

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA

FACULTE DES SCIENCES AGRO-VETERINAIRES  
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

Projet de fin d'étude en vue de  
l'obtention du diplôme de master académique en sciences de la  
nature et de la vie

Option : phytopharmacie appliquée

**Effet insecticide de *Bacillus thuringiensis* (Bacillales) sur *Sitophilus oryzae* L (Coléoptères ;Curculionidae).**

**Présenté par : AZZOUZ Djihad**

Devant le jury composé de :

<b>Mme BENS Aid.F.</b>	M.A.A.	U.S.D.B.	Présidente
<b>Mme. AMMAD.F.</b>	M.A.A.	U.S.D.B.	Promotrice
<b>Mme.BELGUENDOZ.R.</b>	M .A.A.	U.S.D.B.	Examinatrice
<b>Mme .DJENAS.K.</b>	M.A.A.	U.S.D.B.	Examinatrice

# REMERCIEMENTS

*Je tiens à remercier le dieu de m'avoir donné la force et le courage nécessaire pour réaliser ce travail*

*Toute ma gratitude à Mme Ammad F pour son encadrement, ses nombreux conseils, et son soutien constant tout au long de la réalisation de mon travail*

*Mme Bensaid F qui m'a fait l'honneur de présider le jury à qui je m'adresse mon sincère gratitude*

*Mme Belguendouz R et Mme Djenas K pour avoir bien voulu examiner et juger ce modeste travail*

*Je tiens à remercier tous le personnel au sein de l'institut national spécialisé de formation professionnelle en industrie agro-alimentaire de Sidi Abd el Kader*

# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents en  
particuliers ma mère que dieu me les garde*

*A mes sœurs et frères : Khaira, Fatiha, Malika, Houria,  
Selma, Islam, Fouad*

*A tous mes neveux et nièces*

*A mes oncles, mes tantes, mes cousins et cousines et à toute  
ma famille*

*A toutes mes amies que je les aime : Zoli, Assoum, Sakura,  
Yasmina, Khawla, Sousou, Bissa*

*A toutes mes copines de la promotion 2008 de  
phytopharmacie appliquée*

*Djihad .....*

# SOMMAIRE

Remercîments	
Dédicaces	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux et des figures	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Introduction générale	1
<b>Chapitre I : le blé tendre</b>	<b>3</b>
I.1.Importance des céréales	3
I.1.1.Dans le monde	3
I.1.2. En Algérie	3
I.2. Origine et Historique de blé	5
I.3.Description et caractères botaniques du blé tendre	6
I.4. Stockage de blé	8
I.5. Mécanisme d'altération	10
<b>Chapitre II : présentation du ravageur</b>	<b>14</b>
II.1. Présentation de <i>Sitophilus oryzae</i> L.	14
II.2. Les effets néfastes de détérioration des grains	18
II.3. Méthodes de lutte contre les insectes des denrées stockées	18
Chapitre III : Aperçu général sur Le <i>Bacillus thuringiensis</i>	20
Chapitre IV : Matériel et méthodes	24
IV.1. Objectif	24
IV.2. Matériel d'étude	24
IV.4. Evaluation de la toxicité des traitements ( <i>Bacillus thuringiensis</i> ) sur la population de <i>Sitophilus oryzae</i> L	26
IV.5. Application des traitements	27
IV.6. Estimation de la toxicité des traitements	28
IV.7. Analyse statistique des résultats	30
Chapitre V : Résultats et interprétation	32
Chapitre VI :Discussion	42
Conclusion	47
Table des matières	
Références bibliographiques	
Annexes	

## Liste des abréviations

**BT** : *Bacillus thuringiensis*.

**CERSTRA** : Centre de Recherche Scientifique et Technique des Régions Arides.

**D** : dose.

**DL50** : dose létale pour tuer 50% de la population.

**GLM** : Modèle Générale Linéaire.

**ha** : hectare.

**HR** : humidité relative.

**INSFP** : Institut National Spécialisé en Formation Professionnelle.

**ITGC** : Institut Technique des Grandes Cultures.

**MA** : matière active.

**MADR** : Ministère de l'agriculture et du Développement Rural.

**O<sub>2</sub>** : oxygène.

**PR** : population résiduelle.

**SAU** : Superficie Agricole Utile.

**UE** : Union Européenne.

**USA** : United States American.

**USDA** : United States Department of Agriculture.

## Liste des figures et des tableaux

<b>Figure I.1.</b> : Coupe d'un grain de blé	7
<b>Figure I.2.</b> : Ecosystème du grain stocké.	9
<b>Figure I.3.</b> : Diagramme de conservation des céréales.	12
<b>Figure II.1.</b> : Les différents stades biologiques de <i>S.oryzae</i> L.	17
<b>Figure II.2.</b> : Trou de ponte de <i>S.oryzae</i> L.	17
<b>Figure II.3.</b> : Dégâts de <i>S.oryzae</i> sur le blé tendre.	18
<b>Figure III.1.</b> : <i>Bacillus thuringiensis</i> sous microscope	21
<b>Figure III.2.</b> : Cycle biologique de <i>Bacillus thuringiensis</i> .	22
<b>Figure III.3.</b> : Mode d'action des endotoxines de <i>Bacillus thuringiensis</i> .	23
<b>Figure IV.1.</b> : Etuve d'élevage de <i>S.oryzae</i> L.	25
<b>Figure IV.2.</b> : Compression des capsules	26
<b>Figure IV.3.</b> : Activité insecticide de <i>Bacillus thuringiensis</i> par ingestion	27
<b>Figure IV.4.</b> : Activité insecticide de <i>Bacillus thuringiensis</i> par contact.	28
<b>Figure v.1.</b> : Evolution temporelle de population résiduelle de <i>S.oryzae</i> traité par <i>Bacillus thuringiensis</i> par contact.	33
<b>Figure v.2.</b> : Evolution temporelle de population résiduelle de <i>S.oryzae</i> traité par <i>Bacillus thuringiensis</i> par ingestion.	34
<b>Figure v.3.</b> : Analyse en composante principales(A.C.P) des différentes doses par contact sur les populations résiduelles de <i>S.oryzae</i> .	35
<b>Figure v.4.</b> : Analyse en composante principales(A.C.P) des différentes doses par ingestion sur les populations résiduelles de <i>S.oryzae</i> .	36
<b>Figure v.5.</b> : Population résiduelle comparée de <i>S.oryzae</i> selon les traitements et la période de suivi par contact.	37
<b>Figure v.6.</b> : Graphe du modèle ANOVA appliqué à l'interaction périodes /doses sur <i>S.oryzae</i> par contact.	38
<b>Figure v.7.</b> : Population résiduelle comparée de <i>S.oryzae</i> selon les traitements et la période de suivi par ingestion.	39
<b>Figure v.8.</b> : Graphe du modèle ANOVA appliqué à l'interaction périodes /doses sur <i>S.oryzae</i> par ingestion	40
<b>Figure v.9.</b> : Variation temporelle de doses létales 50 des doses appliquées a base de <i>Bacillus thuringiensis</i> par contact et ingestion.	41

## EFFET INSECTICIDE DE *BACILLUS THURINGIENSIS* SUR *SITOPHILUS ORYZAE L.*

### Résumé

L'étude a porté sur l'évaluation de l'efficacité insecticide d'un biopesticide d'origine microbienne (à base de *Bacillus thuringiensis*) sur les jeunes adultes de charançon de riz (*Sitophilus oryzae L.*).

La matière active du biopesticide étudié sur les individus de *S.oryzae L* a montré un effet toxique important de *Bacillus thuringiensis* appliqué par mode contact (PR= 3%) comparé à celui par mode ingestion (PR=65%), les doses létales DL50 (0,24g /l) du premier mode s'est montré très efficace le long du suivi par rapport au deuxième mode DL50 (6,10g).

Les résultats de cette étude ont montré que la toxicité des différents traitements évolue avec l'augmentation de la concentration des doses (D1, D2, D3) appliquées et une efficacité relativement progressive par rapport au temps.

#### Mots clés:

*Sitophilus oryzae L.*, *Bacillus thuringiensis*, effet insecticide, contact, ingestion.DL50.PR

# INSECTICIDE EFFECT OF *BACILLUS THURINGIENSIS* ON *SITOPHILUS ORYZAE* L.

## Summary

The study is focused on evaluating the effectiveness of an insecticide a microbial biopesticide (based on *Bacillus thuringiensis*) on young adults of rice weevil (*Sitophilus oryzae* L).

The active ingredient biopesticide studied on the individuals *S.oryzae* L showed a significant toxic effect *Bacillus thuringiensis* applied by contact(PR=3%) compared to ingestion mode(PR=65%), the lethal dose DL50(0,24g/l) of the first mode is shown very effective along the monitoring, comparing by the second mode DL50(6,10g).

The results of this study showed that the toxicity of different treatments evolves with increasing concentration of applied doses (D1, D2, and D3) and a relatively progressive effectiveness over time.

## Keywords:

*Sitophilus oryzae* L, *Bacillus thuringiensis*, insecticidal, contact, ingestion. DL50

تأثير المبيدات الحشرية *Bacillus thuringiensis* على سوسة الرز *Sitophilus oryzae* L.

### ملخص

ركزت الدراسة على تقييم فعالية المبيدات الحيوية *Bacillus thuringiensis* على سوسة الرز *Sitophilus oryzae* L

المادة الفعالة ل *Bacillus thuringiensis* أبدت تأثيرا ساما مهما عن طريق الاتصال (PR=3%) مقارنة بطريقة الابتلاع (PR=65%).

الجرعة DL50(0,24 g /l) عن طريق الاتصال أظهرت فعالية جيدة طول فترة المتابعة. مقارنة بالجرعة DL50(6,10 g ) عن طريق الابتلاع.

وضحت نتائج هذه الدراسة سُمية مُختلف أنواع العلاج (D1, D2, D3) مع تزايد تركيز الجرعات المُطبقة و فعاليتها نسبيا مع مرور الوقت.

### كلمات البحث :

- تأثير المُضاد الحشري، الابتلاع، الاتصال. DL50, *Bacillus thuringiensis*, *Sitophilus oryzae* L.

## INTRODUCTION GENERALE

Les graines de céréales constituent, depuis toujours, la principale ressource alimentaire de l'Homme et de l'animal et possèdent un pouvoir nutritionnel important. Dans la plupart des cas, la production des céréales est assurée par une seule récolte dans l'année alors que la consommation est prolongée toute au long de l'année, d'où la nécessité du stockage.

Malheureusement, de nombreux agents de détériorations (vertébrés, insectes, moisissures, acariens) sont la cause de la perte d'une grande partie des récoltes de céréales (Pfohl-Ileszkowicz, 1999).

Les pertes les plus importantes sont causées par différentes espèces de coléoptères, lépidoptères et acariens (Alzouma *et al.*, 1994; Fleurat-Lessard, 1989). 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 (Markham *et al.*, 1994).

La lutte biologique, précisément par utilisation de micro-organismes, entomopathogènes est une alternative très prometteuse pour assurer une protection phytosanitaire performante de par l'ubiquité naturelle des agents microbiologiques dans les écosystèmes, leur grande variété, leur dissémination facile, leur spécificité d'action et aussi leur persistance dans l'environnement. Les micro-organismes utilisés en lutte microbiologique appartiennent à plusieurs taxons à savoir les virus, les bactéries, les micro-champignons, les nématodes et les protozoaires.

Ils sont naturellement présents dans l'environnement (sol, air, eau) et infectent généralement leur hôte soit par ingestion ou par contact. Le pathogène se multiplie dans l'hôte en lui causant des dommages par destruction des tissus, par septicémie ou toxémie entraînant sa mort plus ou moins immédiate.

Un fort intérêt pour les biopesticides s'est développé (Watkinson, 1994). Plus de 250 biopesticides sont vendus dans le monde dont 80 % sont à base de *Bacillus thuringiensis* (Bt) (Mark E. Whalon, 2003). Le biopesticide d'origine microbienne qui a connu le plus grand succès commercial, le *Bacillus thuringiensis* occupe cette dernière décennie environ 1,5% du marché mondial des insecticides.

D'autre part, l'histoire de *Bacillus thuringiensis*, utilisé comme alternative ou en complément des pesticides synthétiques chimiques en agriculture, est maintenant l'agent de lutte biologique le plus utilisé dans le monde.

Dans ce contexte, la présente étude rentre dans le cadre de la recherche et la valorisation des microorganismes d'origine microbienne pouvant présenter des effets pesticides. Elle a pour objectifs de mettre au point des méthodes de lutte intégrées efficaces et facilement utilisables par les stockeurs.

Ce travail est basé sur l'étude de l'effet insecticide d'un biopesticide à base de *Bacillus thuringiensis* à travers deux modes d'action et avec les différentes concentrations testés vis-à-vis un ravageur primaire des denrées stockées (*Sitophilus oryzae*)

A travers ce travail notre objectif est : répondre aux hypothèses suivantes :

- *Bacillus thuringiensis* assure t'il une efficacité insecticide sur le charançon du riz en fonction du temps d'exposition et la dose testée?
- Quel est le mode de traitement le plus efficace, par ingestion ou par contact ?

## Chapitre I : Présentation du blé tendre

### I.1.Importance des céréales :

#### I.1.1.Dans le monde :

Le potentiel de production de céréales se trouve toute fois inégalement réparti à travers les continents, les régions et les pays. Cette situation est aggravée par l'irrégularité des climats ces dernières années et par le niveau de la technologie de production. Il en résulte de fortes disparités exposant les pays moins développés à des crises alimentaires récurrentes voir à des famines. En 2010, la production mondiale de céréales s'est élevée à 2 187,5 millions de tonnes (tableau I.1.), en recule de 2% par rapport à la campagne précédente à cause d'une canicule et d'une sécheresse exceptionnel qui a affecté le géant de la production céréalière : la Russie (Anonyme .2011).

**Tableau I.1.** : Production mondiale de céréales en 2010/2011, unité : Millions de tonnes (Anonyme, 2011).

Pays	Production	%	Rendement (t/ha)
USA	399,9	18,7	7,00
CANADA	45,2	2,1	3,50
ARGENTINE	45,6	2,1	4,80
AUSTRALIE	41,5	1,9	2,13
CHINE	427,8	19,6	4,87
INDE	217,3	9,9	2,17
RUSSIE	26,9	2,9	1,58
UKRANIE	37,9	1,7	2,69
UE	276,3	12,6	4,91
MONDE	2 187,5	100	3,17

La demande étant continuellement en hausse, la baisse de l'offre mondiale entraine une augmentation des prix des échanges mondiaux. Les conditions de production de céréales sont fort variables à travers le monde, en fonction des divers facteurs : sols, climat, degré de mécanisation, disponibilités en intrants, cela se

traduit par des rendements céréaliers moyens très différents d'un pays à l'autre, même ces rendements sont également des proportions des diverses cultures céréalières pratiquées (Anonyme, 2011).

### **I.1.2. En Algérie :**

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

La production des céréales, jachère comprise, occupe environ 80% de la superficie agricole utile (SAU) du pays, La superficie emblavée annuellement en céréales se situe entre 3 et 3,5 millions d'ha. Les superficies annuellement récoltées représentent 63% des emblavures. Elle apparaît donc comme une spéculation dominante (Djermoun ,2009).

Les grandes cultures et plus précisément les cultures céréalières ont été, et resteront vraisemblablement pendant longtemps encore, les spéculations prédominantes de l'agriculture algérienne. Le blé dur, le blé tendre et l'orge sont les espèces les plus importantes et détiennent pratiquement la majorité des superficies et des productions céréalières.

D'après le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR, 2010), dans un système biennal dominant jachère–céréale la superficie s'étend sur près de (06) six millions d'hectares. Toutefois, pour la campagne 2009/2010, la superficie cultivée en céréales est de 3,3 millions d'hectares soit 37,7% de la SAU (tableau I.2.), avec une surface à potentiel avéré de 1,2 millions d'hectares, qui englobe la majorité des wilayas du nord de l'Algérie, soit 33 wilayas.

**Tableau I.2. :** Répartition des superficies emblavées (ha) selon les régions.  
(Anonyme, 2010)

Régions	Superficie Emblavée (ha)	Taux (%)
Ouest	1 303 206	39,22
Centre	539 028	16,22
Est	1395785	42
Sud	84149	2,43
<b>Total</b>	<b>3 322 168</b>	<b>99,87</b>

En Algérie, le blé constitue de loin la céréale la plus cultivée (Benbelkacem et Kellou,2000). Le tableau ci-dessous indique la place et l'importance de chaque céréale, et montre que le blé dur couvre 40 % de la superficie consacrées à la céréaliculture, le rendement est faible et irrégulier de l'ordre 14 q/ha et l'importation est forte pour la variété de blé tendre.

**Tableau I. 3. :** Superficie, production, rendement et importation des différentes céréales en Algérie (Anonyme, 2010).

Espèces	Sup emblavée (ha)	Sup récoltée (ha)	Production (q)	Rendement (q/ha)	Importation (q)	Taux (%)
Blé dur	1 343 712	1 181 893	18 070 645	15,29	9 353 506	33
Blé tendre	608 340	573 593	7 956 688	13,87	18 971 753	67
Orge	1 286 446	1 018 084	13 091 407	12,86	0,6	0
Avoine	83 670	81 649	883 208	10,82	0	0
Total	3 322 168	2 855 219	40 001 948	14,01	28 325 259,6	100

## I.2. Origine et Historique de blé :

L'histoire de l'homme et celle des plantes cultivées constituent un ensemble d'interactions continues dans le temps et l'espace (Bonjean et Picard ,1990). Au néolithique le passage des premiers groupements humains de l'état de chasseurs - cueilleurs d'une civilisation de nomades à celle d'agriculteurs sédentarisées est le résultat de la domestication progressive de graminées cultivées dont la plus ancienne semble être le blé dur (Feillet, 2000).

Le blé est l'une des premières espèces cueillies et cultivées par l'homme au proche Orient, il y a environ 10.000 à 15.000 ans avant J.C (Hervé, 1979) .Des restes de blés, diploïde et tétraploïde, ont été découverts sur des sites archéologiques au proche Orient d'après Harlan (1975) et on croit que le blé dur provient des territoires de la Turquie, de la Syrie, de l'Iraq et de l'Iran selon Feldmen (2001).

La culture du blé s'est diffusée vers le Nord-Ouest par les plaines côtières du bassin méditerranéen puis en suivant la vallée du Danube (Allemagne) pour arriver à la vallée du Rhin (France) entre 5000 et 6000 avant J.C. selon Feldman (2001).

### **I.3. Description et caractères botaniques du blé tendre :**

#### **I.3.1. Position systématique :**

D'après Chadeaud et Emberger (1960), Prats (1960) et Feillet (2000), la position taxonomique du blé tendre est la suivante :

- Règne: *Plantae* (Règne végétale)
- Division *Magnoliophyta* (Angiospermes)
- Classe: *Liliopsida* (Monocotylédones)
- S/ Classe: *Commelinidae*
- Ordre: *Poale*
- Famille: *Poaceae* (ex : Graminées)
- S/ Famille: *Triticeae*
- Tribu: *Triticinae* (Triticées)
- S/Tribu: *Triticinae*
- Genre: *Triticum*
- Espèce: ***Triticum aestivum* L / *Triticum vulgare***

#### **I.3.2. Le cycle végétatif du blé :**

Le cycle évolutif d'une céréale peut diviser en deux grandes périodes :

- Une période végétative :

Cette période s'étend de la germination au tallage, elle est marquée par la production de racines, feuilles et tiges, Cette dernière elle-même englobe trois stades principaux (Boufenar- Zaghouane et Zaghouane, 2006):

- ✓ Phase semis-levée
- ✓ Phase levée-début tallage
- ✓ Phase début tallage- début montaison

- Une période reproductrice :

Cette phase est marquée par une différenciation de l'ébauche d'épillet sur l'apex, et aussi une différenciation des pièces florales: glumelles (inférieure et

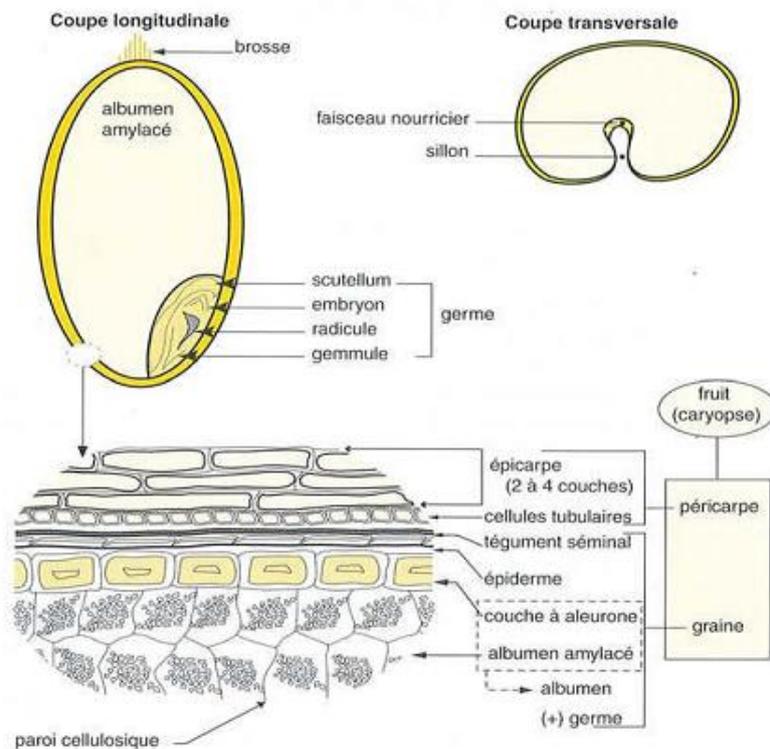
supérieure); organes sexuels (étamines et stigmat); et enfin l'apparition des épis et des fleurs (Boufenar- Zaghouane et Zaghouane, 2006).

- La période de maturation : Constitue une troisième période chez certains auteurs.

### **I.3.3.Structure du grain de blé tendre :**

Le grain de blé se compose d'un certain nombre de tissus avec des structures et des compositions spécifiques comme il est illustré dans la figure I.1. Le grain de blé est formé de trois parties : l'enveloppe ou le son (13 %), l'albumen (84 %) et le germe (3 %) (Boudreau et Ménard, 1992).

Physiologiquement, le grain des poacées est un caryopse blanc ou roux, ovoïde, pesant de 35 à 45 mg (le grain est soudé aux parois de l'ovaire) jouant le rôle d'un fruit renferment une graine, (cotylédon qui représente 82 à 85% du grain) (Godon, 1991). L'espèce *Triticum vulgare* est composée de trois parties essentielles (l'enveloppe, l'amande farineuse et le germe). Chacune de ces parties est formée de réseaux très complexes qui font encore l'objet de nombreuses recherches (Cheftel et Cheftel, 1977).Le germe qui donne la plantule, l'amande appelée endosperme ou albumen, tissu de stockage qui fournit au germe les réserves nécessaires pour sa croissance et les enveloppes protectrices sont composées par la paroi de la graine (testa) et par la paroi du fruit (péricarpe) (Doumanji *et al.* 2003).



**Figure I.1. :** Coupe d'un grain de blé (Feillet, 2000).

#### **I.3.4. La valeur nutritionnelle de blé tendre :**

Le grain de blé c'est un organisme structuré et de composition complexe qui présente une importance technologique particulière du fait que c'est la seule céréale qui renferme le gluten, protéine aux caractéristiques plastique permettant la fabrication d'une gamme variée de produits : biscuits, pain, biscotte, pâte et couscous.

Le blé est donc caractérisé par une valeur nutritionnelle que le stockeur tend à conserver au cours de stockage (Fourar, 1987).

#### **I.4. Stockage de blé :**

La consommation quotidienne est assurée par une seule récolte, quelque fois deux dans l'année (David in Multon, 1982) d'où la nécessité du stockage. On utilise aussi les grains stockés pour la culture de la saison suivante come des semences.

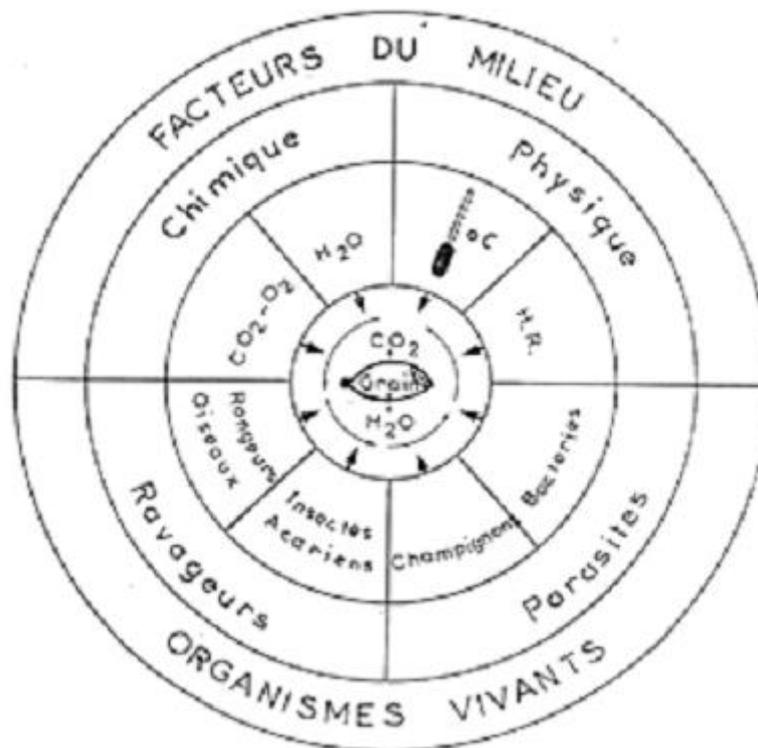
Les premiers systèmes de stockage étaient de grands paniers faites de roseaux ou fioles d'argile qui sont immergés dans le sol (Druvefors, 2004) ainsi que

des puits, des paniers, des structures de bois ou de boue et des puits garnis de paille sont utiliser (Reed, 1992).

Le but des technologies de conservation est de préservé par tous les moyens appropriés l'intégrité des principales qualités des grains et graines (Multon, 1982), qui ne peut pas être améliorée pendant le stockage (Chawla, 1984).

Les céréales stockées constituent un biotope en équilibre instable qui peut être détruit par l'action de tout agent physique ou biotique (Figure I.2.) L'écologie du stockage consiste à étudier les interactions entre les divers organismes biotiques et leur milieu. Selon Cangardel in : (Sigaut, 1980), les agressions peuvent être d'ordre :

- Enzymatique (Hydrolase).
- Chimique ou biochimique (dénaturation des protéines et des acides nucléiques, destruction des vitamines et les oxydations non enzymatique
- Mécaniques (fissures).
- Biotique (consommation alimentaire, contamination, accumulation de gaz carbonique et de chaleur par les insectes ou les micro-organismes).
- Abiotique (atmosphère inter-granulaire, température, humidité relative).



**Figure I.2. :** Ecosystème du grain stocké (Sigaut, 1980).

#### **I.4.1.Le stockage traditionnel:**

Le paysan Algérien par exemple, sur les Hauts plateaux, conservait tant bien que mal, le produit de ses champs d'orge et de blé, dans des enceintes dans un sol argileux généralement à un endroit surélevé ou proche de la ferme. C'est ce qu'on appelle (EL matmour), cette technique archaïque peut être encore utilisée dans certains régions isolées (Doumandji *et al.* 2003).

#### **I.4.2.Le stockage en gerbe :**

C'est la méthode traditionnelle appliquée depuis de haut moyen âge au moins dans presque toute l'Europe non méditerranéenne. Les gerbes sont entassé en plain air, le grain est à l'abri de l'échauffement et du charançon (Sigaut, 1963 ; Multon, 1982).

#### **I.4.3.Le stockage du blé en vrac :**

Les grains en tas sont laissés à l'air libre sous des hangars ouverts à charpente métallique. Malheureusement les contaminations sont possibles d'autant plus que dans ce type de construction, il demeure toujours des espèces entre les murs et les toits et le libre passage des insectes est permis (Doumanji ,1977). Dans ce type de stockage la hauteur du tas ne doit pas être assez grande pour pouvoir traiter le produit stocké par fumigation.

#### **I.4.4.Le stockage du blé en silo :**

C'est une nouvelle méthode pour le stockage des grains elle est efficace et diminue les dégâts, ce qui limite l'attaque des ravageurs (Jard, 1995). Ce 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 cellules. L'emploi des silos réduit la main d'œuvre, augmente l'aire de stockage et supprime l'utilisation des sacs onéreux. Toute livraison peut être suivie en temps réel et les relevés de poids délivrés peuvent être édités automatiquement (Duron, 1989).

#### **I.4.5.Le stockage du blé en épi :**

Le stockage en épi est une technique très répandue pour toutes sortes de céréales dans le monde. Il demande bien moins de volume que le stockage en gerbes, d'où un cout moindre en bâtiments et par conséquence le contrôle de l'ambiance du stockage est plus facile (Multon, 1982).

## **I.5. Mécanisme d'altération :**

### **I.5.1. Les facteurs d'altération :**

Les principaux facteurs qui conditionnent l'ampleur de ces diverses altérations sont : Le temps, l'humidité du grain, la température du grain et l'oxygène.

#### **I.5.1.1. Temps :**

C'est le facteur prépondérant qui conditionne la durée des dégradations. Plus un grain humide n'a pas encore subi un traitement, plus il se dégrade, il convient donc d'agir le plus rapidement possible après la récolte pour mettre ce grain dans des bonnes conditions de stockage.

#### **I.5.1.2. Température :**

Les grains sont des mauvais conducteurs thermiques. Ainsi la chaleur engendrée dans la masse de grain en stock est difficilement évacuée. Les élévations de température résultantes sont parfois fortes et localisées. Les gradients de températures ainsi créés engendrent un double transfert de chaleur et de vapeur d'eau de la plus chaude vers les zones froides (Gough *et al* , 1987).

Cependant, il convient d'ajouter que plus la température est élevée, plus les réactions d'altérations sont rapides et leur évolution dépend du milieu. La composition de l'atmosphère inter-granulaire intervient sur la nature du métabolisme (aérobie ou anaérobie) et au niveau des réactions dont la vitesse est liée à l'état du stock. Les changements enregistrés dans le grain ou produit dérivé sont liés aux causes d'altération qui sont de types variés (Kossou et Aho, 1993).

La détérioration touche principalement les processus biochimiques et enzymatiques. Les insectes exigent pour se développer une fourchette de température se situant généralement entre 12 et 40°C. Au-dessous du seuil de température, ils cessent toute activité et entrent en léthargie (Fleurat-Lessard, 1989).

#### **I.5.1.3. Humidité :**

Le grain contient toujours un certain pourcentage d'eau qui varie considérablement avec la date, les techniques de récolte et les conditions climatiques à l'approche de la maturité. La teneur en eau est relativement faible dans les pays tropicaux et subtropicaux (zone sèche) et élevée dans les pays tempérés, continentaux ou tropicaux humides où la température varie également dans les limites assez larges (variation saisonnière) (Farjan, 1983).

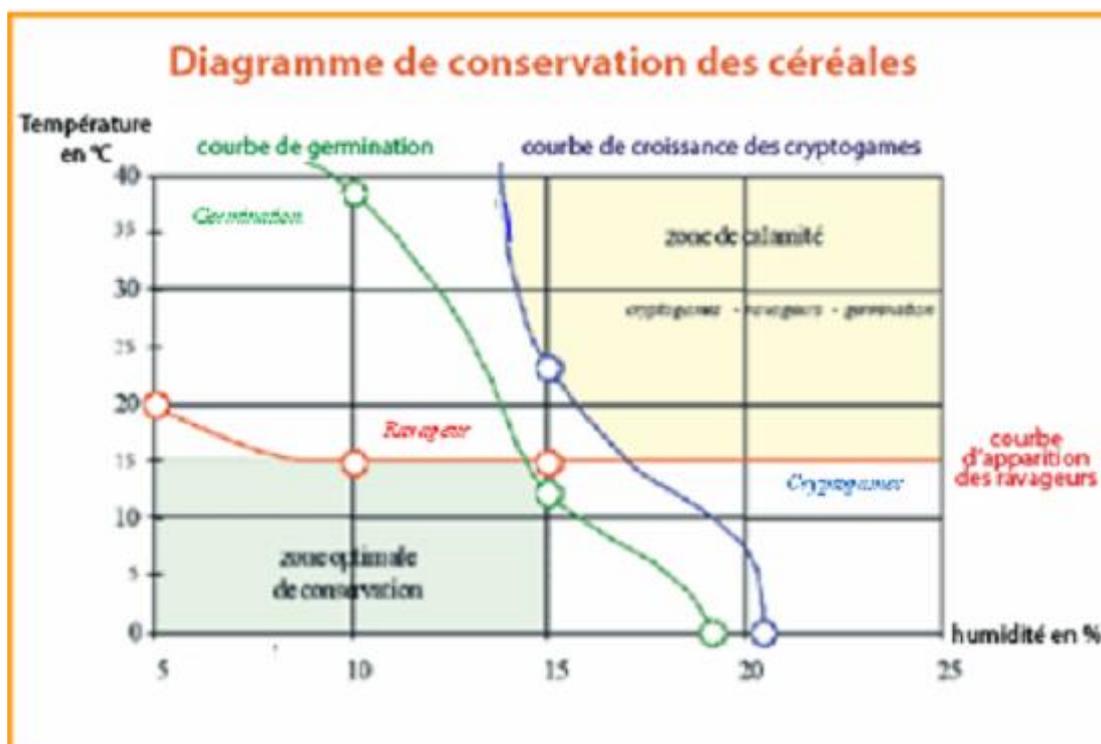
De plus, Cahagnier et Fleurat-Lessard (2002) mentionnent que le grain ne peut se conserver longtemps que si son humidité est basse et située au-dessous du

seuil limite d'apparition d'eau libre dite "solvante" qui favorise le développement des moisissures, est aussi appelée "teneur en eau de sauvegarde". Pour les céréales, la limite d'activité de l'eau ou seuil de sauvegarde, est à 0.70 (soit 70% d'humidité relative à l'équilibre). Cela correspond à une teneur en eau des céréales de l'ordre de 14%.

#### I.5.1.4.Oxygène :

Les effets de son absence ont conduit à certaines applications en matière de stockage et de conservation des céréales. Lorsque l'humidité relative de l'atmosphère interne est excessive l'évolution des insectes et des moisissures est arrêtée ; par contre celles des organismes ou des réactions anaérobies pourrait se poursuivre (Bottomley *et al*, 1950).

Selon Burges et Burrell in:(Anonyme, 2003), les effets couplés de ces différents facteurs (température, humidité et oxygène), déterminent les zones à risques d'altération et les zones de bonne conservation. On a toujours intérêt à maintenir la température de préférence en dessous de 18°C, quand la teneur en eau du grain est aux alentours de 15%. Le diagramme d'après la figure I.3. montre aussi la grande instabilité du grain humide qui s'abîme dès que la température excède 10°C. On admet qu'au-delà de 17% de teneur en eau et plus de 20°C, le grain ne pourra se conserver seul sans intervention.



**Figure I.3.** : Diagramme de conservation des céréales (Anonyme, 2003)

## **I.6. Les causes d'altération :**

### **I.6.1. Biologiques :**

Il s'agit du monde animal ; La faune déprédatrice des céréales entreposées est composée de différentes espèces d'acariens, des insectes rampants ou volants, des oiseaux (moineaux, tourterelles, étourneaux) et de rongeurs (rats, souris) (Valoon, 1984).

### **I.6.2. Microbiologiques :**

Les moisissures sont toujours présentes sur les grains. Elles se développent au champ et au cours du stockage .Du fait de leur siccité, la flore dangereuse ou susceptible d'altérer la qualité des céréales est essentiellement constituée par des moisissures adaptées à des taux d'hydratation assez bas (15 à 16 % de teneur en eau) et appelée communément flore de stockage (Cahagnier et Fleurat-Lessard, 2002). De plus, le métabolisme des microorganismes modifie le comportement glucidique, lipidique et protéique du grain (Tabuc, 2007).

### **I.6.3. Chimiques ou biochimiques :**

Les températures trop élevées (échauffement naturel ou températures trop fortes lors du séchage), peuvent engendrés une dégradation de la structure de l'amidon et des protéines. Des changements au niveau des propriétés fonctionnelles des protéines des produits de mouture stockés (farine et semoule) et des caractères rhéologiques (Multon, 1982).

## Chapitre II : Présentation du ravageur

### II.1. Présentation de *Sitophilus Oryzae*

#### II.1.1. Répartition géographique de *Sitophilus oryzae* :

La plupart des espèces vivant dans les denrées alimentaires sont d'origine tropicale ; elles sont largement répandues dans les régions subtropicales et tempérées de tous les continents (Buquet et al ,1978). Les *Sitophilus* sont devenus cosmopolites, suite à l'accroissement des échanges internationaux et à la nécessité de stocker des quantités considérables de grains, ce qui a permis aux charançons et aux autres déprédateurs d'envahir les différents continents (Fourar ,1994).

#### II.1.2. Les caractères généraux de la famille des Curculionidae :

Les grains et graines entreposés subissent de multiples agressions de la part d'insectes appartenant à l'ordre des coléoptères lors du stockage et de la conservation. La famille des Curculionidae, est la plus importante du groupe des Rhynchophora, composée d'insectes facilement identifiables à leurs têtes prolongées en un bec allongé en rostre à l'extrémité duquel se trouvent situés les organes buccaux broyeurs (Lepesme, 1944). Cette famille a été étudiée par Hoffman (1954), elle compte environ 60.000 espèces; elle est divisée en 9 sous familles.

C'est un groupe très hétérogène, caractérisé par une systématique interne très complexe .Le genre *sitophilus* comprend trois espèces :

- *Sitophilus Oryzae* .
- *Stophilus Granarius* .
- *Sitophilus Linearis*.

Les deux premières espèces sont les plus importantes, présentent des caractères distincts l'une par rapport à l'autre (Fourar, 1987).

#### II.1.3. Position systématique :

L'insecte étudié est un petit Coléoptère appartenant au genre *Sitophilus* et à la famille de Curculionidae. Anciennement connu sous le nom de *Calandra* (Lepesme, 1944), il est maintenant, communément appelé charançon des grains.

*Sitophilus* est l'un des insectes qui attaquent et déprécient les grains du stockage, les dégâts jugés importants (Risbec,1950 et Farjan, 1983). D'après Hoffmann (1954) et Borror et al (1981), la position systématique de *Sitophilus oryzae* L. est comme suit:

- Embranchement : Arthropodes
- Sous Embranchement : Antennates
- Classe : Insectes
- Sous-classe : Ptérygotes
- Super-ordre : Coléoptéroïdes
- Ordre : Coléoptères
- Sous-ordre : Polyphaga
- Super-famille : Phytophagoidea
- Famille : Curculionidae
- Sous-famille : Rhynchophorinae
- Genre : *Sitophilus*
- Espèce : *Sitophilus oryzae* L ([1763](#))

#### **II.1.4.Description des différents stades de développement de *Sitophilus oryzae* :**

Le développement biologique de *Sitophilus oryzae* s'effectue en quatre stades différents (figure II.1.)

##### **II.1.4.1.L'œuf**

L'œuf est ovale ou piriforme, sa couleur est d'un blanc opaque et brillant. Il mesure 0,6 à 0,7 mm de longueur et 0,2 à 0,3 mm de largeur (Steffan ,1978), Il porte une protubérance à son extrémité qui lui permet de se fixer au substrat, elle se trouve à l'intérieur des trous de ponte.

##### **II.1.4.2.La larve**

Après l'éclosion, la jeune larve passe par quatre stades que l'on identifie par la longueur de la capsule céphalique. La larve est de forme très ramassée, presque globuleuse. Sa couleur est blanchâtre. Sa tête, d'un brun-clair, porte des mandibules plus sombres, fortes et triangulaires. Au plan morphologique, la larve de *Sitophilus* se distingue des larves des autres Coléoptères des denrées par l'absence de pattes. Au plan physiologique, la différence s'établit par le nombre, à la fois constant et très peu élevé de ses mues; on compte, au total, 3 mues correspondant à 4 stades larvaires (Lacost, 1970 et Steffan, 1978).

Peu avant la métamorphose, la longueur de la larve du 4<sup>ème</sup> stade atteint, environ, celle de l'adulte. L'évolution larvaire est variable et s'étend sur un à quatre

mois suivant la température et d'autres facteurs ambiants d'élevage (Lepesme, 1944 et Steffan, 1978).

#### **II.1.4.3.La nymphe**

A son complet développement, la larve aménage sorte de chambre de nymphe où elle passe par un stade prénymphal. Après une période d'immobilisation de 50 heures environ, la prénympe se transforme en nymphe durant 6 jours (à 22°C) à 15 jours (de 16° à 18°C) (Lepesme, 1944).

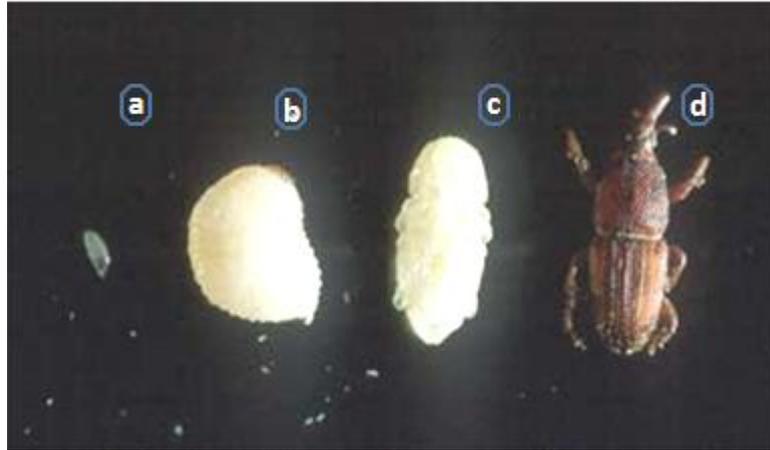
Après la métamorphose, la nymphe morphologiquement est identique à l'adulte, se transforme en un imago d'aspect clair, qui demeure à l'intérieur du grain, encore 3 à 5 jours (à 25°C) (Mathlein, 1938 ), en attendant que durcissent ses téguments. L'imago perce, ensuite l'enveloppe du grain et s'échappe à l'extérieur par l'extrémité opposée au trou où la femelle adulte a déposé l'œuf. Les téguments brunissent, au contact de l'air pour donner au charançon sa couleur définitive.

#### **II.1.4.4.L'adulte**

L'adulte de *S. oryzae* est un petit Coléoptère de couleur variant du brun-foncé au noir. Comme tous les charançons, il se caractérise par la forme de sa tête prolongée par un tube cylindrique appelé rostre. Ce rostre est finement ponctué et porte, à son extrémité, des pièces buccales broyeuses. Il porte aussi des antennes coudées, généralement formées de huit articles et terminées en massue.

*S.oryzae* et *S.zeamays* se distinguent de l'espèce *S. granarius* par la présence, sur chaque élytre, d'une paire de petites tâches rousses. Le mâle se distingue de la femelle par un rostre plus épais, plus court et plus profondément ponctué, les derniers sternites abdominaux sont plus courbés ventralement chez le mâle que chez la femelle (Lepesme, 1944).

Les élytres et le prothorax présentent une ponctuation régulière. Leur taille est comprise entre 2,5 et 4 mm (Lacost, 1970 et Lessard, 1989). La longévité moyenne de *Sitophilus* est d'environ 4 mois à une température de 25°C et à 70% d'humidité relative (Steffan, 1978).

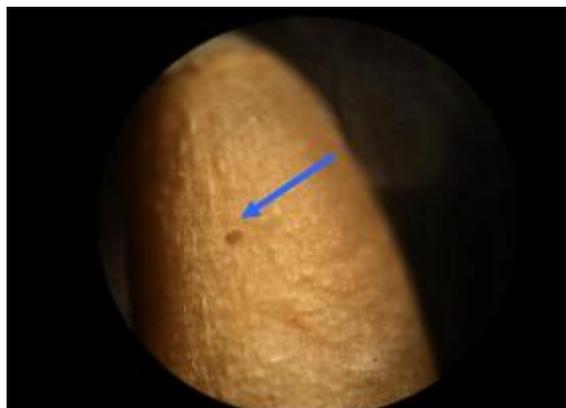


**Figure II.1.** : Les différents stades biologiques de *Sitophilus Oryzae* ;(a) œuf, (b) larve, (c) pupa et (d) adulte (Benazzeddine ,2010).

#### **II.1.5.La ponte :**

La maturité sexuelle est acquise dès le jour même où l'insecte sort du grain. La ponte, après accouplement, a lieu, à partir du 3ème jour après cette sortie et se fait, très souvent, au voisinage du sillon central du grain, près du germe (Kehe, 1975).

A l'aide de son rostre, la femelle pratique, dans le grain, un trou dont la profondeur atteint généralement la longueur préantennaire du rostre et dont la largeur dépasse légèrement celle de l'œuf (figure II.2.). Elle y dépose, directement, l'œuf qu'elle recouvre, alors, d'une matière gélatineuse qui durcit à l'air. La ponte persiste toute la vie de l'insecte, le nombre d'œufs déposés par une femelle pouvant atteindre 200-400 œufs, soit une moyenne de 10 œufs par jour, à la température de 32°C (Steffan,1978).



**Figure II.2.** : Trou de ponte de *Sitophilus oryzae* (Benazzeddine ,2010).

## II.2. Les effets néfastes de détérioration des grains :

Les charançons du riz représentent des ravageurs de premier plan pour les céréales emmagasinées sur lesquelles ils provoquent des pertes pondérales, une détérioration de la qualité nutritionnelle des grains (figure II.3.). Leur plat de prédilection est constitué par les grains de blé, d'orge, de maïs et de riz. Parfois même ils fréquentent le millet, les figues sèches, le tabac en feuilles ou manufacturé (Bennazedine, 2010). Les dommages de *S.oryzae* sont semblables à ceux occasionnés par le charançon du maïs et le charançon des grains. Les larves se développent au détriment des grains et consomment l'endosperme. Les adultes laissent un grand trou aux bords irréguliers dans le grain et se nourrissent des grains endommagés. L'adulte a tendance à former des agrégats et à se reproduire dans les grains entreposés. Ses activités produisent un échauffement et de l'humidité susceptible de favoriser le développement des moisissures et l'invasion par d'autres espèces d'insectes. Les dégâts causés sur les grains de riz peuvent entraîner des pertes de poids de 75% ou plus, là où les pertes sur les grains de maïs sont de l'ordre de 10%. Les dommages sur les autres grains se situent entre 10 et 75% en fonction de la taille des grains (Sidy baba, 1999).



**Figure II.3.** : Dégâts de *S.oryzae* sur blé tendre (Benazzedine ,2010).

## II.3. Méthodes de lutte contre les insectes des denrées stockées :

La protection des céréales stockées contre les attaques d'insectes et d'acariens soulève des problèmes variés et elle doit faire appel à un ensemble de techniques différentes qu'il est nécessaire d'appliquer à bon escient. Le souci majeur d'un stockeur est de garder son stock de céréale intact. Un ensemble de mesures

préventives et curatives, il s'agit de toutes techniques destinées à réduire l'infestation au champ, au début du stockage ainsi que pendant le stockage.

### **II.3.1.La lutte chimique :**

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

### **II.3.2.Lutte physique et mécanique :**

Elle concerne toutes les techniques mécano-thérapeutiques susceptibles de rendre le stock sain. En général, ces techniques ne sont pas efficaces contre les formes cachées. Elles sont recommandées pour pallier aux problèmes des résidus chimiques.

### **II.3.3.Lutte biologique :**

La lutte biologique, par opposition à la lutte dite chimique utilisant des xéno-biotiques (tout composé ou molécule n'ayant pas une origine biologique), correspond à l'utilisation d'organismes et/ou composés naturels pour détruire ou contrôler d'autres organismes nuisibles sur le plan agronomique ou au niveau d'espaces naturels. On distingue des organismes prédateurs (insectes, nématodes, plantes, mammifères) mais également des protistes (bactéries, virus, champignons) ou des molécules naturelles (phéromones, roténones). Les premières utilisations de biopesticides remontent déjà à plusieurs siècles. Avec la découverte des propriétés insecticides d'extraits de certaines plantes comme le pyrèthre (*Tanacetum cinerariifolium*) qui est à l'origine des pyréthrinoïdes de synthèse.

Les biopesticides représentent de nos jours en volume environ 3 à 4 % du marché total des insecticides. Principalement utilisés en agriculture, ils sont également en milieux naturels tels que forêts et zones humides.

La bactérie entomopathogène *Bacillus thuringiensis* (Bt) a été le premier microorganisme homologué dans le monde comme biopesticide : les premières homologations datent des années 60 aux Etats-Unis et des années 70 en France. Si actuellement c'est le microorganisme le plus utilisé en lutte biologique, cette bactérie se multiplie facilement en fermenteurs, que les produits formulés se conservent bien, qu'ils sont très sélectifs et que les prix de revient sont compétitifs (Chaufaux, 1995).

## Chapitre III : Aperçu général sur le *Bacillus thuringiensis*

### III.1. Historique :

C'est au Japon en 1902 que les travaux d'Ishiwata, sur des larves infectées du ver à soie *Bombyx mori*, ont mis pour la première fois en évidence les propriétés insecticides d'une bactérie en « forme de bâtonnet » du genre *Bacillus*. Quelques années plus tard un biologiste allemand, Berliner, caractérisa de façon plus précise cette bactérie qu'il nomma *Bacillus thuringiensis* (Bt) en référence à la région d'Allemagne où elle avait été découverte : la Thuringe (Federici, 2005 et Yamamoto, 2001). Depuis plus de 40 ans, elle est utilisée comme insecticide biologique et représente de nos jours plus de 90% du marché total des biopesticides (Vassal, 2004).

**III.2. Systématique :** Le *Bacillus thuringiensis* appartient à l'une des 48 espèces du genre *Bacillus*.

Selon Baiod et Mohammedi (1987), sa classification se présente comme suit :

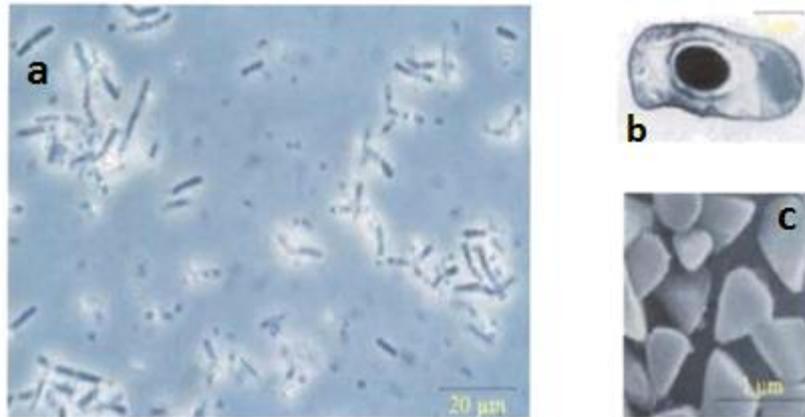
- Règne : *Bacteria*
- Embranchement : *Eubacteria*
- Classe : *Sporulales*
- Ordre : *Bacillales*
- Famille : *Bacillace*
- Genre : *Bacillus*
- Espèce : *Bacillus thuringiensis*

### III.3. Description de la bactérie :

C'est une bactérie gram (+) à spores thermorésistantes, sous forme de batonnets isolés ou en chaînes pouvant sporuler, elle est de forme cylindrique, sporogène, aérobie et possède une spore ovale à paroi mince, centrale ou sub-terminale dans le sporange qu'elle ne déforme pas (Grasser, 1977).

*B. thuringiensis*, communément appelé (Bt) est une bactérie collectée à partir du sol. Vue au microscope (figure III.1.), un *Bacillus thuringiensis* en fin de sporulation (phénomène qui permet à la bactérie de résister aux mauvaises conditions nutritives) se révèle contenir une spore (forme de résistance de l'individu) et un cristal

protéique, renfermant le delta endotoxine ou *thuringiensis* sous forme de multiplication végétative de la bactérie (Deuceninck *et al.* 1989).



**Figure III.1.** : *B. thuringiensis* sous microscope (Anonyme, 2007).

(a) : *B. thuringiensis* vue par microscope de contraste de phase.

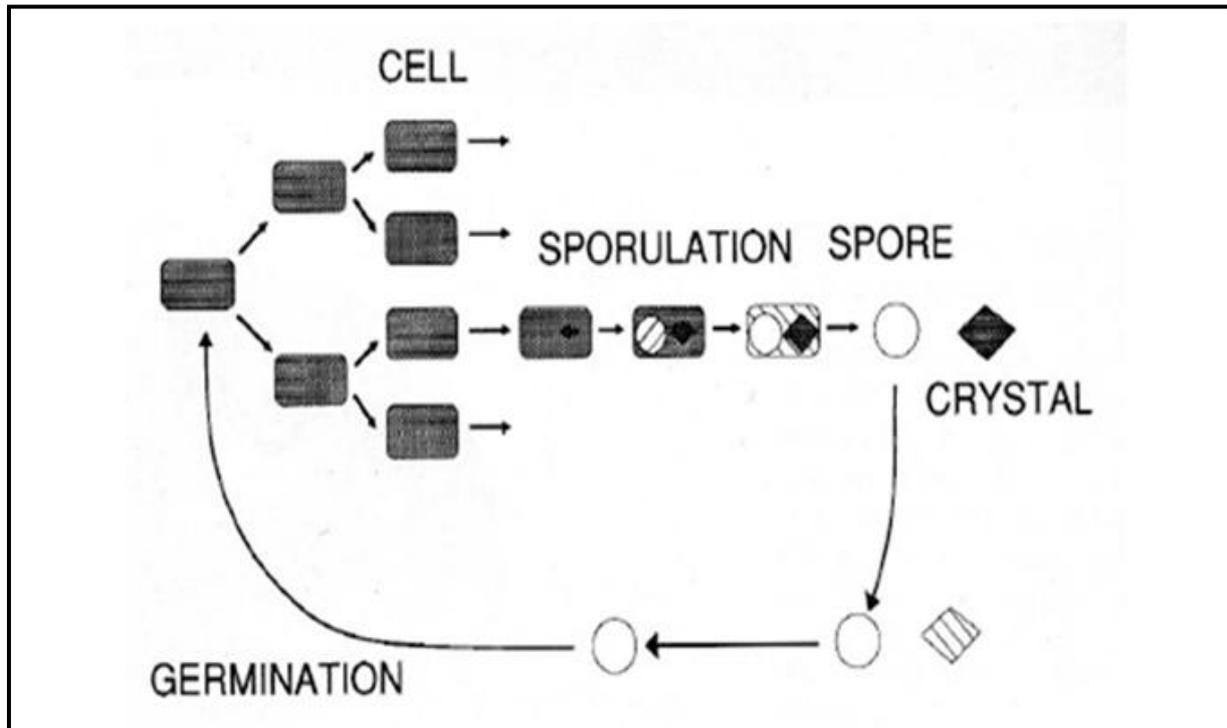
(b) : Corps de cellule vue au microscope électronique.

(c) : Cristaux de forme bipyramidale vue au microscope électronique.

#### **III.4.Cycle de vie de *Bacillus thuringiensis* :**

Le cycle vital de la bactérie *B. thuringiensis* comporte deux (2) phases (Young *et al.* 1998) (figure III.2.).

- **Une phase végétative** : observée lorsque les conditions du milieu sont favorables. Au cours de cette phase, la bactérie se multiplie de façon exponentielle par scissiparité. Elle synthétise pendant la phase végétative une exotoxine thermosensible appelée protéine insecticide végétative (Vegetative Insecticidal) (Vassal, 2004).
- **Une phase stationnaire** : qui commence dès que les nutriments essentiels du milieu se raréfient. Cette phase se caractérise par une différenciation des cellules bactériennes, aboutissant à la formation des spores. C'est aussi dans cette phase qu'intervient la synthèse des delta-endotoxines, substances protéiques conférant à la bactérie un pouvoir pathogène contre certains insectes. Ces protéines s'accumulent dans la cellule bactérienne pour former un cristal qui est ensuite libéré dans le milieu.



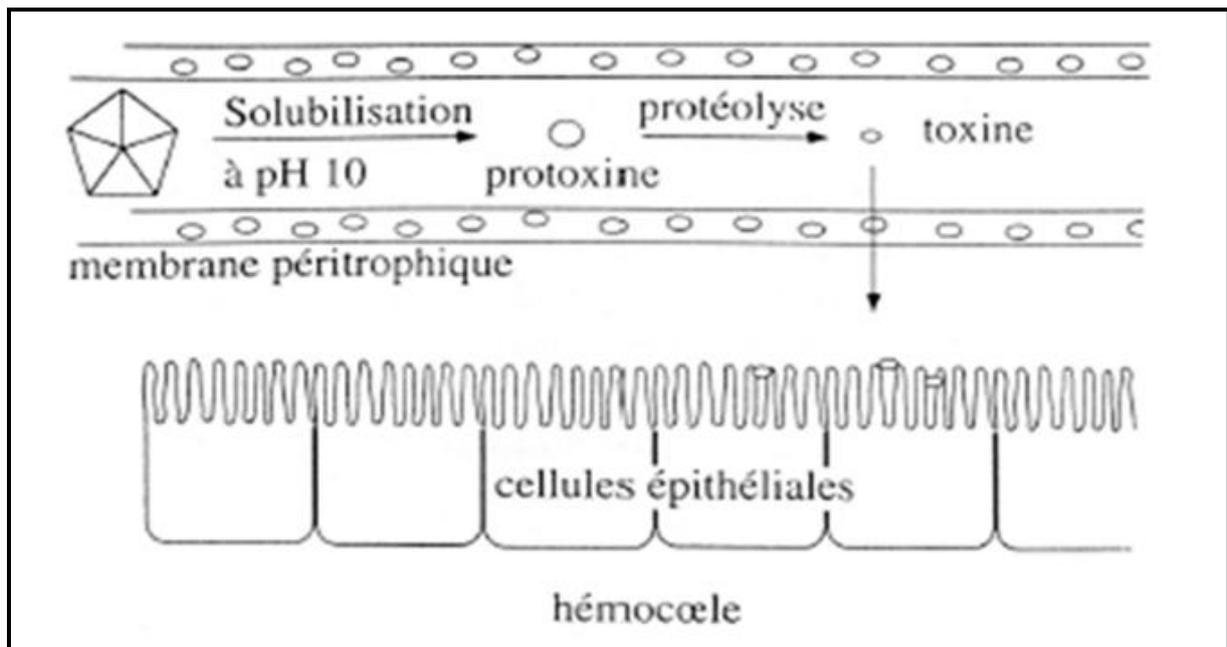
**Figure III.2.** : Cycle biologique de *Bacillus thuringiensis* (Hance ,2006).

### III.5.Mode d'action :

Selon Riba et Silvy (1989), l'action de la Bactérie se manifeste à trois niveaux :

Lors de l'ingestion, les cristaux de toxines sont solubilisés du fait du pH alcalin de l'appareil gastro-intestinal et libèrent des protoxines. Celles-ci sont par la suite activées par des protéases (trypsines) spécifiques du système digestif (Figure III.3.).

En effet, d'une part, plusieurs récepteurs seraient en fait nécessaires à la formation du pore ce qui introduit un caractère séquentiel aux événements se traduisant au niveau de la membrane. Et d'autre part, il a été observé lors de l'intoxication des modifications au niveau intracellulaire avec implication d'une voie de signalisation. Actuellement, trois modes d'action différents sont proposés pour expliquer le phénomène d'intoxication par (Bt). L'un s'effectuant au niveau apical des cellules de l'épithélium, l'autre reflétant plus des modifications d'ordre intracellulaires, le troisième présentant pour l'essentiel un compromis des deux précédents.



**Figure III.3.** : Mode d'action de *Bacillus thuringiensis* (Hance ,2006).

### III.6.Exemples d'utilisation :

En 1976, *Bacillus thuringiensis* a été utilisée contre la tordeuse du mélèze, sur 670 ha de mélèzes dans les Hautes-Alpes, la mortalité observée était de l'ordre de 80 à 90% et la population d'insectes a été ramenée en dessous du seuil de nuisibilité. Au Canada, de 1985 à 1988, deux produits (Thuricide® et Futura®) ont été utilisés pour lutter contre des espèces défoliateurs des résineux et des chênes: la tordeuse des bourgeons du pin , la tordeuse des bourgeons de l'épinette et l'arpenteuse du sapin . Partout l'efficacité est comparable à celle des produits chimiques et sur la dernière espèce, on a noté 100% de mortalité en 1987(Chaufaux, 1995).

De nombreuses autres réussites peuvent être relevées dans la littérature, par exemple l'utilisation de *Bacillus thuringiensis* (kurstaki) en Malaisie, en Indonésie, en Inde, en Australie ou aux Pays-Bas pour lutter contre *Plutella xylostella*, la teigne des crucifères, en Tunisie pour lutter contre *Prays oleae*, la teigne de l'olivier ou encore en Allemagne contre *Ephestia elutella*, un ravageur des denrées stockées. Tous les auteurs mentionnent la bonne efficacité du traitement (Chaufaux, 1995).

## Chapitre IV : Matériel et méthodes

### IV.1. Objectif :

Avec la révolution dans le domaine agro-alimentaire, l'espèce humaine doit maximiser sa production alimentaire afin d'assurer une alimentation adéquate pour la population mondiale. Pour ce faire elle doit réduire l'abondance des espèces qui sont en compétition alimentaire avec elle et mettre ces produits à l'abri de toutes altérations. (Khelil, 1977).

La lutte biologique, précisément par utilisation de microorganismes, entomopathogènes est une alternative très prometteuse pour assurer une protection phytosanitaire performante du part l'ubiquité naturelle des agents microbiologiques dans les écosystèmes, leur grande variété, leur dissémination facile, leur spécificité d'action et aussi leur persistance dans l'environnement. Les microorganismes utilisés en lutte microbiologique appartiennent à plusieurs taxons à savoir les virus, les bactéries, les micro-champignons, les nématodes et les protozoaires (Klier, 2007).

Ce présent travail a pour objectifs d'évaluer l'efficacité insecticide de *Bacillus thuringiensis* sur le charançon de riz (*Sitophilus oryzae* L), cette étude comprend deux étapes essentielles.

\* La première étape consiste à la préparation des capsules à base de *Bacillus thuringiensis* pour effectuer un traitement par ingestion et préparation d'une suspension à base de *Bacillus thuringiensis* pour un traitement par contact.

\* La deuxième étape concerne l'étude du pouvoir insecticide de ces deux préparations à différentes doses vis à vis le charançon du riz.

### IV.2. Matériel d'étude :

#### IV.2.1. Matériel biologique :

**IV.2.1.1. Matériel végétal :** Le matériel végétal utilisé au cours de notre expérimentation c'est limité au blé tendre qui appartient à la famille des *Poacées*, genre de *Triticum* dont l'espèce est *Triticum aestivum* L a partir de la production de la campagne 2012, délivré par L' ITGC: (Institue Technique des Grandes Cultures) d'El-Harrach, Alger.

**IV.2.1.2. Matériel animal :** Le matériel biologique destiné à l'évaluation de l'efficacité de *Bacillus thuringiensis* a concerné les individus de *S. oryzae* (Charançon

du riz) (*Coleoptera; Curculionidae*) issu de L' ITGC El Harrach, évoluant sur les graines de blé tendre *Triticum aestivum* L.

Le biopesticide utilisé dans cette étude a base de la bactérie dite *Bacillus turiengisis* a été récupéré de Centre de Recherche Scientifique et Technique des Regions Arides (CRSTRA) de Biskra.

#### **IV.2.2 Matériel de laboratoire :**

- Étuve(MEMMERT).
- Boite de pétri de 9 cm de diamètre.
- balance
- pince
- anse de platine
- L'eau distillée
- Micropipette.
- Des moustiquaires.
- Pulvérisateur

#### **IV.3. Elevage de *Sitophilus oryzae* :**

Dans le but d'obtenir une population suffisante d'insectes (larves, adultes) un élevage de masse a été réalisé avec des insectes adultes collectés , effectué au niveau des étuves (Figure IV.1.) , au laboratoire de Zoologie, département des Sciences Agronomiques, Université Saàd Dahleb (Blida), dans des boites perforées à l'obscurité contenant le blé tendre et à une température 30°C et une humidité relative de 70% pendant un mois.



**Figure IV.1. :** Étuve d'élevage des insectes (Originale ,2013).

#### **V.4.Evaluation de la toxicité des traitements (*Bacillus thuringiensis*) sur la population de *Sitophilus oryzae* :**

Afin d'évaluer l'efficacité insecticides de *Bacillus thuringiensis* nous avons choisi deux modes d'action à savoir : par ingestion et par contact.

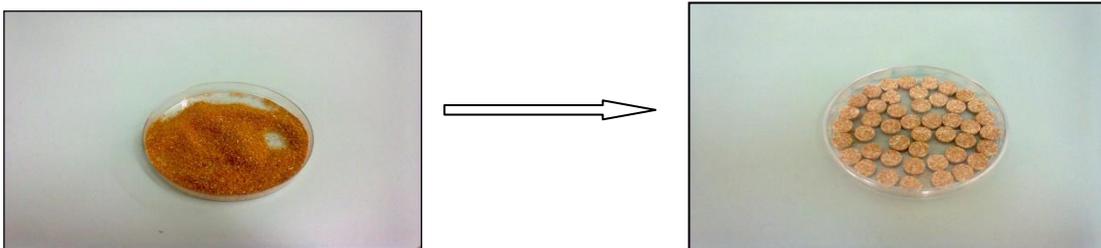
##### **VI.4.1.Par ingestion**

##### **IV.4.1.1.Préparation des capsules de *Bacillus thuringiensis* :**

Ce travail a été réalisé au niveau de l'Institut Nationale Spécialisé en formation Professionnelle de Sidi Abdelkader(INSFP) à Blida.

La préparation des capsules : Des capsules de 0,25g ont été obtenue par le biais d'une presse (figure IV.2.) ; c'est une partie d'un appareil dite Calorigramme, nous avons préparé 135 capsules de *Bacillus thuringiensis* avec des différentes doses :

- Dose1 : 1 /2 *Bacillus thuringiensis* poudre + 1/2 farine (D1)
- Dose2 : 1/3 *Bacillus thuringiensis* poudre + 2/3 farine(D2)
- Dose3 : 2/3 *Bacillus thuringiensis* poudre + 1/3 farine (D3)



**Figure IV. 2. :** Compression des capsules (originale, 2013).

##### **IV.4.2. Par contact**

##### **IV.4.2.1.Préparation des solutions à base de *Bacillus thuringiensis* à différentes doses :**

A partir d'un produit à base de *Bacillus thuringiensis* homologué pour la dose (1g/l) sous forme de poudre, nous préparons les doses à tester après dilution dans l'eau distillée stérile.

- Dose 1 : 0,25g/l (1/4 dose).
- Dose 2 : 0,5g/l (1/2 dose).

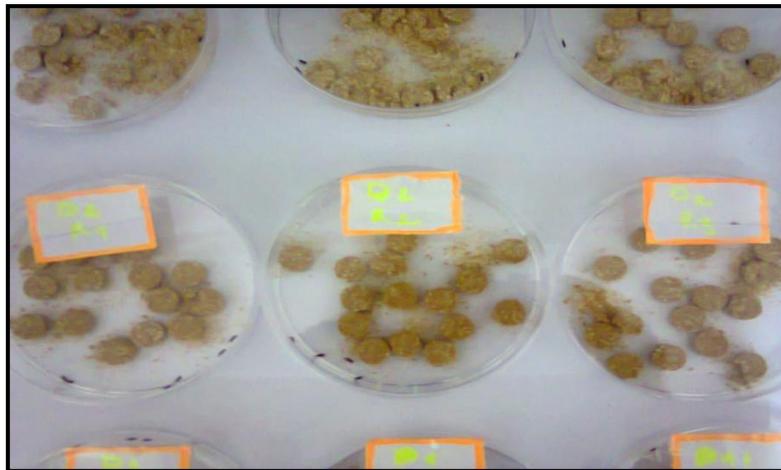
- Dose3 : 1g/l (dose).

#### **IV.5. Application des traitements :**

Ce travail a été réalisé au niveau de laboratoire de Zoologie au niveau du Département des Sciences Agronomiques.

##### **IV.5.1.Traitement par ingestion :**

- Pour chaque dose : 20 capsules sont déposées dans des boites de Pétri stérile de 9 cm de diamètre et de 1 cm de hauteur. Dans chaque boite sont déposés 20 individus de l'insecte étudié.
- Trois répétitions sont réalisées pour chaque dose (même que pour le témoin).



**Figure .IV.3. :** Activité insecticide de *Bacillus thuringiensis* par ingestion  
(Originale, 2013).

##### **IV.5.2.Traitement par contact :**

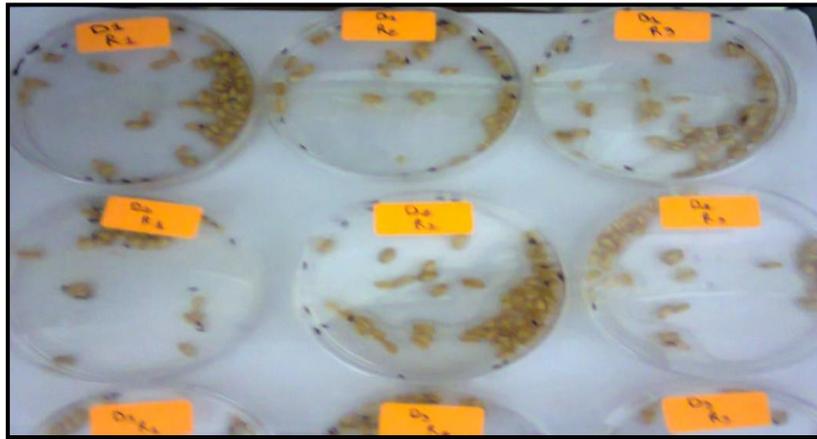
Pour évaluer la toxicité des différentes doses par contact, le traitement a été effectué par pulvérisation.

- Dans des boites de Pétri stériles, nous avons déposé 15g de blé non traité avec 20 individus de l'insecte étudié (figure IV.4.).

A l'aide d'un pulvérisateur propre, le traitement a été effectué. Trois répétitions sont réalisées pour chaque dose (même pour le témoin).

- Concernant le témoin ; nous avons déposé 15g de blé non traité avec 20 individus de l'insecte étudié pour les deux modes.

Afin d'assurer une bonne manifestation du biopesticide, les boîtes de pétri des deux modes de traitement ont été entièrement recouvertes par une moustiquaire jouant le rôle d'une barrière physique dans le but d'empêcher la fuite des insectes.



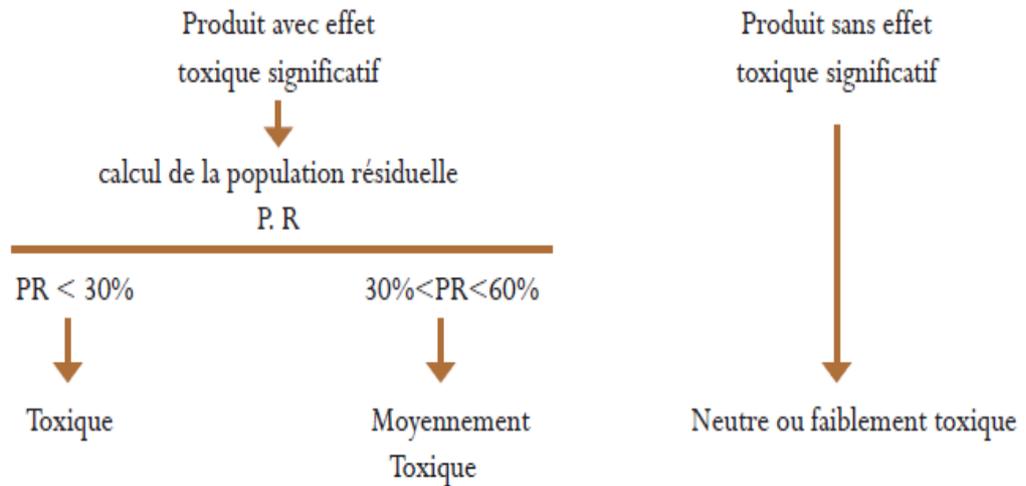
**Figure IV.4.** : Activité insecticide de *Bacillus thuringiensis* par contact (originale, 2013).

La lecture des résultats a été effectuée après 24h, 72h, 96h et 120h d'exposition des individus du *S.oryzae* aux différents traitements.

#### **IV.6. Estimation de la toxicité des traitements :**

##### **IV.6.1.Population résiduelle :**

L'évaluation de l'effet toxique de *Bacillus thuringiensis* par contact et ingestion, a été estimée par la comparaison des abondances exprimées en pourcentage des populations résiduelles (PR) selon le test de Dunnett. Les différents pourcentages de PR obtenus permettent de déduire l'efficacité de ces deux modes d'application.



$$PR = \frac{\text{Nb de formes mobiles (NFM) par traitement} \times 100}{\text{Nb de formes mobiles par témoin (eau)}}$$

**P.R.** <30% molécule toxique

30% <**P.R.**<60% molécule moyennement toxique

**P.R.**> 60% molécule neutre ou faiblement toxique

#### IV.6.2. Correction de la mortalité :

Les pourcentages de mortalité des individus tués par *Bacillus thuringiensis* selon deux modes d'application sont corrigés par la formule de Schneider Orelli's(1947) qui tient compte de la mortalité naturelle (témoin) :

$$Mc (\%) = \frac{M - Mt}{100 - Mt} \times 100$$

- $M_c$  : le pourcentage de mortalité corrigé.
- $M$  : le pourcentage de morts dans la population traitée.
- $M_t$  : le pourcentage de morts dans la population témoin.

Les pourcentages de mortalité corrigée sont transformés en probit et représentés en fonction des logarithmes décimale des doses.

#### IV.6.3. La DL50 :

L'efficacité d'un toxique se mesure par la DL50 qui représente la quantité de substance toxique qui entraîne la mort de 50% d'individus d'un même lot. Elle est déduite à partir du tracé d'une droite de régression, prenant en compte les probits des valeurs des mortalités corrigées en ordonnées par le biais de la table de BLISS,

et les logs décimaux des doses en abscisse. Les pourcentages de mortalité corrigée sont transformés en probits selon le tableau de probits. Ces probits sont représentés graphiquement en fonction du logarithme népérien afin d'évaluer la dose létale 50 (DL50) Cette dose est déterminée à partir de l'équation de la droite de régression obtenue en utilisant le logiciel Excel :  $Y = ax + b$ , Y étant le probit de la valeur de la mortalité corrigée, x le logarithme décimal de la dose, et a la pente de l'équation de la droite de régression. On déterminera la dose qui correspond à un probit de 5 (50% de mortalité).

Tableau IV.1. : Tableau de probits.

	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	<b>3.66</b>
10	3.72	3.77	3.82	3.87	3.92	3.96	4.01	4.05	4.08	<b>4.12</b>
20	4.16	4.19	4.23	4.26	4.29	4.33	4.36	4.39	4.42	<b>4.45</b>
30	4.18	4.5	4.53	4.56	4.59	4.61	4.64	4.67	4.69	<b>4.72</b>
40	4.75	4.77	4.8	4.82	4.85	4.87	4.9	4.92	4.95	<b>4.97</b>
50	5	5.03	5.05	5.08	5.1	5.13	5.15	5.18	5.2	<b>5.23</b>
60	5.25	5.28	5.31	5.33	5.36	5.39	5.41	5.44	5.47	<b>5.5</b>
70	5.52	5.55	5.58	5.61	5.64	5.67	5.71	5.74	5.77	<b>5.81</b>
80	5.84	5.88	5.92	5.95	5.99	6.04	6.08	6.13	6.18	<b>6.23</b>
90	6.28	6.34	6.41	6.48	6.55	6.64	6.75	6.88	7.05	<b>7.33</b>
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	<b>0.9</b>
99	<b>7.33</b>	<b>7.37</b>	<b>7.41</b>	<b>7.46</b>	<b>7.51</b>	<b>7.58</b>	<b>7.75</b>	<b>7.75</b>	<b>7.88</b>	<b>8.09</b>

## V.7. Analyse statistique des résultats

### IV.7.1. Analyses multivariées (PAST vers. 1.37,).

Dans le cas de variables de type présence-absence, les relations multivariées sont étudiées à l'aide d'une analyse factorielle des correspondances en composantes principales (A.C.P.). Dans cette analyse, l'activité biocide est évaluée selon le stress opéré sur les individus de *Sitophilus oryzae*. A partir des deux premiers axes de l'analyse factorielle, une classification ascendante hiérarchique des périodes est réalisée dans le but de détecter l'activité précoce et tardive des différentes doses.

#### **IV.7.2. Analyses de variance (SYSTAT vers. 12,) :**

Lorsque le problème est de savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions (Types de formulations, dose du principe actif, périodicité de formulation, temps d'expression de l'effet biocide), il est préconisé de réaliser une analyse de variance. Dans les conditions paramétriques (ANOVA pour *ANalysis Of VAriance*), la distribution de la variable quantitative doit être normale. Dans certains cas, une transformation logarithmique a été nécessaire afin de normaliser cette distribution.

Lorsque plus de deux modalités interviennent par facteur, nous avons appliqué en outre le test de Dunnett qui intervient après l'ANOVA. Il permet de vérifier la significativité de la variable d'intérêt entre toutes les combinaisons des modalités.

Dans les cas où aucune transformation ne parvient à normaliser la distribution, une analyse de variance en condition non paramétrique a été effectuée.

Dans les cas où plusieurs facteurs sont en jeu, il peut arriver que toutes les interactions entre facteurs ne soient pas pertinentes à tester. Nous avons alors utilisé le modèle linéaire global (G.L.M.).

## **Chapitre V : Résultats et interprétation**

### **v.1.Évaluation de l'activité insecticide du biopesticide à base de *Bacillus thuringiensis*.**

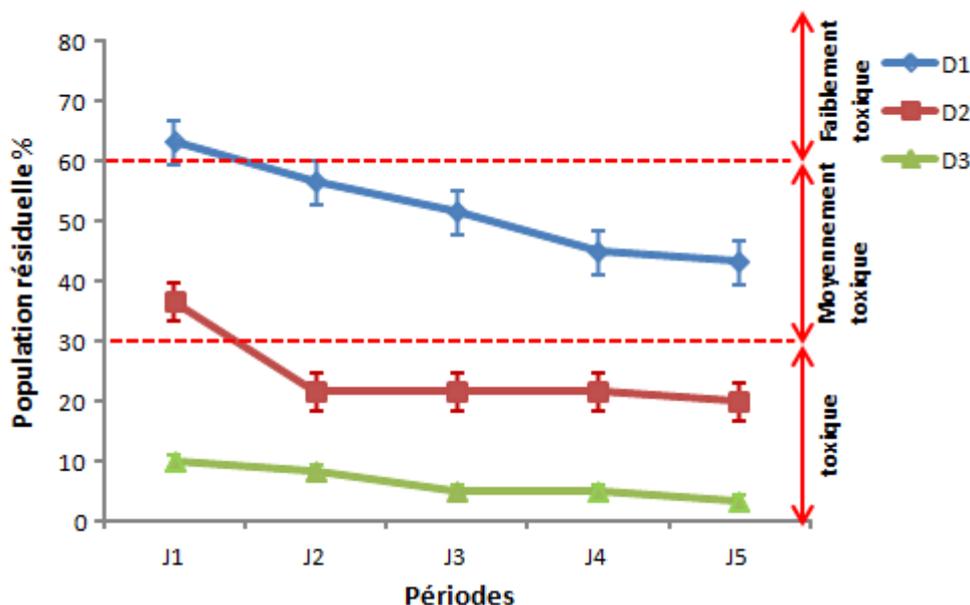
La fluctuation des populations résiduelles des jeunes adultes de *Sitophilus oryzae*, a été évaluée sous l'effet d'un biopesticide (Bt) :

Les populations résiduelles sont estimées à travers la différence entre la disponibilité des individus avant et après traitement. Une projection a été réalisée en faisant ressortir la fluctuation des populations résiduelles en fonction du temps, des doses d'applications et mode de traitement.

#### **v.1.1.Évolution temporelle des populations résiduelles du charançon sous l'effet de *Bacillus thuringiensis***

##### **v.1.1.1.Effet temporelle de *Bacillus thuringiensis* sur le charançon (*S. oryzae*) par contact :**

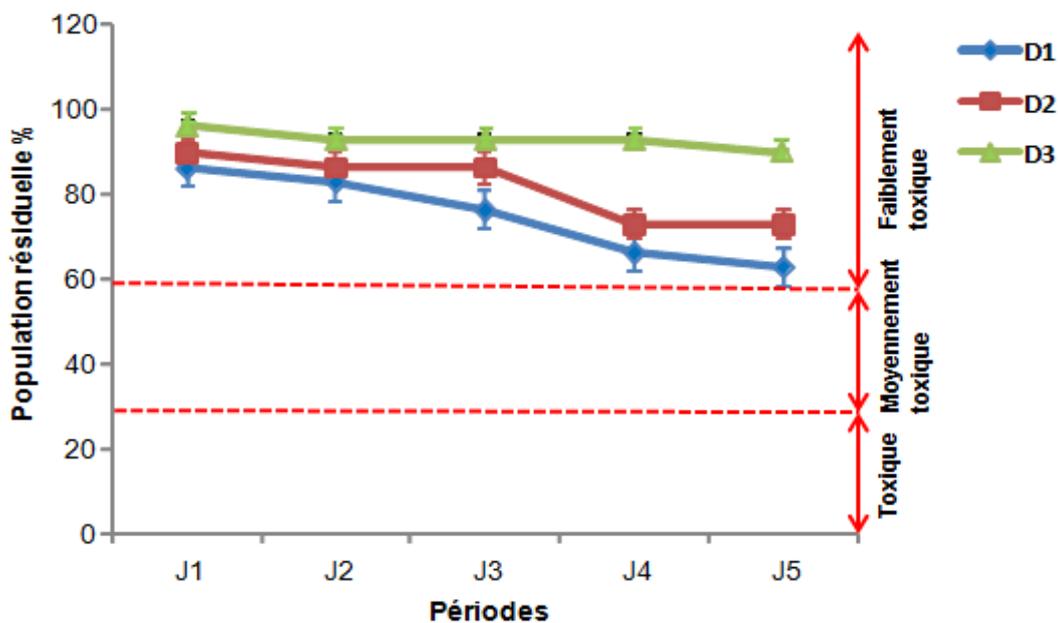
Il ressort que le traitement par (Bt) à la dose (D1) montre une faible toxicité au début de leur application pour atteindre une toxicité moyenne à la fin de l'essai. Tandis que le traitement à la dose (D2) évolue parallèlement à la toxicité moyenne au début de l'application des traitements vers une forte toxicité à la fin du suivi, la dose (D3) montre une forte toxicité dès le début de son application (figure v.1.).



**Figure V.1.** : Evolution temporelle de population résiduelle de *S.oryzae* traité par *Bacillus thuringiensis* par contact.  
**D1** :1/4 dose (0,25g/l), **D2** :1/2 dose (0,5g/l), **D3** : La dose (1g/l).

#### **v.1.1.2.Effet temporelle de *Bacillus thuringiensis* sur le charançon (*S.oryzae*) par ingestion :**

L'évolution temporelle des populations résiduelles selon la figure V.2.montre un effet faiblement progressif s'étalant sur une période après traitement de 24 à 120 heures. Cependant, on note que l'effet du produit se révèle efficacement faible au bout de 24h, s'accroît à 96h et à 120h mais n'atteint pas son efficacité. La même figure stipule une efficacité faible du traitement testé des trois doses utilisées, la dose (D3) s'est montrée la plus faible durant tout l'essai, cependant, on note que les doses (D1) et (D2) montrent une toxicité faible au début de leur application pour atteindre une toxicité moyenne à la fin de l'essai. Dont l'effet insecticide le plus élevé est enregistré avec la dose (D1).



**Figure V.2.** : Evolution temporelle de population résiduelle de *S.oryzae* traité par *Bacillus thuringiensis* par ingestion.  
**D3** :2/3 *Bacillus thuringiensis* +1/3 farine, **D2** :1/2 *Bacillus thuringiensis* +1/2 farine, **D1** :2/3 farine +1/3 *Bacillus thuringiensis*.

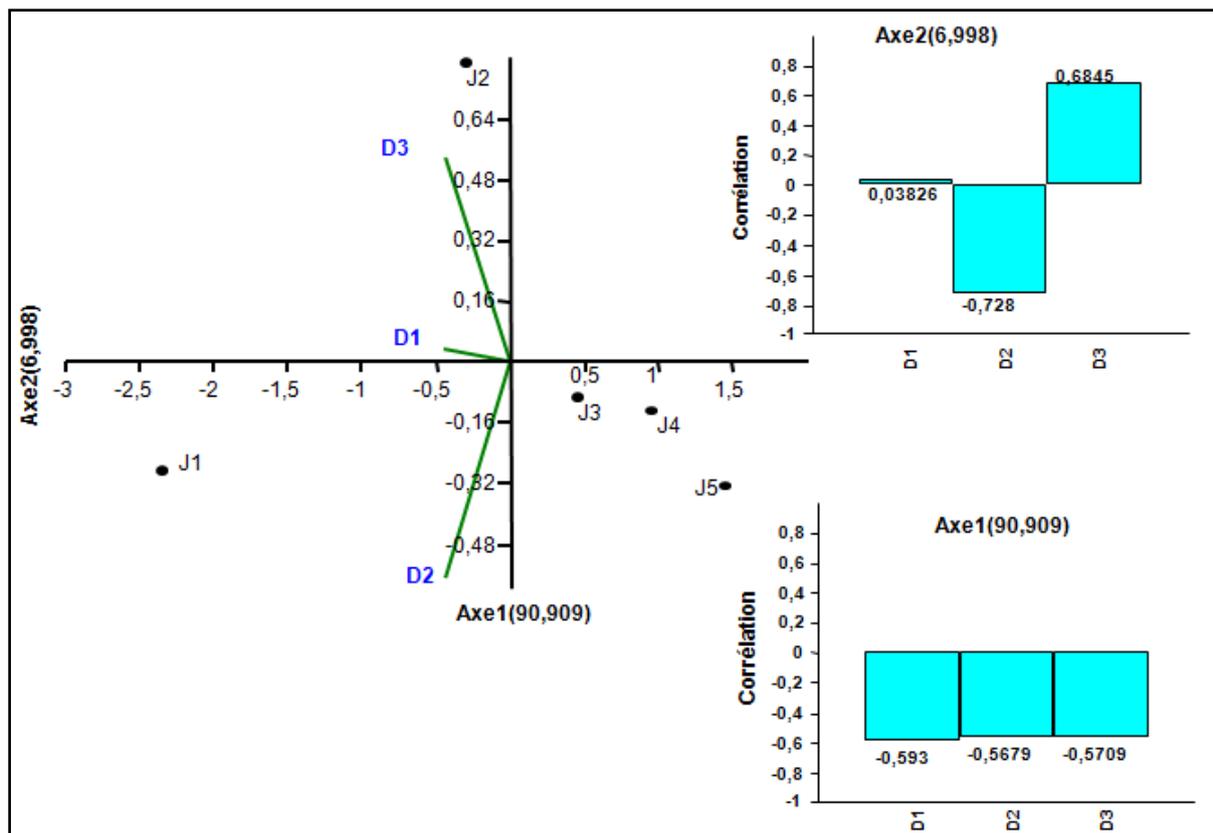
Pour le mode contact L'analyse en composantes principales, effectuée avec le logiciel PAST est satisfaisante pour l'ensemble des paramètres étudiés dans la mesure où plus de 90% de la variance sont exprimés sur les 2 premiers axes.

Ce test traduit l'effet de chaque dose et exprime sur les deux axes de l'ACP, que les différentes doses ont un effet précoce et différent sur la population de *S. oryzae*.

La C.H.A. (classification hiérarchique ascendant) prise à une similarité de (-1,2), montre l'existence de 3 groupes ; **groupe1** :J2, **groupe 2** :J3, J4 et J5, **groupe 3** :J1 (annexe.1.)

La projection sur l'axe 1 (90,909%) indique que les différentes doses de *Bacillus thuringiensis* (D1, D2, D3) aient un effet tardif, avec une corrélation positive entre les différentes doses.

La projection sur l'axe2(6,998) montre une certaine distinction d'efficacité entre (D1) et (D3) par rapport au (D2) cette distinction est réconfortée par les valeurs du coefficient de corrélation. Les valeurs du coefficient de corrélation de PEARSON montrent la présence d'une corrélation négative entre les doses (D2) et (D3) avec des valeurs respectives  $r=-0,728$  et  $r=0,6845$  (figure V.3.).



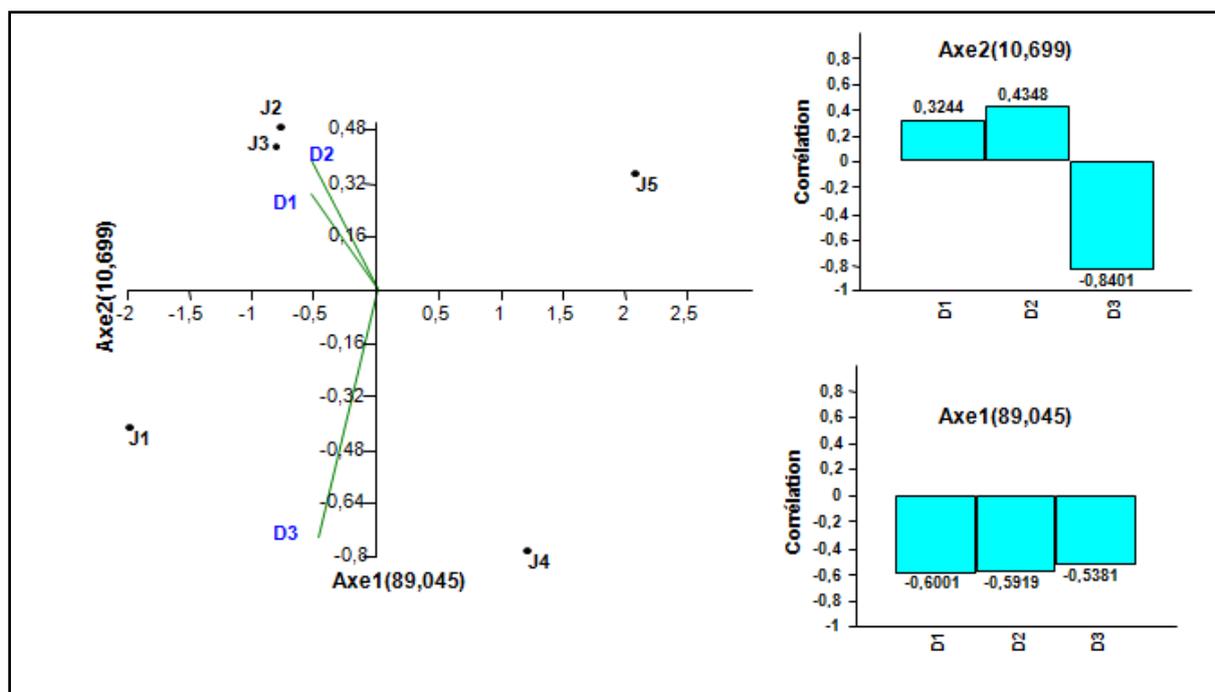
**Figure V. 3. :** Analyse en composantes principales (A.C.P.) des différentes doses par contact sur les populations résiduelles de *Sitophilus oryzae* en fonction du temps.

Pour le mode ingestion l'analyse en composantes principales (ACP) effectuée sur les interactions de population résiduelle et l'action des différentes doses (D1, D2, D3).

La C.H.A. (classification hiérarchique ascendant) prise à une similarité de (-0,6), montre l'existence de quatre groupes : **groupe1**: J4, **groupe2** :J5, **groupe3** :J3 et J2, groupe 4 :J1 (Annexe. 2.).

L'analyse multivariée sur l'axe 2 (10,699%) indique que l'effet des doses (D1), (D2), se rapproche et se distingue clairement de l'effet de la dose (D3) (Figure.v 3.).

La projection sur le premier axe (89,045%) montre que toutes les doses agissent tardivement sur les populations résiduelles de *S. oryzae*, avec une corrélation positives entre les trois doses (Figure v.4.).



**Figure V.4. :** Analyse en composantes principales (A.C.P.) des différentes doses par ingestion sur les populations résiduelles de *Sitophilus oryzae* en fonction du temps.

**D1** :2/3 farine +1/3 *Bacillus thuringiensis*. **D2** :1/2 *Bacillus thuringiensis* +1/2 farine, **D3** :2/3 *Bacillus thuringiensis* +1/3 farine.

### V.3. Effets comparés de l'efficacité des différentes doses de (Bt) (D1, D2, D3) sur les populations résiduelles de *S. oryzae*

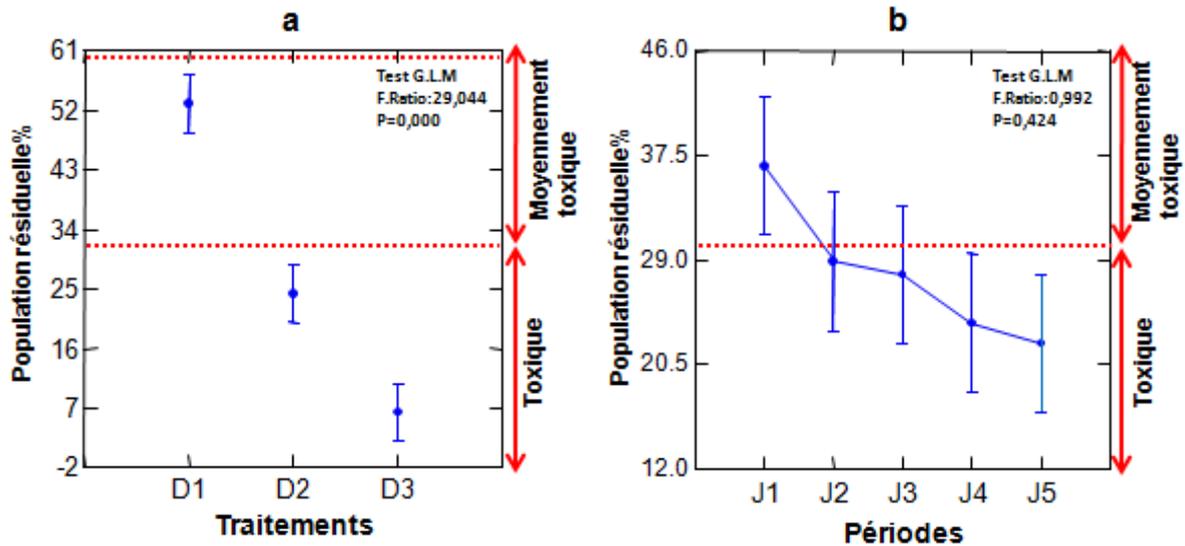
#### V.3.1.par contact :

Le modèle général linéaire (G.L.M) a été utilisé afin de déterminer l'effet strict de mode de traitement sur Les populations résiduelles de *Sitophilus oryzae* en fonction de différentes doses. Ce model nous a permet d'étudier l'effet individuel de chaque facteur sans l'intervention des interactions entre eux (figure V.6.).

À partir des résultats obtenus par ce modèle, nous remarquons que les traitements (F-Ratio= 29.044, p=0,000, p<1‰) présentent une distinction hautement significative (graphe a), et la période de suivie (F-Ratio = 0.992, p = 0 .424, p>5%) présente une distinction non significative (graphe b) sur les populations résiduelles de *S.oryzae* .

Nous constatons que la dose (D3) montre le degré d'efficacité le plus important suivi par la (D2), enfin on trouve la (D1) qui présente une faible efficacité (graphe a).

Concernant l'effet temporel les doses montrent une toxicité progressive toute la période du suivi (graphe b).

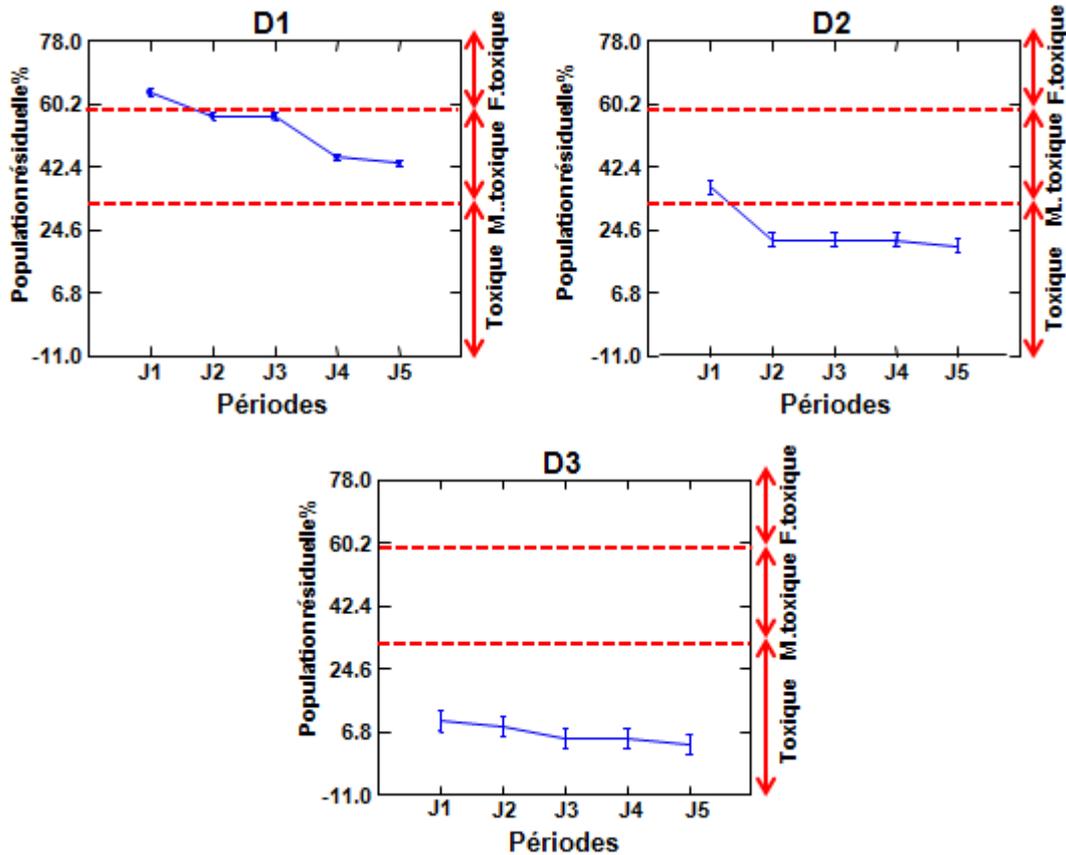


**Figure V.5.** : Population résiduelle comparée de *Sitophilus oryzae* selon les traitements, et la période de suivi par contact.  
**D1** : 1/4 dose (0,25g/l), **D2** : 1/2 dose (0,5g/l), **D3** : La dose (1g/l).

L'interaction entre les facteurs ; traitements et périodes nous présente une progression temporelle du taux d'efficacité des différents traitements. Cette tendance est vérifiée par le test de l'analyse de la variance type ANOVA où la différence est non significative (F ratio =0, 145, p=0, 996, NS).

Sur la base du test de Dunnett, les résultats de l'effet comparé des différentes doses appliquées lors de traitement montrent que le biopesticide à base de BT testé à la dose (D3) se révèle fortement toxique dès les premiers 24h avec une valeur (PR =10%) cette toxicité s'accroît jusqu'à 120h pour atteindre (p<6.8%), par rapport à la dose (D1) qui paraît faible à 24h (p=65%) à moyennement toxiques à partir du 72h jusqu'à 120h (58%<PR<.42%). Tandis que la (D2) s'est montrée moyennement toxique le début de l'essai pour atteindre la forte toxicité à partir du 72h (p=18%).

Les résultats montrent l'importance du facteur dose sur l'efficacité des différents traitements utilisés.



**Figure V.6. :** Graphes du modèle ANOVA appliqué à l'interaction périodes / doses sur *S. oryzae* par contact.

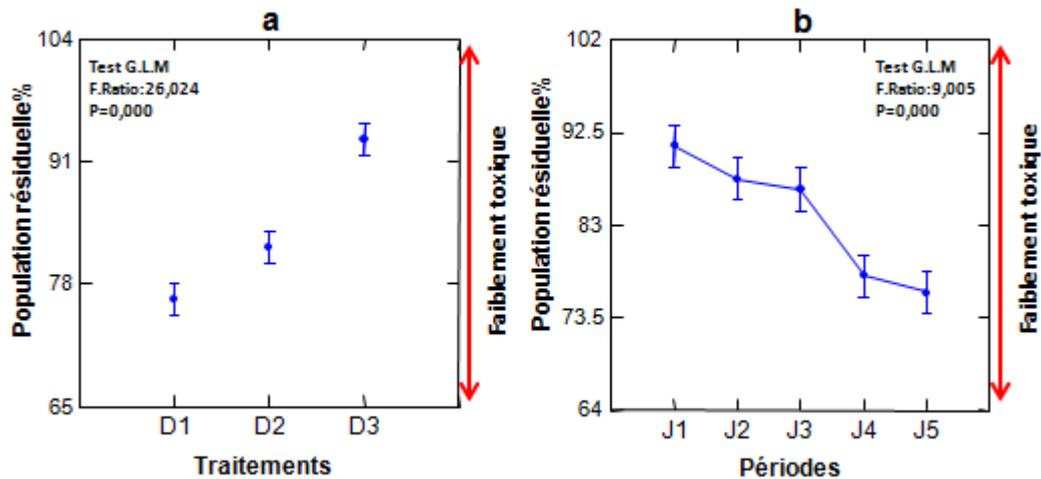
**D1** :1/4 dose (0,25g/l), **D2** :1/2 dose (0,5g/l), **D3** : La dose (1g/l).

### v.3.2.par ingestion :

D'après les résultats obtenus par le model G.L.M. nous enregistrons que les doses (F-ratio=26, 024, p=0, 000, p<1‰), et les périodes de traitements (F-ratio=9, 005, p=0, 000, p<1‰), présentent une différence hautement significative, sur les populations résiduelles de *S. oryzae* (figureV.7.).

Le graphe (a) montre une efficacité assez importante pour la dose (D3) sur les populations résiduelles de *S. oryzae*. En revanche, les deux doses ; (D1) et (D2) ont une efficacité moyenne.

Concernant l'effet temporel montrent une efficacité progressive toute la période du suivi (graphe b).

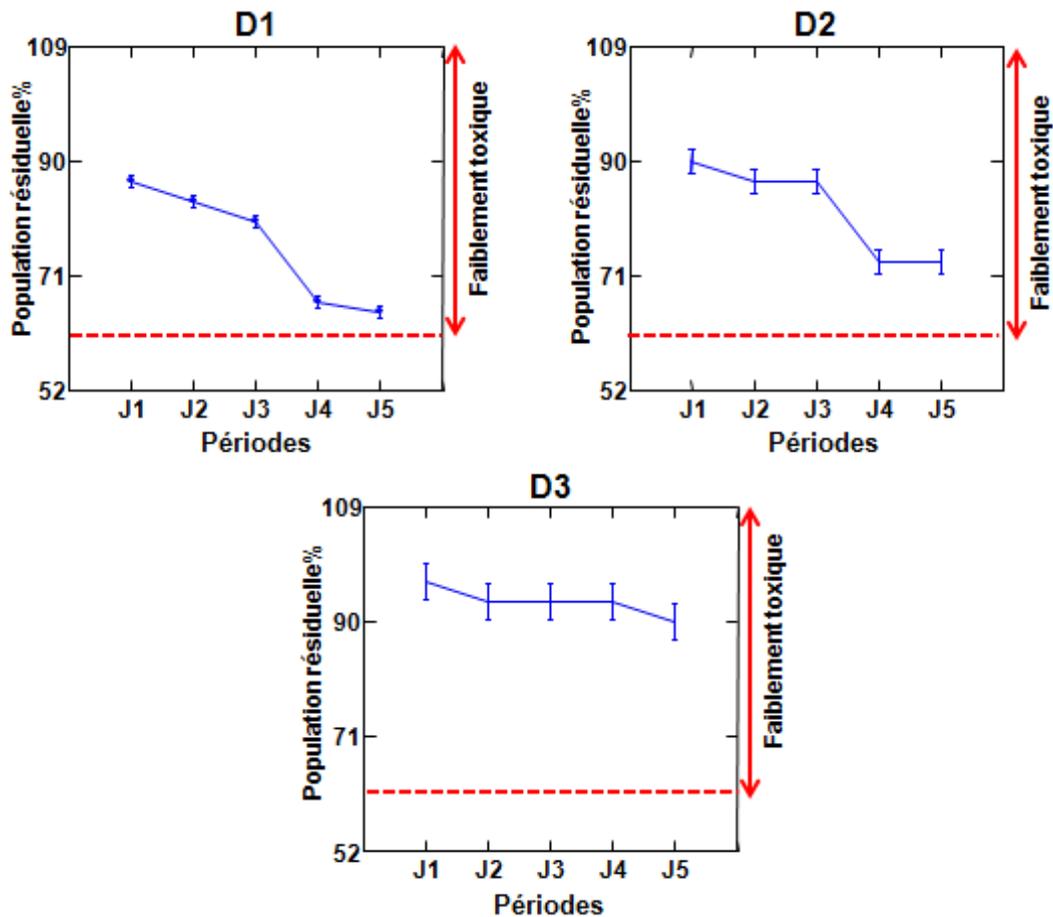


**Figure V.7. :** Population résiduelle comparée de *Sitophilus oryzae* selon les traitements, et la période de suivi par ingestion.

**D3** :2/3 *Bacillus thuringiensis* +1/3 farine, **D2** :1/2 *Bacillus thuringiensis* +1/2 farine, **D1** :2/3 farine +1/3 *Bacillus thuringiensis*.

L'interaction des facteurs ; traitements et périodes nous présente une progression temporelle du taux d'efficacité des différents traitements. Cette tendance est vérifiée par le test de l'analyse de la variance type ANOVA où la différence est non significative (F-ratio=1.451; p=0,217; NS).

D'après la figure v.8., nous remarquons que les résultats de l'effet comparé des différentes doses appliquées lors de traitement montrent que le biopesticide à base de BT testé à différentes doses présente une faible toxicité durant toute la période de suivi, la dose (D3) se révèle faiblement toxique dès les premiers 24h avec une valeur (PR=%98) pour atteindre (p=90%) à 120h, par rapport à la dose (D1) et la (D2) qui sont moyennement toxiques au début de suivi ; de 24h jusqu'à 72h (88% < PR < .42%). Pour atteindre une toxicité importante à la fin du suivi avec une sévérité remarquable pour la (D1) (PR=63%). Les résultats montrent l'importance du facteur dose sur l'efficacité des différents traitements utilisés.



**Figure V.8.** : Graphes du modèle ANOVA appliqué à l'interaction périodes / doses sur *S. oryzae* par ingestion.

**D3** :2/3 *Bacillus thuringiensis* +1/3 farine, **D2** :1/2 *Bacillus thuringiensis* +1/2 farine, **D1** :2/3 farine +1/3 *Bacillus thuringiensis*.

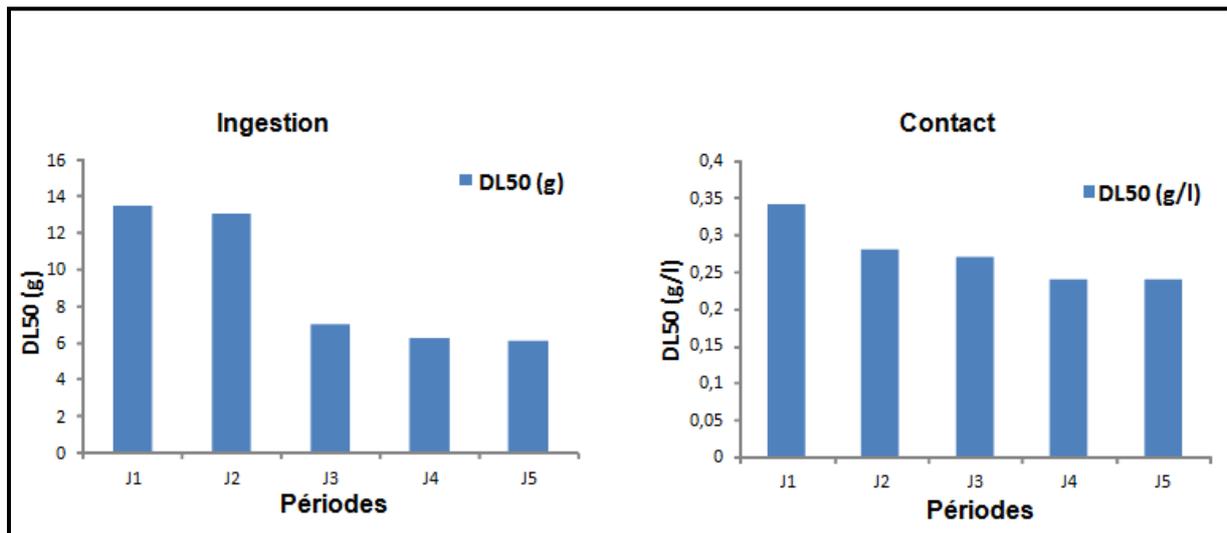
#### V.4. Les doses létales DL50 :

Nous avons calculé les concentrations létales pour 50% des individus du charançon (*S.oryzae*) (Tableau V.1.). Les concentrations testées sont très élevées à 24 heures après l'application par contact et par ingestion. Ces concentrations diminuent graduellement du 2<sup>ème</sup> au 5<sup>ème</sup> jour (tableau V.1.).

Pour le mode contact, les DL50 sont de l'ordre de 0.34 ,0.28, 0.27 de *Bacillus thuringiensis* poudre par litre respectivement et de l'ordre de 13.4, 13.02 ,6.96 et 6.25 de poudre mélange avec la farine (g). Au 5<sup>ème</sup> jour, les DL50 sont les plus faibles et ne dépassent pas les 0.24g de poudre de *Bacillus thuringiensis* pour le premier mode et 6.10g pour le deuxième mode. Nous pouvons conclure que le biopesticide d'origine microbienne a exercé une forte pression insecticide a travers le mode contact.

**Tableau v.1.** : Valeurs de concentration létales 50 utilisées par les deux modes en traitement sur les jeunes adultes de *S. oryzae*.

		1 <sup>er</sup> jour	2 <sup>eme</sup> jour	3 <sup>eme</sup> jour	4 <sup>eme</sup> jour	5 <sup>eme</sup> jour
Contact	DL50 (g/l)	0,34	0,28	0,27	0,24	0,24
Ingestion	DL50 (g)	13,40	13,02	6,96	6,25	6,10



**Figure V.9.** : Variation temporelle de la dose létale 50 et en g/l et en g de *Bacillus thuringiensis* utilisé contre les jeunes adultes de *S. oryzae* .

## Chapitre VI : Discussion

La gestion des populations d'insectes qui sont responsables de nombreux dégâts et maladies affectant les céréales stockées est aujourd'hui un plus grand défi.

Les insectes ravageurs des denrées, majoritairement des Coléoptères peuvent causer la perte totale d'un stock. Le moyen le plus courant pour limiter leurs activités est l'usage des pesticides dont les effets indésirables sont malheureusement très nombreux. L'intoxication humaine en est une principale. Au cours des deux dernières décennies, de nombreux travaux ont été menés dans le but de rechercher des méthodes de protection des denrées plus douces, respectueuses de la santé humaine et de l'environnement (Ngamo<sup>1</sup> et Hance<sup>2</sup>, 2007).

L'utilisation de microorganismes contre les insectes ennemis des cultures est une forme de lutte biologique dont la pratique est encore peu répandue. Cependant, elle repose sur l'efficacité de certains microorganismes au contraire des insecticides chimiques, celle-ci permet d'intervenir de manière quasi sélective contre les espèces visées, moins susceptible de provoquer des phénomènes de résistances.

Plusieurs études ont montré que les produits naturels issus des microorganismes représentent une importante source de molécules pouvant être exploitées dans différents domaines entre autres la protection de la filière agroalimentaire.

L'objectif visé tout le long de ce travail a ciblé l'étude de l'activité insecticide sur *Sitophilus oryzae*, d'un pesticide biologique à base de *Bacillus thuringiensis*.

*Bacillus thuringiensis* offre les potentialités insecticides les plus intéressantes tant sur le plan des applications actuelles que sur celui des perspectives de développement des bioinsecticides bactériens (Lereclus et Chauvaux, 1986).

Cette bactérie qui est présente naturellement dans les sols (Dunphy et Tibelius, 1992), ce genre est abondant et envahit les aires des cultures. L'exploitation des propriétés pesticides de cet organisme, permettrait de valoriser ces espèces dans un contexte d'agriculture durable.

Les résultats qui vont être discutés suite aux résultats révélés par cette étude, concernent l'évaluation de l'activité insecticide de *Bacillus thuringiensis* sur le charançon du riz à travers de deux modes d'action (par contact et par ingestion).

## **Activité insecticide de *Bacillus thuringiensis***

### **Mode contact :**

D'après les résultats obtenus dans cette étude, nous constatons que le traitement à base microbienne par le mode contact a montré un effet toxique vis-à-vis de *Sitophilus oryzae*. Cette toxicité varie en fonction des doses utilisées et de temps d'exposition.

Toutes les doses testées ont montrées une activité insecticides remarquable ; la D3 (1g/l) a montré l'effet insecticide le plus élevé suivi par la D2 (0,5g/l) et en fin la D1 (0,25g/L) pour le mode d'application (contact).

### **Mode ingestion :**

Pour ce mode, nous avons constatés que les capsules préparées à différentes doses possèdent un effet biocide assez faible sur le ravageur étudié, un taux de population résiduelle varie entre 65% à 90% a été obtenue avec les trois doses utilisées.

Les doses D1 (2/3 farine +1/2 BT) est D2 (1/2 farine+ 1/2 BT) ont montré un effet toxique faible mais plus intéressant que celui de la dose D3 (2/3 BT+1/2 farine) qui à révélé un effet assez faible, ce résultat peut être attribué aux proportions de *Bacillus thuringiensis* utilisées, l'insecte a fuit complètement les capsules préparées avec la (D3). La faible toxicité des autres doses peut être expliquée par une résistance comportementale des individus, traduite par le non rapprochement aux capsules.

Ces résultats préliminaires expliquent et confirment que le biopesticide étudié possède des propriétés biocides appréciées toutefois, il est à signaler une différence d'action entre les deux modes testés qui pourrait être expliquée par une diversité de composition chimique, le biopesticide sous forme solution aqueuse a montré un fort effet létal à (50%) en comparaison avec le traitement sous forme de capsules.

Les deux hypothèses suggérées : La première hypothèse repose sur l'effet toxique des doses appliquées.

Pour le mode de contact la dose (D3) a montré un effet toxique remarquable par rapport aux autres doses (D2 et D1) dont en enregistrant le taux de toxicité le plus élevé. Cette dernière pourrait être expliquée par la concentration, la pureté du

(MA) et de par l'exposition assez prolongée. Tandis que l'inefficacité des doses pour le mode ingestion revient au mélange avec un produit alimentaire (farine), qui a sûrement dévalorisé la puissance du biopesticide testé.

La deuxième hypothèse suggère que la molécule biologique testée par contact a pu atteindre le site ciblé du charançon à travers la pénétration des molécules après pulvérisation appliquée. Nos conclusions concordent avec celles de plusieurs études qui se sont intéressées à l'utilisation des *Bacillus*. L'activité toxique par effet contact de *Bacillus thuringiensis* sur *Sitophilus oryzae* et d'autres insectes a été mise en évidence par de nombreux auteurs.

La présente hypothèse rejoint les travaux ayant traité la toxicité des pesticides à modes d'action différents. Le produit ingéré passe dans les organes de détoxification (intestin moyen, tubes de Malpighi), avant d'être réparti dans tout le corps (Reau *et al.*, 2005) Par contre, le produit appliqué sur le thorax traverse la cuticule au travers des canalicules cireux et la distribution s'effectue directement dans l'organisme, plus particulièrement dans les zones les plus lipophiles (Gilbert et Wilkinson, 1975) L'hémolymphé véhicule la molécule dans tout le corps de l'insecte (Noble-Nesbitt J., 1970) Il a été démontré une accumulation progressive des molécules toxiques dans la corde nerveuse puis dans les corps gras (site à monooxygénase) chez la blatte américaine (*Periplaneta americana* (L)).

*Bacillus thuringiensis* est efficace contre certaines espèces de coléoptères, lépidoptères et diptères. Cependant il faut préciser qu'il ne s'agit pas des mêmes souches bactériennes. Ces différentes souches se caractérisent par la production de différents types de delta endotoxines, qui auront chacune une certaine spécificité contre les larves cibles. A ce jour au moins une centaine de gènes codant pour ces différentes toxines ont été répertoriés et c'est l'un des rares exemples de famille multigénique chez une bactérie. Ces gènes sont portés par des plasmides transférables, ce qui augmente les possibilités pour une souche de produire des toxines de types différents et donc de changer son spectre d'hôte (Klier, 2007).

Les delta endotoxines ne sont pas des insecticides de contact (Vassal, 2004) ; c'est après ingestion par les insectes sensibles que la toxine agit. car plusieurs études ont étamés ce type de pénétration (ingestion), l'infection se caractérise par une lyse des cellules épithéliales intestinales, cela s'ajoute une altération rapide du métabolisme cellulaire, la mort n'est pas immédiate, (Deuceinck *et al.* 1989). La toxine produit plusieurs effets importants, la mort des larves avant la mue et la

cessation de toute alimentation après la mue, des doses sublétales produisent généralement des effets tératogènes caractérisés par des malformations des parties buccales, des yeux des antennes et des ailes (Simpson *et al.*, 1971 in Charl et Daniel, 1992). Les malformations chez les coléoptères consistent en un raccourcissement des antennes et en la présence de poils tarsiens sur celles-ci contrairement en cas des lépidoptères, les tératologies se transmettent à la deuxième génération d'insectes.

Il est à noter que le pH de l'appareil digestif peut être différent suivant l'ordre d'insecte concerné, par exemple il est alcalin chez les Lépidoptères mais peut être acide comme chez les Coléoptères. L'activation est donc un élément de spécificité supplémentaire des endotoxines.

Par la suite, les formes activées interagissent avec des récepteurs localisés au niveau des cellules épithéliales de l'intestin moyen. La fixation sur ces récepteurs induit des changements de la protéine conduisant à l'insertion de la toxine qui s'oligomère (tétramère) dans la membrane au niveau des microvilli de ces cellules (partie apicale).

Le tétramère forme un pore qui entraîne ainsi un déséquilibre de la balance osmotique, des désordres intracellulaires et par la suite la lyse des cellules.

Le relarguage des contenus cellulaires dans la lumière intestinale offre un milieu favorable à la germination des spores. Par la suite, les bactéries en se multipliant envahissent les tissus et notamment colonisent l'hémolymphe. Les insectes meurent alors généralement de septicémie (Gill et coll., 1992; Schnepf et coll., 1998).

Cette description concerne le modèle le plus communément admis. Cependant des publications récentes montrent que l'étape de reconnaissance des récepteurs pourrait être plus complexe qu'attendu.

Une souche particulière de *Bacillus thuringiensis*, toxique pour les larves de certains diptères a été utilisée pour l'éradication de simulies en Afrique de l'ouest ; ces simulies sont les vecteurs de l'onchocercose. Depuis des souches actives sur les larves de coléoptères ont été isolées et certaines préparations contre ces insectes sont commercialisées. Récemment de nouveaux isolats ont été décrits, qui pourraient élargir le champ d'application de cette espèce bactérienne. Cependant il faut convenir qu'en dépit d'un certain nombre d'avantages, la part du *Bacillus thuringiensis* dans les pesticides reste encore marginale (Klier, 2007).

En effet à ce stade de l'étude, nous pouvons conclure que le biopesticide utilisé semble donc manifester vis à vis des jeunes adultes de charançon une toxicité beaucoup plus par contact direct que par ingestion.

D'après USDA (1995). *Bacillus thuringiensis* aux doses normalement appliquées ne causent pas des effets phytotoxiques (effets néfastes pour les plantes). La toxicité du (Bt) s'exprime seulement si la bactérie est ingérée par un organisme et exposée aux enzymes digestives appropriées en présence d'un pH de 9,0 à 10,5 (Falcon, 1971). Ce qui motive l'essai de cette bactérie dans les silos de stockage puisque les graines ne sont pas ciblées, Il est estimé que les risques présentés par le *Bacillus thuringiensis* pour les organismes non visés sont négligeables à nul, d'autant plus que les cristaux à l'origine de l'effet toxique sont dégradés rapidement dans l'environnement par les rayons solaires et les microorganismes (Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire, 2001c).

Généralement, l'efficacité de *Bacillus thuringiensis* ne persiste pas très long temps après une application. Sa toxicité contre les moustiques ne dure que quelques jours et l'efficacité peut diminuer en moins de 24 heures (Glare et O'Callaghan, 1998). Enfin, la puissance, la concentration, la vitesse de pénétration ou de sédimentation du produit d'origine microbienne et des agents de la formulation influencent aussi l'efficacité (Becker *et al.* 2003).

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La salubrité et la conservation des grains de céréales constituent un problème important à l'échelle mondiale car elles touchent la survie des hommes et des animaux domestiques. Le charançon du riz, *Sitophilus oryzae* (Coléoptère : Curculionidae) est un ravageur dévastateur sérieux des denrées stockées. L'importance de ses dégâts potentiels et les difficultés de lutte justifient une grande vigilance de la part des conseillers techniques et des stockeurs.

Dans ces dernières années, et face à une législation de plus en plus restrictive sur l'application des pesticides de synthèse, la recherche d'insecticides d'origine biologiques s'inscrit dans une stratégie particulièrement adapté aux exigences du consommateur tout en préservant l'environnement.

Ainsi, les instances internationales comme l'OMS ont interdit l'usage de certains produits insecticides synthétisés chimiquement comme les organochlorés. D'autres ont imposé l'arrêt de la production du bromure de méthyle en 2005 puisqu'il est toxique pour la santé humaine et polluant pour l'environnement.

De ce fait, le travail entrepris dans ce mémoire avait pour objectifs d'analyser les effets biopesticide d'origine microbienne à base de *Basillus thuringensis*. L'analyse de l'effet biopesticide a porté sur son action sur *Sitophilus oryzae*, à travers deux modes d'action, par contact et par ingestion. L'approche de cette étude nous a menés aux précisions et hypothèses suivantes.

A partir des résultats obtenus sur les populations résiduelles de *Sitophilus oryzae*, il apparaît clairement une nette diminution des populations soit pour le mode ingestion soit pour le mode contact sous l'effet des traitements à différentes doses, avec un effet de choc pour le mode contact.

La dose joue un rôle important pour les deux modes du traitement. Cependant elle est relativement proportionnelle avec la population résiduelle pour le mode contact la dose complète D3 (1g/l) révèle un effet remarquable que la demi-dose D2 (0,5g/l) et la D1 (0,25g/l), par contre elle est inversement proportionnelle pour le mode ingestion. Aussi la nature du biopesticide, la solution aqueuse a montré des

résultats intéressants en comparaisons ceux enregistrés avec le traitement avec capsules.

L'étude de l'activité insecticide de *Bacillus thuringiensis* s'est avérée très intéressante, du fait que nous avons obtenu des résultats positifs sur les populations résiduelles de *Sitophilus oryzae*. L'individualité de *Bacillus thuringiensis*. par sa toxicité qui s'exprime seulement si la bactérie est ingérée par un organisme et exposée aux enzymes digestives appropriées est un paramètre très prometteur ouvrant la possibilité de trouver de nouveaux pesticides naturels à base de microbes qui peuvent être source efficace dans la lutte contre les champignons et les bactéries phytopathogènes, les nématodes et les insectes très redoutables aux cultures .

Cette étude constitue une première étape dans la recherche de molécules biopesticides d'origine microbienne, elle mérite d'être poursuivie par des études *in situ* pour confirmer leur activité. Il serait intéressant d'isoler ce genre de bactérie du territoire national afin d'avoir des souches locales et les testées sur d'autres agents pathogènes et insectes ravageurs en particulier ceux listés de quarantaine qui constituent des organismes très redoutables.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire 2001a** : Fiche technique sur l'utilisation du chlorpyrifos dans les programmes de lutte contre les moustiques. Accessible au : [http://www.pmraarla.gc.ca/francais/pdf/fact/fs\\_chlorpyrifos-f.pdf](http://www.pmraarla.gc.ca/francais/pdf/fact/fs_chlorpyrifos-f.pdf).
- **Alzouma, 1, Huignard 1 ., et Lengua, A 1994** : «Les coléoptères Bruchidae et les autres insectes ravageurs des légumineuses alimentaires en zone tropicale». In Post-Récolte, principes et application en zone tropicale, ESTEM/AUPELF, p.79-103.
- **Anonyme, 2011** : United States Département of Agriculture, USDA in Toepfer international ([mail@toepfer.com](mailto:mail@toepfer.com) )
- **Anonyme, 2010** : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural
- **Anonyme, 2003** : [www.cd3wd.com](http://www.cd3wd.com)
- **Anonyme, 2007** : <http://www.new.gouv.qc.ca/pesticides/virus/nillbti/chap3.htm>.
- **Anonyme, 2007** : <http://www.nal.usda.gov/bicIBTTOX/bttox.htm>
- **Armand Boudreau et Germain Ménard, 1992** : (le blé élément fondamentaux et transformation) Les presses de l'université laval Préface : Keith H. Tipples Sainte-foy, 1992 pp 14-15-23 .
- **Baiod et Mohammedi, S ., 1987** : Etude du genre Bacillus , isolement et caractérisation de l'espèce Bacillus thuringiensis en vue de constitution d'une collection de souches, Mem. Dipl. Et. Sp. U .S.T.H.B. Bab-Ezzouar, 30p
- **Becker, N., Petric, D., Zgomba, M., Boase, C., Dahl, C., Lane, J., Kaiser, A. (2003)** Mosquitoes and their control. Kluwer academic Press/Plenum publishers, New York, 498 p.
- **Benazzeddine, S ., 2010** : Chapitre I , Aperçu biologique sur *Sitophilus oryzae* (L.) et *Tribolium confusum* (Duv.) 2010 .
- **Benbelkacema ,K., et Kellou ,K., 2000** : Evaluation du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (*Triticum durum*) cultivées en Algérie. Ed. Ezzahiri B., SAYOUD R., Algérie.
- **Bonjean A .et Picard E., 1990** : Les céréales à paille origine, historique, économie et sélection. Eds Nathan, 235 p.

- **Borror D., 1981** - An introduction to the study of insects. Fifth edition Saunders College Publishing 442-454.
- **Bottomley, R. A., Christensen, C. M., and Gedds, W. F., 1950** : Grain storage studies. The influence of various temperatures, humidities and oxygen concentrations on mold growth and biochemical changes in stored yellow corn. *Cereal.Chem* **17**, 96-271.
- **Boufenar-Zaghouane F. et Zaghouane O., 2006** : Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie (blé dur, blé tendre, orge et avoine). ITGC d'Alger, 1ère Ed, 152p.
- **Buquet R., 1978** : Les insectes et les acariens des céréales stockées .Inst. Tech des céréales et des fourrages .AFNOR .1<sup>er</sup> Ed ,238p.
- **Burges H. D. 1981**: Safety testing and quality control of microbial pesticides. In: *Microbial control of pests and plant diseases*. Ed.Burges, H.D., London, 738-769.
- **Cahagnier, B., and Fleurat-Lessard, F., 2002** : Bonnes conditions du grain à l'entreposage. Protection of the 6th International Working Conference on Storedproduct Protection **2**, 1059-1063.
- **Chadefaud M. et Emberger L., 1960** : Traité de botanique. Systématique. Les végétaux vasculaires par L. Emberger. Fasciculé Masson et Cie. Tome II, 753p.
- **Charles et Daniel., 1992** : Lutte biologique Gaétan morin éditeur C.P. 180 Boucherville, Quebec, Canada.637p.
- **Chaufaux, J., 1995** : Revue insectes et cultures. n° 97/1995(2).
- **Chawla, K., 1984**: Management of Cereal Grain in Storage. AGRI-FACTS. Practical Information for Alberta's Agriculture Industry. Agdex 736-13, pp.1-5.
- **Cheftel, J.C et Cheftel, H., 1977** : Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Technique et Documentation Lavoisier, Paris, pp. 105-130.
- **Deuceninck P ., Etienne F.,Herick xg., Jansen J.P., Leffin m. et Zavagli f.,1989** :Etude de l'effet de la combinaison de la thuringiensis et de la Cytlothrine sur *Spodopera Littoralis*.Rapport des T.P. du cours de zoologie appliquées , 44p.

- **Djermoun A.E.K., 2009** : Revue Nature et Technologie. n° 01/Juin 2009 , pp 2.
- **Doumandji, A., Doumandji-Mitiche, B. et Salaheddine, D., 2003** : Cours de technologie des céréales technologie de transformation des blés et problèmes dus aux insectes au stockage. Office des Publications Universitaires, pp. 1-22.
- **Doumandji, S.E., 1977**: Le stockage et la lutte contre les ennemis des céréales. Séminaire- la minoterie et les industries céréalières, pp: 4-14.
- **Druvefors, U. A. 2004**: Yeast Biocontrol of Grain Spoilage Moulds Mode of Action of *Pichia anomala*. Doctorat thesis. University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, Department of Microbiology. Agraria 466. 44 pages.
- **Dunphy, G.B. et Tibelius, K.H. (1992)** : Les progrès biotechnologiques augmentant l'efficacité de *Bacillus thuringiensis* et de *Bacillus sphaericus* en tant qu'insecticides .
- **Duron, B.S.1988-1989** : LE TRANSPORT MARITIME DES CEREALES. Mémoire pour le D.E.S.S. « Transport maritimes et aériens ». Option Droit maritime et Droit des transports. FACULTE DE DROIT ET SCIENCE POLITIQUE D'AIX-MARSEILLE. 81 pages.
- **Falcon, L.A. 1971** : Use of bacteria for microbial control of insects.In: Microbial control of insects and mites (Edited by B.D.Burges and N.W. Hessey). Academic Press, New York. pp. 67-95.
- **Farjan, M. A., 1983**: Population dynamics of two stored durum wheat insects, the rice weevil *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) and lesser grain borer *Rhyzopertha dominica* F. (Coleoptera: Bostrichidae) has been studied in the laboratory and at the grain bulk in a simulated climate of North Africa Th. Ing .Agr. Veter. Hassan II, Rabat, 99 p.
- **Federici, B. A., 2005** : Insecticidal bacteria: an overwhelming success for invertebrate pathology.J Invertebr Pathol 89, 30-38.
- **Feillet , P., 2000** : Le grain de blé. Composition et utilisation. Mieux comprendre. INRA. ISSN: 1144- 7605. ISBN: 2- 73806 0896- 8. p 308
- **Feldman, M., 2001** : Origin of Cultivated Wheat. In Bonjean A.P. et W.J. Angus. (éd.). The World Wheat Book: a history of wheat breeding. Intercept Limited. Andover. Angleterre: 3-58 p.

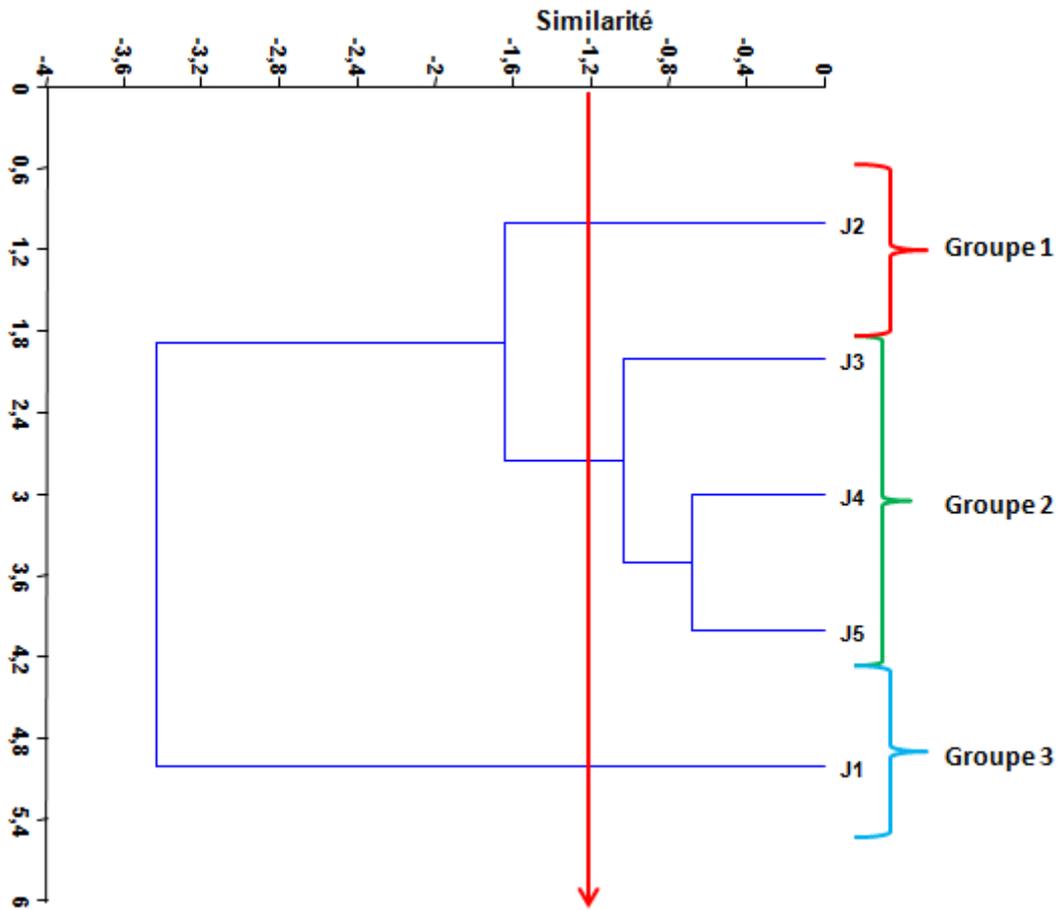
- **Fleurat-Lessard, F., 1989** : Autres méthodes de lutte. Ed. AFNOR et ITCF, Paris, 165-168.
- **Fourar .R ., 1987** : Inventaire des insectes du blé tendre, estimation des dégâts et préservation de la qualité industrielle par l'emploi d'insecticides dans la région de Blida. Annexe 11 : Méthodes normalisées. Thèse d'ing en Agro, INA, Alger : 100p.
- **Fourar .R ., 1994** : Variabilité de la sensibilité variétale du blé tendre à *Sitophilusoryzae* (Col :*Curculionidae*) dans le grain et de *Triboliumconfusum* Duval ( col : *Tenebriononidae*) Dans la farine. Analyse des relations éco-physiologiques insectes-grains des grains.  
Thèse Mag.ScienceAgr.Protec.desVegt. INA, EL Harrach. Alger : 212p.
- **Gilbert M.D. et Wilkinson C.F., 1975** : An inhibitor of microsomal oxidation from gut tissues of the honey bee, *Apis mellifera*. Comp. Biochem. Physiol.50. B., pp: 613-619.
- **Gill, S. S., Cowles, E. A., and Pietrantonio, P. V., 1992** : The mode of action of *Bacillus thuringiensis* endotoxins. Annu Rev Entomol 37, 615-636
- **Glare, T. R., O'Callaghan, M., 1998** : Environmental and health impacts of *Bacillus thuringiensis israelensis*, Biocontrol & Biodiversity, 58 p.
- **Godon ,B., 1991** : Biotransformation des produits céréaliers. Ed.Tec et Doc. Lavoisier Paris 688p.
- **Godon, B. et Loisel, W., 1997** : Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales. 2eme Ed, Tech & Doc Lavoisier, Paris, pp. 819.
- **Gough, M. C., Uiso, C. B. S., and Stigtlar, C. J. 1987**: Convection currents in bulk grain. Tropic.Sci 27, 29-37.
- **Grasse, R.P. ,1977** : Traité de zoologie Anatomie, systématique Biologie, Gametogenèse, Fécondation ; métamorphose. Ed . Masson.,Paris, T VIII , Fase V.A.,68p
- **Hance,T.H.,2006**: Unité d'écologie et biogeography,centre de recherché sur la biodiversité,2005-2006.
- **Harlan, J.R., 1975** : Our vanishing genetics resources. Science, 188:618-621.
- **Herve, Y, 1979** : Introduction à l'amélioration des plantes. Cours. École nationale supérieure agronomique de Rennes.

- **Hoffmann,A., 1950** : Faune de France. Coléoptères Curculionides. 1ère partie. P.3.
- **Jard,N., 1995** : Les maladies des grains- Tome I. Edition. Univ. Omar Mokhtar. BATDHA. LYBIE. p: 517-522.
- **Kehe ,M., 1975** : Expérimentation pour la mise au point d'un protocole d'essai de substances insecticides pour la lutte contre les charançons des grains: *Sitophilus granarius* (L) et *Sitophilus oryzae* (L). Mémoire D. A. A. ENSAM, Montpellier, 55p.
- **Khelil M.A., 1977** : Influence de la chaleur utilisée comme moyen de lutte contre la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleopterae: Bruchidae) sur les différents états et stades de développement. Thèse Ing. Agr.INA, 77p.
- **Klier,A, 2007** : Copyright – Académie d’Agriculture de France – 2007. Séance du 24 janvier 2007 PP2.
- **Kossou, D. K., and Aho, N. 1993**: Stockage et conservation des grains alimentaires tropicaux: Principes et pratiques. Eds. Flamboyant, Cotonou, Bénin., 125 p.
- **Lacoste ,P., 1970** : La défense des cultures à Madagascar. 190-191
- **Lepesme, P., 1944** : Les Coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels.Encycl. Entomol. A : 22 - 249.
- **Lereclus ,D et CHaufaux ,J ., 1986** : Etat actuel de la lutte biologique a l’aide de *Bacillus thuringiensis* :Ce biopesticide permettra t-il demain d’atteindre le doryphore ? Cah. Liaison O.P.I.E.Vol 20(4) 1986.63.15-20.PP15
- **Markham, R.H., Bosque-perez, N.A., Borgemeister, C. et Meikle, W.G. 1994** : «Developing pest management strategies for *Sitophiluszeamais*and *Prostephanustruncatus*» Tropics FAO plan prot.42: 97-116
- **Mark, E. Whalon B.A.W. 2003**: Bt Mode of action and use. Archives of Insect Biochemistry and Physiology 54: 200-211.
- **Mathlein , R. 1938** : Undersokningar rörande forradsskadedjur. 1Kornarveln, (*Calandra granarius* (L) och risviveln, *C. oryzae*(L)Derasbiologi och bekanipning. Nat Swed. Inst. Plant Prot 23.
- **Multon ,J.L ., 1982** : Volume 2 conservation et stockage des grains et graines etproduits Dérives Céréales,oléagineux ,protéagineux,aliments pour animaux ,859p .

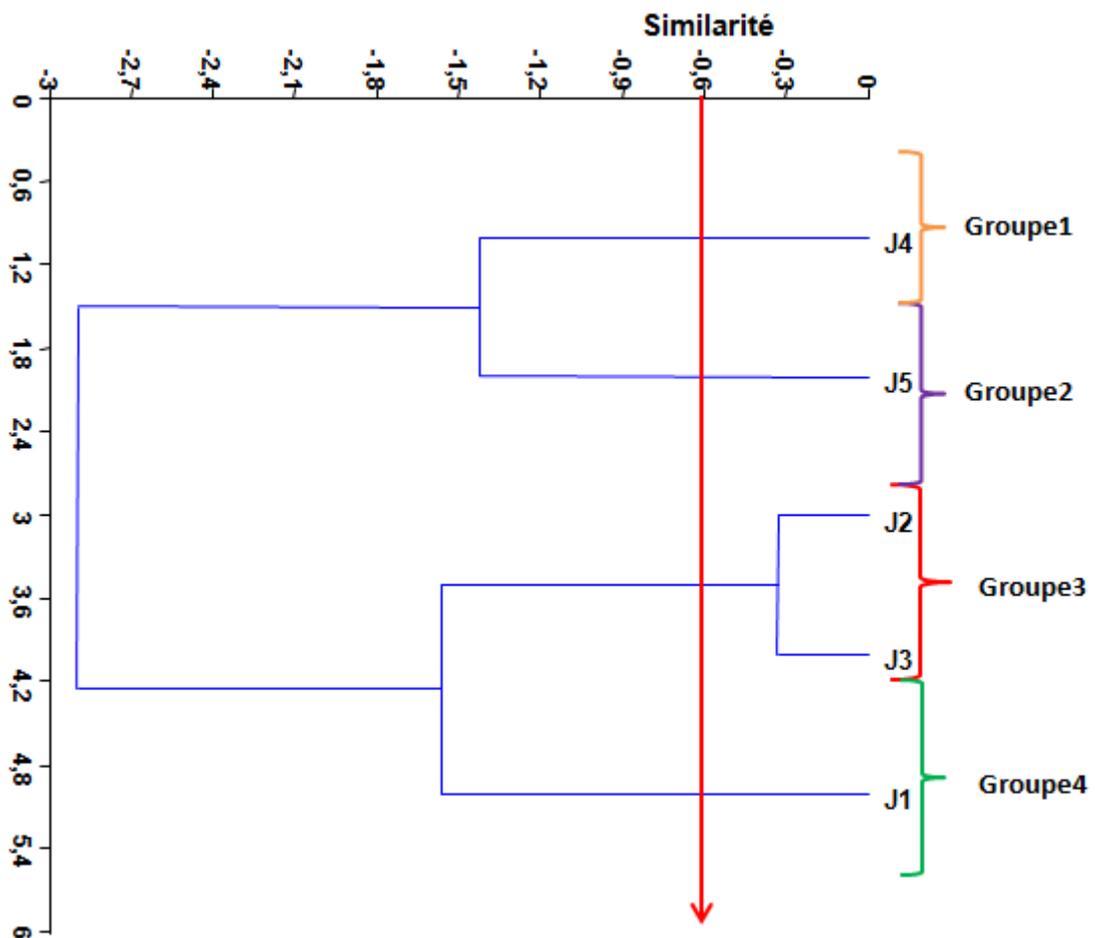
- **Nagamo1et Th.Hance2 ,2007** : Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical.Tropicultura,2007 ,25,4,215-220 ,pp215.
- **Noble-Nesbitt J., 1970**: Structural aspects of penetration through insect cuticles. Pestic. Sci.
- **Pfohl-leszkowicz, A., 1999**: Les mycotoxines dans l'alimentation, Évaluation et gestion du risque. Lavoisier, Paris, pp. 478
- **Prats H., 1960** - Vers une classification des graminées. Revue d'Agrostologie Bull. Soc Bot. France: 32-79.
- **Reau R.,Rodet J-M ,Bordes J-P,DoroTH .,Fnnajar S.,Massart A.,Nichardot B .,Pellerins.,Plendrette C.,Fuinsac A.,Saus C.,Seguin B et Tivoli 2005** :Effet allelopathiques de brassicacées via leurs action sur l'agent pathogene tellurique et les mycolyses.
- **Reed, C., 1992**: Development of storage techniques: A historical perspective. In Storage of Cereal Grains and Their Products. Chapter 4. Edited by D.B. Sauer. St Paul. Pp. 143-156.
- **Riba, G et Silvy , C.H ., 1989**: Combattre les ravageurs des cultures en jeux et perspectives I.N.R.A., 230 p
- **Risbec, J. 1950** : La faune entomologique des cultures au Sénégal et au Soudan français. Tome 1
- **Schnepf, E., Crickmore, N., Van Rie, J., Lereclus, D., Baum, J., Feitelson, J., Zeigler, D. R., and Dean, D. H. 1998** : Bacillus thuringiensis and its pesticidal crystal proteins. Microbiol Mol Biol Rev 62, 775-806.
- **Sidy Baba , N ., 1999** : Manuel de stockage et de conservation des céréales et des oléagineux ,pp13.
- **Sigaut, F., 1980** : Significiance of underground storage in traditional systems of grain production. In controlled atmosphere storage of grain. J.Shejbal. Eds.Elsevier.Amsterdam, 608 p.
- **Silvy, C., and Riba, G., 1989** : Biopesticides contre maladies, insectes, mauvaises herbes. Les dossiers de l'Environnement, INRA 19, 157-200.
- **Steffan , J. R., 1978** : Description et biologie des insectes, 1-65 .In Scotti, G. Les insectes et les acariens des céréales. AFNOR/ITCF, Paris, 238 p.

- **Tabuc, C., 2007:** Flore Fongique de différents substrats et conditions optimales de production des mycotoxines. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse. 190p.
- **USDA, 1995 :** USDA (United States Department of Agriculture) 1995. Gypsy moth management in the United States: a cooperative approach. Final environmental impact statement. USDA, Forest Service, Northeastern Area State and Private Forestry. Radnor, PA.
- **Valoon, J.B., 1984 :** Lutte contre les ravageurs et les parasites du grain entreposé. In: Céréales et oléagineux, manutention, commercialisation, transformation. Eds. Inst. Intern. Grain. Manitoba 8, PP261-291.
- **Vassal, J.M., 2004 :** *Bacillus thuringiensis*: mode d'action et résistance. Atelier Projet GERICO du 06 au 10 Décembre 2004. (CD-R)
- **Watkinson, I. 1994 :** Global view of present and future markets for Bt products. Agriculture, Ecosystems & Environment 49: 3-7.
- **Yamamoto, T. 2001 :** One hundred years of *Bacillus thuringiensis* research and development: discovery to transgenic crops. J Insect Biotech Ser 70.
- **Young J.M., Chilcott C.N., Broadwell A., Wigley P.J. et Lecadetm.M., 1998 :** Identification of serovars of *Bacillus thuringiensis* Berliner 1915 in New Zeland Journal of crop and Horticultural Science, 26,63-68.

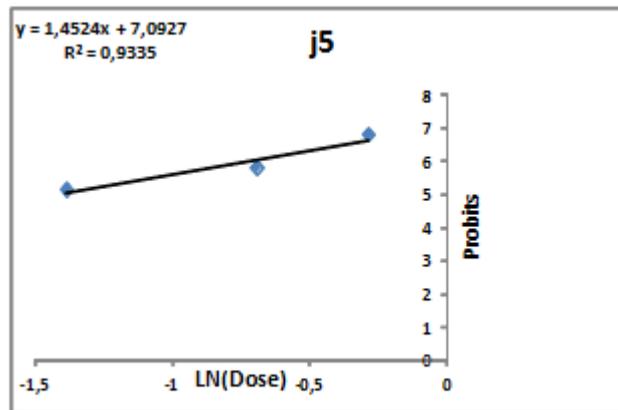
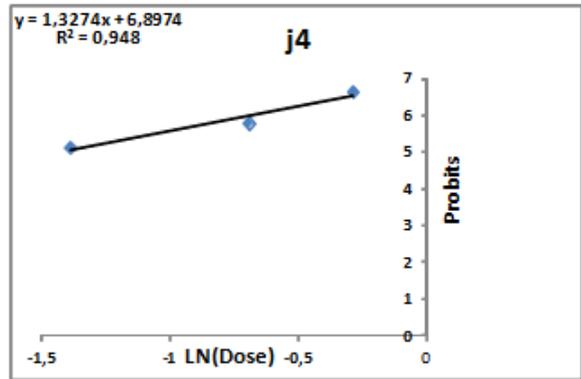
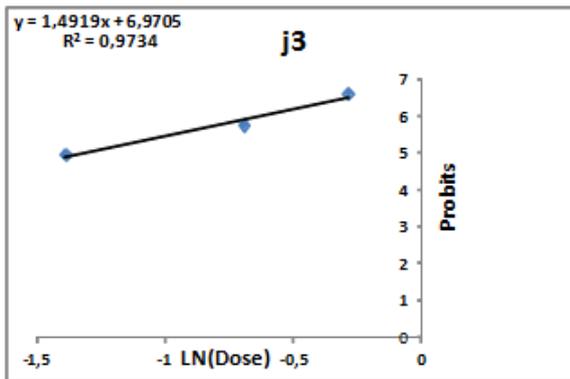
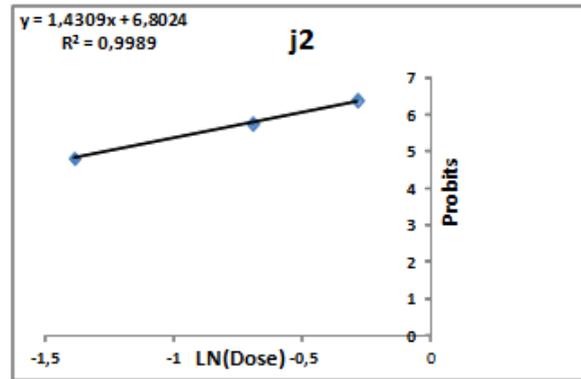
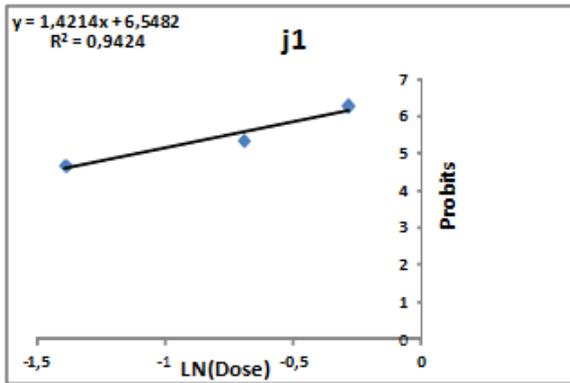
## ANNEXES



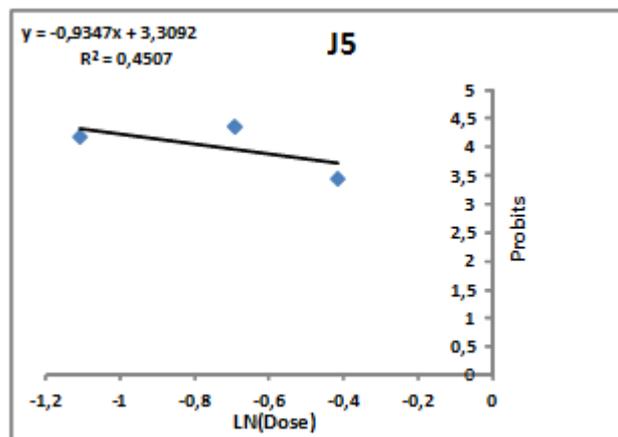
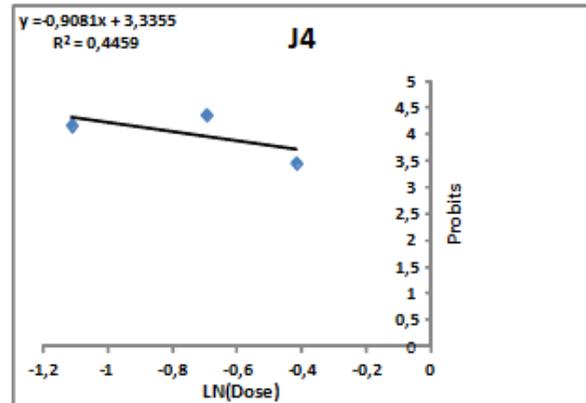
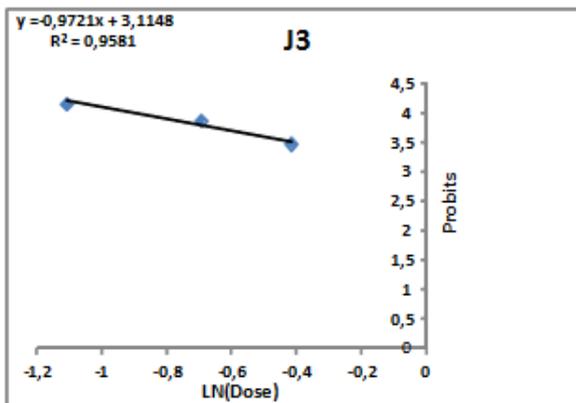
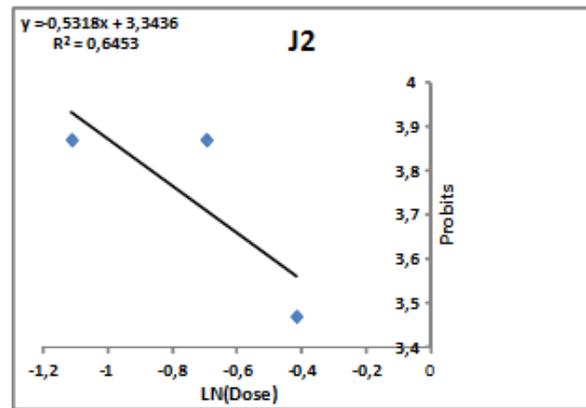
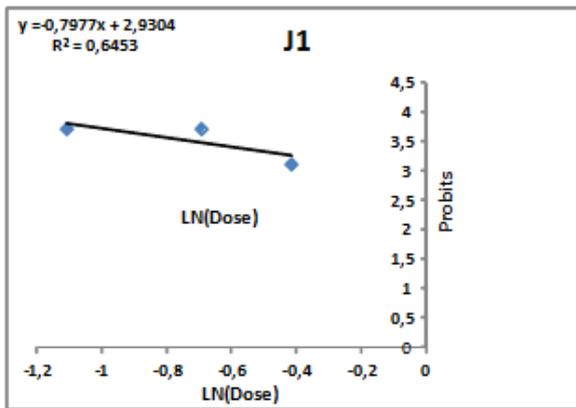
**Annexe .1. :** Classification hiérarchique ascendant (C.H.A.) sur le traitement par *Bacillus thuringiensis* à différentes doses par contact.



**Annexe .2.:** classification hiérarchique ascendant (C.H.A.) sur le traitement par *Bacillus thuringiensis* à différentes doses par ingestion.



**Annexe. 3. :** Efficacité de doses testées au *S.oryzae* par contact.



**Annexe.4.** : Efficacité de doses testées au *S.oryzae* par ingestion.

## Table de matières

Introduction générale	1
<b>Chapitre I : le blé tendre</b>	<b>3</b>
I.1.Importance des céréales	3
I.1.1.Dans le monde	3
I.1.2.En Algérie	3
I.2.Origine et Historique de blé	5
I.3.Description et caractères botaniques du blé tendre	6
I.3.1.Position systématique	6
I.3.2.Le cycle végétatif du blé	7
I.3.3.Structure du grain de blé tendre	7
I.3.4.La valeur nutritionnelle de blé tendre	8
I.4.Stockage de blé	8
I.4.1.Le stockage traditionnel du blé en Algérie	9
I.4.2.Le stockage en gerbe	9
I.4.3.Le stockage du blé en vrac	9
I.4.4.Le stockage du blé en silo	10
I.4.5.Le stockage du blé en épi	10
I.5.Mécanisme d'altération	10
I.5.1.Les facteurs d'altération	10
I.5.1.1.Temps	10
I.5.1.2.Température	10
I.5.1.3.Humidité	11
I.5.1.4.Oxygène	11
I.6.Les causes d'altération	12
I.6.1.Biologiques	12
I.6.2.Microbiologiques	12
I.6.3.Chimiques ou biochimiques	13
<b>Chapitre II : Présentation du ravageur</b>	<b>14</b>
II .1.Présentation de <i>Sitophilus oryzae</i>	14
II.1.1.Répartition géographique de <i>sitophilus oryzae</i>	14
II.1.2.Les caractères généraux de la famille des Curculionidae	14
II.1.3.Position systématique	14
II.1.4.Description des différents stades de développement de <i>S. oryzae</i>	15
II.1.4.1.L'œuf	15
II.1.4.2.La larve	15
II.1.4.3.La nymphe	16
II.1.4.4.L'adulte	16
II.1.5.La ponte	17
II.2.Les effets néfastes de détérioration des grains	18
II.3.Méthodes de lutte contre les insectes des denrées stockes	18
II.3.1.La lutte chimique	19

II.3.2.Lutte physique et mécanique	19
II.3.3.Lutte biologique	19
<b>Chapitre III : Aperçu général sur la <i>Bacillus thuringiensis</i></b>	<b>20</b>
III.1.Historique	20
III.2.Systématique	20
III.3.Description de la bactérie	20
III.4.Cycle de vie de <i>Bacillus thuringiensis</i>	21
III.5.Mode d'action	22
III.6.Exemples d'utilisation	23
<b>Chapitre IV : Matériel et méthodes</b>	<b>24</b>
IV.1. Objectif	24
IV.2. Matériel d'étude	24
IV.2.1. Matériel biologique	24
IV.2.1.1.Matériel végétal	24
IV.2.1.2.Matériel animal	24
IV.2. 2. Matériel de laboratoire	25
IV.3. Elevage de <i>Sitophilus oryzae</i> L	25
IV.4.Evaluation de la toxicité des traitements ( <i>Bacillus thuringiensis</i> ) sur la population de <i>Sitophilus oryzae</i>	26
VI.4.1.Par ingestion	26
IV.4.1.1.Formulation des capsules de <i>Bacillus thuringiensis</i>	26
IV.4.2. Par contact	26
IV.4.2.1.Préparation des solutions à base de <i>Bacillus thuringiensis</i> à différentes doses	26
IV.5. Application des traitements	27
IV.5.1.Traitement par ingestion	27
IV.5.2.Traitement par contact	27
IV.6. Estimation de la toxicité des traitements	28
IV.6.1.Population résiduelle	28
IV.6.2. Correction de la mortalité	29
IV.6.3. La DL50	29
IV.7.Analyse statistique des résultats	30
IV.7.1. Analyses multivariées	30
IV.7.2. Analyses de variance	31
<b>ChapitreV : Résultats et interprétation</b>	<b>32</b>
V.1.Évaluation de l'activité insecticide du biopesticide à base de <i>Bacillus thuringiensis</i>	32
V.1.1.Évolution temporelle des populations résiduelles du charançon sous l'effet de <i>Bacillus thuringiensis</i>	32

v.1.1.1.Effet temporelle de <i>Bacillus thuringiensis</i> sur le charançon ( <i>S. oryzaeL</i> ) par ingestion	33
v.1.1.2.Effet temporelle de <i>Bacillus thuringiensis</i> sur le charançon ( <i>S. oryzaeL</i> ) par contact	33
v.3.Effets comparés de l'efficacité des différentes doses de <i>Bacillus thuringiensis</i> (D1, D2, D3) sur les populations résiduelles de <i>Sitophilus oryzaeL</i>	36
v.3.1.par contact	36
v.3.2.par ingestion	38
v.4.Les doses létales DL50	40
<b>Chapitre VI : Discussion</b>	42
Conclusion	47
Références bibliographiques	
Annexes	