

**UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA**

**Faculté des Sciences Agro-Vétérinaires**

**Département des Sciences Agronomiques**

**MEMOIRE DE MAGISTER**

en Sciences Agronomiques

Spécialité : Protection des plantes et environnement

AMELIORATION DES TECHNIQUES DE STOCKAGE DU BLE POUR LA

PRESERVATION CONTRE LES ATTAQUES DE *Sitophilus oryzae*

(*Linnaeus, 1763*) (Coleoptera, Curculionidae)

Par

**Karima AOUES**

Devant le jury composé de :

L. ALLAL- BENFEKIH	MCA., U. S.D.B.	Présidente
A. DOUMANDJI	MCB., U. S.D.B	Examinatrice
A. GUENDOUZ – BENRIMA	MCA., U. S.D.B.	Promotrice
Z.E. DJAZOULI	MCA., U.S.D.B.	Co-promoteur

Blida, DECEMBRE 2010

## RESUME

Notre étude s'est intéressée à l'amélioration des techniques de stockage du blé pour sa préservation contre les attaques de *Sitophilus oryzae* déprédateur primaire. Dix individus de *Sitophilus oryzae* ont été placés dans des boîtes contenant 50g de grains, de glumes ou d'épi de blé dur et blé tendre à une température de 30°C pendant trois mois durée de notre expérimentation. La descendance, les réserves énergétiques et les pertes en poids des échantillons ont été évaluées. Les résultats obtenus montrent que la variabilité de la résistance est, dans une très large part, expliquée par la présence d'enveloppe qui protège le grain au niveau des épis et des glumes, ce qui permet de minimiser les pertes. La variation temporelle des réserves énergétiques a révélé une différence significative du facteur fraction.

Les analyses effectuées sur les constituants physico-chimiques des blés nous ont permis de quantifier les sucres solubles, le taux de lipides et le taux des tanins condensés. Cependant une plus grande augmentation de la teneur en eau a été enregistrée au niveau des grains. L'effet significatif de la fraction a été enregistré sur le taux de matière grasse et le taux des sucres solubles où leurs diminutions sont plus prononcées dans les grains qu'aux niveaux des glumes et des épis.

Des corrélations positives ont été notées entre l'effectif et les réserves énergétiques lipidiques ainsi que les pertes occasionnées par *S.oryzae* ont été révélées.

Nous avons eu recours à l'analyse en composantes principales (ACP) qui a révélé une corrélation positive entre le facteur effectif de *Sitophilus oryzae*, ces pertes et la teneur en eau. Une corrélation négative a été enregistrée entre l'effectif et le taux des lipides dans les différents échantillons.

Mots clés : *Sitophilus oryzae*, blé dur, blé tendre, épi, grain, glumes, stockage, réserves énergétiques, composition physico-chimiques

## ABSTRACT

Our study focused on the improvement of wheat storage techniques for its preservation against the attacks of the primary pest *Sitophilus oryzae*. Ten individuals of *S.oryzae* were placed in boxes containing 50 g of grain, glumes or ear of wheat and durum wheat at a temperature of 30 ° C for three months duration of our experiment. Progeny, energy reserves and loss of weight samples were evaluated. Results show that the variability of the resistance is explained in a very large part by the presence of envelope that protects the grain at the ear and glumes, which minimizes losses. The temporal variation of energy reserves showed a significant difference in the fraction factor. Analyses of the physico-chemical constituents of wheat have allowed us to quantify soluble sugars, lipid levels and the rate of condensed tannins. However, a larger increase in water content was recorded in grain. The significant effect in the fraction was recorded on the fat content and the rate of soluble sugars as their declines were more pronounced in grains that at levels of glumes and spurs.

Positive correlations were noted between the size and lipid energy reserves and losses incurred by *S.oryzae* were revealed.

We used the principal component analysis (PCA), which showed a positive correlation between the effective factor of *Sitophilus oryzae*, these losses and moisture content. A negative correlation was recorded between the effective and lipid levels in different samples.

Keywords: *Sitophilus oryzae*, durum wheat, spike, grain, ear, glumes, storage, energy reserves, physico-chemical composition

## الملخص

دراستنا تهدف لتحسين تقنيات تخزين القمح للحفاظ عليها من هجمات حشرة سيتوفيليس *Sitophilus oryzae* الآفات الأولية. وضعت عشرة أفراد من *Sitophilus oryzae* في علب تحتوي على 50 غراما من glumes ، حبوب أو سنابل قمح الصلب و اللين في درجة حرارة 30 درجة مئوية لمدة ثلاثة أشهر مدة التجربة. النسل، احتياطات الطاقة وكذا تناقص وزن العينات تم تقييمها، النتائج المتحصل عليها تبين أن تغير المقاومة مرتبط بوجود الغلاف الذي يحمي الحبوب في السنابل و على مستوى glumes ، مما يقلل من الخسائر. وأظهر التباين الزمني للاحتياطات الطاقة اختلاف كبير في معامل المكونات (glumes ، حبوب أو سنابل).

وقد سمحت لنا تحاليل المكونات الفيزيائية والكيميائية للقمح تحديد السكريات الذائبة ومستويات الدهون ونسبة العفص المكثف. وقد سجلت أكبر زيادة في محتوى الماء في الحبوب. التأثير في المكونات (glumes ، حبوب أو سنابل) جزء تم تسجيلها على محتوى الدهون ونسبة السكريات الذائبة كما كانت أكثر وضوحا بانخفاض في الحبوب منها في glumes أو السنابل.

ولوحظ الارتباط الإيجابي بين عدد الأفراد و احتياطات الطاقة والدهون والخسائر التي أوقعتها حشرة *Sitophilus oryzae* تم الكشف عن استخدامنا تحليل العنصر الرئيسي، والتي أظهرت وجود علاقة إيجابية بين عامل أعداد حشرة *Sitophilus*، هذه الخسائر ومحتوى الرطوبة تم تسجيل وجود علاقة سلبية بين المستويات التعداد للحشرة والدهون في عينات مختلفة.

كلمات البحث : حشرة *Sitophilus oryzae* ، القمح الصلب، القمح اللين، السنابل، الحبوب ، قشر الحبوب ، التخزين ، احتياطات الطاقة ،التركيبية الفيزيائية والكيميائية

## REMERCIEMENTS

Avant tout, je remercie **Dieu** de m'avoir donné la force et le courage nécessaire pour réaliser ce travail.

C'est avec un très grand plaisir que j'exprime, ici, ma profonde gratitude à Madame le docteur BENRIMA- GUENDOZ A. qui a accepté la direction de cette thèse et qui m'a soutenue et encouragé tout au long de cette étude.

Je tiens également à remercier vivement mon co-promoteur, Monsieur DJAZOULIZ. E. pour sa précieuse collaboration, ses conseils continu.

Je tiens à exprimer mes remerciements et mes respects aux membres du jury Dr ALLAL L. et Dr DOUMANDJI A. d'avoir accepter d'honorer et d'enrichir mon travail. Pour cela, je leur exprime ma profonde reconnaissance.

J'adresse mes vifs remerciements a tous mes enseignants de l'année théorique particulièrement Mr AROUN pour ses enseignements depuis mon cycle d'ingénieur; Mr le docteur BENCHABANE et Mme le professeur KRIMI Z.

Je tiens à témoigner tout particulièrement ma sympathie à Melle DJAMAI Amina pour ses qualités humaines, sa patience; pour ses aides et pour sa disponibilité pendant l'expérimentation ainsi que tout le personnel du laboratoire de zoo phytiatrie qui était toujours disponible et tous les chercheurs y compris les étudiants.

Je remercie également tout le personnel et les collègues au sein de l'institut national spécialisé de formation professionnelle en industrie agro-alimentaire de Sidi Abdelkader à Blida spécialement Mr SAHRAOUI S. responsable des laboratoires et Mr BOUAMRANE M.

Je n'oublierai pas de remercier Mademoiselle BILARBI N. et Madame KHALED N. au sein du centre de recherche d'industrie Agro- alimentaire

J'aimerais aussi remercier tous mes amis qui m'ont accompagné et soutenu. Enfin, je remercie spécialement, du fond du cœur tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail, pour leur soutien incroyable, leur patience et leur présence affectueuse à mes côtés jusqu'à la dernière minute.

## **DEDICACES**

Je dédie ce modeste travail, à mes très chers parents en témoignage de l'amour, du respect et de ma profonde et éternelle gratitude que je leurs porte et ma reconnaissance pour leur soutien,

A mon mari Sidali, que je ne le remercierai jamais assez, pour son soutien morale toute au long de ma post graduation

A mes enfants Yacine, Zakaria et Belkiss

A ma belle mère

A toute la famille Aoues et Ramdane.

# SOMMAIRE

RESUME

ABSTRACT

ملخص

REMERCIEMENTS

DEDICACES

INTRODUCTION . . . . . 17

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DU BLE . . . . . 21

1.1- Importance du blé sur le plan économique . . . . . 21

1.2- Caractères botaniques du blé. . . . . 21

1.2.1- Définition . . . . . 21

1.2.2- Morphologie . . . . . 22

1.2.2.1- Appareil radiculaire . . . . . 22

1.2.2.2- Tiges et feuilles . . . . . 22

1.2.2.3- L'EPI . . . . . 22

1.2.2.4-Structure et morphologie du grain de blé . . . . . 23

1.2.2.4.1- Les enveloppes . . . . . 24

1.2.2.4.2-L'albumen . . . . . 24

1.2.2.4.3- Le germe . . . . . 24

1.2.3-Composition biochimique du grain de blé . . . . . 25

1.2.3.1- Matière sèche . . . . . 25

1.2.3.2-Matière minérale . . . . . 25

1.2.3.3- Matière organique . . . . . 25

1.2.3.4- Les glucides . . . . . 25

1.2.3.5-Les lipides . . . . . 25

1.2.3.6-Les protéines . . . . . 26

1.2.3.7-Les enzymes . . . . . 26

1.2.4- Stockage et conservation du blé. . . . . 26

1.2.4.1- Stockage en gerbe. . . . . 28

1.2.4.2-Stockage en épis . . . . . 28

1.2.4.3-Stockage en grain en vrac . . . . . 29

1.2.4.3.1-Le stockage en atmosphère renouvelée . . . . .	29
1.2.4.3.2- Le stockage en anaérobiose . . . . .	30
1.2.4.3.3- Le stockage sous atmosphère" confinée" .. . . .	30
1.2.4.3.4- Le stockage sous atmosphère "modifiée" . . . . .	31
1.2.5- Mécanismes de l'altération des grains . . . . .	31
1.2.5.1-Causes de l'altération . . . . .	31
1.2.5.1.1- Biologique . . . . .	31
1.2.5.1.2- Microbiologique . . . . .	31
1.2.5.1.3- Chimique ou biochimique . . . . .	32
1.2.5.1.4- Mécanique. . . . .	32
1.2.5.2- Facteurs d'altération . . . . .	32
1.2.5.2.1- La durée de stockage . . . . .	32
1.2.5.2.2-L'humidité du grain . . . . .	32
1.2.5.2.3- La température du grain . . . . .	33
1.2.5.2.4-Composition de l'atmosphère inter granulaire . . . . .	35
1.2.6-Principaux insectes des Céréales Stockées . . . . .	35
1.2.6.1-les <u>coléoptères</u> . . . . .	35
1.2.6.2-Les lépidoptères . . . . .	37
1.2.7- Succession des peuplements . . . . .	38
<b>CHAPITRE 2 : PRESENTATION DU <i>Sitophilus oryzae</i> ET MOYENS DE LUTTE</b> 40	
2-1-Position systématique . . . . .	40
2.2-Répartition géographique . . . . .	41
2.3-Description morphologique . . . . .	41
2.4 Conditions de développement . . . . .	43
2.5- Cycle évolutif . . . . .	45
2.6-Paramètres influencées par l'infestation de <i>Sitophilus</i> . . . . .	45
2.6.1- La viabilité des grains . . . . .	46
2.6.2- La valeur meunière . . . . .	46
2.6.3-La valeur boulangère . . . . .	46

2.6.4- La qualité alimentaire: qui comprend trois aspects distincts relatifs aux	47
2.6.4.1Caractères organoleptiques . . . . .	47
2.6.4.2 la qualité nutritionnelle . . . . .	47
2.6.5 La qualité hygiénique . . . . .	48
2.7- Méthodes de lutte contre le <i>Sitophilus oryzae</i> . . . . .	48
2.7.1- Lutte chimique . . . . .	49
2.7.1.1- Traitement par contact . . . . .	49
2.7.1.2 - Traitement par fumigation . . . . .	49
2.7.1.3- Les inconvénients de l'usage des insecticides chimiques . . . . .	50
2.7.2 Lutte physique et mécanique. . . . .	50
2.7.3Lutte biologique . . . . .	51
CHAPITRE 3 : INFLUENCE DE L'ALIMENTATION SUR LES CRITÈRES BIOLOGIQUE DU <i>Sitophilus oryzae</i> . . . . .	53
3.1 Introduction. . . . .	53
3.2- Critères influençant le développement du <i>Sitophilus</i> . . . . .	54
3.2.1- Propriétés physiques du grain . . . . .	54
3.2.2 - Propriétés olfactives. . . . .	55
3.2.3 -facteurs nutritionnelle du grain. . . . .	56
3.3- Evaluation de la stabilité individuelle et populationnelle sous différents types de stress . . . . .	57
3.3.1- Définition des biomarqueurs . . . . .	57
3.3.2- Fluctuation des réserves lipidiques face au stress chez les insectes . . . . .	58
CHAPITRE 4 : MATERIEL ET METHODES . . . . .	60
4.1. Introduction . . . . .	60
4.2. Objectifs . . . . .	61
4.3- Conditions expérimentales. . . . .	61
4.3.1. Matériel biologique . . . . .	61
4.3.1.1. Espèce infestante. . . . .	61
4.3.1.2. Préparation de populations destinées aux essais. . . . .	62
4.3.1.3. Matériel végétal. . . . .	62

4.4. Constitution des échantillons . . . . .	63
4.5- Conditions de l'expérimentation. . . . .	64
4.6-.Critères étudiés . . . . .	64
4.6.1- Paramètres biologiques. . . . .	64
4.6.1.1- Nombre de descendants. . . . .	64
4.6.1.2. Pertes de poids des grains infestés . . . . .	64
4.6.1.3. Dosage des lipides. . . . .	65
4.6.2. Paramètres physico-chimiques. . . . .	66
4.6.2.1 Détermination de la teneur en eau. . . . .	66
4.6.2.2 Dosage des matières grasses. . . . .	66
4.6.2.3 Dosage des sucres totaux. . . . .	67
4.6.2.4 Dosage des tanins condensés. . . . .	67
4.7- Analyse statistique des résultats . . . . .	68
CHAPITRE 5 : RESULTATS . . . . .	70
Introduction . . . . .	70
5.1 Variation de la descendance de <i>Sitophilus oryzae</i> en fonction du temps et de de l'hôte. . . . .	70
5.2. Variation des pertes de <i>Sitophilus oryzae</i> en fonction du temps et de l'hôte. 74	
5.3 Variation des réserves lipidiques de <i>Sitophilus oryzae</i> en fonction de l'hôte et la période de stockage. . . . .	78
5.4 Relations entre réserves énergétiques lipidiques et descendance de <i>Sitophilus oryzae</i> . . . . .	81
5.5 Relation entre pertes et réserves lipidiques du <i>Sitophilus oryzae</i> . . . . .	82
5.6 Relation entre pertes et descendance de <i>Sitophilus oryzae</i> . . . . .	85
5.7 Variation de la teneur en eau en fonction de l'hôte et la durée de stockage . 87	
5.8 Variation du taux de tanin condensé totaux en fonction de l'hôte et la durée de stockage. . . . .	88
5.9 Variation du taux des sucres totaux en fonction de l'hôte et la durée de stockage. . . . .	91
5.10 Variation du taux des lipides en fonction de l'hôte et de la durée de stockage. . . . .	93

5.11 relation entre la qualité phytochimique des fractions du blé , le potentiel biotique de <i>Sitophilus oryzae</i> et les pertes. . . . .	97
CHAPITRE 6 : DISCUSSION GENERALE . . . . .	100
CONCLUSION . . . . .	112
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	

## LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

Tableau 1.1	Composition biochimique du blé/ (100 g) . . . . .	27
Tableau 1.2	Taux de perte lors d'un stockage pendant huit mois du mil et du sorgho dans les greniers traditionnels d'Afrique. . . . .	29
Tableau 4.1	Méthode de suivie pour l'obtention de la courbe standard de cholestérol. . . . .	65
Tableau 4.2	Gamme étalon de la catéchol. . . . .	68
Tableau 5.1	Analyse de variance de l'évolution de la descendance de <i>Sitophilus oryzae</i> en fonction des fractions, des périodes et hôte.	72
Tableau 5.2	Analyse de variance de l'évolution de l'effectif de <i>Sitophilus oryzae</i> en fonction des fractions, des périodes et de l'interaction fraction période . . . . .	73
Tableau 5.3	Analyse de variance de l'évolution des pertes occasionnées par <i>Sitophilus oryzae</i> en fonction des fractions, des périodes et de l'hôte . . . . .	76
Tableau 5.4	Analyse de variance des pertes de <i>Sitophilus oryzae</i> en fonction des fractions, des périodes et de l'interaction fraction-période. . . . .	77
Tableau.5.5	Analyse de variance de l'évolution des réserves lipidiques en fonction des fractions, des périodes et hôte. . . . .	80
Tableau 5.6	Analyse de variance des réserves énergétiques lipidiques de <i>Sitophilus oryzae</i> en fonction des fractions, des périodes et de l'interaction fraction-période. . . . .	80
Tableau 5.7	Analyse de variance de la variation de la teneur en eau en fonction des fractions, des périodes et de l'hôte. . . . .	89
Tableau 5.8	Analyse de variance de la variation du taux de tanin condensé en fonction des fractions, des périodes et de l'hôte. . . . .	91
Tableau 5.9	Analyse de variance de la variation du taux des sucres totaux en fonction des fractions, des périodes et de l'hôte. ..	93
Tableau 5.10	Analyse de variance de la variation du taux des lipides en fonction des fractions, des périodes et de l'hôte. . . . .	95
Tableau 5.11	Analyse de variance de la variation du taux de lipides en fonction des fractions, des périodes et de l'interaction fraction-période. . . . .	96

Figure 1.1	Deux épis de blé dur. . . . .	23
Figure 1.2	Epillet de blé dur . . . . .	23
Figure 1.3	Coupe d'un grain de blé . . . . .	23
Figure 1.4	Grain de blé tendre . . . . .	24
Figure 1.5	Diagramme de conservation du grain . . . . .	33
Figure 1.6	Influence des températures sur le développement des ravageurs de denrées entreposées. . . . .	34
Figure 1.7	Succession des agents biologiques dans les stocks des céréales . . . . .	39
Figure 2.1	Larve de <i>Sitophilus oryzae</i> . . . . .	41
Figure 2.2	Nymphe de <i>Sitophilus oryzae</i> . . . . .	42
Figure 2.3	Adulte de <i>Sitophilus oryzae</i> . . . . .	43
Figure 2.4	Durées moyennes de développement en fonction des températures de <i>S. oryzae</i> , élevé sur un milieu nutritif à base de maïs . . . . .	44
Figure 2.5	Mortalité de <i>Sitophilus</i> à différentes températures positives. . . . .	44
Figure 4.1	Bocaux utilisés pour l'élevage de <i>Sitophilus oryzae</i> . . . . .	62
Figure 4.2	Echantillon de blé (épi, glume, grain) dans l'étuve après infestation . . . . .	63
Figure 4.3	Echantillons de blé en épi dans l'étuve après infestation . . . . .	63
Figure 4.4	Tamis d'ouverture de 1mm . . . . .	64
Figure 5.1	Evolution de la descendance de <i>Sitophilus oryzae</i> en fonction des différentes fractions du blé dur . . . . .	71
Figure 5.2	Evolution de la descendance de <i>Sitophilus oryzae</i> en fonction des différentes fractions du blé tendre . . . . .	71
Figure 5.3	Evolution temporelle de la descendance de <i>Sitophilus oryzae</i> . . . . .	73
Figure 5.4	Evolution de l'effectif des <i>Sitophilus oryzae</i> en fonction de l'hôte . . . . .	73

Figure 5.5	Evolution de l'effectif de <i>Sitophilus oryzae</i> en fonction de l'aliment (grain, glumes, épis) . . . . .	73
Figure 5.6	Evolution temporelle de l'effectif de <i>Sitophilus oryzae</i> durant le stockage . . . . .	74
Figure 5.7	Evolution des pertes ocasionées de <i>Sitophilus oryzae</i> en fonction de différentes fractions du blé dur . . . . .	75
Figure 5.8	Evolution des pertes occasionnées de <i>Sitophilus oryzae</i> en fonction de différentes fractions du blé tendre . . . . .	75
Figure 5.9	Variation des pertes due à <i>Sitophilus oryzae</i> en fonction de l'aliment (grain, glumes, épis) . . . . .	76
Figure 5.10	Evolution temporelle des pertes occasionnées par <i>Sitophilus oryzae</i> . . . . .	76
Figure 5.11	Pertes des <i>Sitophilus oryzae</i> en fonction de l'hôte . . . . .	76
Figure 5.12	Evolution temporelle des pertes occasionnées par <i>Sitophilus oryzae</i> durant le stockage . . . . .	77
Figure 5.13	Evolution des réserves énergétiques lipidiques de <i>Sitophilus oryzae</i> en fonction de différentes fractions du blé dur . . . . .	78
Figure 5.14	Evolution des réserves énergétiques lipidiques de <i>Sitophilus oryzae</i> en fonction de différentes fractions du blé tendre . . . . .	78
Figure 5.15	Variation du taux des réserves lipidique de <i>Sitophilus oryzae</i> en fonction de l'hôte . . . . .	79
Figure 5.16	Variation du taux des réserves lipidique en fonction des fractions de l'hôte chez <i>Sitophilus oryzae</i> . . . . .	79
Figure 5.17	Variation temporelle des réserves lipidiques chez <i>Sitophilus oryzae</i> . . . . .	79
Figure 5.18	Evolution temporelles des réserves lipidiques de <i>Sitophilus oryzae</i> dans les différentes fractions du blé . . . . .	81
Figure 5.19	Corrélation entre réserves lipidiques et descendance de <i>Sitophilus oryzae</i> . . . . .	83
Figure 5.20	Corrélation entre réserves lipidiques et descendance de <i>Sitophilus oryzae</i> . . . . .	83

Figure 5.21	Corrélation réserves lipidiques et descendance de <i>Sitophilus oryzae</i> . . . . .	83
Figure 5.22	Corrélation entre pertes et réserves lipidiques de <i>Sitophilus oryzae</i> . . . . .	84
Figure 5.23	Corrélation entre pertes et réserves lipidiques de <i>Sitophilus oryzae</i> . . . . .	84
Figure 5.24	Corrélation entre pertes et réserves lipidiques de <i>Sitophilus oryzae</i> . . . . .	84
Figure 5.25	Corrélation entre les pertes et descendance de <i>Sitophilus oryzae</i> . . . . .	86
Figure 5.26	Corrélation entre les pertes et descendance de <i>Sitophilus oryzae</i> . . . . .	86
Figure 5.27	Corrélation entre les pertes et descendance de <i>Sitophilus oryzae</i>	86
Figure 5.28	Influence de la durée de stockage et des fractions sur la teneur en eau du blé dur . . . . .	87
Figure 5.29	Influence de la durée de stockage et des fractions sur la teneur en eau du blé tendre . . . . .	88
Figure 5.30	Variation de la teneur en eau en fonction de l'hôte . . . . .	89
Figure 5.31	Variation de la teneur en eau en fonction des fractions du blé . . .	89
Figure 5.32	Variation temporelle de la teneur en eau . . . . .	89
Figure 5.33	Variation du taux de tanins condensés en fonction de la durée de stockage dans le blé dur . . . . .	90
Figure 5.34	Variation du taux de tanins condensés en fonction de la durée de stockage dans le blé tendre . . . . .	90
Figure 5.35	Variation temporelle du taux des tanins condensés. . . . .	91
Figure 5.36	Variation du taux de tanins condensés en fonction de l'hôte .	91
Figure 5.37	Variation du taux tanins condensés en fonction des fractions du blé . . . . .	91
Figure 5.38	Variation du taux des sucres totaux en fonction de la durée de stockage dans le blé dur . . . . .	92

Figure 5.39	Variation du taux des sucres totaux en fonction de la durée de stockage dans le blé tendre . . . . .	92
Figure 5.40	Variation temporelle du taux des sucres totaux . . . . .	93
Figure 5.41	Variation du taux des sucres totaux en fonction de l'hôte . . . . .	93
Figure 5.42	Variation du taux des sucres totaux en fonction des fractions du blé . . . . .	93
Figure 5.43	variation du taux des lipides en fonction de la durée de stockage et des fractions dans le blé dur. . . . .	94
Figure 5.44	Variation du taux des lipides en fonction de la durée de stockage et des fractions dans le blé tendre . . . . .	94
Figure 5.45	Variation du taux des lipides en fonction de l'hôte. . . . .	96
Figure 5.46	Variation du taux des lipides en fonction des fractions du blé. . . . .	96
Figure 5.47	Variation temporelle du taux des lipides . . . . .	96
Figure 5.48	Evolution temporelle du taux de lipides durant le stockage . . . . .	96
Figure 5.49	Corrélations entre les variables et les axes principaux dans l'analyse en composantes principale pour les caractéristiques analytiques de blé dur et tendre (épi, glume et grain) et la descendance et les pertes de <i>Sitophilus oryzae</i> . . . . .	98
Figure 5.50	Classification ascendante hiérarchique des échantillons de blé sur la descendance et les pertes occasionnées par <i>Sitophilus oryzae</i> (calculé sur le biais des distances euclidiennes) . . . . .	99

## INTRODUCTION

Le blé est de loin l'aliment qui entre en grande partie et sous diverses formes dans le menu de l'homme. Environ 58% de la récolte sont utilisés dans les industries agro-alimentaire, 34% sont destinés à l'alimentation animale et le reste est à usage industriel [1].

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 cérésières avec une production annuelle moyenne de l'ordre de 15 millions de quintaux, près de 63% de la production totale [2].

Il est à noter que les contraintes agronomiques en Algérie influent sur l'augmentation des rendements à l'hectare : la pluviométrie irrégulière et déficitaire, répartie dans l'espace et dans le temps ; constitue un facteur limitant ne permettant que la récolte de 2/3 de la superficie emblavée annuellement [3].

Pour subvenir à ces besoins l'état a procédé à des importations de plus en plus massives. C'est ainsi que l'Algérie était classée parmi les cinq premiers importateurs mondiaux de blé. Ces importations sont passées de 18% à plus de 40% du total des importations alimentaires entre 1970 et 1996, correspondant annuellement, à environ 700 millions de dollars [4].

La facture de l'importation du blé en Algérie, pour les 11 derniers mois de l'année 2006, a atteint l'équivalent de 900 millions de dollars avec une légère baisse par rapport à la même période de 2005, où elle était estimée à 945 millions de dollars [5].

Pour palier à ce déficit et assurer la sécurité alimentaire nationale, l'Algérie a mis au point le programme de l'intensification de la céréaliculture (PIC).

Il s'agit de la protection des revenus des agriculteurs par la stabilisation des prix à la production et l'installation d'une prime à la collecte des blés, 570 à 770 DA respectivement pour les blés dur et tendres livrées aux organismes de stockage. Le soutien aux investissements dans la perspective de la modernisation des exploitations agricoles, la réduction des taux de crédit pour la mécanisation

des labours et la systématisation des préfinancements pour l'achat des intrants industriels sont également pris en considération [6].

Les performances réalisées par les céréaliers mettent le pays à l'abri des hausses de prix. Ce produit hautement symbolique est connu sur les marchés mondiaux et permet à l'état Algérien en 2010 d'atteindre son autosuffisance en blé dur [7].

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, liées à la complexité de l'écosystème post-récolte des grains entreposés [8]. Ce système thermodynamique constitue une entité formée d'une part des divers organismes biologiques (grains, microorganismes, insectes, rongeurs, acariens et petits 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 [9].

L'Algérie n'échappe pas à ce problème où les dégâts provoqués seulement par les insectes dépassent de loin les 33% en période d'été, (température optimale de développement des insectes) [10].

Au terme des études effectuées, les principales recommandations techniques et économiques sont orientées vers l'amélioration des infrastructures, le mode de stockage, les conditions de stockage ainsi que l'équipement de traitement et les types de produits phytosanitaires utilisés.

D'une manière générale, l'augmentation des rendements à l'hectare et la diminution des pertes au cours du stockage sont les deux principaux leviers sur lesquels on devrait se baser pour l'accroissement de la production du blé.

Dans ce contexte le gouvernement d'Ahmed Ouyahia a annoncé un programme d'investissements de 135 milliards de dinars (1,3 milliard d'euros), soit l'équivalent des économies réalisées grâce à la baisse des importations alimentaires, pour construire des silos et doubler les capacités de stockage, qui devraient s'élever à 8 millions de tonnes [11].

En conséquence, l'objectif affiché à l'heure actuelle est la diminution de la quantité globale de contaminants dans tous les produits, car ces derniers présentent plusieurs inconvénients, tels que les phénomènes de concentration dans les organes vivants, les effets cancérigènes, l'altération organoleptique des produits et surtout l'apparition de souches de ravageurs de plus en plus résistantes. Ces dérives passent nécessairement par le développement de toutes les méthodes et voies naturelles de contrôle de flux des insectes.

Parmi ces méthodes alternatives à la solution chimique (qui a de plus en plus d'inconvénients difficiles à maîtriser), le stockage en épis a souvent été plus pratiqué par les communautés rurales depuis de longues décennies et recommandés par les services de vulgarisations dans plusieurs pays africains. Ces facteurs, qui contribuent à réduire les niveaux de densité de population et d'infestation constatés souvent dans le système de stockage traditionnel fait d'épis déspathés ou non, méritent d'être approfondis.

Notre étude a été dirigée dans le sens de mettre en évidence le danger que représente le charançon du riz: *Sitophilus oryzae*, insectes primaire, pour les céréales post récolte.

A travers notre démarche scientifique, nous cherchons à répondre aux hypothèses suivantes:

1. La résistance de l'épi, des glumes et des grains de blé tendre et blé dur à l'attaque de *S.oryzae*.
2. La variation temporelle de cette résistance est-elle similaire?
3. Les pertes occasionnées au niveau de l'épi, du grain et les glumes sont-elles différentes au cours du stockage?

4. Quels sont les facteurs physico-chimiques qui influencent cette résistance?
5. Comment évoluent les réserves lipidiques de cet insecte au cours du stockage dans ces différentes fractions?

# CHAPITRE 1

## PRESENTATION DU BLE

### 1.1- Importance du blé sur le plan économique

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.

En effet, 80% de la superficie agricole utile du pays est occupée par la production céréalière. La superficie emblavée annuellement en céréales se situe entre 3 et 3,5 million d'ha [2].

Les céréales et leurs dérivés constituent l'épine dorsale du système alimentaire algérien ou elles fournissent plus de 60% de l'apport calorifique et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire [4].

Les produits de céréales et notamment la semoule de blé dur et la farine de blé tendre représentent l'alimentation de base de l'algérien moyen, particulièrement en milieu rural. La consommation des produits céréaliers se situe à un niveau d'environ 205 kg /habitant /an [12]

### 1.2- Caractères botaniques du blé

#### 1.2.1- Définition:

Le blé est monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des *Gramineae*. 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 (*Triticum aestivum* L., 1753) et le blé dur (*Triticum durum* husn., 1899) mais il existe de nombreuses autres espèces de *Triticum* qui se différencient par leur degré de ploïdie [9].

## 1.2.2- Morphologie

Le blé se présente comme une plante herbacée à la feuille assez large, dont la forme peut être caractérisée par les détails suivants: à l'endroit où le limbe se détache de la tige, au sommet de la partie engainante de la feuille, on trouve deux stipules finement poilus ne ceinturant pas totalement la tige et une ligule transparente courte et assez importante, appliqué sur la tige [13].

### 1.2.2.1- Appareil racinaire

L'appareil racinaire du blé est de type fasciculé peu développé, en général 55% du poids total des racines se trouvant entre 0 et 25 cm de profondeur, 17,5 % entre 25 et 50 cm, 14,9% entre 50 et 75cm et 12% au-delà. Dans les terres profondes les racines vont chercher l'eau en profondeur [14].

### 1.2.2.2- Tiges et feuilles

Les tiges sont des chaumes, cylindriques, souvent creux par résorption de la moelle centrale. Elles se présentent comme des tubes cannelés, avec de longs et nombreux faisceaux conducteurs de sève. Ces faisceaux sont régulièrement entrecroisés et renferment des fibres à parois épaisses, assurant la solidité de la structure. Les chaumes sont interrompus par des nœuds qui sont une succession de zones d'où émerge une longue feuille, qui d'abord engaine la tige puis s'allonge en un limbe étroit à nervures parallèles [13].

### 1.2.2.3- L'EPI

L'épi de blé comporte une tige pleine coudée et étranglée à intervalles réguliers et portant alternativement deux rangées d'épillets .

Un épillet regroupe trois fleurs à l'intérieur de deux glumes. Chaque fleur est dépourvue de pétales, et entourée de deux glumelles (pièces écailleuses non colorées). Elle contient trois étamines (pièces mâles), un ovaire surmonté de deux styles plumeux (les pièces femelles). La fleur du blé est dite cléistogame, c'est-à-dire que, le plus souvent, le pollen est relâché avant que les étamines ne sortent de la fleur. Il s'attache alors au stigma, où peut se produire la fécondation [14].

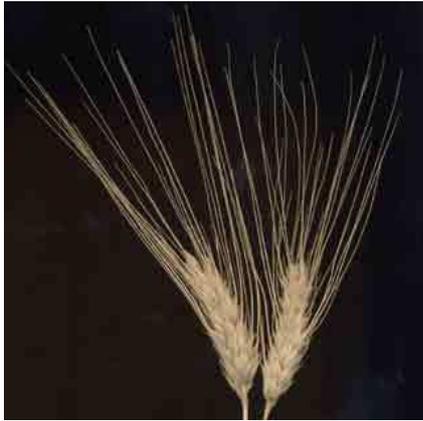


Figure 1.1: Deux épis de blé dur. [14]



Figure 1.2 : Epillet de blé dur [14]

#### 1.2.2.4-Structure et morphologie du grain de blé:

Selon GODON [15], 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 .

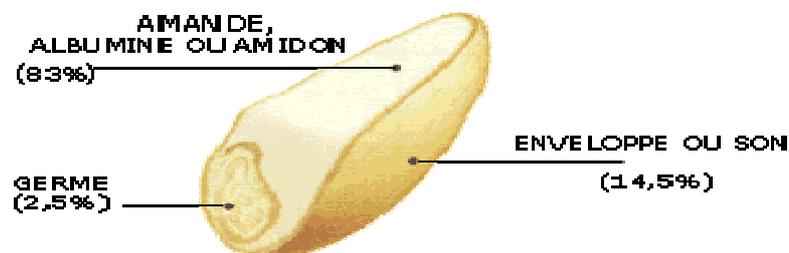


Figure 1.3 : COUPE D'UN GRAIN DE BLE [16]

#### 1.2.2.4.1- Les enveloppes: [17]

Elles ont un rôle de protection. Plusieurs couches successives sont distinguées de l'extérieur vers l'intérieure ;

- Péricarpe : Il provient des cellules de l'ovaire, constituée par trois couches, l'épicarpe, le mésocarpe, et l'endocarpe ;

- Testa : Elle est presque inexistante chez les céréales. Cependant, elle est importante chez le sorgho ;

- L'épiderme : Il est appliqué sur l'albumen.

#### 1.2.2.4.2-L'albumen

Il est Constitué de l'albumen amylicé (au sein duquel subsistent des cellules remplies de granules d'amidon dispersés au milieu d'une matrice protéique et dont les parois celluloses sont peu visibles) et de la couche à aleurone [9].

#### 1.2.2.4.3- Le germe

Il constitue la future plante. Le germe est riche en sucre, en matière grasses et en vitamines (B et E). Une partie du germe est éliminée lors de la mouture et va avec les issues (utilisée en alimentation animale) [18].

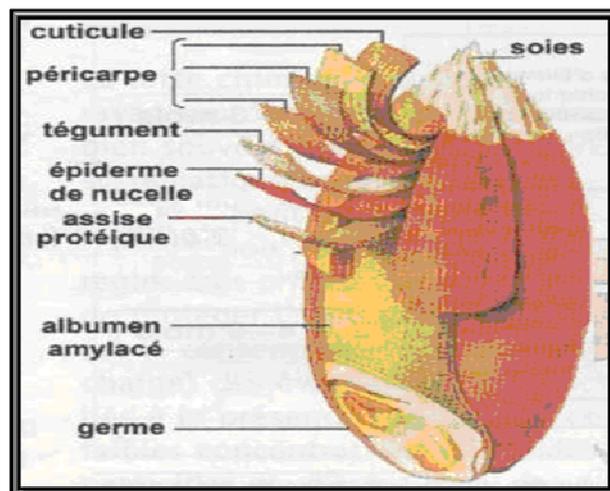


Figure 1.4: Grain de blé tendre [8]

### 1.2.3-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 tableau n°1.1).

#### 1.2.3.1- Matière sèche

Elle est aussi importante pour la germination du grain que pour le développement des prédateurs animaux et microscopiques [19].

#### 1.2.3.2-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 [17].

#### 1.2.3.3- Matière organique

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

#### 1.2.3.4- 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 [20].

#### 1.2.3.5-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 [21].

Le taux des lipides dans le grain représente 1,5 à 2 % BOUDREAU et MENARD [14] , 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 xanthopyl).

CALVEL [22] 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.

#### 1.2.3.6-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 [9].

#### 1.2.3.7-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'agit essentiellement des amylases, des protéases, de la lipase et de lipoxygénase [24].

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 [25]. 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 [26].

Outre ces différentes substances, le grain de blé renferme des vitamines et des poly phénols [27].

Tableau 1.1: Composition biochimique du blé/ (100 g) [23].

Natures des composants	Teneur
- Matière sèche (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. Pantothénique (mg).	1,5

#### 1.2.4- Stockage et conservation du blé:

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

##### 1.2.4.1- 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 [8].

##### 1.2.4.2-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. [15].

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 [8].

Par ailleurs plusieurs travaux ont démontré que le stockage en épis se montre plus efficace et facilite les échanges thermiques [28].

Il existe de nombreuses publications de la FAO (Food and Agricultural Organization) 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 du tableau 1.2

Au cours d'une étude sur le stockage du blé en épi pendant deux ans, BELABED [29] a remarqué que la faculté germinative, les réserves énergétiques (protéine et glucide) ainsi que le développement des racicules et des tigelles sont préservés tout au long du stockage par rapport au stockage en grain.

Tableau 1.2: Taux de perte lors d'un stockage pendant huit mois du mil et du sorgho dans les greniers traditionnels d'Afrique [28]

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

#### 1.2.4.3-Stockage en grain en vrac:

Bien qu'il soit plus difficile à conserver que les produits précédents, il est plus commode de transporter et d'échanger le grain en vrac. En contre partie, pour y 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 [8].

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

##### 1.2.4.3.1-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 [8], 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 détecter 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 [14].

L'office algérien interprofessionnel des céréales (O.A.I.C), organisme détenant le monopole de la commercialisation et du stockage des céréales et légumes secs, 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 [4].

#### 1.2.4.3.2- 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 ait plus ni dégagement de chaleur ni production de vapeur d'eau, si toute fois la teneur en eau des grains reste inférieure au seuil de démarrage du processus de fermentation [8]. Il existe deux technologies principales permettant d'obtenir l'anaérobiose

#### 1.2.4.3.3- Le stockage sous atmosphère "confinée":

Il s'agit d'une conservation menée dans un silo dont l'atmosphère s'appauvrit 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 [8].

Les réserves souterraines MEDFEN, et MATMURA peuvent être données en exemple.

#### 1.2.4.3.4- 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 [8].

Au cours du stockage, différents facteurs biotiques et abiotiques peuvent entraîner l'altération des grains de sorte que, pour y remédier, différents moyens de conservation doivent être utilisés.

#### 1.2.5- 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.

##### 1.2.5.1-Causes de l'altération

Ces altérations peuvent avoir des origines très diverses:

1.2.5.1.1- Biologique: il s'agit du monde animal; les prédateurs mis en cause 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.) [9].

1.2.5.1.2- 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) [30].

1.2.5.1.3- 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) [8].

1.2.5.1.4- Mécanique: il s'agit des grains cassés lors des différentes opérations de manutention [31].

1.2.5.2- Facteurs d'altération: Les trois principaux facteurs qui conditionnent l'ampleur de ces diverses altérations sont :

1.2.5.2.1- La durée de stockage: c'est le facteur prépondérant puisqu'il conditionne la durée des dégradations, puisque cette dernière amplifie les phénomènes de détérioration, la vitesse 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 [15].

1.2.5.2.2-L'humidité du grain:

Parmi les facteurs qui influencent l'évolution des blés, l'humidité est certainement le plus important puisqu'une augmentation de la teneur en eau du produit permettra d'engendrer un milieu propice aux altérations d'ordre chimique et enzymatique [32]. 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 [33]. Une mortalité de 10% des adultes de *S.oryzea* a pu être observée après 12 jours de séjours dans des grains à 8,5% de teneur en eau [34, 35]. Voir diagramme 1.5

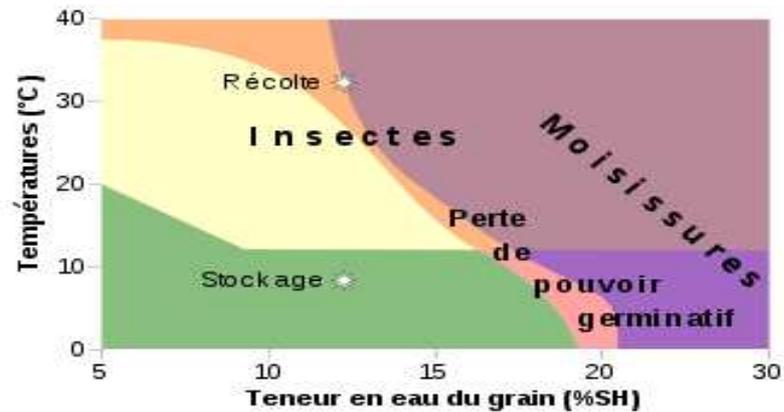


Figure 1.5 : Diagramme de conservation du grain [34]

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 [36]. 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.

#### 1.2.5.2.3- 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 [15].

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 1/2 en dessous de 5°C [37].

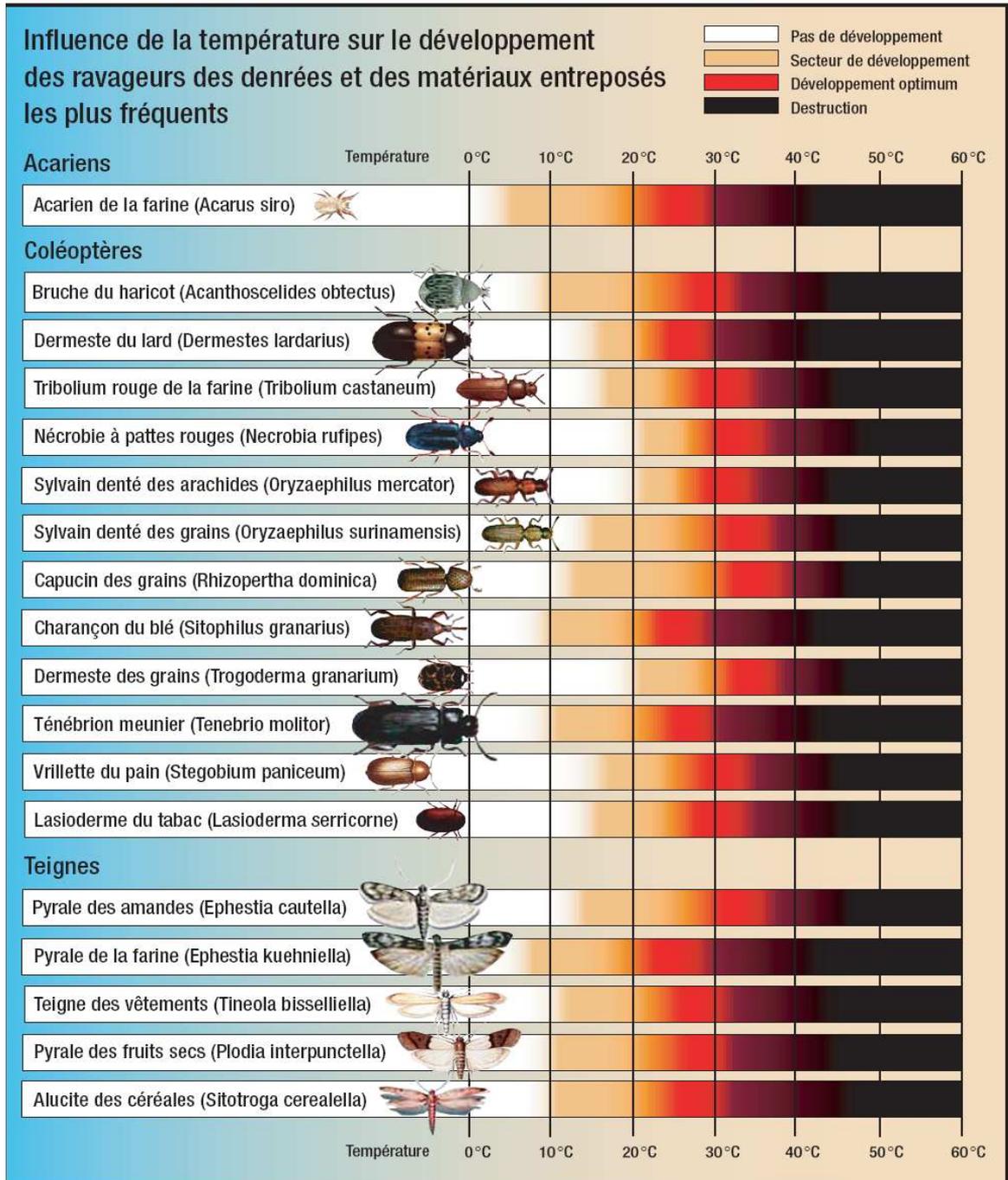


Figure 1.6 : Influence des températures sur le développement des ravageurs de denrées entreposées. [28]

1.2.5.2.4-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 [8].

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 [37]. Alors qu'un appauvrissement du milieu de stockage en oxygène ou un apport de gaz inerte permet d'éviter toutes activités microbiennes [38], et sur la sensibilité de certains stades juvéniles des insectes tels que *S. oryzae* [33].

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 [8].

#### 1.2.6-Principaux insectes des Céréales Stockées:

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

##### 1.2.6.1-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 [39].

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 [40]. En effet, pour la grande majorité des espèces, les coléoptères adultes vivent plusieurs mois, certains pouvant présenter une durée de vie supérieure à un an. Les accouplements ne débutent qu'à leur maturité sexuelle, généralement 4 à 5 jours après l'émergence des imagos, puis ont lieu périodiquement [41].

Les principales espèces de coléoptères nuisibles aux céréales stockées sont incluses dans la (figure 1.6.) Parmi les ravageurs primaires, on distingue les insectes à formes cachées représentées par les charançons (*Sitophilus sp*) et le capucin (*Rhizopertha dominica*) de ceux qui présentent des formes libres [42].

Les premiers passent une partie de leur vie à l'intérieur des grains ce qui ne permet pas de les détecter à l'œil nu lorsqu'ils sont aux stades pré imaginaux : le grain infesté semble sain. Ce n'est qu'au stade adulte qu'on peut les observer contrairement aux insectes à "formes libres" dont tout le développement s'effectue entre les grains qu'ils attaquent par la face externe. Il existe, cependant, plusieurs méthodes de détection des formes cachées en particulier la radiographie des grains. Cette technique permet de visualiser les formes cachées mais la distinction des insectes morts et vivants ne peut être faite. Pour obtenir cette précision, il est nécessaire de se référer à un test biologique qui consiste à placer l'échantillon tamisé dans une chambre à incubation (25°C et 70% d'hygrométrie) et de contrôler les émergences par tamisages périodiques tous les trois ou quatre jours jusqu'à la sortie complète des formes cachées (45 à 50 jours pour les charançons, par exemple). Une autre méthode, très intéressante et rapide, est la méthode acoustique dont le principe est l'amplification des sons émis par les insectes à l'intérieur des grains (mouvement ou prise de nourriture) [43]. Elle nécessite, cependant, un appareil déterminé, mis au point par l'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) de Bordeaux.

Les espèces à formes cachées ne peuvent se développer qu'à l'intérieur des grains qui leur servent de refuge et d'appui. Par contre, les espèces à formes libres, se rencontrent dans les grains où elles sont considérées comme ravageurs secondaires mais également dans les produits de mouture où elles peuvent devenir particulièrement nuisibles. Cependant, alors qu'elles peuvent être

facilement éliminées des grains par nettoyage et traitement aux insecticides, leur destruction est beaucoup plus délicate dans les produits de mouture [44].

#### 1.2.6.2-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 [40].

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 [45].

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 y 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.) (Figure 1.6).

La nymphe des lépidoptères appelée encore chrysalide se trouve généralement protégée par un cocon soyeux file par la chenille lorsque la métamorphose est proche [41].

### 1.2.7- Succession des peuplements:

Au niveau des stocks se trouve une multitude d'espèces à critères écologiques voisins qui constituent une succession de peuplement variable en fonction d'une part de l'aptitude des espèces à attaquer directement le grain et à permettre l'implantation d'espèces moins performantes et d'autre part, du régime alimentaire. C'est ainsi que nous pouvons rencontrer dans un stock de céréales:

Des hôtes primaires caractérisés par la capacité à attaquer directement le grain et à favoriser l'implantation d'autres espèces.

Suivant l'accessibilité des moyens de stockage et des conditions de conservation, cette catégorie de déprédateur peut comprendre, les acariens des grains (*Acarus*, *Tyrophagus*), les insectes cléthrophages capables de s'attaquer aux grains entiers (*Cucurlionidae*, *Bostrychidae*, *Gelechiidae*), les moisissures et les bactéries.

Des hôtes secondaires qui se développent sur des céréales déjà dépréciées physiquement ou biologiquement tels que les grains cassés, piqués ou mois. Il s'agit des insectes saprophages qui s'alimentent à partir de la matière organique décomposée (*Nitidulidae*, *Cryptophagidae*), des insectes et acariens mycophages qui se nourrissent de moisissures se développent sur le grain ou d'insectes psychophages qui s'alimentent de débris de grains et de grain cassés (*Cucujidae*, *Tenebrionidae*, *Pyralidae*) [46].

Des hôtes tertiaires, espèces généralement liées à la présence de déprédateur primaires ou secondaires dont ils sont parasites ou prédateurs. Ils comprennent les espèces ectoparasites, les acariens et les insectes prédateurs ainsi que les insectes nécrophages qui se nourrissent à partir de cadavres d'insectes [47].

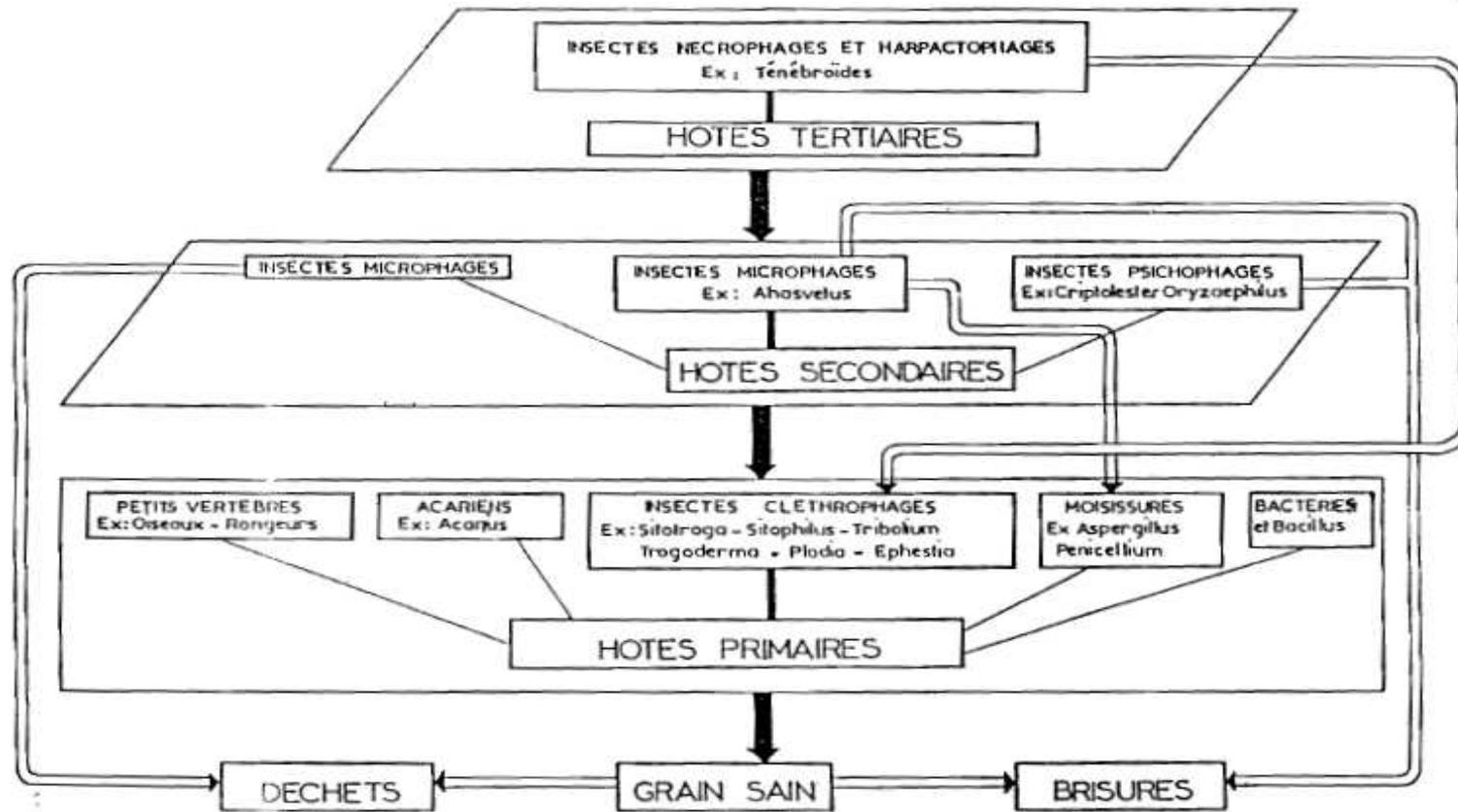


Figure 1.7 : Succession des agents biologiques dans les stocks de céréales (Diagrammes de GANGARDEL in KOUASSI)

[59]

## CHAPITRE 2

### PRESENTATION DU *Sitophilus oryzae* ET MOYENS DE LUTTE

L'infestation des céréales par les insectes au niveau des stocks est due à plusieurs espèces celles primaires étant les plus dangereuses.

Selon FOURAR [48], les espèces d'insecte les plus fréquemment rencontrés sur les grains et les plus répandues à travers le territoire national Algérien sont :

*Sitophilus oryzae* (Linnaeus, 1763)

*Sitophilus granarius* (Linnaeus, 1758)

*Rhizopertha dominica* (Fabricius, 1792)

*Trogoderma granarium* (Evertis, 1899)

*Tribolium confusum* (Duv, 1790)

*Tribolium castaneum* (Herbst, 1797)

*Ephesta kucinella* (Zelner, 1879)

*Sitophilus oryzae* est classée d'après CHAMPS ET DYTE [39], comme étant l'espèce la plus nuisible, au niveau nationale, à l'ensemble de la production céréalière.

#### 2-1-Position systématique :

Le charançon du riz est un coléoptère faisant partie de la famille des *Cucurionidae*, sous famille des *Dryophthorinae* le genre *Sitophilus*, ce dernier comprend trois espèces: *S. granarius* L, *S. oryzae* L, *S. zeamais* Motsch

Le terme de charançon désigne, d'une façon générale, les *Cucurionidae*

*S. oryzae* caractérisés par le prolongement de la tête en forme de rostre à l'extrémité de laquelle se trouvent les pièces buccales broyeuses, ainsi que leur capacité à se développer à l'intérieur des grains.

Peut être facilement distingué de *S. granarius* par la couleur brun-roux de l'adulte avec, sur chaque élytre, deux taches fauves, en outre, il peut voler, contrairement à *S. granarius*.

*S. oryzae* a été longtemps confondue avec *S. zeamais* jusqu'à une date assez récente [49]. La distinction entre ces deux espèces n'est sûre qu'après dissection des pièces génitales [50].

## 2.2-Répartition géographique

Les espèces nuisibles aux céréales stockées du genre *Sitophilus* sont devenues cosmopolites: on les trouve dans le monde entier. En effet, l'accroissement du trafic international et la nécessité de stocker des quantités considérables de grain ont contribué fortement à la dissémination des charançons et autres déprédateurs à travers les différents continents [35].

## 2.3-Description morphologique

L'œuf: l'œuf de *Sitophilus oryzae* est piriforme, blanc, brillant et mesure d'après LEPESME [47] 0,65 à 0,70 mm.

La larve: après l'éclosion, la jeune larve passe par quatre stades que l'on identifie par la longueur de la capsule céphalique. La larve est apode et d'un blanc perle. Elle se singularise par sa forme extrêmement ramassée [40] . Sa tête, d'un brun-clair, porte des mandibules plus sombres, fortes et triangulaires [51].



Figure 2.1 : Larve de *Sitophilus oryzae*. [52]

La nymphe: à son complet développement, la larve aménage une sorte de chambre de nymphose où elle passe par un stade prénymphale. Après une période d'immobilisation de 50 heures environ, la prénympe se transforme en nymphe [47]. La durée de ce dernier stade varie de 6 jours à 15 jours.

Après la métamorphose, la nymphe morphologiquement identique à l'adulte, reste repliée, le rostre tourné vers l'abdomen, se transforme en un imago d'aspect clair, qui demeure à l'intérieur du grain encore de 3 à 80 jours selon la température [53.54], en attendant que durcissent ses téguments. L'imago perce, ensuite l'enveloppe du grain et s'échappe à l'extérieur par l'extrémité opposée au trou où l'adulte a déposé l'œuf.



Figure 2.2 : Nymphe de *Sitophilus oryzae*. [52]

L'adulte: la taille de *S. oryzae* est comprise entre 2,5 et 5mm. D'après LEPESME [47]; les charançons se caractérisent par le prolongement de leur tête en avant par un long rostre visible à l'œil nu, à l'extrémité duquel se trouvent les pièces buccales broyeuses et portant des antennes; pattes à fémur robuste, des tibias s'achevant par deux crochets arqués et des tarsi courts de quatre articles.



Figure 2.3 : Adulte de *Sitophilus oryzae*. [52]

#### 2.4 Conditions de développement:

Le développement des insectes dépend principalement de la température qui règle la durée du cycle évolutif [55]. Pour se développer de façon satisfaisante chaque espèce exige en effet une température bien définie, d'après les travaux de DJAZOULI [56] qui a confirmé l'existence d'un préférendum thermique qui permet à l'insecte de choisir son biotope.

Les charançons supportent très mal la sécheresse. D'après ANGLADE [57], les conditions optimales pour la croissance de cette espèce sont de 28°C et 70% d'humidité relative. *S. oryzae* pouvant se développer à 13-15°C jusqu'à 34°C lorsque la teneur en eau de grain est supérieur à 14%

Selon le même auteur la durée totale du développement de *S. oryzae* est de 220 jours à 16°C et 70% d'humidité relative et tombe à 25 jours à 70% et 30°C. Cette espèce ne pond pas dans les grains secs dont la teneur en eau est inférieur à 9% ou lorsque la température est proche de 15°C ou dépasse 32.5- 35°C

Selon STEFFAN [40] les larves de calandre cessent toute activité vers 5°C; les mouvements de leurs mandibules s'accélèrent nettement à partir de 20°C.

Dans les conditions optimales (25°C et 70% HR) en 28 jours, une population de *Sitophilus* se multiplie par 25 alors qu'à 17°C la durée du cycle de développement dépasse 15 semaines [58].

KOUASSI [59] a mis en évidence deux zones différentes de développement de *Sitophilus oryzae* l'une comprise entre 20°C et 25°C et l'autre entre 25°C et 30°C voir figure.2.4

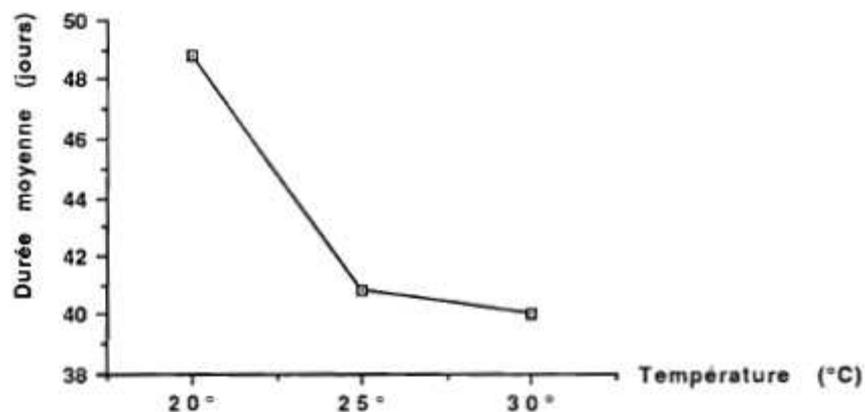


Figure 2.4 : Durées moyennes de développement en fonction des températures de *S. oryzae*, élevé sur un milieu nutritif à base de maïs [59]

Par ailleurs après avoir maintenu des charançons durant 3 mois à 10°C, 20% de mortalité a été observée (voir figure2.5)

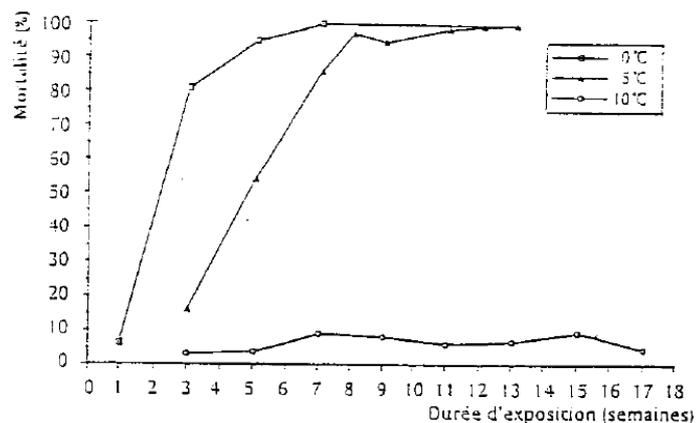


Figure 2.5 : Mortalité de *Sitophilus* à différentes températures positives [59]

### 2.5- Cycle évolutif :

*S. oryzae* a une évolution qui passe par les stades suivants:

- l'accouplement: les adultes s'accouplent peu après leur sortie du grain et la copulation se répète à maintes reprises pendant leurs cycle de vie[44]

D'après BALACHOWSKY [61] et STEFFAN [40] une fécondation permet à la femelle de pondre normalement durant deux à trois mois et le cycle de développement passe par les étapes suivantes:

La ponte : la femelle pond en moyenne 300 œufs avec un maximum dépassant les 500. Pour cela, à l'aide du rostre, elle fore un trou dans le grain et dépose son œuf puis le trou est ensuite rebouché d'une sécrétion mucilagineuse qui durcit à l'air. Le rythme de ponte est assez élevé de sorte qu'une femelle peut pondre 10 œufs par jour à 32°C au début de sa vie, pour finir après 6 mois à un ou deux tous les jours.

Les stades pré imaginaux:

\* les larves: passent par différents stades dont la durée d'évolution dépend des conditions du milieu.

\* la nymphe: elle demeure dans sa logette nymphale durant trois jours à trois mois, cette durée étant d'autant plus brève que les températures et le degré d'hygrométrie sont élevés.

\* le jeune imago perce l'enveloppe du grain et s'échappe au dehors, une semaine après leur sortie, les femelles commencent leur ponte.

### 2.6-Paramètres influencées par l'infestation de *Sitophilus*:

La présence de *Sitophilus* dans un lot de céréales ou de produits dérivés entraîne des pertes quantitatives dont l'importance est proportionnelle au degré d'infestation et au taux d'accroissement de l'espèce; les dommages sont causés par l'adulte qui se nourrit, mais surtout par la larve

Ces pertes quantitatives sont souvent accompagnées par des pertes qualitatives considérables ; elles influent sur:

2.6.1- La viabilité des grains: selon HOW [62] cette viabilité s'abaisse lorsque l'infestation touche le germe ou s'illustre par un prélèvement de l'endosperme trop important également dans le cas d'un échauffement des grains. En effet lorsqu' il y a une pullulation d'insectes on peut assister à un échauffement suffisant pour tuer la viabilité des semences.

2.6.2- La valeur meunière: En effet, en rongant les grains, les insectes occasionnent une diminution du poids de matière sèche et la quantité de farine que l'on pourra extraire des grains va donc être réduite.

Pour déterminer l'état de conservation d'un stock, on peut retenir essentiellement le pourcentage de perte de masse par rapport à un échantillon sain, le nombre d'insectes vivants au kg de grain et le pourcentage de grains attaqués. [63]

Cette perte pondérale peut être évaluée par le pourcentage de perte à partir de différentes méthodes basées sur la masse de 1000 grains, la masse à l'hectolitre "PS" (Poids Spécifique) et la mouture expérimentale avec détermination du taux d'extraction [48 ; 64 ; 65; 66 ; 67], une méthode indirecte consiste à déterminer un facteur de conversion relié à la perte pondérale, variable avec l'espèce infestante et le grain attaqué. Ce facteur, multiplié par le pourcentage de grains infestés, permet l'estimation de la perte en poids.

C'est ainsi que, pour POINTEE et COQLJARD [68], le coefficient de conversion est de 2,74 pour le blé charançonné, 8.62 pour le maïs charançonné. Ce facteur a été estimé pour le blé tendre attaqué par le trogoderme à 53,59 et pour le blé dur infesté par le charançon à 26,64.

SHAZAELI [69] a déterminé ce facteur en prenant en considération la grosseur des grains et a estimé ce dernier à 0,32 et 0,41 dans les gros et petits grains, respectivement pour le charançon du riz.

### 2.6.3-La valeur boulangère:

La valeur boulangère est altérée par les conséquences du métabolisme des insectes des denrées stockées et / ou des grains. Celui-ci peut s'élever au point d'entraîner l'échauffement des grains et donc la réduction de la force boulangère

et de l'activité amylolytique ; les composants biochimiques du grain ne supportant pas une élévation anormale de la température [19].

C'est ainsi que quelques analyses technologiques ont été utilisées en tant que critères de mise en évidence de l'effet des infestations : gluten humide, temps de pétrissage, essai de panification, qualité des protéines, alvéographe et activité amylolytique. Les résultats montrent, pour les farines infestées, une diminution du taux de gluten qui devient cassant et se désagrège facilement, une tolérance au pétrissage plus faible, un volume du pain d'autant plus faible que l'infestation est forte [70]. La force boulangère "W" alvéographique diminue au fur et à mesure que l'infestation augmente avec réduction du gonflement, l'activité amylolytique également diminue mais d'une façon plus légère par rapport au témoin [48,71].

En dehors du réchauffement, un autre facteur, tributaire de l'infestation par les insectes, influe sur la valeur boulangère. Il s'agit de l'élévation de l'acidité grasse qui a été constaté d'une façon générale et qui va entraîner l'altération de la qualité des farines dont la force boulangère sera affaiblie à nulle. Cette augmentation de l'acidité grasse est fonction de l'espèce infestante [70,72;73 ; 74]

2.6.4- La qualité alimentaire: qui comprend trois aspects distincts relatifs aux :

2.6.4.1 Caractères organoleptiques qui se détériorent du point de vue saveur et odeur, de point de vue aspect car les souillures qui résultent d'une infestation par les insectes et sont représentées par : les exuvies, les adultes vivants, les cadavres des insectes mortes, les écailles et les excréments sont néfastes à la valeur commerciale des grains mais surtout des dérivés dont la couleur peut être complètement modifiée. [75]

2.6.4.2 La qualité nutritionnelle : les effets de l'infestation sur la valeur nutritionnelle des grains stockés sont liés à la composition alimentaire de ce type de denrée, à la répartition des nutriments dans la graine et aux habitudes alimentaires des insectes. C'est ainsi que le charançon qui se nourrit principalement de l'albumen amylicé réduit la valeur calorique du blé mais a un effet moindre sur les protéines et les vitamines concentrées avant tout dans le germe et l'assise à aleurone. Par contre les légumineuses infestées perdent des

protéines et des vitamines en plus des hydrates de carbone du fait que ces éléments nutritifs sont plus uniformément répartis dans la graine [79].

Par ailleurs, les effets de l'infestation sur la valeur nutritionnelle des grains peuvent être liés au degré de l'infestation accusant une baisse sensible relative à la quantité des protéines et autres composants de l'amande : sucres non réduits, vitamines ; alors qu'on assiste à une augmentation de la teneur en sucres réducteurs. C'est ainsi que les produits infestés ont une valeur nutritionnelle significativement plus basse [70,72;77 ; 78 ; 79 ; 80].

On outre, l'infestation par le charançon affecte la teneur globale en matières grasses des graines avec la tendance à favoriser la libération d'acides gras [81]

2.6.5 La qualité hygiénique : Celle-ci concerne d'une part la proportion et la nature des microorganismes contenus dans l'échantillon donné et d'autre part, le taux de souillures d'origine animale s'y trouvant. Il s'avère que les insectes et les acariens des denrées alimentaires favorisent la prolifération des moisissures, des bactéries et véhiculent des germes, dont certains sont pathogènes, à l'extérieur de leur corps mais surtout dans leur tube digestif [33], C'est ainsi que l'infestation des céréales par les insectes et les acariens peut engendrer, entre autres effets des allergies des intoxications et des infections chez l'homme ou le bétail en les consommant [45 ;82].

### 2.7- Méthodes de lutte contre le *Sitophilus oryzae*

La protection des céréales stockées contre les attaques d'insectes et d'acariens soulève des problèmes variés et elle doit faire appel à un ensemble de techniques différentes qu'il est nécessaire d'appliquer à bon escient. Le souci majeur d'un stockeur est de garder son stock de céréale intact. Un ensemble de mesure préventive et curative doivent être envisagées; Il s'agit de toute technique destinée à réduire l'infestation au champ, au début du stockage ainsi que pendant le stockage.

### 2.7.1- Lutte chimique:

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 l'homme. 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.

Depuis la venue des composés organiques de synthèse, on regroupe les insecticides en insecticides organiques (les organochlorés, organophosphorés, carbamates et pyréthriinoïdes) représentant la grande majorité des insecticides organiques de synthèse qui ont été employés ou sont utilisés actuellement [83] et inorganiques (généralement à base d'arsenic ou de fluo silice, ils sont aujourd'hui prohibés).

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

#### 2.7.1.1- Traitement par contact:

Il consiste à recouvrir les grains, l'emballage ainsi que les locaux de stockage d'une pellicule de produit insecticide qui agit par contact sur les déprédateurs, dont l'effet est plus ou moins rapide avec une persistance d'action plus longue.

#### 2.7.1.2 - Traitement par fumigation:

La fumigation consiste à traiter les grains à l'aide d'un gaz toxique, qu'on appelle fumigant. L'intérêt majeur de la fumigation est de faciliter la pénétration des gaz à l'intérieur du grain et donc de détruire les œufs, larves et nymphes qui s'y développent [68] l'un des fumigant le plus utilisé contre la calandre est le phosphate d'aluminium [34]

### 2.7.1.3- Les inconvénients de l'usage des insecticides chimiques

A cause de leur effet négatif sur l'environnement, l'utilisation des insecticides chimiques est devenue de plus en plus restrictive [83].

L'utilisation intensive des insecticides de synthèse pour lutter contre les insectes phytophages a conduit à la contamination de la biosphère. Selon PHILOGENE [83], tous les pesticides posent un problème de contamination à court ou à long terme, selon la nature de la molécule utilisée dans les traitements et selon la manière avec laquelle ils sont appliqués. Les études consacrées à la dispersion des pesticides dans l'environnement ont prouvé la présence de ces produits dans plusieurs points de la biosphère qui n'ont subi aucun traitement [84]. L'utilisation des insecticides chimiques conduit aussi à un désordre écotoxicologique accompagné d'une augmentation spectaculaire du nombre d'espèces devenue résistantes aux insecticides chimiques [85].

Une dégradation naturelle et spontanée des pesticides chimiques est extrêmement rare, la cinétique de disparition par voie biologique d'un pesticide dans le sol débute toujours par une période de latence, plus au moins longue, au cours de laquelle la dégradation est pratiquement nulle.

Tous ces produits phytosanitaires ont une caractéristique en commun : ils sont neurotoxiques. Des résidus de pesticides ont été détectés dans de nombreux secteurs de la chaîne alimentaire : il a été prouvé que le DDT a une demi-vie de 10 ans dans l'eau et de 40 ans dans le sol exposé [86].

### 2.7.2 Lutte physique et mécanique:

Elles concernent toutes les techniques mécano-thérapeutiques susceptibles de rendre le stock sain. Elles sont recommandées pour pallier aux problèmes des résidus chimiques liés aux différents traitements chimiques appliqués aux denrées stockées. Ainsi plusieurs techniques ont été expérimentées et ont eu des succès divers: le traitement par le froid et le chaud, le stockage étanche ou sous atmosphère contrôlée et les radiations ionisantes [8].

La lutte par le froid consiste à abaisser la température de stockage, Ce qui entraîne un ralentissement du développement de l'insecte, freiné dès que la température est inférieure à 10°C [87].

La lutte par le chaud consiste en une élévation de la température (température supérieure à 50°C), ce qui entraîne la mort des *Sitophilus*.

Le passage des produits dans un séchoir permet d'éliminer les insectes présents dans les grains. Selon FOURAR [19] le choc thermique doit se faire le plus rapidement possible, et doit être suivi d'un refroidissement jusqu'à une température normale de conservation pour ne pas provoquer de détérioration de la qualité du produit traité.

### 2.7.3 Lutte biologique:

Ces dernières décennies, la protection de l'environnement s'impose de plus en plus comme une préoccupation mondiale majeure. La méthode classique de lutte biologique par utilisation de micro-organisme, de prédateurs, de parasitoïdes et de substances naturelles d'origine végétale, les industries agrochimiques orientent de plus en plus leur effort vers l'étude de produits naturels pour la recherche de nouveaux insecticides [88].

Le concept de lutte biologique a subi une évolution au cours du temps et intègre dans sa définition actuelle toutes les formes non chimiques de contrôle des ravageurs.

Les lieux de stockage représentent des systèmes stables, avec des niveaux déterminés de température et d'humidité, parce qu'ils forment des enceintes closes, ce qui est favorable pour procéder à une lutte biologique.

L'utilisation des phéromones d'insectes attractifs et répulsifs d'alimentation est d'un haut niveau de détection. Ils peuvent être employés comme indicateur des époques d'application des méthodes de lutte contre certains ravageurs des denrées stockées.

Ainsi, la lutte par les insecticides botaniques est très recommandée, parmi les moyens mis en œuvre par les plantes pour se défendre contre leurs déprédateurs, les médiateurs chimiques jouent un rôle déterminant [89]. Dans le bassin méditerranéen, on rencontre un très grand nombre de plantes aromatiques. Son climat riche en luminosité et en chaleur, qu'accompagne des saisons marquées, exige de la part des plantes des efforts adaptatifs favorables à une richesse moléculaire évolutive leur conférant de multiples propriétés, entre autre l'effet insecticide [90]. Les espèces de la famille de *Meliaceae*, *Rutaceae*, *Asteraceae*, *Labiataeae* et *Canellaceae* sont les principales familles les plus prometteuses

comme source de bio insecticides [91]. Parmi plusieurs huiles essentielles, celles de la famille des *Labiatae* ont reçu une attention considérable dans la recherche des produits naturels pour lutter contre les ravageurs des denrées stockées et principalement du *Sitophilus*. La même famille a fait l'objet de plusieurs études qui ont montré que les espèces aromatiques sont les plus utilisées pour lutter contre les insectes [92].

Par ailleurs, il s'est avéré qu'un grand nombre de variétés à haut rendement cultivées dans le cadre de la « révolution verte » étaient plus sensibles aux ravageurs des denrées stockées que les variétés locales. En voici les raisons possibles:

- moindre dureté de l'enveloppe de la graine
- modification de la composition ( par exemple l'augmentation de la teneur en protéines)
- odeur plus attrayante due au changement de composition du grain
- glumes ne recouvrant plus, et donc ne protégeant plus totalement l'épi.

L'exploitation de telles différences entre variétés peut être considérée comme une excellente mesure prophylactique, à condition toutefois que ces variétés tolérantes satisfassent aux normes de qualité nécessaires. C'est pourquoi les programmes de sélection devront à l'avenir accorder la priorité aux variétés tolérantes aux ravageurs des denrées stockées

## **CHAPITRE 3**

### **INFLUENCE DE L'ALIMENTATION SUR LES CRITÈRES BIOLOGIQUE DU *Sitophilus oryzae***

#### 3.1 Introduction:

Le processus de sélection chez les insectes avec le monde vivant est guidé en général par plusieurs stimuli visuels où l'olfaction et le goût jouent un rôle vital. Les insectes recourent à des signaux chimiques dans la détection de la nourriture, du site d'oviposition, dans l'établissement de relations interindividuelles, sociales et sexuelles, et dans l'appréhension du danger (reconnaissance d'un prédateur, d'une substance toxique) [93 ;94]

Les insectes s'adaptent par ailleurs aux constituants chimiques perçues de la plante hôte. [95]

La plante hôte, comme source de nourriture, joue un rôle déterminant dans la dynamique des populations avec ses composantes nutritives (protéines, acides aminés, glucides, lipides, vitamines, minéraux, eau, etc.) et ses composantes non-nutritionnelles (composés allélochimiques) (phénols, polyphénols, monoterpènes, glucosinolates, alcaloïdes, etc. [96].

Ainsi d'après STEFFAN [40] et LEPESME [47], la liste des denrées attaquées par le charançon, comprend des produits qui constituent l'habitat normal de ces insectes, et d'autres qui accidentellement infestées, servent de nourriture aux adultes mais sont parfaitement impropre ou très peu favorable à la reproduction (farine, semoule, pâte alimentaire...)

Il est donc important de bien connaître les besoins alimentaires et l'utilisation de la nourriture par l'insecte afin de mieux comprendre son interaction avec l'écosystème et ainsi être plus apte à contrôler ses populations par l'intervention directe et/ou indirecte lorsque celui-ci entre en conflit avec nos intérêts économiques)[97] .

### 3.2- Critères influençant le développement du *Sitophilus* :

Par ailleurs pour le développement du *Sitophilus*, plusieurs critères peuvent être pris en considération:

#### 3.2.1- Propriétés physiques du grain:

Les *sitophilus* ne sont réellement inféodés qu'aux grains des céréales: seigle, orge, avoine, riz, maïs, sorgho, blés [48]; Bien qu'ils s'alimentent et se multiplient aux dépens de ces produits, les charançons manifestent une préférence pour certaines d'entre elles, qui présentent une plus grande sensibilité à l'attaque.

Les grains vêtus, présentent une résistance plus prononcée par rapport aux grains nus, ce qui permet d'adopter chez certains pays la stratégie de stocker les céréales en épi dans des greniers traditionnels : c'est le cas du Mali, du Niger, et du Sénégal.

Les travaux de CLEMENT et *al.* [98] ont montré que la présence des glumelles est un facteur limitant le développement de *S. oryzae* dans le riz paddy. Les valeurs de durées de développement et l'effectif de la descendance semblent dépendre de la résistance que le grain oppose à l'insecte ainsi que de la saveur attractive de ce grain. En effet, le riz paddy qui se trouve protégé par une enveloppe ne montre qu'une très faible infestation par rapport au maïs ou au mil ainsi qu'au blé. Par ailleurs lorsqu'on considère le même support alimentaire comme le riz, l'effectif de la descendance est six fois plus élevé dans le riz décortiqué que dans le riz paddy. Il apparaît ainsi clairement que, lorsque le grain est difficilement accessible, le nombre de grains infestés diminue, ce qui entraînerait une diminution conséquente du nombre d'œufs pondus. Ces observations ont été démontré par NWANA et AKIBO-BETTS [99], CLEMENT et *al.* [98] et SAMSON et *al.* [100], qui rapportent que le riz paddy est la céréale la plus résistante aux insectes des stocks grâce à l'enveloppe qui protège les grains et que l'infestation n'est favorisée que quand cette enveloppe est fissurée. D'après ces mêmes auteurs, la forte pilosité des grains, selon les variétés, est également un facteur de résistance aux attaques des insectes.

Par ailleurs SAUPHONOR [101] a démontré que l'herméticité des glumelles est un facteur prépondérant pour la résistance variétale. Cette

herméticité est conditionnée par la coaptation entre lemma et paléa qui peut être une voie de pénétration des insectes ou par le défaut de fermeture des glumelles qui est lié à la dureté du pédoncule d'une part et au taux de casse des enveloppes provoqué par l'abattage d'autre part.

D'après SIWALE et al [102] une des caractéristiques de grains qui confèrent la résistance aux charançons de maïs à savoir, la dureté de grain qui influence la durée du cycle de développement et la descendance. Ce qui concorde avec les travaux de RUSSELL MERCER [103] qui rapporte que l'effet le plus drastique des variétés de sorgho sur la production des populations de charançons était dû à la dureté du grain car elle affectait le taux de ponte: plus le grain est dur, moins les œufs ont été déposés. Cette relation a été soulignée par de nombreux chercheurs EDEN [104]; RUSSEL [105]; SINGH et JACKAIL [106], PHILOGENE et al [107] .

En se référant à la taille des grains, on peut dire que plus le grain infesté est volumineux, plus grande est la quantité de nourriture disponible et plus importante est la croissance pondérale des insectes. Ces données concordent avec celles de LONGSTAFF [54] et de FARJAN [35] qui rapportent que le poids des *Sitophilus* n'est élevé que sur des céréales dont la taille des grains est suffisamment grande. D'autres études montrent également que le poids de l'insecte est fonction du volume du grain [40;108;109] .

### 3.2.2 Propriétés olfactives:

L'infestation des grains par les insectes des denrées stockées est déterminée par leur odeur et leur saveur qui auraient des effets attractifs. En effet, selon BEKON [110], des substances volatiles émises par les grains et le milieu alimentaire seraient perçues par les insectes. Dans le cas de *Sitophilus oryzae*, par exemple, le maïs et le mil pourraient avoir ces effets attractifs; Ce qui expliquerait leur infestation élevée par rapport au sorgho dans plusieurs travaux.

PHILOGÈNE [83] a identifié que les grains de maïs ayant la plus grande teneur en acide tram-férulique, qui est le composé phénolique principal de cet céréale, sont particulièrement résistants alors que les autres acides: (acide cis-férulique, acide tram-férulique, acide p-coumtique et acide sinapique) ont un effet moindre

sur les attaques de *Sitophilus*. Ceci est dû d'après ce même auteur à l'effet anti appétant de ces derniers

A l'état imaginal le *Sitophilus* apprécie plus les blés en particulier le blé tendre par rapport aux riz, l'orge, l'avoine [111].

### III.1.3 facteurs nutritionnelle du grain:

En dehors de l'influence de la quantité de nourriture disponible que semble refléter la grosseur des grains sur le poids des insectes, la composition de ces grains pourrait aussi jouer un rôle sur le devenir du poids des insectes ainsi que sur la descendance et la durée de développement du *Sitophilus*. En effet, le rapport carbone/protéines; qui exprime de façon indirecte, le rapport carbone/azote interfère parfaitement avec la distribution des poids moyens dans les grains.

On outre FOURAR [19] démontre que dans le blé, lorsque la teneur en azote ou en protéine s'élève le développement des charançons est freiné, ce qui a été observé par DOBBIE [112] ; AMOS et al [66] ; PHILOGENE et ARNASON [113] pour lesquels la teneur en protéines totales du grain est négativement corrélée avec l'index de sensibilité.

D'après KALODE et PANT et PANDEY in SUDHAKAR et PANDEY [114] les variétés de sorgho et de maïs les plus sensibles à l'attaque de *Sitophilus oryzae* contiennent une plus large gamme d'acides amines indispensables par rapport aux variétés résistantes. Cependant, outre les protéines alimentaires, il existe naturellement dans le blé au niveau de l'endosperme, du péricarpe et du germe, des substances de nature protéique inhibant l'action des protéases et des amylases des insectes [25 ; 26 ; 115]. Ces antienzymes représentent elles-mêmes des protéines considérées comme à la base d'un mécanisme de défense naturel des grains contre les insectes, déprédateurs des stocks.

Les lipides contribuent aussi comme un facteur de résistance des grains à *S. oryzae* [116]. Par contre HARYADI [49] a noté une corrélation positive entre la teneur en matière grasse et le pourcentage de survie de ce dernier dans le riz paddy.

### 3.3- Evaluation de la stabilité individuelle et populationnelle sous différents types de stress :

Les milieux de vie des organismes vivants (ou biotope) sont des systèmes comportant de multiples dimensions (ressources trophiques, prédation, compétition, température, teneur en oxygène...), et chacune d'entre elles est susceptible de varier au cours du temps ou de l'espace. Cette variabilité environnementale va être la source d'une multitude de stratégies, de traits au sein des populations vivantes dont la nature est en grande partie dépendante des fluctuations environnementales [117].

Parmi ces fluctuations, les fluctuations abiotiques qui correspondent aux changements climatiques ainsi que ceux de l'ensemble des paramètres physico-chimiques de l'environnement. Les fluctuations biotiques représentent les variations de l'abondance de nourriture/proies, de prédateurs ou de parasites et tous paramètres liés directement à une entité biologique. Ces facteurs sont parfois imbriqués: des facteurs abiotiques peuvent provoquer des variations des paramètres biotiques [118]

Lorsque ces fluctuations sont suffisamment fortes (intensité élevée, phénomène anormalement long...), elles peuvent devenir des contraintes pour les organismes. La conséquence de ces contraintes est appelée stress. Il correspond à l'ensemble des perturbations biologiques induites par l'environnement nécessitant une réponse comportementale ou phénotypique de l'organisme pour qu'il maintienne son homéostasie [ 117 ]

#### 3.3.1- Définition des biomarqueurs:

Selon VAN GESTEL et VAN BRUMMELEN [118], un biomarqueur se définit comme « toute réponse biologique à un produit environnemental constatée à un niveau inférieur à celui de l'individu ». Cette réponse doit être mesurée dans un organisme ou dans ses produits et indiquer un changement par rapport à l'état normal. Cette réponse ne peut être détectée chez un organisme sain. Ainsi, les bio marqueurs servent donc de traceurs (observable et/ou mesurable) pour des réactions qui se produisent à divers niveaux d'organisation biologique [119].

On distingue généralement trois types de biomarqueurs:

**Biomarqueurs d'exposition,** Ils permettent la mise en évidence d'une exposition actuelle ou passée à un polluant d'un organisme. Par exemple les adduits d'ADN sont utilisés comme biomarqueurs d'exposition.

**Biomarqueurs d'effet,** Ils sont utilisés pour évaluer les effets des xénobiotiques sur les individus, les populations ou les écosystèmes. Exemple: Protéines de stress.

**Biomarqueurs de sensibilité,** Ce sont des composés qui traduisent les variations de la sensibilité. Cette variation peut être une diminution de la sensibilité. Elle est alors appelée résistance. Cette dernière a été beaucoup étudiée chez les insectes. Car certaines espèces peuvent présenter une résistance aux insecticides. La variation peut être aussi une augmentation de la sensibilité. Dans tous les cas, elle concerne surtout des modifications géniques [120]

### 3.3.2- Fluctuation des réserves lipidiques face au stress chez les insectes :

Les lipides jouent un rôle important comme réserves énergétiques chez de nombreux groupes d'animaux, incluant les arthropodes en général [121] et spécialement les insectes pour lesquels ils sont d'une importance vitale. [122]

La nature de ces lipides de réserve est essentiellement similaire aux autres animaux: c'est la fraction de lipides neutres qui prédomine, et plus de 90% de cette fraction est constituée de triglycérides. On peut considérer les triglycérides comme une source d'énergie secondaire puisqu'ils doivent être hydrolysés avant que l'énergie ne soit disponible pour la cellule. [122]

Le corps gras, d'un point de vue métabolique, joue le même rôle synthétique que le foie des mammifères. Dans ce tissu, les protéines et le tréhalose sont formés, les hydrates de carbone venant de la nourriture sont transformés en lipides, et les purines et péritrines sont synthétisées [123]

On a déterminé les budgets énergétiques cumulatifs chez les stades immatures et adultes de *Sitophilus granarius* (L.) élevés chacun sur un seul grain

de blé, *Triticum aestivum* L. Les valeurs caloriques obtenues (cal/mg poids sec) chez les stades gardés à 30 °C et 70% humidité relative sont de 5.792 dans le cas des œufs, 5.989 pour les larves de troisième stade, 6.474 pour les larves de stade prénympgal, 5.985 pour les nymphes et 5.975 pour les adultes. La production larvaire augmente de façon exponentielle, de 0.13 cal, chez les jeunes larves de premier stade, à 12.0 cal chez les larves de quatrième stade âgées de 20 jours et les prénympges; la production diminue ensuite jusqu'à 6.9 cal au stade nympgal.

Pour rendre son développement à terme, une larve consomme en moyenne 62.6% d'un grain de 126 cal, alors que l'adulte moyen consomme plus de 3.5 fois la quantité totale consommée par la larve. Le rendement de l'assimilation durant le développement larvaire est à peu près le même (73.9 à 76.2%) aux trois températures de 20, 25 et 30 °C. 65.7% de l'énergie consommée durant les développements larvaire et nympgal sert à la respiration. Le rendement net de la production, chez tous les stades larvaires est de 20% et celui de la production totale d'œufs chez l'adulte, de 48%. [124]

## CHAPITRE 4 MATERIEL ET METHODES

### 4.1. Introduction

L'insuffisance en produits alimentaires à l'heure actuelle est un des problèmes majeurs dans les pays en voie de développement.

Il existe en effet un déséquilibre entre la production et les besoins en denrées alimentaires, de sorte que ces pays ont souvent recours aux importations pour satisfaire les besoins nutritionnels de leurs populations sans cesse croissantes. Les conséquences qui en découlent sont la dépendance extérieure et les diverses pressions qui vont à l'encontre de l'indépendance extérieure économique et sociale.

L'Algérie n'échappe pas à cette contrainte où la demande croissante en céréales et en blé a entraîné des importations de plus en plus importantes ; Cependant, il s'avère que durant le stockage, ces blés peuvent subir des altérations plus au moins prononcées suite au métabolisme du grain et des déprédateurs. Ces dégâts dépassent de loin les 20% dans notre pays [19]

En conséquence, l'objectif affiché de diminution de la quantité globale de contaminants dans tous les produits dérivés, passe nécessairement par le développement de toutes les méthodes et voies naturelles de contrôle de flux des insectes, dont les produits donnent les résidus les plus nocifs et les plus persistants.

Parmi ces méthodes alternatives à la solution chimique qui a de plus en plus d'inconvénients difficiles à maîtriser, le stockage en épis a été souvent plus pratiqué par les communautés rurales depuis des longues décennies et recommandé par les services de vulgarisations dans plusieurs pays africains ; Il résulte des divers travaux que la résistance de la forme égrenée au *S zeamais* semble dépendre de trois facteurs [89]

- La réduction de l'oviposition, la zone préférentielle n'étant pas celle exhibée par le grain lorsqu'il est fixé dans les rafles.

- L'augmentation de la période de développement due à l'évolution dans la zone moins nutritive de la larve du premier stade
- L'augmentation supplémentaire du délai de la période de développement liée à la difficulté qu'éprouve l'insecte de la première génération à sortir du grain
- La détermination de cette variabilité est complexe et nécessite des études multifactorielles qui mettent en interaction les facteurs biochimiques ou physico-chimiques qui agissent sur le phénomène de résistance.

Pour apporter de nouvelles connaissances dans ce domaine, il apparaît nécessaire d'entreprendre une étude éco-physiologique complète pour établir un modèle explicative de l'intensité de l'attaque des insectes.

#### 4.2 Objectifs

L'objectif visé dans ce travail est de mettre en évidence la résistance des épis ainsi que des glumes par rapport aux grains de blé dur et tendre aux infestations dues à *Sitophilus oryzae* et l'évaluation des pertes occasionnées dans les différentes fractions. D'autre part, la mise en évidence des effets du sucre et des lipides en tant que support alimentaire, sur les allocations des réserves lipidiques des individus.

Le troisième objectif visé est une déduction d'une éventuelle corrélation entre les composantes biochimiques (teneurs en eau, teneur en tanin, teneur en lipide et en sucres) sur la descendance de *S. oryzae* au niveau du blé tendre et blé dur (épis, glumes et grains)

#### 4.3- Conditions expérimentales:

##### 4.3.1. Matériel biologique :

##### 4.3.1.1. Espèce infestante:

Les insectes de *Sitophilus oryzae* utilisés pour l'infestation artificielle, ont été recueillis à partir des sacs de blé infestés présentés comme échantillon par les agriculteurs à l'Office Algérien Interprofessionnel des Céréales (OAIC) de BLIDA. Les individus sont ensuite élevés sur blé tendre au laboratoire du l'institut nationale

spécialisé en industrie agro-alimentaire sur deux générations avant l'expérience à une température de 28°C.



Figure 4.1 : Bocaux utilisés pour l'élevage de *Sitophilus oryzae* (Personnel)

#### 4.3.1.2. Préparation de populations destinées aux essais:

Pour obtenir des individus d'âge connu, il faut effectuer un premier tamisage sur les récipients de grains d'élevage de masse, ce qui permet d'éliminer les adultes âgées puis un second tamisage, quelques jours plus tard, de sorte à permettre l'obtention d'individus jeunes avec des limites d'âge connues (moins de trois semaines).

#### 4.3.1.3. Matériel végétal:

Les échantillons de blé en épi proviennent directement de deux Exploitation Agricole Collective (EAC), une au niveau de Mouzaia pour le blé dur et l'autre au niveau de Bouinan pour le blé tendre.

Pour éliminer tout risque d'infestation antérieure par des déprédateurs venant du champ des céréales, les échantillons ont été fermés dans des sacs en polyéthylène et ensuite stockés dans un congélateur pendant une semaine à moins 16°C.

Les échantillons de glumes et de grains ont été retirés à partir des épis. Une série d'analyses chimiques a été pratiquée pour caractériser ces derniers.

#### 4.4. Constitution des échantillons :

Dix adultes prélevés sont disposés dans des bocaux en verre contenant 50 g de blé en grain (dur et tendre). La même opération est réalisée dans des boîtes de polystyrène contenant 50 g d'épis ou de glumes de blé tendre et dur. Pour fermer les boîtes après l'introduction des charançons, un morceau de tissu de coton a été mis sur le dessus de la boîte et a été fixé par un élastique. Le tissu de coton étant utilisé pour empêcher les *Sitophilus* de s'échapper et pour la ventilation. Six répétitions ont été effectuées pour chaque traitement. Le nombre de traitement étant ainsi de 36. Au préalable, les grains, les glumes et les épis ont séjournés 48 heures dans l'étuve ventilée réglée à 28°C et 70% de HR de sorte à atteindre des niveaux d'activités de l'eau équivalent.

Environ 30 jours après le début de l'infestation, les boîtes sont tamisés pour dénombrer la descendance dans chaque répétition. Un deuxième dénombrement est effectué au bout de 3 mois d'infestation.



Figure 4.2 : Echantillons de blé (épi, glume, grain) dans l'étuve après infestation  
(Personnel)



Figure 4.3 : Echantillons de blé en épi dans l'étuve après infestation (Personnel)

#### 4.5- Conditions de l'expérimentation:

Cette expérimentation a été réalisée dans les conditions suivantes

- une température de  $28 \pm 0,5$  °C
- une humidité relative de 70%
- l'obscurité totale 24h/24h

#### 4.6-.Critères étudiés:

##### 4.6.1- Paramètres biologiques:

##### 4.6.1.1- Nombre de descendants:

C'est le nombre total de descendants produits par 10 insectes dans les conditions expérimentales décrites après tamisage par un tamis de 1mm d'ouverture de maille.



Figure 4.4: Tamis d'ouverture de 1mm

##### 4.6.1.2. Pertes de poids des grains infestés:

Les dommages causés par les insectes dans les stocks ne sont pas toujours faciles à évaluer. Différentes méthodes ont été proposées pour déterminer les pertes en poids. Le plus couramment utilisé des critères d'appréciation des dégâts et celle de [125], ce critère est calculé d'après les formules suivantes :

% de perte moyenne par grain =

Masse de 1000grains sains-masse de 1000 grains attaqués X 100

Masse de 1000 grains sains

#### 4.6.1.3. Dosage des lipides:

A partir des individus de *Sitophilus* échantillonnés, nous avons quantifié les biomarqueurs lipidiques. L'extraction et la quantification des réserves lipidiques a été réalisée selon la méthode de VAN BRUMMELEN & SUIJFZAND [126] qui, à partir d'une solution monophasique à base de chloroforme, méthanol et eau bi distillée (1 : 2 : 0,8) versée dans les tubes eppendorf contenant des *Sitophilus*, sera centrifugé pendant 5 minutes à 14000 tours/min. l'addition du chloroforme permet de séparer le culot du surnageant. Les culots récupérés sont séchés sur du sulfate de sodium puis rincé avec du chloroforme et soumis à un flux d'azote. Le résidu est confronté à H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dans une étuve réglée à 100°C pendant 10min. Après refroidissement, le rajout de 2,5 ml de solution de vanilline aboutit à l'apparition d'une couleur rose dont la lecture de la densité optique se fera à 540nm au bout de 10mn. Le blanc est obtenu à partir d'une série de concentrations du cholestérol mélangé à l'acide sulfurique et au réactif de vanilline (tableau 4.1)

Tableau 4.1: Méthode suivie pour l'obtention de la courbe standard de cholestérol

<b>Solution mère (ml)</b>	<b>µg de cholestérol dans le volume pris et mis dans le tube en verre</b>	<b>Concentration du cholestérol (µg/ml) dans la solution finale de 2.8 ml (contenant l'acide sulfurique et la réactive vanilline)</b>	<b>Densité optique moins le blanc, à 540 nm au bout de 10 minutes</b>
5.6	280	100	2,4993
2.8	140	50	1,3265
1.4	70	25	0,7262
0.7	35	12.5	0,3484
0.35	17.5	6.25	0,2106
0.175	8.75	3.125	0,1221

#### 4.6.2. Paramètres physico-chimiques:

##### 4.6.2.1 Détermination de la teneur en eau:

La détermination est réalisée suivant la méthode Normalisée Algérienne (NA. 1132-90) en concordance avec la technique de la Norme Française (NFV03-707).

Elle consiste à sécher le produit à une température comprise entre 130°C et 133°C pendant 2 heures, à pression atmosphérique normale, après broyage des grains, des glumes et des épis, cette méthode exige une certaine finesse de granulation de produit.

La teneur en eau est exprimée en pourcentage en masse du produit tel que donnée par la formule suivante

$$\text{Teneur en eau \%} = (M_1 - M_2) \times 100 / M_1 - M_0$$

$M_0$ : masse de la capsule vide et de son couvercle en gramme

$M_1$ : masse de la capsule avec la prise d'essai et de son couvercle avant séchage en gramme

$M_2$ : masse de la capsule avec la prise d'essai et de son couvercle après séchage en gramme

##### 4.6.2.2 Dosage des matières grasses

Selon LECOQ [127], les lipides sont solubles à chaud ou à froid dans les solvants organiques tels que l'éther de pétrole, l'éther-diéthylique, l'hexane, l'acétone, l'éthanol, le chloroforme, le méthanol, etc.

En pratique, l'hexane et l'éther de pétrole à chaud sont les plus couramment utilisés. On utilise pour cela un solvant à reflux dans un extracteur de type SOXHLET. Les vapeurs chaudes du solvant traversent la mouture dans une cartouche, se condensent plus haut dans un réfrigérant et retombent dans la cartouche contenant la mouture. Il y a alors macération et extraction des huiles de la mouture.

Lorsque le solvant remplit la cartouche, il y a siphonage et le solvant retombe dans le ballon d'ébullition. Le cycle continu jusqu'à l'extraction complète de la matière grasse. Le solvant contenu dans le ballon est alors saturé des huiles extraites. Il suffit alors d'évaporer le solvant à l'aide d'un appareil le ROTVAPOR

pour recueillir les huiles. Le poids des lipides est obtenu par la différence entre le poids final et le poids initial du ballon.

Teneur en matières grasses% =  $(P_1 - P_0) \times 100 / \text{prise d'essai}$

$P_0$ : poids du ballon à vide

$P_1$ : poids du ballon contenant les lipides

#### 4.6.2.3 Dosage des sucres totaux:

Les sucres solubles totaux sont dosés par la méthode de DUBOIS *et al* [128] dont la matière végétale est mise en contact avec de l'éthanol à 80% durant 48 heures à une température ambiante. Le dispositif est mis à l'étuve à 80°C afin d'évaporer l'alcool, puis on ajoute 20 ml d'eau distillée au résidu. Une fraction de 2 ml de la solution obtenue est additionnée au phénol à 5%, l'acide sulfurique concentré 96%, puis homogénéisé au vortex, après 10 min les tubes à essais sont placés au bain- marie à une température de 30°C pendant 20 min; la lecture de la densité optique se fera à 485 nm au bout de 10mn.

Les valeurs obtenues sont reportées sur la gamme étalon, à l'aide de l'équation suivant:

$$Y = 4,3918X - 0,1946$$

#### 4.6.2.4 Dosage des tanins condensés

Les tanins sont des substances naturelles du métabolisme secondaire des végétaux supérieurs. Les tanins condensés sont connus pour leurs effets antinutritionnels aussi bien pour les animaux que pour les végétaux.

L'extraction et le dosage des tanins condensés ont été réalisés par la méthode de MERGHEM *et al* [129].

Avec une prise d'essai de 0,5g, on ajoute une solution d'acétone, d'eau distillée et de méta bisulfite de sodium à 1%. Une filtration est réalisée après 20 minutes, l'opération est répétée trois fois, l'échantillon est ensuite évaporé sous pression réduite jusqu'à dessiccation ou on ajoute par la suite du méthanol dans le but de l'obtention d'une solution de tanin métalogique ou on additionne une solution de vanilline-HCl préalablement préparée.

Les tubes sont chauffés au bain marie pendant 20 min à 30°C, puis l'absorbance à 500 nm est lue

La détermination de la quantité totale des tanins se fait en prenant référence sur la catéchol. La solution mère est préparée par la dilution de 10 mg de catéchol dans 10 ml d'eau distillée. A partir de cette concentration (1mg/ml) plusieurs dilutions seront faites comme l'indique le tableau.

Tableau 4.2 : Gamme étalon de la catéchol.

N°des tubes	1	2	3	4	5
Concentration de la cathécol (ml)	0	0,2	0,4	0,6	0,8
Eau distillée (ml)	1	0,8	0,6	0,4	0,2

Les valeurs obtenues sont reportées sur la gamme étalon, à l'aide de l'équation suivant:

$$Y = 0,5597X$$

#### 4.7- Analyse statistique des résultats

Tous les essais ont été répétés au moins trois fois, Les données recueillies sur la descendance, les réserves lipidiques et les pertes occasionnées ont fait l'objet d'analyses statistiques. Les résultats, rejoignent le plus souvent des valeurs moyennes. Ces derniers ont été réalisés sous M.S. Excel.

Les histogrammes et les courbes ont été élaborés par le biais du logiciel systat. (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009)

Pour mettre en évidence l'effet de la période, de l'hôte et des fractions de (épis, glumes et grains) sur les différents facteurs étudiés, nous avons confronté nos résultats à une analyse de variance (GLM).

L'effet combiné de la période, de l'hôte et des fractions de (épis, glumes et grains) sur les paramètres biologiques (descendances, pertes en poids, réserves énergétique du *Sitophilus oryzae*) et les critères physico-chimiques du blé (teneur en eau, taux de matières grasses, taux du sucres et taux de tanin condensés) ont été testés par le One Way ANOVA

Pour explorer la nature des corrélations présentées entre les réserves lipidiques énergétiques, les descendances et les pertes occasionnées par *Sitophilus oryzae* nous avons calculé le coefficient de corrélation et les probabilités par le biais du (PAST vers. 1.37)

De même, des corrélations ont été établies entre les différentes variables analysées à l'aide du logiciel PAST. Pour cela, nous avons fait appel à l'analyse en composantes principales (ACP). Le principe de cette analyse est de représenter un phénomène multidimensionnel par un graphique à deux ou plusieurs dimensions. Ce test permet de résumer la plus grande variabilité des descendances, des pertes et réserves lipidiques pour un nombre plus réduit de variables synthétiques appelées axes factoriels. Ces axes définissent le premier plan factoriel de l'ACP dans lequel sont projetés les différents groupes étudiés.

Dans l'ACP, les réserves lipidiques, la descendance et les pertes ainsi que la composition physico-chimique (sucres, lipides, teneur en eau et tannin) projetés ont des coordonnées comprises entre  $-1$  et  $+1$  et appartiennent à un cercle des corrélations. L'interprétation de l'ACP se fait à partir de l'examen du cercle des corrélations et de la position des statuts comportementaux sur les axes factoriels

## CHAPITRE 5 RESULTATS

### Introduction:

Dans le but d'atteindre les objectifs cités en méthodologie, Notre étude expérimentale consiste à :

- Évaluer l'effet temporel de la variation de l'hôte (blé dur et blé tendre) sous leurs différentes formes (grains, glumes et épis) sur la descendance et les réserves énergétiques lipidiques de *Sitophilus oryzae*.
- Estimer les pertes occasionnées par se déprédateur primaire dans le temps.
- Mettre en évidence d'une éventuelle présence de corrélations entre la descendance, les réserves énergétiques lipidiques de *Sitophilus oryzae* et les pertes due à ce coléoptère.
- Influences de l'infestation de *S. oryzae* sur la composition biochimiques du blé échantillonné
- Mettre en évidence les différentes interactions qui peuvent exister entre critères biologiques de l'insecte et la composition biochimique du blé en grain, en glumes et en épis.

### 5.1 Variation de la descendance de *Sitophilus oryzae* en fonction du temps et de de l'hôte

Des histogrammes ont été élaborés par le biais du logiciel Systat dans le but de mettre en évidence l'effet de l'hôte, de la fraction (épi, glume, grain) sur la descendance.

La descendance de *S. oryzae* élevée à une température de 30°C pendant les trois mois de stockage présente une légère augmentation des individus au niveau de l'épi et des glumes du blé tendre et du blé dur. Par contre un accroissement plus prononcées de cette espèce est enregistré dans les grains. Par ailleurs, la croissance de cette population est légèrement plus grande dans le blé tendre que le blé dur (fig. 5.1 et fig. 5.2)

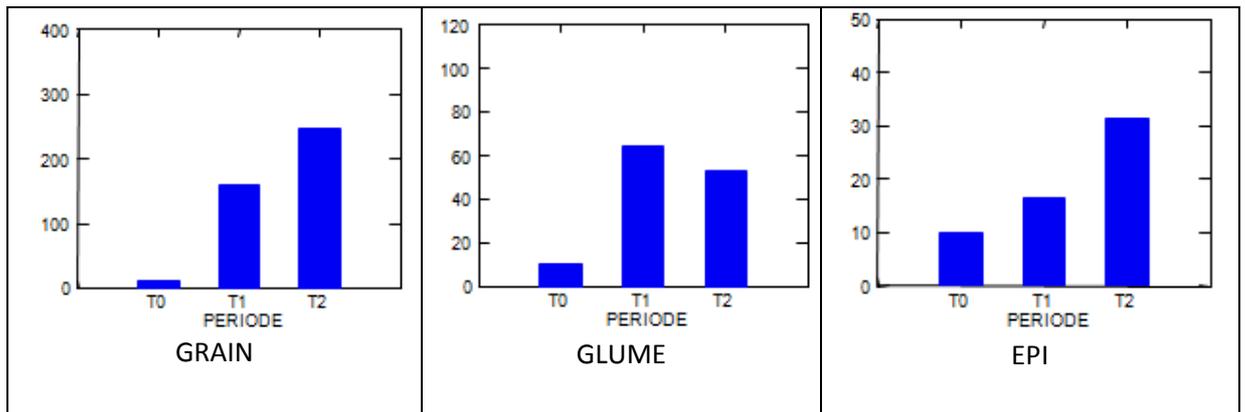


Fig. 5.1 Evolution de la descendance de *Sitophilus oryzae* en fonction deS différentes fractions du blé dur

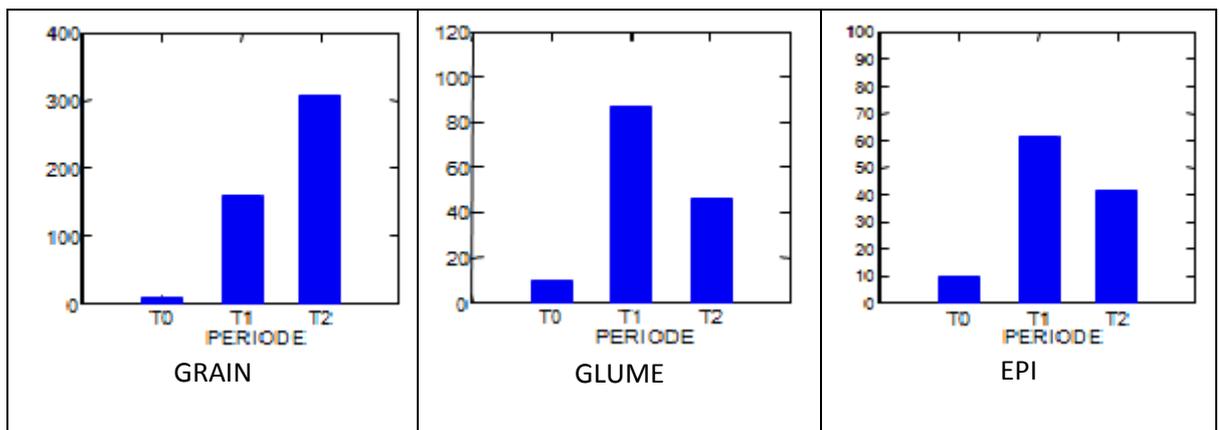


Fig. 5.2 Evolution de la descendance de *Sitophilus oryzae* en fonction des différentes fractions du blé tendre

T0 temps initiale de l'expérimentation, T1 un mois de stockage, T2 trois mois de stockage

Dans un même objectif, nous avons confronté les données brutes à une analyse de variance (GLM). C'est un test statistiques qui traite les facteurs d'une manière individuelle et sans qu'il y'ait des interactions.

Les résultats montrent une différence significative de l'effet fraction et période de stockage sur la descendance. Aucune différence significative n'a été signalée concernant l'effet hôte sur la descendance. (Tableau 5.1)

Tableau 5.1 Analyse de variance de l'évolution de la descendance de *Sitophilus oryzae* en fonction des fractions, des périodes et hôte

	Somme des carres	D.D.L	Moyenne des écarts	F.ratio	Prb
Hôte	2992.667	1	2992.667	0.678	0.415
Fraction	156972.148	8	19621.519	4.446	0.001
Période	119025.593	2	59512.796	13.485	0.000
Variable Intra	185362.407	42	4413.391	-	-

Les résultats présentés dans la figure 5.3 indiquent que le nombre d'individus de *S. oryzae* émergés est en fonction de la période de stockage.

Au cours du premier mois, un taux de 80 individus a été signalé. Alors que durant la deuxième période de stockage dont la durée a été de deux mois ; l'accroissement de la progéniture diminue. Ce résultat est peut être due au comportement de ponte qui est en relation avec la densité des grains.

D'après la figure (5.4), on constate que le nombre d'individus est nettement plus grand avec un taux de 145 en moyenne au niveau des grains contre 41 individus et moins de 30 individus respectivement aux niveaux des glumes et des épis. La présence des enveloppes explique, peut être pour une très large part, la variabilité de la résistance de l'épi et des glumes à l'insecte étudié.

Dans le but de vérifier les relations qui peuvent exister entre le facteur fraction et temps sur la descendance, nous avons traité les données par une analyse de la variance ANOVA qui permet de comparer les facteurs deux à deux par rapport à la variable descendance. Les résultats du tableau 5.2 confirment la présence d'une différence significative du facteur fraction-période.

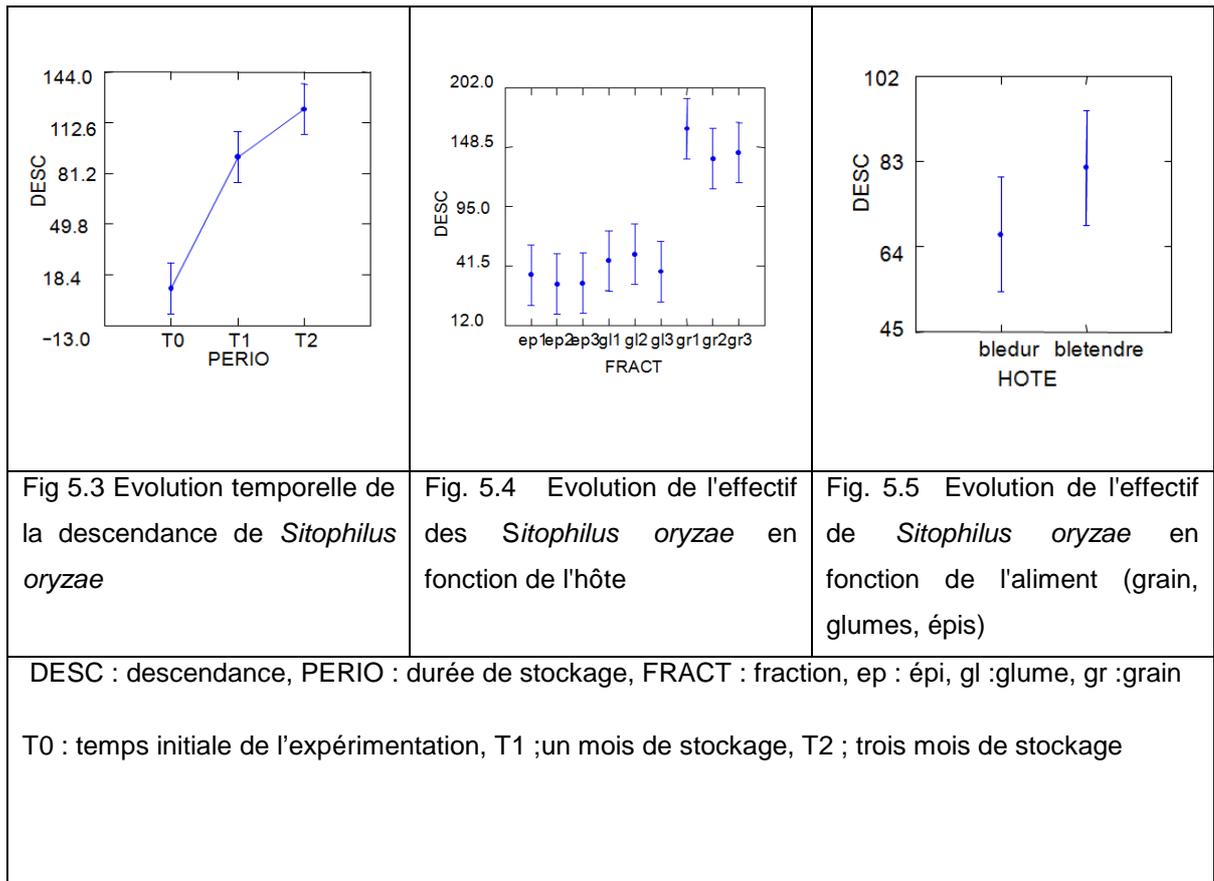


Tableau 5.2 Analyse de variance de l'évolution de l'effectif de *Sitophilus oryzae* en fonction des fractions, des périodes et de l'interaction fraction-période

	Somme des carres	D.D.L	Moyenne des écarts	F.ratio	Prb
Fraction	156972.148	8	19621.519	9.145	0.000
Période	119025.593	2	59512.796	27.737	0.001
Fraction-période	130424.074	16	8151.505	3.799	0.001
Variable intra	57931.000	27	2145.593	-	-

L'évolution temporelle de la descendance au cours du premier mois de l'infestation a enregistré un taux d'infestation de 40 individus en moyenne pour l'épi, de 70 individus pour les glumes et de plus de 120 pour les grains. Après trois mois d'infestation on a remarqué ( la figure 5.6) une nette augmentation de la descendance pour les grains qui dépasse dans certain cas les 300 individus contre une stabilité du nombre d'individus pour les glumes et les épis.

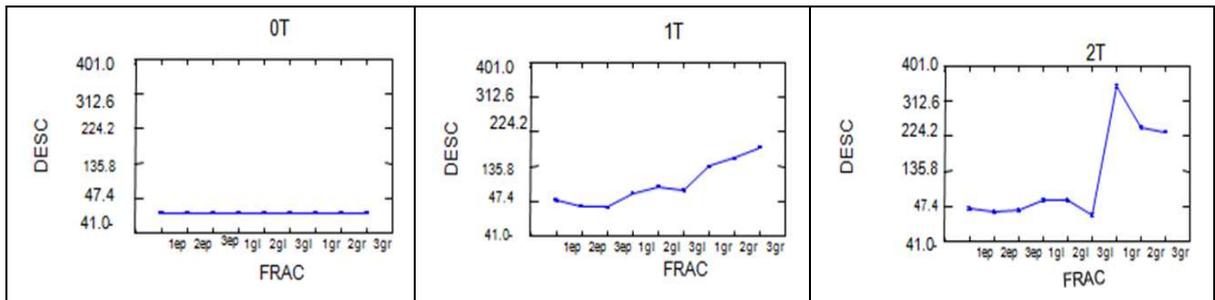


Fig. 5.6 Evolution temporelle de l'effectif de *Sitophilus oryzae* durant le stockage

DESC : descendance, FRACT : fraction, ep : épi, gl :glume, gr :grain

0T : temps initiale de l'expérimentation, 1T ;un mois de stockage, 2T ; trois mois de stockage

## 5.2. Variation des pertes de *Sitophilus oryzae* en fonction du temps et de l'hôte

Les pertes occasionnées par *S. oryzae* ont été estimés au niveau du blé dur, du blé tendre, de l'épi, des glumes et du grain durant les trois mois de stockage.

Nos résultats déduits à partir des histogrammes réalisés par le logiciel Systat montre un taux de pertes qui ne dépasse pas les 25% au niveau de l'épi et des glumes des échantillons du blé dur. (Figure 5.7)

Un taux de pertes légèrement plus élevés (presque 30%) est enregistré dans les échantillons du blé tendre en épi et en glumes.(figure 5.8)

Par contre les échantillons du blé tendre et dur en grain infestés par les dix individus de *S.oryzae* ont été complètement détruits.

Pour mettre en évidence l'effet de la période, des fractions (épis de glumes grains) et de l'hôte sur les pertes due à *Sitophilus oryzae* nous avons réalisée une analyse de variance (GLM).

Du tableau (5.3), il ressort nettement l'effet très hautement significatif du facteur fraction sur les pertes occasionnées par le charançon ( $p = 0.000$ ;  $p < 5\%$ ) où les grains représentent la fraction la plus sensible à l'attaque. Cette sensibilité diminue avec les glumes et l'épi (fig 5.9). Du même tableau, il ressort l'effet significatif du facteur temps ( $p=0.000$ ;  $p < 5\%$ ) où plus la durée d'infestation est longues plus les pertes due à ce ravageur primaire sont grande. (fig. 5.10

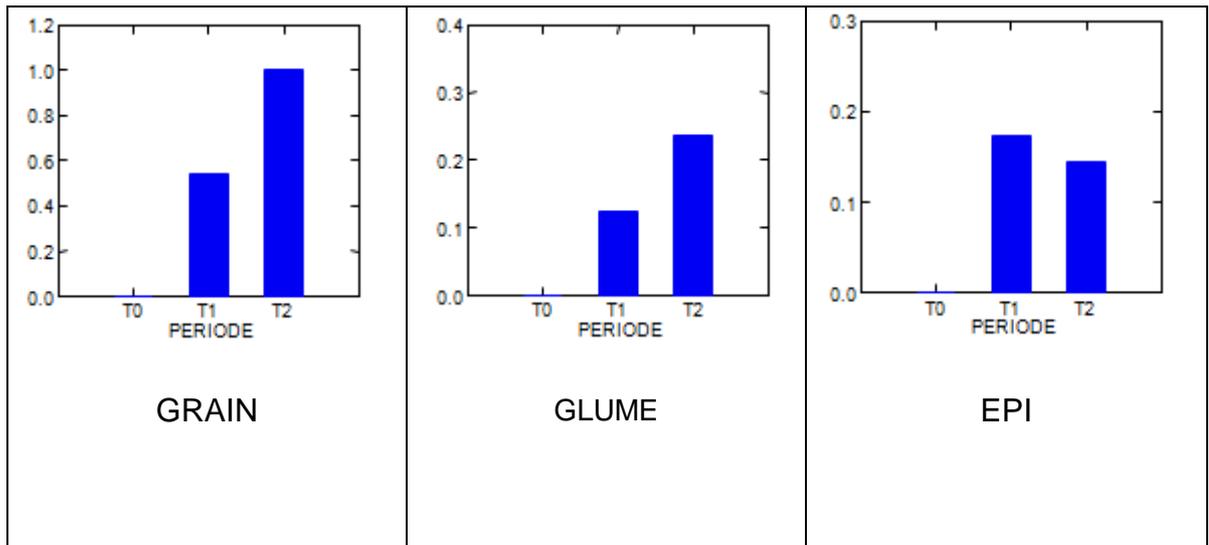


Fig. 5.7 Evolution des pertes occasionnées de *Sitophilus oryzae* en fonction de différentes fractions du blé dur

T0 temps initiale de l'expérimentation, T1 un mois de stockage, T2 trois mois de stockage

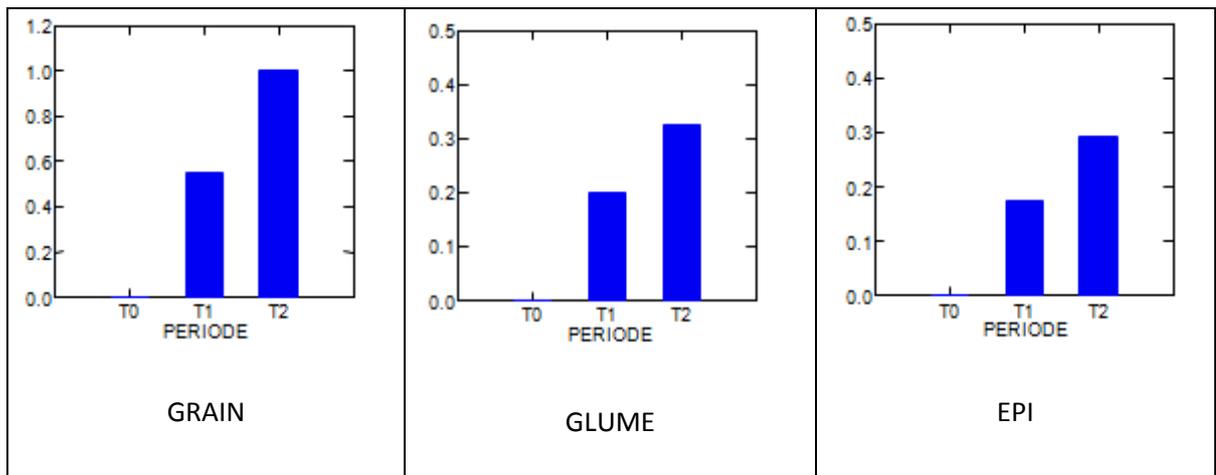


Fig. 5.8 Evolution des pertes occasionnées de *Sitophilus oryzae* en fonction de différentes fractions du blé tendre

T0 temps initiale de l'expérimentation, T1 un mois de stockage, T2 trois mois de stockage

Tandis que pour l'effet hôte, ce dernier n'a aucune influence significative sur les pertes. (tableau 5.3)

Pour déduire l'effet jumelé du facteur période-fraction sur les pertes occasionnées par *S. oryzae* nous avons traité les données par une analyse de la variance ANOVA qui permet de comparer les facteurs deux à deux par apport à la

variable descendance. Les résultats du tableau confirment la présence d'une différence significative

Cette variation des pertes au fil du temps d'infestation est hautement significatif ( $p$  (fraction- période) = 0.000;  $p < 5\%$ ) tableau (5.4). En effet la plus grande évolution des pertes est enregistrée dans les échantillons de blé en grains, alors que pour les échantillons des glumes et des épis, les taux de pertes sont peu prononcés dans le temps. (fig.5.12)

Tableau 5.3 Analyse de variance de l'évolution des pertes occasionnées par *Sitophilus oryzae* en fonction des fractions, des périodes et de l'hôte

	Somme Des Carres	D.D.L	Moyenne des écarts	F.Ratio	Prb
Hôte	0.030	1	0.030	1.008	0.321
Fraction	1.783	8	0.223	7.404	0.000
Période	2.259	2	1.129	37.509	0.000
Variable Intra	1.264	42	0.030	-	-

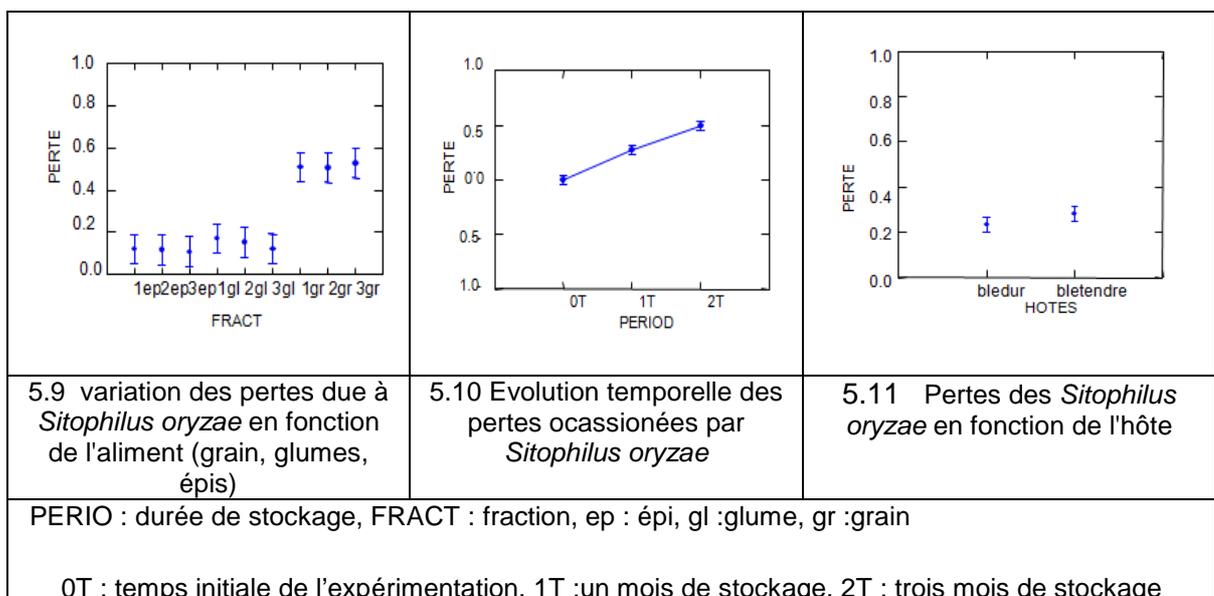


Tableau 5.4 Analyse de variance des pertes de *Sitophilus oryzae* en fonction des fractions, des périodes et de l'interaction fraction-période

	Somme Des Carres	D.D.L	Moyenne Des Ecarts	F.ratio	Prb
Fraction	1.783	8	0.223	1.783	0.000
Période	2.259	2	1.129	226.188	0.000
Fraction-période	1.160	16	0.073	14.522	0.000
Variable Inra	0.135	27	0.005	-	-

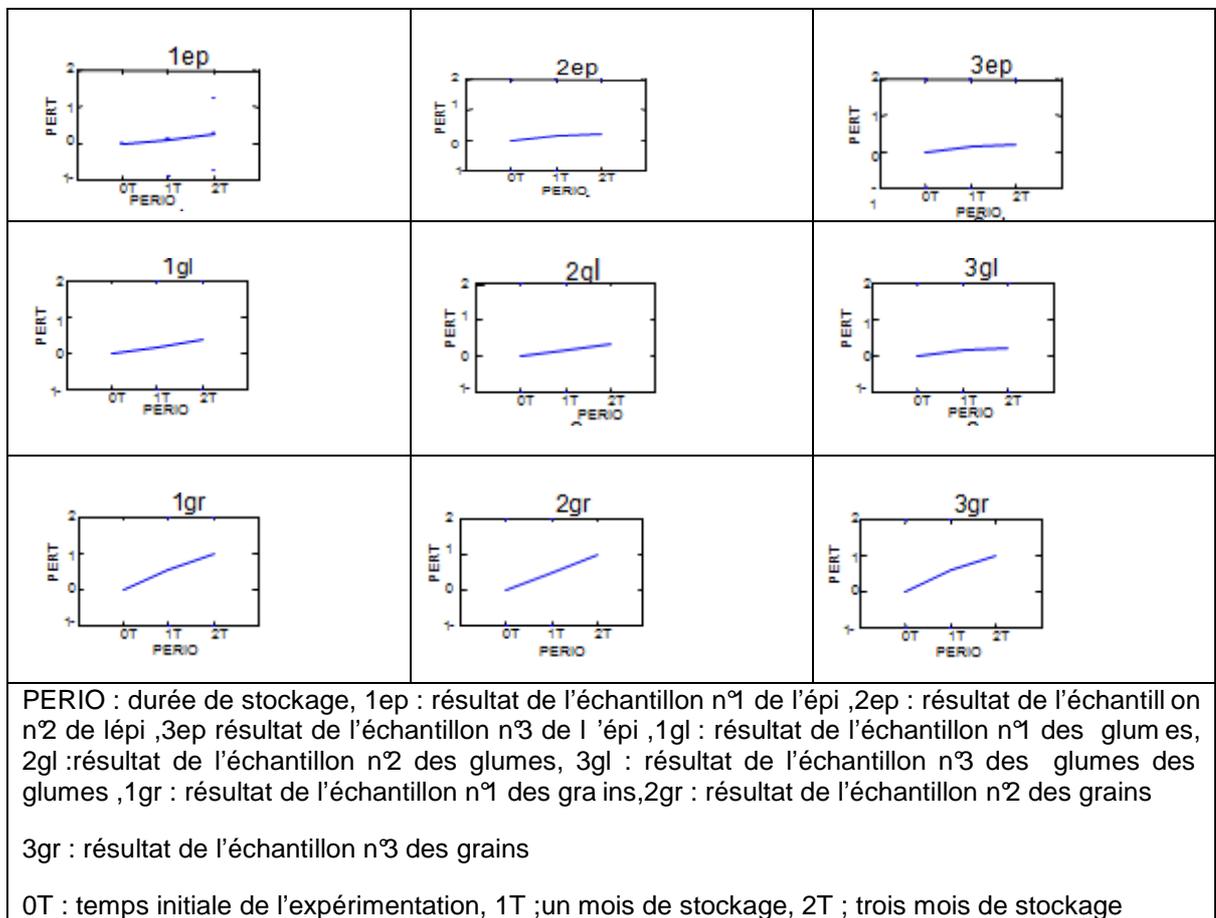


Fig. 5.12 Evolution temporelle des pertes occasionnées par *Sitophilus oryzae* durant le stockage

### 5.3 variation des réserves lipidiques de *Sitophilus oryzae* en fonction de l'hôte et la période de stockage

Au cours de notre expérimentation, nos résultats ont montré un accroissement échelonné du taux des réserves énergétiques lipidiques dans les grains du blé dur et du blé tendre. Tandis que pour l'épi et les glumes du blé tendre et dur infestés, une augmentation de ce taux est enregistrée au cours du premiers mois de stockage, puis il diminue dans la deuxième période de notre expérimentation. (fig 5.13, fig. 5.14)

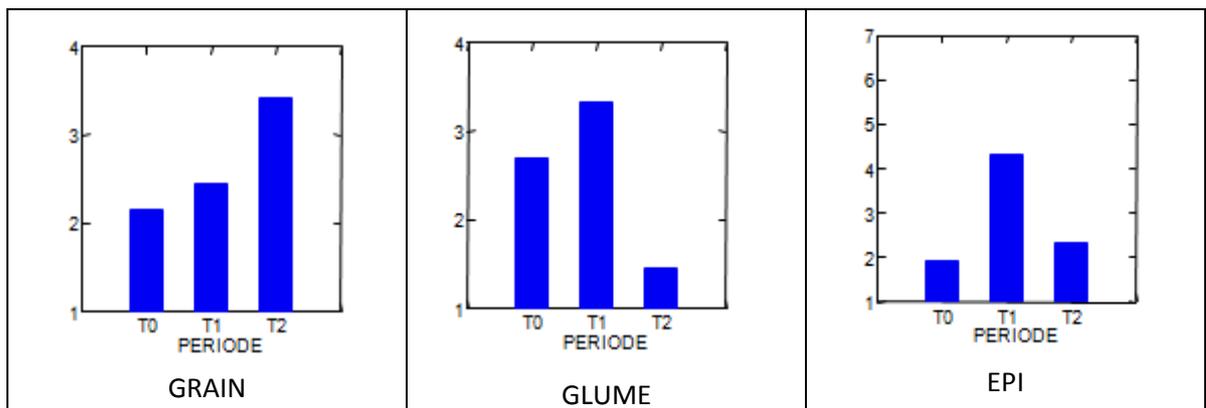


Fig. 5. 13 Evolution des réserves énergétiques lipidiques de *Sitophilus oryzae* en fonction de différentes fractions du blé dur  
T0 temps initiale de l'expérimentation, T1 un mois de stockage, T2 trois mois de stockage

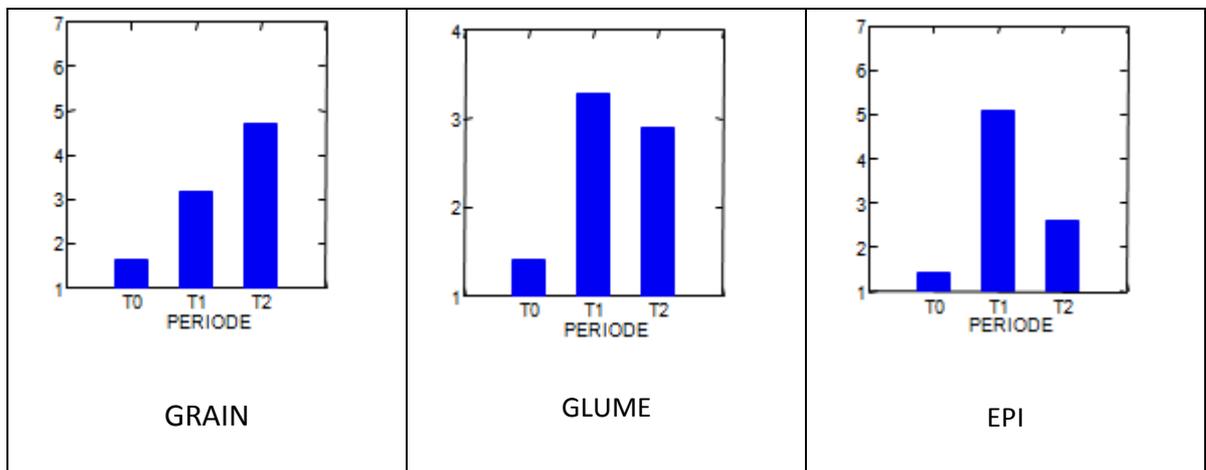
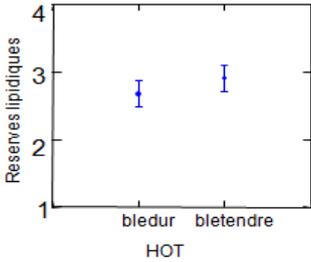
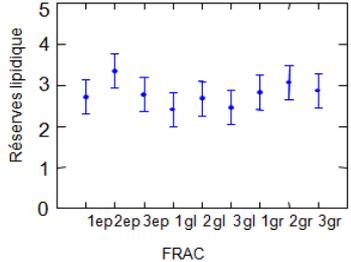
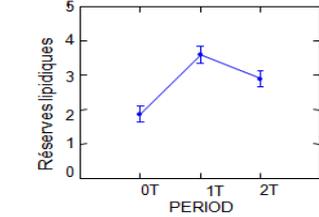


Fig. 5.14 Evolution des réserves énergétiques lipidiques de *Sitophilus oryzae* en fonction de différentes fractions du blé tendre

T0 temps initiale de l'expérimentation, T1 un mois de stockage, T2 trois mois de stockage

Dans le but de mettre en évidence l'effet de la période, de l'hôte et de la fraction sur les réserves énergétiques, on a déterminé les budgets lipidique cumulatifs chez les adultes de *Sitophilus oryzae* élevés sur blé tendre, *Triticum aestivum* L et blé dur *Triticum sativum* ; en épis, en glumes et en grains et stockés à une température de 28°C et 70% humidité relative (HR) p ar l'analyse de variance GLM

		
<p>Fig. 5.15 variation du taux des réserves lipidique de <i>Sitophilus oryzae</i> en fonction de l'hôte</p>	<p>Fig.5.16 variation du taux des réserves lipidique en fonction des fractions de l'hôte chez <i>Sitophilus oryzae</i></p>	<p>Fig. 5.17 variation temporelle des réserves lipidiques chez <i>Sitophilus oryzae</i></p>
<p>PERIOD : durée de stockage, hot :hôte, FRACT : fraction, ep : épi, gl :glume, gr :grain  OT : temps initiale de l'expérimentation, 1T ; un mois de stockage, 2T ; trois mois de stockage</p>		

Les réserves énergétiques lipidiques ne sont pas significative ( $p= 0.409$  ;  $p>5\%$ )(tableau5.5). Le même résultat est obtenus sur les différentes fractions de blé (épi, glumes et grain) ou les réserves lipidiques sont presque similaire, avec une accumulation plus grande mais non significative ( $p=0.862$  ;  $p>5\%$ ) chez les *Sitophilus* élevés au niveau de l'épi. (fig.5-16)

L'évolution des réserves lipidiques présente une variation temporelle hautement significative avec une probabilité de ( $p=0.000$  ;  $p>5\%$ )(tableau 5.5). En effet durant le premier mois d'infestation, on note un accroissement de ces derniers jusqu'à un taux supérieur à 3  $\mu\text{g/g}$ . Au cours de la deuxième durée de deux mois de stockage une diminution des lipides est signalée (fig. 5.17).

Tableau.5.5 Analyse de variance de l'évolution des réserves lipidiques en fonction des fractions, des périodes et hôte

	Somme Des Carres	D.D.L	Moyenne Des Ecart	F.Ratio	Prb
Hôte	0.728	1	0.728	0.696	0.409
Faction	4.026	8	0.503	0.481	0.862
Periode	27.323	2	13.662	13.063	0.000
Variable Inra	43.924	42	1.046	-	-

On analysant nos données par le test One Way ANOVA pour déduire les interactions périodes- fractions sur les réserves lipidiques de *S. oryzae* ;

Tableau 5.6 Analyse de variance des réserves énergétiques lipidiques de *Sitophilus oryzae* en fonction des fractions, des périodes et de l'interaction fraction-période

	Somme Des Carres	D.D.L	Moyenne Des Ecart	F.Ratio	Prb
Fraction	4.026	8	0.503	0.878	0.547
Période	27.323	2	13.662	23.826	0.000
Fraction-période	29.170	16	1.823	3.180	0.004
Variable INRA	15.482	27	0.573	-	-

Nos résultats ont montré, l'influences hautement significative (probabilité fractions-périodes = 0.004)(tableau 5.6) de la fraction et de l'hôte sur les réserves lipidiques où on remarque au cours du premier mois d'infestation un taux de lipides plus élevé chez la population d'insectes élevés dans l'épi. Ce taux est plus faible chez la descendance des glumes et nettement plus petite pour celle élevées au niveau du grain. Après trois mois d'infestation, ces taux se sont inversés et le taux le plus grand des lipides chez les adultes du charançon est signalé au niveau des insectes présent dans les grains avec une diminution de ce taux chez les individus présent dans les glumes et l'épi. Fig. 5.18

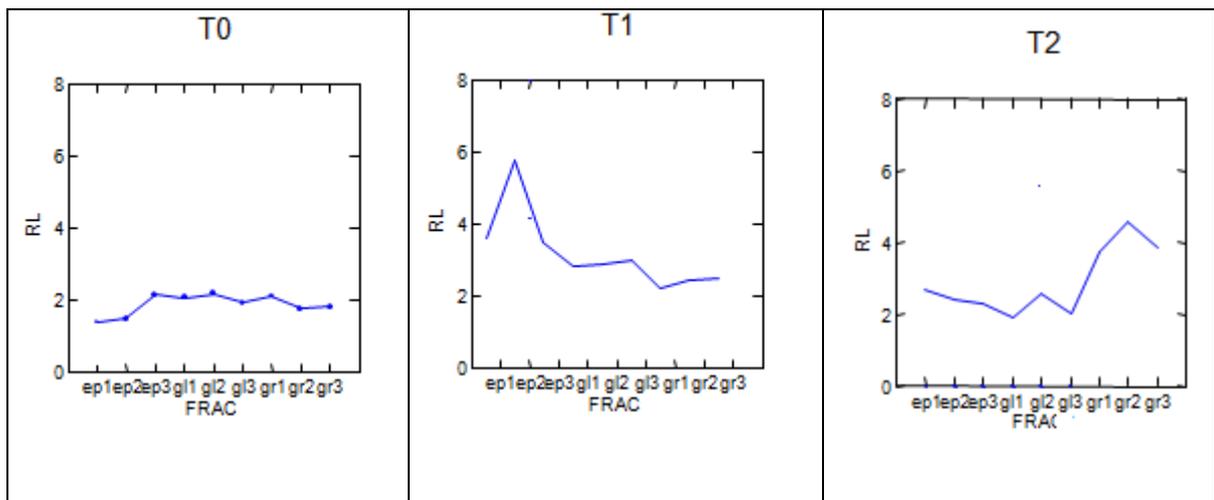


Fig.5.18 Evolution temporelle des réserves lipidiques de *Sitophilus oryzae* dans les différentes fractions du blé

RL : réserves énergétiques lipidiques, FRACT : fraction, ep : épi, gl : glume, gr : grain

T0 : temps initiale de l'expérimentation, T1 ;un mois de stockage, T2: trois mois de stockage

Cette évolution dans le temps est peut être liée au stress subi par la descendance de *Sitophilus oryzae* causés par la non disponibilité des éléments nutritifs accessibles.

#### 5.4 Relations entre réserves énergétiques lipidiques et descendance de *Sitophilus oryzae*

Nous avons estimé le lien existant entre les réserves lipidiques énergétiques et descendance chez *S. oryzae* évoluant sur trois types de substrats épis, grains et glumes.

nos résultats ont montré une présence d'une corrélation positive au seuil de probabilité de 5% entre les réserves lipidiques et l'effectifs de la descendance de *S. oryzae* dans les grains de blé dur et de blé tendre avec dur et de blé tendre avec des probabilités respectives (c.c.=0.783 ; p=0.0012), (c.c.=0.8839 ; p=0.001).(figure 5.19)

La même remarque est enregistrée au niveau des glumes où on note une corrélation positive entre les réserves énergétiques lipidiques et la descendance avec des probabilités respectives pour le blé dur et tendre. (c.c.= 0.9312;  $p=0.033$ ), (c.c.=0.9034;  $p=0.0008$ ) (figure 5.20)

Tandis que pour les épis aucune corrélation n'est enregistrée entre descendance et réserves lipidiques et descendances (figure 5.21)

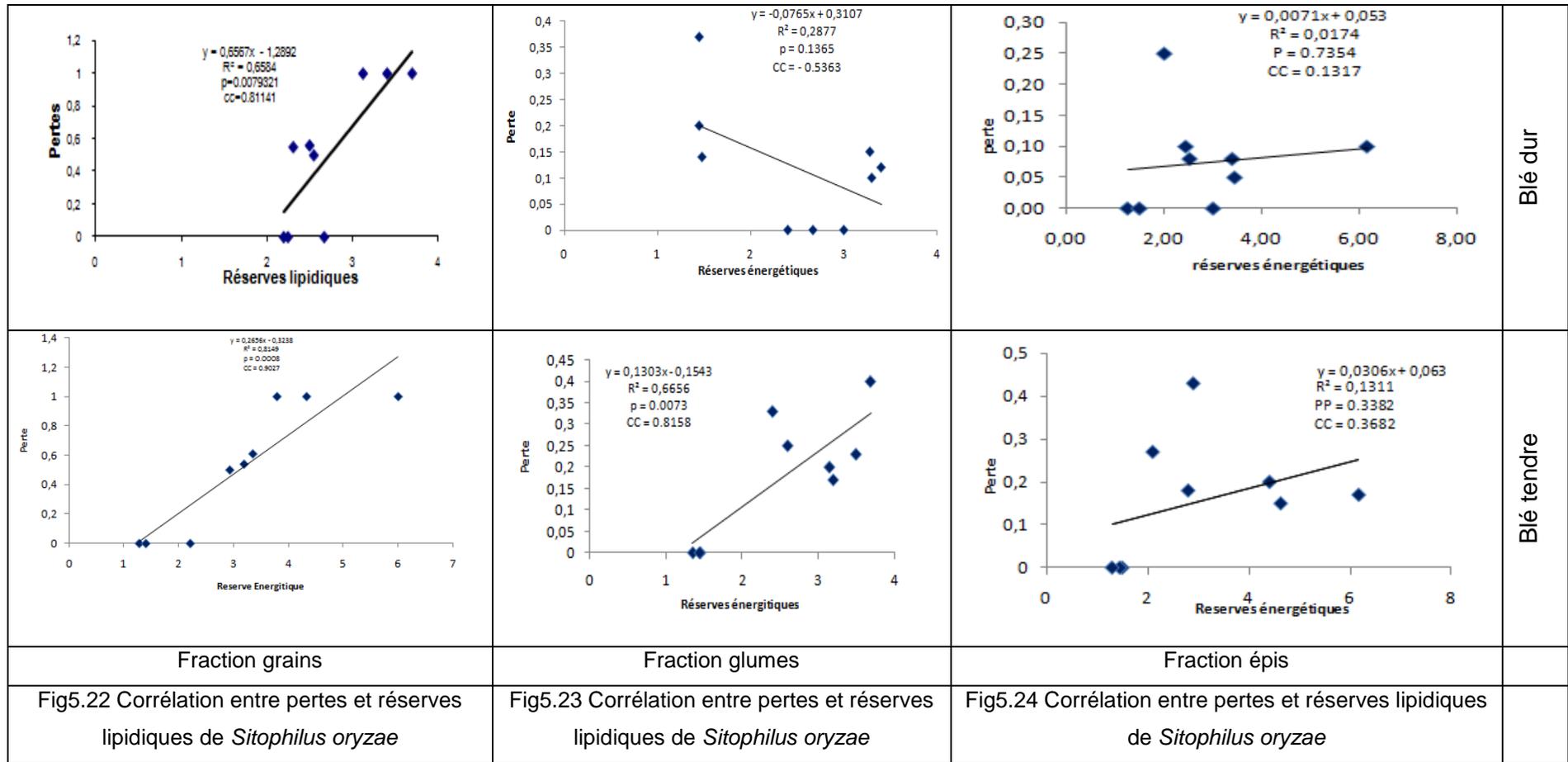
#### 5.5 Relation entre pertes et réserves lipidiques du *Sitophilus oryzae*

D'après nos résultats on remarque une présence d'une corrélation positive au seuil de probabilité de 5% entre les réserves lipidiques et les pertes occasionnées par *S. oryzae* dans les échantillons en grains avec une probabilité respectives pour le blé dur et tendre. (c.c.= 0.8158;  $p=0.0079$ ), (c.c.=0.5363;  $p=0.00085$ ) (figure 5.22).

Pour les glumes seul le blé tendre présente une corrélation avec une probabilité de  $p=0.0079$  (figure 23)

Au niveau de l'épi notre étude a révélé la non existence de corrélation entre les pertes et les réserves lipidiques.(figure 5.24)

			Blé dur		
			Blé tendre		
Fraction grains	Fraction glumes	Fraction épis			
<p>Fig. .5 .19 Corrélation entre réserves lipidiques et descendance de <i>Sitophilus oryzae</i></p>			<p>Fig5.20 Corrélation entre réserves lipidiques et descendance de <i>Sitophilus oryzae</i></p>	<p>Fig5.21 Corrélation réserves lipidiques et descendance de <i>Sitophilus oryzae</i></p>	



### 5.6 Relation entre pertes et descendance de *Sitophilus oryzae*

D'après nos résultats on remarque une présence d'une corrélation positive et hautement significative au seuil de probabilité de 5% entre les pertes et l'effectif de *S. oryzae* dans les grains de blé tendre avec une probabilité de  $p=0.00051$ . Dans le blé dur la même remarque est notée avec une probabilité  $p= 0.00034$  et un coefficient de corrélation de  $cc=0.8529$  pour le blé dur et  $cc=0.9162$  pour le blé tendre. (figure 5.25)

Pour les glumes notre étude a enregistré une corrélation non significative entre les pertes et l'effectif du charançon dans le blé tendre ( $p=0.1051$ ) et une corrélation à la limite de la signification  $p=0.048$  pour le blé dur ou le coefficient de corrélation est  $cc=0.5792$  (figure 5.26). En contre partie au niveau de l'épi une corrélation non significative est enregistrée. (figure 5.27)

<p> <math>y = 0,0031x + 0,0865</math>  <math>R^2 = 0,7275</math>  <math>p = 0,0034</math>  <math>CC = 0,8529</math> </p>	<p> <math>y = 0,0021x + 0,036</math>  <math>R^2 = 0,3844</math>  <math>p = 0,0480</math>  <math>CC = 0,6705</math> </p>	<p> <math>y = 97,368x + 12,193</math>  <math>R^2 = 0,2658</math>  <math>P = 0,5155</math>  <math>CC = 0,1554</math> </p>	<p>Blé dur</p>
<p> <math>y = 0,0028x + 0,0732</math>  <math>R^2 = 0,8395</math>  <math>p = 0,0005</math>  <math>CC = 0,9162</math> </p>	<p> <math>y = 0,0024x + 0,06</math>  <math>R^2 = 0,3309</math>  <math>p = 0,1051</math>  <math>CC = 0,5752</math> </p>	<p> <math>y = 0,0022x + 0,0716</math>  <math>R^2 = 0,1892</math>  <math>p = 0,2419</math>  <math>CC = 0,4349</math> </p>	<p>Blé tendre</p>
<p>Fraction grains</p>	<p>Fraction glumes</p>	<p>Fraction épis</p>	
<p>Fig5.25 Corrélation entre les pertes et descendances de <i>Sitophilus oryzae</i></p>	<p>Fig5.26 Corrélation entre les pertes et descendances de <i>Sitophilus oryzae</i></p>	<p>Fig5.27 Corrélation entre les pertes et descendances de <i>Sitophilus oryzae</i></p>	

### 5.7 Variation de la teneur en eau en fonction de l'hôte et la durée de stockage

Pour mettre en évidence les variations de la teneur en eau en fonction de la période, la fraction (épi, glume, grain) et de l'hôte, nous avons estimé les tendances généraux des variables par le biais du logiciel Systat.

Globalement, les histogrammes mettent en évidence les variations de la teneur en eau du blé tendre et du blé dur ainsi que de leurs fractions au cours du stockage. Une augmentation de la teneur en eau du blé tendre et du blé dur est signalée durant la période de stockage. Cette élévation est plus prononcée au niveau des grains de blé tendre et dur qu'au niveau des glumes et des épis qui enregistre une teneur moins importante. (Fig.5.28, figure5.29)

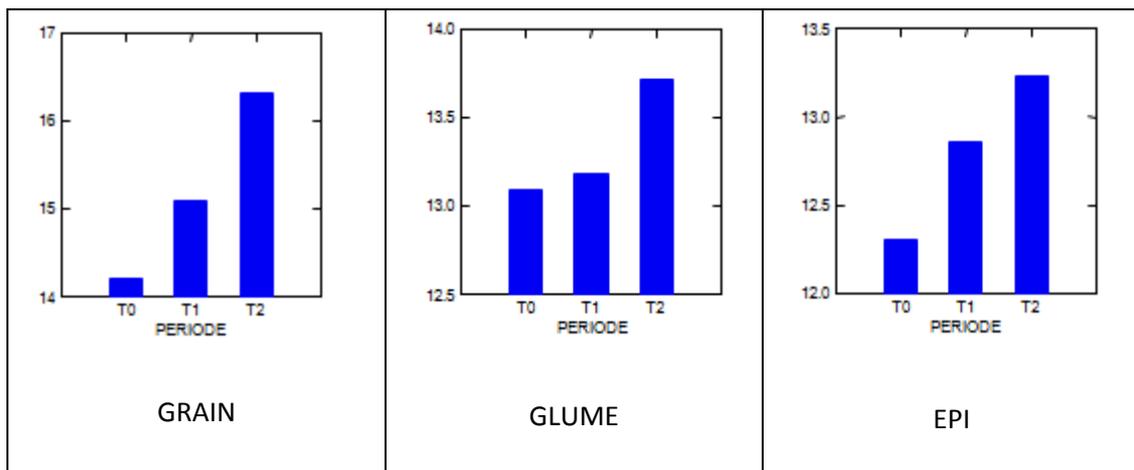


Fig. 5.28 influence de la durée de stockage et des fractions sur la teneur en eau du blé dur

T0 temps initiale de l'expérimentation, T1 un mois de stockage, T2 trois mois de stockage

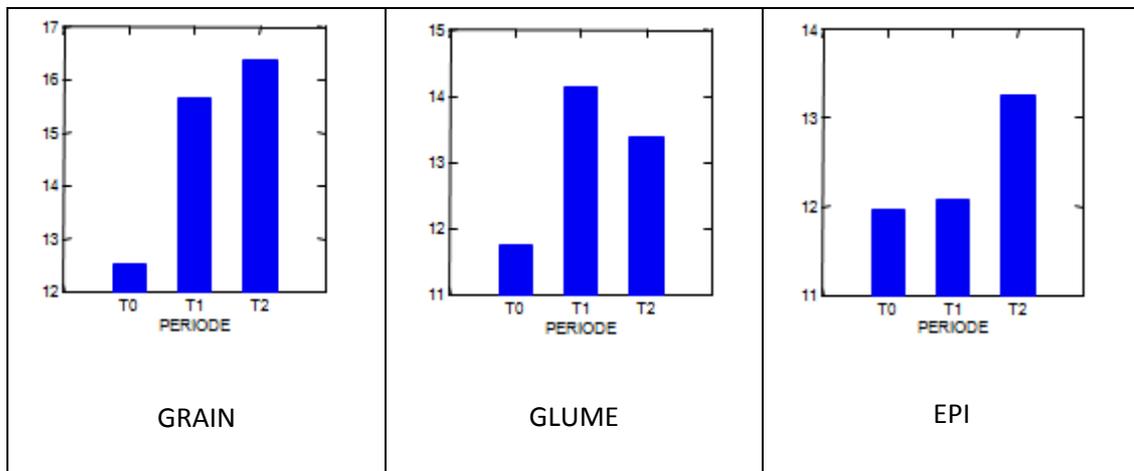


Fig. 5.29 influence de la durée de stockage et des fractions sur la teneur en eau du blé tendre

T0 temps initiale de l'expérimentation, T1 un mois de stockage, T2 trois mois de stockage

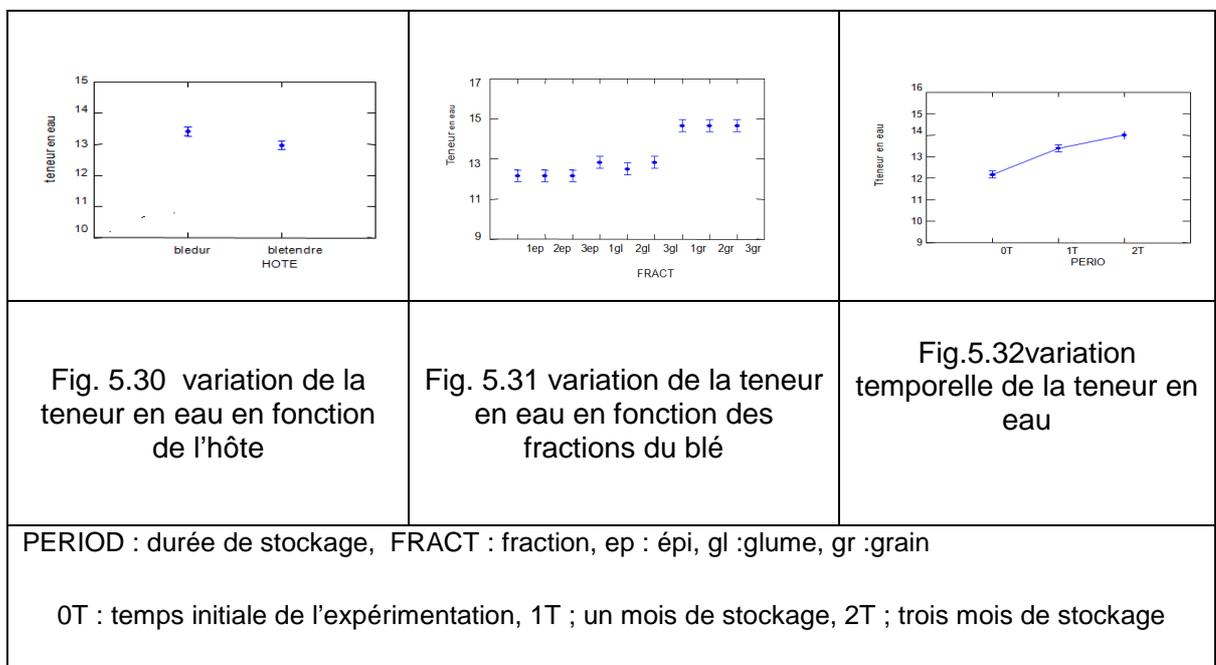
Nous avons rapproché les données brutes de la variation temporelle (durée d'infestation) de la teneur en eau aux différentes fractions (épi, glumes et grains) du blé tendre et dur à une analyse de variance (GLM).

Nos résultats ont montrés une différence significative de la teneur en eau entre blé tendre et blé dur avec une probabilité ( $P=0.028$  ;  $P<5\%$ ) (tableau5.7) où la teneur en eau la plus élevée est enregistrée au niveau du blé dur (fig.5.30). Dans le tableau (5-7) le facteur fraction présente une probabilité hautement significative ( $p=0.000$  ;  $p<5\%$ ) où la plus grande teneur en eau est enregistrée dans les grains suivis des glumes puis en derniers les épis.(fig.5.31)

Par ailleurs, le facteur temps présente aussi une différence hautement significative ( $p=0.000$  ;  $P<5\%$ ) où on note une augmentation de la teneur en eau au fil de la durée d'infestation (Figure 5.32)

Tableau.5.7 Analyse de variance de la variation de la teneur en eau en fonction des fractions, des périodes et de l'hôte

	Somme Des Carres	D.D.L	Moyenne Des Ecarts	F.Ratio	Prb
Hôte	2.667	1	2.667	5.178	0.028
Faction	62.481	8	7.810	15.166	0.000
Période	31.370	2	15.685	30.457	0.000
Variable Inra	21.630	42	0.515		



### 5.8 Variation du taux de tanin condensé totaux en fonction de l'hôte et la durée de stockage

Les figures ci-dessous font apparaître l'effet de l'hôte, de la durée de stockage et de la fraction sur les variations du taux des tanins condensés.

D'après la figure on remarque que le taux des tanins diminue au niveau des échantillons du blé tendre et du blé dur pendant la durée de stockage (figure 5.33, fig. 5.34). Tandis que pour l'effet fractions sur le taux des tanins, on

enregistre des fluctuations asymétriques de ces derniers au niveau des épis, des glumes et des grains. (Figure 5.33)

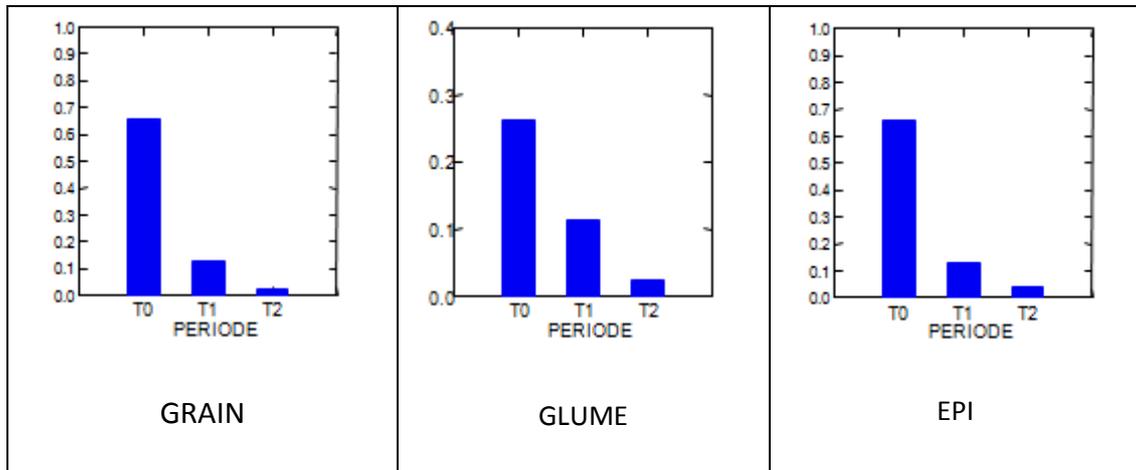


Fig.5.33 variation du taux de tanins condensés en fonction de la durée de stockage dans le blé dur

T0 temps initiale de l'expérimentation, T1 un mois de stockage, T2 trois mois de stockage

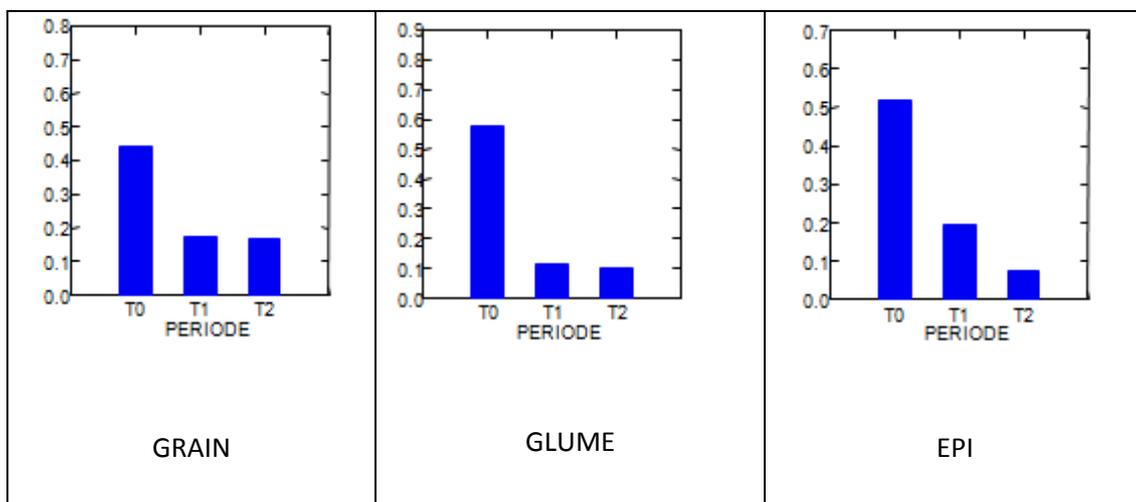


Fig. 5.34 Variation du taux de tanins condensés en fonction de la durée de stockage dans le blé tendre

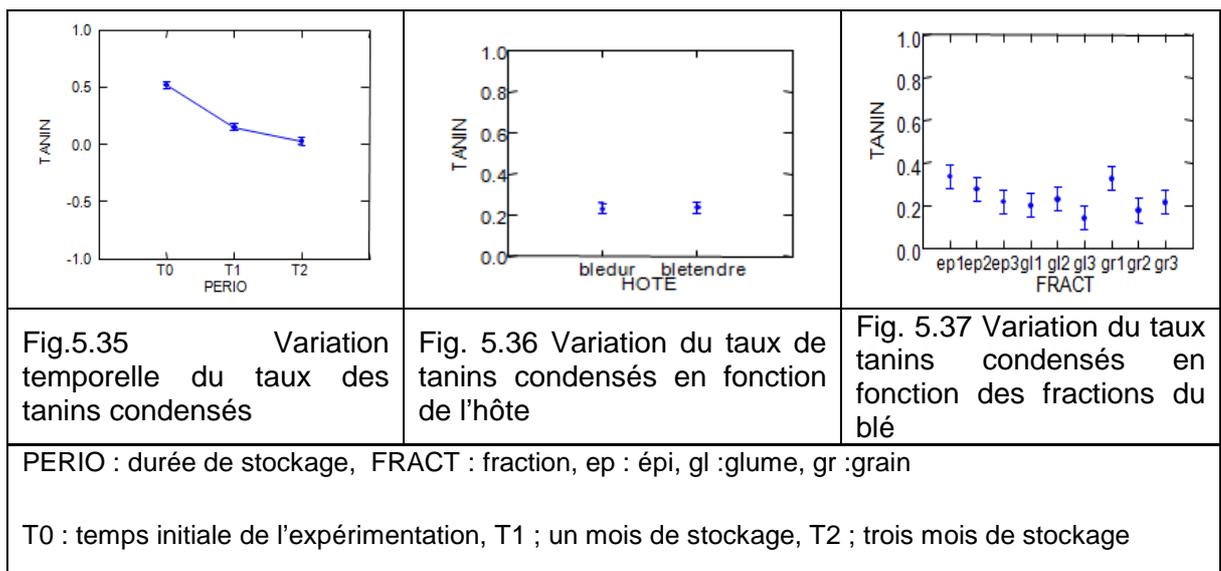
T0 temps initiale de l'expérimentation, T1 un mois de stockage, T2 trois mois de stockage

La réalisation d'une analyse de variance GLM dans le but de déduire les variations du taux de tanin en fonction de la période de la fraction et de l'hôte a démontré dans le (tableau 5.8) que seul la durée de stockage présente une

probabilité hautement significative ( $p=0.000$  ;  $p<5\%$ ) avec un taux de tanin qui diminue dans le temps (figure 5.35). Pour le facteur fraction et hôte aucun effet n'est à signalés

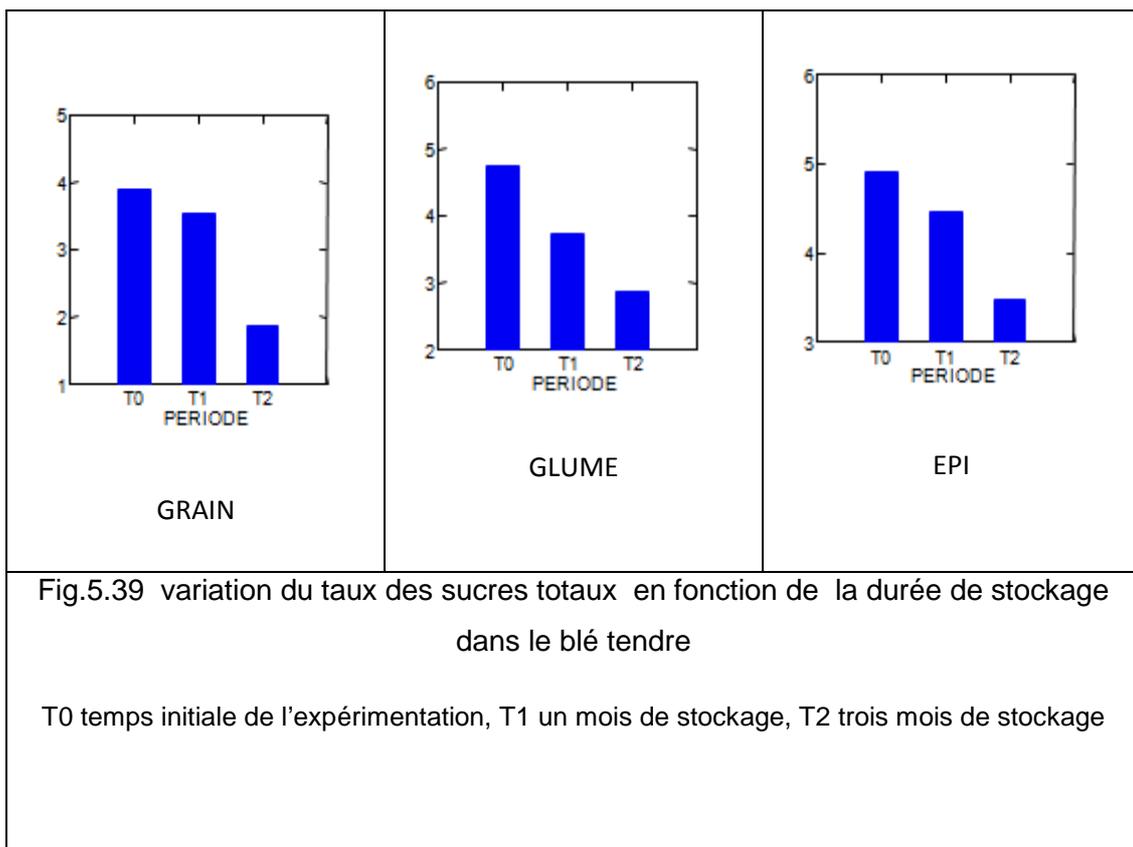
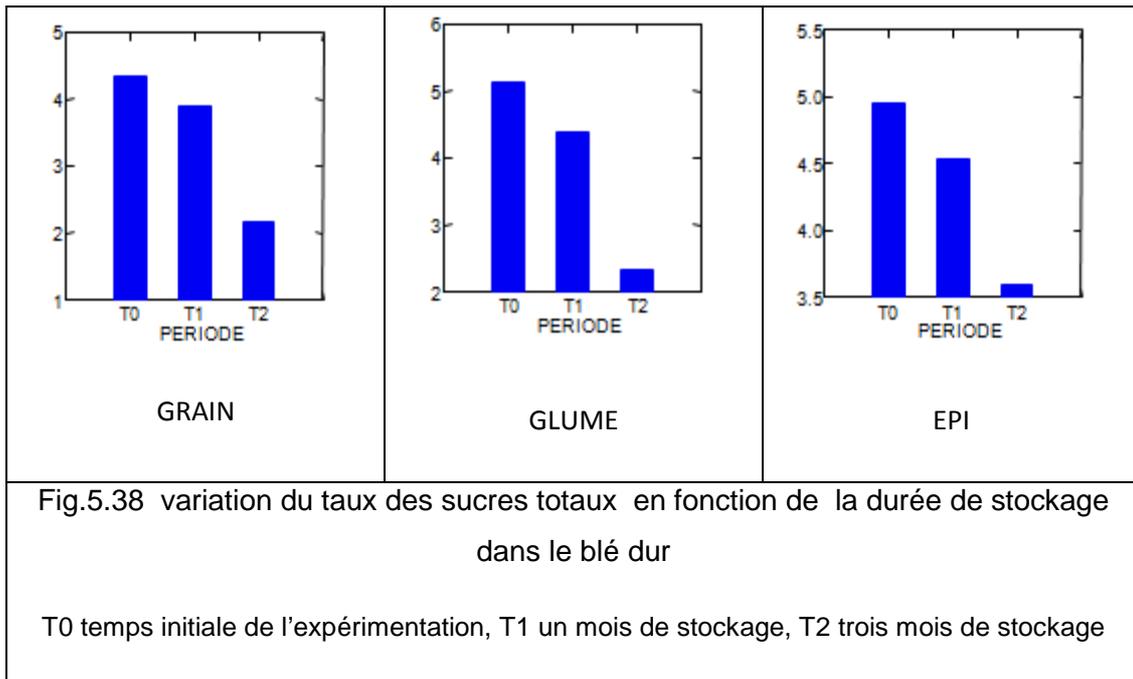
Tblea5.8 Analyse de variance de la variation du taux de tanin condensé en fonction des fractions, des périodes et de l'hôte.

	Somme Des Carres	D.D.L	Moyenne Des Ecarts	F.Ratio	Prb
Fraction	0.205	8	0.026	1.340	0.251
Période	2.345	2	1.172	61.349	0.000
Hôte	0.000	1	0.000	0.006	0.937
Variable Intra	0.803	42	0.019	-	-



### 5.9 Variation du taux des sucres totaux en fonction de l'hôte et la durée de stockage

D'après la figure (5.38, 5.39) on remarque que le taux des sucres totaux diminue dans le blé tendre et le blé dur pendant la durée de stockage . Tandis que pour l'effet fractions sur le taux des sucres totaux, on enregistre le taux le plus élevé au niveau des épis et des glumes (figure 5.38 , figure 5.39)



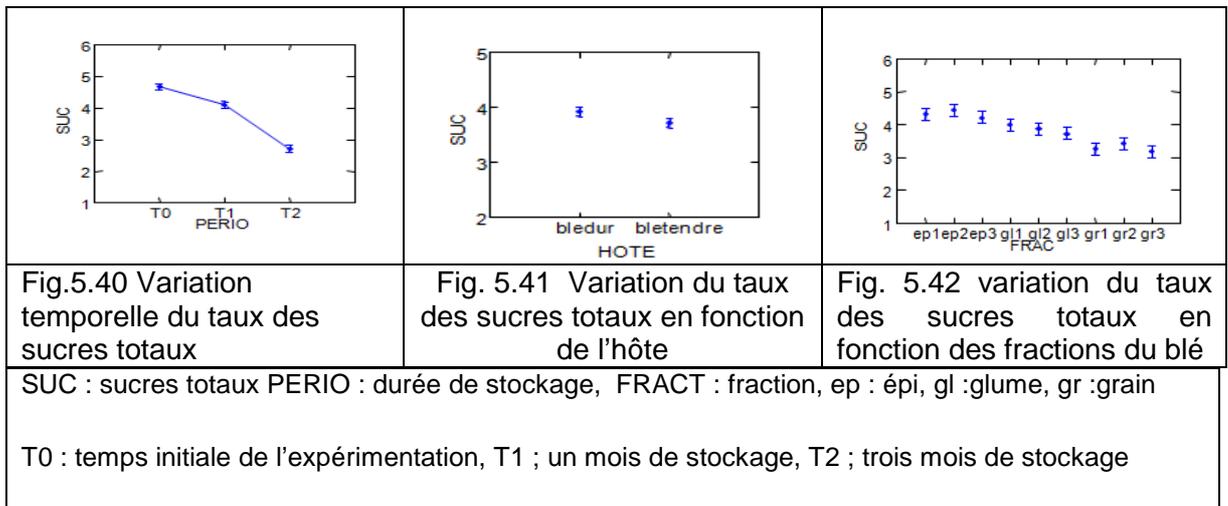
La réalisation d'une analyse de variance GLM a mis en évidence dans le (tableau 5.9) que le facteur fraction présente un effet hautement significatif

( $p=0.000$  ;  $p<5\%$ ) sur la variation du taux de sucres totaux. Par ailleurs le taux le plus élevé est enregistré au niveau des épis (figure 5.36) .

La Durée de stockage a aussi un effet hautement significative ( $p=0.000$  ;  $p<5\%$ ) sur le taux des sucres totaux ; ce dernier diminue de plus en plus durant la période de notre expérimentation. (Figure 5.35).

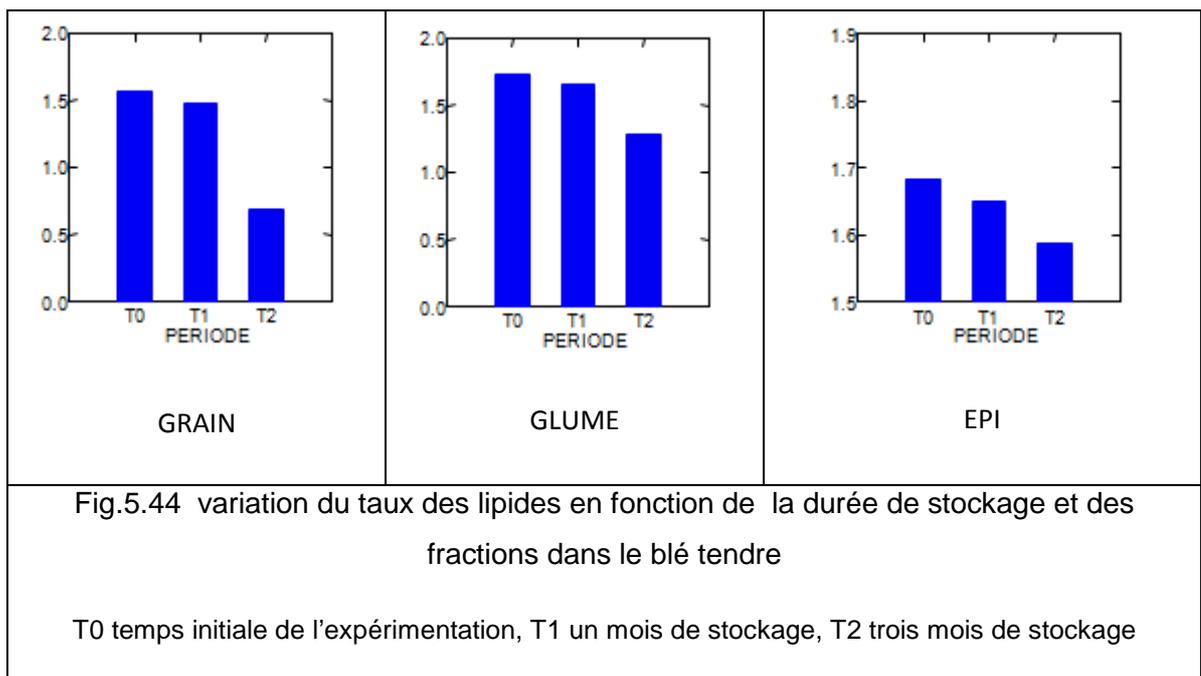
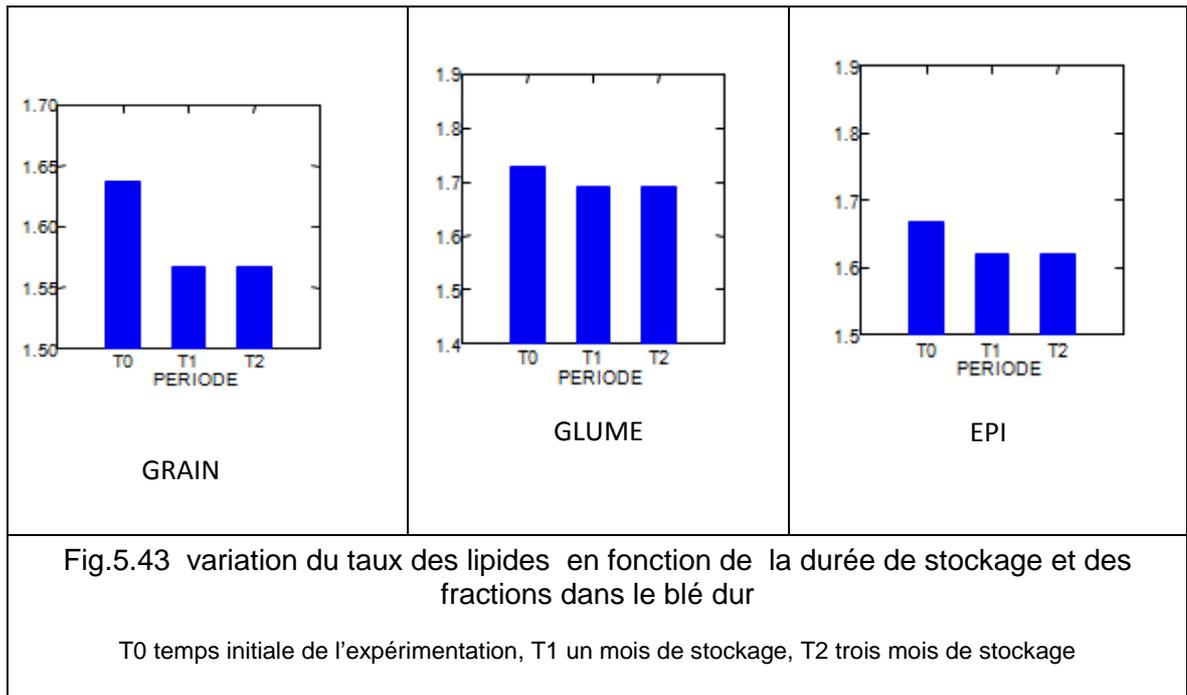
Tbleau.5.9 Analyse de variance de la variation du taux des sucres totaux en fonction des fractions, des périodes et de l'hôte

	Somme Des Carres	D.D.L	Moyenne Des Ecart	F.Ratio	Prb
Fraction	10.229	8	1.279	6.357	0.000
Période	36.167	2	18.083	89.906	0.000
Hôte	0.565	1	0.565	2.810	0.101
Variable Inra	8.448	42	0.201	-	-



### 5.10 Variation du taux des lipides en fonction de l'hôte et de la durée de stockage

D'après l'histogramme de la (figure 5.43 , 5.44) qui mis en évidence les variations du taux des matières grasses en fonction de l'hôte et de la durée du stockage, on remarque une diminution du taux des lipides durant la durée de stockage dans le blé tendre ainsi que dans le blé dur.



Ce taux des lipides est variable selon les fractions où les épis et les glumes enregistrent les plus grande valeurs et les préservent durant la durée de stockage

Le taux des matières grasses a été confronté à l'effet des facteurs hôte, fraction et la période de stockage par le biais d'une analyse de variance GLM. L'analyse a montré la présence d'une différence hautement significatif des taux

lipidiques au niveau des fractions ( $p=0.008$  ;  $p<5\%$ ) où les glumes et les épis se révèlent être les fractions dont le taux des lipides est le plus prononcés (tableau 5.10) (figure 5.46).

La durée de stockage a aussi exprimé un effet hautement significative ( $p=0.000$  ;  $p<5\%$ ) sur le taux des lipides; ce dernier diminue légèrement au cours du premier mois d'infestation puis cette diminution s'accroît au niveau des deux mois précédents (tableau 5.10) (Figure 5.47). Enfin le facteur hôte ne présente aucun effet sur le taux des lipides (Tableau 5.10)

Dans le but d'examiner les relations qui peuvent exister entre le facteur fraction et la période de stockage, nous avons traité les données par une analyse de la variance ANOVA qui permet de comparer les facteurs deux à deux par rapport à la variable taux de lipides. Les résultats du tableau 5.11 confirment la présence d'une différence significative de l'interaction des facteurs fraction x période.

Cette variation du taux de matières grasses au fil du temps d'infestation est hautement significative ( $p=0.001$ ;  $p<5\%$ ) tableau (5.11). En effet la plus grande diminution est enregistrée dans les échantillons de blé en grains, alors que pour les échantillons des glumes et des épis les taux de pertes sont peu prononcés dans le temps.(fig.5.48)

Tableau.5.10 Analyse de variance de la variation du taux des lipides en fonction des fractions, des périodes et de l'hôte

	Somme Des Carres	D.D.L	Moyenne Des Ecart	F.Ratio	Prb
Hôte	0.027	1	0.027	0.912	0.345
Faction	0.739	8	0.092	3.106	0.008
Période	0.613	2	0.306	10.309	0.000
Variable Intra	1.248	42	0.030	-	-

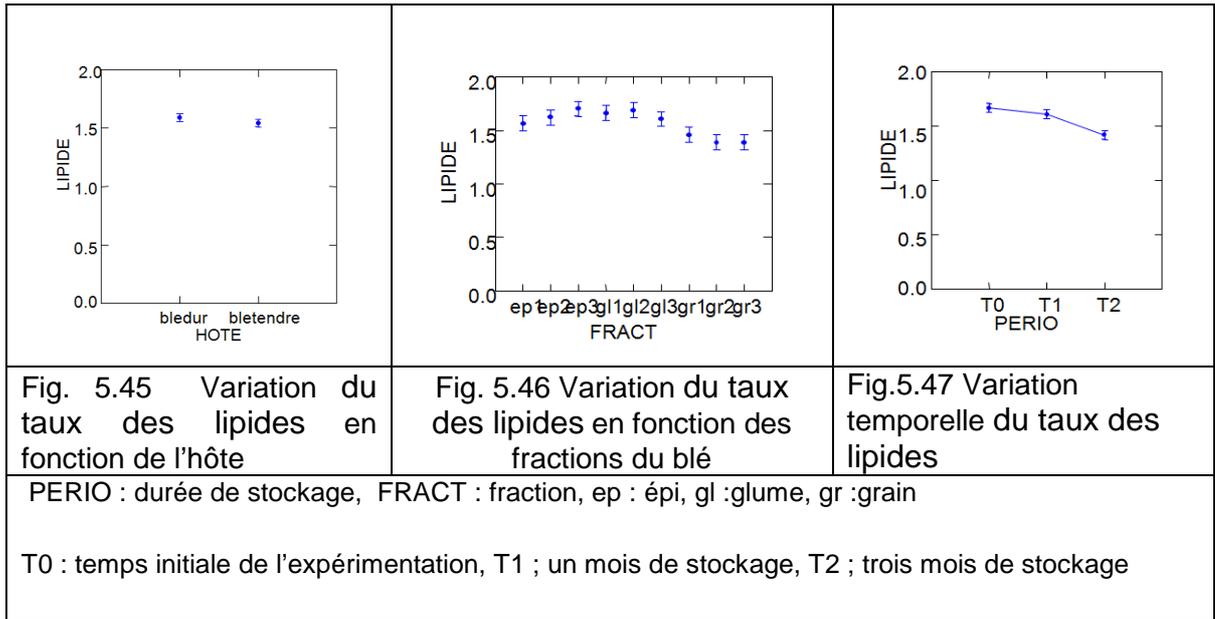
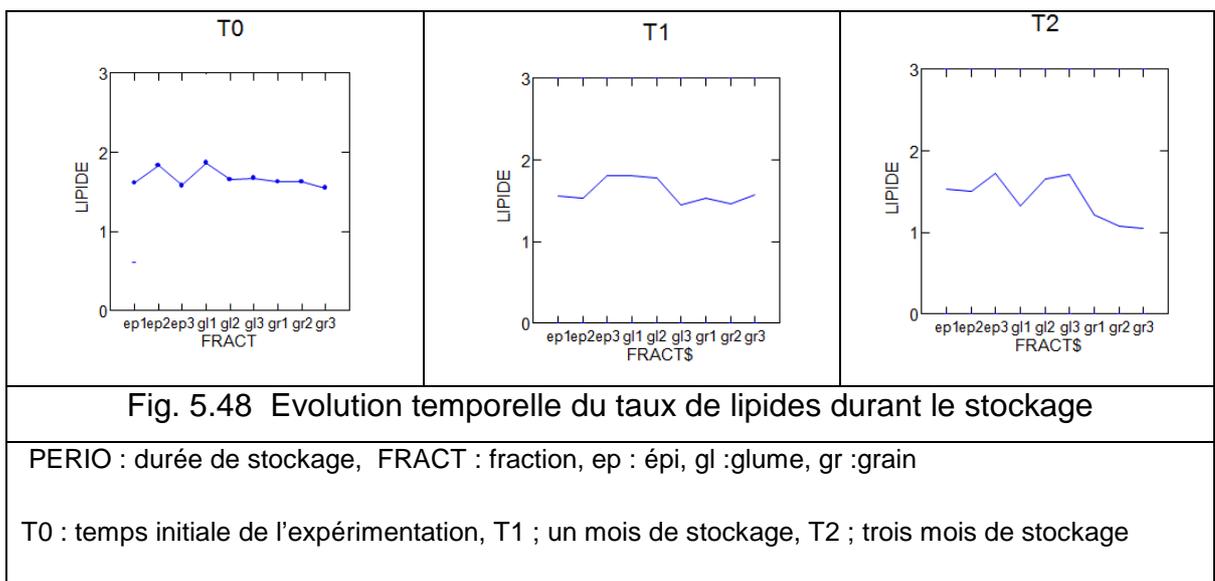


Tableau 5.11 Analyse de variance de la variation du taux de lipides en fonction des fractions, des périodes et de l'interaction fraction-période

	Somme Des Carres	D.D.L	Moyenne Des Ecarts	F.ratio	Prb
Fraction	0.739	8	0.092	6.451	0.000
Période	0.613	2	0.306	21.410	0.000
Fraction-période	0.889	16	0.056	3.883	0.001
Variable Intra	0.386	27	0.014	-	-



### 5.11 relation entre la qualité phytochimique des fractions du blé , le potentiel biotique de *Sitophilus oryzae* et les pertes

Nous avons essayé de corrélérer la qualité phytochimique des fractions des blés avec le potentiel biotiques de *S. oryzae* en relation avec les incidences de pertes.

Le recours à l'analyse multi varié (A.C.P.) nous a permis de déceler les liens existant entre les différents facteurs .Le principe de cette analyse statistique et descriptive. Elle résume les plus grandes interactions entre la qualité physico-chimique des fractions de blé tendre et de blé dur (sucres totaux, teneur en eau, taux de lipides et taux de tannin) et les critères biologiques de *Sitophilus oryzae* qui sont la descendance et les pertes occasionnées.

Le plan 1, 2 est retenu ( $ACP_1= 76.38\%$ ,  $ACP_2 =12.98\%$ ) car il rend compte d'une contribution maximale sur les corrélations existantes entre les composantes physico-chimiques du blé, la descendance et les pertes.

La classification hiérarchique ascendante basée sur le calcul des distances euclidiennes montre la présence de trois groupes de statut constitutifs différents (fig. 5.44 et 5.45)

- le premier groupe (cercle bleu) est corrélé avec les pertes occasionnées par *Sitophilus oryzae*, la teneur en eau de blé et la descendance.
- le deuxième groupe (cercle jaune) ne présente aucune corrélation
- le troisième groupe (cercle vert) est corrélé aux lipides aux sucres totaux et aux tanins condensés du blé

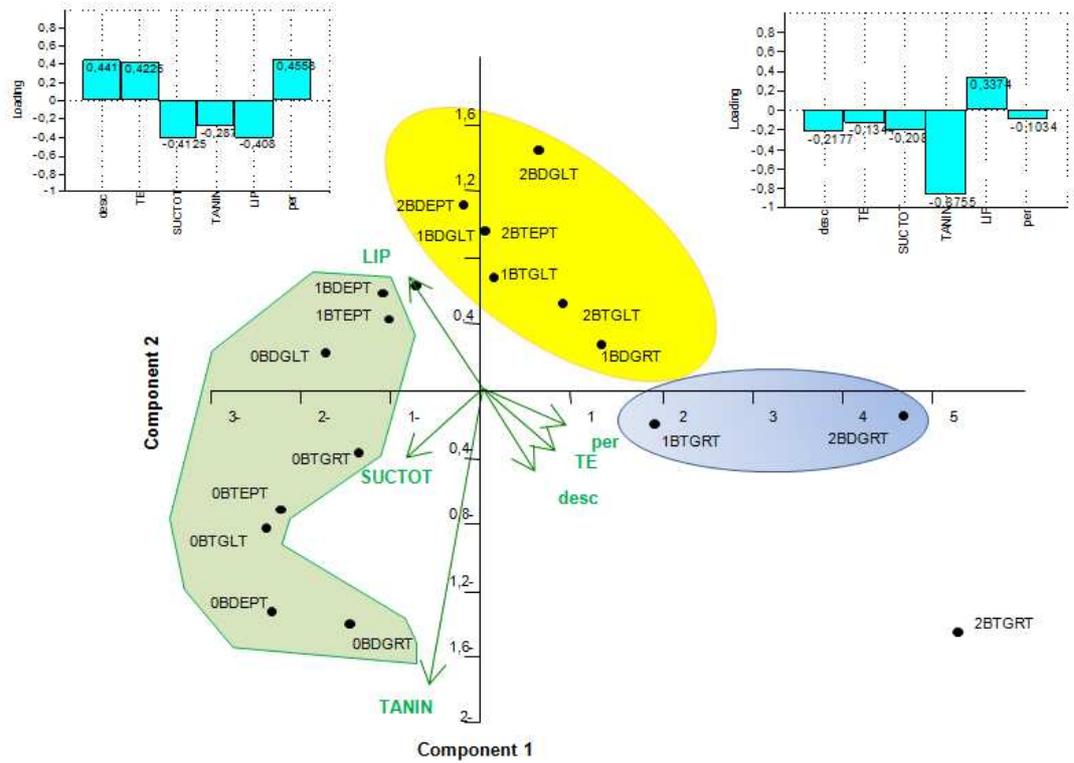


Figure 5.49 Corrélations entre les variables et les axes principaux dans l'analyse en composantes principale pour les caractéristiques analytiques de blé dur et tendre (épi, glume et grain) et la descendance et les pertes de *Sitophilus oryzae*

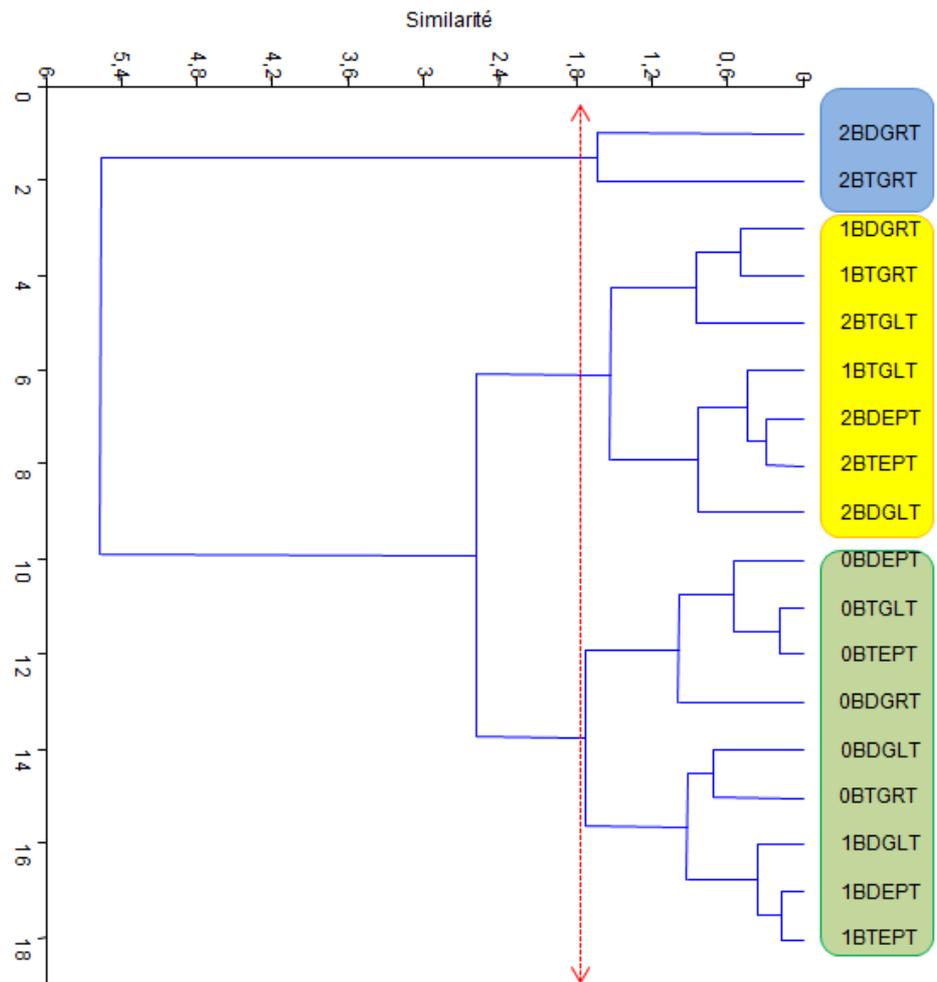


Figure 5.50 classification ascendante hiérarchique des échantillons de blé sur la descendance et les pertes occasionnées par *Sitophilus oryzae* (calculé sur le biais des distances euclidiennes)

## CHAPITRE 6 DISCUSSION GENERALE

Il apparaît dans nos résultats que la descendance de *Sitophilus oryzae* dépend à la fois de la durée de stockage, de la nature du support alimentaire et de la protection du grain.

Le temps de stockage est un facteur qui amplifie les phénomènes de détérioration. Leur vitesse s'accélère en fonction de la durée de stockage par suite de l'accumulation de conditions de plus en plus défavorables (température, teneur en humidité, composition de l'atmosphère inter granulaire [8]). Cela favorise le développement des insectes des denrées stockées et en premiers lieu les déprédateurs primaire comme le charançon.

Nos résultats montrent une évolution notable de la population de *S.oryzae* au cours du premier mois d'entreposage aux niveaux des échantillons de grains alors qu'au cours de deux derniers mois, l'accroissement de la progéniture diminue. Ceci est peut être lié à la densité des grains non infesté. DANHO ET HAUGRUGE [130] ont montré dans leurs études sur le comportement de ponte et stratégie reproductive de *Sitophilus zeamais* que le nombre d'individus émergés augmente avec la quantité de grains disponibles.

L'augmentation de l'effectif de la population est fonction de l'hôte. Cette observation a été confirmée par FOX [131] qui a déclaré qu'à l'état adulte le *Sitophilus oryzae* apprécie de plus en plus le blé, en particulier le blé tendre. Siwale [102] a montré dans une étude réalisé sur Cinquante-sept variétés de mil (*Pennisetum glaucum* (L. R. Br.) que les variétés à endosperme farineux présentent un taux plus élevés d'effectif de *Sitophilus oryzae*.

Cette différence est peut être dû à la nature du support alimentaire. OFUYA [132] a observé une différence de la période de développement des bruches entre le haricot sauvage et le haricot cultivé. Les conséquences de développement dans des graines de haricot de moindre qualité sont, une plus grande mortalité larvaire et un allongement du cycle. Les femelles

ayant une faible alimentation pondent des petits œufs [133] dont la descendance est moins performante que celle issue de plus gros œufs de *Callosobruchus maculatus* [131]. Ce qui a été confirmé par LOSCHIAVO et al. [134] ; MEDRANO et BRESSANI [135] BEKON, [110], qui annoncent que La nature du support alimentaire a aussi des effets net sur le développement des insectes: les durées moyennes de développement des insectes sont plus longues dans le maïs et dans le sorgho que dans le mil et dans le riz paddy.

Le facteur dureté du grain peut affecter aussi le taux de ponte. Ainsi plus le grain est dur, moins les œufs sont déposés [77]. Le nombre de descendants est d'autant plus faible que le grain est dur. Cette relation a été soulignée par de nombreux chercheurs [77 ; 104 ; 112 ; 116 ; 113 ; 136].

AHMED et al [137] ont déduit que les cultivars à graines lisses et tendres sont plus sensibles à l'attaque de bruche que les cultivars à graines rugueuses et dures et ont conclue que la diminution du nombre de trous de sortie des adultes est le meilleur critère de résistance des graines.

Cette corrélation entre la dureté des grains et la descendance est peut être lié à la présence de substances influant sur la dureté

FLIEDEL et al [138] ont trouvé une corrélation positive significative entre l'indice de dureté du blé, la teneur en amylase et la teneur en protéines totales et la teneur en tanin.

Dans le blé, lorsque la teneur en protéines s'élève, le développement des charançons est freiné. Ceci à été observé par DOBIE [107] ; AMOS et al [107] et PHILOGENE et al [107] pour lesquels la teneur en protéines totales du grain est négativement corrélé avec l'index de sensibilité. La relation inverse a été notée par NAWROT [139] quant aux variétés dont la teneur en azote est plus bases. Ceci doit être dû au fait que les variétés testées par ce chercheur étaient assez proches du point de vue teneur en cet élément nutritif (13 à 15%) [19].

Sur riz infesté par *S.cerealella*, [49] a également noté une corrélation négative et significative de la teneur en protéine avec la durée de développement de *Sitophilus* à partir de 13 variété présentant une large gamme de teneurs en protéines allant de 8.3 à 13%.

Dans notre cas cette différence malgré sa présence dans notre résultat n'a pas été significative par la réalisation de l'analyse de la variance GLM ; ceci est peut être dû au taux des protéines des deux hôtes( blé dur et blé tendre) qui sont proche ou à la présence d'un taux de mitadinage assez élevé dans le blé dur ce qui rend ce grain farineux ou à l'insecte lui même qui n'est pas aussi sélectif que *Tribolium castaneum*.

Les résultats ont montré la présence d'une différence significative du facteur fraction sur la descendance de *Sitophilus oryzae* où le plus grand nombre de la descendance de *S oryzae* est enregistré au niveau des échantillons de blé en grain par rapport aux glumes et aux épis qui enregistre un plus faible effectif.

Cette variation semble dépendre de la résistance que le grain oppose à l'insecte .Les travaux de KOUASSI [59] ont montré que l'effectif de la descendance de *S. oryzae* est six fois plus élevé dans le riz décortiqué que dans le riz paddy.

La protection du grain, par une enveloppe, limite non seulement le degré d'infestation du grain mais aussi freine la croissance des insectes infestant ce grain.

Ce même auteur a déduit a partir de ces recherches sur l'infestation du riz paddy ou le riz décortiqué une différence nette dans le devenir du poids moyen des insectes ; ce qui influe directement sur sa progéniture.

Par ailleurs SAUPHONOR [101] a démontré que l'herméticité des glumelles est un facteur prépondérant pour la résistance variétale. Cette herméticité est conditionnée par la coaptation entre lemma et paléa qui peut être une voie de pénétration des insectes ou par le défaut de fermeture des glumelles qui est lié à la dureté du pédoncule d'une part et au taux de casse des enveloppes provoqué par l'abattage d'autre part.

Notre observation est corroborée par les travaux de [98] qui ont montré que la présence des glumelles contenant de la silice est un facteur limitant le développement de *S. oryzae* dans le riz paddy.

Il apparaît ainsi clairement que, lorsque le grain est difficilement accessible, il est moins infesté ; ce qui entraînerait une diminution conséquente du nombre d'œufs pondus. Ces observations sont identiques à celles de [40,98 ;99 ;140] .

Le second facteur qui pourrait, également, favoriser l'infestation des grains est leurs odeurs et leurs saveurs qui auraient des effets attractifs sur les insectes.

La discrimination entre les espèces hôtes est largement transmise par des récepteurs sensoriels des palpes maxillaires [141] .

PARR et al [142] ont, en effet, observé que les composés chimiques présents à la surface des graines, des acides gras et des alcanes, jouent un rôle important dans l'induction du comportement de ponte chez *C. maculatus*.

GARCIA [143] à démontré après une analyse détaillé des composé phénolique la présence de l'acide trans-férulique (AF), l'acide p-conmaric (CA), et quatre isomères de DIFA. Les plus importants étaient 5,5 '-DIFA, 8-O-4-DIFA, et 8,5'-forme benzofurane DIFA (DiFAB dans le maïs

Sur la base de modèles de régression, 5,5 '-DIFA, 8-O-4-DIFA, trans-FA, et p-CA ont été les éléments phénoliques les plus importants de la résistance au *Sitophilus*. Il serait intéressant dans un avenir proche de réaliser le dosage qualitative et quantitative des composées phénoliques des épis, des glumes et des grains de blé tendre et dur.

Le prélèvement alimentaire est le premier résultat de toute infestation : les déprédateurs doivent assurer leurs besoins nutritionnels surtout dans la phase de croissance larvaire mais également, chez la femelle, pour la production des œufs et de l'énergie dépensée pour creuser les trous de ponte. Ainsi plus le séjour de cet insecte est long, plus l'effectif augmente et le taux de pertes occasionnées est grand. Les résultats d'AMMAD [81] réalisé dans une durée de stockage de trois mois dans des échantillons de blé tendre en grain vont dans le même sens.

Le facteur fraction influence significativement ( $p=0.000$  ;  $P\leq 5\%$ ) les pertes en poids qui sont fonction du pourcentage de grains endommagés

Les grains représentent la fraction la plus sensible à l'attaque. Cette sensibilité diminue avec les glumes et l'épi.

Le développement de cette espèce sur riz paddy est conditionné par la présence de grains à enveloppes défectueuses, et stoppe totalement lorsque ceux-ci est terminées [144]. .

D'après MBENGUE [145], c'est le stockage en épis ou en panicules dans des greniers en fibres végétales tressées qui est le plus répandu au Sénégal. Les pertes dues aux insectes et aux moisissures sont peu importantes avec ce type de stockage car les grains sont assez bien protégés par les glumes et les spathes, et les échanges avec l'extérieur sont favorisés, évitant ainsi toute condensation ou formation de poches de chaleur favorables au développement des moisissures

Une corrélation positive significative a été notée entre l'effectif et les pertes en poids dans les échantillons de blé dur et blé tendre en grain. Ces résultats rejoignent ceux noté par FOURAR [19], qui a signalé que 97.7% de la variation de l'effectif sont expliqués par les pertes.

GILBERTL [122], ont noté que, chez les animaux, les principales formes de stockage de l'énergie sont représentées par les lipides et le glycogène (et autres polysaccharides de structures voisines). Les lipides neutres représentent une forme de réserves à plus long terme.

Ces réserves énergétiques fournissent des explications évolutives sur les traits de vie, interprètent la diversité et la complexité du cycle de vie d'une espèce et élucident le mécanisme d'allocation des ressources destinées à la croissance au maintien des fonctions somatiques et aux performances reproductrices "effort de reproduction [146 ; 147 ; 148]

Notre recherche a montré, l'influence hautement significative (probabilité fractions-périodes = 0.004) de la fraction sur les réserves lipidiques Dans les échantillons de blé tendre et blé dur en grains et en glumes un accroissement graduel est enregistré dans le temps.

On peut expliquer les fluctuations des réserves énergétiques dans les différents échantillons par la disponibilité et la variabilité des éléments nutritifs (eau et hydrates de carbone).

L'évaluation des réserves énergétiques lipidiques au cours du premier mois d'infestation ont montré une accumulation du taux de lipides chez la population d'insectes élevés dans l'épi. Au cours des deux derniers mois de stockage, cette accumulation n'a pu se maintenir dans le même axe.

Une stratégie viable est peut être développée par *Sitophilus oryzae* face à ce stress causé par le déséquilibre nutritionnel. Une stimulation directe de la

reproduction a été déclenchée, ce qui indique l'augmentation rapide des lipides témoignant l'expression de leur mise en réserve, probablement pour débiter plus précocement l'ovogénèse ou pour produire une quantité plus importante d'œufs. Cette hypothèse rejoint les résultats de GILBERT et O'CONNOIR [122]; BEENAKKERS et al [149] et TESTERINK [150], selon lesquels un phénomène de stress exercée par un produit phytosanitaire stimule la reproduction, soit en augmentant la production des œufs et /ou en raccourcissant le temps requis avant la première ponte.

La diminution des réserves peut être observée suite à un phénomène d'épuisement après une longue période d'exposition des *Sitophilus* à ce déséquilibre nutritionnel.

Nous avons pu mettre en évidence dans nos essais, des corrélations positives significatives entre les réserves énergétiques lipidiques et l'effectif de *Sitophilus oryzae* dans les échantillons de blé tendre et dur en grains et en glumes. Ce résultat est en accord avec PERY [151] et CHARLES et al. [152] qui ont noté que la qualité et la quantité d'énergie détermine la survie de l'individu, sa vitesse de croissance et sa fécondité

Pour les échantillons en épi aucune corrélation n'est enregistrée entre descendance et réserves lipidiques et descendance car selon (AWMACK et LEATHER [153], lors d'un déséquilibre nutritionnel, les femelles vont s'alimenter d'un matériel de moins bonne qualité nutritionnelle, pouvant entraîner des régressions et donc une faible performance de ponte. Ce phénomène va permettre à ces femelles d'allouer ces ressources à leur longévité tout en reportant leur oviposition à un moment où les conditions seraient optimales.

Une deuxième corrélation positive est notée entre pertes et réserves lipidiques de *Sitophilus oryzae* dans les échantillons de blé tendre et dur en grains. Le taux de perte est d'autant plus élevés que les réserves lipidiques augmentent. Cette relation est logique car plus les réserves lipidiques augmentent, l'effectif de *Sitophilus oryzae* s'élève et les pertes en poids occasionnés seront notable.

La nutrition fournit à un organisme les composés chimiques nécessaires pour sa croissance, son développement, sa reproduction, sa défense, ses déplacements et sa survie [154]. En général, les insectes ont besoin à peu près des mêmes composés nutritionnels de base que les autres animaux DADD [155]. Il est donc important de bien connaître les besoins alimentaires et l'utilisation de la nourriture par l'insecte afin de mieux comprendre son interaction avec l'écosystème et ainsi être plus apte à contrôler ses populations par l'intervention directe et/ou indirecte lorsque celui-ci entre en conflit avec nos intérêts économiques [95 ;97] .

Trois facteurs déterminent l'intensité du processus d'altération au cours de la conservation : la température, l'hydratation du grain (teneur en eau) et la durée du stockage [38].

Selon HAGSTRUM et MILLIKEN [156] , à partir des données publiées sur le développement de 9 espèces de coléoptères des denrées stockées, il s'avère que l'ordre d'influence relative aux facteurs température, teneurs en eau et régime alimentaire sur le développement des insectes est proportionnellement croissant en ce qui concerne le régime alimentaire, la teneur en eau et la température. Cependant lorsque celle-ci avoisine la température optimale, la teneur en eau et le régime alimentaire influencent le développement larvaire par rapport à la température.

En effet, le nombre de descendants est fonction de la teneur en eau, les basses teneurs en eau entraînant une dessiccation d'un nombre très important des œufs pondus et une évaporation au niveau des larves dont la croissance des tissus exige un apport d'eau [59].

Nous assistons d'après nos résultats à une augmentation significative de la teneur en eau au fil du temps dans les différents échantillons après l'infestation. Nous avons également souligné un effet significatif du facteur hôte et du facteur fraction sur la teneur en eau .Cette humidification est plus nette dans les grains qu'aux niveaux des glumes et des épis où la teneur en eau oscille autour de 14%.

D'après IMURA et SINHA [64], l'infestation du blé par le charançon entraîne une élévation de la teneur en eau du grain. Cette relation forte entre la teneur en eau des grains et le nombre de descendants a été souligné par de nombreux auteurs [66 ; 77 ; 157 ;158].

La siccité des grains, peut non seulement entraîner une réduction du taux d'oviposition mais également le raccourcit de la vie des charançons dans les grains durs et secs [35 ; 77]. Ce dernier auteur a noté une mortalité de 100% des adultes dans des grains à 8.5% de teneur en eau ou dont l'élévation jusqu'à 10.2% entraîne une mortalité de 60%.

Lorsque la teneur en eau augmente de 2 points, la vitesse de développement des insectes augmente de 50%. Les femelles ont une descendance beaucoup plus nombreuse dans le grain humide que dans le grain sec.

Les travaux de FOURAR [19] sur la variabilité de la sensibilité variétale du blé tendre à *Sitophilus oryzae* ont montré que la siccité du milieu entraîne soit une plus grande sensibilité des insectes aux substances anti nutritionnelles soit une activation plus forte de ces substances.

La plante hôte, comme source de nourriture, joue un rôle déterminant dans la dynamique des populations avec ses composantes nutritives (protéines, acides aminés, glucides, lipides, vitamines, minéraux, eau, etc.) et ses composantes non nutritionnelles (composés allélochimiques) (phénols, poly phénols, mono terpènes, glucosinolates, alcaloïdes, etc.) [96].

Nos résultats ont montré une diminution notable de la teneur en matières grasses au cours de la durée de stockage de nos échantillons.

Les acides gras, les phospholipides et les stérols sont des éléments de la membrane cellulaire et peuvent avoir des fonctions spécifiques. Les insectes ne sont pas capables de synthétiser la plupart des acides gras et les phospholipides. Mais plusieurs insectes ont besoin d'une source

d'acides gras polyinsaturés et de stérols indispensables à leur croissance [155].

L'appauvrissement des grains en lipides est en relation avec la décomposition de ces substances en acides gras dont certains sont indispensables au développement larvaire des insectes ([33]).

Nos résultats ont révélé une différence significative du facteur fraction sur le taux de matière grasse. Ceci doit être en relation avec, d'une part, des substances aromatiques qui stimulent le taux d'oviposition des femelles et, d'autre part, avec les besoins des larves en composés lipidiques nécessaires à leur croissance. FOURAR [19] a souligné la présence d'une corrélation significative positive entre l'effectif de *Sitophilus oryzae* et les matières grasses. Cependant, SINGH et Mc CAIN [116] ont observé dans le maïs infesté par le charançon une teneur élevée en matières grasses contribue à la résistance des grains.

Les composés phénoliques forment un très vaste ensemble de substances qu'il est difficile de définir simplement. Les tannins sont des composés phénoliques qui sont présents dans les végétaux sous forme de polymères ayant des structures plus ou moins complexes. Les tannins condensés forment le groupe le plus important et ils sont présents dans plusieurs espèces de plantes vasculaires [159].

Ils se retrouvent principalement dans le son ainsi que dans le germe. L'endosperme en contient aussi, mais en quantité de 15 à 18 fois inférieure à la fraction son et germe. À titre d'exemple, dans la farine de blé, le son et le germe contribuent pour plus de 80 % du contenu total en composés phénoliques. Les acides phénoliques et les flavonoïdes sont les principaux composés phénoliques du blé [160].

Les tannins peuvent avoir des effets positifs, négatifs ou neutres sur les herbivores. Pour les insectes affectés négativement, les mécanismes d'action des tannins sont : la réduction de la disponibilité de l'azote nutritionnelle [161], la

réduction de la nourriture consommée [162 ; 163 ; 164 ; 165] et un effet direct toxique pour certaines espèces [166].

Nos essais ont montré que seul la durée de stockage présente une probabilité hautement significative ( $p=0.000$  ;  $p<5\%$ ) avec un taux de tanin qui diminue dans le temps.

Une analyse biologique a permis de constater que le son rouge riche en tanin insoluble d'après les recherches de (Hoseney and Faubion [167] n'agissait pas comme substance antiappétante envers *Tenebrio. molitor*, *Tribolium. castaneum* ou *Sitophilus oryzae* (Curculionidés). Il avait, toutefois, un effet appétant pour *Rhyzopertha dominica* (Bostrichidés) lequel est apparenté aux insectes xylophages. Il est peu vraisemblable que le blé blanc en stockage soit plus vulnérable aux attaques des insectes que le blé roux. [168]

LAWSON et al [169] ont signalé que les tannins et les phénols n'influencent pas les indices nutritionnels de deux lépidoptères se nourrissant sur les chênes. Ce qui est contradictoire avec les travaux de FEENY [170] qui montre l'importance des tannins dans la lutte contre les activités alimentaires des larves de lépidoptères qui s'exercent sur les feuilles de chêne.

Les tannins influencent la croissance, le développement et la fécondité de plusieurs insectes herbivores [153 ; 170 ; 171 ; 172]. La croissance réduite causée par les tannins a deux inconvénients majeurs. Premièrement, la taille réduite des chrysalides des femelles qui se traduit par un plus faible nombre d'œufs et une plus petite taille d'œuf ce qui affecterait possiblement la survie et la santé des individus de la génération subséquente [173 ;174 ;175 ;176]. Deuxièmement, le temps de développement larvaire prolongé peut entraîner une mortalité plus élevée due à la prédation [170 ; 177].

Autres études sur l'ingestion des tanins condensés par les insectes sont celle de WEIHER et KOMNICK [178] qui ont montré que l'ingestion de ces

substances toxiques augmente l'activité enzymatique dans les tissus intestinaux des insectes, les menant à user considérablement leurs réserves énergétiques.

Le sucre est la principale source d'énergie pour les insectes. Par contre, certaines espèces sont capables de remplacer entièrement les glucides par les lipides ou les protéines [155].

Dans les grains, les glucides sont essentiellement constitués par de l'amidon contenu dans l'albumen. Il constitue pondéralement la partie principale du grain (70 à 85 % du poids de la MS selon les espèces) [9].

La réalisation d'une analyse de variance GLM a mis en évidence que le facteur fraction et temps présentent un effet hautement significatif où on remarque une diminution du taux des sucres solubles au cours du stockage.

Cette diminution est plus prononcée dans les grains qu'aux niveaux des glumes et des épis qui présentent un milieu moins favorables au développement du *Sitophilus*. Nos résultats concordent avec les recherches de KASSEMI [179], réalisés sur les haricots où l'infestation par *Acanthoscelides obtectus* engendre une diminution en sucre.

Selon (HARVEY [180] MCLAUGHLIN [181]), le sucre est reconnu pour augmenter le poids des adultes de *Choristoneura fumiferana* et diminuer le temps de développement.

D'après la bibliographie, ils auraient été préférables de doser les glucides totaux que les sucres solubles constitués principalement de mono et des oligo-sacharides mais pas d'amidon qui est le composante principale de l'amande ni de cellulose, éléments principales des glumes. Nous pensons que la méthode adoptée n'a pas permis de mettre en évidence l'effet de l'infestation de *Sitophilus oryzae* dans le temps dans les différentes fractions.

## CONCLUSION

Notre étude porte sur l'amélioration des techniques de stockage du blé pour la préservation contre les attaques de *Sitophilus oryzae* déprédateur primaire

Les résultats montrent la présence d'une différence significative du facteur fraction sur la descendance de *Sitophilus oryzae*. Le plus grand nombre de la descendance de *S.oryzae* est enregistré au niveau des échantillons de blé en grain par rapport aux glumes et aux épis où on note le plus faible effectif. Cette variation semble dépendre de la résistance que le grain enveloppé oppose à l'insecte ou à l'odeur et la saveur qui auraient des effets attractifs sur les insectes. La sélection des épis sains à la récolte et l'herméticité des glumelles permettent de réduire très sensiblement l'attaque des insectes, elle diminue ainsi les pertes occasionnées par ces derniers. Hypothèse confirmée par notre étude où on a enregistré les plus faibles pertes au niveau de l'épi tout au long de la durée de stockage

Notre recherche a montré l'influence hautement significative de la fraction sur les réserves lipidiques de *S.oryzae* dans les échantillons de blé tendre et de blé dur en grains et en glumes où un accroissement graduel est enregistré dans le temps. Ce qui permet de maintenir les performances reproductrice dans l'espèce. En contre partie, une nette accumulation des réserves lipidiques est enregistrée au niveau du premier mois de stockage au niveau de l'épi face à ce stress. Cette accumulation n'a pu se maintenir dans le même axe du à un déficit de l'alimentation et la non disponibilité des grain non protégé par les glumes

Nous avons pu mettre en évidence dans nos essais des corrélations positives significative entre les réserves énergétiques lipidiques et l'effectif de *Sitophilus oryzae* dans les échantillons de blé tendre et dur en grains et en glumes.

Une deuxième corrélation positive est notée entre pertes et réserves lipidiques du *Sitophilus oryzae* dans les échantillons de blé tendre et dur en grains.

Nos résultats ont noté une augmentation significative de la teneur en eau en fonction du temps dans les différents échantillons après l'infestation. Nous avons également souligné un effet significatif du facteur hôte et du facteur fraction sur la teneur en eau. Cette humidification est plus nette dans les grains qu'aux niveaux des glumes et des épis.

L'effet significative de la fraction a été enregistré sur le taux de matière grasses et le taux des sucres solubles où leur diminution est plus prononcée dans les grains qu'au niveau des glumes et des épis.

Enfin L'ACP a révélé une corrélation positive entre le facteur effectif de *Sitophilus oryzae*, ces pertes et la teneur en eau des échantillons de blé dur et tendre, alors qu'une corrélation négative a été enregistrée entre l'effectif et le taux des lipides dans les différents échantillons.

La préservation du taux des sucres solubles et de la matière grasse des épis et des glumes par rapport aux échantillons en grains et la difficulté de l'oviposition du charançon du riz au niveau de l'épi et des glumes devrait ouvrir une ébauche à d'autres questions traitant d'autres éléments pouvant être responsables de cette résistance tels que les métabolites secondaires et les sucres complexes.

La plupart des études sur le stockage en épi dans le monde ont été réalisées sur le riz, le seigle, le sorgho et le mil, alimentation de base des populations de continent africain à l'exception du nord où l'alimentation de base est le blé dur, le blé tendre et l'orge. Il serait intéressant de réaliser les mêmes études, avec les mêmes objectifs sur d'autres céréales.

Néanmoins, la compréhension des paramètres influençant la résistance des épis et des glumes à *Sitophilus oryzae* devrait permettre, dans l'avenir, de réaliser les études ayant le même objectif avec des précisions accrues sur d'autres insectes primaires des céréales, et de promouvoir des stratégies de conservation qui minimisent le problème de l'infestation par les insectes au cours de la conservation autrement que par l'utilisation d'insecticides chimiques à titre préventif.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1- **ANONYME, 2005** - Données statistiques de la F.A.O. Information statistiques mondiales concernat l'alimentation et l'agriculture
- 2- **DJERMOUN A.E.K.,2009** - Revue Nature et Technologie. n°01/Juin 2009. Pages 45 à 53
- 3-**MEDDI M., 2009** - Evolution du Régime Pluviométrique du Nord de l'Algérie & Ressources en Eau [nd MEDA Water Regional Event on Local Water Management](#)
- 4- **BENCHARIF et CHAULET, 1991** - problématiques et organisation du projet d'étude. ENIAL – séminaire sur la mises en marché des céréales et les stratégie des entreprises de la filière Blida, pp1-30.
- 5-**YOUSFI S., 2007** - **Importation du blé** El-Khabar mardi 2 janvier 200
- 6-**SALAMI, 2004** - la filière blé en Algérie. La tribune WWW [Algérie.Dz.com](#)
- 7- **DADI S.,2010** - PRODUCTION CÉRÉALIÈRE L'Algérie a atteint l'autosuffisance en blé dur 29 Août 2010 - Page : 4 [l'expression](#)
- 8- **MULTON J.L., 1982** - conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés. Céréales oléagineuse, protéagineus, aliments pour animaux Ed Techn et document, Lavoisier / A.P.R.I.A., Paris, Vol 1, 576p
- 9- **FEILLET P.,2000** - Le grain de blé composition et utilisation. Ed. I.N.R.A. Paris, 283p
- 10- **MEBARKIA A. et GUECHI A.,2006** - **Protection Phytosanitaire Contre les Ravageurs des Céréales Stockées** . Laboratoire de Microbiologie et de phytopathologie , Faculté des Sciences, UFA-Sétif
- 11- **OUAZANI C., 2010** - Belles rentrées de blé 25/03/2010 à 12h:29 Par Cherif envoyé spécial à Alger
- 12- **DAMASSE L.,2009** - Algérie : Politique agricole et opportunités en amont des filières céréales et lait 05/08/2009 source multiple
- 13- **SARA . M, 2001** - Comportement morphologique, physiologique et biochimique de trois variétés de blé dur (*Triticum durum.desf*) sous traitement par un fongicide (TILT 250EC) Université de Souk Ahras - D.E.S

- 14- BOUDREAU A. et MENARD G.** -1988 - Le blé élément fondamentaux de la transformation Ed. Masson, 216p
- 15- GODON B., 1991** - Biotransformation des produits céréaliers. Ed.Tec et Doc. Lavoisier Paris 688p
- 16- ADRIANOR, 2001** - La farine Journal de l'ADRIANOR Agro-Jonction n°26 Juillet / Août 2001
- 17-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 pages
- 18- KIGER J.L., 1967** - Techniques moderne de la biscuiterie, pâtisserie, boulangerie industrielle et artisanale et des produits de régime. Ed. Dunod. T.I, Paris, 676P
- 19-FOURAR, R., 1994** - Variabilité de la sensibilité varietale du blé tendre à *Sitophilus oryzae*(L) ((*Coleoptera : Curculionidae*) dans le grain et de *tribolium confusum* J. Duval ((*Coleoptera : Tenebrionidae*) dans la farine. Analyse des relations eco-physiques insecte-grain thèse de Magiter Ins. Nat. Agro. D'EL HARRACH, ALGER
- 20-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, 62 pages
- 21-KESSOUS C., 1993-** *biochimie structurale*, Algérie office des publications universitaires, 1993, 194 pages.
- 22-CALVEL, 1980** - La boulangerie moderne. Ed. Erolles , Paris, 465p
- 23- 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.
- 24-DRAPRON, 1971** - les enzymes leurs rôle dans la technologie du blé et de ses dérivés.Bull des anc.élèves EFM, 246-236
- 25-BAKER J .E., 1988** - purification of alpha-amylase inhibitor from wheat, *Triticum aestivum* and interaction with amylases from the rice weevil, *sitphiphilus oryzae* (*Coleoptera, Curculionidae*) insect biochem 55(11) : 703-706

- 26-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
- 27-ROUSSEL P . et CHIRON H., 2003** - Les pains français, évolution, qualité, production. Ed. Maé-Erti. Paris. 2003 : 433p
- 28-KODIO O., 1989** - Structures paysannes de stockage. P 19 In Céréales en régions chaudes :Conservation et transformation. Activité scientifique AUPELF
- 29-BELABED, 2008** تخزين الحبوب في السنابل [alfowz@batelco.com.bh](mailto:alfowz@batelco.com.bh)
- 30-GUIRAUD J.P., 1998** - Microbiologie alimentaire Ed. Dunod 648p
- 31-CHEFTEL J.C. et CHEFTEL L. H., 1977** - Introduction à la technique alimentaire Vol 1 Ed. Lavoisier.Paris. 280-284
- 32- 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
- 33-FLEURAT-LESSARD F., 1990** - Altération dues aux insectes et déprédateurs- presentation Aliscope, 90: 18-24
- 34-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
- 35-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 capuchin des grain: *Rhizoperta dominica* (Coleoptère, Bostrichidae)avec application aux conditions de conservation en Afrique du nord
- 36- GODON B. et WILLIAM C., 1998** - Les industries de premiers transformations des céréales. Ed. Tec. Et Doc Lavoisier. Paris pp 3- 216
- 37- FLEURAT LESSARD F., 2003** - Préservation de la qualité sanitaire des céréales. Ed. PHYTOMA La défense des végétaux N°56 3. Pp 22-30
- 38- CRUZ JF., TROUDE F. ; GRIFFON D. et HEBERT JP., 1988** - Conservation des grains en régions chaudes, 2ème édition, ministère de coopération et de développement Paris 544p

**39- 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

**40- STEFFAN J. R., 1978** - Description et biologie des insectes, 1-65 In Scotti, G. Les insectes et les acariens des céréales. AFNOR/ITCF, Paris, 238 P

**41- FLEURAT LESSARD F., 1982** - Les insectes et les acariens in : conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés, Ed Lavoisier et Apria, Paris, pp 349-396

**42- FLEURAT LESSARD F., 1991-** entomologie de céréales et dérivés et autre contamination d'origine animale in : conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés, Ed Lavoisier et Apria, Paris, 192-220

**43- LETORCH J.M., 1980** - Méthode de détection des formes cachées d'insectes dans les stocks de grains Bull. Tech. D'Inform. , Paris, n°349, pp 285-296

**44- FREEMAN, 1973** - Common insect pest of stored and products. A guide of their identification. British Museum (Natural History), Economic Series N° 15, London

**45- DE LUCA, Y. 1975** - Ecologie des denrées stockées (Milieu Peuplement Agressions)

**46- CANGARDEL, K. 1978** - Facteurs favorables au développement des insectes et des acariens. 83-98 In Scotti, G. Les insectes et les acariens des céréales stockées Eds. AFNOR - ITC ; 237 p.

**47- LEPESME, P., 1944** - Les Coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels. Encycl. Entomol. A : 22 - 249

**48- FOURAR, R., 1987** - Inventaire des insectes du blé tendre, estimation des dégâts et prévention de la qualité industrielle par l'emploi des insecticides dans la région de Blida. Mémoire Ing. Agr. I.N.A .El Harrach , 193p

**49- HARYADI Y. 1991-** Sensibilité variétale du riz aux attaques de *Sitophilus oryzae* L et de *Sitotroga Cerealella* Oliv. Analyse de l'origine d'une résistance potentielle. Thèse Doct. En sciences agron. ENSA, Montpellier, 113p

**50- HALSTEAD, D.G.H. 1963** - External sex differences in stored products Coleoptera. Bull. Entomol. Res. 54 : 119-134

**51- LACOSTE P., 1970** - La défense des cultures à Madagascar. 190-191.

**52- ANYNYME, 2008** - *Sitophilus* spp. pupa developing inside grain. Image: US Department of Agriculture, Agricultural Research Services Harvard University, United States.

- 53-MATHLEIN R., 1938** - Uundersokningar rörand forradsskadedjur. 1Kornarveln, (*Calandra granarius* (L) och risviveln, *C. oryzae*(L) Derasbiologi och bekanipning. Nat Swed. Inst. Plant Prot 23.
- 54-LONGSTAFF B., 1981**- Biology of the grain pest species of the genus *Sitophilus* (Coleoptera : Curculionidae) : A critical review. 83-130. In Protection ecology. An international Journal devoted to the Study and Management of Noxious organisms in plant and Animal Industries
- 55-ACTA, 1982** - Les ravageurs des grains entreposés.Fiche RI - 2ème Ed. 8 p
- 56-DJAZOULI Z.E . 1996** - Inventaire et interaction de l'entomofaune inféodé du peuplier noir *Populus nigra* L. Etude de la dynamique des populations et du développement ovirien de *Chaitophorus leumalas* (Koch,1845) (Homoptera ; Aphididae) En MITIDJA. Th.mag.Agro., Inst.Nal., Agro., El- Harrach, Algérie, 102p
- 57-ANGLADE P. , 1970**- Les insectes et acariens des céréales stockées , biologie et méthode de lutte. Bull. des anc. Elèves E.F.M., 239 : 23-28
- 58- BUQUET R ., BOURON H., et CANGARDEL H., 1978** - Les insectes et les acariens des céréales stockés. Inst. Tech des céréales et des fourages A.F.N.O.R. 238p
- 59-KOUASSI B., 1991** - Influences de quelques facteurs extérieurs sur le cycle de développement et la survie de *Sitophilus oryzae*L (Coleoptera : Curculionidae) doctorat 3<sup>ème</sup> cycle Uni., Nat., Côte d'ivoire
- 60-KEHE M., 1975** - Expérimentation pour la mise au point d'un protocole d'essai de substances insecticides pour la lutte contre les charançons des grains: *Sitophilus granarius* (L) et *Sitophilus oryzae* (L). Mémoire D. A. A. ENSAM, Montpellier, 55
- 61-BALACHOWSKY A.S., 1966** - Entomologie appliqué à l'agriculture. Coléoptère. Ed. Masson et Cie. T1. Paris, pp1071-1096
- 62-HOW R. W.,1973** - Loss of viability of seed in storage attributable to infestation of insects and mites seed. Sci.and Technol.,T1 563- 586.
- 63-ADAMS et CHULTEN. 1978inRATNADASS, 1987** - Dynamique des population d'insectes, ravageurs des stocks de céréales en milieu villagois d'afriques tropicale. Thèse Doc.Ing.en sciences agronomique, I.N.A.,Paris, Grignon, 266P,
- 64-IMURA O. et SINHA R.N., 1984** - Effect on infestation by *Sitotrogena cerealella* (Lepidoptera, Gelechiidae) and *Sitophilus oryzae* ((Coleoptera : Curculionidae) on the deterioration of bagged wheat. Environmental Entomology, Vol 13, n° 16, pp 1483-1488

- 65-RAMZAN M. et CHAHAL B.S., 1985** - Effect of three levels of infestation of *Sitophilus oryzae* ((*Coleoptera* : *Curculionidae*) ? *Trogoderma granarium* and *Tribolium castaneum* of the kernel damage and loss of germinability of wheat seed .J.Res.Punjab Agric.Univ .,22(4) : 695-699.
- 66-AMOS T.G.,SEMPLE R.L. et WILLIAM P. 1986-** Multiplication of some stored grain insects on varieties of wheat. GEN. APP. ENTOMOL. 18 : 48-52
- 67-KHARE KHARE B. P. SINGH K.N., CHAUDHARY R. NK. ,SENGA C. R., AGRAWAL R. K. et RAI P. N., 1974-** Insecte infestation and quality deterioration of grain :germination odour and palatibility in wheat. Indian J. Entomol., 36 (3) 194-199.
- 68-POINTEE J.G et COQLJARD J,1979** - Le pourcentage de perte en poids et la perte spécifique, critères d'évaluation des dégâts causés par les insectes dans les céréales et les légumineuses stockées extrait de l'agro tropicale, XXXIV-4, pp 377-381
- 69-SHAZAEI M.E.H ,1987** - Weight loss caused by developpement of *Sitophilus oryzae*(L) and *Sitotroga cerealella* (Oliv) in sorghum grains of two size classes. J. Stored Prod.Res.23 : 233-238
- 70-(VENKAT RAO S.,KRSH NAMURTHY K.,SWAMINA M and SUBRAHMANYAN V., 1959** - Effects of insect infestation on the quality of wheat flour.food science, april, pp 122-123
- 71-AOUES K. 1994** – Etude de quelques facteurs qui influencent sur le développement de *Tribolium confusum* (*Coleoptera* : *Tenebrionidae*) dans le blé tendre et de l'effet de l'infestation de cette espèce. Mémoire Ing.Agro.Prot.des Veg. Ins.Agro.Blida 99p
- 72-PINGALE S.V.,NARAYANA RAO M. and SWAMINATHAN M. 1954-** Effect of insect infestation on stored grain. Etude on soft wheat, J . Sci. Food Agric., 5, 51-54
- 73-SINHA R.N., 1983** - Effect of stored product beetle onfestation on fat acidity, seed germination and microflora wheat. Journal of economic entomology. Vol 76 n°4, pp. 813-817.
- 74-DEMIANYK C.J. et SINHA R.N.- 1987** Effect of infestation the larger grain borer, *protephanus truncatus* (horn) and the lesser grain borer, *Rhyzoperta dominica* (F) *Cleoptera, Bostrichidae*) on stored corn. Environnemental Entomology, Vol 16, n°3, pp618-624
- 75-POINTEL J.G., 1980** - Critère d'évaluation des dégâts causés par les insectes dans les céréales et les légumineuses stockées. Arew.Zool. 66 (2) (1980) 185-198.

**76-ANONYME, 1984** - Pertes de qualité des grains alimentaires après la récoltes. Etude F.A.O., alimentation et nutrition . Rome, 29 : 102p

**77- RUSSEL M.P., 1962** - Effect of sorghum varieties on the lesser rice weevil *Sitophilus oryzae* (L) oviposition, immature mortality and size of adults . Ann. Entomol.Soc. Am . 55: 678-685

**78-SHARM S.S.THAPAR V.K. and SIWWAT G.T. 1979** - Biochemical losses in stored wheat due to infestation of some stored grain insects-pests. Bulletin of grain technology. Vol. 17(2) 144-147

**79-FLEURAT- LESSARD,F , 1984** - Evolution biologique et physique d'un stock de blé tendre en présence d'une infestation par le charançon: *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera : Curculionidae) et mesure des pertes pendant le stockage. 83-121.In : La conservation des céréales de France, INRA Les ATP de l'INRA, Paris

**80- KAPU M. M.,BALARABE M.L. and UDAMAH M.G., 1989** - Effect of the extent of insect damage on the protein content on maize, guinea corn and cowpeas from Zaira , Negeria. Nutrition reports international, Vol 40 n°6, pp 1159-1163.

**81-AMMAD F., 1994** - Etude de quelques facteurs qui influencent sur le développement de *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera : Curculionidae) dans le blé tendre et de l'effet de l'infestation de cette espèce. Mémoire Ing.Agro.Prot.des Veg. Ins.Agro.Blida 96p

**82-MOUHOUCHE, 1982** - Sensibilité variétale du pois chiche (*Cicer arietinum*) aux attaques d'un insecte spécialisé *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera ; Bruchidae) et d'un insecte non spécialisé *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera ; Curculionidae) 2003, vol. 23, n°5-6, pp. 633-653

**83-PHILOGEN B.J.R., 1984** - Successes and future prospects for host plants resistant in integrated control Systems In : Allen G, A Rada,éd..Proc of the Int Syrup : The role of biological control in the pest management. IOBUWHRS, 42-61.

**84-GLITHO, LA. KETOH, K.G., NUTO, P.Y., AMEVOIN, S.K. et HUIGNARD, 1. 2008.** - Approches non toxiques et non polluantes pour le contrôle des populations d'insectes nuisibles en Afrique du Centre et de l'Ouest. 207-217. In *Regnault-Roger, C, Philogène, B.JR. et Vincent, C* (éds). *Biopesticide d'origine Végétale 1<sup>ère</sup> édition*. Lavoisier, TEC & DOC, Paris, 550p.

**85-KUMAR, R. 1991**- La lutte contre les insectes ravageurs: L'agriculture en régions tropicales. Karthala C. T. A (éds). Paris, France., Mm, MSFf. 177-2285p.

**86-REGNAULT, D., VERNON, P., NEDVED, O., HERVANT, F. and RENAULT, D. , 2004.**- The importance of fluctuating thermal regimes for repairing chill injuries

in the tropical beetle *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) during exposure to low temperature. *Physiol. Entomol.* **29**, 139-145.

**87-MONGE, G.P. GERMAIN, J. F. et HUIGNARD., J. 1988** - Importance des variations thermiques sur l'induction de la diapause reproductrice chez *B. atrolineatus* Pic. (Coleoptera: Bruchidae), Ecology and coevolution. Kluwer Academic Publishers, 91-100.

**88-PARVEEN, N. et MONDAI, K. 1992** - «Behavioural response of *Tribolium eastaneum* Herbst to tunneric (*Curcuma Longa*) powder: Univ». *J Zool-Rashahi.* 10: 37-41

**89-QUARLES, W. 1992** - Botanical Pesticides from Chenopodium. The IPM Practitioner 14: 111. Pharmacopée Français 1985. Paris; Maisonneuve, Tome I, 4 : 5-8.

**90-REGNAULT-ROGER C, HAMRAOUI A, HOLEMAN M, THERON E and PINEL R 1993** - Insecticidal effect of essential oils from mediterranean plants upon *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera : Bruchidae), a pest of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *J .Chem. Ecol.*, 19: 1233-1244

**91-REGNAULT-ROGER, C., PHILOGENE, B.J.R et VINCENT, C, 2008** - Biopesticides d'origine végétale, 2<sup>ème</sup> édition, Lavoisier, Paris. édition, 550p. 92-  
Rodgers, P.B., 1993 - «Potential of Biopesticides in Agriculture». *Pestie. Sei*, 117-129

**93-MATTSON W.J. et ADDY N.D. , 1975** - Phytophagous insects as regulators of forest primary production. *Science* 190:515-522.

**94-WILSON C.G., 1991** - Notes on *Phyllocnistis citrella* Stainto (Lepidoptera: Phyllocnistidae) attacking four citrus varieties in Darwin. Phyllocnistidae) attacking four citrus varieties in Darwin Austr. *Entomol. Soc.* 30: 77-78.

**95-BAUCE E., CARISEY N. et DUPONT A., 2001** - Implcation des relations alimentaires plante –insecte dans la lutte contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, Actes du colloque « tordeuse des bourgeons de l'épinette l'apivoisier dans nos stratégie d'aménagement » tenu à Shewingan ; pp : 27-32

**96- OHGUSUI T., 2010** - Ressource limitation on insect herbivore population. In Effects of resource distribution on animal- plant interaction, Ed. Academic press. Inc., New york, pp 199- 241.

**97-WATT A.D., LEATHER S.R., HUNTER M.D et KIDD N.A.C., 1990** – population dynamics of forest insects. Intercept, Andover, Etats-unies, 408p.

**98-CLEMENT G. , DALLARD J., POISSON C. et SAUPHANOR B.,1988 -**

Les facteurs de résistance du riz paddy aux insectes des stocks. I - L'influence de l'ouverture des glumelles. *Agro. Trop.* 43 (1) 47-58

**99-NWANA I. E. et AKIBO-BETTS D. T. , 1982 -** The resistance of some rice varieties to damage by *Sitophilus zeamais* during storage *Trop. Stored Prod. Inf* 43 : 10-15

**100-SAMSON P. R. , PARKER R. J. et JONES A. L., 1989 -** Laboratory studies of protectants of control of *Sitophilus oryzae* (Coleoptera, Curculionidae) and *Rhizopertha dominica* (J. stored. *Prad. Res.* Vol. 25 (1) 39-48.

**101-SAUPHANOR B. ,1988 -** Influence des caractéristiques des glumelles sur la résistance variétale du riz aux insectes des stocks. *Entomol. Exp. Appl.* 47 : 55\_67

**102-SIWALE K. MBATA J. and LUNGU D. ,2009 -** Comparative resistance of improved maize genotypes and landraces to maize weevil *African Crop Science Journal, Vol. 17, No. 1, 2009, pp. 1-16.*

**103-MARK G.A., 1982 -** Induced oviposition preference, periodic environment and cycles in the bruchid beetle, *Callosobruchus maculatus*. *Entomol. Exp. Appl.* **32**: 155-160.

**104-EDEN W. G., 1952-** Effects of kernel characteristics and components of husk weevil damage

**105-MESTARI M., 2001-** Etude de la relation entre populations d'insectes et légumes entreposés dans la région de Tlemcen et effet de quelques composés phénoliques sur le développement des insectes: application à la bruche de pois chiche (*Callosobruchus maculatus*, Coleoptera: Bruchidae). Thèse de Magister. Uni de Tlemcen. 95p.

**106-SINGH R.S & JACKAI L.E.N., 1985-** Insect pests of cowpeas in Africa: their life cycle, economic importance and potential for control. In *Cowpea Research Production and Utilization* (Eds S.R. Singh & K.O. Rachie), pp: 217-231. New-York: John Wiley & Sons.

**107-PHILOGENE B.,ARNASON J.T.et LAMBERT J.D.H., 1988 -**Facteurs contribuant à la protection du maïs contre les attaques de *Sitophilus* et *Prostephanus*. Colloque international de technologie « céréales en régions chaudes » conservation et transformation, Cameroun, 15p

**108-RAMALHO F. S., NAGAI V. et ANGELUCI E., 1977-** Comportamento de cultivares de sorgo em relação a *Sitophilus oryzae* (L.) (1,2). *CIENCIA E CULTURA*, 29 (11) 1296-130

**109-PANDE Y. D. et KRISHNA DAS, 1985-** Relative resistance of rice varieties in storage to infestation by *Sitophilus oryzae* (L) Coleoptera : Curculionidre). In Tripura Indian Journal of Agricultural Sciences 55 (12) 771-772.

**110-BEKON A., 1984** - Biologie du développement et comportement alimentaire de *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) sur les sémences de céréales. Thèse de Doctorat Ingénieur; 111-167 p.

**SHARIFI S. et MILLS R. B., 1971** - Development activity and behaviour of the rice weevil, *Sitophilus oryzae*(L) within the kernels of Wheat J. Econ. Entomol. 64, 1114-1118.

**112-DOBIE P.,1977-** The contribution of the tropical stored products centre to the study of insect resistance in stored maize. *Tropical Stored Products Information* 34:722.

**113-SURTESS G., 1963** - Site of damage to whole wheat grain by five species of stored products beetles. Entomol mon. Mag. 99 : 178-180

**114-SUDHAKAR T.R. et PANDEY N.D. ,1981-** Chemicals factors in resistance of wheat, raw and parboiled rice varieties to *Sitophilus oryzae* L. Amino acid Indian J. Ent.43(4), pp 364-368

**115-LEINIER I.E. et KAKADE M.L., 1980-** Protease inhibitors in toxic constituent of plant foodstuffs Ed.I.E. LEINIER, Academic press; New-york, 2<sup>nd</sup> edition, pp 31-34

**116-SINGH D.N. et MC CAIN F.S., 1963-** Relationship of some nutritional properties of the corn kernel to weevil infestation. Crop science, 3 :259-261

**117- MEYER G.A. et MONTGOMERY M.E. , 1987** - Relationship between leaf age and the food quality of cottonwood foliage for gypsy moth, *Lymantria dispar*, *Oecologia*, 72 : 527-532

**118-VAN GESTE L C.A.M., et VAN BRUMMELENT.C., 1996** - Incorporation of the Biomarker concept in ecotoxicology calls for a redefinition of terms. *Ecotoxicology* 5 pp.217-225.

**119-EGGEN R.I.L., 2001** - Moderne biologische Analyse: Potenzial, Entwicklung und Anwendung. *Gas Wasser Abwasser* 3, 167–171

**120. DEPLEDGE M. H. et FOSSI M. C., 1994** - the role of biomarkers in environmental (2). *Invertebrates. Ecotoxicology* 3: 161- 172.

**121-GILBERT I., et O'CONNOR J.D., 1970** - Lipid metabolism and transport in arthropods. *Chemical Zoology*, Vol. V, Florkin M., SCHEER B.T., Newyork and London, Academic Press, pp.229-253.

- 122-GILBERTL. I., 1967** - Lipid metabolism and function in insects *Advances in insects. Physiology*, BEAMENT J.W.L., TREHERNE J.E., WIGGLESWORTH V.B., London and New-York. Academic Press 4, pp.69-211.
- 123-L'HELIAS C., 1970** - Chemical aspects of Growth and development in insects *Chemical Zoologie*, Florkin M., et Scheers B.T., *Chemical Zoologie*, London Academic Press 5, pp.343-400.
- 124-CAMPELL A., SINGH N.B. and SINHA R.N., 1976** - Bioenergetics of the granary weevil, *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) *Can. J. Zool.* **54**(5): 786–798 (1976) | doi:10.1139/z76-088 Date modified: 2010-03-03
- 125-DEUSE J. et ATCHIKITI A. O., 1986** : Rapport général sur la protection des denrées stockées dans le cadre de l'amélioration des systèmes après-récolte. IV<sup>e</sup> Congrès sur la protection de la santé humaine et des cultures en milieu tropical. 88-111.
- 126-VAN BRUMMELEN T.C., et SUIJFZAND S.C., 1993** - Effects of benzofalpyrene on survival, growth and energy reserves in the terrestrial isopods *Oniscus asellus* and *Porcellio scaber*. *The science of the total environment supplement*, pp. 921-929.
- 127-LECOQ R., 1965** - Manuel d'analyse alimentaire et d'expertise usuelles, Ed.Doin, Paris , TII,F à Z, pp 914-979
- 128-DUBOIS M.K.A., GILLES Y.K., HAMILTON P.A et al., 1956** - Colometric method for determination of sugars and related substance. *Anal and Chem. Jour.* **28**. P: 350-356.
- 129-MERGHEM R., BRUN N. et JAY M., 2001**- Quantitative estimation of polyphénolic compounds *Vicia faba* L.(Legumuminosae) seeds, *Rev.science et technology*, univ.Constantine, Algérie
- 130-DANHO M. ET HAUGRUGE E. 2003** - Comportement de ponte et stratégie reproductive de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera, Cuculionidae) *Phytoprotection* **84** : 59-67
- 131-FOX L.R., 1993**- A quantitative genetic analysis of oviposition preference and larval performance on two hosts in the bruchid beetle, *Callosobruchus maculatus*. *Evolution* **47**: 166-175.
- 132-OFUYA T.I., 1990** - Oviposition deterrence and ovicidal properties of some plants powders against *Callosobruchus maculatus* in stored cowpea (*Vigna unguiculata*) seeds. *J. Agric. Sci. Camb.* **115**: 343-345

133-FOX C.W & DINGLE H., 1994 - Dietary mediation of maternal age effects on offspring performance in a seed beetle (Coleoptera: Bruchidae). *Functional Ecology* **8**: 600-606.

**134-LOSCHIAVO, S. R., MC GINNIS, A. J., METCALFE D. R., 1969**

- Nutritive value of barley varieties assessed with the confused flour beetle. *Nat.* 224-228.

**135- MEDRANO J. F. et BRESSANI R., 1977** - Evaluation of nutritional quality of food with the red flour beetle (*Tribolium castaneum*) : Effects of protein concentration in the diet on larval growth and developmental time. *Nutr. Rep. int.* 16 (3) 255

**136-JULIANO B.O., 1981-** Rice grain properties and resistance to storage insects : a review IRRI research paper series n°56 IRRI,manilla,Philippine, 9p.

**137-AHMED K., KHALIQUE F., AFZALI M & MALIK B.A., 1989** - Variability in chickpea (*Cicer arietinum* L) genotypes for resistance to *Callosobruchus maculatus* F. (Bruchidae). *J. Stored. Pro. Res.* **25**(2): 97-99

**138-FLIEDEL G.,grenet C., GONTARD N.et PONS B. , 1989** - Dureté, caractéristiques physico-chimique et aptitude au décorticage des grains laboraroire de technologie des céréales, 9, Montpellier, France

**139-NAWROT J., 1981-** The susceptibility of grain various wheat varieties and cultivars to the post-harvest infestation by granary weevil (*Sitophilus granarius* L .*prace Naukowe, Institutu ochrony Roslin, Tom 23 Zeszut 2, pp. 133-140*

**140-SAMSON P. R. , PARKER R. J. et JONES A. L., 1989** - Laboratory studies of protectants of control of *Sitophilus oryzae* (Coleoptera : Curculionidae) and *Rhizopertha dominica* (Coleoptera : Bostrychidae)In paddy rice.*J. stored. Prad. Res. Vol. 25 (1) 39-48*

**141-MESSINA F.J., BARMORE J.L & RENWICK J.A.A., 1987-** Oviposition deterrent eggs of *Callosobruchus maculatus*: spacing mechanism or artifact? *J.Chem. Ecol.*, **13**: 219-226.

**142-PARR M.J., TRAN B.M.D., SIMMONDS M.S J., KITE G.C & CREDLAND P.F., 1998-** Influence of some fatty acids on oviposition by the bruchid beetle, *Callosobruchus maculatus*. *J. Chem. Ecol.*24 (10): 1577-1593

**143-GARCIA-LARA S., BERGVINSON DAVID J., BURT ANDREW J., RAMPUTH AL I., DIAZ-PONTONES DAVID M., ARANSON JOHN T, 2004** - The role of pericarp cell wall components in maize weevil resistance 2004, vol. 44, n°5, pp. 1546-1552

**144-RATNADASS et SAUPHANOR, 1989** - Les pertes dues aux insectes sur les stocks paysan de céréales en côte d'ivoire. *Ins. des savanes*, Bouaké, Côte d'Ivoire.

**145 -MBENGUE H.M, 1989-** CONSERVATION ET TRANSFORMATION DES CEREALES LOCALES AU SENEGAL CENTRE NATIONAL DE RECHERCHE AGRONOMIQUES DE BAMBEY.

**146-LEVINS R., 1968** ; Evolution in changing environment princeton University press, princeton.pp,25-144.

**147-BARBAULT, 1984** ; Le concept de stratégie démographique, point de rencontre privilégié entre écologistes et généticien de population, *Acta oecologia*, 5 :243-259

**148-ROFF D.A., 1992** - The evolution of life histories: theory and analysis.

Chapman & Hall, London.

**149-BEENAKKERS A.M.T.,VANDER HORST D.J. et VAN MARREWJKS W.J.A.**, 1981 - Role of lipids in energy metabolism «energy metabolism in insectes »Downer.R.G.H.new york,pp 53-100

**150-TESTERINK J.M.,1981** - Starvation in a field population of litter-inhabiting commembola :methods for determing foods reserves in small arthropods « pedobiologia 21, pp427-433

**151-PERY A., 2003** - Modélisation des effets toxiques sur cheironme *Chironomus riparius* de l'individu à la population.thèse de doctorat, uni. Claude bernard Lyon, 120p

**152-CHARLES S.,FERROL M.,CHAUMOT A.et ARR. 2004** - Food availability effect on population dynamics of the midge *Chironomus riparius* :a leslie modeling approach, *Ecological modeling*, 175 :217-229.

**153-AWMACK C.S et LEATHER S.R., 2002** - Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Annual Review of Entomology*, 47: 817-844.

**154-SLANSKY F JR & RODRIGUEZ J.G., 1987** - Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates: an overview, pp. 1-69. In: F. Slansky Jr. and J.G. Rodriguez (eds.), *Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates*. Wiley, New York

**155-DADD R.H., 1985-** Nutrition: organisms. In: *Comprehensive Insect Physiology,Biochemistry and Pharmacology*, vol. 4, ed. G.A. Kerkut & L.I. Gilbert, pp. 313-390. Oxford: Pergamon Press

- 156-HAGSTRUM D.W.et MILLIKEN G.A.1988** - Quantitative analysis of temperature moisture and diet factors affecting insect developpment Forum :Ann Entomol.Soc.Am 81(4) : 539-546
- 157-BEKON K. A. et FLEURAT-LESSARD F.,1988** - Ségrégation olfactive et alimentaire réalisée par les adultes de *Tribolium castaneum* (Herbst) (Col. Tenebrionidae) entre les grains de six espèces céréalières.Ecol. Appl. 9 (2) 153-171.
- 158-BEKON K.A. et FLEURAT- LESSARD F.**, 1992 - Estimation des pertes en matière sèche des grains de céréales après les attaques de *Sitophilus oryzae*(L) et tribolium castaneum (herbst) Insect Sci.Appl, 13 : 123-136
- 159- **SWAIN T., 1979** - Tannins and lignins, pp.657-682. In (G.A. Rosenthal and D.H. Janzen, Eds.) Herbivores. Academic Press, New York
- 160-ADAMS N.R., 1995-** Organizational and activational effects of phytoestrogens on the reproductive tract of the ewe. Proc.Soc. Exp. Biol. Med.,20,887
- 161-FEENY P.P., 1970** - Seasonal changes in oak leaf tannins and nutrients as a cause of spring feeding by winter moth caterpillar. *Ecology*, 51: 565-581
- 162-BERNAYS E.A, CHAMBERLAIN D.J & MCCARTHY P., 1980** - The differential effects of ingested tannic acid on different species of Acridoidea. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 28: 158-166
- 163-KLOCKE J.A. & CHAN B.G., 1982** - Effects of cotton condensed tannin on feeding and digestion in the cotton pest, *Heliothis zea*. *Journal of Insect Physiology*, 28: 911-915
- 164-LAWSON D.L, MERRITT R.W, KLUG M.J & MARTIN J.S., 1982-** The utilization of late season foliage by the orange striped oakworm, *Anisota senatoria*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2: 242-248
- 165-REESE J.C., CHAN B.G & WAISS A.C.J., 1982 REESE J.C., CHAN B.G & WAISS A.C.J., 1982-** Effects of cotton condensed tannin, Maysin (corn) and Pinitol (soybeans) on *Heliothis zea* growth and development. *Journal of Chemical Ecology*, 8: 1429-1436. species of Papilionids. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 34: 245-250
- 167-HOSENEY, R. C. and FAUBION, J. M. 1992** - Physical properties of cereal grains. Pages 1–35 in D. B. Sauer, ed. Storage of cereal grains and their products. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.

- 168- WHITE N.D.G., DEMIANYK C.J., and FIELDWHITE P.G., 2000** - Effects of red versus white wheat bran on rate of growth and feeding of some stored-product beetles Cereal Research Centre, Agriculture & Agri-Food Canada
- 169-LAWSON D.L, MERRITT R.W, KLUG M.J & MARTIN J.S.,1984** - The nutritional ecology of larvae of *Alsophila pometaria* and *Anisota senatoria* feeding on early- and late-season oak foliage. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 35: 105-114.
- 170-FEENY P.P., 1976** - Plant apparency and chemical defense. *Recent Advances in Phytochemistry*, 10:1-40
- 171-HAGERMAN A.E et BUTLER L.G., 1991-** Tannins and lignins. pp.355-388 in G.A. Rosenthal and M.R. Berenbaum (eds.). *Herbivores, Their Interaction with Secondary Plant Metabolites*, Vol. I. The Chemical Constituents, 2nd ed. Academic Press, San Diego California
- 172-STAMP N, 2003** - Out of the Quagmire of plant defense hypotheses. *The Quarterly Review of Biology*, **78**: 23-55.
- 173-HAUKIOJA E et NEUVONEN S., 1985** - Insect population dynamics and induction of plant resistance: the testing of hypotheses. In: *Insect outbreaks*. Edited by P. Barbosa & J.C. Schultz. Academic Press, New York. pp. 411-432.
- 174-KAITANIEMI P., RUOHOMAKI K., OSSISOV V, HAUKIOJA E & PIHLAJA K., 1998** - Delayed induced changes in the biochemical composition of host plant leaves during an insect outbreak. *Oecologia*, 116: 182-190.
- 175-OSIER T.L., HWANG S.Y & LINDROTH R.L., 2000** - Effects of phytochemical variation in quaking aspen *Populus tremuloides* clones on gypsy moth *Lymantria dispar* performance in the field and laboratory. *Ecological Entomology*, 25: 197-207
- 176-TIKKANEN O.P., NIEMELA P & KERANEN J., 2000-** Growth and development of a generalist insect herbivore, *Operophtera brumata*, on original and alternative host plants. *Oecologia*, **122**: 529-536
- 177-BENREY B et DENNO R.F., 1997-** The slow-growth-high-mortality hypothesis: a test using the cabbage butterfly. *Ecology*, 78: 987-999
- 178-WEIHER B. et KOMNICK N., 1997-** Digestion of phosphatidylcholine, absorption and esterification of lipolytic products by *Aeshna cyanea* larvae as studied in vivo and in vitro, *Arch.insect Biochemi.physiol.*,36 :273-293
- 179-KASSEMI N., 2006** - RELATION ENTRE UN INSECTE PHYTOPHAGE ET SA PRINCIPALE PLANTE HÔTE : CAS DE LA BRUCHE DU

HARICOT(*Acanthoscelides obtectus*) (Coleoptera : Bruchidae UNIV. ABOU BEKR  
BELKAID – TLEMCEN These Magister

**180-HARVEY G.T., 1974-** Nutritional studies of eastern spruce budworm  
(Lepidoptera: Tortricidae). I. Soluble sugars. *Canadian Entomologist*,106:353-365

**181-MCLAUGHLIN B.M., 1986 -** Performance of the spruce budworm,  
*Choristoneura fumiferana* in relation to dietary and foliar levels of sugar and  
nitrogen. Thèse de Maîtrise ès Sciences, Michigan State Universty, East Lansing,  
Michigan