

UNIVERSITÉ BLIDA 1

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie



THESE DE DOCTORAT

En Sciences agronomiques

Thème

**AMELIORATION DES TECHNIQUES DE STOCKAGE DU BLE POUR
LA PRESERVATION CONTRE LES ATTAQUES DE QUELQUES
DEPREDATEURS DES STOCKS**

Karima AOUES

Soutenu le 15-05-2018 devant le jury composé de:

L. ALLAL	Professeur	U. BLIDA1	Président
A. BENRIMA	Professeur	U. BLIDA1	Directrice de thèse
H. BOUTOUMI	Professeur	U. BLIDA1	Co-directeur de thèse
L.BENDIFALLAH	Maitre de conférences A	U. BOUMERDES	Examineur
Z.BISSAD	Maitre de conférences A	U. BOUMERDES	Examineur
F.BOUNACEUR	Professeur	U.TIARET	Examineur

Blida, 2018

RESUME

Le blé représente un ingrédient principal dans l'alimentation traditionnelle Algérienne. Le stockage et la conservation demeurent les seules conditions assurant la disponibilité quasi permanente de cette denrée. Cependant, des infestations dues aux insectes y sont constatées très souvent dans des conditions défavorables, entraînant une baisse de la qualité.

L'objectif primaire de cette recherche est d'évaluer l'abondance et la diversité des insectes et des acariens dans le blé dur stocké en Algérie. Les échantillons de grains de blé dur ont été collectés au niveau de silos métalliques de douze wilayas du nord de l'Algérie. L'identification des arthropodes est réalisée sous loupe binoculaire. L'étude a révélé des taux d'infestations différents en fonction des localités. Les insectes présents au niveau des silos appartiennent à l'ordre des Lépidoptères, des Coléoptères et des Hyménoptères. Les Coléoptères majoritaires sont représentés par cinq familles avec une dominance des: *Sitophilus oryzae* et *Rhizopertha dominica*. Les Lépidoptères et les Hyménoptères sont représentés respectivement par une seule famille.

Les stratégies de lutte ont été essentiellement chimiques. Cependant, compte tenu des nuisances associées à l'utilisation des pesticides ; la recherche d'alternatives s'impose. Nos travaux se sont intéressés à la valorisation de l'huile essentielle et l'extrait aqueux de la menthe poivrée *Mentha piperita*, à la fois comme fumigant et comme bio-insecticides de contact contre deux prédateurs de produits stockés d'importance économique; *Sitophilus oryzae* et *Tribolium castaneum*. Les essais ont été menés au laboratoire à 28 ± 2 C° et $60 \pm 5\%$ de HR. L'huile essentielle de *Mentha piperita* est obtenue par hydro-distillation avec un rendement de 1,72%. L'extrait aqueux est obtenu par macération de la poudre de *Mentha piperita* dans l'eau distillée. L'huile essentielle manifeste une toxicité plus supérieure par inhalation que par contact. Le Capucin s'est montré plus sensible aux traitements que le *tribolium*. L'extrait aqueux a induit une faible efficacité temporaire au premier jour seulement, dû principalement à son effet de choc. La seconde alternative de la lutte chimique adoptée lors de notre expérimentation est le stockage en épi. Les résultats montrent la présence d'une différence significative du facteur fraction (épi et grain) et variété (BOUSSALEM, CHEN'S, VITRON) sur la descendance de *Sitophilus oryzae* et *Rhizopertha dominica*. Le plus grand nombre de la descendance est enregistré au niveau des échantillons de blé en grain pour l'ensemble des variétés. Le dosage et l'identification de deux phytomicronutriments présents dans les enveloppes d'épi a révélé une richesse en polyphénols et en huile végétale (rendement 3% et 0.8%). La chromatographie liquide à haute performance a enregistré la présence de 22 composés polyphénoliques. La chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse a identifié trois composés Linoléate de méthyl, Oleate de méthyl, Palmitoleate de méthyl. L'extrait des polyphénols et de l'huile végétale des enveloppes d'épi a révélé une activité répulsive et anti appétante contre *S.oryzae* et *R.dominica* avec les différentes doses.

Mots clé : blé, bio pesticide, post-récolte, ravageurs des stocks, épi

Abstract

Wheat is a main ingredient in the traditional Algerian diet. Storage and preservation remain the only condition ensuring the almost permanent availability of this commodity. However, infestations due to insects are very often found under adverse conditions, leading to a decline in quality.

The primary objective of this research is to evaluate the abundance and diversity of insects and mites in durum wheat stored in Algeria. Durum wheat samples were collected at the metal silos of twelve Wilayas in northern Algeria. The identification of arthropods is performed under a binocular magnifier. The study revealed different rates of infestation depending on localities. The insects present in the silos belong to the order of Lepidoptera, Coleoptera and Hymenoptera. Majority Coleoptera are represented by five families dominated by *Sitophilus oryzae* and *Rhyzopertha dominica*. Lepidoptera and Hymenoptera are represented by one family respectively

The control strategies were essentially chemical. However, given the nuisance associated with the use of pesticides; the search for alternatives is essential. Our work focused on the valorization of the essential oil and the aqueous extract of peppermint *Mentha piperita*, both as a fumigant and as bio-insecticides of contact against two predators of economically important products *Sitophilus oryzae* and *Tribolium castaneum*. The tests were conducted in the laboratory at 28 ± 2 ° C and $60 \pm 5\%$ RH. The essential oil of *Mentha piperita* is obtained by hydro-distillation with a yield of 1.72%. The aqueous extract is obtained by maceration of the *Mentha piperita* powder in distilled water. The essential oil shows a higher toxicity by inhalation than by contact. *Rhyzopertha dominica* was more sensitive to treatment than *tribolium*. The aqueous extract induced a low temporary efficiency in the first day only, due mainly to its shock effect.

The second alternative of the chemical control adopted during our experimentation is storage on the cob. The results show the presence of a significant difference in the fraction factor (ear and grain) and variety (BOUSSALEM CHEN'S VITRON) on the offspring of *Sitophilus oryzae* and *Rhyzopertha dominica*. Most of the offspring are recorded at the grain-wheat samples for all varieties. The assay and identification of two phytomicronutrients present in the ear shells revealed a high content of polyphenols and vegetable oil (yield 3% and 0.8%). High performance liquid chromatography recorded the presence of 22 polyphenolic compounds. Gas Chromatography coupled with mass spectrometry identified three compounds Linoleate methyl, Oleate methyl, Palmitoleate methyl. The extract of the polyphenols and the vegetable oil of the ear shells revealed a repulsive and anti-appetizing activity against *S.oryzae* and *R.dominica* with the different doses.

Key words: wheat, bio pesticide, post-harvest, stock pest, ear.

ملخص

يعد القمح مقوما رئيسا في تغذية الجزائريين التقليدية بما في ذلك الكسكسي، الخبز، العجائن والبسكويت. يبقى التخزين والصيانة الشرطان الوحيدان لضمان الجاهزية الشبه التامة لهذا الغذاء، غير انه غالبا ما لوحظ تسرب الحشرات في ظروف غير ملائمة مما يتسبب تدني الجودة.

الهدف الأولي لهذا البحث هو قياس وفرة وتنوع (اختلاف) الحشرات و القراديات في القمح المخزن في الجزائر. جمعنا عينات من القمح الصلب على مستوى مطمورات حديدية في طول و عرض اثني عشر ولاية بشمال الجزائر. تم التحقق من هويات مفصليات الأرجل عن طريق المكبر ذو المنظارين. كشفت الدراسة أن تسرب الطفيليات كان تبعا للمكان. تنتسب الحشرات المكتشفة في المطمورة إلى حشريات الأجنحة، مغمادات الأجنحة و غشائيات الأجنحة. الحشرات من صنف مغمادات الأجنحة كانت ممثلة في خمس اسر. أما حشريات الأجنحة و غشائيات الأجنحة غي ممثلة بأسرة واحدة على الترتيب.

اعتمدت إستراتيجية مكافحة هذه الآفة على المواد الكيماوية، لكن نظرا للمتاعب الناجمة عن استعمال المبيدات فان البحث عن طرائق أخرى صارت من الأهمية بمكان، وعليه سعت دراستنا إلى الاهتمام بتثمين الزيوت الأساسية و المستخلص المائي للنعناع المتبل بصفتيهما كمدخن من جهة، وكمبيد بيولوجي من جهة أخرى ضد نوعين من المفترسين للغلال المخزنة ذات الأهمية الاقتصادية: *Sitophilus oryzae* و *Tribolium castaneum*. وقد أجريت التجارب في المخبر تحت درجة حرارة $28 \pm 2^\circ \text{C}$ و $5 \pm 60^\circ \text{C}$ بالمائة من الرطوبة وقد استخلص الزيت الأساسي *Mentha piperita* عن طريق التقطير المائي بمردود 1.72 بالمائة وقد حصل على المستخلص المائي بسحق بودرة *Mentha piperita* في الماء المقطر.

اظهرت حساسية اكبر عن طريق الاستنشاق مقارنة بالتماس كما اظهر *Rhyzopertha* حساسية اكبر عند العلاج مقارنة بـ *Tribolium*

اما بالنسبة للمستخلص المائي فقد ثبت عنه فعالية ضعيفة و مؤقتة عند اليوم الأول نتيجة لوقوع الصدمة

. أما المبادرة التالية للعلاج الكيماوي الذي اعتمدناه أثناء تجربتنا فهو التخزين بالسنابل وقد كانت النتائج وجود فارق واضح لعامل الكسر (السنبلة و الحبة) فضلا عن النوعية (بوسالمشن فيترون) على سلالة *Sitophilus oryzae* و *Rhyzopertha dominica*.

كما سجل اكبر عدد للسلالة على مستوى عينات القمح بالنسبة لاسائر الاصناف

وقد ثبتت من عيارية وهوية *Phytomicronutriments* الموجودة في غلاف السنابل وفرة في البولي فينول و الزيوت النباتية (مردودية 3 و 0,8 بالمائة). الكروماتوغرافيا السائلة ذات الفعالية القصوى سجلت وجود 22 مركبا فينوليا

اما عن الكروماتوغرافيا في الطور الغازي المزودة السبكترومترية فقد سجلت هي الأخرى ثلاث مركبات : لينولات الميثيلية، اوليات المتيل و بالميتوليات المتيل

مستخلص البولي فينول و الزيوت النباتية لأغلفة السنابل سجلت نشاطا طاردا و مضادا ضد *Sitophilus oryzae* و *Rhyzopertha dominica* بمختلف التراكيز

الكلمات المفتاحية: القمح، مبيد بيولوجي، ما بعد الحصاد، قوارض مخزون الغلال، سنبلة

REMERCIEMENTS

**Soyons reconnaissants aux personnes qui nous donnent du bonheur ;
elles sont les charmants jardiniers par qui nos âmes sont fleuries.**

Marcel PROUST

La thèse a représenté pour moi une période de vie à la fois intense et enrichissante, et ce en grande partie grâce aux personnes que j'ai côtoyé, qui m'ont soutenue et écoutée.

Tout d'abord remerciement et Louange à ALLAH, Tout Puissant, Seigneur des Mondes qui m'a accordé la santé, le courage et la force pour la réalisation et la finition de ce travail.

Mes remerciements s'adressent en premier lieu à ma directrice de thèses Pr BENRIMA A., sans elle cette thèse n'existerait pas; de part son soutien, persévérance et rigueur sans relâche durant ces années de thèse, nous avons pu ensemble mener ce projet à son terme. Pr BENRIMA merci pour votre disponibilité, votre sensibilité aux contextes personnels à travers lesquels tes étudiants tentent d'atteindre tous les objectifs d'un doctorat, merci pour ton ouverture à nos caractères et à notre touche propres en recherche, merci pour la liberté que tu nous laisses en nous témoignant votre confiance dans notre travail. Cette confiance et cette liberté *qui, à mon avis, a laissé spontanément faire ressortir le meilleur de nous-même dans notre travail.* Merci de reconnaître nos efforts et nos difficultés. Merci pour la relation que nous avons pu développer depuis mon entrée en magister.

Mes profonds respects, toute ma gratitude et ma reconnaissance vont à mon co-directeur de thèse Pr BOUTOUMI H. pour son bon encadrement, son aide précieuse et sa disponibilité tout au long de ma recherche. Je tiens à le remercier particulièrement pour m'avoir fait confiance en m'ouvrant les portes de son laboratoire et en ayant mis à ma disposition tous les moyens nécessaires pour la réalisation de ce travail. En un mot, c'était un honneur pour moi de travailler avec vous.

Qu'il me soit permis de remercier madame le Pr ALLAL L. d'avoir voulu m'honorer par sa présence en présidant ce jury et d'examiner ce travail qu'elle veuille bien trouver l'assurance de mon profond respect.

J'adresse mes sincères remerciements à Mme le Dr BISSAD Z. et Docteur BENDIFALLAH L. de l'université de BOUMERDES, qui ont très aimablement accepté de participer à ce jury, qu'elles veuillent bien croire en mes sentiments respectueux.

J'adresse mes remerciements au Pr BOUNACEUR F. de l'université de TIARET, d'avoir accepté d'examiner ce travail et d'avoir répondu positivement à cette invitation. Je souhaite qu'il trouve ici l'expression de mes sincères remerciements.

Je renouvelle ma gratitude à mes chères enseignantes, professeur Benrima A. ,Pr ALLal L., Pr Djazouli Z.E. ,Dr Nebih D. , Dr Haroun , Pr BENCHABANE et Mme le professeur KRIMI Z., pour leur formation et pour m'avoir conseillé et guidée le long de mes années d'étude.

Je tiens à témoigner tout particulièrement ma sympathie à Mr BOUAMRANE M. pour ses qualités humaines, sa patience; pour ses aides et pour sa disponibilité pendant l'expérimentation, ainsi que tout le personnel du laboratoire de l'institut national spécialisé en industrie agro-alimentaire de Sidi Abdelkader à Blida qui étaient toujours disponible.

Un très grand merci pour mes étudiants Bouksiret lotfi, Bellala salahedine et Zineb, Bahlouli Soumia, Abderrahim Chanez et M^{elle}. Achour Dallal Marwa.

Enfin, les mots les plus simples étant les plus forts, j'adresse toute mon affection à ma famille, et en particulier à mes parents qui m'ont fait comprendre que la vie n'est pas faite que des problèmes qu'on pourrait résoudre grâce à des formules mathématiques. Leur confiance, leur tendresse, leur amour me portent et me guident tous les jours. Merci pour avoir fait de moi ce que je suis aujourd'hui. A mon mari et mes enfants que je ne remerciais jamais autant pour leurs sacrifices et leurs compréhensions. Pardonnez-moi Yacine et Zakaria pour tous les plats que vous avez demandé et que je n'ai pas pu les réaliser par faute de temps; pardonnez-moi ma fille Belkis pour tous les larmes tombés à cause de de mon éloignement pour les séminaires et les stages. Est-ce un bon endroit pour dire ce genre de choses? Je n'en connais en tous cas pas de mauvais. Je vous aime.

Nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Enfin, merci à toutes ces insectes (Sitophilus, Tribolium, Rhizophretha...) utilisées à des fins scientifiques, sans elles rien ne seraient possible. En plus, elles ne se sont jamais plaintes de quoi que ce soit...elles ont été formidables.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail, à mes très chers parents en témoignage de l'amour, du respect et de ma profonde et éternelle gratitude que je leurs porte et ma reconnaissance pour leur soutien,

A mon mari Sidali, que je ne le remercierai jamais assez, pour son soutien toute au long de ma post graduation

A mes enfants Yacine, Zakaria, Younes et Belkiss

A ma belle mère

A toute la famille AOUES et RAMDANE.

TABLE DES MATIERES

Résumés	002
Introduction	014
Synthèse Bibliographique.	017
Chapitre 1: Généralités sur le blé	018
Chapitre 2: Principaux ravageurs des céréales.	035
Chapitre 3: Méthodes de lutte contre les insectes du blé.	058
Chapitre 4: Matériel et méthodes.	087
Chapitre 5: Résultats.	086
Chapitre 6: Discussion.	109
Conclusion générale.	128
Références bibliographiques	134

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1	Classification du blé dur	019
Tableau 1.2	Compositions chimiques des pailles de blé relevées dans la littérature (en % de Matière Sèche)	022
Tableau 1.3	Composition des différentes parties du grain.	024
Tableau 1.4	Distribution histologique des métabolites primaires du grain de blé.	025
Tableau 1.5	Nature et teneur des composés phénolique dans le grain de blé.	028
Tableau 3.1	Quelques caractéristiques des insecticides de synthèse et d'insecticides naturels.	067
Tableau 4.1	Conditions opératoires de HPLC	083
Tableau 4.2	Conditions opératoires de CG/MS	084
Tableau 5.1	Principales espèces d'insectes rencontrées dans les silos.	088
Tableau 5.2	Propriétés organoleptiques des huiles essentielles de <i>Mentha piperita</i> L.	092
Tableau 5.3	Analyse de variance de l'évolution de la descendance <i>Sitophilus oryzae</i> en fonction de la fraction et de la variété (GLM).	100
Tableau 5.4	Analyse de variance de l'évolution de la descendance <i>Rhizopertha dominica</i> en fonction de la fraction et de la variété (GLM)	101
Tableau 5.5	Propriétés des polyphénols des enveloppes des épis de la variété Vitron	102
Tableau 5.6	Les temps de rétention des composés phénoliques de l'enveloppe d'épi.	103
Tableau 5.7	Propriétés de l'huile végétale des enveloppes des épis de la variété Vitron.	104
Tableau 5.8	Composés identifiés par le GC/MS.	105

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1	Morphologie, de l'épi, de l'épillet de grain de blé	020
Figure 1.2	Structure anatomique de la paille de blé.	021
Figure 1.3	Coupe d'un grain de blé	023
Figure 1.4	Diagramme de conservation du grain	032
Figure 1.5	Influence des températures sur le développement des ravageurs de denrées.	033
Figure 2.1	cycle évolutif du <i>Sitophilus oryzae</i>	039
Figure 2.2	larve, nymphe et adulte de <i>Rhyzoperta dominica</i>	040
Figure 2.3	Cycle évolutif de <i>Trogoderma granarium</i>	042
Figure 2.4	Cycle évolutif du <i>Tribolium castaneum</i>	044
Figure 2.5	différents états d' <i>Oryzaephilus surinamensis</i>	045
Figure 2.6	Différents états de <i>Sitotroga cerealella</i>	047
Figure 2.7	Différents états d' <i>Ephestia cautella</i>	047
Figure 2.8	différents états de <i>Plodia interpunctella</i> adulte larve, nymphe.	048
Figure 2.9	Images prises au microscope électronique à balayage de certains acariens causant des dommages importants aux denrées entreposées.	051
Figure 4.1	Carte du nord de l'Algérie mettant en évidence les points d'enquête	069
Figure 4.2	<i>Mentha piperita</i>	072
Figure 4.3	Montage d'hydrodistillation avec Clevenger.	074
Figure 4.4	Différents étapes pour la préparation de l'extrait aqueux	075
Figure 4.5	Les épis de blé dur de variété BOUSSALEM.	078
Figure 4.6	Photo représentant les épis de blé dur de variété CHEN'S.	079
Figure 4.7	Les épis de blé dur de la variété VITRON.	079
Figure 4.8	Dosage des polyphénols totaux à partir de l'extrait sec.	082
Figure 4.9	Analyse des lipides par CG/MS.	084
Figure 5.1	Richesses spécifiques d'espèces d'insectes et d'acariens par wilayas.	089
Figure 5.2	Abondance des espèces d'insectes et d'acariens par wilayas.	089
Figure 5.3	Analyse factorielle des correspondances des espèces ravageuses de blé stocké dans les wilayas (AFC)	090
Figure 5.4	Classification ascendante hiérarchique (CAH) des espèces d'insectes	091

	dans les lieux de stockage.	092
Figure 5.5	Pourcentage de mortalité du capucin traité à l'huile essentielle de <i>Mentha piperita</i> par contacte.	092
Figure 5.6	pourcentage de mortalité du capucin traité par l'huile essentielle de <i>Mentha piperita</i> par inhalation.	093
Figure 5.7	Pourcentage de mortalité de capucin traité par l'extrait aqueux de <i>Mentha piperita</i> par contacte.	094
Figure 5.8	Pourcentage de mortalité du <i>Tribolium castaneum</i> traité par l'huile essentielle de <i>Mentha piperita</i> par contacte.	095
Figure 5.9	Pourcentage de mortalité du <i>Tribolium castaneum</i> traité par huile essentielle de <i>Mentha piperita</i> par inhalation.	096
Figure 5.10	pourcentage de mortalité du <i>Tribolium castaneum</i> traité par l'extrait aqueux de <i>Mentha piperita</i> par contacte.	096
Figure 5.11	Pourcentage journalier de mortalité de <i>Rhizopertha domonica</i> traité à l'huile de <i>Mentha piperita</i> par contacte.	097
Figure 5.12	Pourcentage journalier de mortalité de <i>Rhizopertha domonica</i> traité à l'huile de <i>Mentha piperita</i> par inhalation.	097
Figure 5.13	Pourcentage journalier de mortalité de <i>Tribolium castaneum</i> traité à l'huile de <i>Mentha piperita</i> par contacte.	097
Figure 5.14	Pourcentage journalier de mortalité de <i>Tribolium castaneum</i> traité à l'huile de <i>Mentha piperita</i> par inhalation.	097
Figure 5.15	Pourcentage de mortalité de <i>Rhizopertha domonica</i> traité par l'extrait aqueux <i>Mentha piperita</i> par contacte.	098
Figure 5.16	5.16 Pourcentage de mortalité de <i>Tribolium castaneum</i> traité par l'extrait aqueux <i>Mentha piperita</i> par contacte.	098
Figure 5.17	l'efficacité de l'huile essentielle et l'extrait aqueux de <i>Mentha piperita</i> sur le taux de mortalité cumulé (<i>Tribolium</i> , Capucin) en fonction du temps.	098
Figure 5.18	l'efficacité de l'huile essentielle et l'extrait aqueux de <i>Mentha piperita</i> sur le taux de mortalité cumulé en fonction des extraits.	098
Figure 5.19	l'efficacité de l'huile essentielle et l'extrait aqueux de <i>Mentha piperita</i> sur le taux de mortalité cumulé en fonction des doses.	099
Figure 5.20	l'efficacité de l'huile essentielle et l'extrait aqueux de <i>Mentha piperita</i> sur le taux de mortalité cumulé en fonction des espèces.	099
Figure 5.21	Evolution de la descendance de <i>Sitophilus oryzae</i> et <i>Rhizopertha dominica</i> en fonction du temps et des différentes fractions de blé dur	100
Figure 5.22	variation de la descendance de <i>Sitophilus oryzae</i> en fonction de la variété de blé dur.	101
Figure 5.23	variation de la descendance de <i>Sitophilus oryzae</i> en fonction de la fraction (Grains/Epis)	101
Figure 5.24	Variation de la descendance de <i>Rhizopertha dominica</i> en fonction de la variété de blé dur.	102
Figure 5.25	Variation de la descendance de <i>Rhizopertha dominica</i> en fonction de la fraction (Grains/Epis)	102
Figure 5.26	Chromatogramme HPLC de l'extrait méthanolique de la variété Vitron.	104
Figure 5.27	Chromatogramme d'épis de blé de la variété Vitron.	105
Figure 5.28	variation du pourcentage de répulsion de l'extrait phénolique en	

	fonction des espèces.	106
Figure 5.29	variation du pourcentage de répulsion l'extrait phénolique en fonction des doses.	106
Figure 5.30	variation du pourcentage de répulsion de l'huile végétale en fonction des espèces.	107
Figure 5.31	variation du pourcentage de répulsion de l'huile végétale en fonction des doses.	107
Figure 5.32	variation de l'effet anti-appétant de l'extrait phénolique en fonction des doses.	108
Figure 5.33	variation de l'effet anti-appétant de l'extrait phénolique en fonction des espèces d'insectes.	108
Figure 5.34	variation de l'effet anti-appétant de l'huile végétale en fonction des doses.	108
Figure 5.35	variation de l'effet anti-appétant de l'huile végétale en fonction des espèces d'insectes.	108

INTRODUCTION

Les céréales sont considérées comme la base des grandes civilisations et ont constitué l'une des premières activités agricoles, fournissant un moyen d'alimentation régulier, autour duquel l'activité humaine pouvait s'organiser.

En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. Cette caractéristique est perçue d'une manière claire à travers toutes les phases de la filière.

Elle apparaît ainsi comme une spéculation dominante puisque la production des céréales, jachère comprise, occupe environ 80% de la superficie agricole utile (SAU) du pays avec une production annuelle moyenne de l'ordre de 2,7 MT pour la campagne 2017/2018 selon le ministère de l'agriculture.

Les céréales et leurs dérivés épine dorsale du système alimentaire algérien, fournissent plus de 60% de l'apport calorifique et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire par un apport équivalent à 1505,5Kcal/personne/jour, 45,533gr de protéine/personne/j et 5,43gr de lipide/personne/J [2].

Malgré les efforts déployés par l'état Algérien en matière de développement de la céréaliculture, entre autres l'introduction de nouveaux facteurs de production et la tentative de mise en place d'une agriculture technique (intensification), cette dernière reste caractérisée par des variations notables liées au paramètre climatique qu'il est difficile à maîtriser.

En conséquence en cinq décennies d'indépendance, l'Algérie a creusé un écart géant entre les besoins et la production du blé selon une analyse de FOASTAT (service statistique de l'organisation mondiale de l'alimentation et l'agriculture).

Pour subvenir à ces besoins L'état a procédé à des importations de plus en plus massives. C'est ainsi l'Algérie grenier du blé au passé est classé actuellement troisième importateur mondiale de blé après l'Egypte et l'Indonésie [3].

Dans la plupart des cas, la production des céréales est assuré par une seul récolte dans l'année alors que la période de consommation est prolongé toute au long de l'année, d'où la nécessité de stockage.

Plusieurs pays dont l'Algérie cherchent donc actuellement à développer leurs capacités de stockage, afin de constituer de véritables réserves en blé et ainsi se protéger des risques d'approvisionnement.

Cette ambition, qui exige des efforts financiers conséquents, trouve aussi son origine dans la volonté de réduire les pertes qui génèrent des coûts supplémentaires pour l'Etat.

Par ailleurs, la conservation des céréales et leurs produits secondaires sont des problèmes à multiples interrelations, liées à la complexité de l'écosystème post-récolte des grains entreposés [4 ; 5]. Ce système thermodynamique constitue une entité formée d'une part des divers organismes biologiques (grains, microorganismes, insectes, rongeurs, acariens et petit vertébrés) et d'autre part de l'environnement dans lequel ils évoluent. Celui-ci est caractérisé par des facteurs biophysiques en étroites relations (température, humidité relative, teneur en oxygène...) dont les conséquences sont des altérations qualitatives et quantitatives des grains et des produits secondaires [6].

L'Algérie n'échappe pas à ce problème où les dégâts provoqués seulement par les insectes dépassent de loin les 35% en période d'été, (température optimale de développement des insectes) [7].

Face à la menace que constituent les insectes, principaux ravageurs des stocks, les moyens de lutte sont essentiellement articulés dans l'utilisation de pesticides de synthèse. Toutefois, beaucoup de griefs leur sont portés, parmi lesquels les phénomènes de concentration dans les organes vivants, les effets cancérigènes, l'altération organoleptique des produits et surtout l'apparition de souches de ravageurs de plus en plus résistantes [8]. Aussi compte tenu de la réticence des consommateurs à consommer des produits traités aux pesticides, les limites tolérables tendent vers des valeurs infinitésimales [9].

En conséquence, l'objectif affiché à l'heure actuelle est la diminution de la quantité globale de contaminants dans tous les produits. Cet état de choses constitue aujourd'hui une grande préoccupation dans les pays industrialisés. De nombreux pays, notamment ceux de l'Europe et de l'Amérique ont instauré une réglementation stricte vis-à-vis des pesticides afin de limiter leur utilisation. Ceci a entraîné le retrait de nombreux polluants organiques persistants (POP) du secteur de la production alimentaire. Malheureusement, ce n'est pas le cas dans les pays en développement où la réglementation se trouve encore au stade embryonnaire ou inexistant [10].

Une parfaite identification des nuisibles en vue de mener une lutte efficace contre les déprédateurs est primordiale. La première partie de notre partie

expérimentale s'inscrit dans ce cadre, elle consiste à évaluer non seulement l'infestation du blé dur stocké dans les silos de stockage de l'office interprofessionnelle OAIC mais aussi d'établir la diversité des insectes impliqués dans ces infestations.

D'après Regnault-Roger et Philogène [11], les moyens naturels de contrôle constituent des éléments importants de nos systèmes de production. Nous devons continuer à les chercher pour les diffuser.

Ainsi nous tenterons de mettre l'accent au niveau de la deuxième partie expérimentale sur une approche qui prend de l'ampleur au niveau des programmes de recherches et qui est l'utilisation des plantes insecticides. Toute en évaluant l'effet insecticide de l'huile essentielle par contact et par inhalation et de l'extrait aqueux par contact de *mentha pépirta* sur *Sitophilus oryzae* et *Tribolium.castaneum*.

Parmi les méthodes alternatives, le stockage en épis a souvent été pratiqué par les communautés rurales depuis de longues décennies et recommandés par les services de vulgarisations dans plusieurs pays africains. La troisième partie de notre expérimentation a pour objectifs d'évaluer la résistance de l'épi de blé dur à l'attaque de *S.oryzae. et de Rhyzopertha dominica* et le rôle potentiel des polyphénols et des huiles végétale de l'enveloppe de l'épi de blé dur en démontrant L'effet répulsif et antiappétant de ces deux constituants sur ces deux ravageurs primaires.

Afin d'atteindre ces objectifs, outre l'introduction et la conclusion, le manuscrit est structuré en trois parties: la première partie expose une synthèse bibliographique, répartie en trois chapitres. Le premier chapitre met l'accent sur des généralités relatives au grain de blé ainsi que sur les modes de stockages employés en Algérie. Le deuxième chapitre est consacré aux principaux insectes des Céréales Stockées: et le dernier chapitre traite les différents moyens de luttés. La deuxième partie résume le matériel et les méthodes mis en œuvre. La troisième partie regroupe les résultats obtenus suivis des discussion: conclusion.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1 : GENERALITES SUR LE BLE

1. Le blé dur

1.1. Taxonomie

Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des Graminées (voir tableau 1.1). C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscet, constitué d'une graine et de téguments. Les deux espèces les plus cultivées sont le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*) mais il existe de nombreuses autres espèces de *Triticum* qui se différencient par leur degré de ploïdie et par leur nombre de chromosomes (14, 28 ou 42). Le blé dur contient deux génomes AA et BB et 28 chromosomes [12].

Tableau 1.1 : Classification du blé dur [13].

Classification	Blé dur
Règne	<i>Plantae</i> (Règne végétale)
Division	<i>Magnoliophyta</i> (Angiospermes)
Classe	<i>Liliopsida</i> (Monocotylédons)
S/classe	<i>Commelinidae</i>
Ordre	<i>Poale</i>
Famille	<i>Poaceae</i> (Ex Graminées)
S/famille	<i>Triticeae</i>
Tribu	<i>Triticeae</i> (Triticées)
S/tribu	<i>Triticinae</i>
Genre	<i>Triticum</i>
Espèce	<i>Triticum durum</i>

1.2. Morphologie et composition du blé:

Le blé se présente comme une plante herbacée à la feuille assez large, dont la forme peut être caractérisée par les détails suivants: à l'endroit où le limbe se détache de la tige, au sommet de la partie engainante de la feuille, on trouve deux stipules finement poilus ne ceinturant pas totalement la tige et une ligule transparente courte et assez importante, appliqué sur la tige [14].

1.2.1. Appareil racinaire

L'appareil racinaire du blé est de type fasciculé peu développé, en général 55% du poids total des racines se trouvant entre 0 et 25 cm de

profondeur, 17,5 % entre 25 et 50 cm, 14,9% entre 50 et 75cm et 12% au-delà. Dans les terres profondes les racines vont chercher l'eau en profondeur [15].

1.2.2. Tiges et feuilles

Les tiges sont des chaumes, cylindriques, souvent creux par résorption de la moelle centrale. Elles se présentent comme des tubes cannelés, avec de longs et nombreux faisceaux conducteurs de sève. Ces faisceaux sont régulièrement entrecroisés et renferment des fibres à parois épaisses, assurant la solidité de la structure. Les chaumes sont interrompus par des nœuds qui sont une succession de zones d'où émerge une longue feuille, qui d'abord engaine la tige puis s'allonge en un limbe étroit à nervures parallèles [16].

1.2.3. L'Épi

L'épi de blé comporte une tige pleine coudée et étranglée à intervalles réguliers et portant alternativement deux rangées d'épillets [15].

Un épillet regroupe trois fleurs à l'intérieur de deux glumes. Chaque fleur est dépourvue de pétales, et entourée de deux glumelles (pièces écailleuses non colorées). Elle contient trois étamines (pièces mâles), un ovaire surmonté de deux styles plumeux (les pièces femelles). La fleur du blé est dite cléistogame, c'est-à-dire que, le plus souvent, le pollen est relâché avant que les étamines ne sortent de la fleur. Il s'attache alors au stigma, où peut se produire la fécondation [15].(Figure 1.1.)

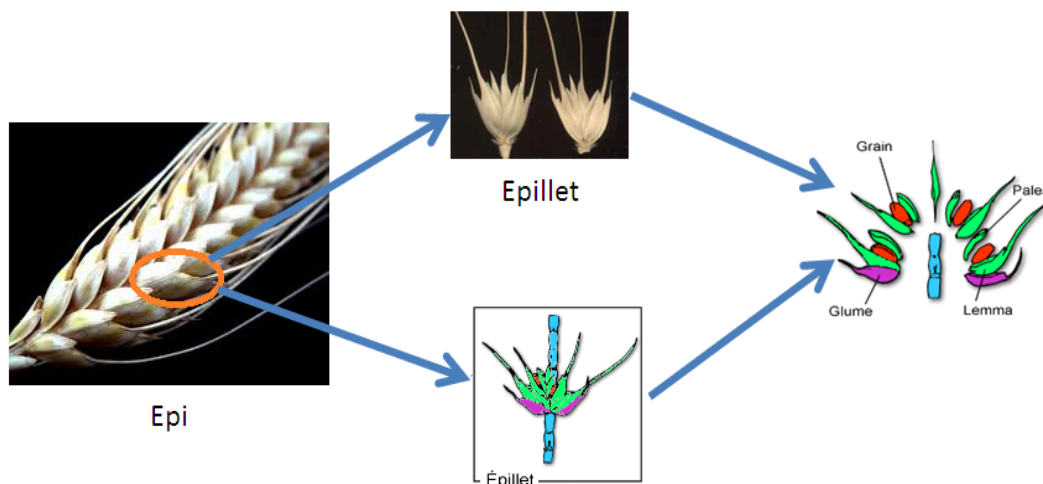


Figure 1.1 : Morphologie, de l'épi, de l'épillet de grain de blé (originale)

1.2.3.1. Composition histologique de l'épi du blé :

L'épi constitue 16% de la masse de la paille selon Harper [17]. Du point de vue histologique, les enveloppes de l'épi comprennent diverses couches : l'épiderme, le sclérenchyme, le parenchyme et les faisceaux de tissus vasculaires inclus dans du parenchyme. Le parenchyme généralement non lignifié, forme le tissu central. Les faisceaux vasculaires incorporés dans ce matériel cellulaire sont composés principalement de cellulose. Le sclérenchyme est un tissu ligneux formant une couche cylindrique de faible épaisseur autour du parenchyme. L'épiderme, riche en cellulose, forme une couche externe relativement résistante, imperméable à l'eau et rigide qui protège les cellules en croissance [18] (figure 1.2) .

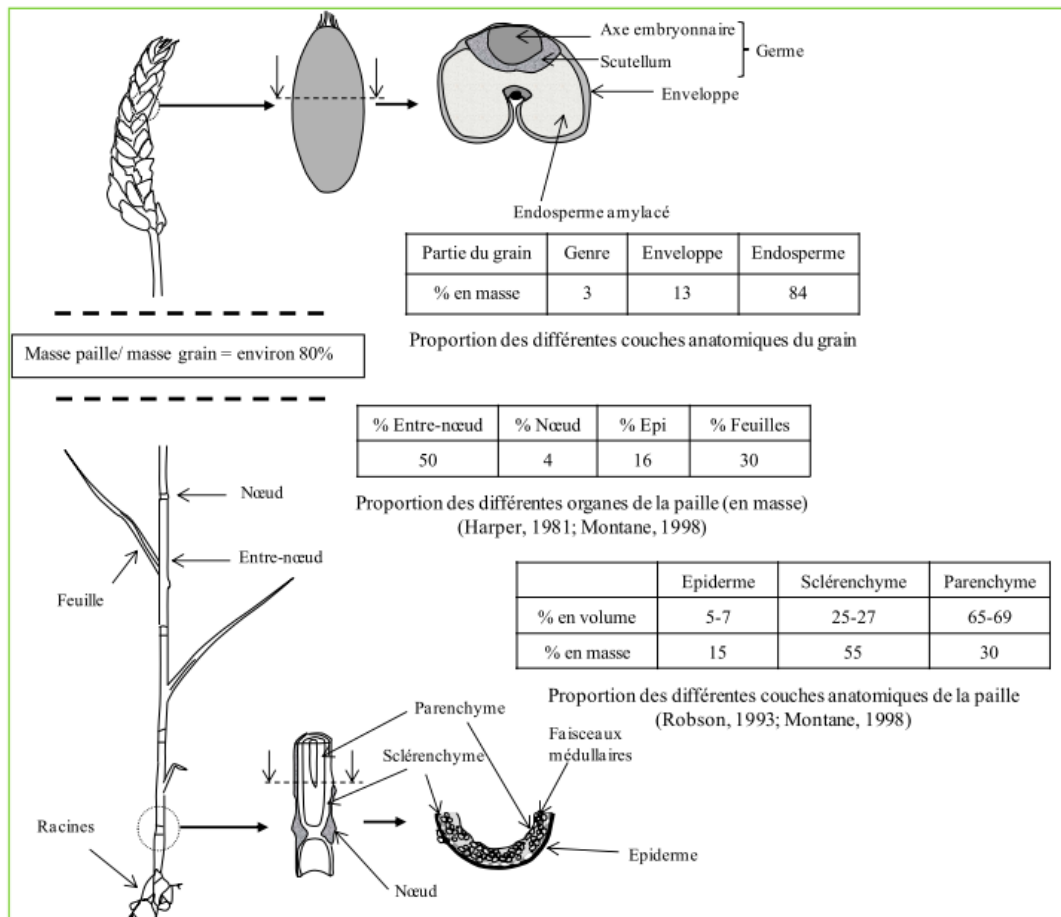


Figure 1.2 : Structure anatomique de la paille de blé [19]

1.2.3.2 . La composition chimique de l'épi du blé:

La composition des enveloppes de l'épi de blé est très variable (Tableau 1.2), d'une part de la variabilité à cause de la matière végétale qui est fonction de la nature du sol, du climat et de l'état de maturité de la plante au

moment de la récolte, et d'autre part, à cause des différentes méthodes d'analyse employées. Cependant, quels que soit les auteurs, la cellulose constitue le composé majoritaire, suivie par les hémicelluloses.

Les minéraux sont présents en plus faible quantité ($\approx 5\%$) et les protéines sont un composé minoritaire. La lignine représente environ 14% de la masse de la matière sèche. De point de vue acides phénoliques La paille de blé dont les enveloppes d'épis font partie contient près de 1% d'acides phénoliques par rapport à la matière sèche, dont 0,48% d'acide férulique et 0,42% d'acide p-coumarique [20]. Leur rôle au sein de la paroi végétale reste mal connu. Ils constituent les précurseurs de la lignine et interviendraient comme inhibiteurs de la dégradation enzymatique des hémicelluloses. Ils auraient aussi un rôle dans la limitation de l'extensibilité des parois cellulaires, en limitant le gonflement des hémicelluloses sous l'effet de l'humidité. Leurs concentrations varient suivant les organes de la plante et sont les plus élevées dans les parties les plus lignifiées [21; 22].

La fraction lipidique est essentiellement contenue dans la cuticule, couche protectrice, attachée aux cellules de l'épiderme. Cette cuticule forme un revêtement relativement mince ($\approx 10 \mu\text{m}$ d'épaisseur) à la surface de la plante. Elle est composée d'un polyester tridimensionnel constitué d'hydroxyacide à longues chaînes (la cutine) enrobé dans un mélange de lipides apolaires (les cires) qui forment une barrière à la diffusion d'eau et d'autres composés. Les cires sont constituées d'esters d'acides gras à longues chaînes (C 18 à C 30), d'hydrocarbures à longues chaînes linéaires (C 21 à C 37), d'alcools, d'aldéhydes, d'acides gras à très longues chaînes ainsi que d'esters d'alcools et d'acides gras à longue chaîne (cérides) [23].

Tableau 1.2: Compositions chimiques des pailles de blé relevées dans la littérature (en % de Matière Sèche)

Références	[17]	[24]	[25]	[26]	[27]	[19]
Hémicelluloses	33,3	28,7	32,6($\pm 2,3$)	34	30,4	31,7(± 1)
Lignine	14,6	12,7	14,1	14,1	17,1	10($\pm 2,2$)
Cellulose	41,8	43	37,8($\pm 0,7$)	38,1	33,7	40,8(± 3)
Protéine	2,6	2,6	1,7	n.d.	n.d.	2,4($\pm 0,4$)
Cendre	7,2	3,2	7,9	6,4	8	5,9 (± 1)
Xylose/Arabinose	5,5	7,6	10,1	n.d.	6,6	7

1.2.4. Le grain de blé

1.2.4.1. Composition histologique

Le grain de blé se compose d'un certain nombre de tissus avec des structures et des compositions spécifiques [28] comme il est illustré dans la figure 1.3.

Le grain de blé est formé de trois parties : l'enveloppe ou le son (13 %), l'albumen (84 %) et le germe (3 %) [15].

- Le son: est composé de plusieurs couches, qui protègent la partie principale du grain [29]. Il est formé de six tissus différents : l'épiderme du nucelle, le tégument séminal ou la testa (enveloppe de la graine), les cellules tubulaires, les cellules croisées, le mésocarpe et l'épicarpe [12].
- L'albumen : est constitué d'albumen amylicé et de couche à aleurone. Dans l'albumen amylicé se trouvent des cellules remplies de granules d'amidon dispersés au milieu d'une matrice protéique et dont les parois cellulosesques sont peu visibles [12].
- Le germe : est l'embryon qui donnera naissance à une future plante. Il est constitué de deux parties, l'axe embryonnaire d'une part, composé de cellules parenchymateuses méristématiques, dont les parois sont fines et non lignifiées, et d'autre part le scutellum (cotylédon), qui fonctionne comme un organe de stockage [30 ; 12].

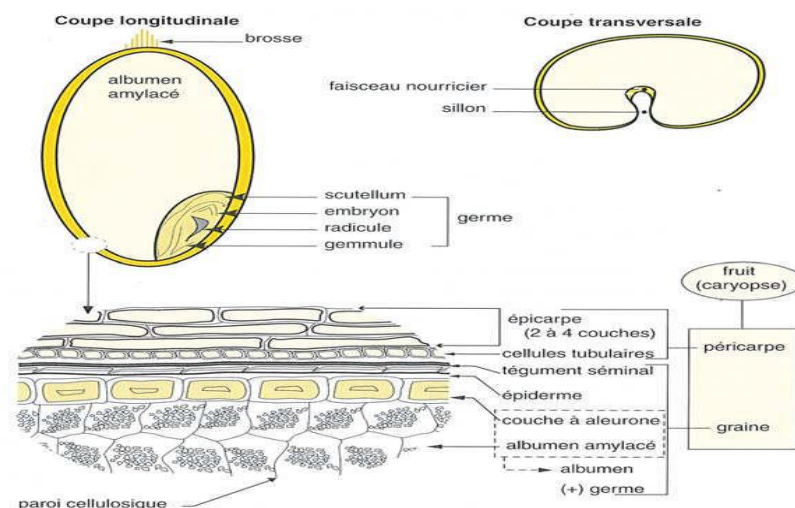


Figure 1.3 : Coupe d'un grain de blé [12].

1.2.4.2. Composition chimique du grain de blé:

Physiologiquement, le grain joue le rôle d'un fruit renfermant une graine ; il doit protéger le germe pendant la période d'attente contre les agressions et nourrir la plantule lors de la germination. Ceci explique d'une part que les grains aient leurs périphéries fermées d'enveloppes sèches et dures, constituées essentiellement de cellulose, d'autre part le cotylédon qui représente 82 à 85% du grain accumule toutes les substances nutritives nécessaires qui sont les glucides, les protéines, les lipides, les substances minérales et les vitamines et des métabolites secondaires [31], tableau 1.3 ; 1.4 ;1.5 et figure 1.3.

Tableau 1.3: Composition des différentes parties du grain. [32]

Partie du grain	% du grain	Composition en pourcentage
Enveloppes	9%	cellulose : $\geq 20\%$.
Assisse protéique	8%	Protide : 20%, lipides : 9%, minéraux : 16% , Vitamines.
Amande ou albumen	80%	Amidon : 72%, protides : $\geq 10\%$
Germe ou embryon	3%	Protide : 26%, lipides : $\geq 10\%$, glucide : 10% Minéraux : 4.5%, vitamines.

Les différents constituants ont une répartition inégale au sein des différentes fractions histologique du grain. L'amidon se trouve en totalité dans l'albumen amylicé, la majeure partie des protéines se trouve dans l'albumen avec un pourcentage de 73,5% alors que le reste est réparti dans le péricarpe, aleurone et germe avec respectivement 4,4 ; 15,3 et 6,8%, les pentosanes sont particulièrement élevées. Les matières minérales et les pentosanes abondent dans la couche à aleurone avec un pourcentage de 43,6 et 43,8% respectivement, alors que l'albumen contient (22,6 et 18,3%), les lipides voisinent ou dépassent les 10% dans le germe et dans la couche à aleurone (tableau 1.4).

La connaissance de la composition chimique du blé donne une idée sur sa valeur nutritionnelle et technologique. Globalement le grain du blé est composé de :

Tableau 1.4: Distribution histologique des métabolites primaires du grain de blé [12]

	Grain		Péricarpe (6%)		Aleurone (7%)		Albumen (84%)		Germe (3%)	
	%G	%T	%G	%T	%G	%T	%G	%T	%G	
Protéine	13,7	10	4,4	30	15,3	12	73,5	31	6,8	
Lipide	2,7	0	0	9	23,6	2	62,9	12	13,5	
Amidon	68,9	0	0	0	0	82	100	0	0	
Sucres réducteurs	2,4	0	0	0	0	1,8	62,7	30	37,3	
pentosane	7,4	43	35,1	46	43,8	1,6	18,3	7	2,9	
Cellulose	2,8	40	87,1	3	7,6	0,1	3,1	2	2,2	
minéraux	1,9	7	22,6	12	43,6	0,5	22,6	6	9,7	

% G = % du constituant dans le grain, % T = % du constituant dans le tissu

1.2.4.2.1 L'eau.

Le pourcentage en eau du blé varie selon la variété et le temps de récolte, il est d'environ 13,5%, ce pourcentage a deux effets différentes ; il permet d'une part une aptitude de stockage à long duré et inhibe d'autre part le développement des micro-organismes notamment les moisissures [33].

1.2.4.2.2. Les glucides

La fraction importante des glucides est représentée par l'amidon d'environ 60 à 70% du grain et ainsi d'autre pentoses et matières cellulosiques [34].

1.2.3.2.3 Les lipides

Le grain de blé est pauvre en lipides, sa teneur en lipides est d'environ 2,7% d'après Feillet, certains types ont un pouvoir moussant et contribuent à la fabrication d'un pain bien enveloppé [34].

1.2.3.2.4. Les minéraux et vitamines

Le blé renferme une grande variation en matière de minéraux à savoir : le potassium (340mg/100g); phosphore (400mg/100g); calcium (45mg/100g); sodium (8mg/100g) [32].

1.2.3.2.5. Les protéines

Les protéines du grain de blé dur sont essentiellement localisées dans l'albumen et la couche à aleurone. Cette teneur est susceptible de varier de la matière sèche, en fonction des variétés, des facteurs climatiques, agronomiques, des conditions physiologiques de développement de la plante, des parties histologiques du grain et de la maturation du grain. La qualité des protéines est un

caractère extrêmement héritable et, seulement une partie est influencée par l'environnement [35].

Les protéines sont à la base de la qualité technologique du blé et de leurs débouchés que ce soit de première transformation (semoule, farine) ou de deuxième transformation (pâtes alimentaires, couscous, pain), ils contribuent à l'expression des caractéristiques culinaires. Elles sont responsables de la qualité des pâtes alimentaires à 87%. Le grain de blé contient entre 10 et 15% de protéines [36]. Ils sont classés suites à leur solubilité en deux classes à savoir : les protéines solubles et les protéines de réserves.

- Les albumines solubles dans l'eau,
- Les globulines solubles dans les solutions salines diluées
- Les gliadines solubles dans une solution eau/éthanol,
- Les gluténines partiellement solubles dans les solutions diluées d'acide et dans certains détergents ou dissociant [37].

1.2.3.2.6. Les fibres alimentaires

Les fibres des céréales sont composées de chaînes glucidiques (polyosides). Elle contient essentiellement la cellulose, les pentosanes et des polymères de xylose et d'arabinose, qui sont étroitement liés aux protéines [29].

1.2.3.2.7 Les polyphénols: (tab. 1.5)

Plusieurs composés phénoliques sont présents dans le grain de blé (Tableau 1.4). Les acides phénoliques sont prédominants dans les céréales [38]. Ils sont divisés en deux sous-groupes. Les uns sont des dérivés d'acide hydroxybenzoïque, qui comprennent les acides vanillique, syringique, p-hydroxybenzoïque et gallique. Les autres sont des dérivés d'acide hydroxycinnamique, qui comprennent les acides férulique, p-coumarique, caféique et sinapique [39 ; 40]. La concentration des acides phénoliques dans le blé entier varie d'environ 200 à 1200 mg / g de matière sèche [41]. L'acide férulique est le principal et le plus abondant acide phénolique dans les grains de blé. Il se localise principalement dans les parties externes du grain. La couche à aleurone et le péricarpe du grain de blé contiennent 98% d'acide férulique total [42]. La composition en acides phénoliques de la couche péricarpe de blé tendre contient plus d'acide férulique dans les deux formes monomères ou polymères que le péricarpe du blé dur [43].

L'acide férulique existe aussi dans la paroi cellulaire du germe, mais la couche scutellum contient un taux plus élevé d'acide phénolique en particulier le dihydrodimère férulate que la couche embryonnaire, alors que la couche hyaline contient principalement une grande quantité des monomères d'acide férulique [44] et des dihydrodiferulates concentrés dans le film gras (péricarpe externe) et les cellules croisées [45], alors que l'acide p-coumarique est localisé principalement dans la couche à aleurone du grain [46].

Le deuxième groupe de composés phénoliques ayant des concentrations significatives dans les grains de céréales est la classe des flavonoïdes, située dans le péricarpe et le germe [47 ; 48].

Les flavonoïdes les plus fréquemment cités dans le blé sont les: glycoside apigénine, tricine, cyanidine 3-galactoside, cyanidine 3-glucoside, delphinidine 3-glucoside, delphinidine 3-rutinoside, pétunidine 3-glucoside et pétunidine 3 – rutinoside, et alkylresorcinols [40 ; 49].

La plupart des lignanes présents dans le blé se trouvent dans le son. Des lignanes ont été identifiés dans le son de blé avec une concentration totale de 2774 mg / 100 g. Le syringaresinol était le lignane prédominant (1953 mg / 100 g) dans le son de blé, d'autres lignanes sont disposés; l'isolaricirésinol, le laricirésinol, le secoisolaricirésinol, le pinorésinol et le matairesinol à 297, 257, 142, 106 et 9,4 mg / 100 g, respectivement [38 ; 49 ; 50].

Le blé contient des niveaux élevés de Alkylresorcinols (800mg/kg) qui ne se produisent que dans une couche intermédiaire du caryopse, y compris la couche hyaline, le péricarpe interne et le tégument séminal et ne sont pas détectés dans d'autres parties du grain [51]. En raison de leur localisation et de leurs biosynthèses spécifiques au stade plantule, on pense que les alkylrésorcinols et leurs dérivés jouent un rôle important comme allélochimiques [52].

Les parois des cellules de l'épiderme et l'hypoderme de blé ont une grande quantité et un haut degré de polymérisation des constituants aromatiques par rapport à celles des autres cellules [53].

Les cellules du péricarpe interne et le tégument semblent être les plus largement lignifiées, tandis que la lignification des parois cellulaires du péricarpe externe est moins [54]. Rodionova et *al.* [47] n'ont pas trouvé la lignine dans la couche à aleurone et la couche endosperme du grain de blé. Dans la littérature, le son de céréales est souvent décrit comme hautement lignifié [54].

Tableau 1.5: Nature et teneur des composés phénolique dans le grain de blé.

Composés phénoliques	Teneur dans le grain µg/g	Référence bibliographique
Lignine	13000	[56]
Lignane	4900	[56]
Alkylresorcinols	489 – 1429	[41]
Acide férulique	2000	[57]
Flavonoides totaux	124	[58]
Acide sinapique	80	[57]
Acide p-coumarique	42	[57]
Acide vanillique	20	[59]
Acide syringique	16	[60]
Acide caféique	15	[60]
Acide p-hydroxybenzoïque	6	[61]

1-3 Stockage et conservation du blé:

La conservation du blé peut se réaliser sous différentes formes qui sont les suivantes:

1.3.1 Stockage en gerbe:

C'est la méthode traditionnelle; depuis le moyen âge au moins dans presque toute l'Europe non méditerranéenne .on pouvait entasser les gerbes en plein air ou le plus souvent le stockage en grange.

En gerbes, le grain est à l'abri de l'échauffement et du charançon. La méthode est particulièrement adaptée aux régions humides, aussi a connu un grand développement au XIXème siècle, avec la moissonneuse lieuse [5].

1.3.2-Stockage en épis

Le stockage en épis est une technique très répandue pour toutes sortes de céréales dans le monde. C'est le cas de certaines régions d'Indonésie, et surtout d'Afrique noire et d'Amérique tropicale. Mais ce fut aussi le cas dans l'Europe ancienne, le nom de grenier vient du bas latin spicarium, qui désignait un grenier à épis [62].

Le stockage en épis demande bien moins de volume que le stockage en gerbes, d'où un coût moindre en bâtiments et surtout un contrôle plus facile de l'ambiance du stockage. En effet avec le stockage en épis nous voyons apparaître deux procédés bien distincts: le confinement et l'aération. [5].

Par ailleurs plusieurs travaux ont démontré que le stockage en épis se montre plus efficace et facilite les échanges thermiques. Les données statistiques

d'une étude sur les pertes occasionnées au Sénégal sur le sorgho en épi sont la moitié par rapport au grain (en épi 5,3%, en grain 9,5) [63].

Au cours d'une autre étude sur le stockage du blé en épi pendant deux ans, BELABED [64] a remarqué que la faculté germinative, les réserves énergétiques (protéine et glucide) du blé ainsi que le développement des radicules et des tigelles sont préservés tout au long du stockage par rapport au stockage en grain.

1.3.3-Stockage en grain en vrac:

Bien qu'il soit plus difficile à conserver que les produits précédents, il est plus commode de transporter et d'échanger le grain en vrac. En contrepartie, pour y parvenir plusieurs problèmes sont à résoudre et plusieurs techniques sont élaborées. Deux principaux facteurs sont à prendre en compte : la quantité des grains stockés d'une part et les modifications qualitatives survenant au cours du stockage d'autre part [5].

Par ailleurs parmi les techniques qui permettent la préservation de la qualité du blé au cours du stockage on peut citer:

1.3.4-Le stockage en atmosphère renouvelée :

Le stockage en vrac dans les silos est la méthode la plus répandue ; les caractéristiques du conditionnement (forme de silo. matériaux utilisés, moyens de contrôle de la température et de l'humidité) étant très variables

Selon MULTON [5], le stockage en atmosphère renouvelée ou l'aération est réalisée soit par des transvasements périodiques de silo à silo (Transilage), soit par une installation de ventilation disposée à l'intérieur même du silo permettant d'insuffler à travers les grains de l'air ambiant ou traité (refroidi ou sec).

Une installation, des cellules ventilées complétée par un équipement de contrôle des températures du grain (silo thermométrie) permet de déceler tout échauffement biologique anormal. Quelque soit la capacité des silos, ils doivent être bien isolés thermiquement, car un refroidissement en surface entraîne en effet d'importantes migrations d'eau, avec la formation de foyers humides dangereux. A cet égard les silos en béton ou en bois sont plus favorables que les silos métalliques, le silo enterré peut également être une bonne solution [15].

L'office algérien interprofessionnel des céréales (O.A.I.C), organisme détenant le monopole de la commercialisation et du stockage des céréales et légumes secs, possède des capacités de stockage portuaire et dans l'hinterland

qui atteignent 2 ,48 millions de tonnes pour répondre à un besoin de stockage annuel qui couvre les grains de céréales importés (moyenne de 10 millions de tonnes) et ceux de la production nationale (moyenne de 5 millions de tonnes). Pour accomplir à bien cette mission de stockage, ces infrastructures sont implantées sur l'ensemble de territoire national. Les 600 infrastructures, sans compter les infrastructures de stockage portuaires sont réparties en 200 silos dont environ 110 silos en béton et 90 silos métalliques et 400 hangars et magasins à fond plat [65].

1.3.5. Le stockage en anaérobiose

Le stockage en anaérobiose permet d'allonger notablement les durées de conservation car les métabolismes respiratoires des grains et des déprédateurs sont bloqués de sorte qu'il n'y ait plus ni dégagement de chaleur ni production de vapeur d'eau, si toute fois la teneur en eau des grains reste inférieure au seuil de démarrage du processus de fermentation [5]. Il existe deux technologies principales permettant d'obtenir l'anaérobiose.

1.3.5.1- Le stockage sous atmosphère" confinée":

Il s'agit d'une conservation menée dans un silo dont l'atmosphère s'appauvrit en oxygène et s'enrichit en CO₂ suite à la respiration de l'écosystème. C'est une technique importante de conservation des grains dans un état aussi proche que possible de leur état initial, technique qui a été pratiquée presque partout dans le monde [5].

Les réserves souterraines MEDFEN, et MATMURA peuvent être données en exemple.

1.3.5.6- Le stockage sous atmosphère "modifiée"

Dans ce cas l'anaérobiose est immédiatement imposé par mise sous vide, puis saturation de l'atmosphère inter granulaire par du CO₂ ou de l'azote [5].

Au cours du stockage, différents facteurs biotiques et abiotiques peuvent entraîner l'altération des grains de sorte que, pour y remédier, différents moyens de conservation doivent être utilisés.

1.4 . Mécanismes de l'altération des grains :

Au cours de la conservation, les grains peuvent subir différentes altérations provoquées par des agents de diverses origines et amplifiées par les trois principaux facteurs que sont le temps, l'humidité et la température.

1.4.1-Causes de l'altération:

Ces altérations peuvent avoir des origines très diverses:

1.4.1.1- Biologique: il s'agit du monde animal; les prédateurs mis en cause sont des mammifères rongeurs, (rats, souris, etc.), des oiseaux (moineaux, tourterelles, étourneaux, etc.), et des insectes rampants (charançons, sylvains, ...) ou volants (teignes, alucites, ...) [12].

1.4.1.2- Microbiologique: les moisissures sont toujours présentes sur les grains. Elles se développent au champ, ou au cours du stockage. Elles sont inoffensives en bonnes conditions de conservation, cependant certaines peuvent faire baisser la faculté germinative tandis que d'autres, dans des conditions bien particulières secrètent des substances toxiques (mycotoxines) [66].

1.4.1.3- Chimique ou biochimique: lorsque le grain est soumis à des températures trop élevées (échauffement naturel ou températures trop fortes lors du séchage) il peut se produire une dégradation de la structure de l'amidon et des protéines, des pertes de vitamines et une modification d'aspect (brunissement, voire dans des cas extrêmes, noircissement du grain) [5].

1.4.1.4- Mécanique: il s'agit des grains cassés lors des différentes opérations de manutention [67].

1.4.2- Facteurs d'altération:

Les trois principaux facteurs qui conditionnent l'ampleur de ces diverses altérations sont :

1.4.2.1- La durée de stockage:

C'est le facteur prépondérant puisqu'il conditionne la durée des dégradations, puisque cette dernière amplifie les phénomènes de détérioration, la vitesse s'accélère en fonction de la durée du stockage par suite de l'accumulation de conditions de plus en plus défavorables. C'est ainsi que les conditions de stockage de longue durée doivent être beaucoup plus rigoureuses pour maintenir les aptitudes des blés à une bonne utilisation [62].

1.4.2.2- L'humidité du grain:

Parmi les facteurs qui influencent l'évolution des blés, l'humidité est certainement le plus important puisqu'une augmentation de la teneur en eau du produit permettra d'engendrer un milieu propice aux altérations d'ordre chimique et enzymatique [68]. Elle joue également un rôle important dans le développement des déprédateurs des blés. En effet un blé qui a une teneur en eau inférieure à

8% risque moins d'être attaqué par les insectes puisqu' il est trop sec et le corps des insectes en général contient plus de 50% d'eau [69] .Une mortalité de 10% des adultes de *S.oryzea* a pu être observée après 12 jours de séjours dans des grains à 8,5% de teneur en eau [70]. Voir diagramme 1.4

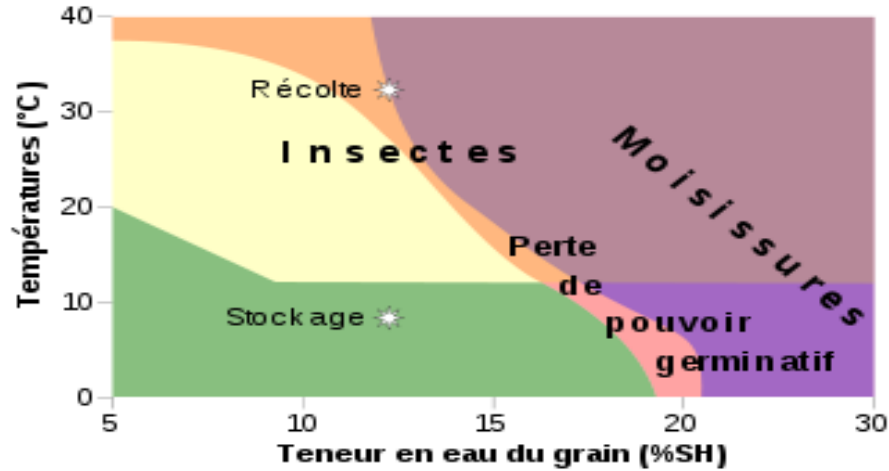


Figure 1.4 : Diagramme de conservation du grain [70]

Le facteur humidité favorise aussi le développement de la microflore qui exige généralement une humidité relative d'autant plus élevée qu'il s'agit de moisissures, levures ou bactéries [71]. Ainsi, il est donc nécessaire de contrôler l'humidité relative de l'atmosphère ambiante pour permettre de maintenir l'équilibre au-dessous de la valeur critique de façon à éviter leur développement et de maintenir la qualité technologique et hygiénique du blé.

1.4.2.3- La température du grain :

La température est aussi un facteur important car les réactions d'altération sont d'autant plus rapides que la température est élevée, c'est ainsi que certaines réactions chimiques dépendent essentiellement de la température. C'est le cas de la détérioration oxydative des lipides et de la modification qualitative et quantitative des protéines [62]. Une augmentation de 5°C double l'intensité respiratoire, on a donc intérêt à abaisser la température de stockage par la ventilation. Par ailleurs les insectes ne se reproduisent plus au-dessous de 12°C et ils sont tués si le grain peut être maintenu durant 2 mois 1/2 en dessous de 5°C [72] (Figure 1.5).

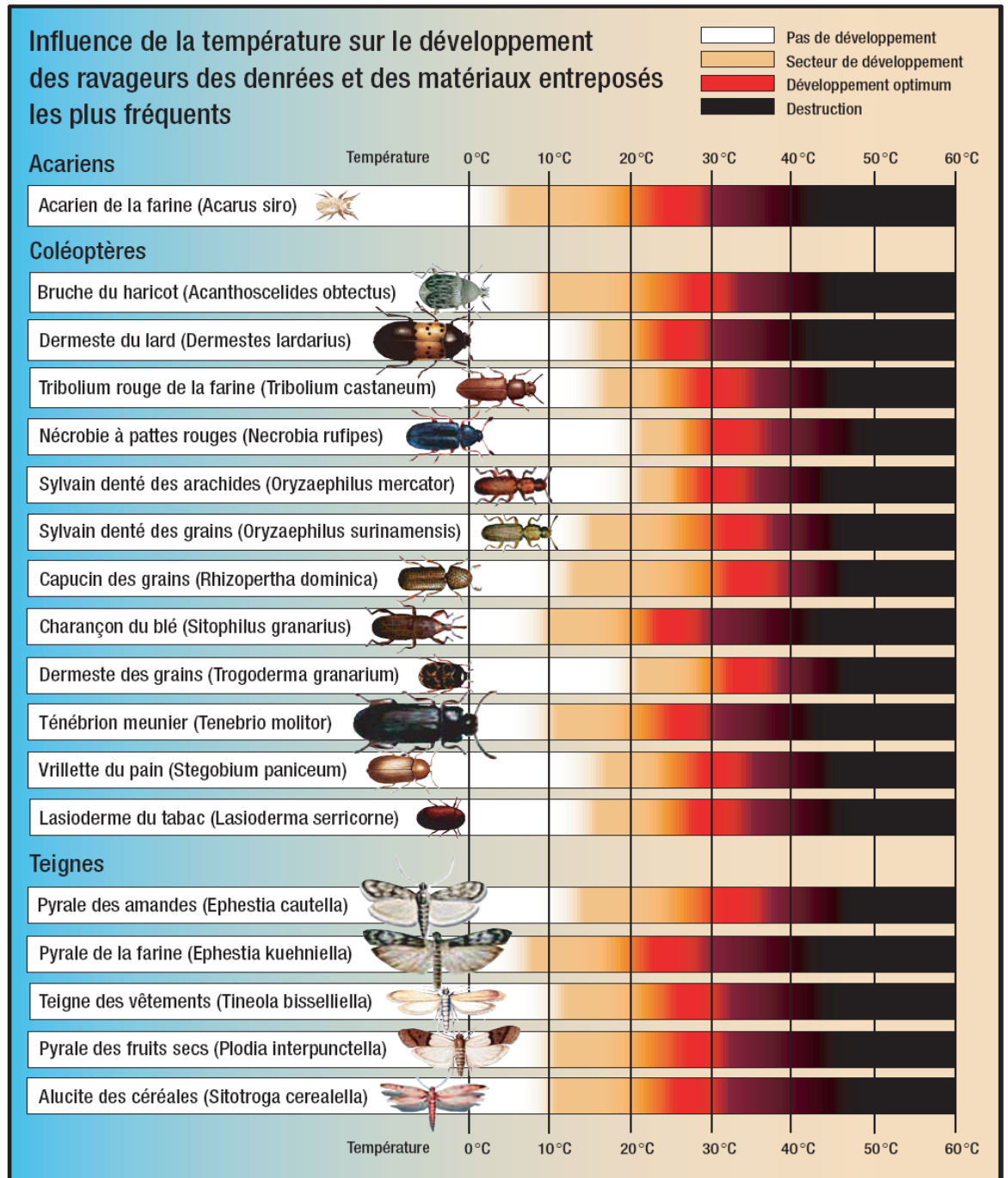


Figure 1.5: Influence des températures sur le développement des ravageurs de denrées entreposé [63]

1.4.2.4-Composition de l'atmosphère inter granulaire:

L'oxygénation constitue un facteur qui peut altérer le blé au cours du stockage. En effet, la présence d'oxygène en quantités suffisantes permet non seulement le développement de la flore et de la faune aérobie mais aussi les oxydations des substances chimiques [5].

De même, une teneur en CO₂ du milieu intervient au niveau du développement microbien. Ainsi une concentration en ce gaz supérieure à 10% provoque une inhibition marquée de la microflore fongique [68]. Alors qu'un appauvrissement du milieu de stockage en oxygène ou un apport de gaz inerte permet d'éviter toutes activités microbiennes [69] et influe sur la sensibilité de certains stades juvéniles des insectes tels que *S. oryzae* [69].

Le blé est donc caractérisé par une valeur industrielle que le stockeur tend à conserver au cours du stockage. Ceci n'est pas aisé car le grain stocké constitue un système écologique artificiel particulièrement vulnérable aux attaques des ravageurs animaux [5].

CHAPITRE 2 : PRINCIPAUX RAVAGEURS DES CEREALES STOCKEES:

Le système post-récolte des grains alimentaires est l'ensemble des circuits empruntés par la denrée depuis le champ jusqu'à la table du consommateur [73]. Les pertes les plus importantes sont infligées par différentes espèces de coléoptères, lépidoptères et acariens [74 ; 75]. Ils sont responsables de pertes considérables. Beaucoup de travaux font référence à l'attaque et à la déperdition des stocks de céréales et de légumineuses par les insectes [76.77]

2.1. Les insectes :

2.1.1. Les coléoptères:

Les coléoptères adultes sont caractérisés par la sclérification, sous forme d'étui, des ailes antérieures appelées élytres. Au repos, celles-ci les protègent en les recouvrant, les ailes postérieures membraneuses qui sont seules utilisées pour le vol. Les larves ont la forme de "vers" et sont pourvus généralement de pattes. Celles des charançons sont apodes. Tous les coléoptères s'attaquant aux céréales stockées sont lucifuges .Ils sont de mœurs nocturnes et sont plus actifs la nuit que le jour [78]

Sous leur forme adulte, à des températures comprises entre 15°C et 35°C accompagnées d'une humidité relative variant de 50 à 80%, ils vivent beaucoup plus longtemps que les lépidoptères [79]. En effet, pour la grande majorité des espèces, les coléoptères adultes vivent plusieurs mois, certains pouvant présenter une durée de vie supérieure à un an. Les accouplements ne débutent qu'à leur maturité sexuelle, généralement 4 à 5 jours après l'émergence des imagos, puis ont lieu périodiquement [80].

Parmi les ravageurs primaires, on distingue les insectes à formes cachées représentées par les charançons (*Sitophilus sp*) et le capucin (*Rhizopertha dominica*) et ceux qui présentent des formes libres .Les premiers passent une partie de leur vie à l'intérieur des grains ce qui ne permet pas de les détecter à l'œil nu lorsqu'ils sont aux stades pré imaginaires: le grain infesté semble sain. Ce n'est qu'au stade adulte qu'on peut les observer contrairement aux insectes à "formes libres" dont tout le développement s'effectue entre les grains qu'ils attaquent par la face externe [81]. Les espèces les plus nuisibles sont :

2.1.1.1 Le charançon :

Il existe trois espèces connues de charançons:

Le charançon des grains *Sitophilus granarius* (Linnaeus, 1758)

Le charançon du riz *Sitophilus oryzae* (Linnaeus, 1758)

Le charançon du maïs *Sitophilus zeamais* (Motschlsky, 1855)

Ces trois espèces appartiennent à la famille des *Curculionidae*, sous famille des *Dryophthorinae* [80,82].

Ces ravageurs, et en particulier la seconde espèce citée, sont les plus nuisibles au grain entreposé dans le monde. Le risque d'attaque du blé, du riz décortiqué et du seigle est de 80% en moyenne dans le monde [83]

2.1.1.1.1 Répartition géographique: Le charançon des grains *S. granarius* a une distribution géographique plus réduite limitée aux pays tempérés frais (nord de l'Amérique du nord, Europe, URSS et Japon). L'origine de *sitophilus oryzae* (L) est encore mal connue. Les plus anciens débris auraient été trouvés dans les sarcophages Egyptiens [84]. Lepesme [82], rapporte qu'il est vraisemblablement d'origine indienne. Il est surtout rencontré dans les zones tropicales et subtropicales. Il est particulièrement présent en Inde, en Australie, dans le sud des Etats Uni et dans les régions méditerranéennes (Afrique du nord). Il s'est répandue dans le monde en faveur des échanges internationaux.

Sitophilus zeamays Motsch. ou charançon du maïs, vit dans les pays tropicaux et subtropicaux. Ses dégâts sont importants sur le maïs en Afrique, en Amérique Latine, en Chine, en Australie, aux Philippines, en Malaisie et en Birmanie. Il est plus exigeant pour la température que les deux précédentes espèces. L'adulte est de grande taille. Sa dispersion est plus grande que celle de *S. granarius* et celle de *S. oryzae* mais il semble plus exigeant, s'agissant de son alimentation. La baisse de l'humidité relative en dessous de 20-40% ralentit considérablement son développement [85].

Ces espèces du genre *Sitophilus* sont devenues cosmopolites : on les trouve dans le monde entier. En effet, l'accroissement du trafic international et la nécessité de stocker des quantités considérables de grains ont contribué à la dissémination des charançons et autres prédateurs à travers les différents continents [86]

2.1.1.1.2 Description morphologique:

D'après LEPESME [82] ; les charançons se caractérisent par le prolongement de leur tête en avant par un long rostre visible à l'œil nu, à l'extrémité duquel se trouvent les pièces buccales broyeuses et portant des

antennes; des pattes à fémur robuste, des tibias s'achevant par deux crochets arqués et des tarses courtes de quatre articles.

Le *S.oryzae* peut être facilement distingué de *S. granarius* par la couleur brun-roux de l'adulte avec sur chaque élytre, deux taches fauves, en outre, il peut voler, contrairement à *S. granarius* [84].

S. oryzae a été longtemps confondue avec *S zeamais*. La distinction entre ces deux espèces n'est sûre qu'après dissection des pièces génitales. La larve est apode et d'un blanc perle. Elle se singularise par sa forme extrêmement ramassée. Sa tête, d'un brun-clair, porte des mandibules plus sombres, fortes et triangulaires. Après la métamorphose, la nymphe morphologiquement identique à l'adulte, reste repliée, le rostre tourné vers l'abdomen, se transforme en un imago d'aspect clair, qui demeure à l'intérieur du grain encore de 3 à 80 jours selon la température [87]

2.1.1 .1.3 Biologie de développement : (Figure 2.1)

Selon Brich [88] et Thomson [89] *S. oryzae* a besoin de température relativement modérée. Le seuil de l'activité des adultes de cette espèce est de 10°C.

L'espèce connaît un optimum entre 26 et 30°C avec une teneur en eau des grains de l'ordre de 11 à 12%. Le seuil thermique pour l'obtention des accouplements est de 13°C, mais la ponte ne peut pas s'effectuer à cette température ainsi qu'au-delà de 32-35°C et à des teneurs en eau des grains inférieures à 10%.

La femelle de *Sitophilus oryzae(L)* taraude le grain et y dépose un œuf dans chaque trou, au cours de sa vie, la femelle pond 300 œufs en moyenne avec un maximum, dépassent les 500 œufs [82].

Le charançon du blé *Sitophilus granarius* ne peut se reproduire que dans un grain dont le taux d'humidité est supérieur à 9,5%, sur une plage de températures allant de 13 à 35°C. La femelle pond environ 200 œufs, à une vitesse de 2 ou 3 par jour, en fonction de la température et de l'humidité, en plaçant chacun d'eux dans un petit trou creusé dans le grain et en scellant celui-ci avec un bouchon de salive mucilagineux. A 18-20°C, les œufs éclosent après 8 à 11 jours Le cycle de vie de charançon du maïs suit un cours similaire à celui du charançon du blé [87]

La longévité de *Sitophilus* peut arriver à un an pour le *S.oryzae* et huit mois pour les deux autres espèces dans les conditions optimales [90]

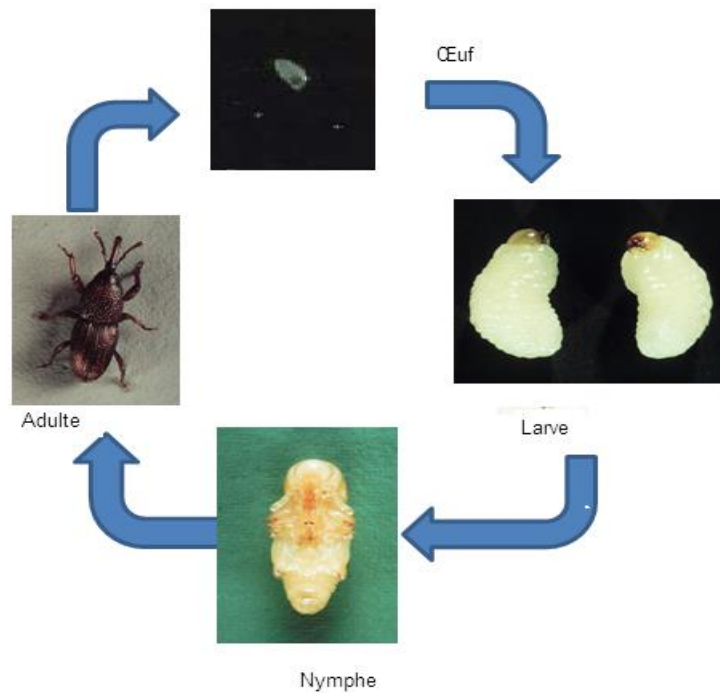


Figure 2.1 Cycle évolutif du *Sitophilus oryzae* (originale)

2.1.1.2 Le capucin des grains : *Rhyzopertha dominica*

2.1.1.2.1 Répartition géographique:

Divers auteurs pensent que *Rhyzopertha dominica* est originaire d'Inde ou l'Indochine [91]. C'est un insecte introduit dans les grands ports d'Europe avec les arrivages de grain. Il a été introduit avec les cargaisons de blé infesté en provenance d'Australie au cours de la première guerre mondiale. Cette espèce est répandue dans les régions chaudes entre latitude 40°N et 40°S de l'équateur [92].

2.1.1.2.2 Description morphologique: (figure 2.2)

Rhyzoptera dominica est un petit insecte de forme cylindrique avec des côtés nettement parallèles, caractéristiques des *Bostrychidae*. Sa longueur varie de 2,3 à 3 mm. Sa couleur est brune ou jaune rougeâtre [84]. La tête est globuleuse et entièrement cachée par le prothorax. L'antenne est courte, à dix segments. Le pronotum très bombés et volumineux ou se cache la tête. Les œufs sont piriformes et allongés, ils mesurent 0,6 mm de longueur sur 0,2 mm de largeur [90]. Les larves de type scarabeiforme de couleur blanche munies de petite pattes, passe toute leurs vie à l'intérieur des grains jusqu'à l'émergence à

l'âge adulte. La Mobilité des larves varie avec les stades larvaires. Le premier et le deuxième stade sont principalement mobiles, mais les stades ultérieurs deviennent immobiles [92].

La nymphe est d'environ 3,9 mm de long, ayant une couleur blanche à brunâtre. Il présente des appendices discrets sur l'extrémité arrondie de son corps, en fonction de sa différenciation sexuelle [93]. L'adulte peut vivre jusqu'à 240 jours [94].



Larve



Nymphe



Adulte

Figure 2.2 : Larve, nymphe et adulte de *Rhyzoperta dominica* (originale)

2.1.1.2 .3 Biologie de développement :

Le total des œufs déposés varie de 207 à 586 par femelle durant sa vie [95]. Les œufs sont pondus, soit isolément, soit en petits amas à l'intérieur des grains ou à leurs surfaces, parfois parmi les débris qui gisent entre eux. La durée moyenne d'incubation est de 15 jours à 26°C et 65% d'humidité relative (H.R) [96].

Les limites de température pour le développement de *R.dominica* sont 18.2°C et 39°C respectivement pour ceux élevés sur des grains de blé à 14 % d'humidité Et 70 % de HR [88,96]. L'optimum de la température pour le développement est 28°C. Le développement est altéré par rapport à l'humidité relative inférieure à 30% à n'importe quelle température. L'adulte peut vivre jusqu'à 240 jours [93,96].

2.1.1.3. Dermeste des grains *Trogoderma granarium* Everts

2.1.1.3.1 Répartition géographique :

Trogoderma granarium provient probablement du sous-continent indien, et il est actuellement présent dans certaines zones de l'Asie, du Moyen-Orient, de l'Afrique et quelques pays d'Europe. C'est l'un des très rares organismes nuisibles

aux denrées stockées à avoir une répartition limitée. Son aire de distribution se situe entre 35° de latitude Nord et 35° de latitude Sud, bien qu'il soit surtout présent dans les environnements secs et chauds des régions proches de l'équateur. Toutefois, des populations viables devraient être en mesure de survivre à presque toutes les latitudes dans un milieu de stockage [97].

2.1.1.3.2 Description morphologique :

La larve du premier stade mesure 1,6 à 1,8 mm de long et 0,25 à 0,30 mm de large. Le corps est uniformément blanc jaunâtre, la tête et les poils sont brun rougeâtre. La larve mature mesure 4,5 à 6 mm de long et 1,5 mm de large, et le corps est brun rougeâtre [98].

L'adulte, de couleur brun rouge mesure de d'environ 1,6-3,0 mm de longueur et 0,9-1,7 mm de largeur ; la femelle est légèrement plus grande que le mâle, et de couleur plus claire .Le prothorax et les élytres, vus de dessus, forment à leur limite commune une sorte de V ouvert. Ses antennes sont légèrement en massue. Les larves, hérissées de soie, peuvent subir de 5 à 8 mues en moyenne (parfois jusqu'à 12) [99].

2.1.1.3.3 Biologie et développement :

Les adultes ont la vie courte, les femelles fécondées vivent 4-7 jours, les femelles non fécondées 20-30 jours et les mâles 7-12 jours; ils ne volent pas et se nourrissent très peu, parfois même pas du tout.

L'insecte peut pondre des œufs suite à un seul accouplement, mais un deuxième accouplement augmente notablement le nombre total d'œufs pondus: ainsi dans un essai, des femelles fécondées une seule fois ont pondu 66 œufs, alors que des femelles ayant été fécondées deux fois ont pondu environ 58 puis 50 œufs après les accouplements respectifs. [100]

Le développement complet se déroule entre 21°C et au-delà de 40°C. Le cycle biologique d'œuf à l'adulte dure environ 220 jours à 21°C, 39-45 jours à 30°C et 75% d'humidité relative (HR) et 26 jours à 35°C [97].

Dans la zone où *T. granarium* est indigène, les températures moyennes sont toujours supérieures à 25°C, la larve passe rapidement au stade nymphal (15 jours à 35°C). Les jeunes larves ne peuvent pas se nourrir de grains entiers et dépendent donc des grains endommagés ou des produits dérivés pour l'alimentation (elles attaquent facilement par contre des nourritures plus tendres comme les noix) Les larves plus âgées peuvent se nourrir de grains entiers .Les

larves peuvent entrer et demeurer en diapause (état de dormance) jusqu'à 8 ans si les conditions ne sont pas propices à leur développement [98].

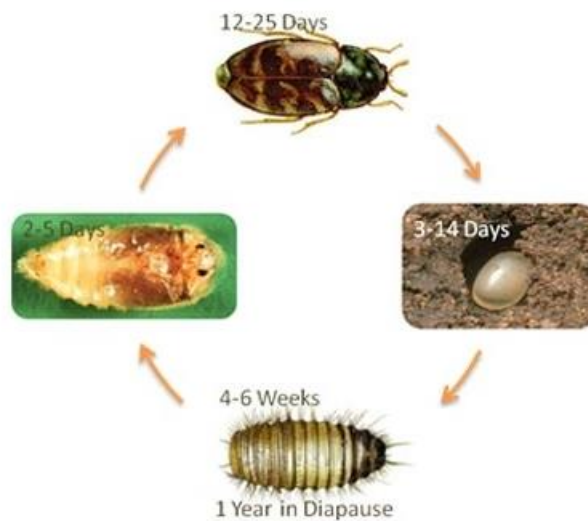


Figure 2.3 : Cycle évolutif de *Trogoderma granarium* (originale)

2.1.1.4 Le Tribolium :

D'après Lepesme [82], les espèces du genre *Tribolium* appartiennent à la superfamille des *Cucujoidae*, famille des *Tenebrionidae*, sous famille des *Ulominae*. Elles sont au nombre de cinq dont deux sont particulièrement importantes:

- *Tribolium confusum* (Duv, 1868)
- *Tribolium castaneum* (Herbst, 1798).

Ces deux espèces présentent des caractères distincts l'une par rapport à l'autre.

2.1.1.4.1 Répartition géographique:

Le *Tribolium* est d'origine Indo-Australienne [101] et il est trouvé dans des secteurs tempérés, mais survivra l'hiver dans les endroits protégés, particulièrement où il y a de la chaleur centrale [102].

2.1.1.4.2 Description morphologique :

Ce sont des coléoptères de couleur brun ferrugineux ou rougeâtre. Leur longueur varie entre 3 et 3.8mm. Leur distinction se fait par référence aux antennes et à la configuration des yeux [103].

Tribolium confusum est une espèce pourvue d'ailes, mais ne vole jamais, *Tribolium castaneum* vole parfois à de courte distance.

Les œufs et les larves des deux espèces sont semblables : Les œufs sont oblongs, blanchâtre et presque transparent, il mesure en moyenne 0,3 à 0,6mm. La larve est cylindrique mesure environ 7mm de long et 0.8mm de large, sa couleur est d'une jaune pale .son Corp. presque glabre, se termine par deux paire d'urogomphes. Ses segments thoraciques portent six pattes bien développées [102].

-*Tribolium brun de la farine (Tribolium confusum)*

Adulte allongé, d'une longueur comprise entre 2,6 et 4,4mm, couleur: brun-rougeâtre; antennes équipées de massues flottantes, indistinctes, à 5 ou 6 articles, qui peuvent être absentes, crête évidente au-dessus de chaque œil.

-*Tribolium rouge de la farine (Tribolium castaneum)*

Adulte allongé, d'une longueur comprise entre 2,3 et 4,4 mm ; couleur : brun-rougeâtre ; Antennes équipées en extrémité de massues distinctes, à 3 articles ; crête absente au-dessus de chaque œil [87]

2.1.1.4.3. Biologie de développement :

Le développement de *Tribolium confusum* est possible entre 20°C et 37°C, lorsque l'humidité relative dépasse 30% .Les œufs sont pondus en vrac et ils sont difficile à déceler .au cours de sa vie la femelle pond 500 et 1000 œufs. Les jeunes larves, passent par 5 à 12 stades larvaires selon des conditions de température et d'humidité. La nymphe de forme cylindrique, mesure 3,75 à 4 mm de long, sa couleur passe du blanc au brun à mesure qu'elle évolue. Elle subit la mélanisation et la sclérotinisation de la cuticule. Elle a presque la taille de l'imago [82]. L'émergence de l'adulte a lieux six jours après la nymphose. La durée du cycle a 32.5°C et 70% d'humidité relative est de 24 à 26 jours [87].

Tribolium confusum (Duval.) est une espèce dont l'optimum thermique se situe entre 32°C et 35°C, son développement s'arrête au-dessus de 22°C, il résiste aux basses hygrométries. En absence d'alimentation, *T. confusum* exerce le cannibalisme, il dévore les œufs et les larves de leurs congénères.

En 28 jours, dans les conditions optimales, une population de *Tribolium castaneum* sera multipliée par 70 et une population de *T. confusum* par 60. La longévité des adultes est importante : les femelles de *T. confusum* peuvent vivre 2 ans contre 3 ans pour les mâles [87].

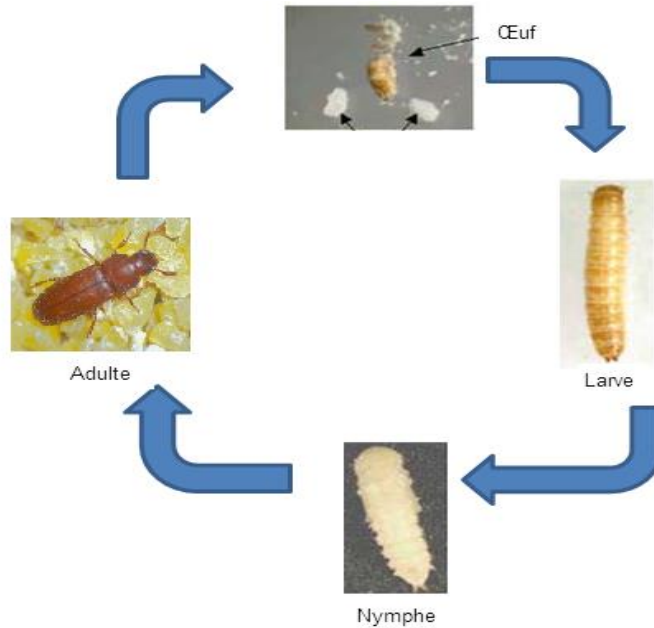


Figure 2.4 : Cycle évolutif du *Tribolium castaneum* (originale)

2.1.1.5. Sylvain *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus, 1758):

2.1.1.5.1 Répartition géographique :

Ces insectes n'étaient connus que très exceptionnellement, sauf en Afrique du Nord, mais ils se sont développés d'une manière spectaculaire à 1964 à 1966 ; depuis ils semblent régresser [103].

2.1.1.5 .2.Description morphologique :

Il s'agit de petits coléoptères brun foncé, longs de 3 millimètre, de forme étroite, allongée et très aplatie, qui appartient à la famille des *Silvanidae*. La larve, d'aspect vermiforme, mesure moins de 3mm. Elle est d'un blanc grisâtre et sa tête est brune.

La longueur des adultes : 2,5 à 3,5 mm ; couleur : brun foncé ; distance de l'oeil au prothorax supérieur à la moitié du diamètre vertical de l'oeil ; 6 dents le long de chaque côté du prothorax (d'où son nom de silvain "dentelé" ou "denté") [100].

2.1.1.5.3. Biologie de développement:

Les femelles déposent leurs œufs parmi les grains de céréales, mais entamer ceux-ci comme le font les calandres. Au bout de 3 à 5 jours en sortent de petites larves qui passent pendant deux ou trois semaines d'un grain à l'autre, leur faisant de légères ou assez profondes entailles qui nuisent à la qualité et à la

conservation du grain. Après cette période alimentaire la larve subit une nymphose d'une semaine environ, dans une petite loge nymphale. Un nouvel adulte en sorte et donne immédiatement naissance à une nouvelle génération. On trouve ainsi plusieurs générations par an ce qui explique le rapide développement numérique de ce parasite [90].

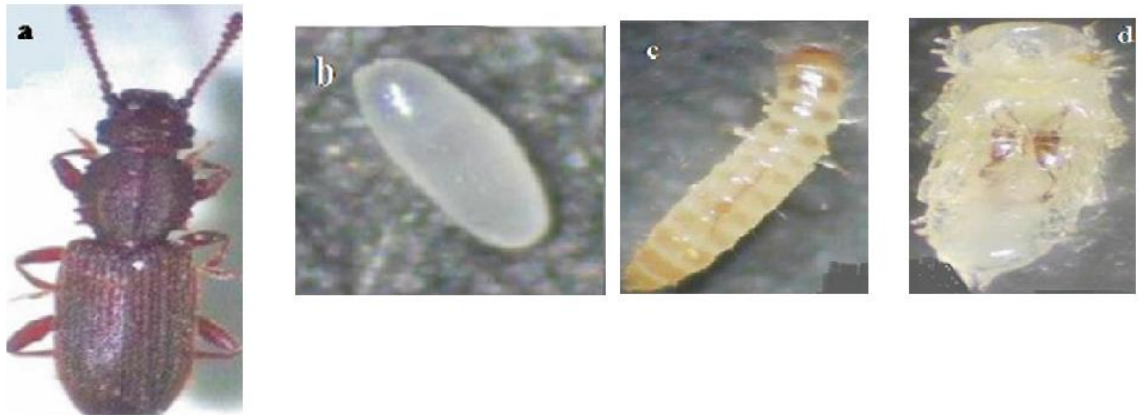


Figure 2.5 : Différents états d'*Oryzaephilus surinamensis* (originale)

a ; adulte ; b : œuf ; c : larve ; d : nymphe

2.1.2. Les lépidoptères:

Toutes les espèces de lépidoptères infestant les denrées stockées appartiennent au groupe des hétérocères qui comprennent surtout des papillons de nuit. Les adultes, surtout actifs la nuit. Ils se distinguent des papillons diurnes par leurs antennes dont l'extrémité ne se renfle jamais en bouton et par le fait qu'au repos, ils ne tiennent pas leurs ailes verticalement [90].

Les lépidoptères adultes présentent des pièces buccales transformées en trompes rétractiles suceuses ne leur permettant de s'alimenter qu'à partir de substances liquides. Les adultes ne causent donc aucun dégât dans les céréales et dérivés, leur rôle étant de perpétuer l'espèce. Ils ont également un rôle de dissémination du fait qu'ils peuvent voler et donc se déplacer à de grandes distances de leur lieu d'émergence [105].

Les imagos s'accouplent quelques heures après l'émergence puis la femelle procède à la ponte qui dure environ une semaine, la durée de vie des papillons étant très brève, de l'ordre de 1 à 3 semaines. Ce sont donc uniquement les chenilles qui causent les dégâts aux stocks de céréales et dérivés qu'elles rongent avec leurs mandibules bien développées. La nymphe des lépidoptères appelée

encore chrysalide se trouve généralement protégée par un cocon soyeux file par la chenille lorsque la métamorphose est proche [106].

Certaines chenilles peuvent pénétrer à l'intérieur des grains et y terminer leur développement, c'est le cas de l'alucite (*Sitotroga cerealella*), qui infeste les céréales au champ à l'approche de la maturité des épis et qui présente des formes cachées dès la récolte. Les autres espèces de lépidoptères nuisibles aux denrées (teignes) ont tous les stades visibles. Les chenilles tissent un fil qui relie les particules entre elles et qui peut former un voile continu au-dessus des denrées. Les chenilles de certaines espèces ont une particularité, elles pénètrent à l'intérieur des grains pour y terminer leur cycle de développement C'est le cas de *Sitotroga cerealella* Oliv, Les autres espèces, dont les stades sont libres, ont besoin de la présence des espèces primaires pour infester les stocks ou se nourrissent à partir de grains brisés ou des produits de mouture (*.Ephestia Kuehniella* ZEL.) [107].

2.1.2.1. *Sitotroga cerealella* (Olivier, 1789)

2.1.2.1.1. Description morphologique

Sitotroga cerealella est un lépidoptère de petite taille de couleur jaune brun dont l'adulte ne mesure que 1 à 1,4 cm. Les ailes antérieures sont brusquement rétrécies avant leur partie apicale et les ailes postérieures portent une frange de soie plus longue que la demi-largeur de l'aile [108].

2.1.2.1.2. Biologie et développement

La femelle dépose ses œufs sur les grains, la larve perce le grain, s'installe à l'intérieur où elle reste jusqu'à son complet développement. A ce stade elle creuse un tunnel vers la surface laissant une mince couche de l'enveloppe du grain intacte. La pupa se forme quand, l'adulte émerge, il pousse et ouvre la fine couche de l'enveloppe préparée par la femelle, laissant cette « porte piège » sur le grain. Seules les larves se nourrissent. Les adultes ont une durée de vie courte. Le développement de l'œuf à l'adulte dure environ 5 semaines à 30°C Les conditions minimales de développement sont 16°C et environ 25% d'humidité relative [110]

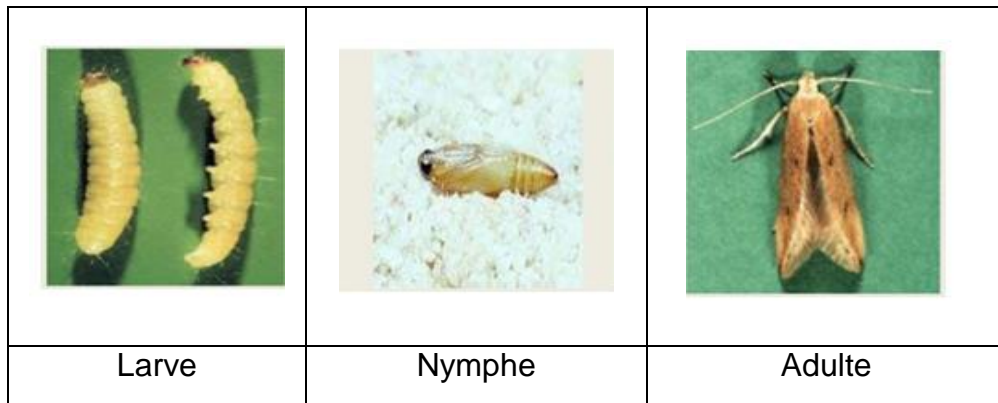


Figure 2.6: Différents états de *Sitotroga cerealella* (originale)

2.1.2.2. *Ephestia cautella* (ZELLER, 1877) (Teigne des farines)

2.1.2.2.1. Description:

L'adulte mesure de 7 à 8 mm Les ailes postérieures sont larges avec une frange de soie courte. Les ailes antérieures gris-brun portent une bande sombre à angle droit de l'axe longitudinal de l'insecte. Envergure des ailes 6 à 13 mm. Les ailes sont grises brunes avec des tâches sombres. Les larves ont des points colorés sur la cuticule. [107].

2.1.2.2.2. Biologie de développement

La femelle pond 300 à 400 œufs dans les trois premiers jours de sa vie qui en dépasse rarement dix. A l'éclosion, 3 ou 4 jours plus tard, la larve se déplace activement, s'alimente au fur et à mesure qu'elle tisse des soies à la surface de la denrée et passe par plusieurs stades. Au dernier stade, elle se nymphose à l'intérieur d'un cocon dense et transparent. Le cycle complet dure environ un mois dans les conditions optimales de 30°C et 70% HR, 2 mois dans les conditions ambiantes des magasins [106]

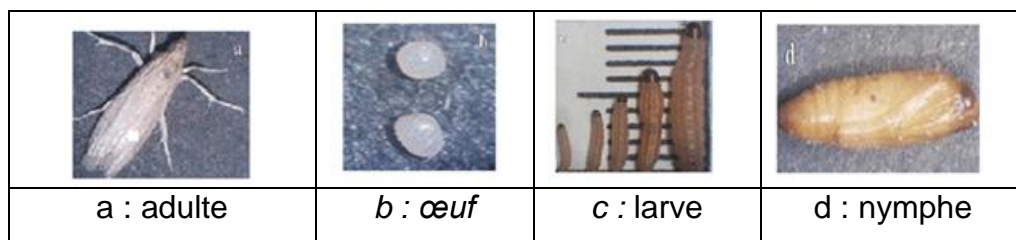


Figure 2.7 : Différents états d'*Ephestia cautella*(originale)

2.1. 2.3. *Plodia interpunctella* (Hubner, 1813)

Les ailes avant ont une couleur d'une pale jaune chamois à l'extrémité sur 1/3 de la surface de l'aile ; le reste est rouge brun. La larve n'a pas de points colorés sur la cuticule [44].

2.1. 2.3.1. Biologie de développement

Ils sont similaires à ceux d'*Ephestia cautella*. La larve se nourrit en premier lieu de l'embryon pendant qu'elle répand un fil soyeux où s'accumulent les déjections et des parties de la denrée. Le nombre d'œufs est important et va jusqu'à 500. Ce nombre varie selon la source de nourriture durant le stade larvaire. Le développement de l'œuf se complique par le fait que la durée du stade larvaire est prolongée dans certaines conditions de températures, ou la larve passe par une phase de pré pupa ou elle se met en vie très ralentie ou diapause. A ce stade, le métabolisme est très réduit. Les doses normales de pesticides en particulier celle de la fumigation, peuvent se révéler inefficaces. Les conditions optimales de développement sont 29°C et 75% d'humidité relative. Le développement complet n'est pas possible à des températures inférieures à 10°C [111].

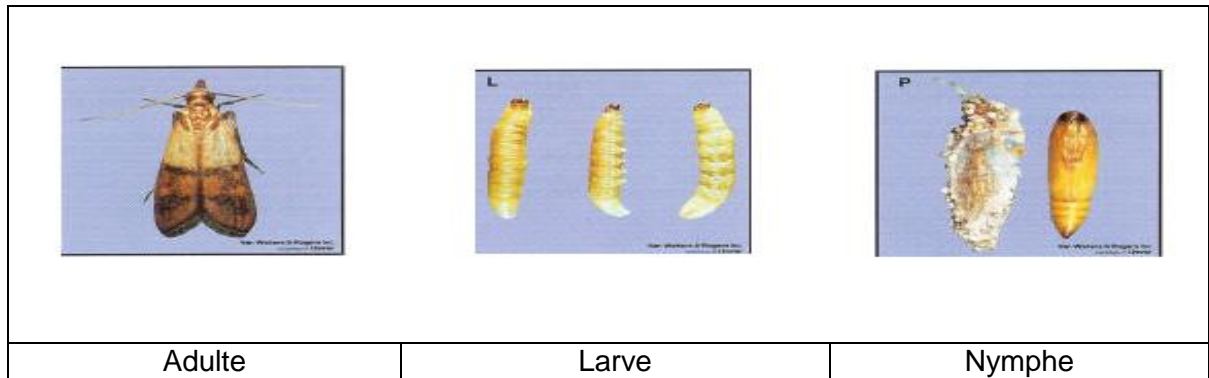


Figure 2.8: différents états de *Plodia interpunctella* adulte larve, nymphe (originale)

2.1.3 Ecologie des insectes des céréales stockées par classification des régions agricoles au monde:

Les différentes régions agricoles au monde sont : les terres semi-arides, les terres humides et sèches de basse latitude, terres méditerranéennes, terres humides tropicales et terres humides de latitude moyenne. Les facteurs climatiques influent sur les céréales entreposées ainsi que sur les insectes qui les infestent à chaque étape du transport et de l'entreposage. L'entreposage cause le

plus de problèmes sous un climat très chaud et humide, tandis que les difficultés sont réduites au minimum sous un climat frais et sec [112].

2.1.3.1 sols semi-arides:

L'environnement aride est un environnement où la quantité de précipitation qu'une zone donnée reçoit, divisée par la quantité perdue par évapotranspiration, donne une fraction inférieure à 0,5 [113]. L'environnement aride peut être subdivisé en trois zones: hyper-aride, aride et semi-aride. Ces zones se caractérisent par leur faible précipitation annuelle (de 0 à 800 millimètres), qui se produit de façon rare et irrégulière et une végétation résistante à la sécheresse [114]. Les étés sont très chauds de même les hivers à basse latitude, et frais ou froids à latitude moyenne [115]. Les pays types sont : L'Égypte, le Soudan, le Niger, la Somalie et le Pakistan. Les principales cultures céréalières sont le millet et le sorgho. Les ravageurs importants typiques sont *Lasioderma serricorne*, *Trogoderma granarium*, *Tribolium castaneum*, *Sitotroga cerealella* [114].

2.1.3.2 Sols humides et sec de basse latitude

Toutes les saisons sont chaudes ou très chaudes. La saison des pluies est précédée d'une saison sèche et le climat est légèrement plus frais durant la période de l'année caractérisée par un ensoleillement plus faible [113]. Les pays types sont l'Inde, la Thaïlande, le Brésil, le Ghana, la Birmanie, la République de Sri Lanka et l'Indonésie. Les principales cultures céréalières sont le riz, le maïs et d'autres céréales. Les ravageurs importants *Sitophilus oryzae*, *Rhizopertha dominica*, *Corcyra cephalonica* [116].

2.1.3.3. Sols méditerranéens

Les étés sont secs et les hivers frais ou doux et humides. Les pays types sont l'Italie, la Grèce, la Turquie, le Portugal. Les principales cultures céréalières sont le maïs, l'orge, et l'avoine. *Ephestia cautella* et *Sitophilus granarius* sont les ravageurs importants [117].

2.1.3.4 Sols humides tropicales

Il fait chaud et humide toute l'année. Les pays types sont Congo, la Colombie, le Vénézuéla, la Birmanie, l'Indonésie. Les principales cultures céréalières sont le riz et le maïs. *Sitophilus zeamais*, *Sitophilus oryzae* et *Sitotroga cerealella* sont les ravageurs importants typiques [116].

2.1.3.5 Terres humides de latitude moyenne

Il y a quatre saisons distinctes avec des étés chauds ou très chauds et des hivers frais ou froids. Les pays types sont les Etats-Unis (partie septentrionale), la Russie, la Chine, l'Australie, l'Europe de l'Ouest, le Canada et le Japon. Les principales cultures céréalières sont le blé, l'orge, le maïs et toutes les autres céréales à l'exception des variétés tropicales [117]. *Sitophilus granarius*, *Oryzaephilus surinamensis* et toutes les espèces du genre *Tribolium* sont les ravageurs importants typiques.

2.2. Les acariens:

Les acariens les plus couramment rencontrés dans le blé stockés sont issus de plusieurs familles dont 65 taxons dans 15 familles et Quatre ordres ont été identifiés. Ils sont de taille très réduite, dépassant rarement le millimètre de longueur, L'optimum de développement se situe vers 25 °C et 90 % d'humidité relative soit dans les grains à 17-18 % de teneur en eau. Leur cycle de développement est très court, avec seulement 10 à 12 jours entre 23 et 25 °C dans des grains à 17 % d'humidité. Leur densité estimée dans 200 g de grain varie de 2 à 25000 individus [118].

Les espèces Associé à la fois à la masse de grain et aux résidus de grains sont (*Tarsonemus granarius*, *Acarus siro*, *Tyrophagus putrescentiae*, *Lepidoglyphus destructor* et *Cheyletus malaccensis*). Les espèces d'acariens les plus abondantes sont *Lepidoglyphus destructor* (Schrank), *Acarus siro* L. Les deux espèces peuvent former un stade hypopal qui ne se nourrit pas et peut résister à des conditions défavorables telles que la dessiccation a signalé leur survie à des températures de -18 ° C. L'hypopus de *L. destructor* est inactif, alors que celui de *A. siro* est mobile [119].

2.2.1. *Lepidoglyphus destructor* : découverts en 1871. La taille de l'adulte est de 350 µm à 500 µm pour le mâle et 420 à 560 µm pour la femelle. La durée de vie moyenne est de 20 à 25 jours. Une femelle pond jusqu'à 120 œufs durant sa vie [120].

2.2.2. *Acarus siro* : l'œuf ovale allongé (environ 0,1 mm), larve: 0,15 mm adulte: 0,3 (mâle) à 0,5 (femelle) mm Couleur gris blanchâtre avec pattes et partie buccale jaunâtres à brun-rouge. Un couple d'*Acarus Siro* peut, en conditions favorables, avoir une descendance de 2 500 individus en un mois [120].

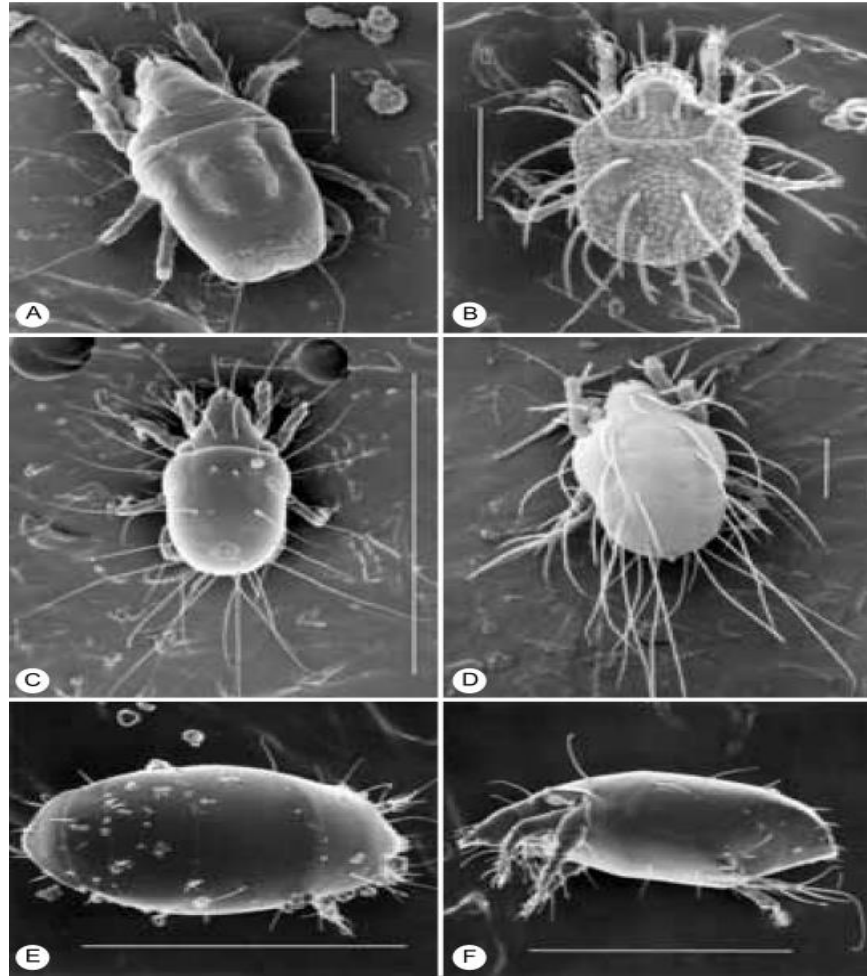


Figure 2.9 : Images prises au microscope électronique à balayage de certains acariens causant des dommages importants aux denrées entreposées [120]:

A. Ciron de la farine; **B.** *Aeroglyphus robustus*; **C.** Ciron des champignons; **D.** *Lepidoglyphus destructor*; **E.** Tarsonème des grains femelle, vu d'en haut; **F.** Même spécimen, vu de côté (la barre sur chaque photographie représente 0,1 mm).

2.3- Succession des peuplements:

Au niveau des stocks se trouve une multitude d'espèces à critères écologiques voisins qui constituent une succession de peuplement variable en fonction d'une part de l'aptitude des espèces à attaquer directement le grain et à permettre l'implantation d'espèces moins performantes et d'autre part, du régime alimentaire. C'est ainsi que nous pouvons rencontrer dans un stock de céréales:

Des hôtes primaires caractérisés par la capacité à attaquer directement le grain et à favoriser l'implantation d'autres espèces.

Suivant l'accessibilité des moyens de stockage et des conditions de conservation, cette catégorie de déprédateur peut comprendre, les acariens des grains (*Acarus*, *Tyrophagus*), les insectes cléthrophages capables de s'attaquer aux grains entiers (*Cucurlionidae*, *Bostrychidae*, *Gelechiidae*), les moisissures et les bactéries [105].

Des hôtes secondaires qui se développent sur des céréales déjà dépréciées physiquement ou biologiquement tels que les grains cassés, piqués ou mois. Il s'agit des insectes saprophages qui s'alimentent à partir de la matière organique décomposée (*Nitidulidae*, *Cryptophagidae*), des insectes et acariens mycophages qui se nourrissent de moisissures se développent sur le grain ou d'insectes psychophages qui s'alimentent de débris de grains et de grain cassés (*Cucujidae*, *Tenebrionidae*, *Pyralidae*) [105].

Des hôtes tertiaires, espèces généralement liées à la présence de déprédateur primaires ou secondaires dont ils sont parasites ou prédateurs. Ils comprennent les espèces ectoparasites, les acariens et les insectes prédateurs ainsi que les insectes nécrophages qui se nourrissent à partir de cadavres d'insectes [106].

2.4. Paramètres influencées par l'infestation des insectes des denrées :

La présence des insectes dans un lot de céréales ou de produits dérivés entraîne des pertes quantitatives dont l'importance est proportionnelle au degré d'infestation et au taux d'accroissement de l'espèce; Ces pertes quantitatives sont souvent accompagnées par des pertes qualitatives considérables ; elles influent sur:

2.4.1. La viabilité des grains: selon HOW [121] cette viabilité s'abaisse lorsque l'infestation touche le germe ou s'illustre par un prélèvement de l'endosperme trop important également dans le cas d'un échauffement des grains. En effet lorsqu' il y a une pullulation d'insectes on peut assister à un échauffement suffisant pour tuer la viabilité des semences.

2.4.2. La valeur semoulière: En effet, en rongant les grains, les insectes occasionnent une diminution du poids de matière sèche et la quantité de semoule que l'on pourra extraire des grains va donc être réduite.

Pour déterminer l'état de conservation d'un stock, on peut retenir essentiellement le pourcentage de perte de masse par rapport à un échantillon

sain, le nombre d'insectes vivants au kg de grain et le pourcentage de grains attaqués. [122].

Cette perte pondérale peut être évaluée par le pourcentage de perte à partir de différentes méthodes basées sur la masse de 1000 grains, la masse à l'hectolitre "PS" (Poids Spécifique) et la mouture expérimentale avec détermination du taux d'extraction, une méthode indirecte consiste à déterminer un facteur de conversion relié à la perte pondérale, variable avec l'espèce infestante et le grain attaqué. Ce facteur, multiplié par le pourcentage de grains infestés, permet l'estimation de la perte en poids [123 ; 124].

2.4.3. La qualité alimentaire: qui comprend trois aspects distincts relatifs aux :

2.4.3.1 Caractères organoleptiques qui se détériorent du point de vue saveur et odeur, de point de vue aspect car les souillures qui résultent d'une infestation par les insectes et sont représentées par : les exuvies, les adultes vivants, les cadavres des insectes mortes, les écailles et les excréments sont néfastes à la valeur commerciale des grains mais surtout des dérivés dont la couleur peut être complètement modifiée. [125].

2.4.3.2. La qualité nutritionnelle: Les effets de l'infestation sur la valeur nutritionnelle des grains stockés sont liés à la composition alimentaire de ce type de denrée, à la répartition des nutriments dans la graine et aux habitudes alimentaires des insectes. C'est ainsi que le charançon qui se nourrit principalement de l'albumen amylicé réduit la valeur calorique du blé mais a un effet moindre sur les protéines et les vitamines concentrées avant tout dans le germe et l'assise à aleurone. Par contre les légumineuses infestées perdent des protéines et des vitamines en plus des hydrates de carbone du fait que ces éléments nutritifs sont plus uniformément répartis dans la graine [81].

Par ailleurs, les effets de l'infestation sur la valeur nutritionnelle des grains peuvent être liés au degré de l'infestation accusant une baisse sensible relative à la quantité des protéines et autres composants de l'amande : sucres non réduits, vitamines ; alors qu'on assiste à une augmentation de la teneur en sucres réducteurs. C'est ainsi que les produits infestés ont une valeur nutritionnelle significativement plus basse [126 ; 127].

On outre, l'infestation par le charançon affecte la teneur globale en matières grasses des graines avec la tendance à favoriser la libération d'acides gras [128]

2.4.4 La qualité hygiénique : Celle-ci concerne d'une part la proportion et la nature des microorganismes contenus dans l'échantillon donné et d'autre part, le taux de souillures d'origine animale s'y trouvant. Il s'avère que les insectes et les acariens des denrées alimentaires favorisent la prolifération des moisissures, des bactéries et véhiculent des germes, dont certains sont pathogènes, à l'extérieur de leur corps mais surtout dans leur tube digestif [69], C'est ainsi que l'infestation des céréales par les insectes et les acariens peut engendrer, entre autres effets des allergies des intoxications et des infections chez l'homme ou le bétail en les consommant [105 ;129].

2.5- Critères influençant le développement des ravageurs des stocks :

3.5.1- Propriétés physiques du grain:

Bien que les ravageurs des céréales stockés s'alimentent et se multiplient aux dépens de ces produits: seigle, orge, avoine, riz, maïs, sorgho, blés, ils manifestent une préférence pour certaines d'entre elles, qui présentent une plus grande sensibilité à l'attaque.

Les grains vêtus, présentent une résistance plus prononcée par rapport aux grains nus, ce qui permet d'adopter chez certains pays la stratégie de stocker les céréales en épi dans des greniers traditionnels : c'est le cas du Mali, du Niger, et du Sénégal.

Les travaux de CLEMENT et *al.*, [130] ont montré que la présence des glumelles est un facteur limitant le développement de *S. oryzae* dans le riz paddy. Les valeurs de durées de développement et l'effectif de la descendance semblent dépendre de la résistance que le grain oppose à l'insecte ainsi que de la saveur attractive de ce grain. En effet, le riz paddy qui se trouve protégé par une enveloppe ne montre qu'une très faible infestation par rapport au maïs ou au mil ainsi qu'au blé. Par ailleurs lorsqu'on considère le même support alimentaire comme le riz, l'effectif de la descendance est six fois plus élevé dans le riz décortiqué que dans le riz paddy. Il apparaît ainsi clairement que, lorsque le grain est difficilement accessible, le nombre de grains infestés diminue, ce qui entraînerait une diminution conséquente du nombre d'œufs pondus. Ces observations ont été démontrées par NWANA et AKIBO-BETTS [131], CLEMENT et *al.*, [130] et SAMSON et *al.*, [132], qui rapportent que le riz paddy est la céréale la plus résistante aux insectes des stocks grâce à l'enveloppe qui protège les grains et que l'infestation n'est favorisée que quand cette enveloppe est fissurée.

D'après ces mêmes auteurs, la forte pilosité des grains, selon les variétés, est également un facteur de résistance aux attaques des insectes.

Par ailleurs SAUPHONOR [133] a démontré que l'herméticité des glumelles est un facteur prépondérant pour la résistance variétale. Cette herméticité est conditionnée par la coaptation entre lemma et paléa qui peut être une voie de pénétration des *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus zeamais*, *Rhyzoperta dominica* et *Sitotroga cerealella* ou par le défaut de fermeture des glumelles qui est lié à la dureté du pédoncule d'une part et au taux de casse des enveloppes provoqué par l'abattage d'autre part.

D'après SAMSON et al [132], une des caractéristiques de grains qui confèrent la résistance aux charançons de maïs à savoir, la dureté de grain qui influence la durée du cycle de développement et la descendance. Ce qui concorde avec les travaux de MARK [133] qui rapporte que l'effet le plus drastique des variétés de sorgho sur la production des populations de charançons était dû à la dureté du grain car elle affectait le taux de ponte: plus le grain est dur, moins les œufs ont été déposés. Les fissures existant au niveau du grain de céréales sont aussi déterminante pour le taux de reproduction des insectes.

En se référant à la taille des grains, on peut dire que plus le grain infesté est volumineux, plus grande est la quantité de nourriture disponible et plus importante est la croissance pondérale des insectes. Ces données concordent avec celles de LONGSTAFF [96] et de FARJAN [86] qui rapportent que le poids des *Sitophilus* n'est élevé que sur des céréales dont la taille des grains est suffisamment grande. D'autres études montrent également que le poids de l'insecte est fonction du volume du grain [79;134].

2.5.2 Propriétés olfactives:

L'infestation des grains par les insectes des denrées stockées est déterminée par leur odeur et leur saveur qui auraient des effets attractifs. En effet, selon BEKON [135], des substances volatiles émises par les grains et le milieu alimentaire seraient perçues par les insectes. Dans le cas de *Sitophilus oryzae*, par exemple, le maïs et le mil pourraient avoir ces effets attractifs; Ce qui expliquerait leur infestation élevée par rapport au sorgho dans plusieurs travaux. A l'état imaginal le *Sitophilus* apprécie plus les blés en particulier le blé tendre par rapport aux riz, l'orge, l'avoine [136].

PHILOGÈNE [137] a identifié que les grains de maïs ayant la plus grande teneur en acide tram-férulique, qui est le composé phénolique principal de cette céréale, sont particulièrement résistants alors que les autres acides: (acide cis-férulique, acide tram-férulique, acide p-coumtrique et acide sinapique) ont un effet moindre sur les attaques de *Sitophilus*. Ceci est dû d'après ce même auteur à l'effet anti appétant de ces derniers.

2.5.3 facteurs nutritionnelle du grain:

En dehors de l'influence de la quantité de nourriture disponible sur le poids des insectes, la composition de ces grains pourrait aussi jouer un rôle sur leur devenir, ainsi que sur la descendance et la durée de développement. En effet, le rapport carbone/protéines; qui exprime de façon indirecte, le rapport carbone/azote interfère parfaitement avec la distribution des poids moyens dans les grains .D'après BEKON [135] aucune progéniture de *Tribolium castaneum* n'est développée sur des régimes riches en protéines (farine de tournesol, concentré de soja et gluten de maïs) tandis que dans les régimes riches en glucides la première génération d'adultes a besoin du moins de temps pour émerger.

On outre FOURAR [138] démontre que dans le blé, lorsque la teneur en azote ou en protéine s'élève le développement des charançons est freiné, ce qui a été observé par DOBBIE [139] ; AMOS et al [140] ; pour lesquels la teneur en protéines totales du grain est négativement corrélée avec l'index de sensibilité.

D'après SUDHAKAR et PANDEY [141] les variétés de sorgho et de maïs les plus sensibles à l'attaque de *Sitophilus oryzae* contiennent une plus large gamme d'acides aminés indispensables par rapport aux variétés résistantes. Cependant, outre les protéines alimentaires, il existe naturellement dans le blé au niveau de l'endosperme, du péricarpe et du germe, des substances de nature protéique inhibant l'action des protéases et des amylases des insectes [142]. Ces antienzymes représentent elles-mêmes des protéines considérées comme à la base d'un mécanisme de défense naturel des grains contre les insectes, prédateurs des stocks.

Les lipides contribuent aussi comme un facteur de résistance des grains à *S. oryzae* [143]. Par contre HARYADI [144] a noté une corrélation positive entre la teneur en matière grasse et le pourcentage de survie de ce dernier dans le riz paddy.

CHAPITRE 3: METHODES DE LUTTE CONTRE LES INSECTES DU BLE

La protection des céréales stockées contre les attaques d'insectes et d'acariens soulève des problèmes variés et elle doit faire appel à un ensemble de techniques différentes qu'il est nécessaire d'appliquer à bon escient. Le souci majeur d'un stockeur est de garder son stock de céréale intact. Un ensemble de mesure préventive et curative doivent être envisagées; Il s'agit de toute technique destinée à réduire l'infestation au champ, au début du stockage ainsi que pendant le stockage.

3.1- Lutte chimique:

Avec le développement de la chimie, on s'est vite rendu compte qu'il y avait tout un arsenal capable d'éliminer les ennemis de l'homme. Cette approche a conduit à une élimination spectaculaire, du moins à court terme des organismes nuisibles et à une détérioration parallèle mais pas nécessairement visible de la qualité de l'environnement.

Depuis la venue des composés organiques de synthèse, on regroupe les insecticides en insecticides organiques (les organochlorés, organophosphorés, carbamates et pyréthrinoïdes) représentant la grande majorité des insecticides organiques de synthèse qui ont été employés ou sont utilisés actuellement [137] et inorganiques (généralement à base d'arsenic ou de fluo silice, ils sont aujourd'hui prohibés).

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

3.1.1- Traitement par contact:

Il consiste à recouvrir les grains, l'emballage ainsi que les locaux de stockage d'une pellicule de produit insecticide qui agit par contact sur les prédateurs, dont l'effet est plus ou moins rapide avec une persistance d'action plus longue. Les insecticides les plus couramment utilisés sont entre autres de l'Actellic (m.a. pirimiphos-méthyle), de la K-Othrine (m.a. deltaméthrine (250 g.kg⁻¹) et du Dursban (chlorpyrifos-éthyl (50 g.kg⁻¹) [145 ;146]

3.1.2- Traitement par fumigation:

La fumigation consiste à traiter les grains à l'aide d'un gaz toxique, qu'on appelle fumigant. L'intérêt majeur de la fumigation est de faciliter la pénétration des gaz à l'intérieur du grain et donc de détruire les œufs, larves et nymphes qui

s'y développent [147] l'un des fumigant le plus utilisé est le phosphate d'aluminium [126]. Il peut être mélangée avec du dioxyde de carbone (CO₂)

3.1.3- Les inconvénients de l'usage des insecticides chimiques

A cause de leur effet négatif sur l'environnement, l'utilisation des insecticides chimiques est devenue de plus en plus restrictive [137].

L'utilisation intensive des insecticides de synthèse pour lutter contre les insectes phytophages a conduit à la contamination de la biosphère. Selon PHILOGENE [137], tous les pesticides posent un problème de contamination à court ou à long terme, selon la nature de la molécule utilisée dans les traitements et selon la manière avec laquelle ils sont appliqués. Les études consacrées à la dispersion des pesticides dans l'environnement ont prouvé la présence de ces produits dans plusieurs points de la biosphère qui n'ont subi aucun traitement [146]

L'utilisation des insecticides chimiques conduit aussi à un désordre écotoxicologique accompagné d'une augmentation spectaculaire du nombre d'espèces devenue résistantes aux insecticides chimiques [147].

Une dégradation naturelle et spontanée des pesticides chimiques est extrêmement rare, la cinétique de disparition par voie biologique d'un pesticide dans le sol débute toujours par une période de latence, plus au moins longue, au cours de laquelle la dégradation est pratiquement nulle.

Tous ces produits phytosanitaires ont une caractéristique en commun : ils sont neurotoxiques. Des résidus de pesticides ont été détectés dans de nombreux secteurs de la chaîne alimentaire : il a été prouvé que le DDT a une demi-vie de 10 ans dans l'eau et de 40 ans dans le sol exposé [148].

3.2 Lutte physique et mécanique:

Elles concernent toutes les techniques mécano-thérapeutiques susceptibles de rendre le stock sain. En général, ces techniques ne sont pas efficaces contre les formes cachées. Elles sont recommandées pour pallier aux problèmes des résidus chimiques liés aux différents traitements chimiques appliqués aux denrées stockées. Ainsi plusieurs techniques ont été expérimentées et ont eu des succès divers: le traitement par le froid et le chaud, le stockage étanche ou sous atmosphère contrôlée et les radiations ionisantes [5].

La lutte par le froid consiste à abaisser la température de stockage, Ce qui entraîne un ralentissement du développement de l'insecte, freiné dès que la température est inférieure à 10°C [149].

La lutte par le chaud consiste en une élévation de la température (température supérieure à 50°C), ce qui entraîne la mort des insectes.

Le passage des produits dans un séchoir permet d'éliminer les insectes présents dans les grains. Selon FOURAR [123] le choc thermique doit se faire le plus rapidement possible, et doit être suivi d'un refroidissement jusqu'à une température normale de conservation pour ne pas provoquer de détérioration de la qualité du produit traité.

Quant à l'atmosphère contrôlée, les infrastructures de stockage sont enrichies en azote ou en dioxyde de carbone dans le but de réduire la teneur en oxygène et d'asphyxier les insectes [150].

L'irradiation connaît beaucoup de succès .Ses principaux avantages sont sa capacité de pénétration dans des denrées même emballées et la rapidité de son application. Aux doses prescrites, l'irradiation n'altère aucune des propriétés physiques, chimiques et organoleptiques de la denrée [151]

3.3 Lutte biologique:

Le concept de lutte biologique a subi une évolution au cours du temps et intègre dans sa définition actuelle toutes les formes non chimiques de contrôle des ravageurs.

Ces dernières décennies, la protection de l'environnement s'impose de plus en plus comme une préoccupation mondiale majeure. Les industries agrochimiques orientent de plus en plus leur effort vers l'étude de produits naturels pour la recherche de nouveaux insecticides [152].

Les lieux de stockage représentent des systèmes stables, avec des niveaux déterminés de température et d'humidité, parce qu'ils forment des enceintes closes, ce qui sont favorable pour procéder à une lutte biologique.

3.3.1.Les ennemis naturels :

Le recours aux ennemis naturels a été effectué dans le contrôle de différents stades des insectes des denrées stockées. Une étude réalisée sur les parasitoïdes hyménoptères associés aux insectes des denrées stockées a révélé la présence de plusieurs espèces appartenant à deux superfamilles, les *Chalcidoidea* et les *Ichneumonoidea*. Les hyménoptères parasites sont bien

adaptés et bien synchronisés avec leurs hôtes. Parmi ces parasitoïdes, *Anisopteromalus calandrae*, *Theocolax elegans*, *Lariophagus distinguendus*, *Dinarmus basalis*, *Bracon hebetor*, *Theocolax elegans* Westwood et *Dinarmus vagabundus* sont signalés par plusieurs auteurs [153]

Des études ont montré que la plupart de ces parasitoïdes sont des parasitoïdes larvaires et rarement nymphale ou du stade adulte [92, 154]

Blattisocius tarsalis a été également signalé comme un acarien prédateur des œufs de *S. cerealella* [151]. C'est le cas aussi de l'acarien prédateur *Cheyletus spp.* qui peut être utilisé pour contrôler l'acarien ravageur *Acarus siro* [155].

Des micro-organismes entomopathogènes, bactéries, champignons, nématodes, protozoaires et virus ont intéressé aussi les chercheurs dans la lutte biologique contre les insectes et les acariens des denrées stockées. En contrepartie les Conditions de température et d'humidité dans les grains stockés limitent souvent la population de ces microorganismes. Habituellement, ces entomopathogènes préfèrent une humidité relative élevée l'utilisation des formulations des microorganismes font face à certains obstacles lors de l'application dans la protection du grain stocké tels que la sécrétion des mycotoxines et la quantité des doses utilisés [156].

3.3.2. Utilisation des plantes insecticides:

3.3.2.1 Toxicité des poudres et les extraits des plantes insecticides:

L'utilisation des substances végétales en tant que biopesticides dans la protection des grains au cours du stockage contre les insectes a fait l'objet de nombreux travaux. Les plantes sont naturellement dotées de médiateurs chimiques permettant la communication entre les espèces et présentant divers effets. Beaucoup de molécules dans ces composés interviennent dans la défense du végétal contre les ravageurs. Ainsi plus de 2000 espèces végétales dotées de propriétés insecticides sont identifiées. C'est à partir du constat de la protection des plantes contre les déprédateurs qui importunent aussi l'homme que les premiers usages phytosanitaires des végétaux se sont développés [157].

Dans le bassin méditerranéen, on rencontre un très grand nombre de plantes aromatiques. Son climat riche en luminosité et en chaleur, qu'accompagnent des saisons marquées, exige de la part des plantes des efforts

adaptatifs favorables à une richesse moléculaire évolutive leur conférant de multiples propriétés, entre autre l'effet insecticide. Les espèces de la famille de *Meliaceae*, *Rutaceae*, *Asteraceae*, *Labiatae* et *Canellaceae* sont les principales familles les plus prometteuses comme source de bio insecticide [158]. Plusieurs auteurs engagent que les plantes sont utilisées contre les ravageurs pour leurs effets répulsifs, de contact ou fumigants. Les molécules actives peuvent varier d'une famille à une autre et à l'intérieur d'une même famille. Aussi la sensibilité peut différer pour un insecte donné et d'un stade à un autre [159]. Ce même auteur a relevé une action répulsive et toxique de *Tephrosia vogelii* (Hook) sur *Callosobruchus maculatus* F, alors que *Blumea aurita* (L.), ne présente aucune toxicité et possède un fort pouvoir répulsif. Par ailleurs, *Dracaena arborea* au Bénin est répulsif et la même espèce récoltée dans le Borge n'est guère efficace.

Les extraits de *Acarus calamus* (L.), *Azadirachta indica* (A. Juss) et *Curcuma longa* (L.) préparés dans l'éther de pétrole, l'acétone et l'éthanol ont été évalués comme inhibiteur de croissance contre *Sitotroga cerealella* Parmi ces extraits, l'extrait de l'éther de pétrole de *A. calamus* aux taux d'application de 1000, 500 et 250 pg/g et l'extrait d'acétone à 1000 et 500 pg/g ont complètement inhibée l'émergence des adultes [160]. Les feuilles séchées de sauge sauvage *Lippia geminata* ont également été identifiées comme répulsive contre *S. cerealella*. [161]. Katamssadan [162] et Niber [163] ont montré l'efficacité des poudres de feuilles et de graines de plusieurs espèces végétales y compris *Azadiraca indica* Juss (*Meliaceae*), *R. communis* et *S.nigrum*, dans la protection du blé et du maïs stockés en grains contre les dommages causés par *S. oryzae* , *S. zeamais* et *P. truncatus*. Bekele et al. [164] ont montré l'efficacité des feuilles broyées d' *Ocimum kilimandscharicum*, *O. suave*, et *O. kenyense* dans la protection du maïs et le sorgho contre les attaques *S. zeamais* (Mots.) (*Curculionidae*), *Rhyzopertha dominica* (Fab.) (*Bostrichidae*) et *Sitotraga cerealella* (Oliver) (*Gellechidae*).

Par ailleurs, les tanins présentent un effet direct toxique pour certaines espèces d'insectes [165]. Ils ont un effet sur la croissance, le développement et la fécondité de plusieurs insectes ravageurs. La croissance réduite causée par les tanins a des inconvénients majeurs pour l'insecte, avec un plus faible nombre d'œufs et une plus petite taille d'œufs, la survie et la santé des individus de la génération subséquente sont enregistré [166]

Les alcaloïdes renferment un atome d'azote dans leur structure. Parmi ces derniers, certains relarguent de l'acide cyanhydrique quand les plantes sont abîmées. Ils sont synthétisés à partir d'acides aminés. On citera la nicotine, l'atropine, la codéine, la lupinine. Les alcaloïdes possèdent des propriétés répulsives ou anti-appétantes à l'égard des insectes ravageurs. [167]. certains alcaloïdes, les cardénolides, les terpènes ou les glucosinolates présents dans diverses familles de plantes, vont agir directement sur des paramètres liés au fitness des phytophages tels que la croissance, le développement, la reproduction ou la longévité. Les alcaloïdes a un effet inhibiteur du développement larvaire des ravageurs comme *T. castananeum* [168]. Encore la nicotine, alcaloïde produit par les plantes du genre *Nicotiana*, est un analogue de l'acétylcholine et sa liaison sur les récepteurs nicotiques de l'acétylcholine va provoquer des troubles irréversibles sur le système nerveux central des insectes (SNC) [169].

3.3.2.2. Les huiles essentielles:

Différents travaux font référence à l'utilisation d'huiles essentielles pour la protection des denrées stockées contre les insectes ravageurs. Le limonène agit contre différents ravageurs [171], alors que le même composé présente une activité d'attraction pour les prédateurs et offre donc des perspectives intéressantes en lutte biologique. Les constituants des huiles essentielles sont des sources potentielles d'insecticides botaniques [172 ; 173]. Le safrole et l'eugénol ont des fortes activités insecticides sur les ténébrions et surtout le *T. castaneum* [174 ; 175] ainsi que sur la bruche du haricot [11]. En outre, les molécules issues du métabolisme secondaire des principaux constituants des huiles essentielles: polyphénols, terpènes, alcaloïdes ou glycosides cyanogéniques sont facilement biodégradables par voie enzymatique [176].

Les extraits de *Ocimum basilicum* (*Lamiaceae*) obtenus par hydrodistillation causent jusqu'à 80% de mortalité de *C. maculatus* [177] lorsque les huiles sont utilisées en fumigation. Une utilisation des huiles en formulation poudreuse conduit à une protection des stocks durant trois mois sans diminuer le pouvoir de germination des graines. L'huile essentielle de *Lippia sidoides* diminue la consommation du blé par *S. zeamais* [178].

Crithmum maritimum inhibe considérablement l'enzyme butyrylcholinestérase et acétylcholinestérase contre *Sitophilus granarius* L., *S. oryzae* L., *Tribolium*

castaneum, *T. confusum*, *Rhyzopertha dominica*, *Oryzaephilus surinamensis* L [179],

les monoterpènes tels que les 1-8 cinéole, l'eugénol et le camphor sont parmi les principaux constituant des huiles essentielles responsables des actions sur les ravageurs de stock. Leurs effets anti-appétant, anti-reproducteur ou retardateur de la reproduction et de la longévité des insectes a été démontré par plusieurs auteurs [180 ; 181].

Les huiles essentielles agissent directement sur la cuticule des insectes et acariens à corps mou. Isman [182], émet cette hypothèse car plusieurs huiles essentielles semblent plus efficaces sur les arthropodes non mûrs, sensibles ou à corps mou. Cette théorie est détaillée par Wigglesworth [183], il avance que les huiles essentielles dégradent l'enveloppe externe de certains insectes et acariens.

Le rôle de cette enveloppe qui est la cuticule est de prévenir les pertes hydriques. Elle est sécrétée par l'épiderme et comporte plusieurs couches dont la couche externe, composée de cires donnant les propriétés hydrofuges à la cuticule.

Les molécules de cette couche cireuse présentent une rangée de groupes aliphatiques vers l'extérieur créant ainsi une couche hydrofuge et imperméable, La nature lipophile de l'huile essentielle peut dégrader la couche cireuse et causer des pertes en eau. Les trachées et les sacs d'air des insectes sont enduits de cette couche cireuse et sont affectées par l'huile essentielle ce qui peut entraîner l'asphyxie. Le produit appliqué sur le corps des larves traverse la cuticule à travers des canalicules cireux et la distribution s'effectue directement dans l'organisme, plus particulièrement dans les zones les plus lipophiles. L'hémolymphe véhicule la molécule dans tout le corps de l'insecte [184].

Les huiles essentielles sont connue encore comme des neurotoxiques à effets aigus interférant avec les transmetteurs octopaminergiques des Arthropodes [185]. L'octopamine est un neuromodulateur spécifique des invertébrés. Cette molécule a un effet régulateur sur les battements de cœur, la motricité, la ventilation, le vol et le métabolisme des invertébrés. Enan et Isman [182 ;186], ont fait le lien entre l'application de l'eugénol, de l'alpha-terpinéol et de l'alcool cinnamique, et le blocage des sites accepteurs de l'octopamine. Enan [186], a également démontré un effet sur la Tyramine, autre neurotransmetteur des

insectes. Les huiles essentielles ont des effets anti-appétant, affectant ainsi la croissance, la mue, la fécondité ainsi que le développement des insectes et acariens. Des travaux montrent que ces mono terpènes inhibent la cholinestérase [187].

En plus des monoterpénoïdes Les travaux de Regnault-Roger et al. [11] ont montré que les polyphénols ubiquitaires dans la nature, provoquent une perturbation de la motricité naturelle de l'insecte. Celle-ci peut être rapide : dès le premier jour pour la quercétine, ou plus tardive, le quatrième jour, pour la narangine, le syringaldéhyde ou l'acide vanillique. Elle s'accompagne dans certain cas (acides caféique et férulique, vanilline, lutéoline 7-glucoside) d'un effet knock down. Au bout de huit jours, tous les insectes sont dans un état comateux ou morts. La toxicité des polyphénols est corrélée positivement au pouvoir attractif du composé.

Tableau 3.1: Quelques caractéristiques des insecticides de synthèse et d'insecticides naturels [176].

Insecticides	Classes chimiques	Mode d'application	Mode d'action sur l'insecte	Impacts	Rémanence
DDT	Organochlorés	Insecticide de Contacte	Destruction des composants cellulaires qui participent à la transmission des impulsions nerveuses	Cancérogène Polluants	15 ans
Lindane					
Malathion	Organophos phosphorés		Inhibiteur de l'acétylcholinestérase	Infertilité Hépatotoxique Polluants	
Bromophos					
Chlorpyrifo					
Propoxur	Carbamates				
Bendiocarbe					
Essence de Pyrèthre	Pyréthrines		Destruction des composants cellulaires qui participent à la transmission des impulsions nerveuses ; Inhibiteur de cytochrome P450	Plusieurs cas de résistances signalées	10 à 15 minutes
Pipéronyl butoxyde					
Perméthrine	Pyréthroides				
Cyperméthrine					
Fenvalérate					
Resméthrine					

CHAPITRE 4 : MATÉRIEL ET MÉTHODES

4.1 Arthropodofaune du blé dur stockés en Algérie :

4.1.1 Description de la zone d'étude :

Douze wilayas caractérisées par un climat subhumide ou semi-aride, productrices de blé et disposant d'infrastructures de stockage ont été choisies pour l'étude: cinq situées au Centre (Blida, Tiziou zou, Ain defla -CCLS de Khemis Meliana-, Médéa -CCLS de Bouraughia-, Bouira) quatre à l'Est (Sétif, Constantine, Guelma, Oumbouaghi) et trois à l'Ouest (Tlemcen, Tiaret et Mostaganem) (Figure 1).

Un silo dans chaque région a été choisi de manière aléatoire pour fournir les échantillons de blé dur pour l'étude.

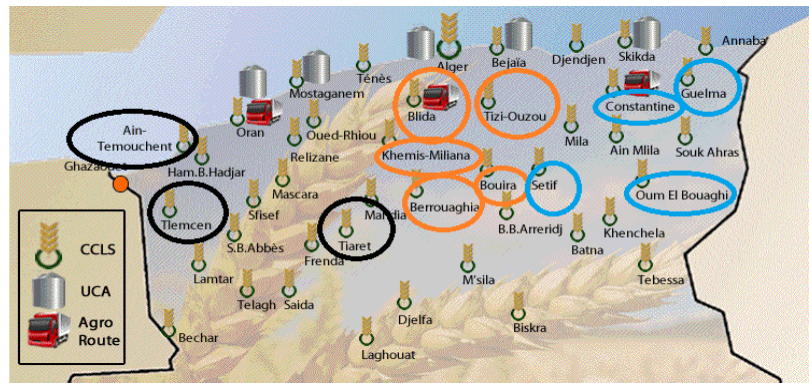


Figure 4.1: Carte du nord de l'Algérie mettant en évidence les points d'enquête (originale)

C.C.L.S.: Coopératives de Céréales et de Légumes Secs.

U.C.A.: Union des Coopératives Agricoles

Cercle noir: **Ouest**, Cercle rouge: **Centre**, Cercle bleu: **Est**

4.1.2 Echantillonnage et analyse des denrées au laboratoire:

Des échantillons de 500g de grains de blé dur prélevés des silos de stockage de chaque wilaya ont subi un premier tamisage afin de détecter les formes libres. En vue de mettre en évidence les formes cachées, les émergences d'insectes étaient suivies à partir des échantillons conservés dans des bocaux en verre (grains) 17/8cm (hauteur/diamètre).

4.1.3 Mise en évidence de la présence des insectes ravageurs :

Des insectes provenant des différents échantillons ont été inventoriés et le niveau de l'infestation a été évalué. Par conséquent, des évaluations de l'infestation ont été effectuées chaque semaine sur les échantillons collectés, sur

une période d'un mois et demi. Ces évaluations ont consisté à tamiser le contenu de chaque bouteille à l'aide d'un tamiseur constitué de quatre tamis de mailles respectives 0,045mm, 0,09mm, 0,5mm et 1mm. L'identification des individus récupérés été réalisée sous loupe binoculaire au grossissement 10×40 à l'aide des clés et catalogues d'identifications. Delobel et Tran [87] pour les coléoptères et Weidner et Rack [90] pour les lépidoptères. Pour les acariens et les hyménoptères, l'identification a été réalisée par Pr Doumandji de l'école Nationale supérieure d'Agronomie –Elharrach - Algérie-.

4.1.4. Calcul des indices de diversité:

Il correspond au comptage du nombre d'espèces présentes dans l'échantillon.

4.1.4.1 Abondance:

Il correspond au nombre d'individus relevés pour un taxon donné.

4.1.4.2 l'indice de diversité de Shannon H'

Il est utilisé comme mesure de la diversité spécifique [189]:

$$H = - \sum_{i=1}^s p_i \cdot \log_2(p_i)$$

S = nombre total d'espèces; $p_i = (n_j / N)$, fréquence relative des espèces; n_j = l'effectif de l'espèce i dans l'échantillon et N = l'effectif total .H varie entre 0, dans le cas où le peuplement n'est constitué que d'une seule espèce et $\log_2 S$ dans le cas où toutes les espèces présentes le sont avec une abondance.

4.1.4.3.l'indice d'équitabilité R

Il permet de mesurer l'équitabilité ou encore l'équirépartition des espèces du peuplement par rapport à une répartition théorique égale pour l'ensemble des espèces [190, 191]:

$$R = H/H_{\max} \text{ avec : } H_{\max} = \log_2 S$$

La valeur de R varie entre 0 (une seule espèce domine) et 1 (toutes les espèces ont la même abondance). L'équitabilité prend en compte la diversité potentielle maximale du système (H_{\max});c'est-à-dire la capacité du système à accepter S espèces en proportions équivalentes.

4.1.5 Traitement et analyse des données:

Les données obtenues ont été soumises à la statistique descriptive (moyenne, pourcentage) et ont permis de présenter les résultats sous forme de graphes et de tableaux. Les données collectées ont été soumises à l'analyse de la variance (ANOVA) grâce au logiciel SYSTAT vers. 12, SPSS 2009 avec une précision au seuil de 5%. Une classification ascendante hiérarchique (CAH) et une analyse factorielle des correspondances (AFC) des espèces de ravageurs dans les lieux de stockages (12 wilayas) ont été élaborées par le biais de logiciel PAST vers 1.6 (PAST vers. 1.6) [192].

4.2. L'effet insecticide de l'huile essentielle et l'extrait aqueux de mentha piperita par contact et inhalation sur *Rhyzopertha dominica* et *tribolium castaneum*:

4.2.1. Objectifs:

Notre objectif consiste à mettre en évidence l'effet biocide de l'huile essentielle (par contacte et inhalation) et de l'extrait aqueux (par contacte) d'une plante très connu et très utilisé depuis l'antiquité pour ses qualités parfumantes, culinaires et médicinales; *Mentha piperita* vis-à-vis de deux ravageurs des denrées stockées *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum*

4.2.2. Espèce infestante:

Les insectes de *Sitophilus oryzae* et *Tribolium castaneum* utilisés pour l'infestation artificielle, ont été recueillis à partir des sacs de blé infestés présentés comme échantillon par les agriculteurs au Coopérative de céréales et de légumes secs de BLIDA.

Les individus sont ensuite élevés sur blé tendre pour (*Sitophilus oryzae*) et farine pour (*Tribolium castaneum*) au laboratoire du l'institut nationale spécialisé en industrie agro-alimentaire sur deux générations avant l'expérience à une température de 28°C.

Pour obtenir des individus d'âge connu, un premier tamisage sur les récipients de grains d'élevage de masse a été effectué, ce qui permet d'éliminer les adultes âgées puis un second tamisage, quelques jours plus tard, de sorte à permettre l'obtention d'individus jeunes avec des limites d'âge connues (moins de trois semaines).

4.2.3 Matériel végétal

La plante utilisée dans notre expérimentation est la Menthe poivrée (*Mentha piperita* L.). Le choix du matériel biologique végétal est du à :

- La disponibilité des plantes sur le territoire national.
- Son usage en pharmacopée traditionnelle locale.
- Ses propriétés insecticides relatées dans la littérature.

4.2.3.1. Classification de *Mentha piperita* L.

Règne: Plantae

Division: Magnoliophyta

Classe: Magnoliopsida

Ordre: Lamiales

Famille: *Labiaceae*

Genre: *Mentha*

Espèce: *Mentha piperita* (Linnaeus, 1753)



Figure 4.2 *Mentha piperita* (original)

4.2.3.2. Description botanique de la menthe poivrée:

La menthe poivrée est originaire du Moyen-Orient. Elle résulte d'une hybridation entre la menthe aquatique (*Mentha aquatica*) et la menthe verte (*Mentha spicata*). Elle pousse sur des sols frais et humides riches en humus jusqu'à 1.800 m d'altitude. Plante commune dans toutes les régions tempérées du monde et plus particulièrement d'Europe centrale et du sud où elle est également abondamment cultivée [193].

Il s'agit d'une plante vivace à rhizome long, rampant, traçant, chevelu. La tige, de 50 à 80 centimètres, dressée ou ascendante, se divise en rameaux

opposés. Ses feuilles mesurent de 4 à 10 cm de long, elles sont ovales, opposées courtement pétiolées, lancéolées, aiguës, dentées, sont d'un très beau vert et se teignent de nuances rougeâtres au soleil et de rouge cuivré à l'ombre, elles sont recouvertes de gros poils sécréteurs arrondis dans lesquels s'accumulent les substances volatiles odorantes [194].

Les fleurs, violacées, forment des épis très courts, ovoïdes, à l'extrémité des rameaux. Le fruit, divisé en quatre parties, est entouré d'un calice persistant. Son odeur est puissante, sa saveur est piquante et rafraîchissante [193 ; 195].

4.2.3.3 Composition chimique: [196]

L'huile de menthe poivrée est composée :

- Monoterpènes: limonène (4.01%), bêta-pinène (0.85%), (Z)-bêta-ocimène (0.66%), alpha-pinène (0.55%), gamma-terpinène (0.47%), sabinène (0.40%), alpha-terpinène (0.27%), myrcène (0.26%), para-cymène (0.22%), (E)-bêta-ocimène (0.19%).
- Monoterpénols: menthol (40.17%), néomenthol (4.26%), cis-hydrate de sabinène (0.53%), linalol (0.25%).
- Oxydes: 1,8-cinéole (4.71%), menthofurane (0.80%), oxyde de caryophyllène (0.11%).
- Monoterpénones: menthone (24.43%), isomenthone (2.89%), pipéritone (0.80%), pulégone (0.70%).
- Esters terpéniques: acétate de menthyle (4.29%), acétate de néomenthyle (0.27%).
- Sesquiterpènes: germacrène-D (1.47%), bêta-caryophyllène (1.42%), bêta-bourbonène (0.45%), (E)-bêta-farnésène (0.38%), bicyclogermacrène (0.37%), bêta-élémente (0.13%).
- Sesquiterpénols: viridiflorol (0.27%).

4.2.3.4. Récolte

La récolte de la plante (menthe poivrée) a été réalisée dans la région de Blida situé au nord de l'Algérie durant la période allant du mois d'avril jusqu'au mois de mai.

4.2.3.5. Séchage

La plante fraîchement récoltée, est lavée et laissée séchée à l'ombre dans un endroit sec et aéré, à l'abri de la lumière et cela pendant 7 jours.

4.2.3.6. Extraction de l'huile essentielle de *Mentha piperita* :

L'extraction de l'huiles essentielle de *Mentha piperita* par hydrotisllation est effectuée au niveau du laboratoire de l'institut national spécialisé dans la formation en industrie agroalimentaire de Blida selon les normes AFNOR et ISO. C'est la technique d'extraction la plus utilisée et la plus rapide pour l'obtention des meilleurs rendements, sans altération des huiles essentielles fragiles. Selon Hajji et *al.* [197] 100g de feuilles sont introduits dans le ballon à fond rond avec 400ml d'eau distillée. Après fermeture du montage la mise en marche du chauffe ballon est effectué avec un réglage optimum du chauffage. L'essence est alors mise en œuvre par la condensation, le refroidissement des vapeurs et puis la décantation des condensats. Une fois prélevée l'huile essentielle sera mise dans un flacon hermétiquement fermé et conservé à 4°C à l'abri de la lumière

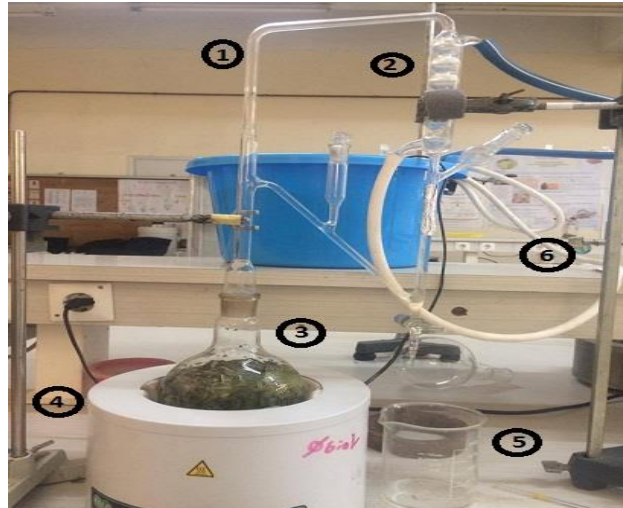


Figure 4.3 : Montage d'hydrodistillation avec Clevenger (originale)

(1) Clevenger (2) Réfrigérant (3) Ballon de 1000 ml (4) Chauffe-ballon (5) Bécher (6) Support

4.2.3.7. Préparation de l'extrait aqueux de *Mentha piperita*:

Pour préparer cet extrait on a réalisé les étapes suivantes:

- Broyage de feuilles séchées de la menthe à l'aide de mortier.
- Dilution dans de l'eau distillée (25g de matière sèche/250ml d'eau distillée).
- Agitation dans un agitateur pendant 72h.
- Récupération après filtration de l'extrait dans un flacon recouvert par un papier aluminium.
- Conservation du flacon dans un réfrigérateur.



Figure 4.4: Différents étapes pour la préparation de l'extrait aqueux (originale)

4.2.4 Evaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles

4.2.4.1-Préparation des doses de l'huile essentielle

A partir de l'huiles essentielle obtenue, les doses à tester après dilution dans le diméthylsulfoxyde (DMSO) sont préparés ; selon une progression géométrique de raison de 2 (2 μ .l/1ml; 4 μ .l/1ml ; 8 μ .l /1ml).

Nous avons utilisé le diméthylsulfoxyde (DMSO) comme témoin à cause de l'absence de son activité insecticide et comme solvant pour former des microémulsions et donc l'homogénéisation de la solution d'huile essentielle.

4.2.4.2. Test d'efficacité par contact :

La méthode de l'imprégnation de papiers filtres a été utilisée pour évaluer la toxicité des huiles par contact. Des papiers filtres de 9cm de diamètre sont imprégnés chacun de 1ml d'une solution d'huile essentielle d'une concentration donnée (témoin imprégné avec DMSO). Les papiers filtres sont placés dans des boites de Pétri de 9 cm de diamètre et de 1,5 cm de hauteur. Dans chaque boite sont déposés vingt individus de l'insecte étudié. Les boites de pétri sont recouvertes avec une moustiquaire pour éviter la fuite des insectes. Après 24 heures d'exposition à l'huile essentielle, les insectes sont transférés dans des boites contenant 10g de blé non traité et placés dans une étuve à 28°C. Trois répétitions sont réalisées pour chaque concentration, de même que pour le témoin. La mortalité des insectes est suivie pendant huit jours afin de déterminer la DL50 et DL90 selon la méthode de Finney [198].

4.2.4.3. Test d'efficacité par inhalation

Pour tester la toxicité de l'huile essentielle, la fumigation a été effectuée dans des flacons en verre hermétiques et transparentes, de capacité de 27ml. Les tests ont été effectués sous les conditions d'élevage. Trois doses de 2µl, 4µl, 8 µl correspondant à 74, 148, 296 µ l / L ont été appliquées sur papier filtre de type Wathman de 2 cm diamètre. Chaque disque a ensuite été séché à l'air pendant 2 minutes et placé sur le dessous du bouchon à vis du flacon .Un lot non-traité a servi comme témoin. Dans chaque flacon, vingt adultes de *S. oryzae* ou *T. castaneum* sont déposés. Après 24 heures d'exposition aux huiles essentielles, les insectes sont transférés dans des boîtes contenant 10 g de blé non traité et placés dans une étuve. La mortalité des insectes est observée pendant 8 jours afin de déterminer la DL50 et DL90.

4.2.5. Evaluation de l'activité insecticide par contacte de l'extrait aqueux:

Le même principe utilisé pour les huiles essentielles est réalisé. Le produit a été pulvérisé directement sur le corps de l'insecte. Pour l'extrait, on a utilisé 3 doses (d1=25g de poudre /1l, d2=50g de poudre /1l, d3=100g de poudre/1l).

4.2.6.Exploitation des résultats :

4.2.6.1- Rendement en huile essentielle

Le rendement est défini comme étant le rapport de la masse d'huile essentielle obtenue sur la masse de matière végétale.

$$R\%=(m /M)\times 100$$

m:masse d'huile essentielle(g),

M:masse de matière végétale(g)

R(%):rendement en huile essentielle (%)

4.2.6 .2 Correction de la mortalité:

L'efficacité d'un produit biocide est évaluée par la mortalité de l'organisme cible. Cependant, le nombre d'individus dénombrés morts dans une population traitée par un toxique n'est pas le nombre réel d'individus tués. Il existe en fait dans toute population traitée une mortalité naturelle qui vient s'ajouter à la mortalité provoquée par le toxique ; pour cela les pourcentages de mortalité doivent être corrigés par la formule de Schneider- Orelli [199] qui est la suivante:

$$MC = M - Mt \times 100 / 100 - Mt$$

MC (%) : Pourcentage de mortalité corrigée,

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

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

4.2.6.3- Calcul des doses létales 50 et 90:

L'efficacité d'un toxique se mesure par la DL50 et la DL90 qui représente la quantité de substance toxique qui entraînent la mort de 50% et de 90% d'individus d'un même lot. Elle est déduite à partir du traçage de la droite de régression des probits en fonction des doses selon (Finney, 1971) [198].

4.2.6.4. Traitement et analyse des données.

Les données obtenues ont été soumises à la statistique descriptive (moyenne, pourcentage) et ont permis de présenter les résultats sous forme de graphes et de tableaux. Pour comparer les effets de l'huile essentielle et l'extrait aqueux de la menthe poivrée, les données collectées ont été soumises à l'analyse de la variance grâce au logiciel SYSTAT vers. 12, SPSS 2009, suivant le niveau de significativité au seuil de 5% [192]:

- P < 0,001 la différence entre les traitements est très hautement significative (THS).
- P < 0,01 la différence entre les traitements est hautement significative (HS).
- P < 0,05 la différence entre les traitements est significative (S).
- P > 0,05 la différence entre les traitements est non significative (NS).

4.3. L'effet antiappétant et répulsif de l'huile végétal et des polyphénols des enveloppes de l'épi de blé dur contre *Rhizopertha dominica* et *Sitophilus oryzae*

4.3.1 Objectifs:

Les objectifs tracés dans cette partie sont les suivants :

- Evaluation de descendance du *Sitophilus oryzae* et du *Rhizopertha dominica* en fonction de la fraction (enveloppes, grain) et de la variété (Vltron, CHN'S et BOUSSALEM).
- Evaluation du rendement des polyphénols et de l'huile végétale des enveloppes des épis de blé.
- Identification des composés phénoliques par HPLC.
- Caractérisation des acides gras par CPG/MS.

- Evaluation de l'effet répulsif et anti appétant des polyphénols et de l'huile végétale sur les adultes de *S.oryzae* et *R.dominica*.

4.3.2. espèces infestantes: *Rhyzoperta dominica* et *Sitophilus oryzae* sont élevées de la même façon que le test précédent (sur blé)

4.3.3 Matériel végétal:

Le matériel végétal est composé de trois variétés de blé dur en épi qui nous ont été fournies par le CCLS d'El Affroun (Blida). Ces variétés sont : BOUSSALEM, CHEN'S et VITRON. Les échantillons des grains ont été retirés à partir des épis.

Pour éliminer tous risques d'infestation antérieure par des déprédateurs venant du champ des céréales, les échantillons ont été fermés dans des sacs en polyéthylène et ensuite stockés dans un congélateur pendant plus d'une semaine à une température inférieure à moins 15°C.

4.3.3.1.Variété BOUSSALEM :

C'est une variété performante introduite en 2004. Elle a des feuilles alternées, formées d'un chaume de 90 à 100 cm, portant un épi blanc et un grain moyen. Cette variété d'hiver est très rustique et remarquablement résistante au froid, à la verse et à la sécheresse ainsi qu'aux différentes maladies. Son rendement atteint 38 qx/ha. La Surface emblavée en Algérie est 13381,00 Ha avec un taux de 11,54 % (CNCC, 2017).



Figure 4.5: Les épis de blé dur de variété BOUSSALEM (original).

4.3.3.2 CHEN'S.

D'origine mexicaine, c'est une variété précoce tolérante à la sécheresse, à la rouille, de bonne productivité. Du point de vue technologique, elle présente une

bonne valeur semoulière, une teneur en protéines élevée, une très bonne qualité des protéines et une tenue à la cuisson acceptable. La surface emblavée en Algérie est 5732,40 Ha avec un taux de 4,94 % (CNCC, 2017).



Figure 4.6: Photo représentant les épis de blé dur de variété CHEN'S (original).

4.3.3.3 Vitron

Le blé dur Vitron est une obtention du CIMMYT (International Maize and Wheat Improvement Center) et introduite en Algérie d'Espagne en 1986. C'est une variété précoce à paille courte, l'épi est blanc avec des barbes brunes à noires. Elle est sensible à la rouille brune et l'helminthosporiose. Son rendement atteint 48qx/ha. Cette variété est largement cultivée en Algérie avec un taux d'occupation national de 26,64 % avec 30895,69 hectares (CNCC, 2017).



4.7. Les épis de blé dur de la variété VITRON (original).

4.3.4. Constitution des échantillons :

Dix adultes prélevés sont disposés dans des bocaux en verre contenant 100 g de blé en grain et en épi des trois variétés étudiées (BOUSALEM, CHEN'S ET VITRON). Un morceau de tissu en coton a été mis sur le dessus de la boîte afin d'empêcher les *insectes* de s'échapper et pour la ventilation. Trois répétitions ont été effectuées pour chaque traitement. Au préalable, les grains et les épis ont séjourné 48 heures dans l'étuve ventilée réglée à 28°C et 70% de HR de sorte à atteindre des niveaux d'activités de l'eau équivalent.

Environ trois mois après le début de l'infestation, les boîtes sont tamisées pour dénombrer la descendance dans chaque répétition.

4.3.5. Critères étudiés.

4.3.5.1. Nombre de descendants.

C'est le nombre total de descendants produits par insectes dans les conditions expérimentales décrites après tamisage par un tamis de 1mm d'ouverture de maille.

4.3.5.2. Paramètres physico-chimique:

4.3.5.2.1. Extraction des acides gras et des polyphénols totaux des enveloppes d'épi:

La poudre des enveloppes des épis de blé (50g) est introduite dans une cartouche en papier filtre, cette dernière sera placée dans un soxhlet ayant 250 ml d'éther de pétrole 40-60 (AFNOR N.F V03-713). Une concentration avec un évaporateur rotatif permet l'obtention de la fraction lipidique. Les enveloppes de l'épi dégraissés par l'éther de pétrole et séchés sont repris par le méthanol selon le même protocole pour la récupération de la fraction polaire (polyphénols)[200]. Les ballons contenant les résidus secs sont pesés avant et après extraction afin de déterminer la teneur respective de chacune des fractions selon la formule :

$$R\%=(m/M) \times 100$$

R(%): Rendement en huile végétale ou en polyphénols en (%).

m: Masse de l'huile végétale ou des polyphénols en gramme.

M: Masse de la prise d'essai de matière végétale en gramme.

4.3.5.2.2. Dosage des polyphénols totaux

La teneur en phénols est déterminée selon la méthode de Velioglu et *al.* [201]. Cette dernière est basée sur la réaction colorée des composés phénoliques

avec le réactif de Folin-Ciocalteu (acide phosphotungstique et acides phosphomolybdique). Elle est utilisée pour déterminer les phénols totaux dans l'échantillon. Lors de la réaction avec des phénols, le réactif de Folin-Ciocalteu est réduit à un oxyde de couleur bleue. La coloration bleue produite possède un maximum d'absorbance à 725 nm (Fig.14) [202]. L'extrait sec des enveloppes d'épi est dissous dans 10 ml de méthanol (90%), 1 ml de cette solution est dilué 5 fois avec du méthanol (90%). 0.5 ml d'extrait est mélangé à 2.5 ml de réactif de Folin-Ciocalteu dilué. La solution de la réaction est laissée à température ambiante pendant 5 minutes. 2 ml de la solution de carbonate de soude (60 g/l) est y ajouté. Le mélange est incubé à température ambiante pendant 120 minutes. L'absorbance de la solution est déterminée à 750 nm en utilisant un spectrophotomètre UV-Visible. Pour chaque essai, trois répétitions sont réalisés. L'absorbance, ramenée à une moyenne, est employée dans le calcul. La gamme d'étalonnage d'acide gallique permet de déterminer la quantité des phénols totaux, Le contenu en polyphénols totaux est exprimé en mg équivalent d'acide gallique par gramme d'extrait sec (Figure 4.8).

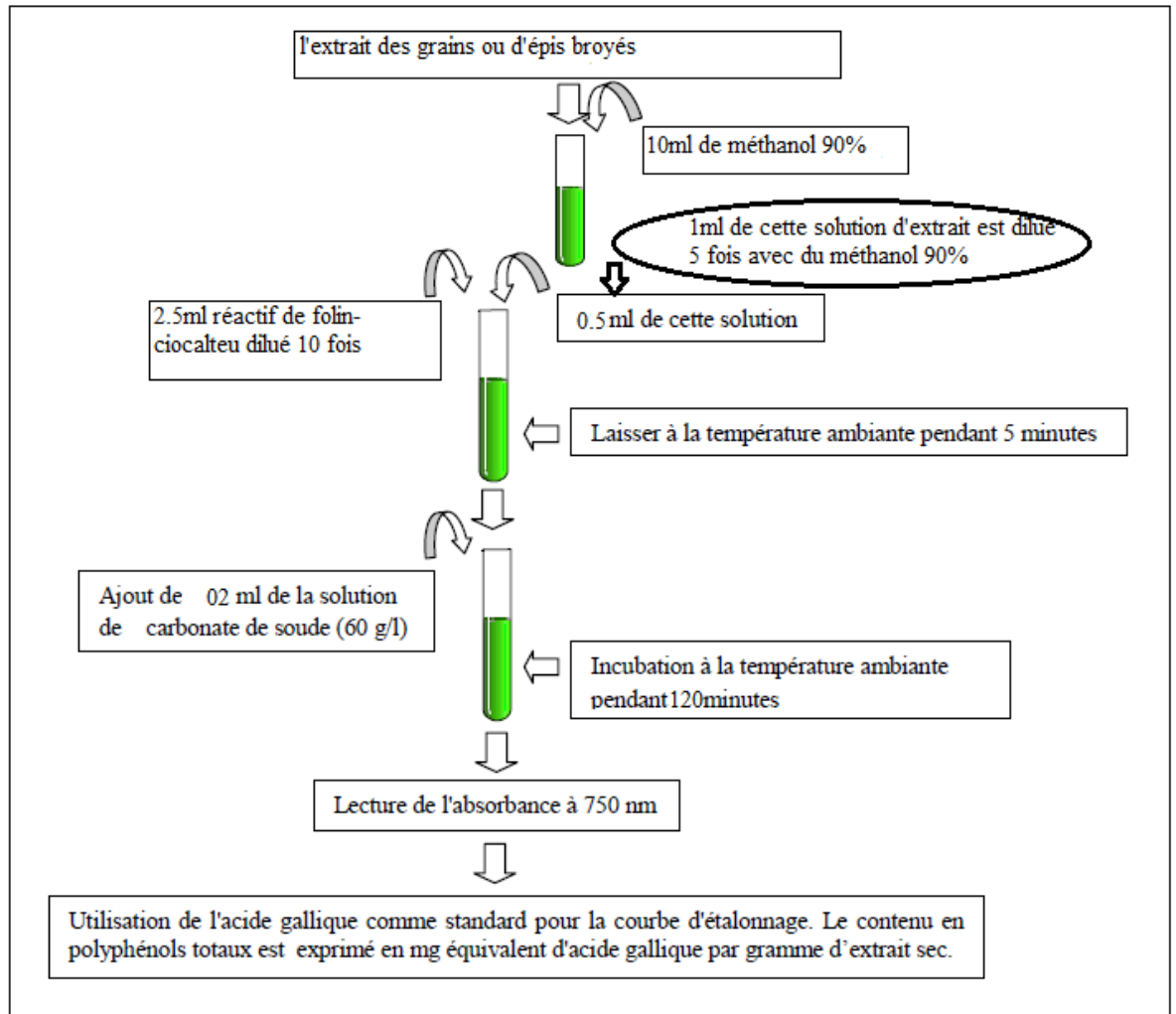


Figure 4.8 : Dosage des polyphénols totaux à partir de l'extrait sec [201].

4.3.5.2.3. Identification des composés phénoliques par HPLC des enveloppes d'épi de blé de la variété Vitron:

L'identification des composés phénoliques extrait par Soxhlet par le méthanol a été réalisée par HPLC (YL 9100) équipé d'une pompe quaternaire (pour YL 9110), et d'un détecteur PDA UV-VIS (YL 9120) avec une colonne analytique C18 (250mm x4,6mm,20µl) thermostatée réglée à 25 °C. Les longueurs d'onde choisies pour l'analyse sont comprises entre 280 nm – 320 nm. Le débit de la phase mobile est 0.7 mL/min.

Le gradient des solvants utilisés est constitué de deux phases mobiles Acétonitrile et 50 mM H₃PO₄, pH = 2.5. Les Conditions opératoires sont illustrées dans le tableau 4.4

Tableau 4 .1. Conditions opératoires de HPLC

phase mobile A	<ul style="list-style-type: none"> • 50 mM H₃PO₄, pH = 2.5
Phase mobile B	<ul style="list-style-type: none"> • Acétonitrile
Elution isocratique	<ul style="list-style-type: none"> • 95% A/5% B, 0-5 min
Pente linéaire	<ul style="list-style-type: none"> • 5% A/5% B to 50% A/ 50% B, 5-55 min
Elution isocratique	<ul style="list-style-type: none"> • 50% A/50% B, 55-65 min
Pente linéaire	<ul style="list-style-type: none"> • 0% A/50% B to 95% A/5% B, 65-67 min
Temps d'analyse	<ul style="list-style-type: none"> • + 67 min
Longueur d'onde	<ul style="list-style-type: none"> • λ= 280 nm - 320 nm
Le débit de la phase mobile	<ul style="list-style-type: none"> • 0.7 mL/min
Le volume d'injection	<ul style="list-style-type: none"> • 10ul

4.3.5.2.4 Caractérisation par CPG-MS des acides gras des enveloppes d'épi de blé de la variété Vitron:

Dans le but d'identifier les acides gras présents dans l'huile végétale extrait des enveloppes des épis de la variété Vitron, une chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse est réalisée. Le couplage de la chromatographie en phase gazeuse à la spectrométrie de masse (CPG-MS) est une technique d'analyse qui possède plusieurs atouts : elle permet de séparer les constituants d'un mélange. Le spectromètre de masse associé permet d'obtenir le spectre de masse de chacun des constituants et bien souvent de les identifier.

La chromatographie en phase gazeuse et la spectrométrie de masse possèdent des limites de sensibilité voisines. Leur association permet de disposer d'un outil analytique très performant. L'identification de produits est réalisable pour des quantités de l'ordre du nano gramme, la détection par fragmentométrie est possible jusqu'au picogramme. Il réclame peu d'échantillon, la quantité injectée est de l'ordre du microlitre. Il est rapide, le temps d'acquisition du spectre est identique à celui de l'analyse chromatographique.

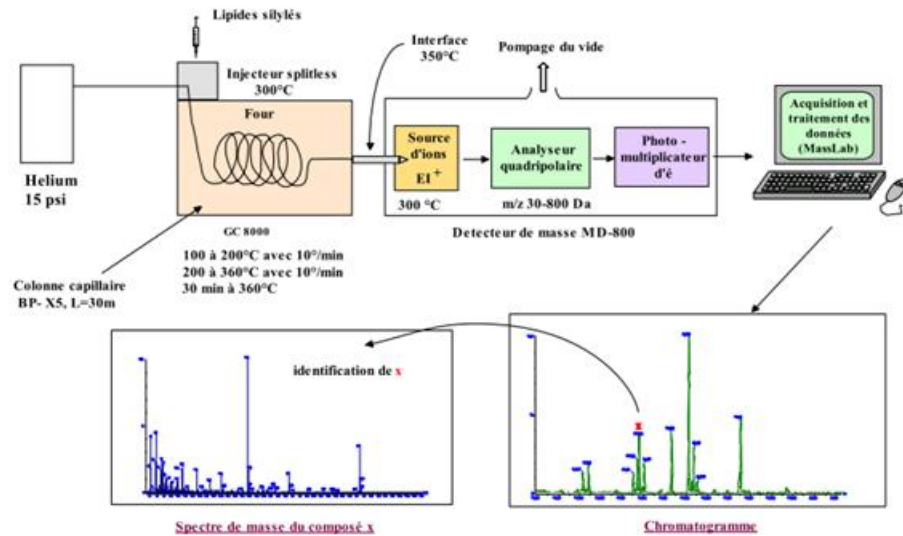


Figure 4.9. Analyse des lipides par CG/MS

L'analyse de l'échantillon des acides gras extrait à partir des enveloppes d'épi a été réalisée à partir du chromatogramme Hewlett Packard Agilent 6890 plus couplé à un Spectromètre de masse : Hewlett Packard Agilent 5973 avec les conditions opératoires suivant (tableau 4.2)

Tableau 4.2: Conditions opératoires de CG/MS

Injecteur	<ul style="list-style-type: none"> • Température : 250°C • Mode d'injection : splitless • Volume injecté : 0.2 µL
Colonne	<ul style="list-style-type: none"> • Type : HP-5MS • Dimension : 30m*D_{int} 0.025 mm épaisseur film 0.25 µm • Phase stationnaire : 5% phenyl 95% demethylpolysiloxane (Autre : spécifier)
Température du four	<ul style="list-style-type: none"> • 70°C 5 min, 50c/min jusqu'à 130°C, isotherme pendant 2 min ; 3min jusqu'à 220°C isotherme pendant 7min ; 6°C/min jusqu'à 240°C isotherme pendant 5 min • Durée d'analyse : 64 min • Gaz vecteur : Hélium pureté : N6 • Débit GV : 1.5 ml/min
Détecteur de masse	<ul style="list-style-type: none"> • Mode d'analyse : Scan TIC (de 30 à 550) • Délai du solvant : 8 min • Température de l'interface : 270°C • Type d'ionisation : impacte électronique • Intensité du filament : 70 ev • Type de l'analyseur de mass : Quadripôle • Température de la source : 230°C
Équipement	<ul style="list-style-type: none"> • Chromatographe : Hewlett Packard Agilent 6890 plus • Spectromètre de masse : Hewlett Packard Agilent.

4.3.5.2.5 Evaluation de l'effet répulsif de l'Extrait phénolique et l'huile végétale contre *Sitophilus oryzae* et *Rhyzoperta dominica*.

L'effet répulsif à l'égard des adultes de *sitophilus oryzae* et *Rhyzoperta dominica* a été évalué en utilisant la méthode de la zone préférentielle sur papier filtre décrite par McDonald et al. [203]. Ainsi, les disques de papier filtre de 9 cm de diamètre utilisés à cet effet ont été coupés en deux parties égales ayant chacune 31,80 cm² de surface. Trois doses 20 µg/ml, 10 µg/ml, 5 µg/ml d'extrait phénolique et 0.5% ; 0.75% et 1% de l'huile végétale des enveloppes d'épi ont été préparées. Ensuite; 0,5 ml de chacune des solutions ainsi préparées a été répandue uniformément sur une moitié du disque. L'autre moitié a reçu uniquement 0,5 ml de diméthylsulfoxyde. Après quinze minutes, temps nécessaire pour l'évaporation complète du solvant de dilution, les deux moitiés des disques ont été ressoudées au moyen d'une bande adhésive.

Le disque de papier filtre ainsi reconstitué a été placé dans une boîte de Pétri et un lot de 10 insectes adultes non sexés, âgés de deux jours au plus (après leur sortie des graines) a été placé au centre de chaque disque. Quatre répétitions ont été effectuées pour chaque dose. Au bout de deux heures, le nombre d'insectes présents sur la partie de papier filtre (Nt) et le nombre de ceux présents sur la partie traitée uniquement au DMSO (Nc) ont été relevés. Le pourcentage de répulsion (PR) a été calculé en utilisant la formule suivante:

$$PR = \frac{Nc - Nt}{Nc + Nt} \times 100$$

Le pourcentage moyen de répulsion a été calculé et attribué selon le classement de McDonald *et al.* [203] à l'une des différentes classes répulsives variant de 0 à 5:

Classe 0 (PR < 0,1%), classe I (PR = 0,1 – 20%), classe II (PR = 20,1 – 40%), classe III (PR = 40,1 – 60%), classe IV (PR = 60,1 – 80%) et classe V (PR = 80,1 – 100%).

4.3.5.2.6 Evaluation de l'effet anti-appétant de l'extrait phénolique et de l'huile végétale des enveloppes d'épi contre *Sitophilus oryzae* et *Rhyzoperta dominica*.

Evaluation de l'effet anti-appétant est réalisé selon la méthode de Bouzouita et al. [204]. Chaque insecte de *Sitophilus oryzae* (charançon) ou

Rhyzoperta dominica (capucin) adulte accompagné d'un grain de blé enrobé avec les différentes doses de l'extrait phénolique ou l'huile végétale et séché à l'air libre puis pesé, est introduit dans un tube à hémolyse fermé par du coton pour garantir l'entrée de l'air à l'insecte. Ces tubes sont mis dans une étuve (Température=28°C, obscurité). Au bout de 48h, le poids du grain de blé est évalué une deuxième fois.

CHAPITRE 5: RESULTATS

5.1. Arthropodofaune du blé dur stockés en Algérie

5.1.1. Les principaux ravageurs:

L'identification des insectes faite au laboratoire a révélé la présence de huit espèces d'insectes. Les coléoptères majoritaires étaient représentés par cinq espèces réparties dans cinq familles. Les lépidoptères, les hyménoptères et les acariens étaient minoritaires et n'étaient respectivement représentés que par une espèce chacun (tab 1). En termes d'espèce, l'analyse de variance a révélé une différence hautement significative ($p=0.008$; $P<\%$) ou le capucin (*Rhizopertha dominica*) et le charançon du riz (*Sitophilus oryzae*) se sont révélées les espèces les plus fréquentes avec des pourcentages de 39% et 26%. Suivie par *Ephestia kuehniella* 14%. Il apparaît d'autre part, une moindre représentation du *Tribolium castaneum* et *Oryzaephilus. surinamensis* et *Trogoderma granarium*. Le *Lariophagus distinguendus* connu comme une espèce parasitoïde a présenté un nombre important d'individus.

Tableau 5. 1. Principales espèces d'insectes rencontrées dans les silos.

Ordres/Famille	Espèces	Status
Coleoptera:Bostrichidae	<i>Rhizopertha dominica</i> (Fabricius ; 1792)	Primaire
Coleoptera:Curculionidae	<i>Sitophilus oryza</i> (Linnaeus, 1763)	Primaire
Coleoptera, Silvanidae	<i>Oryzaephilus surinamensis</i> (Linnaeus, 1758)	Secondaire
Coleoptera:Tenebrionidae	<i>Tribolium confusum</i> (Jaqcuelin du Val, 1861)	Secondaire
Coleoptera:Dermaestidae	<i>Trogoderma granarium</i> (everts, 1898)	Primaire
Lepidoptera:Pyralidae	<i>Ephestia kuehniella</i> (zeller , 1879)	secondaire
Hymenoptera: Pteromalidae	<i>Lariophagus distinguendus</i> (Förster, 1841)	Parasitoïde
Acarina: Acaroidea	<i>Acarus siro</i> (Linnaeus 1758)	Tertiaire

5.1.2. Répartition géographique des insectes déprédateurs :

5.1.2.1 Richesse spécifique moyenne:

Les silos des wilayas de Bouira, Sétif ont présenté le plus grand nombre d'espèces (exception pour Trogoderme). Les silos de Guelma et Constantine ont été infesté par six ravageurs principalement *Rhizopertha dominica* et *Ephestia kuehniella* . Pour Tiaret et Tlemcen un nombre restreint d'espèces est enregistré. (Fig 1)

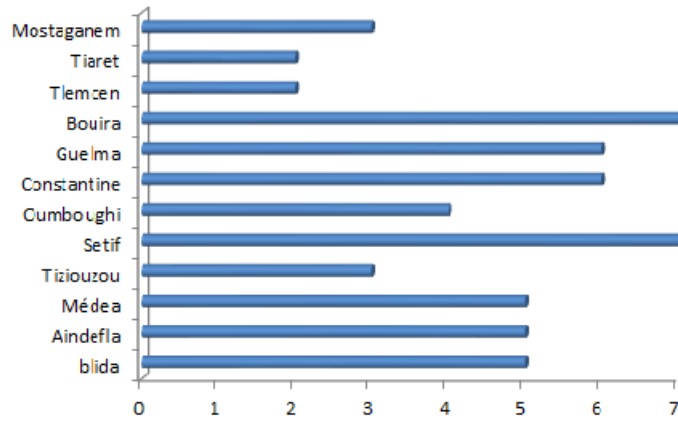


Figure 5 1 Richesses spécifiques d’espèces d’insectes et d’acariens par wilayas

5.1.2.2. Les abondances :

En termes d’abondance moyenne, les silos de la wilaya de Blida apparaissent comme étant les plus riches ; Ceux de Bouira ; Médéa et Ain Defla présentent respectivement 72, 52 et 42 d’individus. Les silos de Tlemcen semblent être les plus pauvres du point de vue nombre d’individus (fig 2)

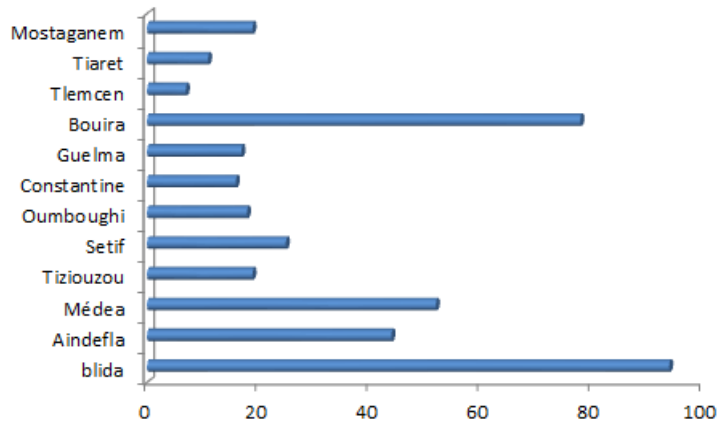


Figure 5 2 Abondance des espèces d’insectes et d’acariens par wilayas.

5.1.2.3. L’indice de diversité de Shannon

Il a été révélé que les silos des wilayas de Blida , Médéa, Sétif, Constantine , Guelma et Bouira présentent des valeurs qui varient entre 1 .018 et 1.642. Pour les autres wilayas l’indice de Shanon est inférieur à un.

5.1.2.4. L’indice d’équitabilité:

Les valeurs maximales 0,7551 et 0,7025 sont enregistrées à Tiaret et Tlemcen, et des valeurs minimales à Guelma et Constantine (0,218 ; 0,2344) et avec dominance du Capucin et *l’Ephestia* à Médéa. L’indice d’équitabilité est de 0,2907 avec dominance du Capucin et *Sitophilus*.

5 1.3. Analyse topologique et typologique :

L'analyse AFC réalisée sur les communautés globales des stocks de blé dur des différentes localités et qui rapporte 68% d'informations met en évidence trois groupes homogènes (fig 5.3).

Le groupe 1 a été caractérisé par une présence du capucin (*Rhyzoperta dominica*) dans les wilayas de Ain Defla, Mostaganem, Tizi Ouzou et Bouira.

Le groupe 2 caractérisé par une dominance de *Sitophilus oryzae* comme déprédateur primaire et *Oryzaephilus surinamensis* et *Tribolium confusum* comme déprédateurs secondaires dans les wilayas de Blida, Tiaret et Tlemcen.

Le groupe 3 caractérisé par une présence *ephestia kuehniella*, *Trogoderma granarium*, *Acarus siro* et *Lariophagus distinguendus* dans les wilayas de Sétif, Constantine, Guelma et Médéa.

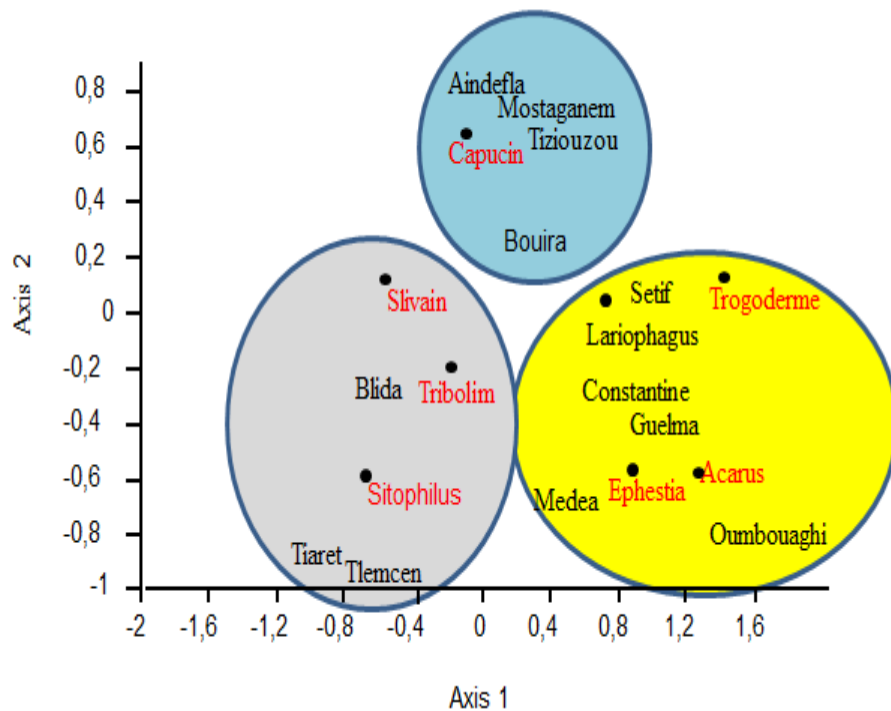


Figure 5 3 : Analyse factorielle des correspondances des espèces ravageuses de blé stocké dans les wilayas (AFC)

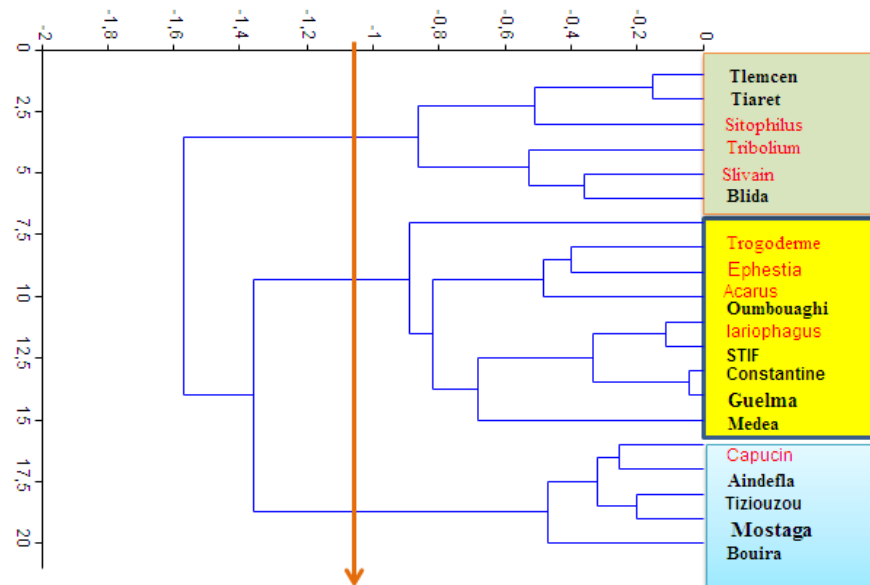


Figure 5 4: Classification ascendante hiérarchique (CAH) des espèces d'insectes dans les lieux de stockage.

5.2. Evaluation du pouvoir insecticide de l'huile essentielle, et l'extrait aqueux de *M. piperita* par deux modes d'application sur *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum*:

5.2.1. Ojectif:

- Evaluation du rendement de l'huile essentielle.
- Evaluation de l'activité insecticide de l'huile essentielle de la menthe (*Mentha piperita*) par contact et par inhalation sur le taux de mortalités des adultes des deux ravageurs des denrées stockées du blé (*Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum*).
- Evaluation l'extrait aqueux de la menthe (*Mentha_piperita*) par contact sur le taux de mortalités des adultes des deux ravageurs des denrées stockées du blé (*Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum*).

5.2.2. Rendement et caractère organoleptique de l'huile essentielle de *Mentha piperita*:

L'extraction des huiles essentielles a été utilisée par hydrodistillation, le rendement obtenu est 1.72%. Les caractères organoleptiques d'huile essentielle de la menthe verte obtenus par hydrodistillation sont représentés dans le tableau 5.2.

Tableau 5.2 : Propriétés organoleptiques des huiles essentielles de *Mentha piperita L.*

Origine	Caractères organoleptiques		
	Aspect	Couleur	Odeur et saveur
Menthe de Blida	Liquide mobile Limpide	jaune claire	Donnant une forte odeur, rappelant l'odeur de la feuille

5.2.3 L'effet de l'huile essentielle de *Mentha piperita* sur le taux de mortalités cumulée du *capucin* (*R. dominica*):

5.2.3.1- Test d'efficacité par contact:

D'après la (Fig. 5.5), on constate qu'en fonction de la durée de traitements (24heures ,48 heures ,72 heures ,96 heures jusqu'au huitième jour), une nette augmentation de taux de la mortalité a été notée sous l'effet de différentes doses. L'effet insecticide de l'huile essentielle est apparu au premier jour de traitement avec toutes les doses, dont le pic de taux de mortalité de 26,66% est obtenu au bout de 4^{eme} jour avec la dose d1, au 5^{eme} jour le taux est de 35,66% avec d2, et au 5^{eme} jour le taux est de 60% avec d3. Nous constatons par ailleurs que la dose d3 est la plus toxique vis-à- vis des adultes de *Rhyzopertha dominica* ou la dose létale 50 enregistré est de 0.1 μ l/cm²

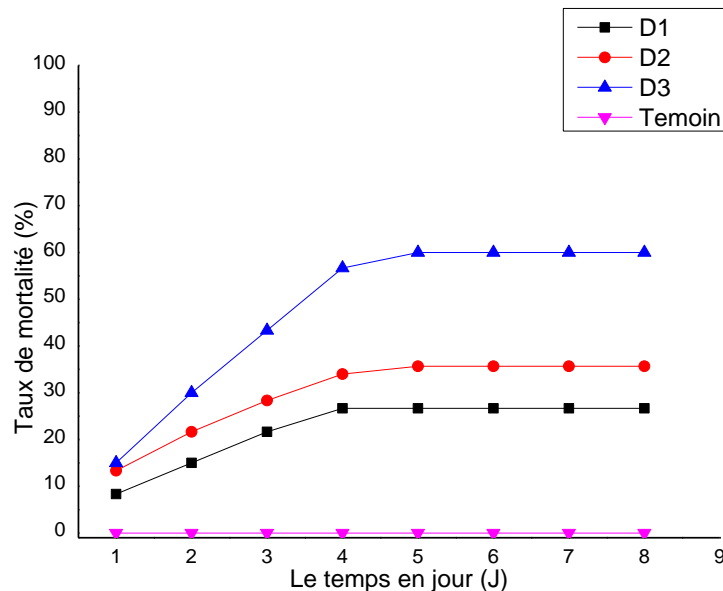


Fig. 5.5 : Pourcentage de mortalité du capucin traité à l'huile essentielle de *Mentha piperita* par contact.

5.2.3.2 Test d'efficacité par inhalation :

D'après la (Fig. 5.6), Chez les individus du capucin, on constate une augmentation du taux de la mortalité sous l'effet de différentes doses au cours de la période de traitement ; l'effet insecticide de l'huile essentielle est apparu au premier jour du traitement avec toutes les doses, avec un taux de mortalité de 11,66% avec la dose d1, 15% avec la dose d2, et 28,33% avec la dose d3. Au 3^{ème} jour un taux de 26,66% est obtenu avec la dose d1, 36,66% avec la dose d2, 68,33 %avec la dose d3. Le taux de mortalité est nul chez les témoins, le taux de mortalité de 28,33% est obtenu au bout de 4^{ème} jour avec la dose d1, au 5^{ème} jour le taux de 41,66% avec d2, au 6^{ème} jour est de 81,66 % avec d3. Ainsi la dose létale 50 a été atteinte le deuxième jour de traitement avec la dose D3 à une valeur de 0.15 1µl/cm².

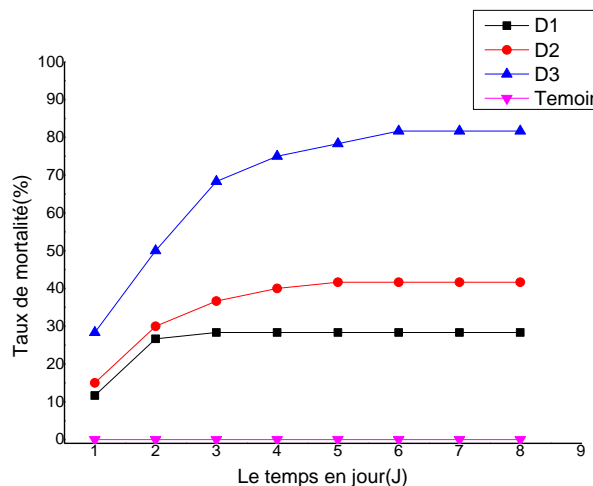


Fig. 5.6 : pourcentage de mortalité du capucin traité par l'huile essentielle de *Mentha piperita* par inhalation.

5.2.4-L'effet de l'extrait aqueux de *Mentha piperita* sur le taux de mortalité cumulée du capucin (*R. dominica*) par contact :

Chez les individus de capucin traités par l'extrait aqueux de menthe par contact, aucune mortalité n'a été enregistré avec la dose d1, d2 pendant les 8 jours de suivi. Une mortalité de 3,33% a été remarquée au 1^{er} jour et reste constante pendant les 8 jours de suivi avec la dose d3. Le taux de mortalité est nul chez les séries témoins (Fig. 5.7).

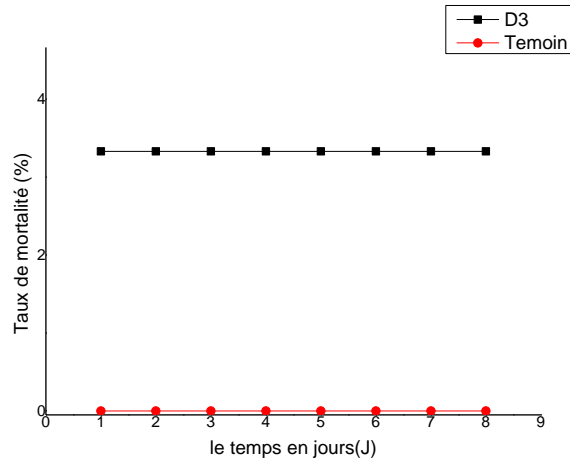


Fig. 5.7: Pourcentage de mortalité de capucin traité par l'extrait aqueux de *Mentha piperita* par contacte.

5.2.5. L'effet d'huile essentielle de *Mentha piperita* sur le taux de mortalités cumulée de (*Tribolium castaneum*):

5.2.5.1. Test d'efficacité par contact:

D'après la (Fig. 5.8), Chez les individus du *Tribolium*, on constate qu'en fonction de la durée de traitements (24heure ,48 heure ,72 heure ,96 heure jusqu'à le huitième jour) une augmentation de taux de la mortalité a été notée sous l'effet de différentes doses, l'effet insecticide de l'huile essentielle est apparu au premier jour de traitement avec toutes les doses, un taux de mortalité de 6,66% est obtenu avec la dose d1, 11,66% avec la dose d2, 18,33% avec la dose d3. Le taux de mortalité est nul chez les témoins, les pics de taux de mortalité (10%) est obtenu au bout de 2^{ème} jour avec la dose d1, au 3^{ème} jour (18,33%) avec d2, est de 41,66% avec d3.

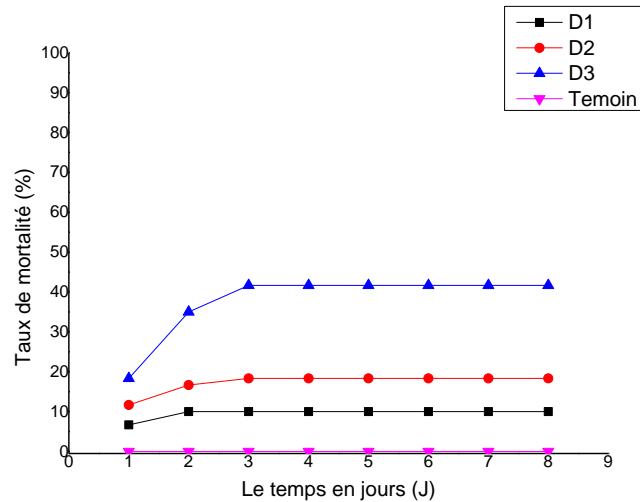


Fig. 5.8: Pourcentage de mortalité du *Tribolium castaneum* traité par l'huile essentielle de *Mentha piperita* par contacte

5-2-2.2. Test d'efficacité par inhalation:

D'après la (Fig. 5.9), Chez les individus du *Tribolium*, un effet insecticide est enregistré toute au long de la durée de traitement (24heures ,48 heures ,72 heures ,96 heures jusqu'au huitième jour) et avec toutes les doses. Un taux de mortalité de 6,66% est obtenu avec la dose d1, 13,33% avec la dose d2, 21,66% avec la dose d3 au bout du premier jour. Le taux de mortalité est nul chez les témoins. Le taux de mortalité de 15% est obtenu au bout de 3^{ème} jour avec la dose d1, au 5^{ème} jour le taux est de 31,66% avec d2 et de 66,66% avec d3. La dose létale 50 enregistré est de 0.11 μ l/cm².

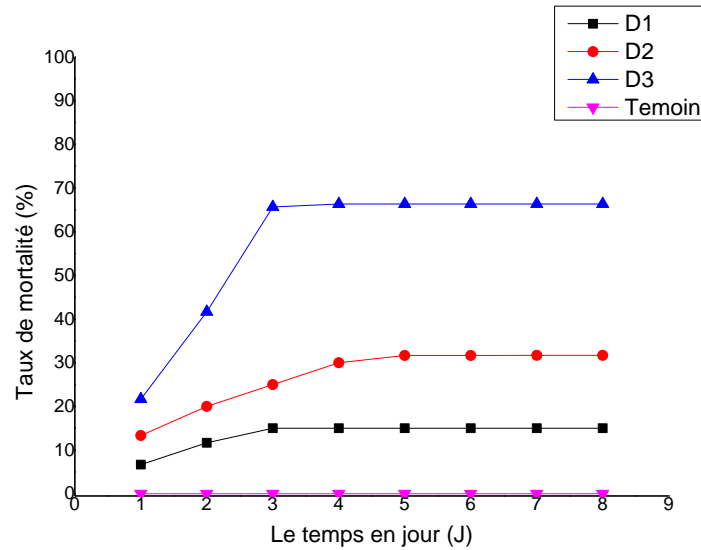


Fig. 5.9: Pourcentage de mortalité du *Tribolium castaneum* traité par huile essentielle de *Mentha piperita* par inhalation

5-2-3- L'effets de l'extrait aqueux de Mentha piperita sur le taux de mortalité cumulée de (*Tribolium castaneum*) :

5-2-3.1-Test d'efficacité par contact :

D'après la (Fig. 5.10), chez les individus de capucin traités à l'extrait aqueux de menthe par contact, aucune mortalité n'a été enregistrée avec la dose d1, d2 pendant les 8 jours de suivi. Des mortalités de 1,66% ont été remarquées au 1^{er} jour et reste constante pendant les 8 jours de suivi avec la dose d3. Le taux de mortalités est nul chez le témoin.

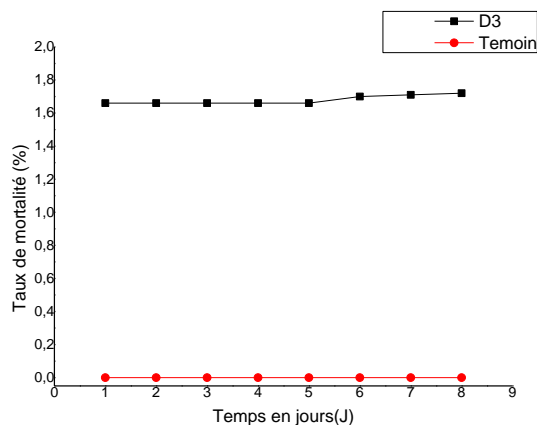


Fig. 5.10 : pourcentage de mortalité du *Tribolium castaneum* traité par l'extrait aqueux de *Mentha piperita* par contacte.

5-2-4 L'effet d'huile essentielle et l'extrait aqueux de *Mentha piperita* sur le taux de mortalité journalière de capucin et de tribolium:

Les différentes figures (Fig. 5.11, 5.12, 5.13 et 5.14) montrent clairement que le pourcentage de mortalité journalier le plus élevé est enregistré en premier jour de traitement, puis diminue jour après jour pour attendre un taux 0% de mortalité ; ce qui explique la diminution de l'efficacité de l'huile essentielle avec le temps. L'effet de l'huile essentielle par contact pour les deux ravageurs est plus efficace comparé au traitement par inhalation. Pour l'extrait aqueux un effet choc précoce sur les deux ravageurs est enregistré (capucin et Tribolium) (Fig. 5.15 et 5.16).

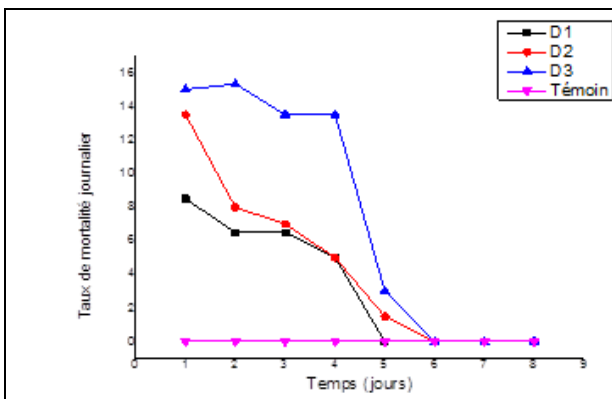


Fig 5.11 Pourcentage journalier de mortalité de *Rhyzopertha domonica* traité à l'huile de *Mentha piperita* par contact.

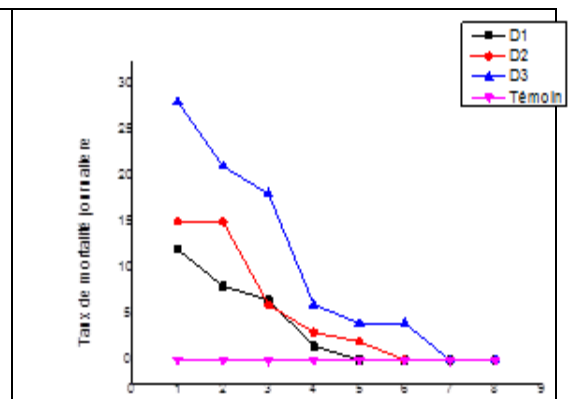


Fig 5.12 Pourcentage journalier de mortalité de *Rhyzopertha domonica* traité à l'huile de *Mentha piperita* par inhalation.

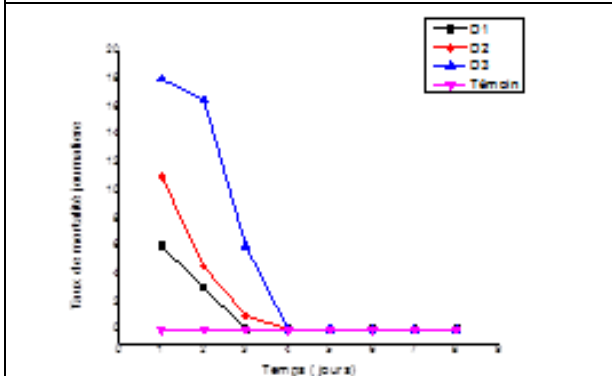


Fig 5.13 Pourcentage journalier de mortalité de *Tribolium castaneum* traité à l'huile de *Mentha piperita* par contact.

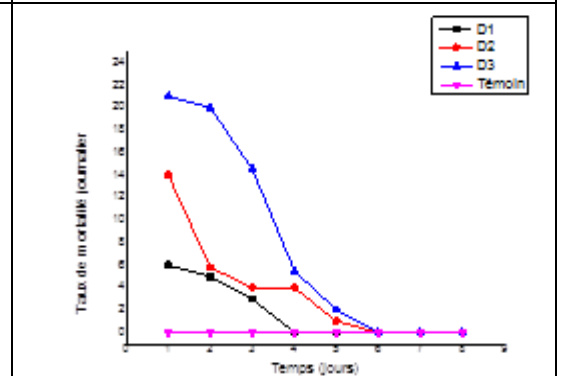
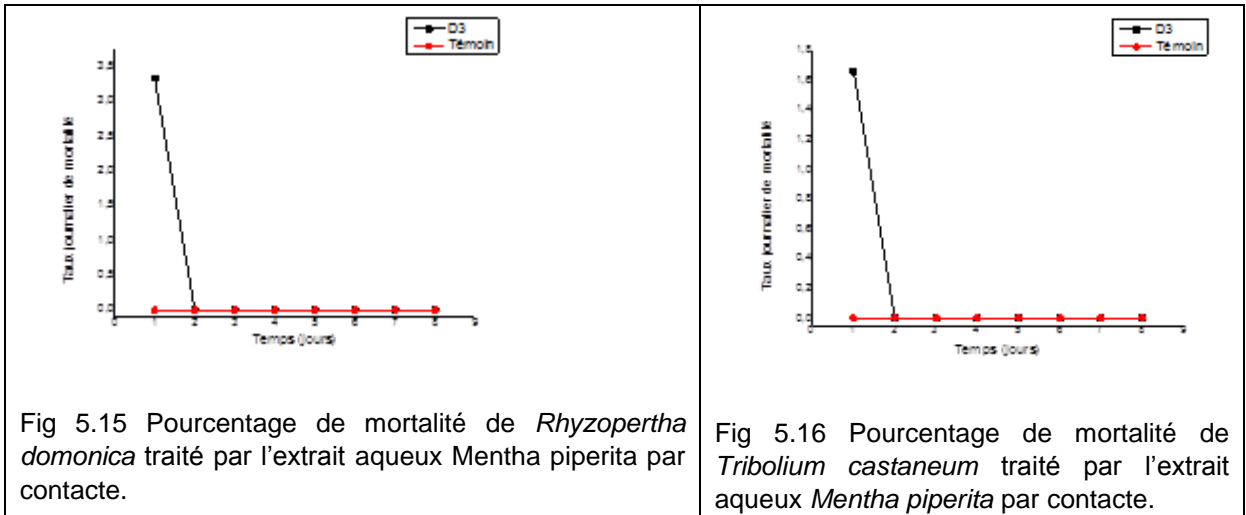


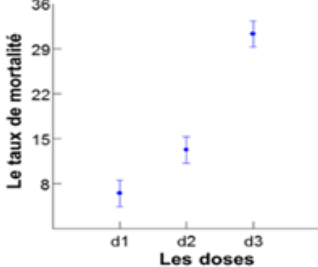
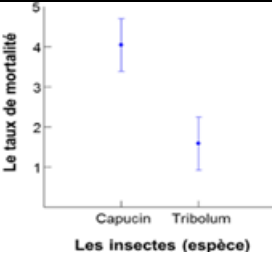
Fig 5.14 Pourcentage journalier de mortalité de *Tribolium castaneum* traité à l'huile de *Mentha piperita* par inhalation.



5.2.5-Analyse de la variance de l'efficacité de l'huile essentielle et l'extrait aqueux de *Mentha piperita* sur le taux de mortalité cumulée (sensibilité des insectes):

Pour mieux interpréter ces résultats, on a procédé à une analyse de la variance à quatre critères de classification. Les résultats de cette analyse sont présentés dans le tableau suivant:

<p>Fig 5.17 : l'efficacité de l'huile essentielle et l'extrait aqueux de <i>Mentha piperita</i> sur le taux de mortalité cumulé (<i>Tribolium</i>, Capucine) en fonction du temps</p>	<p>Le taux de mortalité des deux ravageurs est proportionnel à la durée de traitement et atteint son maximum le cinquième jour.</p> <p>L'efficacité des extraits est hautement significative $P=0.000 : P \leq 0.05$.</p>
<p>Fig 5.18 : l'efficacité de l'huile essentielle et l'extrait aqueux de <i>Mentha piperita</i> sur le taux de mortalité cumulé en fonction des extraits</p>	<p>Le taux de mortalité cumulé des deux ravageurs est différent selon la nature des extraits.</p> <p>L'huile essentielle de la menthe apparait plus efficace que l'extrait aqueux, ainsi les résultats de l'analyse de la variance sont hautement significative ($P=0.000 : P \leq 0.05$)</p>

 <p>Fig 5.19 : l'efficacité de l'huile essentielle et l'extrait aqueux de <i>Mentha piperita</i> sur le taux de mortalité cumulé en fonction des doses.</p>	<p>Le taux de mortalité des deux ravageurs à différents doses est hautement significative selon l'analyse de variance ($P=0.000$; $P\leq 0.05$). Plus la dose est importante plus le taux de mortalité est important</p>
 <p>Fig 5.20 l'efficacité de l'huile essentielle et l'extrait aqueux de <i>Mentha piperita</i> sur le taux de mortalité cumulé en fonction des espèces.</p>	<p>Le taux de mortalité des deux ravageurs est différent par l'ensemble des modes d'applications. Le <i>Rhyzopertha dominica</i> se montre plus sensible que <i>Tribolium castaneum</i>. L'analyse de variance montre un effet significatif $P=0.024$; $P\leq 0.05$.</p>

5.3 L'effet antiappétant et répulsif de l'huile végétal et les polyphénols de l'enveloppe de l'épi de blé dur sur *rhyzopertha dominica* et *Sitophilus*.

5.3.1. Variation de la descendance du *Sitophilus oryzae* et du *Rhyzopertha dominica* en fonction de la fraction et de la variété.

La descendance de *Sitophilus oryzae* et *Rhyzopertha dominica* élevée à une température de 28°C, pendant les trois mois de stockage présente une légère augmentation des individus de *Rhyzopertha dominica* et une forte augmentation de *Sitophilus oryzae* au niveau des grains de blé dur. Par contre une stabilité de ces deux espèces est enregistrée dans les épis. La variété BOUSSALEM est la plus sensible au développement des deux insectes suivit par la variété VITRON, par contre la variété CHEN'S est la plus résistante aux attaques des deux insectes et ceci dans les deux fractions (échantillon de blé en grains et échantillon de blé en épis) (Figure 5.21).

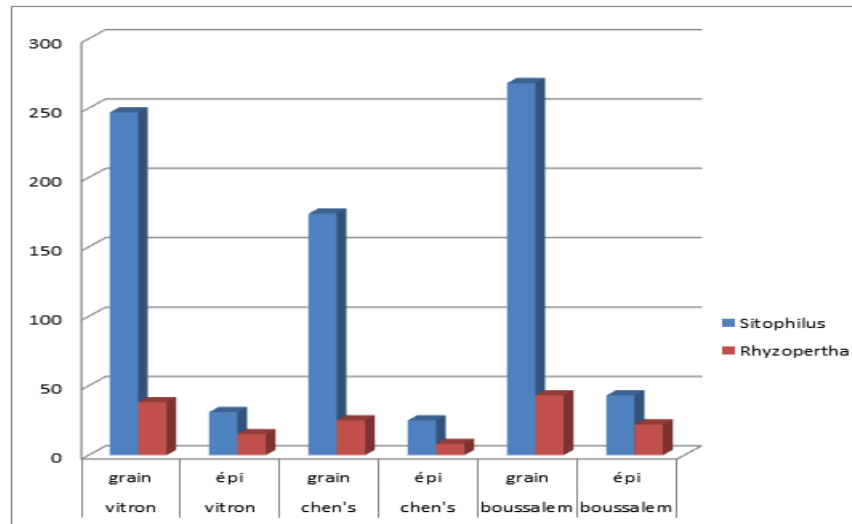


Figure 5.21 : Evolution de la descendance de *Sitophilus oryzae* et *Rhyzopertha dominica* en fonction du temps et des différentes fractions de blé dur.

Dans un même objectif, nous avons confronté les données brutes à une analyse de variance (GLM). C'est un test statistique qui traite les facteurs d'une manière individuelle et sans qu'il y ait des interactions.

Pour *Sitophilus oryzae* (Charançon)

Les résultats du tableau 5.3 expriment une différence hautement significative de l'effet de la fraction et de la variété de blé sur la descendance de *Sitophilus oryzae*.

Tableau 5. 3: Analyse de variance de l'évolution de la descendance *Sitophilus oryzae* en fonction de la fraction et de la variété (GLM).

Analyse de Variance					
Source	Somme Des Carres	D.D.L	Moyenne Des Ecart	F.ratio	Prb
Fraction	237 686,278	5	47 537,256	59,761	0,000
Variété	10 000,778	2	5 000,389	6,286	0,017
Variable intra	7 954,556	10	795,456		

D'après la figure 5.23, on constate que le nombre d'individus est nettement plus grand avec un taux qui dépasse les 300 individus au niveau des grains contre 41 individus au niveau des épis. La présence des enveloppes explique, la variabilité de la résistance de l'épi à l'insecte étudié.

D'après la figure 5.22, nous constatons que le nombre d'individus de *Sitophilus oryzae* est important dans la variété BOUSSALEM avec un taux de plus de 150 individus et dans la variété VITRON avec un taux de 140 individus, alors que pour la variété CHEN'S le nombre d'individus de *Sitophilus oryzae* est moins important avec un taux de 97 individus.

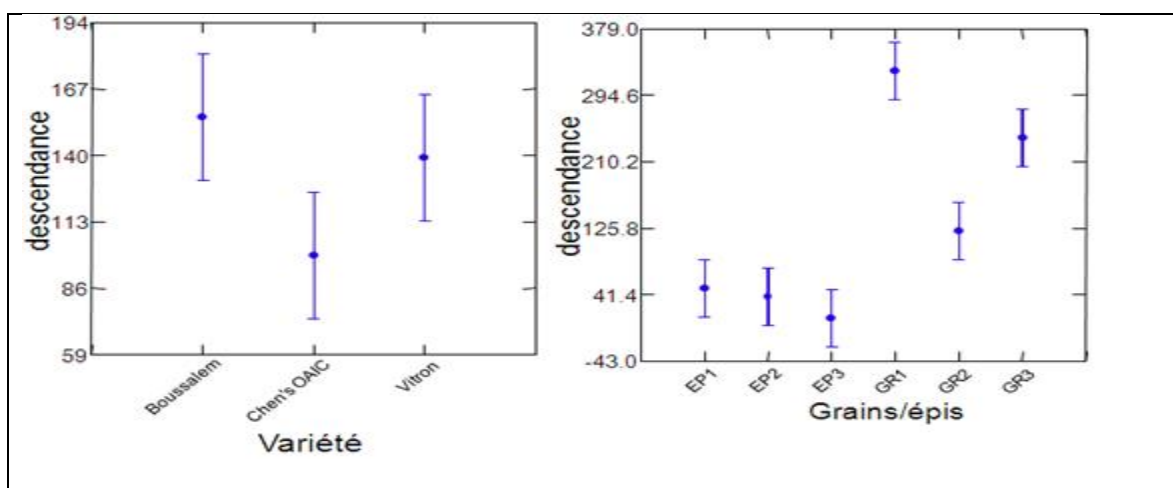


Figure 5.22 : variation de la descendance de *Sitophilus oryzae* en fonction de la variété de blé dur.

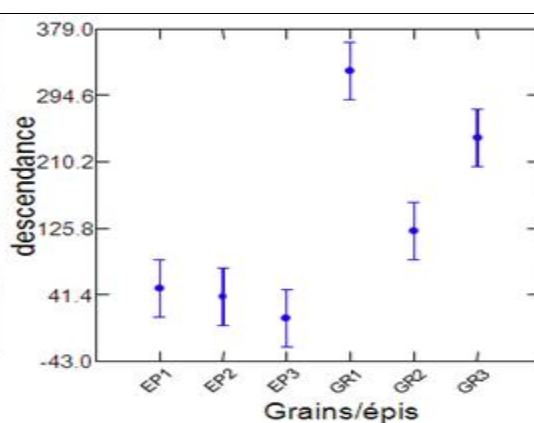


Figure 4.23: variation de la descendance de *Sitophilus oryzae* en fonction de la fraction (Grains/Épis).

Pour *Rhizopertha dominica*

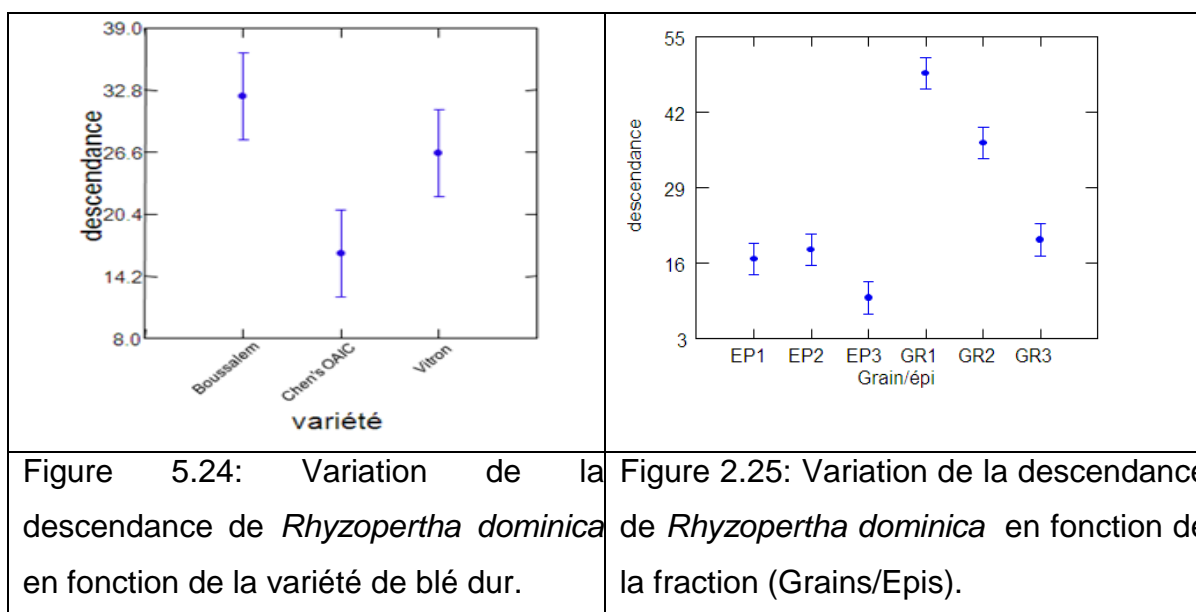
Les résultats du tableau 5.4 expriment une différence hautement significative de l'effet de la fraction avec une probabilité ($P=0.000$; $P<5\%$) et de la variété de blé avec une probabilité ($P=0.001$; $P<5\%$) sur la descendance de *Rhizopertha dominica*

Tableau 5.4 : Analyse de variance de l'évolution de la descendance *Rhizopertha dominica* en fonction de la fraction et de la variété (GLM).

Analyse de la variance					
Source	Somme Des Carres	D.D.L	Moyenne Des Ecartés	F.ratio	Prb
Fraction	3 180.278	5	636.056	28.200	0.000
Variété	755.111	2	377.556	16.739	0.001
Variable intra	225.556	10	22.556		

D'après la figure 5.26 on constate que le nombre d'individus de *Rhizopertha dominica* est nettement plus grand avec un taux qui ne dépasse pas 50 en moyenne au niveau des grains, contre 20 individus au niveau des épis.

Tandis que pour la figure 5.25, nous constatons que le nombre d'individus de *Rhizopertha dominica* est important dans la variété BOUSSALEM avec un taux de plus de 32 individus et dans la variété VITRON avec un taux de 26 individus, alors que pour la variété CHEN'S le nombre d'individus est moins important avec un taux de 16 individus.



5.3.2. Caractéristiques organoleptiques et taux des polyphénols des enveloppes de l'épi de la variété VITRON.

L'examen organoleptique des polyphénols des enveloppes d'épi a donné les résultats présentés dans le tableau 5.5 avec un rendement et un taux de polyphénols enregistré assez importants.

Tableau 5.5. Propriétés des polyphénols des enveloppes des épis de la variété Vitron.

	couleur	Odeur	Rendement %	Taux de polyphénols Totaux Mg/l
Polyphénols	Marron	Caramel	3	0.143

5.3.3. Identification des polyphénols des enveloppes d'épi:

A partir du chromatogramme de la chromatographie liquide à haute performance (HPLC) de l'extrait phénolique obtenu par soxhlet , nous avons déduit une richesse en composés phénoliques (22 composés) dont deux sont majoritaires correspondant au temps de rétention 5.4 et 59.3 (figure 5.26 et tableau 5.6)

Tableau 5.6. Les temps de rétention des composés phénoliques de l'enveloppe d'épi.

Tr (min)	Vitron (sv)
5.3	*
5.4	*
6.3	*
7.5	*
12.4	*
15.9	*
20.9	*
21.5	*
28.2	*
28.3	*
30.5	*
33.5	*
34.3	*
38.5	*
40.8	*
40.9	*
41.8	*
51.8	*
57.9	*
58.7	*
59.2	*
59.3	*

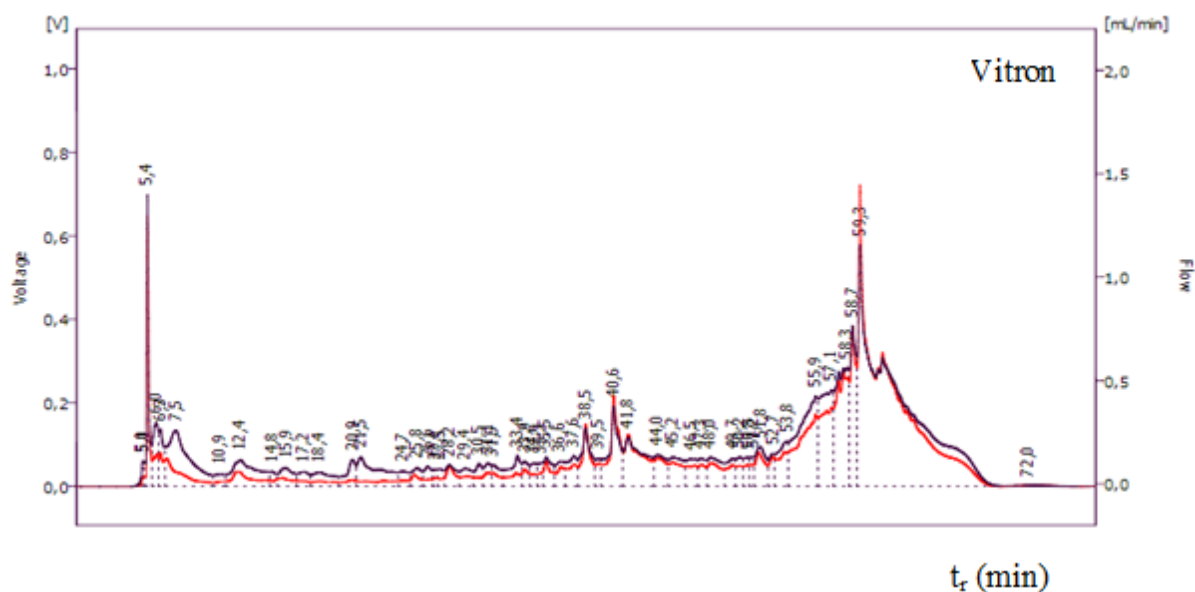


Figure 5.26. Chromatogramme HPLC de l'extrait méthanolique de la variété Vitron.

5.3.4 Caractéristiques organoleptiques de l'huile végétale des enveloppes de l'épi de la variété VITRON

L'examen organoleptique de l'huile des enveloppes d'épi a donné les résultats présentés dans le tableau 5.7, un rendement de 0.8% et un taux de polyphénols de 0.029 mg/l sont enregistrés.

Tableau 5.7. Propriétés de l'huile végétale des enveloppes des épis de la variété Vitron.

	couleur	Odeur	Rendement %	Taux de polyphénols Totaux Mg/l
Huile végétale	Jaune brun	Odeur spécifique d'épis	0.8	0.029

5.3.5. Caractérisation de l'huile des enveloppes d'épis par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse.

L'analyse par GC/MS dans les conditions citées auparavant montre la présence de 3 pics identifiés par leurs spectres de masse. Le premier pic localisé à 37 min possède une masse de 270 g attribué au palmitoleate de méthyl, les deux autres pics à 42,2 et 42,4 min possèdent une masse de 294 et 296g attribuée au Linoleate de méthyl et à l'Oléate de méthyl respectivement (figure 5.29et tableau 5.8) .

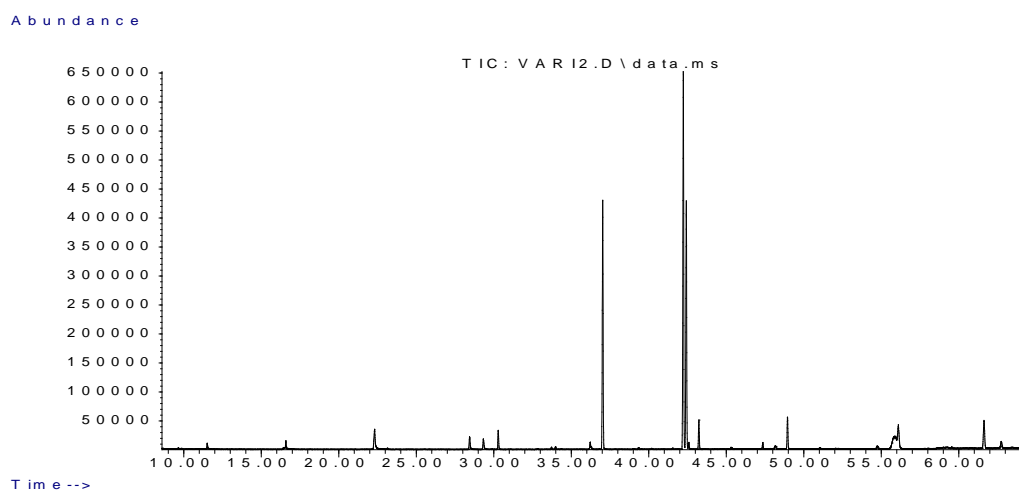
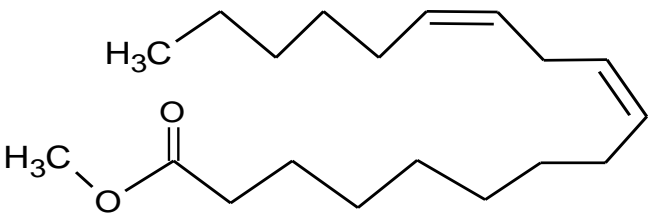
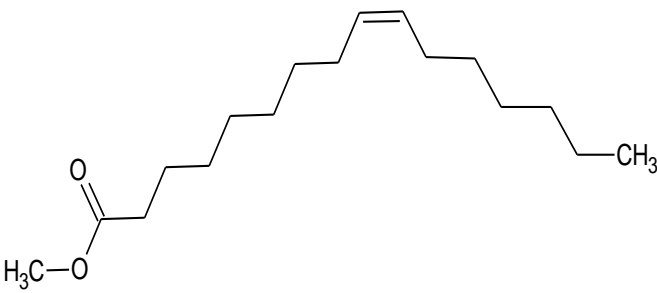
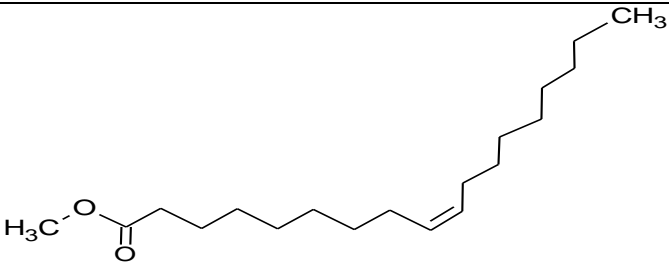


Figure 5.27: Chromatogramme d'épis de blé de la variété Vitron.

Tableau 5.8. Composés identifiés par le GC/MS.

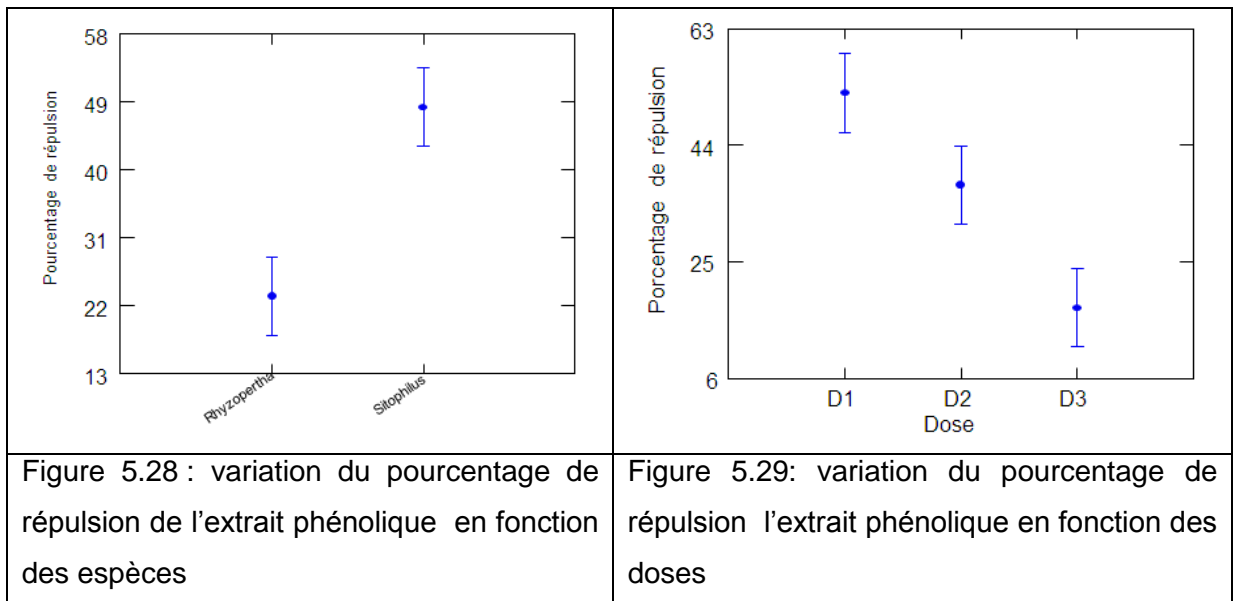
Composé	Formule	T _R (min)	Teneur (%)
Linoleate de méthyl		42	28
Oleate de méthyl		42	42
Palmitoleate de méthyl		37	30

5.3.6. Analyse répulsive contre (*Sitophilus oryzae*, *Rhyzoperta dominica*)

Il en ressort qu'après deux heures d'exposition, les différentes doses de l'extrait phénolique ont occasionné respectivement 65 ;60 et 26% de répulsion vis-à-vis des adultes de *S.oryzae* et 40% ;15% et 15% pour les adultes *R.dominica* . D'après ces résultats, on peut noter que l'extrait phénolique des enveloppes d'épi a une activité insectifuge à l'égard des adultes de ces deux ravageurs et appartiendrait selon le classement de McDonald et al. (12) à la classe répulsive III avec un taux de répulsion moyen de 50,3 % pour *S.oryzae* et à la classe II avec un taux de 23.3% pour *R.domonica*.

En contrepartie, l'extrait phénolique est très répulsif pour le *Sitophilus oryzae* avec un taux de 65% à la dose de 20 µg/ml et moins répulsif pour *Rhyzoperta dominica* avec un taux de 40% à la dose de 20µg/ml

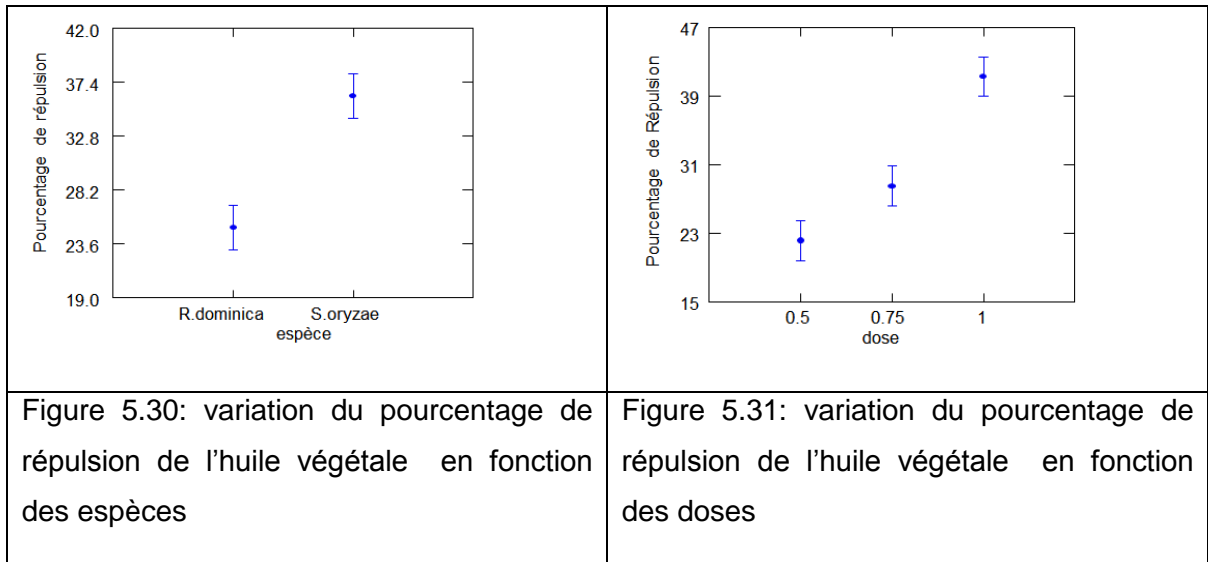
L'analyse de variance a montré une différence hautement significative du facteur espèce ($P= 0.004$, $P\leq 0.005$) où *S.oryzae* s'est montré plus répulsif que *R.dominica* et de l'effet dose ($P= 0.003$, $P\leq 0.005$) où la dose 20 µg/ml s'est montrée la plus répulsive (figure 5.30 et 5.31).



Pour l'huile végétale, les différentes doses ont occasionné respectivement 52%; 32% et 25% de répulsion vis-à-vis des adultes de *S.oryzae* et 30 ; 25 et 20% pour les adultes *R.dominica*. D'après ces résultats, on peut noter que l'huile végétale des enveloppes d'épi a une activité insectifuge à l'égard des adultes de ces deux ravageurs et appartiendrait selon le classement de McDonald et al. (12)

à la classe répulsive III avec un taux de répulsion moyen de 41.6 % pour *S.oryzae* et à la classe II avec un taux de 25% pour *R.domonica* .

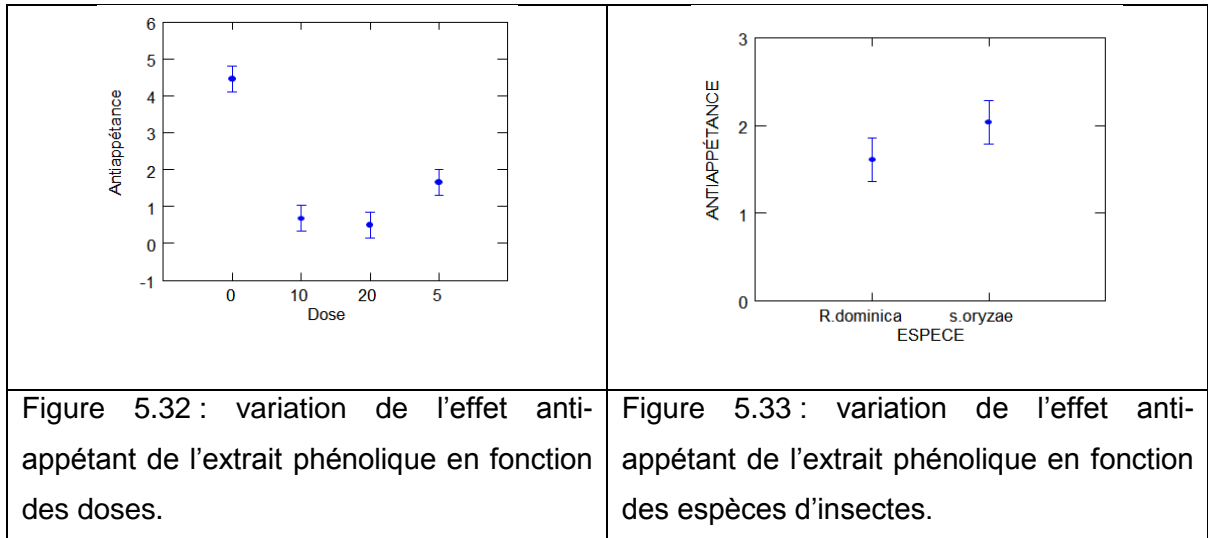
L'analyse de variance a montré une différence hautement significative du facteur espèce ($P= 0.001, P\leq 0.005$) où *S.oryzae* s'est montré plus répulsif que *R.dominica* et de l'effet dose ($P= 0.002, P\leq 0.005$) où la dose 1% s'est montrée la plus répulsive (figures 5.32 et 5.33) .



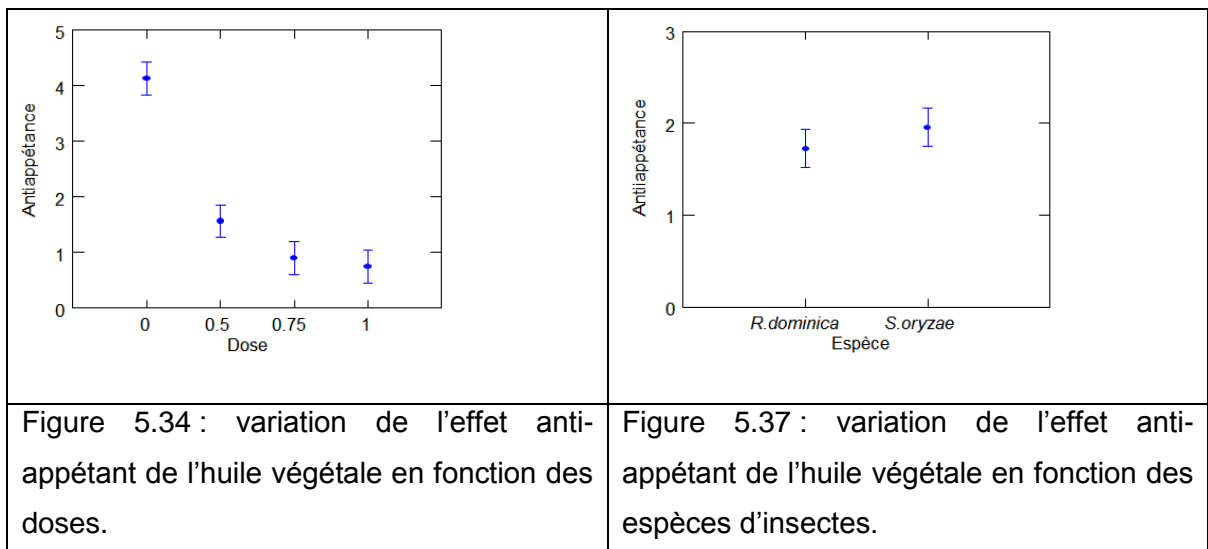
5.3 4 Analyse anti-appétant

Globalement, l'extrait phénolique c'est montré anti-appétant à l'égard des adultes de *Sitophilus oryzae* et *Rhyzopertha dominica*, même à la plus faible dose (5µg/ml). L'activité anti-appétante de l'extrait étudié, après une durée d'exposition de 48 heures, est donc dépendante de la dose. Elle augmente au fur et à mesure que les concentrations de l'extrait augmentent, variant entre 0.59% à 1.82% pour *Sitophilus oryzae* et de 0.40% à 1.43% pour *Rhyzopertha dominica* .

Les résultats de l'analyse de variance mettent en évidence une différence significative ($P=0.000$; $P<5\%$) entre les dilutions utilisées et le pourcentage de consommation. Par contre, cette même analyse de variance nous indique qu'il n'y a pas de différence significative ($P=0.232$; $P>5\%$) entre les deux espèces de ravageurs (figure 5.34 et 5.35).



Pour l'huile végétale, les résultats de l'analyse de variance ont enregistré les mêmes observations avec une différence significative ($P=0.000$; $P<5\%$) entre les dilutions utilisées et le pourcentage de consommation et une de différence non significative ($P= 0.436$; $P>5\%$) entre les deux espèces de ravageurs (figure 5.36 et 5.37)



CHAPITRE 6: DISCUSSION

6.1. Arthropodofaune du blé dur stocké en Algérie :

Les céréales sont des substrats naturels favorables pour le développement des insectes et des moisissures suite à leur composition nutritionnelle riche en amidon et en protéines [205 ; 206].

Cette étude a permis de mieux comprendre les conditions de stockage des céréales en Algérie. La présence de deux principaux ordres d'insectes ravageurs les Lépidoptères, les Coléoptères et les Hyménoptères (regroupant les insectes bénéfiques) a été enregistrée. Cela rejoint les résultats de Waongo [207] qui avait identifié six espèces de coléoptères et 4 espèces de lépidoptères sur 11 espèces d'insectes dans les stocks de maïs, de mil et de sorgho des paysans de la zone sud-Soudanienne Burkinabè et ceux de Patil et *al.* [208] qui avaient identifié dix(10) espèces de coléoptères sur 12 espèces dans les stocks à domicile ainsi que dans les magasins dans la région de Karad au Nigéria.

Dans le cas de la présente étude, le statut des coléoptères comme insectes majoritaires infestant les denrées stockées est confirmé. Markham et *al.*[209] estimaient que les coléoptères sont de loin le groupe le plus important au sein des insectes ravageurs des stocks au Bénin et en Afrique c'est le cas aussi des enquêtes réalisées par Barrier-Guillot et *al* [210] en France

En plus de cette richesse spécifique de déprédateurs dans le blé dur à cause des conditions appropriés, L'analyse de l'abondance montre que le principal ravageur est *Rhyzopertha dominica*. Les résultats concordent avec ceux de Irshad [211] qui a observé que parmi les 39 espèces d'insectes nuisibles qui attaquent les Céréales et les produits céréaliers (*Rhyzopertha dominica*) est la plus importante. Quelques hypothèses peuvent être avancées pour expliquer cette dominance : son maximum Succès reproducteur sur les grains secs, en particulier sur le blé [212;213 ;214 ;215], sa relative tolérance aux insecticides organophosphorés, notamment au pyrimiphos-méthyl, fenitrothion, pirimiphos methyl, et malathion qui sont les substances actives les plus fréquemment utilisées par les organismes stockeurs [216;217 ;218 ;219 ;220].

Le charançon du riz (*Sitophilus oryzae*) s'est révélé la deuxième espèce la plus fréquente avec un pourcentage de 26% dans le blé dur stocké en Algérie lors de notre enquête. Rappelons qu'il était classé en première position du point de vue nuisibilité par L'Institut Nationale de la Protection des Végétaux (INPV) en 1976. Des pourcentages presque semblables (24% et 23%) ont été enregistrés

par Barrier-Guillot et *al* en 2010 et 2011 en France [210]. Ce ravageur primaire du grain entreposé est omniprésent dans la ceinture entre la latitude 40°N et la latitude 40°S de l'équateur [92]. Sa dominance a été signalée dans plusieurs pays, dans le Cameroun septentrional ; en Turquie ; en Ethiopie [221 ; 222 ; 223 ; 224] .

La présence de ces deux ravageurs primaires peut engendrer un taux de perte considérable dans le blé au cours du stockage. Adams et Schulten [225] a signalé jusqu'à 18,30 pour cent de pertes dans les grains stockés par *S. oryzae*. Campbell et Sinha [226] ont signalé une perte en poids allant jusqu'à 60% par une infestation du blé par *R. dominica*

Le troisième ravageur constaté lors de notre étude est *Ephestia kuehniella* avec un taux d'infestation de 14%. Ce déprédateur se trouve dans la plupart des régions tempérées et subtropicales du monde, où les températures moyennes sont autour de 20°C-25°C [227 ; 228] .En Algérie et en Tunisie, cet insecte cause des pertes importantes et génèrent de coûts aussi importants pour l'industrie agroalimentaire [229 ; 230].

Selon Trematerra [231], les dégâts causés par les ravageurs primaires *Rhyzopertha dominica* et *Sitophilus oryzae*, sur des grains entiers, peuvent faciliter leur colonisation par des ravageurs secondaires .Cette constatation a été expliquée par l'émission de substances volatiles attrayantes détectées par ces insectes ainsi que la présence de farine produite servant de nourriture aux jeunes larves et aux déprédateurs secondaires [232] .Selon Plarre [233] l'infestation préalable pendant 6 mois par *Sitotroga cerealella* dans du maïs rend le milieu plus approprié pour la reproduction par *Tribolium castaneum* et *Oryzaephilus Surinamensis* .

Notre étude a révélé la présence de *Tribolium* ; de *Oryzaephilus surinamensis* comme insectes secondaire. Ces mêmes espèces ont été signalée par Işikber et *al*, Hasan et Khan et Khoobdelen [234 ; 235 ; 236] .

En plus des déprédateurs secondaires l'installation du *Sitophilus* et du Capucin a permis l'attraction d'un parasitoïde appartenant à la famille des *Pteromalidae*, dont sa présence en Afrique et plus précisément à Meknès et à Ifraneen au Maroc sur *Sitophilus* a été signalé en 1925 [237]. La présence de *L.distinguendus* dans neuf wilayas à l'exception de Blida, Tlemcen et Tiaret est enregistrée. L'espèce *Lariophagus distinguendus* est connu comme étant généraliste sur de nombreux hôtes et d'avoir une forte aptitude de détection de

l'hôte (détection de quelques grains infestés à l'intérieur de 230 000 non infestés) [238]. De plus, Steiner et al [239] a trouvé que *L. distinguendus* réagit également aux substances volatiles émises par les acariens dont la seule espèce retrouvée dans notre étude est l'*Acarus siro*. Cette acarien considéré comme hôte tertiaire est souvent associée aux produits stockés [240]. Il développe des densités de population de plus de 200 acariens par 10 g de poids d'échantillon sec. L'exposition à cet arthropode peut provoquer une allergie, particulièrement importante pour les travailleurs dans l'industrie céréalière [241].

De fortes fluctuations de l'infestation sont enregistrées d'une station à une autre. Cela est dû notamment à l'hétérogénéité de l'attaque (déprédateur primaire et secondaire), aux conditions climatiques et les pratiques d'hygiène. Le taux auquel les insectes envahissent une installation de stockage de céréales est susceptible de dépendre de la capacité de chaque espèce à utiliser des stimuli provenant de cette installation ; Observation enregistrée par Işıkber et al en Turquie [234]. Cette variation dépend aussi du profil de composés volatils provenant des échantillons de blé. Ainsi Starr et al en 2015 [242] ont identifié par chromatographie en phase gazeuse couplée à une spectrométrie de masse soixante-douze composés volatils dans des échantillons de blé de différentes provenances. L'analyse multivariée des données a montré une grande diversité dans les profils volatils entre les échantillons.

6.2. L'effet insecticide de l'huile essentielle et l'extrait aqueux de mentha piperita par contact et inhalation sur *rhizopertha dominica* et *tribolium castaneum*

Les plantes ont été dans la nature pendant des millions d'années sans effets adverses sur l'écosystème [243]. Ils sont capables de produire des substances naturelles très variées. En effet, en plus des métabolites primaires classiques (glucides, protéines, lipides, acides nucléiques), elles synthétisent et accumulent perpétuellement des métabolites secondaires dont la fonction physiologique n'est pas toujours évidente mais qui représente une source immense de molécules exploitables par l'homme dans des domaines aussi distincts que la pharmacologie, l'agroalimentaire ou encore en agriculture dans le cadre de la phytoprotection. Ces composés sont très nombreux et très variés, et certains sont largement distribués, comme les alcaloïdes, les phénols, les

flavonoïdes, les terpénoïdes, les stéroïdes et les tanins, tandis que d'autres ont une répartition plus restreinte comme les composés soufrés [244]. Les huiles essentielles et les extraits aqueux des plantes commencent à avoir un intérêt très prometteur comme source potentielle de molécules naturelles bioactives. Ces produits font l'objet des études pour leur éventuelle utilisation comme alternative pour les traitements insecticides, bactéricides, nématocides et fongicides [245]. Au laboratoire, des huiles végétales ont été testées par de nombreux auteurs [246 ; 247 ; 248 ; 249 ; 250 ; 251].

Les Lamiacées sont l'une des grandes familles de plantes utilisées comme cadre pour évaluer l'occurrence de métabolites secondaires typiques [252]. La plupart des *Lamiaceae* accumulent des terpènes et une gamme d'autres composés dans les glandes épidermiques des feuilles, des tiges et des structures reproductives [253]. Parmi ces lamiacées, le genre *Mentha* a environ 25 espèces qui poussent dans les régions tempérées de l'Eurasie, de l'Australie et de l'Afrique [254]. Il présente une grande importance dans les domaines médicaux et commerciaux [255]. En Algérie, ce genre est représenté par plusieurs espèces principalement: *Mentha pulegium* L, *Mentha aquatica* L., *Mentha longifolia* L., *Mentha arvensis* L. , *Mentha suaveolens* Ehrh. Et *Mentha Pépíríta* [256].

Le présent travail constitue une étude préliminaire sur la recherche de nouvelles molécules bioactives à intérêt pesticide par une évaluation de l'activité insecticides de l'huile essentielle et de l'extrait aqueux de l'espèce végétale *Mentha piperita* sur des individus (Adultes) de deux insectes ravageurs de céréales stockées économiquement important en Algérie (*Rhizopertha dominica*) et (*Tribolium castaneum*).

Les résultats obtenus indiquent que les caractéristiques physiques de l'huile essentielle de *Mentha piperita* obtenues après hydrodistillation sont identiques à celle de la bibliographie. L'huile essentielle qui a fait l'objet de notre étude est légèrement jaunâtre lorsqu'elle est fraîchement distillée, elle prend progressivement une teinte brune lorsqu'elle est exposée à la lumière ; Donnant une forte odeur, rappelant l'odeur de la feuille.

Le rendement obtenu en huile essentielle à partir du matériel végétal sec est 1,72%. Ce taux est supérieur à celui de AYADIA [257] ; dont le rendement extrait à partir de la *menthe sp* de la région de Ouargla oscille entre 0.8 et 0.45% et inférieure à celui obtenu par Benayad [193] dans la région d'Oulmès (4,33%).

Il a été prouvé par Ozenda [258] que les différences de milieu ont une influence profonde sur la végétation. Par ailleurs, Bouaouina et al. [258] ont démontré, que dans les conditions environnementales, les plantes sont souvent sujettes à des facteurs extrêmes: hydrique, thermique, pédologique et autres, engendrant différents types de stress. La nutrition de la plante se trouve sous la dépendance, non seulement de sa constitution génétique, mais aussi d'une série de facteurs écologiques et culturelles qui sont susceptibles d'influencer la composition du feuillage [260 ; 261].

Les résultats de notre expérimentation ont montré par le biais d'une analyse de la variance que les effets insecticides par contact varient en fonction du type des extraits (aqueux ou huile essentielle), des volumes utilisés, du temps et des insectes. Une diminution graduelle de survie des insectes a été observée en fonction de l'augmentation des doses. La même remarque a été enregistrée par Kordali et al. [262] en 2005 en évaluant la toxicité des huiles essentielles isolées de trois espèces d'*Artemisia* sur *Sitophilus granarius* (L.)

Pour l'huile, les doses d1 et d2 ont montré un faible pouvoir de toxicité par rapport à la dose d3. Les concentrations nécessaires pour avoir 50% de mortalité des insectes par ce contact sont variables d'un insecte à un autre. Il ressort que l'huile essentielle a montré une efficacité plus importante sur *Rhyzopertha dominica* (CL50= 0,1µl/cm²) au 4^{ème} jour. Pour le *Tribolium castaneum* le 50% de mortalité n'a été atteint que jusqu'à 8^{ème} jour, L'absence de mortalité au niveau du témoin montre que notre test reste fiable pour l'étude de l'effet insecticide des huiles essentielles testées.

L'activité toxique par effet contact de plusieurs huiles essentielles sur *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum* et d'autres insectes des denrées stockées ont été mis en évidence par de nombreux auteurs, Tripathi et al. [263] et par Papachirstos et Stamopoulos [264] sur *Mentha microphila* et *Mentha viridis*, vis à vis d'*Acanthocelides obtectus*. Dans un bio essai de toxicité par contact Al-Jabar [265] a démontré que l'huile de *M. pulegium* L. a également provoqué une mortalité de 100% sur *Mayetiola destructor*, principal ravageur du blé au Maroc. Plusieurs travaux ont été menés pour comprendre les mécanismes d'action de l'extrait des plantes. Plusieurs attribuent cette fonction aux composants phénoliques. Ainsi l'huile de menthe poivrée est parmi les huiles de menthe les plus populaires et les plus largement utilisées. Principalement en raison de ses

composants principaux le menthol et le menthone [266]. L'huile essentielle de *M. piperita* L. a 30-55% de menthol tandis que la composition de menthone se situe entre 14 et 32% [267]. Court et *al.* [268] ont rapporté plus de 200 constituants dans l'huile de menthe poivrée. Samarasekera et *al.* [269] a évalué l'effet de l'huile essentielle de *Mentha piperita* L. contre les moustiques locaux et a ensuite effectué son analyse obtenant du menthol (41%) et du menthone (24%) comme principaux constituants. Placios et *al.* [270] ont évalué l'activité insecticide *M.piperita* L. contre *Musca domestica* L. et rapporté le menthol (41%) en tant que constituant majeur suivi par le menthone (21%). Parmi les menthes de différentes origines étudiées, la menthe poivrée des USA et de l'Egypte contient le menthol le plus élevé et donne un rendement optimal en huile [271]. Des expérimentations préliminaires ont mis en évidence que certains polyphénols appartenant aux acides phénols (benzoïques ou cinnamiques) et aux flavonoïdes provoquaient une perturbation physiologique de l'insecte, notamment une inhibition progressive de la motricité ou un effet knock-down [175]. Enan [186] a fait le lien entre l'application de l'eugénol, de l' α -terpinéol et de l'alcool cinnamique, et le blocage des sites accepteurs de l'octopamine. Il conclut que l'effet peut varier d'un terpène à l'autre et que les huiles essentielles peuvent agir en tant qu'agonistes ou antagonistes du neuro-transmetteur. Selon Isman [182] l'huiles essentielles agissent directement sur la cuticule des insectes .Le rôle de la cuticule est de prévenir les pertes hydriques. Elle est sécrétée par l'épiderme et comporte plusieurs couches dont la couche externe, composée de cires . Les molécules de cette couche cireuse présentent une rangée de groupes aliphatiques vers l'extérieur créant ainsi une couche hydrofuge et imperméable. La nature lipophile de l'huile essentielle peut dégrader la couche cireuse et causer des pertes en eau. Les trachées et les sacs d'air des insectes sont enduits de cette couche cireuse et sont affectées par l'huile essentielle ce qui peut entraîner l'asphyxie [183].

Les résultats du pouvoir insecticide de l'extrait aqueux de la menthe poivrée a montré une activité très faible de l'extrait en particulier avec un effet choc se traduisant par un pourcentage de mortalité de 1.6% chez les adultes de *Tribolium confusum* et 3.33% chez les adultes de *Rhyzopertha dominica* après 24h de traitement ; résultats qui concordent avec les travaux de Clemente et *al.* [273] ou l'extrait méthanolique de *M. rotundifolia* (L.) s'avéré être plus efficace causant plus

de 74% de mortalité de larves de *T. castaneum* alors que l'extrait aqueux a causé seulement 19% de mortalité. AMADA [274] a bien mis en évidence l'activité des deux huiles essentielles (origan et romarin), un produit chimique (proclaim) et un extrait aqueux (ortie) sur la mineuse de la tomate (*Tuta absoluta*) par le mode contact. Il a montré que l'insecticide proclaim est plus toxique par effet contact suivi par l'huile essentielle du romarin et l'origan ainsi l'extrait aqueux de l'ortie a exprimé un faible effet insecticide. Ce résultat implique que le solvant organique est meilleur que l'eau pour l'extraction des métabolites ayant une activité biologique.

Pour le mode de pénétration par inhalation, nous avons constaté que l'huile essentielle de *M piperita* possède une action biocide sur les ravageurs. Un taux de mortalité de 81.66% a été obtenu sur *capucin* et 60% sur *Tribolium castaneum*.

L'activité des produits étudiés varie en fonction des doses utilisées, du temps d'exposition et enfin des espèces insectes. L'activité insecticide par inhalation de l'huile essentielle ne nécessite pas beaucoup de temps pour se manifester ; la mortalité maximale étant enregistrée pendant les trois jours qui suivent les traitements pour les deux insectes. Les effets insecticides augmentent lentement du 3^{ème} au 6^{ème} jour. A partir de ce dernier, les mortalités sont nulles. Plus la dose était élevée, plus le temps de réaction était court. Les CL50 évaluées par les droites de régression révèlent un effet toxique par inhalation sur les deux insectes, pour le *Rhyzopertha dominica* CL50=0,15µl/cm³ au 2^{ème} jour, le *tribolium castaneum* 0,11µl/cm³ au 3^{ème} jour. Ces effets toxiques de ces huiles sont à l'origine des principes actifs rapidement volatiles de l'huile essentielle.

L'activité de fumigation de l'huile essentielle de *Mentha* a été largement étudiée contre plusieurs parasites de stockage. Khelfi [275] montre la toxicité par inhalation de neuf huiles essentielles des plantes algériennes (l'armoise, faux poivrier, genévrier, eucalyptus, origan, la menthe, romarin, thym, laurier sauce) sur *Rhyzopertha dominica* avec une forte toxicité enregistrée chez la menthe. Lee et al. [276] ont signalé l'efficacité de l'huile de *M. arvensis* L. (CL50=45,5 µl / l) ainsi que ces constituants, menthone, linalol et β-pinène ou la CL50 est (2,7, 39,2 et 54,9 µl / l, respectivement) contre *S. oryzae*. De même, Varma et Dubey [277] a également signalé une mortalité totale de *S. oryzae* et *T. castaneum*, à travers le

traitement des échantillons de blé avec l'huile essentielle de *M. arvensis*. Le même résultat est obtenu dans une étude réalisé par Srivastava et al. [278].

Dans une autre étude, Lee et al. [276] a observé que l'effet insecticide par *M. piperita* L. (DL50-25.8 µl / l) par fumigation est meilleur que *M. spicata* (DL50-33,1 µl / l) contre *T. castaneum*. L'huile essentielle de *M. microphylla* K. présente un effet insecticide par fumigation contre les adultes de *T. castaneum* (LC50-4,5 µl / l) et *S. oryzae* (CL50-0,2 µl / l) [279]. Selon Zekri et al. [280] les concentrations létal CL 50 et CL 99 d'une fumigation par l'huile de *M. suaveolens* varient de 1.742 à 0.070µl / l d'air et de 106.33 à 0,654µl / l d'air respectivement. En outre, l'huile de *M. microphylla* dont l'oxyde de pipériténone (46,70%) est le principal composant, a également montré la toxicité la plus forte parmi les huiles testées contre *S. oryzae* (CL 50 = 0,21µl / l) [279].

Les résultats des taux de mortalité des deux insectes en fonction des doses administrées par contact et par inhalation montrent que l'huile essentielle de *Mentha piperita* a un effet insecticide plus élevé sur *Rhyzopertha dominica* par rapport au *Tribolium castaneum* pour les deux extraits. Ces résultats rejoignent les travaux de PRATES et al. [281] portant sur l'efficacité des monoterpènes par contact où le taux de mortalité est 100% sur *R. dominica* et de 58,3% sur *T. confusum*. Il a été également signalé par Huang et al. [282] que le *Tribolium castaneum*, était moins sensible que *Sitophilus zeamais* lors de l'administration de composés purs d'ugenol. De plus Tapondjou et al., [283] ont bien mis en exergue l'activité insecticide des huiles essentielles du cyprès et de l'eucalyptus vis-à-vis de *Sitophilus zeamais* et de *Tribolium confusum*. Ces auteurs ont obtenus des doses Létales (DL 50) différentes pour les deux insectes appliquées par contact ; ils ont obtenu 0.36 µl/cm² pour *Sitophilus zeamais* et 0,48µl/cm² pour *Tribolium confusum*. Les monooxygénases à cytochrome P 450 interviennent dans la détoxification des molécules toxiques des plantes et leur rôle est plus développé chez les insectes généralistes que chez les semi spécialistes [284]. Ce même auteur a également mentionné que l'huile essentielle de *allereana cardamomum* présentait une toxicité par inhalation plus élevée sur *Sitophilus zeamais* que sur *Tribolium castaneum*.

YAHYIAOUI [285], a bien mis en évidence l'activité insecticide de l'huile essentielle de mantha spicta vis-à-vis de *Tribolium confusum* et *Rhyzopertha*

dominica et montrent que *Tribolium castaneum* possède une certaine résistance par rapport *Rhizopertha dominica*.

Du point de vue physico-chimique, les huiles essentielles ne laissent pas de résidus ou de déchets dans les produits traités, elles sont facilement biodégradables Claudia et Florian [286]. Beaucoup d'entre elles agissent au niveau du neurotransmetteur octopamine spécifique aux invertébrés, elles sont donc en général moins toxiques pour les mammifères, par voie orale. Les DL 50 sont généralement supérieures à 1000 mg.kg⁻¹ du poids vif du rat ; de plus, elles ont peu d'effet sur la germination de semences [287].

Tous ces tests effectués peuvent confirmer que le traitement des denrées alimentaires par l'huile essentielle issue des plantes aromatiques et médicinales peut être très efficace pour lutter contre les ravageurs de ces denrées.

6.3 L'effet antiappétant et répulsif de l'huile végétal et des polyphénols des enveloppes de l'épi de blé dur sur *Rhizopertha dominica* et *Sitophilus oryzae*.

Dans un premier objectif, nous avons essayé de mettre en évidence la sensibilité variétale des épis et des grains de blé dur à l'attaque de *Sitophilus oryzae* et *Rhizopertha dominica*. Nos résultats par le biais de l'analyse GLM démontrent une différence significative ($P=0,017$; $P<5\%$) de l'effet variété.

Nous constatons que le nombre d'individus de *Sitophilus oryzae* et *Rhizopertha dominica* est important dans la variété BOUSSALEM avec un taux de plus de 150 individus et dans la variété VITRON avec un taux de 140 individus, alors que pour la variété CHEN'S le nombre d'individus de *Sitophilus oryzae* est moins important avec un taux de 97 individus.

L'un de facteur lié à la variété est la nature du support alimentaire. OFUYA [288] a observé une différence de la période de développement des bruches entre le haricot sauvage et le haricot cultivé. Les conséquences de développement dans des graines de haricot de moindre qualité sont, une plus grande mortalité larvaire et un allongement du cycle. Les femelles ayant une faible alimentation pondent des petits œufs [289] dont la descendance est moins performante que celle issue de plus gros œufs de *Callosobruchus maculatus* [290]. Ce qui a été confirmé par LOSCHIAVO et al. [291]; MEDRANO et BRESSANI [292] BEKON, [135], qui annoncent que La nature du support alimentaire a aussi des effets net sur le développement des insectes: les durées

moyennes de développement des insectes sont plus longues dans le maïs et dans le sorgho que dans le mil et dans le riz paddy. Le facteur dureté du grain peut affecter aussi le taux de ponte. Ainsi plus le grain est dur, moins les œufs sont déposés [293]. Le nombre de descendants est d'autant plus faible que le grain est dur. Cette relation a été soulignée par de nombreux chercheurs [292 ; 251 ; 139 ; 143 ; 294]. AHMED et *al.* [295] ont déduit que les cultivars à graines lisses et tendres sont plus sensibles à l'attaque de bruche que les cultivars à graines rugueuses et dures.

Cette corrélation entre la dureté des grains et la descendance est peut être liée à la présence de substances influant sur la dureté. FLIEDEL et *al.* [296] ont trouvé une corrélation positive significative entre l'indice de dureté du blé, la teneur en amylase et la teneur en protéines totales et la teneur en tanin.

Dans le blé, lorsque la teneur en protéines s'élève, le développement des charançons est freiné. Ceci a été observé par DOBIE [139]; AMOS et *al.* [140] et PHILOGENE et *al.* [297] pour lesquels la teneur en protéines totales du grain est négativement corrélée avec l'index de sensibilité. La relation inverse a été notée par NAWROT [298] quant aux variétés dont la teneur en azote est plus basse. Ceci doit être dû au fait que les variétés testées par ce chercheur étaient assez proches du point de vue teneur en cet élément nutritif (13 à 15%) [138].

Sur riz infesté par *S.cerealella*, HARYADI [144] a également noté une corrélation négative et significative de la teneur en protéine avec la durée de développement de *Sitophilus* à partir de 13 variétés présentant une large gamme de teneurs en protéines allant de 8.3 à 13%. Philogène et *al.* [297] ont pu établir également que les lipides, les protéines, les glucides, la dureté du grain ainsi que sa forme contribuent au degré de résistance du maïs aux attaques de *Sitophilus*.

Le second facteur qui pourrait, également, favoriser l'infestation des grains sont leurs odeurs et leurs saveurs qui auraient des effets attractifs sur les insectes.

La discrimination entre les espèces hôtes est largement transmise par des récepteurs sensoriels des palpes maxillaires [299]. PARR et *al.* [300] ont, en effet, observé que les composés chimiques présents à la surface des graines, des acides gras et des alcanes, jouent un rôle important dans l'induction du comportement de ponte chez *C. maculatus*.

Les composés phénoliques peuvent aussi intervenir dans les relations entre l'insecte et la plante hôte. Ils participent à la défense de la plante contre les agressions d'origine biologique [301]. Des expérimentations préliminaires ont mis en évidence que certains polyphénols appartenant aux acides phénoliques et aux flavonoïdes provoquent une perturbation physiologique de l'insecte [175].

Les résultats ont montré la présence d'une différence significative du facteur fraction sur la descendance de *Sitophilus oryzae* et *Rhyzopertha dominica* où les plus grands nombres de la descendance sont enregistrés au niveau des échantillons de blé en grain par rapport aux épis qui enregistrent un plus faible effectif.

Clement et al. [130], a démontré que l'herméticité des glumelles est un facteur prépondérant pour la résistance variétale. Cette herméticité est conditionnée par la coaptation entre lemma et paléa qui peut être une voie de pénétration des insectes ou par le défaut de fermeture des glumelles qui est lié à la dureté du pédoncule d'une part et au taux de casse des enveloppes provoqué par l'abattage d'autre part.

Cette variation semble dépendre de la résistance que le grain enveloppé oppose à l'insecte. Les travaux de Kouassi [302] ont montré que l'effectif de la descendance de *Sitophilus oryzae* est six fois plus élevé dans le riz décortiqué que dans le riz paddy. La protection du grain, par une enveloppe, limite non seulement le degré d'infestation du grain mais aussi freine la croissance des insectes infestant ce grain. Ce même auteur a déduit à partir de ces recherches sur l'infestation du riz paddy ou le riz décortiqué une différence nette dans le devenir du poids moyen des insectes ; ce qui influe directement sur sa progéniture.

D'après Mbengue [303], le stockage en épis ou en panicules dans des greniers en fibres végétales tressées est le plus répandu au Sénégal. Les pertes dues aux insectes et aux moisissures sont peu importantes avec ce type de stockage car les grains sont assez bien protégés par les glumes et les spathes, et les échanges avec l'extérieur sont favorisés, évitant ainsi toute condensation ou formation des poches de chaleur favorables au développement des moisissures et des insectes. D'après Bouby [304], en plus de leur herméticité, les enveloppes assurent une protection efficace contre l'action de divers agents d'altération des grains (humidité, insectes, rongeurs). Ainsi la descendance de *S.oryzae* et *R.dominica* est faible au niveau des épis à cause de la siccité de l'enveloppe .Par

ailleurs, Kouassi [302], a noté une mortalité de 100% des adultes de *Sitophilus* dans des grains à 8.5% de teneur en eau et une mortalité de 60% à 10% de teneur en eau car les basses teneurs en eau entraînent une dessiccation d'un nombre très important des œufs pondus et une évaporation au niveau des larves dont la croissance des tissus exige un apport d'eau .

Les composés phénoliques végétaux au sens large englobent la famille des polyphénols et celle des lignines. Les polyphénols regroupent 8000 composés connus à ce jour et sont principalement synthétisés dans le règne végétal [305].

Au cours de ces dernières décennies, plusieurs études ont été consacrées à l'utilisation des extraits de plantes brutes ayant un potentiel d'utilisation dans les cultures et la protection du produit. Ils contiennent les terpénoïdes , des alcaloïdes ,des flavonoïdes ,des acides phénoliques et d'autres composés ayant des activités ovicide, larvicide, répulsif, dissuasion contre l'oviposition, la dissuasion alimentaire, l'inhibition de l'émergence, et un effets toxique sur un large éventail d'insectes [306 ;307 ;308].

Dans le but d'argumenter la résistance des enveloppes d'épi envers ces deux ravageurs, une extraction des polyphénols et de l'huile végétale des enveloppes d'épi et une évaluation de leurs effets répulsif et anti appétant est réalisé.

Le rendement en polyphénols totaux des enveloppes d'épi enregistré dans la troisième partie de notre expérimentation est de 3% avec un taux de 0.143 mg/ML. Les résultats de l'extrait méthanolique de la chromatographie liquide à haute performance obtenue, fait ressortir un nombre assez important de composés.

D'après Bunzel [309] les principaux composés phénoliques rencontrés chez les graminées sont les acides appelés hydroxycinnamiques. Ce sont des composés aromatiques présentant simultanément un groupement carboxyle, une fonction phénol et une chaîne propane insaturée. Ces composés sont : les acides p-coumarique (acide para-hydroxycinnamique) et férulique (acide 4-hydroxy 3-méthoxycinnamique) et en moindre quantité les acides vanillique, synapique et parahydroxybenzoïque. Le rôle de ces acides phénoliques au sein de la paroi végétale reste mal connu. Ils constituent les précurseurs de la lignine et interviendraient comme inhibiteurs de la dégradation enzymatique des

hémicelluloses. Ils auraient aussi un rôle dans la limitation de l'extensibilité des parois cellulaires, en limitant le gonflement des hémicelluloses sous l'effet de l'humidité, et dans la défense de la plante contre les attaques des parasites. Leurs concentrations varient suivant les organes de la plante et sont les plus élevées dans les parties les plus lignifiées [21 ; 22]. L'acide coumarique est biosynthétisé à partir de l'acide cinnamique par action de la cinnamate-4-hydroxylase (C4H). Ce composé est connecté à la lignine par des liaisons de type ester. Son rôle survient dans la paroi secondaire et consiste à lier le polymère de lignine syringyle. L'acide férulique est un acide organique, retrouvé dans de nombreuses plantes. Il participe à la synthèse des lignines qui forment les parois des cellules végétales.

Selon Pan et *al.* [98] la paille de blé contient près de 1% d'acides phénoliques par rapport à la matière sèche, dont 0,48% d'acide férulique et 0,42% d'acide p-coumarique.

Les flavonoïdes sont présents dans toutes les plantes vasculaires et sont impliqués dans de nombreux processus physiologiques; ils sont des biomarqueurs de stress assurant la survie des plantes dans différentes conditions environnementales, mais ils sont également inclus dans la protection des végétaux [310]. Peterson et *al.* [311] ont enregistré la présence des Flavonoïdes dont l'Apigénine, Luteoline, Tricine, Kaempferol et Quercétine au niveau des feuilles du blé.

L'extrait méthanolique des polyphénols des enveloppes d'épi ont révélé une activité répulsive contre *S.oryzae* et *R.dominica* avec les différentes doses. Plusieurs études réalisées par différents auteurs ont confirmé l'effet répulsif des extraits méthanolique. Ainsi Ashraful Alam et *al.* [312] ont signalé l'effet répulsif de l'extrait de méthanol de l'écorce de racine de *Calotropis gigantea* (Linn) contre les larves et adultes de *Tribolium castaneum*. Encore l'extrait méthanolique de *Curcuma longa* a indiqué un effet répulsif sur le charançon du maïs [313] .

Bien que les composés flavonoïdes puissent agir comme attractifs ou comme stimulateurs d'alimentation / croissance d'espèces d'insectes, ils sont également signalés comme dissuasifs d'alimentation selon Peterson et *al.* [311]. Les flavonoïdes présent dans les feuilles de blé sont Apigénine Luteoline Tricine Kaempferol Quercétine . Dans le riz, trois flavone glucosides fonctionnent comme des agents dissuasifs vis-à-vis de *Nilaparvata lugens* [301]. Le kaempférol, la

quercétine et la myricétine (flavonols) agissent comme agents de dissuasion alimentaire contre *Radopholus similis* et *Meloidogyne incognita* [314].

Les effets des extraits méthanoliques dominés par deux flavones majeurs, l'apigénine et la lutéoline, de feuilles de *L. maackii* ont un effet répulsif et dissuasif contre un lépidoptère généraliste *Spodoptera exigua*. L'apigénine purifiée a tendance à empêcher l'alimentation par cette espèce [315].

Une activité antiappétante des extraits phénoliques vis-à-vis des déprédateurs les plus redoutés en Algérie *S.oryzae* et *R.dominica* a été enregistrée lors de nos travaux. Ceci est en accord avec les résultats de Philogène et al.[297] qui ont déduit une corrélation négative entre la présence de composés phénoliques précisément acide cis-férulique, acide trans-férulique, acide p-coumarique et acide sinapique et les paramètres de sensibilité du grain à *Sitophilus*. En ajoutant des concentrations de 0,1 à 1,0 ($\mu\text{g/g}$ d'acide phénolique à une diète méridique. Ces mêmes auteurs ont pu observer l'effet antiappétant de l'acide férulique contre *Sitophilus*. Le même résultat a été évoqué par SECK [316] sur *Prostephanus truncatus* où le facteur de corrélation est de 0.93.

Pavela [317] a souligné qu'en plus de leur activité antiappétante, les acides phénoliques peuvent causer une inhibition significative de la digestibilité des aliments, une inhibition de la croissance des larves ce qui influe sur la vitalité et la fertilité de la génération consécutive.

Une expérience avec la rutine pure a indiqué que le mélange de deux glucosides de flavonol (rutine et quercétine-3-glucosylgalactoside) avec l'isoflavone genistin extrait du soja perturbent la consommation et l'assimilation alimentaire [318].

Notre étude a enregistré un rendement de 0.8% et un taux de polyphénols de 0.029 mg/l de l'huile végétale à partir des enveloppes d'épi. Cela concorde avec les travaux de Sonntag [319] qui signale que la plupart des huiles issues des graines ont des teneurs inférieures à 1 %, à l'exception de l'huile d'olive (1,6 %).

Matzke et Riederer [23] ont révélé que la fraction lipidique de la paille de blé est essentiellement contenue dans la cuticule, couche protectrice, attachée aux cellules de l'épiderme. Cette cuticule forme un revêtement relativement mince ($\approx 10 \mu\text{m}$ d'épaisseur) à la surface de la plante. Elle est composée d'un polyester tridimensionnel constitué d'hydroxyacide à longues chaînes (la cutine) enrobé

dans un mélange de lipides apolaires (les cires) qui forment une barrière à la diffusion d'eau et d'autres composés.

Les huiles végétales sont utilisées très tôt dans la lutte contre les insectes sous forme d'émulsion. Ce sont à la fois des insecticides de contact qui agissent par leurs propriétés physiques et chimiques et des adjuvants pour leurs molécules liposolubles et synergistes dans certains cas [244].

Plusieurs travaux ont montré que les huiles végétales ont une activité phytothérapeutique similaire et prometteuse à l'égard des insectes ravageurs des denrées entreposées, Des extraits de racines de *Decalepis hamiltonii* ont été testés pour leur activité insecticide contre les prédateurs des produits stockés, *Rhyzopertha domonica*, *Sitophilus oryzae*, *Stigobium panicum*, *Tribolium castaneum* et *Callosobruchus* [320]. Les huiles de Castor, maïs et de karanj ont été trouvées toxiques contre *Sitophilus oryzae* et *Rhyzopertha dominica* dans le maïs stocké. L'huile de Karanj était la plus efficace contre *S. oryzae* avec les plus faibles LD50 et LD95 de 0,0433 et 0,0674 $\mu\text{l} / \text{cm}^2$, respectivement suivi de maïs (0.0494 et 0.0978) et d'huile de ricin (0.4037 et 0.9080) selon [321].

Cruz et al. [322] ont démontré que le mélange d'huile (arachide) aux graines de légumineuses dans des proportions de 5 ml/kg est une technique efficace pour la lutte contre les insectes. Les travaux Wale et Assegie [323] sur l'activité biocide des huiles de ricin sur *Sitophilus zeamais* ont noté qu'après une heure d'exposition, la mortalité des adultes était de 85,1%, à la dose de (2ml/kg).

Ces huiles agissent par une augmentation de taux mortalité [324] et par une réduction de la durée de vie des adultes. Ils induisent la formation d'un film d'huile qui obture les orifices respiratoires, ou stigmates, privant ainsi l'insecte d'oxygène et provoquant son asphyxie. Les observations au microscope électronique à balayage (MEB) montrent clairement ces obstructions des stigmates respiratoires dues au traitement. Une réduction de la ponte a été déduite lors des traitements par contact par les huiles végétales contre les insectes. Ceci est peut être causé par le dépôt d'un film issu de l'huile sur les graines dont la surface devient impropre à la ponte, à la réduction de l'adhérence des œufs, ainsi à la conséquence d'une perturbation du processus de vitellogenèse selon AHMED et al. [325]. D'après DON PEDRO [326] ceci est dû à l'accumulation des métabolites toxiques qui inhibent l'activité métabolique des œufs.

Au niveau de notre expérimentation, les résultats de la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse des lipides a identifié trois composantes principales : Linoleate de méthyl, Oleate de méthyl, Palmitoleate de méthyl . Ces derniers ont été signalé par Matzke et Riederer [23] dans la paille du blé en évoquant la présence des cires constituées d'esters d'acides gras à longues chaînes (C 18 à C 30), d'hydrocarbures à longues chaînes linéaires (C 21 à C 37), d'alcools, d'aldéhydes, d'acides gras à très longues chaînes ainsi que d'esters d'alcools et d'acides gras à longue chaîne (cérides).

Notre étude a démontré l'activité insectifuge de l'huile végétale des enveloppes d'épi à l'égard des adultes de *S.oryzae* et *R.dominica*. Selon Sudha et al. le Palmitic acid methyl ester présente un effet insecticide et Linoleic acid ester présente un effet insectifuge.

L'effet répulsif de certaines huiles végétales non volatiles sont aussi observés. Ainsi, une extraction d'huile de *Melinis minutiflora* par divers solvants organiques (chloroforme, hexane ou acétone), riche en eicosane, en acide linoléique sous forme méthyle ester et en acide hexadécanoïque, se révèle très efficace sur la tique du bétail *Boophilus microplus* [328] .

Des essais biologiques sur le terrain avec du palmitate de méthyle synthétique ont montré qu'il avait une activité répulsive contre *Solenopsis geminata* (F.), *Forelius pruinosus* (Roger) et *Pheidole* sp. L'efficacité du répulsif était plus grande contre *F. pruinosus* et *Phididole* sp. que contre *S. geminata*. Quatre homologues d'ester méthylique du palmitate de méthyle ont également été testés sur le terrain pour leur activité répulsive: le myristate de méthyle avait une activité répulsive contre les trois espèces de fourmis, alors que le stéarate de méthyle, le linoléate de méthyle et le linoléinate de méthyle ne manifestaient aucune répulsion [329].

Des travaux antérieurs ont démontré que le palmitate de méthyle possède une activité acaricide contre *Tetranychus viennensis* Boisduval (Acari: Tetranychidae) par un mécanisme inconnu. Les symptômes de la toxicité du palmitate de méthyle à *T.viennensi* ont été étudiés pour déterminer le mécanisme d'action acaricide de cet ester méthylique d'acide gras. Le palmitate de méthyle a provoqué une mortalité dépendante de la concentration de *T. viennensis*, avec une concentration modérée (5 mg/ml) provoquant une excitation et une oviposition prématurée. Des tremblements des appendices ont ensuite été observés, suivis

d'un repos après 5 h. Les acariens ont développé une exosmose du liquide dorsal après 15 à 20 heures de post-traitement avec une production réduite d'œufs, suivie peu après par la mort. Certains symptômes neurotoxiques typiques tels que l'excitation et les convulsions ont été observés chez les acariens exposés au palmitate de méthyle, suggérant que le palmitate de méthyle pourrait être une neurotoxine. Comparé à d'autres acaricides neurotoxiques, l'empoisonnement au palmitate de méthyle est un processus lent chez les acariens. La microscopie électronique à transmission a révélé de graves lésions ultrastructurales en réponse à une exposition de 5 mg / ml de palmitate de méthyle. L'autolyse des structures membranaires a également été observée, en particulier dans les mitochondries, suggérant un nouveau mode d'action pour la toxicité induite par le palmitate de méthyle [330].

Palmitate de méthyle extrait des graines et des feuilles de djulis (*Chenopodium formosanum*) et dont le taux est compris entre 5,2 et 2,5% a été montré pour avoir un effet répulsif et acaricides [329 ; 330]

Pour démontrer le mécanisme d'action de ces esters méthyliques d'acides gras, une étude sur le *Culex quinquefasciatus*, principal vecteur de la filariose lymphatique a permis de démontrer que les esters méthyliques d'acides gras (EMAG) ont un effet larvicide en influant sur le glucose. La teneur totale en protéines, en triacylglycérol, sur le sodium, sur le potassium et sur l'activité ATPase chez les larves de moustiques. L'exposition de la larve du quatrième stade aux composés a causé une diminution de la teneur totale en protéines et une augmentation du sodium, du potassium et de l'activité ATPase [331].

L'huile des enveloppes d'épi s'est montrée au cours de notre étude avoir un effet anti-appétant contre les deux ravageurs pour les différentes doses. Ces résultats rejoignent ceux de Menandro et al. [332] qui montrent que l'huile de *J. curcas* a des effets répulsifs et anti-appétant contre les termites. Des concentrations de 0, 2.5, 5, 10 et 20 % (p/p) ont entraîné une réduction de la formation de galeries dans les planches traitées. La même remarque est enregistrée par Khani et al. en 2010 [333] sur *S.oryzae* où les extraits *J.curcas* et *P.nigrum* dont les composants principales sont des esters d'acides gras présentant une forte activité anti-appétante. Selon Glendinning [334] un potentiel dissuasif alimentaire peut agir par plusieurs mécanismes ; par un effet répulsif olfactif, dans ce cas le prédateur va rejeter le substrat d'alimentation traité sans

contact, par la vraie dissuasion du goût, ainsi le ravageurs causera quelques petits points de morsure sur le substrat, par obstacle physique par des mécanorécepteurs oraux, et / ou par toxicité via la réponse post-ingestion. Dans notre bio-essai, le premier et le deuxième mécanisme ne pouvaient pas être discriminés, Cette activité anti-appétante peut aussi être liée à l'enrobage du grain par l'huile qui provoque un obstacle à la libération des substances attractives.

.

.

.

Conclusion

Les céréales ont de tout temps constitué la principale ressource alimentaire dans le monde. Le stockage, qui est un des moyens sûrs pour répondre aux besoins en semences et pour assurer la sécurité alimentaire, pose un problème auquel une attention toute particulière doit être accordée, si l'on veut limiter les dégâts causés par les déprédateurs des denrées après la récolte.

La mise en place d'une démarche de protection contre les insectes suppose en premier lieu de bien identifier les espèces présentes et leur niveau d'infestation. La dernière enquête réalisée sur le plan national relative à l'infestation des céréales stockées en Algérie remonte à 1976-1977. Une actualisation de ces données constitue l'objectif primaire de notre travail de recherche.

Les échantillons de grains de blé dur ont été collectés au niveau de silos métalliques de douze wilayas caractérisées par un climat subhumide (Blida, Guelma, Tizi Ouzou), ou semi-aride (Ain Defla, Médéa, Bouira, Sétif, Constantine, Tlemcen, Tiaret, Mostaganem et Oum El Bouaghi), productrices de blé et disposant d'infrastructures de stockage.

L'identification des insectes faite au laboratoire a révélé la présence de huit espèces d'insectes. Les coléoptères majoritaires étaient représentés par cinq espèces réparties dans cinq familles. Les lépidoptères, les hyménoptères et les acariens étaient minoritaires et n'étaient respectivement représentés que par une espèce chacun. En termes d'espèce, l'analyse de variance a révélé une différence hautement significative ($p=0.008$; $P<\%$) où le capucin (*Rhyzoperta dominica*) et le charançon du riz (*Sitophilus oryzae*) se sont révélées les espèces les plus fréquentes avec des pourcentages de 39% et 26%. Suivie par *Ephestia Kuehniella* 14%. Il apparaît d'autre part, une moindre représentation du *Tribolium castaneum* et *Oryzaephilus surinamensis* et *Trogoderma granarium*. Le *Lariophagus distinguendus* connu comme une espèce parasitoïde a présenté un nombre important d'individus.

De fortes fluctuations de l'infestation sont enregistrées d'une station à une autre. Cela est dû notamment à l'hétérogénéité de l'attaque (déprédateur primaire et secondaire), aux conditions climatiques et aux pratiques d'hygiène appliquées par l'organisme stockeur.

Face à ce problème, la gestion des infrastructures des stockages doit être orientée vers une lutte contre toutes les sources de déperditions par : (i) Un contrôle judicieux adoptant des outils de détection et de surveillance au niveau des silos. (ii) Une réévaluation objective du potentiel des méthodes de lutte corrective. (iii) Adoption de méthode de lutte basé sur une appréciation de la variabilité des comportements des espèces ravageurs dans les conditions de stockage pour pouvoir hiérarchiser les facteurs à risques. (iv) Une sélection des variétés résistantes vis-à-vis des déprédateurs des stocks (moisissures et insectes) en se basant sur leurs caractères physiques et chimiques, principalement les métabolites secondaires des blés pouvant avoir des effets répulsifs. (v) Utilisation de *L. distinguendus* contre ces déprédateurs, puisque sa présence a été démontrée dans la plupart des lots de blé stockés échantillonnés prouvant l'acclimatation de cette espèce en Algérie.

Dans le cadre de la recherche de méthodes de lutte alternative contre les insectes ravageurs du blé en post récolte et afin de contribuer à la protection de l'environnement nous avons essayé de lever le voile sur les potentialités agro phytosanitaires des plantes aromatiques algériennes pouvant être utilisées localement comme bio pesticides pour la protection des denrées stockées.

Une évaluation de l'effet insecticide de l'huile essentielle et l'extrait aqueux de *mentha piperita* par contact et inhalation sur deux ravageurs important *Rhizopertha dominica* et *Tribolium castaneum* fréquemment rencontrés ensemble dans les stocks de blé a été réalisé lors de notre deuxième partie expérimentale.

Les résultats de notre expérimentation ont montré par le biais d'une analyse de la variance que les effets insecticides par contacte varie en fonction de type des extraits (aqueux ou huile essentielle), des volumes utilisés, de la durée du traitement et des insectes ciblés. Une diminution graduelle de survie des insectes a été observée en fonction de l'augmentation des doses.

Les résultats du pouvoir insecticide de l'extrait aqueux de la menthe poivrée ont montré une activité très faible de l'extrait, en particulier avec un effet choc se traduisant par un pourcentage de mortalité de 1.6% chez les adultes de *Tribolium castaneum* et 3.33% chez les adultes de *Rhizopertha dominica* après 24h de traitement.

Pour le mode inhalation, l'huile essentielle de *M. piperita* possède une action biocide sur les ravageurs. Un taux de mortalité de 81.66% a été obtenu sur

capucin et 60% sur *Tribolium castaneum*. Les CL50 évaluées par les droites de régression révèlent un effet toxique par inhalation sur les deux insectes. Pour le *Rhyzopertha dominica* une CL50=0,15µl/cm³ a été obtenu au bout du deuxième jour du traitement. Pour le *Tribolium castaneum* la CL50 est de 0,11µl/cm³ au troisième jour. Les effets toxiques de ces huiles sont à l'origine des principes actifs rapidement volatiles de l'huile essentielle. Par ailleurs, nos résultats semblent très prometteur et nous ouvrent la voie sur la possibilité d'utiliser cette espèce végétale. Ainsi nous recommandons la poursuite des recherches sur: l'évaluation des effets de notre huile essentielle sur les insectes utiles et d'autres insectes nuisibles des stocks de denrées; l'évaluation des effets des autres plantes aromatiques locales sur les insectes utiles et nuisibles des grains; l'évaluation de l'effet de cette huile essentielle sur la qualité organoleptique et nutritionnelle du blé; l'identification des principes actifs des huiles essentielles des plantes locales et leur formulation dans les laboratoires. Elucider le mode d'action de ces substances sur la physiologie (système digestif, système endocrinien, système nerveux...). D'un point de vue pratique, il est important de tester les extraits des plantes et les substances pures en plein silo afin d'évaluer leur efficacité dans le milieu naturel en interaction avec les facteurs biotiques et abiotiques et préparer leur exploitation en tant que bio pesticides.

Les études portant sur l'arc nord-méditerranéen illustrent la diversité des techniques employées pour la constitution de réserves à céréales, ainsi, deux techniques opposées ont coexistaient: le stockage à l'air libre en épi et le stockage en *atmosphère confinée*. Encore le commandement divin à Joseph, la paix soit sur lui sur le stockage du blé en épi a permet aux pharaons de subsister pendant quatorze années dont sept années de sècheresse. Ainsi la seconde alternative de lutte évaluée lors de notre expérimentation est le stockage en épi.

Une évaluation de la descendance du *Sitophilus oryzae* et du *Rhyzopertha dominica* au niveau des épis et des grains de trois variétés de blé dur (Vitron, CHN'S et BOUSSALEM).

Les résultats montrent la présence d'une différence significative du facteur fraction (épi et grain) et variété (BOUSSALEM CHEN'S VITRON) sur la descendance de *Sitophilus oryzae* et *Rhyzopertha dominica*. Le plus grand nombre de la descendance est enregistré au niveau des échantillons de blé en grain par rapport aux épis. de point de vue variétale La variété BOUSSALEM est la

plus sensible au développement des deux insectes suivit par la variété VITRON, par contre la variété CHEN'S semble être la plus résistante aux attaques des deux insectes et ceci dans les deux fractions. Cette variation semble dépendre de la résistance que le grain enveloppé oppose à l'insecte et à la composition chimique de ces enveloppes.

Dans le but d'argumenter la résistance de ces enveloppes d'épi envers ces deux ravageurs une extraction d'une famille particulière de métabolites secondaires, les polyphénols a été réalisée. L'extrait méthanolique a enregistré un rendement en polyphénols de 3% avec un taux de 0.143 mg/l. L'analyse chromatographique liquide à haute performance (HPLC) a révélé une richesse en composés phénoliques (22 composés) dont deux sont majoritaires.

L'extrait méthanolique des polyphénols des enveloppes d'épi a révélé une activité répulsive contre *S.oryzae* et *R.dominica* avec les différentes doses. Un taux de répulsion 65% est enregistré pour *S.oryzae* et 40% pour *Rhyzopertha dominica* avec la dose de 20 µg/ml.

L'activité anti-appétante de l'extrait augmente au fur et à mesure que les concentrations de l'extrait augmentent variant entre 0.59% à 1.82% pour *Sitophilus oryzae* et de 0.40% à 1.43% pour *Rhyzopertha dominica*.

Parmi les constituants pouvant jouer un rôle dans la défense contre le stress biotique et abiotique, figurent les huiles végétales. Plusieurs travaux ont démontré l'effet insecticide, larvicide et répulsif de ces derniers. Une extraction de l'huile végétale présente au niveau des enveloppes d'épi de la variété VITRON est réalisée. Nos résultats ont enregistré un rendement de 0.8% et un taux de polyphénols de 0.029 mg/l de l'huile végétale. Une identification et une évaluation de l'effet répulsif et anti appétant de ces derniers au niveau des enveloppes des épis est réalisé.

L'analyse de la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse des lipides a identifié trois composantes principales : Linoleate de méthyl, Oleate de méthyl, Palmitoleate de méthyl.

L'huile des enveloppes d'épi s'est montrée au cours de notre étude avoir un effet anti-appétant et insectifuge contre les deux ravageurs pour les différentes doses.

L'analyse de variance a montré une différence hautement significative du facteur espèce ($P= 0.001$, $P\leq 0.005$) où *S.oryzae* s'est montré plus répulsif que *R.dominica* et de l'effet dose ($P= 0.002$, $P\leq 0.005$) où la dose 1% s'est montré la plus répulsif.

L'ensemble des résultats obtenus dans troisième partie de notre expérimentation ne constitue qu'une ébauche dans le domaine de la recherche d'une lutte alternative contre les insectes ravageurs du blé en post récolte, afin de contribuer à la protection de l'environnement et à la lutte contre l'insécurité alimentaire dans les pays en développement.

Il serait intéressant de mener une étude plus approfondie afin de quantifier et de caractériser la nature des composés polyphénoliques existant dans les enveloppes d'épi par l'utilisation des étalons ou par une utilisation des méthodes chromatographique plus développée tels que la chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse. D'évaluer le pouvoir insecticide et antifongique de chaque composé phénolique et lipidique et de voir la possibilité de l'amélioration génétique pour la teneur en ces composés afin d'améliorer la résistance à l'infestation des variétés de blé.

Sur le plan pratique, il serait intéressant de tester à plus grande échelle le potentiel insecticide, insectifuge et anti-appétant des polyphénols et des huiles végétales par des essais pilotes (à petite échelle).Elucider l'activité synergique des différents composants à l'égard des insectes ravageurs des stocks. Effectuer des essais en combinant l'utilisation de l'huile et des polyphénols contre les formes découvertes (œufs et adultes) et de l'huile essentielle contre les formes cachées.

Références bibliographiques

- 1- Bencharif A., 1988. Eléments de réflexion sur la dynamique de consommation en Algérie. Cahiers du CREAD, N° 14, PP 37-70.
- 2- Djermoun A., 2009. La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques Revue Nature et Technologie. n° 01/Juin 2009. Pages 45 à 53
- 3- OCDE/FAO, 2017, Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO, Statistiques agricoles de l'OCDE (base de données), <http://dx.doi.org/10.1787/agr-data-fr>. Consulté le 25 septembre 2017.
- 4- Foua-bi K., 1990. La post-recolte en Afrique, Actes du Séminaire International tenu à Abidjan Côte d'Ivoire 29 Janvier au 1er Février 1990.
- 5- Multon J.L., 1982. Conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés. Céréales oléagineuses, protéagineuses, aliments pour animaux. Ed. Techn. et document, Lavoisier / A.P.R.I.A., Paris, Vol 1, 576p.
- 6- Feillet P., 2000. Le grain de blé composition et utilisation. Ed. I.N.R.A. Paris, 283p.
- 7- Mebarkia A. et Guechi A., 2006. Protection phytosanitaire contre les Ravageurs des Céréales Stockées. Laboratoire de microbiologie et de phytopathologie, Faculté des Sciences, UFA-Sétif.
- 8- Benhalima H., Chaudhry M.Q., Mills K.A. & Price N.R., 2004. Phosphine resistance in stored-product insects collected from various grain storage facilities in Morocco. J. Stored Prod. Res., 40, 241-249.
- 9- Talla Guèye M., Seck D., Wathelet J.P., Lognay G., 2011. Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale : synthèse bibliographique Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2011 15(1), 183-194.
- 10- 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.
- 11- Regnault-Roger C., et Philogène B., 2008. Past and current prospects for the use of botanicals and plant allelochemicals in integrated pest management. Pharmaceutical Biology, 46, 41–52.
- 12- Feillet P., 2000. Le grain de blé, composition et utilisation. Edition INRA, Paris, 308 p.

- 13- Doumandji, A., Doumandji-Mitiche, B. & Doumandji S., 2003. Cours de technologie des céréales technologie de transformation des blés et problèmes dus aux insectes au stockage. Office des Publications Universitaires, pp. 1-22.
- 14- Sara M., 2001. Comportement morphologique, physiologique et biochimique de trois variétés de blé dur (*Triticum durum.desf*) sous traitement par un fongicide (TILT 250EC) Université de Souk Ahras - D.E.S.
- 15- Boudreau A. et Menard G. 1992. Le blé élément fondamentaux de la transformation Ed. Masson, 216p.
- 16- Bodson B., Falisse A., 1996 Ecophysiologie de la production végétale L'exemple du blé Probio revue, 19, n° 1-2 , pp 85-92
- 17- Harper, H.T., Lynch J.M., 1981. The chemical components and decomposition of wheat straw leaves, internodes and nodes. Journal of the Science of Food and Agriculture, 32, 1057-1062.
- 18- White N. M. and Ansell M. P. 1983 . Straw-reinforced polyester composites Journal of Materials Science, Volume 18, Issue 5, pp 1549–1556
- 19- Maréchal, P., 2001. Analyse des principaux facteurs impliqués dans le fractionnement combiné de pailles et de sons de blé en extrudeur bi-vis – Obtention d'agro-matériaux. Thèse, INP Toulouse.
- 20- Pan, G.X., Bolton, J.L., Leary, G.J., 1998. Determination of ferulic and p-coumaric acids in wheat straw and the amounts released by mild acid and alkaline peroxide treatment. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46, 5283-5288.
- 21- Arnason, J.T., Gale, J., Conilh De Beyssac, B., Sen, A., Miller, S.S., Philogène, B.J.R., Lambert, J.D.H., Fulcher, R.G., Serratos, A., Mihlm, J., 1992. Role of phenolics in resistance of maize grain to the stored grain insects *Protephanus truncates* (horn) and *Sitophilus zeamais* (moth). Journal of Stored Products Research, 28, 119-126.
- 22- Chesson A., Provan G.J., Russell W., Scobbie L., Chabbert B., and Monties B., 1997. Characterisation of Lignin from Parenchyma and Sclerenchyma Cell Walls of the Maize Internode. J. Sci. Food Agric. 73, 10–16.
- 23- Matzke K. and Riederer M., 1990. The composition of the cutin of the caryopses and leaves of *Triticum aestivum* L. Planta, 182, 461-466.
- 24- Magro C., 1995. Valorisation des pailles de blé par fractionnement thermo-mécano-chimique dans un réacteur bi-vis. Thèse, INP Toulouse.
- 25- Lawther J.M., Sun R., Bankx W.B., 1995. Influence of alkaline pre-treatments on the cell wall components of wheat straw. Industrial Crops Products, 4, 127-145.

- 26- Markessini E., Mouratidis P., Roffael E., Rigal L., 1997. Method for production of lignocellulosic composite materials. Brevet WO 97/38833.
- 27- Montane D., Farriol X., Salvado J., Jollez P., Chornet E., 1998. Fractionation of wheat straw by steam-explosion pretreatment and alkali delignification – Cellulose pulp and byproducts from hemicelluloses and lignin. *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 18(2), 171-191.
- 28- Hemery Y., Rouau X., Lullien-Pellerin V., Barron C. and Abecassis J., 2007. Dry processes to develop wheat fractions and products with enhanced nutritional quality. *Journal of Cereal Science*, vol. 46, pp 327–347.
- 29- Šramková Z., Gregová E. and Šturdíka E., 2009. Chemical composition and nutritional quality of wheat grain. *Acta Chimica Slovaca*, vol. 2, pp 115 – 138.
- 30- Pomeranz Y., 1988. Chemical composition of kernel structures. *Wheat: chemistry and technology*, vol. I, pp 97-158.
- 31- Cretois A., 1985. Valeur technologique de quelques variétés de blé. *Bull. Industries des céréales* N°20, 26, 32.
- 32- Roudaut, H., Lefrancq, E., 2005. Alimentation théorique, Série science des aliments, centre régional de documentation pédagogique d'Aquitane. 305 p.
- 33- FREDOT E., 2005. Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Tec et Doc, Lavoisier:10-14, 397 pages.
- 34- Patrick, J.F., 2006. Influence des fractions de mouture de blé tendre (farines patente, de coupure et basse) sur les propriétés rhéologiques des pâtes et caractéristiques des biscuits. Thèse de doctorat en sciences et Technologie des Aliments. Université Laval-Québec. 293p.
- 35- Liu, J. X., Wu, Y. M., Xu N. Y., 1995. Inheritance of B subunits of glutenin and ω - and γ - gliadins in tetraploid wheats. *Theor. Appl. Genet* N°90. 1149-1157.
- 36- Battais, F., Richard, C., Leduc, V., 2007, Les allergènes du grain du blé, Département recherche, laboratoire ALLERBIO, Groupe ALK-Abello, 51140 Van deuil, France *Revue française d'allergologie et d'immunologie clinique* 47. 171–174.
- 37- Osborne T.B., 1907. The proteins of the wheat kernel. Carnegie Institute, Washington. Publ.84. 1-119.
- 38- Dykes L. and Rooney L. W., 2007. Phenolic Compounds in Cereal Grains and Their Health Benefits. *Cereal foods world*, pp 105-111.
- 39- Luthria, D. L et Liu K., 2013 “Localization of phenolic acids and antioxidant activity in sorghum kernels,” *Journal of Functional Foods*, vol. 5, no. 4, pp. 1751–1760.

- 40- Verma Hucl, P., Chibbar, R.N., 2009. Phenolic acid composition and antioxidant capacity of acid and alkali hydrolysed wheat bran fractions. *Food Chemistry* 116 947–954.
- 41- Landberg R., Maklund M., Kamal-Eldin A., Aman P., 2014. An update on alkylresorcinols-occurrence, bioavailability, bioactivity and utility as biomarkers. *Journal of Functional Foods* 7, 77-89.
- 42- Manach C., Scalbert A., Morand C., Rémésy C. and Jiménez L., 2004. Polyphenols: food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*, vol.79, pp727– 47.
- 43- Greffeuille V., Mabile F., Rousset M., Oury F.-X., Abecassis J. and Lullien-Pellerin V., 2007. Mechanical properties of outer layers from near-isogenic lines of common wheat differing in hardness. *Journal of Cereal Science*, vol. 45, pp 227-235.
- 44- Barron C., Surget A. and Rouau X., 2007. Relative amounts of tissues in mature wheat (*Triticum aestivum* L.) grain and their carbohydrate and phenolic acid composition. *Journal of Cereal Science*, vol. 45, pp 88-96.
- 45- Parker M., Ng A. and Waldron K.W., 2005. The phenolic acid and polysaccharide composition of cell walls of bran layers of mature wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Avalon) grains. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 85, pp 2539–2547.
- 46- Antoine C., Peyron S., Lullien-Pellerin V., Abecassis J. and Rouau X., 2004. Wheat bran tissue fractionation using biochemical markers. *Journal of Cereal Science*, vol. 39, pp 387-393.
- 47- Rodionova N.A., Kaprel'yants L.V., Serednitskii P.V. and Kilimnik A.Y., 1992. Hemicelluloses of cereal grains and their enzyme catalysts. *Applied Biochemistry and Microbiology*, vol. 28, pp 485-501.
- 48- Das A., and Singh V. 2015. Antioxidative free and bound phenolic constituents in pericarp, germ and endosperm of Indian dent (*Zea mays var. indentata*) and flint (*Zea mays var. indurata*) maize. *J. Funct. Foods*. 13,363–374.
- 49- Liu, J. G., T. Dietz, S. R. Carpenter et al. 2007. Complexity of coupled human and natural systems. *Science* 317(5844):1513-1516.
- 50- Begum, A. N., Nicolle, C., Mila, I., Lapierre, C., Nagano, K., Fukushima, K., Heinonen, S. M., Adlercreutz, H., Remesy, C., Scalbert, A. J., 2004. Dietary lignins are precursors of mammalian lignans in rats. *The Journal of Nutrition* 134, 120–127.

- 51- Landberg R., Kamal-Eldin A., Salmenkallio-Marttila M., Rouau X., Åman P., 2008. Localization of alkylresorcinols in wheat, rye and barley kernels. *J. Cereal Sci.* 48(2), pp. 401-406.
- 52- Zarnowski R., Suzuki Y., 2004. Expedient Soxhlet extraction of resorcinolic lipids from wheat grains. *J. Food Comp. Anal.*, 17, p p. 649-663.
- 53- Akin D.E., 1995. Microspec trophotometric characterization of aromatic constituents in cell walls of hard and soft wheats. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 68, 207-214.
- 54- Schwarz P. B., Kunerth W. H. and Youngs V. L., 1988. The Distribution of Lignin and Other Fiber Components Within Hard Red Spring Wheat Bran. *Cereal Chemistry*, vol. 65, pp 59-64.
- 55- Bunzel M., Ralph J., Lu F., Hatfield R.D. & Steinhart H. 2004. Lignins and ferulate-coniferyl alcohol cross-coupling products. in cereal grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 6496-6502.
- 56- Čukelj N., Novotni D., and Ćurić D., 2010. Antioxidant Properties of Whole Grain Cereals. *Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition*, vol. 5, pp18-23.
- 57- Laddomada B., Caretto S., and Mita G., 2015. Wheat Bran Phenolic Acids: Bioavailability and Stability in Whole Wheat-Based Foods *Molecules* 2015, 20, pp 15666-15685.
- 58- Adom K., Liu R. H., 2002. Antioxidant activity of grains. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 50, 6182-6187.
- 59- Fernandez-Orozco R., Harflett C., Shewry P., Ward J.L., 2010. Effects of environment and genotype on phenolic acids in wheat in the HEALTHGRAIN diversity screen. *J. Agric. Food Chem.* 58, 9341–9352.
- 60- Mporu A., Sapirstein H.D. & Beta T., 2006. Genotype and environmental variation in phenolic content, phenolic acid composition, and antioxidant activity of hard spring wheat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 1265-1270.
- 61- Lorenz K., and Maga J., 1975. The Fatty Acid, Carbonyl, n-Hydrocarbon, and Phenolic Acid Composition of Wheat and Triticale Flours *J. Milk Food Technol.* Vol. 38. No. 2, Pages 84-86.
- 62- Godon B., 1991. Biotransformation des produits céréaliers. Ed. Tec et Doc. Lavoisier Paris 688p.
- 63- Kodio O., 1989. Structures paysannes de stockage. P 19 In *Céréales en régions chaudes: Conservation et transformation*. Activité scientifique AUPELF.

- 64- Bellabed A., 2011. بلعابد ع. - فذوره في سنبله -
<https://www.eajaz.org/index.php/component/content/article/69-Tenth-Issue/576-Vdthurh-spike> Consulté le 25/05/2017
- 65- Ammar M., 2014, Organisation de la chaine logistique dans la Filiere céréales en Algerie. Etat des lieux et Perspectives. Thèse Institut Agronomique méditerranéen de Montpellier, 120p.
- 66- Guiraud J.P., 1998 - Microbiologie alimentaire Ed. Dunod 648p.
- 67-Cheftel J.C. et Cheftel L. H., 1977. Introduction à la technique alimentaire Vol 1 Ed. Lavoisier.Paris. 280-284.
- 68- Alem M., 2000. La conservation et la traitement des denrées stockées. Acte de premier Symposium international sur la filière blé 2000 enjeux et stratégie Ed. OAIC. Alger pp 321-329.
- 69- Fleurat-Lessard F., 1990. Altération dues aux insectes et déprédateurs-
 presentation Aliscope, 90: 18-24.
- 70- Ducom P., 1980. Eléments d'écologie. Des stocks et de lutte contre les ravageurs 65-83.In : ACCT - Rapport du séminaire sur l'amélioration des systèmes récolte en Afrique de l'Ouest. ACCT BAMAKO 230p.
- 71- Godon B. et William C., 1998. Les industries de premieres transformations des céréales. Ed. Tec. Et Doc Lavoisier. Paris pp 3- 216.
- 72- Fleurat-Lessard F., 2003. Préservation de la qualité sanitaire des céréales. Ed. PHYTOMA La défense des végétaux N° 563. pp 22-30.
- 73- Kossou K., Aho N., 1993. Stockage et conservation des grains alimentaires tropicaux. Principes et pratiques. Flamboyant Ed. Cotonou, 125 p.
- 74- Alzouma L., Huignard L., Lenga A., 1994. Les coléoptères Bruchidae et les autres insectes ravageurs des légumineuses alimentaires en zone tropicale. In Post-Récolte, principes et application en zone tropicale, ESTEM/AUPELF, p.79-103.
- 75- Fleurat-Lessard F., 1994. Écophysiologie des Arthropodes nuisibles aux stocks de céréales en Afrique tropicale. In Post-Récolte, principes et application en zone tropicale, ESTEMIAUPELF Verstraeten, pp 1-61.
- 76- Ratnadass A. & Sauphanor B., 1989. Les pertes dues aux insectes sur les stocks paysans de céréales en Côte d'Ivoire. In : Parmentier M. & Kouahou F.-B., eds. Céréales en régions chaudes. Montréal, Canada : Aupelf-Uref ; Paris : John Libbey Eurotext, 141-150.

- 77- Ashamo M.O., 2006. Relative susceptibility of some local and elite rice varieties to the rice weevil, *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae). *J. Food Agric. Environ.*, 4(1), 249-252.
- 78- Champ. B., et Dyte C., 1976. Rapport de l'enquête mondiale de la FAO sur les insectes des céréales entreposées et leur sensibilité aux insecticides, FAO, Rome, 374p.
- 79- Steffan J. R., 1978. Description et biologie des insectes, 1-65In Scotti, G. Les insectes et les acariens des céréales. AFNOR/ITCF, Paris, 238p.
- 80- Fleurat Lessard F., 1982. Les insectes et les acariens in : conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés, Ed Lavoisier et Apria, Paris, pp 349-396.
- 81-Fleurat Lessard F., 1991. Entomologie de céréales et dérivés et autre contamination d'origine animale in: Conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés, Ed Lavoisier et Apria, Paris, pp 192-220.
- 82- Lapesme P., 1944. Les Coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels. *Encycl. Entomol. A* : 22 – 249p
- 83- Youdeowei A., 1989. Major arthropod pests of food and industrial crops of Africa and their economic importance. *Biological control: a sustainable solution Africa*. pp. 31-50.
- 84- Balachowsky A. S., 1936. *Entomologie appliquée à l'agriculture*, Ed. Masson et Cie, Paris, pp1070-1099.
- 85- Duget J.S., 1986. Protection du maïs en grenier villageois et en crib dans les pays chauds avec la détaméthrine. IV^e Congrès sur la protection de la santé humaine et des cultures en milieu tropical. 128-134.
- 86- Farjan M. A., 1983. Biodynamics Laboratory of two insect pests of durum: the rice weevil *Sitophilus oryzae* (L) (Coleoptera: Curculionidae) and the lesser grain borer *Rhizopertha dominica* (F) (Coleoptera: Bostrychidae) with application to storage conditions in North Africa. Agro, Institut Agro veterinary HASSAN II, Rabat. p 9.
- 87- Delobel A. et Tran M., 1993. Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes, Paris: ORSTOM, 425p.
- 88- Brich L., 1953. Experimental background to study of distribution and abundance of insectes. *Ecol.*, 34 (4): 698-711.
- 89- Thomson V., 1966. The biology of the lesser grain borer *Rhizopertha dominica* (Fab). *Bull. Grain. Tec.*, 4 (4) : 163-168.

- 90- Weidner H. & Rack G., 1984. Tables de détermination des principaux ravageurs des denrées entreposées dans les pays chauds, GTZ, Eschborn, 148 p.
- 91- Doane R.W., 1919. Weevils in Australian wheat in California. *Journal Economic Entomology* 12, 308e312.
- 92- Potter C., 1935. The biology and distribution of *Rhyzopertha dominica* (FAB.) *Transactions of the Royal Entomological Society of London* 83, 449 e 482.
- 93- Howe R.W., 1950. The development of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bos-trichidae) under constant temperature. *Entomologist's Monthly Magazine* 86,1e5.
- 94- Edde, P.A., Phillips, T.W., 2006. Longevity and pheromone output in stored-product Bostrichidae. *Bulletin of Entomological Research* 96, 547e554.
- 95- Barnes, J.H., Groove, A.J., 1916. The insects attacking stored wheat in the Punjab and the methods of combating them, including a chapter on the chemistry of respiration. Memo of the Department of Agriculture. India (Chemical Series) 4,166-167.
- 96- Longstaff, B.C., Starick, N.T., 1989. The influence of media on the survival of pupae of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) after sexing. *Journal of Stored Products Research* 25, 93 - 95.
- 97- OEPP/CABI. 1997. *Trogoderma granarium*. In: I.M. Smith, D.G. McNamara, P.R. Scott et M. Holderness, Quarantine pests for Europe, deuxième édition. Wallingford, Royaume-Uni. CAB International. 1425 pp.
- 98- Beal, R.S. Jr. 1982. A new stored product species of *Trogoderma* (Coleoptera: Dermestidae) from Bolivia. *The Coleopterists Bulletin*, 36(2): 211–215.
- 99- Banks, H.J., 1994. Illustrated identification keys for *Trogoderma granarium*, *T. glabrum*, *T. inclusum* and *T. variable* (Coleoptera: Dermestidae) and other *Trogoderma* associated with stored products. CSIRO Division of Entomology Technical Paper, N°. 32. Common wealth Scientific and Industrial Research Organisation, Canberra. 66 pp.
- 100- Karnavar G., 1972. Mating behaviour and fecundity, in *Trogoderma granarium* (Coleoptera: Dermestidae). *Journal of Stored Product Research* 8, 65-69 pp.
- 101- Smith E., Whitman R.C., 1992. Field Guide to Structural Pests. National Pest Management Association, Dunn Loring, VA. NewYork, pp 59-62.
- 102- Tripathi A, Prajapati V., Aggarwal kk, Kumar S., 2001. Toxicity, feeding deterrence, and effect of activity of 1,8-Cineole from *Artemisia annua* on progeny production of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Economic Entomology*, N° 94,pp. 979-983.

- 103- Sinha, R.N., Watters, F.L., 1985. Insect Pests of Flour Mills, Grain Elevators, and Feed Mills and Their Control. Agriculture Canada, Publication 1776, Ottawa, ON, Canada.
- 104- Aitken A., 1975. Insect Travelers. Technical Bulletin. HMSO, London, United Kingdom: 31p.
- 105- De luca Y., 1975. Ecologie des denrées stockées (Milieu Peuplement Agressions)
- 106- Cangardel K., 1978. Facteurs favorables au développement des insectes et des acariens. 83-98, In Scotti, G. Les insectes et les acariens des céréales stockées Eds. AFNOR – ITC, 237p.
- 107- Haines C., 1998. Arthropod natural enemies in stored product - overlooked and under-exploited. Proc. 7th Int. Work. Conf. Stored-product Prot., Beijing, 2:1205-1226.
- 108- Candardel H., & Stockel J., 1972. Recherches par élevage en insectarium et par piégeage sexuel sur le cycle annuel de l'alucite des céréales *Sitotroga cerealella* Oliv. (Lep. Gelechiidae) et sur le rôle des cultures de blé et de maïs dans le maintien de l'espèce en Aquitaine. Ann.Zool. Anim., 4 (3): pp311-328.
- 110- Seck D., 1991. Observations préliminaires sur les fluctuations saisonnières des populations d'insectes ravageurs du mil stocké en grenier traditionnel au Sénégal. Tropicultura, 9, 92-9
- 111- Mohandassa S., Arthurb F., Zhuc K.Y, Throneb J.E., 2007. Biology and management of *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) in stored products Journal of Stored Products Research 43 (2007) pp302–311
- 112- Hodgkin L.K., Elgar M.A., and Symonds M.R.E., 2010. Positive and negative effects of phoretic mites on the reproductive output of an invasive bark beetle. Australian Journal of Zoology 58, pp198-204.
- 113- Harris F., 1996. Intensification of agriculture in semi-arid areas: lessons from the Kano close-settled zone. IIED Gatekeeper series No. 59. International Institute for Environment and Development, London.
- 114- Penning de Vries F., Rabbinge R., et Groot J., 1998. Potential and attainable food production in different regions. In Greenland D., J., Gregory P. J., et Nye P. H., Land resources: on the edge of the Malthusian precipice, CAB International, Wallingford, and The Royal Society, London.
- 115- Wachter D., et North N., 1996. Land tenure and sustainable management of agricultural soils. Development and Environment Reports No.15. Centre for Environment and Development, Berne.

- 116- Beavis I.C., 1988. Insects and Other Invertebrates in Classical Antiquity. Alden Press, Oxford, 269pp.
- 117- Toivanen T., and Kotiaho J.S., 2007. Mimicking natural disturbances of boreal forests: the effects of controlled burning and creating dead wood on beetle diversity characterized by large volumes of dead wood and sun-exposed conditions. *Journal of Biodiversity and Conservation*, 16(11), pp 3193-3211.
- 118- Sinha R.N., Wallace H.A., 1973. Population dynamics of stored-product mites. *Oecologia*. Dec;12(4): pp315-327
- 119- Sinha R.N., Kawamoto H., 1990. Dynamics and distribution patterns of acarine populations in stored-oat ecosystems. *Researches in Population Ecology* 32, pp33–46
- 120- White N., Fields C.J., Demianyk B., Timlick D., and Jayas D. 2011. Arthropods of Stored Cereals, Oilseeds, and Their Products in Canada: Artificial Ecosystems on Grasslands. In *Arthropods of Canadian Grasslands (Volume 2): Inhabitants of a Changing Landscape*. Edited by K. D. Floate. Biological Survey of Canada. pp 267-289.
- 121- How R.W., 1973. Loss of viability of seed in storage attributable to infestation of insects and mites seed. *Sci.and Technol.*, T1 pp 563- 586.
- 122- Adams, J. M., and Schulten, G. G. M. 1978. Losses caused by insects, mites and micro-organisms. In: *Post-harvest grains assessment methods*. American Association of Cereal chemists, St. Paul, Minnesota, USA, p. 193
- 123- Fourar, R., 1987. Inventaire des insectes du blé tendre, estimation des dégâts et prévention de la qualité industrielle par l'emploi des insecticides dans la région de Blida. *Mémoire Ing. Agr. I.N.A. El harrach*, 193p
- 124- Imura O., et Sinha R.N., 1984. Effect on infestation by *Sitotroena cerealella* (Lepidoptera, Gelechiidae) and *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) on the deterioration of bagged wheat. *Environnemental Entomology*, Vol 13, n°16, pp 1483-1488.
- 125-Pointel J.G., 1980. Critère d'évaluation des dégâts causés par les insectes dans les céréales et les légumineuses stockées. *Arew.Zool.* 66 (2) (1980) pp 185-198.
- 126- Venkat Rao S., Krhsh Namurthy K., Swamina M., and Subrahmanyam V., 1959. Effects of insect infestation on the quality of wheat flour. *food science*, april, pp 122-123.
- 127- Aoues K., 1994. Etude de quelques facteurs qui influencent sur le développement de *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) dans le blé tendre et de l'effet de l'infestation de cette espèce. *Mémoire Ing.Agro.Prot.des Veg. Ins.Agro.Blida* 99p.

- 128- Ammad F., 1994. Etude de quelques facteurs qui influencent sur le développement de *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) dans le blé tendre et de l'effet de l'infestation de cette espèce. Mémoire Ing.Agro.Prot.des Veg. Ins.Agro.Blida 96p.
- 129- MOUHOUCHE F., 1982. Sensibilité variétale du pois chiche (*Cicer arietinum*) aux attaques d'un insecte spécialisé *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera ; Bruchidae) et d'un insecte non spécialisé *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera ; Curculionidae) 2003, vol. 23, n°5-6, pp 633-653
- 130- Clement G., Dallard J., Poisson C., et Sauphanor B., 1988. Les facteurs de résistance du riz paddy aux insectes des stocks. - L'influence de l'ouverture des glumelles. Agro. Trop. 43 (1) pp 47-58.
- 131- Nwana I.E., et Akibo-Betts D.T., 1982. The resistance of some rice varieties to damage by *Sitophilus zeamais* during storage Trop. Stored Prod. Inf 43: 10-15
- 132- Samson P.R., Parker R.J., et JONES A.L., 1989. Laboratory studies of protectants of control of *Sitophilus oryzae* (Coleoptera, Curculionidae) and *Rhizopertha dominica*(J. stored. Prad. Res. Vol. 25 (1) pp 39-48.
- 133- Sauphanor B.,1988. Influence des caractéristiques des glumelles sur la résistance variétale du riz aux insectes des stocks. Entomol. Exp. Appl. 47: pp55-67.
- 132- Siwale K., Mbata J., and LUNGU D., 2009. Comparative resistance of improved maize genotypes and landraces to maize weevil African Crop Science Journal, Vol. 17, No. 1, 2009, pp. 1-16.
- 133- Mark G.A., 1982. Induced oviposition preference, periodic environment and cycles in the bruchid beetle, *Callosobruchus maculatus*. Entomol. Exp. Appl. 32: 155-160.
- 134- Pande Y. D., et Krishna D., 1985. Relative resistance of rice varieties in storage to infestation by *Sitophilus oryzae* (L) Coleoptera : Curculionidae). In Tripura Indian Journal of Agricultural Sciences 55 (12) pp 771-772.
- 135- Bekon A., 1984. Biologie du développement et comportement alimentaire de *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) sur les sémences de céréales.Thèse de Doctorat Ingénieur; 111-167p.
- 136- Sharifi S. et Mills R.B., 1971. Development activity and behaviour of the rice weevil, *Sitophilus oryzae*(L) within the kernels of Wheat J. Econ. Entomol. 64, pp 1114-1118.
- 137- Philogen B.J.R., 1984. Succession and future prospects for host plants resistant in integrated control Systems In : Allen G, A Rada,éd..Proc of the Int Symp: The role of biological control in the pest management. IOBUWHRS, pp 42-61.

- 138- Fourar, R., 1994. Variabilité de la sensibilité varietale du blé tendre à *Sitophilus oryzae*(L) ((*Coleoptera* : *Curculionidae*) dans le grain et de *tribolium confusum* J. Duval ((*Coleoptera* : *Tenebrionidae*) dans la farine. Analyse des relations eco-physiques insecte-grain thèse de Magister INA'agronomie D'El Harrach, Alger.
- 139- Dobie P., 1977. The contribution of the tropical stored products centre to the study of insect resistance in stored maize. *Tropical Stored Products Information* 34:722.
- 140- Amos T.G., Semple R.L., et William P., 1986. Multiplication of some stored grain insects on varieties of wheat. *GEN. APP. ENTOMOL.* 18:4.
- 141- Sudhakar T.R. et Pandey D., 1981. Chemicals factors in resistance of wheat, raw and parboiled rice varieties to *Sitophilus oryzae* L. Amino acid Indian J. Ent.43(4), pp 364-368.
- 142- Leinier I.E., et Kakade M.L., 1980. Protease inhibitors in toxic constituent of plant foodstuffs Ed.I.E. LEINIER, Academic press; New-york, 2nd edition, pp 31-34.
- 143- Singh D.N., et MCCAIN F.S., 1963. Relation ship of some nutritional properties of the corn kernel to weevil infestation. *Crop science*, 3: pp 259-261.
- 144- Haryadi Y., 1991. Sensibilité variétale du riz aux attaques de *Sitophilus oryzae* L et de *Sitotroga Ceralella* oliv. Analyse de l'origine d'une résistance potentielle. Thèse Doct. En sciences agron. ENSA, Montpellier, 113p
- 145- Pointee J.G et Coqljard J,1979. Le pourcentage de perte en poids et la perte spécifique, critères d'évaluation des dégâts causés par les insectes dans les céréales et les légumineuses stockées extrait de l'agro tropicale, XXXIV-4, pp 377-381.
- 146- Glitho L. Ketoh K.G., Nuto P.Y., Amevoin S.K., et Huignard, 1. 2008. - Approches non toxiques et non polluantes pour le contrôle des populations d'insectes nuisibles en Afrique du Centre et de l'Ouest. Pp 207-217.
- 147- Kumar R., 1991. La lutte contre les insectes ravageurs: L'agriculture en régions tropicales. Karthala C. T. A (éds). Paris, France., Mm, MSFf. 177-2285p.
- 148- Regnault D., Vernon P., Nedved O., Hervant F., 2004.- The importance of fluctuating thermal regimes for repairing chill injuries in the tropical beetle *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) during exposure to low temperature. *Physiol. Entomol.* 29, 139-145.
- 149- Monge G.P., Germain J.F., et Huignard J., 1988. Importance des variations thermiques sur l'induction de la diapause reproductrice chez *B. atrolineatus* Pic. (Coleoptera: Bruchidae), Ecology and coevolution. Kluwer Academic Publishers, pp 91-100.

- 150- Storey C.L., 1978. Mortality of cowpea weevil in a low-oxygen atmosphere. *J. Econ. Entomol.*, 71 (5): pp 833-835.
- 151- Adjalien E., Noudogbessi J., Kossou D., Sohounhloue D., 2014. État et perspectives de lutte contre *Sitotroga cerealella* (Olivier, 1789), déprédateur des céréales au Bénin: Synthèse bibliographique *Journal of Applied Biosciences* 79: pp 6955 – 6967.
- 152- Parveen N., et MONDAI K., 1992. Behavioural response of *Tribolium eastaneum* Herbst to tumeric (*Curcuma Longa*) powder: *Univ. J Zool-Rashahi*. 10: pp 37-41.
- 153- Lotfalizadeh H., et Hossein F., 2013. A survey of storage pests parasitoids (Hymenoptera) in Iran *journal of university of EGE faculty of agriculture* volume 1, pp 113-120.
- 154- Zeeshan Majeed M., Mehmood T., Javed M., Sellami F., Riaz M.A., Afzal M., 2015. Biology and management of stored products insect pest *Rhyzopertha dominica* (Fab.) (Coleoptera: Bostrichidae) *International Journal of Biosciences* Vol. 7, No. 5, pp 78-93.
- 155- Palyvos N., Emmanouel N., Saitanis G., 2008. Mites associated with stored products in Greece *Exp Appl Acarol* (2008) 44: pp 213–226.
- 156- Moino A., Alves S., Pereira R., 1998. Efficacy of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin isolates for control of stored - grain pests. *Journal of Applied Entomology* 122, pp 301–305.
- 157- Papachristos D.P., Stamopoulos D.C., 2002. Repellent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oil vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research* 38, pp 117–128.
- 158- Jacobson M., 1989. Botanical pesticides: past, present and future,"in *Insecticides of Plant Origin*, J. J. Arnason, B. R. Philogen, and P. Morand, Eds., vol. 387 of ACS Symposium Series, pp.1–10, Washington, DC, USA.
- 159- Boeke S.J., Kossou D.K., Van Huis A., Van Loon J.J.A., Dicke M., 2004. Field trials with plant products to protect stored cowpea against insect damage. *International Journal of Pest Management*. 50: pp 1–9.
- 160- Javed I., Ghulam J., Muhammad A., 2010. Growth Inhibiting Effects of Plant Extracts Against the Grain Moth, *Sitotroga cerealella* (Oliv.) (Gelechiidae: Lepidoptera) *Pakistan J. Zool.*, vol. 42(5), pp. 597-601.
- 161- Prakash A., Rao J., 1984. Wild sage, *Lippia geminata*: a paddy grain protectant in storage. *Oryza*, 21(4): pp 209-212.
- 162- Katamssadan T.A., 2016. Insecticidal products from local *Azadirachta indica* A. Juss and *Plectranthus glandulosus* Hook for the protection of stored grains

against the infestation of *Callosobruchus maculatus* F. and *Sitophilus zeamais* Motschulsky these doctorat Universite De Ngaoundere, 170p.

163- Niber B.T., 1994. The ability of powders and slurries from ten plants to protect stored grain from attack by *Prostephanus truncatus* Horn (Coleoptera: Bostrychidae) and *Sitophilus granarius* L. (Coleoptera: Curculionidae). J Stored Prod Res 30:297.

164- Bekele A.J., Obeng-Ofori D., Hassanali A., 1997. Evaluation of *Ocimum kenyense* (Ayobangira) as source of repellence, toxicants and protectants in storage against three major stored product insect pest. Journal of Applied Entomology.; 121: pp 169-173

165- Raymond V., Barbehenn C., and Constabel P., 2011. Tannins in Plant-Herbivore Interactions. Phytochemistry, 72, pp 1551-1565.

166- Meric K., 2005. Studies on the Compounds Polyphenolic in Relation to the Food of the Tortrix of the Buds of the Virginal (*Choristoneura fumiferana* (Clem.)). Doctorate, Sciences Forest, Univ. Laval.

167- Pelletier S.W., 2001. Alkaloids: Chemical and Biological Perspectives. University of Georgia, Athens, 656 p.

168- Ngamo L., Ngassoum M., Jirovertz L., Ousman A., Nukenine E., Moukala O., 2001. Protection of stored Maize against *Sitophilus zeamais* (Motsch.) by use of essential oils of species from Cameroon. Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent, 66: pp 473-478.

169- Dugravot S., 2004. Les composes secondaires soufres des allium :role dans les systemes de defense du poireau et actions sur la biologie des insectes thèse de doctorat université DE TOURS, 197p.

170- Bruneton J., 1993. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Paris, Lavoisier.623p.

171- 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, 10, 3, pp 243-259.

172- Tunç I., Berger B.M., Erler F., & Dagli F., 2000. Ovicidal activity of essential oils from five plants against two stored product insects. Journal of Stored Products Research, 36, pp 161-168.

173- Tapondjou L.A., Adler C., Bouda H., & Fontem D.A., 2002. Efficacy of powder and essential oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectants against six-stored product beetles. Journal of Stored Products Research, 38, pp 395-402.

- 174- Regnault-Roger C., & Hamraoui A. 1993. Efficiency of plants from south of France used as traditional protectant of *Phaseolus vulgaris* L. against its bruchid *Acantholides obtectus* Say: Journal of Stored Products Research, 29, pp 259-264.
- 175- Regnault-Roger C., & Hamraoui A. 1994, Antifeedant effect of Mediterranean plant essential oils upon *Acantholides obtectus* Say (Coleoptera) bruchid of kidney beans *Phaseolus vulgaris* L., In: Highly E., Wright E.J., Banks H.J., Champ B.R. Storage product protection (Vol. 2), CAB international, Wallingford (U.K.), 837-840.
- 176- Ngamo L., et Hance Th., 2007. Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical, tropicultura, 25, 4, pp 215-220.
- 177- Kéita S.M., Vincent C., Schmit J-P., Arnason J.T., & Bélanger A., 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). Journal of Stored Product research, 37, pp 339-349.
- 178- Oliveira A.P., Santana A.S., Santana D.R., Lima S., Faro R.N., Nunes R., Lima D., Blank F., 2017. Nanoformulation prototype of the essential oil of *Lippia sidoides* and thymol to population management of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) Industrial Crops and Products Volume 107, pp 198–205
- 179- Polatoğlu K., CemKarakoç Ö., Yücel Y., Gücel S., Demirci B., Hüsnü Başer K., Demirci F., 2016. Insecticidal activity of edible *Crithmum maritimum* L. essential oil against Coleopteran and Lepidopteran insects Industrial Crops and Products, pp 383-389.
- 180- Huang Y., Ho. S.H., 1998. Toxicity and antifeedant activities of cinnam aldehyde against the grain storage insects, *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. J. Stored Prod. Res., 34: pp 11-17.
- 181- Kouninki H., 2001. Etude de l'activité anti-insecte de *Ocimum gratissimum* L. (Lamiaceae) et *Xylopiya aethiopica* dunal (Annonaceae) sur *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidea). Mémoire de maîtrise en zoologie. Université de Ngaoundéré. Cameroun 33 p.
- 182- Isman M., 1999. Pesticides based on plant essential oils. Pesticide Outlook, vol. 10, no. 2, pp 68–72.
- 183- Wigglesworth V.B., 1970. Structural lipids in the insect cuticle and the function of the oenocytes. Tissue Cell 2, 155--179.
- 184- Chiasson H., Beloin N., 2007. Les huiles essentielles, des biopesticides nouveaux». Revue de littérature. Bulletin de la société d'entomologie du Québec. Antennae, 14(1): pp 3-6.
- 185- Fanny B., 2008. Effet larvicides des huiles essentielles de *Stomoxys calcitrans* à la réunion. Thèse de doctorat vétérinaire. Université de Paul Sébastien de Toulouse 78p.

- 186- Enan E. E., 2005. Molecular and pharmacological analysis of an octopamine receptor from american cockroach and fruit fly in response to plant essential oils. Archives of Insect Biochemistry and Physiology, 59, 161–171 pp.
- 187- Keane S., Ryan M.F., 1999. Purification, characterisation, and inhibition by monoterpenes of acetylcholinesterase from the waxmoth, *Galleria mellonella* (L.). Insect Biochem. Mol. Biol. 29, pp 1097–1104.
- 188- Aba Toumou L., 2013. Gestion intégrée des principaux insectes ravageurs des céréales par l'utilisation des métabolites secondaires des plantes indigènes du Sénégal et de Centrafrique. Docteur de l'université Cheikh Anta Diop de Dakar, 162p.
- 189- Frontier S., 1983. L'échantillonnage de la diversité spécifique. In: Stratégies d'échantillonnage en écologie, pp 416-436. Paris: Masson-Presses de l'université Laval.
- 190- Pielou E.C., 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections, Journal of Theoretical Biology, 13, 131-44.
- 191- Barbault R., 1992. Ecologie des peuplements- Structure, dynamique et évolution. Masson, Paris. 273p.
- 192- Hammer O., et David A.T., 2001. Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica, vol. 4, issue 1, art. 4: 9 pp.
- 193- Benayad N., 2008. Les huiles essentielles extraite par plantes médicinales marocaine: moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées, Université Mohammed V, Agdal de Rabat.
- 194- Foster S., 1996. Peppermint: *Mentha piperita*, American Botanical Council - Botanical Series; 306:3 - 8.
- 195- Jahandiez E., et MARIE R., 1934. Catalogues des plantes du Maroc, spermatophytes et ptérydophytes. Tome I, 1171p
- 196- Peeyush K., Sapna M., Anushree M., Santosh S., 2011. Insecticidal properties of *Mentha* species: A review, Industrial Crops and Products 34 (2011) pp 802–817.
- 197-Hajji F., El Idrissi A., Fkih-Tetouani S., Bellakhdar J., 1989. Étude des compositions chimiques de quelques espèces d'Eucalyptus du Maroc. Al Biruniya, Rev. Mar. Pharm. 5 (2): 125-132.
- 198- Finney DJ, 1971. Probit Analysis. 3rd Edition. Cambridge, London and New York.
- 199- Schneider-orelli O., 1947. Entomologisches praktikum. Aarau: Sauerlander, 149p.

- 200- Herzi N., 2013. Extraction et purification de substances naturelles: comparaison de l'extraction au CO₂ - supercritique et des techniques conventionnelles. Thèse de doctorat. Université de Toulouse.
- 201- Velioglu Y.S., Mazza G., Gao L. and Oomah B.D., 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 46, pp 4113-4117.
- 202- Slinkard K., Singleton V.L., 1977. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *Am. J. Enol. Vitic.* 28, 49–55.
- 203- McDonald L.L., Guy R.H., & Speirs R.D., 1970. Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants, repellents and attractants against stored product insects. Marketing. Res. Rep. n°882. Washington: Agric. Res. Service, US. Dept of Agric., 183 p.
- 204- Bouzouita N., Kachouri F., Ben Halima M., Chaabouni M., 2008. Composition chimique et activités antioxydante, antimicrobienne et insecticide de l'huile essentielle de *Juniperus phœnicea* *Journal de la Société Chimique de Tunisie*, 2008, 10, pp 119-125.
- 205- Magan N., Aldred D., 2007. Post-harvest control strategies: Minimizing mycotoxins in the food chain. *Int. J. Food Microbiol.* 2007, 119, pp 131–139.
- 206- Kumar D., and Kalita P., 2017. Reducing Postharvest Losses during Storage of Grain Crops to Strengthen Food Security in Developing Countries. *Int. J. Food* 6, 8
- 207- Waongo A., Yamkoulga M., Dabire-Binso C., Malick N. et Sanon A., 2013. Conservation post-récolte des céréales en zone sud-soudanienne du Burkina Faso : Perception paysanne et évaluation des stocks *Int. J. Biol. Chem.*, pp 1157-1167.
- 208- Patil R.N., Chavan J.A., Kadam J.S., Yadav P.C., Thorat P.V., 2014. Studies on diversity of stored grains pest. *Science Park Journal*, 1, issue 41-1 st May 2014, 5p
- 209- Markham R., Bosque-Pérez N., Borgemeister C., Meikle W., 1994. Developing Pest Management Strategies for *Sitophilus Zeamais* and *Prostephanus Truncatus* in the Tropics; FAO: Rome, Italy.
- 210- Barrier-Guillot B., Dauguet S., Ducom P., Leblanc M.P., Crépon K., Frérot E., Losser E., Bonnery A., Ciesla Y., Fleurat-Lessard F., 2014. Economie et innovation en protection raisonnée des céréales contre l'infestation par les insectes au stockage *Innovations Agronomiques* 34, pp 67-82.
- 211- Irshad, M., 1990. Reduction of storage losses in food grains. *Progressive Farmings*, 10(5), pp 68 –71.
- 212- Chittenden, F.H., 1911. The lesser grain borer and the larger grain borer. *Bulletin of United State Bureau of Entomology* 96, pp 29-47.

213. Schwardt, H.H., 1933. Life history of the lesser grain borer. *Journal of the Kansas Entomological Society* 2, pp 61-66.
- 214- Bashir T., 2002. Reproduction of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) on different host-grains. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 5, pp 91-93.
- 215- Edde P.A., Phillips T.W., 2006. Potential host affinities for the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae): behavioral responses to host odors and pheromones and reproductive ability on nongrain hosts. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 119, pp 255- 263.
- 216- Navarro S., Carmi Y., Kashanchi Y., Shaaya E., 1986. Malathion resistance of stored-product insects in Israel. *Phytoparasitica* 14, pp 273-280.
- 217- Zettler J.L., and Cuperus G. W. 1990. Pesticide resistance in *Tribolium castaneum* (Coleoptera:Tenebrionidae) and *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in Wheat. *J. Econ. Entomol.* 83: pp 1677—1681.
- 218- Guedes R.N.C., Kambhampati S., Dover B.A., 1997. Organophosphate resistance and its biochemical mechanisms in Brazilian and U.S. populations of the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica*. *Resistant Pest Management Newsletter* 9, pp 24-25.
- 219- Lorini I., Galley D.J., 1999. Deltamethrin resistance in *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae), a pest of stored grain in Brazil. *Journal of Stored Products Research* 35, pp 37-45.
- 220- Collins, P.J., 2006. Resistance to chemical treatments in insect pests of stored grain and its management. In: Lorini I., Bacaltchuk B., Beckel H., Deckers D., Sundfeld E., Dos Santos J.P., Biagi J.D., Celaro J.C., Faroni L., Bortolini, L., Elias M.C., Guedes R., Da Fonseca R.G., Scussel V.M., Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored Product Protection, 15^e 18 October 2006, Sao Paulo, Brazil, pp 277-282.
- 221- Nukenine E.N., Monglo B., Awason I., Ngamo T.L.S., Tchuenguem F. et Ngassoum M.B. 2002. Farmer's perception on some aspects of maize production and infestation levels of stored maize by *Sitophilus zeamais* in the Ngaoundéré region of Cameroon. *Cameroonian Journal of Biology and Biochemical Sciences*, 12 : pp 18-30.
- 222- Ngamo T., 2004. A la recherche d'une alternative aux Polluants Organiques Persistants utilisés pour la protection des végétaux. *Bulletin d'informations phytosanitaires*. N° 43 Avril-Juin. 23 p.
- 223- Ekmekçi, M., Ferizli, A.G., 2000. Current status of stored products protection in Turkey. *Integrated Protection of Stored Products IOBC Bulletin* 23, pp 39-46.

- 224- Tadesse A., Eticha F., 1999. Insect pests of farmstored maize and their management practices in Ethiopia. IOBC Bulletin 23, pp 47-57.
- 225- Adams, J. M., and Schulten, G. G. M. 1978. Losses caused by insects, mites and micro-organisms. In: Post-harvest grains assessment methods. American Association of Cereal chemists, St. Paul, Minnesota, USA, p. 193.
- 226- CAMPBELL, A. et SINHA, R. N., 1978. Bioenergetics ofgraminivorous beetles, *Cryptoestes ferrugineus* and *Rhizopertha dominica* (Coleoptera : Curcujidae) and Bostrychidae). *Cano J. Zoo!.*, 56, pp 624-633.
- 227- Jacob T.A. et Cox P.D., 1977. The influence of the temperature and humidity of the life cycle of *Ephesia kuehniella* Zeller (Lepidoptera:Pyralidae) j.stored prod.res.1: pp 177-184.
- 228- Locatelli D. and Biglia, M., 1995. Development of *Ephesia kuehniella* (Zeller) and *Plodia interpunctella* (Hubner) (Pyralidae: Phycitinae) in baking ingredients and products. *Italian Journal of Food Science.* 7: 4, pp 333-340.
- 229- Hami M., Taibi F., Smaghe G. and SoltaniMazouni N., 2005. Comparative toxicity of three ecdysone agonist insecticides agonist the Mediterranean flour moth. *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent.*
- 230- Jarraya,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. *Maghreb Editions, Tunisia* 415 p.
- 231- Trematerra P., Sciarretta, A and Tamasi, E., 1999. Behavioural responses of *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus), *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Tribolium confusum* J. du Val to naturally and artificially damaged durum wheatkernels. *Entomol. Exp. Appl.*49: pp 41-44.
232. Atwal A.S., 1994. Insect Pest of Stored Grain and Other Products: Agricultural Pest of India and South East Asia, National Book Foundation, 2nd ed., pp.402-405.
- 233 Plarre R., 1998. Pheromones and other semiochemicals of stored product insects. A historical review, current application, and perspective needs. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt ur Land- und Forstwirtschaft* 342, 13–84.
- 234 Işıkber A.A., Er M.K., Tunaz, H., Bozkurt, H., Aydın, Z., Eroğlu, S., 2014.The occurrence and abundance of insect pests infesting stored wheat grains in diferrent climatic zones of Turkey 11th International Working Conference on Stored Product Protection 222-27.
- 235 Hasan M., et Khan A., 1988. Anti-feedant action of *Lathyrus sativus*flour to *Tribolium anaphe* larvae (Coleoptera: Tenebrionidae). *Int Pest Control* 30: pp70–71.

- 236- Khoobdel M., Ma'rouf A., Farajzadeh D., Vatani H., Riazipour M., Joneydi N. (2011) Frequency and diversity of pest arthropods in stored cereals in a military unit Iranian Journal of Military Medicine Summer 2011, Volume 13, Issue 2; pp 81-87.
- 237- Delucchi V.L., (1961). Hymenopteres Chalcidiens du Maroc i. Pteromalidae Mission FAO au Maroc, Laboratoire d'Entomologie, Direction de la Recherche Agronomique et de l'Enseignement agricole, RABAT. Al Awamia. 2. pp. 113-135.
- [238] Smirnov, E.; Polejaeff, W. 1937 On the behavior of *Lariophagus distinguendus* Först. A parasite of the granary weevil *Calandra granaria* L. Zool. Z., 16, pp 999–1012.
- 239- Steiner, S.; Steidle, J.L.M.; Ruther, J. 2007. Host-associated kairomones used for habitat orientation in the parasitoid *Lariophagus distinguendus* (Hymenoptera: Pteromalidae). J. Stored. Prod. Res., 43, pp 587–593.
- 240- Medina A., Valle-Algarra F.M., Mateo R., Gimeno-Adelntado J.V., Mateo F., Jimenez M., 2006. Survey of the mycobiota of Spanish malting barley and evaluation of the mycotoxin producing potential of species of *Alternaria*, *Aspergillus* and *Fusarium*. Int. J. Food Microbiol. 108, 196 - 203.
- 241- Geary MJ, Knihinicki DK, Halliday RB, Russell RC ,2000 Contact dermatitis associated with the brown-legged mite, *Aleuroglyphus ovatus* (Troupeau) (Acari: Acaridae), in Australia. Aust J Entom 39(4):351- 352
- 242- Starr G., Petersen M.A., Jespersen B.M., Hansen Å.S, 2015. Variation of volatile compounds among wheat varieties and landraces! Food Chemistry Volume 174, 1 May 2015, Pages 527-537.
- 243- Khater F. A., 2012. Prospects of botanical biopesticides in insect pest management," Journal of Applied Pharmaceutical Science, vol. 2, no. 9, pp 244–259.
- 244- Regnault-Roger, C., Philogene B., and Vincent C., 2002. Biopesticides of Vegetable Origin. 2nd Edition, Lavoisier, Paris, 550 p.
- 245- Yakhlef G., 2010. Etude de l'activité biologiques de feuilles de *Thymus vulgaris* et *Laurusnobilis*. Thèse mag. Univ Batna. 110 p.
- 246- Morallo, R.B., et Tantengco G.B., 1986. Biological activity of flowers extract as insecticides; NTSA Technology. *J Entomol.*, II: pp 37-46.
- 247- Gakuru S., Foua-Bi K., . Effet comparé des huiles essentielles de quatre espèces végétales contre la bruche du niébé (*Callosobruchus maculatus* Fab.) et le charançon du riz (*Sitophilus oryzae* L), *Tropicultura*, 13: 143-146.
- 248- Teugwa M.C., Piam G., Tane P., et Amvam Zollo, P.R., 2002. Activité insecticide des extraits d'*Ageratum haustanianum*, de *Clausena anisata* et de

Cratan Macrastachyus sur la bruche du niébé (*Vigna unguiculata* Walp. *Faad-Africa*, 4p.

249- Zoubiri S., Baaliouamer A, .2014. Potentiality of plants as source of insecticide Principles, journal of Saudi Chemical Society 18, pp 925–938.

250- Bachroucha O., Ferjanib N, Haouel C.S., Mediouni Ben Jemâa J., 2015. Major compounds and insecticidal activities of two Tunisian *Artemisia* essential oils toward two major coleopteran pests *Industrial Crops and Products* 65, 127–133.

251- Kpatinvoh B., Adjou Euloge S., Dahouenon-Ahoussi E., Konfo T. R. C., Atreivy Brice C., Sohounhloue D., 2016. Problématique de la conservation du niébé (*Vigna unguiculata* (L), Walp) en Afrique de l'Ouest: étude d'impact et approche de solution, *Journal of Animal et Plant Sciences*, 2016. Vol.31, Issue 1: pp 4831-4842

252- Wink M., 1993. Production and application of phytochemicals from an agricultural perspective. In *Phytochemistry and Agriculture*. Vol. 34 (T. A. Van Beek and H. Breteler, eds.. Clarendon, Oxford, pp 171–213.

253 Hajlaoui, H., N. Trabelsi, E. Noumi, M. Snoussi, H. Fallah, R Ksouri, and S. Bakhrouf, 2009. Biological activities of the essential oils and methanol extract of tow cultivated mint species (*Mentha longifolia* and *Mentha pulegium*) used in the Tunisian folkloric medicine. *Springer Science. World J Microbiol Biotechnol*.

254- Dorman, H.J., Deans S.G., 2000. Antimicrobial agents from plants: Antibacterial activity of plant volatile oils.. *Appl. Microbiol.*, 88, pp 308–316.

255- El Fadl, A. and Chtaina N., 2010. Etude de base sur la culture de la menthe du Maroc. Programme Régional de lutte intégrée contre les organismes nuisibles (Integrated Pest Management) au Proche Orient. Office National de sécurité sanitaire des produits alimentaires (ONSSA).

256- Battandier G.A., et Trabaut L, 1988. Flore de l'Algérie, ed A. Jourdan, 27p.

257- Ayaidia B., 2011. Etude comparative de trois variétés d'huiles Essentielles de menthe dans la région de Ouargla. Mémoire de master en Génie des Procédés; Université Kasdi Marbah Ouargla 77p

258- Ozenda P., 1979. Flore du Sahara. CNRS, Paris, 423 p.

259- Bouaouina S., Zid E., et Hajji M., 2000. Tolérance à la salinité, transports ioniques et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum* L.). *Option Méditerranéennes* N°40, pp 239-243.

260- Telci I., Demirtas I., Bayram E., Arabaci O., Kacar O., 2010. Environmental variation on aroma components of pulegone/piperitone rich spearmint (*Mentha spicata*L). *Ind. Crops Prod*.

- 261- Marotti M., Piccaglia R., Giovanelli E., Deans S.G., Eaglesham E., 1994. Effects of planting time and mineral fertilization on peppermint (*Mentha piperita* L.) essential oil composition and monoterpenes against the red flour beetle, *Tribolium castaneum* Herbst. *J. Asia-Pacific Entomol.* 5, pp 237–240.
- 262- Kordali S., Cakir A., Mavi A., Kilic H., and Yildirim A., 2005. Screening of chemical composition and antifungal and antioxidant activities of the essential oils from three Turkish *Artemisia* species. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(5): pp 1408-1416.
- 263- Tripathi A.K., Prajapati V., Verma N., Bahi J.R., Bansai R.P., Khanuja S.P., and Kumar S., 2002. Bioactivities of leaf essential oil of *Curcuma longa* on three species of stored product beetles (Coleoptera). *Journal of Economic Entomology*, 95(1): 18.
- 264- Papachristos D., et Stamopoulos D.C., 2002. Repellent toxic and reproduction inhibitory effects of essential oils vapours on *Ascanthoscelides obtectus*(Say) (coleopter and Bruchidae), *J. Stored Prod. Res.*, 38 pp 117-128.
- 265- Al-Jabar A.M., 2006. Toxicity and repellency of seven plant essential oils to *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Scie. J. King Faisal Univ. (Basic Appl. Sci.)* 7, pp 49–60.
- 266- Gul P., 1994. Seasonal variation of oil and menthol content in *Mentha arvensis* Linn. *Pakistan J. For.* 44, pp 16–20.
- 267- Srivastava, R.K., Singh, A.K., Kalra, A., Bansal, R.P., Tomar, V.K.S., Bahl, J.R., Naqvi, A.A., Sharma, S. and Kumar, S. 2000. Optimum crop age of menthol mint *Mentha arvensis* cv, Kosi crops in the Indo-gangetic plains for high yields of menthol rich essential oil. *Journal of Medicinal and Aromatic Plants Sciences* 22: 771-773.
- 268- Court W.A., Roy R.C., Pocks R., 1993. Effect of harvest date on the yield and quality of the essential oil of peppermint. *Can. J. Plant Sci.* 73, pp 815–824.
- 269- Samarasekera R., Weerasinghe I.S., Hemalal K.D.P., 2008. Insecticidal activity of menthol derivatives against mosquitoes. *Pest Manag. Sci.* 64, pp 290–295.
- 270- Palacios S.M., Bertoni A., Rossi Y., Santander R., and Urzua A., 2009. Efficacy of essential oils from edible plants as Insecticides against the house fly, *Musca domestica* L. *Molecules* 14: pp 1938-1947.
- 271- Aflatuni, A., 2005. The yield and essential oil content of mint (*Mentha* spp.) in north-ernostrobthnia. Ph.D. Thesis. Faculty of Science, Department of Biology, Univ.of Oulu.

- 273- Clemente S., Mareggiani G., Broussalis A., Martino V., Ferraro G., 2003. Insecticidal effects of Lamiaceae species against stored products insects. Bol. San. Veg. Plagas 29, 1–8.
- 274- Amada F., 2010. Evaluation de l'efficacité insecticide des substances (végétales) et un produit phytosanitaire contre la mineuse de la tomate (*Tuta absoluta*). Mem. Ing. Agronomie Blida .79p.
- 275- Khelfi H., 2007. Evaluation du potentiel biocide et étude de l'influence de la composition chimique des huiles essentielles de quelques plantes Algériennes sur *Rhyzopertha dominica*. These de doctorat en agronomie, INA. EL HARRACH 130p.
- 276- Lee S., Peterson, C.J., Coats J.R., 2002. Fumigation toxicity of monoterpenoids to several stored product insects. J. Stored Prod. Res., 39, pp 77–85.
- 277- Varma J. and. Dubey N.K., 1999. Prospectives of botanical and microbial products as pesticides of tomorrow. Current Science, vol. 76, n°2, pp 172–179.
- 278- Srivastava S., Gupta K.C., Agrawal A., 1989. Japanese mint oil as fumigant and its effect on insect infestation, nutritive value and germinability of pigeonpea seeds during storage. Seed Research 17, pp 96–98.
- 279- Magdy I.E., and Abdelgaleil A.M., 2008. Chemical composition and insecticidal potential of essential oils from Egyptian plants against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae); Appl. Entomol. Zool. 43 (4): pp 599–607.
- 280- Zekri N., Amalich S., Boughdad A., El Belghiti M.A., Zair T., 2013. Phytochemical study and fumigant toxicity of *Mentha suaveolens* Ehrh essential oil from Morocco against adults of *S. oryzae* (L.). Aust. J. Basic Appl. Sci., 7, pp 599–606.
- 281- Prates H.T., Santos J.P., Waquil J.M., Fabris J.D., Oliveira A.B, and Foster J. E., 1998. Insecticidal activity of monoterpenes against *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Tribolium castaneum* (Herbst), Journal of Stored Products Research, vol.34, n° 4, pp 243–249.
282. Huang Y., Lam S.L, Ho S.H. 2000. Bioactivities of essential oil from *Elletaria cardamomum* (L.) Maton. to *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium castaneum* (Herbst). J. Stored Prod. Res., 36: pp 107-117.
- 283- Tapondjou A.L, Adler C., Fontem D.A., Bouda H., Reichmuth C., 2005 Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium confusum* du Val. Journal of Stored Products Research. 41: pp 91-102.
- 284- Yu S.J., 1999. Induction of new glutathione S-transferase isozymes by allelochemicals in the fall armyworm. Pest. Biochem. Physiol. 63, pp 163-171.

- 285 Yahyaoui N., 2005. Extraction, analyse et évaluation de l'effet insecticide des huiles essentielles *Mentha spicata* L sur *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera, Bostrychidae) et *Tribolium confusm* (Duv.) (Coleoptera, Tenebrionidae). Thèse de Magister en sciences agronomiques, option Ecologie, INA, El-Harrach, 95 p.
- 286 Claudia T., Florian C., 2013. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 12: pp 40–53.
- 287- Koul O., Walia S., 2008 Dhaliwal G. S., Biopestic. Int. 41, pp 63-84.
- 288- Ofuya T.I., 1990- Oviposition deterrence and ovicidal properties of some plants powders against *Callosobruchus maculatus* in stored cowpea (*Vigna unguiculata*) seeds. J. Agric. Sci. Camb. 115: pp 343-345.
- 289- Fox C.W., & Dingle H., 1994. Dietary mediation of maternal age effects on offspring performance in a seed beetle (Coleoptera: Bruchidae). Functional Ecology 8: pp 600-606.
- 290- Fox L.R., 1993. A quantitative genetic analysis of oviposition preference and larval performance on two hosts in the bruchid beetle, *Callosobruchus maculatus*. Evolution 47: pp 166-175.
- 291- Loschiavo S.R., Mc ginnis A.J., Metcalfe D.R., 1969. Nutritive value of barley varieties assessed with the confused flour beetle. Nat. pp 224-228.
- 292- Medrano J.F. et Bressani R., 1977. Evaluation of nutritional quality of food with the red flour beetle (*Tribolium castaneum*) : Effects of protein concentration in the diet on larval growth and developmental time. Nutr. Rep. int. 16 (3) 255.
- 293- Russel M.P., 1962. Effect of sorghum varieties on the lesser rice weevil *Sitophilus oryzae* (L) oviposition, immature mortality and size of adults . Ann. Entomol.Soc. Am . 55: pp 678-685.
- 294- Juliano B.O., 1981. Rice grain properties and resistance to storage insects: a review IRRI research paper series n°56 IRRI, manilla, Philippine, 9 p.
- 295- Ahmed K., Khalique F., Afzali M. & Malik B.A., 1989- Variability in chickpea (*Cicer arietinum* L) genotypes for resistance to *Callosobruchus maculatus* F. (Bruchidae). J. Stored. Pro. Res. 25(2): pp 97-99.
- 296- Fliedel G., Grenet C., Gontard N., et Pons B., 1989. Dureté, caractéristiques physico-chimique et aptitude au décorticage des grains laboratoire de technologie des céréales, 9, Montpellier, France.
- 297- Philogene B., Arnason J.T. et Lambert J.D.H, 1988. Facteurs contribuant à la protection du maïs contre les attaques de *Sitophilus* et *Prostephanus*. Colloque international de technologie « céréales en régions chaudes » conservation et transformation, Cameroun.

- 298- Nawrot J., 1981- The susceptibility of grain various wheat varieties and cultivars to the post-harvest infestation by granary weevil (*Sitophilus granarius* L. prace Naukowe, Institutu ochrony Roslin, Tom 23 Zeszut 2, pp. 133-140.
- 299- Messina F.J., Barmore J.L & Renwick J.A.A., 1987. Oviposition deterrent eggs of *Callosobruchus maculatus*: spacing mechanism or artifact? *J.Chem. Ecol.*, 13: pp 219-226.
- 300- Parr M.J., Tran B.M.D., Simmonds M.S J., Kite G.C & Credland P.F., 1998. Influence of some fatty acids on oviposition by the bruchid beetle, *Callosobruchus maculatus*. *J. Chem. Ecol.*24 (10): pp 1577-1593.
- 301- Harborne J. B., Williams C.A., 2000. Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry*. 55 : pp 481-504.
- 302- Kouassi B., 1991. Influences de quelques facteurs extérieurs sur le cycle de développement et la survie de *Sitophilus oryzae* L. (*Coleoptera: Curculionidae*) doctorat 3^{ème} cycle Uni., Nat., Côte d'ivoire.
- 303- Mbengue H.M, 1989. Conservation et transformation des céréales locales au Sénégal, centre national de recherche agronomiques de Bambey.
- 304- Bouby L., 2003. De la récolte au stockage Éclairages carphologiques sur les opérations de traitement des céréales à l'âge du Bronze dans le sud de la France, Le traitement des récoltes: un regard sur la diversité du Néolithique au présent XXIIIe rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes, Editions APDCA, Antibes, pp 21-45.
- 305- Tsao R., 2010. Chemistry and Biochemistry of Dietary Polyphenols. Guelph Food Research Centre, Agriculture et Agri-Food Canada. Nutriments, vol. 2, pp 1231-1246.
- 306- Ukeh D.A., Birkett M.A., Pickett J.A., Bowman A.S. and Luntz A.J.M., 2009. Repellent activity of alligator pepper, *Aframomum melegueta*, and ginger, *Zingiber officinale*, against the maize weevil, *Sitophilus zeamais*. *Phytochemistry* 70: pp 751-758.
- 307- Ishii T., Matsuzawa H., and Vairappan C.S., 2010. Repellent activity of common spices against the rice weevil, *Sitophilus zeamais* Motsch (*Coleoptera, Curculionidae*). *Journal of Tropical Biology and Conservation* 7: pp 75-80.
- 308- Kedia A., Prakash B., Mishra P.K., Chanotiya C.S., Dubey N.K., 2014. Antifungal, antiaflatoxic and insecticidal efficacy of spearmint (*Mentha spicata* L.) essential oil. *Int. Biodeterior. Biodegrad.* 89, 29 e36.
- 309- Bunzel M., 2010. Chemistry and occurrence of hydroxycinnamate oligomers. *Phytochem. Rev.* 9, pp 47-64.

- 310- Cavar S., Vidiç C., Maksimoviç M., 2013. Volatile constituents, phenolic compounds, and antioxidant activity of *Calamintha glandulosa* (Req.) Benth. J. Sci. Food Agric. 2013, 93, pp 1758–1764.
- 311- Peterson D.M., 2001. Oat antioxydants. J.Cereal Sci 33: 115, in Phenolic compound in cereal grains and their health benefits: Dykes L., Rooney L.W., 2007. Texas A&M University college station TX.
- 312- Ashraful Alam M., Habib M.R., Nikkon F., Khalequzzaman M., and Karim M.R., 2009. Insecticidal Activity of Root Bark of *Calotropis gigantea* L. Against *Tribolium castaneum* (Herbst). W. J. Zoo., 4(2): pp 90-95.
- 313- Aryani D S et Auamcharoen W 2016. Repellency and contact toxicity of crude extracts from three Thai plants (Zingiberaceae) against maize grain weevil, *Sitophilus zeamais* (Motschulusky) (Curculionidae). Journal of Biopesticides, 9 (1): pp 52-62.
- 314- Hartwig U.A., Maxwell C.A., Joseph C.M., Phillips D.A. 1990. Chrysoeriol and luteolin released from alfalfa seeds induce nod genes in *Rhizobium meliloti*. Plant Physiol., 92, pp 116–122.
- 315- Cipollini D., Stevenson R., Enright S., Eyles A. et Bonello P., 2008 phenolic metabolites in leaves of the invasive shrub, *Lonicera maackii*, and their potential phytotoxic and anti-herbivore effects. J Chem Ecol. Feb, 34 (2) : pp 144-52.
- 316- Seck D., 1994. Développement de méthodes alternatives de contrôle des principaux insectes ravageurs des denrées emmagasinées au Sénégal par l'utilisation de plantes indigènes. Thèse de Doctorat à la Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux, 192 p.
- 317- Pavela R., 2013. Antifeedant and larvicidal effects of some phenolic components of essential oils lasp lines of introduction against. Journal of essential oil-bearing plants JEOP · 10: pp 346-356.
- 318- Hoffmann-Campo C. B., Ramos Neto J. A., Oliveira M. C., & Oliveira L.J., 2006. Detrimental effect of rutina on *Anticarsia gemmatilis*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 41(10), pp 1453-1459.
- 319- Sonntag N., 1979. Reactions of fats and fatty acids. In: Swern D. (Ed.), Bailey's industrial oil and fat products, volume 1. Fourth edition. Wiley-Interscience: New-York, 99-175.
- 320- Rajashekar Y., Gunasekaran N., Shivanandappa T. 2010. Insecticidal activity of the root extract of *Decalepis hamiltonii* against storedproduct insect pests and its application in grain protection. J Food Sci Technol 43: pp 310–314.

- 321- Michaelraj S., Sharma R.K. 2006. Efficacy of vegetable oils as grain protectant against *Sitophilus oryzae* (L.) and *Rhyzopertha dominica* (F.). in stored maize. *Annals Plant Prot Sci* 14: pp 332-336.
- 322- Cruz J.F., Tronde F., Griffon D., et Heber J.P., 1988. Conservation des grains en région chaudes -techniques rurale en Afrique, 2ed, Ministère de la coopération et du développement, Paris France, 545 p.
- 323- Wale. M., & Assegie H., 2015. Efficacy of castor bean oil (*Ricinus communis* L.) against maize weevils (*Sitophilus zeamais*) in northwestern Ethiopia. *J. Stored Prod. Res.*,63: pp 38-41.
- 324- Kellouche A., Soltani N., Huiguard J., 2004. Activité de re production et capacité de développement de la descendance de *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Bruchidae) dans des graines de différents cultivars de *Vigna unguiculata* (Walp) et de *Cicer arietinum*. - *Internat. J. Trop. Ins. Sci.*, 24 (4): 304-310 pp.
- 325- Ahmed K.S., Yasui Y. & Ichikawa T., 2001. Effects of neem oil on mating and oviposition behaviour of azuki bean weevil, *Callosobruchus chinensis* (L.) (Coleoptera: Bruchidae). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 4(11): 1371-1373.
- 326- Don-pedro K.N., 1990. Insecticidal Activity of Fatty Acid Constituents of Fixed Vegetable Oils against *Callosobruchus maculatus* on Cowpea. *Pesticide Science*, 30: 295-302 pp.
- 327- Sudha T., Chidambarampillai S. and Mohan V.R., 2013. GC-MS Analysis of Bioactive Components of Aerial parts of *Fluggea leucopyrus* Willd. (*Euphorbiaceae*) *Journal of Applied Pharmaceutical Science Vol. 3 (05)*, pp. 126-130.
- 328- Castrejón F.J.M., Cruz-Vásquez C., Fernández- Ruvalcaba M., & Torres J.M., 2004. Reppellent effect of *Melinis minutiflora* extract on *Boophilus microplus* tick larvae. *Vet Méx* 35: pp 153-159.
- 329- Posy D.C., Mohamed M.A., H.C., Coppel R.L., Jeanne,1984. Identification of ant repellent allomone produced by social wasp *Polistes fuscatus* (Hymenoptera:Vespidae) *Journal of Chemical Ecology* Volume 10, Issue 12, pp 1799–1807.
- 330- Wang Y.N., Wang H.X., Jin Y.S. Bu C.Y., J.Cheng, L.L., Zhao, and G.L. Shi, 2010. Assessment of the Contact Toxicity of Methyl Palmitate on *Tetranychus viennensis* (Acari: Tetranychidae) *Journal of Economic Entomology* 103(4): pp 1372-1377.
- 331- Silva N.D., Ribeiro-Neto A., Valadares J., Costa M., Lima L., Grillo L., Cortes V., Santos H., Alves S., Barbosa L., 2016. The Influence of Fatty Acid Methyl

Esters (FAMES) in the Biochemistry and the Na⁺/K⁺-ATPase Activity of *Culex quinquefasciatus* Larvae.

332- Menandro N., Acda., 2009. Toxicity, tunneling and feeding behavior of the termite, *Coptotermes vastator*, in sand treated with oil of the physic nut, *Jatropha curcas* Journal of Science, 9 (64), 9p.

333- Khani M., Awang R.M., Omar D., Rahmani M., and Rezazadeh S., 2011. Tropical medicinal plant extracts against rice weevil, *Sitophilus oryzae* L. *Journal of Medicinal Plants Research* Vol. 5(2), pp 259-265.

334- Glendinning J.I., 2008. Insect Gustatory Systems. In: Basbaum, A.I., Kaneko, A., Shepherd, G.M., Westheimer, G., Firestein, S. and Beauchamp, G.K., Eds., *The Senses: A Comprehensive Reference*, Academic Press, San Diego, pp 75-96.