

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Ecole Nationale Supérieure Agronomique
EL-HARRACH-ALGER
Département de Zoologie Agricole et Forestière

Projet de fin d'études en vue d'obtention
du diplôme de Magister en Sciences Agronomiques

Option : Santé végétale et Environnement

Thème

Activité biologique de trois extraits végétaux et d'un insecticide sur *Sitophilus oryzae* (Coleoptera : Curculionidae) et *Tribolium castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidae).

Présenté par : Mlle. Nadia MADENE

Soutenu publiquement le 01 / 07 / 2014 devant le jury composé de :

Mr. BENZEHRA A.	Pr.	E.N.S.A	Président du jury
Mme. KHALFI O.	M.C.A.	E.N.S.A	Promoteur
Mr. BICHE M.	Pr.	E.N.S.A	Examineur
Mr. DJAZOULI Z.E.	M.C.A	U.S.D.B.	Examineur

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2013/2014

Dédicace

Je dédie ce travail

À mes très chers parents pour leur amour infini, leurs encouragements et leur soutien. Que Dieu vous bénisse, vous garde en bonne santé pour moi.

À mes chers frères et sœurs pour leurs sacrifices et leurs aides illimitées tout au long de mes études. Que dieu vous préserve longue vie et prospérité.

À tous mes amis pour nos souvenirs inoubliables. Que notre amitié dure à jamais.

À tous ceux qui pensent à moi et que je n'ai pas mentionné.



.....

Nadia

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail,

Je fais devoir d'adresser le témoignage de ma gratitude à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à me permettre de mener ma tâche à fin.

Mes remerciements s'adressent en premier lieu à Mme Khalfi O. pour son encadrement scientifique, sa direction judicieuse a permis de focaliser et de guider mes efforts dans un itinéraire précis afin d'aboutir aux objectifs recherchés.

Mes remerciements s'adressent aussi à Mr Benzehra M. professeur au département de zoologie agricole et forestière de l'ENSA de me faire l'honneur de présider le jury.

*J'*exprime ma sincère gratitude à Mr. Biche M. professeur au département de zoologie agricole et forestière de l'ENSA et responsable de l'option 'santé végétale et environnement pour avoir accepté d'être rapporteur de ce mémoire. Je le remercie bien pour le temps passé à la lecture et pour l'intérêt porté à mon travail.

Je suis très sensible à l'honneur que me fait Mr Djazouli Z.E maitre de conférence à l'université Saad Dahleb Blida, département d'Agronomie, en acceptant de lire et de porter un œil critique sur ce manuscrit. Je tiens par là à lui exprimer toute ma gratitude.

Je tien enfin a remercier tout le corps d'enseignements qui ont participé a ma formation au cours de la post graduation.

Sommaire

ملخص

Résumé

Abstract

Index

Abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale	01
Partie Bibliographique.....	
Chap. I Situation de la production céréalière et de la post-récolte en Algérie	04
1. Importance socioéconomique de la céréaliculture en Algérie	04
2. Mesures nationales d'entreposage des céréales.....	05
Chap. II Conservation et protection des denrées céréalières en post-récolte.....	06
1. Dispositifs de stockage	06
2. Les problèmes rencontrés en post-récolte	06
2.1. Les facteurs abiotiques.....	06
2.2. Les facteurs biotiques	06
2.2.1. Les invertébrés	06
2.2.1.1. Les arthropodes	07
2.2.1.1.1. Les insectes	07
2.2.1.1.2. Les acariens.....	07
2.2.2. Les micro-organismes.....	07
2.2.2.1. Les champignons	07
2.2.2.2. Les bactéries.....	09
2.2.3. Les vertébrés.....	09
3. Conséquences des infestations	09
3.1. Conséquences directes.....	09
3.2. Conséquences indirectes.....	09
4. Revue des mesures de protection des denrées stockées.....	09
4.1. Mesures de lutte prophylactiques.....	10
4.1.1. Assainissement	10
4.1.2. Séchage des grains	10
4.1.3. Aération.....	10
4.1.4. Inspection des silos	10
4.2. Les mesures de lutte curative	11
4.2.1. Moyens mécaniques	11
4.2.2. Moyens de lutte physique	11
4.2.2.1. Traitement thermique.....	11
4.2.2.2. Radiations ionisantes.....	11
4.2.3. Moyens de lutte chimique.....	12
4.2.3.1. La fumigation.....	12
4.2.3.2. Traitement chimique de surface	12
4.2.3.3. Les aérosols.....	13
4.2.4. Ozonation.....	13
4.2.5. Lutte biotechnologique	13
4.2.5.1. Lutte par phéromones	13
4.2.5.2. Lutte par utilisation des régulateurs de croissance.....	13
4.2.6. Lutte biologique	13
4.2.6.1. Lutte par les auxiliaires.....	13

	4.2.6.2. Lutte par les biopesticides.....	13
	4.2.6.3. Lutte par les champignons entomopathogènes.....	14
	4.2.6.4 Lutte par les phytopesticides.....	14
	4.2.6.4.1. Les formulations autorisées.....	15
	4.2.6.4.2. Méthodes d'application.....	16
Chapitre III	Données Bibliographiques générales sur la bioécologie du matériel biologique animal étudié.....	17
1.	Données bioécologiques sur le charançon du riz <i>Sitophilus oryzae</i>	17
1.1.	Origine et distribution géographique.....	17
1.2.	Position systématique et synonymes.....	17
1.3.	Description morphologiques des différents stades du charançon du riz.....	18
1.3.1.	L'adulte.....	18
1.3.2.	L'œuf.....	18
1.3.3.	La larve.....	18
1.3.4.	La nymphe.....	19
1.4.	Ethologie.....	19
1.4.1.	Mobilité.....	19
1.4.2.	Régime alimentaire.....	19
1.4.3.	Interactions intra et interspécifiques.....	19
1.5.	Biologie et cycle de développement.....	20
1.5.1.	Ponte et développement embryonnaire.....	20
1.5.2.	Développement larvaire.....	20
1.5.3.	Nymphose.....	20
1.5.4.	Sortie des imagos.....	21
1.6.	Facteurs écologiques agissant sur le développement de <i>Sitophilus oryzae</i>	21
1.6.1.	Facteurs extrinsèques.....	21
1.6.1.1.	Durée du développement.....	21
1.6.1.2.	Effet sur la longévité.....	21
1.6.1.3.	Effet sur la mobilité.....	21
1.6.2.	Facteurs intrinsèques.....	21
1.6.2.1.	Effet de masse chez les charançons.....	21
1.7.	Dégâts.....	22
2.	Données bioécologiques sur le tribolium rouge de la farine, <i>Tribolium castaneum</i>	22
2.1.	Origine et distribution géographique.....	22
2.2.	Position systématique et synonymes.....	22
2.3.	Description morphologique des différents stades du <i>Tribolium castaneum</i>	23
2.3.1.	L'adulte.....	23
2.3.2.	L'œuf.....	24
2.3.3.	La larve.....	25
2.3.4.	La nymphe.....	26
2.4.	Ethologie.....	26
2.4.1.	Mobilité.....	26
2.4.2.	Régime alimentaire.....	26
2.4.3.	Interactions intra et interspécifiques.....	26
2.4.3.1.	Interactions intraspécifiques.....	26
2.4.3.1.1.	Regroupement.....	26
2.4.3.1.2.	Reproduction.....	26
2.4.3.2.	Interactions interspécifique.....	27
2.4.3.2.1.	Coexistence et compétitivité.....	27
2.4.3.3.	Reproduction.....	27

	2.5.	Biologie et cycle de développement.....	27
	2.6.	Facteurs écologiques agissant sur le développement de <i>Tribolium castaneum</i>	28
	2.6.1.	Facteurs extrinsèques.....	28
	2.6.1.1.	Effet sur la longévité	28
	2.6.1.2.	Effet sur l'oviposition.....	28
	2.6.1.3.	Effet sur le développement	28
	2.6.1.4.	Effet sur le régime alimentaire.....	29
	2.6.2.	Facteurs intrinsèques.....	29
	2.6.2.1.	Effet de masse chez le tribolium.....	29
	2.7.	Dégâts.....	29
Chap.IV		Données bibliographiques générales sur le matériel biologique végétal exploité.....	30
1.		Données bibliographiques générales sur <i>Inula viscosa</i>	30
	1.1.	Etude Botanique.....	30
	1.1.1.	Taxonomie et systématique.....	30
	1.1.2.	Noms vernaculaires	31
	1.1.3.	Description botanique	31
	1.1.3.1.	Caractères morphologiques.....	31
	1.1.3.2.	Habitat et répartition géographique	31
	1.2.	Etude ethnobotanique.....	31
	1.2.1.	Propriétés et indications particulières	31
	1.2.1.1.	Données phytochimiques.....	32
	1.2.1.2.	Données pharmacologiques	32
	1.2.1.3.	Données agronomiques	32
	1.2.1.3.1.	Activité insecticide.....	32
	1.2.1.3.2.	Activité fongicide.....	33
	1.2.1.3.3.	Activité herbicide	33
	1.2.1.4.	Autres données	33
2.		Données bibliographiques générales sur <i>Lawsonia inermis</i>	33
	2.1.	Etude Botanique.....	33
	2.1.1.	Taxonomie et systématique.....	33
	2.1.2.	Noms vernaculaires	34
	2.1.3.	Description botanique	34
	2.1.3.1.	Caractères morphologiques.....	34
	2.1.3.2.	Habitat et répartition géographique	34
	2.2.	Etude ethnobotanique.....	35
	2.2.1.	Propriétés et indications particulières	35
	2.2.1.1.	Données phytochimiques.....	35
	2.2.1.2.	Données pharmacologiques.....	35
	2.2.1.3.	Données agronomiques	35
	2.2.1.3.1.	Activité insecticide.....	36
	2.2.1.3.2.	Activité molluscicide.....	36
	2.2.1.3.3.	Activité acaricide.....	36
	2.2.1.3.4.	Activité nématocide	36
	2.2.1.3.5.	Activité fongicide	36
	2.2.1.3.6.	Activité bactéricide	37
	2.2.1.4.	Autres données	37
3.		Données bibliographiques générales sur <i>Cuminum cyminum</i>	37
	3.1.	Etude Botanique.....	37
	3.1.1.	Taxonomie et systématique.....	37
	3.1.2.	Noms vernaculaires	38

3.1.3.	Description botanique	38
3.1.3.1.	Caractères morphologiques.....	38
3.1.3.2.	Habitat et répartition géographique.....	39
3.2.	Etude ethnobotanique.....	39
3.2.1.	Propriétés et indications particulières	39
3.2.1.1.	Données phytochimiques.....	39
3.2.1.2.	Données pharmacologiques	40
3.2.1.3.	Données agronomiques	41
3.2.1.3.1.	Activité insecticide.....	41
3.2.1.3.2.	Activité nématocide.....	41
3.2.1.3.3.	Activité acaricide.....	41
3.2.1.3.4.	Activité bactéricide.....	42
3.2.1.4.	Autres données	42
Partie expérimentale		
Chap. I	Matériels et Méthode	43
1.	Matériel technique	43
1.1.	Instruments et appareillage.....	43
1.1.1.	Matériel d'élevage.....	43
1.1.2.	Matériel pour la réalisation des bioessais	43
2.	Produit chimique.....	43
3.	Matériel biologique.....	45
3.1	Matériel végétal.....	46
3.2.	Matériel entomologique.....	46
3.2.1	Identification des Insectes ravageurs.....	46
3.2.2.	Elevage.....	46
3.2.2.1.	Le charançon du riz (<i>Sitophilus oryzae</i> L.).....	47
3.2.2.2.	Le tribolium rouge de la farine (<i>Tribolium castaneum</i> Herbst)....	47
3.2.3.	Technique de sexage	48
4.	Méthode expérimentale	48
4.1.	Préparation des extraits aqueux	48
4.2.	Préparation du produit chimique (insecticide).....	49
5.	Mode opératoire	49
5.1.	Dispositif expérimental	49
5.1.1.	Evaluation de l'effet biocide	51
5.1.1.1.	Bioessais de toxicité par contact	51
5.1.1.2.	Bioessais de toxicité par inhalation	51
5.1.1.3.	Bioessais de toxicité par ingestion.....	52
5.1.2.	Exploitation des résultats	53
5.1.2.1	Correction de la mortalité.....	53
5.1.2.2.	Calcul de l'efficacité	54
5.2.	Evaluation de l'effet indirect.....	54
5.2.1.	Effet post-traitement sur le potentiel reproducteur de <i>T. castaneum</i>	54
5.2.1.1.	Bioessais par contact.....	54
5.2.1.2.	Bioessais par inhalation	54
5.2.1.3.	Bioessais par ingestion.....	55
6.	Analyses statistiques des données.....	56
Chap. II	Résultats et Interprétation	
1.	Evaluation de la toxicité directe sur les adultes de <i>S. oryzae</i> et de <i>T. castaneum</i>	57
1.1.	Evaluation de l'activité insecticide par contact des différents extraits aqueux et de l'insecticide.....	57

1.1.1.	Fluctuation des mortalités pour les différents traitements contact	57
1.1.2.	Evaluation des DL50 par contact	58
1.2.	Evaluation de l'activité insecticide par inhalation des extraits aqueux et de l'insecticide.....	61
1.2.1.	Fluctuation des mortalités pour les différents traitements.....	61
1.2.2.	Calcul des DL50 pour les tests inhalation.....	63
1.3	Evaluation de l'activité insecticide par ingestion des extraits aqueux et de l'insecticide	66
1.3.1.	Fluctuation des mortalités pour les différents traitements.....	66
1.3.2	Calcul des DL50 pour les tests ingestion.....	67
1.4.	Estimation des temps létaux à 50% pour la dose maximale utilisée lors des essais...	70
2.	Evaluation de l'effet des traitements par extraits aqueux et insecticide sur l'oviposition des femelles ainsi que l'éclosion et l'émergence de la F1	70
2.1.	Effet des différents extraits aqueux et insecticide sur l'oviposition des femelles de <i>T. castaneum</i>	73
2.2.	Effet des différents extraits aqueux et insecticide sur la fertilité des femelles de <i>T. castaneum</i>	75
2.2.1.	Effet des extraits aqueux sur l'éclosion des œufs.....	75
2.2.2.	Effet des extraits aqueux sur la viabilité et le développement des larves.....	79
 Chap. III Discussion		
1.	Tests de toxicité des trois extraits aqueux et d'un insecticide sur le <i>S. oryzae</i> et le <i>T. castaneum</i>	82
1.1.	Les tests de toxicité par contact.....	83
1.2.	Les tests de toxicité par inhalation.....	85
1.3.	Les tests de toxicité par ingestion.....	86
1.4.	Comparaison entre les tests toxicité pour les deux ravageurs.....	87
2.	Evaluation du potentiel réducteur de la reproduction chez le <i>T. castaneum</i>	90
2.1.	Les tests par contact et ingestion par extraits aqueux.....	92
2.2.	Les essais par inhalation.....	94
Conclusion générale.....		95
Références bibliographiques.....		96
Annexes		

الملخص

النشاط البيولوجي لثلاثة مستخلصات نباتية ضد

Sitophilus oryzae (L.) (Curculionidae) et *Tribolium castaneum* (Tenebrionidae)

يتم حالياً في عدة انحاء من العالم الحد من استعمال المواد الكيميائية في حماية الأغذية بسبب آثارها السلبية على البيئة وصحة الإنسان. خلال العقود الأخيرة، وجهت العديد من الدراسات العلمية نحو البحث عن بدائل تستند إلى المستخلصات العشبية الطبيعية. ذلك لخصائصها البيولوجية.

تم، في هذا السياق، حاولنا تقييم مدى فعالية مستخلصات مائبة لثلاثة أعشاب ألا هي *Lawsoia inermis*, *Inula viscosa* و *Cuminum cyminum* تجريبها على حشرتين ضارتيان للحبوب الجفة و مشتقاتها ألا هي سوسة الارز و خنفساء

الدقيق باستخدام ثلاثة أنماط التلامس الاستنشاق و البلع ومقارنة نشاط هذه النباتات على جانبيين؛ السمية المباشرة والطاقة على التكاثر؛ مع مقارنة درجة فعاليتها مع مبيد الحشر الفسفوري

قد حضر المستخلص مائيموادمختارة المجففة مساحيق النباتات بتركيز اتمختلفة عنطر يقا لثريكالمغناطيسي لمدة 24 ساعة، وأيضا لجر عات الحشر اتكنامستعدنا لاختبار. تم تقييم معدلا لوفيات الناجمة عن المعاملة مع المستخلصات النباتية و الحشر اتانقل لمدة 24 يوما من التجربة

النشاط مبيد الأحياء للمستخلص المائيتقييمها عنطر يقحساب: LD50 التيتصنفت قطفات مائبة كإمائي:

الكمون (0.51 ملغ / مل) < الحناء (0.99 ملغ / مل) < الراسن اللزجة (22، 1 ملغ / مل) < خنفساء الدقيق و قفال لترتبياتالي بالنسبة لسوسة الارز الكمون (0.61 ملغ / مل) < لزر جالراسن (0.62 ملغ / مل) < الحناء (0.7 ملغ / مل)

المدة الزمنية التي تعطي بسرعة خمسون بالمئة من الوفيات تنسبالاختبار اتلاستنشاق الكلوربيريفوسا يثلمع 7.05 ساعة الى 26.93 ساعة اما بالنسبة للمستخلصات المائبة مفي تجارب التلامس مع القيم التيتقعيين 188.94 و 202.71 ساعات لاكل الحشرتين

يتم تخفيض الخصوبة و التبييض لادبائتي خنفساء الدقيق بشكل ملحوظ مقارنة بالشاهد. العلاجات الكلوربيريفوسا يثليلات تيميل نحو 100% على جميع الاختبارات لافيجالات اختبارات التبييض

لتجربة لاستنشاق. تم الحصول على أفضل نتيجة مستخلص المائيل اختبار اتالابتلا باستخدام الكمون مع متوسط 0.6 بيضة / أنثى أكثر من 18 بيضة / أنثى للشاهد. أما بالنسبة للخصوبة و خروج الكبار للجيل الاو لالحشرة هو ابتلا علاجات الاتصال الكمون أن معظم مؤثر علم معد لظهور

من خلال هذا الدر استمالتوصلا لبأنا المستخلصات المائبة المختبرة تحتوي بالمحتمل على مواد ثانوية معتبرة ذات خصائص حيوية مضادة لحشرات الحبوب التي يمكن ان تشكل وسيلة لكبير مفيدة لتعزيز بدائل استخدام المبيدات الحشرية الكيميائية

الكلمات الرئيسية: خنفساء الدقيق، سوسة الارز، أوراق الحناء، الراسن و الكمون، مستخلص مائيمبيد الحشرات، وإمكانات التكاثر

Résumé : Activité biologique de trois extraits végétaux et d'un insecticide sur *Sitophilus oryzae* (Coleoptera : Curculionidae) et *Tribolium castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidae)

La protection chimique des denrées alimentaires font état de révision et de limitation dans plusieurs régions du monde en raison de leurs effets néfastes sur l'environnement et la santé humaine. Durant les dernières décennies, plusieurs travaux scientifiques ont été orientés vers la recherche d'alternatives à base d'extraits naturels de plantes médicinales pour leurs propriétés biologiques.

Dans ce contexte, nous avons essayé d'évaluer au laboratoire l'activité biocide des extraits aqueux de trois plantes aromatiques *Lawsonia inermis*, *cuminum* et *Inula viscosa* sur deux importants ravageurs des grains stockés ; le *Sitophilus oryzae* et le *Tribolium castaneum* employant trois modes de pénétration ; contact, ingestion et inhalation. L'activité de ces plantes a été confrontée à celle d'un insecticide organophosphoré sur deux aspects ; la toxicité directe et le pouvoir inhibiteur de la procréation.

Les extraits aqueux des poudres secs du matériel végétal choisie ont été confectionnés à différentes concentrations par agitation magnétique durant 24 heures, également pour l'insecticide des doses on était préparées pour chaque essai. Les mortalités occasionnées par les traitements aux extraits végétaux purs et à l'insecticide ont été évalués pour une durée d'exposition de 24 jours.

L'activité biocide des extraits aqueux évalués par le calcul des DL50 qui permettent de classer les extraits par ordre d'efficacité comme suite: Cumin (0,51mg/ml) > Henné (0,99mg/ml)> Inule visqueuse (1,22 mg/ml) pour le *T. castaneum* et dans l'ordre suivant : Cumin (0,61 mg/ml)> Inule visqueuse (0,62mg/ml)> Henné (0,7 mg/ml) pour le *S. oryzae*. A la dose maximale, les TL50 les plus courts attribués aux essais inhalation pour le Chlorpyriphos-éthyle avec 7,05 heures pour le *T. castaneum* et 26,93 heures pour le *S.oryzae*. Les extraits aqueux par contact agissent le plus rapidement avec des valeurs qui se rangent entre 188,94 et 202,71 heures pour les deux insectes.

La fécondité et fertilité des femelles sont nettement réduites par rapport au témoin. Les traitements au Chlorpyriphos-éthyle, des inhibitions qui tendent vers les 100% sur l'ensemble des essais sauf cas de l'inhalation pour les tests de l'éclosion des œufs. Le meilleur résultat pour les extraits aqueux est obtenu pour les tests ingestion avec le Cumin avec une ponte moyenne de 0,6 œufs/femelle contre plus de 18 œufs/femelle pour le témoin. Quant à la fertilité du *T. castaneum* c'est les traitements ingestion et contact par le Cumin qui affectent le plus les taux d'émergence des adultes de la F1.

Au travers de la présente étude il est à conclure que les extraits aqueux testés renferment un potentiel bio-insecticide non négligeable qui peut être utile pour promouvoir des méthodes alternatives à l'emploi des insecticides chimiques.

Mots clés : *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae*, *Lawsonia inermis*, *Inula viscosa* et *Cuminum cyminum*, extrait aqueux, insecticide, toxicité, potentiel reproducteur.

Abstract :Biological activity of three plant extracts and an insecticide on *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae)

Chemical food protection it is reviewed and limited in many country due to their bad effects on the environment and human health. During the last decades, several scientific studies have been directed towards the search for alternatives based on natural herbal extracts for their biological properties.

In this context, we tried to evaluate in laboratory conditions the biocidal activity of aqueous extracts of three herbs *Lawsonia inermis*, *Inula viscosa* and *Cuminum cyminum* against two important pests of stored grain; *Sitophilus oryzae* and the *Tribolium castaneum* using three ways of application; contact, ingestion and inhalation. The activity of these plants was compared with an organophosphorus insecticide on two aspects; direct inhibitor toxicity and reproductive potential.

Aqueous extracts was prepared from dried powder of the selected plant material, were crafted this at different concentrations by magnetic stirring for 24 hours, also for the insecticide, doses have been prepared for each test. The mortality caused by treatment with pure plant extracts and insecticide were evaluated for a period of 24 days exposure.

The biocidal activity of aqueous extracts evaluated by calculating the LD50 that classify the extracts in order of effectiveness as followings: Cumin (0.51 mg / ml)> Henna (0.99 mg / ml)> Inula viscosa (1, 22 mg / ml) for *T. castaneum* and in the following order: Cumin (0.61 mg / ml)> viscous Inula (0.62 mg / ml)> Henna (0.7 mg / ml) for *S. oryzae*. At the highest dose, the shortest LT50 attributed to inhalation tests for Chlorpyrifos-ethyl with 7.05 hours to 26.93 hours for *S. oryzae* and *T. castaneum*. The aqueous extracts are acting most rapidly with contact tests for values ranged between 188.94 and 202.71 hours for both insects.

Fertility and fertility of the females are significantly reduced compared to the control. The inhibition with Chlorpyrifos-ethyl tends towards 100% on all tests except in cases of inhalation tests in hatchability tests.

The best result is obtained with Cumin aqueous extracts by ingestion tests with a mean clutch of 0.6 eggs / female against more than 18 eggs / female for the control. As for fertility *T. castaneum* is treatment ingestion and contact with Cumin that most affect the rate of emergence of F1 adults.

Through this study, we can concluded that the aqueous extracts tested contain significant bio-insecticide potential would be useful in promoting research of alternative methods to chemical insecticides.

Keywords: *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae*, *Lawsonia inermis*, *Inula viscosa* and *Cuminum cyminum*, aqueous extract insecticide toxicity, reproductive potential.

Index

Acide linoléique : acide gras polyinsaturé, de type oméga-6, retrouvé dans les huiles végétales, essentiel apporté à l'organisme par la nourriture.

Analgésique : substance permettant de prévenir ou de diminuer la sensation de douleur.

Antidépresseur : substances pouvant corriger et relever l'humeur dépressive jusqu'à atteindre de nouveau l'état normal et qui pour la plupart peuvent également diminuer l'intensité des troubles anxieux associés ou non à la dépression.

Antioxydatif : Composés aidant à protéger les cellules du corps des déchets néfastes (radicaux libres) produits par l'organisme et/ ou induits par des facteurs externes (fumée de combustion, produits chimiques, poussière, etc.).

Antiseptique : Substance qui permet de supprimer ou d'empêcher le développement des bactéries ou des virus dans l'organisme.

Cataplasme : Préparation de plante pâteuse pour être appliquée sur la peau dans un but thérapeutique.

Choc anaphylactique : Dit encore choc allergénique est une réaction allergique parfois très violente, pouvant entraîner la mort.

Diurétique : Les diurétiques sont des substances utilisés en médecine pour augmenter l'excrétion de l'eau par le rein en augmentant la production de l'urine

Galactagogue : substance favorisant la sécrétion lactée

Genotoxique : Agent d'origine physique ou chimique provoquant l'apparition de lésions dans l'ADN, qui peuvent éventuellement conduire à des mutations.

Hémostatique : Substance permettant l'arrêt d'une hémorragie

Immunomodulateur : Substance qui permet de stimuler ou de freiner les réactions du système immunitaire du corps (modulation).

Osteoclastogénèse : Formation des ostéoclastes, se situant sur la matrice osseuse dont le rôle est la destruction de l'os.

Ostéoporotique : Substance active contre l'ostéoporose.

Phytoestrogène : Molécule d'origine végétale capable de provoquer des effets oestrogéniques ou anti-oestrogéniques.

Ripisylve (forêts riveraine) : Représente l'ensemble des formations boisées, buissonnantes et herbacées présentes sur les rives d'un cours d'eau.

Trypanocide : substance active contre les trypanosomes (responsables de la maladie du sommeil).

Tuberculostatique : substance qui freine ou arrête la multiplication du bacille tuberculeux.

Vermifuge : substance qui permet d'éradiquer les parasites intestinaux ou vers, larves.

Liste des abréviations

%	Pourcentage
°C	Degré Celsius
ANOVA	ANalysis Of Variance
GLM	Linear Model
H	Heure
Ache	Pour Acétylcholiestérase, enzyme naturellement présente chez l'homme qui entraîne la destruction de l'acétylcholine , évitant ainsi une action excessive de celle-ci (régulation).
IUPAC	En anglais IUPAC pour <i>International Union of Pure and Applied Chemistry</i> , est un système pour nommer les composés chimiques et pour décrire la science de la chimie en général.
µg	Microgramme
Mg	Milligramme
G	Gramme
kg	Kilogramme
µl	Microlitre
ml	Millilitre
L	Litre
cm³	Centimètre cube
DDT	Le Dichloro diphényltrichloroéthane (insecticide)
ppm	Partie par million
CL50	Concentration létale à 50%
DL50	Dose létale à 50%
TL50	Temps létale à 50%

- F1** First filial generation qui désigne de la première génération des individus issus du premier croisement entre les parents.
- SE** Seuil de confiance
- L1** Le premier stade larvaire
- ln** Logarithme népérien de la dose

Liste des tableaux

Tableau 1	Evolution de la moyenne de production céréalière en Algérie.....	04
Tableau 2	Principaux ravageurs, coléoptères, des denrées alimentaires stockées des régions chaudes.....	08
Tableau 3	Insecticides de contact homologués pour la protection des denrées céréalières.....	12
Tableau 4	Principaux insecticides végétaux commercialisés aux Etats unis dont l'utilisation est approuvée en agriculture biologique.....	16
Tableau 5	Durée de développement du <i>Tribolium castaneum</i> à différentes températures, avec une humidité relative de l'air et une nourriture diverses.....	29
Tableau 6	Toxicité du Chlorepryphos-éthyle pour des doses létales à 50%	45
Tableau 7	Présentation du matériel biologique végétale exploité.....	46
Tableau 8	Différentes doses utilisées lors des tests contact, inhalation et ingestion.....	49
Tableau 9	Mortalité corrigée de <i>Sitophilus oryzae</i> et de <i>Tribolium castaneum</i> traités avec les extraits aqueux et insecticide par effet contact.....	57
Tableau 10	Mortalité corrigée de <i>Sitophilus oryzae</i> et de <i>Tribolium castaneum</i> traités avec l'insecticide par effet contact.....	58
Tableau 11	Susceptibilité comparée entre les deux insectes ravageurs soumis aux traitements par contact.....	61
Tableau 12	Mortalité corrigée du <i>Sitophilus oryzae</i> et du <i>Tribolium castaneum</i> traité avec les extraits aqueux et de l'insecticide par inhalation.....	62
Tableau 13	Mortalité corrigée du <i>Sitophilus oryzae</i> et du <i>Tribolium castaneum</i> traités avec l'insecticide par effet inhalation.....	62
Tableau 14	Susceptibilité comparée entre les deux insectes ravageurs soumis aux différents traitements par inhalation.....	63
Tableau 15	Mortalité corrigée du <i>Sitophilus oryzae</i> et du <i>Tribolium castaneum</i> traités avec les extraits aqueux par ingestion.....	66
Tableau 16	Mortalité corrigée du <i>Sitophilus oryzae</i> et du <i>Tribolium castaneum</i> traités avec l'insecticide par ingestion.....	66
Tableau 17	Susceptibilité comparée entre les deux insectes ravageurs soumis aux différents traitements par ingestion.....	67
Tableau 18	Evaluation du temps léthal à 50% pour la dose maximale utilisée au cours des différents essais réalisés sur les adultes du <i>T. castaneum</i>	71
Tableau 19	Evaluation du temps léthal à 50% pour la dose maximale utilisée au cours des différents essais réalisés sur les adultes de <i>S. oryzae</i>	72
Tableau 20	Fécondité moyenne totale des femelles de <i>T. castaneum</i> traitées aux extraits aqueux et au Chlorpyrifos-éthyle par les trois modes d'action.....	73
Tableau 21	Taux d'éclosion des œufs de la F1 pour les traitements aux extraits aqueux et au Chlorpyrifos-éthyle pour les trois modes d'action	76
Tableau 22	Taux de viabilité des larves de la F1 pour les traitements aux extraits aqueux.....	79

Liste des figures

Figure 1	Adulte de <i>S. oryzae</i> (Gx30)	18
Figure 2	Larve de <i>S. oryzae</i> (Gx30)	19
Figure 3	Nymphe endogène de <i>S. oryzae</i> (Gx30).....	19
Figure 4	Adulte de <i>T. castaneum</i> (Gx30).....	23
Figure 5	Quatrième fémur du mâle du <i>Tribolium castaneum</i> , face postérieure.....	24
Figure 6	Œuf de <i>T. castaneum</i> avec amas alimentaires (Gx60)	24
Figure 7	Vue dorsale de larve de <i>Tribolium castaneum</i> (Gx30)	25
Figure 8	Nympe de <i>T. castaneum</i> (Gx40)	25
Figure 9	Extrémité abdominale de deux pupes femelle et mâle de <i>T. castaneum</i>	25
Figure 10	Arbre phénologique de la Classification taxonomique de l'inule visqueuse.....	30
Figure 11	<i>Inula viscosa</i>	31
Figure 12	Arbre phénologique de la classification taxonomique du henné.....	33
Figure 13	<i>Lawsonia inermis</i>	34
Figure 14	Arbre phénologique de la classification taxonomique du cumin.....	38
Figure 15	<i>Cuminum cyminum</i>	39
Figure 16	Produit insecticide utilisé pour les différents tests biologiques.....	44
Figure 17	Nymphes et adultes du <i>T. castaneum</i> retenus avec le tamis.....	48
Figure 18	Schéma descriptif de l'ensemble des étapes suivies pour l'obtention des extraits aqueux des différentes plantes sélectionnées.....	50
Figure 19	Bioessais par contact	51
Figure 20	Bioessais inhalation	52
Figure 21	Bioessais ingestion	53
Figure 22	Efficacité des extrait aqueux vis-à-vis les adultes du <i>S. oryzae</i> par traitement contact.....	59
Figure 23	Efficacité des extraits aqueux vis-à-vis les adultes du <i>T. castaneum</i> par traitement contact	60
Figure 24	Efficacité des extrait aqueux vis-à-vis les adultes du <i>S. oryzae</i> par traitement inhalation...	64

Figure 25	Efficacité des extrait aqueux vis-à-vis les adultes du <i>T. castaneum</i> par traitement inhalation.....	65
Figure 26	Efficacité des extrait aqueux vis-à-vis les adultes du <i>S. oryzae</i> par traitement ingestion....	68
Figure 27	Efficacité des extrait aqueux vis-à-vis les adultes du <i>T. castaneum</i> par traitement ingestion	69
Figure 28	Taux de réduction de la fécondité pour les essais ingestion	74
Figure 29	Taux de réduction de la fécondité pour les essais contact.....	74
Figure 30	Taux de réduction de la fécondité pour les essais inhalation.....	75
Figure 31	Taux d'inhibition de l'éclosion des œufs pour les essais ingestion.....	77
Figure 32	Taux d'inhibition de l'éclosion des œufs pour les essais contact.....	78
Figure 33	Taux d'inhibition de l'éclosion des œufs pour les essais inhalation.....	78
Figure 34	Taux d'inhibition des émergences des adultes de la F1 pour les essais ingestion.....	80
Figure 35	Taux d'inhibition d'émergence des adultes de la F1 pour les essais contact.....	81
Figure 36	Taux d'inhibition des émergences des adultes de la F1 par les essais inhalation.....	81
Figure 37	Comparaison des tendances de mortalité entre les deux insectes ravageurs traités.....	82
Figure 38	Etat comparatif pour les différents traitements avec les trois modes d'action sur le <i>S. oryzae</i> et le <i>T. castaneum</i>	89



Introduction Générale



« *La sécurité alimentaire et l'équilibre nutritionnel sont les fondements d'une vie décente, d'une bonne éducation et de la réalisation de tous les objectifs du Millénaire pour le développement.* » -Secrétaire général des Nations Unies Mr Ban Ki-moon (ONU, 2008).

Face aux désordres économiques et alimentaires globaux survenus depuis 2006, l'insécurité alimentaire est d'actualité. Ses causes tiennent principalement à la baisse des investissements et de la production agricole dans les pays en développement, à la croissance démographique et à la flambée des prix des denrées alimentaires (FAO, 2010 ; FIDA, 2011).

Le plus grand défi à long terme pour assurer la sécurité alimentaire mondiale est de s'orienter vers une agriculture durable permettant d'accroître la disponibilité des aliments nutritifs de qualité et faciliter l'accès à la nourriture (FAO, 2009).

Les céréales constituent l'une des denrées alimentaires de base les plus cultivées dans le monde. En Afrique, l'agriculture est essentiellement traditionnelle elle se repose pour sa majorité sur la production des grains (céréales et légumineuses). Leur conservation revêt d'une importance capitale pour la survie des groupes humains et animaux domestiques. De fait de leur importance, un besoin continu de les protéger des multiples sources de détérioration durant le transport et le stockage.

Les insectes granivores qui se développent dans les denrées stockées constituent un problème universel, plusieurs d'entre eux sont devenus cosmopolites depuis que l'Homme a commencé à cultiver ses terres et stocker ses aliments. Les échanges commerciaux et la distribution des produits agricoles ont contribué à l'accentuation de ce problème (Steffan, 1963 ; Golebiowska, 1969).

Les espèces d'insectes les plus redoutées au niveau des stocks de grains et les plus difficiles à combattre sont celles dont le développement a lieu à l'intérieur du grain, comme le charançon (*Sitophilus* sp), le capucin (*Rhizopertha dominica*) et l'alucite du maïs et du riz (*Sitotrogacerealella*). Leur présence induit l'apparition d'insectes secondaires tout aussi dangereux, ils prolifèrent dans les poussières et farines comme le *Tribolium* sp. (Fleurat-Lessard, 2011).

« *la conservation des grains est un des plus grands objets que puissent se proposer ceux qui gouvernent des Etats... Leur attention et leur zèle pour le bien du genre humain ne seraient-ils pas dignes d'éloges, s'ils excitaient, par des récompenses promises, à découvrir le secret de défendre nos blés contre les insectes qui y font de si grand ravages, lorsqu'ils se sont introduits dans les greniers, qui y réduisent les plus gros tas de grains à n'être plus que des tas de son léger ?... de pareils secrets ne sauraient être trouvés que par ceux qui étudieront bien ces insectes* » REAUMUR-Mémoires pour servir à l'histoire des insectes Voll-1734

Le 20^{ème} siècle a constitué l'ère du développement technologique, le contrôle des insectes des denrées alimentaires reposait essentiellement sur l'utilisation des insecticides chimiques qui ont permis sans équivoque de résoudre les problèmes inhérents aux différents bioagresseurs.

Les produits de synthèse les plus utilisés sont les organochlorés, organosphosphorés et les pyréthrinés (Flinn et Hagstrum, 2001 ; Lalah et Wandiga, 2002 ; Athanassiou et al, 2004).

L'application continue et intensive souvent sans discernement des pesticides chimiques dans les stocks a conduit à l'apparition de sérieux problèmes comme la résistance des ravageurs ainsi que le phénomène de résurgence chez ces populations de nuisibles, leur effet létal sur les organismes non ciblés et leur résidu toxique sur le consommateur (Isman, 2006 ; Mohan et al, 2010).

Ces bilans négatifs ont éveillé l'opinion publique sur la nécessité absolue de modérer les applications chimiques pour la protection des denrées alimentaires stockées et l'urgence de développer des alternatives moins nocives.

Le contrôle biologique peut constituer une stratégie efficace pour la gestion des ravageurs des denrées stockées. En s'appuyant sur les progrès technologiques et biologiques actuels qui ont permis une meilleure compréhension des interactions entre plantes et les phyto-ravageurs (Regnault-Roger et al., 2006), plusieurs recherches ont encouragé l'étude relative à de nouvelles stratégies de contrôle des ravageurs comme l'utilisation des insecticides d'origine botanique (Mishra et al, 2012).

L'étude de l'activité insecticide des extraits de plantes connues pour leurs attribues médicinales peut conduire au développement de nouveaux agents de lutte qui offriraient une alternative à l'utilisation conventionnelle des pesticides ; une alternative à la fois efficace, saine, biodégradable et sans danger pour l'environnement (Serkaya et al., 2009; Ranasing, 2007; Gupta et Diskshit, 2010 ; Ayvaz et al, 2010)

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

Dans cette optique le cœur de ce manuscrit est consacré à l'étude des potentialités bio-insecticides d'extraits végétaux de trois plantes retenues pour leurs propriétés pharmacologiques, insecticides et leur utilisation traditionnelle. Cette évaluation a été réalisée sur deux importants ravageurs des denrées céréalières stockées à savoir le *Sitophilus oryzae*(L.) et le *Tribolium castaneum* Duval.

Notre travail s'articule principalement autour des axes suivants :

- La première partie est consacrée à une analyse bibliographique qui restitue les enjeux du problème posé où nous mettons l'accent dans le premier chapitre sur la position socioéconomique de la production céréalière dans le monde et particulièrement en Algérie, les difficultés rencontrées lors du stockage et la nécessité de s'orienter vers une protection durable et respectueuse de l'environnement. Nous présenterons également dans un second chapitre quelques aspects morphologiques et biologiques des deux insectes ravageurs ciblés. Enfin nous effectuerons dans un dernier chapitre une présentation botanique des plantes

sélectionnées pour nos tests, leurs utilisations ainsi que les travaux antérieurs dont elles ont fait objets.

- La partie expérimentale sera traité en trois chapitres, le premier présente les démarches méthodologiques mises en place au laboratoire pour la réalisation des tests d'efficacité de trois extraits végétaux et d'un insecticide sur deux ravageurs, *Sitophilus oryzae* et le *Tribolium castaneum*. Le deuxième chapitre expose les principaux résultats obtenus pour l'étude de l'effet directe par les tests de toxicité et l'étude de l'effet indirecte par les tests consacrés à l'évaluation du potentiel reproducteur des parents traités chez le *T. castaneum* (action sur la fitness des femelles leur fécondité et leur fertilité), le tout mis en valeur par des analyses statistiques. Et enfin, le dernier chapitre sera une discussion qui permettra d'insérer les résultats obtenus dans la problématique d'ensemble et de montrer leur pertinence.
- Nos clôturons le mémoire par une ouverture ayant valeur de conclusion générale et des perspectives qui découlent de ce travail.



Partie Bibliographique





Chapitre I



Chapitre I : Situation de la production céréalière et de la post-récolte en Algérie

Les céréales sont un groupe de plantes cultivé, appartenant à la famille des Poacées, dont les graines présentent par leur abondance et leur composition un intérêt majeur pour l'alimentation de l'Homme et des animaux. Les grains alimentaires appartiennent à une dizaine d'espèces végétales, les plus exploités restent le blé, le maïs et l'orge (Reed, 1992).

La majorité des pays en voie de développement dont la principale source alimentaire est la production céréalière, rencontrent actuellement de grandes difficultés à assurer la sécurité alimentaire. En Afrique près de 33% de la population souffre de mal nutrition, un problème qui peut être résolu en augmentant la productivité agricole et en réduisant les pertes en post-récolte. (Alonso-Amelot et Avila-Núñez, 2011).

L'Afrique produit près de 3% de la production mondiale en blé, elle se concentre en Afrique du Nord avec 73,32% où la consommation de farine de blé est la plus élevée au monde. Les pays qui détiennent la première position dans la production céréalière sont l'Algérie avec la Tunisie suivies du Maroc, l'Egypte et la Libye (Nukenine, 2010).

1. Importance socioéconomique de la céréaliculture en Algérie

La filière céréalière constitue l'épine dorsale du système alimentaire du pays, jouissant ainsi d'une place stratégique dans l'économie nationale (Chehat, 2007).

La production céréalière occupe 80% de la superficie agricole utilisée du pays. La superficie annuellement récoltée représente 63% des emblavures (Djermoun, 2009). Cette production ne permettant pas de couvrir la totalité des besoins de la population, qui est estimée à environ 80 millions de quintaux par an, place l'Algérie parmi les premiers importateurs de céréales au monde avec près de 40% de la valeur des importations des produits alimentaires, notamment le blé tendre dont le pays connaît un déficit structurel (APS, 2013).

Pour une plus grande sécurité alimentaire, l'État a mis en place la politique du renouveau agricole rural, avec pour principe l'augmentation de la production des produits de grande consommation notamment les céréales, visant à accroître le rendement local et diminuer la dépendance extérieure (Chehat, 2007).

Tableau 1 : Evolution de la moyenne de production céréalière en Algérie (Chehat, 2007 et Djermoun, 2009 ; APS, 2013).

Année	1995-2004	2005-2007	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012
Production en quintaux	18,57 millions	26,5 millions	61,2 millions	45 millions	42,45 millions	55 millions
Autosuffisance	28,4%	34,64%	76,5 %	56%	52%	68,8%

Les efforts déployés en matière de développement de la céréaliculture ont permis d'augmenter de façon exponentielle la production locale, contribuant largement à l'amélioration du taux d'autosuffisance pour les divers produits stratégiques de ce type de culture (Tableau 1).

2. Mesures nationales d'entreposage des céréales

Face à l'augmentation continue de la production céréalière nationale, on observe un écart important entre la quantité produite et celle stockée, dû essentiellement au manque des aires de stockage. Pour remédier à cela, l'Office Algérien Interprofessionnel des Céréales (OAIC) en 2010 a renforcé la capacité de stockage de ses infrastructures par la réalisation de plusieurs silos d'une capacité totale de 8,5 millions de quintaux. Passant ainsi de 6,6 millions de quintaux en 1999 à 22 millions de quintaux en 2012 pour une production totale de 55 millions de quintaux. L'OAIC approvisionne les industries de transformation d'environ 4,5 millions quintaux de blé tendre et de 2,3 millions quintaux de blé dur par mois.

Dans la même optique, la direction des services agricoles prévoie pour la campagne de 2013/2014 une production de près de 2 millions de quintaux à l'Ouest du pays dont 1 millions de quintaux seront collectée grâce au projet de réalisation de nouveaux docks silos d'une capacité de 100 mille quintaux (APS, 2013, 2014).



Chapitre II



Chapitre II : Conservation et protection des denrées céréalières en post-récolte

Le stockage des denrées alimentaires est un processus intérim et répétitif durant le transit du produit agricole des producteurs vers les transformateurs et enfin vers le consommateur. Il permet de maintenir un approvisionnement constant durant toute l'année tout en préservant la qualité de la denrée (Thamaga-Chitja et al, 2004).

1. Dispositifs de stockage

Trois techniques de stockage concernant différentes structures sont identifiées en Afrique (Udoh et al, 2000) :

- Stockage traditionnel ou local au niveau des fermes utilisant des plateformes, des champs ouverts, etc.
- Stockage semi-moderne sous atmosphère renouvelée au niveau des fermes par l'utilisation de système de ventilation.
- Stockage moderne sous atmosphère confinée ou modifiée au niveau commercial utilisant des silos et des entrepôts.

2. Les problèmes rencontrés en post-récolte

L'étalage prolongé des gerbes de céréales dans les champs en attendant leur transport sur les lieux de battage et de stockage les expose aux risques de dégradation par les intempéries et les ravageurs. Le transport des récoltes des champs aux lieux de stockage peut donner lieu également à des pertes plus ou moins importantes (Bartali, 1990 *in* Foua-Bi et Philogène 1990).

L'environnement de stockage où évoluent les denrées entreposées est soumis à différentes attaques pouvant entraîner d'importantes pertes. Des pertes associées à deux principaux facteurs : Facteurs abiotiques et biotiques (Scotti, 1978).

2.1. Les facteurs abiotiques

L'humidité et la température sont les principaux éléments climatiques qui agissent au niveau du système de stockage, elles permettent de stimuler l'activité biologique. Le processus de respiration des organismes vivants présents au niveau des aliments stockés, produit de l'eau et de la chaleur, se qui engendre un microclimat favorable au développement de certains organismes nuisibles et diminue la capacité germinative des grains (Hayma, 2003).

D'autres facteurs comme l'inadéquation du système de stockage et le type de denrée qui parfois peut appartenir à un cultivar très réceptif aux stimulations externes (Ngamo, 2000).

2.2. Les facteurs biotiques

Une large gamme d'organismes vivants peut être rencontrée au niveau des denrées alimentaires stockées (Abate et al, 2000). Les pertes globales au niveau des graines en post-

récolte provoquées par les bioagresseurs s'évaluent entre 10 à 40% (Papachristos et Stamopoulos, 2002).

Les ravageurs des denrées stockées sont généralement classés en deux catégories, les ravageurs primaires et les ravageurs secondaires (Ames, 2013) :

Les ravageurs primaires: Ils appartiennent au groupe des insectes qui s'attaque au grain sain entier, les stades juvéniles de ces derniers se développent à l'intérieur du grain, comme exemple, les charançons, les alucites et les capucins des grains.

Les ravageurs secondaires : Ils appartiennent à un complexe d'insectes qui s'alimentent des fragments de grains. Ce complexe peut inclure les teignes, les acariens et divers coléoptères comme les triboliums et les cucujides.

2.2.1. Les invertébrés

2.2.1.1. Les arthropodes

Durant le stockage, les produits céréaliers sont fréquemment attaqués par plus de 600 espèces de ravageurs coléoptères, 70 espèces de lépidoptères et près de 355 espèces d'acariens (Rajendran, 2002). Ces arthropodes engendrent des pertes globales évaluées entre 20 et 30% dans les zones tropicales et tempérées (Nakakita, 1998).

2.2.1.1.1. Les insectes

Les insectes en post-récolte constituent les ravageurs les plus économiquement importants, causant des dégâts considérables, ces dommages se chiffrent à près de 475 millions de dollars par an (Dominguez et Marrero, 2010).

Ces insectes sont représentés majoritairement par les Coléoptères, qui peuvent causer la perte totale d'un stock en quelques générations (tableau 2) (Pimentel et al, 2007).

Des pertes tout aussi importantes sont causées par des lépidoptères appartenant au groupe des Hétérocères réparties sur trois familles, les Pyralides, Géléchiides et Inéides (Scotti, 1978).

2.2.1.1.2. Les acariens

Les acariens se développent en formant des agrégats dans les grains stockés et leurs dérivés dont la teneur en eau est de 17 à 18%, ils sont très peu tolérants aux conditions de sécheresse. Les acariens les plus communs aux régions tempérées et tropicales sont *Pidoglyphus destructor*, *Blomia tropicalis* et *Acarus siro* (König, 2013).

2.2.2. Les micro-organismes

Les micro-organismes qui causent des dommages aux produits stockés incluent une large gamme de champignons et bactéries (Chomchalow, 2003) :

2.2.2.1. Les champignons

Tableau 2: Principaux ravageurs, coléoptères, des denrées alimentaires stockées des régions chaudes (Scotti, 1978 ; Weidner et Rack, 1984).

Espèce	Famille	Condition de développement	Longévité (mois)	Multipliation en 1 mois	Céréales attaquées
Les coléoptères primaires (attaquant les graines saines)					
<i>Sitophilus oryzae</i> (charançon du riz) 	Curculionidae	Température : 15-34°C H. ambiante : 40-45% H. du grain 11-12%	4 à 12	Par 20	Blé, orge, maïs, riz
<i>Sitophilus granarius</i> (Charançon des grains) 			4 à 6		
<i>Rhizopertha dominica</i> (Capucin du grain) 	Bostrichidae	Température : 22-38°C Humidité ambiante : 40-70% Humidité du grain : 10-14 %	4 à 8	Par 20	Blé, orge.
Les coléoptères secondaires (attaquant les grains brisés)					
<i>Oryzaephilus surinamensis</i> (Sylvain) 	Silvanidae	Température : 23-38°C Humidité ambiante : 50- 90 % Humidité du grain : 10 %	6 à 10	Par 50 à 60	Blé, orge, maïs.
<i>Cryptolestes ferrugineus</i> (Petit sylvain) 	Laemophloeidae				
<i>Tribolium castaneum</i> (Tribolium rouge de la farine) 	Tenebrionidae	Température : 23-40°C Humidité ambiante : 10- 70% Humidité du grain : >10 %	2 à 3 ans	Par 60 à 70	Blé, orge, maïs
<i>Tribolium confusum</i> (tribolium brun de la farine) 					

Les plus importants appartiennent au genre *Aspergillus* et *Penicillium*, ils se présentent généralement sous forme de mycélium au-dessous du péricarpe ou sous forme de spores sur la surface des grains. Ils induisent des pourritures, des pertes de viabilité, ainsi que des changements biochimiques se traduisant pas des pertes de qualité.

2.2.2.2. Bactéries

Elles causent relativement de faibles dégâts sur les grains et produits alimentaires secs, les plus rencontrées sont les bactéries du genre *Bacillus*, *Clostridium*, *Staphylococcus*, *Salmonella* et les actinomycètes du genre *Thermoactinomyces* qui produisent des pores toxiques.

2.2.3. Les vertébrés

Les ravageurs vertébrés incluent des rongeurs (*Rattus rattus*, *Rattus norvegicus*, *Mus musculus*) et des oiseaux (pigeons, colombes, moineaux, perroquets et corneilles). Ils sont responsables de diverses pertes au niveau des grains stockés et autres produits entreposés au niveau des fermes et des unités commerciales. Ces ravageurs sont susceptibles de transmettre diverses maladies à l'Homme et aux animaux d'élevage.

3. Conséquence des infestations

Les dommages varient en fonction de l'importance de l'infestation, de l'espèce considérée et de la nature des grains attaqués.

3.1. Conséquences directes

Les dégâts peuvent être généralisés se traduisant par la consommation non sélective des grains ; une infestation non contrôlée des coléoptères dans les conditions favorables peut transformer un tas de grains en un tas de poussière en seulement quatre générations.

Ces pertes peuvent être également spécifiques conduisant à la réduction du pouvoir germinatif des semences par consommation des constituants critiques de la graine comme le germe (Annis, 2004).

3.2. Conséquences indirectes

Elles se traduisent par la dépréciation de la valeur marchande de la denrée stockée, ceci par la présence d'insectes vivants ou morts, par leurs déchets ainsi que les exuvies de mue. Les fortes infestations donnent une odeur désagréable à la denrée stockée suite à des sécrétions de métabolites spécifiques. La présence de ces bioagresseurs peut également induire des réactions allergiques chez l'Homme comme l'asthme et l'irritation de la peau (Annis, 2004).

4. Revue des mesures de protection des denrées stockées

Les céréales constituent les denrées de base pour l'alimentation humaine et l'élevage des animaux domestiques. En conséquence, leur conservation est essentielle (Huang et Subramanyam, 2005).

Le stockage des grains sur des périodes prolongées doit se faire dans des conditions convenablement choisies (Druvefros, 2004), dans le cas inverse ces grains peuvent subir de graves pertes (Flanders, 2013).

L'étape de stockage nécessite de faire appel à plusieurs techniques de protection qui assureraient la qualité durable des grains au cours du stockage (Ames, 2013).

4.1. Les mesures de lutte prophylactique

Les débris et résidus de grains à l'intérieur ou près de l'environnement de stockage est une source importante d'infestation (Reed et al, 2003 et Arthur et al, 2006).

Les mesures de préventions contre les infestations passent par plusieurs procédés (Bullen, 2007)

- Assainissement du milieu interne du système de stockage ainsi que ses alentours ;
- Refroidissement des grains par l'aération ;
- Traitement des grains par la vaporisation de produits chimiques résiduels ;
- Inspection régulière des grains entreposés et prise de décision.

4.1.1. Assainissement

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

Pour assurer un bon état sanitaire, des applications d'insecticides se font à l'intérieur des silos vides et à leurs alentours 2 à 3 semaines avant l'introduction des nouveaux grains (Weinzierl et Higgins, 2007). Ce qui permet d'une part l'élimination des insectes persistants et d'autre part les protéger de toute source de contamination externe (Ames, 2013).

En plus des insecticides, l'utilisation de l'argile diatomée peut compléter cette mesure préventive (Glenn et al, 1999 ; Subramanyam et Roesli, 2000).

4.1.2. Séchage des grains

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

4.1.3. Aération

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

4.1.4. Inspection des silos

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

4.2. Les mesures de lutte curative

Pour empêcher la propagation des ravageurs vers d'autres entrepôts de grains, il est primordial de prendre des mesures afin de réprimer l'infestation dès qu'elle est détectée.

Le choix de la méthode de lutte dépend de l'état du grain, de la température au centre de la masse, des espèces de ravageurs détectées ainsi que de la période de l'année (Abramson et al, 2001). Pour cela plusieurs moyens sont à envisager :

4.2.1. Moyens mécaniques

L'équipement pneumatique pour la manutention du grain permet d'éliminer durant le déchargement des cellules de stockage à l'aide d'un grain-vac les formes libres des insectes, qui seront tuées par contact abrasif et par l'impact du grain lors de son passage à travers le tube de déchargement (Abramson et al, 2001).

4.2.2. Moyens de lutte physique

Les procédés de la lutte physique en post-récolte sont adaptés aux différents processus de stockage depuis la récolte au produit fini, ils consistent à la manipulation de l'environnement physique par l'utilisation du choc thermique et des radiations, définis comme suite (Vincent et al, 2000) :

4.2.2.1. Traitement thermique

Cette technique fait appel au choc thermique par chaleur qui consiste à exposer les grains à des températures très élevées sur des périodes très courtes, suivie d'un refroidissement immédiat pour éviter la température critique de détérioration des germes. L'exposition de 30 à 180 minutes *Sitophilus oryzae* et le *Tribolium castaneum* à des températures se situant entre 46 et 48°C permet l'élimination de tous les stades.

Des chocs thermiques par froid se font également dans les entrepôts de céréales en exposant de façon prolongée les insectes aux basses températures. Les insectes secondaires comme l'espèce du genre *Tribolium* sont les plus sensibles au froid (Grossman 1931 et Fields, 1992 in Vincent et al, 2000).

4.2.2.2. Radiations ionisantes

Les faibles radiations ionisantes causent des dommages sur l'insecte en produisant une grande quantité d'ions libres. Les fortes radiations ionisantes causent la stérilisation des insectes des

stocks (Banks et Field, 1995). Une méthode respectueuse de l'environnement et préserve la valeur nutritionnelle de la denrée traitée (Upadhyay et Ahmad, 2011).

4.2.3. Moyens de lutte chimique

Les pesticides de synthèse restent le moyen le plus efficace et le plus accessible pour la lutte contre les insectes ravageurs des denrées stockées, (Huang et Subramanyam, 2005). La norme de « zéro insecte » vivant dans les silos ne peut être assurée par les traitements mécaniques. Les insecticides de contact restent indispensables pour fournir une garantie maximale (Agriculture et Environnement, 2008).

Les mesures d'hygiène doivent impérativement être entreprises avant de se lancer dans un traitement pesticide.

Il existe des formulations d'insecticides qui permettent un traitement durable des céréales (pouvant aller jusqu'à une année) contre les insectes au moment de l'entreposage. Ces formulations peuvent être pulvérisées sur les grains ou mélangées à ces derniers sous forme de poudre mouillable composée de farine de blé traitée (Abramson et al, 2001).

4.2.3.1. La fumigation

Dans plusieurs systèmes de stockages, la fumigation est la méthode conventionnelle la plus économique utilisée au niveau des stocks. C'est une méthode qui possède d'une part un large spectre d'activité et d'autre part elle pénètre profondément dans la masse de grains entreposés (Mueller, 1990).

Le but de la fumigation est de maintenir une concentration toxique d'un gaz sur une période suffisamment longue pour éliminer les populations de ravageurs ciblées sans laisser de résidus.

4.2.3.2. Traitement chimique de surface

Les traitements de surface se fait par l'application des insecticides liquides sur de larges surfaces. Ces insecticides de contact s'appliquent généralement sur les grains entre deux phases de stockage. Très rémanents ils restent actifs durant une longue période (Arthur, 2000). La toxicité de ces derniers peut poser problème lorsque leur teneur est supérieure à la limite maximale réglementaire (LMR) définie par la réglementation. Seules certaines matières actives sont homologuées pour le traitement des céréales stockées (tableau 3) (Kyprianou, 2008).

Tableau 3 : Insecticides de contact homologués pour la protection des denrées céréalières.

Matière active	Dose autorisée (g/t)	Rémanence (mois)	LMR (mg/kg de céréales)
Pirimiphos-méthyle	4	>6	5
Deltaméthrine	0,5-1	>6	2
Chlorpyrifos-méthyle	2,5	>6	3

4.2.3.3. Les aérosols

Les aérosols sont des insecticides à formulation liquide atomisés sous forme de fines particules de 5 à 50 microns donnant une sorte de brouillard dense. Cependant, ils ne peuvent pas pénétrer en profondeur dans la masse de grains stockés (Arthur et al, 2006).

4.2.4. Ozonation

Elle consiste à l'utilisation de l'ozone (oxygène allotropique) comme fumigant, il permet de stériliser et de tuer les ravageurs des denrées stockées. Cependant, il est très instable, le rendant difficile à manipuler (Kells et al, 2001).

4.2.5. Lutte biotechnologique

4.2.5.1. Lutte par phéromones

Des phéromones de synthèse spécifiques utilisées pour la surveillance et la détection d'éventuelles infestations au niveau des stocks, mais également pour la confusion sexuelle et la capture en masse en les combinant avec des pièges et des attractifs alimentaires (Upadhyay et Ahmad, 2011).

4.2.5.2. Lutte par utilisation des régulateurs de croissance

Des hormones de synthèse ainsi que leurs analogues (IGRs) sont utilisés pour le contrôle des ravageurs des denrées stockées, relativement efficaces contre plusieurs espèces (Loshiavo, 1976 ; Williams et Amos, 1974). Elles sont utilisées dans les milieux clos, affectant le potentiel reproducteur des ravageurs (Upadhyay et Ahmad, 2011).

4.2.6. Lutte biologique

4.2.6.1. Lutte par les auxiliaires

Des prédateurs comme les punaises hyménoptères et différentes punaises anthocorides sont les plus fréquemment utilisées pour le contrôle des insectes ravageurs au niveau des entrepôts essentiellement contre les coléoptères et les lépidoptères. Ces prédateurs ont une grande capacité d'augmenter leur nombre en réduisant celui des populations de leurs proies (Upadhyay et Ahmad, 2011).

4.2.6.2. Lutte par les biopesticides

La prise de conscience face au désordre écologique engendré par l'utilisation récurrente des pesticides chimiques a suscité l'intérêt de rechercher et de développer des stratégies alternatives de gestion (Vinayachandra et Chandrashekar, 2011). Le marché des biopesticides se voit connaître un essor croissant même s'il ne représente actuellement qu'environ 2% du marché des pesticides.

L'association de coordination technique agricole (ACTA) définit le terme de biopesticide par produit biologique étant un organisme, substance ou préparation permettant de lutter contre

des organismes nuisibles et dont le principe actif est constitué par des organismes vivants ou des produits de leur métabolisme (INRA, 1993).

Les biopesticides se divisent en trois principales branches : les produits à base de micro-organismes (bactérie, virus, champignon), les produits à base d'extraits de plantes (pyrèthre, roténone, neem), les substances biologiques naturelles (les médiateurs chimiques). Ils s'appliquent de la même manière que les pesticides conventionnels.

Ces biopesticides fortement sollicités pour leurs nombreux avantages ; ils sont moins toxiques que les pesticides conventionnels, respectueux de la biodiversité et la biosphère. Ils contribuent aussi à diminuer le risque de résistance chez les déprédateurs et ils sont dotés d'une spécificité d'action remarquable. Cependant, leur efficacité ne peut être assurée que par une connaissance approfondie des relations intra et interspécifiques des ravageurs, une efficacité variante selon l'espèce. Par ailleurs, ces produits nécessitent des conditions de fabrication et de stockage exigeants les rendant coûteux (Tamo, 2012).

4.2.6.3. Lutte par les champignons entomopathogènes

Certains microorganismes entomopathogènes sont utilisés pour le contrôle des populations d'insectes ravageurs au niveau des stocks sous forme de spores ou de toxines. Le plus fréquemment utilisé est le *Bacillus thuringiensis* qui a montré un effet toxique sur les insectes des denrées stockées, ce produit s'utilise en combinaison avec des extraits de certaines plantes pour améliorer son rendu (Lacey, 2001).

Par ailleurs, Dal Bello (2001) et Padin et al (2002), ont montré que *Beauveria bassiana* et la combinaison *Beauveria bassiana*- *Metarhizium anisopliae*, présentent une activité insecticide sur *Sitophilus oryzae*.

4.2.6.4. Lutte par les phytopesticides

L'exploitation des principes actifs de certaines plantes constitue une des alternatives les plus prometteuses aux méthodes de lutte conventionnelles (Isman et al., 2006 ; Rattan, 2010).

Les plantes renferment des substances issues du métabolisme secondaire, dites substances sémiocchimiques, synthétisées par des tissus spécialisés à des stades précis du développement de la plante, leur action est déterminante pour l'adaptation de la plante à son milieu naturel.

Plus de cent mille métabolites secondaires ayant des propriétés insecticides ont été identifiées dans près de deux cents mille espèces de plantes à travers le monde (Potenza et al, 2004). Elles appartiennent majoritairement à 3 grandes familles chimiques :

- Les substances phénoliques
- Les trépénoïdes et les stéroïdes
- Les alcaloïdes et les composés azotés.

Les composés sémiocchimiques se classent en deux catégories de médiateurs chimiques : la première représentée par les phéromones et la seconde par les substances allélochimiques

définies majoritairement par les allomones qui interviennent dans l'autodéfense contre différents bioagresseurs.

La sélectivité et la spécificité permettent aux molécules allélochimiques végétales d'agir à des moments déterminés sur les espèces ciblées. Une même molécule allélochimique n'exerce pas forcément la même activité aux différents stades du cycle biologique d'un insecte.

Dans ce sens plusieurs travaux ont allié les connaissances tirées du savoir faire ancien pour indexer les plantes utilisées traditionnellement dans la protection des denrées alimentaires en post récolte. Ils ont également défini les modes d'action et la nature des substances actives qu'elles renferment(Annexe 4)(Abdurrahman et al,2008 ; Cox,2004 ; Nenaah ,2011).

a. Plantes condimentaires

Les épices ont été utilisées dans les temps anciens pour la protection des produits stockés contre divers ravageurs. Traditionnellement, elles sont mixées avec les denrées, mais récemment, on utilise leurs extraits qui sont à l'état expérimental donne des résultats intéressants. On peut citer les plantes recensées par Ho (1955) qui sont le gingembre, le clou de girofle, le curcuma, la badiane, l'ail et le piment noir(Chomchalow, 2003).

b. Plantes médicinales et aromatiques

Différents types d'extraits de plantes aromatiques et médicinales comme les poudres, les extraits naturels complexes obtenus à partir de divers solvants (ex : les huiles essentielles), sont testés pour leur potentiel insecticide, répulsif (Caballero-Gallardo et al. 2011 ; Carrol et al. 2011), antiappétant (Stefanazzi et al, 2011), de même que leur effet nocif sur la longévité et le potentiel reproducteur des arthropodes (Papachristos et Stamopoulos, 2002)

4.2.6.4.1. Les formulations autorisées

Quatre principaux groupes de biopesticides d'origine végétale ont une utilisation approuvée en agriculture biologique (Isman et al.,2001) (tableau 4). Leur matière végétale provient de divers endroits du monde pour des extractions et des formulations en vue d'un usage qui optimise leur efficacité.L'exemple des spinosynes qui sont des toxines naturelles de fermentation aérobie de la bactérie *Saccaropolysposa spinosa*. Une formulation, Spinosad, s'est avéré extrêmement efficace contre les pyrales aux États-Unis, cependant, la formulation commerciale n'a pas encore été réalisée en attente de l'agrément internationale (Hertlien et al, 2011).

Une autre formulation, le Spinetoram, testé par Vassilakos et al. (2012), sur plusieurs espècesde ravageurs des denrées stockées, *R.dominica*, *Prostephanus truncatus*, *S.oryzaz* et *S.granarius*, *T.confusum* et *Oryzaephilus surinamensis*, amontré une importante toxicité.

Tableau4 : Principaux insecticides végétaux commercialisés aux États-Unis dont l'utilisation est approuvée en agriculture biologique(Isman et al.,2001).

Nature	Composant actif	Formulations	Action
Pyrèthre	Pyréthrines	Nombreuses	Contact
Roténone	Isoflavonoïdes	Poudres mouillables	Ingestion
Neem	Azadirachtine	Concentrés émulsionnables	Ingestion, RCI* et antiappétant
Huiles essentielles	Monoterpènes	Nombreuses	Contact

*RCI : régulateur de croissance chez les insectes.

4.2.6.4.2. Méthodes d'application

Plusieurs techniques sont employées pour l'application des produits botaniques pour la protection des denrées stockées (Chomchalow, 2003) :

- a.** Le traitement de surface par contact qui consiste à l'application des extraits de plantes sur la surface des denrées (feuilles, fleurs, tiges, poudres,...).
- b.** L'admixture avec les produits stockés qui consiste à incorporer les extraits de plantes aux denrées stockés.
- c.** Le traitement en profondeur par contact qui s'applique en plaçant les matériaux botaniques au fond des containers ou des silos et en versant par-dessus les denrées à stocker.

Ces produits naturels présentent un réel avantage du fait de leur faible rémanence, leur faible toxicité pour les organismes non cibles et leur mode d'action sur les ravageurs. Toutefois, certaines plantes dont les huiles ou les extraits sont prometteurs pour la lutte contre les insectes ravageurs ne sont pas indiquées pour l'alimentation humaine, non seulement du fait de leur toxicité mais de leur goût ou de leur senteur (Koul et al, 2008).

En conclusion, le rendement environnemental et écologique positif de la lutte par les biopesticides incite à l'intérêt de stimuler et d'alimenter le marché des biopesticides en l'enrichissant par des données scientifiques rigoureuses afin de développer de nouvelles formulations (Rochefort et al, 2006).



Chapitre III



Chapitre III : Données Bibliographiques générales sur la bioécologie du matériel biologique animal étudié

1. Données bioécologiques sur le charançon du riz *Sitophilus oryzae*

Sitophilus oryzae (L.), est un ravageur cosmopolite, considéré comme l'une des espèces les plus dévastatrices sur grains entreposés (Grenier *et al.* 2000). C'est un ravageur primaire, qui peut infester facilement les grains sains, permettant aux ravageurs secondaires, qui sont incapables de pulluler sur des grains sains, de causer davantage de dommages (Hill, 1990).

1.1. Origine et distribution géographique

Le charançon du riz est inféodé aux régions tropicales et subtropicales, il fut introduit dans les régions tempérées par les échanges commerciaux. Contrairement au charançon du maïs, le *Sitophilus oryzae* ne se multiplie pas dans les champs mais prolifère uniquement au niveau des grains stockés.

C'est une espèce qui résiste bien au froid, elle n'entre pas en hibernation en conditions de température ambiantes.

1.2. Position systématique et synonymes

Décrit pour la première fois par Linnaeus en 1758 qui lui a attribué le nom de *Curculio oryzae*, corrigé ensuite par Cinz en 1959 sous le nom actuel *Sitophilus oryzae* (Steffan, 1978). Il a reçu plusieurs synonymes comme ; *Calandra oryzae* (Fabricius) Gistel, 1848 ; *Calandra minor* Sasaki, 1899, *Calandra sasakii* Takahashi, 1929.

Il est connu sous le nom vernaculaire de charançon ou calandre du riz en français et rice weevil en anglais (Lepesme, 1944).

Le *Sitophilus oryzae* appartient à la famille des Curculionidae, actuellement rangé parmi les Dryophthoridae (Alonso-Zarazaga et Lyal 1999), de la sous famille des Dryophthorinae, du genre *Sitophilus* qui comprend en plus du charançon du riz deux autres espèces à intérêt économique :

- *Sitophilus granarius* ou charançon du blé (Linnaeus, 1758)
- *Sitophilus zeamais* ou charançon du maïs (Motschulsky), 1855

Ces espèces se distinguent par la présence d'une tête prolongée portant un bec allongé en rostre à l'extrémité de laquelle se trouvent les pièces buccales (Lepesme, 1944).

Lorsque ces espèces voisines se rencontrent dans un même milieu, il est plus ou moins difficile de les différencier. En se basant sur certains caractères morphologiques on peut voir que le *S.oryzae* et le *S.zeamais* se distinguent par la présence de taches rougeâtres sur leurs élytres, absentes chez le *S.granarius* (Annexe 1).

1.3. Description morphologiques des différents stades du charançon du riz

1.3.1. L'adulte

L'imago est un petit coléoptère de 2,5 à 4mm (Delobel et Tran, 1993 ; Lacoste, 1970 *in* Fleurat-Lessard, 1982), de couleur brun-rouge plus ou moins foncée, présentant fréquemment deux taches ocres souvent indistinctes sur chaque élytre (Delobel et Trans, 1993). Le pronotum recouvert de ponctuations oblongues est traversé par une ligne médiane non ponctuée. Les antennes sont coudées, généralement formées de huit articles et se terminent en massue (figure 1) (Steffan, 1978).



Figure 1: Adulte de *S. oryzae* (Gx30) (originale).

Le dimorphisme sexuel chez le *Sitophilus oryzae* (L.), se remarque sur la base de certains caractères morphologiques, cependant, il est plus nette au niveau des édéages (Annexe 2).

1.3.2. L'œuf

L'œuf fraîchement pondu est piriforme, blanchâtre opaque et brillant, devenant rosâtre avant l'éclosion. Il mesure entre 0,5-0,8 mm de long et 0,2-0,3 mm de large (Steffan, 1978), pouvant atteindre 0,46mm de long et 0,11mm de large au moment de l'éclosion (Sattigi, 1982). Recouvert d'un enduit visqueux, il porte une protubérance lui permettant d'adhérer et de se fixer à la denrée infestée (Balachowsky et Mesnil, 1936).

1.3.3. La larve

Elle est blanchâtre de forme subcirculaire, se caractérise par son aspect ramassé. Très peu velue, sa tête est d'un brun clair, portant des mandibules plus sombres, fortes et triangulaires (figure 2) (Steffan, 1978).

Elle se distingue des autres larves de coléoptères des denrées stockées d'une part, par l'absence de pattes et d'autre part, sur le plan physiologique, par le nombre à la fois constant et peu élevé des mues, comptant 3 mues pour 4 stades larvaires (Lacoste, 1970 ; Steffan, 1978). A maturité, la larve mesure 2,5 à 3 mm de long (Delobel et Tran, 1993).



Figure 2 : Larve de *S.oryzae*(Gx30) (originale).

1.3.4. La nymphe

La nymphe est de forme cylindrique, mesurant 3,75 à 4 mm de long et 1,75mm de large, sa couleur passe du blanc au brun à mesure qu'elle évolue en subissant la mélanisation et la sclérotinisation de la cuticule (figure 3) (Lepesme, 1944).



Figure 3: Nymphe endogène de *S.oryzae*(Gx30)(originale).

1.4. Ethologie

1.4.1. Mobilité

Le charançon du riz, aux mœurs essentiellement nocturnes, se montre plus actif la nuit que le jour, son déplacement est relativement rapide, d'où sa rapide dissémination dans les entrepôts. Il vole difficilement, certaines souches paraissent avoir complètement perdu l'aptitude au vol.

1.4.2. Régime alimentaire

Le charançon du riz est un insecte cléthrophage, qui attaque les céréales et leurs produits dérivés, avec une préférence pour le riz. On peut également le rencontrer sur pois chiche et graines de coton (Appert, 1992).

Selon Bekon et Fleurat-Lessard (1989), la ration en blé par semaine pour un seul individu de *Sitophilus oryzae* correspond à son propre poids.

1.4.3. Interactions intra et interspécifiques

Le mâle secrète une phéromone d'agrégation dite « sitophinone » dont la composante principale est le (4S, 5R)-5-Hydroxy-4-méthylheptan-3-1, active envers les deux sexes, mais aussi envers d'autres espèces comme *S. zeamais* et *S. granarius* (Delobel et Tran,1993).

1.5. Biologie et cycle de développement

1.5.1. Ponte et développement embryonnaire

Les imagos acquièrent la maturité sexuelle le jour même de leur sortie du grain, ils s'accouplent lorsqu'ils sont âgés de trois jours, leur copulation dure 15 minutes à 1h30 minutes (Lepesme, 1944). Cette dernière peut se répéter plusieurs fois au cours de leur vie (Kehe, 1975 ; Steffan, 1978).

Deux semaines après l'accouplement, les femelles procèdent à l'inspection du grain avant la ponte, elles sont capables de détecter la présence d'un œuf ou d'une larve déjà en place dans un grain. Elles ne pondent jamais dans un grain déjà occupé (Paulian, 1988).

La femelle taraude durant 30 minutes à deux heures, une logette dans le grain à l'aide de son rostre, dont la profondeur atteint généralement la longueur préantennaire du rostre et dont la largeur dépasse légèrement celle de l'œuf.

Ensuite, elle se retourne et pond un œuf dans la logette en trois à quatre minutes, qu'elle recouvre ensuite par un tampon mucilagineux sécrété par l'oviducte, durcissant à l'air. Le charançon du riz ne pond jamais dans un grain contenant moins de 9% d'humidité (Steffan, 1978).

Le nombre d'œufs déposés par une femelle au cours de sa vie, est de 200 à 400 œufs pouvant atteindre un maximum de 500 œufs, soit une moyenne de 10 œufs par jour, à la température de 32°C. Le nombre d'œufs pondus dépend étroitement de la dureté du grain, de la température et de l'humidité (Steffan, 1978).

1.5.2. Développement larvaire

Après l'éclosion, la larve creuse une galerie dans l'albumen jusqu'au pôle opposé à celui où l'œuf a été pondu. A mesure qu'elle taraude, la larve comble cette galerie d'un mélange de rognures et de déjections, dont elle se nourrit sur le trajet du retour. Durant son évolution une larve consomme environ le tiers de l'albumen (Kehe, 1975 ; Fleurat-Lessard, 1984).

Le développement larvaire dur environ cinq semaines à trois mois selon la température environnante (Lepesme, 1944 ; Appert,1992).

1.5.3. La nymphose

Avant la métamorphose, la larve du quatrième stade s'aménage, dans le grain, une petite loge où elle passe d'abord par un stade immobile prénymphal, qui dure 20 à 50 heures avant de se transformer en nymphe (Steffan, 1978 ; Lepesme,1944). La durée de ce dernier stade varie de 6 jours à 22°C à 15 jours de 16 à 18°C

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, en attendant que durcissent ses téguments (Longstaff, 1981).

1.5.4. Sortie des imagos

L'imago perce, ensuite l'enveloppe du grain et s'échappe à l'extérieur par l'extrémité opposée au trou de ponte. Les téguments brunissent progressivement au contact de l'air, donnant au charançon sa couleur définitive (Lepesme, 1944 et Steffan, 1978).

D'après Steffan *in* Scotti (1978), les adultes émergent à température de 28°C et une humidité relative de 70± 5%. Dans ces conditions la durée de cycle de développement est de 25 jours.

Il s'alimente régulièrement et consomme près d'un milligramme de blé par jour. Lorsque la teneur en eau de leurs propres tissus passe de 45 à 32-34% les charançons meurent, de ce fait, ils cherchent les milieux où l'humidité relative est égale ou supérieure à 70%.

1.6. Facteurs écologiques agissant sur le développement du *Sitophilus oryzae*

1.6.1. Facteurs extrinsèques

1.6.1.1. Durée du développement

Steffan (1978), note que chez *Sitophilus oryzae* la durée de cycle évolutif est de 220 jours aux basses températures (15°C), puis devient plus courte à des températures au-dessus de 25°C.

L'embryogenèse dure en moyenne 9 jours à 22 ± 0,5 °C et 70% d'humidité relative, alors qu'elle n'est que de 3,5 jours en moyenne à 28± 0,5°C et 75± 5% d'humidité relative. Aux températures supérieures à 28± 0,5°C, la durée d'incubation des œufs est plus courte, elle est de 2,6 jours à 35± 0,5°C et 85± 5% d'humidité relative (Attil, 1996).

1.6.1.2. Effet sur la longévité

La longévité moyenne de l'adulte est de quatre à sept mois et cela en fonction de la température et de l'humidité relative (Multon et David, 1982, Appert, 1992). Steffan (1978), rapporte que la longévité moyenne de *S. oryzae* est d'environ quatre mois à une température de 25°C et 70% d'humidité relative et ne peuvent pas vivre au-delà de sept mois. Soumise à une température de 55°C, l'espèce ne peut survivre qu'une demi-heure Steffan (1978). A une température de -7°C le charançon du riz meurt au bout de trois jours.

1.6.1.3. Effet sur la mobilité

Selon Lepesme (1944), les calandres hivernent aussi bien à l'état adulte qu'à l'état larvaire, à des températures inférieures à 5°C ou supérieures à 35°C les larves cessent toute activité. Au dessus de 10°C, les imagos s'immobilisent.

1.6.2. Facteurs intrinsèques

1.6.2.1. Effet de masse chez les charançons

La surpopulation dans un milieu infesté, affecte plusieurs aspects de l'activité du charançon à savoir (Buquet et al., 1978) :

- L'interruption des copulations, ayant pour conséquence une élévation du nombre de femelles vierges.
- La perturbation de la ponte en dérangeant les femelles gravides pendant le taraudage, ayant pour conséquence la diminution du nombre d'œufs pondus.
- L'élévation importante du taux d'humidité, du gaz carbonique et de la température suite au métabolisme intense des insectes, ce qui peut favoriser leur développement.

1.7. Dégâts

Selon Codon et Wilm (1991), le charançon du riz présente un risque d'infestation de 80% en moyenne sur le blé et le riz et ce à l'échelle mondiale. Il entraîne des pertes pondérales et une détérioration qualitative des denrées emmagasinées sur lesquelles il s'alimente, entraînant ainsi l'installation des ravageurs secondaires et des infections cryptogamiques.

Lepigre (1951), rapporte qu'une seule larve de charançon peut vider au cours de son développement quasiment un grain de blé sans altérer l'enveloppe.

2. Données bioécologiques sur le tribolium rouge de la farine, *Tribolium castaneum*

La capacité de cette espèce à trouver sa nourriture et à coloniser le milieu infesté et son aptitude à persister dans de petites quantités d'aliment, lui attribuent son statut de ravageur (Campbell et Hagstrum, 2002). Bien que ce dernier soit secondaire, requérant une infestation préalable par des ravageurs primaires, il peut facilement infester le blé ou d'autres graines endommagées durant la récolte (Farrell, 2010). Selon un rapport de la FAO (1976 in Delobel et Tran, 1993), il s'agit de l'un des deux insectes les plus nuisibles aux produits céréaliers usinés.

2.1. Origine et distribution géographique

L'origine de cette espèce est à chercher vraisemblablement en Afrique ; elle semble avoir été nuisible en Egypte antique dès la 6^{ème} dynastie. C'est un ravageur doté d'une grande faculté d'adaptation, présente actuellement une distribution cosmopolite. Il est plus fréquent sous les climats chauds notamment les tropiques (Delobel et Tran, 1993).

L'habitat originel connu du *Tribolium castaneum*, est sous les écorces des arbres ou les branches en décomposition, ayant pu par la suite infester les structures anthropogéniques utilisées dans les processus d'entreposage des denrées alimentaires (Good, 1936).

2.2. Position systématique et synonymes

Le *Tribolium castaneum* appartient à la super famille des *Cucujoidae*, à la famille des *Tenebrionidae* et à la sous famille des *Ulminae*.

De nombreux synonymes lui sont attribués ; *Dermestes navalis* (Fabricius, 1775) (nom supprimé) ; *Colydium castaneum* Herbst, 1797 ; *Tenebrio castaneus* Schönhegr, 1806 ; *Phaleria castanea* Gyllenhal,1810 ; *Uloma ferruginea* Dejann,1821, *Tribolium castaneum*(Herbest) MacLeay,1825 ; *Margus castaneus* Dejean, 1833 , *Stene ferruginea* Westwood, 1839 ; *Tribolium ferrugineum* Wollaston,1854. (Delobel et Tran, 1993)

Cette espèce est communément appelée tribolium rouge de la farine ou petit ver de la farine en français et red (rust-red) flour beetle en anglais.

Le *T. castaneum* est souvent rencontré avec une autre espèce voisine qui est *Tribolium confusum* (Duval, 1868). Ce dernier est essentiellement nuisible sur les produits de mouture. Il est difficile de distinguer entre les deux espèces, particulièrement au stade larvaire (Annexe 3) (Weidner et Rack., 1984 ; Delobel et Tran, 1993 ; Mason, 2003).

2.3. Description morphologiques des différents stades du *Tribolium castaneum*

Dans la farine infestée, les larves, pupes et adultes sont visibles, à cause de leur taille. Cependant, les œufs, sont difficilement reconnaissables de la farine, particulièrement à l'œil nu car, les particules de la farine adhèrent aux œufs rendant leur identification plus ardue (Leelaja et al, 2007).

2.3.1. L'adulte

Tribolium castaneum est un petit coléoptère de couleur brun rougeâtre mesurant 3-4 mm de long, son corps est lisse et allongé (Weidner et Rack, 1984). Les antennes se terminent par une massue nettement distincte (figure 4). Les yeux ne sont pas surmontés d'un bourrelet semblable à une paupière. Les élytres présentent des lignes longitudinales pointillées. Il se distingue des autres tribolium par la partie ventrale des yeux qui est large et qui sont relativement rapprochés (Bousquet, 1990).



Figure 4: Adulte de *T.castaneum*(Gx30)(originale).

C'est un insecte caractérisé par un dimorphisme sexuel apparent, le mâle se distingue de la femelle par la présence d'un tubercule pilifère arrondi à la base du fémur antérieur (figure 5) (Delobel et Tran, 1993).

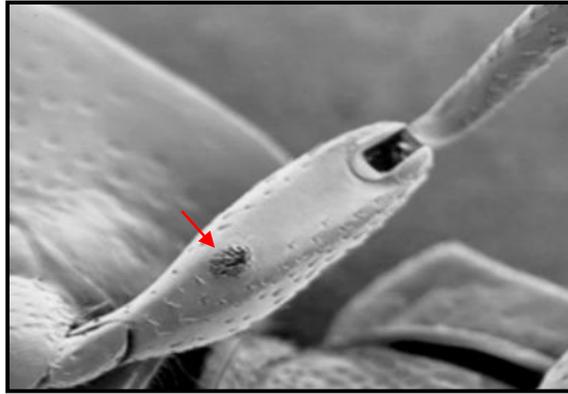


Figure 5 : Quatrième fémur du mâle du *Tribolium castaneum*, face postérieure (Flèche rouge : tubercule pilifère) (Bousquet, 1990).

2.3.2. L'œuf

Les œufs du ver de farine sont blanchâtres ou transparents, avec des particules alimentaires adhérant à leur surface (Mason, 2003). Ils mesurent 0,61 à 0,7 mm de longueur et 0,35 à 0,4 mm de largeur (figure 6). Ils sont fluoresçant sous des longueurs d'onde de 365nm (radiations ultra violettes) (Leelaja et al, 2007).

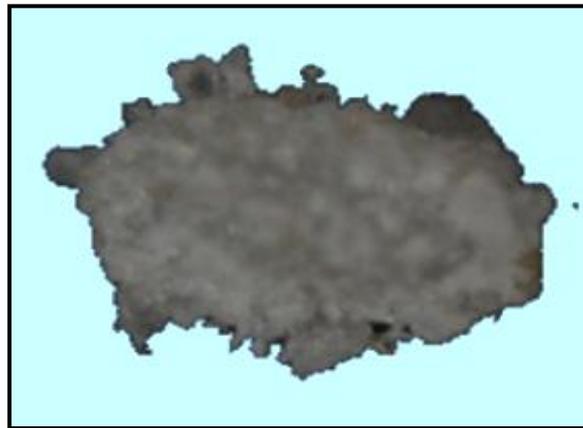


Figure 6 : Œuf de *T. castaneum* avec amas alimentaires (Gx60) (originale).

2.3.3. La larve

Elle est huit fois plus longue que large, pouvant atteindre 6 mm de long à son plein développement, portant trois paires de pattes. Elle est de forme vermiforme, cylindrique, d'une couleur jaune très pâle à maturité portant une tête brunâtre ornée latéralement de courtes soies jaunâtres (Lyon, 2000).

Elle se distingue par une rangée dorsale de courtes soies à la base du dernier segment abdominal et une paire d'urogomphes recourbée vers le haut, dans un plan perpendiculaire à celui du corps (figure 7) (Weidner et Rack., 1984 ; Delobel et Tran, 1993).



Figure 7: Vue dorsale de larve de *Tribolium castaneum*(Gx30) (originale).

2.3.4. La nymphe

Elle mesure 5mm de long, nue, de couleur blanchâtre, devenant progressivement brun pâle (figure 8) (Lyon, 2000).



Figure 8 : Nympe de *T. castaneum* (Gx40) (originale).

Les nymphes femelles se reconnaissent des nymphes mâles par les papilles génitales, situées juste en avant des urogomphes, qui sont nettement plus développées chez les femelles que chez les mâles (figure 9) (Sokoloff, 1974).

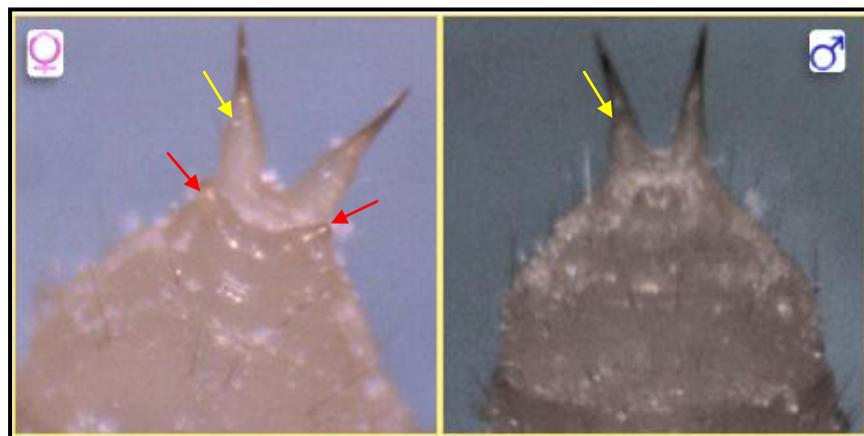


Figure 9 : Extrémité abdominale de deux pupes femelle et mâle de *T. castaneum* indiquant les urogomphes (flèche jaune) et les papilles génitales (flèche rouge) (Gx60) (originale).

2.4. Ethologie

2.4.1. Mobilité

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

2.4.2. Régime alimentaire

Le tribolium rouge de la farine est un insecte, psychophage, mycophage et occasionnellement nécrophage et prédateur d'autres insectes. Il a pu être observé dans les pourritures et sous les écorces d'arbres (Sokoloff, 1974 ; Suresh et al, 2001 ; Alabi et al 2008).

Au niveau des minoteries, des usines alimentaires, des boulangeries et des habitations, les adultes et les larves se nourrissent de farines de céréales et autres produits de mouture, ils sont incapables de perforer les grains non moulus, mais des lésions microscopiques suffisent pour permettre à la larve d'entamer le grain ; seul le germe est consommé la plupart du temps (Delobel et Tran, 1993).

D'autres produits peuvent être infestés par les tribolium ; les pâtes, les pois, les haricots, les noix, les épices, le chocolat, les résidus de pressage de l'huile et les grains oléagineux ainsi que les insectes de collection.

2.4.3. Interactions intra et interspécifiques

2.4.3.1. Interactions intraspécifiques

2.4.3.1.1. Regroupement

Les mâles montrent un comportement d'agrégation, alors que les femelles sont uniformément dispersées (Naylor, 1961). Ce regroupement est possible grâce à une phéromone d'agrégation qui est la DMD (4,8-diméthyldécane) (Arnaud et al, 2002 et Perez-Mendoza,2007).

2.4.3.1.2. Reproduction

Les femelles fécondées se mettent à la recherche d'un biotope favorable à l'oviposition (Charnov et Skinner,1985). Selon Lack (1947), les femelles doivent pondre dans l'ensemble un nombre d'œufs qui permettraient de maximiser leur gain en fitness (exemple : le nombre de progéniture produite). Cette hypothèse indique que la maximisation de la longévité est équivalente à la maximisation de la fitness de chaque œuf pondu.

Ces femelles se montrent polyandres et possèdent une spermathèque qui leur permet de stocker et d'épuiser les spermatozoïdes pendant plus de quatre mois suite à un seul accouplement (Bloch Qazi et al, 1996). Néanmoins, elles s'accouplent même lorsque leur réserve de sperme n'est pas épuisée (Sokoloff, 1974). Le dernier mâle accouplé avec une femelle, féconde la majorité des ovules de celle-ci (Wool et Bergerson, 1979 ; Lewis et Austad, 1990,1994).

Des différences de fréquence de copulation (Haubruge, 1995), d'attraction envers les femelles (Lewis et Austad, 1994) ou de capacité à résister à la compétition spermatique (Lewis et Austad, 1990) ont été observées chez *Tribolium castaneum*, soit entre des individus appartenant à des souches différentes, soit au sein de la même souche.

2.4.3.2. Interactions interspécifique

2.4.3.2.1. Coexistence et compétitivité

Park (1948,1954, 1957)inEdmunds et al, 2003)ont conclu que les deux espèces voisines, *Tribolium castaneum* et le *Tribolium confusum*, ne peuvent coexister dans une seule et même ressource limitée. Une espèce finira par supplanter l'autre par compétition stable.

2.4.3.3. Reproduction

L'accouplement interspécifique entre le *Tribolium castaneum* et *Tribolium confusum* est unidirectionnel, en effet, il peut s'observer uniquement entre les mâles de *T.confusum* et les femelles du *T.castaneum*. Ce phénomène est induit par une diminution de la fréquence des femelles non fécondées dans une population mixte en compétition (Graur et Wool, 1985).

2.5. Biologie et cycle de développement

C'est une espèce très prolifique, au cours de leur vie les femelles peuvent pondre plus de 1.000 œufs (2 à 10 œufs/ jour) directement dans le substrat alimentaire (Rees, 2004).

Entre 3 à 12 jours post-oviposition, les œufs vont éclore en petites larves actives, mais qui restent généralement cachées à l'intérieur de l'aliment, loin de la lumière (Abdelsamad et al., 1988 ; Mason, 2003).

Elles se nourrissent dans le milieu, subissant 5 à 11 mues (fonction des conditions individuelles, environnementales et la disponibilité de source d'alimentation) avant de se métamorphoser en une nymphe nue. La durée du stade larvaire varie de 22 à plus de 100 jours selon la température ambiante, quant au stade nymphal il dure huit jours, après cela les imagos vont émerger. Les premiers accouplement auront lieu après deux jours de l'émergence des imagos et dureront 3 à 15 minutes (Scotti, 1978). Leur longévité peut atteindre près de trois ans (Mason 2003).

La durée du cycle complet varie généralement entre 7 semaines à 3 mois. La température favorisant le développement de ces insectes est de 20 à 37°C avec 60 à 80% d'humidité relative. Dans ces conditions, la durée d'une génération peut être de 27 à 35 jours (Shazali et

Smith, 1986). *Tribolium castaneum* ne se développe pas au dessous de 18°C. Egalement, à une d'humidité relative de 10% le développement de cette espèce peut se faire à 25-28°C et il est impossible à 35°-38°C (Delobel et Tran, 1993).

2.6. Facteurs écologiques agissant sur le développement du *Tribolium castaneum*

Tribolium castaneum (Herbst), est une espèce avec un système chimiosensoriel très développé (Barrer, 1983), il est capable de détecter les changements dans son environnement physique comme la température (Donahaye et al, 1996), l'humidité (Evans, 1983), la tension en dioxyde de carbone (Soderstrom et al , 1992), et même les différentes couleurs qui se trouvent autour de lui (Khan et al, 1998). Sa dynamique et sa fitness sont étroitement dépendants de certains facteurs qu'on résume comme suite :

2.6.1. Facteurs extrinsèques

2.6.1.1. Effet sur la Longévité

La durée de vie du tribolium rouge de la farine, est influencée par un certain nombre de conditions environnementales, comme, la température et l'humidité relative (Good, 1936 ; Howe, 1962).

Selon Dowdy (1999) rapporte le taux de mortalité des adultes tribolium rouge de la farine avoisine les 29% lorsqu'ils sont exposés à 50°C durant 30 minutes et provoque 51 à 65% de mortalité après une exposition d'une semaine. Selon Dowdy et Fields (2002) au niveau des moulins où la température peut atteindre les 47°C, les adultes meurent après 24 heures d'exposition.

Les températures basses sont très mal supportées ; des valeurs situées autour et légèrement au-dessus de 0°C sont létales pour tous les stades en cas de séjour prolongé. A des températures en dessous de zéro, quelques heures suffisent déjà à détruire le ravageur.

2.6.1.2. Effet sur l'oviposition

L'oviposition, est influencée par un certain nombre de conditions environnementales, comme, la température, l'humidité relative et la nature de l'aliment (Good, 1933 ; Park et Frank, 1948 ; Howe, 1962).

Selon Ziegler (1976) la farine fortement infestée par des congénères du tribolium, influence fortement sur l'oviposition et la dissémination de cette espèce.

2.6.1.3. Effet sur le développement

La durée du cycle de développement varie sensiblement en fonction du substrat nourricier et les conditions ambiantes en température et humidité

La température, l'humidité relative de l'air et le type de nourriture ne déterminent pas uniquement la durée du développement, mais aussi éventuellement le nombre de stades larvaires, le développement est alors prolongé (tableau 5).

Tableau 5: Durée de développement de *Tribolium castaneum* fonction des facteurs abiotiques (Vaivanijskul, 1973).

Nourriture	Durée du développement (jours)				
	Humidité relative 75%			Température 30°C	
	25°C	30°C	35°C	H.R 85%	H.R 95%
Nourriture mixte*	44,9	36,1	36,9	30,9	27,1
Maïs	58,0	40,0	43,0	40,0	35,8
Riz	78,0	70,3	71,9	67,8	62,0

2.6.1.4. Effet sur le régime alimentaire

T. castaneum peut devenir prédateur envers des concurrents potentiels dans le substrat alimentaire, en consommant toutes sortes de proies immobiles (œufs et nymphes) ou peu mobiles comme les larves de *Corcyre cephalonica*, *Stegobium paniceum*, et de *Rhyzopertha dominica* (Delobel et Tran, 1993), réduisant considérablement la concurrence pour leur progéniture (Alabi et al. 2008).

2.6.2. Facteurs intrinsèques

2.6.2.1. Effet de masse chez le tribolium

La surpopulation et l'activité de cet insecte le conduit à sécréter des quinines, qui peuvent changer la coloration du substrat en rose et développe une forte odeur. En cas de forte pullulations, le *T. castaneum* modifie ses mœurs afin de réguler la population, ceci en devenant cannibale envers ses œufs (Mason, 2003).

2.7. Dégâts

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

La farine infestée se caractérise par une vive odeur et un goût de moisissure, les quinones secrétés par *T. castaneum* sont importants et affectent la qualité technologique en détériorant la qualité du gluten de la farine. Le pain préparé à partir de la farine infestée est peu volumineux avec une faible qualité organoleptique (Venkatrao et al. in Delobel et Tran, 1993 ; Karunakaran et al. 2004).

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



Chapitre IV



Chapitre IV: Données bibliographiques générales sur le matériel biologique végétal exploité

L'usage des plantes indigènes dans la conservation des récoltes a vu le jour avant même l'apparition des insecticides de synthèse (Gueye et al.,2011).Il s'agit souvent de plantes consommées dans l'alimentation humaine (condiment, épice, plantes à activité médicinale).

Les familles les plus prometteuses dans la protection des denrées au cours du stockage appartiennent aux familles des Meliaceae, Annonaceae, Labiaceae, Rutaceae, Asteraceae, Canellaaceae. Les phytopesticides présentent un réel avantage du fait de leur faible rémanence, leur faible toxicité pour l'homme et leur mode d'action sur les ravageurs (Ngamo et Hance, 2007).

Dans l'immense éventail de la flore aromatique et médicinale, nous avons choisi pour notre travail trois plantes appartenant à trois familles distinctes, qui en Algérie sont à peine connues du grand public en dehors de leurs utilisations traditionnelles.

1. Données bibliographiques générales sur *Inula viscosa*

1.1.Etude Botanique

Inula viscosa (L.) Aiton est une plante aromatique, appartenant à la famille des Asteraceae (Compositae) qui a pour synonymes : *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter (1973) et *Cupularia viscosa* Glen et Godr. (Lev et Amar, 2000)

1.1.1. Taxonomie et systématique

La classification botanique de la *Dittrichia viscosa* (L.) connue aussi sous les noms *Inula viscosa*(L.) Aiton ou encore *Cupularia viscosa* (L.)Gren et Godr, est résumée dans la figure 1 sous forme d'arbre phylogénique (figure 10) (Jauzein , 2011 ; ITIS, 2014).

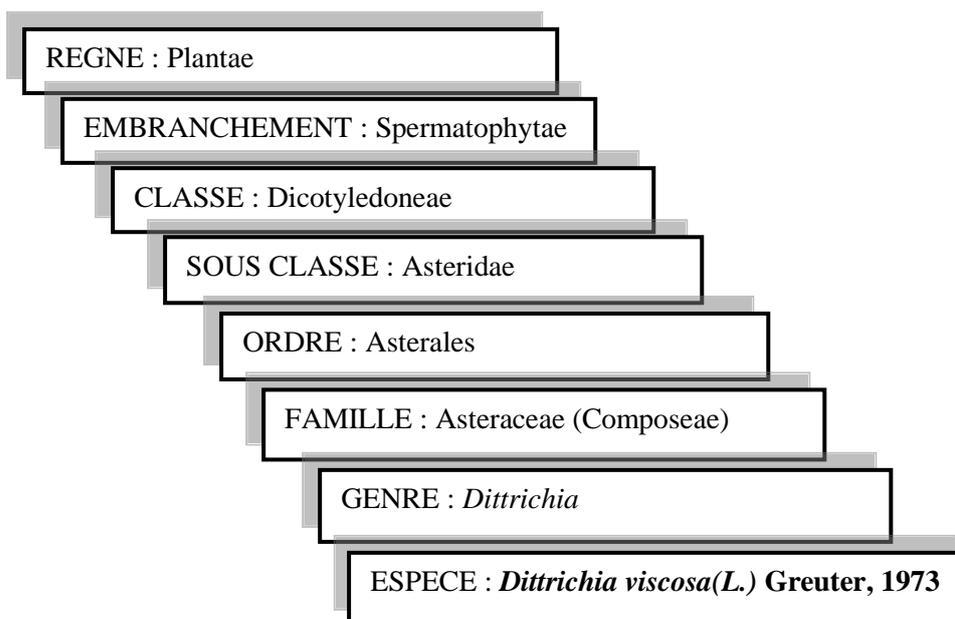


Figure 10 : Arbre phénologique de la Classification taxonomique de l'inule visqueuse.

1.1.2. Noms vernaculaires

Plusieurs noms communs lui sont attribués et cela en fonction des localités et des dialectes, elle est appelée ; Inule visqueuse, oliverda, pecita en Europe et Terhalâ, Mâgrâman, Bagramane ou encore Amagramane aux pays du Maghreb (Salhi et al, 2010).

1.1.3. Description botanique

1.1.3.1. Caractères morphologiques

Inula viscosa est une plante glanduleuse-visqueuse, à forte odeur et ligneuse à sa base. Elle présente des feuilles crénelées et sessiles portant des poils glandulaires collants. Les fleurs en capitules, de couleur jaune à forte odeur, s'observent au sommet des tiges vers la fin d'été-début d'automne (figure 11) (Rameau et al, 2008).



Figure 11 : *Inula viscosa* (originale).

1.1.3.2. Habitat et répartition géographique

C'est une plante herbacée vivace originaire du bassin méditerranéen, très abondante dans tout l'arc méditerranéen. Elle se rencontre à l'état sauvage sur les sols calcaires et humides. Considérée comme particulièrement envahissante, elle pousse sur les versants des habitats humides et affectionne les anciennes cultures, les bords de routes, formant d'abondantes touffes vertes avec des pieds qui atteignent 100 à 120 cm de hauteur (Celik et al 2010 et Rameau et al ,2008).

1.2. Etude ethnobotanique

1.2.1. Propriétés et indications particulières

1.2.1.1. Données phytochimiques

Les travaux de Lauro et Rolih (1990), d'Abu zarga et al. (2002), Danino et al. (2009) ; de Benchohra et al. (2011) ont montré que les extraits de *Inula viscosa* (extraits aqueux, extraits alcoolique, huiles essentielles) contiennent plusieurs composés chimiques à activité biologique certaine, les plus dominants sont les flavonoïdes, les terpénoïdes et leurs dérivés ainsi que les acides sesquiterpénique de type eudesmane et les polyphénols.

1.2.1.2. Données pharmacologiques

L'inule visqueuse riche en principes actifs notamment le camphre, l'eucalyptol et le thymol, a été utilisée en médecine folklore que ce soit sous forme de décoctions ou de poudres à de multiples fins thérapeutiques. Dans la médecine traditionnelle en Algérie l'inule visqueuse est utilisée comme cataplasme pour les rhumatismes et l'ostéoarthrite, servant aussi de fébrifuge (Hostettmann 1997).

Les propriétés pharmacologiques des différents extraits de *Inula viscosa* on été mise en évidence suite à de nombreux tests *in vivo* ou *in vitro*. Ces derniers ont mis en exergue l'effet antimicrobien et antiprolifératif de plusieurs pathogènes (*Salmonelle typhimurium*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Esherichia coli* et *Candida spp*) (Cafarchia et al, 2002, Talib et al 2012, Bssaïbis et al 2009), effet abortif et lutéolytique (Al-Dissi et al 2001), activité hypoglycémique (Zeggwagh et al 2006), antiseptique (Hernández et al 2007) et antioxydante (Hernández et al. 2005) antihypertenseur (Kattouf, 2009). Dernièrement, Talib et Mahasneh (2010) et Talib et al, (2012) ont rapportés son effet prometteur contre certains types de cancers.

1.2.1.3. Données agronomiques

L'*Inula viscosa* prend une place importante dans le développement de la lutte biologique et la conservation des agro-écosystèmes contre une large gamme de bioagresseurs (Perdikis et al., 2007).

1.2.1.3.1. Activité insecticide

Une herbe longtemps considérée comme insecticide végétal du fait qu'elle joue le rôle d'hôte relais abritant un parasitoïde de la mouche de l'olivier (Warlop, 2006).

Elle constitue également une plante hôte pour le *Macrolophus melanotoma* prédateur redoutable des Aphides (Perdikis et al., 2007). Selon Perdikis et al (2007) et Mazollier(2012) ; le *Macrolophus sp*, *Nisidiochoris sp* et *Dicyphus sp* sont prédateurs de nombreux ravageurs de tomate notamment *Tuta absoluta*.

Les extraits des parties aériennes de *Inula viscosa* présentent une activité antiappétente contre le *Spodoptera littoralis* et *Myzus persicae*, une activité nématocide contre *Meloidogyne javanica* (Oka et al. 2001 ; Mamoci et al. 2012) et un fort potentiel acaricide contre *Tetranychus cinnabarinus*(Mansour et al. 2004).

1.2.1.3.2. Activité fongicide

il a été démontré que les extraits aqueux et acétoniques des parties aériennes de *Inula viscosa* agissent efficacement contre les agents pathogènes de la famille des Oomycètes, Ascomycètes et Basidiomycètes, ce qui donne la possibilité de les utiliser comme biofongicide contre le mildiou du concombre, de la tomate, de la pomme de terre et de la vigne, ainsi que le mildiou poudreux du blé et la rouille du tournesol (Wang et al 2004).

1.2.1.3.3. Activité herbicide

Les travaux d'Omezzine et al. (2011) démontrent les potentialités herbicides de l'inule visqueuse. Cette dernière s'avère posséder un effet antigerminatif sur *Silybum marianum*. Certains composés de l'huile essentielle de l'inule visqueuse inhibent à 100% la germination des graines de l'*Orobanche crenata* et de *Cuscuta campestris* (Andolfi et al, 2013)

1.2.1.4. Autres données

L'importance principale de l'inule visqueuse réside dans le fait qu'elle est une plante mellifère abondamment butinée des abeilles, surtout à cause de l'abondante de production de pollen et pour la longue floraison (Reeb, 2010).

2. Données bibliographiques générales sur la *Lawsonia inermis*

2.1. Etude Botanique

Lawsonia inermis Linn, 1753 est une plante à la fois aromatique, rituelle et médicinale, appartient à la famille des Lythraceae connue également sous le synonyme de *Lawsonia alba* Lam. (1789) (Cardon, 2005).

2.1.1. Taxonomie et systématique

La classification botanique de *Lawsonia inermis* est résumée dans la figure 3 sous forme d'arbre phylogénique (figure 12) (ITIS, 2014).

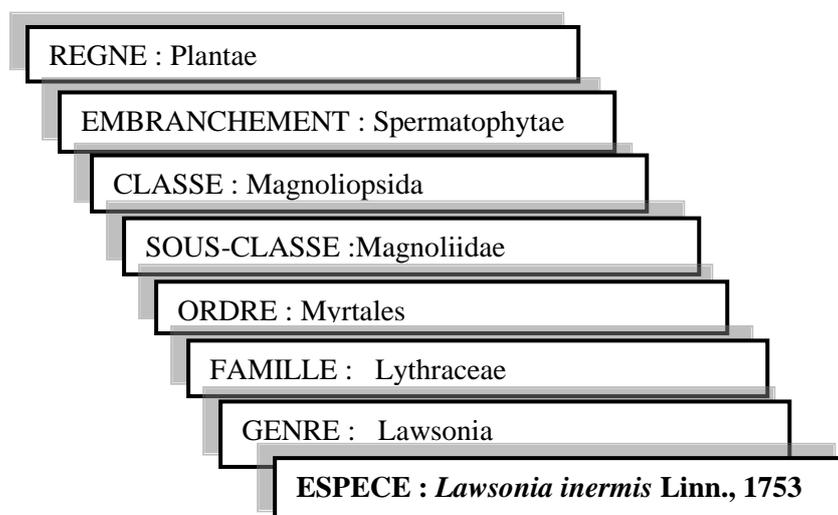


Figure 12 : Arbre phénologique de la classification taxonomique du henné.

2.1.2. Noms vernaculaires

Elle est appelée dans les pays arabophones par Al-henna, Hena, Iswan, Yoranna. Appelée henné en français et Cyperess- Shrub, Henna en anglais (Trivedi, 2006).

2.1.3. Description botanique

2.1.3.1. Caractères morphologiques

C'est une plante pérenne qui se présente sous forme d'un arbuste fortement ramifié, atteignant 6-12m de hauteur (Dweck, 2002 ; Rao et al.,2008). Les feuilles sont opposées décussées, simples entières et à pétioles courts. L'Inflorescence est en panicule terminale de grande taille, pyramidale, à nombreuses fleurs parfumées de couleurs blanchâtres ou rougeâtres. Le fruit est en forme de capsule globuleuse de 4-8mm de diamètre de couleur violet à verdâtre (figure 13) (Muhammad et Muhammad, 2005 ; Trivedi, 2006).

Le genre *Lawsonia* ne renferme qu'une seule espèce comprenant plusieurs cultivars dont ceux avec les petites feuilles connus pour leur qualité et efficacité (Cardon, 2005).



Figure 13 : *Lawsonia inermis* (originale)

2.1.3.2. Habitat et répartition géographique

Son origine est du moins inconnue, mais les données linguistiques rapportent qu'elle serait originaire d'Afrique du Nord ou du Sud Ouest d'Asie où elle pousse toujours à l'état sauvage. Elle se serait ensuite propagée vers l'Est de l'Asie jusqu'au en Inde et en Indonésiet vers l'Ouest jusqu'au Proche Orient où elle devint l'une des plantes phares de l'Islam. Actuellement on la rencontre partout dans les régions tropicales et subtropicales.

Le henné pousse dans des conditions de températures élevées (25°C en moyenne/jour) et de faible humidité de l'air. C'est une plante qui peut s'adapter à une large gamme de conditions. Elle se cultive dans les régions arides, mais on a pu également l'implanter et la naturaliser au niveau des lits de rivières temporairement inondés et les ripisylves, ainsi que sur les versant des collines et dans des crevasses jusqu'à 1350m d'altitude (Cardon, 2005).

2.2. Etude ethnobotanique

2.2.1. Propriétés et indications particulières

2.2.1.1. Données phytochimiques

Les plantes produisent différentes catégories de molécules bioactives, faisant d'elles une riche source pour la production de différents produits pharmaceutiques (Sukanya et al, 2009).

L'étude phytochimique de *Lawsonia inermis* a montrée une prédominance des constituants phénoliques (coumarines, flavonoïdes, naphthalène, dérivés d'acide gallique) (Siddiqui et al., 2003). Egalement, ses propriétés tinctoriales lui reviennent grâce à la présence des quinine (Fessenden et Fessenden, 1998).

2.2.1.2. Données pharmacologiques

Le henné entre dans la gamme des plantes dont les vertus ont été exploitées depuis l'antiquité en cosmétique pour la coloration des cheveux et la décoration des pieds et des mains. Le parfum des fleurs de henné est en grande partie limité à l'Egypte et au Nord de l'Inde (Ahmed et al, 2000 ;Cardon, 2005).

En médecine traditionnelle on lui a attribué le nom de « feuille du paradis » en raison de ses propriétés astringentes, antiseptiques et cicatrisante avec une action bactéricide et fongicide (Kluger et al., 2008). Ses extraits utilisés pour lutter contre les affections cutanées et les soins capillaires permettant de tuer efficacement les poux. En médecine arabe et indienne, des préparations qui sont essentiellement à base de feuilles, sont utilisées efficacement comme abortif et emménagogue (Cardon, 2005).

De nombreuses études ont prouvées le potentiel bioactif de l'henné avec son activité antiulcéreuse (Goswami et al, 2011), hypoglycémique et antihyperglycémique (Choubey et al, 2010), anthelminthique (Egual et Giday, 2009), inhibitrice de l'ostéoclastogénèse (Cuong et al, 2010), analgésiques et antipyrétiques, hépatoprotectrices, trypanocide, antitumorale et tuberculostatiques (Cardon, 2005), anticancéreuse (Ozaslan et al., 2009), vermifuge (Bairagi et al., 2011), immunomodulateur (Mikhaeil et al., 2004), antioxydative (Muhammad et Muhammad, 2005), antifertilité (Chaudhary et al, 2010) et des propriétés protectrices contre les rayonnements ultraviolets (Dweck, 2002).

2.2.1.3. Données biologiques

Connu pour de nombreuses propriétés, le henné est actuellement exploité pour ses potentialités pesticides.

Plusieurs travaux menés sur différents types d'extraits du henné afin de mettre en évidence son activité toxique contre plusieurs types de bioagresseurs.

2.2.1.3.1. Activité insecticide

Suleiman et al. (2012) et Arya et Tiwari (2013) ont mis en évidence la toxicité certaine de la poudre du henné sur les adultes et les formes juvéniles de deux redoutables charançons, le *Sitophilus oryzae* et *Sitophilus zeamais*, ainsi que son potentiel antifertilité sur ces deux insectes. Une étude menée sur une gamme de pucerons ravageurs, a permis de démontrer l'effet des extraits aqueux des feuilles du henné sur la réduction du taux d'infestation sur la plante hôte (Saju et al., 1998 in Prabhakaran Nair, 2011).

L'extrait éthanolique des feuilles du henné testé sur les larves de la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta*, a montré une toxicité peu significative ne dépassant pas les 32% (Nilahyane et al., 2012). Par contre, les extraits méthanoliques des parties aériennes de l'arbuste ont une activité larvicide sur l'*Anopheles stephensi* vecteur de la malaria (Khanavi et al, 2013).

Outtar et al. (2011) ont remarqué une nette diminution du taux de fécondité et de fertilité ainsi qu'une inhibition de l'exuviation chez les larves de deux orthoptères grégariaptés, *Schistocerca gregaria* et *Locusta migratoria*, suite à l'application directe des extraits brutes des feuilles de l'henné.

2.2.1.3.2. Activité molluscicide

Selon Singh et Singh (2001 in Trivedi, 2006) les poudres des parties aériennes de l'henné sont toxiques pour les deux espèces de mollusques choisies pour les tests, *Lymnaea acuminata* et *Indoplanorbis exustus*.

2.2.1.3.3. Activité acaricide

Al-yousuf et al. (2010) rapportent que les différents stades de développement du *Tertranychus urticae* présentent une sensibilité importante aux phénols extraits des feuilles du henné.

2.2.1.3.4. Activité nématocide

Les travaux de Kumari et al, (1986 in Trivedi, 2006) ont donné des résultats probants quant à l'effet toxique des extraits du henné sur le *Tylenchulus semipenetrans* et *Anguina tritic*,

Chaudhary et al., (2010) ont aussi rapporté que les exsudats racinaires de la plante du henné permettent une réduction hautement significative de l'indice de galle ainsi que du taux de fécondité chez le nématode à galles, *Meloidogyne incognita*.

2.2.1.3.5. Activité fongicide

Des études faisant appel à différents extraits des parties aériennes du henné, testés sur des souches de champignons à intérêt agronomiques, *Helminthosporium oryzae*, *Fusarium*

oxysporum, *Fusarium graminearum*, *Fusarium culmorum*, ont abouti à des résultats concluants, s'exprimant par l'inhibition de la germination des spores et de la croissance du mycelium (Natrajan et Lalitha Kumari,1984 in Trivedi, 2006 ; Trigui et al.,2008 ; Khandare et Salve,2009)

2.2.1.3.6. Activité bactéricide

La microfaune bactérienne phytopathogènes du sol, semble elle aussi sensible aux extraits du henné. En effet, Trigui et al., (2008) ainsi que Sukanya et al, (2009), ont démontré que les extraits aqueux, alcooliques et organiques de cette plante, inhibent efficacement la croissance du *Xanthomonas vesicatoria*, du *Ralstonia solanacearum* et aussi de l' *Agrobacterium tumefaciens* .

2.2.1.4. Autres données

La poudre des feuilles de cette plante est utilisée en cosmétique pour la teinture des cheveux, la coloration des pieds, des mains et autres parties du corps (Dweck, 2002; Rao et al., 2008).

a. Textile

Les travaux de Yusuf et al. (2012) indiquent que les extraits des feuilles de l' henné peuvent être appliqués sur les fils de laine afin de produire des vêtements et textile possédant des propriétés antimicrobiennes semi-durables.

b. Ornementation et usage domestique

Dans certaines régions, elle sert de plante ornementale ou haie, appréciée pour le parfum agréable de ses fleurs rappelant celui de la rose du thé. Le bois de l'henné utilisé pour le chauffage, la fabrication des piquets de tentes et des manches d'outils (Cardon, 2005).

3. Données bibliographiques générales sur le *Cuminum cyminum*

3.1. Etude Botanique

Le *Cuminum cyminum*, est l'une des plus importantes épices anciennement utilisées et actuellement valorisée pour son double intérêt économique et médicinale (Banerjee et Sarkar, 2003).Elle appartenant à la famille des Apiaceae (Ombellifères). Plusieurs synonymes lui sont attribués ; *Cuminum hispanicum* Bunge, 1852 ; *Cuminum odorum* Salisb., 1796 ; *Cuminum longinvolucellatum* St.-Lag., 1880 ; *Ligusticum cuminum* Crantz, 1767 ; *Luerssenia cyminum* (L.) Kuntze, 1891 ; *Selinum cuminum* E.H.L.Krause, 1904.

3.1.1. Taxonomies et systématiques

La classification botanique de *Cuminum cyminum* est résumée dans la figure 5 sous forme d'arbre phylogénique (figure 14) (<http://www.tela-botanica.org/>).

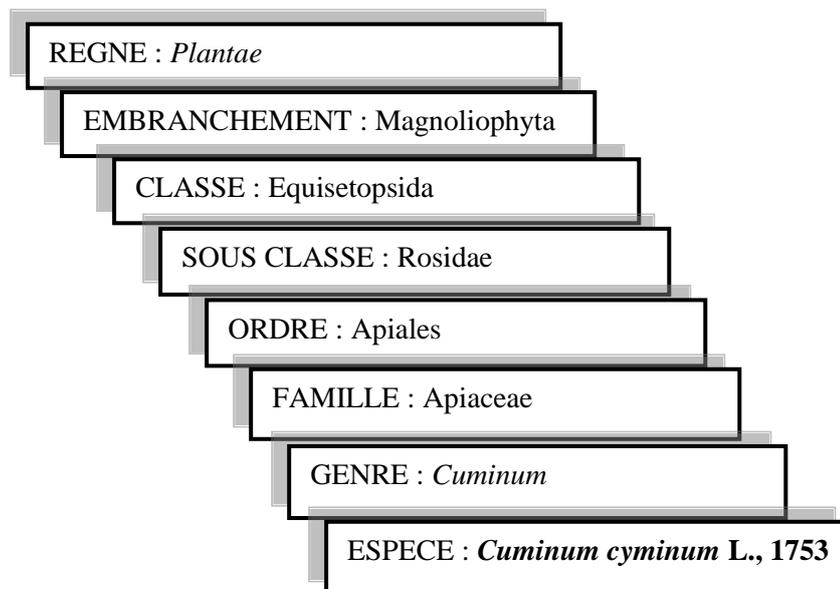


Figure 14 : Arbre phénologique de la classification taxonomique du cumin.

3.1.2. Noms vernaculaires

Appelée cumin en français et en anglais, ce mot est emprunté indirectement à l'arabe Kammon dérivant de l'espagnole comino (Zohary et Hopf, 2000).Egalement connu sous le nom de zeera, safaid jira, zirech-e sab, zira, kummel, kemon et kamun dans différentes régions du monde (Pruthi, 1998; Thippeswamy et Naidu, 2005; Preedy et al., 2011).

3.1.3. Description botanique

3.1.3.1. Caractères morphologiques

Cuminum cyminum est une petite plante herbacée annuelle, d'une hauteur de 15 à 50 cm, soutenue par une longue racine blanchâtre (Ghahreman, 1994). Elle peut s'affaisser sous son propre poids. (Attokaran, 2011 ; Gilly, 2005 ; Thippeswamy et Naidu, 2005),

Les feuilles sont parfumée, pennées (Bremness, 2002), de 5 à 10 cm de long (Ghahreman,1994 ; Daniel et Maria, 2000), les fleurs sont petites, rouge blanchâtres, composées en ombrelles, fleurissant en été (Bremness, 2002). Les fruits sont des schizocarpes (fruit sec), fusiformes et ovoïdes latéralement, appelés diakènes (figure 15) (Ghahreman, 1994 ; Daniel et Maria, 2000).

Les grains son en paires ou séparés dans les carpelles, d'une longueur de 3 à 6 cm, (Attokaran, 2011) de couleur vert marron à jaunâtre, de forme oblongue, épaisse au milieu, comprimés latéralement avec neuf fines crêtes de couleur brun jaunâtre, portant des sois. Ils présentent des caractéristiques aromatiques spécifiques (Zargari, 1994 ; Peter, 2003 *in* Preedy et al., 2011).



Figure 15: *Cuminum cyminum* (<http://www.henriettes-herb.com/>)

3.1.3.2. Habitat et répartition géographique

Le cumin est la seconde herbe la plus commercialisée dans le monde après le poivre noir. Originnaire de la méditerranée orientale, elle s'est étendue jusqu'en Inde. Les premières données archéologiques sur son utilisation remontent au second millénaire avant J.C en Syrie (Zohary et Hopf, 2000), vers le 6^{ème} millénaire avant J.C en Egypte antique (Gilly, 2005) où il a été retrouvé dans les anciennes pyramides (Attokaran, 2011), il est également connu dans l'ancienne Grèce et Rome. Originellement cultivée en Iran et dans les régions méditerranéennes, il a été introduite en Amérique par les colonisations espagnoles et portugaises (Preedy et al., 2011).

Le cumin est une plante de culture hivernale, elle pousse jusqu'à 1200 m d'altitude, en climat tempéré froid. Le plant peut résister jusqu'à -4°C à condition d'être abrité du vent. Le sol doit être profond, perméable et fertile (Gilly, 2005).

3.2. Etude ethnobotanique

3.2.1. Propriétés et indications particulières

Le cumin est utilisé depuis l'antiquité pour des fins culinaires, aromatiques ou thérapeutique dans le folklore de plusieurs pays du monde (Rechinger, 1981 ; Mozaffarian, 1996 ; Agarwal et al, 2010)

3.2.1.1. Données phytochimiques

La composition phytochimique des grains du cumin se révèle diversifiée, à l'état sec ils contiennent 7% d'humidité, 17% de fibres, 29% de carbohydrates, 4% de matière grasse, 18%

de protéines, 6% de cendres et 2 à 5% d'huile essentielle (Charles, 2012), ainsi qu'une quantité importante de caroténoïde (Berge et al., 2005).

Le métabolite secondaire bioactif principal est le cuminaldéhyde, qui est un aldéhyde aromatique relié au benzaldéhyde et au perillaldéhyde (Derakhshan et al, 2010; Attokaran, 2011). Il contient aussi d'autres constituants majoritaires ; le gamma-terpinene (terpène), le 2-methyl-3-phenyl-propanal, myrtenal et le glucopyranosides (Takayanagi et al, 2003 ; Jalali-Heravi et al, 2007).

Le cumin reste une épice des plus riches en constituants nutritifs comme le fer, le manganèse, le potassium, le zinc, le sélénium, plus de 18 acides aminés essentiels, les protéines et les acides gras non saturés. Il est également riche en vitamines, incluant la vitamine A, B, C et E (Preedy et al., 2011).

3.2.1.2. Données pharmacologiques

Selon les anciens grecs et romains, les grains de cumin présentent le symbole de la misère et de la cupidité. Dans plusieurs cultures le cumin a été utilisé pour la protection, l'exorcisme et pour la fidélité (Attokaran, 2011).

Les propriétés thérapeutiques et les actions pharmacodynamiques du cumin sont connues depuis l'antiquité. Toutefois, il aura fallu attendre le début du 20^{ème} siècle pour que les scientifiques commencent à s'y intéresser (Yano et al, 2006 ; Gachkar et al, 2007).

Les preuves scientifiques accumulées au sujet des épices, montrent qu'elles présentent souvent des propriétés médicales en allégeant les symptômes ou prévenir contre certaines maladies (Janahmadi et al., 2006) .

Johri (2011) a récemment rapporté que l'usage médicinal du cumin est répandu dans divers systèmes ethno-médicaux du nord Européen jusqu'aux régions méditerranéennes, Russie, Iran, Indonésie et l'Amérique du Nord, où il fut partie intégrante de leur médecine folklore.

Les infusions des grains de cumin ont longtemps été utilisées comme calmant, anti-inflammatoire, tonique digestif (Nostoro et al, 2005 ; Charles, 2012). Pour ces propriétés galactagogues, le cumin est administré aux femmes en post-partum, favorisant la production du lait maternel (Sowbhagya et al, 2008 ; Charles, 2012).

Plusieurs travaux, attestent de l'effet pharmacologique certain de différents extraits des grains du cumin.

Les huiles essentielles de cumin, montrent une activité antioxydante (De Martino et al., 2009 ; Thippeswamy et Naidu, 2005 ; Gachkar et al, 2007 *in* Charles, 2012) , hypoglycémiant, (Leporatti et Ghedira, 2009), immunologique, antiépileptique (Janahmadi et al, 2006), anti-tumorale (Zargari, 2001), analgésique (Khatibi et al., 2008 ; Koppula et al., 2009), anti-radicalaire (Gachkar et al., 2007), son effet anti-ostéoporotique (Gohari et Saeidnia, 2011). Il présente également une action immunostimulante contre les virus qui s'attaquent à la rate et au foie (Charles, 2012).

Malgré tous ses biens faits, le cumin peut provoquer des réactions allergiques pouvant dans certains cas conduire au choc anaphylactiques (Anliker et al, 2002 in Gardner et McGuffin, 2013).

3.2.1.3. Données agronomiques

Plusieurs travaux cités par Charles (2012) indiquent que les extraits de cumin, essentiellement son huile essentielle, présentent une importante activité larvicide, acaricide, antibactérienne et antifongique

Cette plante est exploitée dans le domaine vétérinaire et agricole pour le développement de certains médicaments (Yilmaz et Arslan, 1991 ; Sayyah et al, 2002).

3.2.1.3.1. Activité insecticide

Leur action insecticide contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées, démontée par les travaux de Ziaee et Moharrampour (2013) sur les adultes de *Sitophilus granarius* et de *Tribolium confusum*, et par ceux de Chaubey (2011) sur les adultes du *Sitophilus oryzae* agissant par inhibition de l'activité enzymatique de l'acétylcholinestérase.

Les potentialités répulsives des huiles essentielles de cumin contre *Bruchidius incarnatus* sont affirmées par Sabbour et E-Abd-El-Aziz (2010). L'activité biocide sur les œufs de *Tribolium castaneum* et *Ephestia kuehniella* ont été mis en évidence par Tunç et al (2000). En fin, Ho, 2001 rapporte que le cumin est larvicide pour le *Sitophilus oryzae* et le *Tribolium castaneum*

l'extrait organique des grains de cumin possède une activité toxique contre le *Sitophilus oryzae*, *Tribolium castaneum*, *Rhyzopertha dominica* (El-Lakwah et al, 2001).

Tunç et Shinkaya, (1998) ont aussi montré que l'huile essentielle de cumin est efficace comme fumigant contre le puceron de coton, *Aphis gossypii*, ainsi que le puceron vert de péché, *Myzus persicae*.

La poudre de cumin et son huile essentielle agissent efficacement contre les termites de l'espèce *Microcerotermes gabriles* (Thamer, 2008)

Park et al. (2008) ont aussi mis en exergue l'activité larvicide de l'huile essentielle de cumin contre la mouche des champignons industrialisés *Lycoriella ingenua* (Dufour).

3.2.1.3.2. Activité nématocide

Des tests in vitro menés sur l'espèce *Meloidogyne javanica* en utilisant l'extrait aqueux des grains de cumin ont montrés une activité inhibitrice sur l'éclosion des œufs de l'espèce (Abbas et al., 2009)

Plus tard, Sadeghi et al. (2012) ont démontrés que les extraits de cumin influent significativement sur le développement larvaire et la fécondité de cette dernière.

3.2.1.3.3. Activité acaricide

Les travaux de Fetoh et Al-Shammery (2011) sur l'acarien du palmier dattier, *Oligonychus afrasiaticus* Meg., ont démontrés que les extraits éthanoliques du cumin présentent un effet ovicide, répulsif, ainsi qu'une action significative sur la reproduction et l'alimentation de cet acarien.

Les vapeurs de ses huiles essentielles induisent une mortalité hautement significative sur le *Tetranychus cinnabarinus* sous serre (Tunç et Shinkaya, 1998)

3.2.1.3.4. Activité bactéricide

Les travaux menés par Zargari (1994), ont permis de mettre en évidence l'activité bactéricide de l'huile essentielle de cumin sur des bactéries phytopathogènes appartenant au genre *Clavibacter*, *Curtobacterium*, *Rhodococcus*, *Erwinia*, *Xanthomonas*, *Ralstonia* et *Agrobacterium* et une faible activité contre le genre *Pseudomonas*.

3.2.1.4. Autres données

Les extraits des grains de cumin essentiellement les huiles essentielles sont utilisés en cosmétique (savon, teinture pour cheveux, etc.), dans l'industrie de parfumerie (Rita et al., 2012). et également dans la fabrication des produits ménagés comme les détergents (Sayyah et al., 2002).



Partie Expérimentale





Chapitre I

Matériels et Méthode



Dans l'optique du récent intérêt grandissant pour le développement d'insecticides d'origine végétal comme alternatives aux insecticides chimiques, les extraits aqueux des feuilles de l'*Inula viscosa* (Asteraceae), *Lawsonia inermis* (Lythraceae) et des graines de *Cuminum cyminum* (Apiaceae) ont été testés contre les adultes de *Sitophilus oryzae* et de *Tribolium castaneum* suivant une méthodologie détaillée dans ce qui va suivre.

1. Matériel technique

1.1. Instruments et appareillage

1.1.1. Matériel d'élevage

Le matériel d'élevage utilisé pour l'expérimentation est constitué de bocaux cylindriques en verre de 9,5 cm de diamètre et de 11,5 cm de hauteur avec une capacité de 250 ml, d'une toile à fines mailles de type moustiquaire pour l'aération du milieu tout en empêchant les insectes de sortir des bocaux et enfin d'une étuve thermostatée

1.1.2. Matériel pour la réalisation des bioessais

Le matériel utilisé est constitué de :

- Boîtes de Pétri en verre de 9 cm de diamètre et 1,5 cm de hauteur, des piluliers en plastique de 4 cm de diamètre et 6,5 cm de hauteur.
- Papier filtre de type Wattman n° 3 de 9 cm de diamètre,
- Agitateur horizontal magnétique, entonnoirs, de la mousseline et un erlenmeyer pour la filtration.
- Micropipette de capacité 10-1000 µl, et des pipettes de 10 ml et de 1 ml,
- Gants fins en caoutchouc et un masque simple lors de la manipulation des produits chimiques.
- Balance de précision ($d = 0,0001$ g) pour la pesée des produits et du matériel biologique.
- Broyeur, une spatule pour la prise des poudres, des tamis fins de 1 mm de 2 mm et de 4 mm diamètre, Une pince souple pour la prise des insectes.
- Loupe binoculaire et loupe stéréoscopique.

2. Produit chimique

Nous avons choisi pour notre étude le Chlorpyrifos-éthyle (figure 16) dans le but de confronter le degré l'efficacité d'un insecticide de synthèse à celui des extraits aqueux naturels des plantes sélectionnées.



Figure 16 : Produit insecticide utilisé pour les différents tests biologiques (originale).

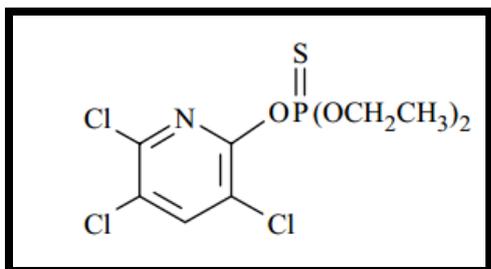
Nom systématique : Chlorpyrifos-éthyle

IUPAC : O,O-diethyl O-3,5,6-trichloro-2-pyridyl phosphorothioate

Famille chimique : Organo-phosphorés

Formule moléculaire brute : $C_9H_{11}Cl_3NO_3PS$

Structure chimique développée:



Masse moléculaire : 322,53

Activité biologique principale : Insecticide

Nom commercial : Alphychlore 48 EC

Formulation courantes : concentré émulsifiable contenant 480 g/l de Chlorpyrifos-éthyle (utilisé pour nos testes), poudre mouillable à 25%, granules à 3%, 5% et 10, poussières à 3% et granulés microfines 3%.

Méthode d'application: Vaporisation

Etat physique : Liquide jaune pâle

Odeur : Forte odeur caractéristique

Densité : 1,67 g/ml

Point d'ébullition : 360°C

Point de fusion : 45,5 à 46,5 °C

Point d'inflammabilité : Difficilement inflammable

Pression de vapeur à 25°C: 3 mPa

Solubilité (g/100g à 23°C) : ,

- Faiblement soluble dans l'eau à 0,0004

- Facilement soluble dans la plus part des solvants organiques et modérément soluble dans les alcools

Acétone	640
Benzène	520
Carbone disulfure	430
Chloroforme	330
Ethanol	30
Hexane	23

Stabilité: Stable dans les conditions normales de stockage. La demi-vie dans l'eau à un pH de 8 est de moins de neuf jours à 25 ° C et trois jours à 35 ° C. Il est hydrolysé plus rapidement à un pH plus élevé. Subit une photo-décomposition rapide à la lumière UV.

Mode de pénétration : C'est un insecticide qui présente une action persistante par contact, ingestion et inhalation en affection le fonctionnement normal du système nerveux.

Applications : Le Chlorpyriphos-éthyle est utilisé pour éliminer les coléoptères, les diptères, les homoptères et les lépidoptères présents au niveau des cultures fruitière, maraichère et céréalière (champs et stocks) ainsi qu'en forêt.

Toxicité : C'est un produit qui présente une faible toxicité pour les mammifères. En cas de forte exposition, il devient corrosif provoquant des irritations oculaires et cutanées ainsi que des troubles respiratoires (tableau 6).

Tableau 6 : Toxicité du Chlorpyriphos-éthyle selon différents modes de pénétration.

	Toxicité aigüe	Toxicité moyenne	Faible toxicité	Très faible toxicité
DL50 ingestion	≤ 50mg/kg	>50-500mg/kg	>500-5000mg/kg	>5000mg/kg
CL50 inhalation	≤ 0,5mg/l	>0,05-0,5mg/l	>0,005-2mg/kg	> 2mg/l
DL50 contact	≤ 200mg/kg	>200-2000mg/kg	>2000-5000mg/kg	>5000mg/kg

Phytotoxicité: Ce produit est non-phytotoxique pour la plupart des espèces de plantes lorsque les instructions d'emploi sont respectées.

3. Matériel biologique

3.1. Matériel végétal

Pour la réalisation de notre étude, nous avons expérimenté trois plantes connues pour leurs propriétés aromatiques et pharmacologiques : *Inula viscosa*, *Lawsonia inermis*, *Cuminum cyminum*.

Les spécimens ont été identifiés au département botanique de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie El-Harrach (tableau 7).

Tableau 7: Présentation du matériel biologique végétale exploité

Nom scientifique	Nom commun	Partie de la plante exploitée	Lieu de prélèvement
<i>Inula viscosa</i>	Inule visqueuse	Feuilles	Région d'Alger (ouest)
<i>Lawsonia inermis</i>	Henné	Feuilles	Région du Sud (Adrar)
<i>Cuminum cyminum</i>	Cumin	Fruits	-

Pour le Henné et l'Inule visqueuse, le matériel végétal exploité pour la réalisation des tests est récolté au même stade phénologique à savoir le stade feuillaison, un choix qui est fait en fonction de la période à laquelle nous avons effectué nos essais. Egalement, les feuilles sont plus facilement exploitable par rapport aux racines ou aux écorces.

Concernant le Cumin vu que c'est une plante condimentaire, la partie exploitée est le fruit récolté probablement au stade de maturation du fruit.

3.2. Matériel entomologique

Dans le but d'étudier les propriétés insecticides des extraits aqueux des plantes sélectionnées, nous avons choisi deux principaux ravageurs des denrées stockées : *Sitophilus oryzae* représentant la classe des ravageurs primaires et le *Tribolium castaneum* représentant la classe des ravageurs secondaires.

L'ensemble des opérations suivies dans l'expérimentation ont été réalisées au niveau du laboratoire de biologie animale du département zoologie agricole de l'E.N.S.A

3.2.1. Identification des insectes ravageurs

Nous avons travaillé sur du blé tendre infesté fourni par l'Institut Technique des Grandes Cultures (I.T.G.C) El-Harrach.

Après tamisage, nous avons séparé les insectes récupérés par ressemblance morphologique à l'aide d'une pince entomologique, puis identifiés sous loupe binoculaire. L'identification consiste à classer chaque insecte rencontré, en déterminant sa famille, son genre et, si possible, son espèce. Pour ce faire, nous nous sommes inspirés de Lepesme (1944), Weidner et Rack, 1984 et Delobel et Tran, 1993.

Les différents spécimens identifiés sont listés ci-dessous :

-*Tribolium castaneum*

Tribolium confusum

-*Sitophilus granarius*

-*Sitophilus oryzae*

- *Rhizopertha dominica*

- *Oryzaephilus surinamensis*

- *Plodia interpunctella*

3.2.2. Elevage

Les deux espèces de coléoptères qui intéressent notre étude ont été isolées, il s'agit de *Sitophilus oryzae* et de *Tribolium castaneum*. Le choix de ces deux ravageurs est fait sur la base de l'importance des dégâts qu'ils occasionnent au niveau des stocks et pour la facilité d'élevage et de manipulation de ces derniers au laboratoire. L'élevage est conduit comme suite :

3.2.2.1. Le charançon du riz (*Sitophilus oryzae* L.)

Après identification nous avons constitué une population initiale de *Sitophilus oryzae* destinée à un élevage en masse pour plusieurs générations dans des conditions de laboratoire.

Des individus adultes placés dans des bocaux en verre, contenant du blé tendre sain non traité (*Triticum aestivum*, variété HD 1220), que nous avons recouvert par la suite par un tissu à mailles fines pour l'aération. Les bocaux conservés à l'obscurité dans un incubateur à $25^{\circ}\text{C}\pm 2$ et $70\pm 5\%$ d'humidité relative maintenue grâce à une solution saturée de chlorure de sodium (Wiston et Bates 1960). Après 2 semaines d'infestations nous avons retiré les adultes de la population initiale des bocaux.

Pour nos expériences, nous avons réalisé des tamisages réguliers (1jour/2) afin de récupérer les jeunes adultes non sexés, âgés de 5 à 10 jours post-émergence. Tous les bioessais ont été conduits dans les mêmes conditions d'élevage.

3.2.2.2. Le tribolium rouge de la farine (*Tribolium castaneum* Herbst)

Après identification nous avons constitué une population initiale de *Tribolium castaneum* destinée à un élevage en masse pour plusieurs générations dans des conditions de laboratoire.

Des individus adultes ont été placés dans des bocaux en verre contenant un milieu d'élevage composé à 95% de farine commerciale et à 5% de levure de bière, ensuite recouverts par un tissu à mailles fines pour l'aération. L'élevage a été conduit dans l'obscurité dans un incubateur à $30^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$; 60-65% d'humidité relative, maintenue en utilisant une solution saturée de chlorure de sodium (Wiston et Bates 1960). Après 2 semaines d'infestations nous avons retiré les adultes des bocaux.

3.2.3. Technique de sexage

Afin d'obtenir des adultes vierges, nous avons procédé au sexage de l'insecte au stade nymphal (Ho, 1969).

Par tamisage régulier du milieu de culture (1 jour/2) (figure 17), les nymphes ont été récupérées à l'aide d'une pince souple en suite examinées sous loupe binoculaire (x40).



Figure 17 : Nymphes et adultes du *T. castaneum* retenus avec le tamis (originale).

En se basant sur les principaux critères de dimorphisme sexuel chez les nymphes il a été possible de séparer les nymphes mâles des nymphes femelles (voir Parti I, Chapitre 3), maintenues par la suite individuellement selon les conditions adéquates d'élevage. Les adultes émergeant âgés de 5 à 10 jours ont été utilisés pour nos bioessais.

4. Méthode expérimentale

4.1. Préparation des extraits aqueux

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

La première étape consiste à la récolte des plantes et le broyage de la partie choisie pour l'extraction.

Les feuilles récoltées de l'inule visqueuse et du henné nettoyées à l'eau courante au laboratoire puis mises à sécher sous l'ombre à l'air libre. Par contre, les fruits de cumin ont été achetés à l'état sec.

Chaque matériel végétal des différentes plantes ainsi déshydraté, a été broyé séparément à l'aide d'un mixeur électrique le transformant en fine poudre. Cette dernière, a été conservée dans des flacons hermétiques, maintenus à l'abri de la lumière et de l'humidité pour usage ultérieur.

La seconde étape consiste à mélanger les poudres dans l'eau distillée pour obtenir des suspensions d'extraits végétaux aqueux.

Nous avons réalisé des séries de tests à blanc sur les deux ravageurs choisies ceci dans le but de cadrer au mieux les gammes de doses à réaliser.

A la suite de ça nous avons préparé quatre dilutions pour chaque extrait suivant une progression géométrique de raison 2 et ce dans les proportions suivantes : D1 : 0,25 : 1 (m/v), D2 : 0,5 : 1 (m/v), D3 : 1 : 1(m/v), D4 : 2 : 1(m/v), (*m= masse, v= volume), correspondant respectivement aux concentrations suivantes : 2,5%, 5%, 10%, 20%

La suspension a été passée sous agitation magnétique pendant 24 heures afin de l'homogénéiser. Le mélange obtenu est ensuite filtré en premier temps sur de la mousseline puis sur du papier Wattman afin d'enlever les particules solides. Les filtras recueillis maintenues pendant 72 heures en réfrigération pour favoriser la décantation, à la suite de laquelle le surnageant est récupéré et conservé dans des fioles à visse et protégé par du papier aluminium à l'abri de la lumière (figure 18).

4.2. Préparation du produit chimique (insecticide)

Le choix des doses tient compte des doses d'homologation ainsi que des tests préalables effectués sur le matériel biologique ciblé. Les doses utilisées pour les différents tests sont consignées dans le tableau 8.

Pour cette étude, nous avons testé quatre doses inférieures à la dose d'utilisation afin de déterminer l'efficacité de l'insecticide sur les insectes sélectionnés.

Tableau 8: Différentes doses utilisées lors des tests contact, inhalation et ingestion

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

5. Mode opératoire

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

5.1. Dispositif expérimental

L'expérimentation a été menée dans un dispositif complètement aléatoire avec 6 répétitions pour chaque dilution de chaque extrait aqueux et d'insecticide ainsi que pour les témoins.

Les bioessais menés au cours de l'expérimentation nous ont permis d'évaluer l'action directe (toxicité) et indirecte (fécondité et fitness des femelles) des différents extraits aqueux et insecticide sur les deux ravageurs.

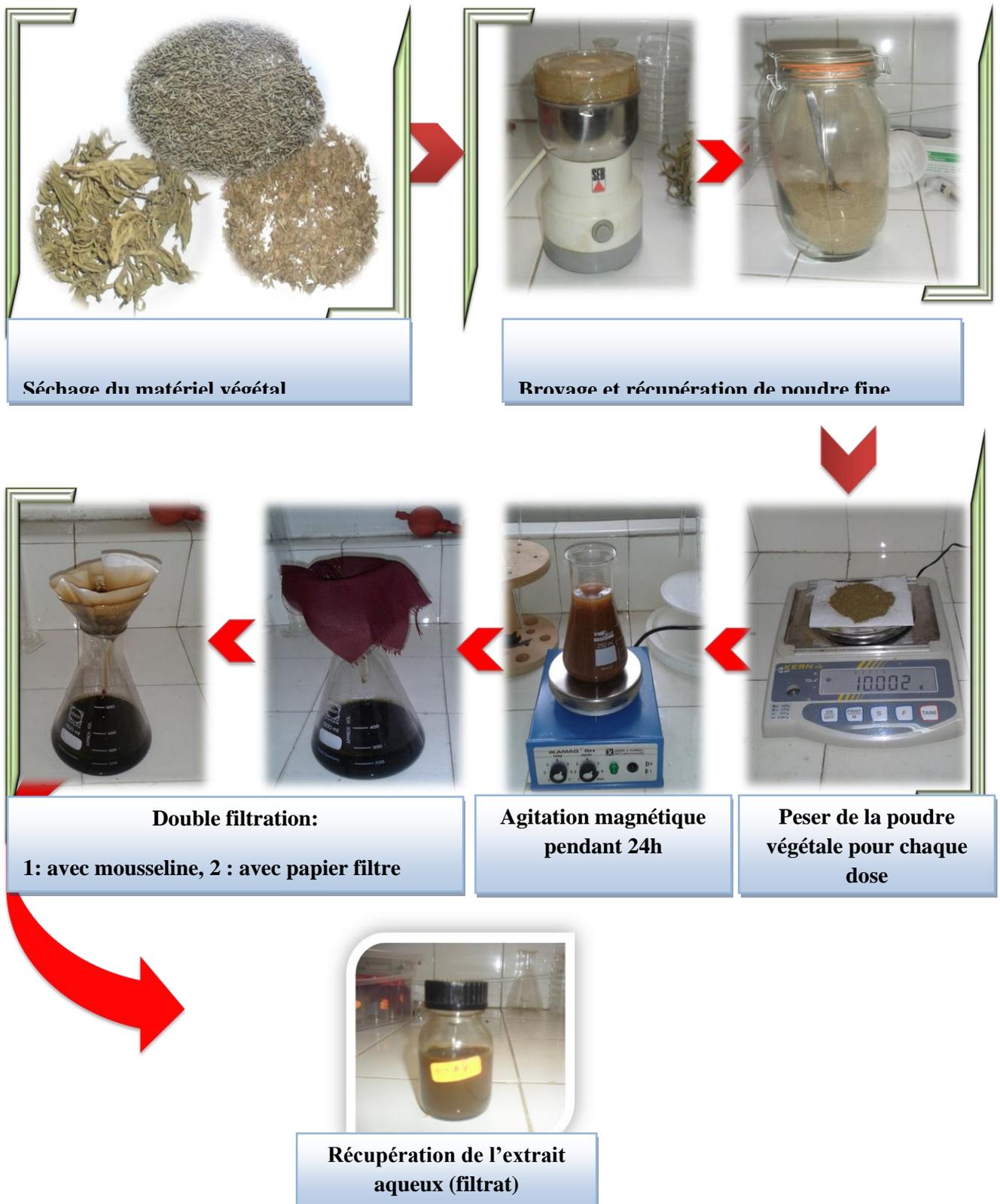


Figure 18 : Schéma descriptif de l'ensemble des étapes suivies pour l'obtention des extraits aqueux des différentes plantes sélectionnées.

5.1.1. Evaluation de l'effet biocide

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

5.1.1.1. Bioessais de toxicité par contact

L'évaluation de la toxicité par contact des extraits aqueux ainsi que de l'insecticide est déterminée par application directe sur du papier Wattman (Salunke et al, 2005) (figure 19).

L'unité expérimentale considérée est des boîtes de Pétri. Nous avons introduit au fond de chaque boîte un papier Wattman préalablement imbibé avec 1ml de la dilution correspondante et laissé sécher à l'air libre pendant 30 minutes. Les tests témoins menés dans des boîtes de Pétri contenant du papier Wattman traité uniquement avec de l'eau distillée ou de l'acétone. Nous avons considéré les insectes testés comme morts s'ils ne présentent aucun mouvement lorsque nous les touchons avec un pinceau fin.

Nous avons placé séparément 20 adultes non sexés de *Sitophilus oryzae* et de *Tribolium castaneum* dans des boîtes de Pétri que nous avons en suite recouvertes par une moustiquaire maintenue fermement avec un élastique et étuvées dans des conditions de température et d'humidité constantes pour toute la durée de l'expérimentation.

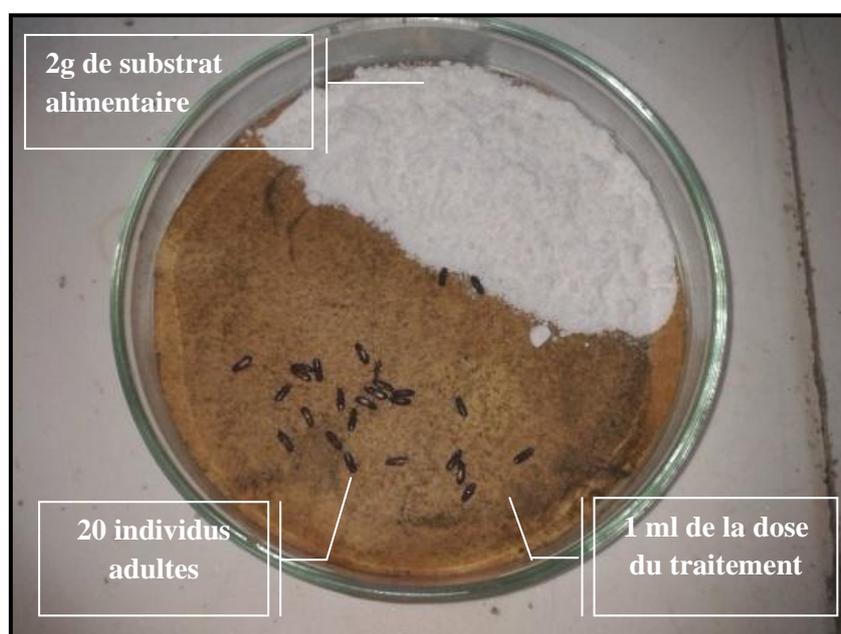


Figure 19 :Bioessais par contact

5.1.1.2. Bioessais de toxicité par inhalation

L'évaluation de la toxicité des extraits aqueux par inhalation est déterminée par la méthode de l'air saturé (figure 20) (Zoubiriet Baaliouamer, 2011).

Nous avons considéré comme unité expérimentale des piluliers, à l'intérieur desquels on a placé séparément 20 adultes non sexés de *Sitophilus oryzae* de *Tribolium castaneum*.

Nous avons par la suite recouvert l'ouverture des piluliers avec une moustiquaire au dessus de laquelle nous avons déposé un papier Wattman de 4 cm de diamètre préalablement imbibé avec 0,5 ml de la dilution correspondant et laissé sécher à l'air libre pendant 30 minutes ; ceci afin d'éviter le contact entre insectes et papier filtre. Les tests témoins menés dans des piluliers surmontés de papier Wattman traité uniquement avec de l'eau distillée ou de l'acétone.

Enfin nous avons fermé hermétiquement les piluliers dans le but de saturer le milieu avant de les placer à l'étuve dans des conditions de température et d'humidité constantes pour toute la durée de l'expérimentation.

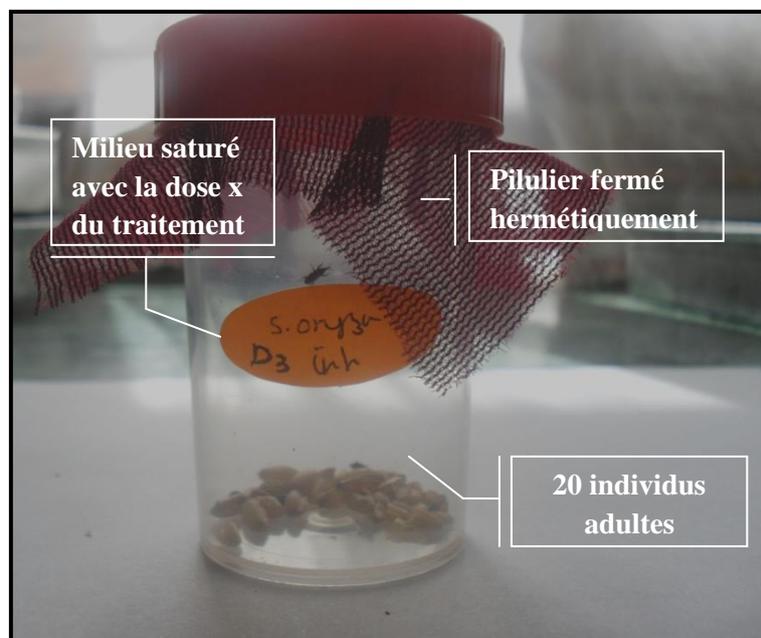


Figure 20: Bioessais par inhalation.

5.1.1.3. Bioessais de toxicité par ingestion

L'évaluation de la toxicité des extraits aqueux par ingestion est déterminée par la méthode des graines reconstituée décrite par Huang et al. (1999) en apportant quelques modifications (figure 21).

Nous avons préparées des graines reconstituées à partir d'une suspension d'extrait aqueux pour chaque plante ou d'insecticide dans de la farine commerciale à raison de 12g pour 18 ml et ce pour chaque concentration. Pour les témoins nous avons suivie les mêmes proportions

pour la préparation des graines reconstituées avec uniquement une suspension d'eau distillée ou d'acétone et de la farine commerciale.

Nous avons déposé par la suite les graines dans une étuve réglée à 40°C pendant 24heurs afin de faire évaporer le solvant.

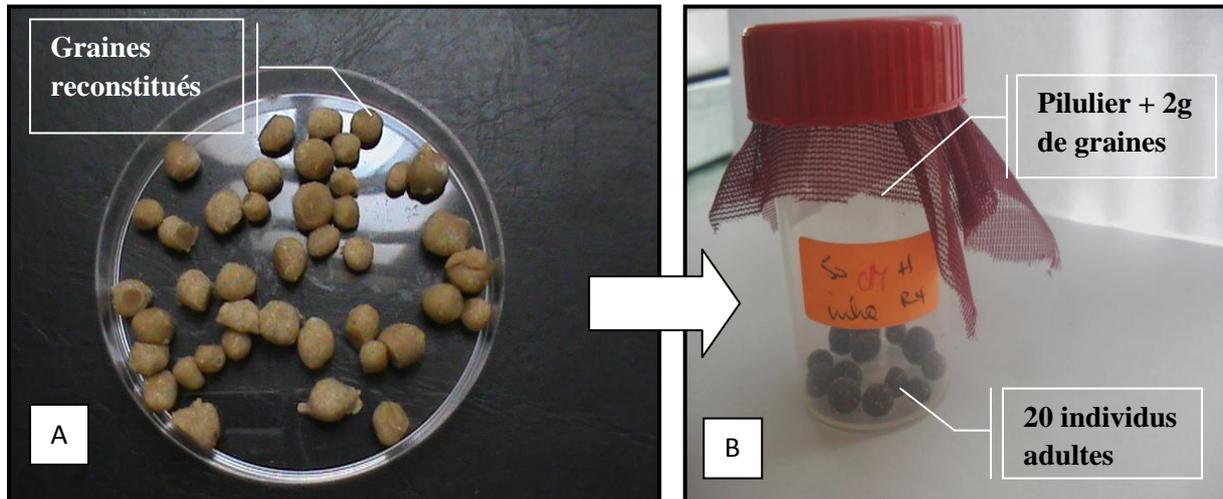


Figure 21: Bioessais par ingestion : A : Confection des grains reconstitués, B : Mise en place des insectes.

Nous avons considéré comme unité expérimental des piluliers dans les quels nous avons déposés 2g de graines reconstituées par répétition de chaque lot de concentration donnée.

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

5.1.2. Exploitation des résultats

5.1.2.1. Correction de la mortalité

Le nombre d'individus démontrés morts dans les populations des lots traités ne reflète pas le nombre réel d'individus tués par traitement l'extrait aqueux ou l'insecticide. En effet, dans toute population existe une mortalité naturelle qui vient s'ajouter à la mortalité provoquée par le traitement administré. Les pourcentages de mortalités doivent être corrigés.

La formule de Schneider et la table des Probits permettent de corriger la mortalité, cela équivaut à un changement de variable (Ramade, 2007):

$$\% MC = [M_2 - M_1 / 100] \times 100$$

%MC : Le pourcentage de mortalité corrigée (nouvelle variable)

M2 : Le pourcentage de mortalité dans la population traitée

M1 : Le pourcentage de mortalité dans la population témoin

5.1.2.2. Calcul de l'efficacité

L'efficacité des différents traitements se détermine en utilisant deux manières :

-Estimation de la DL50 qui correspond à la dose létale qui donne une mortalité de 50%, déduite graphiquement à partir de la droite de régression des Probits correspondant aux pourcentages des mortalités corrigées en fonction des logarithmes des doses de traitement qui est représentative de la fonction $y = f(x)$ où y représente la mortalité à un temps constant en fonction des doses croissantes représentées graphiquement par x_1, x_2, x_3 et x_4 .

-Estimation de la TL50 qui correspond au temps létal qui donne une mortalité de 50% d'individus exposés à une dose ou à une concentration déterminée (Ramade, 2007), déduite graphiquement à partir de la droite de régression des Probits correspondant aux pourcentages des mortalités corrigées en fonction des logarithmes des temps de traitement qui est représentative de la fonction $y = f(t)$, où y représente la mortalité à une dose constante en fonction de temps croissants représenté graphiquement par $t_1, t_2, t_3 \dots t_n$

5.2. Evaluation de l'effet indirecte

5.2.1. Effet post-traitement sur le potentiel reproducteur de *T. castaneum*

La méthode consiste à répartir par nombre équivalent de 10 femelles et de 10 mâles de *T. castaneum* en trois groupes pour chaque mode de pénétration, nous avons marqué les mâles en noir pour les distinguer des femelles.

5.2.1.1. Bioessais par contact

Nous avons placé plusieurs couples vierges de *T. castaneum* dans une boîte de Pétri tapissé de papier Wattman traité avec 1ml de la dilution correspondant à l'extrait aqueux et insecticide, en ajoutant par la suite 5 g de substrat alimentaire non traité. Les tests témoins menés dans des boîtes de Pétri contenant du papier Wattman traité uniquement avec de l'eau distillée ou de l'acétone.

5.2.1.2. Bioessais par inhalation

Nous avons placé plusieurs couples vierges de *T. castaneum* dans des piluliers contenant 5 g de substrat alimentaire, surmontés de papier Wattman traité avec la dilution correspondant pour chaque extrait aqueux et insecticide refermés par la suite hermétiquement. Les tests témoins menés dans des piluliers surmontés de papier Wattman traité avec de l'eau distillée ou acétone.

5.2.1.3. Bioessais par ingestion

Nous avons disposé plusieurs couples vierges de *T. castaneum* dans des piluliers contenant 5 g de graines reconstituées correspondant à une dilution donnée pour chaque extrait aqueux et insecticide. Les tests témoins menés dans des piluliers contenant 5g de graines reconstitués traités uniquement avec de l'eau distillée ou de l'acétone.

Après 6 jours d'exposition aux différents traitements (contact, inhalation et ingestion), nous avons retiré les mâles et les femelles que nous avons réparti par la suite individuellement au nombre de 10 dans des boîtes de Pétri contenant 2g de milieu alimentaire. Le suivie des pontes de ces femelles est effectué sur une période de 6 jours durant laquelle nous avons réalisé des recensements journaliers des œufs pondus. Au cours de la manipulation nous avons remplacé les femelles mortes par des femelles vivantes préalablement traitées pour les mêmes périodes d'expositions, ceci dans le but d'obtenir des résultats homogènes.

Nous avons conservé à l'étuve les œufs pondus ainsi récupérés dans l'ensemble des tests dans des conditions optimales d'élevage, pour un suivie régulier, jusqu'à observation de l'émergence des adultes de la descendance F1. Nous avons orienté les données recueillies de manière à faire ressortir l'influence des différentes variantes prises en compte lors de ce test sur le succès reproducteur des femelles (fitness des femelles), nous avons mis en évidence les aspects suivants :

- L'effet du traitement sur la fécondité des femelles représenté par le rapport du nombre d'œufs pondus/le nombre de femelles mises à pondre. L'estimation du taux de réduction dans l'oviposition est réalisée suivant la formule décrite par Sabbour (2013) :

$$\text{Taux de réduction \%} = [(100 - N_{tr}) / N_t] * 100.$$

Où :

N_{tr} : Nombred'œufs pondus au niveau du lot traité.

N_t : Nombre d'œufs pondus au niveau du lot témoin.

- L'effet du traitement sur le taux d'éclosion des œufs, déterminée comme étant le pourcentage du premier stade larvaire ayant éclos à partir d'un nombre connu d'œufs dit également le taux d'éclosion de la F1 (Park et. al., 1961 in Gaur et Rao, 1993).
- L'effet du traitement sur le pourcentage de réduction de la fertilité des femelles ou le taux d'inhibition (IR%) calculé selon la méthode décrite par Su (1989) :

$$\%IR = [(C_n - T_n) * 100] / C_n$$

Où : C_n : Le nombre des nouveaux émergents dans les lots témoins

Tn : Le nombre des nouveaux émergents dans les lots traités

6. Analyses statistiques des données

Pour exploiter pleinement les résultats obtenus, il est indispensable de recourir à une méthode statistique qui permet d'une part de tracer empiriquement des diagrammes à partir des valeurs numériques obtenue et d'autre part d'évaluer le degré de signification du test pour ce fait nous avons eu recours au logiciel STATISTICA 7.0.

Lorsque le problème est de savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les paramètres pris en compte, il est préconisé de réaliser une analyse de variance. Dans les conditions paramétriques (ANOVA pour ANalysis Of VAriance), la distribution de la variable quantitative doit être normale. Dans certains cas, une transformation logarithmique a été nécessaire afin de normaliser cette distribution. Dans les cas où plusieurs facteurs sont en jeu, il peut arriver que toutes les interactions entre facteurs ne soient pas pertinentes à tester. Nous avons alors utilisé le modèle linéaire global (G.L.M.), par exemple si on désire connaître l'effet des facteurs A, B et C il suffit de sélectionner explicitement ces 4 catégories.

L'analyse de variance à un facteur contrôlé ou ANOVA a pour objectif de tester l'effet d'un facteur sur une variable aléatoire continue. Ceci revient à comparer les moyennes de plusieurs populations normales et de même variance à partir d'échantillons aléatoires et indépendants les uns des autres. Chaque échantillon est soumis ou correspond à une modalité de ce facteur. Le terme ANOVA indique que la comparaison multiple de moyennes correspond en faite à la comparaison de deux variances.



Chapitre II

Résultats et Interprétation



1. Evaluation de la toxicité directe sur les adultes de *S. oryzae* et de *T. castaneum*

Les résultats des bioessais portant sur l'efficacité des extraits végétaux et de l'insecticide vis-à-vis des adultes de *S. oryzae* et de *T. castaneum* sont consignés dans les tableaux 9 et 10 pour les tests contact, les tableaux 12 et 13 pour les tests inhalation et enfin les tableaux 15 et 16 pour les tests ingestion.

L'analyse de la variance à un critère de classification (GLM) révèle qu'il n'existe aucune différence significative entre les mortalités enregistrées chez les populations de *T. castaneum* et celles de *S. oryzae* ($F=0,087$; $P=0,767725$). Par contre, il existe une différence très hautement significative pour les facteurs : Traitement ($F=139,450$; $P=0,0000$), mode de pénétration ($F=36,967$; $P=0,0000$) ainsi que la dose employée ($F=73,466$; $P=0,0000$).

L'analyse de la variance à deux critères de classification (ANOVA) révèle que seule l'interaction des facteurs Mode de pénétration-Dose employée ($F=3,814$; $P=0,0008$) et Traitement- Mode d'application ($F=7,244$; $P=0,0000$) qui influent de façon significative sur les fluctuations des mortalités au niveau des différents essais.

1.1.Evaluation de l'activité insecticide par contact des différents extraits aqueux et de l'insecticide

1.1.1. Fluctuation des mortalités pour les différents traitements contact

Les données du tableau 9 montrent que les extraits aqueux des plantes aromatiques testées présentent un effet toxique par traitement contact sur les deux insectes ravageurs étudiés à leur stade adulte à des degrés variables.

Tableau 9 : Mortalité corrigée de *Sitophilus oryzae* et de *Tribolium castaneum* traités avec les extraits aqueux et insecticide par effet contact.

Traitement Extrait aqueux	Dose (mg/ml)	Mortalité corrigée (%)	
		<i>S. oryzae</i>	<i>T. castaneum</i>
Extrait aqueux <i>L. inermis</i>	0,25	11,97	7,83
	0,5	30,77	20,01
	1	66,67	47,83
	2	89,74	79,13
Extrait aqueux <i>C. cuminum</i>	0,25	17,95	16,53
	0,5	44,44	33,05
	1	69,23	73,91
	2	86,32	100,00
Extrait aqueux <i>I.viscosa</i>	0,25	24,79	2,62
	0,5	40,17	23,48
	1	63,25	43,48
	2	83,76	65,22

Sur le tableau 10, sont consignées les mortalités enregistrées pour les traitements par le Chlorpyriphos-éthyle, un effet hautement toxique est obtenu par contact et ce pour les deux insectes étudiés.

Tableau10 : Mortalité corrigée de *Sitophilus oryzae* et de *Tribolium castaneum* traités avec l'insecticide par effet contact.

Insecticide	Dose (µl/ml)	Mortalité corrigée (%)	
		<i>S. oryzae</i>	<i>T. castaneum</i>
Chlorpyriphos-éthyle	0,06	40,00	61,86
	0,12	62,61	72,88
	0,24	85,22	86,44
	0,48	100,00	100,00

Pour un temps global d'exposition de 24 jours, les plus faibles doses (0,25 et 0,5 mg/ml) ne permettent pas d'atteindre 50% de mortalité chez *S. oryzae* ainsi que chez *T. castaneum* et ce pour l'ensemble des traitements aux extrait végétaux. Quand au Chlorpyriphos-éthyle à la dose la plus faible (0,06 µl/ml) une mortalité de plus de 50% est atteinte chez la population de *T. castaneum*, le même résultat est obtenu pour *S. oryzae* qu'à partir de la dose 0,12 µl/ml.

A la plus forte dose (2mg/ ml), l'extrait de Cumin a permis de neutraliser plus de 86% des adultes de *S. oryzae*, mieux encore avec un contrôle total des adultes de *T. castaneum*. Concernant les deux autres extraits, ils se sont montré légèrement plus toxiques sur les adultes de *S. oryzae* que sur ceux de *T. castaneum* atteignant respectivement des taux de mortalité de plus de 89% et 79% pour le traitement à base d'extrait de Henné et enfin plus de 83% et 65% pour le traitement à l'Inule visqueuse.

Pour les traitements insecticide, les mortalités au niveau des deux insectes s'équilibre à partir de la dose 0,24 µl/ ml, arrivant à la dose maximale (0,48 µl/ml) on constate une élimination totale des adultes chez les deux coléoptères.

1.1.2. Estimation des DL50 pour les tests contact

L'estimation des doses létales à 50% pour les tests par contact sur *S. oryzae* et *T. castaneum* sont rapportés dans les figures 22 et 23.

Le calcul des DL50, montre des corrélations positivement significatives entre le taux de mortalité corrigée et la concentration de l'extrait aqueux ou de l'insecticide utilisé ($r \geq 0,9$) et ce dans l'ensemble des cas exposés.

Les DL50 enregistrées pour *S. oryzae* décroissent dans l'ordre suivant : 0,7 mg/ml pour l'extrait du *L. inermis*, 0,62 mg/ml pour l'extrait de l'*I. viscosa* et enfin 0,61 mg/ml pour l'extrait de *C. cyminum*.

De même, les DL50 enregistrées pour le *T. castaneum* se classent dans l'ordre suivant 1,22 mg/ml pour l'extrait de l'*I. viscosa*, 0,99 mg/ml pour l'extrait de *L. inermis* et enfin 0,51 mg/ml pour l'extrait de *C. cyminum*.

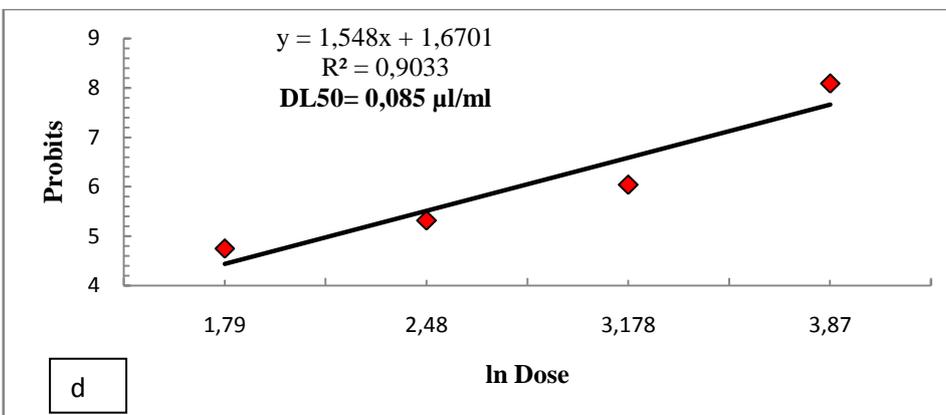
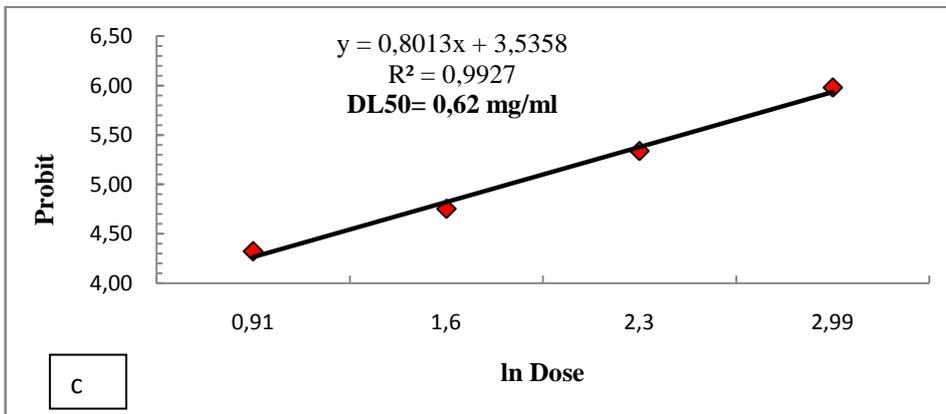
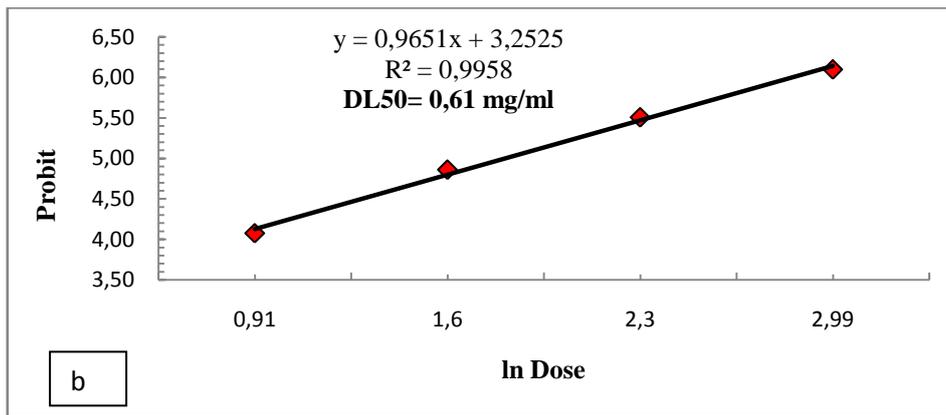
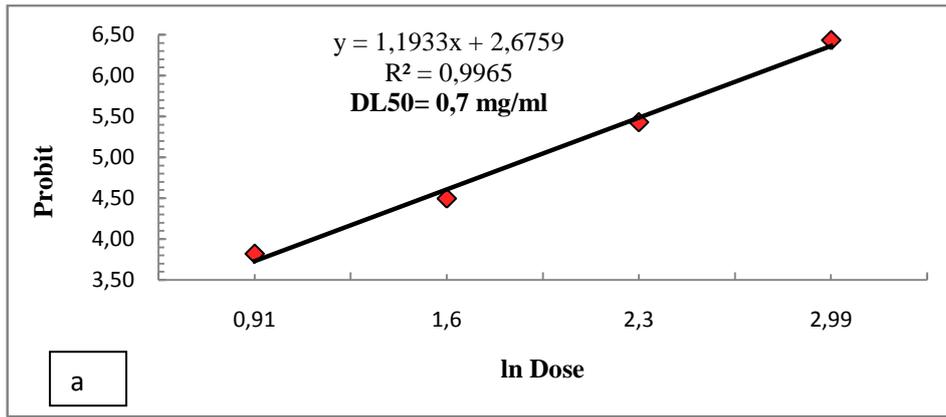


Figure 22: Efficacité des extraits aqueux vis-à-vis les adultes de *S. oryzae* par traitement contact (a : Henné ; b : Cumin ; c : Inule visqueuse ; d : Chlorpyrifos-éthyle).

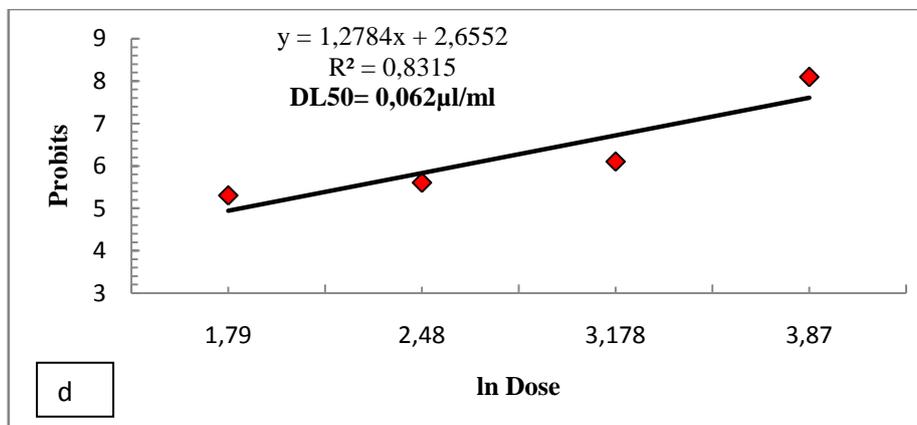
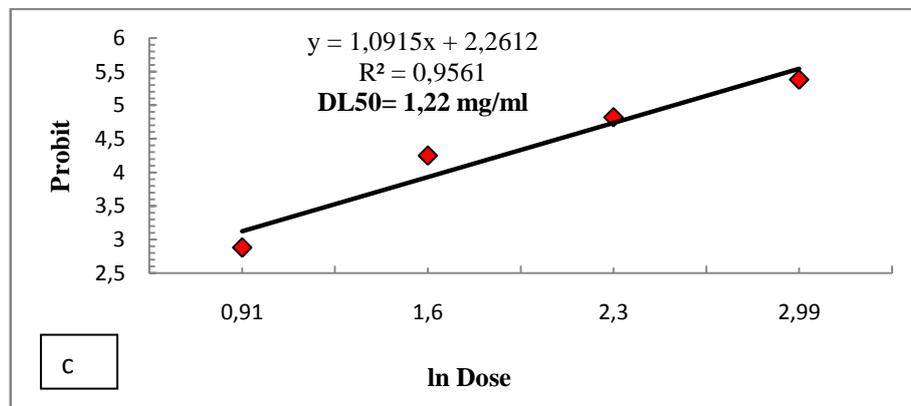
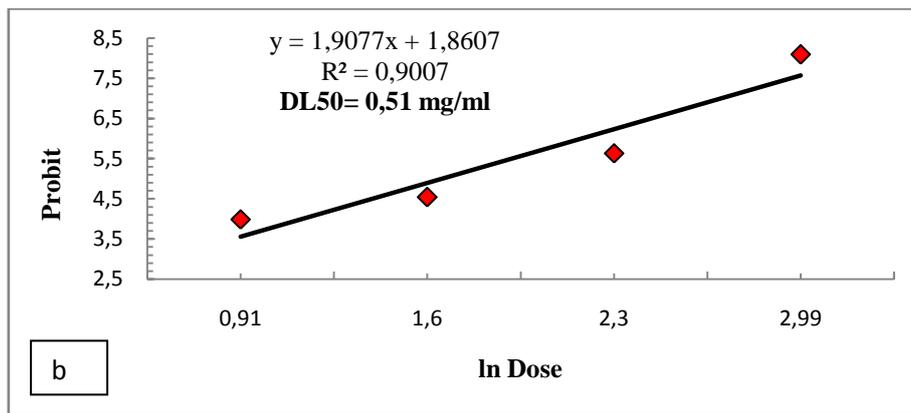
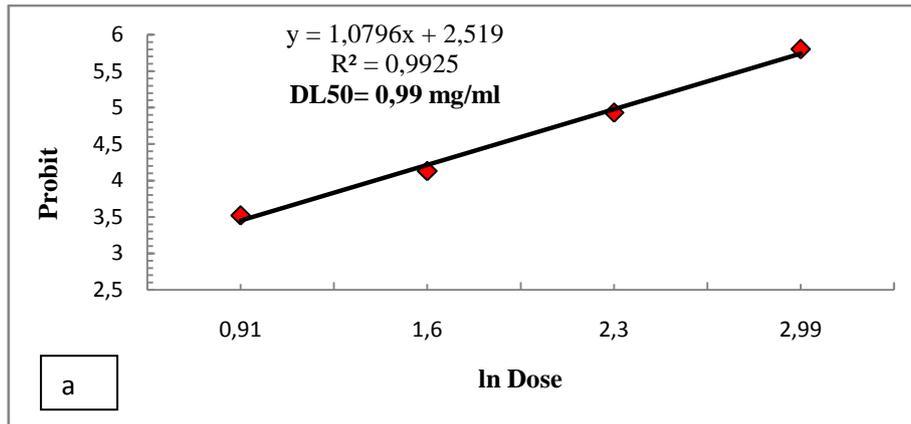


Figure 23 : Efficacité des extraits aqueux vis-à-vis les adultes de *T. castaneum* par traitement contact (a : Henné ; b : Cumin ; c : Inule visqueuse d ; Chlorpyriphos-éthyle).

On constate ainsi que pour les bioessais par contact, les DL50 les plus basses pour les deux ravageurs testés sont enregistrés pour les traitements par extrait aqueux de Cumin avec une toxicité plus marquée pour le *T. castaneum*. Un même constat pour le Chloropyrifos-éthyle dont la DL50 enregistrée pour les adultes de *T. castaneum* est la plus basse ayant pour valeur 0,062 µl/ml alors qu'elle est de 0,085 µl/ml pour les adultes de *S. oryzae*.

L'indice de sensibilité permet une classification des DL50 obtenues en fonction de la toxicité des traitements utilisés pour les deux ravageurs (Tableau 11).

Tableau 11 : Susceptibilité comparée entre les deux insectes ravageurs soumis aux différents traitements par contact.

Extrait aqueux	Les adultes des coléoptères cibles		Susceptibilités comparées
	<i>S. oryzae</i>	<i>T. castaneum</i>	
<i>L. inermis</i>	0,7	0,99	1,41
<i>C. cyminum</i>	0,61	0,51	1,19
<i>I.viscosa</i>	0,62	1,22	1,96
Insecticide	0,085	0,062	1,37

La toxicité la plus élevée est obtenue avec le Cumin pour les deux ravageurs, dont la susceptibilité est de 1,19 fois supérieure pour les adultes de *T. castaneum*, inversement pour le Henné et l'Inule visqueuse dont la susceptibilité est respectivement de l'ordre de 1,41 fois et 1,96 fois supérieure pour les adultes de *S. oryzae*. Pour l'insecticide l'écart est plutôt marqué avec une susceptibilité plus prononcée pour le *T. castaneum*.

Concluons ainsi que par mode de pénétration cuticulaire les traitements à l'insecticide présentent un degré de toxicité bien plus supérieure à celui des extraits aqueux. L'extrait de Cumin reste le plus efficace par rapport aux autres extraits végétaux, ceci dû probablement au fait que le Cumin renferme des composés plus toxiques que les deux autres plantes contre les deux coléoptères avec effet plus toxique sur le *T. castaneum* concordant avec l'insecticide.

1.2. Evaluation de l'activité insecticide par inhalation des extraits aqueux et de l'insecticide

1.2.1. Fluctuation des mortalités pour les différents traitements

Les résultats consignés dans le tableau 12 montrent que les traitements par inhalation avec les extraits végétaux présentent une toxicité faible à moyenne.

On distingue à partir des résultats obtenus que les taux de mortalité augmentent progressivement avec les doses. Pour ces mêmes doses, les deux insectes ciblés présentent des différences de sensibilité aux trois extraits aqueux et à l'insecticide utilisés.

Tableau 12 : Mortalité corrigée de *Sitophilus oryzae* et de *Tribolium castaneum* traité avec les extraits aqueux et de l'insecticide par inhalation.

Extrait aqueux	Dose (mg/ml)	Mortalité corrigée (%)	
		<i>S. oryzae</i>	<i>T. castaneum</i>
<i>L. inermis</i>	0,25	0,84	3,42
	0,5	6,72	14,53
	1	9,24	22,22
	2	31,93	43,59
<i>C. cyminum</i>	0,25	1,68	5,13
	0,5	6,72	12,82
	1	14,29	35,90
	2	23,53	50,43
<i>I. viscosa</i>	0,25	2,52	1,71
	0,5	10,08	11,11
	1	20,17	20,51
	2	26,89	32,48

L'action hautement toxique du Chlorpyriphos-éthyle par inhalation est démontrée par les données du tableau 13 qui rapporte les mortalités obtenues chez le tribolium rouge de la farine et le charançon du riz.

Tableau 13: Mortalité corrigée de *Sitophilus oryzae* et de *Tribolium castaneum* traités avec l'insecticide par effet inhalation.

Insecticide	Dose (µl/ml)	Mortalité corrigée (%)	
		<i>S. oryzae</i>	<i>T. castaneum</i>
Chlorpyriphos-éthyle	0,05	66,95	70,94
	0,1	77,12	79,49
	0,2	91,53	89,74
	0,4	100,00	100,00

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

Quant au Chlorpyriphos-éthyle, il présente une forte toxicité permettant d'éliminer à la plus faible dose utilisée (0,05 µl/ml) plus de 60% des individus traités chez les deux insectes. Les taux de mortalités augmentent progressivement avec les doses jusqu'à élimination totale des populations traitées à la dose 0,4 µl/ ml.

D'une façon générale les taux de mortalité pour la même dose ne varient que peu d'un extrait aqueux à l'autre, les plus élevés s'enregistrent chez *T. castaneum* qui est donc le plus sensible aux extraits par inhalation.

1.2.2. Estimation des DL50 pour les tests inhalation

L'estimation des doses létales à 50% pour les tests par inhalation sur le *S. oryzae* et le *T. castaneum* sont rapportés dans les figures 24 et 25.

Le calcul des DL50, montre des corrélations positivement significatives entre le taux de mortalité corrigée et la concentration de l'extrait aqueux ou de l'insecticide utilisé ($r \geq 0,9$) et ce dans l'ensemble des cas exposés.

Les DL50 enregistrées pour *S. oryzae* sont de l'ordre de 5,27 mg/ml pour l'extrait de *C. cyminum*, 4,3 mg/ml pour l'extrait de *I. viscosa* et enfin 3,39 mg/ml pour l'extrait de *L. inermis*. En contre partie, les DL50 enregistrées pour le *T. castaneum* se classent dans l'ordre suivant ; 3,1 mg/ml pour l'extrait de l'*I. viscosa*, 2,48 mg/ml pour l'extrait de *L. inermis* et enfin 1,82 mg/ml pour l'extrait du *C. cyminum*.

Pour l'insecticide les DL50 calculées sont de l'ordre de 0,041 µl/ml pour *T. castaneum* et 0,045 µl/ml pour *S. oryzae*. Les deux ravageurs présentent donc un même degré de sensibilité à l'insecticide utilisé.

L'indice de sensibilité permet une classification des DL50 obtenues en fonction de la toxicité des traitements utilisés pour les deux ravageurs (tableau 14).

Tableau 14 : Susceptibilité comparée entre les deux insectes ravageurs soumis aux différents traitements par inhalation.

Extrait aqueux	DL50 sur les adultes des coléoptères cibles		Susceptibilités comparées
	<i>S. oryzae</i>	<i>T. castaneum</i>	
<i>L. inermis</i>	3,39	2,48	1,36
<i>C. cyminum</i>	5,27	1,82	2,89
<i>I. viscosa</i>	4,30	3,1	1,38
Insecticide	0,045	0,041	1,09

C'est au niveau des traitements à base d'extrait de Cuminque l'écart des DL50 entre les deux ravageurs est le plus important, avec une susceptibilité comparée de près de 3 fois supérieure pour les adultes de *T. castaneum*. Un même résultat est obtenu avec les deux autres extraits, cependant avec des susceptibilités de 1,36 et 1,38 fois supérieure concernant les traitements à l'extrait aqueux du Henné et de l'Inule visqueuse.

Quant à l'insecticide c'est toujours le *T. castaneum* qui semble le plus sensible avec 1,09 fois supérieure par rapport au *S. oryzae*, une différence de sensibilité moins importante en comparaison à celles calculées pour les extraits aqueux.

Nous concluons que pour cette étude, les essais menés par inhalation sur les deux insectes ravageurs présente des résultats peu concluants ce qui laisse suggérer que l'activité neurotoxique de l'extrait aqueux est très faible dû probablement à la faible présence des métabolites volatiles à activité insecticide dans l'extrait aqueux inversement à l'insecticide chimique qui est très volatile.

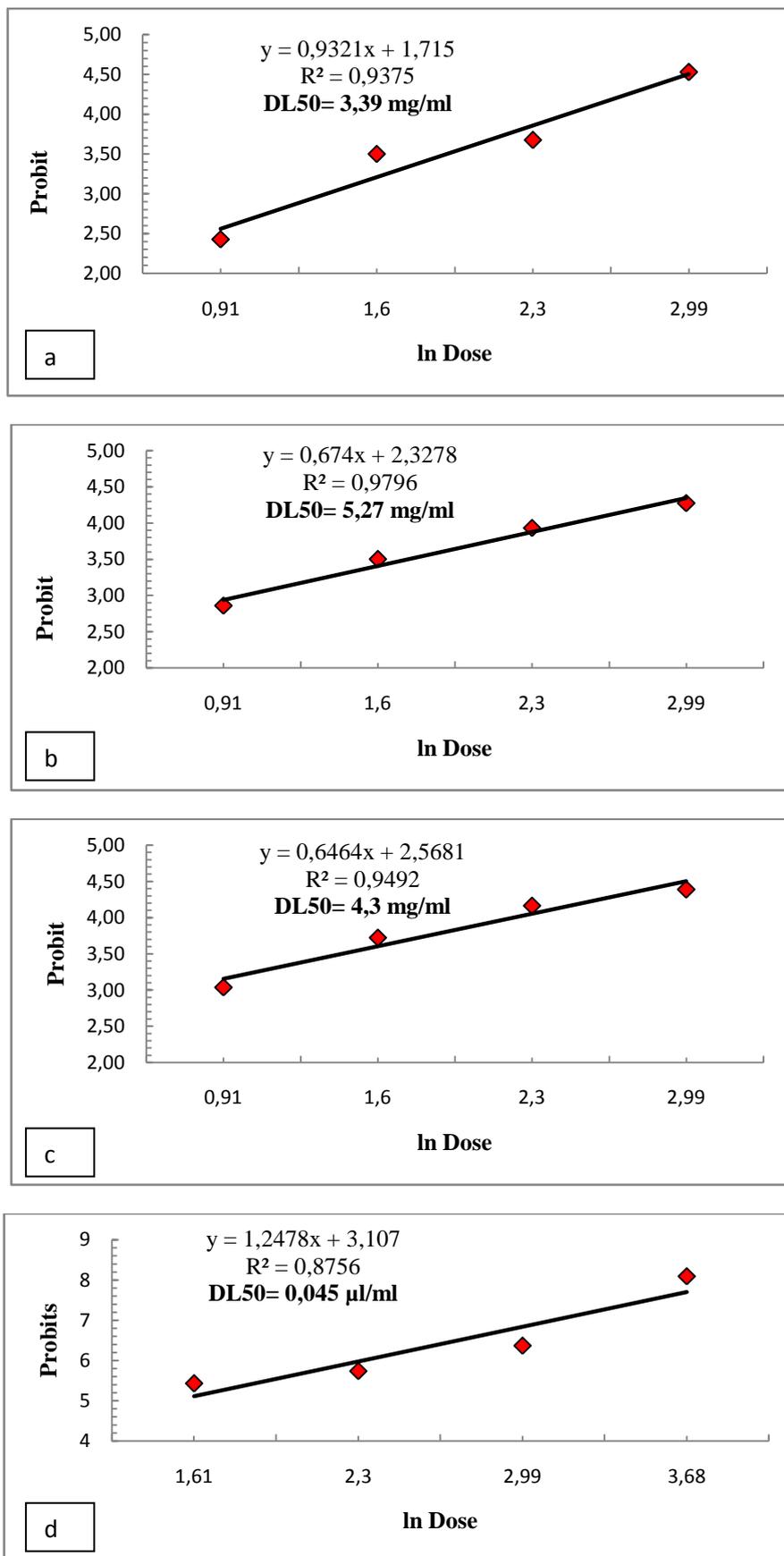


Figure 24: Efficacité des extrait aqueux vis-à-vis les adultes de *S. oryzae* par traitement inhalation (a : Henné ; b : Cumin ; c : Inule visqueuse ; d : Chlorpyriphos-éthyle).

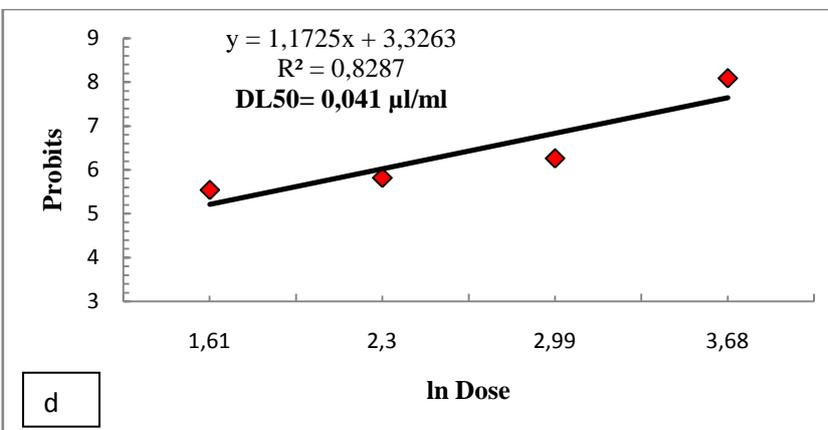
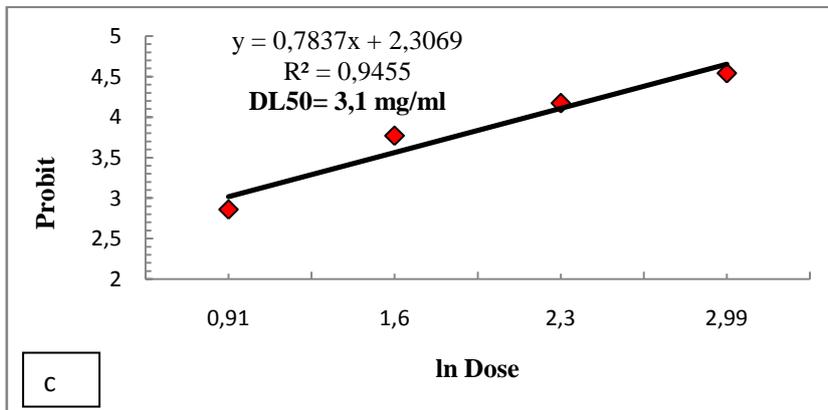
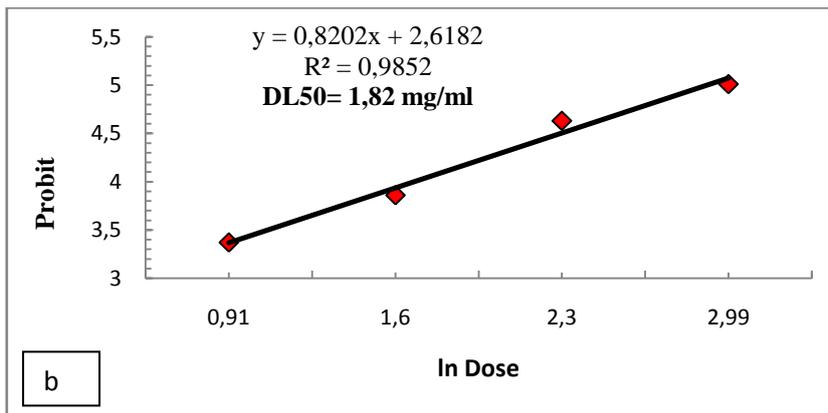
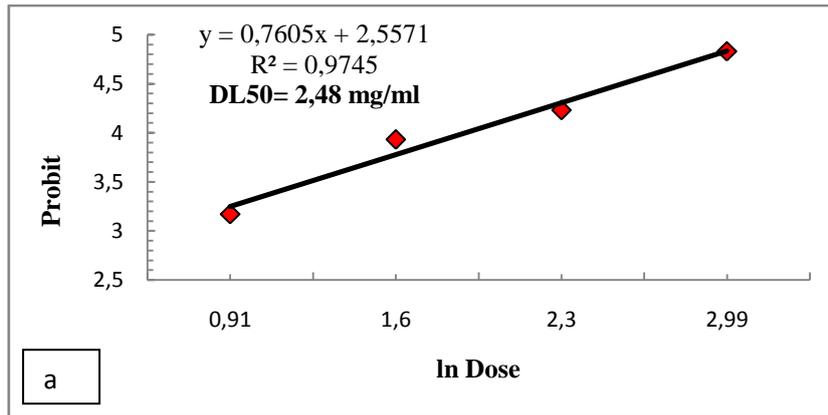


Figure 25: Efficacité des extrait aqueux vis-à-vis les adultes de *T. castaneum* par traitement inhalation (**a** : Henné ; **b** : Cumin ; **c** : Inule visqueuse ; **d** : Chlorpyriphos-éthyle).

1.3. Evaluation de l'activité insecticide par ingestion des extraits aqueux et de l'insecticide

1.3.1. Fluctuation des mortalités pour les différents traitements

Les données du tableau 15 mettent en exergue la toxicité par ingestion vis-à-vis des deux bioagresseurs. Les taux de mortalité sont proportionnels aux doses testées. Pour ces mêmes doses, les deux insectes étudiés présentent des différences de sensibilité plus au moins nettes aux trois extraits aqueux utilisés et à l'insecticide.

Tableau 15: Mortalité corrigée de *Sitophilus oryzae* et de *Tribolium castaneum* traité avec les extraits aqueux par ingestion.

Extraits aqueux	Dose (mg/ml)	Mortalité corrigée (%)	
		<i>S. oryzae</i>	<i>T. castaneum</i>
Extrait aqueux <i>L. inermis</i>	0,25	0,85	1,73
	0,5	2,56	17,24
	1	23,93	22,42
	2	40,17	32,76
Extrait aqueux <i>C. cyminum</i>	0,25	8,55	4,31
	0,5	13,68	24,14
	1	39,32	33,62
	2	48,72	42,24
Extrait aqueux <i>I. viscosa</i>	0,25	4,27	0,87
	0,5	12,82	8,62
	1	25,64	22,42
	2	36,75	38,80

Les données de mortalité obtenues suite à l'application du Chlorpyriphos-éthyle par la méthode de la graine reconstituée sont rapportées dans le tableau 16, pour un temps d'exposition de 24 heures des mortalités hautement significatives sont atteintes sur l'ensemble des doses choisies.

Tableau 16: Mortalité corrigée de *Sitophilus oryzae* et de *Tribolium castaneum* traité avec l'insecticide par ingestion.

Insecticide	Dose (µl/ml)	Mortalité corrigée (%)	
		<i>S. oryzae</i>	<i>T. castaneum</i>
Chlorpyriphos-éthyle	0,02	59,17	59,66
	0,04	73,33	77,31
	0,08	85,83	84,87
	0,16	98,33	95,80

Les taux de mortalité corrigée enregistrées pour chaque insecte n'atteignant pas les 50% pour l'ensemble des doses testées avec les différents extraits. A la plus forte dose (2 mg/ml) les mortalités varient entre plus de 36 % à plus de 48% chez le *S. oryzae* et entre plus de 32% à

plus de 38% chez le *T. castaneum*. On considère donc que les extraits de Cumin et de Henné sont légèrement plus toxiques par ingestion pour le *S. oryzae*, inversement l'Inule visqueuse se révèle plus efficace sur le *T. castaneum* à la même dose.

De même que pour les tests contact et inhalation, le Chlorpyrifos-éthyle s'est révélé très toxique par ingestion pour les deux ravageurs des denrées stockées expérimentés. En effet, des mortalités de plus de 59% sont atteintes chez les deux ravageurs à la plus faible dose (0,02 µl/ml), augmentant progressivement avec l'augmentation des doses jusqu'à atteindre plus de 95% de mortalité chez *T. castaneum* et plus de 98% de mortalité chez *S. oryzae* à la dose la plus forte (0,16 µl/ml)

1.3.2. Estimation des DL50 pour les tests ingestion

L'estimation des doses létales à 50% par ingestion sur *S. oryzae* et *T. castaneum* sont rapportés dans les figures 26 et 27.

Les DL50 les plus basses obtenues pour les deux insectes avec les traitements à base d'extrait de Cumin avec des valeurs de 1,88 mg/ml et de 2,1 mg/ml respectivement pour *S. oryzae* et *T. castaneum*. L'extrait de l'Henné montré une DL50 plus importante chez le *T. castaneum* (2,92 mg/ml) que chez le *S. oryzae* (2,16 mg/ml) inversement pour l'extrait de l'Inule visqueuse avec respectivement des DL50 de l'ordre 2,14 mg/ml et 2,96 mg/ml.

Le calcul des DL50, montre des corrélations positivement significatives entre le taux de mortalité corrigée et la concentration de l'extrait aqueux utilisé ($r \geq 0,9$) et ce dans l'ensemble des cas exposés.

Pour l'insecticide la DL50 sur les adultes de *S. oryzae* est la plus basse avec comme valeur 0,014 µl/ml alors qu'elle est de 0,018 µl/ml sur les adultes de *T. castaneum*. De ce fait, nous concluons que le *S. oryzae* est le plus sensible au Chlorpyrifos-éthyle par ingestion.

L'indice de sensibilité permet une classification des DL50 obtenues en fonction de la toxicité des extraits utilisés pour les deux ravageurs (tableau 17).

Tableau 17 : Susceptibilité comparée entre les deux insectes ravageurs soumis aux différents traitements par ingestion

Extrait aqueux	DL50 sur Les adultes des coléoptères cibles		Susceptibilités comparées
	<i>S. oryzae</i>	<i>T. castaneum</i>	
<i>L. inermis</i>	2,16	2,92	0,74
<i>C. cyminum</i>	1,88	2,1	1,11
<i>I. viscosa</i>	2,96	2,14	1,38
Insecticide	0,014	0,018	1,28

La toxicité par ingestion la plus élevée est obtenue avec l'extrait de Cumin dont la susceptibilité est de 1,11 fois supérieure pour les adultes du *S. oryzae* par rapport à ceux du *T. castaneum*. Egalement pour l'extrait de Henné la susceptibilité est de 0,74 fois supérieure

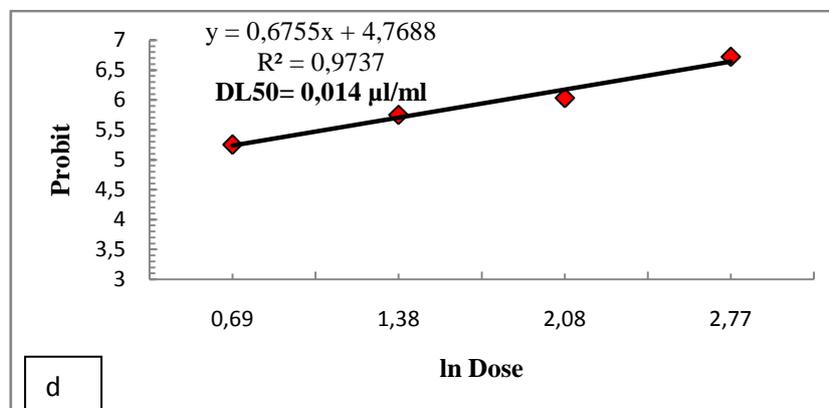
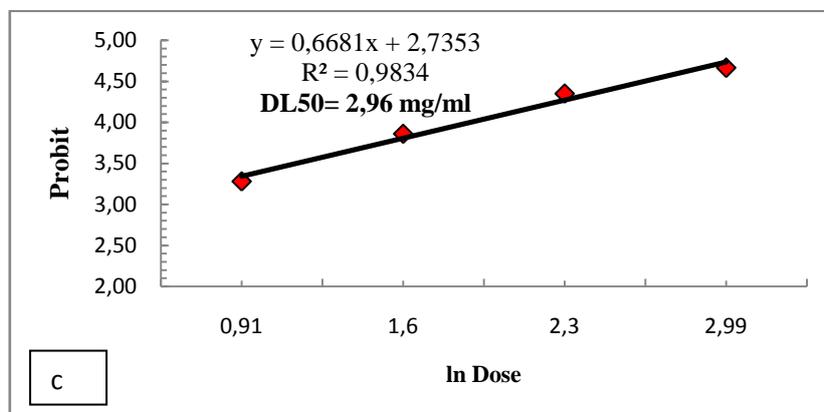
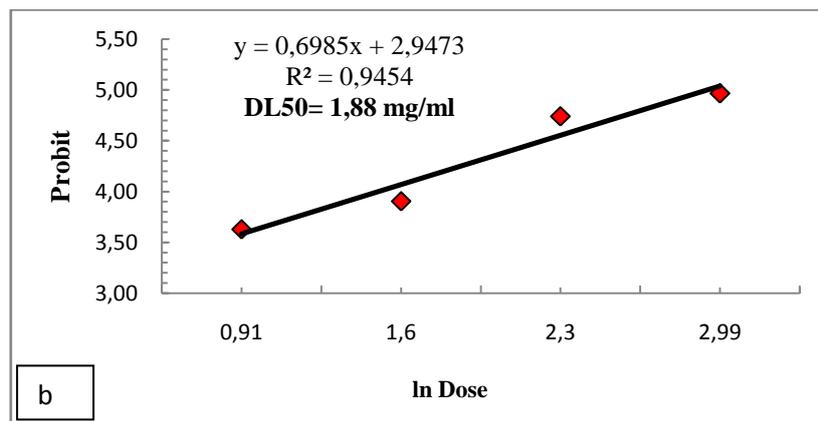
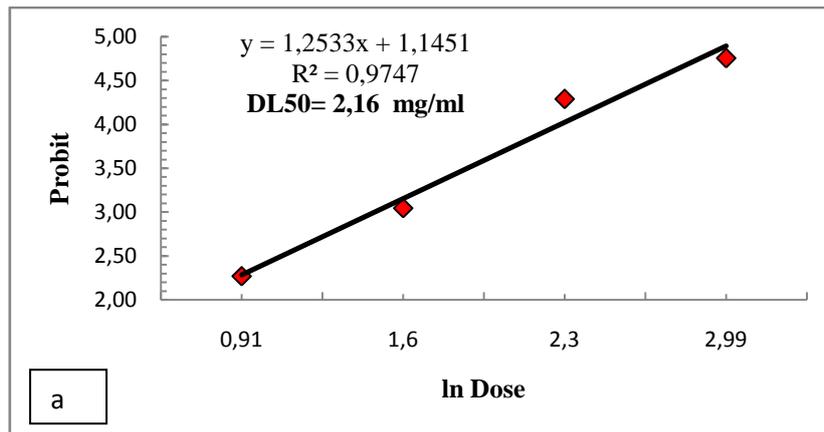


Figure 26: Efficacité des extrait aqueux vis-à-vis les adultes de *S. oryzae* par traitement ingestion (**a** : Henné ; **b** : Cumin ; **c** : Inule visqueuse ; **d** : Chlorpyrifos-éthyle).

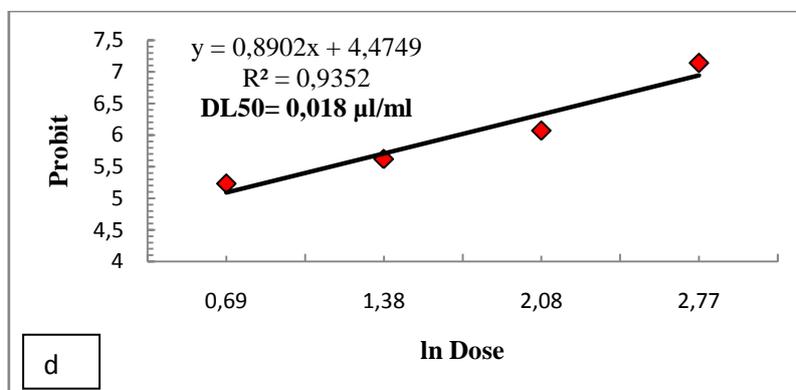
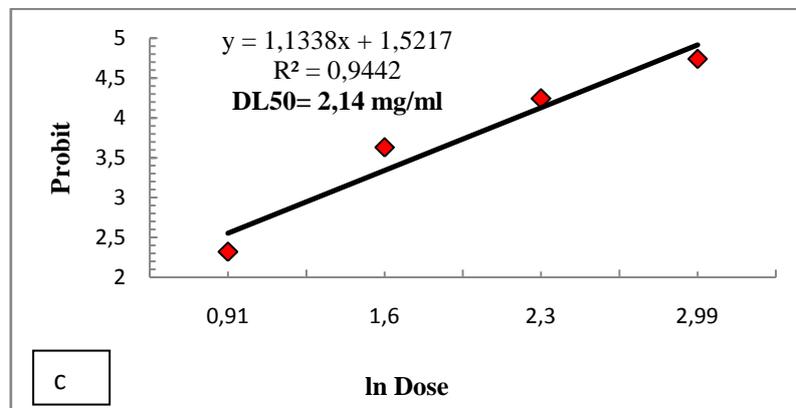
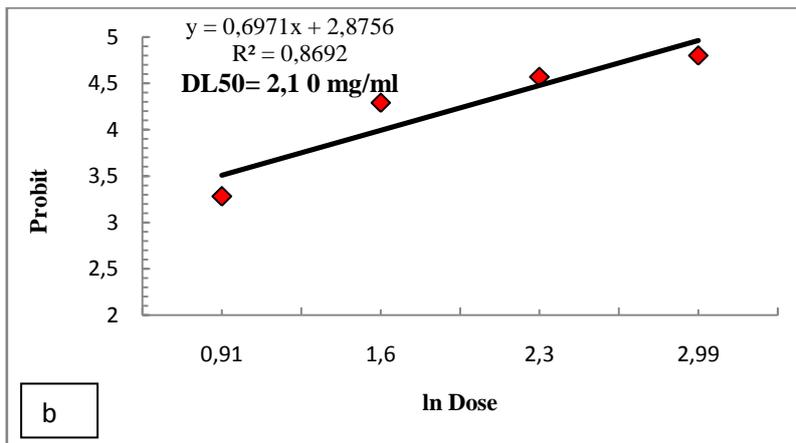
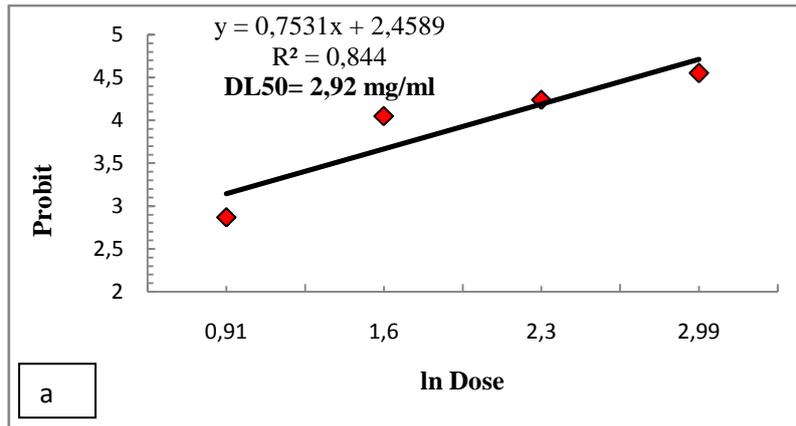


Figure 27: Efficacité des extrait aqueux vis-à-vis les adultes de *T. castaneum* par traitement ingestion (a : Henné ; b : Cumin ; c : Inule visqueuse ; d : Chlorpyrifos-éthyle).

pour les adultes de *S. oryzae* par rapport aux adultes de *T. castaneum*. Inversement pour l'extrait de l'Inule visqueuse comme pour l'insecticide avec respectivement une susceptibilité de 1,38 fois et 1,28 fois supérieure pour les adultes de *T. castaneum* par rapport aux adultes de *S. oryzae*.

Nous pouvons ainsi conclure que les essais menés par ingestion sur les deux ravageurs présente des résultats très peu intéressants ce qui laisse suggérer que l'activité insecticide des extraits végétaux est nettement atténuée quand elle est administrée avec l'aliment, chose qui est totalement inverse pour l'insecticide chimique qui reste fortement toxique.

1.4. Estimation des temps létaux à 50% pour la dose maximale utilisés lors des essais

L'estimation des temps létaux à 50% pour la dose maximale utilisée au cours des tests de toxicité pour les trois extraits aqueux et l'insecticide sur les deux ravageurs *S. oryzae* et *T. castaneum* montre des variations nettement appréciables d'un cas à l'autre (tableaux 18 et 19). Des corrélations positivement significatives s'établissent entre le taux de mortalité corrigée et le temps d'exposition à la dose sélectionnée ($r \geq 0,9$) et ce dans l'ensemble des cas traités.

Les TL50 les plus intéressants pour le cas des essais aux extraits végétaux sont obtenus chez les populations de *T. castaneum* et de *S. oryzae* traitées par contact à l'extrait de Cumin avec respectivement 110,26 heures et 149,72 heures d'exposition. Vient ensuite le Henné et l'Inule visqueuse avec respectivement des temps d'exposition de 188,94 heures et 202,71 heures pour le *T. castaneum* ainsi que 175,30 heures et 192,64 heures pour le *S. oryzae*.

Concernant les autres tests, inhalation et ingestion, ils présentent des TL50 presque similaires pour l'ensemble des extraits aqueux avec des valeurs qui oscillent entre 244,55 et 473,94 heures pour les deux insectes. Sauf cas du test ingestion par traitement au Cumin sur *T. castaneum* qui donne une TL50 de 120,73 heures proche des résultats obtenus par contact.

Les traitements par inhalation avec le Chlorpyrifos-éthyle ont permis d'atteindre le plus rapidement une mortalité de 50% chez le *T. castaneum* après seulement 7,05 heures d'exposition, la TL50 la moins intéressante s'enregistre pour les traitements contact chez le *S. oryzae* avec près de 85 heures. Pour les autres essais les TL50 pour les deux insectes oscillent entre 22 et 30 heures

2. Evaluation de l'effet des traitements par extraits aqueux et insecticide sur l'oviposition des femelles ainsi que l'éclosion et l'émergence de la F1

La poursuite de l'étude sur l'effet de l'utilisation des différents extraits aqueux et insecticide de synthèse sur les formes adultes du *T. castaneum*, nous a naturellement amené à étudier leur effet sur la fécondité et fertilité des femelles. La question posée est de savoir d'un part si les femelles traitées sont capables de produire une descendance viable statistiquement équivalente à celle des témoins et d'autre part en réalisant une évaluation comparative avec les données des traitements par insecticide.

Tableau 18 : Evaluation du temps léthal à 50% pour la dose maximale utilisée au cours des différents essais réalisés sur les adultes de *T. castaneum*

Traitement	Test contact										
	Mortalité corrigée (%)								Droite de régression		TL50 (heures)
	24H	48H	72H	96H	120H	144H	288H	576H			
Henné	0	0	17,8	37,61	59,83	72,65	76,07	78,26	$y = 2,0737x - 5,8692$	188,94	
Cumin	0	1,68	22,88	56,41	83,76	94,02	98,29	100	$y = 2,4960x - 6,7383$	110,26	
Inule visqueuse	0,00	0,84	9,32	31,62	58,97	64,10	64,96	65,22	$y = 1,6860x - 3,9557$	202,71	
Insecticide	25	75	95	98,32	98,31	99,15	99,15	100	$y = 1,0920x + 1,5824$	22,86	
	Test Inhalation										
	Mortalité corrigée (%)								Droite de régression		TL50 (heures)
	24H	48H	72H	96H	120H	144H	288H	576H			
Henné	0,00	15,83	29,17	38,33	42,86	42,37	43,59	43,10	$y = 1,1880x - 1,5333$	244,55	
Cumin	0,83	27,50	39,17	45,83	49,58	49,15	49,57	50,00	$y = 0,7025x + 1,2141$	219,02	
Inule visqueuse	0,00	0,00	15,00	25,83	31,93	32,20	31,62	31,90	$y = 1,5792x - 4,127$	323,6	
Insecticide	54,1	95,00	99,17	99,17	99,16	99,15	99,15	100	$y = 0,7582x + 3,5184$	7,05	
	Test Ingestion										
	Mortalité corrigée (%)								Droite de régression		TL50 (heures)
	24H	48H	72H	96H	120H	144H	288H	576H			
Henné	0,00	1,67	11,76	27,73	33,90	33,33	32,76	32,76	$y = 1,2575x - 2,2511$	319,35	
Cumin	0,83	22,50	37,82	42,86	43,22	42,74	42,24	42,24	$y = 1,4065x - 1,7422$	120,73	
Inule visqueuse	0,83	2,50	25,21	37,82	38,14	38,46	38,79	38,79	$y = 0,7761x + 0,4818$	337,54	
Insecticide	16,6	53,33	89,92	93,28	94,12	94,96	95,80	95,80	$y = 0,8207x + 2,2061$	30,1	

Tableau 19: Evaluation du temps létal à 50% pour la dose maximale utilisée au cours des différents essais réalisés sur les adultes de *S. oryzae*

Traitement	Test contact									
	Mortalité corrigée								Droite de régression	TL50 (heures)
	24H	48H	72H	96H	120H	144H	288H	576H		
Henné	0,00	8,33	19,17	35,00	37,50	38,33	75,63	89,74	$y = 1,7097x - 3,8332$	175,30
Cumin	0,00	13,33	32,50	57,50	58,33	58,33	80,67	86,32	$y = 1,6476x - 3,2525$	149,72
Inule visqueuse	0,00	0,83	14,17	37,50	46,67	46,67	67,23	82,91	$y = 1,7895x - 4,4143$	192,64
Insecticide	0,00	25,21	53,78	90,76	97,46	98,29	99,15	99,14	$y = 2,1390x - 4,4913$	84,54
	Test Inhalation									
	Mortalité corrigée								Droite de régression	TL50 (heures)
	24H	48H	72H	96H	120H	144H	288H	576H		
Henné	0,00	0,83	8,33	21,85	26,05	26,05	30,25	31,93	$y = 1,3246x - 2,7598$	350,10
Cumin	0,00	4,17	13,33	16,81	16,81	16,81	23,53	23,53	$y = 1,0812x - 1,6083$	451,24
Inule visqueuse	0,00	1,67	15,83	21,01	21,01	21,01	26,05	26,89	$y = 1,1635x - 1,9518$	393,43
Insecticide	28,33	78,33	88,33	94,17	97,48	99,16	100	100	$y = 1,1938x + 1,0686$	26,93
	Test Ingestion									
	Mortalité corrigée								Droite de régression	TL50 (heures)
	24H	48H	72H	96H	120H	144H	288H	576H		
Henné	0,00	0,00	7,50	8,33	8,33	9,17	35,29	40,17	$y = 1,6436x - 4,7546$	378
Cumin	0,00	0,00	0,00	0,83	12,50	14,17	49,58	48,72	$y = 2,0069x - 6,9486$	385,2
Inule visqueuse	0,00	0,00	0,00	4,17	5,00	5,00	26,05	36,75	$y = 1,8003x - 6,0918$	473,94
Insecticide	15,00	67,50	89,17	95,00	96,67	97,50	97,50	99,17	$y = 0,9894x + 1,6475$	29,62

2.1. Effet des différents extraits aqueux et insecticide sur l'oviposition des femelles de *T. castaneum*

Nous avons examiné la fécondité journalière moyenne des femelles traitées aux différentes doses en employant les 3 modes d'actions (contact, inhalation et ingestion). Ceci consiste à dénombrer la ponte journalière moyenne et d'en déduire la totalité des œufs déposés durant toute la durée de l'oviposition (6 jours). Les résultats obtenus sont rapportés dans le tableau 20.

Tableau 20 : Fécondité moyenne totale des femelles de *T. castaneum* traitées aux l'extraits aqueux et le Chlorpyrifos-éthyle par les trois modes d'action.

Extrait aqueux	Dose (mg/ml) ou (µl/ml)	Nombre d'œufs pondus/ femelles ± S.E		
		Tests contact	Tests inhalation	Tests ingestion
<i>L. inermis</i>	0	18,08±0,31	18,63±0,34	18,47±0,37
	0,25	8,88±0,25	15,17±0,10	8,20±0,49
	0,5	6,37±0,34	12,82±0,46	5,40±0,45
	1	4,48±0,18	9,18±0,31	3,95±0,24
	2	3,13±0,27	7,02±0,25	1,82±0,18
<i>C. cyminum</i>	0	18,08±0,31	18,63±0,34	18,47±0,37
	0,25	6,88±0,26	13,42±0,23	6,78±0,16
	0,5	5,17±0,23	10,87±0,39	4,33±0,53
	1	3,60±0,14	5,72±0,31	2,78±0,28
	2	1,73±0,16	3,95±0,29	0,60±0,22
<i>I. viscosa</i>	0	18,08±0,31	18,63±0,34	18,47±0,37
	0,25	7,77±0,14	17,18±0,30	11,13±0,65
	0,5	6,42±0,18	14,72±0,17	8,48±0,32
	1	5,13±0,22	13,18±0,25	5,22±0,36
	2	2,35±0,14	9,75±0,55	2,65±0,28
Chlorpyrifos-éthyle.	D0	18,62±0,20	18,47±0,80	18,12±0,69
	D1	0,67±0,15	0,80±0,24	1,12±0,17
	D2	0,47±0,14	0,55±0,15	0,32±0,08
	D3	0,18±0,13	0,33±0,21	0,18±0,15
	D4	0,05±0,05	0,00±0,00	0,08±0,08

D'une façon générale pour l'ensemble des traitements le nombre des œufs pondus diminue significativement avec les doses en comparaison avec les témoins, ce qui correspond à une activité toxique appréciable des extraits aqueux néanmoins elle reste moins importante par rapport à l'insecticide.

Cependant cette activité inhibitrice reste appréciable pour les tests ingestion, qui à la plus forte dose permettent une réduction hautement significative du nombre d'œufs pondus par femelle durant la période d'oviposition, elle est nettement plus prononcée au niveau des traitements par l'extrait de Cumin du fait que le nombre d'œufs pondus est de 0,60 en moyenne par rapport à 18,47 émis par le témoin, ce qui correspond à une réduction de

96,75%, suivi par le Henné et l'Inule visqueuse correspondant respectivement à des taux de réduction de 90,14% et de 85,65% (figure 28).

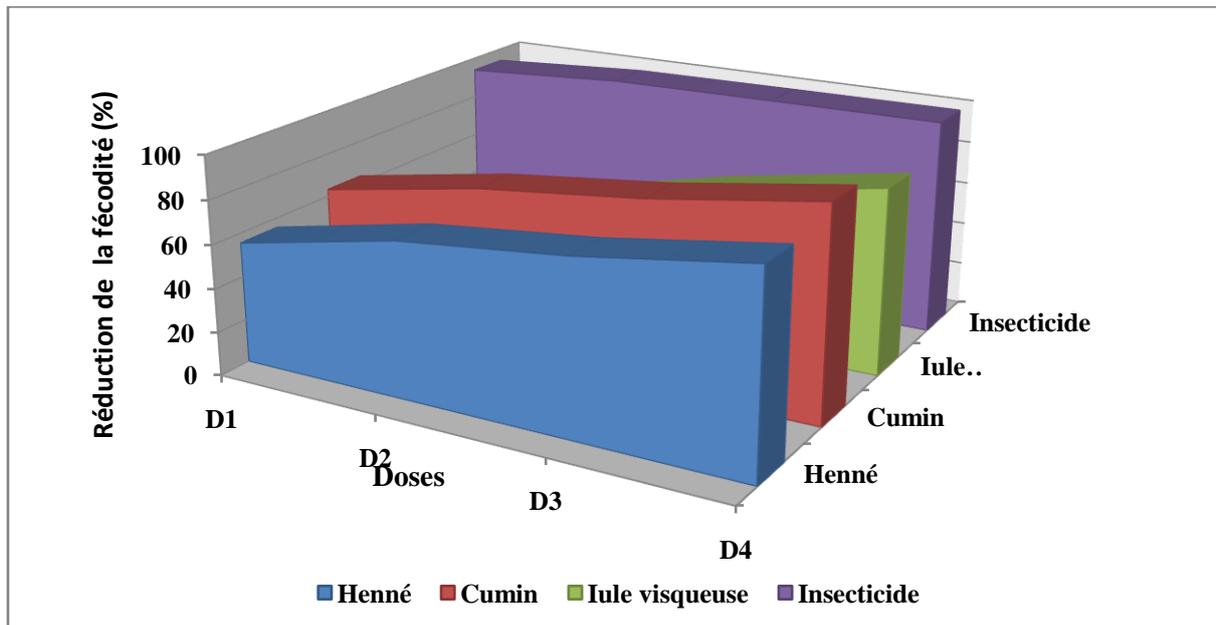


Figure 28 : Taux de réduction de la fécondité pour les essais ingestion.

Les tests par contact viennent en seconde position en termes de pouvoir réducteur d'oviposition qui varie faiblement d'un extrait à l'autre, à la plus forte dose on obtient des taux de réduction allant de 90,43 %, 87 % et 82,68 % respectivement pour les traitements au Cumin, Inule visqueuse et Henné (figure 29).

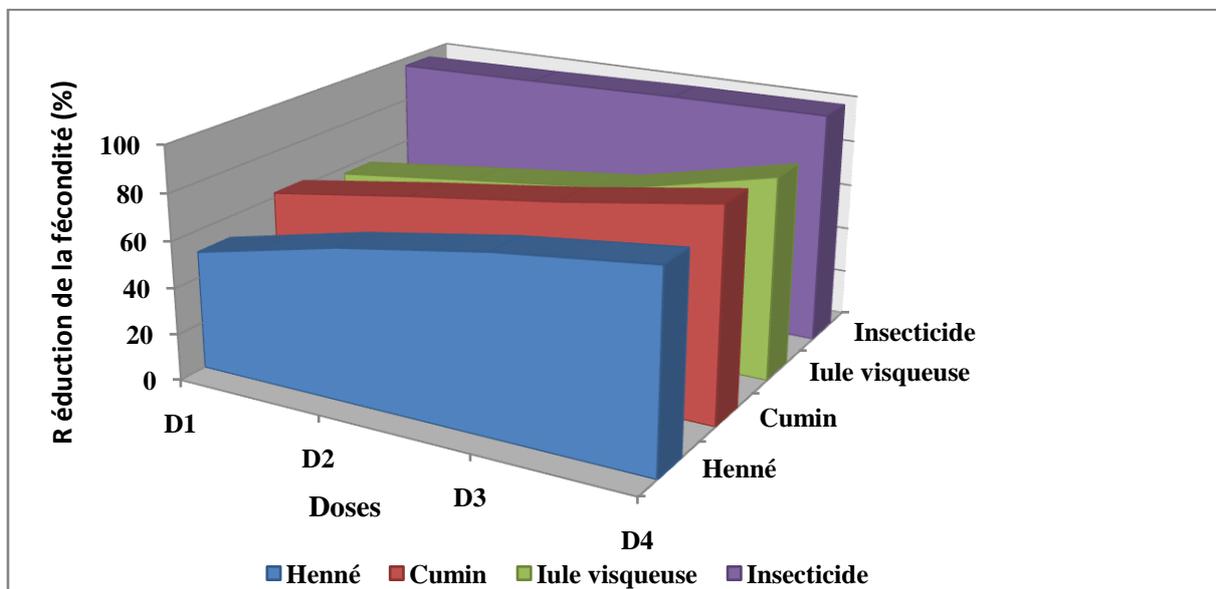


Figure 29 : Taux de réduction de la fécondité pour les essais contact.

Les tests par inhalations ont donné les résultats les moins importants, cependant les taux de réductions pour les fortes doses restent significatifs avec 78,80 % pour les traitements à

l'extrait de Cumin, 62,32 % pour le Henné et enfin 47,66 % pour l'Inule visqueuse à la dose 2mg/ml (figure 30).

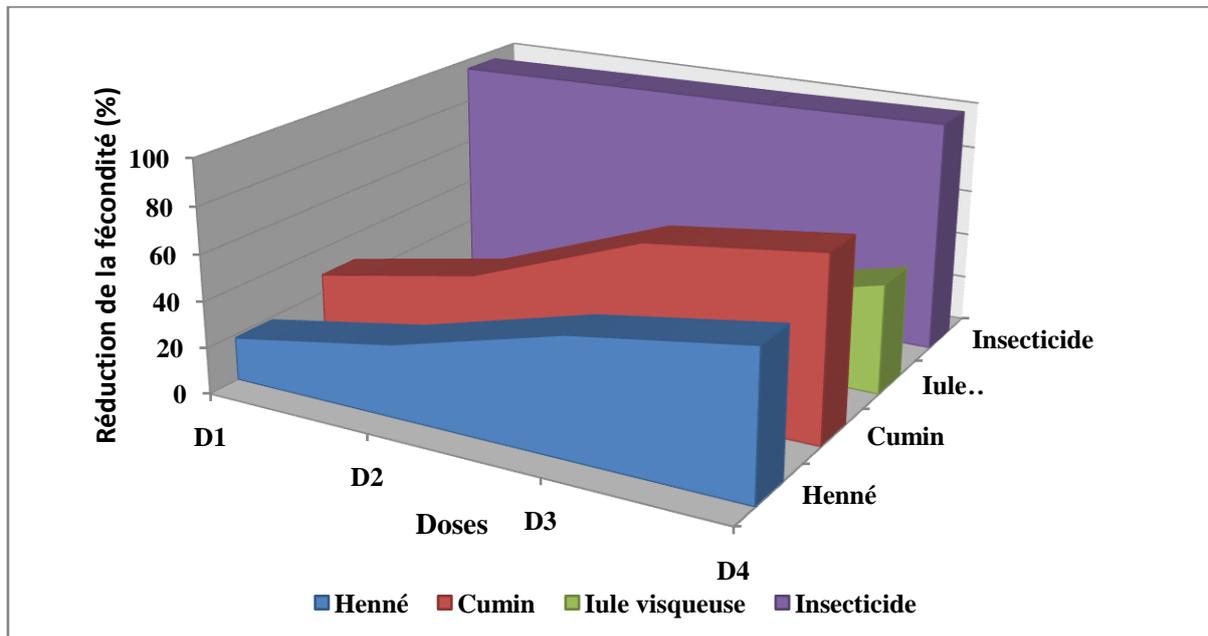


Figure 30 : Taux de réduction de la fécondité pour les essais inhalation.

En ce qui concerne la fécondité des femelles de *T. castaneum* exposées au Chlorpyrifos-éthyle, les résultats montrent que l'inhibition de la fécondité est presque totale quelque soit le mode d'application ou la dose utilisée.

Il ressort de façon particulièrement nette que la fécondité totale moyenne par femelle pendant 6 jours d'oviposition est réduite de façon hautement significative par rapport aux témoins. Une réduction de la ponte allant, de 95,67 % à 100% pour les tests inhalation, de 93,82% à 99,56 % pour les tests ingestion et enfin des taux de réduction de 96,40% à 99,73% pour les tests contact.

De manière générale, il y'a eu effet négatif sur l'oviposition chez les et sur la quantité totale des œufs émis par les femelles de *T. castaneum* ayant été traité par les trois extraits aqueux et insecticide. Ainsi, le pouvoir inhibiteur des extraits aqueux n'est pas aussi important en comparaison avec celui de l'insecticide, néanmoins, il reste significativement intéressant essentiellement pour l'extrait de Cumin.

2.2.Effet des différents extraits aqueux et insecticide sur la fertilité des femelles de *T. castaneum*

Dans la continuité du test de fécondité et dans le but de confirmer certaines conclusions, nous avons incubé les œufs pondus dans les essais ultérieurs jusqu'à l'éclosion des œufs et enfin l'émergence des adultes de la génération F1.

2.2.1. Effet des extraits aqueux sur l'éclosion des œufs

Les éclosions des œufs pondus par les femelles traitées aux différents extraits aqueux se trouvent être significativement réduits par rapport aux éclosions estimées au niveau des lots témoins, une réduction qui est proportionnelle aux doses choisies pour les tests (tableau 21).

L'analyse de la variance à un critère de classification (GLM) démontre qu'il n'existe aucune différence significative pour le facteur extrait aqueux ($F=2,4048$, $P=0,09223$), Cependant elle est hautement significative pour les facteurs mode d'action et dose d'application (respectivement $F=25,7673$, $P=0,0000$ et $F=182,318$, $P=0,0000$).

Une activité inhibitrice d'éclosion hautement significative attribuée au Chlorpyrifos-éthyle quelque soit le mode d'application ($F=0,49259$, $P=0,6131$), avec une différence hautement marqué pour le paramètre dosage ($F=138,354$, $P=0,0000$), des inhibitions totales se distinguent au niveau des traitements par les doses allant de 0,08 à 0,24 μ l/ml.

L'analyse de la variance à deux critères de classification (ANOVA) fait ressort qu'aucune différence significative n'est enregistrée pour les interactions des facteurs Extrait aqueux-Mode d'action ($F=1,0780$, $p=0,36778$) et Extrait aqueux-Dose d'application ($F=0,973$, $P=0,4574$), alors qu'elle est hautement significative pour les interactions des facteurs Mode d'action-Dose d'application ($F=28,523$, $P=0,0000$).

Tableau 21 : Taux d'éclosion des œufs de la F1 pour lestraitements aux l'extraits aqueux et au Chlorpyrifos-éthyle pour les trois modes d'action.

Extrait aqueux	Dose (mg/ml)ou (μ l/ml)	Taux d'éclosion des œufs de la F1 \pm S.E (%)		
		Tests contact	Tests inhalation	Tests ingestion
<i>L. inermis</i>	0	99,72 \pm 0,30	99,56 \pm 0,61	99,55 \pm 0,41
	0,25	69,85 \pm 3,25	93,41 \pm 1,36	92,07 \pm 4,26
	0,5	66,09 \pm 3,22	87,20 \pm 2,84	73,62 \pm 2,65
	1	57,78 \pm 5,10	87,16 \pm 2,33	65,85 \pm 0,72
	2	51,95 \pm 6,03	83,04 \pm 5,15	51,06 \pm 4,22
<i>C. cyminum</i>	0	99,72 \pm 0,30	99,56 \pm 0,61	99,55 \pm 0,41
	0,25	40,20 \pm 1,44	87,48 \pm 2,36	79,62 \pm 1,94
	0,5	34,61 \pm 3,27	85,17 \pm 3,34	74,86 \pm 3,94
	1	38,48 \pm 4,44	82,33 \pm 3,32	56,86 \pm 3,13
	2	15,46 \pm 5,98	67,16 \pm 2,80	30,36 \pm 3,51
<i>I. viscosa</i>	0	99,72 \pm 0,30	99,56 \pm 0,61	99,55 \pm 0,41
	0,25	82,20 \pm 2,23	95,75 \pm 1,34	46,07 \pm 1,05
	0,5	60,84 \pm 3,32	94,35 \pm 1,67	42,71 \pm 2,63
	1	51,59 \pm 2,12	90,80 \pm 1,99	31,93 \pm 1,79
	2	48,84 \pm 5,64	79,97 \pm 3,80	14,15 \pm 4,08
Chlorpyrifos-éthyle.	D0	99,55 \pm 0,40	99,47 \pm 0,56	99,65 \pm 0,55
	D1	24,80 \pm 4,35	14,76 \pm 2,61	9,13 \pm 1,36
	D2	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00
	D3	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00
	D4	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00

Ces résultats indiquent que les trois extraits aqueux utilisés sur les femelles fécondées agissent de manière similaire sur l'inhibition du processus d'éclosion des œufs pondus au niveau des différents lots suivis. En outre, l'inhibition des éclosions est étroitement influencée par la dose choisie et le mode d'action employé.

Au niveau des lots témoins le nombre moyen de larves L1 ayant éclos se situe entre 180 et 185 correspondant à un taux d'éclosion de plus de 99% dans l'ensemble des tests effectués

Concernant les lots traités, les taux de larves L1 qui ont éclos sont nettement moins importants en comparaison avec les lots témoin diminuant progressivement avec les doses.

Les résultats obtenus montrent que les femelles ayant été traitées à l'extrait de Cumin et de l'Inule visqueuse pour les traitements par contact et ingestion donnent le plus d'œufs non viables par rapport au Henné.

A la dose maximale (2mg/ml), l'extrait de Cumin pour le test ingestion a permis de réduire les taux d'éclosion à 98,73 % et à 97,73% pour l'Inule visqueuse et enfin à près de 95% pour le Henné. Des proportions moins conséquentes mais qui reste appréciables pour la plus faible dose avec des taux d'inhibition de plus de 58% à près de 71%. Inversement l'insecticide présente une inhibition de plus de 98% pour l'ensemble des doses (figure 31)

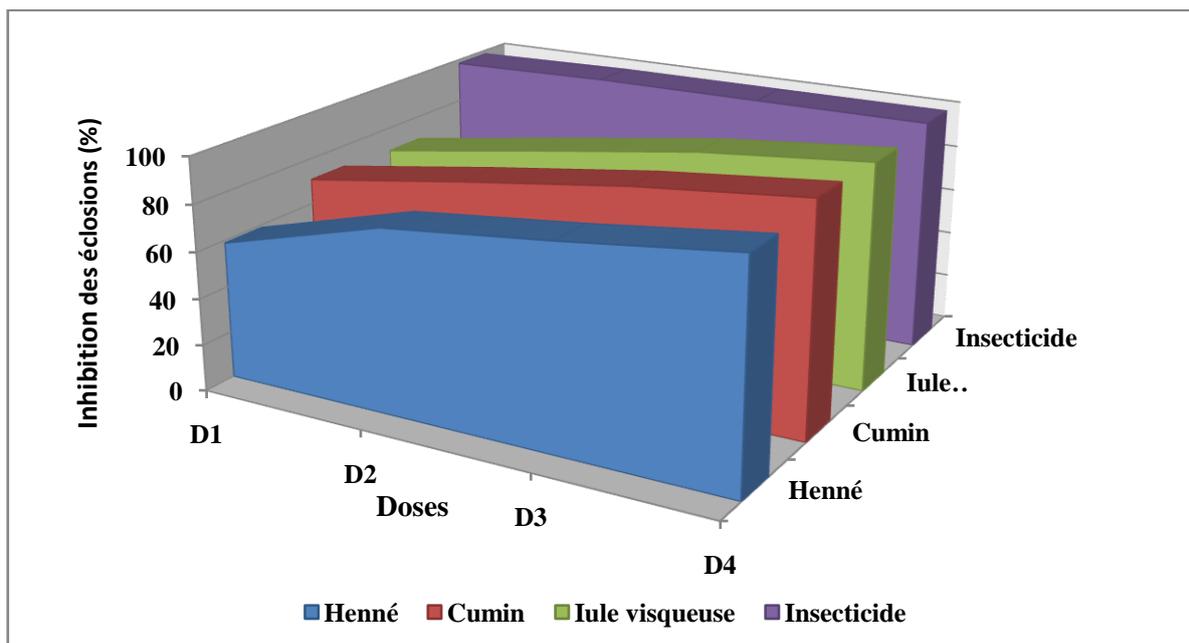


Figure 31: Taux d'inhibition de l'éclosion des œufs pour les essais ingestion.

Pour les tests contact c'est au niveau de l'extrait de Cumin qu'on rencontre le moins d'œufs éclos par rapport aux deux autres extraits, à la dose maximale (2mg/ml) des inhibition moyennes de 98,52% pour le Cumin contre 93,61% et 91,47% respectivement pour l'Inule visqueuse et le Henné. Le Chlorpyrifos-éthyle affiche une inhibition presque totale des éclosions sur l'ensemble des doses utilisées (figure 32).

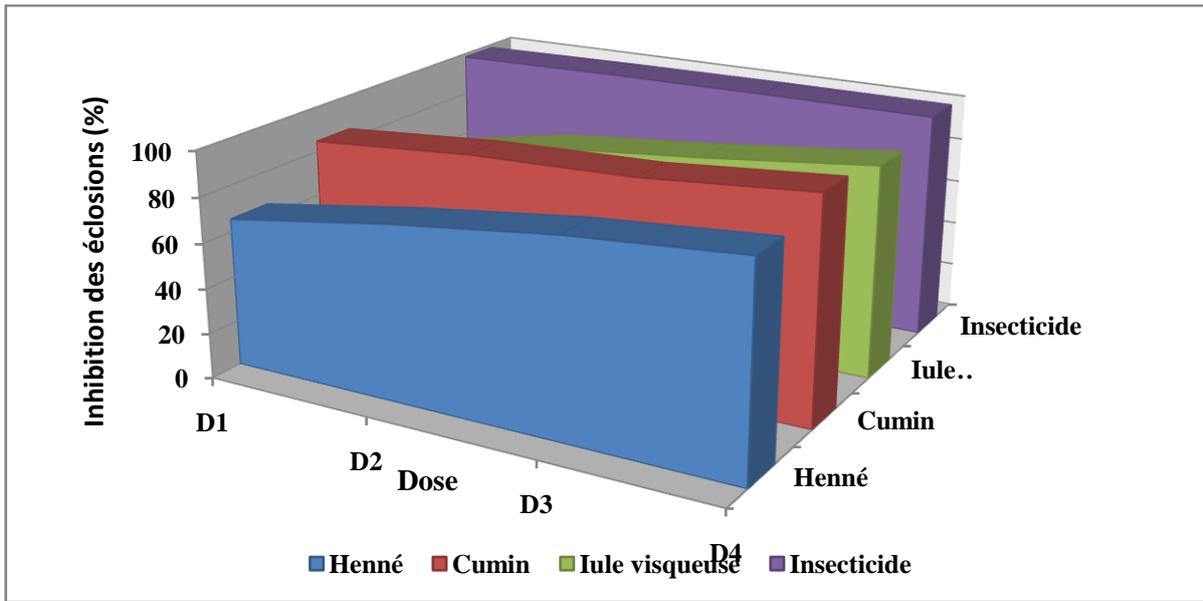


Figure 32 : Taux d'inhibition de l'éclosion des œufs pour les essais contact

Les tests inhalation, pour les différentes doses présentent des taux d'éclosion presque similaires pour l'ensemble des extraits de plantes utilisées avec des différences faiblement significative avec les lots témoins pour les faibles doses. Le Cumin reste le plus efficace avec des taux d'inhibition de 83,42% à la plus forte dose suivi par le Henné et l'inule visqueuse avec respectivement 68,56% et 57,57% de réduction des éclosions de la L1. Pour ce cas le Chlorpyriphos-éthyle se montre moins efficace en comparaison avec les essais contact et ingestion voir même un peu moins efficace que l'extrait de Cumin avec un maxima d'inhibitions de 76% et un minima de 30% (figure 33).

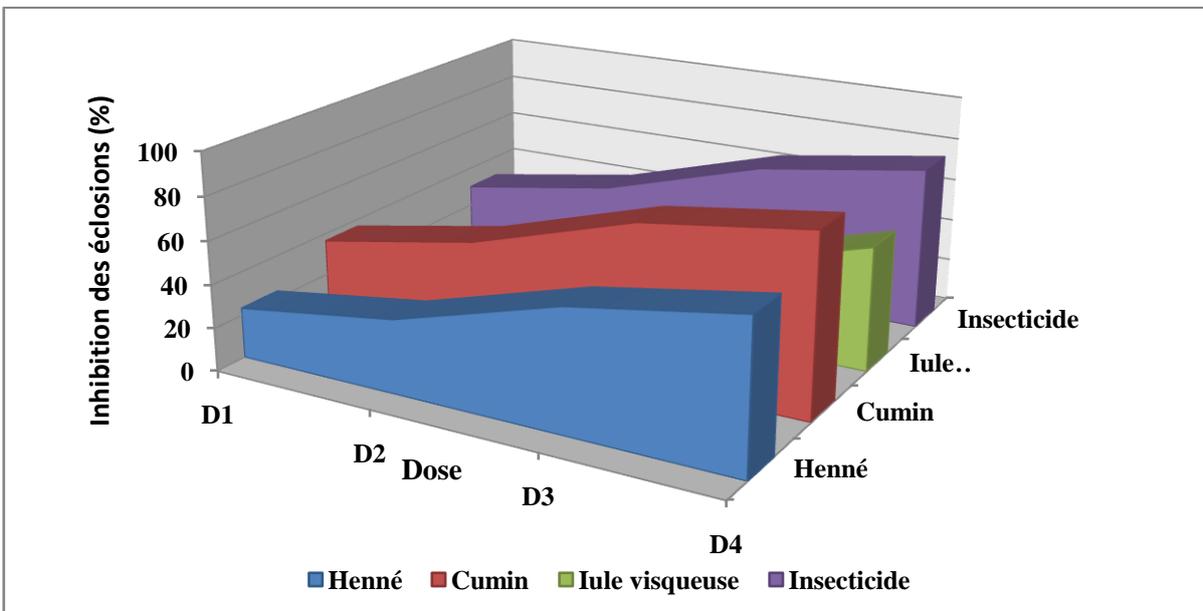


Figure 33: Taux d'inhibition de l'éclosion des œufs pour les essais inhalation.

D'une manière générale nous pouvons conclure que l'ensemble des traitements naturels ou chimiques agissent à des degrés variables sur le processus du développement embryonnaire

des œufs issus de parents traités. En outre, les extraits aqueux sont globalement moins actifs par rapport au Chlorpyrifos-éthyle sauf cas de l'inhalation, néanmoins, avec des applications directes à des doses élevées l'extrait aqueux peut facilement concurrencer l'insecticide de synthèse particulièrement pour le cas du Cumin.

2.2.2. Effet des extraits aqueux sur la viabilité et le développement des larves

Les larves nouvellement écloses de la F1 ont été conservées à des conditions optimales afin d'être suivies jusqu'à l'émergence des adultes.

D'une manière générale, les adultes émergents des œufs pondus par les femelles exposées aux différents extraits aqueux pour une durée de 6 jours se trouvent être significativement réduits par rapport aux témoins (tableau 22).

Tableau 22 : Taux de viabilité des larves de la F1 pour les traitements aux extraits aqueux

Extrait aqueux	Dose (mg/ml)ou (µl/ml)	Taux d'émergence des adultes de la F1 ± S.E (%)		
		Tests contact	Tests inhalation	Tests ingestion
<i>L. inermis</i>	0	99,27±0,45	99,28±0,44	99,64±0,28
	0,25	79,59±2,16	96,95±1,50	56,21±1,63
	0,5	70,22±1,57	82,84±1,26	40,36±1,66
	1	52,21±1,84	79,81±1,12	24,99±1,36
	2	40,22±2,13	75,12±3,17	11,01±2,07
<i>C.cyminum</i>	0	99,27±0,45	99,28±0,44	99,64±0,28
	0,25	50,53±2,41	84,80±1,20	25,28±1,64
	0,5	40,16±2,93	74,51±3,28	19,17±3,03
	1	6,12±3,13	68,16±3,88	5,20±2,63
	2	0,00±0,00	50,93±1,55	0,00±0,00
<i>oI.viscosa</i>	0	99,27±0,45	99,28±0,44	99,64±0,28
	0,25	62,42±2,54	93,32±1,05	75,29±0,92
	0,5	66,65±2,23	91,00±0,81	34,97±2,40
	1	38,97±2,28	80,65±1,14	19,02±1,65
	2	14,20±2,90	64,05±1,75	0,00±0,00
Chlorpyrifos-éthyle.	D0	99,46±0,34	98,24±2,45	99,09±0,73
	D1	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
	D2	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
	D3	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
	D4	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00

Les tests effectués montrent que les différents extraits aqueux exercent une activité inhibitrice sur le processus d'exuviation chez les larves, cette activité se montre hautement significative avec l'augmentation des doses ($F=226,589$, $P=0,0000$), avec la méthode d'application ($F=21,3936$, $P=0,0000$) et non variable d'un extrait à l'autre ($F=2,1673$, $P=0,1164$).

L'analyse de la variance à deux critères de classification indiquent que les interactions entre les facteurs Extrait aqueux-Mode d'action et Extrait aqueux-Dose appliquée, ne présentent

aucune influence sur l'inhibition d'exuvie chez le *T. castaneum* (respectivement : $F=0,7115$, $P=0,584679$; $F=1,054$, $P=0,395910$). En contre partie, l'action combinée des facteurs Mode d'Action et Dose appliquée est hautement significative ($F=45,876$, $P=0,00$).

Les résultats obtenus pour les taux de viabilité des larves de la F1 pour les femelles ayant été traités par le Chlorpyriphos-éthyle montrent pour l'ensemble des essais avec les différentes doses un effet hautement significatif sur les taux d'émergence des adultes avec une inhibition totale des émergences des adultes.

Les émergences relevés au niveau des traitements par ingestion se trouvent être les moins importants, ceci est nettement plus marqué pour les traitements à base d'extrait de Cumin avec des taux d'émergence de 25,28% pour la dose la plus faible (0,25 mg/ml), un taux qui diminue progressivement avec les doses jusqu'à inhibition totale à la dose 2 mg/ml, un résultat également obtenu pour les traitement à base d'extrait d'Inule visqueuse jusqu'à plus de 99% d'inhibition . Quant à l'extrait de Henné il permet d'inhiber au maximum 96,25% des émergences des adultes (figure 34).

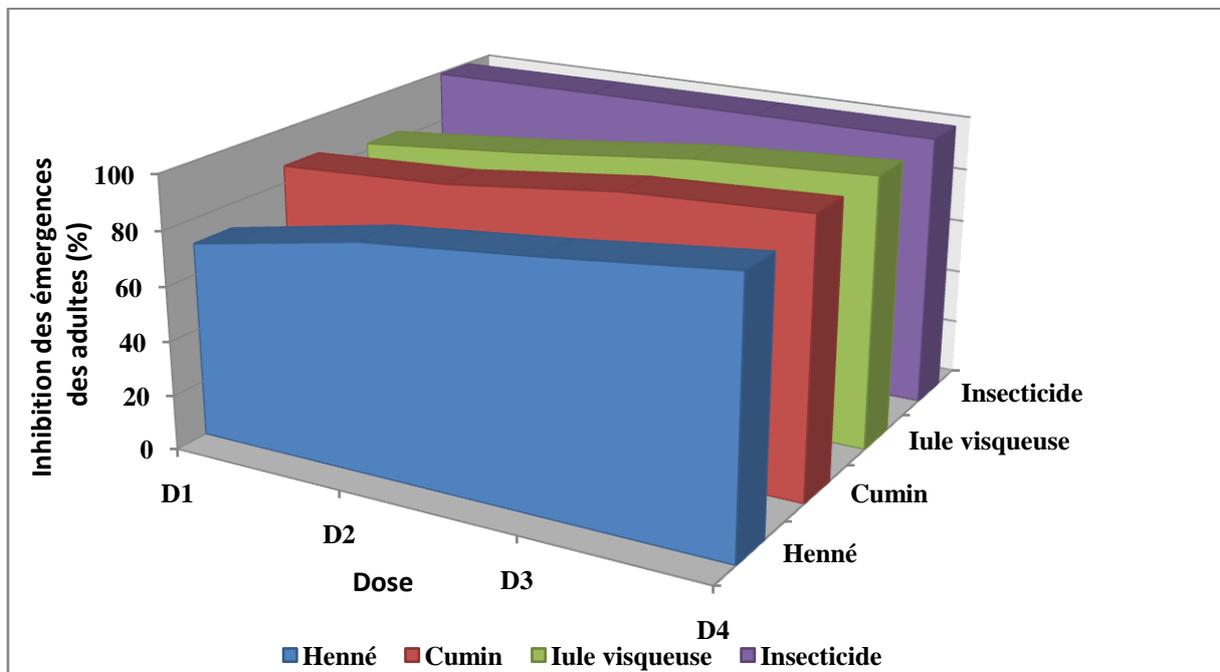


Figure 34 : Taux d'inhibition des émergences des adultes de la F1 pour les essais ingestion.

Les traitements par contact viennent en deuxième position en termes d'efficacité (figure 35) l'extrait du Cumin reste le plus prometteur atteignant une inhibition de 92% à la dose la plus faible augmentant progressivement jusqu'à inhibition totale des émergences à la dose 2 mg/ml. L'extrait de l'Inule visqueuse vient en deuxième position en termes d'efficacité avec une inhibition minimale de 77% à une maximale de plus de 95 % et enfin vient le Henné dont les taux d'inhibition d'émergence atteigne plus de 93%.

Vient en dernier, les traitements par inhalation présentent des taux d'inhibition des émergences faiblement à moyennement significatifs par rapport à ceux obtenus chez le témoin.

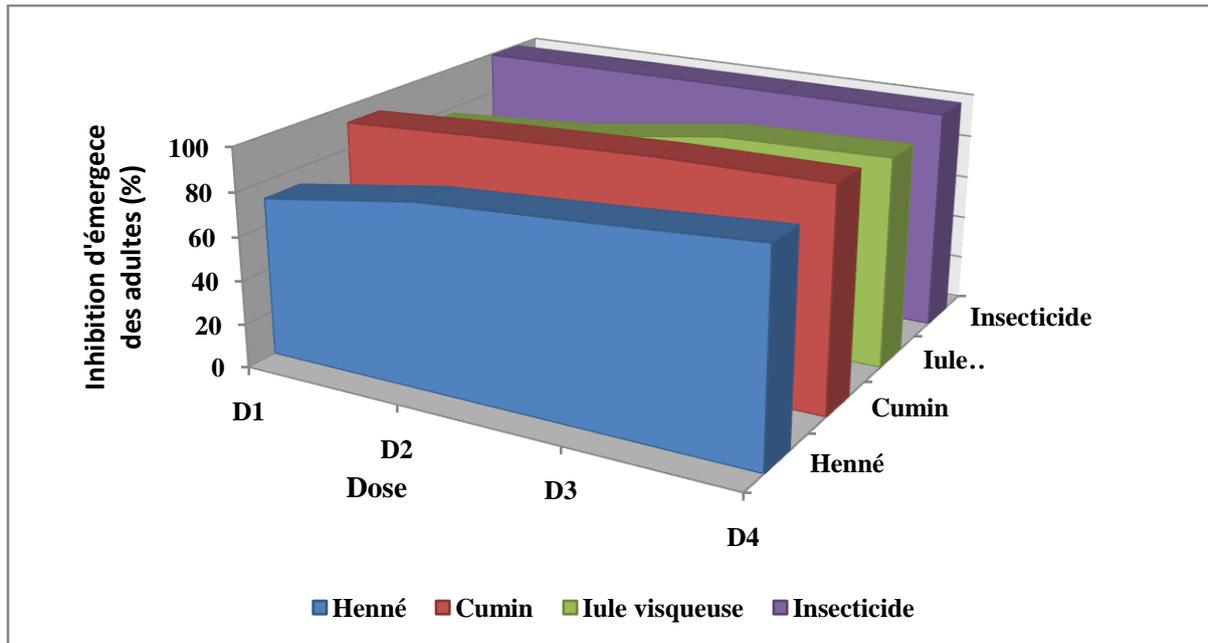


Figure 35 : Taux d’inhibition d’émergence des adultes de la F1 pour les essais contact

Des résultats également faiblement significatifs à la forte dose avec un taux d’inhibition de plus de 89% pour les traitements à l’extrait de Cumin, 76% pour le henné et 64% pour l’Inule visqueuse (figure 36).

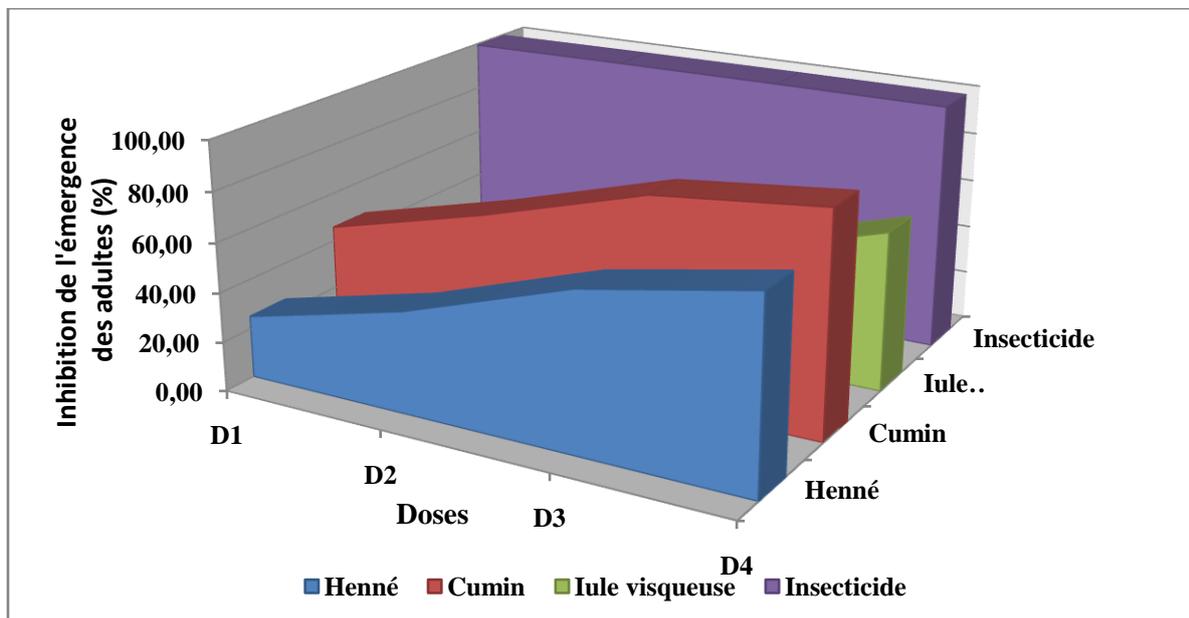


Figure 36 : Taux d’inhibition des émergences des adultes de la F1 par les essais inhalation.

Il ressort enfin que les trois extraits naturels exercent à des degrés variables une activité indirecte sur le processus de développement larvaire en réduisant la viabilité des stades pré-imaginaux. Les extraits aqueux restent cependant moins actifs que le Chlorpyrifos-éthyle qui exerce une forte activité inhibitrice sur le processus d’exuviation, néanmoins avec des applications directes à de fortes doses des résultats intéressants peuvent être obtenus essentiellement pour le Cumin



Chapitre III

Discussion



L'étude avait pour but de tester l'activité biocide d'extraits de plantes connues pour leurs attribues pharmacologiques pouvant servir d'insecticides adaptés aux systèmes de stockage traditionnels ou modernes des denrées alimentaires.

Etant donnée la place importante du blé et de ses dérivés dans l'alimentation en Algérie et dans plusieurs régions dans le monde, nous nous sommes intéressé en particulier aux principaux ravageurs de cette denrée.

Notre travail a été entrepris en deux parties, la première partie traitant les potentialités insecticide de trois extraits de plantes aromatiques tout en confrontant leur degré d'efficacité à celle d'un insecticide chimique commun. La seconde partie est consacrée à l'évaluation de l'impact de ces substances sur le potentiel reproducteur des femelles traitées.

1. Tests de toxicité des trois extraits aqueux et d'un insecticide sur le *S. oryzae* et le *T. castaneum*

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

Les données auxquels nous avons abouti révèlent une différence de sensibilité non significative entre le *S.oryzae* et le *T. castaneum*. Cependant, on distingue que pour la plus part des tests à l'insecticide chimique ou à l'extrait naturel, le *T. castaneum* est légèrement plus susceptible aux traitements que le *S. oryzae* (figure 37). Des tendances similaires entre le *T. castaneum* et le *S. zeamais* ont été rapportées par les travaux de Ho et al, (1996) avec l'huile essentielle de l'ail ainsi que les travaux de Suthisut et al., (2011) sur l'huile essentielle de certaines plantes de la famille des Zingiberaceae.

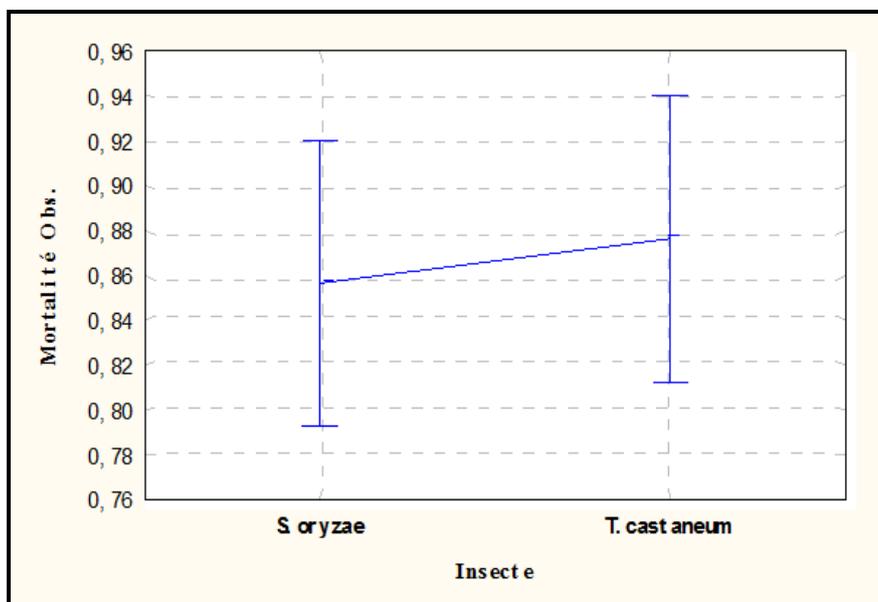


Figure 37 : Comparaison des tendances de mortalité entre les deux insectes ravageurs traités.

Quant à Tripathi et al. (2002), ils ont signalé que le *T. castaneum* est plus sensible aux huiles essentielles de *Curcuma longa* par rapport au *S. oryzae*. D'autre part Huang et Ho (1998) et

Hugan et al. (2000) ont indiqué que l'huile essentielle de *Elettaria cardamomum* et l'aldéhyde cinnamique exercent par contact une toxicité équivalente entre le *T. castaneum* et le *S. zeamais*.

Mordue et Blackwelle (1993) expliquent que le pouvoir insecticide des molécules de synthèse peut varier d'une espèce à une autre, avec une efficacité qui dépend de la concentration en matière active. Kljajic et al. (2006) ont fait ressortir l'écart de sensibilité de deux espèces de charançons à plusieurs types d'insecticides, une sensibilité qui penche significativement pour le *S. granarius*.

Gueye et al, (2011) expliquent que la différence de sensibilité des insectes aux plantes à propriétés insecticides est vraisemblablement liée aux molécules actives qu'elles renferment, ces dernières peuvent varier d'une famille à une autre et au sein de la même famille d'une espèce à une autre. Devappa et al.(2010) et Casida (1990) rapportent que l'activité insecticide d'un extrait botanique est liée à sa teneur en métabolites à effet synergique, une teneur qui varie en fonction de la partie de la plante prise en compte où les métabolites toxiques sont synthétisés. Ces conclusions peuvent expliquer les réponses obtenues pour le *T. castaneum* et le *S. oryzae* aux stimuli par les trois extraits aqueux utilisés pour notre étude.

Suite à l'ensemble des résultats recueillis, il ressort que l'activité toxique des extraits aqueux utilisés pour nos essais ne peut être comparable à celle de l'insecticide de synthèse. En effet, le Chlorpyrifos-éthyle permet d'atteindre rapidement une mortalité de 50% à de très faibles doses, en contre partie, l'activité biocide de l'ensemble des extraits aqueux reste néanmoins lente s'intensifiant graduellement avec les doses, demandant pour certains cas de quantités importantes de matière végétale pour obtenir un résultat satisfaisant.

En faisant la synthèse de plusieurs travaux ultérieurs on constate que tout les extraits végétaux et leurs composants sont moins toxiques que les pesticides de commerce. Ceci est dû au pouvoir hautement volatile et le fort pouvoir de pénétration cuticulaire des pesticides contrairement aux extraits végétaux essentiellement les non volatiles.

1.1. Les tests de toxicité par contact

D'après les résultats obtenus, la mortalité des adultes de *T. castaneum* et de *S. oryzae* est proportionnelle à la dose des extraits aqueux et de l'insecticide testés. Pour les plus fortes doses employées dans chaque test, les extraits végétaux et le Chlorpyrifos-éthyle réduisent les populations d'insectes de façon hautement significative par rapport aux lots témoins ($P=0,0000$). Les différents traitements employés se classent par ordre d'efficacité comme suite : Chlorpyrifos-éthyle > extraits aqueux : Cumin > Henné > Inule visqueuse pour le *T. castaneum* et dans l'ordre Cumin > Inule visqueuse > Henné pour le *S. oryzae*.

Les insecticides chimiques communément employés dans la protection des denrées stockées ainsi que des extraits de plantes aux propriétés insecticides ont été testés au laboratoire pour leur efficacité générale ou spécifique sur des espèces d'insectes ravageurs. Plusieurs études s'appuyant sur une méthodologie qui emploie les modes de pénétration cuticulaire viennent corroborer nos résultats.

Nos citons les travaux de Kljajic et al (2006) qui ont testé plusieurs insecticides contre le *Sitophilus oryzae* par contact, pour une période d'exposition de 48 heures au Dichlorvos, Malathion, Chlorpyrifos-méthyle, Pirimiphos- méthyle, Deltaméthrine et enfin Bifenthrine, ils ont obtenu respectivement les DL50 suivantes : 0,97 ; 7,01 ; 2,36 ; 8,44 ; 2,38 ; 2,67 µg/cm². Kljajic et Peric (2007) ont également mis en évidence l'activité de ces insecticides sur le *S. granarius*, les meilleurs résultats obtenus par le mélange Deltaméthrine- Piperony butoxide avec une DL50 de 0,1 mg/kg de graines et le Chlorpyrifos-méthyle entre 0,25 et 0,22 mg/kg de graines.

Nous avons constaté également que les facteurs dose et temps d'exposition affectent les taux de mortalité obtenus, elle s'accroît avec les doses, ceci est démontré par les travaux d'Athanassiou et al, (2005) et Athanassiou (2006) entrepris sur les adultes de *S. oryzae* et *T.confusum* exposés à la terre diatomée et à l'alpha-Cyfluthrine pour une durée de 14 jours, l'insecticide à la dose 0,25 ppm a permis l'élimination totale des individus traités pour les deux espèces, cependant la terre diatomée s'est montrée plus toxique sur le charançon que sur le tribolium.

Les données recueillies par Velki et al, (2014), indiquent que le Pirimiphos-méthyle est hautement toxique pour les adultes de *T. castaneum*. Ayant été testé par contact via deux méthodes différentes. Cet organophosphoré a affiché après une période d'exposition de 48 heures une DL50 de 0,17µg/ml par la méthode du papier filtre et une DL50 de 7,5 µg/ml par la méthode du traitement direct des graines.

Concernant les molécules biologiques actives, nos résultats concordent avec plusieurs travaux ayant mis en évidence l'activité biocide de plusieurs extraits végétaux.

En effet, Sabbour et E-Abd-El-Aziz (2010), obtiennent pour un test de 168 heures des mortalités de 42,8% sur le *Bruchidius incarnatus* par traitement à l'huile essentielle de Cumin.

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

Al-Moajel(2004), Arya et Tiwari (2013) et Suleiman et al (2012) qui ont démontré l'activité insecticide de la poudre de *Lawsonia inermis* sur *S.oryzae*, *S. zeamais* et le *T. granarium* permettant d'atteindre pour des périodes d'expositions qui se prolongent entre une semaine et un mois des mortalités hautement significatives. Dans la même optique, Outtar et al. (2011), ont testé l'activité biocide de l'extrait aqueux de Henné sur la forme larvaire de *Locusta migratoria*, l'extrait a neutralisé au bout de 16 jours 100% des L5 traitées à 6g/ml.

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

Talibi et al, (2012) ont également fait ressortir l'activité antifongique de la poudre de l'*Inula viscosa* ainsi que son extrait aqueux. Les deux extraits ont montré un fort potentiel inhibiteur du développement de *Geotrichum candidum* donnant respectivement des taux d'inhibition de 87% et 52,33% à des doses de 0,1g/ml et 5mg/ml.

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

Les traitements de graines de blé avec 10ml/kg d'huile végétale de camomille, d'amande douce et de noix de coco ont donné 95% de mortalité chez le *R. dominica* après 24 heures d'exposition (Nikpay, 2006).

L'huile essentielle de *Achillea biebersteinii* a montré une forte activité insecticide contre les adultes de *T. castaneum*, après 96 heures d'exposition en utilisant la méthode topique cet extrait a donné une CL50 de 21,8 µg/mg d'insecte alors que par la méthode du papier filtre une DL50 de 113µl/cm² (Nenaah, 2014).

1.2. Les tests de toxicité par inhalation

Les données recueillies pour les tests inhalation exposent des mortalités chez les adultes de *T. castaneum* et de *S. oryzae* qui augmentent progressivement avec la dose employées dans les différents lots. Néanmoins, ces mortalités restent relativement faibles pour les extraits aqueux par rapport à l'insecticide dont la toxicité est hautement significative (P= 0,000) par rapport aux lots témoins.

Les différents traitements employés se classent par ordre d'efficacité comme suite : Chlorpyrifos-éthyle> extraits aqueux : Cumin>Henné>Inule visqueuse pour le *T. castaneum* et dans l'ordre Cumin>Inule visqueuse>Henné pour le *S. oryzae*.

Des résultats qui vont dans la même optique que ceux de Kim et al, (2010), qui ont comparé par inhalation l'efficacité d'un extrait végétal et de plusieurs molécules à caractère insecticide contre le *T. castaneum*. Les résultats montrent que le tribolium rouge de la farine présente une susceptibilité variable qui est plus prononcée pour l'insecticide de synthèse avec une CL50 de 0,00007 mg/cm³ pour le Dichlorvos suivie par la majeure partie des molécules naturelles comme l'Oxyde-caryophyllène qui s'est montré le plus efficace avec une CL50 de 0,00018 mg/cm³, les thymole, le camphène, l'alpha pinène, le p-cymène et le gamma terpinène avec une CL50 se rangeant entre 0,012-0,195 mg/cm³ et enfin l'huile essentielle de l'*Origanum vulgare* avec une CL50 de 0,055mg/cm³.

Rajendran et Sriranjini (2008), ont motionné que l'huile essentielle des plantes appartenant aux famille des Apiacea, Lamiaceae, Lauraceae et Myrtaceae ainsi que leurs composants monoterpénoides testés par fumigation sur le *S. oryzae* et le *T. castaneum* ont indiqué pour leur majorité des résultats positifs.

Les travaux de Chaubey (2008 et 2011), ont mis en évidence l'effet toxique de Cumin par inhalation sur le *T. castaneum*, *S. oryzae* et autres ravageurs des denrées stockées, avec une

CL50 estimé à 0,67 $\mu\text{l}/\text{cm}^3$ tout en inhibant l'enzyme acétylcholinestérase avec les doses sublétales. Cette activité est attribuée aux composants majoritaires de l'huile essentielle comme le Cuminaldéhyde, limonène, l'alpha pinène et le bêta phellédrène sont rapportés comme étant des inhibiteurs de l'AChE ce qui laisse à suggérer que les extraits aqueux exploités pour notre travail ne contiennent pas ces composants du moins pas en quantité suffisante.

1.3. Les tests de toxicité par ingestion

L'emploi de la méthode des graines reconstituées a donné des mortalités chez les adultes de *T. castaneum* et de *S. oryzae* proportionnelles à la dose des extraits aqueux et de l'insecticide testés. L'action biocide des extraits aqueux reste non significative aux faibles doses, cependant elle augmente progressivement avec les doses jusqu'à obtenir des mortalités relativement moyennes. Contrairement au Chlorpyrifos-éthyle dont la toxicité reste significativement élevée pour l'ensemble des doses employées ($P=0,000$) par rapport aux lots témoins.

Les différents traitements employés se classent par ordre d'efficacité comme suite : Chlorpyrifos-éthyle > extraits aqueux : Cumin > Henné \approx Inule visqueuse pour les deux ravageurs.

Nos résultats peuvent être comparés à plusieurs travaux qui ont exploré l'activité insecticide de plusieurs extraits végétaux sur de multiples ravageurs en mélangeant l'extrait à l'alimentation du sujet visé.

Nous pouvons citer les résultats intéressants de Taciane de Oliveira et al. (2012), obtenus par ingestion avec l'extrait méthanolique de *Vitex cymosa* avec une élimination de 70% des individus à la plus forte dose (50 mg/ml) suivi par l'extrait aqueux de l'*Eschweilera*. Le même auteur a testé pour un temps d'exposition de 48h les extraits aqueux des feuilles des plantes suscités ; l'extrait de *E. pedicellata* a provoqué pour sa part une mortalité de 2% à la dose 5mg/ml et 50 mg/ml. Quant aux extraits de *V. cymosa*, ils ont provoqué par ingestion une mortalité de 19% à la dose 1mg/ml, une mortalité qui augmente avec l'augmentation de la dose.

Les huiles essentielles de *Xylopiya aethiopica* ont causé par ingestion une mortalité de 97% sur les adultes de *S. zeamais* alors aux huiles essentielle de l'*Ocimum gratissimum* ont induits une mortalité de 74% après un temps d'exposition de 4 jours (Ngamo et al, 2001).

Les fractions éthanolique de *Baccharis genistelloides* testés sur le *S. zeamais*, *T. castaneum* et *Rhyzopertha dominica* par contact et ingestion ont donné des résultats négatifs pour les fractions aqueuses même aux fortes doses (20mg/ml) pour une exposition de 48heures contrairement aux autres fractions qui ont atteint des mortalités de 60 à 70%. (Prates et al, 2000).

Ngamo et al, (2001) ont testé les huiles essentielle de *Xylopiya aethiopica* par ingestion sur les adultes de *S. zeamais* pour une exposition de 4 jours ils a permit d'éliminer 97% des individus.

Napoleão et al (2013), utilisant la méthode de la graine reconstitué à mis en évidence l'effet insecticide par ingestion des poudres de *Myracrodruon urundeuva* obtenant une DL50 de 72,4 mg/g pour un temps d'exposition de 7 jours.

Ngamo et al (2001), ont exposé par ingestion les adultes de *S. zeamais* à différentes huiles essentielles, ils ont obtenus après 4 jours d'exposition une mortalité de 97% avec le *Xylopiya aethiopica* et 74% avec l'*Ocimum gratissimum*. Quant au *Piper nigrum* il a provoqué 96% de mortalité après 48 heures par contact.

Prates et al (2000) estiment que les tests ingestion et contact avec les graines imprégnées de substance insecticide, est plus efficace que le contact seule avec la méthode du papier filtre. Il serait donc intéressant de combiner dans de prochains travaux ces deux modes de pénétrations essentiellement pour ce type d'extrait afin d'améliorer leur potentiel biocide. Une réflexion démontrée par plusieurs travaux ;

Les travaux de Rupp et al, (2006) ont obtenu par traitement contact-ingestion sur le *S.oryzae* des résultats concluants au bout de 30 jours avec des mortalités de 79,2% pour *Ocimumbasilicum*, 43,1% pour *Mentha piperita* et 100% pour *Eucalyptus globolus*.

Ousman et al, (2007), ont entrepris l'activité toxique par inhalation sur les adultes de *S. zeamais*, *T.castaneum* et *Anisopteromalus calandrae* en testant l'huile essentielle des racines de l'*Alpinia conchigera*, *Zingiber zerumbet* , *Curcuma zedoaria* et leurs composés majoritaires à savoir le camphene, camphore, cineole , alpha et beta pinène et des terpinène. Le *T. castaneum* est plus susceptibles que le *S. zeamais* aux différents extraits et ce pour des CL50 se rangeant entre 40 et 90 µl/l d'air contre des CL50 de 53 à 261 µl/l d'air.

Pour la toxicité par contact- ingestion sur le *S. zeamais* suivant les CL50 (µl/40g) les extraits se classe graduellement dans l'ordre suivant *Piper hispidinervum* 1 >*Eugenia uniflora* 11,6> feuilles de *Cinnamomum zeylanicum* 14,2 >eugénol 14,8>*Piper marginatum* 21,1 >*Melaleuca leucadendron* 75,8>*Schius terebinthifolius*98,8 (Coitinho et al, 2011).

1.4. Comparaison entre les tests toxicité pour les deux ravageurs

Les traitements par contact pour l'ensemble des extraits aqueux se sont montré les plus efficaces sur les deux insectes présentant les plus basses DL50 suivies par les traitements par ingestion et inhalation dont le classement varie d'un extrait à l'autre et d'un insecte à l'autre (figure 38).

Les travaux de d'Ousman et al, (2007) viennent appuyer nos conclusions en ayant démontré que les traitements de *S. zeamais* par différents extraits végétaux avec mode contact sont plus efficaces que ceux menés par ingestion. Alors que les résultats de Pungitore et al, (2005) viennent contredire les notre en démontrant que les terpénoïdes extraits de *Junellia aspera* présentent une forte toxicité par ingestion pour leur majorité sur les adultes de *S. oryzae*, mais aucune activité biocide n'a été observé par la méthode topique.

Concernant les TL50, les plus intéressants à la dose 2mg/ml s'observent également au niveau des traitements par contact avec le *C. cuminum* qui ont permis d'atteindre une mortalité de 50%

après un temps d'exposition de 110,26 heures et de 149,72 heures respectivement pour le *T. castaneum* et le *S. oryzae*. Alors que pour l'insecticide les TL50 les plus courts ont été obtenus avec les traitements par inhalation pour les deux ravageurs avec 7,05 heures pour le *T. castaneum* et 26,93 heures pour le *S. oryzae*.

Selon Vargas et Ubillo (2001), la détermination des temps létaux pour 50% de mortalité pour une molécule toxique un moyen rapide, précis et économique pour estimer de façon préliminaire la toxicité d'un pesticide pour un bioagresseur.

Plusieurs travaux portant sur la recherche de méthodes alternatives aux pesticides chimiques ont orientés leurs objectifs vers l'estimation des doses et des temps létaux à 50% qui permettraient de cerner le degré de toxicité des molécules actives naturelles et de la tolérance des ravageurs testés à ces dernières.

Une gamme d'insecticides chimiques a été testée par Raga et Sato (2006) sur la *Ceratitiscapitata* par mode contact. Les résultats obtenus révèlent que les TL50 fluctuent d'une molécule active à une autre, les meilleurs résultats ont été obtenus par le Chlorpyrifos (96g/100 l d'eau) avec moins de 5 minutes.

Des traitements contact-ingestion par la poudre de *Melia azedarach* et *Peganum harmala* testés par Bounechada et Arab (2011) sur les adultes de *T. castaneum* ont permis d'observer des TL50 à la dose 30% qui varient sensiblement d'un extrait à l'autre, le plus court est obtenu avec la poudre de *M. azedarach* avec 5,5 jours et 12,6 jours avec la poudre de *P. harmala*.

Ould-El-Hadj et al. (2003) que les adultes de *Schistocerca gregaria* auxquels ils ont présenté un aliment traité avec le Neem, le Méliá et l'Eucalyptus atteignent des mortalités à 50% après respectivement des temps d'exposition de 8,1 jours, 8,3 jours et 9,6 jours.

De même Kemassi et al (2012), ont obtenus avec l'extrait foliaire acétonique de *Cleome arabica*, des temps létaux à 50% de 41 minutes pour un traitement ingestion sur les adultes de *S. gregaria*.

El idrissi et al. (2014), ont étudié l'efficacité des huiles essentielles de *Dysphania ambrosioides* par fumigation sur les adultes de *S. oryzae*, ils en sont sortis avec des TL50 variant de 2,56 à 0,5 jours pour des doses de 5 à 40 µl/l d'air

Egalement, la fumigation de *Bruchus lentis* avec les huiles essentielles de *Dysphania ambrosioides* (L.) et de *Daucus carota* (L.) ssp. *Carota*, ont donné des TL50 négativement corrélés avec aux concentrations testées. A la dose 3,5 µl/l d'air une TL50 de 1,25 jours pour le *D. ambrosioides* et pour une dose de 140 µl/l d'air une TL50 de 1,70 jours pour l'huile essentielle de *D. carota* (Elhourri et al. 2014).

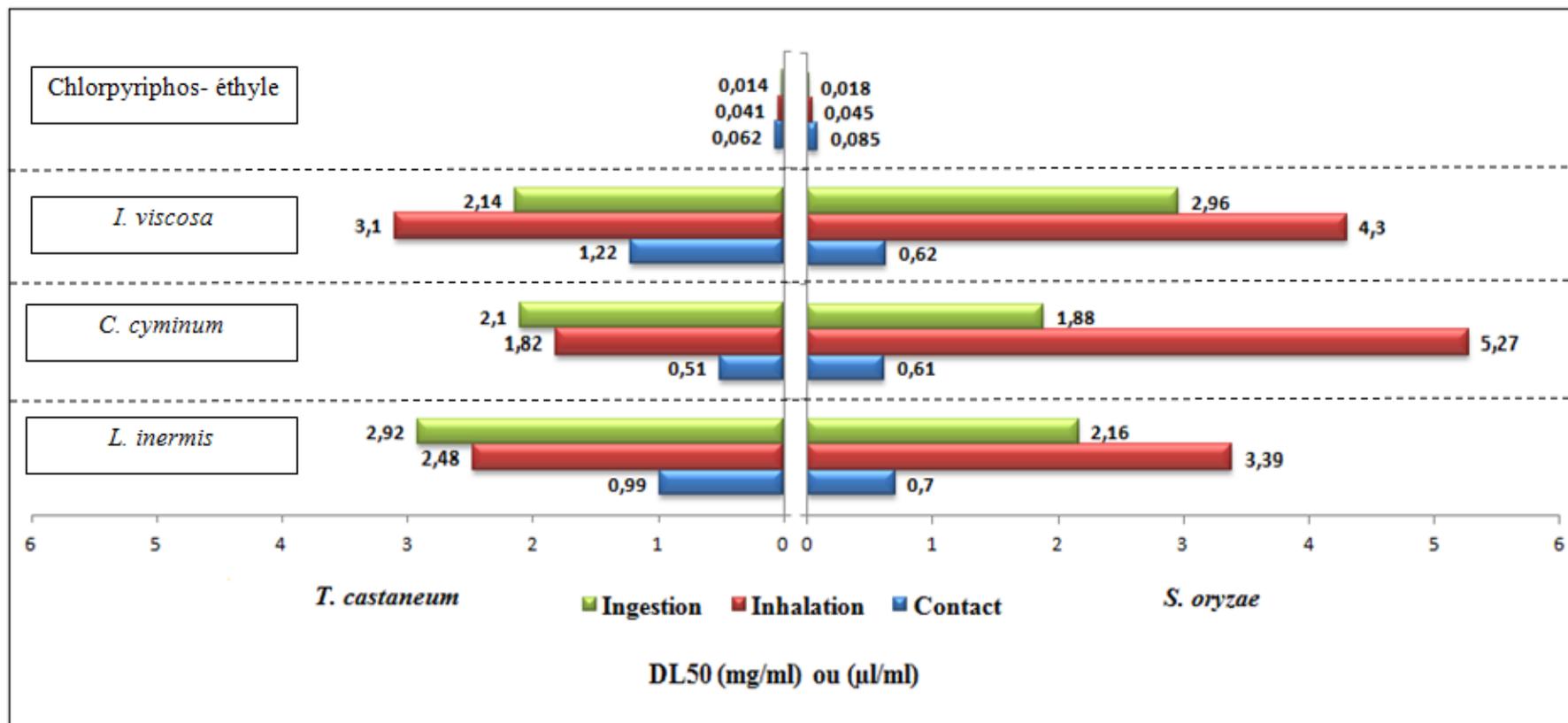


Figure 38 : Etat comparatif pour les différents traitements avec les trois modes d'action sur le *S. oryzae* et le *T. castaneum*.

2. Evaluation du potentiel réducteur de la reproduction chez le *T. castaneum*

Nos données viennent enrichir la panoplie des travaux de recherche qui se sont intéressés à l'étude de l'activité biologique plusieurs plantes pharmacologique, en faisant ressortir l'impacte des applications de leurs extraits naturels variés sur le potentiel reproducteur des individus traités et même celui des générations issus de ces individus.

Les extraits utilisés au cours de notre étude exercent un effet particulièrement intéressant sur l'activité reproductrice des femelles de *T. castaneum*. En confrontant leurs résultats avec ceux de l'insecticide chimique un écart important se dessine en termes d'efficacité inhibitrice.

Plusieurs études de cas attestent de l'influence hautement appréciable des traitements à base d'insecticides chimique sur le phénomène de reproduction chez les insectes.

2.1. Les tests par contact et ingestion par extraits aqueux

Une baisse de la fécondité est noté pour l'ensemble des traitements, cependant elle s'exprime avec plus d'intensité pour les traitements ingestion et contact notamment pour l'insecticide et l'extrait de Cumin qui exhibent respectivement des taux de réduction de 63,27% à 96,75% pour l'ingestion de 61,94% à 90,41% pour le contact.

Les données de fertilité concernant les relevés d'éclosion des œufs et émergence des adultes de la génération F1 se voient significativement différentes de celles obtenues avec les témoins.

L'inhibition de l'éclosion est plus prononcée pour les essais par contact et ingestion pour les traitements insecticides qui exprime des minimas de plus de 98% et des maximas de plus de 99%. Vient directement concurrencer ces résultats l'extrait de Cumin et de l'Inule visqueuse avec respectivement des minimas de 70,70% et 69,34% pour l'ingestion et 84,62% et 64,50% pour le contact ainsi que des maximas de 98,73% et 97,73% pour l'ingestion et 98,52% et 93,61% pour le contact. Se classant en dernier l'extrait de Henné avec des résultats qui restent significatifs avec des taux d'inhibition d'éclosion de la L1 se situant entre 58,85% et 94,90%.

Cet effet négatif sur l'éclosion des œufs peut s'expliquer par la toxicité indirecte des traitements sur les larves et nymphes ou par effet indirecte comme la répulsivité et l'activité antiappétante. En effet, des auteurs comme Regnault-Roger et Hamraoui (1994,1995) attribuent le pouvoir réducteur des extraits végétaux au complexe de mortalité et répulsivité.

L'émergence des adultes de la F1 dont les parents ont été traités avec les trois extraits aqueux se trouvent significativement réduits avec des taux d'inhibition appréciable qui restent relativement moins importants que ceux calculés pour les traitements au Chlorpyrifos-éthyle.

L'ensemble des essais par l'insecticide ont donné aux fortes doses une inhibition totale des émergences et une inhibition de plus de 99% pour les faibles doses. Les extraits aqueux montrent des tendances variables d'un mode de pénétration à un autre le Cumin vient directement concurrencer l'insecticide avec une inhibition totale à la dose maximale pour les

essais ingestion et contact , l'Inule visqueuse et le Henné donnant dans cet ordre des minimax de 82,60% et 71,15% pour l'ingestion et 77,08% et 72,31% pour le contact ainsi que des maximas de 99,45% et 96,25% pour l'ingestion et 95,32% et 93,55% pour le contact.

Ces résultats coïncident avec plusieurs travaux, nous citons ceux de Taher et Cutkomp (1983) qui ont conduit des tests avec le DDT et le Lindane sur le *T. confusum* par traitement contact-ingestion, leurs résultats révèlent une efficacité importante pour la réduction de l'oviposition jusqu'à 42%, de l'éclosion des œufs jusqu'à 26% et la survie des larves jusqu'à 78% à la dose 25ppm.

Lingampally et al. (2012) ayant isolé l'andrographolide des feuilles de l'*Andrographis paniculata* (Acanthaceae) expliquent son effet sur le développement normal des ovaires de *T. confusum*. Les femelles issues de larves et nymphes traitées présentent des ovaires déformés. Les résultats obtenus montrent que l'application de ce terpénoïde par la méthode topique induit une inhibition du développement ovarien, affecte la fertilité et le potentiel reproducteur du ravageur testé. L'inhibition de la ponte peut être expliquée par l'interférence de l'andrographolide avec le mécanisme de contre-réaction qui induit l'ovulation et l'oviposition.

Pemonge et al., (1997) rapportent que l'extrait organique de *Trigonella foenum-graecum* appliqué par la méthode topique a induit une forte mortalité chez les adultes de *T. castaneum* à des doses de 6 à 30 µg/insecte. Pour le potentiel reproducteur des couples sont alimentés avec de la farine traitée avec la poudre des graines ou des feuille de la plante, le nombre d'œufs pondus par femelle ainsi calculé montre une action potentiellement réductrice jusqu'à des taux de 24,7 à 79,9 œufs/femelle avec une réduction de la fertilité jusqu'à 97,53%. L'auteur explique que l'inhibition de l'oviposition est la conséquence de l'absorption de la matière végétale par les males et les femelles.

Selon Chaubey (2008), l'huile essentielle de Cumin utilisée sur le *Callosobruchus chinensis* réduit le potentiel d'oviposition, du taux d'éclosion des œufs, la formation des nymphes ainsi que l'émergence des adultes de la F1 à des doses sublétales. Shukla et al, 2009 constatent une inhibition de la ponte chez le *Tribolium castaneum* et le *Sitophilus oryzae* traité avec des huiles essentielles de *Myristica fragrans* et *Illium verum*

Les travaux d' Arya et Tiwani (2013) , utilisant la poudre de Henné contre le *S. oryzae* a permis après 180 jours d'exposition par contact et ingestion à une concentration de 2g/ 100g de blé une mortalité de plus de 77% , cette même dose n'a permis l'émergence que 14,6% de la descendance des adultes traités.

Oliveira et al, (2012) expliquent que malgré le fait que *Eschweilera pedicellata* ne présente aucune toxicité significative par ingestion et contact sur le *S. zeamais* cependant, les extraits aqueux de leurs feuilles ont permis de réduire l'émergence de la F1 à 55% pour les dose 5 et 10 mg/ml et pour les extraits aqueux des tiges une inhibition d'émergence à 62% pour une dose de 50 g/ml. L'auteur explique que c'est l'effet du traitement sur les parents qui a conduit à une baisse des sorties des adultes de la F1.

Afin de déterminer l'activité de la Novoluron sur l'oviposition et l'éclosion des œufs, des adultes de *T. castaneum* ont été traités par ingestion-contact à des doses de 1,10 et 10 ppm. Pour toutes les doses utilisées aucun effet sur le nombre d'œufs pondus qui reste similaire à celui obtenu chez le témoin qui est de 50 à 120 œufs/jour/20 adultes non sexés. Cependant, il présente un effet très significatif sur la réduction du nombre d'œufs éclos jusqu'à 0% pour une dose de 1 ppm contre 93% pour le témoin au 3^{ème} jour (Kostyukovsky et Trostanetsky, 2006).

Selon Robert (1976), l'extrait aqueux des feuilles de l'arbre de châtaignier appliqué sur la betterave sucrière masque son action stimulatrice de l'oogenèse chez la mouche de la betterave, devenant non attractive pour l'oviposition. La ponte dans ce travail est exprimée par la fécondité pour chaque femelle accouplée durant 21 jours, des taux de réduction de la ponte significatifs jusqu'à 87% avec en moyenne 0,7 œufs /femelle contre 38 œufs/femelle pour le témoin. L'auteur explique ses résultats par le fait qu'en absence d'un stimulus, les femelles ne pondent pas ou pondent peu.

2.2. Les essais par inhalation

L'inhibition d'oviposition pour les tests inhalation n'est significative que pour les traitements au Chlorpyrifos-éthyle inversement aux extraits aqueux qui expriment des taux de réductions de fécondité relativement timides même à la dose maximale la plus appréciable est 78,80 % pour les traitements au Cumin.

Quant aux essais d'évaluation de l'effet des traitements sur l'éclosion des œufs par inhalation pour les extraits aqueux, le Cumin surpasse l'insecticide avec respectivement des taux de réduction se situant entre 36,58% et 83,42% et entre 30% et 75,99%. Ces deux traitements suivis directement par l'extrait de l'Henné et de l'Inule visqueuse.

Pour une application à raison de 5mg/kg de graines, le Chlorpyrifos-méthyle et la Deltaméthrine ont permis de neutraliser 100% des populations de *T. castaneum* traitées contre 46% pour le Pirimiphos-méthyle avec une inhibition totale de la formation de la F1 pour les deux premiers et un fort potentiel dans la prévention contre le développement larvaire pour le dernier (Prates et al, 2000).

Selon Athanassiou et al. (2005), la terre diatomée inhibe à 100% l'émergence des adultes de la F1 de *S. oryzae* pour une dose 0,25g/kg et une température de 30°C, un même résultat est obtenu pour le *T. confusum* à la dose 0,5g/kg pour une température de 25°C.

L'alpha cyfluthrine appliquée seul ou en combinaison avec le Silicosec réduit significativement le potentiel reproducteur de *S. oryzae* et *T. confusum* (Athanassiou, 2006).

Les traitements des parents par inhalation ont montré des résultats bien qu'ils soient moins importants que les deux autres modes de pénétration mais ils restent tout de même significatifs particulièrement pour le Cumin avec 45,83 à 89,38% suivie par le Henné et l'Inule visqueuse avec 16,06 % à 76,23% de taux de réduction des émergences de la F1.

Les travaux testant l'effet par fumigation des extraits végétaux et leurs métabolites sont essentiellement portés sur les extraits volatiles à savoir les huiles essentielles qui ont montré des résultats encourageants.

Le pouvoir réducteur de la fécondité rapporté par Papachristos et Stamopoulos (2002) ont démontré l'activité biocide des huiles essentielles de treize plantes sur les adultes de *Acanthoscelides obtectus*. Les tests conduits par inhalation ont présenté un effet certain sur la diminution de la fécondité, sur l'éclosion des œufs, sur l'augmentation des mortalités des larves néoformées et sur la réduction des émergences d'adultes de la nouvelle génération.

Les extraits aqueux de *Vitexcymosa* montre une très faible toxicité sur les adultes de *Sitophilus zeamais* même à la plus forte dose 50 mg/ml, cependant, cet extrait agit significativement sur la réduction de la F1 de ce ravageur et ce jusqu'à 62%. La réduction du nombre d'émergence de la F1 est attribuée à l'effet insecticide ou répulsif sur les parents. Des résultats similaires ont été observés dans plusieurs études (Silva-Aguayo et al, 2005 ; Tapondjou et al, 2005 ; Asawalam et al, 2006 ; Arannilewa et Odeyemi, 2007).

Des fractions monoterpénoides extraites de différentes plantes se montrent d'une part toxiques par inhalation sur le *T. confusum* et permettent d'autre part de diminuer la fécondité et le taux d'éclosion des œufs, à titre d'exemple les femelles traitées au 1,8-cinéole à la CL50 de 7 µl/l d'air pour une période d'exposition de 48 heures ont pondus 6 œufs/femelle contre 45 œufs/femelle pour le témoin, avec un taux d'éclosion de 42% pour les lots traité contre 91,2% pour les lots témoin (Stamopoulos et Karagianidou, 2007).

Les traitements par l'huile essentielle de *Pistacia lentiscus* par inhalation s'est montré toxique, réductrice de la fécondité et du taux d'éclosion des œufs pour deux ravageurs des denrées stockées *Ephestia kuehniella* avec une fécondité de 78 œufs/ femelle et 29,49% d'éclosion et *Ectomyelois ceratoniae* avec une fécondité de 35 œufs/ femelle et 42,86% d'éclosion et ce pour une dose de 136 µl/l d'air (Bachrouch et al, 2010).

Nattudurai et al. (2012) en combinant l'acide propénoïque avec le benzaldéhyde ont observé après 24 heures une inhibition totale de l'éclosion des œufs ainsi que de l'émergence des adultes à la dose 80 µl/l d'air des. Concernant les huiles essentielles de camphor et eucalyptus se sont avérés moins efficaces avec respectivement 70,20% et 74,04% de réduction de la fécondité, 42 et 54% de taux d'éclosion des œufs et 50 et 30% de taux d'émergence de la F1 à la dose 80 µl/l d'air.



Conclusion Générale



L'objectif de notre étude était de rechercher et de sélectionner parmi trois plantes aromatiques *Lawsonia inermis*, *Inula viscosa* et *Cuminum cyminum* les plus susceptibles de constituer des alternatives accessibles, efficaces et adaptées pour la lutte contre deux espèces importantes des graines stockées ; *S. oryzae* et *T. castaneum*. Pour ce faire, l'activité biologique des extraits aqueux des trois plantes suscitées a été évaluée au laboratoire. Les méthodes employées restent les mêmes pour les deux ravageurs choisis sauf cas des tests du potentiel reproducteur menés uniquement sur le *T. castaneum*.

Dans le souci d'apprécier le potentiel biocide des extraits végétaux des trois plantes aromatiques, nous avons réalisé dans un premier temps des tests comparatifs avec un insecticide chimique organophosphoré ; le Chlorpyrifos-éthyle. L'activité des substances considérées varie selon le type du test effectué (contact, ingestion et inhalation) et aussi du paramètre biologique visé (sensibilité, fécondité, fertilité).

D'après nos résultats, nous pouvons déduire que les trois extraits aqueux testés ont une efficacité relativement intéressante qui reste cependant de moindre intensité que l'insecticide et ce à l'égard des deux ravageurs étudiés.

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

Quant aux essais conduits par la méthode de l'air saturé et des graines reconstituées, ils présentent des résultats peu appréciables, qui sont significativement de moindre toxicité que par la méthode contact. Ces deux modes de pénétration inhalé et ingéré ne permettent d'atteindre que des mortalités très moyennes même aux plus fortes doses chez les deux ravageurs, signalant ainsi une différence hautement considérable avec les données de mortalité obtenues par l'insecticide chimique.

La détermination des doses létales à 50% correspondant à chaque extrait nous a permis de les classer en fonction de leur toxicité, le Cumin vient en tête avec un meilleur potentiel insecticide, suivi presque équitablement par le Henné et l'Inule visqueuse.

Dans une seconde partie, nous avons considéré le comportement reproducteur des parents exposés aux trois extraits biologiques en définissant l'étendue de leur influence sur la fécondité et la fertilité des femelles, des tests comparatifs avec le Chlorpyrifos-éthyle ont été également entrepris.

L'ensemble des extraits aqueux agissent négativement sur le processus d'oviposition, sur l'éclosion des œufs ainsi que l'émergence des adultes de la F1 issues de parents traités. Les résultats les plus intéressants figurent au niveau des traitements ingestion et contact pour les extraits de Cumin et de l'Inule visqueuse. Quant à l'inhalation, les taux de réduction sont moins conséquents avec des fluctuations peu importantes entre les différents extraits aqueux. Inversement aux traitements insecticides dont l'effet reste hautement significatif avec des

inhibitions totales du taux d'éclosion et du taux d'émergence de la F1 pour les différentes doses au niveau de l'ensemble des essais.

Enfin, nous pouvons conclure que ces extraits peuvent constituer à des degrés variables des candidats potentiels pour des méthodes de luttés alternatives à la protection chimique. Ils peuvent d'autant plus être employés comme des agents spécifiques anti-fertilité.

Cependant, la sélection et la validation des extraits par des tests *in vitro* n'est guère garante des résultats qu'on pourrait obtenir à grande échelle. En effet, plusieurs paramètres peuvent influencer sur la qualité d'un extrait à savoir ; la nature chimique du solvant, la qualité et l'origine de la matière végétale première, le matériel et les opérations unitaires employées ainsi que les conditions environnantes lors du procédé d'extraction et d'application. C'est pourquoi il est nécessaire de mettre en place des essais plus poussés.

Ainsi en perspective, il serait à envisager de tester sur une plus large gamme de ravageurs d'autres types d'extraits de ces plantes, en particulier les huiles essentielles qui ont donné des résultats très encourageants dans plusieurs recherches grâce à leur richesse en fractions actives. En menant un screening phytochimique pour les extraits les plus efficaces, il serait plus facile de visualiser les classes de métabolites secondaires qu'ils renferment et d'isoler les principes actifs potentiellement insecticides.

Pour une meilleure compréhension, il serait intéressant de montrer le mode d'action de ces extraits ainsi que la réalisation d'observations au niveau des organes reproducteurs des individus traités dans le but d'identifier d'éventuelles malformations et des désordres dans la vitellogenèse et la spermatogénèse.

Pour améliorer le rendu de ces extraits, ils peuvent faire l'objet d'études ultérieures en les combinant à d'autres méthodes alternatives (les insecticides microbiens, les pièges attractifs, ainsi que les prédateurs naturels) constituant par là une composante d'une stratégie de lutte intégrée au niveau des stocks, non toxique pour l'environnement permettant de proposer au consommateur des produits sains et sans résidus.



Références

Bibliographiques



1. **Abate T., van Huis A., et Ampofo J.K.O., 2000** - Pest management in traditional agriculture: an African perspective. *Annual Review of Entomology* 45, 631-659.
2. **Abay G, Karakoç Ö.C., Tüfekçi A.R., Koldas S., et Demirtas I., 2012** - Insecticidal activity of *Hypnum cupressiforme* (Bryophyta) against *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae); *Journal of Stored Products Research*, 51: 6-10.
3. **Abbas A., Dawar S., Tariq M., et Zaki M.J., 2009**- Nematicidal activity of spices against *Meloidogyne javanica* (treub) chitwood, *pak. J. Bot.*, 41(5): 2625-2632.
4. **Abdelsamad, R.M., Elhag, E.A., Eltayeb, et Y.M., 1988**- Studies on the phenology of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) in the Sudan Gezira. *Journal of Stored Products Research*, 24(2): 101-105.
5. **Abdul Majeed S., 2011**- Study on fumigant and contact toxicity of *Catharanthus roseus* against *Sitophilus oryzae*, *International Journal of Pharmaceutical & Biological archives*; 2(2):751-755.
6. **Abdurrahman A., Osman S., Salih K., et Ismet O., 2008**- Insecticidal activity of the essential oils from different plants against three stored-product insects *J. Insect Sci.*, 10(21): 1-13.
7. **Abramson D., Demianyk C.J., Fields P.G., Jayas D.S., Mills J.T., William E., Muir W.E., Timlick B., et White N.D.G., 2001**- Protection des céréales, des oléagineux et des légumineuses à grain entreposés à la ferme contre les insectes, les acariens et les moisissures, *Agriculture et Agroalimentaire Canada. Publication 1851/F (éd. rev.)*
8. **Abu Zarga M.H., Sabri S.S., Hamed E.M., Khanfar M.A., Zeller K.P., et Atta-Ur-Rahman., 2002**- A new eudesmane type sesquiterpene from *Inula viscosa*. *Natural Product Research*, Vol.17,No.2 : 99-102.
9. **Agarwal V., Gupta V., Nepali K., Suri O.P., et Dhar K.L., 2010**- Chemical and biological characteristics of *Cuminum cyminum*. *J. Nat. Conscientia.*, 1: 148-156.
10. **Agriculture et Environnement, 2008**- Article - Le stockage des céréales bientôt dans l'impasse technique ? Site : <http://www.agriculture-environnement.fr/> paru le 07/10/2008)
11. **Ahmed S., Rahman A., Alam A., Saleem M., Athar M., et Sultana S., 2000**- Evaluation of the efficacy of *Lawsonia alba* in the alleviation of carbon tetrachloride-induced oxidative stress. *Journal of Ethnopharmacology*, 69(2): 157-164.
12. **Alabi T., Michaud J.P., Arnaud L., et Haubruge E., 2008**- A comparative study of cannibalism and predation in seven species of flour beetle. *Ecological Entomology*, 33: 716-716.
13. **Al-Dissi N.M., Salhab A.S., et Al-Hajj H.A., 2001**- Effects of *Inula viscosa* leaf extracts on abortion and implantation in rats, *Journal of Ethnopharmacology*, 77: 117-121.
14. **Alexenizer M., et Dorn A., 2006**- Screening of medicinal and ornamental plants for insecticidal and growth regulating activity. *J. Pest Sci.* 80, 205-215.

15. **Al-Moajel N.H., 2004** - Testing some various botanical powders for protection of wheat grain against *Trogoderma granarium* Evert. *Journal of Biological Sciences*, 4(5): 592-597.
16. **Alonso-Amelot M., et Avila-Núñez J.L., 2011** - Comparison of seven methods for stored cereal losses to insects for their application in rural conditions. *J. Stored Prod. Res.*47(2), 82–87.
17. **Alonso-Zarazaga M.A., et Lyal C.H.C. 1999**- A world catalogue of families and genera of Curculionoidea (Insecta: Coleoptera) (excepting Scolytidae and Platipodidae). *Entomopraxis S.C.P.*, Barcelona, 315 p.
18. **Al-yousuf A.A., Mhoesn R.J., et Redha H.M., 2010**- Evaluation of toxic effect of extracted plant phenol of *lawsonia inermis* and *punica Granatum* and its copolymer in *tetranychus urticae* Koch (acari : tetranychidae), *Basrah J.Agric. Sci.*, 23(1).
19. **Ames H.Jr., 2013** - Insects: Stored-grain Insect Pest Management, field crops : 4-119-122.
20. **Andolfi A., Zermane N., Cimmino A., Avolio F., Boari A., Evidente A., et Vurro M., 2013**- Inuloxins A–D, phytotoxic bi-and tri-cyclic sesquiterpene lactones produced by *Inula viscosa*: Potential for broomrapes and field dodder management, *Phytochemistry* 86: 112–120.
21. **Annis P.C, 2004**- Stored Grain/Invertebrate Pests, CSIRO Entomology, Canberra, ACT, Australia, Elsevier Ltd. pp 237-239.
22. **Aouinty B. et Oufara S., Mellouki F., et Mahari S., 2006**- Évaluation préliminaire de l'activité larvicide des extraits aqueux des feuilles du ricin (*Ricinus communis L.*) et du bois de thuya (*Tetraclinis articulata (Vahl) Mast.*) sur les larves de quatre moustiques culicidés : *Culex pipiens* (Linné), *Aedes caspius*(Pallas), *Culiseta longiareolata* (Aitken) et *Anopheles maculipennis* (Meigen), *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **10** (2), 67 - 71.
23. **Appert J., 1992**- Le stockage des produits vivriers et semenciers, Ed. Maisonneuve et Larousse, Paris, p. 109.
24. **APS., 2013**- Céréales : l'OAIC compte réaliser des silos de stockage de 8,2 millions qx à moyen terme (responsable), rubrique Economie, Ed. Algérie Presse Service (APS) (Site : <http://www.aps.dz/>)
25. **APS., 2014**- Algérie-Projet de réalisation d'une unité de stockage des céréales à Oued Tlélat (Oran); rubrique Economie, Ed. Algérie Presse Service (APS) (Site : <http://www.aps.dz/>)
26. **Arannilewa S.T., et Odeymi O.O., 2007**- Insecticidal evaluation of some plant materials as grain protectants against the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Mots.) (Coleoptera: Curculionidae). *Agric. J.* 2:155-159.

27. **Arnaud L., Lognay G., Verscheure M., Leenaers L., Gaspar C., et Haubruge E., 2002** – Is Dimethyldecanal a common aggregation Pheromone of tribolium flour beetles?. *Journal of Chemical Ecology*, Vol. 28, No. 3.
28. **Arthur F.H., 2000**- Impact of accumulated food on survival of *Tribolium castaneum* on concrete treated with cyfluthrin wettable powder. *J. Stored Prod. Res.*, 36: 15-23.
29. **Arthur F.H., Hagstrum D.W., Flinn P.W., Reed, C. et Phillips T., 2006**- Insect populations in grain residues associated with commercial Kansas Grain elevators.*J.Stored Prod.Res.*, 42:226-239.
30. **Arthur F.H., Throne J.E., et Simonaitis R.A., 1991**- Chlorpyrifos-methyl degradation and biological efficacy toward maize weevils (Coleoptera : Curculionidae) on corn stored at four temperatures and three moisture contents, *Journal Economic Entomology*: 84(6) : 1926:1932.
31. **Arya M., et Tiwari R., 2013**- Efficacy of Some Indigenous Bioproducts Against Rice Weevil, *Sitophilus Oryzae* (Linn.) On Wheat, *Agriculture, Research Paper* Vol. 3, Issue 6: 2249-5550.
32. **Asawalam E.F., Emosairue S.O., et Hassanali A., 2006**- Bioactivity of *Xylopi aetiopica* (Dunal) A. Rich essential oil constituents on maize weevil *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Electr. J. Env. Agric. Food Chem.* 5:1195-1204.
33. **Athanassiou C.G., 2006**- Toxicity of beta cyfluthrin applied alone or in combination with diatomaceous earth against adults of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* Duval (Coleoptera: Tenebrionidae) on stored wheat, *Crop Protection*, 25: 788–794.
34. **Athanassiou C.G., Papagregorioub A.S., et Buchelos C., 2004**- Insecticidal and residual effect of three pyrethroids against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) on stored wheat, *Journal of Stored Products Research*, 40: 289-297.
35. **Athanassiou C.G., Vayias B.J., Dimizas C.B., Kavallieratos N.G., Papagregoriouc A.S., et Buchelosa C.Th., 2005**- Insecticidal efficacy of diatomaceous earth against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* Duval (Coleoptera: Tenebrionidae) on stored wheat: influence of dose rate, temperature and exposure interval, *Journal of Stored Products Research* 41: 47–55.
36. **Attil N., 1996**- Comparaison de l'efficacité de quelques souches locales de *Bacillus thuringiensis* à celle de trois insecticides sur deux espèces des denrées stockées, *Sitophilus oryzae* (Coleoptera : Curculionidae) et *Tribolium castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidae). Thèse ing. d'Etat en Agro. ENSA, El-Harrach, p88.
37. **Attokaran M., 2011**- *Natural Food Flavors and Colorants*, Ed. John Wiley & Sons-chap 44.

38. **Ayvaz A., Sagdic O., Karaborklu S., et Ozturk I., 2010** - Insecticidal activity of the essential oils from different plants against three stored-product insects , Journal of Insect Science: Vol. 10 .Article 21.
39. **Bachrouch O., Mediouni-Ben Jemâa J., Aidi Waness W., Marzouk B., Abderraba M., et Talou T., 2010**- Composition and insecticidal activity of essential oil from *Pistacia lentiscus*.
40. **Bairagi G.B., Kabra A.O., et Mandade R.J., 2011**- Anthelmintic activity of *Lawsonia inermis* L. leaves in Indian Adult Earthworm. Int. J. Res. Pharmaceut. Biomed. Sci. 2, 237-240.
41. **Balachowsky A.S., et Mesnil L., 1936**- Les insectes nuisibles aux plantes cultivées, leurs mœurs, et leur destruction, Ed. Etablissement BUSSON, Paris, pp. 380.
42. **Banerjee M. et Sarkar P.K., 2003**- Microbiological quality of some retail spices in India. Food Res Int. 36: 469-474.
43. **Banks H.J., et Field J.B., 1995**- Physical methods for insect control in stored-grain ecosystem. In Stored grain ecosystem, eds. Jayas, D.S. N.D.G. White and B. Subramanyam. Marcel Dekker: New York, pp: 353-409.
44. **Barrer T.M. 1983**- A field demonstration of odour-based, host-food finding behaviour in several species of stored grain insects. J. Stored Prod. Res. 19: 105-111.
45. **Bekon K., et Fleurat-Lessard F., 1989**- Evolution des pertes en matière sèche des grains dus aux ravageurs secondaires : *Tribolium castaneu* (Herbst) (Coléoptère : Tenebrionidae), lors de la conservation des céréales. In Céréale en région chaudes. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, Paris, pp 97-104.
46. **Benchohra H.A., Hamel L., Bendimered F.Z., et Benchohra M., 2011**- Composition chimique des huiles essentielles de *inula viscosa*, sciencelib editions mersenne : volume 3 , n ° 111110 ISSN 2111-4706.
47. **Berge G., Diallo D., et Hveem B., 2005**- Les plantes sauvages du Sahel malien: les stratégies d'adaptation à la sécheresse des Sahéliens, Karthala Editions, pp : 80,161.
48. **Betancur R.J., Silva A.G., Rodríguez M.J.C, Fischer G.S., et Zapata S.M.N., 2010**- Insecticidal activity of *Peumus boldus molina* essential oil against *Sitophilus zeamais* Motschulsky, Chilean journal of agricultural research, 70(3):399-407.
49. **Bloch Qazi M., Herbeck J.T., et Lewis S.M., 1996**- Mechanism of sperm transfer and storage in the red flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae)- Annals of the Entomological Society of America, 89: 892-897.
50. **Bounechada M. et Arab R., 2011**- Effet insecticide des plantes *Meliaazedarach* L. et *Peganum harmala* L. sur *Triboliumcastaneum* Herbst (Coleoptera:Tenebrionidae) ., Agronomie numéro 1.

51. **Bousquet Y., 1990-** Beetles associated with stored products in Canada: An identification guide. Agriculture and Agri-Food Canada.
52. **Bremness L., 2002-** Plantes aromatiques et médicinales, Ed. Bordas, Paris, p 303.
53. **Bssaibis F., Gmira N., et Meziane M., 2009-** Activité antibactérienne de *Dittrichia viscosa* (L.) W. Greuter, Rev. Microbiol. Ind. San et Environn. Vol 3, No 1: 44-55.
54. **Bullen K., 2007-** Insect Control in Stored Grain, *DPI&F*, Plant Science, Toowoomba, Queensland the Smart State.
55. **Buquet R., Bourton H., Cangardel H., Coulon J., Ducon P., Fleurat Lessard F., Hascoët M., Nouat N., Rignault P.H., et Steffan J.R., 1978-** Les insectes et les acariens des céréales stockées, Ed. AFNOR-ITCF, pp 9-17.
56. **Caballero-Gallardo K., Olivero-Verbel J., et Stashenko E., 2011 -** Repellent activity of essential oils and some of their individual constituents against *Tribolium castaneum* Herbst. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59:1690-1696.
57. **Caballero-Gallardo K., Olivero-Verbel J., et Stashenko E.E., 2012 -** Repellency and toxicity of essential oils from *Cymbopogon martinii*, *Cymbopogon flexuosus* and *Lippia origanoides* cultivated in Colombia against *Tribolium castaneum*, Journal of Stored Products Research, 50 : 62-65.
58. **Cafarchia C., De Laurentis N., Milillo M.A., Losacco V., et Puccini V., 2002-** Antifungal activity of essential oils from leaves and flowers of *Inula viscosa* (Asteraceae) by Apulian region. Parassitologia.44 : 153-156.
59. **Campbell J.F., et Hagstrum D.W. 2002-** Patch exploitation by *Tribolium castaneum*: movement patterns, distribution and oviposition. Journal of Stored Product Research 38: 5568.
60. **Cardon D., 2005-** Ressources végétales de l'Afrique tropicale: colorants et tanins, ed. PROTA, pp 120-124.
61. **Carroll J.F., Tabanca N., Kramer M., Elejalde N.M., Wedge D.E., Bernier U.R., Coy M., Becnel J.J., Demirci B., Baser K.H., Zhang J., et Zhang S., 2011-** Essential oils of *Cupressus funebris*, *Juniperus communis*, and *Juniperus chinensis* (Cupressaceae) as repellents against ticks (Acari: Ixodidae) and mosquitoes (Diptera: Culicidae) and as toxicants against mosquitoes. Journal of Vector Ecology, 36: 258-268.
62. **Casida J.H., 1990 -** Pesticide mode of action, evidence for implications of a finite number of biochemical targets. In: Casida J.E. (ed.). Pesticides and alternatives. Innovative chemical and Biological Approaches to Pest Control. Amsterdam: Elsevier, pp. 11-22.
63. **Celik T., et Aslanturk O., 2010-** Evaluation of Cytotoxicity and Genotoxicity of *Inula viscosa* Leaf Extracts with Allium Test. *J. Biomed. Biotechnol.*, 10.1155-189252.
64. **Charles D.J., 2012-** Antioxidant Properties of Spices, Herbs and Other Sources, ed. Springer, pp 267-269.

65. **Charnov E.L, et Skinner S.W., 1985-** Complementary approaches to the understanding of parasitoid oviposition decisions. *Environmental Entomology* 14: 383-391.
66. **Chaubey M.K., 2008-** Fumigant toxicity of essential oils from some common spices against pulse beetle, *Callosobruchus chinensis* (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Oleo Science*, 57: 171-179.
67. **Chaubey M.K., 2011-** Fumigant Toxicity of essential oils against rice weevil, *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae), *Journal of Biological Sciences* 11(6): 411-416.
68. **Chaudhary G., Goyal S., et Poonia P.,2010-** *Lawsonia inermis* Linnaeus: A Phytopharmacological Review, *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research*, 2(2): 91-98.
69. **Chehat F., 2007-** Analyse macroéconomique des filières, la filière blés en Algérie. Projet PAMLIM « Perspectives agricoles et agroalimentaires Maghrébines Libéralisation et Mondialisation » Alger : 7-9.
70. **Chomchalow N., 2003-** Protection of Stored Products with Special Reference to Thailand, *AU J.T.* 7(1): 31-47.
71. **Choubey A., Ojha M., Mishra A., Mishra S., et Patil U.K., 2010-** Hypoglycemic and antihyperglycemic effect of ethanolic extract of whole plant of *Lawsonia inermis* (henna) in streptozotocin induced diabetic rats. *Int J Pharm Sci Rev Res* 1(8): 74-77.
72. **Codon B., et Wilm C., 1991-** Les industries de premières transformations des céréales, Ed. Lavoisier, Paris, pp. 192-199.
73. **Coitinho R.L.B.C., Oliveira J.V., Gondim Júnior M.G.C., et Câmara C.A.G., 2006-** Toxicidade de óleos para adultos de *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera, Curculionidae) em grãos de milho armazenados., *Revista Brasileira de Armazenamento*, Viçosa, Vol. 31, No 1 : 29-34.
74. **Cox P.D., 2004-** Potential for using semiochemicals to protect stored products from insect infestation. *J. Stored Prod. Res.* 40: 1-25.
75. **Cuong N.X., Nhiem N.X., Thao N.P., Nam N.H., Dat N.T., et Le Tuan Anh H., 2010-** Inhibitors of osteoclastogenesis from *Lawsonia inermis* leaves. *Bioorg &Med Chem Lett*, 20 (16): 4782-4784.
76. **Dal Bello G., Padin S., Lopez Lastra C., et Fabrizio M., 2001-** Laboratory evaluation of chemical-biological control of the rice weevil (*Sitophilus oryzae* L.) in stored grains, *Journal of Stored Products Research*, 37: 77-84.
77. **Daniel Z. et Maria H., 2000-** Domestication of Plants in the Old World, vol. 531., third ed. University Press, Oxford, pp. 206.
78. **Danino O., Gottlieb H.E., Grossman S., et Bergman M., 2009-** Antioxidant activity of 1,3-dicaffeoylquinic acid isolated from *Inula viscosa*. *Food Res. Int.* 42: 1273–1280.

79. **De Martino L., De Feo V., Fratianni F., et Nazzaro F., 2009-** Chemistry, antioxidant, antibacterial and antifungal activities of volatile oils and their components *Nat Prod Commu.* 4: 1741-50.
80. **Delobel A., et Tran M., 1993-** Les Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes, IRD Editions, p : 275-280 et 345-346.
81. **Derakhshan S., Sattari M., et Bigdeli M., 2010-** Effect of cumin (*Cuminum cyminum* L.) seed essential oil on biofilm formation and plasmid integrity by *Klebsiella pneumoniae*. *Pharmacog Mag.;* 6:57-61.
82. **Devappa R.K., Makkar H.P.S., et Becker K., 2010-** Jatropha toxicity - a Review, *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B,* 13: 476-507.
83. **Djermoun A., 2009-** La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques, *Revue Nature et Technologie,* No 01, pp 45 – 53.
84. **Domínguez J., et Marrero L., 2010-** Catálogo de la entomofauna asociada a almacenes de alimentos en la provincia de matanzas. *Fitosanidad* 14: 75-82.
85. **Donahaye, E.J., Navarro, S., Rindner, M. et Azrieli, A. 1996-** The combined influence of temperature and modified atmospheres on *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Stored Prod. Res.* 32: 225-232.
86. **Dowdy, A.K., 1999-** Mortality of red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) exposed to high temperature and diatomaceous earth combinations. *J. Stored Prod. Res.* 35: 175-182.
87. **Dowdy A.K., et Fields P.G., 2002-** Heat combined with diatomaceous earth to control the confused flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae) in a flour mill. *J. Stored Prod. Res.* 38: 11-22.
88. **Druvefors U.Ä., 2004-** Yeast Biocontrol of grain spoilage moulds mode of action of *Pichia anomala*. Doctoral thesis. University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. *Agraria:* 44-466.
89. **Dweck, A.C., 2002.** Natural ingredients for colouring and styling. *Int. J. Cosmet. Sci.* 24, 287-302.
90. **Edmunds J., Cushing J.M., Costantino R.F., Henson S.M., Dennis B., et Desharnais R.A., 2003-** Park's *Tribolium* competition experiments: A non-equilibrium species coexistence hypothesis, *Journal of Animal Ecology,* Vol 72, No.5, pp 703-212.
91. **Eguale T., et Giday M., 2009-** *In vitro* anthelmintic activity of three medicinal plants against *Haemonchus contortus*. *Int J Green Pharm;* 3:29-34.
92. **El idrissi M., Elhourri M., Amechrouq A., et Boughdad A., 2014-** Étude de l'activité insecticide de l'huile essentielle de *Dysphania ambrosioides* L. (Chenopodiaceae) sur

Sitophilus oryzae (Coleoptera: Curculionidae)., Journal of Mater. Environ. Sci. 5 (Y) : 2028-2508.

93. **Elhourri M., Amechrouq A., El idrissi M., et Boughdad A., 2014-** Etude de la composition chimique et de l'activité insecticide des huiles essentielles de *Dysphania ambrosioides* (L.) (Chenopodiaceae) et de *Daucus carota* (L.) ssp. *carota* (Apiaceae) sur *Bruchus lentis* (Coleoptra : Chrysomelidae)., ScienceLib Editions Mersenne : Vol. 6 , N ° 140118.
94. **El-Lakwah F.A., Mohamed R.A., et Abd el-aziz A.E., 2001-** Toxicity and joint action of cumin seeds extract with certain controlled atmospheres against stored- product insects, *Eds.* Donahaye, E.J., Navarro, S. and Leesch J.G, Executive Printing Services, Clovis, CA, U.S.A. pp.133-147.
95. **Evans D.E., 1983-** The influence of relative humidity and thermal acclimation on the survival of adult grain beetles in cooled grain. *J. Stored Prod. Res.* 19: 173-180.
96. **FAO, 2009-** Compte rendu du Sommet mondial sur la sécurité alimentaire, Bulletin du Sommet mondial sur la sécurité alimentaire, Bulletin #1, Vol. 150, n° 5.
97. **FAO, 2010-** L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde, combattre l'insécurité alimentaire lors des crises prolongées ; Organisation des nations unis pour l'alimentation et l'agriculture, Rome.
98. **Farrell J., 2010-** Diagnostic Methods For Rust-red flour beetle and Confused flour beetle *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum*, rev: PADIL-Plant Biosecurity,Toolbox : 10-27.
99. **Fessenden R.J., et Fessenden J.S., 1998-** Organic Chemistry, 6th ed. California (USA).Brooks/Cole Publishing Company, pp 892.
- 100.**Fetoh B.E.S.A., et Al-Shammery K.A., 2011-** Acaricidal Ovicidal And Repellent Activities Of Some Plant Extracts Onthe Date Palm Dust Mite, *Oligonychus afrasiaticus* Meg. (Acari: Tetranychidae), International Journal Of Environmental Science And Engineering (IJESE) Vol. 2: 45-52.
- 101.**FIDA, 2011-** Perspectives de la sécurité alimentaire et nutritionnelle à l'échelle planétaire, Investir dans l'agriculture paysanne – une priorité internationale : <http://www.ifad.org/>
- 102.**Flanders K.L., 2013-** Stored Grains Insect Control Recommendations for 2013, Insect Management, Alabama Cooperative Extension System.
- 103.**Fleurat-Lessard F., 1982-** les insectes et les acariens in Multon J.L.,1982- conservatuib et stockage des grains et graines et produits dérivés. Ed. Technique et Documentation Lavoisier, Paris, Vol. 1, pp. 394-414.
- 104.**Fleurat-Lessard, F., 1984-** Evolution biologique et physique d'un stock de blé tendre en présence d'un e infestation par le charançon: *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera :

Curculionidae) et mesure des pertes pendant le stockage. 83-121. In : La conservation des céréales de France, INRA Les ATP de l'INRA, Paris.

105. **Fleurat-Lessard F., 2011-** Détermination des facteurs de transfert des résidus de pesticides des céréales traitées aux produits transformés par une approche expérimentale a priori , 2^{ème} rencontres techniques du RMT QUASAPROVE – Paris - 16 juin 2011 Journée séminaire : Evaluation et gestion des insectes et des résidus pesticides dans les grains stockés après récolte.
106. **Flinn P.W., et Hagstrum D.W., 2001.-** Augmentative releases of parasitoid wasps in stored wheat reduces insect fragments in flour.- *Journal of Stored Products Research*, 37: 179-186.
107. **Foua-Bi K., et Philogène B.J.R., 1990-** La post-récolte en Afrique, Actes du séminaire international tenu à Abidjan Côte d'Ivoire, ISBN 2-920021-37-0.
108. **Fourar R., 1994-** variabilité du blé tendre à *Sitophilus oryzae* (L.) (*Coleoptera : Cucruclionidae*) dans le grain et de *Tribolium confusum*(Duval) (*Coleoptera : Tenebrionidae*) dans la farine , Analyse des relations Eco-Physiologiques insectes-grain, Thèse.Ing. Agro. ENSA, El-Harrach,p 224.
109. **Gachkar L., Yadegari D., Rezaei M.B., Taghizadeh M., Astanesh S.A., et Rasooli I.j., 2007-** Chemical and biological characteristics of *Cuminum cyminum* and *Rasmarinus officinalis* essential oils. *Food Chemistry*, 102, 898-904.
110. **Gardner Z., et McGuffin M., 2013-** The American Herbal Products Association Botanical Safety Handbook, Second Edition, ed.CRC Press, pp. 285-286.
111. **Gaur G.K., et Rao M.K., 1993-** A note on base population parameters in *Tribolium castaneum*, notes-research, teaching and technical, tribolium information bulletin n°33.
112. **Ghahreman A., 1994-** Chromophytes of Iran. 2 ed. Tehran: Tehran University.
113. **Gilly G., 2005-** Les plantes aromatiques et huiles essentielles à Grasse: botanique, culture, chimie, production et marché, Ed. L'Harmattan, pp 102-105.
114. **Glenn D.M., Puterka G.J., Vanderwet T., Byers R.E., et Feldhake C., 1999-** Hydrophobic particle films, a new paradigm for suppression of arthropod pests and plant diseases.*J.Econ.Entomol.*92:759-771.
115. **Gohari A.R., et Saeidnia S., 2011-** A Review on Phytochemistry of *Cuminum cyminum* seeds and its Standards from Field to Market, *Pharmacognosy Journal*, Vol 3, Issue 25.
116. **Golebiowska Z., 1969-** The feeding and fecundity of *Sitophilus granarius* L., *Sitophilus oryzae* L. and *Rhyzopertha dominica* F. in wheat grain, *Journal of Stored Products Research* 5: 143–155.
117. **Good N.E., 1933-** Biology of the flour beetles, *Tribolium confusum* Duv. and *T. ferrugineum* Fab. *Journal of Agricultural Research* 46: 327-334.

118. **Good NE., 1936-** The flour beetles of the genus *Tribolium*. USDA Technical Bulletin 5: p 27-28.
119. **Goswami M., Kulshreshtha M., Rao C.V., Yadav S., et Yadav S., 2011-** Anti-ulcer potential of *Lawsonia inermis* leaf, Int J Pharm Sci Rev Res, 10 (1): 25-27.
120. **Graur D., et Wool D., 1985-** uniderctional interspecific mating in *Tribolium castaneum* ans *Tribolium confusum* : evolutionary and ecological implications. Junk publishers. Entomol:38, p 261-265.
121. **Grenier A.M., Wajnberg E., Charles H., et Nardon P., 2000.** Variabilité de facteurs biologiques et comportementaux dans les populations des trois espèces de *Sitophilus* (Coleoptera : Curculionidae) inféodées aux céréales et produits dérivés, et leur importance dans la caractérisation des espèces. *Annales de la Société entomologique de France* (n.s.)36: 223-238.
122. **Guèye M.T., Seck D., Wathelet J-P. et 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 .15(1):183-194.
123. **Gupta S., et Dikshit A.K., 2010-** Biopesticides: an eco-friendly approach for pest control. Journal of Biopesticides 3, 186–188.
124. **Haubruge E., 1995-** Etude des phénomènes responsables de la résistance spécifique a malathion chez le *Tribolium castaneum* (Herbst) (coléoptère : *Tenebrionidae*)- thèse de doctorat, faculté universitaire des sciences agronomique de Gembloux, Belgique.
125. **Hayma J., 2003** - The storage of tropical agricultural products. Agrodok No. 31. Agromisa Foundation, Wageningen, Netherlands.
126. **Hernandez V., Manez S., Recio M.C., Giner R.M., et Rios J.L., 2005-** Anti-inflammatory profile of dehydrocostic acid, a novel sesquiterpene acid with pharmacophoric conjugated diene, Eur. J. Pharm. S., 26 : 162–169.
127. **Hernández V., Recio M.C., Máñez S., Giner R.M., et Ríos J.L., 2007-** Effects of naturally occurring dihydroflavonols from *Inula viscosa* on inflammation and enzymes involved in the arachidonic acid metabolism, Life Sciences 81: 480–488.
128. **Hertlein M.B., Thompson G.D., Subramanyam B., et Athanassiou C.G., 2011-** Spinosad: a new natural product for stored grain protection. J. Stored Prod. Res. 47: 131-146.
129. **Hill D.S., 1990.** Pest of stored products and their control. London, Brit. Library, 274p.
130. **Ho F.K., 1969-** Identification of pupae of six species of *Tribolium* (Coleoptera : Tenebrionidae)-Annals of the entomological Society of America, 62 :1232-1237.

131. **Ho S.H., 2001-** Response of *Tribolium castaneum* and *Sitophilus zeamais* to potential fumigants derived from essential oils of spices, *Eds. Donahaye, E.J., Navarro, S. and Leesch J.G*, Executive Printing Services, Clovis, CA, U.S.A. pp. 119-124.
132. **Ho S.H., Koh L., Ma Y., Huang Y., et Sim K Y., 1996-** The oil of garlic, *Allium sativum* L. (Amaryllidaceae), as a potential grain protectant against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch., *Postharvest Biol. Technol.* 9: 41–48.
133. **Hostettmann K., 1997-** Tout savoir sur le pouvoir des plantes, Ed. Favre, S.A, Lausanne, Suisse.
134. **Howe R.W., 1962-** The effects of temperature and humidity on the oviposition rate of *Tribolium castaneum* (Hbst.) (Coleoptera, Tenebrionidae). *Bulletin of Entomological Research* 53: 301-310.
135. **Huang F., et Subramanyam B., 2005-** Management of five stored-product insects in wheat with pirimiphosmethyl and pirimiphos-methyl plus synergized pyrethrins. *Pest Management Science.*, 61:356-362.
136. **Huang Y., et Ho S.H., 1998-** Toxicity and antifeedant activities of cinnamaldehyde against the grain storage insects, *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch., *Journal of stored Products. Res.* 34(1): 11–17.
137. **Huang Y., Ho S.H., et Kini M., 1999-** Bioactivities of safrole and isosafrole on *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae)., *Journal of Economic Entomology, Lanham, Vol. 92, No.3:* 676-683.
138. **Huang Y., Lam S.L., et Ho S.H., 2000-** Bioactivities of essential oil from *Elletaria cardomomum* (L.) Maton. To *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium castaneum* (Herbst). *J.Stored Prod. Res.*, 36: 107-117.
139. **I.N.R.A., 1993-** Quelle place pour les moyens biologiques en protection des cultures ? Colloque organisé conjointement par la FNGPC et l'ACTA, sous le parrainage de l'ANPP , *Courrier de l'Environnement de l'INRA n° 19, Paris.*
140. **Isman M.B., 2006-** Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*, 51: 45-66.
141. **Isman M.B., Wan A.I., et Passreiter C.M., 2001-** Insecticidal activity of essential oils of the tobacco cutworm, *Spodoptera litura*, *Fitoterapia*, 72, 65-68.
142. **IT IS., 2014-** *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter Taxonomic Serial No.: 37248, site :<http://www.itis.gov/>
143. **Jalali-Heravi M., Zekavat B., et Sereshti H., 2007-** Use of gas chromatography–mass spectrometry combined with resolution methods to characterize the essential oil components of Iranian cumin and caraway, *J. Chromatogr. A*, 1143: 215–226.
144. **Janahmadi M., Niazi F., Danyali S., et Kamalinejad M., 2006-** Effects of the fruit essential oil of *Cuminum cyminum* Linn. (Apiaceae) on pentylenetetrazol induced

- epileptiform activity in F1 neurones of *Helix aspersa*. *Journal of Ethnopharmacology*, 104, 278–282.
145. **Jauzein P., 2011-** Flore des champs cultivés, 2^{ème} édition, Quae, pp. 232-233.
146. **Johri R.K., 2011-** *Cuminum cyminum* and *Carum carvi*: An update. *Phcog Rev*, 5:63-72.
147. **Karbache F., Mouhouche F., et Fleurat-Lessard F., 2011-** Deterrent and insecticidal properties of bean seed (*Phaseolus vulgaris* L.) whole meal or protein extract incorporated into the diet of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae), *Journal of Stored Products Research*, 47: 197-203.
148. **Karunakaran, C., Jayas, D.S., et White, N.D.G. 2004-** Identification of wheat kernels damaged by the red flour beetle using x-ray images. *Biosystems Engineering*, 87(3): 267-274.
149. **Kattouf J., Belmoukhtar M., Harnafi H., Mekhfi H., Ziyat A., Aziz M., Bnouham M., et Legssyer A., 2009-** Effet antihypertenseur des feuilles d'*Inula viscosa*, *Phytothérapie*, Vol 7, Issue 6, pp 309-312.
150. **Kehe M., 1975-** Expérimentation pour la mise au point d'un protocole d'essai de substances insecticides pour la lutte contre les charançons des grains: *Sitophilus granarius* (L) et *Sitophilus oryzae* (L). Mémoire D. A. A. ENSAM, Montpellier, 55p.
151. **Kells S., Mason L.J., Maier D.E., et Woloshuk C.P., 2001 -** Efficacy and fumigation characteristics of ozone in stored maize. *J. Stored Products Res.*, 37: 371-282.
152. **Kemassi A., BoualZ., LebbouzI., Daddi BouhounM., Saker M.L., Ould El Hadj-KhelilA., et Ould El Hadj M.D., 2012-** Etude de l'activité biologique des extraits foliaires de *Cleome arabica* L. (Capparidaceae), *Lebanese Science Journal*, Vol.13, No. 2.
153. **Kestenholtz C., Stevenson P.C., et Belmain S.R., 2007-** Comparative study of field and laboratory evaluations of the ethnobotanical *Cassia sophera* L. (Leguminosae) for bioactivity against the storage pests *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) and *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae), *Journal of Stored Products Research*, 43: 79-86.
154. **Khalfi O., Benyoussef E., et Yahiaoui N., 2006 -** Extraction, analysis and insecticidal activity of spearmint essential oil from Algeria against *Rhyzopertha dominica* (F.). *J. Essen. oil-Bearing Plants*. 9(1): 17-21.
155. **Khalfi O., Sahraoul N., Bentahar F., et Boutekedjiret C., 2008-** Chemical composition and insecticidal properties of *Origanum glandulosum* (Desf) essential oil from Algeria. *J. Sci. Food Agric.*, 89(9): 1562-1566.
156. **Khan A.A., Rath S. et Shankar U., 1998-** Effect of coloured light on larval growth of rust red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst). *Shashpa* 5: 181-184.
157. **Khanavi M., Vatandoost H., Sedaghat M.M, Khosravi N., Hadjiakhoondi D.A., Dehkordi A.S., et Hadjiakhoondi F., 2013-** Larvicidal Activities of Some Iranian Native

Plants against the Main Malaria Vector, *Anopheles stephensi*, Acta Medica Iranica, Vol. 51, No. 3.

158. **Khandare K.R., et Salve S.B., 2009**- Management of wilt of pigeon pea (*Cajanus Cajan* L.) Through biopesticide leaf extracts International Referred Research Journal, Vol-II , Issue 18.
159. **Khatibi A., Haghparast A., Shams J., Dianati E., Komaki A., et Kamalinejad M., 2008**- Effects of the fruit essential oil of *Cuminum cyminum* L. on the acquisition and expression of morphine-induced conditioned place preference in mice. NeurosciLett. 448:94-8.
160. **Kim S.I, June-Sun Yoon J.S., Jung J.W., Hong K.B., Ahn Y.J., et Kwon H.W., 2010**- Toxicity and repellency of *Origanum* essential oil and its components against *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) adults, Journal of Asia-Pacific Entomology 13 : 369–373.
161. **Kljajic P., Andric G., et Peric I., 2006**- Effects of several contact insecticides on adults of three *Sitophilus* species, 9th International Working Conference on Stored Product Protection.
162. **Kljajic P., et Peric I., 2007**- Effectiveness of wheat-applied contact insecticides against *Sitophilus granarius* (L.) originating from different populations, Journal of Stored Products Res. 43(4): 523-529.
163. **Kluger N., Raison-Peyron N., et Guillot B., 2008**- Tatouages temporaires au henné : des effets indésirables parfois graves. Presse Med; 37: 1138–42.
164. **König C., 2013**- Les ravageurs, menace pour nos céréales, rev, Futura Science.
165. **Koppula S., Kopalli S.R., et Sreemantula S., 2009**- Adaptogenic and nootropic activities of aqueous extracts of *Carum Carvi* Linn (Caraway) fruit: an experimental study in wistar rats. Aust J Med Herb.; 21:76-9.
166. **Kostyukovsky M., et Trostanetsky A., 2006**- The effect of a new chitin synthesis inhibitor, novaluron, on various developmental stages of *Tribolium castaneum* (Herbst), Journal of Stored Products Research 42: 136–148.
167. **Koul O., Walia S., et Dhaliwal G.S., 2008** - Essential Oils as Green Pesticides: Potential and Constraints Biopestic. Int., 4(1): 63-84.
168. **Kyprianou M., 2008**- modification du règlement (CE) n°396/2005 du Parlement européen et du Conseil pour y ajouter les annexes II, III et IV fixant les limites maximales applicables aux résidus des produits figurant à son annexe I, Journal officiel de l'Union européenne, Bruxelles. L. against *Ectomyelois ceratoniae* Zeller and *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae), Journal of Stored Products Research 46: 242-247.
169. **Lacey L., 2001**- Insect pathogens as biological control agents: Do they have a future? Biological Control., 21(3): 230-248.

170. **Lack D., 1947.** The significance of clutch size. *Ibis* 89: 302-352.
171. **Lacoste P., 1970** : La défense des cultures à Madagascar. 190-191.
172. **Lalah J.O et Wandiga S.O., 2002-** The effect of boiling on the removal of persistent malathion residues from stored grains, *Journal of Stored Products Research* 38(1): 1-10.
173. **Lale N.E.S., et Abdulrahman H.T., 1999-** Evaluation of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) seed oil obtained by different methods and neem powder for the management of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) in stored cowpea, *Journal of Stored Products Research* 35: 135-143.
174. **Lauro L., et Rolih C., 1990** - Observations and research on an extract of *Inula viscosa* Ait. *Boll. Soc. Ital. Biol. Sper*, 66, 829–834. 10.
175. **Laznik Ž., Vidrih M., et Trdan S., 2012** - Efficacy of four essential oils against *Sitophilus granarius* (L.) adults after short-term exposure, *African Journal of Agricultural Research* Vol. 7(21) : 3175-3181.
176. **Lee B.H., Annis P.C., Tumaalii F., et Choi W.S., 2004** - Fumigant toxicity of essential oils from the Myrtaceae family and 1,8-cineole against 3 major stored-grain insects, *Journal of Stored Products Research*, 40 : 553-564.
177. **Leelaja B.C., Rajashekar Y., et Rajendran S., 2007-** Detection of eggs of stored-product insects in flour with staining techniques. *Journal of Stored Product Research*, 43(3): p 206-210.
178. **Lepesme P., 1944-** Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés, Ed. Encyclopédie Entomologique, Paris : 2-335.
179. **Lepigre A.L., 1951-** Les insectes de logis et du magasin, lutte contre les insectes ennemis du commerçant et de la ménagère, Ed. Insectarium, Jardin d'essai, Alger, pp. 339.
180. **Leporatti M.L., et Ghedira K., 2009-** Comparative analysis of medicinal plants used in traditional medicine in Italy and Tunisia. *J Ethnobiol Ethnomed* 5:31-39.
181. **Lev E., et Amar Z., 2000-** Ethnopharmacological survey of traditional drugs sold in Israel at the end of the 20th century. *J. Ethnopharmacol.* 72: 191–205. 11.
182. **Lewis S.M., et Austad S.N., 1990-** Sources of intraspecific variation in sperm precedence in red flour beetles, *The American Naturalist*, 135:351-359.
183. **Lewis S.M., et Austad S.N., 1994-** Sexual selection in flour beetles : the relationship between sperm precedence and male olfactory attractiveness, *Behavioral Ecology*, 5: 219-224.
184. **Lingampally V., Solanki V.R., et Sabita R.S., 2012-** Andrographolide: An effective anti-fertility agent for the control of *Tribolium confusum* , *Asian Journal of Plant Science and Research*, 2 (3): 313-317.

185. **Liu Z.L., Liu S.L., Yang K., Chu S.S., Liu Q.Z., et Du S.S., 2012-** Chemical composition and toxicity of essential oil of *Boenninghausenia sessilicarpa* (Rutaceae) against two grain storage insects, *Journal of Medicinal Plants Research* Vol. 6(15) : 2920-2924.
186. **Longstaff B.C., 1981** - Biology of the grain pest species of the Genus *Sitophilus* (Coleoptera : Curculionidae) : A critical review. 83-130. In *Protection ecology. An international Journal devoted to the Study and Management of Noxious organisms in plant and Animal Industries.*
187. **Loshiavo S.R., 1976** - Effect of the synthetic regulators methoprene and hydropene on survival, development or reproduction of six species of stored-product insects. *J. Economic. Entomol.*, 60: 395-99.
188. **Lü J., Wu C., et Shi Y., 2011-** Toxicity of essential oil from *Artemisia argyi* against *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus) (Coleoptera: Silvanidae), *African Journal of Microbiology Research* Vol. 5(18): 2816-2819.
189. **Lü J., et Wu S., 2010** - Bioactivity of essential oil from *Ailanthus altissima* bark against 4 major stored-grain insects, *African Journal of Microbiology Research* Vol. 4 (3): 154-157.
190. **Lyon W.F., 2000-** Confused and Red Flour Beetles. Ohio State University Extension Fact Sheet. HYG-2087-97.
191. **Mahmoudvand M., Abbasipour H., Basij M., Hosseinpour M.H., Rastegar F., et Bagher Nasiri M., 2011** - Fumigant toxicity of some essential oils on adults of some stored-product pests, *Chilean Journal of Agricultural Research*, 71(1):83-89.
192. **Mamoci E., Cavoski I., Andres M.F., Díaz C.E., et Gonzalez-Coloma A., 2012-** Chemical characterization of the aphid antifeedant extracts from *Dittrichia viscosa* and *Ferula communis*, *Biochemical Systematics and Ecology* 43: 101–107.
193. **Mansour F., Azaizeh H., Saad B., Tadmor Y., Abo-Moch F., et Said O., 2004-** The potential of Middle Eastern flora as a source of new safe bio-acaricides to control *Tetranychus cinnabarinus*, the carmine spider mite. *Phytoparasitica* 32: 66–72.
194. **Mason L.J., 2003-** Grain Insect Fact Sheet E-224-W: Red and Confused Flour Beetles, *Tribolium castaneum* (Bhst.) and *Tribolium confusum* Duval. Purdue University, Department of Entomology.
195. **Mazollier C., 2012-** Protection de la tomate en agriculture biologique, Refbio PACA maraîchage, BP 11283- 84911.
196. **Mediouni Ben Jemâa J., Tersim N., Taleb Toudert K., et Khouja M.L., 2012-** Insecticidal activities of essential oils from leaves of *Laurus nobilis* L. from Tunisia, Algeria and Morocco, and comparative chemical composition, *Journal of Stored Products Research* 48: 97-104.
197. **Mikhaeil B.R., Badria F.A., Matooq G.T., et Amer M.A.A., 2004** - Antioxidant and immunomodulatory constituents of Henna leaves, *Z. Natureforsch*, 59: 468-476.

198. **Mishra B.B., Tripathi S.P., et Tripathi C.P.M., 2012** - Repellent Effect of leaves essential oils from *Eucalyptus Globules* (Mirtaceae) and *Ocimum basilicum* (Lamiaceae) against two major stored grain insect pests of coleopterans.- *Nature and Science*, 10 (2): 50-54.
199. **Mohan S., Pretheep-Kumar P., et Balasubramanian P., 2010**- Insecticide resistance, stored-product insects.- LAP Lambert Academic Publishing.
200. **Mordue A.J., et Blackwell A., 1993**- Azadirachtin: an update. *Journal of Insect Physiology*, 39: 903- 924.
201. **Mouhouche F., Fleurat-Lessard F., et Bouznad Z., 2009**- Laboratory assessment of toxic activity of purified peptides extracted from chickpea seeds to two strains of the rice weevil *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae), *Journal of Stored Products Research* 45: 261–266.
202. **Mozaffarian V., 1996**- A Dictionary of Iranian Plant Names. Tehran: Farhang Moaser publisher; pp. 9-168.
203. **Mueller D.K., 1990** - Fumigation. In: Mallis, A. (Ed.), *Handbook of Pest Control*. Franzak and Foster, Cleveland, Ohio, USA, pp. 901- 939.
204. **Muhammad H.S., et Muhammad S., 2005**- The use of *Lawsonia inermis* Linn. (henna) in the management of burn wound infections, *Afr. J. Biotechnol*, 4: 934-937.
205. **Multon J.L., et David E., 1982** - Conservation et stockage des grains, graines et produits dérivés des céréales, oléagineux et protéagineux, aliments pour animaux, Ed. Techniques et documentation, Lavoisier, Paris, vol.1, p. 576.
206. **Nakakita, H., 1998** - Stored rice and stored product insects. In: *Rice Inspection nology Manual*. A.C.E. Corporation, Tokyo, Japan, pp.49–65.
207. **Napoleão T.H., Belmonte B.D.R., Pontual E.V., De Albuquerque L.P., Araújo Sá R., Paiva L.M., Breitenbach Barroso Coelho L.C., et Paiva P.M.G., 2013**- Deleterious effects of Myracrodruon urundeuva leaf extract and lectin on the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae), *Journal of Stored Products Research* 54 : 26 -33.
208. **Nattudurai G., Paulraj M.G., et Ignacimuthu S., 2012**- Fumigant toxicity of volatile synthetic compounds and natural oils against red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae), *Journal of King Saud University – Science*: 24, 153–159.
209. **Naylor A.F., 1961**- Dispersal in the Red flour beetle *Tribolium castaneum* (Tenebrionidae), *Ecology*, 42 (2): 231-237.
210. **Nenaah G.E., 2011**- Toxicity and growth inhibitory activities of methanol extract and the b-carboline alkaloids of *Peganum harmala* L. against two coleopteran stored-grain pests; *Journal of Stored Products Research*, 47: 255-261.

211. **Nenaah G.E., 2013-** Potential of using flavonoids, latex and extracts from *Calotropis procera* (Ait.) as grain protectants against two coleopteran pests of stored rice ; *Industrial Crops and Products* 45 : 327– 334.
212. **Nenaah G.E., 2014-** Chemical composition, toxicity and growth inhibitory activities of essential oils of three *Achillea* species and their nano-emulsions against *Tribolium castaneum* (Herbst), *Industrial Crops and Products* 53: 252– 260.
213. **Ngamo L.S.T., 2000-** Protection intégrée des stocks de céréales et de légumineuses alimentaires. Analyses scientifiques. Bulletin Panafricain d'Informations Phytosanitaires, No 26-27 : 13-15.
214. **Ngamo L.S.T., et Hance T., 2007-** Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical, *Tropicultura*, 25 (4): 215-220.
215. **Ngamo L.S.T., Ngassoum M.B., Jirovetz L., Ousman A., Nukenine E.C., et Mukaka O.E., 2001-** Protection of stored maize against *Sitophilus zeamais* (Motsch.) by use of essential oils of spices from Cameroon, *Meded Rijksuniv Gent Fak Landbouwkde Toegep Biol Wet* , 66 (2a): 8-473.
216. **Nguemtchouin M.G.M., Ngassoum M.B., Chalier P., Kanga R., Ngamo L.S.T., et Cretin M., 2013 -** *Ocimum gratissimum* essential oil and modified montmorillonite clay, a means of controlling insect pests in stored products, *Journal of Stored Products Research* 52: 57-62.
217. **Nikpay A., 2006-** Efficacy of Chamomile, Sweet almond and Coconut oils as post-harvest grain protectants of stored wheat against *Rhizoperfha dominica* (F). Bostrychidae), *J. Asia-Pacific Entomol.*, 9(4): 369-373.
218. **Nilahyane A., Bouharroud R., Hormatallah A., et Ait Taadaouit N., 2012-** Larvicidal effect of plant extracts on *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), , *Microbials For IPM Programs*, session IV, IOBC-WPRS, Bulletin Vol. 80 : 305 -310.
219. **Nostro A., Cellini L., Di Bartolomeo S., Di Campi E., Grande R., et Cannatelli M.A., 2005-** Antibacterial effect of plant extracts against *Helicobacter pylori*. *Phytother. Res.* 19, 198–202.
220. **Nukenine E.N., 2010 -** Stored product protection in Africa: Past, present and future, 10th International Working Conference on Stored Product Protection , *Julius-Kühn-Archiv*, 425.
221. **Oka Y., Ben-Daniel B., et Cohen Y., 2001-** Nematicidal activity of powder and extracts of *Inula viscosa*. *Nematology*, 3: 735–742.
222. **Omezzine F., Rinez A., Ladhari A., et Haouala R., 2011-** Phytotoxicity of the genus *Inula* (Asteraceae), 3rd International Symposium on Weeds and Invasive Plants in Ascona, Switzerland. *Phytoparasitica*, Vol 32, Issue 1: 66-72.

223. **ONU 2008** : <http://www.un.org/french/issues/food/taskforce/>

224. **Ould El Hadj M.D., Tankari Dan-Badjo A., et Halouane F., 2003**- Etude comparative de la toxicité de trois substances acridifuges sur les larves du cinquième stade et sur les adultes de *Schistocerca gregaria* forskål, 1775 (orthoptera, cyrtacanthacridinae), *Courrier du Savoir* – No, 03 : 81-86.

225. **Ousman A., Ngassoum M.B., Essia-Ngang J.J., Ngamo L.S.T., et Ndjouenkeu R., 2007**- Insecticidal activity of spicy plant oils against *Sitophilus zeamais* in stored maize in Cameroon, *Agricultural Journal* 2(2) : 192-196.

226. **Outtar F., Doumandji-Mitiche B., Mouhouche F., et Doumandji S. 2011**- Méthodes alternatives en lutte antiacridienne, AFPP- Quatrième conférence internationale sur les méthodes alternatives en protection des cultures, Lille.

227. **Outtar F., Doumandji-Mitiche B., Mouhouche F., et Doumandji S., 2011**- Méthodes alternatives en lutte antiacridienne, AFPP-Quatrième conférence internationale sur les méthodes alternatives en protection des cultures.

228. **Ozaslan M., Zumutdal M.E., Daglioglu K., Kilic I.H., Karagoz I.D., Kalender M.E., Tuzcu M., Colak O., et Cengiz B., 2009**- Antitumoral effect of *Lawsonia inermis* in mice with EAC, *Int. J. Pharmacol.* 5: 263-267.

229. **Padin S., Dal Bello G., et Fabrizio M., 2002**- Grain loss caused by *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae* and *Acanthoscelides obtectus* in stored durum wheat and beans treated with *Beauveria bassiana*, *Journal of Stored Products Research.* 38: 69-74.

230. **Papachristos D.P., et 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*, 38:117-128.

231. **Park I.K., Kim J.N., Lee Y.S., Lee S.G., Ahn Y.J., et Shin S.C., 2008**- Toxicity of Plant Essential Oils and Their Components Against *Lycoriella ingenua* (Diptera: Sciaridae), *Horticultural Entomology, J. Econ. Entomol.* 101(1): 139- 144.

232. **Park T., et Frank M.B., 1948**- The fecundity and development of the flour beetles *Tribolium confusum* and *Tribolium castaneum* at three constant temperatures. *Ecology* 29: p 368-374.

233. **Paulin R., 1988**- *Biologie des coléoptères*, Ed. Le Chevalier, Paris, pp 710.

234. **Pemonge J., Pascual-Villalobos M.J., et Regnault-Roger C., 1997**- Effects of material and extracts of *Trigonella foenum-graecum* L. against the stored product pests *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae), *Journal of stored Products. Res.* Vol. 33, No. 3: 209-217.

235. **Perdikis D., Favas C., Lykouressis D., et Fantinou A., 2007**- Ecological relationships between non-cultivated plants and insect predators in agroecosystems: the case of *Dittrichia viscosa* (Asteraceae) and *Macrolophus melanotoma* (Hemiptera: Miridae), *acta oecologica* 31: 299–306.
236. **Perez-Mendoza J., 2007**- When Do Red Flour Beetles Fly?, *Integrated Pest Management*, rev, IPM update,usa.
237. **Pimentel M.A.G., Faroni L.R.A., Tótola M.R., et Guedes R.N.C., 2007**- Phosphine resistance, respiration rate and fitness consequences in stored-product insects. *Pest Management Science* 63: 876-881.
238. **Potenza M.R., Arthur V., Felicio J.D., Rossi M.H., Sakita M.N., Silvestre D.F., et Gomes D.H.P., 2004** - Effect of irradiated natural products on *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). *Arquivos do Instituto Biológico*, 71: 477-484.
239. **Prabhakaran Nair K.P., 2011**- *Agronomy and Economy of Black Pepper and Cardamom: The King and Queen of Spices*. Ed. Elsevier: 229.
240. **Prates H.T., Santos J.P., Waquil J.M., et Oliveira A.B., 2000**- The potencial use of substances extracted from Brazilian flora to control stored grain pest. *Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored-product Protection*. Beijing – China. 820-825.
241. **Preedy V.R., Watson R.R., et Patel V.B., 2011**- *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention*, ed. Academic Press, pp 417-425.
242. **Pruthi J.S., 1998**- *Spices and Condiments*. 5th Edition. India: National Book Trust.
243. **Pungitore C.R., Garcia M., Gianello J.C., Sosa M.E., et Tonna C.E., 2005**- Insecticidal and antifeedant effects of *Junellia aspera* (Verbenaceae) triterpenes and derivatives on *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae), *Journal of Stored Products Research*, 41: 433–443.
244. **Raga A., et Sato M.E., 2006**- Time-mortality for fruit flies (diptera: tephritidae) exposed to insecticides in laboratory., *Arq. Inst. Biol.*, São Paulo, Vol.73, No 1: 73-77.
245. **Rajendran S., et Sriranjini V., 2008**- Plant products as fumigants for stored-product insect Control. *J. Stored Prod. Res.*, 44: 126-135.
246. **Rajendran S., 2002** - Postharvest pest losses. In: Pimentel, D. (Ed.), *Encyclopedia of Pest*.
247. **Ramade F., 2007**- *Introduction à l'écotoxicologie: Fondement et Application*. Ed. Tec et Doc.p 618.

248. **Rameau J.C., Mansion D., et Dumé G., 2008-** Forêt privée française, Institut pour le développement forestier, pp 1520-1521 Management. Marcel Dekker, Inc., New York : 654–656.
249. **Ranasing N., 2007-** Biopesticides: an economic approach for pest management. *Orrisa Review*, 77–79.
250. **Rao Y.M., et Shayeda Sujatha P., 2008-** Formulation and evaluation of commonly used natural hair colorants. *Nat. Prod. Rad.* 7 (1), 45-48.
251. **Rattan R.S., 2010-** Mechanism of action of secondary metabolites of plant origin. *Crop Prot.* 29(9), 913-920.
252. **Réamur M., 1736-** Sur les mémoires pour servir à l'histoire des insectes - Histoire des Chenilles et des Papillons et l'Histoire des Insectes ennemis des Chenilles, Imprimerie royale, Paris, Volume II., p. 514.
253. **Rechinger K.H., 1981-** Flora Iranica, Apiaceae. Akademische Druck- u. Verlagsanstalt. Graz: Austria.; 162:140-2.
254. **Reeb C., 2010-** Plantes mellifères : *L'Inule visqueuse*, Abeilles & Fleurs, No 720 : 19-20.
255. **Reed C.R., Hagstrum D.W., Flinn. P.W., et Allen R.F., 2003 -** Wheat in bins and discharge spouts, and grain residues on floors of empty bins in concrete grain elevators as habitats for stored-grain beetles and their natural enemies. *J. Econ. Entomol.*, 96: 996–1004.
256. **Reed C.R., 1992-** Development of storage techniques: A historical perspective. In *Storage of Cereal Grains and Their Products*. Edit. D. B. Sauer, St Paul: 143-156.
257. **Rees D., 2004-** *Insect of Stored Products*, CSIRO Publishing, Canberra, Australia.
258. **Regnault-Roger C., et Hamraoui A., 1994-** Comparaison of the insecticidal effects of water extracted and intact aromatic plants on *Acanthocelides obtectus*, a bruchid beetle pest of kidney beans, *Chemoecology*, 5/6: 1-5.
259. **Regnault-Roger C., et Hamraoui A., 1995-** Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes upon *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera), bruchi of kidney bean (*Phasolus vulgaris* L.), *Journal of Stored Products Res.*, 31: 291-299.
260. **Regnault-Roger C., Philogène B.J.R., et Vincent C., 2006-** Biopesticides d'origine végétale, *Tripocultura*, 24 : 2-128.
261. **Richard O.W., 1974-** Observation on grain-weevils *Calandra* (*Coleoptera Curculionidae*). General biology and oviposition. *Proceedings of Zoological Society of London*, 117: 1- 43.

262. **Rita P., Aninda M., et Animesh D.K., 2012** - Cumin (*Cuminum cyminum* L.; Umbelliferae) cultivation in west Bengal plains, Kalyanin Nadia, Internation Rescarch Journal of Phramacy, 3(2) :202-205.
263. **Robert P.CH., 1976**- Inhibitory action of chestnut leaf extracts (*Castanea sativa* Mill.) on oviposition and oogenesis of the sugar beet moth (*Scrobipalpa ocellatella* Boyd.,Lepidoptera, Gelechidae), Symp.Biol. Hung, 16: 223-227.
264. **Rochefort S., Lalancette R., Labbé R., et Brodeur J., 2006**- Recherche et développement de biopesticides et pesticides naturels à faible toxicité pour les organismes non ciblés et respectueux de l'environnement – Rapportfinal – Volet Entomologie Projet PARDE , Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP).
265. **Rupp M.M.M., Da S. Cruz M.E., Collella J.C.T., Souza J.S.P., Schwan- Estrada K.R.F., Da S. Cruz M.J., et Fiori-Tutida A.C., 2006**- Evaluation of toxic effect of plant extracts on adults of *Sitophilus oryzae* L., 1763 (Col., Curculionidae), 9th International Working Conference on Stored Product Protection,Brazil. PS7: 30 – 6286.
266. **Sabbour M., 2013**- Entomotoxicity assay of Nanoparticle 4-(silica gel Cab-O-Sil-750, silica gel Cab-O-Sil-500) Against *Sitophilus oryzae* Under Laboratory and Store Conditions in Egypt, Scientific Research Reports,ISSN 2309-9941/ Vol, 1 (2): 67-74.
267. **Sabbour M., et E-Abd-El-Aziz S., 2010**- Efficacy of some bioinsecticides against *Bruchidius incarnatus* (boh.) (Coleoptera: Bruchidae) infestation during storage , Journal of Plant Protection Research, Vol. 50, No. 1.
268. **Sadeghi Z., Mahdikhani Moghadam E., et Azizi M., 2012**- Evaluation Of Plant Products To Control *Melodogyne javanica* On Tomato, Iran. J. Plant Path., Vol. 48, No. 2: 51- 53.
269. **Salhi S., Fadli M., Zidane L., et Douira A., 2010**- Floristic and ethnobotanical study of medicinal plants of Kénitra (Maroc). Lazaroa 31: 133-146.
270. **Saljoqi A.U.R., Afridi M.K., Shah A.K., et Rehman S., 2006**- Effects of six plant extracts on rice weevil *sitophilus oryzae* l. In the stored wheat grains, Journal of Agricultural and Biological Science vol. 1, no. 4.
271. **Salunke, B.K., Kotkar H.M., Mendki P.S., Upasani S.M., et Maheshwari V.L., 2005**- Efficacy of flavonoids in controlling *Callosobruchus chinensis* (L.) (Coleoptera: Bruchidae), a post-harvest pest of grain legumes. Crop Protection 24: 888-893.
272. **Sattigi, H.N., 1982**- Studies on the biology, chemical control of *Sitophilus oryzae* Linnaeus (Curculionidae : Coleoptera) and *Rhizopertha dominica* Fab. (Bostrychidae : Coleoptera) and residue analysis of insecticides. M. Sc. (Agri.) Thesis, University of Agricultural Sciences, Dharwad.

273. **Sayyah M., Peirovi A., et Kamalinejad M., 2002-** Anti-Nociceptive effect of the fruit essential oil of *cuminum cyminum* L. in rat. Iranian Biomedical Journal, 6 (4): 141- 145.
274. **Scotti, G., 1978** - Les insectes et les acariens des céréales stockées. Normes et Technique. Institut technique des céréales et des fourrages. Association française de Normalisation AFNOR.
275. **Sertkaya E., Kaya K., et Soylu S., 2009-** Acaricidal activities of the essential oils from several medicinal plants against the carmine spider mite (*Tetranychus cinnabarinus* Boisd.). (Acarina: Tetranychidae), Intrial Crops and Products 31,107–112.
276. **Shazali, M.E.H., et Smith, R.H. 1986-** Life history studies of externally feeding pests of stored sorghum: *Corcyra cephalonica* (Staint.) and *Tribolium castaneum* (HBST). Journal of Stored Products Research, 22(2): 55-61.
277. **Shukla J., Tripathi S.P., et Chaubey M.K., 2009-** Toxicity of *Myristica fragrans* and *Illicium verum* essential oils against flour beetle *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae)., Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry, Vol. 8 No. 6: 403-407.
278. **Siddiqui B.S., Kardar M.N., Ali S.T., et Khan S., 2003-** Two new and a known compound from *Lawsonia inermis*, Helvetica Chimica Acta, 86(6): 2164–2169.
279. **Silva G.N., Faroni L.R.A, Sousa A.H., et Freitas R.S., 2012** - Bioactivity of *Jatropha curcas* L. to insect pests of stored products, Journal of Stored Products Research 48 : 111-113.
280. **Silva-Aguayo G.I., Kiger-Melivilu R., HeppGallo R., et Tapia-Vargas M., 2005-** Control de *Sitophilus zeamais* con polvos vegetales de tres especies del género *Chenopodium*. Pesquisa Agropec. Brasil. 40:953-960.
281. **Soderstrom E.L., Brondl D.G., et Mackey B., 1992-** High temperature combined with carbon oxide enriched or reduced oxygen atmospheres for control of *T. castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). J. Stored Prod. Res. 28: 235-238.
282. **Sokoloff A., 1974-** The Biology of Tribolium: With Special Emphasis on Genetic Aspects. Vol. 2. Clarendon Press, Oxford.
283. **Sowbhagya H.B., Satyendra Rao B.V., et Krishnamurthy N., 2008-** Evaluation of size reduction and expansion on yield and quality of cumin (*Cuminum cyminum*) seed oil, Journal of Food Engineering, 84: 595-600.
284. **Stamopoulos D.C., Damos P., et Karagianidou G., 2007-** Bioactivity of five monoterpenoid vapours to *Tribolium confusum* (du Val) (Coleoptera: Tenebrionidae), Journal of Stored Products Research 43: 571–577.
285. **Stefanazzi N., Stadler T., et Ferrero A., 2011-** Composition and toxic, repellent and feeding deterrent activity of essential oils against the stored-grain pests *Tribolium*

- castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). Pest Management Science, 67: 639-646.
286. **Steffan J.R., 1963-** Tribu des calandrini. Les calandres des grains (*Sitophilus*). In: Balachowsky, A.S (Ed.), Entomologie Appliquée à l'Agriculture. Tome I, Vol. 2. Masson et Cie, Paris, pp. 1070–1099.
287. **Steffan J.R.-1978-** Description et biologie des insectes in Scotti G., 1978-Les insectes et les acariens des céréales stockées, Ed AFNOR et ITFC, Paris, pp. 1-62.
288. **Su HCF. 1989-** Laboratory evaluation of dill seed extract in reducing infestation of rice weevil in stored wheat., Journal of Entomology Sciences. 24: 317–320.
289. **Subramanyam Bh., et Roesli R., 2000-**Inert dusts. In: Subramanyam, Bh., Hagstrum, D.W. (Eds.), Alternatives to Pesticides in Stored- Product IPM. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 321–380.
290. **Sukanya S.L., Sudisha J., Hariprasad P., Niranjana S.R., Prakash H.S., et Fathima S.K., 2009-** Antimicrobial activity of leaf extracts of Indian medicinal plants against clinical and phytopathogenic bacteria. Afr. J. Biotechnol. 8 (23), 6677–6682.
291. **Suleiman N., Ibrahim D., et Majeed Q., 2012-** Control of *Sitophilus zeamais* (Motsch) (Coleoptera: Curculionidae) on sorghum using some plant powders, International Journal of Agriculture and Forestry, 2(1): 53-57.
292. **Suresh S., White N.D.G., Jayas D.S., et Hulasare R.B., 2001-** Mortality resulting from interactions between the red flour beetle and the rusty grain beetle. Proceedings of the Entomological Society of Manitoba, 57: 11-13.
293. **Suthisut D., Fields P.G., et Chandrapatya A., 2011-** Fumigant toxicity of essential oils from three Thai plants (Zingiberaceae) and their major compounds against *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum* and two parasitoids, Journal of Stored Products Research, 47 : 222-230.
294. **Taciane A., De Oliveira B.R.T., Da Fonseca C.R.V., Da Silva S.L.R., Santos P.A. et Nunez C.V., 2012-** Insecticidal activity of *Vitex cymosa* (Lamiaceae) and *Eschweilera pedicellata* (Lecythidaceae) extracts against *Sitophilus zeamais* adults (Curculionidae), Emir. J. Food Agric. .24 (1): 49-56.
295. **Taher M., et Cutkomp L.K., 1983-** Effects of sublethal doses of DDT and three other insecticides on *Tribolium confusum*, (Coleoptera: Tenebrionidae), Journal of stored products. Res. Vol. 19. no. 2: 43-50.
296. **Takayanagi T., Ishikawa T., et Kitajima J., 2003-** Sesquiterpene lactone glucosides and alkyl glycosides from the fruit of cumin, Phytochemistry, 63: 479–484.

297. **Talib W.H., et Mahasneh A., 2010-** Antimicrobial, Cytotoxicity and Phytochemical Screening of Jordanian Plants Used in Traditional Medicine. *Molecules* , 15, 1811–1824.
298. **Talib W.H., et Mahasneh A., 2010-** Antiproliferative Activity of Plant Extracts Used Against Cancer in Traditional Medicine. *Sci. Pharm*, 78, 33–45.
299. **Talib W.H., Abu Zarga M.H., et Mahasneh A.M., 2012-** Antiproliferative, Antimicrobial and Apoptosis Inducing Effects of Compounds Isolated from *Inula viscosa*, *Ed.molecules*, 17: 3291-3303.
300. **Talibi I., Askarne L., Boubaker H., Boudyach E.H., Msanda F., Saadi B., et Ait Ben Aoumar A., 2012-** Antifungal activity of some Moroccan plants against *Geotrichum candidum*, the causal agent of postharvest citrus sour rot, *Crop Protection*, 35: 41-46.
301. **Tamo M., 2012-** Les agriculteurs africains doivent passer aux biopesticides, *scidev.net*
302. **Tapondjou A.L., Adler C., Bouda H., et Fontem D.A., 2002-** Efficacy of powder and essential oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectants against six stored product beetles, *Journal of Stored Products Research* 38: 395-402.
303. **Tapondjou A.L., Adler C., Fontem D.A., Bouda H., et Reichmuth C., 2005-** Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium confusum* Duval., *Journal of Stored Products. Res.* 41:91-102.
304. **Tavares W.D.S., Freitas S.D.S., Graziotti G.H, Parente L.M.L., Lião L.M., et Zanuncio J.C, 2013-** Ar-turmerone from *Curcuma longa* (Zingiberaceae) rhizomes and effects on *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), *Industrial Crops and Products* 46: 158–164.
305. **Thamaga-Chitja J.M., Henddriks S.L., Ortmana G.F., et Green M., 2004 -** Impact of maize storage on rural household food security in Northern Kwazulu-Natal. *Journal of Family Ecology and Consumer Sciences*, 32: 8-15.
306. **Thamer S.J., 2008-** The Effect Of Some Plants Extracts And Essential Oils On The Workers Of Termites Laboratory *Microcerotermis Gabriles* (Isoptera: Termitidae), *Bas.J. Vet., Res., Vol.7, No.2.*
307. **Thippeswamy N.B., et Naidu K.A., 2005-** Antioxidant potency of cumin varieties, cumin, black cumin and bitter cumin-on antioxidant systems. *European Food Research Technology* 220, 472–476.
308. **Trigui M., Ben Hsouna A., et Jaoua S., 2008-** Activités antimicrobiennes de deux extraits de plantes Tunisiennes envers des bactéries et champignons phytopathogènes, XIes Journées Scientifiques du réseau "Biotechnologies végétales / Amélioration des plantes et sécurité alimentaire" de l'Agence universitaire de la Francophonie, S2-P17 : 91.

309. **Tripathi A.k, Parajapati V., Aggarwal K.K et Kumar S., 2001-** Toxicity, feeding deterrence, and effect of activity of 1,8-cineole from *Artemisia annua* progeny production of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *J.Econ.Entomol.*, 94: 978-983.
310. **Trivedi P.C., 2006-** Medicinal Plants: Traditional Knowledge, ed.I.K. International Pvt Ltd, pp 34-41.
311. **Tunç I., et Sahinkaya S., 1998-** “Sensitivity of two greenhouse pests to vapours of essential oils,” *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Vol. 86, No. 2: 183–187, 1998.
312. **Tunç I., Berger B.M., Erler F., et Dagli F., 2000-** Ovicidal activity of essential oils from five plants against two stored-product insects, *Journal of Stored Products Research*, 36: 161-168.
313. **Udoh J.M., Cardwell K.F., et Ikotun T., 2000 -** Storage structure and aflatoxin content in five agroecological zones of Nigeria. *Journal of Stored Products Protection* 36, 187-201.
314. **Ukeh D.A., Birkett M.A., Pickett J.A., Bowman A.S., et Mordue Luntz A.J., 2009-** Repellent activity of alligator pepper, *Aframomum melegueta*, and ginger, *Zingiber officinale*, against the maize weevil, *Sitophilus zeamais*, *Phytochemistry*, 70 : 751–758.
315. **Upadhyay R.K., et Ahmad S., 2011-**Management Strategies for Control of Stored Grain Insect Pests in Farmer Stores and Public Ware Houses, *World Journal of Agricultural Sciences.*, 7 (5): 527-549.
316. **Vaivanijkul P., 1973-** Die mit Tapioka nach Deutschland eingeschleppten Vorratsschädlinge und ihre Bedeutung für die Lagerhaltung. *Entomol. Mitt. Zool. Mus. Hamburg*, 4, 351-394.
317. **Vargas R.M. et Ubillo A.F., 2001-** Toxicity of Pesticides on Natural Enemies of Agricultural Pests, *Agricultura Técnica*, Vol. 61, No. 1: 35-41.
318. **Vassilakos T.N., Athanassiou C.G., Saglam O., Chloridis A.S., et Dripps J.E., 2012 -** Insecticidal effect of spinetoram against six major stored grain insect species, *Journal of Stored Products Research*, 51: 69-73.
319. **Velki M., Plavsin I., Dragojevic J., et Hackenberger B.K., 2014-** Toxicity and repellency of dimethoate, pirimiphos-methyl and deltamethrin against *Tribolium castaneum* (Herbst) using different exposure methods, *Journal of Stored Products Research*, 59: 36-41.
320. **Vinayachandra S.R., et Chandrashekar K.R., 2011-** Larvicidal activities of *Knema attenuata* (Hook. f. & Thomson) Warb. (Myristicaceae) extracts against *Aedes albopictus* Skuse and *Anopheles stephensi* Liston. *Parasitology Research.*, 109:1671-1676.
321. **Vincent C., Panneton B., et Fleurat-Lessard F., 2000-** La lutte physique en phytoprotection, Editions Quae : 82-109.

322. **Wang B.H., Ben-Daniel, et Cohen Y., 2004-** Control of Plant Diseases by Extracts of *Inula viscosa*, *Disease Control and Pest Management* 10: 10.
323. **Wang J., Zhou X.M., Niu C.Y., et Lei C.L., 2006 -** Repellent and fumigant activity of essential oil from *Artemisia vulgaris* to *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Stored Prod. Res.*, 42(3): 339-347.
324. **Warlop F., 2006-** Limitation des populations des ravageurs de l'olivier par le recours a la lutte biologique par conservation. *Cahiers Agricultures* vol. 15, No 5 : 449-455.
325. **Weidner H., et Rack G., 1984-** Tables de détermination des principaux ravageurs des denrées entreposées dans les pays chauds, Eschborn GTZ, p. 54 et 129.
326. **Weinzierl R., et Higgins R., 2007-** Insect Pest Management for Stored Grain, Illinois Agricultural Pest Management Handbook.
327. **Williams P., et Amos T.G., 1974-** Some effects of synthetic juvenile hormones and hormone analogues on *Tribolium castaneum*. *Aust. J. Zool.*, 22: 147-53.
328. **Wiston P.W., et Bates D.H., 1960-** Saturated solution of the control of humidity in biological research. *Ecology* 41(1): 232-237.
329. **Wool D., et Bergerson O., 1979-** Sperm precedence in repeated mating of adults *Tribolium castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidae), *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 26: 160-167.
330. **Yano Y., Satomi M., et Oikawa H., 2006-** Antimicrobial effects of spices and herbs on *Vibrio parahaemolyticus*. *International J. Food Microbiology*, 111: 6-11.
331. **Yilmaz G., et Arslan N., 1991-** Effects of precooling and gibberellin acid on germination of cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds. *Doga-Tr. Journal of Agriculture and Forestry* 15: 512-519.
332. **Yusuf M., Ahmad A., Shahid M., Khan M.I., Khan S.A., Manzoor N., et Mohammad F., 2012-** Assessment of colorimetric, antibacterial and antifungal properties of woolen yarn dyed with the extract of the leaves of henna (*Lawsonia inermis*), *Journal of Cleaner Production* 27: 42-50.
333. **Zargari A., 1994-** Medicinal Plants, Vol. 1, Tehran University Publications, Tehran.
334. **Zargari A., 2001-** Medicinal Plants. Vol.2, Tehran University Publications, Tehran.
335. **Zeggwagh N.A., Ouahidi M.L., Lemhadri A., et Eddouks M., 2006-** Study of hypoglycaemic and hypolipidemic effects of *Inula viscosa* L. aqueous extract in normal and diabetic rats, *Journal of Ethnopharmacology* 108: 223–227.
336. **Ziaee M., et Moharramipour S., 2013-** Effectiveness of medicinal plant powders on *Sitophilus granarius* and *Tribolium confusum*, *J. Crop Prot.*, 2 (1): 43-50.

337. **Ziegler JR. 1976**- Evolution of the migration response: emigration by *Tribolium* and the influence of age. *Evolution* 30: 579-592.

338. **Zohary D. et Hopf M., 2000**- Domestication of plants in the Old World. 3rd Ed. Oxford University Press, p 206.

339. **Zoubiri S., et Baaliouamer A., 2011**- Chemical composition and insecticidal properties of some aromatic herbs essential oils from Algeria, *Food Chemistry* 129: 179-182

Sites internet :

<http://www.tela-botanica.org/>

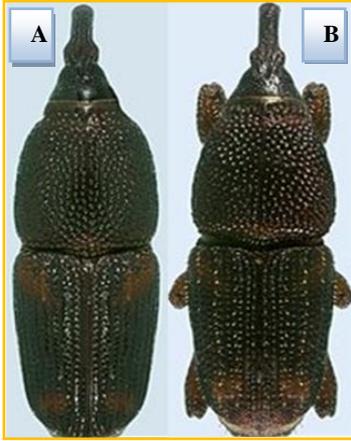
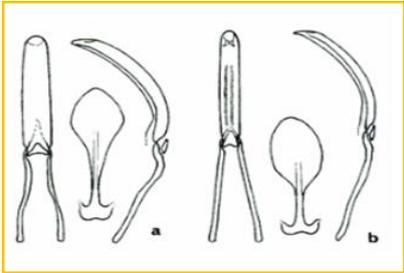
<http://www.henriettes-herb.com/>



Annexes



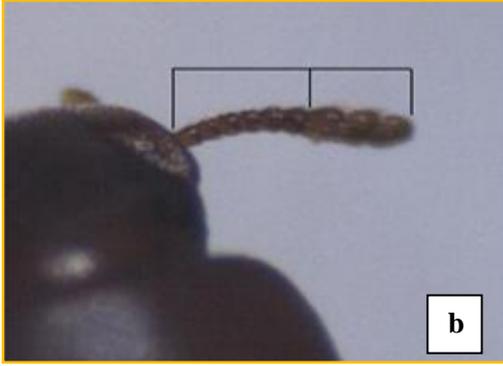
Annexe 1 : Principaux critères morphologiques distinctifs entre le *S.oryzae* et le *S.zeamais*(Delobel et Tran, 1993 ; Mason, 2003).

<i>Sitophilus oryzae</i>		<i>Sitophilus zeamais</i>	
Ponctuations dorsales longitudinales elliptiques.		Ponctuations dorsales circulaires.	
Moins de 20 ponctuations le long de la ligne médiane du pronotum (a).		Plus de 20 ponctuations le long de la ligne médiane du pronotum (b).	
Edéage mâle lisse et brillant, a la surface régulièrement convexe (a).	 <p>De gauche à droite : édéage vue dorsale, lame basale du tegmen, édéage vue latérale</p>	Edéage mâle creusé de deux sillons longitudinaux (b).	

Annexe 2 : Les principaux caractères distinctifs entre le mâle et la femelle du *S. oryzae* (Richard 1974 ; Wiedner et Rack, 1984 ; Delobel et Tran, 1993 ;Fourar, 1994)

Femelle		Mâle	
Rostre long, lisse, faiblement ponctué (Fourar, 1994).		Le rostre court et épais, mois lisse, profondément ponctué.	
Extrémité abdominale plane		Extrémité abdominal est concave à l'apex	
L'extrémité antérieure de l'édéage est arrondie au 8 ^{ème} sternite en forme d'Y	Le côté supérieur de l'édéage est lisse et simplement arqué, par sa pointe droite et par l'extrémité arrondie du sclérite cordiforme qui le relie à l'apodème.		

Annexe 3 : Principaux critères morphologique distinctifs entre le *T. castaneum* et le *T. confusum*

<i>Tribolium confusum</i>	<i>Tribolium castaneum</i>
<p>Les segments antennaires augmentent graduellement de la base vers l'extrémité de l'antenne formant bâtonnet de quatre segments (a).</p> 	<p>Les trois derniers segments à l'extrémité antennaire sont abruptement plus larges que les précédents, formant un bâtonnet avec trois segments (b).</p> 
Thorax à bords droits.	Thorax à bords incurvés.
Les bords de la capsule céphalique sont entaillés au niveau des yeux, visibles sous forme de crête.	Absence d'une crête au niveau des yeux.
Ne vole jamais.	Vole sur de courtes distances.
Labre avec pilosité éparses et régulièrement distribuée.	De chaque côté du bord antérieur du labre présence de deux touffes de soies.
Sur les dents ornant latéralement les segments abdominaux de la nymphe, c'est la seconde soie qui est la plus courte.	Sur les dents ornant latéralement les segments abdominaux de la nymphe, c'est la soie postérieure qui est la plus courte.

Annexe 4: Quelques travaux récents sur l'activité biologique des extraits de différentes plantes sur les insectes ravageurs des denrées stockées.

Espèce	Famille	Type d'extrait	Agent cible	Activité biologique	Référence
<i>Laurus nobilis</i>	Lauraceae	Huile essentielle.	<i>R. dominica</i> , <i>T. castaneum</i>	Toxique.	Mediouni Ben Jemâa et al, 2012
<i>Flourensia oolepis</i> <i>Blake</i>	Asteraceae	Huile essentielle.	<i>T. castaneum</i>	Toxique et répulsive.	Garcia et al, 2007
42 espèces de Myrtacées	Myrtaceae	Huiles essentielles.	<i>S.oryzae</i> , <i>T.castaneum</i> , <i>R. dominica</i> .	Toxique.	Lee et al, 2004
<i>Cybopogon martinii</i> <i>Cybopogon flexuosus</i>	Cymbopogon	Huiles essentielles.	<i>T. castaneum</i>	Toxique et répulsive.	Caballero-Gallardo, et al, 2012
<i>Lippia organoides</i>	Verbenaceae				
<i>Foeniculum vulgare</i> ,	Apiaceae	Huiles essentielles.	<i>S.granarius</i>	Toxique.	Zoubiri etBaaliouamer, 2011
<i>Rosmarium officinalis</i> <i>Lippia citriodora</i>	Lamiaceae				
<i>Ocimum gratissimum</i>	Lamiaceae	Huile essentielle.	<i>S.zeamais</i>	Toxique.	Nguemtchouin et al, 2013
<i>Ailanthus altissima</i>	Simaroubaceae	Huile essentielle.	<i>T. castaneum</i> , <i>O. surinamensis</i> , <i>S. oryzae</i>	Toxique.	Lü et Wu, 2010
<i>Artemision argyi</i>	Asteraceae	Huile essentielle.	<i>O. surinamensis</i>	Toxique, répulsive et inhibitrice du développement.	Lü et al, 2011
<i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>Salvia officinalis</i> , <i>Lavandula angustifolia</i> , <i>Mentha balsmea</i> .	Lamiaceae	Huile essentielle.	<i>S. granarius</i>	Toxique.	Laznik et al, 2012

Annexe 4 : Quelques travaux récents sur l'activité biologique des extraits de différentes plantes sur les insectes ravageurs des denrées stockées
(suite)

Espèce	Famille	Type d'extrait	Agent cible	Activité biologique	Référence
<i>Origanum onites</i> , <i>Satureja thymbra</i> , <i>Myrtus communis</i> .	Lamiaceae, Myrtaceae.	Huiles essentielles.	<i>A. obtectus</i> <i>E. kuehniella</i> , <i>P. interpunctella</i>	Toxique.	Ayvaz et al, 2010
<i>Peumus boldus</i>	Monimiaceae	Huile essentielle.	<i>S. zeamis</i>	Toxique et répulsive.	Betancur et al, 2010
<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Mentha pulegium</i> <i>Zataria multiflora</i> <i>Citrus</i> <i>sinensis</i>	Lamiaceae Rutaceae	Huiles essentielles.	<i>T.castaneum</i> , <i>S. granarius</i> , <i>C.maculature</i> <i>P. interpunctella</i>	Toxique.	Mahmoudvand et al, 2011
<i>Boenninghausenia</i> <i>sellicarpa</i>	Rutaceae	Huiles essentielles.	<i>S.zeamis</i> , <i>T.castaneum</i> .	Toxique.	Liu et al,2012
<i>Origanum glandulosum</i>	Lamiaceae	Huiles essentielles.	<i>R. dominica</i>	Toxique.	Khalfi et al. 2008
<i>Mentha spicata</i>	Lamiaceae	Huiles essentielles.	<i>R. dominica</i>	Toxique.	Khalfi et al. 2006
<i>Artemisia vulgaris</i>	Asteraceae	Huile essentielle.	<i>T. castaneum</i> .	Répulsive, larvicide et adulticide.	Wang et al. 2006
<i>Melia azedarach</i> , <i>Myrtus communis</i> , <i>Mentha longifolia</i> , <i>Peganum harmala</i> , <i>Cymbopogon citrates</i>	Meliaceae Myrtaceae Lamiaceae Zygophyllaceae Poaceae	Extraits éthanoliques.	<i>S.oryzae</i>	Toxique.	Saljoqi et al, 2006
<i>Peganeum harmala</i>	Zygophyllaceae	Extrait méthanolique et des fractions d'alcaloïdes.	<i>T.castaneum</i> <i>R.dominica</i>	Toxique.	Nenaah, 2011

Annexe 4 : Quelques travaux récents sur l'activité biologique des extraits de différentes plantes sur les insectes ravageurs des denrées stockées(suite)

Espèce	Famille	Type d'extrait	Agent cible	Activité biologique	Référence
Chamomile, Noix de coco, Amande douce	Asteraceae Posaceae	Huiles végétales.	<i>R.dominca</i>	Toxique.	Nikpay, 2006
<i>Calotropis procera</i>	Asclepiadaceae	Extrait méthanolique et flavonoïdes	<i>S.oryzae</i> , <i>R.dominca</i>	Toxique et répulsive	Nenaah, 2013
<i>Chenopodium ambrosioides</i>	Chenopodiaceae	Poudre et huiles essentielles.	<i>C. chinensis</i> , <i>C.maculatus</i> , <i>A. obtectus</i> , <i>S.granarius</i> , <i>S.zeamis</i> , <i>P. truncatus</i> .	Toxique, inhibition du potentiel reproducteur.	Tapondjou et al., 2002
Plusieurs variétés pois chiche (<i>Cicer arietinum spp</i>)	Fabaceae	Fractions d'extraits aqueux et alcooliques des graines.	<i>S. oryzae</i>	Toxique.	Mouhouche et al., 2009
<i>Jatropha curcas</i>	Euphorbiaceae	Poudres et extraits aqueux.	<i>S.zeamais</i> , <i>R.dominica</i> , <i>T.castaneum</i> , <i>O. surinamensis</i>	Toxique	Silva et al., 2012
<i>Hypnum cupressiforme</i>	Hypnaceae	Fractions d'extraits de rhizomes séchés.	<i>S.granarius</i>	Toxique.	Abay et al, 2012
<i>Azadirachta indica</i> (<i>Neem</i>)	Maliacea	L'huile des graines.	<i>C.maculatus</i>	Réduction du potentiel reproducteur.	Lale et Abdulrahman, 1999
<i>Cassia sophera</i>	Fabaceae	L'extrait aqueux et poudres.	<i>C. maculatus</i> , <i>S. oryzae</i>	Réduction du potentiel reproducteur.	Kestenholz et al, 2007
<i>Aframomum melegueta</i> <i>Zingiber officinale</i>	Zingiberaceae	Fractions chimiques.	<i>S. zeamais</i>	Répulsif.	Ukeh et al, 2009
<i>Catharanthus roeus</i>	Apocynacea	Extrait aqueux.	<i>S. oryzae</i>	Toxique.	Abdul Majeed ,2011
<i>Phaseolus vulgaris</i> <i>Vigna caracalla</i>	Fabaceae	Extraits protéiques et farine des graines.	<i>C. maculatus</i>	Réduction du potentiel reproducteur.	Karbache et al, 2011
<i>Junellia aspera</i>	Verbenaceae	Les triterpènes.	<i>S.oryzae</i>	Toxique.	Pungitore et al,2005

