

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Amar Thelidji -Laghouat
Faculté des Sciences
Département de sciences agronomiques



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master
Filière : Sciences Agronomique
Option : protection des végétaux

THÈME

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

Présenté par :
KHALFI BILAL

Devant le jury composé de

AMEUR Djamila	M.A.A.	President
KADDOURI Mohamed Amine	M.C.B	Examineur
AMARA Yacine	M.C.B	Encadreur

Année Universitaire 2022- 2023

Remerciements

Nous remercions tout d'abord le bon Dieu le tout puissant de nous avoir donnés la santé, la volonté, le courage et la patience pour élaborer ce travail.

*Mes sincères remerciements s'adressent au présidente du jury **Mme. AMEUR DJAMILA** ainsi qu'à l'examineur **Mr. KADDOURI Mohamed Amine** pour leur implication et leur évaluation.*

Mon sentiment de reconnaissance s'étend au gérant de l'exploitation, dont la mise à disposition des ressources nécessaires a permis la réalisation réussie de mes expérimentations, ainsi qu'à l'ensemble du personnel de la ferme.

*J'adresse des remerciements particuliers à **Mr. AMARA YACINE**, pour son soutien continu et ses orientations tout au long de l'élaboration de ce mémoire, qui m'ont enseigné la vertu de la patience.*

Un grand merci à mes camarades de la deuxième année du Master en Protection des plantes, avec lesquels j'ai eu le privilège de partager un voyage éducatif riche en souvenirs et en expériences exceptionnelles.

J'exprime également ma reconnaissance envers tous ceux qui ont contribué, de manière directe ou indirecte, à la rédaction de ce mémoire. Votre apport a été inestimable dans la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes que j'aime et en particulier :

*A ma mère **YAMINA** qui m'a toujours apporté d'amour*

*A mon père **SAAD** qui m'encourage avec ces*

Conseils qui sont le résumé de la vie qui rester toujours présent Dans mon cœur.

*A mes sœurs **MEBARKA, HANANE, KHADRA, RIHABE, NASIRA**, et à mon petit*

*frère **ISHAKE***

*A tous mes amis et particulièrement **ANIS, IBRAHIM, AHMED** et **TAYEB**.*

A toute ma famille.

A tous mes enseignants.

Titre : Contribution à l'étude de la lutte biologique contre *Tribolium castaneum*(Herbst) le tribolium rouge de la farine

Résumé

Les céréales stockées dans des conditions défavorables sont exposées à plusieurs ravageurs nuisibles, le *Tribolium castaneum* est un ravageur secondaire qui attaque le blé et ses dérivés. Dans cette expérience, nous avons testé l'extrait méthanoliques de deux plantes (*Moringa Oleifera* et *Elettaria cardamomum*) pour éliminer le *Tribolium castaneum* et obtenu des résultats positifs dans la lutte contre ce ravageur. Trois concentrations de 5%,10% et 20% par contact ont été testées et les résultats étaient les suivants: mortalité entre 5916.% et 100% pour l'extrait méthanolique de *Moringa oleifera* et mortalité entre 61.41% et 74.75% pour l'extrait de *Elettaria cardamomum* . L'expérience a été faite pendant 96 heures (4 jours). L'efficacité des extraits a été estimée par le calcul de DL 50 et nous obtenons 4.55 mg pour l'extrait de *Moringa oleifera* et 1,2 mg pour l'extrait de *Elettaria cardamomum*. Cette expérience est intervenue dans les méthodes de contrôle biologique contre les ravageurs de grain stocké.

Mots clés : Lutte biologique, DL50, *Tribolium castaneum*, extraits méthanoliques

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

Abstract

Stored cereals under unfavorable conditions are exposed to several harmful pests, the red flour beetle is a secondary pest that attacks wheat and its derivatives. In this experiment, we tested methanolic extracts of two plants (*Moringa Oleifera* and *Elettaria Cardamomum*) to eliminate *Tribolium castaneum* and obtained positive results in the fight against this pest. Three concentrations of 5%, 10% and 20% by contact were tested and the results were as follows: mortality between 59.16% and 100% for the methanolic extract of *Moringa oleifera* and mortality between 61.41% and 74.75% for the extract of *Elettaria cardamomum*. The experiment was conducted for 96 hours (4 days). The effectiveness of the extracts was estimated by calculating LD50 and we obtained 4.55 mg for *Moringa oleifera* extract and 1.2 mg for *Elettaria cardamomum* extract. This experiment was part of biological control methods against stored grain pests.

Keywords : Biological control, LD50, *Tribolium castaneum*, methanolic extracts

الملخص

تتعرض الحبوب المخزنة تحت ظروف غير ملائمة لعدة آفات، منها *tribolium castaneum* و هو آفة ثانوية تهاجم القمح ومشتقاته. قمنا في هذه التجربة باختبار مستخلص (*Elettaria cardamomum* و *Moringa Oleifera*) للتخلص من *Tribolium castaneum* وحصلنا على نتائج إيجابية في مكافحة هذه الآفة. تم اختبار 3 تراكيز 5%، 10%، 20% لكل مستخلص عن طريق التلامس و سجلنا النتائج المحصل عليها و هي كالآتي : نسبة وفيات يتراوح بين 59.16% ، 100% بالنسبة لمستخلص الميثانول *Moringa oleifera* و نسبة وفيات 61.41%، 74.75% بالنسبة لمستخلص الميثانول ل *Elettaria cardamomum* تمت التجربة في مدة 96 ساعة (4 أيام). تم تقدير فعالية المستخلصات بحساب DL 50 وتحصلنا على 4.55 مغ من مستخلص *Moringa oleifera* و 1.2 مغ من مستخلص *Elettaria cardamomum* . تدرج هذه التجربة في أساليب المكافحة البيولوجية لآفات الحبوب المخزنة.

الكلمات المفتاحية: المكافحة البيولوجية ، LD50 ، *Tribolium castaneum* ، مستخلصات الميثانول

Sommaire

Résumé

Remerciements

Dédicace

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 céréalières en post-récolte

I.1. Dispositifs de stockage 4

I.1.1. Le stockage dans des silos souterrains 4

I.1.2. Stockage en sac 4

I.1.3. Stockage en vrac (courte durée) 4

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

a) Les ravageurs primaires 7

b) Les ravageurs secondaires 7

c) Les ravageurs tertiaires	7
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	8
I.5. Revue des mesures de protection des denrées stockées	9
I.5.1. Mesures de lutte prophylactique	10
I.5.2. Mesures de lutte curative	10
I.5.2.1. Moyens mécaniques	10
I.5.2.2. Moyens de lutte physique	10
I.5.2.3. Moyens de lutte chimique	11
I.5.2.4. Lutte biologique	11
a) Lutte par les auxiliaires	11
b) Lutte par les biopesticides	11
c) Les huiles essentielles	12

Chapitre II : Données Bibliographiques sur le matériel biologique animal

II.1. Généralité sur Tribolium 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
b. Larve	15
c. Nymphe	15
d. Adulte	16
II.1.5. Mobilité	17
II.1.6. Régime alimentaire	17
II.1.7. Cycle de développement	17
II.1.8. Dégât de Tribolium rouge de la farine	19
II.1.9. Moyens de lutte contre le <i>Tribolium castaneum</i>	20

Chapitre III : Données bibliographiques du matériel biologique végétal

III.1. <i>Moringa oleifera</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	23
III.2. <i>Elettaria cardamomum</i>	24
III.2.1. Origine et définition	24
III.2.2. Classification botanique	24
III.2.3. Description	24
III.2.4. L'utilisation	25

III.2.5. Composition	26
----------------------	----

Partie II : partie expérimentale

Chapitre I : Matériel et méthodes

I.1. Méthodologie	27
I.2. Choix du matériel biologique végétal	27
I.2.1. Préparation des biopesticide	27
I.2.1.Préparation des extractions aqueuses de <i>Moringa oleifera</i> et <i>Elettaria cardamomum</i>	27
a) Préparation des extraits	27
b) Adaptation de la concentration	28
I.2.2. Bio-efficacité de toxicité par contact	29
I.2.2.Bio-essaie des extraits des plantes	30
I.3.Exploitation des résultats	32
I.3.1.Correction de la mortalité	32
I.3.2. Détermination des doses létales DL50	32

Chapitre II :Résultats et Discussions

II.1. Estimation de la toxicité des extraits méthanolique de	33
a. <i>Moringa oleifera</i>	33
b. <i>Elettaria cardammoum</i>	34
II.2.Evaluation du taux de mortalité des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> par les extraits méthanoïques	34
II.2.1.Taux de mortalité des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> traité par <i>Moringa oleifera</i>	35
II.2.2.Taux de mortalité des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> traité par <i>Elettaria cardammoum</i>	36

II.3. Correction de la mortalité et estimation de la dose létale (DL50) des extraits méthanoliques	39
II.4. Discussions	41
Conclusion	43
Références bibliographiques	44
Annex	51

Liste des tableaux

N°	Titre de tableau	Pages
Tableau 01	Durée de développement de <i>Tribolium castaneum</i> fonction des facteurs abiotiques	19
Tableau 02	Taux de mortalité des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> traités par <i>Moringa oleifera</i>	35
Tableau 03	Taux de mortalité des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> traités par <i>Elettaria cardammoum</i>	36
Tableau 04	Mortalité corrigée de <i>Tribolium castaneum</i> traités avec les extraits méthanoliques de <i>Moringa oleifera</i> et <i>Elettaria cardammoum</i>	40

Liste des figures

N°	Figures	Pages
Figure 01	Silo souterrain de stockage source	5
Figure 02	Stockage en sac	5
Figure 03	Stockage en vrac	5
Figure 04	Stockage en silo	5
Figure 05	Succession des agents biologiques dans les céréales stockées	7
Figure 06	schéma représentatif du circuit des denrées au cours du stockage	9
Figure 07	larve de <i>T. castaneum</i>	16
Figure 08	la nymphe de <i>T. castaneum</i>	16
Figure 09	l'adulte <i>T. castaneum</i>	16
Figure 10	Cycle biologique de <i>Tribolium castaneum</i>	18
Figure 11	Dégâts causée par le <i>Tribolium castaneum</i>	20
Figure 12	Différentes parties de <i>Moringa oleifera</i>	21
Figure 13	(a) Fleur et (b) Graines de <i>Moringa oleifera</i>	22
Figure 14	Utilisations des différents organes de Moringa	23
Figure 15	Graines d' <i>Elettaria cardamomum</i>	25
Figure 16	Protocole expérimentale de l'extraction méthanoïque des plantes étudiée	29
Figure 17	application des extraits par pulvérisation	30
Figure 18	Bio-efficacité des extraits méthanoïques par contact	31
Figure 19	boite de teste témoin	31
Figure 20	Evolution temporelle de la population résiduelle de <i>Tribolium</i> traité par l'extrait de <i>Moringa oleifera</i>	33
Figure 21	Evolution temporelle de la population résiduelle de <i>Tribolium</i> traité par l'extrait de <i>Elettaria cardamomum</i>	34
Figure 22	Effet de l'extrait de <i>Moringa oleifera</i> sur les adultes de <i>Tribolium castaneum</i>	36
Figure 23	Effet de l'extrait d' <i>Elettaria cardamomum</i> sur les adultes de <i>Tribolium castaneum</i>	37

Figure 24	Diagramme de Pareto chart des doses de l'extrait de <i>Moringa oleifera</i>	38
Figure 25	Diagramme de Pareto chart des doses de l'extrait d' <i>Elettaria cardamomum</i>	39
Figure 26	Mortalité corrigée de <i>Tribolium castaneum</i> traités avec les extraits méthanoliques de <i>Moringa oleifera</i> et <i>Elettaria cardamomum</i>	40
Figure 27	Efficacité des extraits de <i>Moringa oleifera</i> vis-à-vis les adultes de <i>T. castaneum</i>	41
Figure 28	Efficacité des extraits de <i>Elettaria cardamomum</i> vis-à-vis les adultes de <i>T. castaneum</i>	42

Liste des abréviations

%	pourcentage
DL 50	la dose létale
EFM	extrait de feuille de moringa

Introduction

Introduction

Les céréales et les légumineuses constituent la base de la nourriture des populations **(GUEYE et al 2010)**

Les produits céréaliers représentent 56 % des importations des produits alimentaires, soit 1,5 millions de tonnes. Le déficit vivrier chronique a été exacerbé par la crise alimentaire mondiale de 2008 **(GUEYE et al 2010)**

D'après la dernière enquête de l'office national des statistiques en 2011, les algériens consacrent une part importante de leur budget à l'alimentation , Puisque 42% des dépenses des ménages algériens sont consacrées aux besoins alimentaires. Toujours, d'après cette enquête , le groupe des céréales et dérivées, occupe encore aujourd'hui une place prépondérante dans la consommation alimentaire des ménages algériens puisque il occupe la première place dans le budget alimentaire des ménages algériens (17,5% de la dépense alimentaire totale) avec une prépondérance de la semoule (38% des achats de produits céréaliers) directement suivis par le pain (30%), les produits industriels (couscous, pâtes, biscuits et pâtisserie, 21%) sont en hausse et la farine (11%).**(BRAHIM et al 2017)**

Les denrées alimentaires sont habituellement attaquées par les insectes au cours de leur entreposage depuis le début de la civilisation humaine. Les pertes les plus importantes sont infligées par différentes espèces de coléoptères, lépidoptères et acariens.

Parmi les coléoptères, la calandre du riz (*Sitophilus oryzae* L.) (Coleoptera: Curculionidae) est universellement reconnue comme l'un des plus dévastateurs des céréales entreposées, non seulement en raison de sa propre consommation, mais aussi parce qu'elle ouvre en plus la porte à tout un ensemble de détritivores dont le plus fréquent est le Tribolium rouge de la farine (*Tribolium castaneum* Herbst) (Coleoptera:Tenebrionidae) qui parachève les dégâts .

La protection des stocks vivriers et les semences ont utilisé des méthodes drastiques reposant notamment sur l'utilisation d'insecticides chimiques. Cependant, ces derniers ont été l'objet de critiques substantielles en raison des effets défavorables sur l'environnement. Leur application provoque de nombreuses inquiétudes liées à leur toxicité ainsi qu'à leur influence négative sur la santé humaine. **(DJIDEL et al 2018)**

Le coléoptère rouge, *Tribolium castaneum* (Herbst), est un ravageur important des céréales entreposées et de leurs produits (**R. Jbilou et al 2008**)

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.

Notre travail consiste à évaluer le potentiel insecticide de deux plantes, 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 sur les 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 :

Introduction

Le chapitre de matériel et méthode renferme le protocole expérimental des extractions des Plantes utilisées. Le deuxième chapitre porte sur les résultats et la discussion, ensuite nous terminons par conclusion et des perspectives.

Partie bibliographique

Chapitre I

Chapitre I : Conservation et protection des denrées céréalieres 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*).

Dans la plupart des cas, la production des céréales est assurée par une seule récolte dans l'année, alors que la période de consommation est prolongée tout au long de l'année, d'où la nécessité de stockage (*A. Nour & L. Brinis 2016*).

1.1. Dispositifs de stockage

1.1.1. Stockage dans des silos souterrains

L'emploi de la matmûra était, dans l'ensemble, le principal moyen de conservation employé par les Algériens. « Pour conserver les blés, on les enferme dans de grandes fosses appelées matamores, creusés dans des lieux secs et élevés » *Al Naciriya (2019)*

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 (*DOUMAINDI et al, 2003*).

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.

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*).

1.1.4. Entreposage en silos (longue durée)

Les silos sont des structures largement utilisées pour le stockage de matériaux, en particulier dans l'agriculture [1]. En raison de leur importance, la durabilité et la sécurité doivent être assurées en obtenant les dimensions correctes, qui sont calculées en fonction de l'action et des forces appliquées sur les parois du silo (S. Houhamdi et al. 2021)



Figure1 - Silo souterrain de stockage source



Figure2- Stockage en sac



Figure 3- stockage en vrac



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 insectes des denrées stockées sont classiquement répartis en trois catégories : **(J.-B. Huchet 2014)**

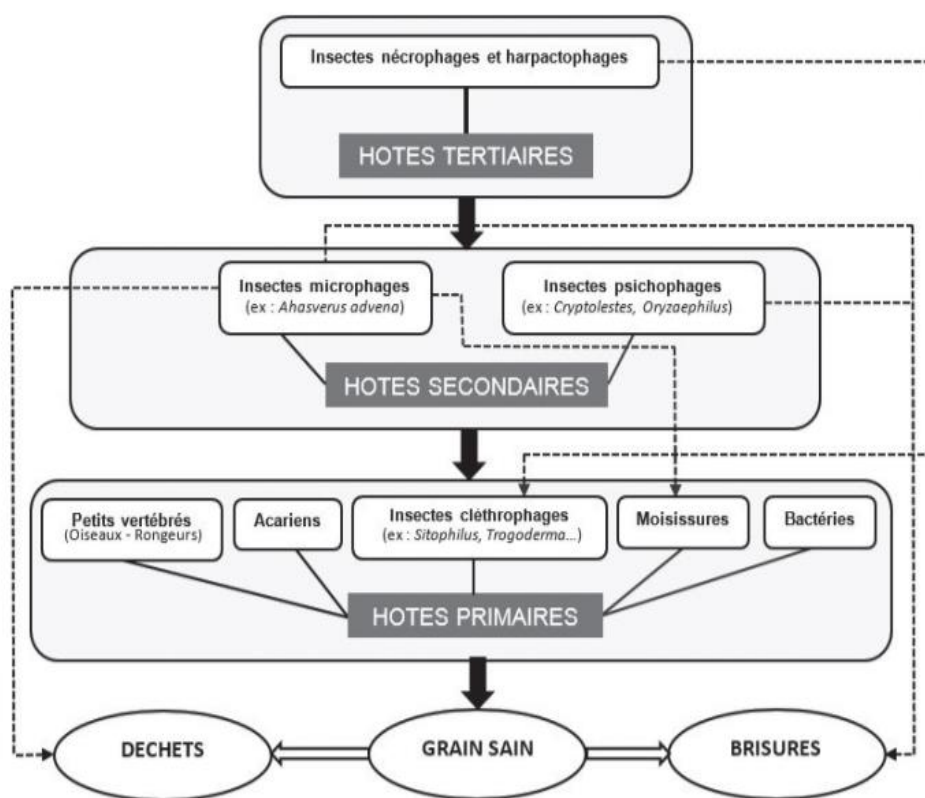


Figure 5 - Succession des agents biologiques dans les céréales stockées (J.-B. Huchet 2014)

a) Les ravageurs primaires : se développent à l'intérieur du grain et se nourrissent de l'endosperme, ce sont les espèces les plus fréquentes et également les plus nuisibles comme Les charançons (Curculionidae) , Le capucin des grains (Bostrichidae) et Les trogodermes des grains (J.-B. Huchet 2014)

b) Les ravageurs secondaires : vivent des débris et des grains déjà entamés par leurs prédécesseurs, mais se développent à l'extérieur de ces derniers et les espèces mycétophages consomment les moisissures présentes sur les grains endommagés comme Le silvain dentelé (Silvanidae), Les ptines (Anobiidae : Ptininae) et Les ténébrions (Tenebrionidae) (J.-B. Huchet 2014)

c) Les ravageurs tertiaires : comptent essentiellement des espèces prédatrices qui vont se nourrir des larves et adultes des deux premiers groupes comme arthropodes et hyménoptères (guêpes) (J.-B. Huchet 2014)

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, par leurs déchets ainsi que les exuvies de mue. Les fortes infestations donnent une odeur désagréable à la denrée stockée suite à des sécrétions de métabolites spécifiques. La présence de ces bioagresseurs peut également induire des réactions allergiques chez l'Homme comme l'asthme et l'irritation de la peau (**ANNIS, 2004**).

I.4. Circuit des denrées au cours du stockage

Le circuit des denrées au cours du stockage est représenté dans le schéma qui suit :

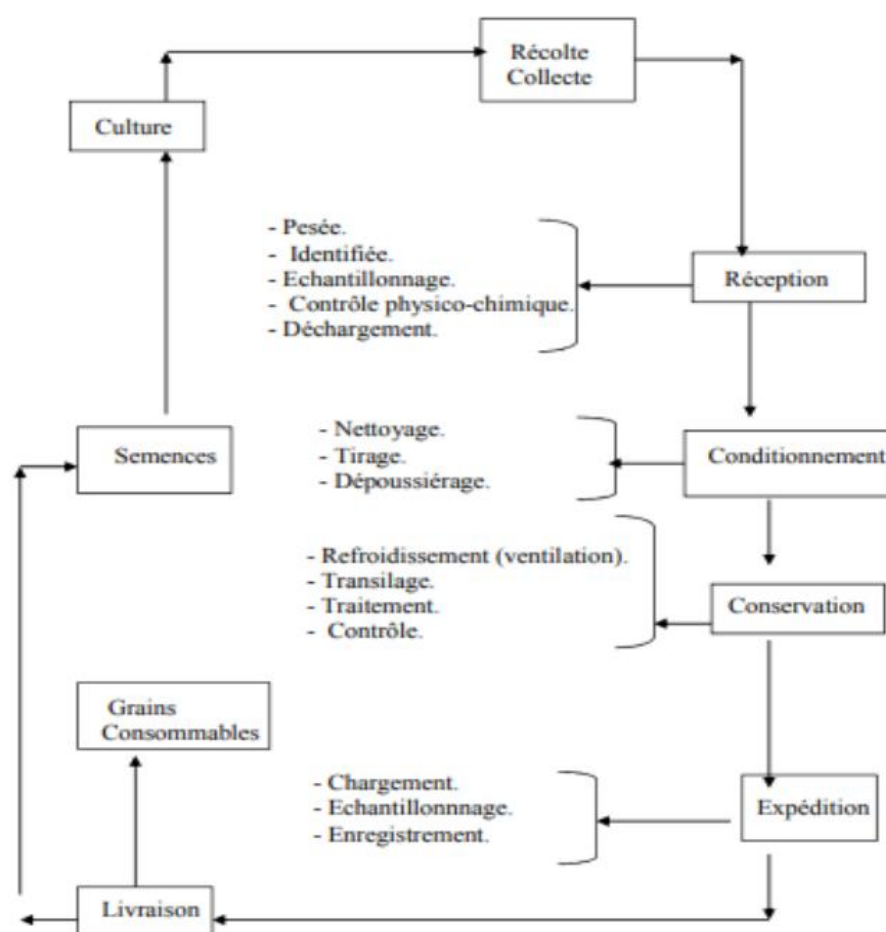


Figure 6 - Schéma représentatif du circuit des denrées au cours du stockage selon

(Philippe, 2004)

1.5. 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**).

Un ensemble de mesure préventive et curative, il s'agit de toutes techniques destinées à réduire l'infestation au champ, au début du stockage ainsi que pendant le stockage.

1.5.1. 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. 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

- L'irradiation et la lutte par le froid
- Le stockage hermétique
- L'insolation
- L'enfumage

– Poudres minérales et terres de diatomées (*Gueye M.T et al 2011*)

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*).

. Les insecticides homologués sont choisis en grande partie en fonction des critères suivants :

- leur toxicité est faible pour les mammifères, mais élevée pour les insectes;
- ils ne provoquent ni la détérioration des aliments, ni l'apparition d'odeur;
- leurs effets sur l'environnement ne persistent pas;
- leur application est sûre, économique et facile;
- ils laissent peu de résidus ou de substances toxiques dans les aliments.

(*ABRAMSON et al, 2001*).

1.5.2.4. Lutte biologique

a) **Lutte par les auxiliaires** : Des prédateurs comme les punaises hyménoptères et différentes punaises anthorcorides 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*).

b) Utilisation des plantes insecticides

L'usage des plantes indigènes dans la conservation des récoltes a été pratiqué avant même l'apparition des insecticides de synthèse. Les plantes sont utilisées contre les ravageurs pour leurs effets répulsif, de contact ou fumigant. Les molécules actives peuvent varier d'une famille à une autre et à l'intérieur d'une même famille et la sensibilité peut différer pour un insecte donné d'un stade à un autre. Boeke et al.(2004) (*Gueye M.T. et al 2011*)

c) Les huiles essentielles

Les huiles essentielles des plantes font partie ces dernières années des voies les plus explorées dans la régulation des ravageurs. Leur application dans la protection des stocks a fait l'objet de nombreux travaux. Leur toxicité s'exprime de différentes manières : activités ovicide, larvicide, antinutritionnelle et inhalatoire (***Gueye M.T. et al,2011***)

Chapitre II

Chapitre II : Données Bibliographiques sur le matériel biologique animal

II.1. Généralité sur Tribolium rouge de la farine(*Tribolium castaneum*)

Les espèces appartenant à ce genre figurent parmi les plus importants ravageurs secondaires. Ces insectes possèdent un large spectre tropique en étant à la fois psychophage, mycophage, nécrophage et prédateur. La croissance la plus rapide est obtenue sur farines de céréales (dans l'ordre blé dur, blé tendre, sorgho, orge, mil, riz, maïs). Bien que les denrées infestées soient très variées, les *Tribolium* montrent une très nette préférence pour les farines, qu'elles soient de céréales ou de légumineuses **DELOBEL et TRAN 1993**

II.1.1.Description

Ce ravageur est un ravageur secondaire se développe dans les céréales et les oléagineux entreposés à la ferme et dans les silos de stock. L'adulte est brun rougeâtre et mesure 0,4 cm de longueur. Les larves et les adultes se nourrissent de grains brisés. Le développement de l'oeuf à l'adulte est bouclé en 28 jours lorsque les conditions de température et d'humidité sont optimales (31 °C et 15 %). Le développement est plus lent en présence de faibles conditions d'humidité (8 %). Par temps chaud **ABRAMSON et al, 2001**.

L'adulte est très bon voilier. Il se déplace de préférence en fin d'après-midi, par temps chaud et calme, et migre à partir de stocks infestés à la recherche de nouvelles sources de nourriture (**DELOBEL et TRAN 1993**)

II.1.2.Origine et répartition géographique

L'espèce paraît originaire d'Asie du Sud : on l'a trouvée dans de la nourriture placée dans la tombe de Toutankhamon (1345 avant J.-C.) : elle est actuellement cosmopolite. Il existe dans le monde de très nombreuses lignées présentant des caractères de résistance à l'égard des insecticides, aussi bien fumigants que non fumigants (**DELOBEL et TRAN 1993**)

Les plus anciens spécimens découverts (*Tribolium castaneum*) proviennent dans une jarre contenant probablement des grains ou de la farine, dans une tombe pharaonique de la 6eme dynastie (environ 2500 av. J.-C.) **ALFIERI (1931) IN (J.-B. Huchet 2014)**

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. De nombreux synonymes lui sont attribués *Dermestes navalis* Fabricius, 1775(nom supprimé) ; *Colydium castaneum* Herbst. 1797 ; *Tribolium castaneum* (Herbst) : Macleay, 1825 (**DELOBEL et TRAN 1993**)

Le *Tribolium 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 (**WEIDNER ET RACK, 1984 ; DELOBEL ET TRAN, 1993 ; MASON, 2003**)

Selon **WEIDNER et RACK (1984)** la classification de *Tribolium castaneum* 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** : *Tribolium castaneum* (Herbst)

II.1.4. Description des différents stades de développement

C'est un insecte appartenant à la famille des Ténébrionidae. L'adulte mesure de 3 à 4mm, de couleur uniformément brun rougeâtre . Il est étroit, allongé, à bord parallèles, à pronotum presque aussi large que les élytres et non rebordé antérieurement. Les 3 derniers articles des antennes sont nettement plus gros que les suivants. Contrairement à *T. confusum*, le chaperon ne dépasse pas l'oeil latéralement. La larve mesure 6mm, environ 8 fois plus longue que large, d'un jaune très pâle à maturité, avec latéralement quelques courtes soies jaunes. La capsule céphalique et la face dorsale sont légèrement rougeâtres. (**CAMARA, 2009**)

a) Œufs

La femelle pond entre 500 et 800 œufs (**CAMARA, 2009**)

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

on observe de 5 à 8 stades larvaires dans les conditions optimales de développement, mais jusqu'à 13 lorsque les conditions sont défavorables. La larve est environ huit fois plus longue que large. d'un jaune très pâle à maturité, avec latéralement quelques courtes soies jaunes. Le dernier segment abdominal est terminé par une paire d'urogomphes recourbés vers le haut, dans un plan perpendiculaire à celui du corps (Fig07) (**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 (Fig08) (**SOKOLOFF, 1974**).



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



Figure 08 : la nympe de *T. castaneum* (MADENE 2014)

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 par une massue nettement distincte (Fig09) . 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 09: l'adulte *T. castaneum* (MADENE 2014)

II.1.5. Mobilité

L'adulte est très bon voilier. Il se déplace de préférence en fin d'après-midi. par temps chaud et calme. et migre à partir de stocks infestés à la recherche de nouvelles sources de nourriture. On le capture au piège alimentaire. L'adulte est attiré préférentiellement par l'odeur du maïs, repoussé par celle de *Pennisetum glaucum* (**DELOBEL ET TRAN, 1993**)

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

Ces insectes ont un régime très polyphages . Il a pu être observé dans les pourritures et sous les écorces d'arbres (**SOKOLOFF, 1974 ; SURESH et al , 2001 ; ALABI et al 2008**).

La croissance la plus rapide est obtenue sur farines de céréales (dans l'ordre blé dur, blé tendre, sorgho, orge, mil, riz, maïs). Il n'attaque pas le grain intact, 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**)

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**). La durée moyenne de développement de l'œuf à l'adulte sur millet est de 37 jours à 25°, de 26 jours à 28°, de 23 jours à 35°, de 21 jours à 38° (pour une h.r. de 70%). Selon le régime alimentaire, la durée du cycle peut atteindre 120 jours à des températures comprises entre 35 et 38 . La longévité moyenne est de 250 jours à 25°, 200 jours à 30°, 2 à 3 mois à 35° sur grains de blé, plus d'une année sur farine (maximum observé: 4 ans) : l'h.r. a une influence déterminante sur la longévité de l'adulte (**DELOBEL ET TRAN, 1993**)

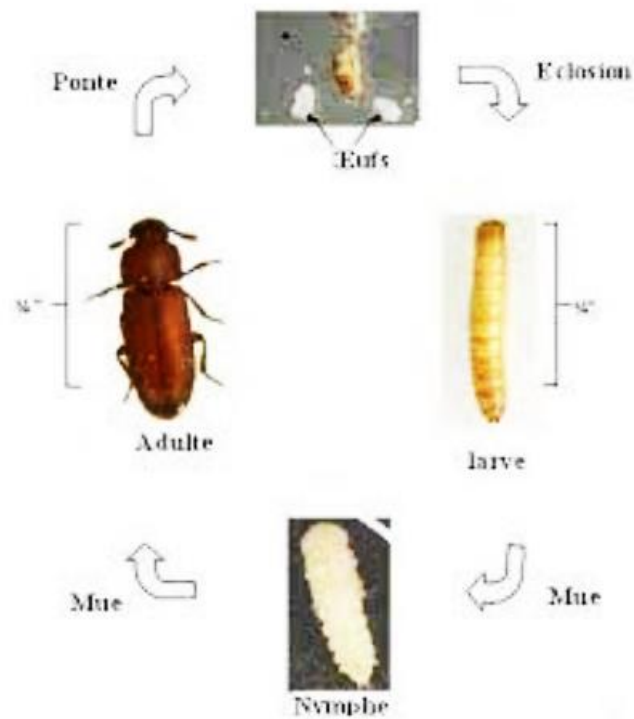


Figure 10 : Cycle biologique de *Tribolium castaneum* (ARAB, 2012).

Tableau 1: Durée de développement de *Tribolium castaneum* en fonction des facteurs abiotiques
(VAIVANIKUL, 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 . 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 11 : 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

Chapitre III:

Données bibliographiques sur le matériel biologique végétal

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

III.1. *Moringa oleifera*

III.1.1. Origine et définition

M. oleifera est originaire des régions d'Agra et de Oudh, au nord-est de l'Inde, au sud de la chaîne de montagne de l'Himalaya. Il a été introduit d'abord en Afrique de l'Est au début du 20^e siècle probablement suite à l'importance du commerce et des échanges maritimes durant cette période. L'arbre est cultivé aujourd'hui sur trois continents et dans plus de cinquante pays tropicaux et subtropicaux (Afrique, Arabie, Sud-est asiatique, Îles du Pacifique, Amérique du sud). Depuis son introduction dans ces pays, cette espèce s'est intégrée jusque dans les traditions des populations (médecine traditionnelle, alimentation, etc.) (**MEDA 2011**)

III.1.2. Classification botanique

- **Embranchement** : Spermaphytes
- **Sous-embranchement** : Angiospermes
- **Classe** : Dicotylédones
- **Sous-classe** : Dilleniidae
- **Ordre** : Capparidales
- **Famille** : Moringaceae
- **Genre** : *Moringa*
- **Espèce** : *M. oleifera*

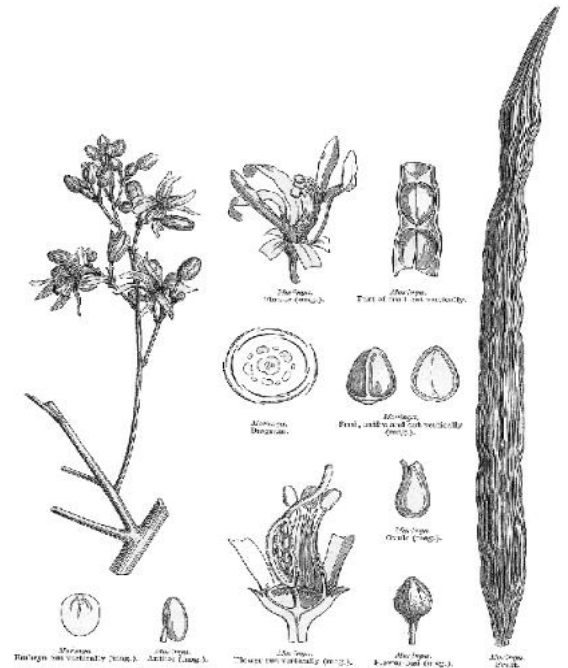


Figure 12 : Différentes parties de
Moringa oleifera

III.1.3.Description

Le *Moringa* possède une racine pivotante tubéreuse, dont la présence contribue à expliquer la tolérance de l'espèce à la sécheresse. Normalement en forme de parapluie, l'arbre se présente avec une couronne relâchée de feuillage gracieux et aéré, dont l'effet plumeux est dû à la division innée finement tripartite des feuilles. Les feuilles sont densément groupées au sommet des branches. Selon le climat, le feuillage est persistant ou caduc et rappelle, de loin, une légumineuse comme la *leucaena* (BICHI 2013)



(a)



(b)

Figure 13 : (a) Fleur et (b) Graines de *Moringa oleifera*

III.1.4. Différent type d'utilisation de *Moringa oleifera*

Cette plante est considérée comme la plus utile au monde car toutes ses parties (feuilles, fleurs, gousses, graines) sont comestibles. Elles sont utilisées à des fins médicinales, industrielles et pharmaceutiques (Fahey, 2005; Foidl et al, 2001) et contiennent des composés nutritionnels importants pour l'alimentation humaine comme pour celle du bétail. Le *Moringa oleifera* est principalement utilisée pour la consommation de ces fruits, feuilles, fleurs et gousses dans plusieurs pays en Inde, au Pakistan, aux Philippines, à Hawaï et dans de nombreux pays d'Afrique Anwar et al, 2007 IN (HEDHILI 2021)

En agronomie ; les feuilles de Moringa sont riches en nombreux composés qui peuvent être utiles dans la promotion de la croissance de la plupart des plantes. Lorsque l'extrait de feuilles de Moringa (EFM) est appliqué à une dose optimisée, il augmente la croissance, soulage les stress biotiques et abiotiques, et améliore parfois la qualité et le rendement du produit. Typiquement, l'EFM est appliqué sur les feuilles en pulvérisation foliaire. (SHAHZAD 2015)

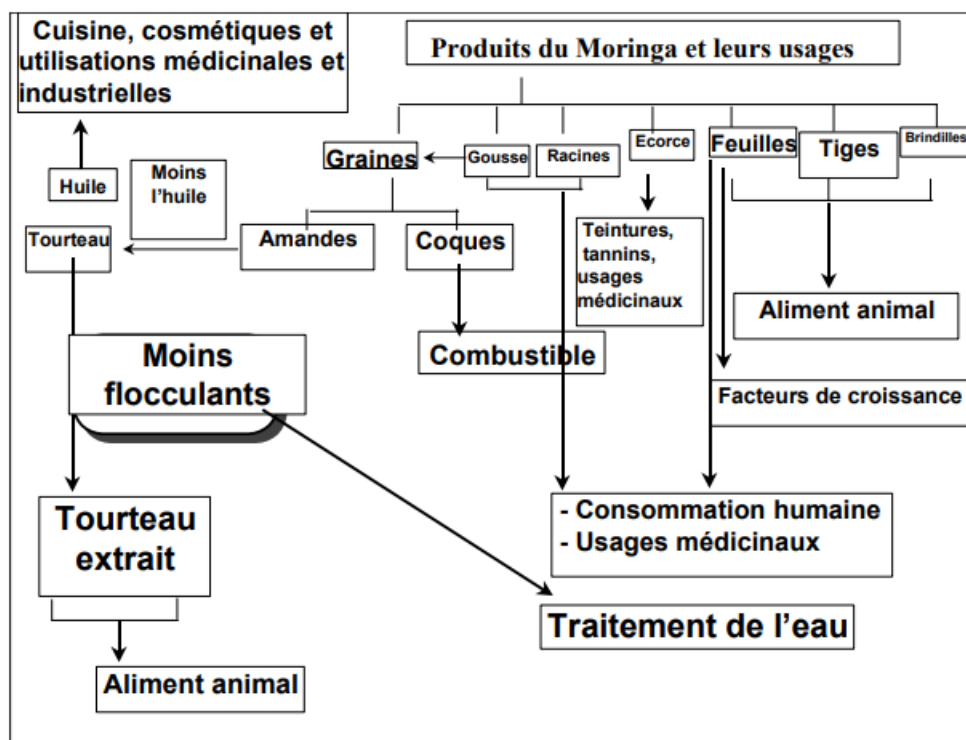


Figure 14 : Utilisations des différents organes de Moringa.(Foidl N 2001)

III.1.5. Composition chimique

Les extraits de Moringa peuvent être très bénéfiques pour la santé en raison de leur richesse en vitamines, protéines et sels minéraux. Les feuilles de Moringa se distinguent par leur haute teneur en vitamines et en sels minéraux, elles contiennent trois fois plus de potassium que les bananes et 8 fois plus de la vitamine C trouvée dans les oranges, mais le Moringa contient également de la vitamine A, vitamine E, vitamine K et les vitamines B . Ces différents éléments cités ont un pouvoir antioxydant, capable de piéger les radicaux libres des espèces dérivées de l'oxygène très réactives (ERO) et maintenir l'équilibre du stress oxydatif chez un individu en

apportant des oligoéléments nécessaires aux fonctionnements des enzymes antioxydantes
(Drame BSI et al 2022)

III.2. *Elettaria cardamomum*

III.2.1. Origine et définition

Elettaria cardamomum (L.) Maton est communément appelée petite cardamome, cardamome verte ou vraie cardamome et est cultivée en Inde, Guatemala, Sri Lanka, Népal, Indonésie, Costa Rica, Mexique et Tanzanie (*K. Ashokkumar, et al 2020.*)

III.2.2. Classification botanique

D'après(INPN) on a obtenu cette classification

Règne : plantae

Sous règne : viridaeplantae

Embranchement : Streptophyta

Classe : Equisetopsida

S /classe : Magnollidae

Ordre : Zingiberales

Famille : Zingiberaceae

Genre : *Elettaria*

Espèce : *Elettaria cardamomum*

III.2.3. Description

Elettaria cardamomum, appartient à la famille des Zingibéracées. La cardamome est une plante herbacée vivace qui atteint une hauteur de 2 à 5 m. Elle possède des rhizomes souterrains et se propage par voie végétative. de hauteur, avec des rhizomes souterrains et se propage par division

végétative des rhizomes. La tige aérienne est formée par l'encerclement des gaines foliaires. Les feuilles mesurent 30 à 35 cm de long et 7 à 10 cm de large. avec une pointe acuminée et de couleur vert foncé. Les tubercules émergent de l'aisselle des tiges souterraines. aisselles des tiges souterraines (*K. Ashokkumar, et al 2020.*)



Figure 15: Graines d'*Elettaria cardamomum* (trade india.com)

III.2.4. Différent type d'utilisation de *Elettaria cardamomum*

Les petites capsules de cardamome sont utilisées depuis le 4^e siècle avant J.-C. par les médecins indiens de l'Ayurveda et les médecins grecs et romains de l'Antiquité pour traiter divers problèmes de santé Dans la médecine traditionnelle chinoise, la cardamome était utilisée pour traiter la constipation, les maux d'estomac, les infections de la vessie et la dysenterie chez les enfants.

Actuellement, les huiles de cardamome sont utilisées dans la fabrication de crèmes pour les mains et de savons à base de plantes. Les capsules de cardamome réduisent la teneur en caféine du café et la combinaison de la cardamome et du café est appelée "gavah". Elle est populaire dans la culture arabe pour soulager les maux de tête et le stress (*K. Ashokkumar, et al 2020.*)

III.2.5. Composition chimique

Les études phytochimiques ont montré qu'E. cardamomum contient du terpinène, du stigmastérol, de l'acétate de géranyle, du géraniol, β -pinène, citronellol, bornéol, bisabolène, acétate d'eugényle acétate, phytol, β -sitosténone, nérolidol, linalol, α pinène, menthone, cinéol, limonène, subinène, heptane, myrcène et α -terpinéol (***Yahyazadeh et al 2021***)

Partie Expérimentale

Chapitre I

Chapitre I : Matériel et Méthodes

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 méthanoliques de deux plantes en l'occurrence : *Moringa oleifera* et *Elettaria cardamomum*

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 phytothérapique et aux études antérieures relatées dans la littérature précisant leur activité insecticide, aussi afin d'essayer de nouveaux extraits de plantes.

I.2.1. Préparation des biopesticide

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

I.2.1.1. Préparation des extractions méthanoliques de *Moringa oleifera* et *Elettaria cardamomum*

a) Préparation des extraits

Préparation de l'extrait méthanolique : Une prise d'essai de 60 g de la poudre végétale a été mise à macérer pendant 24 heures à température ambiante, dans 350 mm méthanol. nous laissons le mélange dans l'obscurité pendant 24 heures . Les macéras sont réunis et filtrés sur papier

filtre. Le solvant est éliminé l'alcool à 45°C à l'aide d'un étuve pendant 48 heures (Fig 15)
(*STASAIID et DJAZOULI 2023*)

Les extraits obtenus ont été conservés dans des bouteilles emballées dans du papier aluminium au réfrigérateur à une température de 4°C dans le but d'éviter toute dégradation ou dénaturation des molécules soit par la température ou la lumière.

b) Adaptation de la concentration

Nous avons obtenu alors un extrait finale , à travers de laquelle on a préparée trois dilutions de différentes concentration de la manière suivante : C1 (5%) ; C2 (10%) ; C3 (20%). À la fin nous remplissons dans des flacons vaporisateurs pour faciliter son application.

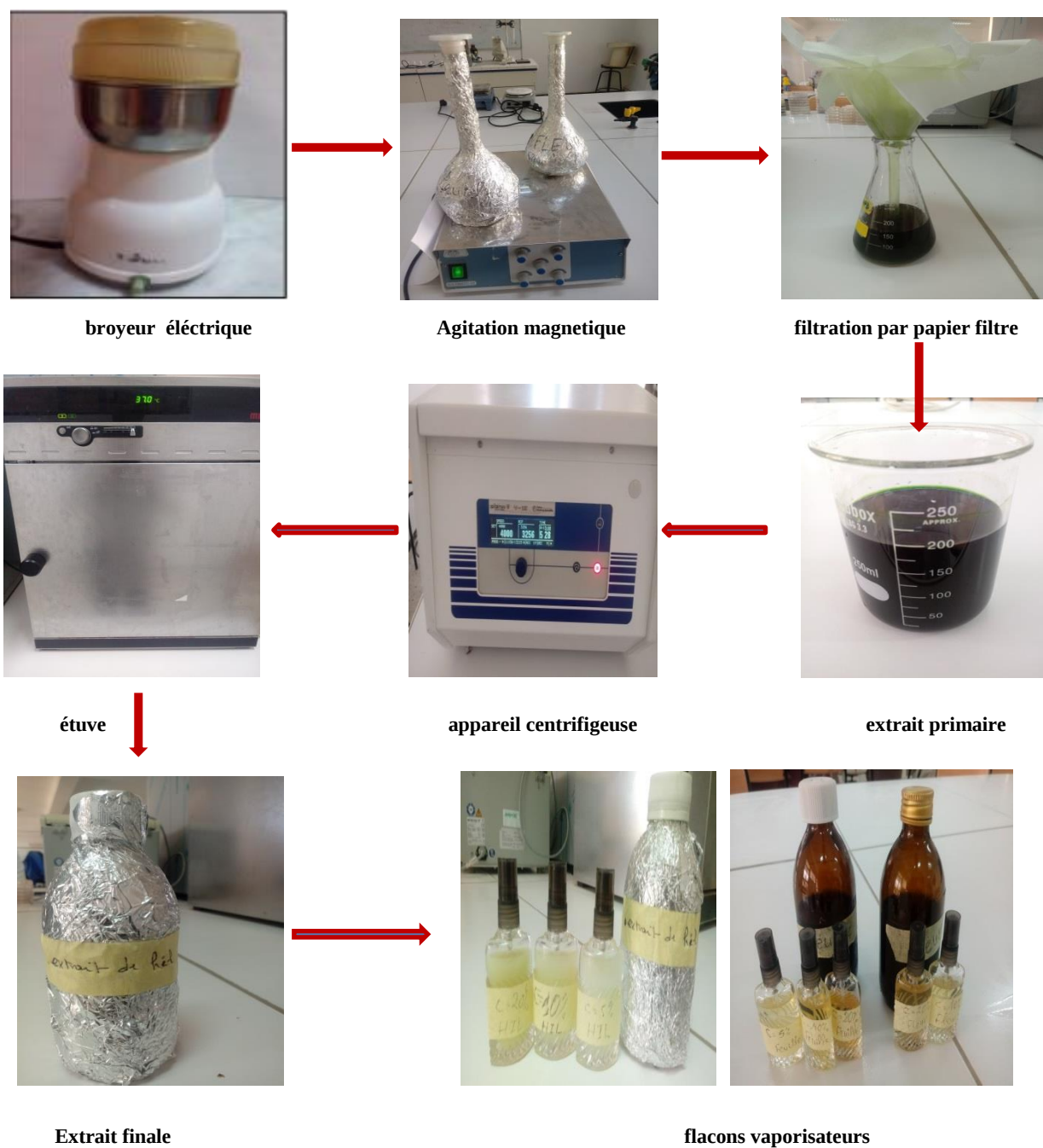


Figure 16 : Protocole expérimentale de l'extraction méthanoïque des plantes étudiée (originale 2023)

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).

I.2.2.1. Bio-essai 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 10 adultes de *Tribolium castaneum* dans les boîtes de Pétri et met une quantité d'un substrat alimentaire (la semoule) (Fig17) 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 (Fig18). Nous avons considéré les insectes testés comme morts s'ils ne présentent aucun mouvement lorsque nous les touchons. Nous préparée 3 répétition pour chaque concentration

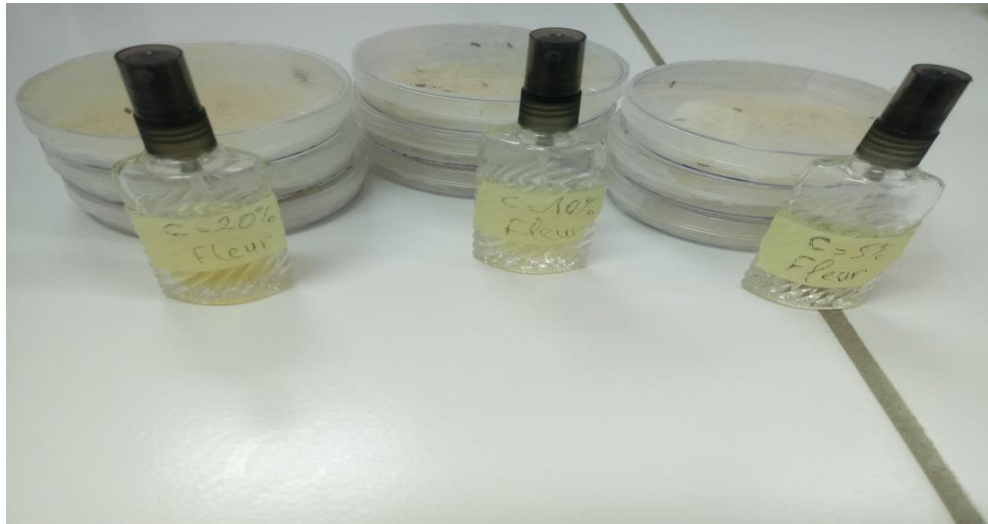


Figure 17 : application des extraits par pulvérisation

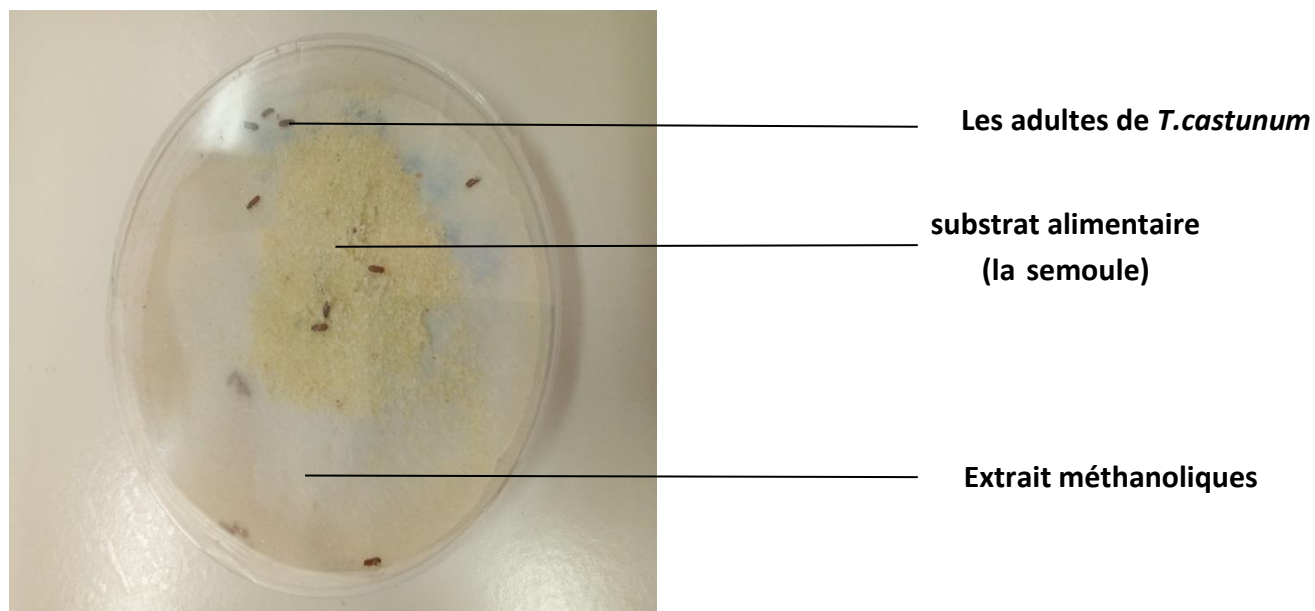


Figure 18 : Bio-efficacité des extraits méthanoïques par contact



Figure 19 : boîte de teste témoin

I.3.Exploitation des résultats

Calcul du pourcentage de mortalité:

Le pourcentage de mortalité observée chez les larves témoins et traités est estimé par la formule suivante.

$$\text{Mortalité observée} = \frac{\text{Nombre d'individus morts}}{\text{Nombre total des individus}} \times 100$$

La mortalité observée est ensuite corrigée

I.3.1.Correction de la mortalité

Le nombre d'individus d'émontrés morts dans les populations des lots traités ne reflète pas le nombre réel d'individus tués par traitement l'extrait méthanolique 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 permettent de corriger la mortalité, cela équivaut à un changement de variable (RAMADE, 2007)

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

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

M1 : Le pourcentage de mortalité dans la population témoin

M2 : Le pourcentage de mortalité dans la population traitée

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

Chapitre II

Chapitre II :

Résultats et discussions

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

II.1. Estimation de la toxicité des extraits méthanolique de

Ci-dessous sont rapportés les résultats des populations résiduelles pour les deux extraits de *Moringa oleifera* ainsi que pour la cardamome :

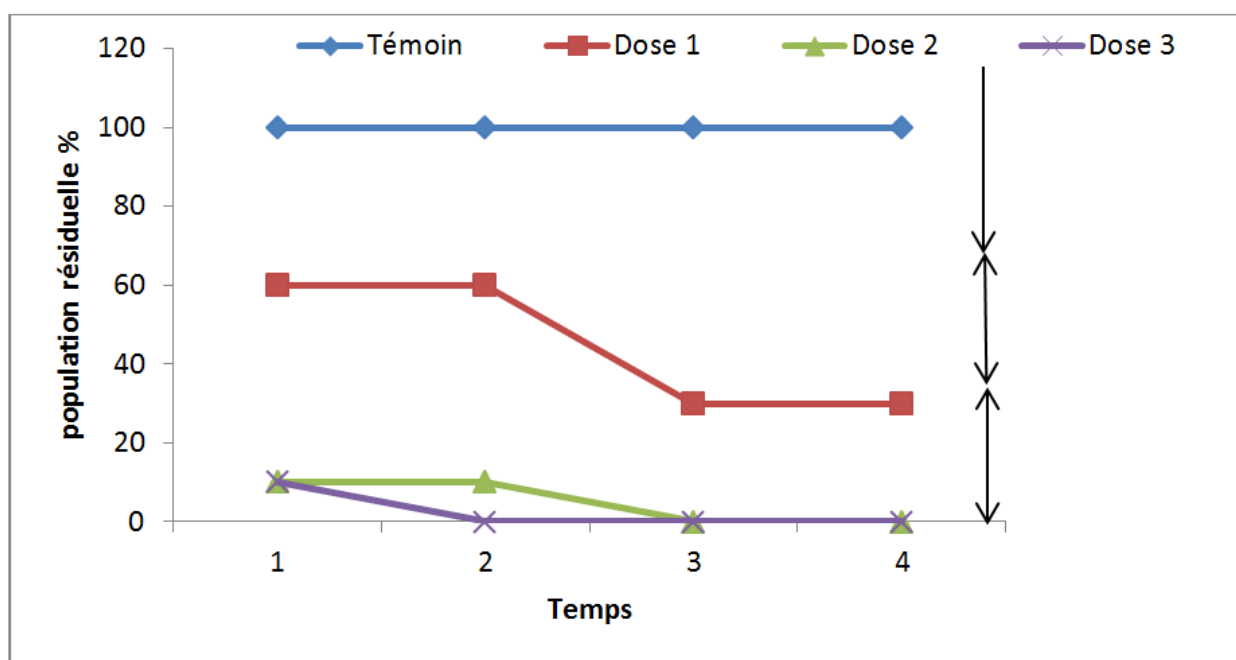
a. *Moringa oleifera*

Figure 20 : Evolution temporelle de la population résiduelle de *Tribolium* traité par l'extrait de *Moringa oleifera*

Selon l'analyse de DUNNETT, en comparaison avec le groupe témoin, il est observé que la dose 1 présente une toxicité modérée le premier jour, avec une variation de 30% à 60% pour le taux PR. Néanmoins, au-delà de 24 heures, elle devient toxique. Pour les autres doses (dose 2 et dose 3), il est notable qu'elles démontrent une toxicité dès le premier jour, avec des résultats de populations résiduelles où $0 < PR < 10$.

b. *Elettaria cardamomum*

En ce qui concerne le deuxième extrait et en se basant sur le test de DUNNETT, on peut constater que la dose 1 présente une toxicité moyenne lors de la première journée, avec une proportion résiduelle de population équivalant à 45%. Cependant, au-delà des 24 premières heures, son niveau de toxicité augmente. En ce qui concerne les autres doses (dose 2 et dose 3), il est remarquable qu'elles manifestent une toxicité dès le premier jour, avec des résultats de proportions résiduelles de population où PR=0.

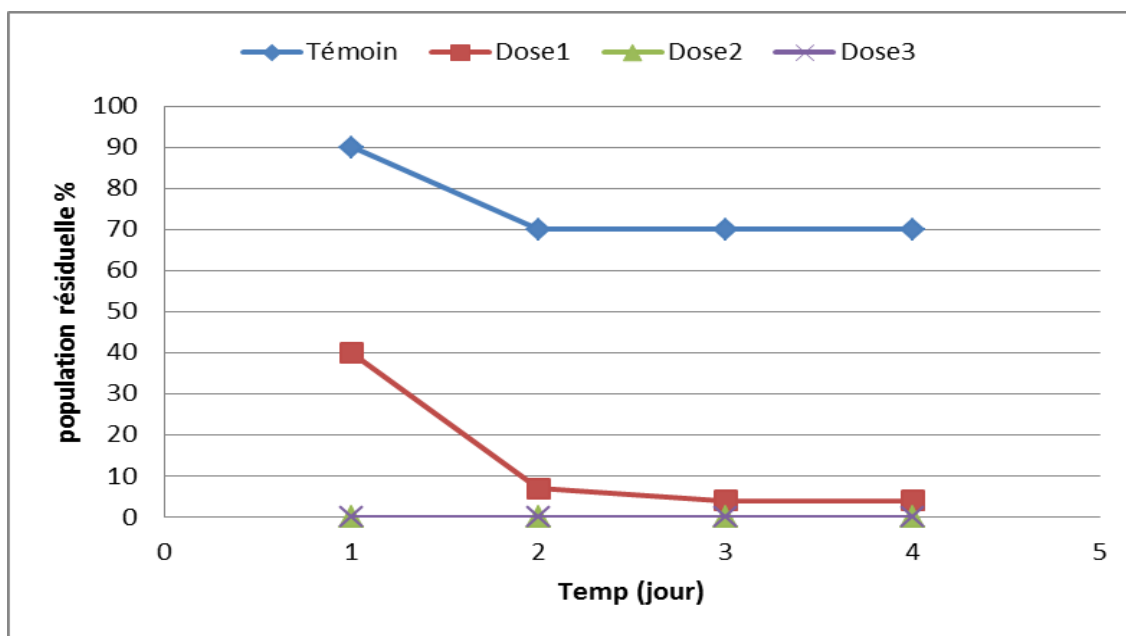


Figure21 : Evolution temporelle de la population résiduelle de *Tribolium* traité par l'extrait de *Elettaria cardamomum*

II.2.Evaluation du taux de mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* par les extraits méthanoïques

Les résultats suivants concernant l'évaluation de la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* par les extraits méthanoliques de *Moringa oleifera* et *Elettaria cardamomum* par effet de contacts sont mentionnés dans le tableau suivant

II.2.1. Taux de mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* traité par *Moringa oleifera*Tableau 02 : Taux de mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* traités par *Moringa oleifera*

Temps	Dose 1	Dose 2	Dose 3	Témoin
24H	40	90	93,33	0
48H	43,33	93,33	100	0
72H	76,67	100	100	0
96H	76,67	100	100	0

Le tableau au-dessus illustre les taux de mortalité d'insectes *Tribolium castaneum* suite à un traitement avec des extraits de *Moringa*, en utilisant trois doses différentes. Par rapport le groupe témoin, qui n'a pas été exposé à l'extrait de *Moringa*, n'a montré aucune mortalité pendant toute la durée de l'expérience, maintenant ainsi un taux de 0% à toutes les périodes.

Il est à remarquer que l'effet de la dose 1 (5%) au bout de 24 heures, la mortalité des insectes était de 40%, après 48 heures, ce taux a augmenté à 43.33%. La mortalité a continué à augmenter progressivement pour atteindre 76.67% à la fin de 72 heures et 96 heures.

Pour la dose 2 (10%) les individus traités avec cette concentration ont montré une mortalité de 90% après 24 heures. Cette mortalité est restée stable à 93.33% jusqu'à 48 heures.

Après 72 heures et 96 heures, la mortalité a atteint 100%, indiquant un effet potentiellement rapide et significatif de cette dose.

En ce qui concerne la dose 3 (20%) on remarque que dès les premières 24 heures, une mortalité élevée de 93.33% a été observée. Cette dose a également conduit à une mortalité totale de 100% après 48 heures, 72 heures et 96 heures.

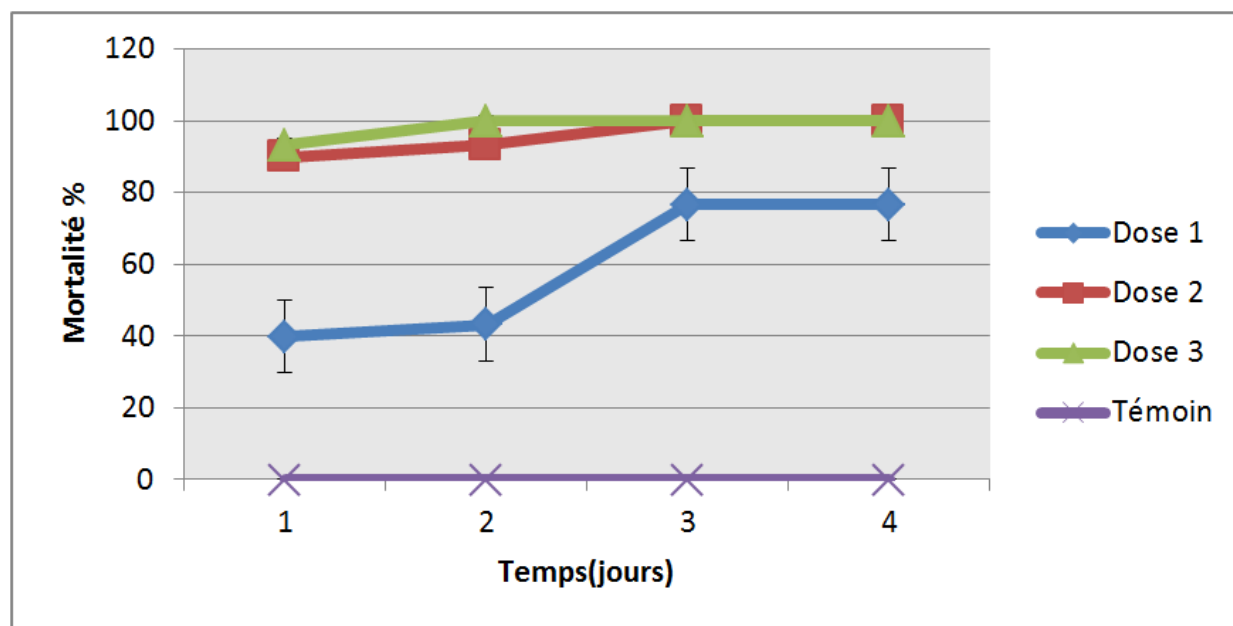


Figure22 : Effet de l'extrait de *Moringa oleifera* sur les adultes de *Tribolium castaneum*

II.2.2. Taux de mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* traité par *Elettaria cardamomum*

Tableau 03 Taux de mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* traités par *Elettaria cardamomum*

Temps	Dose 1	Dose 2	Dose 3	Témoin
24H	60	100	100	10
48H	93,33	100	100	30
72H	96,66	100	100	30
96H	96,66	100	100	30

Les résultats représentés dans le tableau montrent que durant le premier jour, avec l'administration de dose 1, on peut voir que le taux de mortalité commence à 60% le premier jour, augmente considérablement à environ 93,33% le deuxième jour, et continue à augmenter légèrement pour atteindre environ 96,67% les troisième et quatrième jours. Cela suggère que la Dose 1 a un effet toxique progressif avec le temps, entraînant une augmentation progressive du taux de mortalité. Les taux de mortalité pour les Doses 2 et 3 restent constants à 100% tout au

long de l'étude. Cela indique que ces doses ont un effet toxique immédiat, entraînant une mortalité totale dans les groupes correspondants dès le premier jour et que cet effet reste constant sur la période de quatre jours.

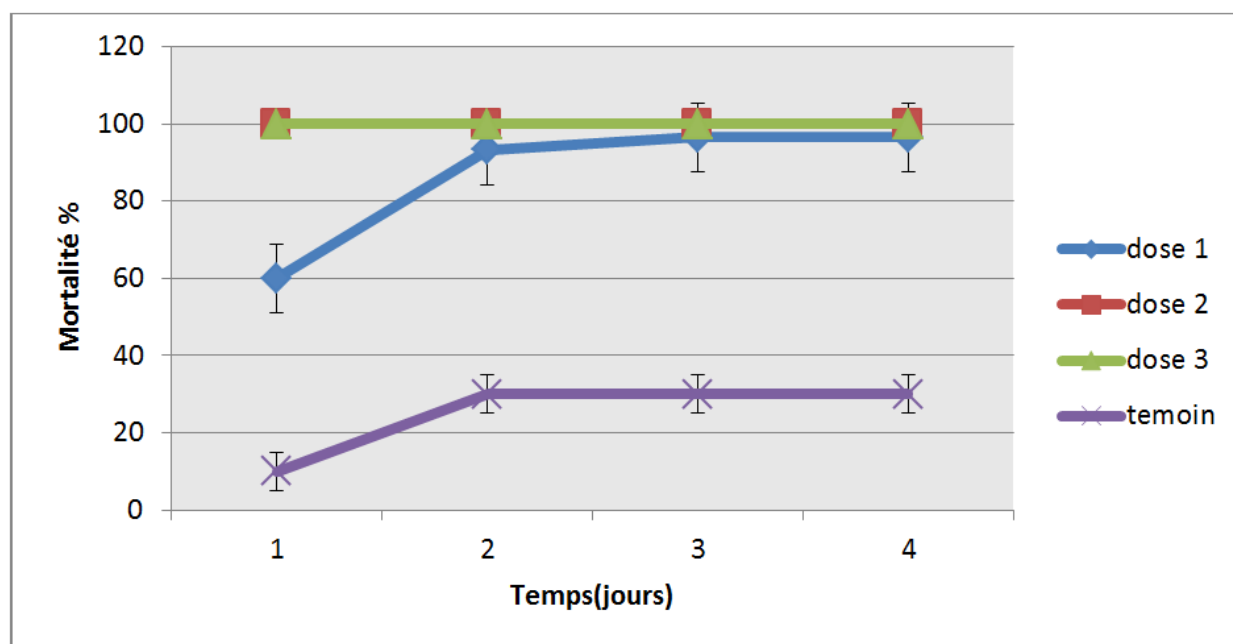


Figure23 : Effet de l'extrait d'*Elettaria cardamomum* sur les adultes de *Tribolium castaneum*

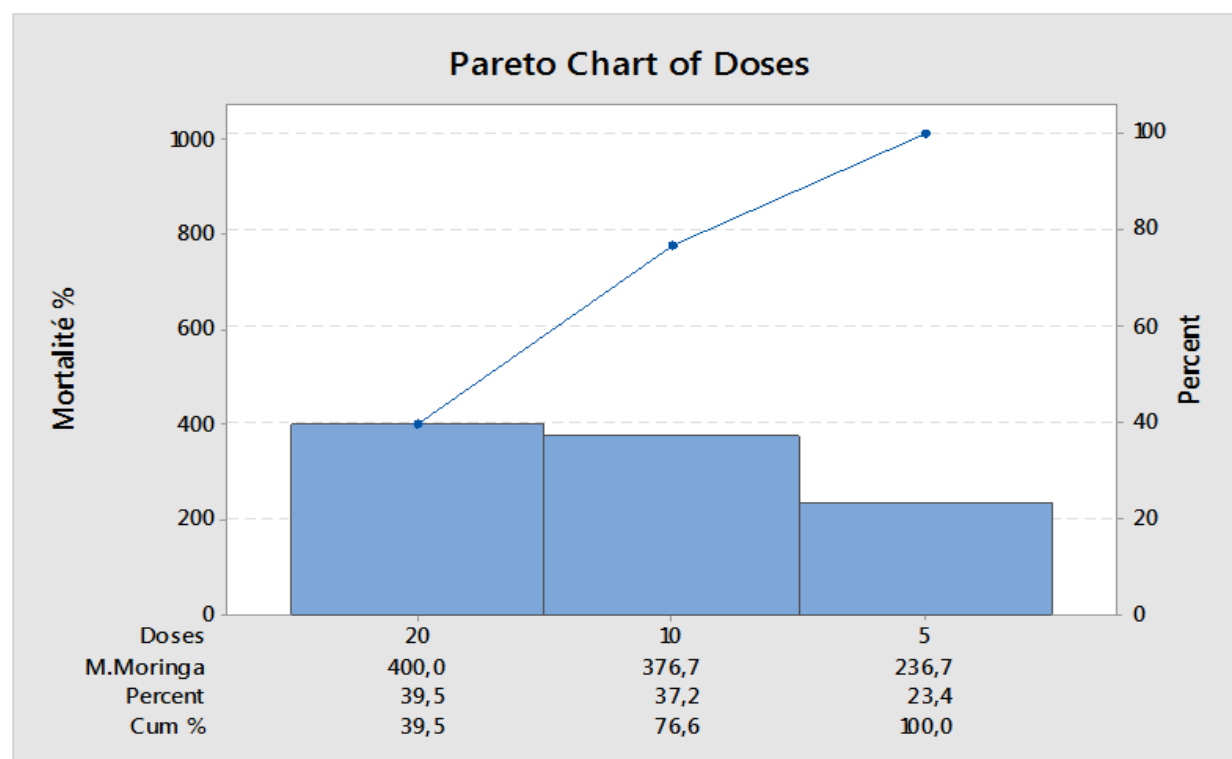


Figure24 : Diagramme de Pareto chart des doses de l'extrait de *Moringa oleifera*

Le diagramme de Pareto met en évidence les doses qui ont le plus grand impact sur la mortalité des insectes. Cela vous permet de voir clairement quelles sont les doses prioritaires à prendre en compte pour le contrôle efficace des populations d'insectes. Dans ce cas, les doses 10 et 20 semblent être les plus importantes en termes de mortalité induite.

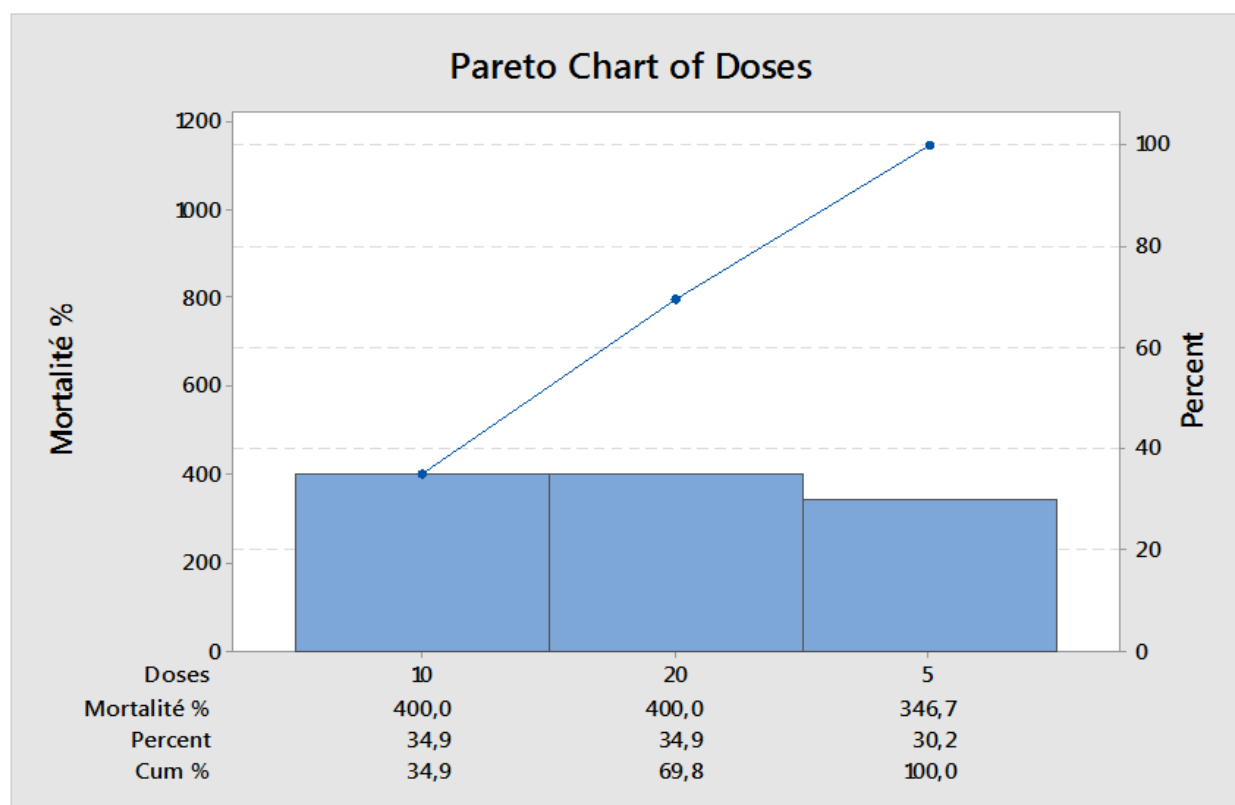


Figure25 : Diagramme de Pareto chart des doses de l'extrait d'*Elettaria cardamomum*

L'analyse de Pareto montre que les doses de 10 et 20 ont un impact significatif sur la mortalité cumulative, contribuant à près de 95% de la mortalité totale. Les doses de 5, bien que présentes, ont un impact moindre sur la mortalité cumulative.

En se basant sur l'analyse de Pareto, il serait judicieux de concentrer les efforts d'action sur les doses de 10 et 20, car ce sont les principales contributrices à la mortalité. Cependant, il est important de ne pas négliger les doses de 5, malgré leur impact moindre. Une surveillance continue de ces doses pourrait s'avérer pertinente pour identifier tout changement

II.3. Correction de la mortalité et estimation de la dose létale (DL50) des extraits méthanoliques

Dans la partie suivante, la correction de la mortalité (MC) est exposée, suivie des calculs de la dose létale médiane (DL50).

Tableau 04 : Mortalité corrigée de *Tribolium castaneum* traités avec les extraits méthanoliques de *Moringa oleifera* et *Elettaria cardamomum*

	Extrait méthanoliques	Concentration (%)	Durée de traitement	Mortalité corrigée (%)
Adultes de <i>Tribolium Castaneum</i>	<i>Moringa oleifera</i>	5	96 heures	59,16
		10		94,16
		20		100
	<i>Elettaria cardammoum</i>	5		61,41
		10		74,75
		20		74,75

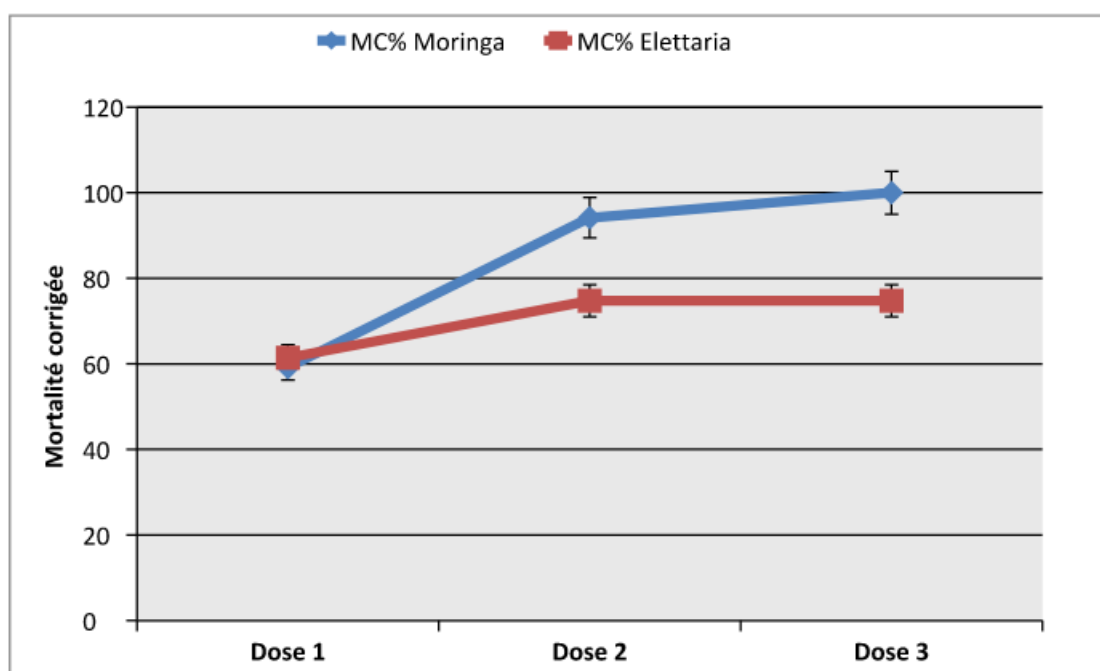


Figure26 : Mortalité corrigée de *Tribolium castaneum* traités avec les extraits méthanoliques de *Moringa oleifera* et *Elettaria cardamomum*

Après avoir obtenu les résultats ci-dessus, il a été constaté que des concentrations différentes avaient un effet sur l'efficacité de l'extrait, et que des matières premières différentes jouaient également un rôle dans la détermination de son efficacité et de l'importance de l'effet sur l'élimination du tribolium rouge de farine. Nous avons remarqué que lorsque nous avons été traités à 5% pour le *Moringa oleifera* et *Elettaria cardamomum*, nous avons enregistré 60% de

mortalité. Lorsque traités à 10% et 20% d'extrait de moringa, nous enregistrons 100% de mortalité chez les adultes de tribolium rouge de farine, et lorsque traités à 10% et 20% d'extrait de *Elettaria cardamomum*, nous enregistrons ou 75 % de mortalité dans la population adulte de tribolium rouge de farine.

Cette variation dans l'efficacité de chaque extrait est due aux composants du moringa et du *Elettaria cardamomum*, où le moringa a des antioxydants qui pourraient avoir un effet sur la façon dont le moringa peut éliminer les adultes du tribolium rouge de farine

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

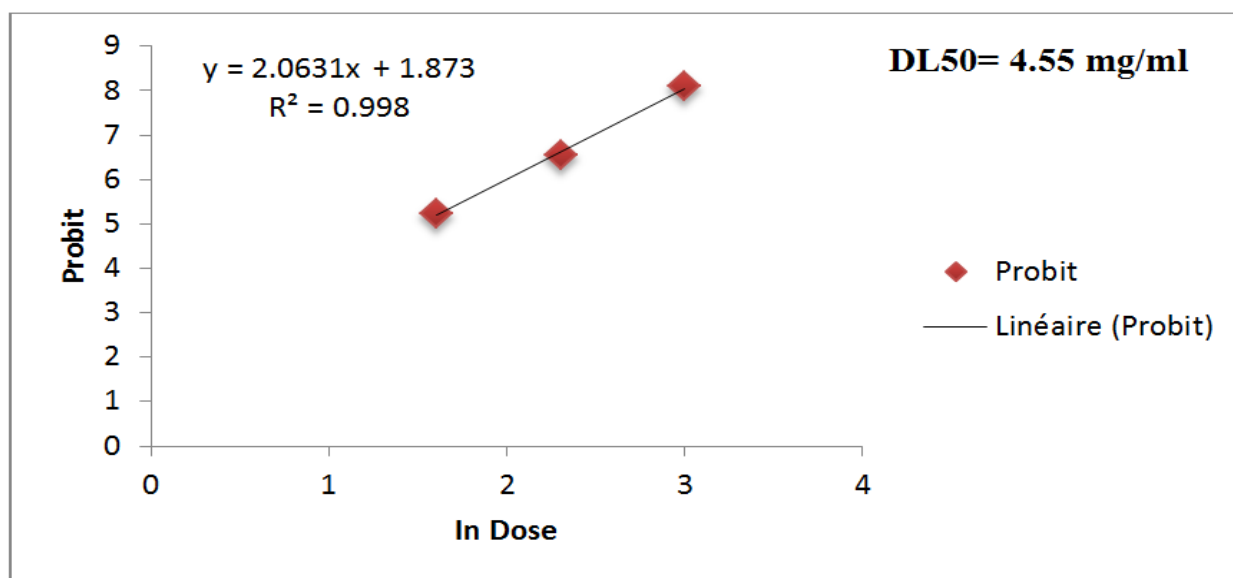


Figure27: Efficacité des extraits de *Moringa oleifera* vis-à-vis les adultes de *T. castaneum*

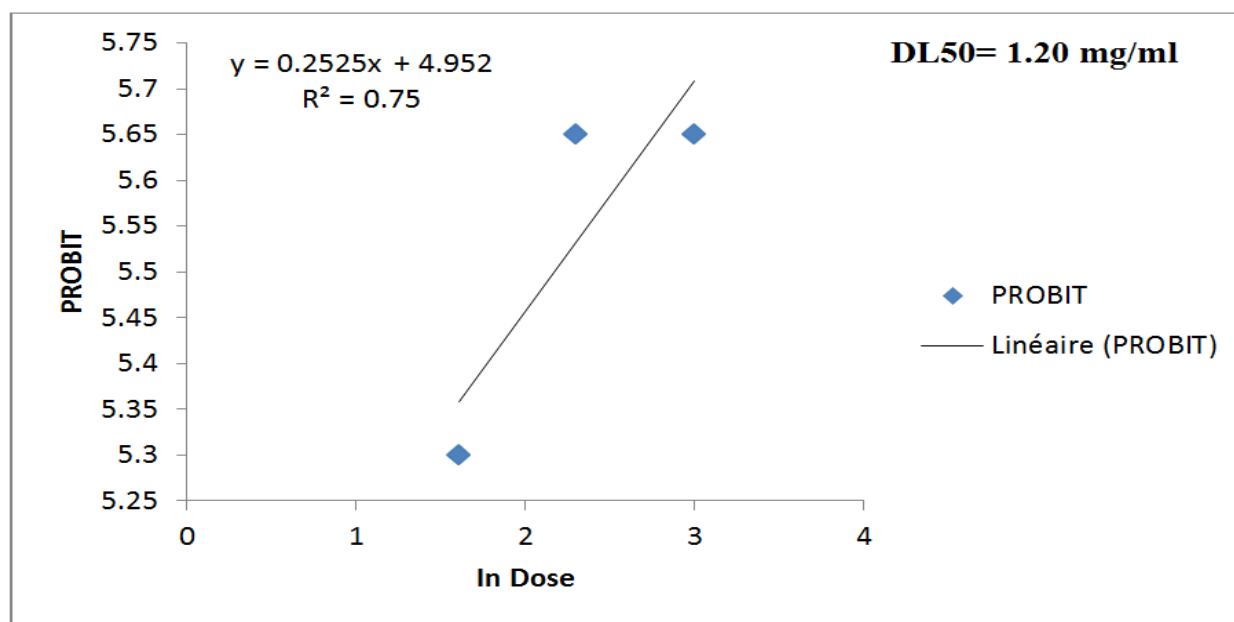


Figure28: Efficacité des extraits de *Elettaria cardamomum* vis-à-vis les adultes de *T. castaneum*

Même si le traitement au extrait de moringa a un taux de mortalité plus élevé que le traitement au extrait de *Elettaria cardamomum*, la dose létale de 50% du nombre total de tribolium rouge de farine avec le traitement au *Elettaria cardamomum* est plus faible avec le traitement au. extrait de moringa . Ce qui indique que les extraits de. *Elettaria cardamomum* sont très efficaces, rapides, mais limités, contrairement aux extraits de *Moringa oleifera*

II.4.Discussions

L'utilisation de matières végétales pour la lutte contre les ravageurs de cultures et de denrées stockées est une pratique très ancienne et qui depuis longtemps participe à la conservation des produits alimentaires (Camara, 2009).

Les extraits de deux plantes testées, *Moringa oleifera* et *Elettaria cardamomum*, présentent un effet insecticide sur les adultes de *Tribolium castaneum*.avec un taux de mortalité de 100% et une DL50 égale 4.55mg/ml pendant 3 jours pour l'extrait de *Moringa oleifera* et un taux de mortalité de 74.75% et une DL50 égale 1.20mg/ml en 4 jours pour l'extrait de *Elettaria cardamomum*

Nos résultats concernant l'efficacité des extraits de plantes (*Moringa oleifera* et *Elettaria*

cardamomum) sur les adultes du *Tribolium castaneum* sont proches de ceux mentionnés par **Goudarzvand chegini et Abbasipour (2017)**. Ce dernier a montré des résultats positifs à travers un ensemble de tests sur le *Tuta absoluta* par l'utilisation de huile essentielle de *Elettaria cardamomum* eu égard à la composition chimique de cet huile , Les résultats ont révélé que l'huile essentielle de *Elettaria Cardamomum* a eu une forte mortalité sur une étape de *T. Absoluta* après une session de 24 h. Le pourcentage de mortalité adulte après la fumigation.

HUGAN et al, (2000) ont indiqué que l'huile essentielle et l'extrais de *Elettaria cardamomum* exercent par contact une toxicité équitable sur les adultes de *T.castaneum*.

Selon **Kaliyaperomal ashokkumar et al (2020)** Les extraits de cardamome ont divers effets biologiques, y compris antioxydant, antibactérien, anticancéreux, insecticide et d'autres activités diverses, **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 synthétisés. Ces conclusions peuvent expliquer les réponses obtenues pour le *T. castaneum* aux stimuli par les extraits méthanolique utilisés pour notre étude.

D'autre part, **Mano et Nana (2022)** ont conclu que l'application de poudre de *Moringa Oleifera* a abouti à des résultats intéressants quant à son efficacité contre *Helicoverpa armigera*(Hubner) . **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.

Conclusion

CONCLUSION

Le travail présenté dans ce mémoire porte sur une méthode de lutte contre l'insecte ravageur des denrées stockées *T.castaneum* qui entre dans le cadre de méthodes de lutte alternatives, afin de limiter les inconvénients d'utilisation des insecticides et limiter l'insécurité alimentaire. Le tribolium rouge de la farine est un ravageur secondaire des stocks.

Cette méthode consiste à l'utilisation du extrait de deux plante, l'extrait de *Moringa oleifera* et l'extrait de *Elettaria cardamomum*.

L'extrait de *Moringa oleifera* testée est plus efficace contre les adultes de *Tribolium castaneum* comparativement avec l'extrait de *Elettaria cardamomum* . La toxicité de ces plantes varie selon la dose utilisée et la durée de traitement.

Dans certains cas, les résultats étaient similaires ou meilleurs car l'insecte était affecté par la dose, le temps d'exposition, la manière dont l'activité insecticide de l'extrait végétale était démontrée et les espèces de plantes produisant l'extrait végétale.

En Perspectives, il serait souhaitable d'utiliser d'autres modes d'utilisation des plantes médicinales à effets insecticides tels que l'extraction huileuse. Ses insecticides d'origine botanique peuvent se substituer aux insecticides chimiques dans le domaine de la lutte contre les insectes ravageurs des céréales stockées. Toutefois il serait préférable de les tester dans les entrepôts des stockages tout en insistant que le meilleur moyen de protection des céréales stockées soit la prévention (conditions de stockage).

Références

Bibliographiques

- 1.. **A. Nour & L. Brinis 2016** Asma Nour & Louhichi Brinis Effet du stockage sur la vigueur et la viabilité des semences de deux variétés de blé dur (*Triticum durum*, Desf) Rev. Sci. Technol., Synthèse 32: 22 -29 (2016)

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. **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)

4. **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.

5. **AL NACIRIYA** La conservation du blé dans l'Algérie de l'époque ottomane , Journal of sociological and historical Studies pp. 884-899 Vol. 10, N°2, Décembre 2019

6. **ANWAR et al 2007** Anwar, F., Sajid L., Muhammad A., & Anwarul H. G. (2007). *Moringa Oleifera*: A Food Plant with Multiple Medicinal Uses. Phytotherapy Research, 21, (1), 17-25.

7. **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.

8. **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.

9. **BICHI 2013** Mustapha Hassan Bichi, A Review of the Applications of *Moringa oleifera* Seeds Extract in Water Treatment , Civil and Environmental Research ISSN 2224-5790 (Paper) ISSN 2225-0514 (Online) Vol.3, No.8, 2013

- 10. BOUSQUET, 1990** Bousquet Y., 1990- Beetles associated with stored products in Canada: An identification guide. Agriculture and Agri-Food Canada.
- 11. BULLEN, 2007** Bullen K., 2007- Insect Control in Stored Grain, DPI&F, Plant Science, Toowoomba, Queensland the Smart State.
- 12. CAMARA, 2009** CAMARA,A.2009.lutte contre *sitophilus oryzae* L.(colioptere : curculionidae) et *Tribolium castaneum* herbest (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.
- 13. 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.
- 14. 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.
- 15. 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.
- 16. 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.
- 17. DJIDEL et al.2018** DJIDEL Asma, DAGHBOUCHE Selma , BENRIMA Atika et DJAZOULI Zahr-Eddine; evaluation de l'activité insecticide de l'extrait aqueux brut de la fabacae *Cytisus triflorus* l'her à l'égard de *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae), Revue Agrobiologia (2018) 8(2): 1093-1102
- 18. 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-farine-Tribolium-castaneum-élevage-utilisations>.

- 19. 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
- 20. DOUMAINDI et al., 2003** Doumandji A., Doumandji-mitiche B., Salaheddine D. (2003). Cours de technologie des cereales technologie de transformation des blés et problèmes dus aux insectes au stockage. Office des Publications Universitaires, p: 1-22.
- 21. Drame BSI et al, 2022** Boubacar Sidiki I DRAME, Adama KONE ; Sow Djénéba SYLLA ; Yaya GOITA ; Djibril Mamadou COULIBALY, Rokia SANOGO, Bakary M CISSE ; Capacité anti oxydante des feuilles du *Moringa Oleifera* chez les diabétiques de type 2. Health Sci. Dis: Vol 23 (3) March 2022 pp 136-144.
- 22. FAHEY 2005** fahey j.w 2005 ; *Moringa oleifera* : Un examen des preuves médicales pour ses propriétés nutritionnelles, therapeutiques, et prophylactiques partie 1.
- 23. FOIDL et al 2001** ;Foidl, N .Makkar H,P,S ; Becker,K 2001 . le potentiel de *Moringa oleifera* pour les utilisations agricoles et industrielles
- 24. Goudarzvand chegini et Abbasipour 2017** Samira Goudarzvand Chegini & Habib Abbasipour Chemical composition and insecticidal effects of the essential oil of cardamom *Elettaria cardamomum* on the tomato leaf miner, Tuta absoluta ISSN: 1556-9543 (Print) 1556-9551 (Online) Journal homepage: <https://www.tandfonline.com/loi/itxr20>
- 25. 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.
- 26. HAYMA, 2003** Hayma J., 2003 - The storage of tropical agricultural products. Agrodok No. 31. Agromisa Foundation, Wageningen, Netherlands.
- 27. HEDHILI 2021;** Amel HEDHILI, These de doctorat. Aliments supplémentés en *Moringa oleifera* en Afrique du Sud: Une approche multidisciplinaire combinant études consommateurs et analyses physicochimiques et nutritionnelles

- 28. 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.
- 29. INPN.** Inventaire national du patrimoine naturel.
- 30. ISMAN, 2006** Isman M.B., 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Ann. Rev. Entomol.*, 51, 45-66.
- 31. J.-B. Huchet 2017**, Jean-Bernard Huchet ; Le Coléoptère, la Graine et l'Archéologue : approche archéontomologique de quelques ravageurs des denrées stockées
- 32. K. Ashokkumar, et al ,2020** Kaliyaperumal Ashokkumara,, Muthusamy Murugana , M.K. Dhanyaa , Thomas D. Warkentin ; Botany, traditional uses, phytochemistry and biological activities of cardamom [*Elettaria cardamomum* (L.) Maton] – A critical review *Journal of Ethnopharmacology* 246 (2020) 112244
- 33. 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
- 34. Kemassi et al 2019** A. Kemassi, A. Herouini, S. A. Hadj, R. Cherif, M. D. Ould Elhadj. 2019. Effet insecticide des extraits aqueux d'*Euphorbia guyoniana* (Euphorbiaceae) récoltée dans Oued Sebseb (Sahara Algérien) sur le *Tribolium castaneum*. *Journal Scientifique Libanais*. 20(1) : 55-70.
- 35. 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.
- 36. LYON, 2000** Lyon W.F., 2000- Confused and Red Flour Beetles. Ohio State University Extension Fact Sheet.HYG-2087-97.
- 37. 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 Agronomiques EL-HARRACH-ALGER.

38. Mano et Nana 2022 ,Elias MANO et Jules NANA Bio efficacité et innocuité de bioinsecticides à base de poudres de *Balanites aegyptiaca* L. Drel. et de *Moringa oleifera* Lam. sur *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera : Noctuidae) et ses ennemis naturels Journal of Applied Biosciences 175: 18171 – 18181 ISSN 1997-5902

39. 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.

40. MEDA 2011, Nâbal Berenger meda ; Etude comparative des systèmes d'irrigation goutte à goutte et d'aspersion sur la production de *Moringa oleifera* dans la commune de Dano ;theme du diplome d'ingenieur du developpement rural

41. 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.

42. PEREZ-MENDOZA, 2007 Perez-Mendoza J., 2007- When Do Red Flour Beetles Fly?, Integrated Pest Management, rev, IPM update,usa

43. RAMADE, 2007 Ramade F., 2007- Introduction à l'écotoxicologie: Fondement et Application. Ed. Tec et Doc.,p 618.

44. 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.

45. REES, 2004 Rees D., 2004- Insect of Stored Products, CSIRO Publishing, Canberra, Australia

- 46. 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
- 47. 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.
- 48. SCOTTI, 1978** Scotti G., 1978. Les insectes et les acariens des céréales stockées. AFNOR-I.T.F.C , 238 p
- 49. SOKOLOFF, 1974** Sokoloff A., 1974- The Biology of Tribolium: With Special Emphasis on Genetic Aspects. Vol. 2. Clarendon Press, Oxford
- 50. SHAHZAD 2015** Dr Shahzad Basra, L'utilisation de l'extrait de feuilles de Moringa comme un activateur de la croissance des cultures efficace et facile
- 51. 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.
- 52. STASAIID et DJAZOULI, 2023 ;** STASAIID Fatma Zohra et DJAZOULI Zahr-Eddine. formulation d'un biostimulant À base de l'extrait aqueux des feuilles de *Moringa oleifera* : cas de la stimulation de la germination des graines d'*atriplex halimus* . Revue Agrobiologia (2023) 13(1): 3523-3535
- 53. 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 KwazuluNatal. Journal of Family Ecology and Consumer Sciences, 32: 8-15
- 54. TRADE INDIA.COM** High Quality Green Cardamom *Elettaria Cardamom* Fruits Admixture, TradeIndia, Disponible sur : www.tradeindia.com/products/high-quality-green-cardamom-elettaria-cardamom-fruits-6502263.html (Consulté le : 16 08 2023).
- 55. 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*

progeny production of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). J.Econ.Entomol., 94: 978-983.

56. 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

57. VAIVANIJKUL, 1973 Vaivanijskul P., 1973- Die mit Tapioka nach Deutschland eingeschleppten Vorratsschädlinge und ihre Bedeutung für die Lagerhaltung. Entomol. Mitt. Zool. Mus. Hamburg, 4, 351-394.

58. YAHYAZADEH et al ,2021 ; Roghayeh Yahyazadeh , Mahboobeh Ghasemzadeh Rahbardar , Bibi Marjan Razavi , Gholamreza Karimi , Hossein Hosseinzadeh . The effect of *Elettaria cardamomum* (cardamom) on the metabolic syndrome: Narrative review, w. Iran J BasicMedSci2021;24:14621469.doi:<https://dx.doi.org/10.22038/IJBMS.2021.54417.1228>

59. 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

ANNEXE

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