



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Université Amar Telidji- Laghaout

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT : SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : DJELLALI Sara

DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)

FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES

OPTION : PROTECTION DES VEGETAUX

Thème

**Contribution à l'étude de la lutte biologique contre
Triboium castaneum (Herbst) Tribolium rouge de la
farine, (Ordre : Coléoptère) (Famille: Tenebrionidae)**

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
Mme. MARFOUA Meriem	MCB	Président
Mr. KADDOURI Amine	MCB	Examineur
Mr. AMARA Yacine	MCB	Encadreur
Mme.ZAMOUM Mayada	MCA	Co- Encadreur

Promotion : Juillet 2022

Titre : Contribution à l'étude de la lutte biologique contre *Tribolium castaneum*, tribolium rouge de la farine.

Résumé

Les entrepôts de céréales sont attaqués par divers ravageurs qui causent des graves dommages économiques en termes de quantité et de qualité. L'utilisation de pesticides chimiques s'avère nocive pour l'environnement ; d'où la nécessité de découvrir des alternatives naturelles qui pourraient réduire les dégâts. Dans ce contexte, nous avons essayé d'évaluer au laboratoire l'activité biocide des extraits aqueux de deux plantes (*Eucalyptus globulus* et *Laurus nobilis*) ; d'autre part étudier l'effet insecticide de deux souches d'actinobactéries (*Streptomyces rochei*PT2 et *Nocardiosis dassonvillei* Mb22) pour les tester comme antibiotiques naturels contre le ravageur de stocke (*Tribolium castaneum*). Les deux solutions bactériennes et les trois doses de chaque plante ont été testées pour estimer la mortalité des adultes par effet contact. Les résultats obtenus sont très significatif, nous sommes enregistrées une mortalité comprise entre (10.41% - 46.57%) des adultes traités par *Eucalyptus globulus* et de 0% à 11.7% pour *Laurus nobilis* pendant 25 jour une mortalité presque identique pour *Nocardiosis dassonvillei* et *Streptomyces rochei* est compris entre (73.5%-80%).

L'activité biocide des extraits aqueux et les solutions bactériennes évalués par le calcul des DL50 qui permettent de classer par ordre d'efficacité comme suite: 0,41 mg/ml pour les deux souches d'actinobactéries *Nocardiosis dassonvillei* et *Streptomyces rochei* après 0,69 mg/ml pour l'extrait de *Eucalyptus globulus* et enfin 0,92mg/ml pour l'extrait de *Laurus nobilis*. Au travers de la présente étude il est à conclure que les extraits aqueux et les solutions bactériennes testés renferment un potentiel bio-insecticide qui utile pour promouvoir des méthodes alternatives à l'emploi des insecticides chimiques.

Mots clés : Lutte biologique, DL50, *Tribolium castaneum*, extraits aqueux, actinobactéries,

Title: Contribution to the study of biological control against *Tribolium castaneum*, red flour tribolium.

Abstract

Cereal warehouses are attacked by various pests which cause serious economic damage in terms of quantity and quality. The use of chemical pesticides is harmful to the environment; hence the need to discover natural alternatives that could reduce the damage. In this context, we have tried to assess in the laboratory the biocidal activity of the aqueous extracts of two plants (*Eucalyptus globulus* and *Laurus nobilis*); study the insecticidal effect of two actinobacterial strains (*Streptomyces rochei*PT2 and *Nocardiopsis dassonvillei* Mb22) to test them as natural antibiotics against the stocke pest (*Tribolium castaneum*). Both bacterial solutions and the three doses of each plant were tested to estimate adult mortality by contact effect. The results obtained are very significant, we are recorded a mortality between (10.41% - 46.57%) of the adults treated with *Eucalyptus globulus* and from 0% to 11.7% for *Laurus nobilis* for 25 days a mortality almost identical for *Nocardiopsis dassonville* and *Streptomyces rochei* is between (73.5%-80%).

The biocidal activity of the aqueous extracts and the bacterial solutions evaluated by the calculation of LD50 which allow the following order of efficacy to be classified: 0,41 mg/ml for the two actinobacterial strains *Nocardiopsis dassonvillei* and *Streptomyces rochei* after 0,69 mg/ml for the extract of *Eucalyptus globulus* and finally 0,92 mg/ml for the extract of *Laurus nobilis*. The present study concludes that the aqueous extracts and bacterial solutions tested contain a bioinsecticidal potential which may be useful in promoting alternative methods to the use of chemical insecticides.

Keywords: Biological control, LD50, *Tribolium castaneum*, aqueous extracts, actinobacteria,

العنوان: المساهمة في دراسة المكافحة البيولوجية ضد خنفساء الطحين الأحمر

الملخص

تتعرض مستودعات الحبوب للهجوم من قبل مختلف الآفات التي تسبب أضرارًا اقتصادية جسيمة من حيث الكمية والنوعية. استخدام المبيدات الكيماوية ضار بالبيئة ؛ ومن هنا تأتي الحاجة إلى اكتشاف بدائل طبيعية يمكن أن تقلل من الضرر. في هذا السياق ، حاولنا أن نقيم في المختبر نشاط المبيدات الحيوية للمستخلصات المائية لنبتين (*Laurus* و *Eucalyptus globulus*) من ناحية أخرى لدراسة تأثير المبيدات الحشرية لسلالتين من البكتيريا الشعاعية (*Streptomyces rochei* PT2 و *Nocardiosis dassonvillei* Mb22) لاختبارها كمضادات حيوية طبيعية ضد آفة المخزون (*Tribolium castaneum*) حيث تم اختبار المحلول البكتيري والجرعات الثلاث لكل نبات. تم اختياره لتقدير معدل وفيات البالغين من خلال تأثير التلامس. النتائج التي تم الحصول عليها مهمة للغاية ، فقد سجلنا معدل وفيات يتراوح بين (10.41% - 46.57%) من البالغين الذين عولجوا *Eucalyptus globulus* ومن 0% إلى 11.7% في *Laurus nobilis* لمدة 25 يومًا ، وهي نسبة وفيات متطابقة تقريبًا لكل من *Streptomyces rochei* و *Nocardiosis dassonvillei* بين (73.5% - 80%).

تم تقييم نشاط المبيدات الحيوية للمستخلصات المائية والمحاليل البكتيرية بحساب LD50 الذي يسمح بتصنيف الترتيب التالي للفعالية: 0.41 مجم / مل للسلالتين الشعاعية *Streptomyces rochei* و *Nocardiosis dassonvillei* بعد 0.69 مجم / مل لمستخلص *Eucalyptus globulus* وأخيراً 0.92 مجم / مل لمستخلص نبات *Laurus nobilis*. خلصت الدراسة الحالية إلى أن المستخلصات المائية والمحاليل البكتيرية التي تم اختبارها تحتوي على إمكانات مبيدات حشرية حيوية والتي قد تكون مفيدة في تعزيز الطرق البديلة لاستخدام المبيدات الحشرية الكيميائية.

الكلمات المفتاحية: المكافحة البيولوجية ، LD50 ، *Tribolium castaneum* ، المستخلصات المائية ، البكتيريا الشعاعية ،

Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail :
À celle qui m'a transmis la vie, l'amour, le courage, à ma chère
maman, toutes mes joies, mon amour et ma reconnaissance. Que
Dieu les garde et les protège.*

*À mon père **yahiya**, allah yar7mo*

*À mes chers frères et sœurs, chacun par son nom :
yacine, youcef, Ismail, Asmaa*

*À mes ami (es) surtout mes chères;
Amina, Hadil, Assia, Ftima, Hayam, Souad,*

*Qui m'ont supporté durant ces dernières années.
Chez qui j'ai trouvé, l'entente dont j'avais besoin.*

À tous ceux que j'aime et qui m'aiment...

Sara

Remerciements

Nous tenons en premier lieu à rendre grâce à Allah qui nous a donné la santé, le courage, et la force de réaliser ce travail.

Je voudrais remercier du fond du cœur l'enseignant Monsieur AMARA Yacine qui a encadré cette étude, pour son encouragement, ses précieux conseils, sa patience, et sa rigueur durant l'élaboration de ce mémoire, mille mercis.

Je dois également exprimer ma gratitude à mon Co-encadreur madame ZAMOUM Miyda, pour ses conseils, et ses orientations pertinentes pour ce travail.

Je tiens à remercier les membres du jury :

A Mme. MARFOUA Meriem, qui m'a fait l'honneur de présider ce jury.

A Mr. KADOURI Mohamed Amine, pour l'honneur que vous m'avez fait d'accepter d'examiner ce travail.

Un grand merci d'avoir accepté d'évaluer notre travail.

Sans oublier le corps professoral du département sciences agronomiques pour leur disponibilité.

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail

Résumé	
Dédicace	
Remerciements	
Table des matières	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction	1
Partie I: Revue bibliographique	
Chapitre I : Conservation et protection des denrées céréalieres en post-récolte	
I.1. Dispositifs de stockage	3
I.1.1. Le stockage dans des silos souterrains	3
I.1.2. Stockage en sac	3
I.1.3. Stockage en vrac (courte durée)	3
I.1.4. Entreposage en silos (longue durée)	5
I.2. Problèmes rencontrés en post-récolte	6
I.2.1. Facteurs abiotiques	6
I.2.2. Facteurs biotiques	6
I.3. Conséquence des infestations	8
I.3.1. Conséquences directes	8
I.3.2. Conséquences indirectes	8
I.4. Circuit des denrées au cours du stockage	9
I.5. Revue des mesures de protection des denrées stockées	10
I.5.1. Mesures de lutte prophylactique	10
I.5.2. Mesures de lutte curative	10
I.5.2.1. Moyens mécaniques	11
I.5.2.2. Moyens de lutte physique	11
I.5.2.3. Moyens de lutte chimique	11
I.5.2.4. Lutte biologique	11
I.5.2.4.1. Lutte par les auxiliaires	11
I.5.2.4.2. Lutte par les biopesticides	12
Chapitre II : Données Bibliographiques générales du matériel biologique animal étudié	
II.1. Généralité sur <i>Tribolium</i> rouge de la farine	13
II.1.1. Description	13
II.1.2. Origine et répartition géographique	13
II.1.3. Position systématique	14
II.1.4. Description des différents stades de développement	15
a. Œufs	15

Table des matières

b. Larve	15
c. Nymphe	15
d. Adulte	15
II.1.5. Mobilité	17
II.1.6. Régime alimentaire	17
II.1.7. Cycle de développement	17
II.1.8. Dégât de <i>Tribolium</i> rouge de la farine	19
II.1.9. Moyens de lutte contre le <i>Tribolium castaneum</i>	20
Chapitre III. Données bibliographiques générales sur les matériels biologiques végétaux et bactériens exploités	
III.1. L'eucalyptus (<i>Eucalyptus globulus</i>)	21
III.1.1. Origine et définition	21
III.1.2. Classification botanique	21
III.1.3. Description	22
III.1.4. Utilisation	22
III.1.5. Composition chimique d' <i>Eucalyptus</i>	22
III.2. Laurier (<i>Laurus nobilis</i> L)	23
III.2.1. Origine et définition	23
III.2.2. Classification botanique	24
III.2.3. Description	24
III.2.4. L'utilisation	24
III.2.5. Composition chimique de <i>Laurus nobilis</i>	25
III.3. Actinobactéries	25
III.3.1. Taxonomie	25
III.3.2. Physiologie de développement	26
III.3.3. Écologie des actinobactéries	26
III.3.4. Intérêts des actinobactéries	26
III.3.4.1. En agronomie	27
III.3.4.2. En biotechnologie	29
Partie II : partie expérimentale	
chapitre I: Matériel et méthodes	
I.1. Choix du matériel biologique végétal	30
I.2. Méthodologie	30
I.2.1. Préparation des biopesticide	30
I.2.1.1. Préparation des extractions aqueuses de <i>Laurus nobilis</i> et <i>Eucalyptus globulus</i>	31
a) Préparation des extraits	31
b) Adaptation de la concentration	31
I.2.1.2. Préparation des solutions bactériennes (des actinobactéries PT2 et MB22)	32
I.2.1.3. Préparation du produit chimique	33
I.2.2. Bio-efficacité de toxicité par contact	34
I.2.2.1. Bio-essai des extraits des plantes	34

Table des matières

I.2.2.2. Bio-essai des solutions bactériennes <i>Streptomyces rochei</i> PT2 et <i>Nocardioopsis dassonvillei</i> Mb22	34
I.2.2.3. Bio-essai du produit chimique (insecticide)	35
I.3. Exploitation des résultats	38
I.3.1. Correction de la mortalité	38
I.3.2. Détermination des doses létales DL50	38
Chapitre II : Résultats et Discussions	
II.1. Evaluation de la mortalité des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> par les extraits aqueux, les actinobactéries et de l'insecticide par effet de contact	39
II.2. Estimation de la dose létale (DL50) des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> par les extraits aqueux, les actinobactéries et de l'insecticide par effet de contact	42
II.3. Discussion	44
Conclusion	47
Références bibliographiques	
Annex	

Liste des tableaux

Liste des tableaux

N°	Titre de tableau	Pages
Tableau 01	Principaux insectes nuisibles aux céréales stockées	07
Tableau 02	Durée de développement de <i>Tribolium castaneum</i> en fonction des facteurs abiotiques	19
Tableau 03	Classification des actinobactéries	26
Tableau 04	Mortalité corrigée de <i>Tribolium castaneum</i> traités avec les extraits aqueux de <i>Eucalyptus globules</i> et <i>laurus nobilis</i> .	39
Tableau 05	Mortalité corrigée de <i>Tribolium castaneum</i> traités avec les actinobactéries.	40
Tableau 06	Mortalité corrigée de <i>Tribolium castaneum</i> traités avec l'insecticide.	41

Liste des figures

N°	Figures	Pages
Figure 01	un silo souterrain de stockage	04
Figure 02	stockage en sac	04
Figure 03	stockage en vrac	04
Figure 04	stockage en silo	05
Figure 05	schéma représentatif du circuit des denrées au cours du stockage	07
Figure 06	larve de <i>T. castaneum</i>	16
Figure 07	la nymphe de <i>T. castaneum</i>	16
Figure 08	l'adulte <i>T. castaneum</i>	16
Figure 09	Cycle biologique de <i>Tribolium castaneum</i>	18
Figure 10	Dégâts causée par le <i>Tribolium castaneum</i>	20
Figure 11	Photographie des feuilles d' <i>Eucalyptus globulus</i>	21
Figure 12	Structure chimique de quelques constituants d' <i>Eucalyptus</i> (a 1,8 cinéole Eucalyptol) ;(b: Globulol)	23
Figure 13	Photographie des feuilles de <i>Laurus nobilis</i>	24
Figure 14	Micromorphologie des principaux genres d'actinobactéries	28
Figure 15	Protocole expérimentale de l'extraction aqueuse des plantes étudiée	32
Figure 16	Protocole expérimentale de Préparation des solutions bactériennes	33
Figure 17	l'insecticide chimique utilisé	33
Figure 18	application des extraits par pulvérisation	34
Figure 19	application de produit chimique par pulvérisation	35
Figure 20	Bio-efficacité des extraits aqueux par contact	36
Figure 21	Bio-efficacité des solutions bactériennes par contact	36
Figure 22	Bio-efficacité du produit chimique insecticide par contact	37
Figure 23	les boîtes de testes témoins	37
Figure 24	Mortalité corrigée de <i>Tribolium castaneum</i> traités avec les extraits aqueux pendant 25 jours	40
Figure 25	Mortalité corrigée de <i>Tribolium castaneum</i> traités avec les actinobactéries pendant 5 jours	41
Figure 26	Efficacité des extraits aqueux vis-à-vis les adultes de <i>T. castaneum</i> ; A. <i>Eucalyptus globulus</i> , B. <i>Laurus nobilis</i>	42
Figure 27	Efficacité des actinobactéries vis-à-vis les adultes de <i>T. castaneum</i> A. <i>Nocardia dasonvillei</i> , B. <i>Streptomyces rochei</i>	43
Figure 28	Efficacité de l'insecticide vis-à-vis les adultes de <i>T. castaneum</i>	43

Liste des abréviations

Liste des abréviations

ACTA	L'association de coordination technique agricole
°C	Degré Celsius
C	Concentration
%	Pourcentage
g	Gramme
mg	Milligramme
mm	Millimètre
ml	Millilitre
DL50	La dose létale
PT2	<i>Streptomyces rochei</i>
MB22	<i>Nocardiopsis dassonvillei</i>

Introduction

Introduction

Introduction

Le blé constitue la principale culture céréalière dans le monde. Sa consommation évolue progressivement d'une année à une autre pour atteindre en 2006 près de 690 millions de tonnes dans le monde et 30 millions de tonnes en Afrique du Nord **(KELLOU, 2008)**.

En Algérie, la consommation a atteint 201 Kg/tête d'habitant durant l'année 2003 **(DJAOUTI, 2010)**. Pour assurer un approvisionnement régulier en blé aux consommateurs, le stockage est devenu une nécessité et le seul moyen de régulation du marché durant toutes les saisons. Mais, malheureusement au cours du stockage, ce produit céréalier est le plus souvent soumis à des attaques par des rongeurs, des champignons, des acariens et des insectes. Chez les insectes, les pertes les plus importantes sont infligées par différentes espèces de Coléoptères et de Lépidoptères **(DELOBEL, 1993 ; FLEURAT-LESSARD, 1994)**. La présence de ces ravageurs au niveau des unités de stockage peut causer une détérioration du grain et par conséquent des pertes sur le plan quantitatif et sur le plan qualitatif **(GWINNER et al., 1996)**.

En effet, les pertes causées par les ravageurs des céréales stockées à l'échelle mondiale sont estimées à plus de 100 millions de tonnes dont 13 millions sont dus aux insectes. En Afrique, ces pertes se chiffrent à 30% par contre, elles restent très faibles dans les pays développés, dont elles avoisinent les 3 % **(BULOT, 1990)**. en Algérie, les pertes du blé en post-récolte dues aux insectes sont estimées entre 10 à 12% dans les unités de stockage **(NACEF et SADOK, 2004)**.

Pour éviter ces pertes aux niveaux des stocks, très souvent les responsables ont recours à la lutte chimique; alors que plusieurs auteurs ont associé l'application des pesticides à des problèmes de santé humaine et environnementales **(CARLOS, 2006 ; ISMAN, 2006)**. Face à ce problème, la nécessité de développer de nouvelles stratégies de lutte s'impose.

Actuellement, de nombreuses recherches s'orientent vers l'utilisation des moyens alternatifs avec l'utilisation des insecticides d'origine végétale ou bien des biopesticide à base microorganismes considérés moins toxiques. Ils peuvent, de ce fait, être une alternative pour diminuer progressivement l'utilisation des pesticides afin de protéger les denrées stockées.

Introduction

Notre travail consiste à évaluer le potentiel insecticide de deux plantes et deux souche d'actinobactéries, de pour mieux contrôler les insectes du blé en post récolte en particulier les individus de *Tribolium castanum* qui sont considérés comme étant de redoutables ravageurs d'après plusieurs auteurs au niveau mondial.

Afin de réaliser cet objectif, nous avons abordé ce travail en 5 chapitres. La première partie d'ordre bibliographique est divisée en trois chapitres portant sur ;

La conservation et protection des denrées céréalières en post-récolte pour le premier chapitre

Le deuxième chapitre porte sur les données bibliographiques générales du matériel biologique animal étudié (*Tribolium* rouge de la farine)

Le troisième chapitre porte données bibliographiques sur les formulations bio-insecticide appliquées contre *Tribolium* rouge de la farine

La deuxième partie est la partie expérimentale. Elle est divisée en deux chapitres :

Le chapitre de matériel et méthode renferme le protocole expérimental des extractions des plantes utilisées ainsi la préparation de la formulation des actinobactéries

Le deuxième chapitre porte sur les résultats et la discussion, ensuite nous terminons par conclusion et des perspectives.

Chapitre I

Chapitre I. Conservation et protection des denrées céréalières en post-récolte

Le stockage des denrées alimentaires est un processus transitoire et répétitif lors du transport d'un produit agricole des producteurs vers les transformateurs et enfin vers le consommateur. Il permet de maintenir un approvisionnement constant tout au long de l'année tout en préservant la qualité des denrées (THAMAGA-CHITJA *et al.*, 2004).

1.1. Dispositifs de stockage

1.1.1. Stockage dans des silos souterrains

Le paysan Algérien, conservait tant bien que mal, le produit de ces champs d'orge et de blé, dans des enceintes creusées de simple trous cylindriques ou rectangulaires construites dans des zones sèches, en sol stable, généralement argileux ou le niveau de la nappe phréatique est suffisamment bas, c'est ce que l'en appelle (ElMatmoura) à un endroit surveillé ou proche de la ferme, la capacité de ces lieux de stockage est variable, elle est de l'ordre 18 de quelque mètres cubes, c'est une technique archaïque peut être encore utilisé dans certaines régions isolées (DOUMAINDJI *et al.*, 1989)

1.1.2. Stockage en sac

Les grains sont conservés dans des sacs fabriqués en toile de jute ou en polypropylène pour les semences. Les sacs sont entreposés en tas dans divers locaux, magasins ou hangars. Souvent ce type de stockage est provisoire. Dans le cas de forte production et de saturation des divers locaux de grande capacité (DOUMAINDJI *et al.*, 1989).

1.1.3. Stockage en vrac (courte durée)

Dans ce cas les grains en tas sont laissés à l'air libre dans des hangars ouverts à charpente métallique. Malheureusement les contaminations sont possibles ; d'autant plus que dans ce type de construction. Ils demeurent toujours des espaces entre les murs et le toit, ainsi le libre passage des souris, des rats, des moineaux des pigeons et des insectes demeure possible.



Figure1 - Silo souterrain de stockage source



Figure2 - Stockage en sac



Figure3 - Stockage en vrac

Par ailleurs l'influence des intempéries est encore assez forte et le développement des moisissures et des bactéries est toujours à craindre (DOUMAINDI et al., 2003).

I.1.4. Entreposage en silos (longue durée)

Les silos sont des enceintes cylindriques en béton armé ou en métal. Elles sont fermées à leur partie supérieure par un plancher sur lequel sont installés les appareils de remplissage des 20 cellules. L'emploi des silos réduit la main d'œuvre, augmente l'air de stockage et supprime l'utilisation des sacs onéreux (DOUMAINDI et al., 2003). Il existe plusieurs types de silos, citons :

- Silos de ferme : ils peuvent contenir entre 500-10000 quintaux.
- Silos coopératifs : leurs capacités varient entre 10000 -50000 quintaux.
- Silos portières : leurs capacités dépassent 50000 quintaux.



Figure 4 - Stockage en silo

1.2. Problèmes rencontrés en post-récolte

L'environnement de stockage est exposé à diverses attaques qui peuvent entraîner de grandes pertes associées à deux facteurs principaux : les facteurs abiotiques et biotiques (SCOTTI, 1978).

1.2.1. Facteurs abiotiques

Les principaux éléments climatiques qui agissent au niveau du système de stockage sont l'humidité et la température, elles permettent de stimuler l'activité biologique. L'eau et la chaleur sont produites en raison du processus de respiration des organismes vivants présents dans les aliments stockés, ce qui crée un climat favorable qui conduit au développement de certains organismes nuisibles et réduit la capacité de germination des grains (HAYMA, 2003).

1.2.2. 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)

a) Les ravageurs primaires :

Ils appartiennent au groupe des insectes qui s'attaquent 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.

b) 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*.

Chapitre I

Tableau 1 - Principaux insectes nuisibles aux céréales stockées (STEFFAN, 1978 ; MONTHANO et al., 2014 ; FRAVAL, 2006)

Ravageurs primaires				
Ordres	Familles	Espèces	Noms communs	hôtes principaux
Coléoptères	Curculionidae	<i>Sitophilus granarius</i> <i>Sitophilus oryzae</i> <i>Sitophilus zeamais</i>	Charançon des grains Charançon du riz Charançon du maïs	Bt, Bd, Orge, Seigle Bt, Bd, Orge, Seigle, Riz Bt, Bd, Orge, Seigle, Maïs
	Bostrichidae	<i>Rhyzopertha dominica</i>	Capucin des grains	Bt, Bd, Orge, Seigle, Maïs
Lépidoptères	Gelechiidae	<i>Sitotroga cerealella</i>	Alucide des céréales	Bt, Bd, Orge, Maïs, Sorgo, Maïs brisé
	Pyralidae	<i>Anagastakuehniella</i> <i>Pyralisfarinalis</i>	Teigne de la farine Pyrale de la farine	Grains brisés farine, semoule Farine, Semoule
Ravageurs primaires				
Ordres	Familles	Espèces	Noms communs	hôtes principaux
Coléoptères	Silvanidae	<i>Oryzaephilus</i> <i>Surinamensis</i>	Silvain	Bt, Orge, Seigle
	Cucujidae	<i>Cryptolestes ferrugineus</i>	Petit ver des grains	Bt, Bd, Orge, Maïs
	Tenebrionidae	<i>Tribolium castaneum</i> <i>Tribolium confusum</i>	Petit ver de la farine ver de la farine	Bt, Orge Bt, Orge
	Dermestidae	<i>Trogoderma granarium</i>	Dermeste des grains	Bd, Orge, Sorgo
Psocoptères	Liposcelididae	<i>Liposcelis sp</i> <i>Liposcelis paetus</i> <i>Liposcelis entomophilus</i>	Psoque	Blé

Bt = Blé tendre

Bd = Blé dur

1.3. Conséquences de l'infestation

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

1.3.1. 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).

1.3.2. 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, 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).

I.4. Circuit des denrées au cours du stockage

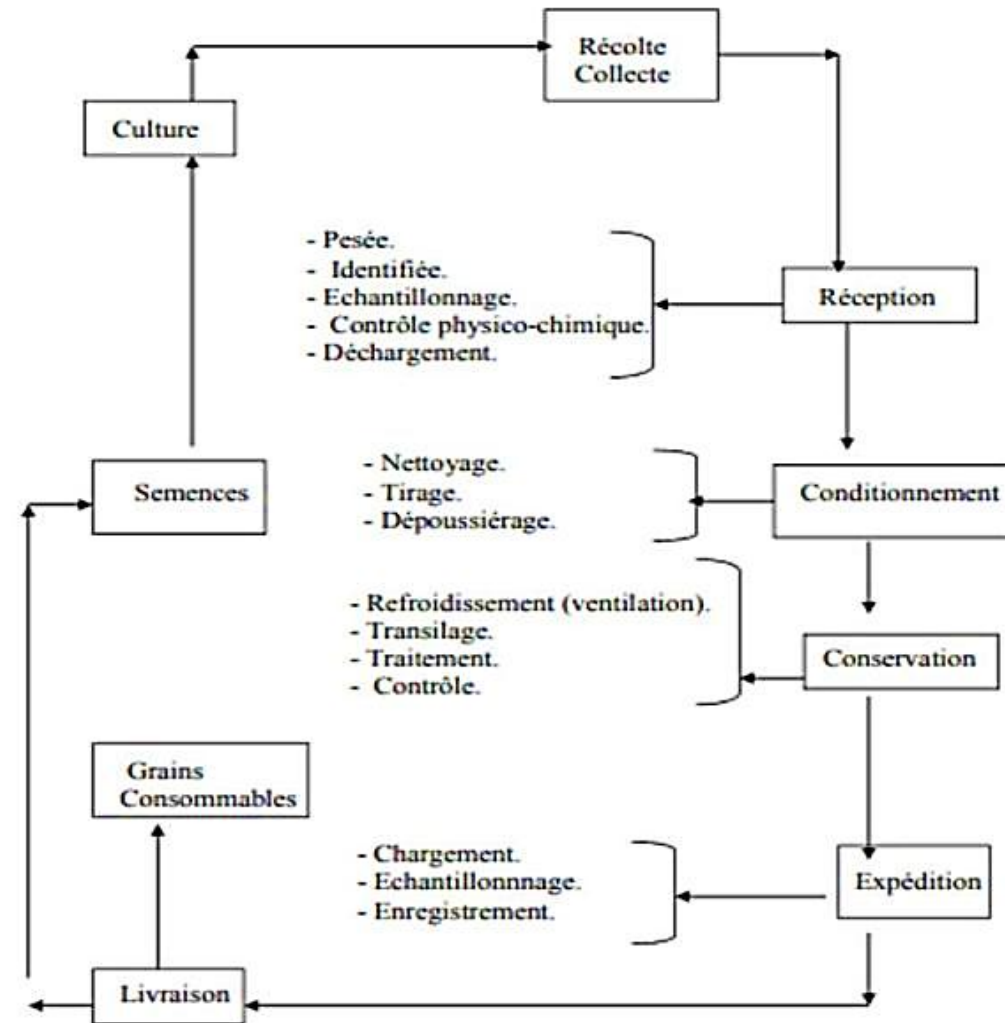


Figure 5 - Schéma représentatif du circuit des denrées au cours du stockage (PHILIPPE,2004)

1.5. 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**).

1.5.1. 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**). Pour cela 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.

1.5.2. 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

1.5.2.1. 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).

1.5.2.2. 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, (VINCENT et al, 2000).

1.5.2.3. 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).

Il existe des formulations d'insecticides qui permettent un traitement durable des céréales 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).

1.5.2.4. Lutte biologique

1.5.2.4.1. 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**).

I.5.2.4.2. 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**).

Chapitre II

Chapitre II. Données Bibliographiques générales du matériel biologique animal étudié

II.1. Généralité sur *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 céréalier usinés.

II.1.1.Description

Le *Tribolium* rouge de la farine (*Tribolium castaneum*) est un insecte appartenant à la famille des Tenberionidaes, il est un des insectes des stocks le plus ubiquiste et le plus polyphage. Les adultes et les larves ne s'implantent généralement dans les grains qu'après les attaques de ravageurs primaires qui leur ouvrent la porte (CAMARA, 2009).

T. castaneum est considéré comme un ravageur secondaire strict causant d'importants dégâts sur les stocks de très nombreuses denrées amylacées notamment les farines de céréales (BONNETON, 2010).

II.1.2.Origine et répartition géographique

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

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

II.1.3. Position systématique

Le *Tribolium castaneum* appartient à la super famille des Cucujoidae, à la famille des Tenebrionidae et à la sous famille des Ulminae. 23 De nombreux synonymes lui sont attribués ; Dermestes navalis (FABRICIUS, 1775); Colydium castaneum Herbst, 1797 ; Tenebrionid castaneus Schönhegr, 1806 ; Phaleria castanea Gyllenhal, 1810 ; Uloma ferruginea Dejann, 1821, Tribolium castaneum (Herbst) MacLeay, 1825 ; Margus castaneus Dejean, 1833 , Stenoferruginea Westwood, 1839 ; Tribolium ferrugineum Wollaston, 1854. **(DELOBEL ET TRAN, 1993)**

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)**.

En se référant à plusieurs auteurs dont **PERRIER (1961 ,1964) et WEIDNER et RACK (1984)**, la classification du *Tribolium* rouge de la farine se résume comme suit :

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
Sous Embranchement	Antennates
Classe	Insecta
Sous Classe	Ptérygotes
Ordre	Coléoptère
Sous ordre	Polyphaga
Famille	Tenebrionidae
Genre	Tribolium
Espèce	<i>Tribolium castaneum</i> (Herbst)

II.1.4. Description des différents stades de développement

a. Œufs

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. Ils sont fluoresçant sous des longueurs d'onde de 365nm (radiations ultra violettes) (LEELAJA ET AL, 2007).

b. 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 (Fig06) (WEIDNER ET RACK., 1984 ; DELOBEL ET TRAN, 1993).

c. Nymphe

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

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 (Fig07) (SOKOLOFF, 1974).

d. 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

Chapitre II

par une massue nettement distincte (Fig08). 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 06 : larve de *T. castaneum*(MADENE 2014)



Figure 07 :la nympe de *T. castaneum*(MADENE 2014)



Figure 08 : l'adulte *T. castaneum* (MADENE 2014)

II.1.5. Mobilité

Tribolium castaneum est un insecte qui se déplace rapidement lorsqu'il est dérangé, l'adulte est très bon voilier, son vol devient primordial 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**).

II.1.6. 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 oléagineuses ainsi que les insectes de collection.

II.1.7. 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

Chapitre II

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 28 SMITH, 1986). *Triboliumcastaneum* 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).

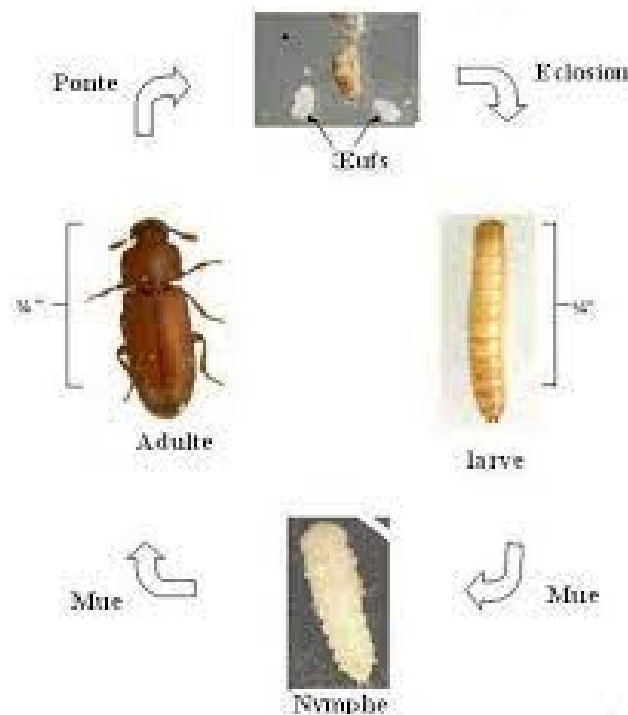


Figure 09 : Cycle biologique de *Triboliumcastaneum* (ARAB, 2012).

Chapitre II

Tableau 2: Durée de développement de *Tribolium castaneum* fonction des facteurs abiotiques (VAIVANIJKUL, 1973).

Nourriture	Durée du développement (jours)				
	Humidité relative 75%		Température 30°C		
	H.R 85%	H.R 95%	25°C	30°C	35°C
Nourriture mixte	30.9	27.1	44.9	36.1	36.9
Maïs	40.0	35.8	58.0	40.0	43.0
Riz	67.8	62.0	78.0	70.3	71.9

II.1.8. Dégât de *Tribolium* rouge de la farine :

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%.



Figure 10 : Dégâts causée par le *Tribolium castaneum* (DIDIER, 2004).

II.1.9. Moyens de lutte contre le *Tribolium castaneum* :

Le contrôle de cet insecte se fonde généralement sur l'utilisation des insecticides synthétiques tels que Pyrethrine, Dichlorovos et le Malathion, ce qui a entraîné plusieurs problèmes, y compris les perturbations de l'environnement, l'augmentation des coûts d'application, la résurgence des ravageurs, la résistance des ravageurs aux pesticides, et des effets mortels sur les organismes non ciblés (SAHAF ET AL., 2008).

Chapitre III

III. Données bibliographiques sur les formulations bio-insecticide appliquées contre *Tribolium castanum*

Les paragraphes ci-dessous présentent les plantes et les actinobactéries utilisées comme un biopesticide contre le ravageur étudié.

III.1. L'eucalyptus (*Eucalyptus globulus*)

III.1.1. Origine

L'Eucalyptus est originaire de l'Australie, est introduit en Algérie en 1854, il s'étend dans des régions les plus sèches jusqu'aux côtes humides (BELOUED, 1998). La plantation massive de ces arbres ne se fera qu'à partir de 1950. Grâce à leur facilité d'adaptation, les espèces *E. globulus*, *E. camaldulensis*, *E. gomphocephala*, sont les plus répandues dans la région méditerranéenne (METRO, 1970). Près de 600 espèces sont connues dans le monde (FOUDIL-CHERIF, 1991).

Certains eucalyptus s'hybrident facilement entre elles étant donné la facilité avec laquelle les graines de pollen se transfèrent d'une espèce à une autre, ce qui complique encore plus leur identification.

III.1.2. Classification botanique

Selon METRO (1970), la systématique de *Eucalyptus globulus* est la suivante :

Règne: Plantae

Embranchement : Spermaphytes

Sous embranchement : Angiospermes

Classe : Magnoliopsida / Dicotylédones

Sous classe : Dialypétales

Ordre : Myrtales

Famille: Myrtacées Genre: *Eucalyptus*

Espèce: *Eucalyptus globulus*



Figure 11: Photographie des feuilles d'*Eucalyptus globulus* (BEYOULD, 2014)

III.1.3. Description

L'Eucalyptus globulus est un arbre aromatique et médicinal. Mesure entre 25 et 35 m dans des conditions favorables, il peut atteindre une hauteur plus importante. Son bois est rouge et son tronc est recouvert d'une écorce lisse et grise, ses feuilles sont plates et brillantes, en forme de faucille. Au printemps ses fleurs apparaissent blanchâtres (JAMMOT, 2015). Il est apte à résister au froid et à croître sur des sols secs, siliceux calcaires, humides ou argileux, salés ou non, près ou loin de la mer (MERROUCHE et al., 2016).

III.1.4. Utilisation

Traditionnellement, *l'Eucalyptus* est un anti infectieux et antiseptique des voies respiratoires, il est utilisé dans le traitement de l'infection aigüe et chronique des voies respiratoires supérieures ou inférieures. Il est également conseillé pour le traitement de la toux, de bronchites, des gripes et des affections pulmonaires, ce qui rend cette plante efficace pour soigner les rhumes et les maux de gorge (PAUL, 2007). Selon le même auteur, l'huile essentielle diluée soulage les rhumatismes, les douleurs aiguës, les raideurs, les névralgies et les infections cutanées d'origine bactérienne.

III.1.5. Composition chimique d'*Eucalyptus*

La constitution chimique de *l'Eucalyptus globulus*, est formée de :

- De l'huile essentielle dont les composant majoritaires de celle-ci sont (oxydes terpéniques: 1,8-cinéole (Eucalyptol) ; monoterpènes : alpha-pinène, limonène, gamma-terpinène, paracymène ; sesquiterpènes : aromadendrène ; sesquiterpénols : globulol, lédol),
- Flavonoïdes (des hétérosides de flavones avec aglycones suivant : quercétine, myricétine, etc.)

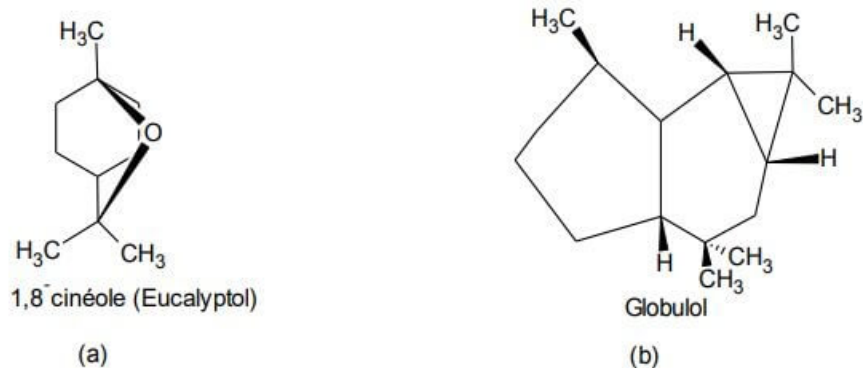


Figure 12 : Structure chimique de quelques constituants d'*Eucalyptus*
(a 1,8 cinéole Eucalyptol);(b: Globulol)

III.2. Le laurier (*Laurusnobilis* L)

III.2.1. Origine

Le laurier, ou laurier-sauce (*laurusnobilis* L.) est un arbuste ou un arbre de la famille des Lauraceae, à feuilles persistantes et coriaces (VETVICKA et MATOUSOVA, 1991).

Les lauracées sont des plantes ligueuses très répandues dans les régions tempérées et subtropicales ; cette famille regroupe des plantes bien représentées en Asie, dans les pays d'Amérique donnant sur l'Atlantique et en Afrique, et une espèce, le laurier (*Laurusnobilis*), de la région méditerranéenne où il forme des peuplements typiques. Le laurier est la seule espèce représentant la famille lauracées dans la région méditerranéenne d'où elle est originaire. Actuellement, la plante est largement cultivée comme plante ornementale et pour la production commerciale dans beaucoup de pays tels que l'Algérie, la Turquie, la France, la Grèce, le Maroc, l'Amérique centrale et les États-Unis Méridionaux (DEMIR et al., 2004; BARLA et al., 2007).

III.2.2. Classification botanique

La classification botanique de *Laurusnobilis L.* d'après (QUEZEL et SANTA, 1962).

Règne : Plantes.

Sous règne : Plantes vasculaires.

Embranchement : Spermaphytes.

S/Emb : Angiospermes.

Classe : Dicotylédones.

S /classe : Dialypétales.

Ordre : Laurales.

Famille : Lauracées.

Genre : *Laurus*.

Espèce : *Laurusnobilis L.*



Figure 13: Photographie des feuilles de *Laurusnobilis*

III.2.3. Description

Le laurier est un arbuste ou arbre aromatique de 2 à 10m de hauteur à croissance lente, et au tronc droit ramifié dès la base avec un sommet conique, et s'arrondissant en fil du temps. L'écorce est noire à gris foncé et lisse. Ces branches remontent en oblique avec des jeunes pousses fines, glabres et brun rougeâtre dont les bourgeons sont étroits, verts rougeâtres et longs de 0,2 à 0,4cm (QUEZEL et SANTA, 1963).

III.2.4. Utilisation

Les feuilles de *Laurusnobilis* sont parmi les assaisonnements les plus connus dans tous les pays, elles sont généralement utilisées comme épice valable en culinaire (en potages, ragoûts, sauce,...) et aromatisant en industrie alimentaire. Cette plante a aussi des applications

importantes en médecine traditionnelle et représente récemment un sujet de recherche scientifique intéressant (SINIÜ et al., 2003), le laurier est principalement utilisé, par voie orale, dans le traitement symptomatique des troubles de l'appareil digestif supérieur tels que le ballonnement épigastrique, lenteur de la digestion, éructations et flatulence (ISERIN, 2001).

L'extrait aqueux est utilisé dans la médecine traditionnelle turque en tant qu'anti-hémorroïdal, anti-rhumatismal, diurétique et comme un antidote dans des morsures de serpent et pour le traitement du mal d'estomac (KIVÇAK et MERT, 2002).

Dans la médecine traditionnelle iranienne, les feuilles de cette plante ont été employées pour traiter l'épilepsie et le parkinsonisme (AQILIKHORASANI, 1992).

III.2.5. Composition chimique

De nombreuses études ont été réalisées pour la détermination de la composition chimique des feuilles de *Laurusnobilis* et plusieurs ont prouvé la richesse de ses feuilles en substances actives. Par hydrodistillation les feuilles fournissent environ 10-30 ml/Kg (1-3%) d'huile essentielle (BRUNETON 1999, DEMIR et al., 2004) dont les constituants majoritaires inclut : cinéol, & et B pinène, sabinène, linalol, eugénol, terpinéol, plus d'autres esters et terpenoides, mais dont les proportions varient selon l'origine géographique (ISERIN 2001 ; SAYYAH et al.,2002 ; DEMIR et al., 2004).

III.3. Actinobactéries

Le mot actinobactérie est dérivé des mots grecs "Aktis" qui veut dire rayon et "Mykes" qui veut dire champignon, c'est-à-dire, "champignons rayonnants" (GOTTLIEB, 1973). Il rassemble les bactéries à Gram positif possédant un pourcentage élevé de guanine et de cytosine (G+C) et forme un groupe homogène sur la base des données moléculaires (BERGEY'S MANUAL, 2012). Le contenu du GC allant d'un peu moins de 50% (par exemple, *Hoyosella* et *Tropheryma*) à plus de 70% (par exemple, *Frankia* et *Streptomyces*) (AMIN et al., 2020).

Traditionnellement, les actinobactéries étaient considérées comme des formes de transition entre les champignons et les bactéries, mais sont maintenant reconnues comme des organismes procaryotes. En effet, de nombreuses actinobactéries produisent un mycélium et se

reproduisent par sporulation dont la germination assure le démarrage d'un nouveau cycle de vie (AIT BARKA et *al.*,2016 ; AMIN et *al.*, 2020).

III.3.1. Taxonomie

Selon le Manuel de **BERGEY, (2012)**, les actinobactéries sont classés dans le domaine *Bactériaetphylum* des *Actinobacteria* qui est subdivisé en 06 classes dont celle de *Actinobacteria* se divise en 15 ordres les plus importants sont ceux des *Actinomycetales* et *Streptomycetales*(**tab.03**) (**GOODFELLOW, 2012**).

Tableau 03 : Classification des actinobactéries selon le “Bergey’s Manual de Systematique Bactériologic (2012).

Domaine	<i>Bactéria</i>					
Phylum	<i>Actinobacteria</i>					
Classe	<i>Nitriliruptoria</i>	<i>Acidimicrobiia</i>	<i>Actinobacteria</i>	<i>Rubrobacteria</i>	<i>Coriobacteria</i>	Thermoleophilia
Ordre	- <i>Actinomycetales</i> - <i>Streptomycetales</i> plus les 13 Ordres.					
Famille	<i>Actinomycetaceae</i>			<i>Streptomycetaceae</i>		
Genre	<i>Actinomyces</i> plus les 6 autres genres			<i>Streptomyces</i> plus les 2 autres genres.		

III.3.2. Physiologie de développement

Au niveau du sol, les actinobactéries représentent l’une des principales communautés microbiennes, leur présence est influencée par plusieurs paramètres physiologiques (conditions environnementaux) en particulier : l’oxygène, le pH, la température...etc. (**DJABALLAH, 2010**).

Les actinobactéries sont divisées en deux groupes, les premiers sont des formes fermentatives anaérobies strictes telle que le genre actinobactéries et l’autre sont des formes oxydatives aérobie *Streptomyces*(**PRESCOTT, 2010**).

La majorité des actinobactéries sont des bactéries neutrophiles dans un intervalle de pH compris entre 7 et 8 avec une croissance optimale (WANG, 2006).

Elles sont des bactéries mésophiles, sa température optimale de croissance est entre 25 à 30 °C (LEVEAU, 1993, DJABALLAH, 2010).

Les actinobactéries sont isolés des sols contenant des taux faibles jusqu'à modérés d'humidité (OSKAY, 2004).

III.3.3. Écologie des actinobactéries

Les actinobactéries sont des microorganismes omniprésents au niveau de tous les substrats naturels et en particulier le sol (LACEY, 1973 ; LARPENT et SANGLIER, 1989 ; PORTER, 1971 ; WILLIAMS et al., 1984). La grande majorité est d'origine tellurique 10 à 20 % ou parfois plus (DOMMERGUES et MANGENOT, 1970 ; ISHIZAWA et ARARAGI, 1976), ainsi elles sont capables de se développer sur une large gamme de substrats. Elles peuvent coloniser de nombreux biotopes : air, composts, eau, fourrages, fumiers, grains, canne à sucre, etc (LACEY, 1973).

La plupart des actinobactéries sont saprophytes mais quelques-uns peuvent être pathogènes ou symbiotes des plantes et des animaux (SUZUKI et al., 1994).

En générale, les actinobactéries sont des hétérotrophes, mais plusieurs espèces sont capables aussi d'avoir une croissance chimio autotrophe (ENSIGN et al., 1993).

III.3.4. Intérêts des actinobactéries

III.3.4.1. En agronomie

Les actinobactéries sont capables de dégrader les résidus récalcitrants des matières organiques comme la lignocellulose, la chitine, etc., et contribuent ainsi à la fertilisation des sols (LECHEVALIER et WILLIAMS, 1983). Le genre *Frankia* est un actinobactéries assez particulier ; il fixe l'azote atmosphérique et vit en symbiose avec plusieurs plantes arbustives non légumineuses (BECKING, 1974). Les souches de ce genre ont une aptitude considérable à produire de nombreuses substances probiotiques qui leur confère un rôle essentiel dans les interactions plantes-sols. Ainsi, ils sont préconisés dans le cadre de la lutte biologique contre les

maladies des végétaux, tel que *Streptomyces griseoviridis* avec son fongicide connu sous le nom de *mycostop* qui est utilisé pour combattre les maladies causées par le *Fusarium* sur le concombre, la tomate, le poivron et les plantes ornementales cultivées en serre.

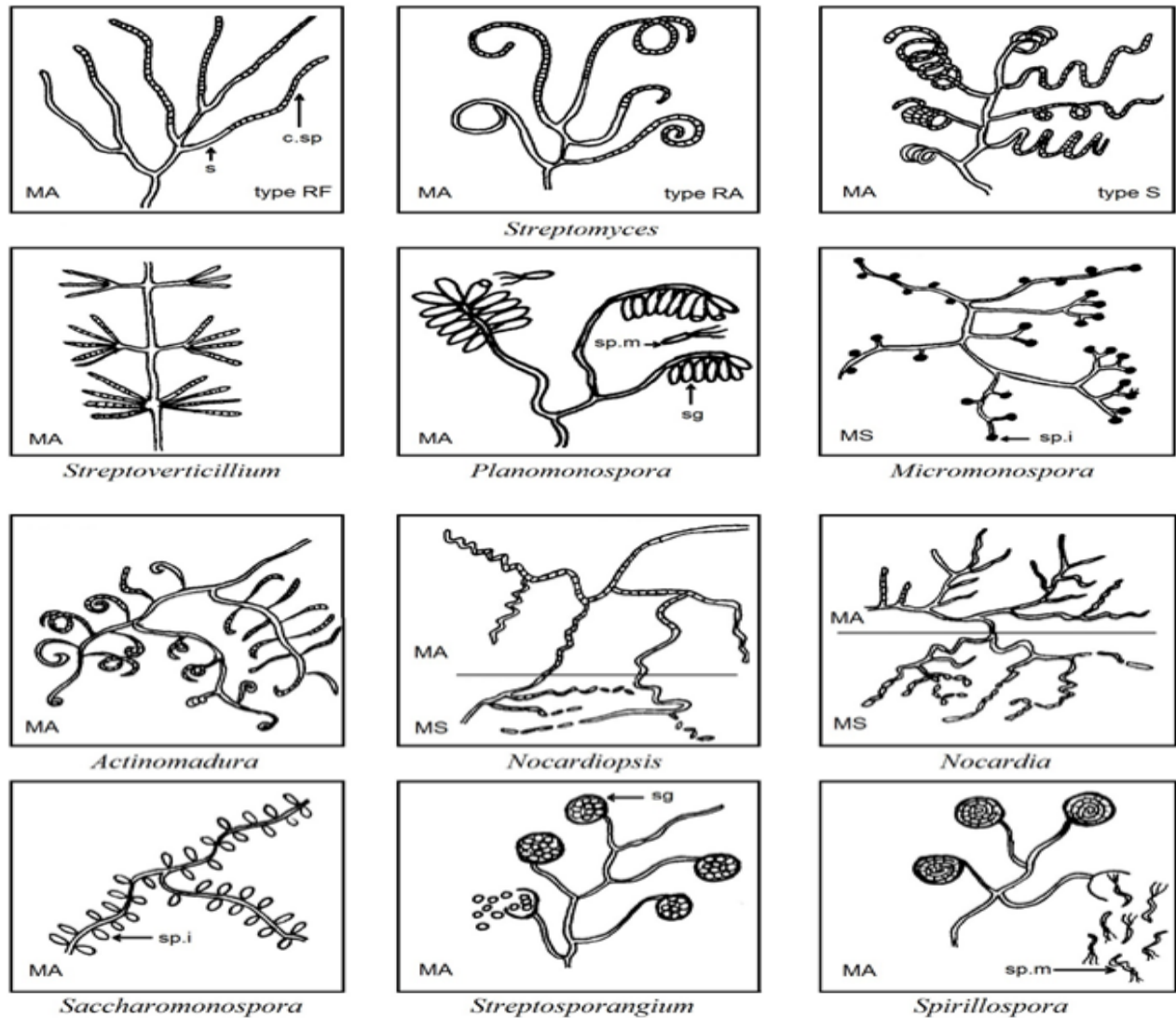


Figure 14: Micromorphologie des principaux genres d'actinobactéries (SABAOU, 1988) MA, mycélium aërien; MS, mycélium du substrat; RF, RectusFlexibilis (chaînes de spores droites à flexueuses); RA, RetinaculumApertum (chaînes en crochets ou en boucles); S, Spira (chaînes spiralées); s, sporophore; c.sp., chaînes de spores; sp.i., spores isolées; sp.m., spores mobiles; sg, sporanges.

Certains antibiotiques ont été conçus spécialement pour le marché agricole. La blasticidine est un antibiotique actif sur *Piriculariaoryzae*, un phytopathogène du riz, et est utilisée à grande échelle au Japon (**MISATO, 1982**). Les actinomycètes sont, en effet, connus par leur capacité de produire des antibiotiques qui leur permettent d'inhiber les agents phytopathogènes(**EMMERT et HANDELSMAN, 1999 ; BARAKATE et al., 2002 ; EL-TARABILY et SIVASITHAMPAR, 2006**).

III.3.4.2. En biotechnologie

Les actinobactéries tiennent une très grande importance dans le domaine de la biotechnologie des antibiotiques, malgré les progrès de synthèses chimiques. En effet, 45% des antibiotiques connus, sont naturellement issus des actinobactéries et plus particulièrement du genre *Streptomyces*(**SIBANDA et al. 2010**). Parmi les antibiotiques qui ont des applications thérapeutiques on peut citer : les aminoglycosides, les anthracyclines, les glycopeptides, les bata-lactamines, les tetracyclines, les macrolides, les nucléosides...etc.

Autre les antibiotiques, les actinobactéries produisent d'autres molécules qui ont des applications biotechnologiques variées, telles que :

_Anti tumorale : actinomycine, adriamycine, rebeccamycine-(**UYEDA, 2004**).

_Antivirale, antiparasite ;

_Insecticides : nikkomycine-, miticides herbicides : phosphinothricines.

_Piscicides : antimycine A-

Ainsi que d'autres substances ayant des activités biologiques les plus diverses (immunosuppressives, immunostimulantes) (**SANGLIER et al., 1993**).

Matériel et methods

Chapitre I. Matériel et méthodes

Dans ce chapitre, le choix du matériel végétal biologique est décrit. Ensuite, les différentes méthodes utilisées pour la réalisation de ce travail, dont la préparation des produits insecticides et les bio-essais de la toxicité par voie de contact sont développées et finalement, les procédés utilisés pour le traitement des résultats obtenus sont cités.

I.1. Méthodologie

L'utilisation des insecticides chimique représente une cause de la pollution de l'environnement et des maladies sur la santé humaine. Notre objectif est de trouver des moyens biologiques qui ont la même efficacité que les produits chimiques. Pour cela, nous avons cherché à évaluer au laboratoire l'activité insecticide sur les adultes de *Tribolium castaneum* par un mode de contact, des extraits aqueux de deux plantes en l'occurrence : *Laurus nobilis* et *Eucalyptus globulus* ainsi que de l'activité de parasitisme des deux souches d'actinobactéries à savoir *Streptomyces rochei* PT2 et *Nocardiaopsis dassonvillei* Mb22,

Il est à noter que les activités de ces bio-insecticides sont comparées à celles d'un insecticide chimique DEKACHIM.

I.2. Choix du matériel biologique végétal

En ce qui concerne les critères de choix du matériel biologique végétal, nous rappelons que le choix repose sur la disponibilité de la plante, son utilisation phytothérapeutique et culinaire comme plantes aromatiques par les familles algériennes et aux études antérieures relatées dans la littérature précisant leur activité insecticide.

I.2.1. Préparation des biopesticide

Dans cette partie, nous décrivons les méthodes d'extraction des extraits végétaux, préparation de la formulation à base d'actinobactérie, les doses et traitements utilisés dans l'évaluation de la toxicité sur les insectes

I.2.1.1. Préparation des extractions aqueuses de *Laurusnobilis* et *Eucalyptus globulus*

a) Préparation des extraits

Après avoir ramené les plantes, en particulier les feuilles, nous les faisons sécher à l'ombre, puis nous les écrasons avec un broyeur électrique jusqu'à obtenir une poudre. Nous prenons 100 g de la poudre et ajoutons 500 ml d'eau distillée, nous mixons avec un batteur électrique pour 10 minutes jusqu'à ce que nous obtenions un mélange homogène.

Ensuite, nous filtrons le mélange à trois reprises de la façon suivante :

- Par la mousseline,
- Par le papier Whatman (3mm)
- Par du coton absorbant.

La solution obtenue a ensuite été mise dans des cristallisoirs et a été concentrée par évaporation en four à une température de 50°C et ceci pendant 48 heures jusqu'à l'obtention du reste complètement sec(Fig15).

b) Adaptation de la concentration

Une fois l'extrait des deux plantes récupéré, on ajoute 50 ml de méthanol (50ml pour chaque plante) pour faciliter l'élimination de la couche sèche.

On obtient alors une pâte, à travers de laquelle on a préparée pour chaque extrait trois dilutions de différentes concentration de la manière suivante : C1 (25%) ; C2 (50%) ; C3 (75%).

Nous pesons une quantité d'extrait de plantes dans un verre de montre et nous ajoutons la quantité nécessaire d'eau distillée. Ensuite nous plaçons dans des boîtes d'urine afin de mélanger la solution ; à la fin nous remplissons dans des flacons vaporisateurs pour faciliter son application , à l'exception de la solution de la dose de 75% vu qu'elle est très épaisse donc nous l'utilisons avec la spatule.

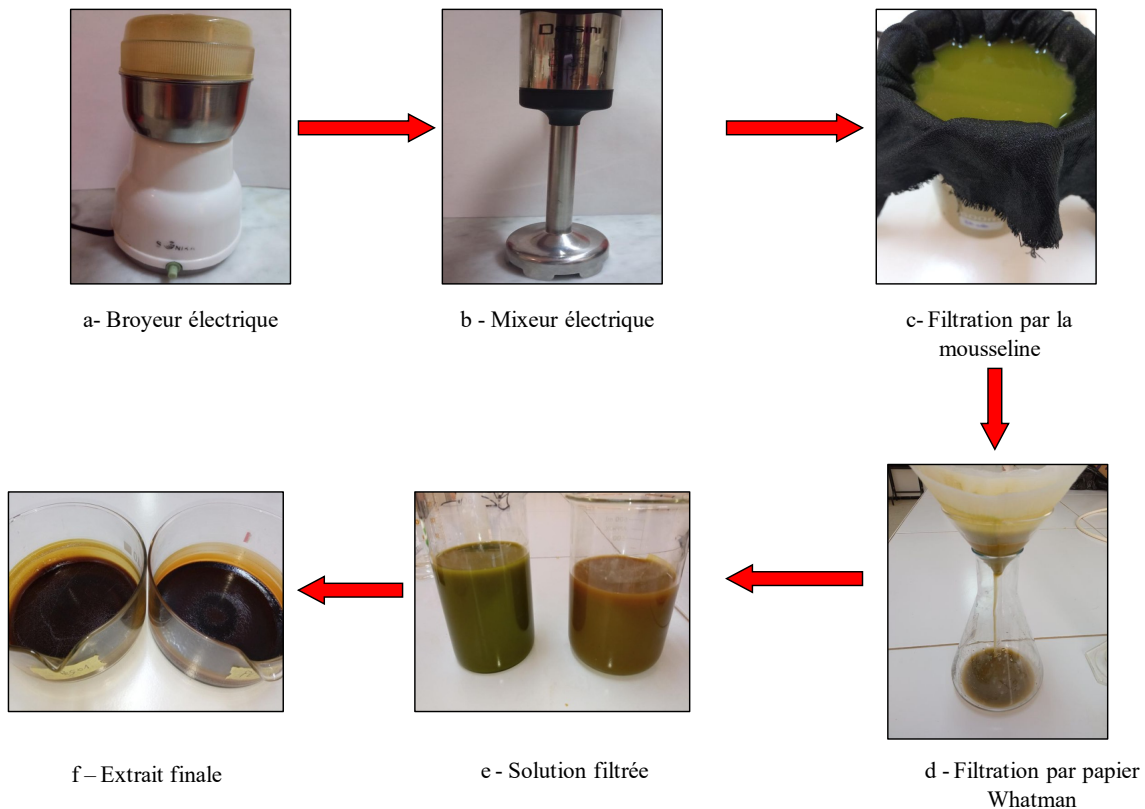


Figure 15 : Protocole expérimentale de l'extraction aqueuse des plantes étudiée

I.2.1.2. Préparation des solutions bactériennes (des actinobactéries PT2 et MB22)

Les deux souches d'actinobactérie utilisées dans notre expérimentation sont *Streptomyces rochei* PT2 et *Nocardiaopsis dassonvillei* Mb22 qu'elles sont sous forme de poudres. Tout d'abord, nous avons bien stérilisé les flacons pulvérisateur et l'eau distillée.

(L'opération que nous allons réaliser se fait dans un milieu stérile entre deux bec benzène) (Fig16), nous avons pesé 25g de poudre bactérienne et met dans des flacons pulvérisateurs, après ajoute 50 ml d'eau distillée stérile. En fin agit bien les flacons jusqu'à ce que la solution soit bien homogène, (pendant l'utilisation, évité complètement d'ouvrir les flacons).



Figure 16 : Protocole expérimentale de Préparation des solutions bactériennes

I.2.1.3. préparation du produit chimique

Pour l'insecticide chimique, nous avons utilisé un insecticide polyvalent, connu sous le nom de DEKACHIM ; (Fig17) ; On prépare trois dilutions de concentrations différentes (25%, 50% et 75%) comme suit :

- Pesons une quantité de produit chimique et ajoutons la quantité nécessaire d'eau distillée.
- Mettons dans des boîtes d'urine pour bien mélanger
- Pour faciliter l'utilisation nous avons rempli des flacons pulvérisateurs. Sauf la solution de la dose de 75% car elle est très épaisse alors nous l'utilisons avec une spatule.



Figure 17 : l'insecticide chimique utiliser

1.2.2. Bio-efficacité de toxicité par contact

L'évaluation de la toxicité par contact des extraits aqueux ainsi que l'insecticide est déterminé par application directe sur papier wattman (SALUNKE et al.2005).

1.2.2.1. Bio-essaie des extraits des plantes

L'unité expérimentale considéré est de boîte de Pétrie ; Nous avons introduit au fond de chaque boîte un papier Wattman humidifié avec 1ml de la dilution et laissé sécher pendant 15 minutes ; après placé 15 adultes de *Tribolium castaneum* dans les boîtes de Pétri et met une quantité d'un substrat alimentaire (la semoule) (Fig20) puis on referme les boîte avec le parafilm pour éviter la fuite des insectes. Les tests témoins menés dans des boîtes de Pétri contenant seulement le substrat alimentaire (Fig23). Nous avons considéré les insectes testés comme morts s'ils ne présentent aucun mouvement lorsque nous les touchons.

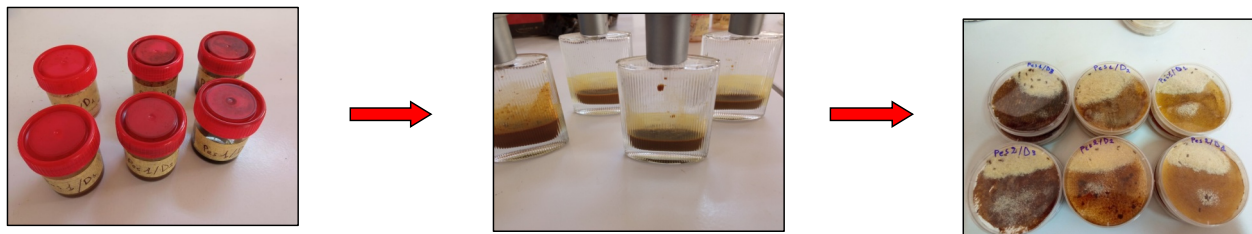


Figure 18 : application des extraits par pulvérisation

1.2.2.2. Bio-essaie des solutions bactériennes *Streptomyces rochei* PT2 et *Nocardia sp. dassonvillei* Mb22

Les solutions ont été étalées uniformément sur un disque de papier filtre wattman, placées dans des boîtes de Pétri et humidifiées avec 1ml de solution bactérienne et laissées à sécher pendant 15 minutes ; ensuite, 15 adultes de *Tribolium castaneum* ont été placés dans les

boîtes de Pétri et une quantité de substrat alimentaire (semoule) a été ajoutée. Ces boîtes ont été fermées avec le para-film pour éviter la fuite des insectes (Fig 21).

Pour Les tests témoins menés dans des boites de Pétri contenant seulement le substrat alimentaire(Fig23). Nous avons considéré que les insectes testés étaient morts s'ils ne montraient aucun mouvement lorsqu'on les touchait.

I.2.2.3. Bio-essai du produit chimique (insecticide)

Pour le produit chimique nous avons adopté la même méthode que les autres. Dans des boîtes de Pétri ; introduire au fond de chaque boîte un papier Wattman humidifié avec 1ml de la solution de l'insecticide chimique et laisser sécher pendant 15 minutes ;

Placer 15 adultes de *Tribolium castaneum* dans les boîtes de Pétri et mettre une quantité de substrat alimentaire (semoule) puis fermer les boîtes avec le para-film pour éviter la fuite des insectes (Fig22). Pour Les tests témoins menés dans des boites de Pétri contenant seulement le substrat alimentaire(Fig23).

Nous avons considéré les insectes testés comme morts s'ils ne montrent aucun mouvement lorsqu'on les touche.



Figure 19 : application de produit chimique par pulvérisation

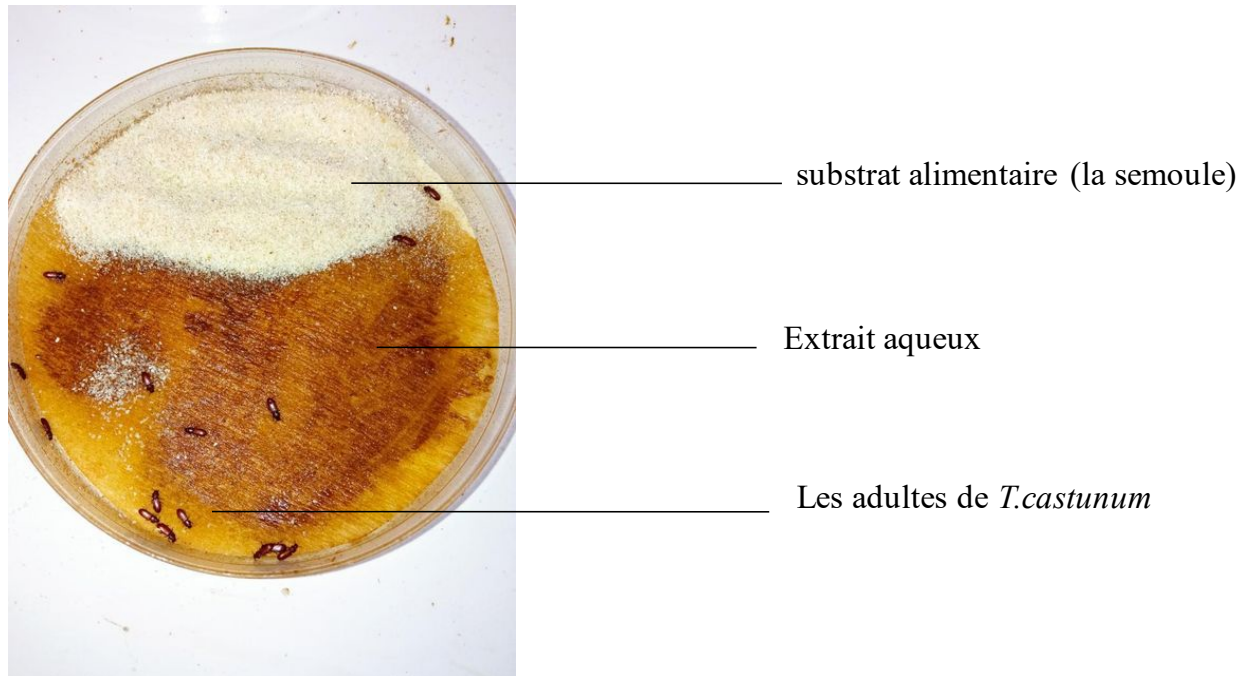


Figure 20 : Bio-efficacité des extraits aqueux par contact

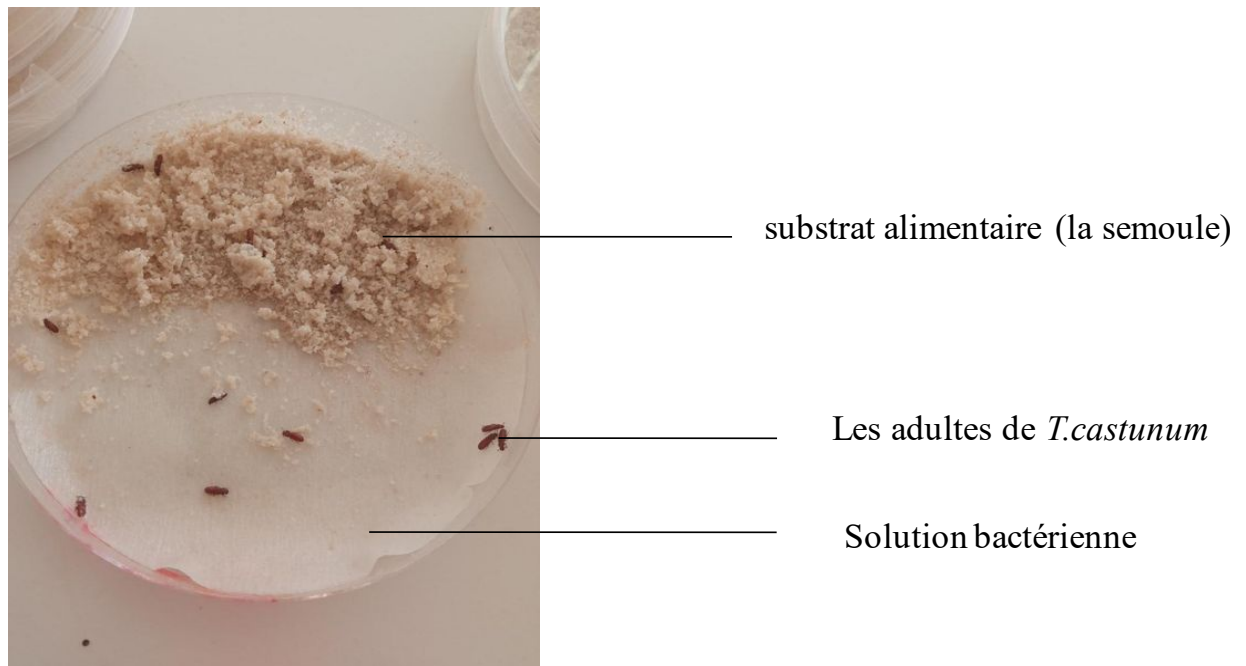


Figure 21 : Bio-efficacité des solutions bactériennes par contact

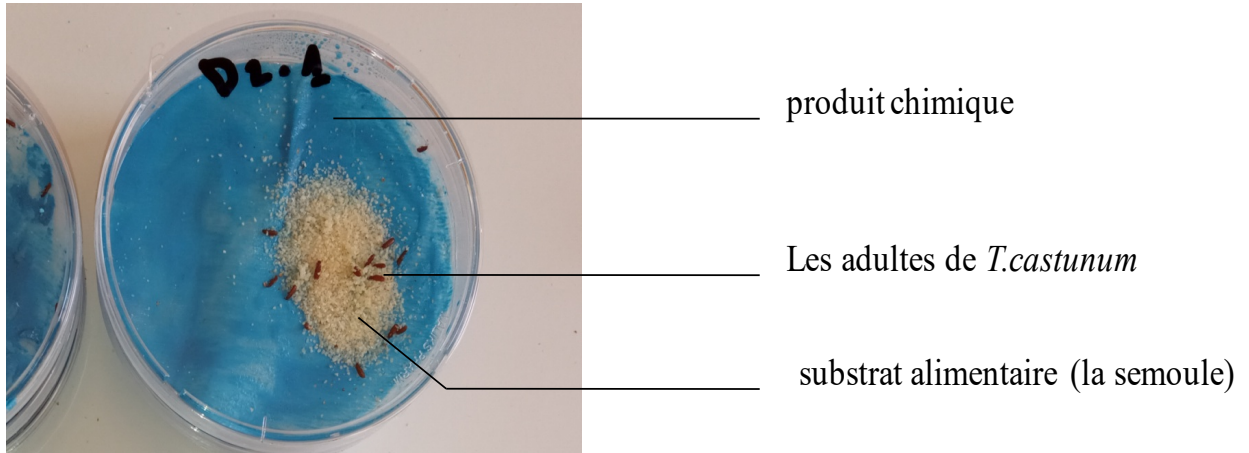


Figure 22: Bio-efficacité du produit chimique insecticide par contact

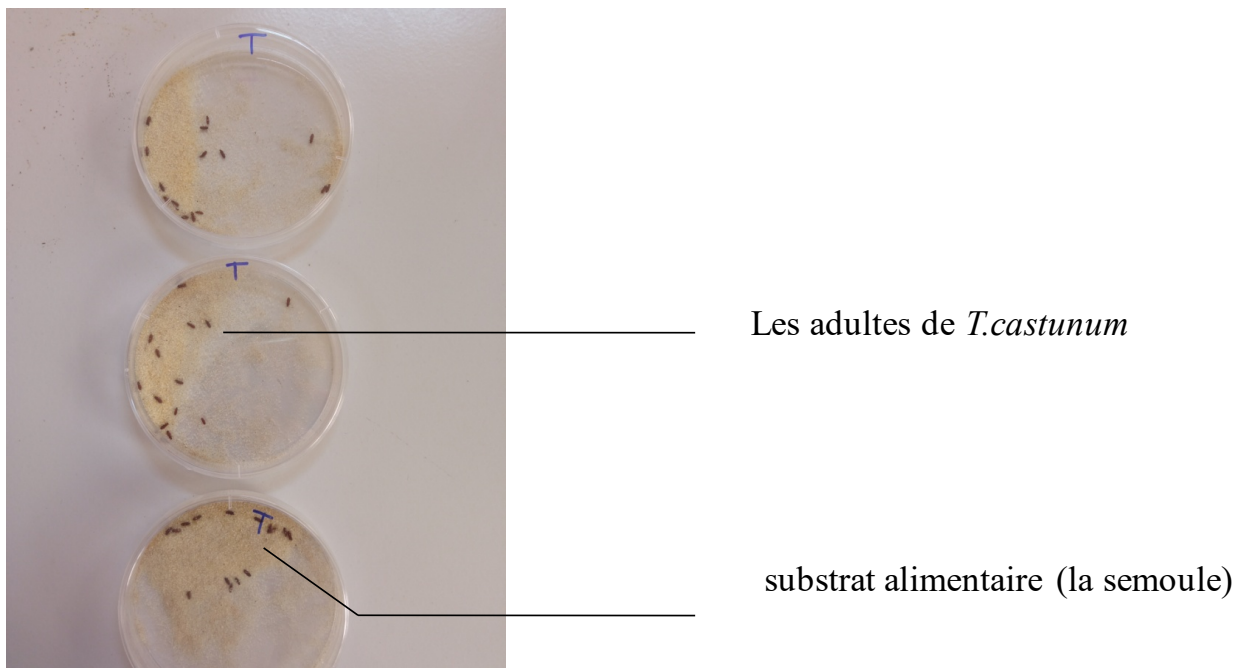


Figure 23 : les boîtes de testes témoins

I.3. Exploitation des résultats

I.3.1. 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)

$$MC\% = [M2 - M1/100] \times 100$$

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

M1 : Le pourcentage de mortalité dans la population traitée

M2 : Le pourcentage de mortalité dans la population témoin

I.3.2. Détermination des doses létales DL50

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 et x_3 .

Résultats et Discussions

II. - Résultats et discussion

Cette partie présente dans un premier temps les résultats acquis, puis elle est suivie par une discussion.

II.1. Evaluation de la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* par les extraits aqueux, les actinobactéries et de l'insecticide par effet de contact

Les résultats suivants concernant l'évaluation de la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* par les extraits aqueux d'*Eucalyptus globules* et *laurus nobilis* par effet de contacts sont mentionnés dans le tableau 04

Tableau 04 : Mortalité corrigée de *Tribolium castaneum* traités avec les extraits aqueux de *Eucalyptus globules* et *laurus nobilis*.

	Traitement Extrait aqueux	Dose (mg/ml)	Durée de traitement	Mortalité corrigée (%)
Adultes de <i>Tribolium castaneum</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>	0.25	25 jours	10.41
		0.5		25.06
		0.75		46.57
	<i>Laurus nobilis</i>	0.25	25 jours	0
		0.5		0
		0.75		11.7

Les données du tableau montrent que les extraits aqueux des deux plantes choisie (*Eucalyptus globulus*; *Laurus nobilis*) ont un effet toxique sur les individus de *Tribolium castaneum* à leur stade adulte à des degrés variables. En fait, on remarque que l'extrait aqueux de *E.globulus* est le plus efficace avec une mortalité corrigée (%) comprise entre 10.41 % (0,25 mg/ml) et de 46.57% (0,75 mg/ml).

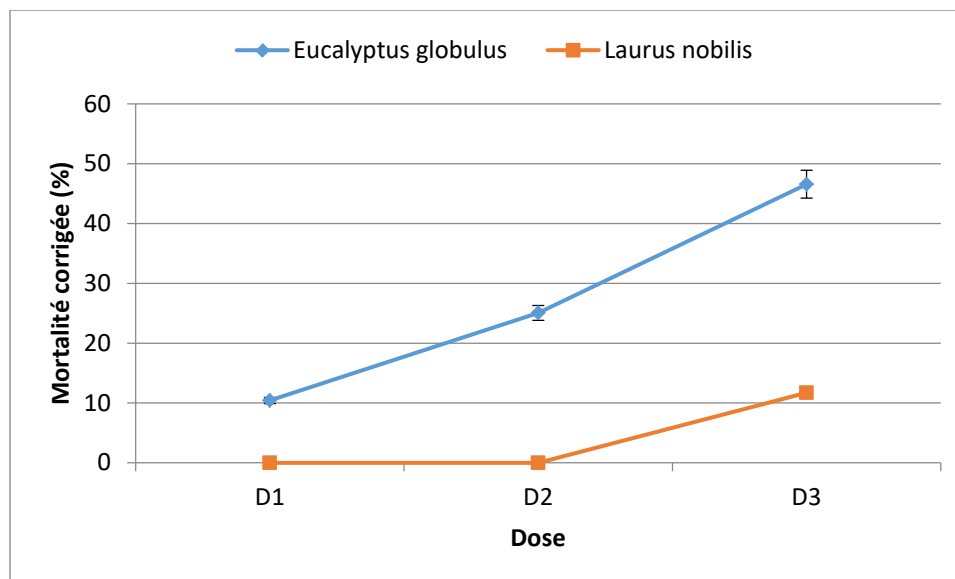


Figure24 :Mortalité corrigée de *Tribolium castaneum* traités avec les extraits aqueux pendant 25 jours

Sur le tableau 05, sont consignés les taux de la mortalité corrigée enregistrés pour les traitements par une formulation à base d'actinobactéries

Tableau 05 :Mortalité corrigée de *Tribolium castaneum* traités avec les actinobactéries.

Souches d'actinobactéries		Durée de traitement	Mortalité corrigée (%)
Adultes de <i>Tribolium castaneum</i>	<i>Streptomyces rochei</i> PT2	24h	0
		48h	40%
		72h	60%
		96h	73.5%
		120h	80%
	<i>Nocardiosis dassonvillei</i> Mb22	24h	6.6%
		48h	46.6%
		72h	60%
		96h	66.6%
		120h	73.5%

Il est à remarquer d'après les résultats obtenus, qu'il y a un effet hautement toxique sur la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* et ceci pour les deux souches. En effet on peut signaler que *Nocardiopsis dassonvillei* a un impact plus rapide d'où le taux Mortalité corrigée après 24h (MC% = 6,6%). Tandis que la souche *Streptomyces rochei*, apparait le plus efficace dont le taux de mortalité après 5 jours (MC% = 80%).

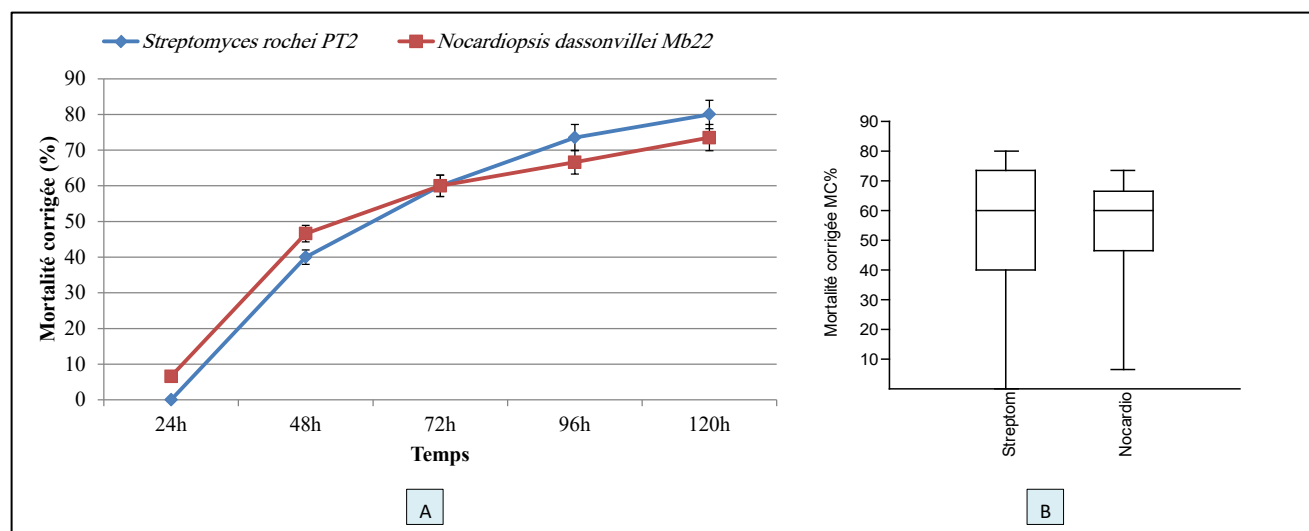


Figure25: Mortalité corrigée de *Tribolium castaneum* traités avec les actinobactéries pendant 5 jours

Les résultats concernant l'évaluation de la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* par le produit chimique, sont mentionnés dans le tableau 06 en effet on peut signaler une mortalité élevée (MC=100%), après une durées de traitement de 24 heures

Tableau 06 : Mortalité corrigée de *Tribolium castaneum* traités avec l'insecticide.

Insecticide	Dose (mg/ml)	Durée de traitement	Mortalité corrigée (%)
Adultes de <i>Tribolium castaneum</i>	0.25	24h	100%
	0.5		
	0.75		

A la lumière des résultats de la mortalité corrigée, ils révèlent que pour un temps global d'exposition de 25 jours, les différentes doses appliquées ne permettent pas d'atteindre 50% de

mortalité chez *T. castaneum* et ce pour l'ensemble des traitements aux extrait végétaux. Quand au bio-insecticide à base d'actinobactéries, une mortalité de plus de 50% est atteinte chez la population de *T. castaneum*, après une durée de 72 heures, le troisième jour de traitement.

Pour le traitement insecticide, on constate qu'à partir une faible dose, une élimination totale des adultes de ce ravageur.

II.2. Estimation de la dose létale(DL50) des adultes de *Tribolium castaneum* par les extraits aqueux, les actinobactéries et de l'insecticide par effet de contact

L'estimation des doses létales à 50% pour sur les adultes de *T. castaneum* sont rapportés dans les figures.

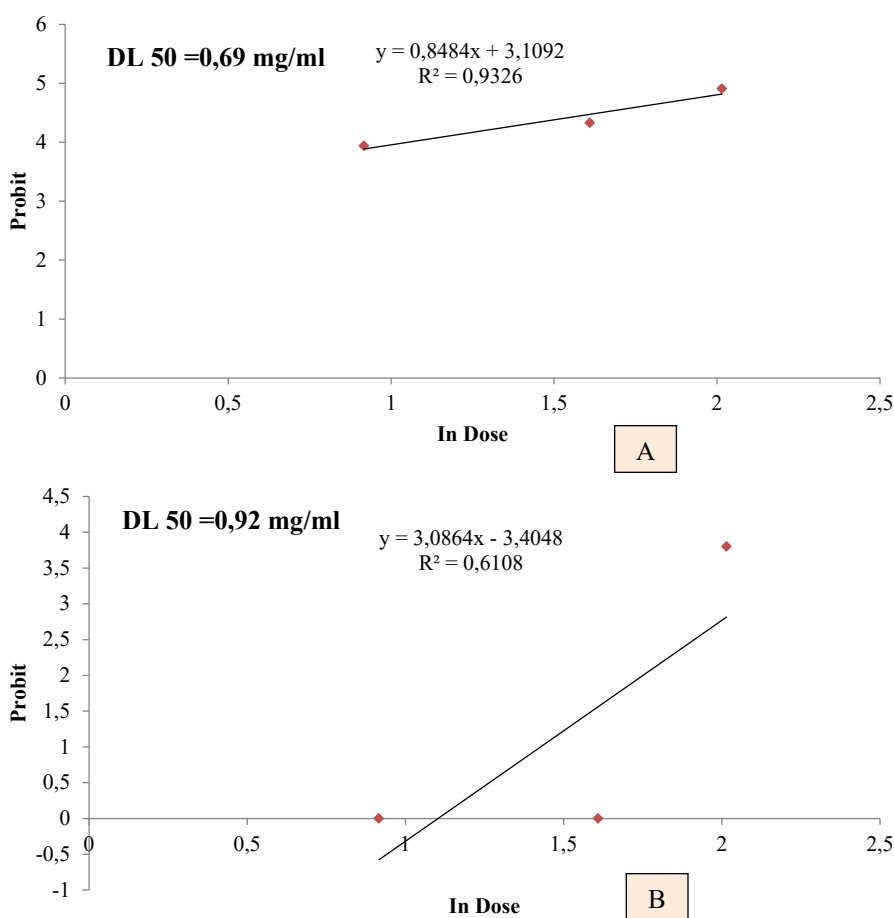


Figure26: Efficacité des extraits aqueux vis-à-vis les adultes de *T. castaneum* ;
 A.*Eucalyptusglobulus*, B.*Laurusnobilis*

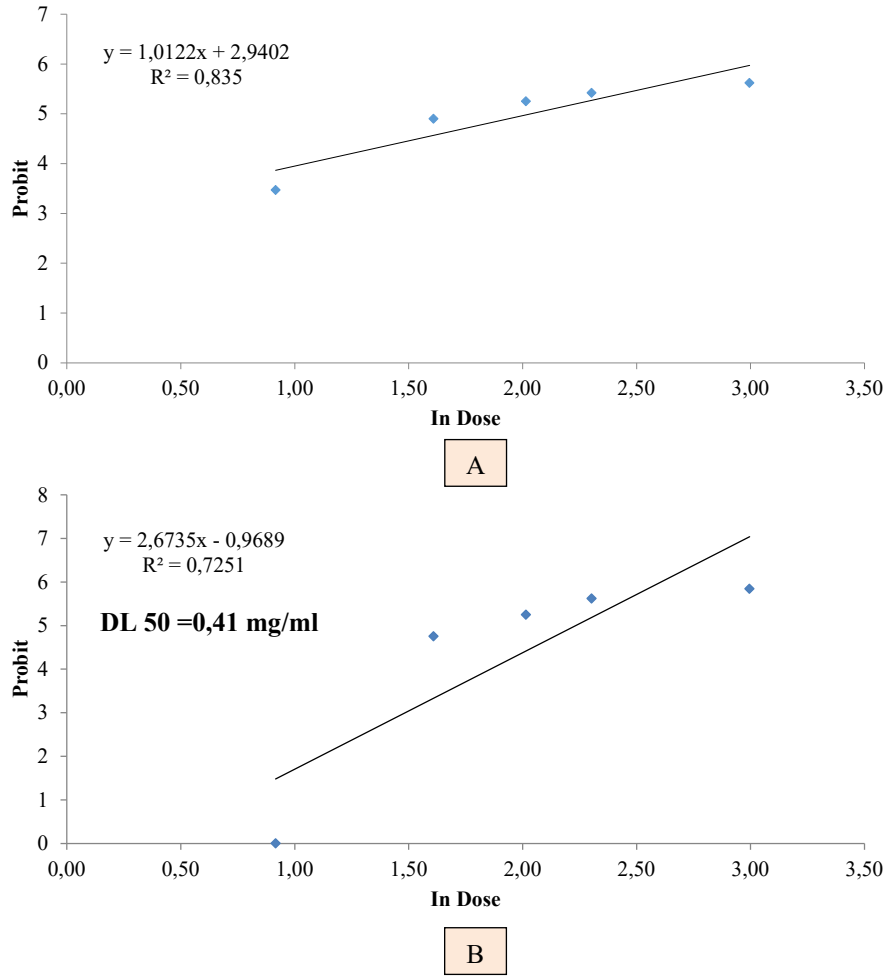


Figure 27 : Efficacité des actinobactéries vis-à-vis les adultes de *T.castaneum*
A.Nocardiopsis dassonvillei, *B. Streptomyces rochei*

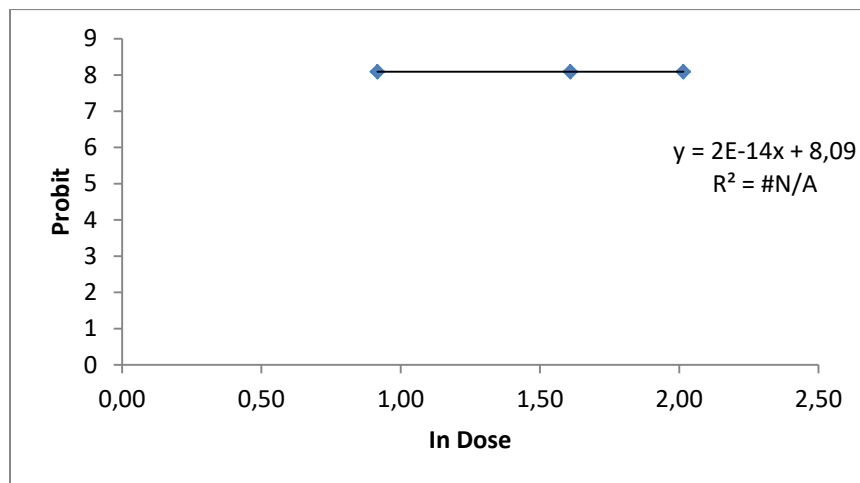


Figure 28 : Efficacité de l'insecticide vis-à-vis les adultes de *T. castaneum*

Le calcul des DL50, montre des corrélations positivement significatives entre le taux de mortalité corrigée et la concentration de l'extrait aqueux, les actinomycètes et l'insecticide utilisé.

Les dose létale(DL50) enregistrées pour le *T. castaneum* décroissent dans l'ordre suivant 0,92mg/ml pour l'extrait de *Laurus nobilis*, 0,69 mg/ml pour l'extrait de *Eucalyptus globulus*, 0,41mg/ml pour les deux souches d'actinobactéries *Nocardiosis dassonvillei* et *Streptomyces rochei* et enfin $1,05^{-1}$ mg/ml pour l'insecticide.

On constate ainsi que pour les bio-essais par contact, les DL50 les plus basses pour les individus de *T. castaneum* sont enregistrés pour les traitements par les souches d'actinobactéries extrait avec une toxicité plus marquée pour le ravageur. Un même constat pour le produit chimique dont la DL50 enregistrée pour les adultes de *T. castaneum* est la plus basse ayant pour valeur 0,01 mg/ml.

Concluons ainsi que par mode de pénétration cuticulaire les traitements présentent un degré de toxicité bien plus supérieure à celui des autres traitements.

Cette souche a la capacité de produire des substances et des enzymes qui s'attaquent à des sites bien précis sur l'insecte hôte. Par exemple, la chitinase est une enzyme impliquée dans la dégradation de la chitine formant la cuticule de la majorité des insectes lors de leurs changements du stade de développement

II.3. Discussion

D'après les résultats obtenus, la mortalité des adultes de *T. castaneum* est inversement proportionnelle à la dose des extraits aqueux, des souche d'actinobactérie et de l'insecticide testés, Les différents traitements employés se classent par ordre d'efficacité comme suite : DEKACHIM> actinobactéries : *Streptomyces rochei* =*Nocardiosis dassonvillei*>extraits aqueux : *Eucalyptus globulus*>*laurus nobilis*.

Nos résultats concernant l'efficacité des extraits aqueux sur les adultes le *T. castaneum* sont proches à ceux mentionnés par MADENE (2014), ce dernier a montré des résultats positive à travers un ensemble des tests sur le même ravageur par l'utilisation des extrais de 3 plates à savoir : Cumin, Henné et Inule visqueuse, le même auteur ajoute que l'efficacité de la toxicité est différente d'une espèce a une autre. D'autre part TRIPATHI^{etal.}, (2001), dans leur étude sur l'utilisation des huiles essentielles, ils ont signalé que le *T.castaneum* est plus sensible aux huiles de *Curcuma longa* par rapport au l'extrais de la même plante. HUGANet al., (2000) ont indiqué

que l'huile essentielle et l'extrait de *Elettaria cardamomum* exercent par contact une toxicité équitable sur les adultes de *T.castaneum*.

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. **GUEYE et al, (2011)** rapportent 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)** ajoutent 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 synthétisées. Ces conclusions peuvent expliquer les réponses obtenues pour le *T. castaneum* aux stimuli par les extraits aqueux utilisés pour notre étude.

Les résultats de traitement par contact sur les adultes de *Tribolium castaneum* donnent des mortalités progressives en fonction du type de traitement et les doses appliquées. Les doses létal DL50 pour les traitements utilisés est de 0,92 mg/ml pour *Laurus nobilis*, 0,69 mg/ml pour *Eucalyptus globulus*, 0,41 mg/ml pour les deux souches utilisées.

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 permet d'atteindre rapidement une mortalité de 50% à de très faibles doses, en contrepartie, 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 ont constatés que tous 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 par contre la lutte par les deux souches d'actinobactérie nous a montrés que le traitement par ce type de biocide donne des résultats très intéressants pour sa toxicité élevée avec des faibles doses. En fait, la lutte biologique par les micro-organismes

antagonistes aide à réduire l'utilisation de pesticides chimiques au minimum (SINGH et *al.*, 2003). Ces critères laissent supposer que ce groupe de micro-organismes peut jouer un rôle primordial dans le domaine de la protection des plantes contre leurs bio-agresseurs (HARIR, 2018).

Les souches d'actinobactérie (*Streptomyces rochei* et *Nocardiopsis dassonvillei*) utilisées pour lutter contre les adultes de *Tribolium castaneum* ont la capacité de produire des substances et des enzymes qui s'attaquent à des sites bien précis sur l'insecte hôte. Par exemple, la chitinase est une enzyme impliquée dans la dégradation de chitine formant la cuticule de la majorité des insectes lors de leurs changements de stade de développement (MOUSSA et *al.*, 2014).

Les résultats de notre travail ressemblent aussi à ceux constatés par l'utilisation de *Bacillus thuringiensis*. La toxine de cette dernière est composée de cristaux protéiques (delta-endotoxine). Cette toxine n'agit que sur les insectes. Les cristaux synthétisés par les bactéries sont constitués de protoxines qui une fois ingérées par l'insecte, sont digérés à pH alcalin par protéases digestives et transformés en toxines polypeptidique actives. Les δ -endotoxine activées par les protéases de l'insecte se fixent sur des récepteurs spécifiques situés sur les cellules de l'épithélium intestinal. L'intoxication se manifeste très rapidement par d'importantes lésions au niveau de l'intestin et par une paralysie du tube digestif, entraînant un arrêt immédiat de l'activité d'alimentation. La mort de l'insecte intervient en 24 à 48 heures après l'ingestion des cristaux et peut être ou non accompagnés d'une septicémie. Les aspects moléculaires du mécanisme qui aboutissent à la mort des insectes ne sont pas encore clairement définis (CHAUFAUX, 1994).

Conclusion

Conclusion

Conclusion

La meilleure protection du blé en stock contre les insectes est conditionnée par des mesures préventives et des mesures curatives.

La prévention en matière de stockage, dans une installation bien conçue, régulièrement entretenue, bien nettoyée à chaque période de stockage et dotée d'une ventilation, est d'une grande importance.

En matière de mesures curatives, de nouvelles méthodes sont étudiées afin de réduire les applications chimiques et les risques liés à leurs usages. Parmi ces méthodes, on insiste sur le recours aux méthodes alternatives basées sur l'application des extraits végétaux comme biopesticides moins persistants et moins toxiques. Ce travail de recherche a permis d'apporter une contribution à l'étude de la biologie de *Tribolium* rouge de la farine *Tribolium castaneum* et fournit un ensemble d'éléments qui pourraient servir d'appui pour trouver des alternatives à la lutte par les insecticides chimiques contre ce ravageur potentiel des grains de céréales dans les stocks.

L'objectif de notre étude était de rechercher et de sélectionner parmi les biopesticides utilisés *Eucalyptus globulus*, *Laurus nobilis*, *Streptomyces rochei* et *Nocardioopsis dassonvillei*; les plus susceptibles de constituer des alternatives accessibles, efficaces et adaptées pour la lutte contre les espèces importantes des graines stockées ; *T. castaneum*. Pour ce faire, l'activité biologique des biopesticides suscités a été évaluée au laboratoire.

D'après nos résultats, nous pouvons déduire que les 2 extraits aqueux testés ont une efficacité relativement intéressante qui reste cependant de moindre intensité que les actinobactéries (*Streptomyces rochei* et *Nocardioopsis dassonvillei*). Les résultats de ces derniers sur *T. castaneum* montrent un effet antagoniste positif. Ces micro-organismes peuvent être utilisés comme une alternative à l'utilisation d'intrants chimiques qui est nécessaire pour protéger l'environnement.

La toxicité de l'ensemble des traitements s'exprime mieux au niveau des essais. En effet, il ressort que tous les extraits aqueux purs agissent de manière conséquente sur les formes adultes,

Conclusion

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.

Ainsi en perspective, nous proposons de poursuivre les efforts de recherche sur d'autres plantes afin d'élargir la liste (*Eucalyptus globulus*, *Laurus nobilis*, *Streptomyces rochei* et *Nocardiopsis dassonvillei*), de généraliser l'étude sur les différents organes de la plante en combinant avec la date de récolte, les types d'extraction et les différents types de traitement.

il serait à envisager de tester sur une plus large gamme de ravageurs ; d'autres types biocides, en particulier les actinobactéries qui ont donné des résultats très encourageants dans plusieurs recherches grâce à leur activité toxique,

Pour une meilleure compréhension, il serait intéressant de tester d'autre mode d'action comme le mode d'inhalation

Références bibliographiques

1. **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.
2. **ABRAMSON et al, 2001** 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.)
3. **ABRAMSON et al, 2001** 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.)
4. **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)
5. **ALABI ET AL 2008** 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.
6. **AMES, 2013** Ames H.Jr., 2013 - Insects: Stored-grain Insect Pest Management, field crops : 4-119- 122.
7. **AQILI KHORASANI, 1992** Aqili khorasani M.S. (1992) Collection of drugs. Educational Organization, Tehran. Pp : 624-630.
8. **ARAB, 2012** ARAB, R., 2012. Effet insecticide des plantes *Melia azedarach* L. et *Peganum harmala* L. sur l'insecte des céréales stockées *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera, Tenebrionidae). Thèse de Magister, Sétif : Algérie.
9. **ARTHUR et al, 2006** 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.
10. **BARAKATE et al., 2002**
11. **BARLA et al., 2007** Barla, A., Topcu G., Oksuz S., Tumen G. and Kingston DGI., (2007). Identification of cytotoxic sesquiterpenes from *Laurus nobilis*. L. *Food Chem.* 104: 1478-1484.
12. **BECKING, 1974**
13. **BELOUED, 1998** BELOUED, A. (1998) Plantes médicinales d'Algérie. 2ème Edition. Office des publications universitaires (Ed). Alger, 274p.
14. **BERGEY'S MANUAL, 2012** BERGEY'S Manual of Systematic Bacteriology 2nd Edition. Volume 5 (2012). – The Actinobacteria. Editors : Whitman W. B., Goodfellow M., Kämpfer P., Busse H.-J., Trujillo M. E., Ludwig W. Suzuki K.-I., Parte A. 1750 p.
15. **BEYOULD, 2014** BEY –OULD SI SAID, Z., 2014. Activités biologiques des huiles essentielles des feuilles et du fruit d'une plante médicinale *Eucalyptus globulus*. Thèse de Magister. Université du Bejaia. Algérie.

16. **BONNETON, 2010** BONNETON F., 2010. The beetle by the name of Tribolium Typology and etymology of Tribolium castaneum Herbst, 1797. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 38, 377–379.
17. **BOUSQUET, 1990** Bousquet Y., 1990- Beetles associated with stored products in Canada: An identification guide. Agriculture and Agri-Food Canada.
18. **BRUNETON 1999** Bruneton J. (1999) Pharmacognosie et phytochimie des plantes médicinales. 3 ème Ed Tec&Doc. Paris.
19. **BULLEN, 2007** Bullen K., 2007- Insect Control in Stored Grain, DPI&F, Plant Science, Toowoomba, Queensland the Smart State.
20. **CAMARA, 2009** CAMARA,A.2009.lutte contre sitophilus oryzae l.(colioptere : curculionidae) et tribolium castaneumherbest (coleoptera : tenebrionidae) dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en basse-guinée et l'utilisation des huiles essentielles végétale .université québec à montréal , thèse de doctorat en sciences de l'environnement. 2-27 p.
21. **CAMPBELL ET HAGSTRUM, 2002** 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.
22. **CARLOS, 2006** Carlos José et Sousa P., 2006.Exposition humaine aux pesticides: un facteur de risque pour le suicide au Brésil. *Vertigo-La revue en science de l'environnement*, 7, 18 p.
23. **CASIDA(1990)** 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.
24. **CHAUFAUX, 1994** CHAUFAUX J. (1994). Utilisation de bio-pesticides contre les ravageurs des cultures: le point sur Bacillus thuringiensis. *Journal insectes et culture* p 2-6p
25. **DELOBEL ET TRAN, 1993** Delobel A., et Tran M., 1993- Les Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes, IRD Editions, p : 275-280 et 345-346.
26. **DELOBEL ET TRAN, 1993** Delobel A., et Tran M., 1993- Les Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes, IRD Editions, p : 275-280 et 345-346.
27. **DELOBEL, 1993** Delobel A., et Tran M., 1993- Les Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes, IRD Editions, p : 275-280 et 345-346.
28. **DEMIR et al., 2004** Demir V., Guhan T., Yagcioglu A.K., Degirmencioglu A., 2004. Mathematical modeling and the Determination of some Quality Paramaters of Air-dried Bay leaves. *Biosystems Engineering*. 88 (3): 325-335. (Vetvicka et Matousova, 1991).
29. **DEVAPPA et al.,(2010)** 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.
30. **DIDIER, 2004**DIDIER POL., 2004. Le petit ver de farine Tribolium castaneum : élevage et utilisations, Planet Vie, consulte sur : <https://planet-vie.ens.fr/article/1528/petit-ver-farinetribolium-castaneum-elevage-utilisations>.
31. **DJAOUTI M, 2010**-*enforcement des capacitis des acturs de la filière céréale en Algérie dans le cadre d'un partenariat Nord-Sud. Cas de wilaya de Sétif Thèse. Mast of Sciences.CIHEAM-Montpellier, 120p.*

32. **DOMINGUEZ ET MARRERO, 2010** Domínguez J., et Marrero L., 2010- Catálogo de la entomofauna asociada a almacenes de alimentos en la provincia de matanzas. *Fitosanidad* 14: 75-82.
33. **DOUMAINDJI A et al., 1989**
34. **DOUMAINDJI et al., 2003** DOUMAINDJI A., DOUMAINDJI S., DOUMAINDJI B., 2003. Cours de technologie des céréales. Ed. Office des publications Universitaires Ben-Aknoun-Alger ; pp 01-20.
35. **DRUVEFROS, 2004** Druvefors U.Ä., 2004- Yeast Biocontrol of grain spoilage moulds mode of mction of *Pichia anomala*. Doctoral thesis. University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. *Agraria*: 44-466.
36. **EI-TARABILY et SIVASITHAMPAR, 2006**
37. **EMMERT et HANDELSMAN, 1999**
38. **ENSIGN et al., 1993**
39. **FARRELL, 2010** 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.
40. **FLANDERS, 2013** Flanders K.L., 2013- Stored Grains Insect Control Recommendations for 2013, Insect Management, Alabama Cooperative Extension System.
41. **FLEURAT-LESSARD, 1994** Fleurat-Lessard F., 1994. Factors affecting survival, and development of *Sitophilus oryzae* L. in rice grain, pericarp layers. In: Highley, E., Wright, E. J, Banks, H. J, Champ, B. R. (Eds), *Proceedings of the Sixth International Working Conference on Stored-Produts Protection*. CAB International, Wallingford, United Kingdom, 525-527
42. **FRAVAL, 2006** Fraval A., 2006. Nymphes de thrips du blé, au printemps, dans un champ de blé, *Insectes* 29 ; n0143.
43. **GOOD FELLOW, 2012** GOODFELLOW M. (2012).Phylum XXVI.Actinobacteria phyl.nov. In : Goodfellow et al., (Editors). *Bergey Manuel of Systematic Bacteriology, The Actinobacteria*, second edition, vol. V, part A, New York, Dordrecht, Heidelberg, London. Pp. 1–28.
44. **GOOD, 1936** Good NE., 1936- The flour beetles of the genus *Tribolium*. *USDA Technical Bulletin* 5: p 27-28.
45. **GUEYE et al, (2011)** 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.
46. **GWINNER et al., 1996** Gwinner, J., Hamisch, R et Muck, O. 1996. Manuel sur la manutention et la conservation des grains après récolte, *GTZ, Eschborn*, 368 p.
47. **HARIR,2018** HARIR M . 2018 . Caractérisation des molécules bioactives produites par des souches d’actinobactériés isolées des sols arides et semi arides d’Algérie. Thèse de doctorat en sciences biotechnologie. université d’Oran 1 Ahmed Ben Bella ,p37.
48. **HAYMA, 2003** Hayma J., 2003 - The storage of tropical agricultural products. *Agrodok No. 31*. Agromisa Foundation, Wageningen, Netherlands.

49. **HUANG et SUBRAMANYAM, 2005** 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.
50. **INRA, 1993** 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.
51. **ISERIN, 2001** Iserin P. (2001) Encyclopédie des plantes médicinales. 2 ème Ed. Larousse. Londres Pp : 143 et 225-226. Jassim S.A., Naji M.A. (2003) Novell antiviral agents: a medicinal plant perspective. *Appl. Microbiol.* 95 (3) : 412-27
52. **ISMAN, 2006** Isman M.B., 2006. Botanica1 insecticides, deterrents, and repellents in modem agriculture and an increasing1y regu1ated world. *Ann. Rev. Entomol*, 51, 45-66.
53. **JAMMOT, 2015** JAMMOT, M., 2015. *Plants médicinales : herbario.* Madrid. Libsa. 180 P
54. **KARUNAKARAN ET AL. 2004** 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.
55. **KELLOU R, 2008**-*Analyse du marché » algérien du blé dur et le opportunités d'exportation pour les céréales français dans le cadra du pole de compétitivité Quali-Méditerranée le cas des coopératives Sud Céréales. Groupe. Coopératif. Occitan et aude coop. Thèse. Mast. C.I.H.E.A.M. I.A.M.Moontpelier. France,pp:47-48.*
56. **KIVÇAK et MERT, 2002** Kivçak B., Mert T. (2002) Preliminary evaluation of cytotoxic properties of *Laurus nobilis* leaf extracts. *Fitoterapia.* 73: 242-243.
57. **LARPENT etSANGLIER, 1989** BRETON A., THEILLEUX J., SANGLIER J. J. et VILOBIS G. 1989. Organismes producteurs : biologie, taxonomie et écologie. In "Biotechnologie des Antibiotiques". Larpent J.P. et Sanglier J.J., Masson : Paris. p: 33-70.
58. **LECHEVALIER et WILLIAMS, 1983** WILLIAMS S.T., GOODFELLOW M., WELLINGTON E. M. H., Vickers J. C., Alderson G., Sneath P. H. A., Sackin M. J., et Mortimer A. M., (1984) A probability matrix for identification of some streptomycetes. *J. Gen. L Microbiol.*, 129 : 1815-1830.
59. **LEELAJA ET AL, 2007** Leelaja B.C., Rajashekar Y., et Rajendran S., 2007- Detection of eggs of storedproduct insects in flour with staining techniques. *Journal of Stored Product Research*, 43(3): p 206-210.
60. **LYON, 2000** Lyon W.F., 2000- Confused and Red Flour Beetles. Ohio State University Extension Fact Sheet.HYG-2087-97.
61. **MADENE N.2014.** Activité biologique de trois extraits végétaux et d'un insecticide sur *Sitophilus oryzae* (Coleoptera : Curculionidae) et *Tribolium castaneum* (Coleoptera : Tenebrionidae). Projet de fin d'études en vue d'obtention du diplôme de Magister en Sciences Agronomiques. Ecole Nationale Supérieure Agronomique EL-HARRACH-ALGER.

62. **MASON, 2003** 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.
63. **MERROUCHE et al., 2016** MERROUCHE, A. TOUATI, H. ZEMMAR, K., 2016. Etude préliminaire de l'activité insecticide des extraits des plantes (*Eucalyptus globulus*, *Myrtus communis* et *Nerium oleander*) à l'égard d'une espèce de moustique *Culex pipiens*. MASTER Spécialité : Biologie, évolution et contrôle de population d'insectes Université des Frères Mentouri Constantine P70
64. **METRO, 1970** METRO, A., 1970. Les eucalyptus dans le monde méditerranéen. Ed.masson et cie.Paris. p513.
65. **MORDUE et BLACKWELLE(1993)** Mordue A.J., et Blackwell A., 1993- Azadirachtin: an update. *Journal of Insect Physiology*, 39: 903- 924.
66. **PAPACHRISTOS et STAMOPOULOS, 2002** 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.
67. **PAUL, 2007** PAUL, I., 2007. La rousse des plants médicinaux.
68. **PEREZ-MENDOZA, 2007** Perez-Mendoza J., 2007- When Do Red Flour Beetles Fly?, *Integrated Pest Management*, rev, IPM update,usa.
69. **PERRIER (1961 ,1964)** PERRIER, R., 1961. La faune de la France, coléoptères. Ed. Delagrave, Paris. Tome VI. 215 p
70. **PRESCOTT, 2010** PRESCOTT L.M., HARLEY J.P., KLEIN D.A. (2010). *Microbiologie*. De Boeck : Bruxelles. 2eme edition, p.1088.
71. **QUEZEL et SANTA, 1962** Quezel P. et Santa S., (1962). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*, Tome I. Ed CNRS. Paris. 565p.
72. **QUEZEL et SANTA, 1963** Quezel P. et Santa, S., (1963). *La nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*, Tome II. Ed CNRS. Paris. 360-361 p.
73. **RAMADE, 2007** Ramade F., 2007- *Introduction à l'écotoxicologie: Fondement et Application*. Ed. Tec et Doc.,p 618.
74. **REED et al, 2003** .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.
75. **REES, 2004** Rees D., 2004- *Insect of Stored Products*, CSIRO Publishing, Canberra, Australia.
76. **SAHAF ET AL., 2008** BZ Sahaf , S. Moharramipour , MH Meshkatalasadat Toxicité fumigène de l'huile essentielle de *Vitex pseudo-negundo* contre *Tribolium castaneum* (Herbst) et *Sitophilus oryzae* (L.)*J. Asia-Pac Entomol.* , 11 (2008) , p. 175 - 179
77. **SALUNKE et al.2005** 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.
78. **SANGLIERetal.,1993**SANGLIER J.J., HAAG H., HUCK T.A., FRHR T., (1993).Novel bioactive compounds from actinomycetes : a short review (1988-1992). *Res Microbiol.*,144 :633- 642.

79. **SAYYAH et al., 2002** Sayyah M., Valizadeh J., Kamalinejad M. (2002) Anticonvulsant activity of the leaf essential oil of *Laurus nobilis* against pentylentetrazole. *Phytomedicine*. 9 : 212-216.
80. **SCOTTI, 1978** Scotti G., 1978. Les insectes et les acariens des céréales stockées. AFNOR-I.T.F.C , 238 p
81. **SCOTTI, 1978** Scotti G., 1978-Les insectes et les acariens des céréales stockées, Ed AFNOR et ITFC, Paris, pp. 1-62.
82. **SHAZALI ET SMITH, 1986** 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.
83. **SIBANDA et al. 2010** SIBANDA T., LEONARD V., MABINYA L.V., MAZOMBA N., AKINPELU D. A., BERNARD K., OLANIRAN A. O., and OKOH A.I., (2010) Antibiotic Producing Potentials of Three Freshwater Actinomycetes Isolated from the Eastern Cape Province of South Africa. *Int J Mol Sci.*, 11(7) : 2612–2623.
84. **SOKOLOFF, 1974** Sokoloff A., 1974- The Biology of *Tribolium*: With Special Emphasis on Genetic Aspects. Vol. 2. Clarendon Press, Oxford.
85. **SOKOLOFF, 1974** Sokoloff A., 1974- The Biology of *Tribolium*: With Special Emphasis on Genetic Aspects. Vol. 2. Clarendon Press, Oxford.
86. **STEFFAN, 1978** 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.
87. **SURESH ET AL, 2001** 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.
88. **SUZUKI et al., 1994**
89. **TAMO, 2012** Tamo M., 2012- Les agriculteurs africains doivent passer aux biopesticides, scidev.net
90. **THAMAGA-CHITJA et al., 2004** .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.
91. **TRIPATHI et al., (2001)** 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* on progeny production of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *J.Econ.Entomol.*, 94: 978-983.
92. **UPADHYAY et AHMAD, 2011** Upadhyay R., Ahmad S. (2011). Management Strategies for Control of Stored Grain Insect Pests in Farmer Stores and Public Ware Houses. *India : World Journal of Agricultural Sciences*, 7 (5), 527-549p
93. **UYEDA, 2004** UYEDA M., (2004). Metabolites produced by actinomycetes—antiviral antibiotics and enzyme inhibitors. *Yakugaku Zasshi.*, 124 : 469-479.
94. **VAIVANIJKUL, 1973** Vaivanijkul P., 1973- Die mit Tapioka nach Deutschland eingeschleppten Vorratsschädlinge und ihre Bedeutung für die Lagerhaltung. *Entomol. Mitt. Zool. Mus. Hamburg*, 4, 351-394.
95. **VETVICKA et MATOUSOVA, 1991**

96. **VINAYACHANDRA et CHANDRASHEKAR, 2011** 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.
97. **VINCENT et al, 2000** Vincent, C., Panneton, B., Fleurat-Lessard, F. 2000. La lutte physique en phytoprotection. INRA, Paris. 347p.
98. **WANG, 2006** WANG K.H., LIN R.D., HSU F.L.(2006).Cosmetic applications of selected traditional Chinese herbal medicines," *Journal of Ethnopharmacology*, 106(3), 353– 359.
99. **WEIDNER et RACK (1984)** WEIDNER, H. ET RACK, G., 1984. Tables de détermination des principaux ravageurs des denrées entreposées dans les pays chauds, Eschborn, 80 p. méridionales, Tome II, Ed. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 325 p.
100. **WEIDNER ET RACK., 1984** 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.
101. **WILLIAMS et al., 1984** WILLIAMS S.T., GOODFELLOW M., WELLINGTON E. M. H., Vickers J. C., Alderson G., Sneath P. H. A., Sackin M. J., et Mortimer A. M., (1984) A probability matrix for identification of some streptomycetes. *J. Gen. L Microbiol.*, 129 : 1815-1830.

Annex

Finney's table for transformation of percentage of mortality to probit values (Finney, 1952).

%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	2.67	2.95	3.12	3.25	3.36	3.45	3.52	3.59	3.66
10	3.72	3.77	3.82	3.87	3.92	3.96	4.01	4.05	4.08	4.12
20	4.16	4.19	4.23	4.26	4.29	4.33	4.36	4.39	4.42	4.45
30	4.48	4.50	4.53	4.56	4.59	4.61	4.64	4.67	4.69	4.72
40	4.75	4.77	4.80	4.82	4.85	4.87	4.90	4.92	4.95	4.97
50	5.00	5.03	5.05	5.08	5.10	5.13	5.15	5.18	5.20	5.23
60	5.25	5.28	5.31	5.33	5.36	5.39	5.41	5.44	5.47	5.50
70	5.52	5.55	5.58	5.61	5.64	5.67	5.71	5.74	5.77	5.81
80	5.84	5.88	5.92	5.95	5.99	6.04	6.08	6.13	6.18	6.23
90	6.28	6.34	6.41	6.48	6.55	6.64	6.75	6.88	7.05	7.33
-	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
99	7.33	7.37	7.41	7.46	7.51	7.58	7.65	7.75	7.88	8.09