

### 2-1-5- Dégâts Causés par *E. kuehniella*

La teigne méditerranéenne de la farine, *Ephestia kuehniella* (Zeller), est depuis longtemps reconnue comme un ravageur cosmopolite sévère des produits céréaliers stockés, en particulier de la farine (Jacob et Cox, 1977; Rees, 2003). Il est très probable de la trouver dans les moulins où sont entreposés de la farine ou d'autres produits à base de céréales en poudre (Pakyari et al., 2016). Ce parasite est nuisible non seulement parce qu'il détruit ou détériore une quantité significative de produits lorsqu'il se nourrit ou les contamine avec ses excréments et ses fils de soie (Soltani-Mazouni et al., 2012), transformant ainsi la farine en une sorte de feutrage, mais aussi parce qu'il perturbe le fonctionnement régulier des appareils et entraîne des arrêts forcés des moteurs dans les moulins en raison des feutrages formés par les larves (Pandir et al., 2013). (Fig 35).



**Figure 35:** Farine infestée par *Ephestia kuehniella* Zeller (Taffar, 2022).

## 2-2- La pyrale indienne de la Farine (*Plodia interpunctella*)

### 2-2-1- Description

*Plodia interpunctella*, originaire d'Inde, est une espèce de pyrale qui se trouve dans les régions tempérées et méditerranéennes. En plus de se nourrir de semoule, elle peut endommager les grains de céréales, les fruits secs et les pâtes alimentaires (Cuperus, 1990 ; Doud et Phillips, 2000 ; Nansen et al., 2004).

*Plodia interpunctella* Hubner est un ravageur majeur des produits stockés en raison de sa capacité à se nourrir de divers aliments, en particulier les fruits secs et les grains (Doumandji, 1978). (Fig 36).



Figure 36 : *Plodia interpunctella* (Sedira et Ramdani, 2018).

### 2-2-2- Position Systématique

D'après Balachowsky (1962), la position systématique de *P. interpunctella* est la suivante :

- Règne : Animalia
- Embranchement : Arthropoda
- Sous-embranchement : Insecta
- Ordre : Lepidoptera
- Super-famille : Pyralloidea
- Genre : *Plodia*
- Espèce : *Plodia interpunctella* (Hubner, 1813).

### 2-2-3- Cycle Biologique

Le cycle de vie de cet insecte peut s'étendre sur une période de 27 à 305 jours. Une seule femelle peut pondre jusqu'à 400 œufs après l'accouplement, survenant environ trois jours après l'émergence des adultes. Les œufs peuvent être pondus individuellement ou en grappes, souvent directement sur la source de nourriture des larves. À une température de 20°C, les œufs éclosent en sept à huit jours, tandis qu'à 30°C, cela prend trois à quatre jours.

Dès l'éclosion, les larves se dispersent rapidement et peuvent s'établir dans une nouvelle source de nourriture en quelques heures. Leur développement peut être complet en six à huit semaines à des températures comprises entre 18 et 35°C, avec un nombre de stades larvaires variant de cinq à sept selon les conditions environnementales. Le stade nymphal dure de 15 à 20 jours à 20°C et de sept à huit jours à 30°C (**Fasulo et Knox, 2018**).

## **2-2-4- Stades de Développement**

### **2-2-4-1- L'œuf**

Les œufs de la teigne indienne de la farine ont une couleur blanc grisâtre et une longueur comprise entre 0,3 et 0,5 mm. Ils peuvent être déposés individuellement ou en groupes, souvent directement sur la source de nourriture des larves (**Thomas et Marie, 1998**).

### **2-2-4-2 La larve**

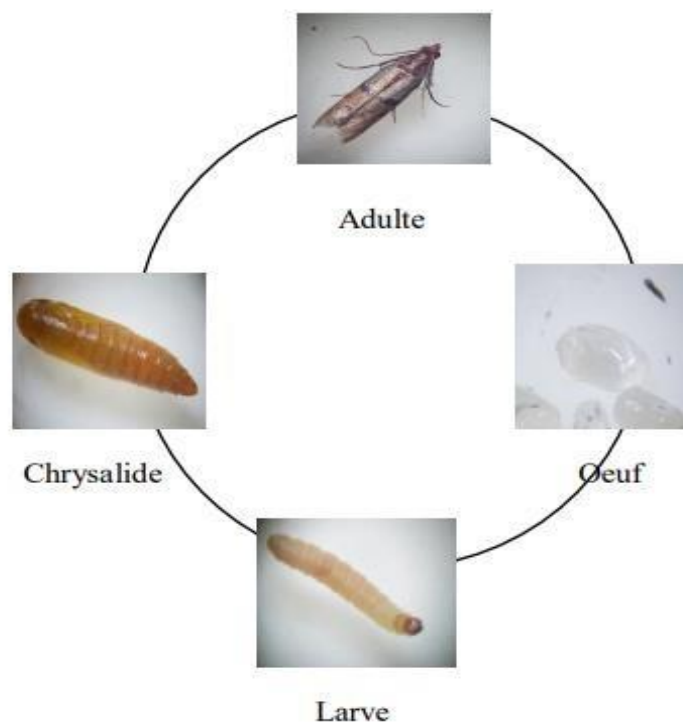
La larve de la teigne indienne de la farine est de couleur ivoire avec une tête brune, et elle atteint une taille de 9 à 19 mm à maturité. Elle cause des dommages aux arachides et aux céréales en se nourrissant principalement de leur germe. Les larves produisent des fils de soie pour retenir leurs excréments, ce qui contamine les produits, les rendant impropres à la consommation (**Fandohan et al., 2005**).

### **2-2-4-3- La nymphe**

La chrysalide mesure entre 6 et 11 mm de long et affiche une couleur brune (**Fasulo et Knox, 2004**). Pendant ce stade, elle subit la métamorphose et reste immobile dans son cocon pendant environ 7 jours avant d'émerger en tant qu'adulte (**Bell, 1975**).

### **2-2-4-4- L'adulte**

Les adultes constituent un signe courant d'infestation, souvent repérés en vol avec une trajectoire flottante plutôt qu'une ligne de vol directe. Les adultes mesurent environ 1/2 pouce (12,7 mm) de long, avec une envergure d'environ 5/8 pouce (16 à 20 mm). Leurs ailes antérieures sont brun rougeâtre, avec un éclat cuivré sur les deux tiers extérieurs et gris sur le tiers intérieur. Au repos, les ailes sont repliées en forme de toit au-dessus du corps. La tête et le thorax apparaissent gris, tandis que la partie postérieure est brune, avec un éclat cuivré. (**Thomas et Marie, 1998**). (Fig 37).



**Figure 37** : Cycle de développement de *Plodia interpunctella* (Sedira et Ramdani, 2018).

### 2-2-5- Dégâts Causés par *P. Interpunctella*

Les larves se nourrissent à la surface, et la principale source de dégâts dans les produits stockés provient de leur habitude de produire d'importantes quantités de soie. Cette soie accumule des excréments, des peaux moulées et des coquilles d'œufs, contaminant ainsi les denrées alimentaires. Les dégâts résultant de cette contamination dépassent souvent la quantité de nourriture consommée par les insectes eux-mêmes. Ainsi, les propriétaires et les gestionnaires d'usines de transformation des aliments, d'entrepôts, d'épiceries et de greniers doivent rester vigilants face aux signes d'infestation. (Thomas et Marie, 1998). (Fig 38).



**Figure 38** : Dégâts causés par les chenilles de *Plodia interpunctella* et *Ephestia kuehniella* Sur la semoule (Aissaoui, 2022).

## 2-3- La Pyrale de Riz (*Corcyra cephalonica*)

### 2-3-1- Description

*C. cephalonica*, communément appelé la « mite de riz », est répandu à l'échelle mondiale et constitue un ravageur majeur des stocks de riz non décortiqués ainsi que d'autres céréales et légumineuses. Il endommage également une variété de produits tels que le gingelly, les gâteaux à l'huile, les fruits secs, le cacao, les chocolats, les biscuits, les graines de lin, la crème de blé, la farine, etc., dans de nombreuses régions du monde (**Perveen, 2012**). Cette espèce, originaire des tropiques, peut également être trouvée dans les silos chauffés des régions tempérées (**Mallamaire, 1965 in Mamadou, 2020**). (Fig 39).



**Figure 39** : Adulte de *Corcyra cephalonica* (**Mamadou, 2021**)

### 2-3-2- Position systématique

Selon (**Fletcher et Classey, 1979**) la position systématique de *Corcyra cephalonica* est la suivante :

- **Règne** : Animalia
- **Embranchement** : Arthropoda
- **Classe** : Insecta
- **Ordre** : Lepidoptera
- **Famille** : Pyralidae
- **Sous-famille** : Galleriinae
- **Genre** : *Corcyra*
- **Espèce** : *Corcyra Cephalonica*

### 2-3-3- Cycle Biologique

*C. cephalonica* peut se reproduire rapidement, avec un cycle de vie court et une capacité à produire des œufs en grande quantité, ce qui peut endommager rapidement les matériaux dans une plage de 9,6% à 20,2% (Syahri et Thamrin, 2012). La femelle de *C. cephalonica* rencontre le mâle une seule fois lors des deux premiers jours de son émergence. La ponte s'étend sur deux jours, principalement la nuit, et l'éclosion survient 4 jours après. Les conditions idéales pour la larve sont une température de 30 à 32,5 °C et une humidité relative de 70 %. Dans de telles conditions, le cycle de l'œuf à l'adulte dure entre 26 et 27 jours (Goergen, 1999). Un taux d'humidité de l'air inférieur à 20 % entraîne une faible éclosion des œufs. Le développement de *Corcyra* passe par 7 stades larvaires chez le mâle et 8 chez la femelle (Goergen, 1999).

### 2-3-4- Stades de Développement

#### 2-3-4-1- L'œuf

Les œufs de *Corcyra cephalonica* sont de couleur perlée et varient en taille. Ils présentent généralement un petit mamelon bien visible à une extrémité. Leur taille est suffisamment grande pour être repérée facilement sans loupe, et ils ressemblent quelque peu aux œufs de *Ephestia kuehniella*. Leur forme est ovale avec peu d'allongement, mesurant environ 1 millimètre (Vayssière et Mimeur, 1925).

#### 2-3-4-2- La nymphe

La chenille de *Corcyra cephalonica*, au stade de développement complet, ressemble à celle de *Plodia interpunctella*. Sa couleur varie du blanc au gris bleuâtre, paraissant sale en raison des matériaux noirs ingérés, plus visibles au début. Celles se nourrissant de riz sont plus blanches que celles se développant dans les préparations de cacao. Sa tête est jaune foncée, tronquée à l'avant et sub tronquée à l'arrière. Les stigmates et les tubercules pilifères sont distincts à la loupe, avec une fine pubescence. Sa longueur est d'environ 13 mm, pour une largeur maximale d'environ 1,5 mm (Vayssière et Mimeur, 1925).

### 2-3-4-3- La larve

La chrysalide de *Corcyra cephalonica* présente une apparence générale similaire à celle des autres papillons se nourrissant de céréales, avec une couleur jaune pâle et un aspect robuste. Les yeux deviennent noirs lors de la transformation, tandis que les étuis des antennes recouvrent légèrement la marge postérieure. Les parallèles médianes sur le dos sont presque noires et bien marquées. Les stigmates sont petits mais distincts, et le segment anal comporte quatre apophyses, dont une ressemble à une courte épine. La longueur des chrysalides varie de 7,5 à 9 millimètres. Avant de se transformer, la chenille prépare un cocon en utilisant des fils de soie pour relier divers matériaux alimentaires (Vayssière et Mimeur, 1925).

### 2-3-4-4- L'adulte

Le papillon mesure 16 millimètres pour le mâle et 22 millimètres pour la femelle. Ses ailes supérieures sont d'un gris uniforme avec une fine poussière noirâtre, tandis que les nervures sont marquées en noirâtre, surtout près du bord. Les ailes inférieures sont d'un gris jaunâtre très clair ou blanchâtre, bordées de brun. Sa tête est blanche, tandis que le thorax et l'abdomen sont d'un gris brunâtre. Une variété nommée *translinella* a été décrite, semblant être une variante de *cephalonica* ; elle est plus foncée avec deux lignes brunes diffuses bien visibles traversant les ailes supérieures (Vayssière et Mimeur, 1925). (Fig 40).

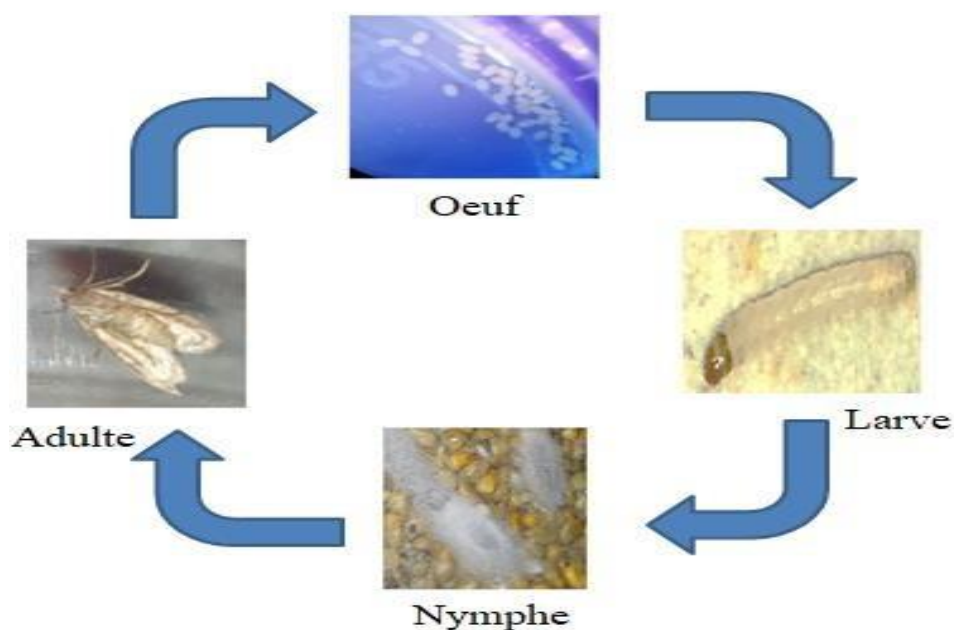


Figure 40 : Cycle de développement *C. cephalonica* (Mamadou, 2021).

### 2-3-5-Dégâts Causés par *C. cephalonica*

Les larves de *C. cephalonica* causent des dommages aux grains stockés en se nourrissant sous des nappes de soie, convertissant souvent tout le stock en une masse cellulaire et rendant les grains impropres à la consommation humaine en raison d'une mauvaise odeur (Alam, 1971; Alam, 1965). Les larves se transforment en nymphes dans des cocons soyeux trouvés à l'intérieur des tas de graines ou sur les sacs, provoquant des dégâts importants, surtout sur le riz et le maïs, dans les conditions de stockage central (Mallamaire, 1965).

De plus, les œufs de *C. cephalonica* sont essentiels pour l'élevage réussi de *Trichogramma* spp, utilisés dans le programme de contrôle biologique de divers ravageurs (Chu et al., 1994 ; Mukhukrishnan et al., 1996 ; Cadapan, 1998). Les propriétés nutritionnelles de l'environnement influent sur la longévité et la reproduction des insectes (Andrewartha et Birch, 1954). Pourtant, l'élevage de *C. cephalonica* sur du blé ou du riz haché en laboratoire est coûteux, rendant également la production commerciale de *Trichogramma* spp. Coûteuse (Avasthy, 1962). (Fig 41).



**Figure 41** : Riz en provenance d'un stationnement de conditionnement infesté par *Corcyra cephalonica* (Mamadou, 2020).

## **Chapitre III : Méthodes de lutte contre Les ravageurs des denrées stockées**

- La lutte contre les ravageurs des denrées stockées implique deux méthodes : Les Méthodes Traditionnelles et les Méthodes Modernes qui répartir en deux méthodes : la prévention avant le stockage et le traitement curatif après l'infestation.

## **I- Méthodes de lutte traditionnelles**

### **1-Exposition au Soleil**

L'exposition directe au rayonnement solaire fait fuir les insectes adultes qui évitent les fortes chaleurs et la lumière vive. L'application de fines couches de petites boîtes noires préalablement préparées aide à améliorer ce processus (**Cruz et Allal ,1986**).

### **2- Enfumage**

Les denrées prioritaires pour les producteurs sont souvent entreposées au-dessus des foyers domestiques, ce qui les expose à la fumée presque en permanence (**Doumandji, 2003**). Cependant, l'efficacité de ce processus semble être réduite lorsque les récipients sont équipés de couvercles bien ajustés. Ainsi, il est possible de protéger les denrées de la fumée (**Cruz et Allal, 1986**).

### **3- Utilisation de plantes répulsives**

Dans certaines régions, il est fréquent d'employer des plantes ou des extraits de plantes (comme le neem) pour préserver leurs stocks contre les attaques d'insectes. Ces végétaux agissent principalement comme insecticides plutôt que comme répulsifs (**Cruz et Allal, 1986**).

### **4- Utilisation d'huiles**

Les huiles végétales agissent comme insecticides de contact grâce à leurs caractéristiques physiques et chimiques. Elles préviennent la reproduction des insectes en empêchant la ponte des adultes à l'intérieur des grains, en entravant le développement à la surface des grains, et en éliminant les œufs et les larves avant qu'ils n'infestent les grains (**Belouaer et Selahdja, 2020**).

Ces dernières années, les huiles essentielles des plantes ont été largement étudiées comme moyen de réguler les ravageurs. Leur utilisation dans la protection des stocks a fait l'objet de recherches approfondies, révélant leur toxicité sous différentes formes : activités ovicide, larvicide, antinutritionnelle et inhalatoire (**Kéïta et al., 2001; Regnault-Roger, 2002**).

## **5- Utilisation de matières inertes**

Dans certaines régions, il est fréquent d'employer des végétaux ou des extraits végétaux (tel que le neem) afin de préserver leurs réserves des attaques d'insectes. Plutôt que d'agir comme insecticide, ces plantes ont une action insectifuge. Des études sont en cours pour comprendre leur mécanisme d'action et déterminer les méthodes d'utilisation les plus efficaces (**Cruz et Allal, 1986**).

## **II- Méthodes de lutte modernes**

### **1- Lutte préventive**

#### **1-1- Nettoyage des locaux**

Les principes efficaces de conservation des denrées stockées se basent sur la prévention, impliquant le nettoyage et la désinfection des locaux, des cellules ou des récipients avant leur remplissage, ainsi que sur la conception de structures de stockage pour éviter l'accès des ravageurs et sur la planification raisonnée des interventions lorsque nécessaires (**Cruz et al., 2016**).

#### **1-2-Nettoyage des graines**

Pour garantir une conservation optimale, il est essentiel de sécher et de désinfecter les grains avant le stockage. Cela implique un pré-nettoyage des grains avant leur entreposage, en utilisant le principe d'aspiration d'air à travers le flux de grains pour éliminer les poussières et les impuretés légères (**Multon, 1982 in Gacem, 2011**).

### **2- Lutte curative**

#### **2-1- Lutte chimique**

La lutte chimique à l'aide d'insecticides représente l'une des approches les plus efficaces contre les insectes nuisibles aux denrées stockées (**Taponjou et al., 2002**). Cette méthode implique l'exposition de ces ravageurs à des gaz toxiques (**Upadhyay et Ahmad, 2011**), comprenant notamment les fumigants et les insecticides de contact.

### 2-1-1- Traitement par contact

Les traitements de surface consistent à appliquer des insecticides liquides sur de larges étendues. Ces insecticides de contact sont généralement utilisés sur les grains entre deux périodes de stockage.

Leur persistance les rend efficaces pendant de longues périodes (**Arthur, 2000**). Cependant, leur toxicité peut poser des problèmes lorsque leur concentration dépasse la limite maximale réglementaire (LMR) définie par la réglementation. Seules certaines substances actives sont autorisées pour le traitement des céréales (**Kyprianou, 2008**).

### 2-1-2- Traitement par fumigation

La fumigation implique le traitement des grains avec un gaz toxique, appelé fumigant. Son principal avantage réside dans sa capacité à permettre une pénétration efficace des gaz à l'intérieur des grains, ce qui entraîne la destruction des oeufs, des larves et des nymphes qui s'y trouvent en développement (**Wang et al., 2006; Shi, 2012 in Kermiche, 2017**).

## 2-2- La lutte biologique

Cette méthode exploite des prédateurs, des parasites, des agents pathogènes et des insectes (**Proctor, 1995**). *Xylocoris flavipes* est un chasseur efficace qui se nourrit d'insectes nuisibles tels que *Tribolium castaneum* (Coléoptères, Ténébrionidés), *Rhyzopertha dominica* (Coléoptères, Bostrichidés) et *Trogoderma granarium* (Coléoptères, Dermestidés) (**Rahman et al., 2009**). Elle fait également usage d'extraits de plantes, qui ont été traditionnellement reconnus comme des moyens de protection des denrées stockées depuis des siècles, avec de nombreux agriculteurs les utilisant depuis le XVI<sup>e</sup> siècle (**Belmain et Stevenson, 2001**). Selon **Kéita et al., (1999)** et **Isman (2000)**, plus de 1000 plantes répertoriées possèdent des propriétés allant de la dissuasion à la répulsion, associant parfois des caractéristiques d'anti-appétence ou de létalité contre les ravageurs des cultures et des stocks. Diverses études ont mis en avant l'utilisation des huiles essentielles pour protéger les denrées stockées contre les insectes et les nuisibles (**Ibrahim et al., 2001**). Les huiles essentielles de plantes représentent l'une des approches les plus significatives dans la régulation des ravageurs, surtout ces dernières années, en raison de leur attention croissante dans la recherche. Leur toxicité peut se manifester de différentes manières, incluant des activités ovicides, larvicides, anti nutritionnelles et inhalatoires (**Aouina et Khelifi, 2018**).

D'après la théorie de la coévolution avancée par **Enreich et Raven (1964)**, les plantes ont développé des mécanismes de défense contre les prédateurs en évoluant génétiquement pour produire des composés secondaires aux propriétés insecticides, répulsives ou inhibitrices (**Huignard et al., 2002**).

Ces substances naturelles sont sans danger pour l'environnement et la santé humaine, se dégradent facilement et présentent une large efficacité contre les insectes nuisibles (**Lawrence et Manshingh, 1993**).

## **2-3- La lutte biotechnologie**

### **2-3-1- Lutte par phéromones**

Des phéromones synthétiques spécifiques sont employées pour surveiller et détecter les potentielles infestations dans les stocks, ainsi que pour mettre en œuvre des stratégies de confusion sexuelle et de capture en masse en les associant à des pièges et à des attractifs alimentaires, selon **Upadhyay et Ahmad (2011)**.

### **2-3-2- Lutte par utilisation des régulateurs de croissance**

Les hormones synthétiques et leurs analogues, appelés IGRs, sont employés pour maîtriser les ravageurs des denrées stockées, démontrant une efficacité notable contre diverses espèces (**Loshiavo , 1976**) et (**Williams et Amos, 1974**). Ces substances sont appliquées dans des environnements confinés, altérant la capacité reproductive des ravageurs, selon **Upadhyay et Ahmad (2011)**.

## **2-4- La lutte physique**

Il est possible de réduire la présence d'insectes dans les stocks en utilisant le froid (par ventilation), un choc thermique bref à des températures élevées (60°C ou plus) suivi d'un refroidissement rapide, ou en modifiant l'atmosphère pour réduire le taux d'oxygène de l'air inter granulaire d'au moins 1% (**Momar, 2012**).

### **2-4-1- Lutte par le froid**

La plage de température idéale pour le développement des insectes des denrées stockées se situe entre 25 et 33 °C. En revanche, des températures basses, inférieures à 10 °C, entravent leur développement, limitant ainsi leur capacité à causer des dommages significatifs. Selon

(Abdelaziz, 2011). Cela se traduit par un blocage de leur cycle de vie, une diminution de leur alimentation, de leur capacité de reproduction et de leur survie (Logstaff et Evans, 1983).

### 2-4-2- Lutte par le chaud

Les insectes sont vulnérables aux températures élevées. Les exposer à 55 °C pendant une heure permet d'éliminer les différents stades de leur développement. Pour le *R. dominica*, une exposition à 60 °C pendant 10 minutes suffit à éliminer les insectes à tous les stades de développement (Steffan, 1978 in Messabih, 2022).

### 2-4-3- Lutte par radiation ionisante

Actuellement, deux types de radiations ionisantes sont utilisés pour lutter contre les insectes. Le premier utilise des rayons gamma, tandis que le second fait appel à des électrons rapides produits par un accélérateur d'électrons (Vanloon, 1984 in Anonyme, 1984). Selon (Gwinner et al., 1996), la sensibilité aux radiations varie d'une espèce à l'autre, les stades les plus vulnérables étant les œufs et les larves. Cependant, cette méthode nécessite du personnel qualifié et des structures de stockage appropriées pour éviter toute exposition des opérateurs et des consommateurs aux dangers potentiels. (Kellouche, 1987).

### 2-5- La lutte mécanique

Le transilage, le secouage et le passage au tarare sont des méthodes utilisées pour éliminer une partie des insectes présents dans les stocks, en particulier les adultes, mais laissent souvent des larves et des œufs intacts. Par conséquent, ces méthodes ne sont pas adaptées pour un stockage prolongé à moins d'être régulièrement renouvelées, ce qui peut s'avérer coûteux (Cruz et al., 1988).

### 2-6- La lutte intégrée

La gestion intégrée des ennemis des cultures, également appelée lutte intégrée, est une approche décisionnelle qui mobilise toutes les techniques disponibles pour réduire efficacement et économiquement les populations d'organismes nuisibles, tout en préservant l'environnement. Elle implique six étapes pratiques :

- Identification des ravageurs et de leurs ennemis naturels.
- Surveillance des ravageurs et des ennemis naturels et évaluation de la situation.
- Utilisation de seuils d'intervention.

- Adaptation de l'écosystème.
- Combinaison de différentes méthodes de lutte.
- Évaluation des impacts et des résultats des interventions (**Josée et Bernard, 2006**).

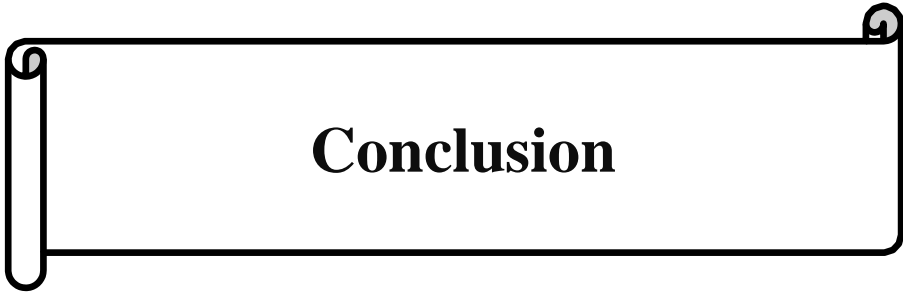
### **2-7- La lutte par les phyto-pesticides**

Actuellement, la recherche se concentre sur les plantes aromatiques renfermant des huiles essentielles dont l'efficacité insecticide sur les coléoptères des denrées stockées a été démontrée (**Glitho et al., 2008**).

En effet, l'utilisation des plantes aromatiques dans la préservation des grains entreposés remonte à une époque antérieure à l'apparition des insecticides de synthèse (**Gueye et al., 2011**). Plusieurs études ont mis en évidence le potentiel des huiles essentielles végétales comme l'une des méthodes les plus prometteuses pour réguler les ravageurs des denrées stockées (**Gueye et al., 2011**). Cette approche alternative présente des avantages significatifs, notamment sa dégradation rapide (**Enan, 2001**), sa faible toxicité pour les humains et son mode d'action sur les ravageurs (**Ngamo et Hance, 2007**).

### **2-8- La Lutte par l'ozone gazeux**

L'ozone gazeux (O<sub>3</sub>) peut infiltrer les espaces entre les grains stockés, étant hautement oxydant et instable, il se décompose rapidement en oxygène sans laisser de résidus (**Tiwari et al., 2010**). Pour contrôler tous les stades de 11 espèces de ravageurs des denrées stockées exposées, une dose générale d'environ 35 ppm d'ozone pendant six jours est nécessaire (**Hansen et al., 2012**). Cependant, pour les stades immatures des insectes Ravageurs protégés à l'intérieur des grains, une dose de 135 ppm pendant huit jours à 20°C est requise (**Hansen et al., 2012**). L'ozone se transforme rapidement en oxygène en moins d'une heure (**McClurkin et Maier, 2010**). La température, l'humidité relative et la vitesse de l'air sont des facteurs déterminants pour la demi-vie de l'ozone. L'ozonation des grains est plus efficace en présence d'un courant d'air, à basse température et à faible humidité (**McClurkin et Maier, 2010**).



En conclusion, l'utilisation des huiles essentielles dans la lutte biologique contre les insectes ravageurs des denrées stockées représente une stratégie prometteuse. Cette approche, qui s'inscrit dans une démarche respectueuse de l'environnement, offre une alternative écologique aux pesticides chimiques traditionnels. En particulier, face à la diversité des insectes ravageurs, divisés en deux principaux groupes, les coléoptères et les lépidoptères, les huiles essentielles démontrent une efficacité variable mais souvent significative. Leur utilisation permet non seulement de réduire les risques pour la santé humaine et l'environnement, mais également de préserver la qualité des denrées stockées.

Cependant, l'utilisation excessive de pesticides de synthèse a des effets dévastateurs sur l'environnement, contribuant à la pollution des sols, des eaux et de l'air. De plus, ces substances peuvent affecter la biodiversité en tuant non seulement les insectes ciblés mais aussi d'autres espèces non visées, perturbant ainsi les écosystèmes naturels. En termes de santé animale, l'exposition chronique aux pesticides synthétiques peut causer des dommages graves, notamment des troubles neurologiques, des problèmes de reproduction et même des cancers chez les animaux.

Ainsi, bien que les huiles essentielles présentent des avantages écologiques et sanitaires indéniables, des efforts continus de recherche et de développement sont nécessaires pour optimiser leur efficacité, leur sécurité d'utilisation et leur intégration pratique dans les systèmes agricoles et de stockage alimentaire. Cela permettrait de maximiser leur potentiel tout en garantissant une gestion durable des ressources agricoles et une protection efficace des denrées stockées.



**Références bibliographiques**

**Abdelaziz S.E., 2011.**Control Strategies of Stored Product Pests. Journal of Entomology. 8(2), 101-122.

**Abdelli, I., 2018.** Caractérisation physicochimique des huiles d'olive de quatre régions de la Kabylie et étude de leur activité biologique à l'égard des deux insectes ravageurs des grains stockés, *Rhyzopertha dominica* et *Sitophilus granarius*. Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou.

**Acheraïou, L et Kaced, S., 2019.** Activité insecticide des huiles essentielles de la menthe poivrée et de la sauge officinale sur la bruche chinoise (*Callosobruchus chinensis* L.) (Coleoptera : Chrysomelidae). Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou.

**Aidani ., 2015 .** Effet des attaques de capucin des grains (*Rhyzopertha dominica* ) sur les céréales stockées ( Estimation sur la perte pondérale et le pouvoir germinatif cas de blé dans la région de Tlemcen ) p41-42.

**Aissaoui, F., 2022.** Biologie et lutte contre trois pyrales des denrées stockées. Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou.

**Al-Dosari SA., Suhaibanui MA., et Ali AG., 2002.** Sensibilité de certaines variétés sèches du palmier dattier liés à l'infestation par *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera : Silvanidae) en relation avec leur composition chimique. Assiut. J. Agric. Sci., 11:423-457.

**Alam, M. Z. (1971).** Pests of Stored Grain and other Stored Products and their Control. Agric Inf. Serv., 3, R.K. Mission Road, Dacca-3, Pp. 23-24.

**Alam, M.Z. (1965).** Insect Pests of Rice in East Pakistan and their Control (Rev. ed.).Agric. Inf. Serv., 3, R.K. Mission Road, Dacca-3, P. 62.

**Andrewartha H. G. and Birch L. C. (1954).** The Distribution and Abundance of Animals. The University of Chicago Press. 31-205. Animale. Université Larbi- Tébéssa. 50p.

**Anne-Marie Paradis 2016.** Guide Conseil. Les ravageurs des céréales stockées. <https://docplayer.fr/11325948-Guide-conseil-les-ravageurs-des-cereales-stockees.html>.

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

**Aoudjit, K et Sahouane, Ch., 2015.** Etude de la rémanence de l'action de l'huile d'olive et de l'acide oléique comme biopesticide à l'égard de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae), Utilisation de deux substrats : le Niébé et le Pois-chiche. Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou.

**Aoues, K., Boutoumi H. Et Benriam A., (2017)** .État Phytosanitaire du Blé Dur Locale Stocké En Algérie. Revue Agrobiologia, 7(1) : 286-296.

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

**Appert J., 1985.** Le stockage des produits vivriers et semenciers. Ed. Maisonneuve et Larousse, Paris, Pp. 123-225.

**Arthur F.H., 2000-** Impact of accumulated food on survival of *Tribolium castaneum* on concrete treated with cyfluthrin wettable powder. J. Stored Prod. Res., 36: 15-23.

**Astuti L., Mudjiono G., Rasminah S. et Rahardjo B., 2013.** Influence of temperature and humidity on the population growth of *Rhyzopertha dominica* F. (Coleoptera, Bostrichidae) on milled rice. Journal of entomology, 10- 86 – 94p.

**Avasthy, P.N. (1962).** Biological control of the insect pest of sugarcane. Indian sugar 12 : 345-358.

**Aziri, F., 2015.** Activité biologique des poudres des feuilles de deux plantes le myrte (*Myrtus communis* L.) et le laurier rose (*Nerium oleander* L.) sur la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* Say. (Coleoptera: Bruchidae). Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

**Balachowsky A., et Mensil L., 1936.** Les insectes nuisibles aux plantes cultivées leurs destruction. Ed. Etablissement Busson, Paris, T.II, III, pp :1722-1724.

**Balachowsky A. 1962.** Entomologie appliquée à l'agriculture, Tome I. les Coléoptères. Ed. Masson et Cie éditeurs, Paris. VIème. 494p.

**Balachowsky A.S., (1962):** Entomologie appliquée à l'agriculture, les coléoptères Tome 1. Edition Masson et Cie, Paris , 547p.

**Balachowsky A. S., 1962.** Entomologie appliquée à l'agriculture, Tome 1. Volume 1 : Coléoptères. Ed. Masson et Cie, Paris, T.I, vol 1, 564p.

**Bataille A., Anton M., Mollat F., Bobe M., Bonneau C., Caramaniam MN., Geraut G. & Dupas D., 1985.** Respiratory allergies among symptomatic bakers and pastry cooks: initial results of a prevalence study. (French). Allergie et immunologie. 27 (1): 7-10.

**Bailey P.T., 2007.** Pests of Field Crops and Pastures: Identification and Control. Australia, Csiro Publishing, 528 p.

**Bell C.H. 1975.** Effects of temperature and humidity on development of four pyralid moth pests on stored products. J. Stored Prod. Res. 11: 167–175.

**Bellaoucha, W et Saidi, A., 2020.** Activité biocide de l'extrait méthanolique de *Melia azedarach* vis-à-vis *Tribolium castaneum* (Coléoptère : Tenebrionidae). UNIVERSITE SAAD DAHLAB BLIDA.

**Ben Amri, L et Mallaoui, H., 2022.** Effet biocide de l'huile essentielle du basilic (*Ocimum basilicum* L.) sur les adultes du tribolium du figuier (*Tribolium castaneum* H.) (Coleoptera : Tenebrionidae). Université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou.

**Ben Belkacem, Y., 2021.** Action biocide de trois huiles végétales sur les paramètres biologiques de *Callosobruchus maculatus* ( Coleoptera : Bruchidae). Université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou.

**Benlameur, Z. (2016).** Les ravageurs des denrées stockées et leur impact sur la santé humaine, Thèse de doctorat, Sciences Agronomiques, Ecole National Supérieur Agronomique El- Harrache Alger. 185p

**Berhaut et al., (2003).** Stockage et conservation des grains à la ferme (qualitéstockage), stockage à la ferme, (arvalis – institut du végétal) et jean-pierre criaud (grceta de l'evereucin), ARVALIS - institut du végétal.

**Bonnemaison L. (1962).** Les ennemis animaux des plantes cultivées et des forêts. Ed.SEP, Paris. 503 p.

**Boughezraouene, D., 2022.** Effet biocide de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* L. à l'égard des adultes de la bruche chinoise *Callosobruchus chinensis* L. (Coleoptera : Chrysomelidae). Université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou.

**Boukhatem, M.N., Ferhat,A.,Kameli,A .2019.** Méthodes d'extraction et distillation des huiles essentielles : Revue de littérature. Revue agrobiologia.9(2).Pp1653-1659.

**Bruneton J.1999.** Pharmacognosie, Phytochimie plantes médicinales 2ème édition. Technique et documentation. Lavoisier. Pp385-623.

**Black,P.,1997.** The fkllore and cosmetic use of various salvia species, chapitre one, ed white house, uk.

**Bunga, R., 2018.** JAHE (*Zingiber officinale*.) Status Teknologi Hasil Penelitian JAHE. Ed : Miftahudin and Efiana. (158): pp 04-05-06.

**Cadapan, E.P. (1998).** Trichogramma mass production in the Philippines. Rev.Appl. Ent.77(5) : 3-43.

**Camara, A. (2009).** Lutte contre *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera:Curculionidae) Et *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en Basse-Guinée et l'utilisation des huiles essentielles végétales. Thèse de doctorat : sciences de l'environnement. Montréal : Université du Québec à Montréal, 154p.

**Caswell, G.H.(1961).** The infestation of cowpeas in the Western region of Nigeria. Tropical Science, 3(4): 154-158.

**Carlos J.S. 2006.** Exposition humaine aux pesticides-Un facteur de risque pour le suicide au Brésil. Ed.Vertigo., Rev.science de l'environ, Brésil., 18p.

**Chabi, A.A et Kheffache, F., 2022.** Extraction des huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* et *Allium sativum* : Activité antioxydante et effet sur le charançon du riz (*Sitophilus oryzae* : Coleoptera Curculionidae) ravageur des denrées stockées. Université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou.

**Chabni, S et Belabbas, A., 2022.** Activité insecticide des huiles essentielles de la sauge officinale (*Salvia officinalis* L.) et la menthe poivrée (*Mentha piperita* L.) à l'égard des adultes de la bruche chinoise *Callosobruchus chinensis* L. (Coleoptera : Chrysomelidae). Université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou.

**Chaintreau, A., Joulai, D., Marin, C., Schmidt, C. O., VEY,M.2003.** Quantification of fragrance compound suspected to cause skin reactions. J Agric.Food. Chem. 51.Pp398-403

**Chanbang Y., Arthur F.H., Wilde G.E., Throne J.E., 2007.** Efficacy of diatomaceous earth to control *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae), Journal of stored products research, 26(7), 923 – 929 p.

**Chaouadi, Z et Smaili, S., 2017.** Caractérisation physico-chimique de l'huile d'olive de la variété « Chemlal » et étude de son activité biologique à l'égard de deux insectes ravageurs des grains stockés, *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrychidae) et *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). Université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou.

**Chavan. PD., Yeshbir Singh, Singh .SP. 1997.** Croissance et développement de *Callosobruchus chinensis* sur des lignées de niébé. Journal indien d'entomologie, 59(3):304-310 ; 8 réf

**Chebini, F et Amichi, K., 2021.** Extraction des huiles essentielles de menthe poivrée (*Mentha piperita*) et *Eucalyptus globulus* : Etude des structures scétrices et effet sur les adultes de *Tribolium castaneum* (Coleoptera ; tenebrinoïdae). Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou.

**Chenni, M. (2016).** Etude comparative de la composition chimique et de l'activité Biologique de l'huile essentielle des feuilles du basilic *Ocimum basilicum* extraite parhydro-distillation. Thèse de doctorat en sciences : Chimie moléculaire. Université d'Oran. Ahmed ben Bella, 135p

**Christine B., 2001.** Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux, guide pratique .2<sup>ème</sup> Edition .PP124-154.

**Chu-Yau, Tu-Menping and Cheng-Wenyi. (1994).** Effect of photoperiodism on the larval development, adult emergence and fecundity of the rice moth, *Corcyra cephalonica* (Stain.) (Galleriidae: Lepidoptera) at constant temperature. Ent. Abst. 25(6): 74.

**Cimanga K, Kambu K, Tona L, Apers S, de Bruyne T, Hermans N, Totte J, Pieters L et. Vlietinck A.J. 2002.** Correlation between chemical composition and antibacterial activity of essential oils of some. Colin W.W. in Taylor & Francis. Ed. London and New York. pp: 10-16.

**Cipola C., Lugo G., Sassi C., Belisario A., Nucci MC., Palermo A., Pascaroli MA., Nobile M. & Raffi GB., 1996.** A new risk of occupational disease: allergic rhinoconjunctivitis in persons working with beneficial arthropods. Insect. Arch. Occup. Environ Health. 68 : 133-135.

**Couic-Marinier, F., Lobstein, A. 2013.** Composition chimique des huiles essentielles. Actualités Pharmaceutiques. 52(525). Pp22-25.

**Cruz J.F., Hounhouigan D.J., Fleurat-Lessard F., 2016.** La conservation des grains après récolte : Agriculture tropicales en poche. France, Quae, 256p.

**Cruz J.F, Troude F., 1988.** Conservation des Grains en Régions Chaudes « Techniques Rurales en Afrique ». 2<sup>ème</sup> éd. France, CEEMAT, 548 p.

**Cruz, J., et Allal, M. (1986).** Le stockage du grain. (OIT - WEP, 1986, 140 p.) CHAPITRE III. STOCKAGE AU NIVEAU VILLAGEOIS  
<https://agritrop.cirad.fr/375845/>.

**Cuperus G.W, R.T Noyes, W.S Fargo, B. L Clary, D.C Arnold, and K Anderson. 1990.** Management practices in a high-risk stored-wheat system in Oklahoma. Am. Entomol. 36: 129-134.

**Dabrie, C ; Niango, Ba, M ;Sanon,A., (2008).** Effects of crushed fresh *Cleome viscosa* L. (Capparaceae) plants on the cowpea storage pest, *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera: Bruchidae). International Journal of Pest Management, 54 (4), 319-326.

**Dajoz R., (2002)** : Dictionnaire l'entomologie, anatomie, systématique, biologie. 6ème édition P 169-170.

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

**Dave A., Colin J., Demianyk P.G., Fields D.S., Jayas J.T.M., William E.M., Blaine T.,Noel D.G.W., 2001.** Protection des céréales, des oléagineux et des légumineuses à grain Entreposés à la ferme contre les insectes, les acariens et les moisissures. ( éd. rev (Manitoba) Canada. 59 p

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

**Delobel A., et Trans, M., 1993.** Les coléoptères des denrées entreposées dans les régions chaudes .Ed.Orstom Paris, 424p.

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

**Delobel A. et Tran M., 1993.** Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chauds, Faune tropicale XXXII. Paris. 103-106 p.

**Derbazi, K. (2020).** Lutte contre les ravageurs des stocks, Master Ecophysiologie.

**Djaouti M., (2010)** Renforcement des capacités des acteurs de la filière céréale en Algérie dans le cadre d'un partenariat Nord-Sud. Cas de la wilaya de Sétif. Thèse. Mast of Sciences.CIHEAM- Montpellier, 120 P .

**Djermoun A. (2009)** La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. Revue Nature et Technologie.1:45-53

**Doud C.W, Phillips T.W. 2000.** Activity of *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) in and around flour mills. Journal of Economic Entomology, 93(6): 1842-1847.

**Doumendji A., Doumandji S., Doumandji B. (2003).** Cours de technologie des céréales technologie de transformation des blés et problèmes dus aux insectes au stockage. Office des Publications Universitaires, 1-22p.

**Doumandji, S., 1981.** Biologie et écologie de la pyrale des caroubes dans l'Algérie *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lépidoptère, Pyralidae). Thèse de doctorat. Univ. Pierre et Marie Curie. Parie. 145p.

**Doumandji, S., 1978.** Contribution à l'étude biologique de la pyrale des caroubes, *Ectomyelois ceratoniae*. Extrait des comptes rendus des journées du CERAG.12p.

**Drosso Sonate, J. 2002.**Composition chimique des huiles essentielles extraite de plantes aromatiques de la zone soudanienne du burkina faso : valorisation Université Ouagadougou.12 .P264.

**Elbrense, H., El Husseiny, I., Abo El makarem, H., Abo Arab, R. and El Kholy,S., 2022.** Insecticidal, Antifeedant and repellent efficacy of certain essential oils against adult rust-red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal Biology* 2022, 11(1), 3.

**El-Miziani I., Lhaloui S., El Bouhssini M., Dahanr ., Lamiri A., Gaboun F.,Abbad Amdaloussi F. 2016.** Etude des dégâts qualitatifs et quantitatifs dus aux Bruches sur les légumineuses au Maroc. *Revue Marocaine de protection des plantes* N° 9: 83-99.

**Elnajjar, A., 2022.** Activité insecticide de l'association de trois huiles essentielles de *Mentha piperita*, *Lavandula spica* et *Ocimum basilicum* à l'égard d'un ravageur de stock *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera : Silvanidae). Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

**Elzghari, M., 1969.** Elevage de la teigne de la farine *Anagasta kuehniella* Zeller et utilisation de la ponte comme nourriture de coccinelle prédatrices. *Al-Awamia*,33, p. 25-43.

**Enan E., 2001.** Insecticidal activity of essential oils: octopaminergic sites of action. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C* .130(3),325

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

**Fasulo, T. R., and M. A. Knox. 2004.** Indianmeal moth, *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). Fact Sheet EENY-026. University of Florida, Gainesville.

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

**Fekart, F et Seddiki, S., 2016.** Analyse physico-chimique et étude de l'activité biologique de l'huile d'olive de Tizi-Rached sur la bruche de niébé *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae). Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou.

**Fleurrat – Leussard (1982) :** Autres méthodes de lutte contre les insectes et acariens des denrées stockées. Coed. AFNOR. I.T.C.F. Paris pp : 67 – 81.

**Fleurrat-Lessard F., 2015-** Détermination des facteurs de transfert des résidus de pesticides des céréales traitées aux produits transformés par une approche expérimentale a priori, 2ème rencontres techniques du RMT QUASAPROVE à Paris - 16 juin 2011 Journée séminaire : Evaluation et gestion des insectes et des résidus pesticides dans les grains stockés après récolte.

**Fleurrat – Leussard F. (1980) :** Enquête sur l'état sanitaire des stocks de grains en France. Deuxième partie : Les résultats, bulletin technique d'information du ministère de l'agriculture, N° 349, 271 – 280.

**Fletcher.D.S,Classey.E.W .,**The Moths of Borneo: Family Pyralidae, subfamilies Phycitinae and Galleriinae",1979.,Southdene Sdn.Bhd.,ISBN : 978-0-86098-007-4

**Gacem M.A., 2011.** Contribution à l'étude de l'activité antifongique et antimycotoxinogène des extraits méthanolique et aqueux des graines de *Citrullus colocynthis* sur la croissance de quelque moisissure d'altération de blé tendre stocké. En vue de l'obtention du Diplôme de Magister en biologie. Université Kasdi Merbah- Ouargla, 149p.

**Garnero M.J.1977.** Problèmes rencontrés au cours de l'étude de la composition chimique des huiles essentielles. In Parfumes cosmétiques aromes.14.Pp 31-40.

**Geerts P. Toussaint A. Mergeai G. et Baudoin j. P., 2011.** Phaseolus immature embryo rescue technology. Methods In Molecular biology clifton, pp 117-129.

**Georgen G. -1999** -Rapport d'identification N° 3/99 ; International Institute of Tropical Agriculture : plant health Management Division, Cotonou' Republic of Benin. 6p.

**Glitho I.A., (1990):** Les Bruchidae ravageurs de *Vigna unguiculata* en zone guinéenne: Analyse de la diapause reproductrice chez les mâles de *Bruchidius atrolineatus* Pic. Thèse de Doctorat, Université François Rabelais, Tours, 100p.

**Glitho I.A, Ketoh K.G., Nuto P.Y., Amevoin S.K., Huignard I., 2008.** Approches non toxiques et non polluantes pour le contrôle des populations d'insectes nuisibles en Afrique du Centre et de l'Ouest.Ch.9. In :Regnault Roger C, Philogène BJR, Vincent C, Biopesticides d'Origine Végétale. 2éd, Paris, Lavoisier, TEC & DOC, 550p.

**Goix J., 1986.** Défense des cultures. Phytoma. November 1986. PP 48-49. Labeyrie V. 1962. Les *Acanthoscelides obtectus*. In : Entomologie Appliquée à l'Agriculture. Ed. A.S. Balachowsky. T1, Masson. Paris, pp. 469-484.

**Goix J. 1986.** La bruche du haricot. Phytoma382: 48-49.

**Gretia., 2009.** Etat des lieux des connaissances sur les invertébrés continentaux des pays de la Loire; bilan final. Rapport Gretia pour le conseil Régional des pays de la Loire .396p

**Gueye A. C, Diome T, Thiaw C, et Sembene M, (2011).** Évolution des paramètres biodémographiques des populations de *Tribolium castaneum* H.(Coleoptera, Tenebrionidae) inféodé dans le mil (*Pennisetum glaucum* Leek) et le maïs(*Zea mays* L.). Journal of Applied Biosciences, Vol : 90:8355– 8360.

**Guzman.E., Lucia, A. 2021.**Essential oils and their individual components in cosmetic products. Enzo Berardesca.8.p114.

**Gwinner J., Harnisch R. et Muck O. ( 1996)** Manuel sur la manutention et la consommation des graines après récolte. Ed.GTZ. Eschborn. R.F.A, pp : 159-183.125

**Habbi, K et Lounnas, L., 2021.** Activité insecticide des huiles essentielles de la menthe poivrée et de la sauge officinale sur la bruche chinoise (*Callosobruchus chinensis* L.) (Coleoptera : Chrysomelidae). Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou.

**Hadjou, S et Lazri, C., 2023.** Extraction des huiles essentielles du thym d'Algerie (*Thymus algeriensis*) et l'organ (*Origanum floribundum*) et évaluation de leurs bio activités vis-vis des adultes de tribolium (*Tribolium confusum*) (Coleoptera :Ténébrionidae). Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou.

**Hagstrum D.W., Phillips T.W., Cuperus G., 2012.**Stored Product Protection, K-State Research and Extension.Kansas, 358p.

**Hami M., Taibi F. & Soltani-Mazouni N. 2004.** Toxicité comparée de quelques mimétiques de l'hormone de mue à l'égard des chrysalides d'*Ephestia kuehniella*. Euro Mediterranean Workshop on Animal Ecology. 22-24.

**Hami, M., Taibi, F., Smaghe, G., & Soltani-Mazouni, N. (2005).** Comparative Toxicity Of Three Ecdysone Agonist Insecticides Against The Mediterranean Flour Moth. Comm.Appl.Sci. Ghent University. 70 (4): 767-773

**Hamidouche, S., 2021.** Activité de deux huiles essentielles sur un insecte ravageur des denrées stockées : *Tribolium confusum* (Coleoptera ; Tenebrionidae). Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou.

**Hammoutene, L et Ben ouarab, M., 2022.** Biologie et sensibilité du silvain dentelé *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera : Silvanidae) à l'égard de l'association de trois huiles essentielles. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.

**Hemwimon, S., Pavasant, P. et Shotiprux, A. 2007.** Microwave assisted extraction of antioxidative anthraquinones from roots of *Morinda Citrifolia*. Separation and Purification Technology. 54(1). Pp 44-50.

**Hansen, L. S., Jensen, K. M. V., & Hansen, J. R. (2012).** Ozone for control of stored grain insects. In Integrated Protection of Stored Products (pp. 247-258). Springer, Dordrecht.

**Hernandez-ochoa I.R. 2005.** Substitution de solvants et matières actives de synthèse par combiné « Solvant/ Actif ». D'origine végétale. Thèse de Doctorat de l'Institut National Polytechniques de Toulouse. France.

**Hill D.S., 2003.** Pests of Storage Foodstuffs and Their Control. Institute of Biodiversity and Environmental Conservation, Universiti Malaysia Sarawak, Malaysia Kluwer Academic Publishers, New York, p453.

**Hoffmann. A. 1945 :** Bruchides (Faune de France, T.44,).

**Howe R. W., 1956.** The biology of the two common storage species of *Oryzaephilus* (Coleoptera: Cucujidae). Ann. Appl. Biol., 44(2): 341-355.

**Huchet J.B., 2016.** Le Coléoptère, la Graine et l'Archéologue : Approche archéoentomologie des principaux ravageurs des denrées stockées. Plantes, produits végétaux et ravageurs Actes des X<sup>e</sup> Rencontre d'Archéobotanique, les Eyzies de Tayac, pp. 17-42.

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

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

**Idi A. 1994.** Suivi de l'évolution de la population des bruches (*Bruchidus atrolineatus* F., Coleoptera: Bruchidae) et de leurs parasitoïdes (*Dinarmus basalis* Rond, Hymenoptera: Pteromalidae; *Eupelmus vuilleti* CRW, Hymenoptera: Eupelmidae; *Uscana lariophaga*, Hymenoptera: Tricogrammatidae) dans les systèmes de stockage traditionnel de niébé (*Vigna unguiculata* Walp.) au Niger. Thèse Doc. Univ. Niamey, Niger. 100p

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

**Isman M.B, 2005.** Botanical insecticides, deterrents and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annu. Rev. Entomol, N° 51, pp.45-66.

**Jacob., T.A., & Cox., P.D. (1977).** The Influence of Temperature and Humidity on the Life-Cycle of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). Journal of Stored Products Research. (13): 107-118.

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

**Jerraya, A. (2003)** Principaux nuisibles des plantes cultivées et des denrées stockées en Afrique du Nord : Leur biologie, leurs ennemis naturels, leurs dégâts et leur contrôle Ed climat pub, tunis, 415p.

**Josée B et Bernard E., 2006.** Lutter contre les insectes nuisibles en agriculture biologique : intervenir en harmonie face à la complexité. Société de protection des plantes du Québec (SPPQ) Volume 87, numéro 2, 83–90 pp.

**Kara K., 2015.** Interactions génotype-milieu de variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) sous stress hydrique. Thèse de Doctorat en Sciences biologiques et sciences agronomiques, Univ. Des Frères Mentouri Constantine, Algérie, 171p.

**Karahaçane T., (2015).** Activité insecticide des extraits de quelques plantes cultivées et spontanées sur les insectes du blé en post récolte. Thèse. Doctorat. Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El Harrach, 136.

**Kechaoui, L et Mekdoud, S., 2022.** Effet biocide de deux huiles essentielles de la lavande (*Lavandula stoechas*) et de l'eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) à l'égard de deux insectes ravageurs secondaire de blé *Tribolium castaneum* et *Sitophilus granarius*. Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou.

**Keïta S.M. et al., 2001.** Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *O.gratissimum* L. applied as an insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae). J. Stored Prod. Res., 37, 339-349.

**Kellou R. (2008)** Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréaliers français dans le cadre du pôle de compétitivité Quali- Méditerranée. Le cas des coopératives Sud Céréales. Groupe. Coopératif. Occitan et aude coop. Thèse. Mast. C.I.H.E.A.M. I.A.M. Montpellier. France, pp : 47-48.

**Kellouche A. et Soltani N. (2004)** - Activité biologique des poudres de cinq plantes et de l'huile essentielle d'une d'entre elles sur *Collosobruchus maculatus* (F.), International Journal of Tropical Insect Science vol.24, N°1, pp. 184-191.

**Kellouche A., 1987.** Relation parasites entre *Lariophagus distinguendus* Forster et *Chaetospila elegans* Westwood (Hymenoptera: Pteromalidae) et les ravageurs des denrées stockées: *Sitophilus oryzae* (L) et *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera : Curculionidae et Bostrychidae). Thèse de Doctorat de troisième cycle en Ecologie. Université Paul Sabatier Toulouse: 14 – 19.

**Kermiche, F., 2017.** Evaluation de l'effet insecticide de deux huiles essentielles formulées (*Thymus palleescens* Noé et *Artemisia herba alba* Asso) sur les adultes *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) et *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae). Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.

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

**Khelil M.A. 1977.** Influence de la chaleur utilisée comme moyen de lutte contre la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera : Bruchidae) sur les différents états et stades de développement. Thèse d'Ingénieur en Agronomie, INA., 77p.

**Khellaf, A et Kermiche, A., 2020.** Les insectes ravageurs des denrées stockées. Université des Frères Mentouri Constantine.

**Koehler p. G., et Pereira A. (1994).** Léser Grain Borer. *R. dominica* (Coleoptera :Tenebrionidae).146p.

**Kranz J., Schmutierer H., Khoch W., 1977.** Diseases Pest and Weed intropical crops. V. Parey. Berlin., 666p.

**Kumar R., 2017.** Insect Pests of Stored Grain. Apple Academic Press Inc., Oakville.

**Kyprianou M., 2008-** modification du règlement (CE) n°396/2005 du Parlement européen et du Conseil pour y ajouter les annexes II, III et IV fixant les limites maximales applicables aux résidus des produits figurant à son annexe I, Journal officiel de l'Union européenne, Bruxelles. L. against Ectomyeloid ceratoniae Zeller and *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera:Pyralidae), Journal of Stored Products Research 46: 242-247.

**Labeyrie V., 1962.** Les Acanthoscelides, Entomologie appliquée à l'agriculture  
Références bibliographiques In: Balachowski T(I), Ed Masson publ. Paris, pp : 469-484.

**Lamboni, Y ; Hell, K., 2009:** Propagation of mycotoxigenic fungi in maize stores by postharvest insects. International Journal of Tropical Insect Science, 29 (1)

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

**Lepesme P., 1944.** Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés. Ed. Paul le chevalier, Paris 335p.

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

**Lepesme (1994)** Editeur : P. Lechevalier, Paris (vel), Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés. Page 174 à 177.

**Logstaff, R. S., & Evans, D. E. (1983).** Low temperature treatment of stored products for insect control. In Stored products pests (pp. 151-164). Springer, Boston, MA.

**Longstaff B.C., 1981.** (Coleoptera: Curculionidae): a critical review. *Protection ecology*, 2, 83-130.

**Lord, J.C., Campbell, J.F., Sedlacek, J.D. and Vail, P.V., 2007** Application and evaluation of entomopathogens for managing insects in stored products. In: *Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology*. Book (Eds.), pp. 677–693.

**Loshiavo S.R., 1976** - Effect of the synthetic regulators methoprene and hydroprene on survival, development or reproduction of six species of stored-product insects. *J. Economic Entomol.*, 60: 395-99.

**Lucchesi, M. L. 2005.** Thèse sur : Extraction sans solvant assistée par Microondes conception et application à l'extraction des huiles essentielles, université de la Réunion, France.

**Mahroof R.M., Hagstrum D.W., 2012.** Biology, behavior, and ecology of insects in processed commodities. In: Hagstrum, D.W., Phillips, T.W., Cuperus, G. (Eds.), *Stored Product Protection*. Kansas State University, Manhattan, KS, pp:33-44.

**Mallah N.A., Sakhito H.A., Kousar T., Kubar W.A., Shah Z.H., 2016.** Susceptibilité de différentes variétés de fruits de palmiers dattiers stockés infestés par le cucujide des grains de scie, *Oryzaephilus surinamensis* L. (1758) dans des conditions de laboratoire. *J. Entomol. Zool. Goujon*. 4(6):438-443.

**Mallamaire A. (1965).** Les insectes nuisibles aux semences et aux denrées entreposées au Sénégal. Congrès de la protection des cultures tropicales-compte rendu des travaux. Chambre de commerce de l'industrie de Marseille, France ; 85-92.

**Mamadou, L.O., 2020.** Identification et caractérisation génétique d'un lépidoptère : *Corcyra cephalonica* (Stainton), Pyralidae, inféodé aux stocks de grains de mil (*Pennisetum glaucum* (Brown)) et de riz (*Oryza sativa* (L., 1753)) dans le centre du bassin arachidier et le delta du fleuve Sénégal. UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR.

**Mason L., Mc Donough M., 2012.** Biology, Behavior, and Ecology of Stored Grain and Legume Insects. *Ecology of Storage Systems*, 1-1.

**Maughan N., 2012.** Evolution biologique et modélisation, *Cephalonomia tarsalis* en zones urbaines insecte. *Insecte.*, 164 (1) : 21-23.

**McClurkin J.D., & Maier D.E., 2010.** Ozone treatment effects on microbial count on maize. 10th International Working Conference on Stored Product Protection, pp:548-552.

**Momar et al, 2012** : Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale : synthèse bibliographique, Biotechnol. Agron. Soc. Environ

**Moussi, T., 2017.** Utilisation de la poudre végétal du Romarin, Eucalyptus, Marrube et des micro-ondes dans cadre de la lutte contre *Tribolium confusum* . Université M'Hamed Bouguera , 10p.

**Mukendi et al. J. Appl. Biosci. 2016** Dégâts des bruches sur le pouvoir germinatif des graines de quatre variétés de Niébé infesté pendant 60 jours à Ngandajika Journal of Applied Biosciences 98 :9323 – 9329 ISSN 1997–5902.

**Multon j. L., 1982.** Conservation et stockage des grains et produits dérivés ; céréale, oléagineux, protéagineux, aliments pour animaux. Volume 1. Technique et Documentation (Lavoisier). PP : 394-397.

**Multon J.L., 1982.** Conservation et Stockage Des Grains et Graines et Produits Derivés : Céréales, oléagineux, protéagineux, aliments pour animaux. Technique & Documentation Lavoisier, Paris, 576p.

**Muthukrishnan N., Venugopal M.S., Ilamurougu K. and Janarthanan R. (1996).** Recycling of spent larval food of *Corcyra cephalonica* for fuel gas production. Rev. Agril. Ent. 85(12): 14-18.

**Nansen C, Phillips T.W. 2004.** Attractancy and toxicity of an attracticide for the Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) J Econ Entomol. 97:703–710.

**Navarro S., Noyes R.T., 2001.** The Mechanics and Physics of Modern Grain Aeration Management. USA. CRC Press. 672 p.

**Neethirajan S., Karunakaran C., Jayas D.S., et White N.D.J., 2007.** Detection techniques for stored-product insects in grain. Food Control 18(2), 157-162 p.

**Nexi A., Barra P. et Etcheverry M. (2011)** Integrated management of insect vectors of *Aspergillus flavus* in stored maize. Using synthetic antioxidants and natural phytochemicals. Journal of stored products Research. 47.231-237

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

**Ouedraogo P.A., 1991.** Le déterminisme du polymorphisme imaginal chez *Callosobruchus maculatus* (FAB.) coléoptère Bruchidae. Importance des facteurs climatiques sur l'évolution des populations de ce bruchidae dans un système expérimental de stockage de graines de *Vigna unguiculata* (walp.). Présenté à la faculté des sciences et techniques de l'université nationale de Cote d'Ivoire. Docteur d'état Es Sciences. 215.

**Ouedraogo PA., 1978.** Etude de quelques aspects de la biologie de la reproduction de *Callosobruchus maculatus* et influence des facteurs externes stimulants (Plante hôte et copulation) sur l'activité reproductrice femelle. Thèse de Doctorat 3ème cycle, Univ. de Toulouse. 101 p.

**Ouedraogo, A.P., Sou, S., Sanon, A., Monge, J.P., Huignard, J., Tran, M.D. & Credland, P.F., 1996.** Influence of temperature and humidity on population of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) and its parasitoid *Dinarmus basilis* (Hymenoptera: Pteromalidae) in two zones of Burkina Faso. Bulletin of Entomological Research. Vol. 86 : 695 – 702.

**Ouis, N. 2015.** Étude chimique et biologique des huiles essentielles de coriandre, de fenouil et de persil, Diss. Thèse de doctorat. Université Ahmed Ben Bella-Oran, Alger..

**Ounas, L et Slimani, N., 2022.** Activité biologique de deux huiles essentielles de la menthe poivrée (*Mentha piperita*) et de la marjolaine (*Origanum majorana*) sur *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera : Bostrychidae). Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou.

**Ozer M., 1953.** Etude anatomique et biologique d'*Ephestia kuehniella* Z. La teigne des farines. Comportement de ponte et alimentation des chenilles. Inst. National de la Recherche Agronomique. Paris.

**Pandir, D., Sahingoz, R., & Ercan, F. S. (2013).** Mediterranean Flour Moth *Ephestia Kuehniella* eggs And Larvae Exposed To A Static Magnetic Field And Preference By Trichogramma Embryophagum. Biocontrol Science and Technology, 23 (12):1402-1411. DIO:10.1080/09583157.2013.835789

**Paris, R. R., Moyse, H. 1967..** Pharmacognosie spéciale spermaphytes (suite): angiospermes monocotyledones - dicotyledones - apétales et dialypétales./ collection de précis de pharmacie Masson et Cieedit. Matière médicale - Tome II.p 511

**Pakyari, H., Amir-Maafi, M., Moghadamfar, Z., & Zalucki, M. (2018).** Estimating Development And Temperature Thresholds Of *Ephestia Kuehniella*: Toward Improving A Mass Production System. Bulletin of Entomologica 109 (5): 2069- 2073. DIO:10.1093/jee/tow190.

**Parr M.J., Tran B.M.D., Simmonds M.S.J., Credland P.F., 1998.** Duration of behaviour patterns during oviposition by the bruchid beetle *Callosobruchus maculatus*. *Physiological Entomology*, 23 : 150-157.

**Paulian R., 1988.** Biologie des coléoptères. Le Chevalier, Paris, 710 p.

**Pavela, R., zabka, M., Vrchotová, N., Tříška, J. 2018.** Effect of foliar nutrition on the essential oil yield of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Industrail Crops and products* .112. pp 762-765.

<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.01.012>.

**Perveen F. (2012).** *Sitotroga cerealella* and *Corcyra cephalonica*. [www.iaees.org/publications/journals/---/role-of-temperature-and-hosts-sit](http://www.iaees.org/publications/journals/---/role-of-temperature-and-hosts-sit). Fletcher.D.S, Classey.E.W., The Moths of Borneo: Family Pyralidae, subfamilies Phycitinae and Galleriinae", 1979.,Southdene Sdn.Bhd.,ISBN : 978-0-86098-007-4.

**Piochon, M. 2008.** Etude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore Laurentienne: composition chimique, activités pharmacologiques et hémi-synthèse. Mémoire de maîtrise. Université du Québec à Chicoutimi, Canada. P200.

**Potter C. (1935).** The biology and distribution of *Rhyzopertha dominica* (Fab.). *Transactions and proceedings of the society*, 83: 449-482.

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

**Pruthi, H. S., Singh, M., 1950.** Pests of stored grain and their control. Special number. *Indian journal of Agricultural Science*. 1-52 p.

**Rahman M.M., Islam W., Ahmad K.N., 2009.**Functional response of the predator *Xylocoris flavipes* to three stored product insect pests.*International Journal of Agriculture and Biology*, 11,316-320.

**Ranum, P., Pena-Rosas., J.P. & Garcia-Casal M.N. (2014)** Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 105-1126.

**Rees D., 2007.** *Insects of stored grain : a pocket reference*, 2nd ed, CSIRO Publishing Australia, 77p.

- Rees, D. 2003.** Insects of Stored Products. CSIRO Publishing, London.
- Rees D., 2004.** Insects of Stored Products. Manson Publishing, London. Sinha, R.N., 1971. Multiplication of some stored-product insects on varieties of wheat, oats, and barley. J. Econ. Entomol., 64:98-102.
- Regnault-Roger C., 2002.** De nouveaux phyto-insecticides pour le troisième millénaire ? In : Philogène B.J.R, Regnault-Roger C. & Vincent C., coord. Biopesticides d'origine végétale. Paris : Lavoisier-Éditions Tec & Doc, 19-39.
- Robert, G., Foottit., Peter, H., 2009.** Insect biodiversity, John Wiley & Sons. 327p.
- Roger D., 2002.** Les coléoptères carabidés et ténébrionidés : écologie et biologie. Ed. Lavoisier, Paris. 154.
- Roudane, W., 2018.** Activité insecticide de l'huile essentielle du Bigaradie (*Citrus aurantium* L.) à l'égard de la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Chrysomelidae : Bruchinae). Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
- Sadli, K., 2017.** Etude de l'activité insecticide de l'huile essentielle du pin maritime (*Pinus pinaster* L.) sur la bruche du haricot commun *Acanthoscelides obtectus* Say 1830 (Coleoptera: Chrysomelidae : Bruchinae). Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou
- Sahitou H.A., Mallah N.M., Kousar T., Kubar W. A., Shah Z.H., Jatoi F.A., et Mangrio W.M., 2017.** Life table parameters of saw-toothed grain beetle, *Oryzaephilus surinamensis* L.,(1758) on different varieties of stored date palm fruits infested under laboratory conditions. J.Entomol. Zool. Studi., 5(1):95-99.
- Salim, H. A., Mahdi, M .H., Zedan, D. A. Sand Rosoki, B.O ., 2019.** Insecticidal and repellent activities of five plant extracts against stored grain pes *Tribolium confusum* (Jacquelin du duval), 1868 (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of Physics: Conference Series 1294 (2019) 092034.p7.
- Sawamura, M.2009.** Citrus essential oils: flavor and fragrance, Groupe de recherche en eco-extraction de produits naturels, Ed. de l'Université d'Avignon.
- Scotti G., 1978.** Les insectes et les acariens des céréales stockées. Ed. AFNORI. T.F.C.221p.
- Scotti G., 1988.** Les insectes et les acariens des céréales stockées. Co. Ed. Afnor- I. T. F., 238p.

**Seck D., Sidebe B., Habrudgue E. et Casparch G., 1991.** La protection chimique des stocks de niébé et de maïs contre les insectes au Sénégal. Med. Fac. Univ. Landboww. Rijikuniv. Gent. 56 13. Pp : 1225-1233.

**Sedira,F., Ramdani L., 2018.** Activité répulsive et larvicide de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* sur *plodia interponctella* et *Ephestia Kuehniella*, deux espèces ravageurs des denrées stockées en vue de l'obtention du diplôme de MASTER en : Sciences Biologiques Université Larbi Tébessi.

**Sedlacek JD., Weston PA. & Barney RJ. 1995.** Lépidoptères et psocoptères. Dans «Gestion intégrée des insectes dans les produits stockés» (Bh. Subramanyam et DW Hagstrum, Eds.). Marcel Dekker., Inc, New York. 40-70.

**Sinha R.N., et Watters F.L., 1985.** Insectes nuisibles des minoteries, des silos-élevateurs, des usines à provendes et méthodes de désinfection. Edition Agriculture, Canada, 311p. Shipton W.A., Khan T.N., et Boyd W.J.R., 1973. Net blotch of barley. Rev. Plan.

**Shaaya E., Kostjukovski M., Eilberg J. & Sukprakarn C. (1997).** Plants oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. Journal of Stored Products Research, 33 (1) : 7-15.

**Shepard, HH (1994).** Insectes infestant les aliments stockés.

**Soltani-Mazouni, N., Hami, M., & Gramdi, H. (2012).** Sublethal Effects Of Methoxyfenozone On Reproduction Of The Mediterranean Flour Moth, *Ephestia Kuehniella* Zeller. Invertebrate Reproduction & Development, 56 (2): 157-163.  
DIO.10.1080/07924259.2011.582695

**Soltner D. (1990)** Les grandes productions végétales : céréales, plantes sarclées.

**Spichiger, R.E., Jeanmonod, D.2002.** Botanique systématique des plantes à fleurs : une approche phylogénétique nouvelle des angiospermes des régions tempérés et tropicales. PPUR presses polytechniques et Universitaires Romandes. P413.

**Steffan J.R., 1978 .**Description et Biologie des insectes in **Scotti G., 1978.** Les insectes et les acariens des céréales stockées. Ed. AFNOR et I.T.F.C., Paris, pp. 1-62.

**Syahri dan T. Thamrin. 2012.** Tinjauan Perbaikan Teknologi Pasca Panen Padi untuk Menekan Serangan Serangga Hama Gudang. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Sumatera Selatan.

- Taffar, A., 2022.** Effets d'un biopesticide l'Azadirachtine, sur la reproduction d'un Lépidoptère ravageur des denrées stockées *Ephestia kuehniella*. Université BADJI MOKHTAR Annaba.
- Taibi, F. (2007).** Etude Comparée Du Développement Et De La Reproduction Chez Deux Ravageurs Des Denrées Stockées *Ephestia Kuehniella* Et *Tenebrio Molitor*. Aspect Endocrinien En Rapport Avec L'impact D'un Mimétique De L'hormone De Mue, Le RH0345. Thèse de Doctorat. Université d'Annaba .Algérie.
- Taleb-Toudert, K ., 2015.** Extraction et caractérisation des huiles essentielles de dix plantes aromatiques provenant de la région de Kabylie (Nord Algérien) Evaluation de leurs effets sur la bruche du niébé *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae).Thèse présentée pour l'obtention du Diplôme de Doctorat en Sciences biologiques Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou.
- Tarlack P., Mehrkhou F. & Mousavi M. 2014.** Life history and fecundity rate of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) on different wheat flour varieties. Arch.Phytopathol Plant Prot. 48 (1): 95-103.
- Taponjou L.A., Adler C., Bouda H., Fontem D.A., 2002.** Efficacy of powder and essential oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectants against six-stored product beetles. Journal of Stored Products Research, 38,395-402.
- Thomas R. Fasulo et Marie A. Knox. 1998** Département d'entomologie et de nématologie, Université de Floride Photographies : Lyle Buss, Département d'entomologie et de nématologie, Université de Floride Conception Web : Kay .
- Throne J.E., Doehlertb D.C., McMullen M.S., 2003.** Susceptibility of commercial oat cultivars to *Cryptolestes pusillus* and *Oryzaephilus surinamensis*. J. Stored Prod. Res., 39:213-223.
- Tiwari B.K., Brennan C.S.,Curran T.,Gallagher E.,Cullen P.J.,&Donnell C.P.O.,2010.** Application of ozone in grain processing, Journal of Cereal Science.,51(3): 248-255.
- Tinkichet, L., 2023.** Etude de l'activité bioinsecticide des huiles essentielles de l'ail (*Allium Sativum*), de la cannelle (*Cinnamomum Cassia*) et de gingembre (*Zingiber officinale*) à l'égard de *Tribolium confusum* (Coleoptera : Tenebrionidae). Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou.
- Trematerra P. & Gentile P. 2010.** Five years of mass trapping of *Ephestia kuehniella* Zeller: a component of IPM in a flour mill. J. Appl. Entomol. 134: 149-156.

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

**Upadhyay R.K., Ahmad S., 2011.** Management Strategies for Control of Stored Grain Insect Pests in Farmer Stores and Public Ware Houses. World Journal of Agricultural Sciences.7(5), 527-549.

**Vayssiere, P., Mimeur J. (1925).** Etudes et mémoires sur quelques insectes nuisibles au cotonnier. *Corcyra cephalonica* (Stainton, Pyralidae). Vol. 13, n°93, p.113-116.

**Venkatrao S. 1960.** Effect of insect infestation on stored field bean (*Dolchos lablab*) and black gram *Phaseolus mungo*. The United Nations University Press, Food and Nutrition

**Vieira V., Tavares J. & Daumal L. 1992.** Influence des températures alternées sur le développement larvaire d'*Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). Açoreana. 7 (3): 471-477.

**Vilardebo, A. (1946, 1 janvier).** Etude préliminaire des parasites des bananes séchées en provenance de la Côte.

**Volnet .1980.** L'aromathérapie : Traitement des maladies par les essences des plantes. Le livre de poche .paris, Maloine.p542.

**Waongo A., Yamkoulga M., Dabir-Binso C. L., Ba M. N., and Sanon A., 2013.** Conservation post récolte des céréales en zone sud-saoudienne du Burkina Faso : Perception paysanne et évaluation des stocks. Int. J. Biol. Chem. Sci., 7 (3) : 1157-1167.

**Williams P., et Amos T.G., 1974-** Some effects of synthetic juvenile hormones and hormone analogues on *Tribolium castaneum*. Aust. J. Zool., 22: 147-53.

**Yeve de luca (E.N.A.M.C),1954 :** Chef de travaux au Laboratoire de Zoologie Ecole Nationale d'Agriculture de Maison-Carrée. oil from *Mentha arvensis* L. to control storage moulds and insects in stored chickpea. J. Sci. Food Agric. 89 : 2643-2649p.

**Yezli-Touiker S., Soltani-Mazouni N., Kirane-Amrani L., Soltani N. 2016.** Delayed effects of caproptil on the mediterranean flour moth: reproductive events, of ovaries. Biochemical composition and molting hormone contents of ovaries. Fresenius Environ. Bull. 25 (4): 1190-1205.

**Zekri, F. (2016).** Contribution à l'étude Des propriétés insecticides du Laurier Noble, *Laurus Nobilis* L. (Lauraceae), sur un insecte ravageur de denrées stockées, *Ephestia Kuchniella* (Lepidoptera, Pyralidae). Mémoire de master. Université de Les frères Mentouri. Constantine.

**Zeller PC., 1879.** Lepidopterologische Bemerkungen. Entomologische Zeitung herausgegeben von dem entomologischen vereine zu Stettin. 40: 462-473.



**Résumé:**

Cette étude bibliographique a porté sur les effets des huiles essentielles dans la lutte contre plusieurs insectes ravageurs des denrées stockées, tels que *Tribolium castaneum*, *Callosobruchus maculatus*, *Rhyzopertha dominica*, *Ephestia*

*kuehniella* et *Corcyra cephalonica*...etc. Chaque espèce est examinée quant à ses habitudes alimentaires, ses cycles de vie et ses préférences de stockage. Il discute des implications pratiques de l'utilisation des huiles essentielles comme alternative aux insecticides

chimiques dans la préservation des denrées stockées, en soulignant les avantages potentiels en termes de durabilité, de sécurité alimentaire et de réduction des résidus chimiques dans l'environnement et les produits alimentaires.

Enfin, les méthodes d'application des huiles essentielles, telles que la fumigation, l'application directe et l'encapsulation, sont évaluées pour leur efficacité.

**Mots-clés:** *Ravageurs*, Denrées stockées, huiles essentielles, Lutte, insecticides.

**Abstract:**

This thesis study focuses on the effects of essential oils in combating several stored food pests, such as *Tribolium castaneum*, *Callosobruchus maculatus*, *Rhyzopertha dominica*, *Ephestia kuehniella*, and *Corcyra cephalonica*... Each species is examined regarding their feeding habits, life cycles, and storage preferences. It discusses the practical implications of using essential oils as alternatives to chemical insecticides in preserving stored food, emphasizing potential benefits in terms of sustainability, food safety, and reduction of chemical residues in the environment and food products. Finally, methods of applying essential oils, including fumigation, direct application, and encapsulation, are evaluated for their effectiveness.

**Keywords:** *Pests*, Stored food, essential oils, control, insecticides.