

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



UNIVERSITE SAAD DAHLAB, BLIDA  
FACULTE DES SCIENCES AGRO-VETERINAIRES  
ET BIOLOGIQUES  
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



## MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique  
En Sciences agronomiques  
Option : *nutrition et contrôle des aliments*

### *THEME*

**ETUDE COMPARATIVE DES EFFICACITES DE DEUX  
INSECTICIDES (NATUREL ET COMMERCIAL) DANS LA LUTTE  
CONTRE LE « *Tribolium castaneum* »**

Etudié et présenté par :

MELIANI Amina

Devant le jury composé de :

Mr. Ramdane. S	Maître assistant A	USDB	Président
Mme Hadj Ziane. A	Maître de conférence A	USDB	Promotrice
Mr. Hadi. D	Maître de conférence B	USDB	Examineur
Mr. Megatli.S	Maître de conférence B	USDB	Examineur

ANNEE UNIVERSITAIRE 2012/2013

## Remerciements

Au terme de ce travail, je souhaite adresser mes sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué à sa réalisation et ont permis par leur soutien et leurs conseils, de le mener à bien.

Je remercie très chaleureusement Dr. Hadj Ziane Amel, qui a permis la mise en œuvre de ce projet et a accepté de diriger et de suivre cette thèse, pour son soutien, sa disponibilité, son expérience et ses conseils tout au long de ce travail.

Mes sincères remerciements s'adressent à Mesdames et Messieurs les Membres du jury qui me font l'honneur de juger ce mémoire.

Mes remerciements vont aussi à Madame Bouleghbar Nora, j'ai beaucoup apprécié ta disponibilité, ta pédagogie et ton amitié durant les mois de la réalisation de thèse.

Je voudrais remercier Madame Yousfi Djamila qui m'a considérablement aidé et pour ses conseils précieux.

J'aimerai également remercier les membres de laboratoire de transfusion sanguin « M'hamed Yazid » Blida pour leur bonne humeur et leur aide.

Mes remerciements s'adressent aussi à Mr Said le technicien de laboratoire de pédologie pour son aide matérielle et pour sa gentillesse.

J'exprime ma gratitude aux personnels du département des sciences agronomiques pour leurs aides et leurs soutiens.

J'aimerais tout particulièrement remercier les membres de ma famille et à mes amis pour leurs encouragements dans la réalisation de cette thèse.

Je tiens à remercier tout particulièrement mes parents pour leur patience, leur soutien et leurs motivations.

Je remercie également Mr Zouaoui Hamoud et Faghoul Mohamed, et à tous mes collègues de travail pour leur aide.

Merci à tous et à toutes.

## Dédicace

Je dédie ce mémoire

A la mémoire de mon grand-père, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous.

A ma très chère mère Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner. Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

A mon très cher père a qui je dois énormément, qui a cru en moi et qui m'a donné les moyens d'aller aussi loin. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

A mes frères *SOFJANE* et *MOHAMED* et à ma sœur *LAMJA*, les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous. Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

A ma très chère grand-mère. Que dieu te garde pour nous.

A ma très chère copine *YASMINE*, en témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour toi. Je te dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

A mes cousines et cousins

A mes amis : Imad Fouka, Alladia Glaimi, Hichem Belhadj, Nour El Imen, Hakim, Mohamed Deriassa.

**AMINA**

## Résumé

L'objectif principal de notre étude est d'évaluer l'effet insecticide d'un extrait végétal des fruits du *Sapindus Mukorossi* sur un ravageur des denrées stockées (*Tribolium castaneum*). Et faire l'étude comparative avec un insecticide commercial « actellic ». Le produit naturel a manifesté un taux de mortalité totale au bout de 48H pour les larves et 24H pour les adultes pour une concentration de 0.5%. L'augmentation de la concentration a mis en évidence la rapidité d'effet sur les larves et les adultes.

Les analyses statistiques des résultats ont montré que le produit extrait à partir des matières végétales était comparable à celui commercial avec une efficacité moindre qui sera compensée par le côté toxique et préservation de l'écosystème.

Les résultats ont montré par ailleurs que l'efficacité d'inhibition des ravageurs manifestée par les extraits bioactifs est due essentiellement à leur effet hémolytique prononcé et rapide qui s'est traduit par les taux de mortalité totales.

**Mots clé:** denrées stockées, bioactifs, test hémolytique.

## **Abstract**

The main objective of our study is to evaluate the insecticidal effect of a plant extract of the fruit of "Sapindus Mukorossi " a pest of stored products ( Triboliumcastaneum ) . And make a comparative study with a commercial insecticide " Actellic "

The natural product showed a total mortality after 48 hours for the larvae and 24 hours to adults for a concentration of 0.5%. Increasing the concentration showed rapid effect on larvae and adults.

Statistical analyzes of the results showed that the product extracted from the plant material was comparable to that trade with less efficiency will be offset by the toxic side and ecosystem preservation.

The results showed also that the efficiency of inhibition shown by pests bioactive extracts is mainly due to their pronounced and rapid hemolytic effect which resulted in total mortality rates.

**Words key:** stored products, bioactive, hemolytic effect.

## ملخص

الهدف الرئيسي لدراستنا هو تقييم تأثير المبيدات الحشرية ذات أصل نباتي هو فواكه "*Sapindus Mukorossi*" على متلف المواد الغذائية (*Tribolium castaneum*) ، و كذلك المقارنة مع مبيد حشري تجاري « actellic » .

أبدى المنتج الطبيعي نسبة وفيات كلي بعد 48 ساعة بالنسبة لليرقات و 24 ساعة بالنسبة للحشرات الكاملة بتركيز 0.5 %، أبرز ارتفاع التركيز سرعة تأثير المبيدات النباتية على اليرقات و الحشرات الكاملة.

أظهرت احصاءات النتائج أن المنتج المستخرج من مواد نباتية كان قابل للمقارنة مع المنتج الصناعي بفعالية أقل التي تعوض بالجانب السام و المحافظة على النظم الإيكولوجية.

أبرزت النتائج من ناحية أخرى أن فعالية تثبيط متلفات المواد الغذائية من طرف مستخرجات نشطة بيولوجيا تكمن أساسا في فعاليتها الانحلالية للدم الواضح و السريع مما أدى إلى معدل الموت المطلق للحشرات.

**الكلمات الرئيسية:** مستخرجات نشطة بيولوجيا، فعاليتها الانحلالية للدم.

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> Algérie, production consommation et importation du blé dur exprimées en milliers de tonnes .....	4
<b>Tableau 2:</b> Fréquence d'apparition et importance relative (%) des principaux genres bactériens des produits céréaliers .....	17
<b>Tableau 3:</b> Principaux insectes des grains stockés .....	19
<b>Tableau 4:</b> Résultat de l'application de l'extrait végétal sur <i>Tribolium castaneum</i> (larves) C1 = 0,5 g/l.....	44
<b>Tableau 5:</b> Résultat de l'application de l'extrait végétal sur <i>Tribolium castaneum</i> (larves) C2 = 1 g/l.....	44
<b>Tableau 6 :</b> Résultat de l'application de l'extrait végétal sur <i>Tribolium castaneum</i> (adultes) C1 = 0,5 g/l.....	45
<b>Tableau 7 :</b> Résultat de l'application de l'extrait végétal sur <i>Tribolium castaneum</i> (adultes) C2 = 1g/l.....	45
<b>Tableau 8 :</b> Résultat de l'application de l'insecticide commercial sur <i>Tribolium castaneum</i> (larves) C1 = 0,5 g/l.....	47
<b>Tableau 9 :</b> Résultat de l'application de l'insecticide commercial sur <i>Tribolium castaneum</i> (larves) C2 = 1 g/l.....	47
<b>Tableau 10 :</b> résultat de l'application de l'insecticide commercial sur <i>Tribolium castaneum</i> (adultes) à $c_1= 0.5g/l$ .....	48
<b>Tableau 11 :</b> résultat de l'application de l'insecticide commercial sur <i>Tribolium castaneum</i> (adultes) à $c_2= 1g/l$ .....	48
<b>Tableau 12 :</b> résultat des observations de test hémolytique de l'extrait végétal.....	50

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Coupe d'un grain de blé.....	5
<b>Figure 2</b> : Diagramme de conservation du grain.....	15
<b>Figure 3</b> : Deux stades larvaires de <i>Tribolium castaneum</i> .....	25
<b>Figure 4</b> : Nymphes de <i>Tribolium castaneum</i> . Vues dorsale et ventrale .....	25
<b>Figure 5</b> : adulte de <i>Tribolium castaneum</i> . Vues dorsale, laterale et ventrale.....	26
<b>Figure 6</b> : Extrémité abdominale de la puppe Mâle (à gauche) et femelle (à droite):l'appareil génitale de <i>Tribolium castaneum</i> .....	27
<b>Figure 7</b> : Etuve d'élevage des insectes .....	34
<b>Figure 8</b> : insecticide commercial « Actellic ».....	35
<b>Figure 9</b> : Les différentes étapes pour la préparation de l'extrait aqueux.....	36.
<b>Figure 10</b> : préparation des doses .....	36
<b>Figure 11</b> : pulvérisation exercée sur les larves (extrait aqueux).....	37
<b>Figure 12</b> : pulvérisation exercée sur les adultes (extrait aqueux).....	38
<b>Figure 13</b> : pulvérisation de l'insecticide commercial « Actellic » sur les larves et les adultes de <i>Tribolium castaneum</i> .....	39
<b>Figure 14</b> : schéma extrait de « Biologie moléculaire de la cellule » représentant de l'hémolyse.....	40
<b>Figure 15</b> : centrifugeuse.....	42
<b>Figure 16</b> : tube à essai.....	42
<b>Figure 17</b> : pipette automatique .....	42
<b>Figure 18</b> : taux de mortalité des individus de <i>Tribolium castaneum</i> (larves et adultes) après traitement pendant (24 heures et 48 heures) de l'extrait végétal....	46
<b>Figure 19</b> : taux de mortalité de larves et adultes de <i>Tribolium castaneum</i> après 24 heures d'application de « actellic ».....	49
<b>Figure 20</b> : résultat de test hémolytique.....	50

## Liste des annexes

**Annexe 1** : principales céréales cultivées dans le monde.

**Annexe 2** : production céréalière en Algérie (an 2000).

**Annexe 3** : Evolution des superficies et de production et de rendement des céréales en Algérie.

**Annexe 4** : taille des grains de céréales (en millimètres).

**Annexe 5** : Composition biochimique du blé/ (100g).

**Annexe 6** : Teneur en acides aminés dans les protéines du grain de blé (%)

**Annexe 7** : Composition des matières minérales des grains de céréales.

**Annexe 8** : Différents critères et composants servant à définir objectivement la qualité d'un lot de blé.

**Annexe 9** : Taux de perte lors d'un stockage pendant huit mois du mil et du Sorgho dans les greniers traditionnels d'Afrique.

**Annexe 10** : reprend très schématiquement les genres et espèces les plus fréquents sur céréales en France.

**Annexe 11** : les insectes ravageurs des stockages.

**Annexe 12** : Rappelle sur DMSO

**Annexe 13** : Rappelle sur PBS Tampon phosphate salin

## Liste des abréviations

**C** : concentration

**CIC** :

**Cm** : centimètre

**D** : dose

**DMSO** : diméthylsulfoxyde

**FAO** : Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (en anglais Food and Agriculture Organisation)

**Fig** : figure

**G** : gramme

**h** : heure

**Ha** : hectare

**°D**: Degré Dornic

**HR** : humidité relative

**ISO** :

**L** : litre

**M** : pourcentage de morts dans la population traitée

**MC** : pourcentage de mortalité corrigé

**Mg** : milligramme

**Min** : minutes

**Mm** :masse molaire

**mm** : millimètre

**Mol** : mole

**M t** : pourcentage de morts dans la population témoin

**NAPRALERT** : Naturel Products Alert database

**O.A.I.C** : Office Algérien Interprofessionnel des Céréales et des légumes.

**P** : prévisions du CIC, Juin 2000

**PBS** : Tampon phosphate salin

**qx** : quintaux

**RMN** : Résonance Magnétique Nucléaire

**T** : temps

**T1** : tube 1

**T2** : tube 2

**TM** : taux de mortalité

**°C** : degré Celsius

**%** : pourcentage

**µm** : micromètre

**µg** : microgramme

## Table de matière

<b>Introduction</b> .....	1
<b>Partie bibliographique</b>	
<b>Chapitre 1 : données générales sur le grain de blé</b> .....	4
I-1 Importance économique du blé.....	4
I-2 caractères botaniques du blé.....	4
I-2-1 définitions.....	4
I-2-2 structure et morphologie du grain de blé.....	5
I-3 composition biochimique du grain de blé.....	5
I-3-1 matière sèche.....	5
I-3-2 matière minérale.....	5
I-3-3 matière organique.....	6
I-3-4 les glucides.....	6
I-3-5 les lipides.....	6
I-3-6 les protéines.....	6
I-3-7 les enzymes .....	6
I-4 aspects qualitatifs du blé.....	7
I-4.1 qualité agronomique.....	7
I-4-2 qualité technologique .....	7
I-4-2-a valeur semoulière .....	8
I-4-2-b valeur pastière .....	8
I-4-2-c valeur couscoussière .....	8
I-4-3 qualité alimentaire .....	9
I-4-3-a qualité nutritionnelle .....	9
I-4-3-b caractères organoleptiques (sensoriels) .....	9
I-4-3-c qualité hygiénique .....	9

I-4-3-d qualité réglementaire et commerciale .....	10
I-5 stockage et conservation .....	10
I-5-1 stockage en gerbe .....	10
I-5-2 stockage en épis .....	11
I-5-3 stockage en grain en vrac .....	11
I-5-3-a le stockage en atmosphère renouvelés.....	12
I-5-3-b le stockage en anaérobiose .....	12
I-5-3-c le stockage sous atmosphère « confinée ».....	12
I-5-3-d le stockage sous atmosphère « modifiée ».....	12
I-6 mécanismes de l'altération des grains .....	13
I-6-1 causes de l'altération .....	13
I-6-1-1 biologique .....	13
I-6-1-2 microbiologique .....	13
I-6-1-3 chimique ou biochimique .....	13
I-6-1-4 mécanique .....	13
I-6-2 facteurs d'altération .....	14
I-6-2-a la durée de stockage .....	14
I-6-2-b l'humidité du grain .....	14
I-6-2-c la température du grain .....	15
I-6-2-d compositions de l'atmosphère inter-granulaire .....	15
I-7 facteurs biologiques ou biotiques des céréales .....	16
I-7-1 les microorganismes du grain .....	16
I-7-1-a bactéries .....	16
I-7-1-b micromycètes (levures et moisissures) .....	17
I-7-2 les acariens .....	18
• les saprophytes .....	18
• les prédateurs ou parasites.....	18
I-7-3 les insectes .....	18

I-7-3-a les coléoptères .....	19
I-7-3-b les lépidoptères .....	19
<b>Chapitres 2 : présentation de l'espèce étudiée : Triboliumcastaneum(Herbst)</b>	<b>21</b>
II-1 position systématique .....	21
II-2 caractères généraux de la famille des ténébrionidés .....	21
• les Blaptinae .....	22
• les Ulominae .....	22
II-3 Etude du genre Tribolium .....	22
II-4 Origine et répartition géographique .....	23
II- 5 habitat, régime alimentaire et dégâts .....	23
II-6 description des différents états du cycle biologique de l'insecte.....	24
II-6-1 l'œuf .....	24
II-6-2 la larve .....	24
II-6-3 la nymphe .....	25
II-6-4 l'imago .....	26
II-6-4-1 description des adultes .....	26
II-6-4-2 distinction du sexe .....	27
II-7 description du cycle biologique .....	27
<b>Chapitre 3 :les méthodes de lutte contre les ravageurs des denrées stockées</b>	<b>29</b>
III-1 lutte préventive .....	29
III-1-1 les mesures d'hygiène .....	29
III-1-2 la mesure durant l'entreposage .....	29
III-1-2-1 lutte génétique .....	29
III-1-2-2 lutte par piégeage .....	29
III-1-2-3 lutte par dépistage .....	30
III-1-2-3-a dépistage ordinaire .....	30
III-1-2-3-b dépistage par infrarouge .....	30
III-1-2-3-c dépistage électroacoustique .....	30

III-1-2-3-d méthodes immuno-enzymatique .....	30
III-2 lutte curative .....	31
III-2-1 lutte physique .....	31
III-2-2 lutte chimique .....	31
III-2-2-a insecticides de contact .....	31
III-2-2-b les fumigants .....	31
III-3 lutte biologique .....	31
III-4 l'utilisation des végétaux .....	32
<b>Partie expérimentale et résultats</b>	
<b>Chapitre 4 : matériels et méthodes.....</b>	
IV-1 introduction .....	33
IV-2 objectifs .....	33
IV-3 conditions expérimentales.....	33
IV-3-1 matériel biologique .....	33
IV-3-1-1 espèces entomologiques .....	33
IV-3-1-2 l'espèce végétale .....	34
IV-3-2 matériel de laboratoire .....	34
IV-3-2-1 appareillage .....	34
IV-3-2-2 solutions .....	35
IV-3-3 insecticide commercial.....	35
IV-4 méthodes d'étude .....	35
IV-4-1 préparation de l'extrait aqueux .....	35
IV-4-2 évaluations de l'activité insecticide de l'extrait aqueux .....	36
IV-4-2-a préparation des doses .....	36
IV-4-2-b test d'efficacité par pulvérisation .....	37
IV-4-3 évaluation de l'activité insecticide de produit commercial .....	38
IV-4-3-a préparation des doses .....	38
IV-4-3-b test d'efficacité par pulvérisation .....	38

IV-4-4 évaluation de l'activité hémolytique de l'extrait végétal .....	39
IV-4-4-1 objectif .....	39
IV-4-4-2 définition .....	40
IV-4-4-3 principe .....	40
IV-4-4-4 protocole du test hémolytique .....	40
• préparation des solutions .....	40
• aspect macroscopique 1 .....	41
• aspect macroscopique 2 .....	41
IV-4-4-5 appareillage .....	42
IV-5 exploitation des résultats .....	42
IV-5-1 correction de la mortalité .....	42
IV-5-2 traitement statistique des résultats .....	43
<b>Chapitre 5 : résultats et discussions</b> .....	<b>44</b>
V-1 évaluation du pouvoir insecticide de l'extrait végétal .....	44
V-1-a larves .....	44
V-1-b adultes .....	45
V-2 évaluation du pouvoir insecticide de produit commercial « actellic » .....	46
V-2-a larves .....	47
V-2-b adultes .....	47
V-3 évaluation de l'activité hémolytique .....	49
V-5 discussion générale .....	51
<b>Conclusion générale</b> .....	<b>53</b>

## Références bibliographiques

## Annexes

## **Introduction**

Les céréales sont considérées par l'Algérien comme une denrée alimentaire stratégique du fait qu'elles constituent l'aliment de base de sa ration.

L'augmentation de la production des céréales est une exigence impérative pour l'économie nationale et pour la sécurité alimentaire du pays. Cette notion de sécurité alimentaire est une question qui préoccupe le monde entier. De tout temps, les peuples ont fait en sorte de développer leur production agricole destinée en premier lieu à assurer leur alimentation.

La place occupée par les céréales est prépondérante dans la production agricole mondiale, à la fin du 20<sup>ème</sup> siècle ; les deux tiers des habitants du monde sont sous alimentés, et trouvent dans les céréales plus de 80 % de l'énergie dans leur ration (Okandza, 2000).

En Algérie, les dérivés céréaliers, notamment la semoule de blé dur et la farine de blé tendre, représentent l'alimentation de base depuis longtemps. La culture de blé occupe des emblavures céréalieres avec une production annuelle moyenne de l'ordre de 15 millions de quintaux, près de 63% de la production totale (DJERMOUN, 2009).

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

La conservation des céréales et leurs produits secondaires sont des problèmes à multiples interrelations car ils sont habituellement attaqués par les insectes au cours de leur entreposage depuis le début de la civilisation humaine, liées à la complexité de l'écosystème port récolte des grains entreposés. Ce système thermodynamique constitue une entité formée d'une part des divers organismes biologiques (grains, microorganismes, insectes, rongeurs, acariens et petit vertébrés) et d'autre part de l'environnement dans lequel ils évoluent. Celui-ci est caractérisé par des facteurs biophysiques en étroites relations (température, humidité relative, teneur en oxygène...) dont les conséquences sont des altérations qualitatives et quantitatives des grains et des produits secondaires (FEILLET., 2000).

Les pertes les plus importantes sont infligées par différentes espèces de coléoptères, lépidoptères et acariens (Alzouma et al. ,1994; Fleurat-Lessard, 1994). Parmi les coléoptères *Rhyzoperthadominica* (Coleoptera :Bostrychidae) 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 (*Triboliumcastaneum*Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) qui parachève les dégâts (Throne ., 1994).

Parmi les moyens de protection les plus efficaces au niveau de stocks sont les pesticides chimiques (Relinger et al., 1988;; Hall, 1970). Pour la protection des stocks divers et les semences, les pesticides fréquemment utilisés sont les organophosphorés, les pyréthroïdes de synthèse et des produits composés à partir des matières actives appartenant aux deux familles (Gwinner et al., 1996).

D'après la FAO (2001), environ 30% des produits commercialisés particulièrement dans les pays d'Afrique subsaharienne ne répondent pas aux normes de qualité internationale à cause du manque de moyen de contrôle efficace. Ceci provoque non seulement des problèmes de résistance chez les insectes ravageurs mais, entraînerait aussi des effets nocifs sur l'environnement et la santé Humaine. Les insecticides posent en outre, des problèmes de disponibilité, de stockage et de coût.

Face à ces problèmes, la nécessité de développer de nouvelles stratégies de lutte impose de nombreux chercheurs à s'orienter vers la lutte écochimique, cette dernière exploite les substances allélochimiques contenues dans les végétaux (les huiles essentielles et les substances bioactives) pour combattre les déprédateurs des stocks.

L'objectif de notre contribution s'inscrit dans cet axe, il s'agit de mettre en évidence l'effet insecticide d'un extrait végétal et le comparer à un insecticide commercial vis-à-vis de tribolium (*Triboliumcastaneum*) sous la vision de minimiser l'utilisation des insecticides de synthèse dans les stocks Algériens.

Notre mémoire est structurée comme suit :

Une partie théorique comportant trois chapitres

Chapitre 1: donnés bibliographiques comprendre 3parties :

Partie 1 : données bibliographiques sur le grain de blé.

Partie 2 : présentations de l'espèce étudiée.

Partie 3 : présentations du différent type de méthode de lutte.

Une partie expérimentale regroupant les matériels et méthodes

Une partie des résultats et discussions.

Enfin, ce mémoire est achevé par une conclusion générale avec les perspectives et les recommandations à envisager pour la poursuite du travail

## Chapitre I : Données Générales sur le grain de blé

### I.1-Importance économique du blé

Les céréales et leurs dérivés représentent un élément stratégique dans le système alimentaire Algérien aussi bien de point de vue superficie agricole occupée que du point de vue économique et nutritionnel. (DJERMOUN., 2009).

Parmi les céréales, les blés durs et tendres occupent une place privilégiée du fait qu'ils comprennent une protéine particulière aux caractéristiques plastiques, le gluten permettant de fabriquer une gamme très variée de produit : pain, biscuit, pâte alimentaire, couscous...

De ce fait, les blés durs et tendres ont une importance stratégique dans l'économie mondiale en général et nationale en particulier (Khettal., 1993).

En Algérie, les céréales, et en première position les blés (durs et tendres), entrent en grande partie dans l'économie nationale.

Cependant la production nationale en blé ne participe en année moyenne qu'à 27 % de la consommation nationale ce qui reste très faible et ne peut pas assurer l'autosuffisance alimentaire (Anonyme., 2000). (Tableau 1).

**Tableau1** : Algérie, production consommation et importation du blé dur exprimées en milliers de tonnes (Anonyme1, 2000).

	1991-1995	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000p	2000-2001p
production	1110	1600	500	1500	900	700
consommation	2262	3358	3158	3400	2900	2800
importations	1552	1758	2658	1900	2000	2100

P : prévisions du CIC, Juin 2000.

### I. 2.Characteres botaniques du blé

#### I .2.1- Définition

Le blé est monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des graminées .C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscant, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments. Les deux espèces les plus cultivées sont le blé tendre (*Triticumaestivum* L., 1753) et le blé dur (*Triticumdrumshuns.*, 1899) mais il existe de nombreuses autres espèces de *Triticum* qui se différencient par leur degré de ploïdie (FEILLET P., 2000).

## **I -2-2-Structure et morphologie du grain de blé**

Selon GODON (1991), le grain de blé a une forme bien connue de ballon de rugby, marqué sur toute sa longueur par une légère fente : le sillon où se trouve le faisceau nourricier du grain. Une fine brosse de poils est attachée à l'extrémité la plus arrondie. A l'opposé, se trouve le germe. En écrasant le grain nous découvrons le cœur de la céréale, composé à la fois de l'amande et du germe. Une fine membrane, l'assise protéique fait adhérer fortement l'enveloppe sur l'amande.

Le grain de blé se compose de trois parties essentielles : les enveloppes, l'albumen et le germe.

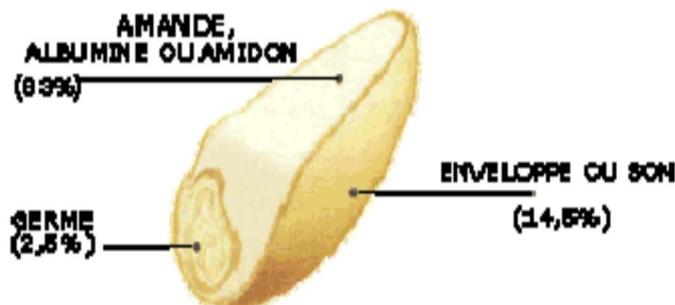


Figure 1 : Coupe d'un grain de blé (ADRIANOR. ,2001).

## **I -3-Composition biochimique du grain de blé**

Le grain de blé est constitué d'eau et de matière sèche. La matière sèche se décompose elle-même en matière minérale et en matière organique (Voir Annexe 5).

### **I -3-1- Matière sèche**

Elle est aussi importante pour la germination du grain ainsi que pour le développement des déprédateurs animaux et microscopiques (FOURAR, R., 1994).

### **I- 3-2-Matière minérale**

Le grain de blé comprend des matières minérales en faible proportion et inégalement réparties. Ainsi 80% des cendres (matière minérale après incinération du produit) se trouvent dans les enveloppes contre 20% dans l'amande. Le potassium, le phosphore, le calcium, et le magnésium possèdent les teneurs les plus élevées parmi les matières minérales contenues dans le blé. Le soufre a une certaine importance du fait qu'il entre dans la composition de certains acides aminés comme la méthionine et la cystéine (DOUMANDJI et al. ,2003).

### **I-3-3- Matière organique**

On distingue : les glucides, les lipides, les protides (éléments principaux) et les vitamines.

### **I-3-4- Les glucides**

Les glucides sont les composants les plus importants du grain de blé représentant 80% de la matière sèche (poids de grain). Il se compose généralement de l'amidon et de la pentosanes (BOUGHRARA., 2000).

### **I-3-5-Les lipides**

Les lipides sont des biomolécules pratiquement insolubles dans l'eau, solubles dans les solvants apolaires tels que : le chloroforme, le benzène, ou l'éther (KESSOUS. 1993).

Le taux des lipides dans le grain représente 1,5 à 2 % (BOUDREAU et al. 1988), signalent que les lipides de blé sont constitués de 60 % de lipides libres (acide gras, triglycérides et mono glycérides) et les pigments colorés (carotènes et xanthophylle). CALVEL, 1980 a noté que 15 à 18 % des lipides se retrouvent dans le germe, 4 à 5 % dans les enveloppes et de 0,7 à 1 % dans l'amande.

### **I-3-6-Les protéines**

Les protéines du blé sont classiquement réparties en quatre classes en fonction de leur solubilité : les albumines solubles dans l'eau, les globulines solubles dans les solutions salines neutres, souvent regroupées sous le terme de protéines solubles, d'albumines-globulines ou de protéines plasmiques ou métaboliques , les gliadines solubles dans les alcools dilués (éthanol 70 %), et les gluténines ou protéines résiduelles insolubles dans les solvants précédents, partiellement solubles dans les solutions acides diluées et dans l'urée (FEILLET .,2000).

### **I-3-7-Les enzymes**

Le grain de blé renferme des enzymes importantes dans la germination, mais également pour la transformation et la conservation des grains et des dérivés. Il s'agissent essentiellement des amylases, des protéases, de la lipase et de lipoxygénase (DRAPRON, 1971).Par ailleurs, dans le blé, il a été noté la présence d'inhibiteurs d'amylase et de protéases qui peuvent entraîner une efficacité décroissante dans l'utilisation alimentaire (BAKER . 1988). Ces inhibiteurs sont actifs contre les insectes et les mammifères mais non à l'encontre des amylases végétales. Ces inhibiteurs constituent une protection de la plante contre les espèces

déprédatrices des stocks (YETTER et al. 1979). Outre ces différentes substances, le grain de blé renferme des vitamines (ROUSSEL et al. ,2003).

#### **I-4-Aspects qualitatifs du blé**

Selon la norme internationale ISO 8402 « la qualité comprend l'ensemble des propriétés et caractéristiques d'un service ou d'un produit qui lui confère l'aptitude à satisfaire les besoins exprimés ou implicites ».

Dans le cas des blés, la détermination de la notion de qualité s'avère complexe. Elle dépend de l'orientation des grains et dérivés et aussi d'un certain nombre de contraintes et d'objectifs de chacun des partenaires de la filière (producteur, stockeur, transformateurs et consommateurs). (Voir Annexe 8).

Selon Rousset et Autran (1979), la notion qualité peut recouvrir plusieurs aspects : agronomiques, technologique, nutritionnel, alimentaire... etc.

##### **I-4-1) Qualité agronomique**

La qualité de la récolte est un élément primordial de la rentabilité qui joue sur la facilité de l'écoulement et le prix réellement payé. Il est indispensable pour l'agriculteur d'obtenir un rendement élevé et une qualité correcte de façon à rentabiliser sa culture où un contrôle de qualité devra être effectué régulièrement pendant et en fin de chaque campagne.

L'intérêt du contrôle réside dans le fait que, bien que la qualité soit un caractère héréditaire, les caractéristiques technologiques d'une même variété sont influencées par plusieurs facteurs : le milieu (pluviométrie, température et sol), les mauvaises herbes, les maladies cryptogamiques et les insectes, qui modifient et déprécient considérablement les qualités d'un blé pouvant le rendre impropre à la consommation. Donc, les variétés doivent recevoir des techniques culturelles adaptées à leurs besoins et des traitements spécifiques en cas d'infestation ou d'infection (Bonjean et Picard, 1990).

##### **I-4-2) Qualité technologique**

Le grain de blé représente une importance technologique particulière du fait que c'est la seule céréale qui renferme le gluten, protéines aux caractéristiques plastiques permettant la fabrication d'une gamme variée de produits : biscuits, pain, pâtes alimentaires.... La qualité industrielle ou technologique rend compte de la qualité réelle des produits. Elle intéresse en priorité les utilisateurs (semouliers, minotiers, boulangers, pâtisseries) et les consommateurs.

La qualité technologique du blé dur est classiquement subdivisée en valeur semoulière et en valeur pastière. Mais nous souhaitons introduire également la valeur couscoussière, puisque le couscous représente un plat traditionnel en Algérie, ce qui a entraîné ces dernières années, l'émergence de l'industrie couscoussière.

#### **I-4-2-a) Valeur semoulière**

Elle correspond à l'aptitude d'un lot de blé dur à donner un rendement élevé en semoules de pureté déterminée.

Elle dépend de plusieurs facteurs :

- La teneur en enveloppes : la valeur semoulière est d'autant plus importante que la teneur du grain en enveloppes est faible et la proportion d'amande est grande.
- La teneur en eau : en relation avec le conditionnement lors de la transformation. Plus le grain est sec, plus le rendement en semoule sera important.
- Le taux d'impuretés : on entend par impureté tout ce qui n'est pas grain sain de l'espèce (matières inertes, graines étrangères, ergot, grain cassé, petit grain, grain échaudé, grain piqué, germé ou punaisé...). (Fourar., 2005).

#### **I-4-2-b) Valeur pastière**

La qualité pastière représente l'aptitude des blés durs à être transformés en semoules puis en pâtes alimentaires qui possèdent les caractéristiques : aspect à l'état cru et comportement durant et après cuisson (Feillet., 2000).

On peut également définir une bonne valeur pastière comme l'aptitude d'une semoule à fournir des pâtes possédant une belle couleur jaune ambrée, à saveur et odeur agréable et qui, après cuisson, restent fermes et ne collent pas.. (Boudreau et Menard., 1992).

#### **I-4-2-c) Valeur couscoussière**

Le couscous, originaire de l'Afrique du nord, est un aliment dont la consommation a largement franchi le continent Africain.

Le couscous est une semoule étuvée et agglomérée de 1 à 2 millimètres de diamètre. Il est fabriqué à base de semoule de blé dur par un procédé industriel ou artisanal.

La valeur couscoussière d'une semoule se caractérise par une teneur élevée en protéines (13.5 %) et son bon état de conservation illustré par un taux d'acidité conforme aux normes. (Anonyme., 2001).

### **I-4-3) Qualité alimentaire**

La qualité alimentaire comprend 3 aspects indissociables : la qualité nutritionnelle, la qualité hygiénique et les caractéristiques organoleptiques :

#### **I-4-3-a) Qualité nutritionnelle**

Le grain de blé constitue l'organe de réserve de la plante. Par sa richesse en amidon, il possède une teneur élevée en énergie et représente 20 % de calories du régime alimentaire de l'être humain. Le blé contribue aussi à un apport protéique notable ; il possède en effet un complexe protéique (le gluten) d'une valeur biologique basse mais valorisée par la qualité de l'albumine et la globuline. La forte proportion de gluten par rapport à l'albumine et la globuline rend le blé relativement pauvre en acides aminés essentiels tels la lysine et la tryptophane limitant aussi l'efficacité biologique des protéines ( voir annexe 6). (Boudreau et Menard., 1992).

#### **I-4-3-b) Caractères organoleptiques (sensoriels)**

Les caractères organoleptiques des produits des blés durs présentent une importance considérable en relation avec les exigences commerciales.

Cependant cette qualité sensorielle présente une sensibilité accrue aux altérations. C'est ainsi que les facteurs physico-chimiques (humidité et chaleur) détériorent la qualité des produits des blés durs par la production d'odeurs désagréables, et la modification de la texture et de la couleur. (Mariche., 2000).

#### **I-4-3-c) Qualité hygiénique (sanitaire)**

Selon les conditions de qualité minimale requises pour la vente des céréales dans le cadre de formules contractuelles courantes : « la marchandise doit être livrée en bon conditionnement, exempte de parasites vivant dans la marchandise, et sans flair ». Lors de l'agrégage de la marchandise, il appartient à l'acheteur ou à son représentant de s'assurer que celle-ci est saine, loyale et marchande, donc sans odeur et sans aspect anormaux et exempte de déprédateurs vivants ou de substances toxiques (Fleurat-Lessard et Bernard., 1996).

#### **I-4-3-d) qualité réglementaire et commerciale**

L'établissement et la définition de la règle régissant la qualité des céréales et principalement les blés constituent un élément fondamental pour les partenaires économiques dans les échanges des produits tant du point de vue de la loyauté des transactions que pour les ajustements des qualités proposées pour satisfaire les besoins des utilisateurs (boulangers, pastiers, ménagères...) (Sadli., 2000 in Anonyme., 2001).

L'établissement de normes qualitatives des produits agricoles non transformés ne pose pas autant de problèmes que celle relative aux produits alimentaires industriels nécessitant l'utilisation de technologies de transformation complexes ; ces produits sont régis par des règlements nationaux qui sont différents d'un pays à un autre compte tenu des habitudes alimentaires propres à chaque pays et ce, notamment, pour les blés qui nécessitent une double transformation.( Alane et Khalfaoui., 2005).

#### **I-5-Stockage et conservation**

Entre la récolte du grain et son utilisation, la céréale est, dans la plupart du temps stockée, ce stockage pouvant être plus ou moins long.

D'après la FAO, plus de 40 % des denrées récoltées sont perdues avant d'arriver à la consommation, en raison de mauvaises conditions de transport et de stockage.

Les céréales stockées sous forme de grains doivent être conservées sans altérations de leurs qualités ; il faut donc les protéger des attaques de leurs bio-agresseurs principaux, à savoir, les ravageurs et les moisissures. Mais, en même temps, elles doivent être exemptes de résidus des produits chimiques utilisés précisément pour combattre ces bio-agresseurs.

Le stockage est un ensemble de techniques et de moyens permettant l'entreposage plus ou moins long, d'un produit ou d'une marchandise, en vue de son utilisation ultérieure. (Foughali., 1987).

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

##### **I-5-1- Stockage en gerbe**

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

du charançon. La méthode est particulièrement adaptée aux régions à été humide, aussi a connu un grand développement au XIXème siècle, avec la moissonneuse lieuse (MULTON. ,1982).

### **I-5-2-Stockage en épis**

Le stockage en épis est une technique très répandue pour toutes sortes de céréales dans le monde. C'est le cas de certaines régions d'Indonésie, et surtout d'Afrique noire et d'Amérique tropicale. Mais ce fut aussi le cas dans l'Europe ancienne, le nom de grenier vient du bas latin spicarium, qui désignait un grenier à épis. (GODON. ,1991).

Le stockage en épis demande bien moins de volume que le stockage en gerbes, d'où un coût moindre en bâtiments et surtout un contrôle plus facile de l'ambiance du stockage. En effet avec le stockage en épis nous voyons apparaître deux procédés bien distincts: le confinement et l'aération (MULTON, 1982).

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

Il existe de nombreuses publications de la FAO (Food and Agricultural Organisation) traitant de ce sujet et qui ont démontré que les pertes occasionnées au cours du stockage en épis sont nettement inférieures à ceux enregistrées en grain.

Par ailleurs les données statistiques sur les pertes occasionnées dans certains pays ont révélé les résultats de l'annexe 9.

Au cours d'une étude sur le stockage du blé en épi pendant deux ans, (BENAYED ., 2008) a remarqué que la faculté germinative, les réserves énergétiques (protéine et glucide) ainsi que le développement des radicules et des tigelles sont préservés tout au long du stockage par rapport au stockage en grain.

### **I-5-3-Stockage en grain en vrac**

Bien qu'il soit plus difficile à conserver les produits précédents, il est plus commode de transporter et d'échanger le grain en vrac. En contre partie, pour parvenir plusieurs problèmes sont à résoudre et plusieurs techniques sont élaborées. Deux principaux facteurs sont à prendre en compte : la quantité des grains stockés d'une part et les modifications qualitatives survenant au cours du stockage d'autre part (MULTON , 1982).

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

### **I-5-3-a-Le stockage en atmosphère renouvelée**

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

Selon MULTON (MULTON ., 1982), le stockage en atmosphère renouvelée ou l'aération est réalisée soit par des transvasements périodiques de silo à silo (Transilage), soit par une installation de ventilation disposée à l'intérieur même du silo permettant d'insuffler à travers les grains de l'air ambiant ou traité (refroidi ou sec).

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

L'office algérien interprofessionnel des céréales (O.A.I.C) possède de fortes capacités de stockage (1 895.175 Tonnes), dont 40,5% sont représentés par les silos en béton, 31,5% par les silos en métal et 28% par les magasins pouvant être le siège d'infestation par les rongeurs, les oiseaux, les insectes et les acariens (BENCHARIF et al, 1991).

### **I-5-3-b- Le stockage en anaérobiose**

Le stockage en anaérobiose permet d'allonger notablement les durées de conservation car les métabolismes respiratoires des grains et des déprédateurs sont bloqués de sorte qu'il n'y a ni de dégagement de la chaleur ni la production de vapeur d'eau, si toute fois la teneur en eau des grains reste inférieure au seuil de démarrage du processus de fermentation (BOUDREAU et al. ,1988).

Il Existe deux technologies principales permettant d'obtenir l'anaérobiose :

### **I-5-3-c- Le stockage sous atmosphère" confinée"**

Il s'agit d'une conservation menée dans un silo dont l'atmosphère dépourvue en oxygène et s'enrichit en CO<sub>2</sub> suite à la respiration de l'écosystème. C'est une technique importante de conservation des grains dans un état aussi proche que

possible de leur état initial, technique qui a été pratiquée presque partout dans le monde( BOUDREAU et al., 1988).

#### **I-5-3-d- Le stockage sous atmosphère "modifiée"**

Dans ce cas l'anaérobiose est immédiatement imposé par mise sous vide, puis saturation de l'atmosphère inter granulaire par du CO<sub>2</sub> ou de l'azote (BOUDREAU A. et al, 1988)

#### **I-6- Mécanismes de l'altération des grains**

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

##### **I-6-1-Causes de l'altération**

Ces altérations peuvent avoir des origines très diverses:

##### **I-6-1-1- Biologique**

Il s'agit du monde animal, les prédateurs sont des mammifères rongeurs, (rats, souris, etc.), des oiseaux (moineaux, tourterelles, étourneaux, etc.), et des insectes rampants (charançons, sylvains, etc..) ou volants (teignes, alucites, etc.) (FEILLET ., 2000) .

##### **I-6-1-2- Microbiologique**

Les moisissures sont toujours présentes sur les grains. Elles se développent au champ, ou au cours du stockage. Elles sont inoffensives en bonnes conditions de conservation, cependant certaines peuvent faire baisser la faculté germinative tandis que d'autres dans des conditions bien particulières secrètent des substances toxiques (mycotoxines) (GUIRAUD, 1998).

##### **I-6-1-3- Chimique ou biochimique**

Lorsque le grain est soumis à des températures trop élevées (échauffement naturel ou températures trop fortes lors du séchage) il peut se produire une dégradation de la structure de l'amidon et des protéines, des pertes de vitamines et une modification d'aspect (brunissement voire dans des cas extrêmes, noircissement du grain) (MULTON ., 1982).

##### **I-6-1-4- Mécanique**

Il s'agit des grains cassés lors des différentes opérations de manutention. (CHEFTEL et al, 1977).

## **I-6-2- Facteurs d'altération**

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

### **I-6.2.a- La durée de stockage**

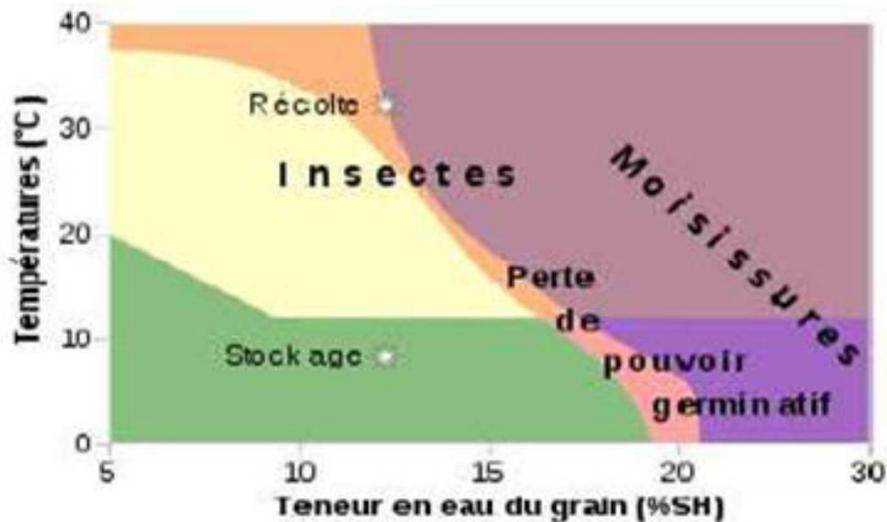
. La vitesse de dégradation s'accélère en fonction de la durée du stockage par suite de l'accumulation de conditions de plus en plus défavorables. C'est ainsi que les conditions de stockage de longue durée doivent être beaucoup plus rigoureuses pour maintenir les aptitudes des blés à une bonne utilisation (GODON ., 1991).

### **I-6.2.b-L'humidité du grain**

Parmi les facteurs qui influencent l'évolution des blés, l'humidité est certainement le plus important car une augmentation de la teneur en eau du produit permettra d'engendrer un milieu propice aux altérations d'ordre chimique et enzymatique (ALEM M., 2000).

Elle joue également un rôle important dans le développement des déprédateurs des blés. En effet un blé qui a une teneur en eau inférieure à 8% risque moins d'être attaqué par les insectes puisqu' il est trop sec et le corps des insectes en général contient plus de 50% d'eau (FLEURAT ., 1990.) (Figure 2).

Le facteur humidité favorise aussi le développement de la microflore qui exige généralement une humidité relative d'autant plus élevée qu'il s'agit de moisissures, levures ou bactéries (GODON et al , 1998) Ainsi, il est donc nécessaire de contrôler l'humidité relative de l'atmosphère ambiante pour permettre de maintenir l'équilibre au-dessous de la valeur critique de façon à éviter leur développement et de maintenir la qualité technologique et hygiénique du blé.



**Figure 2** : Diagramme de conservation du grain (DUCOM, P. 1980).

### **I-6-2-c- La température du grain**

La température est aussi un facteur important car les réactions d'altération sont d'autant plus rapides que la température est élevée, c'est ainsi que certaines réactions chimiques dépendent essentiellement de la température. C'est le cas de la détérioration oxydative des lipides et de la modification qualitative et quantitative des protéines (GODON, 1991).

Une augmentation de 5°C double l'intensité respiratoire, on a donc intérêt à abaisser la température de stockage par la ventilation. Par ailleurs les insectes ne se reproduisent plus au-dessous de 12°C et ils sont tués si le grain peut être maintenu durant 2 mois ½ en dessous de 5°C (FARJAN, 1983.)

### **I-6-2-d-Composition de l'atmosphère inter granulaire**

L'oxygénation constitue un facteur qui peut altérer le blé au cours du stockage. En effet, la présence d'oxygène en quantités suffisantes permet non seulement le développement de la flore et de ces faunes aérobies mais aussi les oxydations des substances chimiques (MULTON., 1982).

De même, une teneur en CO<sub>2</sub> du milieu intervient au niveau du développement microbien. Ainsi une concentration en ce gaz supérieure à 10% provoque une inhibition marquée de la microflore fongique (FLEURAT., 2003). Alors qu'un appauvrissement du milieu de stockage en oxygène ou un apport de gaz inerte permet d'éviter toutes activités microbiennes et sur la sensibilité de certains stades juvéniles des insectes tels que *S. oryzae* (FLEURAT., 1990).

Le blé est donc caractérisé par une valeur industrielle que le stockeur tend à conserver au cours du stockage. Ceci n'est pas aisé car le grain stocké constitue un système écologique artificiel particulièrement vulnérable aux attaques des ravageurs animaux (Multon. , 1982).

## **I- 7.Facteurs biologiques ou biotiques des céréales**

Les déprédateurs des céréales stockées sont représentés par les micro-organismes, les acariens, les insectes, les oiseaux et les rongeurs.

L'action des ravageurs se manifeste principalement de deux façons distinctes : soit les déprédateurs font partie du produit de base dans lequel ils s'introduisent pour se nourrir (cas des charançons du grain ou des insectes de la farine), soit ils vivent simplement sur les lieux de stockage et de transformation en s'introduisant périodiquement dans les denrées brutes ou transformées pour s'en retirer après y avoir commis leurs dégâts (rongeurs et blattes) (Godon et Willm, 1998).

### **I-7-1) Les microorganismes du grain**

De très nombreuses études, pour la plupart déjà anciennes, ont permis de préciser qualitativement et quantitativement la composition et le devenir de la microflore des grains et leurs produits dérivés (Pelhate,1982). Il est cependant difficile de prétendre à l'exhaustivité dans ce domaine et pour les bactéries et les levures en particulier, la position systématique de nombreuses espèces isolées de céréales demeure incertaine.(Godon et Willm, 1998).

#### **I-7-1-a) Bactéries**

Provenant essentiellement du sol, les bactéries portées par les grains et les farines qui peuvent être identifiées suivant les critères actuels de la classification, se rangent principalement parmi les *Pseudomonadales* (*Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Aeromonas*, etc.) et les *Eubactériales*, ce dernier ordre étant le plus représenté, avec des espèces classées notamment parmi les *Entérobactériacées*, les *Lactobacillacées*, les *Bacillacées*, pour ne citer que les familles les plus représentatives.

Le tableau 2, qui donne une vue d'ensemble des genres et espèces les plus souvent rencontrés sur le blé et seigle, ne prétend pas être complet.(Godon et Willm, 1998).

A la récolte, les produits céréaliers sont toujours faiblement contaminés par des Actinomycètes, microorganismes que l'on connaît surtout, par ailleurs, pour leur

aptitude à produire des antibiotiques, et dont les principaux représentants sur grains semble être les *Streptomyces* albus et griseus. (Godon et Willm, 1998).

**Tableau 2:** Fréquence d'apparition et importance relative (%) des principaux genres bactériens des produits céréaliers (d'après Kosmina, 1977).

Familles	Genres et espèces	% des grains contaminés	% du peuplement bactérien
Achromobactériacées Bacillacées	Flavobactérium sp.	90	15
	B. cereus.	18	1
	B. pumilus.	46	4
	B. subtilis.	36	3
Entérobactériacées.	Aérobacter sp.	54	15
	Erwinia sp.	55	4
	Escherichia coli.	9	1
	Paracolonobacterium sp.	90	28
Lactobactériacées.	Leuconostoc sp.	9	1
	Lactobacillus sp.	Présence.	
	Streptococcus sp.	Présence.	
Micrococcaceaeées.	M. candidus.	48	3
	M. caseolyticus.	18	1
Pseudomonadacées.	Pseudomonas sp.	73	6

### **I-7-1-b) Micromycètes (Levures et Moisissures)**

Comme pour les bactéries, les populations de levures (champignons microscopiques le plus souvent unicellulaires et non pigmentés) dépendent fortement des conditions climatiques au moment de la récolte. Les genres rencontrés : *Saccharomyces*, *Candida*, *Hansenula*, *Pischia*... ne donnent généralement lieu qu'à de faibles niveaux de contaminations, ne dépassant que rarement quelques centaines de germes par gramme de grain. Au contraire, des quantités élevées de levures sont souvent le signe d'une humidité élevée à la récolte et/ou d'un préstockage humide avant séchage. (Godon et Willm, 1998).

Les micromycètes filamenteux ou « moisissures » sont également toujours associés aux grains de céréales et par conséquent aux farines, sons et autres produits de mouture. Un inventaire détaillé sur blés en conservation a permis de décrire près de 125 espèces différentes pouvant contaminer ces produits (Pelhate, 1968).

Généralement peu abondants à la récolte, des genres comme *Aspergillus*, *Penicillium* ou *Eurotium* peuvent devenir prépondérants au cours de la conservation

et sont de ce fait qualifiés d'espèces « de stockage ». Toujours très abondantes dans les recoins des silos et entrepôts, ces espèces par ailleurs très sporulantes sont très souvent à l'origine de contaminations secondaires lors des manutentions et de la transformation des grains. (Godon et Willm, 1998).

### **I-7-2) Les acariens**

Les acariens sont des arthropodes, très fréquemment rencontrés dans les denrées entreposées. Ils se présentent sous formes d'agrégats qui font ressembler à une poussière vivante.

D'après Fleurat-Lessard (1978 in Foughali., 1987), les acariens que l'on rencontre dans les denrées entreposées sont :

- **Les Saprophytes**

Qui se nourrissent du germe des grains humide, de moisissures et des déchets ; les principales espèces sont *Acarus sirol* et *Tyrophagusputrextentiaesch*.

- **Les prédateurs ou parasites**

Ils attaquent les précédents, et s'en prennent d'autre part aux œufs, larves et adultes d'insectes. Les plus importants sont : les cheyletes, les Pyemotides et les Gamasides.

Les acariens devraient être peu dangereux en Algérie car ils nécessitent pour leur développement une humidité relative supérieure à 60% ; ce n'est donc que dans les blés humides ou stockés insuffisamment secs qu'ils vont pulluler. (Fourar.,1987).

### **I-7-3) Les insectes**

De tous les ravageurs, ce sont les attaques d'insectes qui sont la cause d'importantes pertes économiques au niveau du stockage des céréales ; ces pertes peuvent s'illustrent par :

- Une réduction ou une destruction du pouvoir germinatif quand le germe a été dévoré.
- Une perte de substance quand le grain a été rongé.
- Une contamination des grains soit par les odeurs provenant des substances sécrétées par les insectes, soit par les souillures dues aux matières fécales ou aux insectes morts et fragments d'insectes. (Godon, 1984).

**Tableau 3** : Principaux insectes des grains stockés : (Bar, 2001).

Nom scientifique		Nom commun	Blé	Orge	maïs
Ordre des Coléoptères	Sitophilus granarius	Charançon du blé	■	■	┆
	Sitophilus oryzae	Charançon du riz	┆	┆	┆
	Tribolium castaneum	Tribolium	┆	┆	┆
	Tribolium confusum	Tribolium	┆	┆	┆
	Oryzaephilus surinamensis	Silvain	┆	┆	┆
	Cryptolestes ferrugineus	cryptolestes	▼	▼	▼
	Rhizopertha dominica	Capucin des grains	┆	┆	▼
	Trogoderma granarium	Dermeste des grains	┆	┆	▼
	Tenebroides mauritanicus	cadelle	┆	┆	▼
Ordre des Lépidoptères	Plodia interpunctella	Teigne des fruits secs	▼	▼	▼
	Sitotroga cerealella	Alucite des céréales	┆	┆	■
	Epehstia kuehniella	Teigne de la farine	▼	▼	▼

Présence importante. ■ présence très importante. ▼ présence occasionnelle.

Deux ordres principaux comprennent la majorité des espèces inféodés aux stocks: il s'agit des coléoptères et des lépidoptères

### I-7-3-a-les coléoptères

Les coléoptères adultes sont caractérisés par la sclérification, sous forme d'étui, des ailes antérieures appelées élytres. Au repos, celles-ci les protègent en les recouvrant, les ailes postérieures membraneuses qui sont seules utilisées pour le vol. Les larves ont la forme de "vers" et sont pourvus généralement de pattes. Celles des charançons sont apodes. Tous les coléoptères s'attaquant aux céréales stockées sont lucifuges c'est à dire qu'ils fuient la lumière. Ils sont de mœurs nocturnes et sont plus actifs la nuit que le jour (CHAMP et al. ,1976).

Sous leur forme adulte, à des températures comprises entre 15°C et 35°C accompagnées d'une humidité relative variant de 50 à 80%, ils vivent beaucoup plus longtemps que les lépidoptères (STEFFAN ., 1978).

Parmi les ravageurs primaires, on distingue les insectes à formes cachées représentées par les charançons (Sitophilussp) et le capucin (Rhizoperthadominica) de ceux qui présentent des formes libres (FLEURAT . , 1991).

### I-7-3-b-Les lépidoptères

Les lépidoptères adultes possèdent quatre ailes membraneuses, revêtues de milliers de minuscules écailles. Toutes les espèces de lépidoptères infestant les denrées stockées appartiennent au groupe des hétérocères qui comprennent surtout des papillons de nuit. Les adultes, surtout actifs la nuit, se distinguent des papillons diurnes par leurs antennes dont l'extrémité ne se renfle jamais en bouton et par le fait qu'au repos, ils ne tiennent par leurs ailes verticalement (STEFFAN ., 1978).

Les lépidoptères adultes présentent des pièces buccales transformées en trompes rétractiles suceuses ne leur permettant de s'alimenter qu'à partir de substances liquides. Les adultes ne causent donc aucun dégât dans les céréales et dérivés, leur rôle étant de perpétuer l'espèce, ils ont également un rôle de dissémination du fait qu'ils peuvent voler et donc se déplacer à de grandes distances de leur lieu d'émergence (STEFFAN., 1978). Les imagos s'accouplent quelques heures après l'émergence puis la femelle procède à la ponte qui dure environ une semaine, la durée de vie des papillons étant très brève, de l'ordre de 1 à 3 semaines. Ce sont donc uniquement les chenilles qui causent les dégâts aux stocks de céréales et dérivés qu'elles rongent avec leurs mandibules bien développées. Les chenilles de certaines espèces ont une particularité, elles pénètrent à l'intérieur des grains pour terminer leur cycle de développement C'est le cas de *Sitotroga Cerealella Oliv.* Les autres espèces, dont les stades sont libres, ont besoin de la présence des espèces primaires pour infester les stocks ou se nourrissent à partir de grains brisés ou des produits de mouture (*Ephestia Kuehniella ZEL.*)

La nymphe des lépidoptères appelée encore chrysalide se trouve généralement protégée par un cocon soyeux filé par la chenille lorsque la métamorphose est proche. (FLEURAT., 1982).

## **CHAPITRE 2 : Présentation de l'espèce étudiée :** ***Tribolium castaneum* (Herbst)**

### **II-1-Position systématique**

L'insecte étudié appartient à :

- **Embranchement** : Arthropodes.
- **Classe** : Insectes.
- **Ordre** : Coléoptères.
- **Sous-ordre** : polyphaga.
- **Super famille** : Cucujoidea.
- **Famille** : Ténébrionidé.
- **Sous-famille** : Ulominae.
- **Genre** : *Tribolium*.
- **Espèce** : *T. castaneum* Herbst.

### **II-2-Caractères généraux de la famille des ténébrionidés**

La famille des ténébrionidés occupe une grande place dans l'entomofaune des denrées stockées, ce qui explique l'importance d'espèces vivantes dans cette dernière. Ce sont des petits coléoptères compris entre 2 à 8 mm, les larves sont vermiformes. Ce sont des insectes qui fuient la lumière et sont de mœurs nocturnes (STEFFAN., 1978).

Leurs particularités, c'est qu'ils possèdent cinq articles aux tarses des deux premières paires de pattes et quatre seulement à ceux des pattes postérieures (LEPESME., 1944). Leurs antennes sont omniforme présentant onze articles, renflés à leur extrémité et insérés latéralement en avant des yeux, leurs ongles sont simples et non pectinés. Leurs mandibules sont robustes et courtes, les palpes maxillaires présentent quatre articles, les palpes labiaux possèdent trois articles.

L'abdomen ne présente que cinq segments visibles, l'avant dernier étant plus court que les autres. Selon LEPESME (1944), cette famille est subdivisée en trois sous familles :

- ***Les Blaptinae***

Ce sont de gros coléoptères de 2 à 4 cm de long, ils vivent dissimulés dans les endroits obscurs, et se nourrissent de matières organiques en décomposition.

- **Les Diaperinae**

Dont une espèce intéresse les denrées stockées qui est *alphitophagiesbifasciatus* Say.

- **Les Ulominae**

Cette sous-famille occupe une grande importance dans la faune des denrées stockées par le nombre d'espèces qui atteint quinze et dont fait partie l'espèce *Tribolium castaneum* Herbst.

### **II-3-Etude du genre Tribolium**

Le genre *Tribolium* se compose de petits coléoptères extrêmement communs en France et en Amérique du nord (LEPESME., 1944).

Leurs taille varie de 3 à 4 mm de long, leurs couleurs est d'un brun plus ou moins foncé .Selon Lepigre (1966), ces insectes sont peu actifs et se dissimulent de préférence dans les recoins obscurs. STEFFAN (1978) affirme qu'on peut les apercevoir courir au crépuscule par temps chaud. Cependant, il existe plusieurs espèces de *Tribolium* dont deux espèces également communes se montrent nuisibles ce sont *T. castaneum* H .et *T. confusum* D. Ces deux espèces semblables d'aspect et de taille identique se distinguent par la forme de leurs antennes.

Chez *T. confusum* D , celle-ci vont en s'élargissant régulièrement de la base au sommet, tandis que chez *T. castaneum* H. les trois derniers articles sont nettement plus gros

D'autre part, le rebord de la tête déborde latéralement le niveau de l'œil, chez la première espèce et non chez la deuxième (LEPESME, 1944). Dans le monde entier, *Tribolium castaneum* Herbst.est le plus commun des insectes des denrées entreposées. C'est essentiellement une espèce des pays chauds, il ne peut vivre dans les pays froids que dans les locaux chauffés. Selon BALACHWSKY1963, *Tribolium castaneum* *Herbst* ne remonte pas plus au nord que le 40ème degré de latitude, sauf dans les entrepôts chauffe. *Tribolium confusum* D, espèce très voisine, tend à remplacer dans les pays froids tel que la Scandinavie.

### **II-4-Origine et répartition géographique**

*Tribolium castaneum*H.est une espèce cosmopolite.

Selon LEPESME (1944), elle peut être originaire de l'inde car dans cette région, on la trouve d'une manière courante sous l'écorce des arbres forestiers. Néanmoins, il a été retrouve également dans ces conditions en Amérique du Nord.

LUCAS in (LEPESME., 1944), l'a découvert sous les écorces de liège dans les environs d'Oran et de Skikda

Actuellement, il s'est répandu dans le monde entier par la voix des échanges commerciaux.

## **II-5- Habitat, régime alimentaire et dégâts**

*Tribolium castaneum* H. est un ravageur très commun dans les moulins et les entrepôts des produits alimentaires. Son régime alimentaire est d'origine xylophage (LEPESME., 1944). Cependant, il s'est adapté à un régime alimentaire à base de céréales et dérivées amylacées. BURKHARD in (LEPESME., 1944) prétend qu'il peut attaquer les grains entiers, en se tenant toute fois au germe. DENDY et ELLIGTON in (LEPESME, 1944) ont émis une opinion contraire. Les *Triboliums* escortent les charançons et parachèvent leurs dégâts (STEFFAN, 1978).

Les dégâts sont d'autant plus importants que les grains sont plus humides.

STEFFAN (1978) a montré que les adultes de *Tribolium castaneum* H. Possèdent des glandes coproduisant un liquide nauséabond riche en quinones, cette substance communique à la denrée une odeur qui la déprécie. L'espèce est nuisible aussi bien à l'état adulte qu'à l'état larvaire. Durant le printemps, l'été et l'automne, on trouve dans les substances infestées tous les états du cycle biologique de l'espèce, œufs, larves, nymphes et adultes ; par contre, en hiver seul les adultes sont présents sur la denrée (LEPIGRE ., 1966).

Les *Triboliums* ont été signalés sur plus d'une centaine de denrées alimentaires. Les préférences alimentaires peuvent varier suivant races géographiques ou les lignées génétiques (STEFFAN., 1978). D'après ce même auteur *Tribolium castaneum* H. préfère les fruits secs, les épices, divers produits exotiques comme le cacao ou le tapioca et les oléagineux.

Les principales marchandises sont les grains de (riz, blé, orge et maïs) ; les Farines, la semoule, les gâteaux secs (LEPIGRE., 1966). D'une façon générale, les *Tribolium* recherchent surtout les denrées alimentaires amylacées telles que la farine, celle-ci contaminée perd sa valeur commerciale en dégageant une odeur forte et en acquérant un goût de moisi capable de persister dans le pain et les gâteaux (LEPESME., 1944).

## **II-6-Description des différents états du cycle biologique de l'insecte**

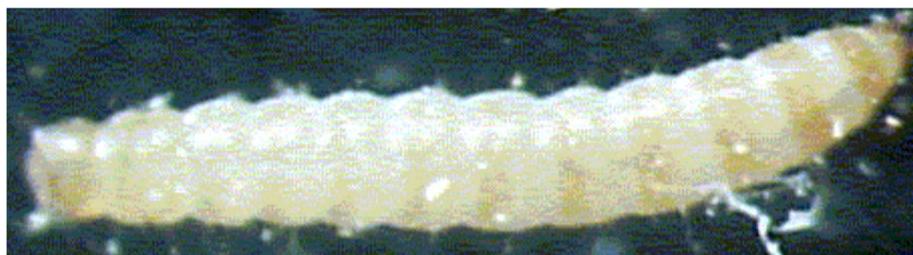
### **II-6-1-L'oeuf**

Les œufs sont ovulaires, sans sculpture, ils mesurent en moyenne 0,6 mm de long (STEFFAN, 1978). Selon LEPESME (1944), l'œuf mesure en moyenne 0,6 à 0,3mm, à surface lisse, oblong et transparent. Au moment de la ponte, les œufs sont de couleur blanche et sont recouverts d'un enduit visqueux qui leur permet d'adhérer à la denrée infestée (BALACHOWSKY, 1963).

### **II-6-2-La larve**

La larve est vermiforme de couleur blanche tachetée de jaune avec capsule céphalique, les pièces buccales et la face dorsale légèrement plus sombre (LEPESME, 1944), sa couleur devient jaune pâle (BALACHOSKY et MENSIL, 1936). Très allongée environ huit fois plus longue que large, cylindrique, porte quelques fines et longue soies jaunâtre plus nombreuses sur le neuvième segment abdominale (LEPESME., 1944).

La jeune larve L1 est blanche, de petite taille, elle ne dépasse pas 1,4mm lors de l'éclosion. Cette larve subit des mues au fur et à mesure qu'elle se développe. A l'achèvement de sa croissance, la larve atteint une dimension de 6 à 7mm de long et de 0,7 à 0,8mm de large (STEFFAN, 1978). (Voir Figure 3)



**Figure 3** : Deux stades larvaires de *Tribolium castaneum*(STEFFAN, 1978).

A la fin du dernier stade larvaire, la larve s'immobilise, cesse de se nourrir et se transforme en nymphe immobile. Selon LEPESME (1944), la larve de *Tribolium castaneum* Herbst. Se termine par une paire d'urogomphes qui permet de la distinguer des larves de *Gnathocerus*, de *plorus* et d'*Alphitobius* espèce s'attaquant aux denrées alimentaires. Les segments thoraciques portent en dessous six pattes bien développées et de même couleurs que le reste du corps.

### **II-6-3-La nymphe**

Arrivée à son complet développement, la larve de dernier stade se transforme en une nymphe qui est de couleur blanche (figure4).



**Figure 4 :** Nymphes de *Tribolium castaneum*. Vues dorsale et ventrale (STEFFAN, 1978).

Il est à noter la pigmentation plus développée chez la nymphe la plus âgée chez laquelle on distingue notamment les yeux et l'extrémité des mandibules par leur pigmentation.

D'après GOOD (1936 in BALAWCHSKY et MENSIL, 1936), la nymphe est immobile et constitue le seul état de vie de *T. castaneum* Herbst qui permet de distinguer le sexe mâle du sexe femelle (figure6).

La nymphe possède à la face ventrale, au-dessous de la paire d'urogomphes à extrémités très aigues et brun foncé, de petites cornes qui, chez le mâle se réduisent à une légère protubérance déprimée au centre (LEPESME, 1944).

## II-6-4-L'imago

### II-6-4-1-Description des adultes

Après avoir subi une mue imaginale, la nymphe donne un imago ; à son émergence, ce dernier est de couleur claire, les phénomènes de sclérotinisation et de pigmentation se continuent pendant deux à trois jours. (Figure 5) montre un *Tribolium* de couleur brun rouge, dont la longueur varie de 3 à 4 mm (BALACHOWSKY, 1963). Les antennes sont nettement épaissies vers leurs extrémités et leur longueur n'atteint pas la moitié du prothorax qui lui, est rectangulaire et presque aussi large que les élytres. Ces derniers sont allongés et munis de stries de points bien nets, Chaque inter strie porte en son lieu une fine Cote longitudinale (LEPESME, 1944).



**Vue dorsale**

**vue latérale**

**vue ventrale**

**Figure 5** : adulte de *Tribolium castaneum*. Vues dorsale, latérale et ventrale (STEFFAN, 1978).

Ceci constitue une différence entre les autres genres de la sous famille.

Les pattes sont courtes, les tarsi antérieurs et médians sont formés de cinq articles, les tarsi postérieurs de quatre articles (BALACHOWSKY, 1963).

### II-6-4-2-Distinction Du sexe

Selon (Balachowsky, 1963), La nymphe constitue l'état idéal de vie, de *Tribolium castaneum*.H, qui permet de distinguer le sexe male du sexe femelle. D'autres caractères peuvent intervenir dans la détermination du sexe chez cette espèce, il

s'agit de la taille, cette dernière est un peu plus important chez la femelle que le mâle. Il existe une autre méthode basée sur l'examen de l'appareil génitale.



**Figure 6** : Extrémité abdominale de la puppe Mâle (à gauche) et femelle (à droite): l'appareil génitale de *Tribolium castaneum* (STEFFAN., 1978).

## **II-7-Description du cycle biologique**

L'accouplement des adultes a lieu 48 heures après l'émergence des imagos et dure environ 15 minutes. La ponte commence le troisième jour après l'émergence et s'échelonne durant toute la vie de la femelle. La durée de l'embryogenèse est fonction de la température. Elle dure neuf jours en moyenne à 22 °C, alors qu'elle n'est que de 3,5 jours en moyenne à 28 °C, la durée d'incubation des œufs est plus courte, elle est de 2,6 jours à 35 °C et 85% d'humidité relative.

Dès l'éclosion, la jeune larve se montre active : elle sillonne la denrée dans tous les sens. Elle subit au total huit à neuf mues. La taille des larves constitue un critère essentiel pour la distinction des différents stades larvaires. La durée des stades larvaires varie en fonction de la température et de l'humidité, elle est plus longue à 28°C et 75 % HR qu'à 35°C et 85 %HR.

D'après STEFFAN (1978) .La durée du cycle biologique varie 1 à 4 mois suivant les conditions de température et d'humidité relatives . la durée du cycle la plus courte est de 15 à 20 jours à des températures de l'ordre de 35 à 36°C et une HR de l'ordre de 90%.

## **CHAPITRE 3 : Les méthodes de lutte contre les ravageurs des denrées stockées**

### **III.1.Lutte préventive**

Les moyens prophylactiques sont donc un élément primordial de lutte contre les déprédateurs des stocks des céréales et cette prévention peut être envisagée de plusieurs façons.

#### **III-1-1.Les mesures d'hygiènes**

Parmi les moyens prophylactiques élémentaires, la mise en application régulière des mesures d'hygiènes constitue le moyen le plus important et la plus efficace pour contrôler les ravageurs des stocks. Pour cela, Ducom (1980), préconise plusieurs méthodes à savoir :

- Un nettoyage convenable des locaux de conservation et du matériel destiné à l'emmagasinage, par un badigeonnage ou une pulvérisation d'insecticides
- Une incinération des déchets de nettoyage.
- Une vérification des locaux, des crevasses et des recoins qui peuvent abriter des insectes ou des grains inaccessibles aux insecticides de contact.
- Un tri soigné éliminant ainsi les impuretés, les grains cassés et la poussière de farine.
- Respecter la rotation des stocks en réduisant au minimum les causes de contamination.

#### **III-1-2. La lutte durant L'entreposage**

Pendant l'entreposage, plusieurs méthodes peuvent être utiles, afin de prévenir l'infestation nous citons donc :

##### ***III-1-2-1.Lutte génétique***

Cette méthode se base sur les recherches génétiques, qui ont été réalisées afin de trouver des variétés résistantes aux maladies et aux insectes.

##### **III-1-2-2.Lutte par piégeage**

Les pièges permettent d'obtenir des indications sur la présence de ravageurs, et peuvent servir à identifier ou détecter leur période optimale d'activités et diminuer les pullulations (Kossou et Ahon, 1993).

### **III-1-2-3.Lutte par dépistage**

#### **III-1-2-3-a. Dépistage ordinaire**

Cette méthode est très utilisée, elle consiste à surveiller l'état du grain par la mesure de la température et d'humidité du grain dans la masse, au moyen de détecteurs électriques installés (Mills. ,1990). Cependant, cette méthode aléatoire reste insuffisante pour déceler les formes cachées qui provoquent des dégâts considérables au cours de leur développement.

#### **III-1-2-3-b. Dépistage par infrarouge**

Ce procédé, permet de détecter les protéines animales des insectes et même les formes cachées, il consiste à réaliser une résonance magnétique nucléaire (RMN) pour déceler la Présence des acariens et éventuellement les fragments d'insectes (Wilkins et Chambers. ,1987).

#### **III-1-2-3-c. Dépistage électroacoustique**

Le principe de cette opération est de pouvoir détecter l'activité des insectes et de surveiller le niveau de population présente dans les denrées par des microphones sensibles, cette technique permet de réduire le coût de l'inspection et les traitements (Mankin. ,1998).

Le son des insectes, peut être décelé par la méthode de simulation par ordinateur sans pour cela réaliser des prélèvements au niveau du stock. Un logiciel informatique permet la détermination de l'insecte et son niveau d'infestation (Hagstrum. ,1990).

#### **III-1-2-3-d- Méthode immuno-enzymatique**

C'est une analyse minutieuse, qui donne une estimation de l'infestation des grains et de la farine (Fields., 2001). L'extrait du blé après broyage est soumis à un dosage par le Test ELISA. La coloration de l'extrait obtenu est mesurée par spectrophotométrie qui nous permet de calculer la concentration en protéine d'insectes, cette quantité de protéines nous renseigne sur l'infestation des grains (Wirsta. ,1996).

### **III.2. Lutte curative**

Elle intervient directement contre les insectes en place, parmi les moyens utilisés nous avons la lutte physique, biologique et chimique.

#### **III. 2-1-Lutte physique**

Les moyens préventives sont obligatoires mais elles restent insuffisantes, dans ce cas le recours aux procédés curatifs est indispensable. Les moyens de lutte physiques utilisables, font appel au choc thermique, au froid, aux radiations ionisantes et aux ondes électromagnétiques.

#### **III.2-2. Lutte chimique**

Dans le domaine de la lutte chimique, nous citons deux groupes de produits qui sont essentiellement utilisées.

##### **III-2-2-a) insecticides de contact**

Les insecticides de contact pénètrent dans les tissus de l'insecte après avoir traversé la cuticule, parmi ce groupe d'insecticides nous citons : Le pyréthriinoïdes de synthèse agit par contact et ingestion, en provoquant souvent un effet choc sur les insectes comme *Triboliumcastaneum* (Herbst.) (Schiffers et al., 1990).

##### **III-2-2-b) Les fumigants**

Les fumigants sont des gaz toxiques utilisés pour désinsectiser une denrée dans un espace clos. De toute évidence, les enceintes de fumigation, doivent être suffisamment étanche pour que le gaz pénètre et puisse diffuser entre les grains et dans les grains assez de temps, pour tuer les insectes présents, ceci quel que soit leur stade de développement.

L'utilisation de pesticides pendant plusieurs années a entraîné de nombreux problèmes entre autre la présence de résidus sur les denrées stockées et le développement du phénomène de résistance chez les insectes.

#### **III-3-Lutte biologique**

Tout organisme vivant, possède des ennemis naturels ou maladies qui régulent ses population. Ce sont ces antagonistes naturels des ravageurs, que les méthodes biologiques de lutte mettent à contribution. Les avantages offerts par les procédés biologiques résident surtout dans l'absence presque totale de risques toxicologiques.

Les possibilités d'application des méthodes biologiques de lutte contre les ravageurs des stocks sont très limitées (Gwinner et al., 1996). A titre d'exemple : les parasitoïdes, les prédateurs et les agents pathogènes.

#### **III-4 L'utilisation des végétaux**

Le développement de résistance par les insectes aux insecticides a permis de développer d'autres matières actives à base d'extraits végétaux pouvant avoir des modes d'actions différents à ceux des insecticides déjà utilisés.

Les végétaux produisent des composés secondaires tel que les Terpènes, les composés soufrés, les alcools etc. ; leur utilisation en tant que biopesticides dans la protection *de* graines de légumineuses ou de céréales stockées contre les insectes à fait l'objet *des* nombreuses études notamment en zone tropicale (Arthur, 1996).

Ces extraits végétaux à propriétés insecticides sont utilisés sous plusieurs formes :

- En poudre
- d'extraits organiques,
- d'extrait aqueux
- huiles essentielles.

## **CHAPITRE 4 : Matériels et méthodes**

### **IV-1- Introduction**

Avec le développement de la chimie, on s'est vite rendu compte qu'il y avait tout un arsenal capable d'éliminer les ennemis de la plante (bactéries, champignons, nématodes, insectes..). Cette approche a conduit à une élimination spectaculaire, du moins à court terme, des organismes nuisibles, et à une détérioration parallèle, mais pas nécessairement visible de la qualité de l'environnement (BENAYAD N ., 2008). A cause de leur effet négatif sur l'environnement, l'utilisation des pesticides chimiques est devenue de plus en plus restrictive (WMO, 1965).

Un examen systématique des découvertes phytochimiques répertoriées, en utilisant la base de données NAPRALERT (Natural ProductsAlertDatabase), révèle que seulement 2 à 5% des espèces végétales ont été examinées en détail d'un point de vue phytochimique (SOEJARTO et al) .Une étude réalisée par BALICK et al (1995) a montré que moins de 1% des plantes tropicales sont étudiées d'un point de vue phytochimique. Par conséquent, la voie reste ouverte vers la découverte de nouvelles plantes et par la même de nouvelles molécules à effet bactéricide, nématicide, insecticide ou fongicide (BENAYAD. ,2008).

### **IV- 2 Objectifs**

Les biopesticides d'origine végétale peuvent constituer une solution alternative de ces dernières décennies. Leurs propriétés pesticides et leur relative innocuité environnementale en font des composés très intéressants pour les traitements phytosanitaires à venir (REGNAULT et al, 2005).

L'intérêt du développement de nouvelles formulations à base des huiles essentielles et d'extraits aqueux des végétaux est dû à leurs avantages écologiques et environnementaux indéniables (PANDEY et al. ,1982).

Ce présent travail a pour objectifs d'évaluer l'efficacité insecticide de l'extrait aqueux d'une plante se trouvant en Algérie sur *Triboliumcastaneum*, et faire une étude comparative entre ce produit d'origine végétale et un insecticide commercial de synthèse, dans la but de minimiser progressivement l'utilisation des produits chimiques.

### **IV- 3 Conditions expérimentales**

#### **IV- 3-1-Matériel biologique**

##### **IV-3- 1-1- Espèces entomologiques**

Les individus de *Tribolium castaneum* qui ont servi à notre expérimentation ont été prélevés d'un élevage de masse sur blé dur (couscous), maïs. Les manipulations ont été réalisées au niveau du laboratoire de génie chimique du département de chimie industrielle,. L'élevage de masse est conduit dans des boîtes perforées et mis dans une étuve réglé à une température 300°C et 70% d'humidité comme illustré sur la figure ci-après,



**Figure 7: étuve d'élevage des insectes**

#### **IV-3-1- 2- L'espèce végétale**

Dans le cadre d'un projet de recherches sur la valorisation des espèces végétales très disponibles en Algérie dans des applications en faveur de la protection de l'environnement, les extraits du *Sapindus Mukorossi* ont été récupérés et utilisés dans le cadre de cette étude en tant que biopesticide.

Plusieurs critères ont été pris en considération pour le choix du matériel biologique végétal à savoir :

- La disponibilité des plantes sur le territoire national.
- Son usage en pharmacopée traditionnelle locale.
- Sa richesse en matières actives et leur facilité d'extraction
- La défense naturelle de l'arbre contre les différents ravageurs

#### **IV- 3-2 Matériel de laboratoire**

##### **IV- 3-2-1 Appareillage**

- Balance électrique
- Etuve
- Centrifugeuse
- Réfrigérateur

### IV-3-2-2 Solutions

- DMSO (Panreac pure)
- Actellic (OAIC)
- Eau physiologique
- PBS préparé au laboratoire

### IV- 3-3 Insecticide commercial

Afin de réaliser une étude comparative avec l'extrait végétal, nous avons utilisé un insecticide industriel d'origine chimique « Actellic » qui est considéré comme un insecticide très répandu et très utilisé par le secteur agricole et ayant les caractéristiques suivantes :



N ° d'homologation : R01 039 040

Matière active : PYRIMI PHOS. METHYL

Famille chimique : Organophosphorés

Concentration : 500 g/l

Formulation : EC. (Concentré émulsionnable à diluer dans l'eau)

Emballage : 1 L et 5 L

Solubilité dans d'autres solvants : miscible dans l'eau.  
(Anonyme, 2013)

**Figure 8 : l'insecticide commercial « Actellic ».**

Actellic est un insecticide très efficace sur de nombreux insectes des grains stockés et en hygiène publique. C'est un insecticide organophosphoré conçu pour le contrôle des vecteurs de maladies et insectes nuisibles, ainsi que les ravageurs des grains stockés.

### IV- 4 Méthodes d'étude

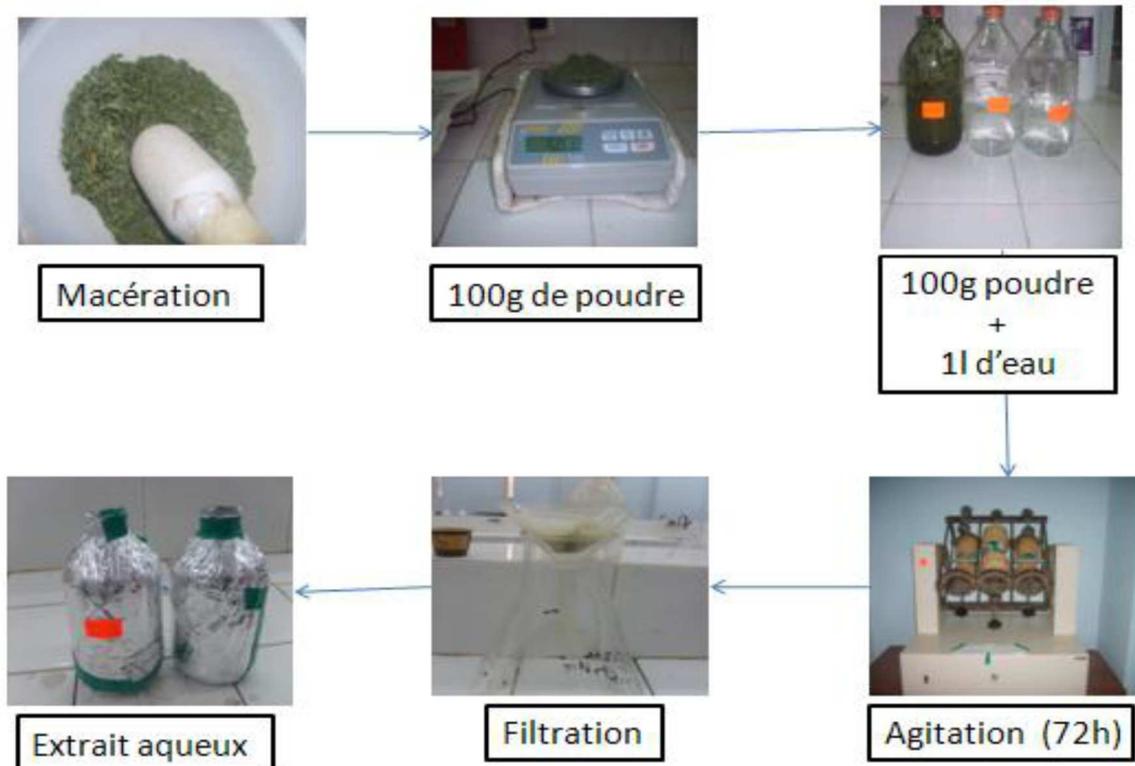
#### IV -4- 1- Préparation de l'extrait aqueux

La solution de l'extrait a été extraite à partir de fruit de *Sapindus mukorossi*.

Pour préparer cet extrait on a réalisé les étapes suivantes

- La récolte des plantes de thym sur terrain
- séchage à l'étuve à 30° pendant 24h
- Broyage à l'aide de mortier
- pesé 100g de broyat à l'aide d'un balance

- La dilution dans l'eau distillée (100g de poudre /1 L d'eau distillée)
- Agitation dans un agitateur pendant 72h
- Filtration à l'aide d'un papier filtre
- récupération de l'extrait dans une bouteille recouverte par un papier aluminium et conservée dans un endroit froid.



**Figure 9 : Les différentes étapes pour la préparation de l'extrait aqueux.**

#### **IV-4-2 Evaluation de l'activité insecticide de l'extrait aqueux**

##### **IV- 4-2- a. Préparation des doses**

A partir de l'extrait aqueux obtenu préalablement, nous avons préparé les doses à tester après dilution dans l'eau. L'eau distillée a été utilisée comme solvant de dilution



**Figure 10 : préparation des doses**

Nous avons préparé 2 doses ( $d_1=1\text{g}$  de poudre /1L,  $d_2=0.5\text{g}$  de poudre /1L).

#### **IV- 4-2.b Test d'efficacité par pulvérisation**

Afin de tester nos produits (extrait et produit commercial), nous avons utilisé un seul mode par contact, le produit a été pulvérisé directement sur l'insecte. Dans chaque boîte de Pétri nous avons mis 10 individus de l'insecte étudiée, et nous avons fait des trous sur la couverture afin de permettre l'aération pour les individus et pour maintenir les mêmes conditions de vivre pour les insectes.

Nous avons étudié l'efficacité de l'extrait aqueux sur les larves ainsi que sur les adultes.

Nous avons utilisé deux doses, trois répétitions sont réalisées pour chaque dose (même que pour le témoin).

Nous avons rempli les deux solutions de l'extrait aqueux (à différentes doses : 1g/l et 0.5 g/l) dans des pulvérisateurs. A l'aide des quels nous avons forcé un jet très fin sur les insectes.

Nous avons évalué le taux de mortalité des insectes de chaque dose par de simples observations et comptages comme illustré sur les figures ci-après.



**Figure 11 : pulvérisation exercée sur les larves (extrait aqueux)**



**Figure 12 : Pulvérisation exercée sur les adultes (extrait aqueux)**

#### **IV- 4-3 Evaluation de l'activité insecticide de produit commercial « Actellic »**

##### **IV- 4.3.a préparation des doses**

Nous avons préparé les doses à tester après dilution dans l'eau distillée.

A partir d'une concentration initiale de 500g/l, Nous avons préparé 2 doses (d1=1g de poudre /1L, d2=0.5g de poudre /1L), (mêmes conditions opératoires que pour les extraits végétaux).

##### **IV- 4.3.b test d'efficacité par pulvérisation**

Nous avons disposé 10 individus de l'insecte à étudier dans chaque boîte de Pétri.(même principe utilisé pour l'extrait aqueux comme précédemment).

Nous avons pulvérisé l'insecticide commercial sur le corps de l'insecte pour les 2 doses (0.5g/l et 1 g/l), trois répétitions sont effectuées même pour le témoin.

Nous avons évalué le taux de mortalité pour chaque dose.



**Figure 13** ; pulvérisation de l'insecticide commercial « actellic » sur les larves et les adultes de *Tribolium castaneum*

#### **IV- 4.4 Evaluation de l'activité hémolytique de l'extrait végétal**

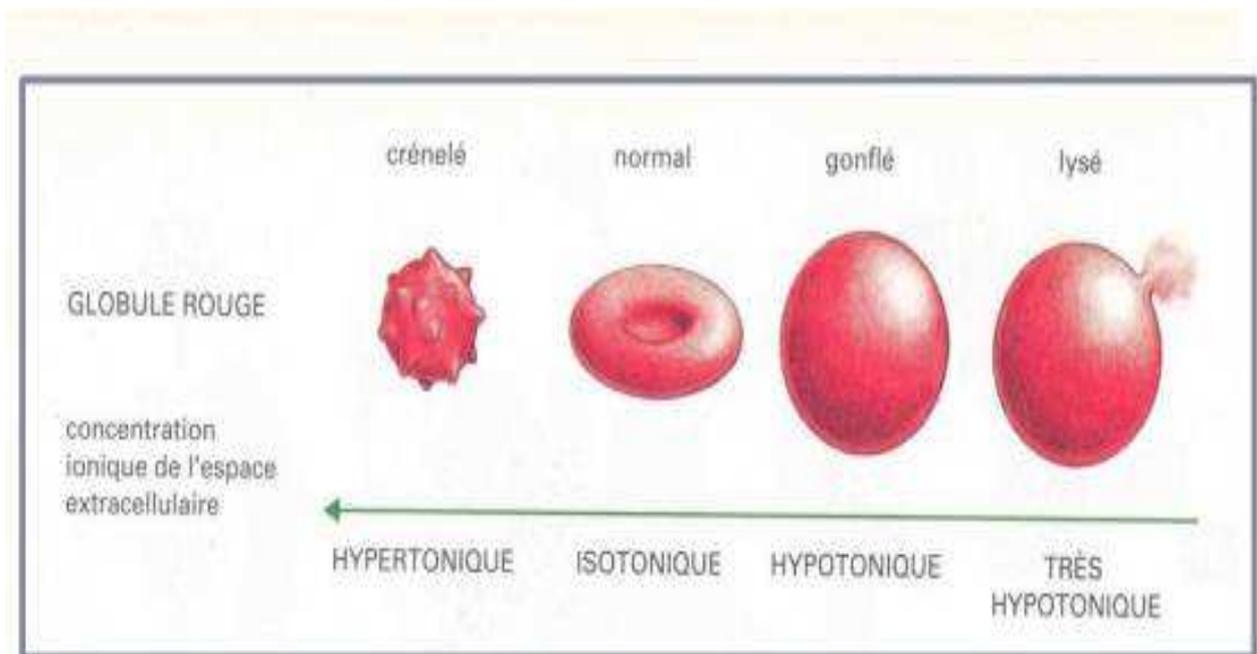
##### **IV-4.4.1. Objectif**

Le présent mode opératoire a pour but d'évaluer l'activité hémolytique de l'extrait végétal, afin de savoir la cause de la mort des individus de *Tribolium castaneum*

Les tests d'hémolyses ont été pratiqués au laboratoire de centre de transfusion sanguine de l'hôpital FARROUDJA, au niveau de l'unité d'immuno-hématologie.

#### IV- 4.4.2. Principe

En présence d'une substance hémolytique, les hématies sont lysées, libérant ainsi l'hémoglobine, et rendant le surnageant rouge. Les hématies qui restent intactes sédimentent.



**Figure 14** : Schéma extrait de " Biologie moléculaire de la cellule" représentant de l'hémolyse

#### IV- 4.4.3 Protocole du test hémolytique

- **Préparation des solutions**

Préalablement, les solutions suivantes ont été préparées :

**PBS** : NaCl 145 Mm ( 8500 mg/l), KCl 5 Mm (372.5 mg/l), Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>.12H<sub>2</sub>O 4 Mm (1432 mg/l), NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O 1Mm (156 mg/l). (Voir annexe 13)

**DMSO** : Diméthylsulfoxyde (voir annexe 12)

Les solutions mères de l'extrait végétal ont été préparées dans un mélange DMSO/PBS (5 :1) à partir de 500 µg/ml.

Du sang humain frais sain citraté, lavé quatre fois avec l'eau physiologique est centrifugé à 3000 tours/min après chaque lavage dans une centrifugeuse, le culot est séparé.

Un test préalable a été fait sur un culot de globules rouges avec le mélange DMSO+PBS pour voir l'effet non hémolytique de ce mélange sur le culot.

Des tubes sont remplis avec 0.5 ml de culot de globules rouges+ 0.5 ml de chacun de solutions préparées. Après incubation pendant un jour, ils sont centrifugés pendant 7 min à 3000 tours/ min. (Bauman et al ; 2000).

Chaque test se fait en double

La lecture de ce test se fait par l'œil nu, par comparaison avec le témoin. Elle est basée sur la différence d'aspect avec le tube témoin.

### **Aspect macroscopique 1**

- Si la suspension dans le tube à hémolyse est de couleur rouge translucide on dit que le sang est laqué et qu'il y a eu hémolyse.
- Si la suspension dans le tube à hémolyse est trouble il n'y a pas eu d'hémolyse.

### **Aspect macroscopique 2**

Est basé aussi sur le taux d'hémolyse, c'est à dire si le phénomène d'hémolyse est :

- **Totale** : la suspension dans le tube à hémolyse est de couleur rouge due à la présence des molécules d'hémoglobines libérées par les hématies qui ont été détruite avec un culot blanc (correspond aux membranes des hématies).
- **Partielle** : le surnageant présent dans le tube à hémolyse est de couleur orangé avec un culot rouge (hématies non détruites).
- **Absent** : surnageant est incolore avec la présence d'un culot rouge (correspond aux hématies non détruites).

#### IV-4-4-4 Appareillage



Figure 15 : Centrifugeuse



Figure 16 : tubes à essai



Figure 17 : Pipette automatique

#### IV-5- Exploitation des résultats

##### IV- 5-1- Correction de la mortalité

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

$$MC = \frac{(M - M_t) \times 100}{100 - M_t}$$

MC (%) : Pourcentage de mortalité corrigé

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

M t (%) : Pourcentage de morts dans la population témoin

#### **IV-5-2- Traitement statistique des résultats**

Tous les essais ont été répétés au moins trois fois, par la suite un calcul des moyennes a été réalisé.

Afin de vérifier une éventuelle efficacité de produit vis-à-vis de *Tribolium castaneum*, et la comparaison entre l'effet des deux produits selon leur mode d'application.

## CHAPITRE 5 : Résultats et discussion

### V -1 Evaluation du pouvoir insecticide de l'extrait végétal

Les efficacités des différents produits étudiés en tant qu'insecticides sont représentées sur les tableaux ci-après :

#### V -1.a) larves :

**Tableau 4** : résultat de l'application de l'extrait végétal sur *Tribolium castaneum* (larves) C1 = 0.5 g/l :

C \ T	C1= 0.5 g/l					
		Nombre de Larves avant traitement	Nombre de larves après traitement	Nombre des individus morts	Taux de mortalité	Moyenne de taux de mortalité
24h	témoin	10	10	0	0%	0 %
	Essai n :1	10	1	9	90 %	90 %
	Essai n :2	10	1	9	90%	
	Essai n :3	10	1	9	90 %	
48h	témoin	10	10	0	0%	0 %
	Essai n :1	10	0	10	100 %	100 %
	Essai n :2	10	0	10	100 %	
	Essai n :3	10	0	10	100 %	

**Tableau 5** : résultat de l'application de l'extrait végétal sur *Tribolium castaneum* (larves) C2 = 1g/l :

C \ T	C2= 1 g/l					
		Nombre de Larves avant traitement	Nombre de larves après traitement	Nombre des individus morts	Taux de mortalité	Moyenne de taux de mortalité
24h	témoin	10	10	0	0%	0 %
	Essai n :1	10	0	10	100 %	100 %
	Essai n :2	10	0	10	100%	
	Essai n :3	10	0	10	100 %	

## V -1.b) adultes

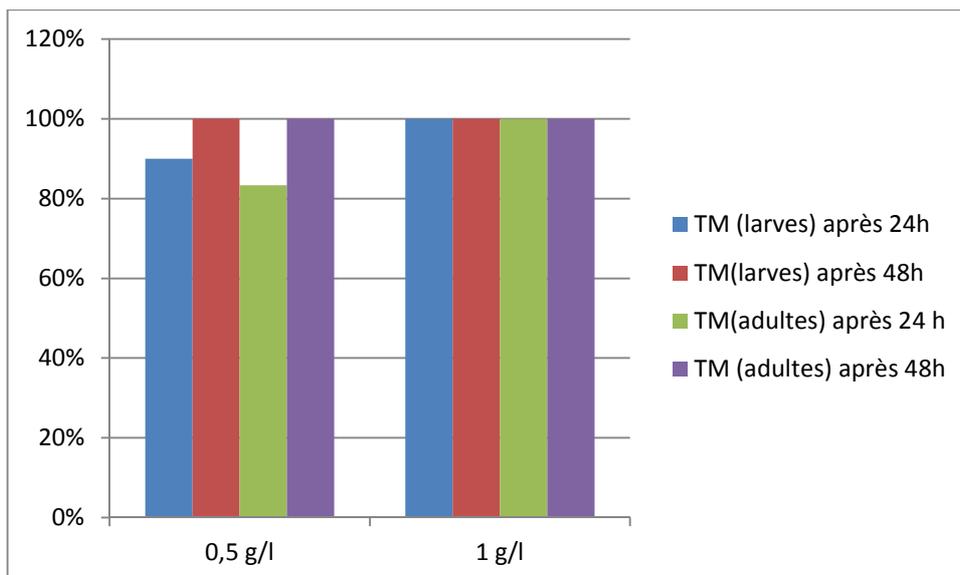
**Tableau 6** : résultat de l'application de l'extrait végétal sur *Tribolium castaneum* (adultes) à  $c_1 = 0.5\text{g/l}$  :

C T		C <sub>1</sub> = 0.5 g/l				
			Nombre d'adultes avant traitement	Nombre d'adultes après traitement	Nombre d'individus morts	Taux de mortalité
24h	témoin	10	10	0	0%	83.33%
	Essai n :1	10	1	9	90 %	
	Essai n :2	10	2	8	80%	
	Essai n :3	10	2	8	80 %	
48h	témoin	10	10	0	0%	100 %
	Essai n :1	10	0	10	100 %	
	Essai n :2	10	0	10	100 %	
	Essai n :3	10	0	10	100 %	

**Tableau 7** : résultat de l'application de l'extrait végétal sur *Tribolium castaneum* (adultes) à C<sub>2</sub> = 1g/l :

C T		C <sub>2</sub> = 1 g/l				
			Nombre d'adultes avant traitement	Nombre d'adultes après traitement	Nombre d'individus morts	Taux de mortalité
24h	témoin	10	10	0	0%	100%
	Essai n :1	10	0	10	100 %	
	Essai n :2	10	0	10	100%	
	Essai n :3	10	0	10	100 %	

Les résultats obtenus sont aussi représentés sous forme d'histogrammes illustrés ci-après :



**Figure 18** : taux de mortalité des individus de *Tribolium castaneum* (larves et adultes) après traitement pendant (24 heures et 48 heures) de l'extrait végétal.

D'après les résultats obtenus, on constate que l'extrait végétal a entraîné la mort des individus de ravageur étudié, son efficacité en tant qu'insecticide est indéniable. Après 24 heures d'exposition, on observe un taux de mortalité variant entre 80 % et 90 % sur les larves et les adultes, à une concentration de 0.5 g/l, quand on augmente la concentration à 1g/l on observe une mortalité totale après 24 heures. Après 48 heures d'exposition, le taux de mortalité était à 100 % sur les larves et les adultes pour les deux concentrations 0.5 g/l et 1 g/l.

On peut constater que la mortalité est immédiate pour de fortes concentrations, en outre, la durée prolongée d'exposition même à de faibles concentrations entraînera la mort progressive des individus visés.

## V - 2. Evaluation du pouvoir insecticide de produit commercial « actellic » :

Même que précédemment, les efficacités d'un insecticide commercial Actellic ont été étudiées et présentés ci-après :

## V -2.a) Larves

**Tableau 8** : résultat de l'application de l'insecticide commercial sur *Tribolium castaneum* (larves) à  $c_1 = 0.5 \text{ g/l}$  :

C \ T		C <sub>1</sub> = 0.5 g/l				
			Nombre d'adultes avant traitement	Nombre d'adultes après traitement	Nombre d'individus morts	Taux de mortalité
24h	témoin	10	10	0	0%	0 %
	Essai n :1	10	0	10	100 %	100%
	Essai n :2	10	0	10	100%	
	Essai n :3	10	0	10	100 %	

**Tableau 9** : résultat de l'application de l'insecticide commercial sur *Tribolium castaneum* (larves) à C<sub>2</sub> = 1g/l :

C \ T		C <sub>2</sub> = 1 g/l				
			Nombre d'adultes avant traitement	Nombre d'adultes après traitement	Nombre d'individus morts	Taux de mortalité
24h	témoin	10	10	0	0%	0 %
	Essai n :1	10	0	10	100 %	100%
	Essai n :2	10	0	10	100%	
	Essai n :3	10	0	10	100 %	

## V -2.b) adultes

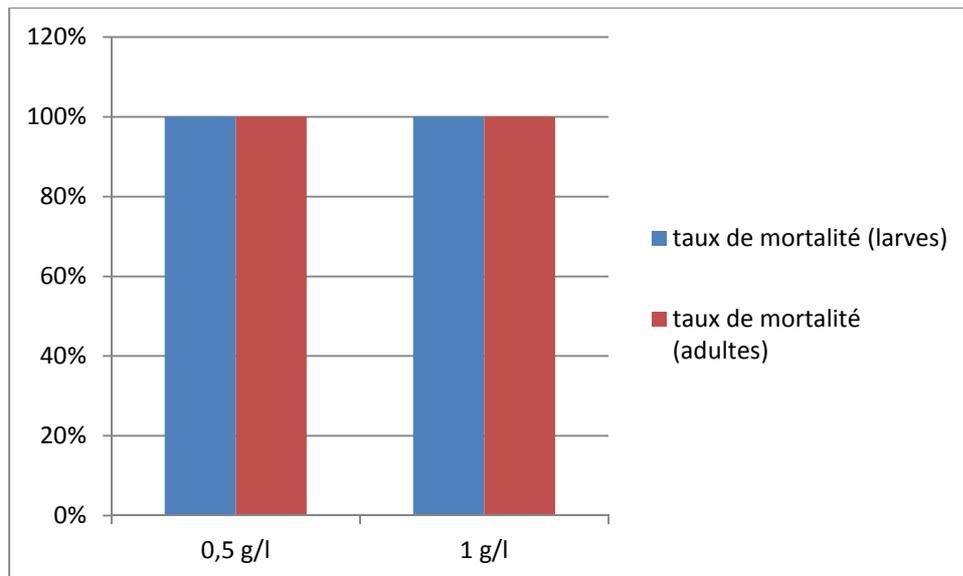
**Tableau10** : résultat de l'application de l'insecticide commercial sur *Tribolium castaneum*(adultes) à  $c_1= 0.5g/l$  :

C \ T		C <sub>1</sub> = 0.5 g/l				
			Nombre d'adultes avant traitement	Nombre d'adultes après traitement	Nombre d'individus morts	Taux de mortalité
24h	témoin	10	10	0	0%	100%
	Essai n :1	10	0	10	100 %	
	Essai n :2	10	0	10	100%	
	Essai n :3	10	0	10	100 %	

**Tableau 11** : résultat de l'application de l'insecticide commercial sur *Tribolium castaneum*(adultes) à  $c_2= 1g/l$  :

C \ T		C <sub>2</sub> = 1 g/l				
			Nombre d'adultes avant traitement	Nombre d'adultes après traitement	Nombre d'individus morts	Taux de mortalité
24h	témoin	10	10	0	0%	100%
	Essai n :1	10	0	10	100 %	
	Essai n :2	10	0	10	100%	
	Essai n :3	10	0	10	100 %	

Les résultats ont été présentés graphiquement sous forme d'histogrammes :



**Figure 19** : taux de mortalité de larves et adultes de *Tribolium castaneum* après 24 heures d'application de « actellic ».

D'après les résultats obtenus, on constate que l'application de l'insecticide commercial a entraîné la mort des individus de *Tribolium castaneum*. Après 24 heures d'application de « actellic », on observe une mortalité totale sur les larves et les adultes pour les deux concentrations (0.5 g/l, 1 g/l).

On peut constater que l'effet insecticide de ce produit commercial est très efficace et rapide.

### V -3-Evaluation de l'activité hémolytique

La lecture de ce test se fait par l'œil nu, par comparaison avec le témoin. Elle est basée sur la différence d'aspects macroscopiques 1 et 2 avec le tube témoin.

Ces différentes observations macroscopiques permettent d'expliquer les phénomènes qui ont touché les hématies.

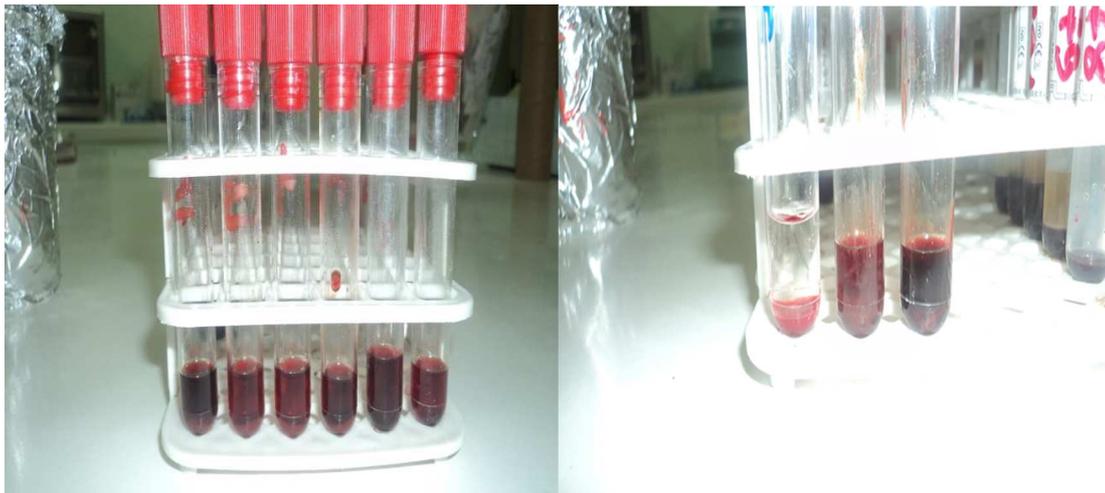
Les résultats des observations de test hémolytique sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau 12** : résultat des observations de test hémolytique de l'extrait végétal.

Tubes	observations		Osmoticité
	Macro 1	Macro 2	
témoin	troubles	Absence d'hémolyse	Isoosmotique
T 1	Sang laqué	Hémolyse totale	Hypoosmotique
T 2	Sang laqué	Hémolyse totale	Hypoosmotique

T1 : tube 1

T2 : tube 2



**Figure 20** : résultats de test hémolytique.

D'après les résultats obtenus, on observe que le contenu du puits est coloré en rouge après l'application de l'extrait sur le sang humain, donc le résultat est positif.

Les observations et la comparaison avec le tube témoin, montrent que les hématies ont été hémolysés, aspect macroscopique<sup>1</sup> le sang est laqué, les cellules sont éclatées.

L'application de l'extrait végétal aqueux sur le sang humain entraîne le phénomène d'hémolyse et l'éclatement de la cellule entraîne la libération des molécules d'hémoglobine dans le milieu extérieur expliquant ainsi l'aspect macroscopique<sup>1</sup>(sang laqué), la présence de cellules éclatées et l'hémolyse totale pour l'aspect macroscopique<sup>2</sup>.

On peut constater que l'extrait végétal utilisé dans notre étude présente un pouvoir hémolytique.

#### **V -4 Discussions générale**

Les plantes sont capables de produire des substances naturelles très variées, en effet, en plus des métabolites primaires classiques (glucides, protéines, lipides, acides nucléiques), elles synthétisent et accumulent perpétuellement des métabolites secondaires dont la fonction physiologique n'est pas toujours évidente mais qui représente une source immense de molécules exploitables par l'Homme dans des domaines aussi distincts que la pharmacologie, l'agroalimentaire ou encore en agriculture dans le cadre de la phytoprotection( AUGER , THIBOUT ., 2002).

Actuellement, les huiles essentielles et les extraits aqueux des plantes commencent à avoir un intérêt très prometteur comme source potentielle de molécules naturelles bioactives. Ces produits font l'objet des études pour leur éventuelle utilisation comme alternative pour les traitements insecticides, bactéricides, nématocides et fongicides (YAKHLEF G., 2010).

Dans le présent travail, l'activité insecticides de l'espèce végétale étudiée constitue une étude préliminaire sur la recherche de nouvelles molécules bioactives à intérêt pesticide. Les résultats des tests du pouvoir insecticides sont intéressants du fait qu'ils constituent une première initiative de recherche sur des plantes spontanées d'intérêt agronomique. Ces résultats ont montré une efficacité élevée.

D'après l'expérience de la technique d'activité par contact utilisée dans cette étude, les résultats ont montré des effets insecticides très importants variant en fonction du temps et de l'étape de vie de l'insecte et de concentrations de deux produits (extrait végétal aqueux et insecticide commercial). Pour l'extrait végétal aqueux, la C<sub>1</sub> (0,5 g/l) a montré moins d'effet insecticide par rapport à la concentration C<sub>2</sub> (1 g/l). Pour les larves et même pour les adultes de *Tribolium castaneum*.

La concentration C<sub>1</sub> (0,5 g/l) a mené à un taux de mortalité de 90 % pour les larves et 83,33 % pour les adultes, alors qu'à C<sub>2</sub> (1 g/l) une mortalité totale a été enregistrée.

L'effet de temps influe sur le taux de mortalité des individus de l'insecte étudiée. Au bout de 24 heures on a un taux de mortalité de 90% pour les larves et 83,33 % pour les adultes, après 48 heures on a marqué un taux de mortalité de 100 %.

D'après les résultats obtenus, on constate que plus la concentration est élevée, plus le temps d'effet est immédiat

L'absence de mortalité au niveau du témoin montre que notre test reste fiable pour l'étude de l'effet insecticide de l'extrait végétal testé.

Ce qui concerne l'insecticide commercial « actellic », les résultats de traitement de ce dernier sur les larves et les adultes de *Tribolium castaneum* pour les deux concentrations C<sub>1</sub> (0,5 g/l) et C<sub>2</sub> (1 g/l), ont enregistré un taux de mortalité élevé arrive à 100 % pendant 24 heures, ce qui exprime l'effet insecticide rapide de cet insecticide.

Les résultats des taux de mortalité en fonction des concentrations administrées par contact et en fonction de temps montrent que les larves de *Tribolium castaneum* ont été plus sensibles par rapport aux adultes de même espèce pour les deux produits. Dans ce cas, les résultats ont montré que l'insecticide commercial « actellic » a été plus actif que l'extrait végétal aqueux.

En ce qui concerne l'extrait végétal étudié, ce produit d'origine naturelle est comparable à l'insecticide commercial, cela suppose que l'extrait obtenu renferme des molécules bioactives mais il a exprimé un effet tardif par rapport à l'insecticide commercial qui a mené une mortalité totale en courte durée, à cause de sa composition chimique.

Plusieurs travaux ont été menés pour comprendre les mécanismes d'action de l'extrait des plantes, dont plusieurs attribuent cette fonction aux composants phénoliques (Veldhuizen et al. 2006).

Le test hémolytique effectué a montré que l'extrait végétal étudié présente une activité hémolytique considérable vue que les résultats de l'application de cet extrait sur le sang humain étaient positifs et ont mené une hémolyse totale.

D'après ce test, on suppose que la mortalité des individus de *Tribolium castaneum* peut être due au pouvoir hémolytique présenté dans l'extrait végétal. L'activité des produits étudiés était variée en fonction des concentrations utilisées, du temps d'exposition et enfin de l'étape de vie des insectes. Tous ces tests effectués peuvent confirmer que l'extrait végétal aqueux présente un effet insecticide efficace pour lutter contre les ravageurs de denrées alimentaires.

## Conclusion générale

Notre travail avait pour objectif d'évaluer l'efficacité insecticide de l'extrait aqueux des fruits du *Sapindus Mukorossi* sur l'espèce ravageur des denrées alimentaires *Triboliumcastaneum*, ainsi que de faire une étude comparative entre cet extrait aqueux d'origine végétal et un insecticide commercial, et évaluer l'activité hémolytique de la plante étudiée responsable de son efficacité.

A la lumière des différentes expériences réalisées et suites aux différents résultats obtenus, nous avons abouti aux conclusions suivantes :

- l'extrait aqueux du *Sapindus Mukorossi* possède un effet insecticide sur *Triboliumcastaneum* que ce soit sur les larves ou sur les adultes à de faibles concentrations de l'ordre de 0.5%, l'augmentation de cette dernière provoque une plus grande rapidité d'effet et est comparable à l'insecticide commercial « actellic » est plus efficace et possède un effet relativement plus rapide sur les individus de l'insecte étudiée.

-La toxicité relevée est variable selon la nature de produit ; la mortalité des insectes augmente avec la dose quelque-soit le produit et le mode d'action et le cycle de vie de l'insecte .parmi les deux produits testés (extrait aqueux et insecticide commercial) l'insecticide commercial montre la plus grande efficacité suivie par l'extrait aqueux.

- Les résultats des taux de mortalité de larves et adultes de *Triboliumcastaneum* en fonction des doses administrés montrent que les larvesétaient plus sensibles par rapport aux adultes.

-Les extraits du *Sapindus Mukorossi* présentent un pouvoir hémolytique très élevé, ce qui ouvre une hypothèse que cette mortalité des individus de l'insecte étudiée.

Enfin, l'extrait aqueux des fruits du *Sapindus Mukorossi* possède un effet toxique sur le ravageur objet de l'étude, il est biodégradable, cette propriété pourrait être recherchée pour remplacer les insecticides organiques de synthèse dans la protection des denrées stockées et les lieux de stockage des céréales.

Le monde végétal contient un nombre élevé de molécules qui ont permis aux végétaux plantes de se protéger au cours de leur évolution contre les prédateurs, ces molécules susceptible d'être des insecticides naturels, méritent d'être répertoriées et valorisées en tant que produits phytosanitaires.

L'Algérie recèle un patrimoine végétal très riche mais malheureusement très peu exploité.

Les fruits du *Sapindus Mukorossi* en font l'un des richesses et les travaux sont en cours pour mieux mettre en valeur ses propriétés phytosanitaires, thérapeutiques et environnementales. Et creuser la molécule responsable de cette propriété insecticide pour la valoriser en tant que biopesticide et l'exploiter en la commercialisant afin de diminuer les pesticides organiques de synthèse.

## Références bibliographiques

- 1- **ADRIAN J., POTUS J., POIFFAIT A et DOUVILLIER P., 1998-** Introduction à l'analyse nutritionnelle des denrées alimentaires. Tec et Doc. Ed : Lavoisier. P / 47-84.
- 2-**Alane et Khalfaoui., 2005 :** contribution à la détermination de la sensibilité des céréales post-récolte (blé dur, blé tendre et triticales) à l'attaque du ravageur *Sitophilus oryzae* L et de l'effet de l'infestation sur la qualité du blé dur (*Triticum durum* desf).Thèse Ing Bio, CQA, INST Bio, Blida.
- 3-**ALEM M., 2000-** La conservation et la traitement des denrées stockées. Acte de premier Symposium international sur la filière blé 2000 enjeux et stratégie Ed. OAIC. Alger pp 321-329.
- 4-**ALIA Y, 2005 :** Etude de comportement Agro-technologique de treize variétés de triticales cultivées en zone sub-humide (Oued Smar, El Harrach). Thèse ING. Agr, production des végétaux, GC. Inst Agro, Blida : 86 p.
- 5- **Alzouma1. 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. VerstraetenEds.
- 6- **Anonyme., 2001 :** Industrie des céréales, recherche et développement. 21-25p.
- 7- **Anonyme 1, 2000 :** le blé dur. Agriculture et agroalimentaire, volume 13 N° 11, Canada : 13p.
- 8-**Anonyme 2, 2000 :** blé 2000.. Enjeux et stratégie, Actes du 1<sup>er</sup> symposium International sur la filière blé, Alger : 345 p.
- 9-**ANONYME 1, 2004 :** France exports céréale. Statistique mondiale. échanges mondiaux de blé. Association pour la promotion internationale Française. p -2. <http://www.France export céréale.org/fr/statistique/monde.asp>.
- 10-**ANONYME 2, 2004: Cereal** Research Center. 1 p. [www.google.fr](http://www.google.fr).
- 11- **ANONYME, 2009:** site Internet [www.syngenta.com](http://www.syngenta.com) .
- 12- **ANONYME 1, 2013:** site Internet [www.profert-dz.com/actellic.html](http://www.profert-dz.com/actellic.html) octobre 2013
- 13- **ANONYME 2, 2013 :** site Internet (<http://www.futura-sciences.com/magazines/sante/infos/dico/d/medecine-hemolyse-756/>) octobre, 2013.

- 14- ANONYME 3,2013 :** site Internet (Larousse medical, (<http://www.larousse.fr/encyclopedie/medical/h%C3%A9molyse/13512>).  
Octobre 2013
- 15- AUGER , THIBOUT ., 2002):** substances soufrées des Allium et des Crucifères et leurs potentialités phytosanitaires. *In* Regnault-Roger, C, Philogène , B J.R , Vincent C .Biopesticides d'origine végétale . Tec & Doc, Paris, p 77-96.
- 16-ARTHURE F., 1996-**Grain protectants .J.Storedproduct.Res. Vol.32, pp.293-294
- 17-BAKER J .E., 1988** purification of alpha-amylase inhibitor from wheat,Triticumaestivum and interaction with amylases from the rice weevil, sitphiphilus oryzae (Coleoptera, Curculionidae) insect biochem 55(11) : 703-706.
- 18-Balachwsky A-S, 1963:** Entomologie appliquée à l'agriculture 1, coléoptères. V 1, Paris, Masson, 1963. 568-1391 p.
- 19-Balachowsky A-S, 1966:** entomologie appliquée à l'agriculture. Coléoptères. Ed Masson et Cie, T<sub>1</sub>V<sub>1</sub>. Paris, PP 1071-1096.
- 20-Bar-L'HELGOUAC'H C, 2001 :** contrôle de la qualité des céréales et des protéagineux (guide pratique), ed ITCF, Paris : 268 p.
- 21-(Bauman E, Stoya G and al, 2000):** hemolysis of human erythrocytes with saponin affects the membrane structure , Acta Histochem , (2000) p 102,24,35.
- 22- BENAYAD N., 2008-** Les huiles essentielles extraites des Plantes médicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Laboratoire des Substances Naturelles et Thermolyse Eclair Département de Chimie Faculté des Sciences de Rabat.Maroc.61p.
- 23-BENCHARIF et CHAULET, 1991** - problématiques et organisation du projet d'étude. ENIAL R séminaire sur la mise en marché des céréales et les stratégie bdes entreprises de la filière Blida, pp1-30.
- 24-Bittel R, Fourcy A , Mourioux C, Godon B, 1977:** Tranfert DE métaux lourds dans la chaîne de panification. Ann. Techn. Agric.,26, 2, 189-198.
- 25-Bonjean A et Picard E,1990 :** Les céréales à paille : origine, histoire, économie, sélection, groupe ITM 2<sup>ème</sup> ed, université Leval, Canada : pp 28-70.
- 26-BOUDREAU A. et MENARD G -1988** - Le blé élément fondamentaux de transformation Ed. Masson, 216p.
- 27-Boudreau A et Menard G., 1992 :** Le blé, élément fondamentaux et transformation, 2<sup>ème</sup> édition, université Leval, Canada : p 27-76.
- 28-BOUGHRARA S., 2000** - étude du diagnostic d'un atelier de fabrication et contrôle physico-chimique de pâtes alimentaires améliorées, thèse de

technicien supérieur en transformation des céréales, Université de Boumerdes, 2000, 62pages

**29-CALVEL, 1980** - La boulangerie moderne. Ed. Erolles , Paris, 465p  
University Press: New York.

**30-CHAMP, B. R. et DYTE, C. E., 1976** - Rapport de l'enquête mondiale de la FAO sur les insectes des céréales entreposées et leur sensibilité aux insecticides, FAO, Rome, 374p.

**31-CHEFTEL J.C. et CHEFTEL L. H., 1977** - Introduction à la technique alimentaire Vol 1 Ed. Lavoisier. Paris. 280-284.

**32-DJERMOUN A.E.K., 2009**- Revue Nature et Technologie. N°01/Juin 2009. Pages 45 à 53.

**33-DOUMANDJI A., DOUMANDJI S., et DOUMANDJI MITICHE B ., 2003** - technologie de transformations des blés et problèmes dus aux insectes au stock, Algérie office des publications universitaires, 2003, 67 p.

**34-DRAPRON, 1971** - les enzymes leurs rôle dans la technologie du blé et de ses dérivés. Bull des anc.élèves EFM, 246-236p.

**35-DUCOM, P. 1980** - Eléments d'écologie. Des stocks et de lutte contre les ravageurs 65-83.In : ACCT - Rapport du séminaire sur l'amélioration des systèmes récolte en Afrique de l'Ouest. ACCT BAMAKO 230p.

**36-FAO., 2001**- Deuxième forum mondial FAO/OMS des responsables de la sécurité sanitaire des aliments. Bangkok (Thaïlande), 12-14 octobre 2004.

**37-FARJAN M.E., 1983** - Biodynamiques en laboratoire de deux insectes ravageurs du blé dur : le charançon du riz *S.oryzae*L (Coleoptère, Curculionidae)et la capucin des grain: *Rhizoperta dominica* (Coleoptère, Bostrichidae)avec application aux conditions de conservation en Afrique du nord

**38-Feillet P.,2000** : Le grain de blé, composition et utilisation, INRA, Paris : p104-161.

**39-FIELDS P., 2001**- Ravageurs des entrepôts des grains et des produits alimentaires. Ed. Centre de recherche sur les céréales. Canada.

**40-FLEURAT-LESSARD F., 1990** - Altération dues aux insectes et déprédateurs-présentation Aliscope, 90: 18-24p.

**41-Fleurat-Lessard, F., 1994**- «Écophysiologie des Arthropodes nuisibles aux stocks de céréales en Afrique tropicale». In Post-Récolte, principes et application en zone tropicale, ESTEMIAUPELF Verstraeten, 1-61p.

**42-Foughali M,1987** : stockage et conservation des céréales, cas de la coopérative de céréales et de légumes secs de Khemis-Miliana. Thèse ing , Ministère de l'agriculture et de la pêche.

**43-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 II, méthodes normalisées, thèse d'ING en agro, INA, Alger : 100 p.

- 44-FOURAR, R., 1994** - Variabilité de la sensibilité variétale du blé tendre à *Sitophilus oryzae* L. ((*Coleoptera* : *Curculionidae*) dans le grain et de *Tribolium confusum* J. Duval ((*Coleoptera* : *Tenebrionidae*) dans la farine.
- 45-Fourar R., 2005** : Cours céréaliculture. Option GC. Département Agr. Univ Blida.
- 46-Godon B, Willm C, 1998** : « Les industries de première transformation des céréales », Paris Tec et Doc-Lavoisier.
- 47-Godon B, 1977** : Matières minérales du grain de blé et de la farine. Bull. Anc. Elèves de l'ENSMIC, 283,2-16.
- 48-Godon B et Loisel W, 1984** : Guide pratique d'analyse dans les industries des céréales, ed revue et augmentée, Lavoisier, Paris 685 p.
- 49-GODON B., 1991** - Biotransformation des produits céréaliers. Ed.Tec et Doc. Lavoisier Paris 688p.
- 50-GODON B. et WILLIAM C., 1998** - Les industries de premières transformations des céréales. Ed. Tec. Et Doc Lavoisier. Paris pp 3- 216.
- 51-GUIRAUD J.P., 1998** - Microbiologie alimentaire Ed. Dunod 648p
- 52-GWINNER J ., 1996-** Manuel sur la manutention et la conservation des grains après récolte .Echoborne .RFA.388p.
- 53-Gwinner, J., Hamisch, R et Muck, O., 1996-** Manuel sur la manutention et la conservation des grains après récolte, GTZ, Eschborn, 368p.
- 54-Hall, D.W. 1970-** Handling and Storage of Food Grains, in Tropical and Subtropical Areas, FAO. Rome, 350 p.
- 55-HAGSTRUM D.W., 1990-** Acoustical monitoring of *Rhyzoperta dominica* population wheat . J.environ. entomol.Vol. 83. N0 2, pp.625-628.
- 56-KESSOUS C., 1993-** biochimie structurale, Algérie office des publications universitaires, 1993, 194 p.  
Analyse des relations eco-physiques insecte-grain thèse de Magister Ins. Nat. Agro. D'ELHARRACH, ALGER
- 57-Khettal B., 1993** : Contribution à l'analyse du marché mondial du blé : mécanisme de la régulation de la CEE et les États-Unis, guerre commerciale. Thèse Ing. Economie agro-alimentaire. Inst. Agro. Blida. 175p.
- 58-KOSSOU D et AHON., 1993-** Stockage et conservation des grains alimentaires tropicaux. Ed .Flamboyant., Benin. 125p.
- 59-Larousse agricole, 2002** : Larousse 4<sup>e</sup> édition Paris, agriculture, Encyclopédies, 767 p.
- 60-LEPESME P. ,1944-** Les coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels entreposés Ed. p. LECHEVALIER, Paris, 335.P.
- 61-LEPIGRE A.L1966-**La désinsectisation des stocks de céréales. Ed .Off interprof, des céréales Paris 406 p.
- 62-MANKIN R.W., 1998-** Thermal enhancement of acoustic detectability of *Sitophilus oryzae* larvae. Ed. USA Département of agriculteur.MASSON, PARIS. Pages 257.
- 63-Mariche O., 2003** : L'effet de la fertilisation azotée sur la qualité technologique de deux variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf). Thèse d'Ing agro, Blida : 80p.

- 64-MILLS J.T., 1990-** Protection des grains et graines oléagineux stocks à la ferme contre les insectes, les acariens et les moisissures .Minist .Ser.Agrican.Public.49p.
- 65-Multon J L1982 :** Conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés : céréales, oléagineux, protéagineux, aliments pour animaux. Ed technique et documentation Lavoisier/APRIA, Paris Vol 1 : 576 p.
- 66-Novak K.M , Drug Facts and Comparisons, St. Louis, Missouri, 2002:** Wolters Kluwer Health., 2002, 56e éd. (ISBN 1574391100), p. 619.
- 67-Okandza Y, 2000:** caractéristiques technologiques et biochimiques de quelques varieties de blé dur Algérien, these de magister, INA, Alger: 96 p.
- 68-OZKAYA-BAYAZIT E, KAVAK A, GUNGOR H, OZARMAGAN G:**Intermittent use of topical dimethyl sulfoxide in macular and papular amyloidosis. Int J Dermatol, 1998, 37 : 949-954.
- 69-PANDEY D.K., TRIPATHI N.N., TRIPATHI R.D., DIXIT S.N., 1982-** Fungitoxic and phytotoxic properties of the essential oil of *Caesulia axillaris Roxb.* (Compositae). Angerwandte Botanik, 56 : 256-257.
- 70-REGNAULT -ROGER C. PHILOGENE B J R , FABRES G., 2005 :** Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement. Lavoisier Tec and Doc, Paris. p: 1013.
- 71-Relinger, L.M., Zettler, J.L., Davis. R et Simonaitis, RA., 1988.** «Evaluation of pirimiphos methyl as a protectant for export grain». *J. Eeon. Ent.*, 81 : 718-21.
- 72-Rousset M et Autran J-C 1979 :** La qualité des blés « le pain ».C.N.R.S, Paris.
- 73-Roy Kathrin-Maria,2000:** Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Sulfones and Sulfoxides, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, 2000)
- 74-SCHIFFERS B ., 1990-** Le point sur les méthodes de lutte contre les ravageurs des grains entreposés en Belgique. Vol.46.N 4, pp.121-144.
- 75-SOEJARTO D, FARNSWORTH N.R , 1989-** Tropical rainforsts: potential sources of new drugs. Perspectives in Biology and Medicine 32, 244-258
- 76-STEEFAN J.R., 1978-**Description et biologie .les insectes et les acariens des céréales stockées. Stored Prod. Pest control. Pont de la maye N°37 pp.209-210.
- 77-STEEFAN 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
- 78-STEEFAN J. R., 1978 -** Ecologie des denrées stockées (Milieu Peuplement Agressions)
- 79-Throne, 1.E., 1994-**Life history of immature maize weevils (Coleoptera: Curculionidae) on cornstored at constant temperatures and relative humidities in the --**CALVEL, 1980 -** La boulangerie moderne. Ed. Erolles , Paris, 465p University Press: New York.
- 80-WILKIN D.R et CHAMBERS., 1987** Methods of detecting insects in grain. Ann.Conf. Paris .pp. 489-496.

**81-WIRSTA P., 1996** R Evaluation d'une nouvelle méthode immuno-enzymatique destinée a estimer la contamination de lot de blé et de la farine par les insectes .Rev .Indu .céréale. N03 , pp. 29-32.

**82-WMO., 1965-** Scientific assessment of ozone depletion: World Metrological

**83-YAKHLEF G., 2010:** Etude de l'activité biologiques de feuilles de *Thymus vulgaris* et *Laurus nobilis*. Thèse mag. Univ Batna. 110P

**84-YETTER et M.A., SAUDERS R. M. and BOLES H.P., 1979** - alpha amylase inhibitors from wheat kernels as factors in resistance to postharvest insect. Cereal chemistry , 56(4), pp.243-244.

**Annexe 1** : principales céréales cultivées dans le monde. (Larousse agricole,2002).

Famille Sous-famille	Espèces	Nom commun	Destination traditionnelle	
			Grains	Pailles
POACÉES (ou graminées) Festucoïdées	<i>Triticum aestivum</i>	Froment, blé tendre	Alimentation animale ou humaine (pain)	Fourrage, litières
	<i>Triticum durum</i>	Blé dur	Alimentation humaine(semoule)	Fourrage, litières
	<i>Hordeum vulgare</i> Ssp.hexastichum	Escourgeon Orge 6 rangs	Alimentation animale ou humaine ( bière)	Fourrage, litières
	<i>Hordeum vulgare</i> Ssp. Distichum	Orge 2 rangs		
	<i>Avena sativa</i>	avoine	Alimentation animale	Fourrage, litières
	<i>Secale cereale</i>	seigle	Alimentation animale ou humaine (pain)	Fourrage, litières
	<i>Triticum × Secale</i> (croisement de seigle et de blé)	triticale	Alimentation animale	Fourrage, litières
POACÉES (ou graminées) Panicoïdées	<i>Zea mays</i>	Maïs	Alimentation animale	Ensilage (plante entière)
	<i>Oryza sativa</i>	Riz	Alimentation humaine	Fourrage, litières
	<i>Oryza blaberrina</i>	Riz	Alimentation humaine	Fourrage, litières
	<i>Sorghum durra</i>	Sorgho grain	Alimentation animale	Ensilage( plante entière)
	<i>Sorghum</i> subglabres cens	Sorgho grain	Alimentation animale	Ensilage( plante entière)
	<i>Sorghum</i> coffrorum	Sorgho grain	Alimentation animale	Ensilage( plante entière)
	<i>Sorghum bicolor</i>	Sorgho grain	Alimentation humaine	Fourrage et construction
	<i>Panicum</i> miliacum	Millet commun	Alimentation animale	fourrage
	<i>Setaria italica</i>	Mouron des oiseaux	Alimentation animale	fourrage
	<i>Pennisetum</i> typhoides	Mil	Alimentation humaine	
POLYGONACÉES	<i>Fagopyrum</i> exculentum	Sarrasin ordinaire	Alimentation animale ou humaine(crêpes)	Fourrage vert
	<i>Fagopyrum</i> tataricum	Sarrasin de tartarie	Alimentation animale	Fourrage vert

**Annexe 2** : production céréalière en Algérie (an 2000) (ANONYME, 2004).

Moyenne	Millions de tonnes
Blé dur	1.00
Orge	0.50
Blé tendre	0.35
Autres	0.08
Total	1.93

**Annexe 3** : Evolution des superficies et de production et de rendement des céréales en Algérie. (ANONYME, 2004 in ALIA, 2005).

Année	unité	Blé dur	Blé tendre	orge	avoine	triticale	totale
2000	Superficie récoltés (ha)	1112180	724230	515690	49700	10	2401810
	Production (qx)	12345198	8003480	5756540	436610	60	26575340
	Rendement (qx/ha)	11.10	11.10	11.10	8.8	06	-
2002	Superficie récoltés (ha)	813890	584570	401400	44600	0	1844460
	Production (qx)	9509670	5508360	4161120	334950	0	19514100
	Rendement (qx/ha)	11.70	9.40	10.40	7.50	0	-
2003	Superficie récoltés (ha)	126537	782200	782200	70870	0	2900820
	Production (qx)	18022930	16625590	1221976	775460	0	42643740
	Rendement (qx/ha)	14.20	14.90	15.60	10.90	0	-

**Annexe 4** : taille des grains de céréales (en millimètres) (Godon et Willm, 1998).

espèces	Longueur			Largeur			Epaisseur		
	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max
Avoine	10.0	14.0	18.0	2.5	3.0	3.5	2.0	2.4	2.8
Blé	5.0	6.5	8.5	1.6	2.9	4.7	1.5	2.3	3.5
Maïs	6.0	11.5	17.5	5.0	8.0	11.0	2.7	5.0	8.0
Orge	8.0	10.0	12.0	2.7	4.1	5.0	1.8	3.5	4.5
Seigle	5.0	7.5	10.0	1.5	2.5	3.5	1.5	2.5	3.0
Triticale	5.0	7.0	9.5	1.5	2.0	4.0	1.5	2.5	3.5

**Annexe 5:** Composition biochimique du blé/ (100g) (ADRIAN et al. 1998).

Natures des composants	Teneur
Matières sèches (g)	88,00
Protéines (g)	10,0
Lysine (% protéines)	2,6
Lipides totaux (g)	2,4
Glucides assimilables (g)	71,5
Cellulose brute (g)	2,5
Minéraux totaux (g)	1,7
Calcium (mg)	40
Phosphore (mg)	350
Rapport ca/p	0,1
Magnésium (mg)	170
Fer (mg)	5,0
Cuivre (mg)	1,0
Zinc (mg)	7,5
Manganèse (mg)	3,5
Potassium (mg)	465
Sodium (mg)	25
Chlore (mg)	60
Vitamines :	
Vit. E (mg)	4,5
Vit. B <sub>1</sub> (mg)	0,55
Vit. B <sub>2</sub> (mg)	1,3
Vit . PP (mg)	5,0
Vit . B <sub>6</sub> (mg)	0,6
Ac . Panthothénique (mg)	1,5

**Annexe 6 :** Teneur en acides aminés dans les protéines du grain de blé (%)

(Boudreau et Menard., 1992).

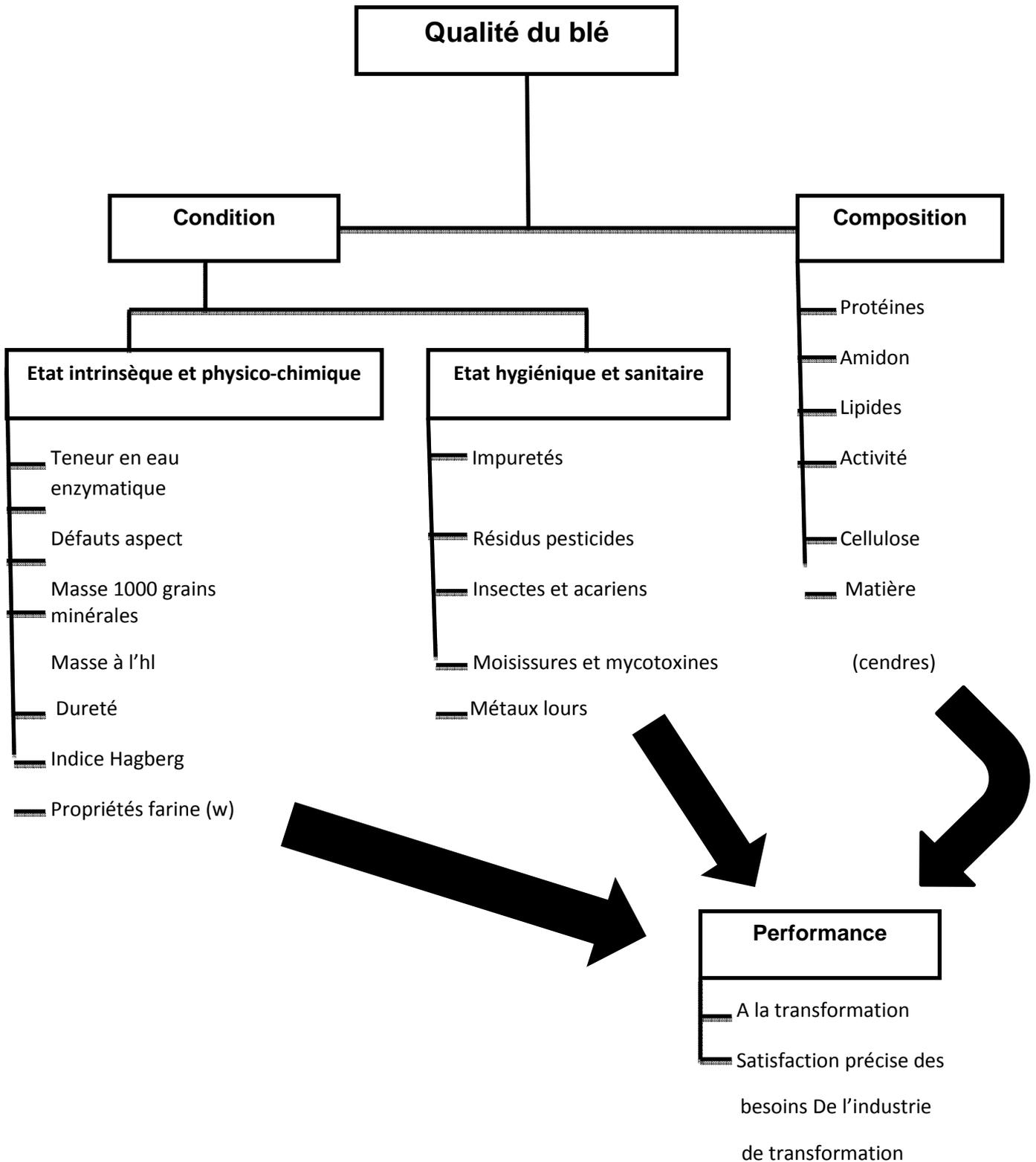
Acides aminés	pourcentage
Alanine	3.3
Arginine	4.7
Acide aspartique et asparagine	5.1
Cystine et cystéine	2.6
Acide glutamique et glutamine	31.1
Glycine	5.8
Histidine	2.2
Isoleucine	3.9
Leucine	6.5
Lysine	2.7
Méthionine	1.8
Phénylalanine	4.8
Proline	10.1
Sérine	5.1

Thréonine	3.0
Tryptophane	1.5
Tyrosine	3.1
Valine	4.5

Annexe 7 : Composition des matières minérales des grains de céréales. (Godon, 1977 ; Bittel, Fourcy et al, 1977).

Eléments (lettres symboles)	En milligrammes pour 100 grammes de matières sèches	En pourcentage des cendres
Potassium (k)	300-600	23-27
Phosphore (p)	200-500	20-25
Soufre (S)	100-250	7-10
Magnésium (Mg)	100-250	7-10
Chlore (cl)	50-150	3-5
Calcium (Ca)	25-100	2-3
Zinc (Z)	6-10	0.3-0.5
Sodium (Na)	2-10	0.2-0.5
Fer (Fe)	2-5	0.2-0.3
Manganèse (Mn)	3-5	0.2
Silicium (Si)	6	0.3
Cuivre (Cu)	0.4-1	0.05
Autres élément	0.5	0.01

**Annexe 8 :**



Différents critères et composants servant à définir

objectivement la qualité d'un lot de blé

(D'après Fleurat-Lessard., 2002).

**Annexe 9:** Taux de perte lors d'un stockage pendant huit mois du mil et du Sorgho dans les greniers traditionnels d'Afrique (KODIO . , 1989).

Pays	Produits	Pertes (%)
Sénégal	Mil en épis	2,2
	Sorgho en épis	5,3
	Sorgho en grains	9,5
Nord-Nigéria	Sorgho en épis	4,0
	Sorgho en grains	4,0
Mali	Mil en épis	2 à 4
Niger	Mil en épis	10,1
	Mil en grains	3,4

**Annexe 10:** reprend très schématiquement les genres et espèces les plus fréquents sur céréales en France (Pelhate, 1982).

Groupe écologique	Genres
Flore du champ	Alternaria, Fusarium* Epicoccum, Septoria Phoma, Verticillium
Flore intermédiaire	Cladosporium, Aureobasidium Mucor, Rhizopus Absidia, Levures
Flore de stockage	Aspergillus*, Eurotium Penicillium*, Wallemia Scopulariopsis* Byssochlamys

(\*) Genres comportant des espèces toxigènes.4

Annexe 11 : les insectes ravageurs des stockages. (Bar, 2001). (Annexe).

Noms communs	Conditions de prolifération	Dégâts occasionnés par	Nature des dégâts
Charançon	Population multipliée Par 20 en 28 jours (30°C et grains à 14% humidité)	Larves	-Trou dans les grains. - germe et amande dévorés.
Tribolium	Population multipliée Par 60 en 28 jours (35°C,HR* 80%)	Larves et adultes	-aggravation des dégâts des charançons. -sécrétions malodorantes
Silvain	Population multipliée Par 50 en 28 jours (32°C,HR* 90%)	Larves	-aggravation des dégâts des charançons.
Cryptolestes	Population multipliée Par 60 en 28 jours (35-40°C, HR* 70-90 %)	Adultes et larves	-détruit le germe.
Capucin	Population multipliée Par 20 en 28 jours (34°C, HR* 70%)	Adultes	-réduction en poudre du contenu du grain.
Dermestre	Population multipliée Par 12.5 en 28 jours (32°C, HR* 73%)	Larves	-grains creusés jusqu'à évidement complet.
Cadelle	Développement larvaire En 100 jours à 28°C	Larves	-germe et albumen des grains blessés dévorés.
Teigne des fruits secs	Population multipliée Par 25 en 28 jours (30°C, HR* 70%)	Larves	-attaque du germe. -dépréciation de la marchandise avec les fils de soie gluants de son cocon.
Alucite des céréales	Population multipliée Par 25 en 28 jours à 35°C	Larves	-trou dans les grains. -goût de rance. -germe et amande dévorés.
Teigne farine	Population multipliée Par 50 en 28 jours à 30°C	Larves	-cocon bouche les machines et les circuits de manutention. -destruction du germe.

HR\* : Humidité Relative.

## Annexe 12 : Rappel sur DMSO

Le diméthylsulfoxyde noté aussi DMSO est un solvant polaire organique (organosulfuré), aprotique, de formule brute C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>OS.

Il se présente comme un liquide incolore, qui dissout à la fois des composés polaires et non-polaires, et qui est miscible dans une large gamme de solvants organiques, ainsi que dans l'eau. Il pénètre très facilement et rapidement la peau avant de diffuser dans tout l'organisme, ce qui explique qu'une personne en ayant reçu sur la peau peut ensuite rapidement ressentir un goût d'ail dans la bouche (Novak , et al, 2002) .Il est utilisé en chimie et en pharmaceutique pour sa capacité à solubiliser de nombreux composés organiques, mais également des sels du fait de sa forte polarité (Roy et al,2000).

Dilué de 5 à 20 %, il est utilisé comme agent cryoprotecteur lors de la congélation de cellules, organes ou gamètes. Il présente également des propriétés anesthésiques et anti-bactériennes<sup>12</sup>. Le DMSO est également utilisé dans certains cas pour soulager les patients atteints d'amylose inflammatoire, malgré des effets secondaires importants (nausées, mauvaise haleine due au soufre) (OZKAYA-BAYAZIT et al, 1998).

Nom IUPAC	diméthylsulfoxyde
synonymes	Sulfinylbisméthane Méthylsulfoxyde DMSO
Apparences	Liquide hygroscopique, incolore
Propriétés chimiques	
Formule brute	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> OS [Isomères]
Masse molaire	78,133 ± 0,007 g/mol C 30,74 %, H 7,74 %, O 20,48 %, S 41,04 %,
Moment dipolaire	4,06 D
Diamètre moléculaire	0,513 nm
Propriétés physiques	
T°fusion	18,5 °C
T°ébullition	190,85 °C
Solubilité	1 000 g•l <sup>-1</sup> à 20 °C
Paramètres de solubilité δ	24,5 MPa <sup>1/2</sup> (25 °C) 6 26,6 J <sup>1/2</sup> •cm <sup>-3/2</sup> (25 °C)
Masse volumique	1,1 g•cm <sup>-3</sup>
T°d'auto inflammation	270 °C
Point d'éclair	88 °C
Limites d'explosivité dans l'air	1,8- Vol. %
Pression de vapeur saturante	à 20 °C : 59,4 Pa
Viscosité dynamique	1,996 cP à 20 °C (293 K)

## **Annexe 13 :** Rappel sur PBS Tampon phosphate salin

Le tampon phosphate salin (souvent abrégé PBS, de l'anglais *phosphate buffered saline*) est une [solution tampon](#) couramment utilisée en biochimie. Il s'agit d'un soluté physiologique contenant du [chlorure de sodium](#), du [phosphate disodique](#), du [phosphate monopotassique](#) et un peu de chlorure de potassium. En général, la concentration de ces sels est celle du corps humain ([isotonicité](#)). Ce tampon sert surtout à rincer les cellules lorsqu'il faut enlever toute trace de milieu avant de les traiter. Il est prévu pour un usage sur les cellules maintenues hors de l'incubateur à CO<sub>2</sub> et n'est pas conçu pour des incubations à long terme. Son pouvoir tampon repose sur le couple dihydrogénophosphate / hydrogénophosphate (pK<sub>A</sub>= 7,2), qui est par ailleurs un des trois grands mécanismes permettant le maintien du pH sanguin ( $\text{HPO}_4^{2-} + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{PO}_4^-$ ).

### **Applications**

Le tampon phosphate a de nombreuses applications de par son isotonicité et sa non-toxicité. Il peut être utilisé comme [solvant](#), et comme solution de rinçage. Comme il structure l'eau autour des biomolécules (protéines, protéines enzymatiques, etc.) immobilisées sur des surfaces solides, le tampon phosphate peut aussi être utilisé comme [diluant](#) pour assurer le stockage à sec de celles-ci. Ces couches minces d'eau permettent d'empêcher la dénaturation des biomolécules, ou des changements conformationnels. Il est possible d'utiliser un [tampon carbonate](#) pour assurer la même fonction, mais celui-ci est moins efficace. Le tampon phosphate peut également servir de spectre de référence en ellipsométrie lors de la mesure de l'adsorption d'une protéine, dans le cas où les protéines sont par la suite mesurées diluées dans cette même solution de PBS.

Des additifs permettent d'étendre son champ d'application. Ainsi, un mélange d'[EDTA](#) et de PBS permet de détacher des cellules amassées. En revanche, son utilisation avec des métaux bivalents peut causer un précipité. Pour ce genre d'usage, un [tampon de Good](#) est souvent plus adapté.