

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة.الحراش

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE EL-HARRACH
ALGER

THESE

En vue de l'obtention du Doctorat en Sciences

Agronomiques

Thème

**Les ravageurs des denrées stockées et
leur impact sur la santé humaine**

BENLAMEUR Zahia

Jury:

M.DOUMANDJI S.E. (Professeur)

Président (E.N.S.A)

M.GHEZALI D. (M.C.A)

Directeur de thèse (E.N.S.A)

Mme DAOUDI -HASSINI.S. (Professeur)

Examinatrice (E.N.S.A)

Mme IDOUHAR-SAADI.H. (M.C.A)

Examinatrice (E.N.S.V)

Mme MARNICHE F. (M.C.A)

Examinatrice (E.N.S.V)

Mme FEKKOUN S. (M.C.A)

Examinatrice (U.M.B.B)

Soutenu le 28/09/2016

Remerciements

Au terme de cette étude, j'exprime ma profonde gratitude à mon Directeur de Thèse Monsieur GHEZALI Djelloul Maître de Conférences au département de Zoologie agricole et forestière pour sa grande bienveillance, ses précieux conseils, ses encouragements et pour le temps qu'il m'a consacré pour la réalisation de ce travail.

Ma reconnaissance et mes remerciements s'adressent également à Monsieur DOUMANDJI Sallah Eddine Professeur au département de Zoologie agricole et forestière, qui a bien voulu présider mon jury et pour son soutien tout au long de ce travail.

Ma reconnaissance et mes remerciements s'adressent également à Madame DAOUDI-HACINI Samia Professeur au département de Zoologie agricole et forestière pour m'avoir fait l'honneur d'examiner ce travail.

Je tiens à remercier profondément Madame IDOUHAR –SAADI Habiba Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire pour m'avoir fait l'honneur d'examiner ce travail.

Je tiens à remercier profondément Madame MARNICHE Faiza Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire pour m'avoir fait l'honneur d'examiner ce travail.

Je tiens à remercier profondément Madame FEKKOUN Soumeya Maître de Conférences à Université de Mohamed Bouguara Boumedece pour m'avoir fait l'honneur d'examiner ce travail.

Je remercie également, M. SAHARAOUI L. Ingénieur principal à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'El Harrach pour m'avoir aidé pour la réalisation de ce travail.

Je remercie également, Docteur BOUZOUAOUI Bakhta assistante au service d'anapathologie au centre hospitalo-universitaire de SidiBellabece pour la lecture de mes coupes histologiques.

Il m'est particulièrement agréable d'exprimer toute ma gratitude à Monsieur KEDDAD du département de Botanique de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique pour l'identification de la mycoflore des denrées entreposées.

Il m'est particulièrement agréable d'exprimer toute ma gratitude à Monsieur BOUKRABOUZA Abdelrahmane directeur de la Réserve de Chasse de Zéralda pour sa compréhension et son aide .

Je remercie également Monsieur GOUICHICHE Mohamed directeur du Centre Cynégétique de Zéralda pour son accueil et de nous avoir ouvert ses portes durant la réalisation de l'expérimentation. .

Mes vifs remerciements vont également à Madame Meziane Safia doctorante au niveau du Département de la Zootechnie pour avoir m'aider à la réalisation des analyses de la qualité des aliments.

De même, il m'est agréable de remercier Monsieur BITTAM Arezki professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique pour son orientation.

Mes vifs remerciements vont également Madame Soraya notre aimable secrétaire du Département de la Zoologie Agricole et Forestière.

Que MEHDI K., BERROUANE F, GUERZOU A, KHEDDAR R, BOUTELBA I. trouvent ici l'expression de ma sincère gratitude.

Un grand merci pour tous ceux du département de zoologie agricole et forestière enseignants, étudiants et bibliothécaires qui ont de près ou de loin participé par leur aide et leurs encouragements à réaliser ce travail.

Table des matières

Liste des tableaux	A
Liste des figures	B
Liste des abreviations	F
Introduction	1
Chapitre I : Données bibliographiques	
Introduction	5
1.1. Production céréalière et légumineuse dans le monde et en Algérie	6
1.1.1. Dans le monde	6
1.1.2. En Algérie.....	11
1.2. Stockage des produits céréaliers et légumineux	11
1.2.1. Importance de stockage	13
1.2.2. La durée de la période de stockage.....	13
1.2.3. Principe de stockage	14
1.2.4. Modes de stockage	14
1.2.4.1. Stockage en sacs	15
1.2.4.2. Stockage en vrac.....	15
1.2.5. Technique de Stockage.....	15
1.2.5.1. Stockage en atmosphère confinée.....	15
1.2.5.2. Stockage sous atmosphère modifiée.....	16
1.3. Conservation.....	16
1.3.1. Techniques de conservation	16
1.3.1.1. Le séchage	17
1.3.1.2. La ventilation.....	17
1.4. Les facteurs de détérioration des produits stockés	17
1.4.1. Température.....	17
1.4.2. Humidité.....	18
1.4.3. Les facteurs biologiques	18

1.4.3.1. Oiseaux.....	19
1.4.3.2. Rongeurs.....	19
1.4.3.3. Les insectes.....	19
1.4.3.4. Position systématique et bio écologie des différentes espèces	37
1.4.3.4.1. <i>Tribolium confusum</i>	37
1.4.3.4.2. <i>Tribolium castaneum</i>	39
1.4.3.4.3. <i>Rhyzopertha dominica</i>	40
1.4.3.4.4. <i>Oryzaphilus surinamensis</i>	41
1.4.3.4.5. <i>Oryzaephilus mercator</i>	42
1.4.3.4.6. <i>Sitophilus oryzae</i>	44
1.4.3.4.7. Cecidomyiidae.....	45
1.4.3.4.8 <i>Mayetiola destructor</i>	46
1.4.3.4.9. <i>Bradysia sp</i>	47
1.4.3.4.10. <i>Nemapogon granella</i>	48
1.4.3.4.11. Agromyzidae	49
1.4.3.4.12. <i>Callosobruchus maculatus</i>	50
1.4.3.4.13. <i>Aulacorthum solani</i>	51
1.4.3.4.14. <i>Conwentzia hageni</i>	52
1.4.3.5. Les acariens	20
1.4.3.6. Description des espèces d'acarien des denrées stockées.....	63
1.4.3.6.1. <i>Acarus siro</i>	63
1.4.3.6.2. <i>Glycyphagus domesticus</i>	65
1.4.3.6.3 <i>Tyrophagus putrescentiae</i>	67
1.4.3.6.4. <i>Lepidoglyphus destructor</i>	68
1.4.3.6.5 <i>Pyemotes sp</i>	69
1.4.3.7. Les Champignons	21
Conclusion.....	25

Chapitre II : Matériel et méthodes

2.1. Partie insectes et acariens	26
2.1.1. L'Extraction de différentes espèces d'insectes et d'acariens.....	26
2.1.1.1. Avantage de l'appareil de Berlèse	27
2.1.1.2. Inconvénient de l'appareil de Berlèse	27
2.1.2. Tri et comptage.....	27
2.1.3. Eclaircissement.....	28
2.1.4. Montage.....	28
2.2. Partie Mycologie	28
2.2.1. Méthodologie.....	28
2.3. Partie analyse physico-chimique des aliments distribués aux souris	29
2.3.1. Teneur en eau	30
2.3.2. Cendres totales	30
2.3.3. Protéines totales.....	30
2.4. Partie expérimentale	31
2.4.1. Gain de poids :.....	32
2.4.2. Indice hépato-somatique.....	33
2.4.3. Analyse histologique	33
2.5. Utilisation de quelques indices écologiques de composition	34
2.5.1. Richesse totale.....	35
2.5.2. Abondance relative (AR %)	35

Chapitre III : Résultats et Discussions

3.1. Inventaire des insectes ravageurs des denrées stockées recueillies dans la présente étude	36
3.1.1. Exploitation des espèces recueillies par des indices écologiques de composition	53
3.1.1.1 Richesse totale.....	53
3.1.1.2 Abondance relative des espèces recueillies au niveau de toutes les	

denrées.....	54
3.1.1.3 Abondance relative des espèces recueillies au niveau du blé	55
3.1.1.4. Abondance relative des espèces recueillies au niveau du maïs.....	56
3.1.1.5. Abondance relative des espèces recueillies au niveau du pois chiche	57
3.1.1.6. Abondance relative des espèces recueillies au niveau du haricot	58
3.1.1.7. Abondance relative des espèces recueillies au niveau du riz	59
3.1.1.8. Abondance relative des espèces recueillies au niveau de l'orge	59
3.1.1.9. Abondance relative des espèces recueillies au niveau des lentilles	60
3.2. Partie faune acarologique inféodée aux denrées stockées.....	62
3.2.1. Les indices écologiques de composition appliquée à l'acarofaune	71
3.2.1.1. La richesse totale	71
3.2.1.2. Abondance relative des espèces d'acariens relevées au niveau des différentes denrées stockées	72
3.2.1.3. Abondance relative des espèces d'acariens relevées au niveau du blé	73
3.2.1.4. Abondance relative des espèces d'acariens relevées au niveau du maïs	73
3.2.1.5. Abondance relative des espèces d'acariens relevées au niveau du pois chiche.....	74
3.3. Partie champignon au niveau des différents denrées	75
3.4. Expérimentation sur les souris BALB/c	79
3.4.1. Qualité chimique du blé et du maïs.....	79
3.4.1.1. Analyse de la matière minérale (Matière Azotée).....	79
3.4.1.2. Analyse de la matière azotée	80
3.4.1.3. Analyse de la matière sèche	81
3.4.2. Poids corporel et les masses relatives des organes (Foie et Rein) des souris utilisées pour la présente expérimentation	82
3.4.2.1. Poids corporel des souris.....	82

3.4.2.2. Masses relatives des organes (foie et rein) des souris soumises à l'expérimentation	83
3.4.3. Indice hépato-somatique	83
3.4.4. Observation microscopique	84
3.4.5. Examen histopathologique.....	84
3.4.5.1. Etude histopathologique des effets du blé et du maïs contaminés par les insectes et les champignons	85
3.5. Discussions.....	93
Conclusion et Perspectives	110
Références bibliographiques.....	113
Annexe	
Résumés	

Liste des figures

Figure 01: Evolution de la production céréalière mondiale et les quantités de céréales stockées.

Figure 02 : Evolution mondiale de la production des Haricots secs

Figure 03 : Evolution de la production des légumineuses dans le monde (USDA, 2013)

Figure 04 : *Tribolium confusum* (Wikipédia)

Figure 05 : *Tribolium castaneum* (Wikipédia)

Figure 06 : *Rhizopertha dominica* (Wikipédia)

Figure 07 : *Oryzaephilus surinamensis* (Originale)

Figure 08 : *Oryzaephilus mercator* (Originale)

Figure 09: *Sitophilus oryzae* (Originale)

Figure 10 : *Cécidomyia sp* (Wikipédia)

Figure 11 : *Mayetiola destructor* (Wikipédia)

Figure 12: *Bradysia sp* (Wikipédia)

Figure 13: *Nemapogon granella* (Wikipédia)

Figure 14: Agromyzidae (Wikipédia)

Figure 15: *Callosobruchus maculatus* (Wikipédia)

Figure 16: *Aulacorthum solani* (Wikipédia).

Figure 17: *Conwentzia hageni* (Wikipédia)

Figure 18: *Acarus siro* (Wikipédia)

Figure 19: *Glycyphagus domesticus* (Wikipédia)

Figure 20: *Tyrophagus putrescentiae* (Wikipédia)

Figure 21: *Lepidoglyphus destructor* (Wikipédia)

Figure 22: *Pyemotes* spp (Wikipédia)

Figure 23 : Appareil d'extraction des insectes et acariens (Originale)

Figure 24: Préparation des échantillons pour l'isolement de la mycoflore
(Originale)

Figure 25 : Elevage des souris (Originale)

Figure 26 : La pesée de souris (Originale)

Figure 27 : La pesée des organes (Originale)

Figure 28: Abondance relative des espèces recensées dans les denrées stockées.

Figure 29: Abondance relative des espèces recensées dans le blé

Figure 30: Abondance relative des espèces recensées dans le maïs

Figure 31: Abondance relative des espèces recensées dans le pois chiche

Figure 32: Abondance relative des espèces recensées au niveau de l'haricot..

Figure 33: Abondance relative des espèces recensées au niveau du riz

Figure 34: Abondance relative des espèces recensées au niveau de l'orge

Figure 35: Abondance relative des espèces recensées au niveau des lentilles.

Figure 36: Abondance relative des espèces d'acariens recueillies au niveau des denrées stockées:

Figure 37: Les valeurs de l'abondance relative des espèces des acariens recueillies au niveau du blé

Figure 38: Les valeurs de l'abondance relative des espèces des acariens recueillies au niveau du maïs

Figure 39: Abondance relative des espèces d'acariens recueillies au niveau pois chiche

Figure 40: *Penicillium sp* (Originale)

Figure 41: *Fusarium sp* (Originale)

Figure 42: *Aspergillus sp* (Originale)

Figure 43: *Rhizopus sp* (Originale)

Figure 47: Coupe histologique d'un Rein normal (Originale)

Figure 48: Lame de coupe du foie de souris nourrit à base de blé sain (Originale)

Figure 49: Lame de coupe du foie de souris nourrit à base de blé contaminé (Originale)

Figure 50: Lame de coupe du rein de souris nourrit à base de blé sain (Originale)

Figure 51: Lame de coupe du rein de souris nourrit à base de blé contaminé (Originale)

Figure 52: Lame de coupe du foie de souris nourrit à base de maïs sain (Originale)

Figure 53: Lame de coupe du foie de souris nourrit à base de maïs contaminé (Originale)

Figure 54: Lame de coupe du rein de souris nourrit à base de maïs sain (Originale)

Liste des tableaux

Tableau 01: La production des céréales et les légumes secs en Algérie (MADR,2013)

Tableau 02: La durée du stockage en fonction de la température du milieu, de l'humidité de l'air et de l'humidité relative du grain (GTZ, 2002 in ZAGHOUANE, 2008).

Tableau 03: Espèces d'insectes recueillies au niveau des différentes denrées stockées utilisées dans la présente expérience (présence/absence).

Tableau 04: La liste des acariens recensés (présence/absence)

Tableau 05: La richesse des acariens observées au niveau des différentes denrées

Tableau 06: Champignons et pourcentage des graines infestées

Tableau 07: Matière minérale d'échantillons sains

Tableau 08: Matière minérale des denrées dénaturées

Tableau 09: Matières azotées totales en % de la matière sèche des denrées saines

Tableau 10: Matières azotées totales en % de la matière sèche des denrées infestées

Tableau 11: Matière sèche des denrées infestées

Tableau 12: Matière sèche des denrées saines

Tableau 13: Gain de poids chez les souris

Tableau 14: Masses relatives des organes (Foie et Rein) des souris nourris à base du blé et de maïs

Liste des abréviations

ADN : acide désoxyribonucléique

AF : aflatoxine

AFB1 : aflatoxine

ARN : acide ribonucléique

ARNm : acide ribonucléique messagers

ARNr : acide ribonucléique ribozymes

ARNt : acide ribonucléique de transfert

BEN : Balkan Endemic Nephropathy

CHU : centre hospitalier Ufr universitaire

CIT : Citrinine

FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nations

FAOSTAT : Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics

MADR : Ministère de l'agriculture et du Développement Rural

OTA : Ochratoxines

PDA : Potato Dextrose Agar

USDA : United States Department of Agriculture

Introduction

Il est reconnu que le blé, le riz et le maïs constituent la base alimentaire des populations du globe. Durant le développement de la civilisation indo-européenne, le blé est devenu la principale céréale des peuples occidentaux sous climat tempéré (YVES et DE BUYSER, 2001).

Le blé est l'une des premières plantes introduites en cultures, en raison de nombreux caractères favorables (facilité de stockage et de transport, large zone de culture). (YVES et DE BUYSER, 2001). Sa production annuelle devait atteindre 600 millions de tonnes en 1997, soit près de 30% de la production totale de céréales, devant le maïs et le riz. On estime que la demande s'élèvera à 1 milliard de tonnes en 2020 (FEILLET, 2000).

En Algérie, les céréales et leurs dérivées constituent l'épine dorsale du système alimentaire Algérien. En effet, elles fournissent plus de 60% de l'apport calorique, et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire nationale (FEILLET, 2000).

En Algérie, la consommation des produits céréaliers se situe à un niveau d'environ 205 kg /hab/an (CHEHAT, 2007).

Pendant des décennies, l'objectif principal de nombreuses politiques agricoles a été d'accroître la production pour atteindre l'autosuffisance alimentaire.

Les nombreux efforts de la recherche agronomique ont permis d'améliorer les mécanismes de production. Mais tout ce qui est produit n'est pas consommé directement par l'homme ou les animaux, il est destiné à être stocké. Par conséquent, une stratégie portée uniquement sur l'alimentation de la production n'est pas suffisante pour faire face à l'augmentation de la demande alimentaire.

Pour une meilleure gestion de la production agricole disponible, il faut accorder plus d'importance aux systèmes post-récolte. Cela commence au moment et au lieu de récolte et se termine à la table du consommateur.

Les dégâts causés aux denrées stockées liés aux insectes sont considérables. Dans les pays développés, nous estimons que 20% des grains de consommation sont

attaqués. La situation est pire dans les pays en développement, où les conditions de stockage sont précaires. Pour la FAO 2016, ce sont 20 à 40% des récoltes mondiales de céréales et de légumineuses qui sont détruites par les insectes pendant leur stockage. La nature des dommages causés par les insectes des denrées stockées est très variable.

PALYVOS et *al.* (2009) notent que les insectes et les acariens sont les principaux ravageurs des produits agricoles stockés dans le monde entier. Le degré d'infestation du produit dépend du parasite en cause, des conditions environnementales (température et humidité) et de l'état hygiénique du stockage.

Selon CABBELL et SINHA (1978), FLEURAT-LESSARD (1982) et JACOBSON et THOMAS (1981), les grains subissent de multiples agressions de la part des insectes lors du stockage et de la conservation. Certains de ces ravageurs sont primaires comme le mentionnent FARJON (1983) et SCHULTEN et ADAM (1978) alors que d'autres sont dits secondaires (BEKON 1984 et BEKON 1986).

Pendant ce stockage, les insectes et principalement certains genres de Coléoptères (Bruchidae et Curculionidae) s'attaquent aux grains (BELL et *al.* 1998, DELOBEL et TRAN 1993, DELOBEL, 1994, - KOUAKAP, 2002, NGAMO, 2000, NGAMO, 2001, STOLL, 1988, TAPONDJOU et *al.*, 2002, WEIDNER et RACK, 1984). Si aucune protection n'est faite, après sept mois de stockage, la perte des denrées peut être totale (AGOUNKE et BELL, 1994, AKOU-EDI, 1983, BELL, 1994, NGAMO, 2001, NGAMO et *al.*, 2001).

Bien que les insectes sont à l'origine de la plupart des dommages subis dans les réserves de denrées stockées, les rongeurs peuvent se montrer dans certains pays, encore plus dangereux. Les insectes nuisibles qui sévissent dans les entrepôts ont un taux de reproduction élevé et se développent rapidement, ce qui les met en mesure de provoquer à court terme de très graves dégâts à partir d'une population originelle modeste.

Les coléoptères (Coleoptera) constituent de loin le groupe le plus important au sein des insectes ravageurs des stocks. Ils sont suivis par les teignes (Lepidoptera). Nous trouvons ensuite une série constituée d'autres groupes, tels que les psocques (Psocoptera) qui, si elles sont pratiquement incapables de provoquer des dommages au niveau des stocks, peuvent néanmoins poser des problèmes d'hygiène. Ces espèces,

non seulement dévorent une quantité importante de nourriture, mais elles contaminent aussi ces denrées avec leurs fèces, odeurs, toiles de soie, cadavres, mues et qui peuvent entraîner des réactions allergiques chez les consommateurs. Leur présence peut aussi entraîner une humidité suffisante pour le développement de microorganismes. La liste des insectes qui s'attaquent aux denrées stockées est très longue.

Le troisième groupe de ravageurs des denrées stockées est constitué par les champignons. La présence de ces derniers est favorisée par plusieurs facteurs. Les ravageurs (insectes et acariens), la température et l'humidité en sont les principaux.

Les insectes et les acariens jouent un rôle important dans la dissémination de ces champignons comme le notent HUBERT et *al.* (2004). Ce sont des vecteurs de spores de moisissures qu'ils introduisent à l'intérieur même du grain par les lésions qu'ils créent. Le métabolisme des insectes s'accompagne d'une production de chaleur et d'humidité. La chaleur ne s'évacuant pas engendre la formation des «points chauds»; la température est par conséquent élevée ce qui provoque la mort des larves et la migration des adultes. La différence de température entre ces points chauds et l'air extérieur détermine une circulation d'air dans la masse. La rencontre de cet air chaud avec l'air frais engendre de l'eau de condensation qui se dépose sur les grains, provoquant leur prise en masse, la prolifération de moisissures et de champignons générateurs de toxines et finalement, leur pourriture. Ce sont les moisissures de genres *Aspergillus* et *Penicillium* qui constituent la menace la plus fréquente en cours de stockage. Au cours de leur développement, elles produisent parfois des toxines qui rendent les denrées sur lesquelles elles sont présentes impropres à la consommation humaine ou animale.

Les mycotoxines sont des composés chimiques toxiques produits par certains champignons. Il existe de nombreux composés de cette sorte, mais seul un nombre limité se retrouve régulièrement dans les aliments comestibles par l'homme ou les animaux tels que les céréales. Néanmoins ceux qui apparaissent dans les denrées alimentaires revêtent une grande importance pour la santé humaine et animale. Étant donné que les mycotoxines sont produites par les champignons, nous les retrouvons dans les récoltes affectées par les maladies ou les moisissures, même lorsque la contamination ne semble que superficielle. Certaines mycotoxines contenues dans la nourriture ont des conséquences aiguës et les symptômes graves d'intoxication

apparaissent très rapidement. En revanche, d'autres mycotoxines présentent quant à elles une toxicité chronique et ont des effets cumulatifs sur le long terme pouvant induire des cancers ou des déficiences immunitaires. Les informations sur les mycotoxines des denrées sont loin d'être exhaustives, mais elles sont suffisantes pour les considérer comme un problème grave dans de nombreuses régions du monde et sont à l'origine de pertes économiques importantes. D'après GUERRE et *al.* (1996), l'intervention de ces moisissures est suspecte dans un grand nombre de manifestations cliniques d'étiologies jusque là méconnues. PITT (1998), note que les mycotoxines sont "des métabolites de champignons et qu'une fois ingérés, inhalés ou absorbés par la peau, altèrent les capacités de réaction et provoquent des maladies ou la mort chez l'homme ou l'animal, y compris les oiseaux."

Parmi ces mycotoxines, on note : Aflatoxines B₁, B₂, G₁, G₂, Citrinine ,Toxine T-2 ,Déoxynivalénol (ou nivaléno), l Zéaralénone, Fumonisine B₁et Ochratoxine.

MAYER, 1953; COKER, 1997 notent que les mycotoxines sont présentes dans toute une série de produits de l'alimentation humaine et animale et provoquent de nombreuses maladies chez l'homme et l'animal. Ceci constitue le principal de notre objectif. En effet cette étude vise à évaluer l'impact de la présence de champignons et leurs sécrétions sur le comportement biologique de souris soumises à l'expérimentation.

La présente étude est structurée en trois chapitres. Le premier traite les données bibliographiques sur les denrées alimentaires et leurs potentiels ravageurs, ainsi que l'impact de ces derniers sur la santé de l'être humain. Les diverses méthodes employées et techniques utilisées pour exploiter les résultats sont regroupées dans le deuxième chapitre. Le troisième chapitre rassemble les résultats obtenus. Ces derniers sont discutés et comparés avec les travaux réalisés par les différents auteurs ayant traités une thématique dans le même axe de recherche. Une conclusion assortie de perspective clôture ce travail.

Introduction

A l'échelle mondiale, les pertes de produits agricoles occasionnées par les ravageurs des denrées stockées sont estimées à 10% en moyenne et représentent une valeur monétaire annuelle de près de 58 milliards US\$ selon les récentes statistiques de la FAO (2016). Ce pourcentage est encore plus élevé dans les pays de l'Afrique subsaharienne. Selon NGAMO et HANSE (2007), entre la récolte et la consommation, plus de 30% de la production est perdue. GUEYE et *al.*, 2011 notent que les pertes dues aux insectes nuisibles en Afrique est de l'ordre de 25 à 30% . Ceci représente presque le tiers de ce qui est produit ne parvient pas aux consommateurs. Ces pertes participent à creuser l'insécurité alimentaire et à accentuer la pauvreté en favorisant le recours massif à des importations de denrées alimentaires (BENZ et *al.*, 2010). Cette proportion est plus forte dans les régions subsahariennes du fait de la longue période de stockage.

Selon KETHAR (1986) ; NIJHOUT (1984) et NGAMO (2000), la diversité des ravageurs des stocks de céréales et légumineuses n'est pas encore établie dans la région Sahélienne.

La lutte contre les ravageurs remonte jusqu'à la récente histoire de l'humanité, au moment où l'homme commençait à stocker ses denrées alimentaires afin de subvenir à ses besoins pendant les périodes difficiles où la nourriture se faisait rare. C'était seulement plus tard que l'homme commençait à cultiver les plantes nécessaires à son alimentation, et des mesures adéquates avaient été prises pour protéger ces cultures. Les découvertes les plus anciennes de ravageurs des denrées stockées, qui nous sont transmises, proviennent du sépulcre de Toutankhamon (1358 ans avant J.-C.), où les ravageurs avaient été identifiés dans les offrandes destinées au Pharaon

De la Chine, une nation des plus anciennes civilisations, on a rapporté qu'à environ 1200 ans avant J.-C., de la chaux et de la cendre de bois avaient été utilisées pour le traitement des ravageurs dans les locaux de stockage fermés (probablement les ravageurs des denrées stockées). L'Afrique du Nord était le grand grenier à céréales de l'ancien Rome. Les céréales devaient être transportées en Europe pour y être stockées. Le censeur romain, MARCUS PORTIUS CALO (234-149 avant J.-C.), décrivait l'enduction du grenier avec de l'huile pour protéger les grains contre les

Chapitre I : Données bibliographiques

insectes. CAJUS PLINIUS SECUNDO (23-79 après J.- C.), qui nous racontait la situation de la lutte antiacridienne de son époque, connaissait fort bien l'utilisation de la poudre de craie pour traiter les ravageurs du blé.

Le terme "céréales" représente beaucoup plus que le bol de cornflakes du petit déjeuner. Les céréales sont pour la majorité, des plantes de la famille des graminées, utilisées pour l'alimentation de l'homme (sous forme de grains entiers ou de grains moulus) et celles des animaux domestiques (grains et plantes entières sous forme de fourrage) (MOULE, 1972). Leur nom vient du latin "céréalis" qui fait référence à Cérès, déesse des moissons dans la mythologie romaine. Sur le plan historique, la culture des céréales est intimement liée à l'histoire de l'humanité et à l'évolution de l'homme. Les céréales et leurs dérivées constituent l'épine dorsale du système alimentaire à l'échelle mondiale, et elles fournissent plus de 60% de l'apport calorique et 75 à 80 % de l'apport protéique de la ration alimentaire.

Les céréales furent, avec les légumes et les fruits, les aliments de base de tous les peuples de l'Antiquité et beaucoup de pays en développement particulièrement dans les pays maghrébins comme le souligne DJERMOUN (2009). Ceci s'expliquait notamment par un coût de production peu élevé et une conservation facile ce qui permettait la constitution des réserves

La production des céréales, jachère comprise, occupe environ 80% de la superficie agricole utile (SAU) du pays, cependant la consommation des produits céréaliers se situait à un niveau d'environ 205 kg/hab/an (CHEHAT, 2007). Ils représentent plus de 40 % de la valeur des importations des produits alimentaires dans le marché mondial, dont ils occupent le premier rang (39,22 %), devant les produits laitiers (20,6%), le sucre et sucreries (10%) et les huiles et corps gras (10%).

1.1. Production céréalière et légumineuse dans le monde et en Algérie

1.1.1. Dans le monde

Depuis cinquante ans, la consommation mondiale de blé a triplé et l'accroissement de la production a surtout été favorisé par la progression des rendements. Les fortes variations, selon les campagnes, du disponible exportable de pays producteurs ont toutefois impacté l'approvisionnement de l'Afrique du Nord et du Moyen-Orient, importateurs traditionnels. (Fig.01)

Chapitre I : Données bibliographiques

Pour le maïs, la production a été multipliée par cinq depuis 1960. En plus de la progression des rendements, une nette extension des surfaces a assuré un accroissement des disponibilités.

Entre 2002 et 2013, elle s'est étendue de 40 millions d'hectares, essentiellement en Chine et aux États-Unis, et aussi en Ukraine et au Brésil. L'augmentation de la sole a contribué à 43 % de l'augmentation de la production mondiale de maïs entre 2000 et 2013.

Le riz constitue également une denrée forte importante. En effet, la moitié de l'humanité dépend du riz pour son alimentation et 90% de la production mondiale provient d'Asie.

Les légumineuses, souvent appelées les «légumes secs», sont consommées depuis plusieurs millénaires par des peuples du monde entier. Ce sont même les premières plantes à avoir été cultivées. Les Chinois, par exemple, cultivent le soja depuis déjà plus de 4 000 ans. En Afrique de l'Est, le riz et l'arachide vont de pair. Au Mexique, c'est les haricots, ou encore en Afrique du Nord, les pois chiches et les fèves.

Depuis la seconde guerre mondiale, la production de légumineuses a beaucoup augmenté. Cela est surtout dû au développement des élevages industriels et à l'utilisation du soja comme complément nutritionnel des céréales pour la fabrication des aliments du bétail.



Figure 01: Evolution de la production céréalière mondiale et les quantités de céréales stockées (FAO,2016)

a. Les légumineuses

Il existe 3 catégories de légumineuses :

- les fèves et haricots secs (haricots blancs, haricots rouges, haricots noirs, romains, pinto, soja...),
- les lentilles (vertes, noires, brunes, rouges...),
- les pois secs (pois cassés, pois chiches, pois entiers...).

Les arachides sont également considérées comme des légumineuses. Les plus cultivées au monde sont le soja, l'arachide, les pois, les haricots, les fèves et les lentilles.

Les lentilles étaient déjà cultivées à l'époque de la naissance de l'agriculture en Mésopotamie il y a plus de 10 000 ans. Les lentilles sont une espèce de plante annuelle. Les fruits sont des gousses renfermant des graines rondes et plates. Originaire du Proche-Orient, les lentilles (*lensculinaris*), famille des papilionacées est un légume sec dont le fruit est une gousse renfermant deux petites graines aplaties.

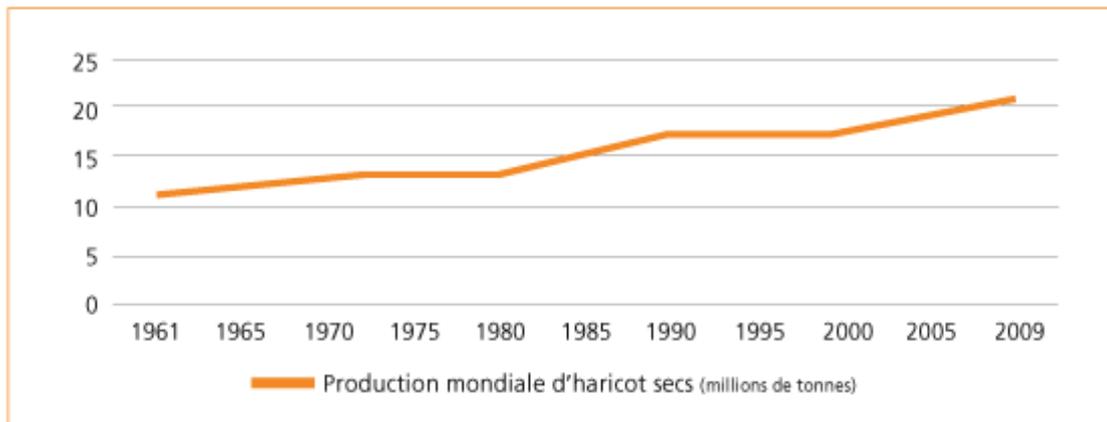
Chapitre I : Données bibliographiques

Cultivée 8 000 ans avant J.-C., elle en marqua l'histoire comme l'illustrent les tombeaux des pharaons ou l'épisode d'Esau dans la Bible. Aujourd'hui, diverses variétés sont produites et consommées à travers le monde.

Ce sont des légumes secs appréciés en Europe. La production mondiale reste néanmoins faible : 2 800 000 tonnes par an.

Le haricot sec est originaire des montagnes des Andes et s'est développé par la suite dans le monde et plus particulièrement en Afrique de l'Est et Centrale. La région des Grands Lacs de l'Afrique (Rwanda, Burundi...) détient le record au niveau mondial de sa consommation : 50 à 60 kg de haricots secs chaque année par habitant. L'haricot est aussi très présent dans la consommation des habitants des Caraïbes et du Cap Vert (où il s'accompagne parfois de maïs et de riz). Grâce à sa forte teneur en protéines, il est appelé parfois la «viande du pauvre». (Fig.02)

Le graphique ci-dessous montre l'évolution mondiale de la production des Haricots secs



Sources : FAOSTAT et Banque mondiale

Figure 02: Evolution mondiale de la production des Haricots secs (FAOSTAT,2010)

b. Le pois chiche

Le nom latin du pois chiche est «**cicer**. Il est cultivé dans les pays méditerranéens principalement et il est originaire du Proche-Orient (Turquie, Syrie..). Il a conquis l'Europe au Moyen-Age avec les Croisés.».

Chapitre I : Données bibliographiques

Sa production mondiale est d'environ 7,9 millions de tonnes par an et elle représente 10,3 millions d'hectares. La production mondiale de pois chiche se divise ainsi par an en moyenne : l'Inde avec 4,1 millions de tonnes, la Turquie (600 000 tonnes), le Pakistan (500 000 tonnes), le Canada et le Mexique (250 000 tonnes) et l'Australie (200 000 tonnes).

L'Organisation des Nations unies FAO (2016) a proclamé 2016 Année internationale des légumineuses dans le but de sensibiliser l'opinion publique aux avantages nutritionnels de ces dernières dans le cadre d'une production vivrière durable, à l'appui de la sécurité alimentaire et nutritionnelle. La FAO explique que les légumineuses – telles les lentilles, les haricots, les pois et les pois chiches – font principalement partie du panier alimentaire de base de nombreuses populations. Elles sont une source essentielle de protéines et d'acides aminés d'origine végétale et devraient être consommées dans le cadre d'un régime alimentaire équilibré. (Fig.03)

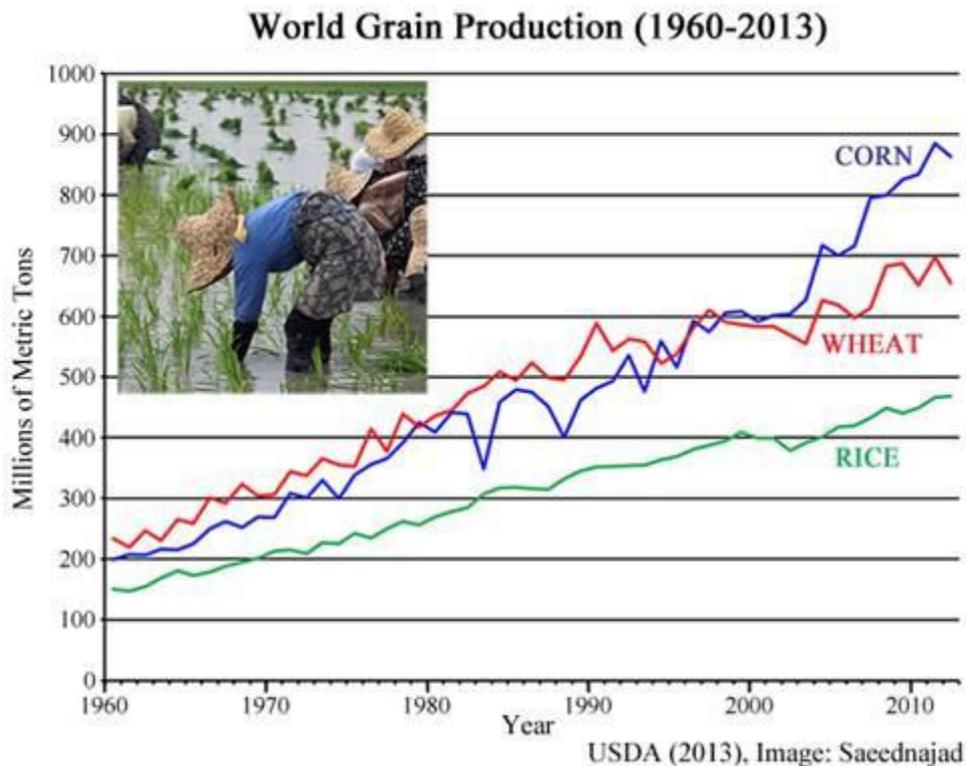


Figure 03: Evolution de la production des légumineuses dans le monde
(USDA,2013)

1.1.2. En Algérie

La production céréalière a atteint 34 millions de quintaux en 2013. Les besoins nationaux en céréales sont estimés à environ 8 millions de tonnes/an, ce qui classe l'Algérie comme l'un des plus importants pays importateurs de céréale.(Tab.01)

L'Algérie doit donc importer davantage de blé pour nourrir sa population, ce qui aggrave sa dépendance vis-à-vis de l'étranger en matière de produits alimentaires.

Concernant la production des légumes secs l'Algérie a une production de 958330 quintaux en 2013 selon le ministère de l'agriculture.

Tableau 01:La production des céréales et les légumes secs en Algérie

(MADR, 2013)

Culture	Blé dur	Blé tendre	Légumes secs
Total (qx)	23323694	9666796	958330

Les céréales occupent une place à part dans l'agriculture Algérienne. De part les surfaces emblavées, 7 millions d'hectares, et surtout du mode de consommation national, qui est de 200 kilogrammes par habitant et par an. Les céréales se distinguent donc par leur prédominance dans le paysage rural national qui en fait ainsi une culture stratégique.

L'Algérie, Hélas, malgré un triplement de la production par rapport à 1962, reste tributaire de l'extérieur pour combler le déficit abyssal qui se creuse d'année en année sous la pression d'une croissance démographique galopante.

Les importations ont atteint 3,16 milliards de dollars en 2013, contre 3,18 milliards de dollars à la même période en 2012, et il en va ainsi depuis des lustres du temps.

1.2. Stockage des produits céréaliers et légumineux

Un lot de grains entreposés en vrac ou en sacs est un écosystème constitué en fait par un micro-biotope relativement isolé, artificiellement créé par l'homme et caractérisé par un ensemble de propriétés bio-physico-chimique originales (SINHA (1973) in MULTON (1982).

Chapitre I : Données bibliographiques

Ce grain (ou graine) entreposé comporte inévitablement au moins deux entités vivantes: les grains eux mêmes (germe par exemple), et les microorganismes, de façon non obligatoire, mais fréquemment on y trouve associés des insectes, des acariens et de petits vertébrés (rongeurs, oiseaux). On peut trouver aussi parmi les microorganismes ,la microflore des grains et des graines. Selon MULTON (1982), cette microflore est banale à tendance xérophile et cosmopolite, constitue un envahisseur interne ou contaminant externe, ou tous les deux (CHRISTENSEN et SAUER., 1982), dont les bactéries, les levures et les mycètes filamenteux (MAGAN *et al.*, 2003).

Les produits agricoles entreposés sont influencés par de nombreux facteurs qui déterminent leurs propriétés de bonne ou de mauvaise conservation. Parmi ces facteurs, on peut noter l'état du produit à l'origine, le conteneur ou structure d'entreposage, la durée de l'entreposage et le type de traitement (SINHA, 1973 in MULTON, 1982). Contrairement aux matériaux inertes comme le sable, en cours d'entreposage, les produits agricoles subissent des transformations physiques et chimiques et c'est pourquoi, ils doivent être traités avec soin.

L'état dans lequel se trouve le produit à l'origine est probablement le plus important facteur de conservation. Par exemple, la teneur en eau et la température sont des facteurs essentiels de la conservation et si on n'en tient pas compte, ils peuvent causer la détérioration et l'échauffement spontané des produits entreposés.

A l'échelle mondiale, le stockage, la manutention et le transport du grain dans des conditions adéquates ne peuvent plus être une question d'intérêt secondaire (STEDMAN, 1984).

La consommation quotidienne est assurée par une seule récolte, quelquefois deux dans l'année (SINHA, 1973 in MULTON, 1982) d'où la nécessité du stockage, ainsi que les grains stockés sont utilisés comme des semences pour la saison de croissance suivante (SALUNKHE *et al.*, 1985 in OMINSKI, 1984).

Selon DRUVEFORS (2004) in BELYAGOUBI (2005), les premiers systèmes de stockage étaient de grands paniers fait de roseaux ou fioles d'argile qui sont immergé dans le sol, ainsi que des puits, des paniers de femmes, des structures de bois ou de boue et des puits garnis de paille sont utilisés (REED, 1992).

1.2.1. Importance de stockage

Le stockage correspond à l'entreposage des grains ou des denrées dans une enceinte conçue à cet effet. Les systèmes traditionnels se sont affirmés au cours du temps en s'adaptant aux conditions locales. Les moyennes et les formes utilisés sont très diversifiées. Ils dépendent de la disponibilité des matériaux de construction (KOSSOU et ABO, 1993)

C'est une opération qui demande une attention particulière pour préserver la qualité des semences. Deux paramètres importants conditionnent son succès: les moyens et les techniques de préservation et de stockage. Selon AGRAWAL (1992) in ZAGHOUANE (2008), il est difficile d'éviter une baisse de viabilité. Cependant, l'entreposage devrait permettre de minimiser la perte de viabilité et de vigueur des semences.

D'après le même auteur, il existe trois types d'entreposage:

- l'entreposage de la semence à partir de la récolte jusqu'au prochain semis (à court terme : 6 à 8 mois)
- l'entreposage des excédents de récolte (à moyen terme: habituellement de 12 à 14 mois)
- l'entreposage de germoplasmes, des semences de l'amélioration et des échantillons destinés aux essais de laboratoire (à long terme : de 5 à 20 ans)

Le stockage des semences est une opération importante et doit commencer au champ, lorsque les semences ont atteint leur maturité physiologique qui dépend énormément des facteurs abiotiques, telles que humidité et la température.

1.2.2. La durée de la période de stockage

Un stockage prolongé peut affecter la vigueur de la graine et peut entraîner une perte de viabilité. La durée de la période de stockage dépend de plusieurs facteurs (Tab.02), tels que le type de semences (espèces et variété), la teneur en eau, la viabilité initiale de la graine ainsi que la température et l'humidité relative pendant le stockage.

Tableau 02 : La durée du stockage en fonction de la température du milieu, de l'humidité de l'air et de l'humidité relative du grain (GTZ, 2002 in ZAGHOUANE, 2008).

Durée de stockage	Température du milieu (C°)	Humidité de l'air (%)	Humidité relative du grain (%)
1-9 mois	30	50	12
	20	60	13
11 à 24 mois	30	40	10
	20	50	12
	10	60	12
3-5 années	10	45	10
5 - 10 années	0	30	9

1.2.3. Principe de stockage

Selon la destination du produit, le stockage sera implanté sur les lieux de production, près des centres de commercialisation, des centres de transformation et des centres portuaires (BAKOUR et BENDIFALLAH, 1990). Dans tous les cas, la question qui se pose est de savoir s'il faut stocker en vrac ou en sacs. Chacune des techniques présentes des avantages et des inconvénients qu'il convient d'apprécier en fonction du contexte particulier à chaque installation.

1.2.4. Modes de stockage

Des recherches ont été consacrées à l'amélioration des méthodes locales de stockages et de conservation. Actuellement, on utilise des méthodes modernes qui se rencontrent surtout dans les coopératives, les entrepôts dépendant des gouvernements et les magasins portuaires (BAKOUR et BENDIFALLAH, 1990).

- Soit en sacs dans des magasins et des hangars.
- Soit en vrac dans des silos ou des cellules de types variés.

1.2.4.1. Stockage en sacs

Les denrées sont stockées dans des sacs de 50 ou de 100 kg. Ces sacs peuvent être en jute pour le café vert ou en polyéthylène pour les légumineuses (pois chiche et arachide) ou alors en papier Kraft (semences).

La solution de stockage en sacs est la plus fréquemment utilisée, car elle permet une grande souplesse et une manutention facile, sauf que ce mode d'entreposage convient à court terme (BAKOUR et BENDIFALLAH, 1990). L'emploi des sacs est très répandu pour presque toutes les marchandises importées excepté quelques denrées comme le malt d'orge qui est expédié dans de grands sacs de 20 tonnes (big-bag).

1.2.4.2. Stockage en vrac

Le stockage en vrac est une pratique qui consiste à mettre les denrées dans des silos, hangars (dans ce cas, les grains en tas sont laissés à l'air libre dans les hangars ouverts à charpente métallique) ou bien les mettre dans d'autres structures. C'est une méthode généralisée dans les pays développés alors qu'elle est encore peu répandue dans les pays en développement, à cause du manque de moyens de transports spécialisés et la possibilité de disposer de structures adaptées. Cependant, seul l'Office National Interprofessionnel des Céréales (OAIC) et quelques entreprises privées disposent de structures qui répondent aux normes. Le contrôle et la surveillance des produits ensachés sont difficiles alors qu'ils sont plus aisés en vrac.

Malheureusement, les contaminations sont possibles d'autant plus que dans ce type de construction, il demeure toujours des espaces entre les murs et le toit ainsi le libre passage des rats, des oiseaux et des insectes est permis (DOUMANDJI, 1979).

Par ailleurs, l'influence des intempéries est encore assez forte et le développement des moisissures et des bactéries est toujours possible.

1.2.5. Technique de Stockage

Selon MULTON (1982), il y a deux types de stockage:

1.2.5.1. Stockage en atmosphère confinée

Elle est utilisée de façon traditionnelle dans certaines régions (greniers souterrains). Elle consiste à conserver les grains dans une structure étanche. En consommant de l'oxygène et en rejetant du gaz carbonique, les grains et les

microorganismes créent un milieu asphyxiant pour les insectes qui sont tués lorsque le taux d'oxygène est inférieur à 2% (BARTON, 1961). On agit donc sur le facteur "Composition des gaz du milieu".

1.2.5.2. Stockage sous atmosphère modifiée

Dans la méthode précédente, la modification de la composition de l'atmosphère interne se fait progressivement au fur et à mesure de la respiration de la masse. Cette lenteur peut permettre le développement de certains insectes. La conservation sous gaz neutre va consister à remplacer rapidement l'air interstitiel par un gaz inerte (azote ou mélange azote gaz-carbonique). Cette technique est utilisée surtout pour le stockage du café vert, mais également des céréales où les produits sont conservés en cellules métalliques soudées mises sous gaz neutre (N₂: 85%; CO₂: 13%; O₂: 2%) (ANONYME, 1995).

1.3. Conservation

Le grain ne peut se conserver indéfiniment sans perdre ses qualités et la préservation de toutes ses qualités n'est ni éternelles ni gratuite.

Les bonnes pratiques de conservation consistent à maintenir le plus longtemps possible la qualité du produit en agissant sur les divers mécanismes d'altération.

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 de stockage.

Ces trois facteurs conditionnent le développement des microorganismes et des insectes qui sont toujours présents en plus ou moins grande quantité sur le grain ou sur les lieux d'entreposage.

1.3.1. Techniques de conservation

Les techniques mises en œuvre pour assurer une bonne conservation sont celles qui agissent sur les différents facteurs physiques (température, humidité) et biologiques (microorganismes, arthropodes, vertébrés).

1.3.1.1. Le séchage

Le rôle du séchage est de déshydrater rapidement les grains jusqu'à une humidité assez basse pour que le métabolisme et celui des microorganismes associés soient fortement ralentis.

1.3.1.2. La ventilation

La ventilation consiste à faire circuler l'air non chauffé dans une masse de grain, ou presque, pour refroidir ou uniformiser la température et le taux d'humidité dans l'enceinte des lieux de stockage.

Ce procédé sert à abaisser et à équilibrer la température du grain et à empêcher la migration de l'humidité. Afin d'éviter l'échauffement des grains, la ventilation permet d'évacuer au fur et à mesure la chaleur produite (FRIESEN, 1982).

1.4. Les facteurs de détérioration des produits stockés

Les pertes se produisent aux stades suivants:

- au cours de la culture (plein champ)
- au cours de la récolte
- au cours du transport
- au cours du séchage
- au cours de la transformation.
- au cours du stockage (silos, moulins)

Les pertes sont difficiles à estimer:

- variation géographique importante
- pas de modèles prédictifs
- manque de moyens et de compétences spécifiques
- manque de structures nationales de suivi

1.4.1. Température

Le contrôle de la température est nécessaire dans les lieux de stockage car elle joue un rôle important dans la reproduction.

Selon HUSSAIN et BASAIN in SADAoui (1977), la mort survient chez le *Trogoderma* par exemple en quatre minutes à 60 degré Celsius et en trois minutes à 85 degré Celsius.

1.4.2. Humidité

C'est l'un des plus importants facteurs influençant les denrées emmagasinées soit dans le cas du stockage, soit dans le cas de l'entreposage.

Ces deux facteurs, soit la température ou l'humidité relative sont les principaux agents de prolifération des ravageurs, ainsi que la teneur en eau des graines car au cours d'entreposage, l'eau qui se trouve à l'intérieur du produit atteint un équilibre avec l'air qui se trouve dans et entre les particules du produit, ce qui peut produire un certain degré d'humidité relative et cette dernière risque de favoriser la croissance et le développement d'organismes nuisibles. Il y a aussi parmi ces facteurs la durée de l'entreposage qui influence la dynamique des populations.

Le développement de la microflore et de la faune ne s'effectue que lorsque certaines conditions sont remplies. Les acariens par exemple sont très sensibles aux variations hygrométriques qui ont une influence directe sur la teneur en eau de leurs tissus. Ils sont également sensibles à la température et à la nature du grain.

La plupart des espèces ont un optimum de développement pour une humidité relative comprise entre 80 et 90 %. On peut remarquer aussi que pour une température inférieure à 14 °C et une teneur en eau des graines inférieure à 14 %, leur développement est lent. Dès que la température atteint 25 ° pour une humidité relative de 85 % et une teneur en eau des graines supérieure à 16 %, leur développement est alors optimal.

1.4.3. Les facteurs biologiques

Les principaux agents responsables des dégâts dans les stocks sont les bactéries, les champignons, les acariens, les insectes, les rongeurs et les oiseaux (SADAoui, 1977 in KELLOUCHE, 1979).

Ces déprédateurs des stocks sont nombreux, surtout dans les graines entreposées et leurs importances varient d'un pays à un autre.

1.4.3.1. Oiseaux

Les oiseaux à régimes granivores commencent leurs dégâts aux champs et les poursuivent au niveau des stocks. Ils s'infiltrent accidentellement dans les lieux de stockage et pourraient engendrer des dégâts importants, mais il faudrait encore qu'ils soient nombreux et qu'aucun moyen de lutte ne soit déployé.

1.4.3.2. Rongeurs

Du champ à la consommation, les produits agricoles doivent être transportés et entreposés dans des conditions très variables. Les rongeurs peuvent intervenir tout au long de cette chaîne et causer des dégâts plus au moins importants tels que :

- Pertes de matière dues aux rongements,
- Altération qualitative des denrées par les souillures (fèces, urine, poils).

Il est donc impératif d'éloigner les rats des denrées stockées, car ils transmettent de graves maladies par la promiscuité.

1.4.3.3. Les insectes

Environ 900 espèces au monde entrent dans cette catégorie. Il s'agit d'insectes qui nuisent aussi bien aux denrées et produits dérivés entreposés d'origines végétale et animale (produits alimentaires, pâtes, épices,...), qu'à une multitude de produits manufacturés ou de valeur patrimoniale (cuirs, peaux, laines, fibres végétales, livres, archives, collections en tout genre, mobilier,...). Beaucoup de ces ravageurs sont cosmopolites. Certains auteurs ont employé le terme de «domicole» pour qualifier ces insectes qui ont élu domicile dans nos maisons, bâtiments, entrepôts, usines, musées.

En France ces insectes appartiennent essentiellement à 7 ordres : Zygentoma (2 espèces), Orthoptera (1 espèce), Blattodea (7 espèces), Isoptera (5 espèces), Psocodea (9 espèces), Coleoptera (29 familles et plusieurs dizaines d'espèces), Lepidoptera (5 familles et environ 35 espèces).

1.4.3.4. Position systématique et bio-écologie des différentes espèces d'insectes

Nous présentons dans cette partie la systématique et la bio-écologie des différentes espèces d'insectes inventoriées.

1.4.3.4.1. *Tribolium confusum* (Jaquelin duval, 1868)



Figure04: *Tribolium confusum*

(<https://www.google.dz/#q=tribolium+confusum.>)

Classe : Insecte

Ordre : Coléoptère

Famille : Tenebrionidae

Genre : Tribolium

C'est un coléoptère de la famille des Tenebrionidae à répartition cosmopolite. C'est un ravageur commun connu pour attaquer et infester les denrées alimentaires stockées, notamment la farine et les grains de céréales, dans les silos, entrepôts, boulangeries, épicerie et maisons particulières.

a- Biologie

Les adultes sont très actifs et se déplacent rapidement quand ils sont dérangés, mais ils sont incapables de voler. La durée de vie moyenne des adultes est d'environ un an. Les femelles, très prolifiques, pondent une moyenne d'environ 450 œufs. Ceux-ci sont

Chapitre I : Données bibliographiques

pondus directement sur les matières alimentaires (farine, grains cassés) auxquelles ils adhèrent grâce à une sécrétion collante.

Les larves éclosent au bout de cinq à douze jours et achèvent leur croissance en un à quatre mois. Au dernier stade de développement, les larves, de couleur jaunâtre, mesurent environ 5 mm de long. Le nombre de stades larvaires varie de 5 à 12 selon la température, l'humidité relative et la qualité de l'alimentation. L'émergence de l'adulte a lieu six jours après la nymphose à 32,5°C et une humidité relative de 70 %. Le développement complet de l'œuf à l'adulte se fait en six semaines environ dans des conditions climatiques favorables. L'optimum thermique de l'espèce se situe entre 32 et 35 °C et son développement s'arrête au-dessous de 22 °C. Cette espèce résiste aux basses hygrométries.

Ces insectes ont un régime très polyphage. Ce sont des cléthrotophages secondaires qui se nourrissent, tant au stade larvaire qu'au stade adulte, surtout de brisures et attaquent les grains endommagés, suivant souvent les charançons en aggravant leurs dégâts. *Tribolium confusum* peut aussi se nourrir sur sept espèces de champignons, et par prédation aux dépens d'autres insectes des grains, notamment *Plodia interpunctella*, la pyrale indienne de la farine. Ces insectes peuvent aussi se cannibaliser, surtout si la densité de population est élevée. Les larves peuvent consommer les œufs, les nymphes et les adultes immatures. Les adultes peuvent cannibaliser tous les stades sauf les adultes.

b- Dégâts

Le tribolium brun attaque les grains endommagés ou brisés .On le trouve surtout dans la farine, la poussière et les impuretés. Ce coléoptère cause des dégâts en s'alimentant mais probablement davantage en contaminant les grains, par les cadavres d'insectes, les mues et pelotes fécales, ainsi que des liquides (quinones), et en donnant une mauvaise odeur aux denrées infestées. Cela peut entraîner une mauvaise acceptation des aliments par le bétail et le rejet par les acheteurs de grains. Souvent, l'infestation par les tribolions favorise le développement de moisissures, qui contribuent à réduire considérablement la qualité et la valeur du grain.

1.4.3.4.2. *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797)

Classe : Insecte

Ordre : Coléoptère
Famille : Tenebrionidae
Genre : Tribolium



Figure 05: *Tribolium castaneum*
([https://fr.wikipedia.org/wiki/Tribolium_\(Tenebrionidae\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Tribolium_(Tenebrionidae)).)

a- Description

C'est un ravageur primaire, granivore. L'adulte est un petit coléoptère brun rougeâtre d'environ 4 mm de longueur. Au stade adulte, le tribolium rouge de la farine est facilement confondu avec d'autres espèces du genre *Tribolium*. La larve est blanche avec des bandes brunes et mesure 8 mm avant la nymphose.

Les produits infestés par cet insecte sont les grains entreposés, les oléagineux, les substances contenant de l'amidon, l'haricot, le pois, les épices, et les racines séchées. Il préfère les grains endommagés, mais il infeste également les grains de blé sains dont il dévore le germe avant l'albumen.

b- Dommages

- Il s'agit d'un ravageur polyphage et il n'est pas facile d'établir qu'il est à l'origine des dommages décelés.

- Dérangé, il émet une sécrétion malodorante qui rend les produits de meunerie infestés impropres à la consommation.
- À forte densité, il peut conférer une coloration rosée aux denrées qu'il infeste.
- On le rencontre généralement dans le grain échauffé.

1.4.3.4.3. *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792)

Classe : Insecte
Ordre : Coléoptère
Famille : Bostrichidae
Genre : *Rhyzopertha*



Figure 06: *Rhyzopertha dominica*

(https://fr.wikipedia.org/wiki/Capucin_des_grains)

a- Description

L'adulte est un petit coléoptère brun rougeâtre foncé de 3 mm de longueur, aux antennes terminées par une massue lâche caractéristique de trois articles.

La larve de couleur blanche présente une capsule céphalique brune foncée et est recourbée en forme de C. Elle est immobile à maturité.

Chapitre I : Données bibliographiques

Les produits infestés sont pratiquement tous les grains, particulièrement le blé, l'orge, le sorgho, le riz, les graines, fruits séchés, médicaments, liège, bois et produits en papier

b- Dommages

- Les dommages sont importants et distinctifs.
- Les adultes et les larves se nourrissent du germe et de l'albumen.
- Les adultes et les larves forent aussi des galeries dans le grain.

1.4.3.4. *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus ,1758)



Figure 07 : *Oryzaephilus surinamensis* (Originale)

Classe : Insecte
Ordre : Coléoptère
Famille : Silvanidae
Genre : *Oryzaephilus*

a- Description

Avec une couleur brun foncé, elle présente une forme élancée et une taille de 2,5 à 3,5 mm et se caractérise par 6 dents aigues de chaque côté du prothorax.

b- Biologie

La durée de son cycle est de 20 à 80 jours et peut pondre jusqu'à 150 œufs.

Elle se développe dans une plage de température de 18 à 37°C et une plage d'humidité relative de 10 à 90%.

Température optimale: 30 à 35°C

Humidité relative optimale: 70 à 90%.

c- Dégâts

Ravageur secondaire des céréales et produits céréaliers, ainsi que du coprah, des épices, noix et fruits secs. Les dégâts sont causés par les larves et les adultes

1.4.3.4.5 *Oryzaephilus mercator* (Fauvel ,1889)

Classe : Insecte

Ordre : Coléoptère

Famille : Silvanidae

Genre : *Oryzaephilus*



Figure 08: *Oryzaephilus mercator* (Originale)

a- Description

Les adultes sont de petits coléoptères bruns et étroits d'environ 3 mm de longueur. Les larves sont blanches à jaune pâle et aplaties.

Les produits infestés sont les denrées riches en huile comme la farine, les flocons d'avoine, le son et le riz brun. L'insecte s'attaque également aux céréales transformées, aux fruits séchés et aux graines. Il se nourrit de farine, de mélanges à gâteaux, de pâtes, de biscuits, de noix, de noix de coco, de riz soufflé et de nourriture pour animaux de compagnie.

b- Dommages

- Les dommages sont généralisés, mais il est souvent difficile d'établir qu'ils ont été infligés par cette espèce.
- Les adultes et les larves s'alimentent et causent des dommages.
- Le ravageur est généralement introduit dans les habitations avec de la nourriture infestée.
- Dans les immeubles d'habitation, le cucujide des grains oléagineux se propage parfois d'une unité de logement à l'autre et devient une nuisance chronique.

1.4.3.4.6. *Sitophilus oryzae* (Linnaeus ,1763)

Classe : Insecta
Ordre : Coleoptera
Famille : Curculionidae
Genre : Sitophilus



Figure 09: *Sitophilus oryzae* (Originale)

L'adulte, de couleur brune, est de petite taille qui varie de 2,5 à 4 mm. Les élytres sont marqués de quatre taches jaunes rougeâtres caractéristiques. Les larves, blanches et apodes, se développent à l'intérieur des grains. Elles ne sont donc pas décelées dans les échantillons passés au tamis ou à l'entonnoir de Berlèse.

Les Produits infestés sont le riz, blé, orge et à l'occasion, pois, céréales brutes ou transformées comme les pâtes.

a- Dommages

- Les adultes se nourrissent de grains entiers ou de farine.
- Les larves se développent dans des graines ou fragments de graines et dans des produits céréaliers d'une taille suffisante pour les abriter, mais elles ne se développent pas dans la farine à moins que celle-ci ait été compactée.
- L'alimentation du charançon entraîne l'échauffement du grain, et le grain infesté est souvent humide à cause de la respiration du ravageur.

1.4.3.4.7. Cecidomyiidae

Classe : Insecta

Ordre : Diptera

Famille : Cecidomyiidae



Figure 10 : *Cecidomyia sp*

(<https://fr.wikipedia.org/wiki/Cecidomyiidae>)

Les cécidomyies (Cecidomyiidae) constituent une famille de diptères nématocères. Il s'agit de petits moucheron délicats qui sont caractérisés par de longues antennes et des ailes poilues. À travers le monde, on retrouve plus de 6 000 espèces regroupées en plus de 780 genres. Certaines espèces parasitent des plantes (céréales, colza, arbres fruitiers, etc.). Les larves se nourrissent des tissus des végétaux, créant des excroissances anormales appelées galles.

Les cécidomyies représentent une importante source de nourriture pour les hirondelles et autres oiseaux insectivores

1.4.3.4.8. *Mayetiola destructor* (Say, 1817)

Classe	Insecta
Ordre	Diptera
Famille	Cecidomyiidae
Genre	Mayetiola



Figure 11 : *Mayetiola destructor*

(https://fr.wikipedia.org/wiki/Mayetiola_destructor)

Mayetiola destructor, est une espèce de mouche qui est un ravageur important des cultures de céréales, notamment le blé, l'orge et le seigle.

Au printemps, la femelle de couleur foncée pond environ 250 à 300 œufs rougeâtres sur les plantes, généralement là où les tiges sont couvertes de feuilles.

a- Dégâts

Les larves se nourrissent de la sève et affaiblissent les plantes de sorte qu'ils ne peuvent pas supporter les grains.

1.4.3.4.9. *Bradysia sp* (Winnertz, 1867)

Classe : Insecta

Ordre : Diptera

Famille : Sciaridae

Genre : Bradysia



Figure 12 : *Bradysia sp*

(http://www.diptera.info/forum/viewthread.php?thread_id=11106)

Les larves sont blanches, minces, jatte, avec une tête noire et la peau lisse semi-transparente révélant le contenu de l'appareil digestif. La longueur à l'âge adulte est de 6 mm. Elles se nourrissent de champignons et de matières organiques en décomposition et ne sont pas considérées comme un problème économique. Quelques espèces, cependant, attaquent les tissus sains de ces plantes économiques comme la pomme de terre, le blé, trèfle, luzerne, champignons cultivés, pin, et diverses plantes ornementales y compris les bulbes de tulipes, de fougères, bégonias, coléus, géraniums, cactus, jeunes orchidées, aréquier et dracaenas. Certains producteurs ont eu des difficultés à obtenir un contrôle adéquat de fongicoles, et plus d'informations sont nécessaires sur les insecticides efficaces ainsi que les dosages et les méthodes d'application, avec possibilité de phytotoxicité.

1.4.3.4.10. *Nemapogon granella* (Linnaeus, 1758)

Classe : Insecta
Ordre : Lepidoptera
Famille : Tineidae
Genre : Nemapogon



Figure 13 : *Nemapogon granella*
(https://en.wikipedia.org/wiki/Nemapogon_granella)

La fausse teigne des grains à l'état adulte mesure 9 à 14 mm d'un bout à l'autre de ses ailes. Sa tête est recouverte de poils redressés. Ses ailes antérieures sont blanches et dotées d'une barre basilaire noire. Elles sont marbrées et comportent des taches de couleur mordorées brunes foncées et picotées de noir. Les ailes postérieures sont brunes ou grises, frangées de longs poils. L'aile postérieure est plus étroite que l'aile antérieure. L'adulte, qui peut voler, ne se nourrit pas de denrées. .

a- Biologie

Les pontes ont lieu sur les grains ou les autres aliments. L'incubation est de l'ordre de une à deux semaines. La femelle pond de 30 à 220 œufs avec une moyenne de 100 œufs. Elle pond ses œufs individuellement dans la source de nourriture ou dans la poussière, dans les détritiques ou sur des sacs.

La larve est blanche et peut atteindre de 7 à 10 mm de longueur. Elle est active. Sa tête peut varier en couleur, soit du jaune pâle au rouge brun ou au brun foncé. Ses plaques thoraciques peuvent être jaunâtres ou brun pâle. Elle se reproduit le mieux lorsque la température est de 25 °C et l'humidité relative est à 90 %. Il lui faut une période de 70 jours pour se développer.

b- Dommage

La fausse-teigne des grains infeste le grain dont la teneur en eau dépasse 14 %. La larve s'attaque d'abord au germe de la graine, puis à l'albumen. Elle ne crée aucun

dommage distinctif et les dommages sont provoqués par les larves. Dans les produits stockés en vrac, la larve infeste les cinq à six centimètres supérieurs du stock. Lorsqu'elle se nourrit, elle produit des sangles de soie qui lient la surface des grains en vrac. Une odeur désagréable, des mottes de grain et la contamination par la soie et les excréments sont un signe d'infestation.

1.4.3.4.11. Agromyzidae (Fallén, 1823)

Classe : Insecta

Ordre : Diptera

Famille : Agromyzidae



Figure 14 : Agromyzidae

(<https://en.wikipedia.org/wiki/Agromyzidae>)

Au point de vue taxonomique, les agromyzidés sont considérés comme l'un des groupes les plus difficiles parmi l'ordre des diptères. Ceci est dû à un haut degré d'uniformité entre les espèces et la petite taille de spécimens

Les agromyzides se nourrissent sur une multitude de plantes légumières (tomate, concombre, céleri, haricot, asperge, poireau, épinard, etc.) et ornementales (chrysanthème, pétunia, dahlia, etc.).

1.4.3.4.12. *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775)

Classe: Insecte
Ordre: Coléoptère
Famille: Bruchidae
Genre: *Callosobruchus*



Figure 15 : *Callosobruchus maculatus*

(https://en.wikipedia.org/wiki/Callosobruchus_maculatus)

Les Bruchinae se composent d'environ 1700 espèces et constituent un groupe très homogène de Coléoptères cléthrophages.

a- Biologie

Leur développement se fait en général à l'intérieur d'une seule graine de légumineuse. Ce sont des ravageurs des denrées d'une très grande importance. Les espèces les plus nuisibles étant celles capables de se développer dans les stocks. JANSSEN (1977), CENTER et JOHSON (1974) ont montré que chaque espèce de Bruchidae n'était capable de se développer que dans un petit nombre de légumineuses. Il existe une certaine spécificité entre l'insecte et son hôte.

Les bruches sont très bien caractérisés par leur régime alimentaire. Elles sont toutes consommatrices de graines.

Ces insectes ne présentent pas de diapause mais la durée de leur cycle de développement dépend de la température. Des températures moyennes inférieures à 17°C ou supérieures à 37°C ne permettent pas son développement (HOWE et CURIE,1964) . Les générations peuvent se succéder toute l'année sans arrêt si l' insecte se trouve continuellement en présence de graines.

1.4.3.4.13. *Aulacorthum solani* (Kaltenbach, 1843)

Classe : Insecta
Ordre : Hemiptera
Famille : Aphididae
Genre : Aulacorthum



Figure 16 : *Aulacorthum solani*

(https://en.wikipedia.org/wiki/Aulacorthum_solani)

Aulacorthum solani est une espèce de puceron très polyphage capable de coloniser plus de deux cents espèces de plantes.

a- Dégats

C'est un ravageur de plusieurs espèces cultivées, mais les dommages directs sont peu importants. En revanche, il peut transmettre de nombreux virus, en particulier dans les cultures sous serre. Il est assez commun sur la pomme de terre .

1.4.3.4.14. *Conwentzia hageni* (Banks, 1906)



Figure 17 : *Conwentzia hageni*

(<http://bugguide.net/node/view/184120>)

La famille des Coniopterygidae ou ailes poussiéreuses est l'une des plus intéressantes familles dans l'ordre des Neuroptera en raison de sa large répartition géographique, et notamment en raison de son importance dans le contrôle de petits animaux phytophages.

Les larves et les adultes sont des prédateurs et plusieurs ont été étudiés comme agents biologiques de contrôle (MEINANDER 1972 & 1990; MONSERRAT, 2002).

Conwentzia hageni se nourrit abondamment sur les acariens rouges *Tetranychus mytilaspidis* (Riley) des agrumes.

1.4.3.5. Les acariens

Les arthropodes les plus fréquemment rencontrés dans les stocks de céréales mis à part les insectes, sont les acariens. Ils se présentent sous forme d'agrégats qui les font ressembler à une poussière vivante (FLEURAT, 1982). Ces espèces d'acariens sont principalement attirées par les moisissures dont ils se nourrissent. Ils ne représentent qu'un risque parallèle à celui des moisissures et que l'on peut associer à une teneur en eau plus élevée que la normale. Les acariens sont particulièrement attirés par les substrats riches en lipides donc ils peuvent attaquer et diminuer la valeur des grains stockés qui conservent leur aspect extérieur normal.

Selon le même auteur, les acariens que l'on rencontre dans les produits stockés ont deux types de régimes alimentaires.

1.4.3.6. Description des espèces d'acarien des denrées stockées

1.4.3.6.1. *Acarus siro* (Linnaeus, 1758)



Figure 18: *Acarus siro*

([https://fr.wikipedia.org/wiki/Ciron_\(arachnide\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ciron_(arachnide)))

Noms communs : Acariens de stockage, acariens de la farine, acariens des grains.

Le ciron ou tyroglyphe de la farine, ou *Acarus siro*, autrefois nommé *Tyroglyphus farinae*, est une des rares espèces d'acarien (comme la tique) que l'on peut voir à l'œil nu.

Les tyroglyphes étaient autrefois un groupe d'acariens classés comme *Tyroglyphus*

Chez le mâle adulte, le fémur de la première paire de pattes présente, sur son côté inférieur, une forte épine très frappante. Extrémité du corps des deux sexes avec 4 longues soies et les soies dorsales (d1-d4) courtes.

L'espèce la plus commune, *A. siro* ou «mite de la farine» est un ravageur typique des denrées entreposées. Elle se développe dans les céréales les plus diverses ainsi que dans les produits céréaliers, mais aussi dans d'autres denrées amylacées, dans le fromage, le foin, etc...

Au complexe *A. siro* se rattachent d'autres espèces difficiles à distinguer et dont l'identification nécessite le recours à une littérature spécialisée.

a- Développement

Comme tous les acariens, le ciron suit plusieurs stades de développement : œuf, larve, nymphe, imago. La durée de vie de l'animal est à peu près 60 jours. Une femelle pond sur la durée de son existence près de 200 œufs. Le stade d'imago est atteint au bout de dix-neuf jours, et l'accouplement commence immédiatement, plusieurs fois par jour. Quatre jours après, la ponte débute et s'étale sur vingt jours. L'élément favorable au développement du ciron, outre l'abondance de la nourriture, est notamment une forte humidité, vers 85%. Par contre, si l'environnement est défavorable, le ciron imago peut se métamorphoser en hypope (nymphe hypopiale), pendant lequel il ne se nourrit pas. Dans cet état, il peut se fixer à un insecte, telle une puce par exemple, dans une association phorétique.

Acarus siro est un ravageur agricole important et allergènes. Cet acarien de stockage est de 0,5 mm à 1 mm de longueur, avec un corps brillant, doux, blanc crème. Les chélicères et les jambes sont de couleur jaune à brun selon ce que l'acarien mange. La source de nourriture prédominante de l'acarien est de la farine d'autres produits à base de céréales, du fromage, du foin et de fruits secs. Certains auteurs rapportent que les champignons qui poussent dans l'alimentation sont également consommés par ces acariens.

Le développement de l'œuf à l'adulte se produit dans 10 jours à température ambiante normale. Les adultes vivent pendant 30-50 jours.

Bien que morphologiquement semblables aux autres acariens, *A. Siro* possède quelques caractéristiques distinctes: A l'arrière du corps du mâles on trouve une incision entre la 2ème et la 3ème paire de pattes.

Les mâles possèdent des ventouses anales et au niveau des tarse ainsi qu'une extension en forme de crochet clairement exprimée au niveau des cuisses de la première paire de pattes.

Acarus siro et autres acariens de stockage doivent être considérés comme des causes possibles de troubles allergiques chez les populations agricoles, même dans les

climats nordiques comme la Finlande, où ils ont été trouvés dans les étables et les installations de stockage du foin et des céréales à la ferme (TERHO ,1982).

Les acariens de stockage peuvent également provoquer des allergies chez les individus dans les foyers urbains, même dans des environnements plus-arides tels que Brunei (Asie du sud-est), où cet acarien est présent dans les poussières domestiques, ce qui entraîne des réactions cutanées positifs dans 35% des asthmatiques. Cela a démontré de façon convaincante que les acariens de stockage sont des allergènes importants dans ces climats WOODCOCK et CUNNINGTON (1980).

1.4.3.6.2. *Glycyphagus domesticus* (De Geer ,1778)

Noms communs : Acariens de stockage, acariens de meubles, acariens des aliments



Figure 19 : *Glycyphagus domesticus*

<http://www.agronet.fr/page228.html>

Cet acarien de stockage de la famille des Glycyphagidae est aussi connu comme acariens de meubles. On le trouve dans les aliments et les céréales dans les entrepôts et d'autres zones de stockage. Dans les maisons, il vit dans les denrées infestées et dans les zones humides où il se nourrit de moisissures.

Un acarien chevelu, de 0.3 à 0.7 mm de longueur, dispose d'un corps mou, blanc-crème avec des pattes jaune-brun.

Pour les deux sexes, le corps est recouvert de poils très longs et plumeux. Au microscope, ils sont reconnus par les longs poils à leurs extrémités.

Chapitre I : Données bibliographiques

Le développement de l'œuf à l'adulte survient dans les 22 jours à température ambiante. L'adulte vit environ 50 jours. Ses principales sources alimentaires sont la farine, les céréales, les autres produits à base de céréales et les champignons.

L'acarien de la maison, *Glycyphagus domesticus* similaire à d'autres espèces de ce groupe, est connu comme un ravageur des denrées stockées. Il est commun et cosmopolite.

On le trouve dans les magasins, les maisons, les granges, les meules de foin et de paille, les ruches, les nids d'oiseaux et des rongeurs (BRADY, 1970; CHMIELEWSKI, 1971a, 1992, 1998; CHMIELEWSKI et GOLEBIEWSKA, 1971; CUSACK et al., 1975; KADZHAJA, 1970; SINHA, 1968; TSENG et CHANG, 1973; TURK et TURK, 1957; ZAKHVATKIN 1941; ZHDARKOVA, 1967).

Les produits céréaliers et les céréales, le matériel de semis (graines de diverses plantes), les fruits secs, les légumes, herbes médicinales, produits de la ruche et divers types de nourriture et de fourrage sont les produits les plus privilégiés et infestés avec ce parasite (CHMIELEWSKI 1969, 1971b, c, 1987). Il y a aussi quelques données préoccupantes relatives à l'apparition de cet acarien sur les produits alimentaires et son développement sur les produits moisissés et sur mycélium de champignons infestant les semences (SINHA, 1964 ; SINHA et al., 1969). L'anatomie interne, la morphologie et même la biologie de cette espèce étaient un sujet d'intérêt pour certains acarologues pendant des années et il ya des références contenant des données pertinentes en ce qui concerne ces sujets (BARKER, 1986; HORA 1934; HUGHES, 1976; HUGHES et HUGHES 1939 ; OBOUSSIER 1939, TURK et TURK, 1957; ZAKHVATKIN,1941).

Il n'existe pas d'informations sur l'association de *G. domesticus* avec sarrasin (blé noir), sauf un élément d'information concernant certains échantillons prélevés de céréales de sarrasin infestés par cette espèce (BOCZE et GOLEBIEWSKA, 1959). Sur ses propres observations, l'auteur a prouvé, cependant, l'existence de ces associations (CHMIELEWSKI, données non publiées). Le but de cette étude était d'obtenir plus de données sur la bionomie des espèces d'acariens de la maison.

1.4.3.6.3. *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank, 1781)



Figure 20: *Tyrophagus putrescentiae*

(<http://www.microlabgallery.com/gallery/MiteT%20putrescentiae%201.aspx>)

Tyrophagus putrescentiae possède un corps très semblable à celui de l'espèce précédente. La longueur du corps est de 0,3-0,4 mm et la soie dorsale **la** est à peu près aussi longue que la soie dorsale **d**.

Tyrophagus putrescentiae est de loin l'espèce la plus fréquente. Elle est cosmopolite et peut causer de grands dégâts. On la trouve en particulier dans les graines de lin, les œufs en poudre, les arachides, le jambon, le fromage, la farine de hareng, le copra, les bananes desséchées, le froment, l'avoine, l'orge et la farine. D'autre part, les abricots et champignons desséchés, le poivre de Cayenne, le son de froment et beaucoup d'autres denrées peuvent être fortement attaquées et rendues impropres à la consommation (CANFIELD,2010).

Selon EATON et GALLAGHER (1994) *Tyrophagus putrescentiae* (Shrank) est un ravageur commun des produits alimentaires stockés. Jusqu'à récemment, les traitements des produits de base et des installations se sont appuyés que sur les acaricides et fumigènes pour contrôler cet acarien.

1.4.3.6.4. *Lepidoglyphus destructor* (Schrank, 1781)



Figure 21 : *Lepidoglyphus destructor*

(<http://www.uniprot.org/taxonomy/36936>)

Lepidoglyphus destructor est découvert en 1871 et il vit dans des lieux de stockage et les habitations des climats tempérés.

- Article terminal des pattes avec une longue écaille ventrale densément velue.
- En avant, sur le dos, pas d'apophyse.
- Corps blanchâtre, long de 0,35-0,55 mm

Lepidoglyphus destructor met 24 jours pour devenir adulte.

Une femelle pond jusqu'à 120 œufs dans sa vie (CHMIELEWSKI, 2001).

Cet acarien est nuisible aux produits entreposés d'origine végétale les plus variés, tels que blé, seigle, avoine, semences de trèfle, de graminées, aliments pour volailles, déchets de soja, résidus farineux, paille de litière et paille hachée.

1.4.3.6.5. *Pyemotes* sp.



Figure 22 : *Pyemotes* spp.

(<http://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5489412>)

Chapitre I : Données bibliographiques

Dès 1959, on avait répertorié 20 différentes espèces à ce genre (KRCZAL, 1959) dont *P. herfsi* (MMWR, 2005), *P. ventricosus* (DEL GIUDICE et al., 2008) et *P. beckeri* (HEWITT et al., 1976). En 1975, MOSER a proposé de nommer cet acarien *P. tritici*.

Les acariens de ce genre sont responsables de cas de dermatite associée à des insectes des grains.

a- Hôtes

Plus d'une centaine d'espèces d'insectes en majorité servent de proie à cet acarien et il existe une certaine spécificité quant à ce choix d'hôtes. Ce sont surtout des coléoptères, des hyménoptères, des lépidoptères et des diptères qui sont attaqués. Ce qui rend cet acarien, un agent potentiel de contrôle biologique de ces insectes. *Pyemotes* attaquent principalement les larves des insectes qui se nourrissent de grains.

b- Cycle de développement

La biologie de cette espèce d'acarien a été étudiée par de nombreuses recherches (MOSER, 1975; BRUCE & LECATO, 1980; BRUCE, 1983; BRUCE & WRENSCH, 1990). Cette espèce est caractérisée par une période de cycle de vie court et un fort potentiel de reproduction.

Les femelles ovovivipares peuvent donner naissance à 350 acariens chacune. Plus de 90% des nouveaux nés sont des femelles et elles sont sexuellement matures dès leur naissance. Les mâles naissent en premier, aident à la naissance des femelles et les fertilisent. Selon TOMALSKI et al, (1988), BRUCE & WRENSCH, (1990), HÖSCHELE & TANIGOSHI, (1993), les mâles émergent plus vite que les femelles. *P. tritici* est caractérisée par deux aspects: son processus physogastrique et la suppression des stades immatures. Le développement se fait à l'intérieur du sac opisthosomal élargi (physogastric) de ces femelles gravides avec des œufs qui se rendent directement en adultes. La seconde c'est le raccourcissement de son cycle de vie, parce que cet acarien ne passe pas par les stades larvaires (BRUCE, 1984; GERSON & SMILEY, 1990; EVANS, 1992). Tout de suite, les femelles affamées se mettent en quête de larves d'insectes pour se nourrir.

Le cycle de développement peut être complété en une semaine environ, ce qui permet à la population de se multiplier rapidement. La température environnante limite toutefois la vitesse du développement

c- Modes d'infection

Ces acariens percent la peau de l'insecte, principalement le stade larvaire, avec leurs pièces buccales et se nourrissent de l'hémolymphe. Ils peuvent ainsi se nourrir des larves, des nymphes et même des adultes de leur proie. Ils se fixent aux tissus mous de l'insecte, en particulier sous les ailes ou aux articulations. Avant de se nourrir, ils injectent une toxine causant une paralysie rapide de l'hôte. Dans un élevage, des insectes sont morts en 24 heures (HANKS et *al.*, 1992). L'homme et l'animal sont infectés surtout lors d'un contact accidentel avec du matériel biologique contaminé (foin, paille, grains, bois, etc); tout matériel qui abrite une abondance d'insectes, en particulier les grains, peuvent héberger de grands nombres d'acariens. Ces acariens ne peuvent se déplacer sur de longues distances. La plupart des cas surviennent entre mai et septembre, ce qui correspond à la période de plus grande activité de l'acarien et à une plus grande exposition des gens de par leurs occupations extérieures.

L'effet de la température et de l'humidité sur la survie et la fécondité de *Pyemotes tritici* a été étudié. La survie des femelles adultes varie inversement avec la température et directement avec l'humidité. Un nombre relativement élevé (environ 100) de la progéniture / femelle ont été obtenus dans une gamme de température de 19 à 28 ° C et au-dessus de 30 % d'humidité relative. L'émergence ou la naissance de cette espèce ovovivipare varie de 4 jours à 30 ° C et à 17 jours à 18 ° C. Au-dessus ou en dessous de cette plage de température peu de petits émergent.

1.4.3.7. Les Champignons

Depuis l'époque initiale où l'homme a commencé à cultiver les céréales et stocker les aliments, la détérioration par les moisissures est inévitable. L'aliment est progressivement envahi par un fin duvet (le mycélium) blanc, noir, vert, orange, rouge et brun. Ces moisissures acidifient, décolorent, font fermenter et rendent ces produits désagréables voire dangereux pour la santé humaine et animale (PITT, 1998).

Chapitre I : Données bibliographiques

Jusqu'à récemment, les moisissures étaient généralement considérées comme une simple détérioration inesthétique des aliments, à l'exception de *Claviceps purpurea* relié à une maladie de l'homme depuis 200 ans.

Les scientifiques Japonais ont mis en évidence la nature toxique du riz jaune il y a 100 ans, mais ce n'est que 70 ans plus tard que l'implication des moisissures a été confirmée. L'ATA (l'aleucie toxique alimentaire) a tué des milliers d'hommes à l'Est de la Russie entre 1942 et 1947, bien qu'en 1950 il ait été suspecté que l'agent causal soit la toxine T-2, et ce n'est que 25 ans après que cela a été confirmé (PITT et HOKING, 1997).

C'est réellement à partir de 1960, qu'on a pris conscience que les moisissures pouvaient produire des toxines significatives (CHAPELAND-LECLERC et *al.*, 2005).

Les moisissures sont des champignons filamenteux hétérotrophes qui ont des actions bénéfiques mais aussi néfastes pour l'homme. Ils sont ubiquitaires et les aliments sont généralement des milieux très favorables à leur développement.

Plusieurs moisissures notamment les genres *Aspergillus*, *Penicillium* et *Fusarium* sont connues pour être des contaminants des produits agricoles et/ou pour leur capacité à produire des métabolites secondaires toxiques (CAHAGNIER et *al.*, 1998 ; DOYLE et *al.*, 1998 ; MEYER et *al.*, 2004).

A côté des effets très bénéfiques et positifs des champignons dans la vie courante, ils sont capables de provoquer également d'importantes détériorations.

D'après CHRISTENSEN et KAUFMANN, (1969) les moisissures (champignons) d'entreposage ou d'après-récolte représentent la cause la plus importante de détérioration des grains et de leurs sous-produits. Le développement de ces champignons sur les aliments peut leur donner des odeurs moisisées. Il y a donc une réduction quantitative et qualitative de la valeur alimentaire de la denrée, et une baisse du rendement des récoltes.

Les métabolites produits par ces champignons lors de leur croissance sont aussi des éléments majeurs dans l'altération des denrées alimentaires. Des manifestations dans la qualité organoleptique (en modifiant le goût de la denrée par exemple) mais aussi de graves problèmes sanitaires surgissent, comme par exemple des risques d'intoxication due à la présence de mycotoxines. Ainsi, l'apparition de

Chapitre I : Données bibliographiques

mycoses et d'allergies chez l'homme peut résulter de l'ingestion des denrées contaminées par des moisissures (KROGH, 1978).

Toutes ces « épidémies » passent plus ou moins inaperçues des « autorités sanitaires » de ces époques, et il faut attendre l'année 1960 pour qu'on prenne conscience que ces moisissures ne sont pas que de simples souillures sur des denrées alimentaires et qu'elles peuvent être toxiques. En effet, aux alentours de Londres, des élevages de dindons sont atteints d'une grave intoxication, appelée « maladie X des dindons », provoquée par l'ingestion de tourteaux d'arachide en provenance du Brésil. Pour la première fois, la relation est établie entre une intoxication et la présence d'une moisissure (*Aspergillus flavus*) parasitant les champs d'arachide. Un an plus tard, les Anglais isolent une des molécules responsables c'est l'aflatoxine B1 (CHAPELAND-LECLERC et *al.*, 2005).

Les recherches ultérieures amenèrent la découverte d'autres aflatoxines et aboutirent à la mise en évidence d'un pouvoir cancérogène intense de certaines de ces toxines, entraînant ainsi le début de travaux scientifiques d'envergure. Aujourd'hui, la liste de ces mycotoxines est impressionnante et ne cesse de s'allonger. Le développement des « Micromycètes » à la surface et dans les produits destinés à l'alimentation est en effet très souvent constaté, en particulier dans les denrées stockées. Or l'étalement dans le temps de la consommation (fruits saisonniers consommés toute l'année) et le transport à longue distance des aliments nécessitent de plus en plus le stockage. Des solutions doivent donc être trouvées pour enrayer, au moins partiellement, une dispersion de ces moisissures engendrée par nos nouvelles habitudes de consommation (CHAPELAND-LECLERC et *al.*, 2005).

Les substances contaminées sont très diverses et toutes les denrées alimentaires peuvent être détériorées.

Les céréales sont les principaux vecteurs de mycotoxines car elles sont universellement consommées par l'homme et par les animaux. Elles peuvent être contaminées à plusieurs moments (en plein champ ou lors du stockage). En général, ce sont les insectes qui sont les vecteurs. Ce sont dans les pays aux conditions climatiques chaudes et humides (et donc en particulier les pays d'Afrique, d'Asie du Sud et d'Amérique du Sud) que la croissance des champignons toxigènes (surtout ceux produisant les aflatoxines) est la plus favorisée. Ainsi, le riz, le maïs et le millet,

Chapitre I : Données bibliographiques

aliments de base des populations locale, sont souvent contaminés par les aflatoxines. Environ 55 millions de tonnes de céréales sont perdus chaque année dans le monde (PFOHL-LESZKOWICZ,1999).

Les diverses variétés de champignons nuisibles ont besoin, pour leur croissance et leur développement, d'un degré différent d'humidité relative et de température.

Le groupe le plus dangereux, en particulier les espèces des genres *Penicillium* et *Aspergillus* qui occasionnent d'importants dégâts, tels que la diminution du pouvoir germinatif du grain, la réduction de sa valeur boulangère et nutritive suite aux altérations biochimiques. Enfin à une température de 30 °C, cette microflore secrète des toxines dont certaines sont particulièrement toxiques aux animaux et à l'homme (SADAoui, 1977).

La production des mycotoxines peut s'effectuer depuis le champ jusqu'à l'assiette. Cependant, le type de mycotoxines contaminant les aliments ainsi que la quantité de mycotoxine produite dépendent de plusieurs éléments comme les espèces fongiques, les conditions écologiques dans lesquelles les champignons se développent. Il dépend également de la stabilité de ces toxines dans le milieu alimentaire.

Selon PITT et HOKING (1997) et PFOHL-LESZKOWICZ, (1999) ,les facteurs qui affectent la formation de mycotoxines sont la teneur en eau, la température, le temps de stockage, les dommages aux enveloppes des graines, la présence d'oxygène et de dioxyde de carbone. D'autre facteurs peuvent intervenir tels la composition du substrat, la prédominance d'espèces toxigènes, la dispersion des spores, les interactions microbiennes et la présence d'insectes et acariens qui sont des vecteurs de spores de moisissures qu'ils introduisent à l'intérieur même du grain par les lésions qu'ils créent.

La contamination d'arachide, de coton ou de maïs par *A. flavus* avant la récolte sont souvent liée à l'attaque par les insectes. Dans le stockage, les échantillons de grain hébergeant des charançons révèlent en général une population fongique importante et parfois des mycotoxines (l'AFB1, l'OTA, la CIT dans le maïs ou l'orge GUYEN (2007).

Chapitre I : Données bibliographiques

Les mycotoxines sont des métabolites secondaires, de faible poids moléculaire, présentes dans plusieurs produits de l'alimentation humaine et animale et qui provoquent de nombreuses maladies chez l'homme et l'animal (MAYER, 1953; COKER, 1997). Plusieurs milliers de molécules toxiques ont été identifiées chez les champignons mais seule une vingtaine de familles posent des problèmes en nutrition humaine ou animale (CAHAGNIER et *al.*, 1998). L'origine chimique des mycotoxines est très diverse certaines dérivent, des acides aminés (alcaloïdes de l'ergot, acide aspergillique, acide cyclopiazonique, slaframine, gliotoxine, roquefortine, sporodesmine), des polycétoacides (aflatoxines, ochratoxine, patuline, citrinine, acide pénicillique, stérigmatocystine, zéaralénone), des dérivés terpéniques (diacétoxyscirpénol, fusarénone, désoxynivalénol, roridines, toxine T-2, verrucarine) ou encore des dérivés d'acides gras (fumonisines, alternariol) (PFOHL-LESZKOWICZ, 1999).

La pénétration dans l'organisme de l'Aflatoxine(AF) peut avoir lieu par voie orale et trachéale. L'absorption est rapide et s'effectue au niveau de l'intestin grêle dans la partie duodénale. L'AFB1 rejoint le foie par la veine porte. La distribution à partir du plasma dans les hépatocytes est réalisée par diffusion passive à travers les membranes. Une partie de l'AFB1 est éliminée dans la bile après biotransformation sous forme conjuguée au glutathion, à l'acide glucuronique et au sulfate. Cette excrétion biliaire représente environ 50% de la dose excrétée chez la plupart des espèces animales. 15% à 25% de la dose ingérée est éliminée par la voie urinaire sans transformation ou sous forme de dérivés conjugués. Ceci est dû, entre autre, au fait que l'AFB1, au niveau du plasma, se fixe sur l'albumine sur le même site que la phénylbutazone (CASTEGNARO et PFOHL-LESZKOWICZ, 1999).

Les effets des aflatoxines sur la santé animale varient suivant l'espèce. Les animaux comme le veau, le poulet, le caneton, le cobaye et le porc sont sensibles à l'AFB1 que la chèvre, le mouton, le rat et la souris. L'AFB1 provoque une hépatotoxicité. Elle est tératogène, et immunotoxique. Pour être toxique ou mutagène, l'AFB1 doit être métabolisée (PFOHL-LESZKOWICZ, 1999). Pour l'homme, les suggestions d'une relation entre des nourritures fortement contaminées en AFs et certaines maladies sont plus récentes. Les intoxications aiguës, potentiellement liées à des consommations d'AFs, ont été répertoriées par HALL et WILD (1994) et WILD et HALL (1996).

Chapitre I : Données bibliographiques

En 1971, on a prouvé l'activité cancérigène des AFs chez l'animal. En 1987, les AFs ont été classés dans le groupe I (produits cancérigènes pour l'homme) par l'IARC (CASTEGNARO, 1999). L'interaction ADN-toxine est le point clef dans le développement du processus de cancérogénèse.

Conclusion

De tous les organismes vivants inféodés aux produits stockés, Ce sont principalement les insectes qui causent le plus de dégâts, vue leur rapidité de développement et les difficultés que nous rencontrons afin de stopper leur prolifération.

Cependant, parmi l'ensemble des espèces déprédatrices, il faut préciser que certaines d'entre elles sont plus redoutables que d'autres.

Les céréales et leurs dérivés constituent la principale source de protéines dans de nombreux pays en voie de développement et les pertes causés à ce type de denrées lors de leur stockage sont estimés à 100 millions de tonnes dont 13 millions sont provoqués par les insectes. Dans les pays développés ces pertes avoisinent les 3 %, alors qu'en Afrique elles atteignent les 30 % (SILVY, 1992).

2 .Matériels et Méthodes

Notre étude est constituée de trois parties ; la première est celle de l'inventaire et calcul des indices écologiques d'insectes, acariens et champignons la deuxième est celle d'analyse phisico-chimiques de quelques denrées alimentaires et la troisième est celle des souris de type BALB/c.

Les denrées qui ont fait l'objet de la présente étude ont été achetées chez plusieurs fournisseurs dans différents points de vente à Alger (au cours de l'année 2013-2014). Toutes ces denrées étaient destinées à la consommation humaine.

Les différentes denrées sont :

Blé (n = 03), Orge (n = 03), Maïs (n = 06), Pois chiche (n = 05), Lentille (n = 01) Haricot (n = 04), Riz (n =04).

Tous les échantillons de denrées ayant un poids de 500 g ont été placés dans des bocaux en verre et sont rangés pendant une année dans des conditions ambiantes (humidité et température naturelles).

L'extraction des insectes et des acariens a été réalisée grâce à l'appareil de Berlèse. Toutes les espèces (insectes et acariens) sont collectées dans des tubes contenant de l'alcool vu que leur identification est faite après extraction.

2.1. Partie insectes et acariens

2.1.1. L'Extraction de différentes espèces d'insectes et d'acariens

L'appareil de Berlèse, inventé en 1905 par l'entomologiste Italien, permet l'extraction de lamésosfaune (insectes et acariens).

Le principe de cet appareil repose sur le phototactisme négatif des acariens (VANNIER ,1970).

Selon LAMOTTE et BOURLIERE (1969) c'est une méthode dynamique ou sélective qui utilise le tactisme des individus. Les acariens quittent l'échantillon en réponse à un stimulus thermodynamique.

L'échantillon est placé sur un tamis (maille de 1 à 2 mn) qui est déposé sur un entonnoir à forte pente lequel est installé sur un support. Une ampoule, placée à 15-20 cm au dessus, chauffe et dessèche l'échantillon, engendrant ainsi un gradient de

chaleur sous l'effet duquel les microarthropodes fuient vers le bas. (COINEAU et *al.*, 1997).

Les acariens et les insectes sont récoltés dans un bûcher. Selon qu'on désire les récolter vivants ou morts, on place dans le bûcher, soit une simple bandelette de papier filtre imbibée d'eau, soit un liquide fixateur ou de l'alcool à 70% pour la faune morte (BACHELIER, 1978). En 1973, le même auteur signale que l'épaisseur de l'échantillon ne devra pas dépasser 3 à 4 cm³. COINEAU(1974) estime qu'au bout de 4 jours, la majorité des arthropodes sont récupérés dans les collecteurs. Les insectes et les acariens sont soumis à l'observation directe sous loupe binoculaire.



Figure 23 : Appareil de Berlese (Originale)

2.1.1.1. Avantage de l'appareil de Berlese

Il est simple et efficace (VANNIER 1970).

Il présente certainement le rapport efficacité simplicité et le plus avantageux pour de nombreux type de recherches (COINEAU, 1974).

2.1.1.2. Inconvénient de l'appareil de Berlese

Cette technique permet de passer à côté des stades immobiles ou inertes. Un nombre non négligeable d'individus meurent sur place suite à la modification de la structure de l'habitat qui se rétracte en se desséchant (COINEAU, 1974).

Les entonnoirs en matière plastique, bien qu'ils soient pratiques, sont peu lisses et retiennent par conséquent des poussières ou des débris végétaux qui

entraînent les acariens de tomber dans les béciers. On conseille, à cet effet, d'utiliser des entonnoirs soit en cuivre, soit en aluminium (TRAVE, 1965)

2.1.2. Tri et comptage

Pour le tri et le comptage, on verse le contenu dans des boîtes de pétri et par un injecteur on peut rincer plusieurs fois le fond des tubes. Cette méthode se fait grâce à une loupe binoculaire (VERNA, 1967).

2.1.3. Eclaircissement

Il se fait à l'aide de l'acide lactique dont l'action est de détruire toutes les parties molles. Les acariens sont retirés et sont placés dans des verres de montre contenant quelques gouttes d'acide lactique et sont placés sur une plaque chauffante jusqu'à l'éclaircissement.

Selon CANCELA DA FONSECA, (1979), l'acide lactique reste le meilleur milieu d'éclaircissement dont le choix est justifié notamment par ces multiples qualités.

2.1.4. Montage

C'est la dernière étape. Il consiste à placer les acariens entre lame et lamelle dans du liquide de « Faure ».

2.1.5. Détermination

Cette étape est réalisée grâce à de nombreuses clés de détermination notamment celle de GORHAM 1999 et l'observation directe du docteur GHEZALI du département de la zoologie agricole et forestière de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique.

2.2. Partie Mycologie

Cette partie consiste à étudier les champignons qui affectent les denrées stockées. Pour ceci, la méthode utilisée est celle de l'Agar-test (RAPILLY, 1968).

2.2.1. Méthodologie

-Les semences préalablement désinfectées avec l'hypochlorite de calcium à 2% pendant 10 minutes, sont rincées 3 fois avec de l'eau distillée stérile et séchées à l'aide d'un papier filtre stérile. Les grains sont disposés à raison de 5 grains par boîte de pétri contenant du milieu PDA dont la composition est décrite en annexe I. (Fig.05)

L'extraction des champignons a été effectuée avec 03 répétitions.

Chapitre II : Matériels et méthodes

-L'incubation est réalisée à la T° du laboratoire soit 18-25C° et sous la lumière blanche continue (néon) pendant 7 jours.

-L'identification et le dénombrement des colonies fongiques se fait entre lame et lamelle et sous microscope photoniques à différents grossissements.

Les champignons ont été identifiés par le professeur KEDDAD du département de la botanique de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique.

- La fréquence des colonies est calculée comme suit :

Fréquence=nombre de lots présentant le champignons/Nombre total des lots (RAPILLY, 1968).



Figure 24: Préparation des échantillons pour l'isolement de la mycoflore (Originale)

2.3. Partie analyse physico-chimique des aliments distribués aux souris

Les constituants sont obtenus selon les normes AFNOR(1991) pour les cendres totales, et l'azote total. Les résultats sont exprimés en pourcentage de la matière sèche. Chaque échantillon est analysé en triple.

2.3.1. Teneur en eau

La teneur en matière sèche est déterminée conventionnellement par le poids de l'échantillon après dessiccation dans une étuve à circulation d'air ou étuve ventilée.

Principe :

Il consiste en un séchage de 3 grs d'échantillon dans une étuve ventilée et réglée à une température de 105°C jusqu'à obtention d'une masse constante (24 h). La perte de masse observée est équivalente à la quantité d'eau présente dans l'échantillon.

Expression des résultats : L'humidité est donnée par la formule suivante :

$$MS\% = (X/Y) * 100$$

X : Poids de l'échantillon après dessiccation en grs.

Y : Poids de l'échantillon avant dessiccation Masse en grs.

2.3.2. .Cendres totales

Principe : La matière minérale est obtenue après incinération de 1 gr d'échantillon dans un four à moufle.

Expression des résultats : Le pourcentage de cendres par rapport à la matière humide est calculé par la relation suivante :

$$\text{Taux de cendres} = \frac{M_1 \times 100}{M_0}$$

M0 : Prise d'essai en grs.

M1: Masse des cendres en grs.

2.3.3. Protéines totales

Principe : La teneur en protéines totales est approchée, par la détermination de la teneur en azote total selon la méthode de KJELDAHL, en multipliant la valeur obtenue par le coefficient de conversion (5,70) spécifique aux céréales (GODON, 1991).

La méthode repose sur :

a. La minéralisation : Une prise d'essai de 1 gr d'échantillon est minéralisée par voie humide, en présence d'acide sulfurique (96 %, $d = 1,83$) et de catalyseurs minéraux. Dans ces conditions opératoires, l'acide sulfurique oxydant minéralise les éléments chimiques de la matière organique : C, H, N, O, P, S en CO₂, H₂O, phosphates, oxyde de soufre, tandis que l'azote organique est réduit en ammoniac, fixé sous forme de sulfate d'ammonium.

b. La distillation : Après dilution du liquide de minéralisation avec de l'eau distillée, il faut ajouter un excès d'hydroxyde de sodium (40 %); l'acide sulfurique est neutralisé.

Au cours de la distillation, les molécules d'ammoniacs libérées sont entraînées par la vapeur et fixées dans une solution de volume connu d'acide borique (4 %).

c. La titration: Nous avons procédé à la titration du distillat récupéré en utilisant de l'acide sulfurique à 0,01 N.

2.4. Partie expérimentale sur les souris

Des souris mâles de type Albinos de l'espèce BALB/c d'un poids moyens de 20 g provenant de l'institut Pasteur d'Alger ont été employées pour l'étude.

Ces souris sont placées dans des cages en plastique transparent d'une longueur de 55 cm, d'une largeur de 33 cm et d'une hauteur de 19 cm tapissé d'une sciure qui est renouvelée chaque 6 jour (Fig.06).

Les souris BALB/c sont une lignée consanguine albinos, immunodéficiente. ses souris sont une reproduction facile et des variations de poids minimales entre les mâles et les femelles.

Les animaux disposent d'eau du robinet et de nourriture ad libitum.

Les animaux sont acclimatés aux conditions du local pendant trois jours avant l'expérimentation.

Ses souris sont réparties en 4 lots expérimentaux renfermant chacun 05 souris

Chapitre II : Matériels et méthodes

- Deux lots d'animaux ayant servis de témoins sont nourris pendant un mois à base de maïs sain pour le groupe 1 et de blé sain pour le groupe 2.
- Deux lots d'animaux nourris pendant un mois à base de maïs contaminé pour le groupe 1 et du blé contaminé pour le groupe 2.

L'élevage de ces animaux a été réalisé dans un local d'espace moyen (L = 6 m, l = 3,15 m, h= 2,20 m) dont la construction des murs et du sol facilite le nettoyage et la désinfection.



Figure 25: Elevage des souris (Originale)

2.4.1. Gain de poids : Le gain de poids est défini comme étant la différence entre le poids final et initial (avant et après l'expérimentation) des souris.

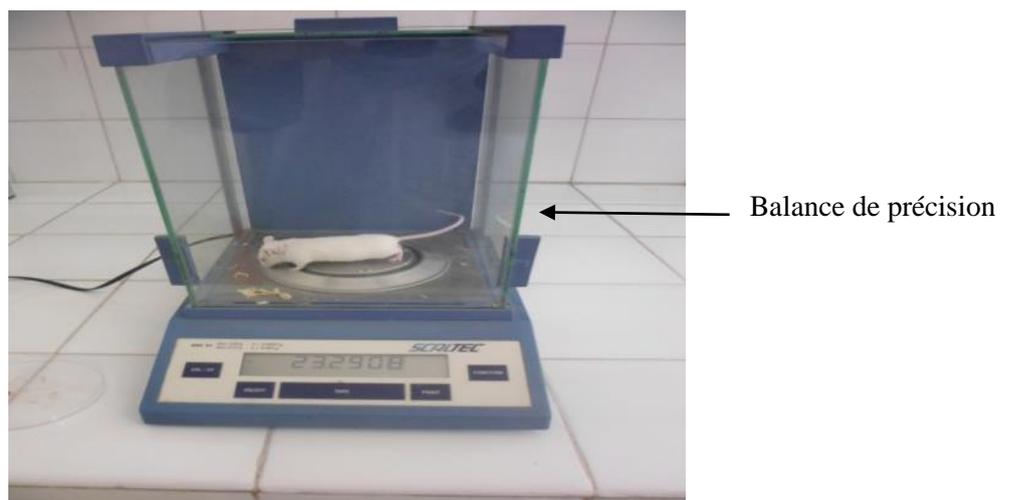


Figure 26: la pesée de souris (Originale)

Après 30 jours d'expérimentation on calcul le Gain de poids.

Chapitre II : Matériels et méthodes

Au bout de 30 jours d'expérimentation, les 20 souris soumises au présent test sont pesées par une balance de précision afin de déterminer s'il y a gain de poids(Fig.07).

Aubout d'un mois, les souris sont sacrifiées à fin de procéder à des analyses en particulier la mesure du poids de quelques organes (foie et rein) du calcul de l'indice hepato-somatique et la réalisation de coupe histologique au niveau du foie et du rein.

Afin de peser à l'état frais le foie et le rein aussitôt après la dissection afin d'éviter leur dessiccation, ils ont été débarrassés de tous tissus adhérents. Après la pesée, ces organes ont été conservés dans du liquide de Bouin aqueux fort pour les examens histopathologiques. (Fig.08)

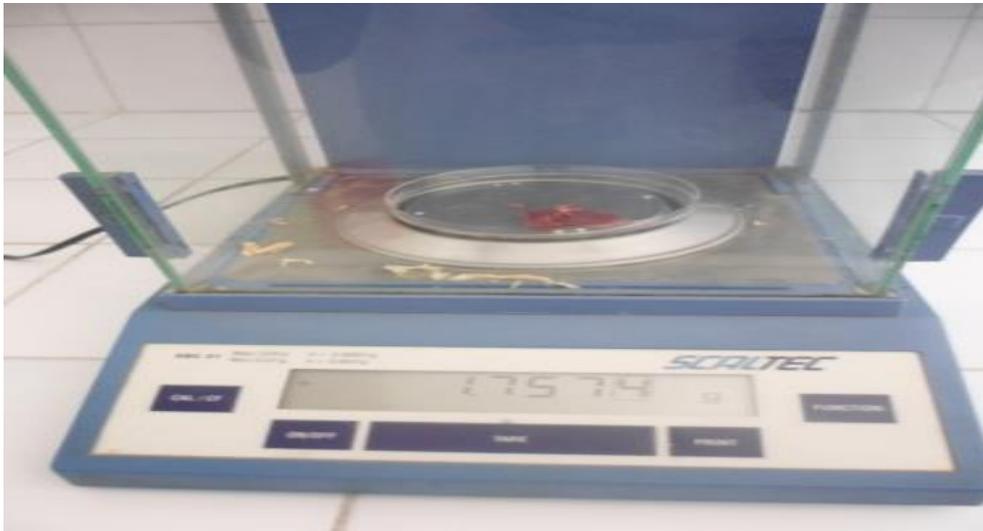


Figure 27: la pesée des organes (Originale)

2.4.2. Indice hépato-somatique

L'indice hépato-somatique (IHS) est calculé à partir du rapport entre le poids du foie et celui du corps, multiplié par cent.

Cet indice nous renseigne sur l'état de l'hypertrophie du foie (LOPEZ-VARELA et *al.*, 1995).

2.4.3. Analyse histologique

Nous avons effectué des coupes histologiques uniquement sur le foie et les reins, après un mois d'ingestion du régime alimentaire.

La technique utilisée est celle proposée par MARTOJA et MARTOJA (1967) à l'hématoxyline /éosine.

Chapitre II : Matériels et méthodes

Les différentes étapes sont présentées comme suit :

*Fixation du tissu hépatique dans du boin aqueux.

*Déshydratation des pièces de foies dans des bains successifs d'alcool à concentrations croissantes 70° - 95° - 100°.

*Inclusion dans 2 bains de paraffine à l'étuve à 60°C : le premier pendant 1 heure et demie ; le second pendant 2 heures.

*Confection des blocs de paraffine à l'aide des barres de Leucart, puis les conserver à +4°C pendant 24 heures.

*Réalisation de rubans de coupes à l'aide de microtome (type Mino) réglé à 7 microns Dépôt de rubans sur des lames gélatinées pour la fixation.

*Séchage des lames dans l'étuve à 30°C pendant 24 heures.

*Déparaffinage par hydratation des lames dans une batterie contenant :

*02 bains de toluène ; 03 bains d'alcool à concentration décroissante : 100° - 95° - 70° ; 01 bain d'eau distillée.

*Coloration

-La première à l'hématoxyline de Groat puis rinçage à l'eau courante.

-La deuxième à l'éosine puis rinçage à l'eau distillée.

*Déshydratation des lames dans la même batterie mais dans le sens contraire

-Trois bains d'alcool à concentrations croissantes : 70° - 95° - 100°.

*Mise en contact de lame-lamelle à l'aide du baume de Canada.

*Observation au microscope photonique à Gr : x 40 puis x 100.

*Prise de photos micrographiques.

Ces coupes histologiques sont réalisées au laboratoire d'anatomopathologie de l'institut pasteur d'Alger. L'interprétation des résultats de la présente expérimentation a été réalisée par Docteur BOUZOUAOUI Bakhta au CHU de Sidi Bel Abbès.

2.5. Utilisation de quelques indices écologiques de composition

Les données des espèces d'insectes et d'acariens obtenues ont été analysées par les indices écologiques de composition, sont présentées dans le présent paragraphe. En premier lieu les richesses totales et moyennes sont développées. Elles sont suivies par l'abondance relative.

2.5.1. Richesse totale

La richesse spécifique d'un peuplement (S) est le nombre des espèces qui le constituent (BARBAULT, 2003)

2.5.2. Abondance relative (AR %)

L'abondance relative est égale à :

$$AR \% = n_i / N_1 \times 100$$

n_i est le nombre d'individus de l'espèce i .

N_1 est le nombre total des individus toutes espèces confondues.

Chapitre III : Résultats et Discussions

Les résultats obtenus au cours de la présente étude et qui concerne tous les ravageurs des denrées stockées ainsi que l'expérience réalisée sur les souris sont présentés dans cette partie.

3.1. Inventaire des insectes ravageurs des denrées stockées recueillies au cours de la présente étude

Les espèces d'insectes recueillies au niveau des denrées stockées soumises à notre expérimentation sont consignées dans le tableau suivant :

Tableau 03: Espèces d'insectes recueillies au niveau des différentes denrées stockées utilisées dans la présente expérience (présence/absence)

Famille	Nom Scientifique	Blé dure	Maïs	Pois chiche	Haricot	Riz	Orge	Lentille
Tenebrionidae	<i>Tribolium confusum</i> (Jaquelin Duval 1868)	+	+	+	+	-	-	-
	<i>Tribolium castaneum</i> (Herbst 1797)	-	+	+	+	-	+	+
Total		1	2	2	2	0	1	1
Bostrichidae	<i>Rhyzopertha dominica</i> (Fabricius 1792)	+	+	+	+	+	+	-
Total		1	1	1	1	1	1	0
Sylvanidae	<i>Oryzaephilus surinamensis</i> Linnaeus 1758)	+	+	+	+	-	-	-
	<i>Oryzaephilus mectator</i> (Fauvel 1889)	-	+	+	+	+	+	-
Total		1	2	2	2	1	1	0
Curculionidae	<i>Sitophilus oryzae</i> (Linnaeus 1763)	-	-	-	+	-	-	-
Total		0	0	0	1	0	0	0
Bruchidae	<i>Callosobrochus maculatus</i> (Fabricius 1775)	-	-	+	-	-	-	+
Total		0	0	1	0	0	0	1
Cecidomyiidae	<i>Cécidomyia sp1</i>	+	+	-	-	-	-	-
	<i>Cécidomyia sp2</i>	+	-	-	-	-	-	-
	<i>Mayetiola destructor</i> (Say 1817)	+	+	+	-	-	-	-
Total		3	2	1	0	0	0	0
Sciaridae	<i>Bradysia sp</i> (Winnertz 1867)	-	+	-	-	-	-	-
Total		0	1	0	0	0	0	0
Agromyzidae	<i>Agromyzidae</i>	-	+	-	-	-	-	-
Total		0	1	0	0	0	0	0
Aphididae	<i>Aulacorthum solani</i> (Kaltebach 1843)	-	+	-	-	-	-	-
Total		0	1	0	0	0	0	0
Tineidae	<i>Nemapogon granella</i> (Linnaeus 1758)	+	-	-	-	-	-	-
Total		1	0	0	0	0	0	0

Chapitre III : Résultats et Discussions

Coniopterygidae	<i>Conwentzia hageni</i> (Banks 1906)	+	-	-	-	-	-	-
Total		1	0	0	0	0	0	0
Nombre total des espèces		8	10	7	6	2	3	2

La présente étude sur les denrées stockées a permis d'inventorier 15 espèces qui sont :

Tribolium confusum, *Tribolium castaneum*, *Rhyzoperta dominica*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Oryzaephilus mectator*, *Cécidomya sp.1*, *Cécidomya sp.2*, *Sitophilus oryzae*, *Mayetiola destructor*, *Bradysia sp.*, *Némapogon granella*, *Agromyzidae*, *Callosobruchus maculatus*, *Aulacorthum solani*, *Conwentzia hageni*.

3.1.1. Exploitation des espèces recueillies par des indices écologiques de composition

Les indices écologiques de composition pris en considération sont les richesses totales et l'abondance relative

3.1.1.1 Richesse totale

Le nombre total des espèces recueillies au niveau des différentes denrées stockées est de $S=15$.

La richesse totale pour chaque denrée est la suivante :

Blé=8 espèces

Maïs =10 espèces

Pois chiche= 7 espèces

Haricot = 6 espèces

Riz= 2 espèces

Orge =3 espèces

Lentille=2 espèces

Il est à noter que le maïs est le plus attaqué. En effet 10 espèces d'insectes sont recueillies au niveau de cette denrée. Le blé, en deuxième position, renferme 8 espèces. Le pois chiche, avec 7 espèces, se positionne au troisième rang vient ensuite

le haricot avec 6 espèces. Le riz et l'orge sont les moins attaqués et présentent respectivement 2 et 3 espèces.

Les 15 espèces ainsi recueillies au niveau des différentes denrées se répartissent en 05 ordres qui sont :

- Ordre des Coleoptères qui est représenté par sept espèces qui sont :

Tribolium confusum, Tribolium castaneum, Rhizoperta dominica, Oryzaephilus surinamensis, Oryzaephilus mectator, Sitophilus oryzae, Callosobruchus maculatus.

- Ordre des Lépidoptères qui est représenté par *Nemapogon granella*.
- Ordre des Héminoptères qui est représenté par *Aulacorthum solani*.
- Ordre des Névroptères représenté par *Conwentzia hageni*.
- Ordre des Diptères représenté par *Agromyzidae, Cécidomya sp.1, Mayetiola destructor, Bradysia, Cécidomya sp.2.*

3.1.1.2 Abondance relative (AR%) des espèces recueillies au niveau de toutes les denrées

Les valeurs de l'abondance des espèces d'insectes capturées au niveau des denrées stockées soumises à l'expérimentation sont représentées dans la figure suivante :

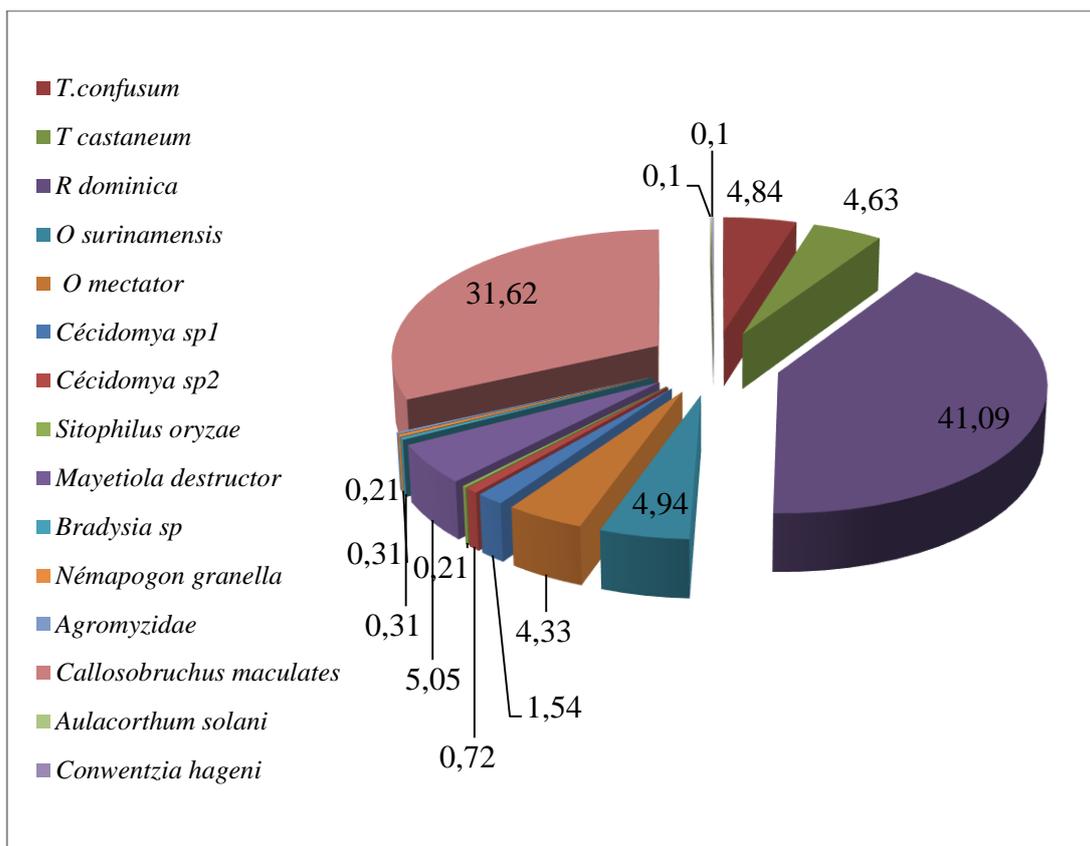


Figure 28 : Abondance relative des espèces recensées dans les denrées stockées

La liste des espèces de ravageurs des denrées stockées établie dans la présente étude a montré trois catégories d'espèces. La première est formée de deux espèces qui marquent une forte présence en l'occurrence *Rhyzopertha dominica* avec une fréquence de 41,09% et *Callosobruchus maculatus* avec 31,62%. La deuxième est formée de *Mayetiola destructor* avec 5,05%, *Oryzaephilus surinamensis* avec 4,94% , *Tribolium confusum* avec 4,84%, *Tribolium castaneum* avec 4,63% et *Oryzaephilus mectator* avec 4,33%. On peut noter toutefois que l'écart entre la première catégorie d'espèces et la deuxième est si important.

On trouve une troisième catégorie d'espèces dont la valeur de l'abondance relative varie de 0,1% à 1,54%.

3.1.1.3 Abondance relative des espèces recueillies au niveau du blé

Les valeurs de l'abondance des espèces d'insectes capturées au niveau du blé sont représentées dans la figure suivante :

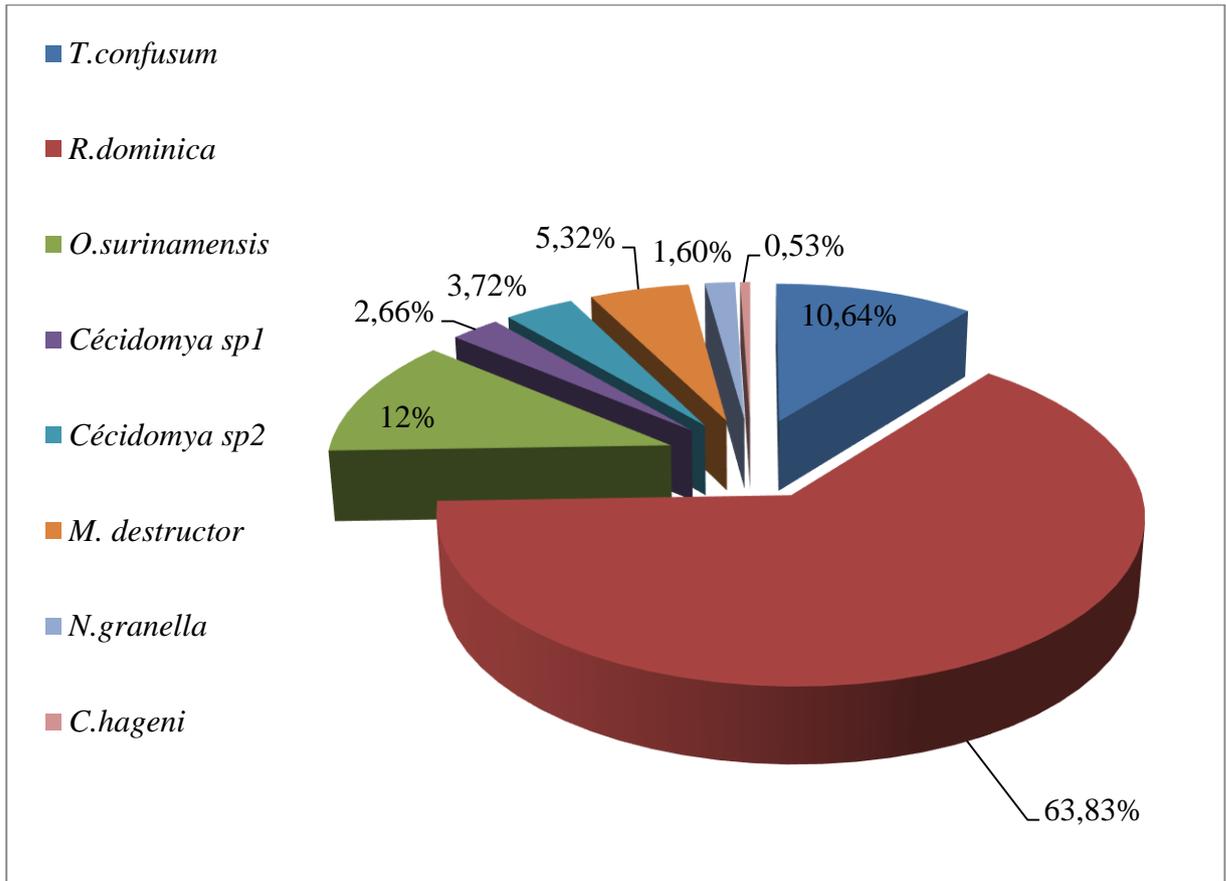


Figure 29: Abondance relative (AR%) des espèces recensées dans le blé

Un total de 8 espèces est recensé au niveau du blé et dont leur présence affiche de très fort écart.

Rhyzoperta dominica avec 63,83% est la plus dominante suivie d'*Oryzaephilus surinamensis* avec une A.R. de 12% et de *Tribolium confusum* avec 10,64%. *Mayesiola destructor* avec 5,32% se positionne en quatrième position. *Cécidomyia sp.2* et *Cécidomyia sp.1* avec respectivement 3,72% et 2,66% semblent être bien inféodées à cette spéculatation.

Nemapogon granella avec 1,60% et *Conwentzia hageni* avec 0,53% sont les deux espèces dont la présence est très timide.

3.1.1.4. Abondance relative (AR%) des espèces recueillies au niveau du maïs

Les valeurs de l'abondance des espèces d'insectes capturées au niveau du maïs sont représentées dans la figure suivante :

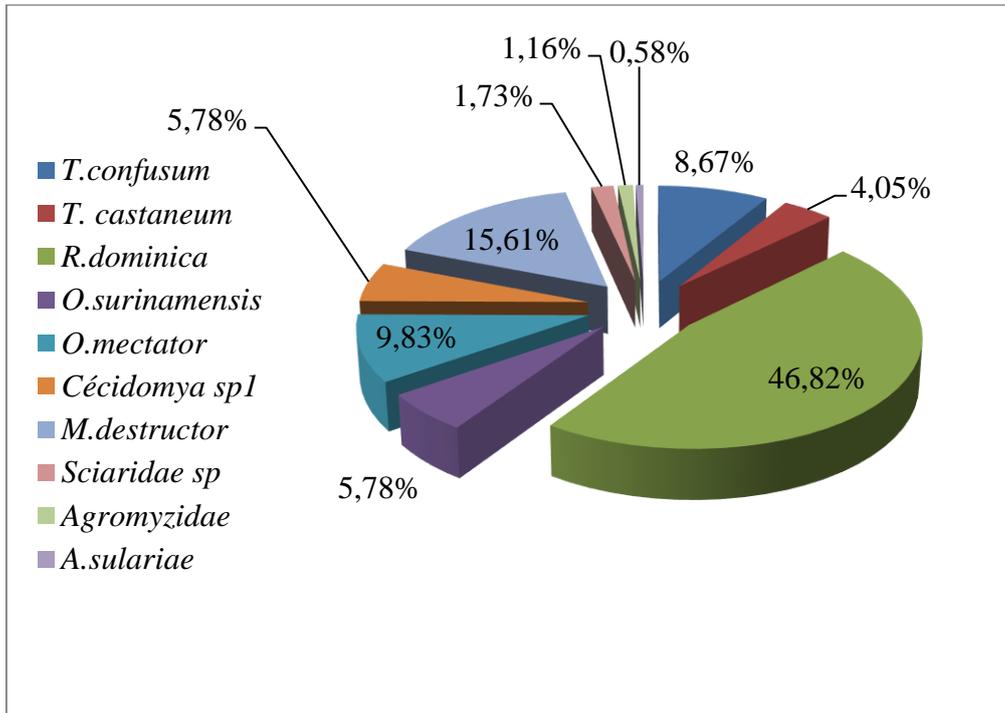


Figure 30: Abondance relative des espèces recensées dans le maïs

Les espèces les plus dominantes dans le maïs sont essentiellement *Rhyzoperta dominica* avec 46,82% suivie de *Mayesiola destructor* avec une abondance relative de 15,61%. En troisième position, on trouve *Oryzaeophilus mectator* avec 9,83% et *Tribolium confusum* avec 8,67% qui se place au quatrième rang.

Cécidomyia sp1 et *Oryzaeophilus surinamensis* avec 5,78% chacune et *Tribolium castaneum* avec 4,05% sont des espèces qui marquent une présence relativement faible. Les dernières espèces, en l'occurrence *Bradysia sp* *Agromyzidae* et *Aulacorthum solani* avec respectivement 1,73%, 1,16% et 0,58% sont les moins inféodées à cette denrée semble-t-il.

3.1.1.5. Abondance relative (AR%) des espèces recueillies au niveau du pois chiche

Les valeurs de l'abondance des espèces d'insectes capturées au niveau du pois chiche sont représentées dans la figure suivante :

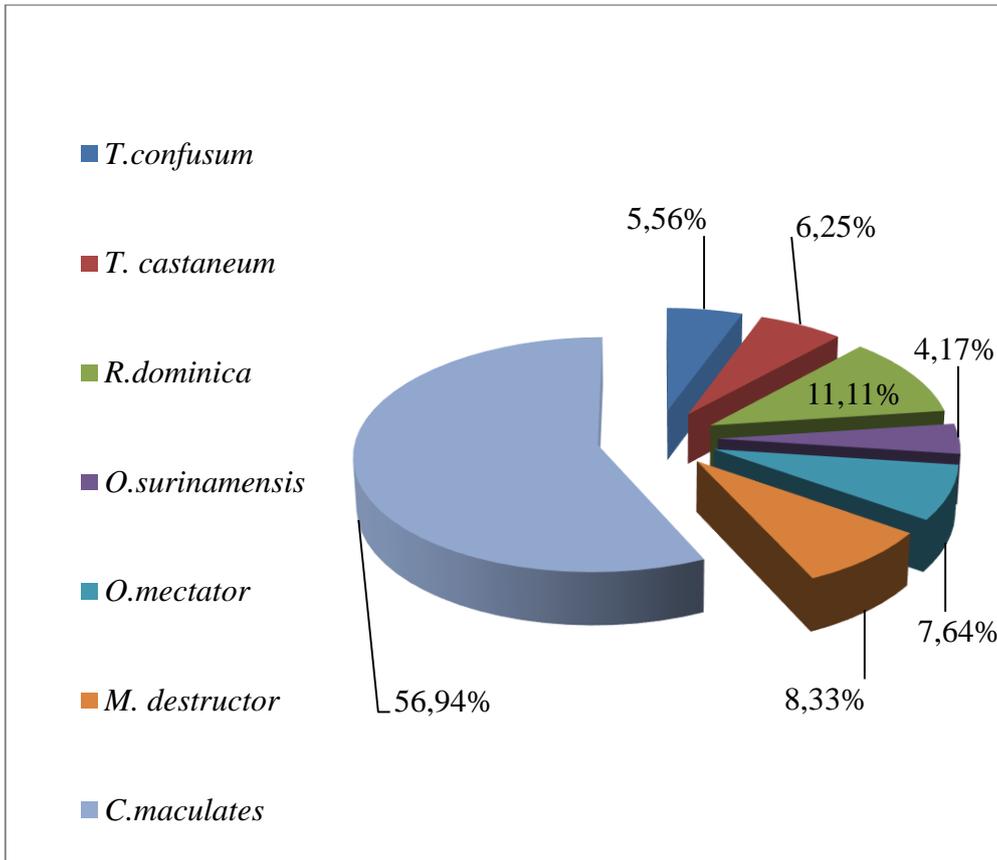


Figure 31 : Abondance relative (AR%) des espèces recensées dans le pois chiche

Un total de 7 espèces est répertorié dans cette denrée (pois chiche). Toutefois la présence des ces espèces diffère et montre parfois des écarts très importants.

L'espèce la plus dominante est représentée par *Callosobruchus maculatus* avec 56,94%. C'est une espèce qui semble bien inféodée au pois chiche. Les autres espèces sont relativement moins représentées car la valeur la plus élevée après celle de *Callosobruchus maculatus* est de 11,11% affichée par *Rhyzoperta dominica*. La troisième position est occupée par *Mayesiola destructor* avec une valeur de 8,33%, vient ensuite *Oryzaephilus mectator* avec 7,64 %. Les autres espèces *Tribolium castaneum*, *Tribolium confusum* et *Oryzaephilus surinamensis* présentent les plus faibles valeurs qui sont respectivement 6,25% , 5, 56% et 4,17%.

3.1.1.6. Abondance relative (AR%) des espèces recueillies au niveau du haricot

Les valeurs de l'abondance des espèces d'insectes capturées au niveau du haricot sont représentées dans la figure suivante :

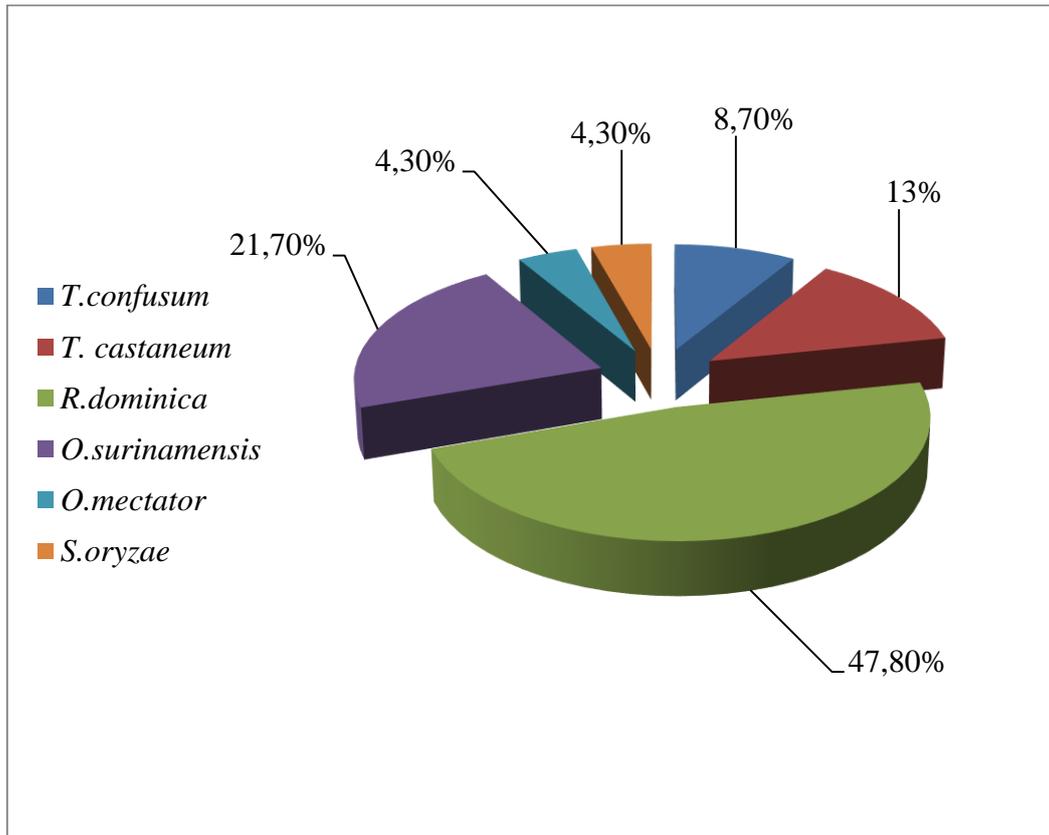


Figure 32: Abondance relative des espèces recensées au niveau du haricot

Les valeurs de l'abondance relative calculées en fonction des effectifs des espèces capturées au niveau du haricot révèlent que les espèces recueillies marquent des présences hautement différentes. En effet selon ces valeurs, *Rhyzoperta dominica* avec 47,80% occupe la première place. *Oryzaephilus surinamensis* avec 21,70% se positionne au deuxième rang et *Tribolium castaneum* avec 13% occupe la troisième place. La quatrième place est occupée par *Tribolium confusum* avec 8,70% quand à la cinquième place, elle est occupée par *Oryzaephilus mectator* et *Sitophilus oryzae* avec chacune 4,30%.

3.1.1.7. Abondance relative (AR%) des espèces recueillies au niveau du riz

Les valeurs de l'abondance des espèces d'insectes capturées au niveau du riz sont représentées dans la figure suivante :

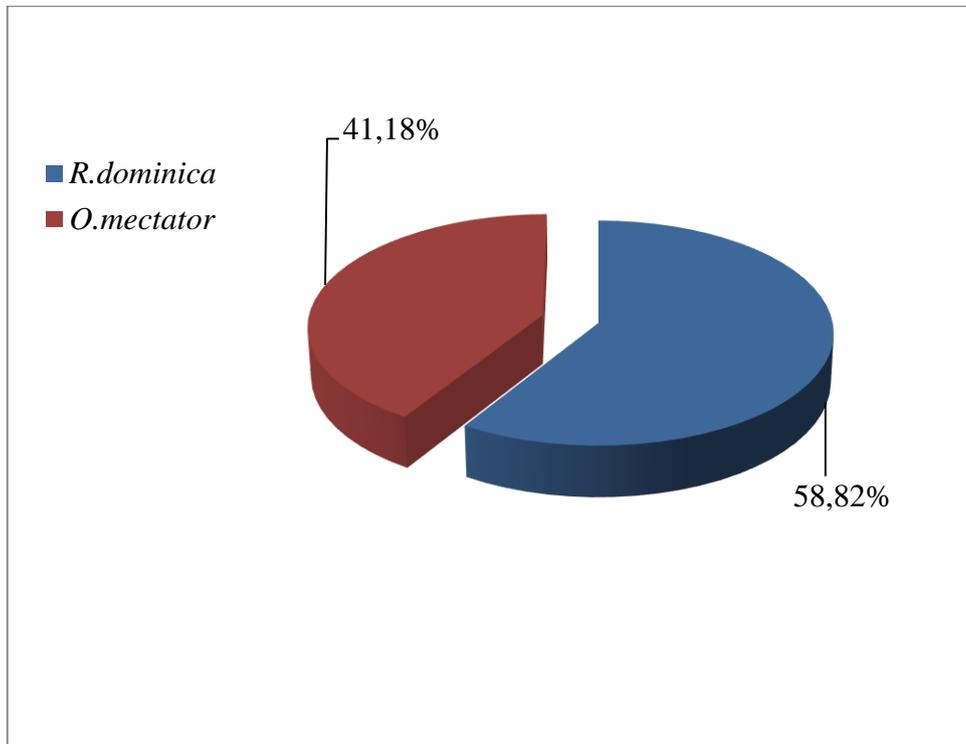


Figure 33: Abondance relative (AR%) des espèces recensées au niveau du riz

Le riz, selon les valeurs de l'abondance relative obtenues, montre qu'il est moins attaqué par les ravageurs. En effet, lors de la présente étude deux espèces d'insectes sont recueillies. La première espèce est *Rhyzoperta dominica* avec 10 individus soit une valeur de 58,82%.

3.1.1.8. Abondance relative (AR%) des espèces recueillies au niveau de l'orge

Les valeurs de l'abondance des espèces d'insectes capturées au niveau de l'orge sont représentées dans la figure suivante :

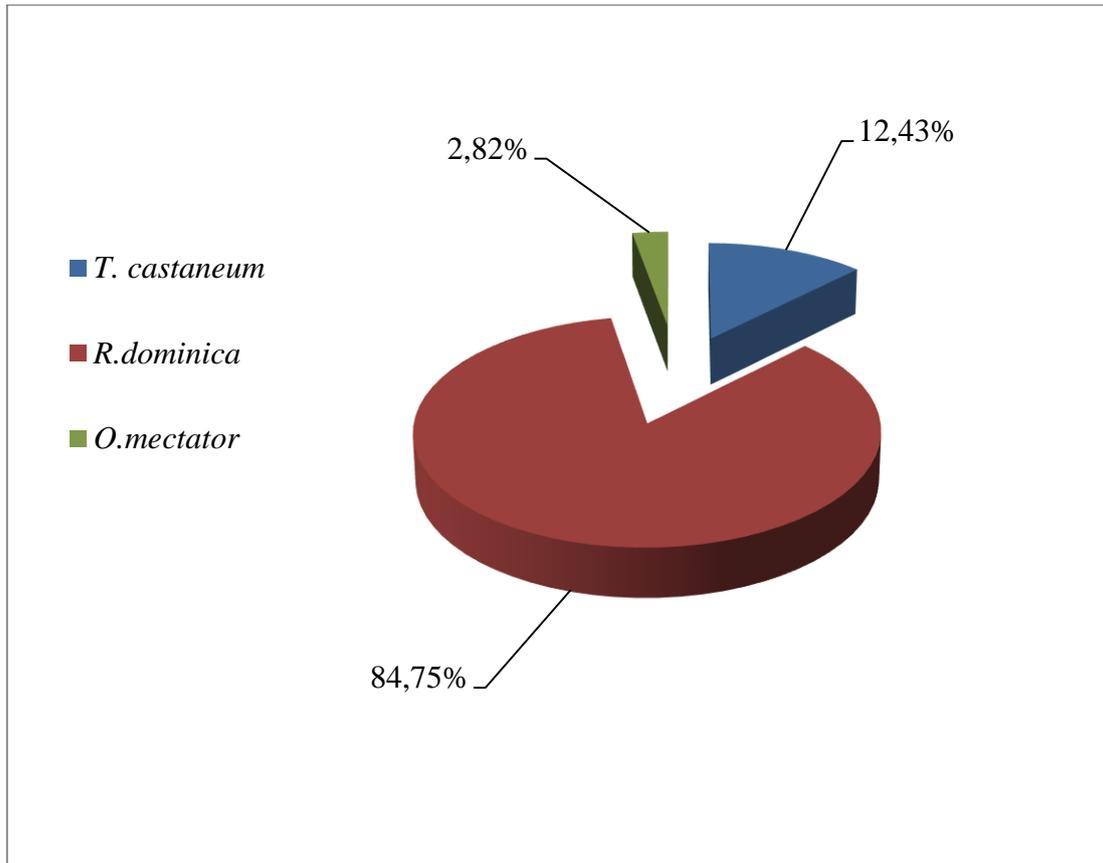


Figure 34: Abondance relative (AR%) des espèces recensées au niveau de l'orge

L'inventaire des espèces d'insectes recueillies au niveau de l'orge a montré que cette spéculacion est moins attaquée par les ravageurs. Cependant, on peut noter que l'orge dispose d'un ravageur potentiel. C'est *Rhyzoperta dominica* dont la valeur de l'abondance est de 84,75%. Les deux autres espèces sont faiblement représentées. *Tribolium castaneum* avec 12,43% se positionne au deuxième rang et semble être un ravageur potentiel de l'orge. *Oryzaephilus mectator* avec une valeur de 2,82% marque une présence timide. Sa présence est –elle accidentelle ?

3.1.1.9. Abondance relative (AR%) des espèces recueillies au niveau des lentilles

Les valeurs de l'abondance des espèces d'insectes capturées au niveau des lentilles sont représentées dans la figure suivante :

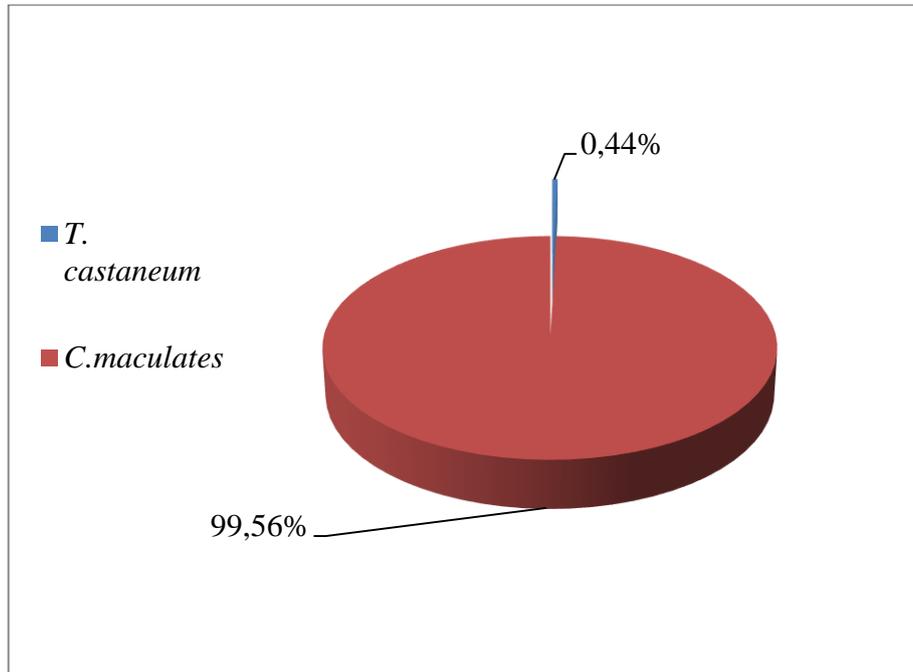


Figure 35: Abondance relative (AR%) des espèces recensées au niveau des lentilles

Les lentilles, comme le riz, semblent être moins inféodés par les ravageurs. En effet, les résultats obtenus témoignent de la résistance de cette spéculution vis-à-vis des ravageurs des denrées stockées.

Les seules espèces qui ont été recueillies sont *Callosobruchus maculatus* qui semble la plus dominante. La valeur de l'abondance affichée par cette espèce est de 99,56%. La deuxième espèce qui est *Tribolium castaneum* n'est que très faiblement représenté. En effet, un seul individu a fait l'objet de cet inventaire.

Les résultats obtenus lors de cette étude sont conformes à beaucoup de travaux qui font référence à l'attaque et à la déperdition des stocks de céréales et de légumineuses par les insectes (PHILOGENE et al., 1989; RATNDASS et SAUPHANOR, 1989; ASHAMO, 2006). MALLAMAIRE (1965) a mentionné que tous les produits stockés sont soumis aux attaques de nombreux insectes qui appartiennent aux ordres des Isoptères, Hémiptères, Orthoptères, Lépidoptères et Coléoptères.

L'ordre des Coléoptères avec les sept espèces est souvent en tête de liste relative aux ravageurs des denrées stockées. MOYAL (1992) note que les ravageurs des stocks sont essentiellement des coléoptères. Il a signalé la présence de 21 espèces

appartenant à neuf familles. Il a mentionné également la présence de quatre espèces de Lépidoptères et une espèce de Psocoptera. Il est de même pour WEIDNER et RACK (1984) qui ont noté la majorité des ravageurs des denrées entreposées se rattachent à l'ordre des Coléoptères. Ces derniers, selon DELOBEL et TRAN (1993), nuisent à une grande variété de produits dans les régions tropicales et subtropicales : Céréales, légumineuses, oléagineuses, racines et tubercules....etc.

3.2. Partie faune acarologique inféodée aux denrées stockées

Cette deuxième partie est réservée à l'étude de la faune acarologique qui est inféodée aux denrées stockées.

Les résultats de l'inventaire des espèces d'acariens recueillies au niveau des différentes denrées stockées expérimentées dans la présente étude sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau 04: La liste des acariens recensés (présence/absence)

Espèces	Blé dure	Maïs	Pois chiche	Haricot	Riz	Orge	Lentille
<i>Acarus siro</i>	+	+	+	-	-	-	-
<i>Tyrophagus putrescentiae</i>	+	-	+	-	-	-	-
<i>Lepidoglyphus destructor</i>	+	-	+	-	-	-	-
<i>Glycophagus domesticus</i>	+	-	+	-	-	-	-
<i>Peymotes sp.</i>	-	-	+	-	-	-	-

L'inventaire des espèces d'acariens au niveau des denrées stockées a révélé la présence de 5 espèces dont trois sont des espèces qui sont inféodées aux denrées stockées et qui sont *Tyrophagus putrescentiae*, *Lepidoglyphus destructor*, *Glycophagus domesticus* alors que *Acarus siro* est une espèce cosmopolite qu'on peut trouver dans tous les milieux et *Peymotes sp.* qui est une espèce prédatrice des Bruchidea.

3.2.1 Les indices écologiques de composition appliquée à l'acarofaune

3.2.1. 1. La richesse totale

Le nombre d'espèces d'acariens recueillies dans les différentes denrées est de 5 espèces.

La richesse totale des acariens semble se manifester différemment par rapport aux différents types de denrée.

La richesse des acariens observée au niveau des différentes denrées figure dans le tableau suivant :

Tableau 05: La richesse des acariens observée au niveau des différentes denrées

Denrées stockées	Blé	Maïs	Pois-chiche	Lentille	Riz	Orge	Haricot
Apparence des espèces	4	1	5	0	0	0	0

D'après les résultats obtenus, les valeurs de la richesse totale des acariens relevée au niveau des denrées diffère d'une denrée à l'autre. En effet, le Pois-chiche semble être le plus attaqué avec 05 espèces. En deuxième position, on retrouve le blé avec 04 espèces. Le maïs, avec une seule espèce occupe la troisième place. Les autres denrées semblent être indemnes et on ne relève aucune espèce d'acarien..

3.2.1. 2. Abondance relative (AR %) des espèces d'acariens relevées au niveau des différentes denrées stockées

Les valeurs de l'abondance relative (AR%) des espèces d'acariens recueillies au niveau des denrées stockées sont affichées dans la figure suivante :

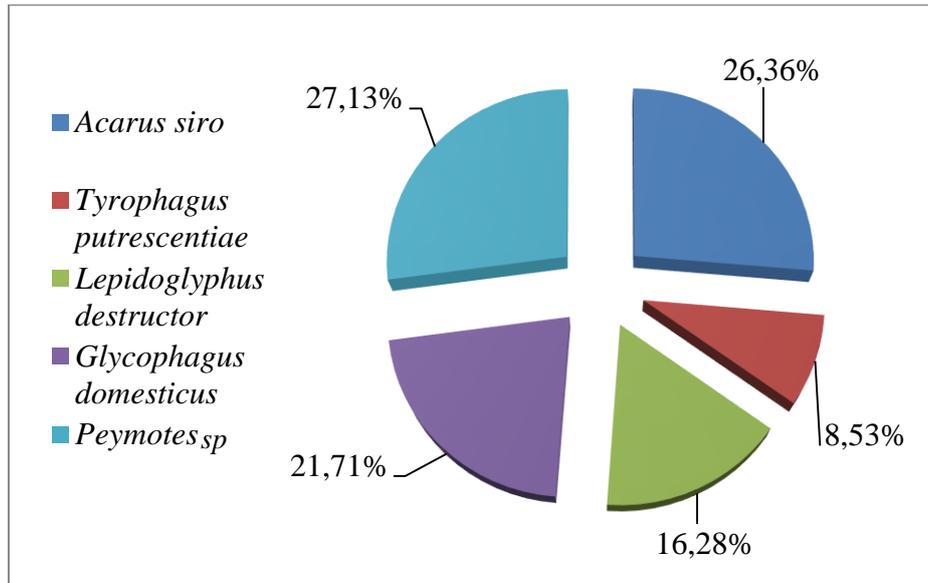


Figure 36 : Abondance relative des espèces d'acariens recueillies au niveau des denrées stockées

Les valeurs de l'abondance relative permettent de montrer l'importance des espèces. En effet les valeurs affichées dans la présente figure montrent que l'espèce *Peymotes sp* avec 27,13% occupe le premier rang en tant qu'espèce prédatrice. C'est une valeur qui est relativement très importante. L'espèce *Acarus siro* avec 26,36% occupe la deuxième position. En troisième position on retrouve *Glycophagus domesticus* avec 21,71 %.

Lepidoglyphus destructor avec 16,28 % occupe le quatrième rang.

Tyrophagus putrescentiae se positionne au dernier rang avec 8,53%.

Nous pouvons noter que les espèces des denrées stockées montrent des effectifs très faibles.

3.2.1.3. Abondance relative (AR%) des espèces d'acariens relevées au niveau du blé

Les valeurs de l'abondance relative des espèces d'acariens recueillies au niveau du blé sont affichées dans la figure suivante :

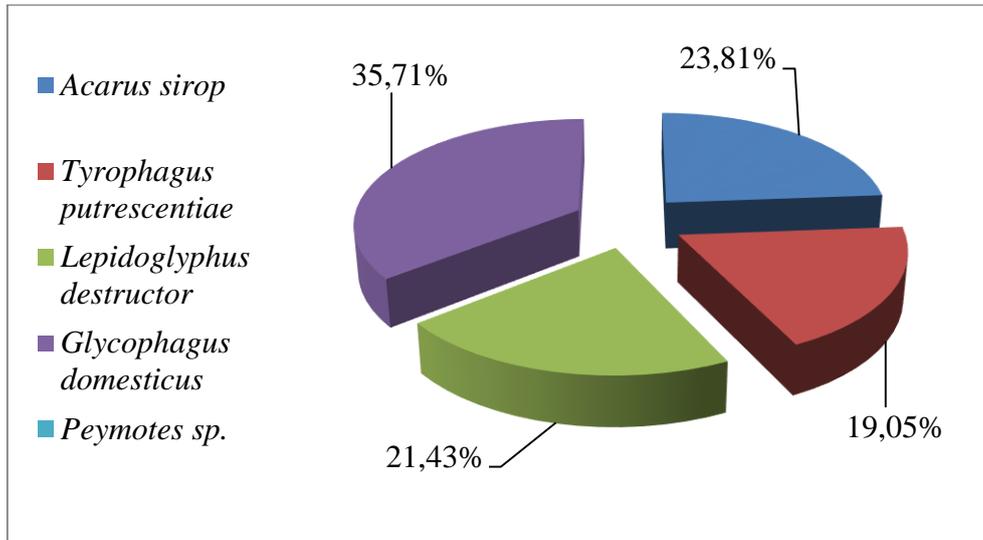


Figure 37: Les valeurs de l'abondance (AR%) relative des espèces des acariens recueillies au niveau du blé

La figure ci-dessus montre que le blé est infecté de quatre espèces. Cependant les valeurs de leur abondance relative diffèrent. L'espèce la plus dominante est *Glycophagus domesticus* avec une valeur de 35,71%. *Acarus siro* avec 23,81% occupe la deuxième position. La troisième position revient à *Lepidoglyphus destructor* avec 21,43% et en dernier on trouve *Tyrophagus putrescentiae* avec 19,05%.

3.2.1.4. Abondance relative (AR%) des espèces d'acariens relevées au niveau du maïs

Les valeurs de l'abondance relative des espèces d'acariens recueillies au niveau du maïs sont affichées dans la figure suivante :

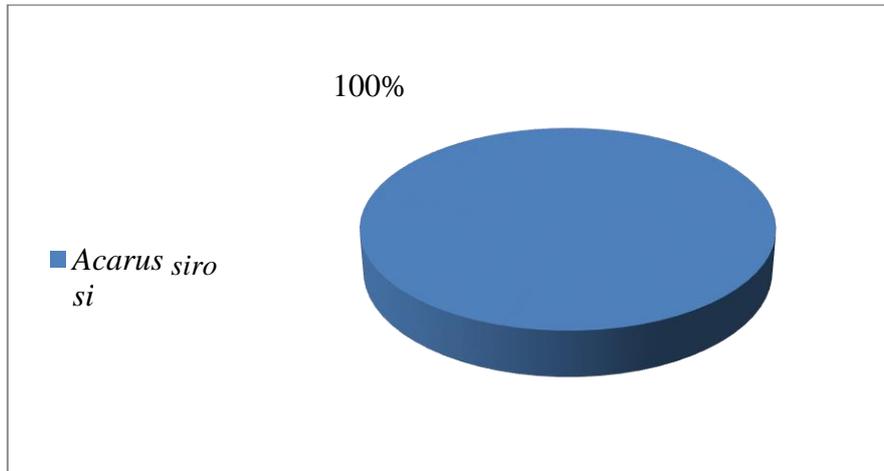


Figure 38 : Les valeurs de l'abondance relative (AR%) des espèces des acariens recueillies au niveau du maïs

La figure ci-dessus montre que le maïs n'est infecté que par une seule espèce qui est *Acarus siro* avec une valeur de 100%.

3.2.1.5. Abondance relative (AR%) des espèces d'acariens relevées au niveau du pois chiche

Les valeurs de l'abondance relative des espèces d'acariens recueillies au niveau du pois chiche sont affichées dans la figure suivante :

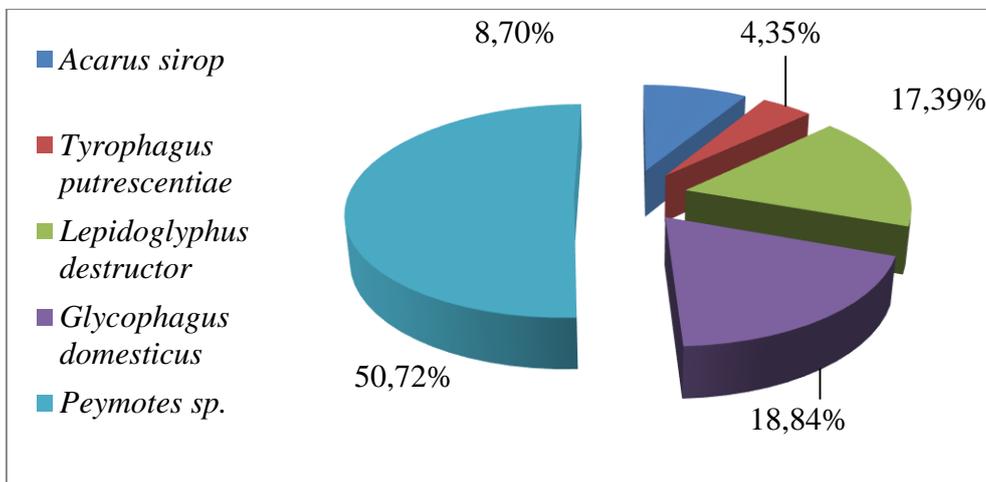


Figure 39 : Abondance relative (AR%) des espèces d'acariens recueillies au niveau pois chiche

Chapitre III : Résultats et Discussions

Le pois chiche semble la denrée la plus infectée. En effet, on retrouve les cinq espèces d'acariens au niveau de cette denrée. Cependant, la valeur de leur abondance diffère. *Peymotes sp.* est la plus importante espèce mais sa présence est due à la présence de *Callosobruchus*.

Glycophagus domesticus avec 18,84 % et *Lepidoglyphus destructor* avec 17,39% se positionnent respectivement au deuxième et troisième rang.

Acarus siro avec 8,70% prend la quatrième place et *Tyrophagus putrescentiae* avec 4,35% se positionne à la dernière place.

3.3. Partie champignon au niveau des différents denrées

La liste des champignons observés avec le pourcentage des graines infestées par ces derniers sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau 06: Champignons et pourcentage des graines infestées

Denrées	Champignons					
	Aspergillus	Rhizopus	Penicillium	Fusarium	Cladosporum	Humicola
Blé	11,11	22,22	4,44	-	-	-
Maïs	4,44	-	3,33	10,00	15,56	1,11
Pois chiche	5,33	-	9,33	-	-	-
Orge	6,67	11,11	-	-	-	-
Lentille	-	-	-	-	-	-
Riz	-	-	-	-	-	-
Haricot	25	8,33	-	1,67	-	-

Le tableau ci-dessus montre la liste des champignons inventoriés : *Aspergillus sp.*, *Rhizopus sp.*, *Penicillium sp.*, *Fusarium sp.*, *Cladosporum sp.* et *Humicola sp.* (Fig.40-45)

Les champignons sont fortement représentés notamment au niveau du maïs où 5 espèces ont été relevées par contre sur blé on a relevé la présence de 3 espèces seulement.

Le pois chiche est infesté par deux champignons qui sont *Aspergillus sp.* et le *Penicillium sp.*

L'orge est infestée par *Aspergillus sp.* et *Rhizopus sp.*

L'haricot par *Aspergillus sp.*, *Rhizopus sp.* et *Fusarium sp.*

Chapitre III : Résultats et Discussions

Le riz et les lentilles ne montrent aucune présence de champignons. Ils sont notés comme aliments indemnes.

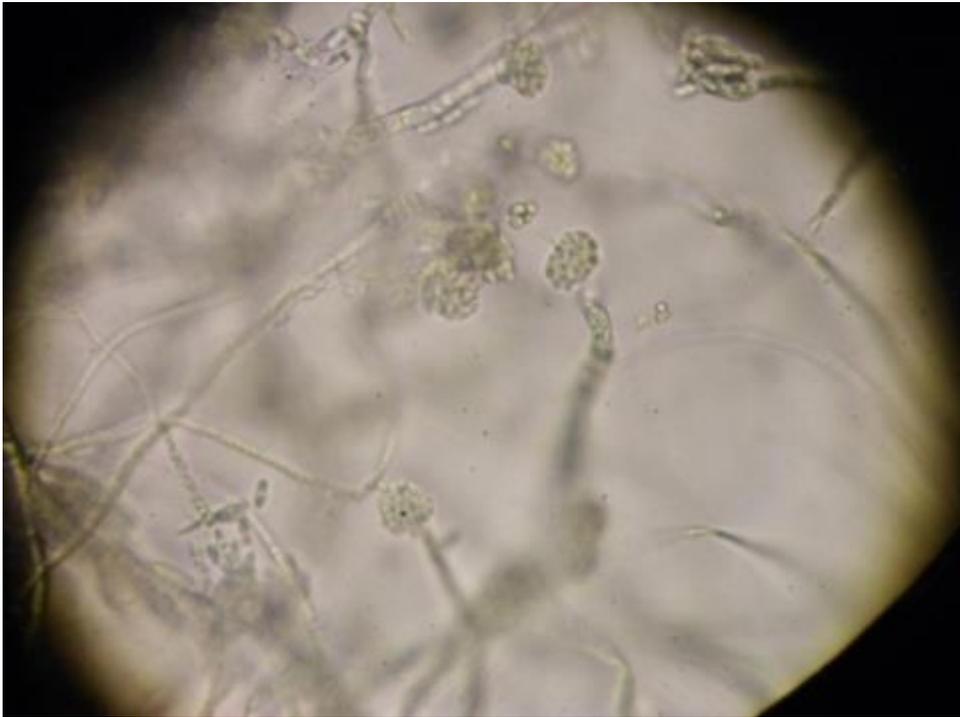


Figure 40 : *Penicillium sp. Gx40* (Originale)

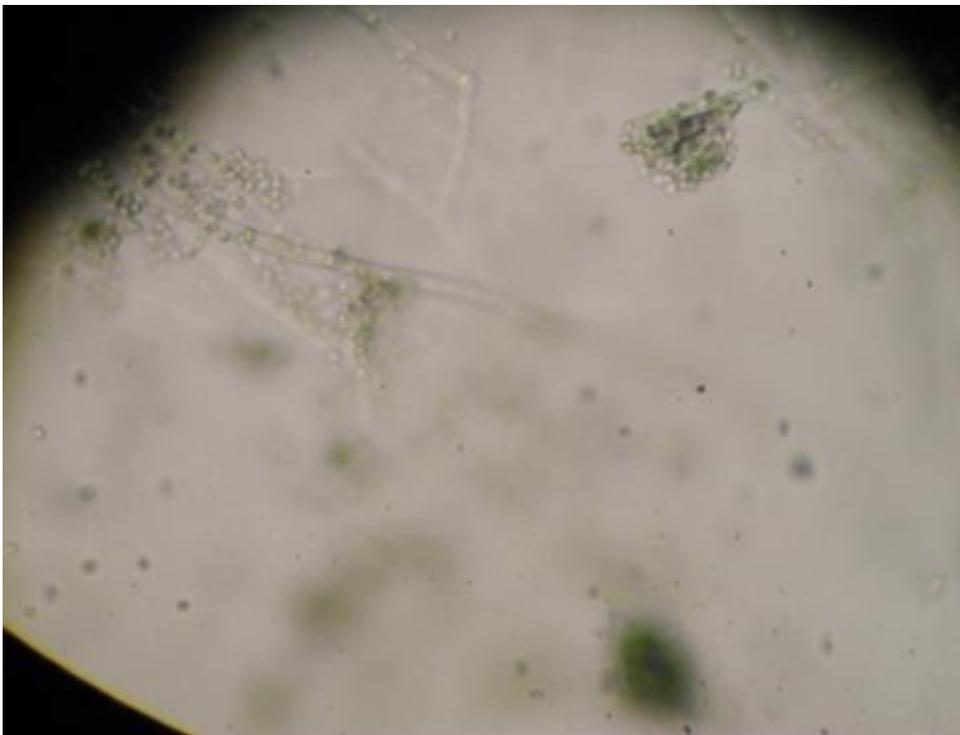


Figure 41 : *Fusarium sp. Gx40*
(Originale ,2016)



Figure 42: *Aspergillus* sp. Gx40 (Originale ,2016)



Figure 43: *Rhizopus* sp. Gx40 (Originale ,2016)

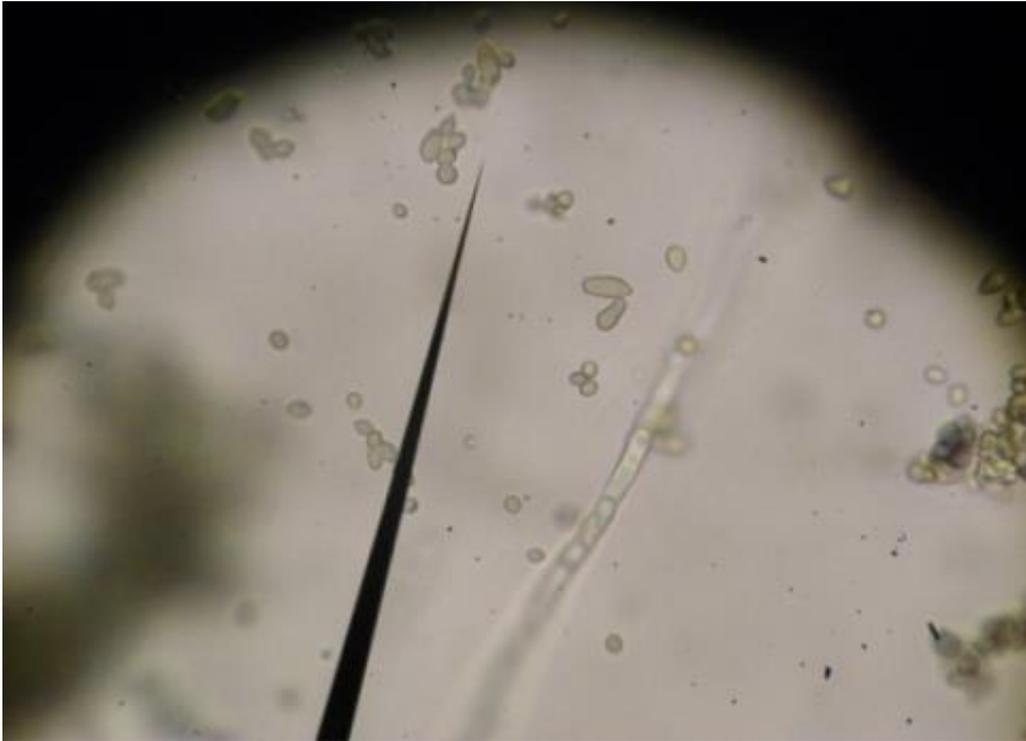


Figure 44 : *Cladosporum* sp. Gx40 (Originale ,2016)



Figure 45 : *Humicola* sp. Gx40 (Originale ,2016)

3.4. Partie expérimentation sur les souris BALB/c

Au cours de la présente partie, nous affichons les résultats des analyses de la qualité chimique du blé et du maïs utilisées pour cette expérience ainsi que les résultats obtenus relatifs à l'expérimentation menée sur les souris qui ont servies comme matériel biologique.

3.4.1. Qualité chimique du blé et du maïs

Les analyses chimiques du blé et du maïs ont porté sur la matière minérale (Matières azotées totales en % par rapport à la matière sèche) et la matière sèche.

Cette analyse a été menée sur les denrées qui sont attaquées par les ravageurs.

3.4.1.1. Analyse de la matière minérale

Les résultats obtenus lors de la présente analyse sont consignés dans les tableaux suivants (Tab 07et 08):

Tableau 07: Matière minérale d'échantillons sains

Echantillon	M,Minérale	Moyenne en % de la MS
Blé sain	2,31	2.32
	2,43	
	2,24	
Maïs sain	0,89	1.14
	1,58	
	0,96	

Tableau 08: Matière minérale des denrées dénaturées

Echantillon	M,Minérale	Moyenne en % de la MS
Blé infecté	2,07	2.14
	2,18	
	2,17	
Maïs infecté	1,89	1.90
	1,75	
	2,06	

Il est à noter que l'analyse de la matière minérale a montré que le blé sain est plus riche que le blé dénaturé par les ravageurs. On note donc une dévalorisation qualitative de la valeur nutritive du blé. Le maïs, au contraire, semble être moins affecté et le pourcentage de la matière minérale est important dans le cas du maïs attaqués par les ravageurs.

3.4.1.2. Analyse de la matière azotée

Les résultats de l'analyse de la matière azotée sont consignés dans les tableaux suivants (Tab 09 et 10):

Tableau 09: Matières azotées totales en % de la matière sèche des denrées saines

Echantillons	Protéines totales	Moyenne
Blé sain	15,41	16,0
	16,33	
	15,23	
	15,96	
	16,14	
	15,78	
	16,51	
	16,33	
	16,14	
Maïs sain	12,66	11,5
	12,47	
	12,29	
	11,01	
	10,82	
	11,01	
	10,82	
	11,37	
	11,19	

Chapitre III : Résultats et Discussions

La matière azotée totale analysée montre que les denrées infestées ont subi une diminution de cette valeur. Cette diminution semble être légère dans le cas du blé (16,0% contre 15,5%) mais elle est bien prononcée dans le cas du maïs soit 11,5% contre 9,6%. On peut toutefois noter que la détérioration occasionnée par les ravageurs est importante ce qui, par conséquent, se traduit par une dévalorisation de la qualité nutritive des produits. (Tab 09 et10).

Tableau 10: Matières azotées totales en % de la matière sèche des denrées infestées.

Echantillons	Protéines totales	Moyenne
Blé infesté	15,60	15,5
	15,42	
	15,23	
	14,87	
	15,05	
	14,87	
	16,32	
	15,96	
	16,50	
Maïs infesté	9,72	9,6
	9,54	
	9,36	
	9,54	
	9,54	
	9,17	
	9,72	
	9,91	
	9,54	

3.4.1.3. Analyse de la matière sèche

Les résultats de l'analyse de la matière sèche des denrées utilisées dans la présente étude sont consignés dans les tableaux suivants :

Tableau 11: Matière sèche des denrées infestées

	MS en %	Moyenne
Blé infesté	87,8	88,1
Blé infesté	88,4	
Maïs infesté	88,1	87,9
Maïs infesté	87,8	

Tableau 12: Matière sèche des denrées saines

	MS en %	Moyenne
Blé sain	87,1	87,2
Blé sain	87,4	
Maïs sain	87,5	87,4
Maïs sain	87,2	

Les résultats de l'analyse de la matière sèche des deux types de denrées infestés et saines se sont avérées presque identiques et ne montrent qu'une légère différence.(Tab 11et 12)

3.4.2. Poids corporel et les masses relatives des organes (Foie et Rein) des souris utilisées pour la présente expérimentation

3.4.2.1. Poids corporel des souris

Les résultats de la mesure des poids corporel des souris ayant servies pour cette expérimentation sont reportés dans le tableau suivant :

Tableau 13: Gain de poids chez les souris

	Blé	Maïs
	Poids corporel (gr)	
Témoins	20	20
Traités	27,5	27,66
Gain de poids	7,5	7,66

Les mesures relatives au poids corporels des souris soumises au test révèlent que l'apport du blé dénaturé comme support nutritionnel a présenté un effet positif sur la prise du poids chez ces cobayes. En effet le surplus moyen obtenu est de 7,5 grammes

On a relevé la même remarque quand au lot nourris à base de maïs infesté. Le surplus enregistré est de 7,76 grammes. (Tab.13)

3.4.2.2. Masses relatives des organes (foie et rein) des souris soumises à l'expérimentation

Les résultats des mesures des masses relatives des organes (foie et rein) des souris soumises à l'expérimentation sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau 14: Masses relatives des organes (foie et rein) des souris nourris à base du blé et de maïs

	Foie		Rein	
	blé	Maïs	blé	Maïs
Témoins	1,4	1,06	0,45	0,4
Traités	1,32	0,99	0,41	0,35

La mesure de la masse relative des organes notamment le rein et le foie des souris soumises au test a montré une diminution du poids et ceci pour les deux types de denrées et au niveau des deux organes.

Le lot de souris nourrit à base de blé a montré une chute du poids qui de l'ordre de 0,08g pour le foie et 0,04g pour le rein. Pour le lot nourrit à base de maïs la perte de poids est de 0,07g pour le foie et 0,05g pour le rein.(Tab.14)

3.4.3. Indice hépato-somatique

Indice hépato-somatique des souris à base de blé infesté

$$1,32/27,5 \times 100 = 4,81$$

Indice hépato-somatique des souris à base de blé sain

$$1,4/28,8 \times 100 = 5,08$$

Indice hépato-somatique des souris à base de maïs infesté

$$0,99/27,66 \times 100 = 3,58$$

Indice hépato-somatique des souris à base de maïs sain

$$1,06/27 \times 100 = 3,93$$

Les mesures de l'indice hépato-somatique réalisé sur les souris ayant subit cette expérience a montré une tendance décroissante de cet indice aussi bien chez les souris nourrit à base de maïs qu'à base de blé. Les valeurs enregistrées chez les souris nourrit à base de blé sain sont de 5.08 alors que pour le blé contaminé la valeur est de 4,81. Pour le maïs, la valeur pour cette denrées saine est de 3.93 alors que le produits infecté, elle est de 3,58.

3.4.4. Observation microscopique

Le rapport d'autopsie générale réalisé sur le lot de souris nourrit à base de maïs sain n'a montré aucune anomalie aussi bien au niveau du foie ou des reins par contre sur le lot de souris nourrit à base de maïs contaminé, on a noté la présence, au niveau du foie, d'une lésion jaune à jaune orange visible en surface et en coupe. Au niveau des reins aucune anomalie n'a été signalée.

Le lot de souris nourrit à base de blé sain ne présente aucune anomalie au niveau des reins et du foie. Par contre les souris nourris à base de blé contaminé,

présentent des lésions jaunâtres et des lésions rougeâtres punctiformes visibles en surface et en coupe au niveau du foie et rien au niveau des reins.

Les lésions principales mises en évidence lors de cet examen microscopique sont des infiltrations jaunâtres et rougeâtres hépatiques qui sont probablement dégénératives d'origine alimentaire ou inflammatoire.

3.4.5. Examen histopathologique

L'examen histopathologique réalisé sur le lot des souris ayant subi une alimentation à base de maïs contaminé a mis en évidence la présence d'hyperplasie des canaux biliaire, d'une stéatose hépatiques et d'une congestion vasculaire. Ces lésions histopathologiques sont compatibles avec une mycose toxique (contamination de l'aliment par des mycotoxines).

La présence d'une surcharge lipidique et glycogénique modérées a été relevée au niveau du foie. Cette stéatose et cette glycogénose hépatiques sont des lésions fréquemment observées dans le cas d'une alimentation trop riche en glucides. Pour notre cas c'est le maïs.

3.4.5.1. Etude histopathologique des effets du blé et du maïs contaminés par les insectes et les champignons :

Histologie normale du Foie

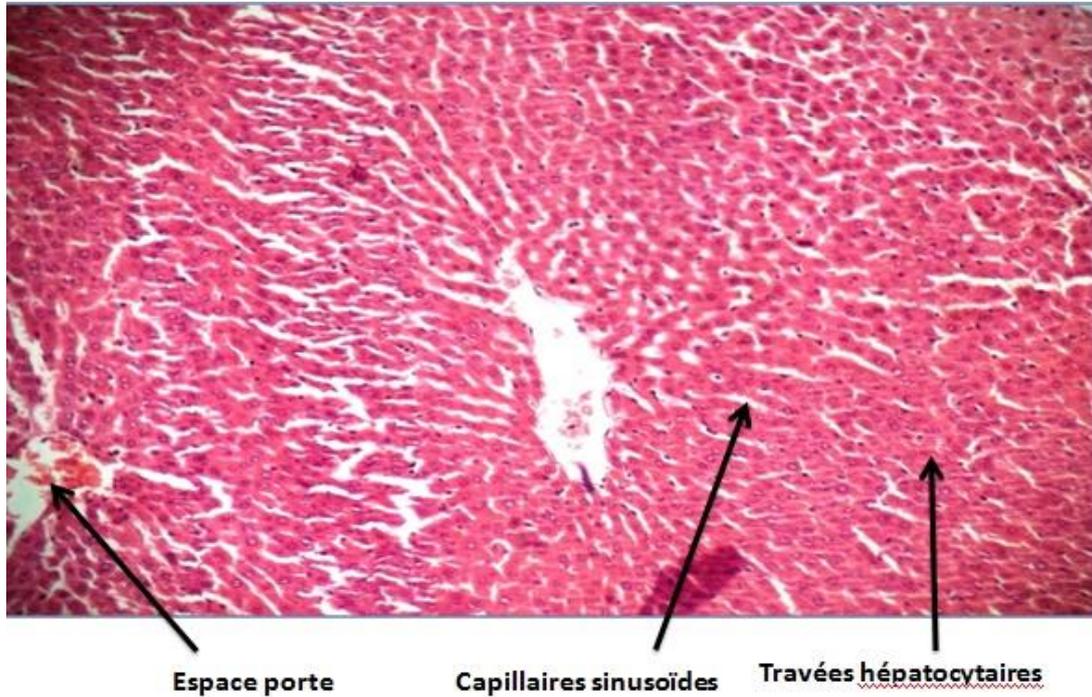


Figure 46 : Coupe histologique d'un Foie normal (Originale, 2016)

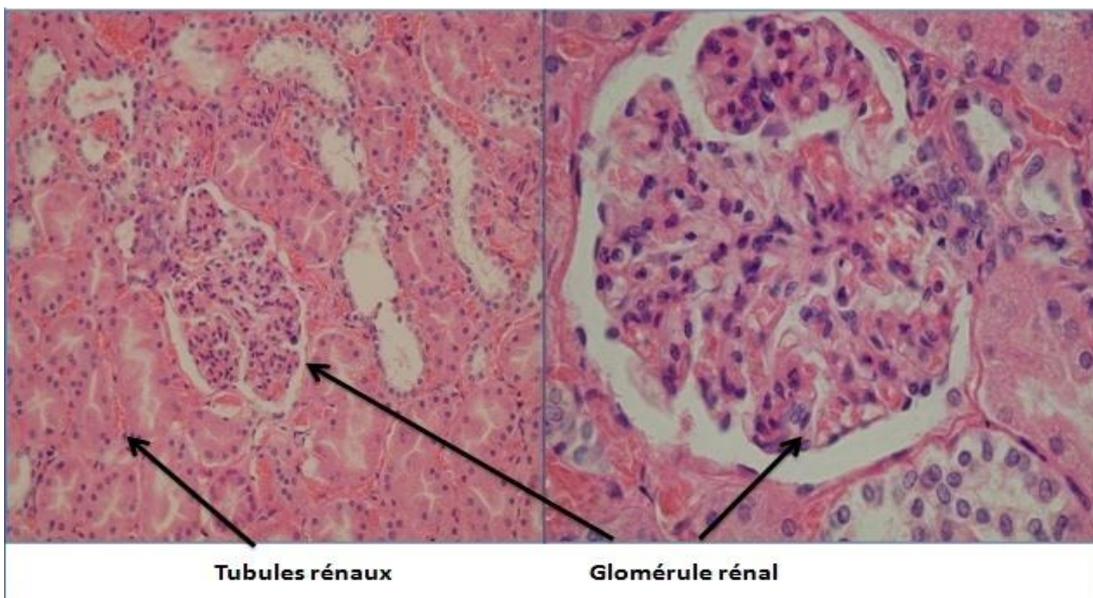
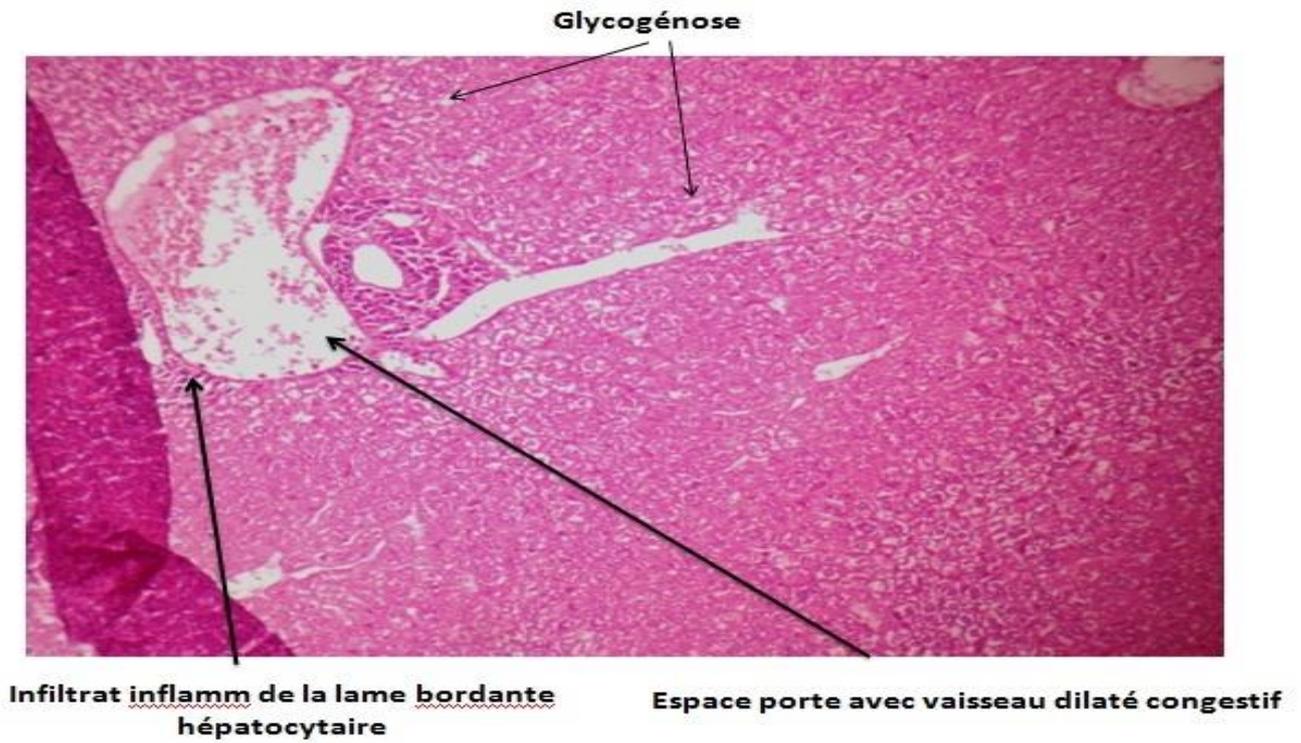
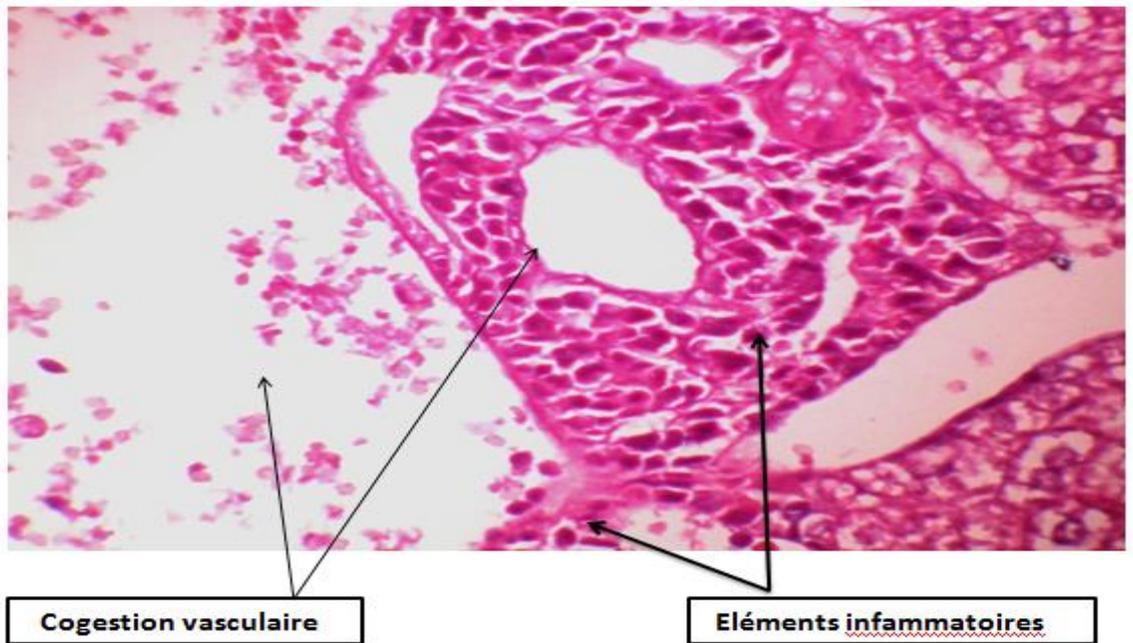


Figure 47 : Coupe histologique d'un Rein normal (Originale, 2016)



-a-



-b-

Figures 48 (a et b) : Lame de coupe du foie de souris nourrit à base de blésain (Originale ,2016) (Gx40)

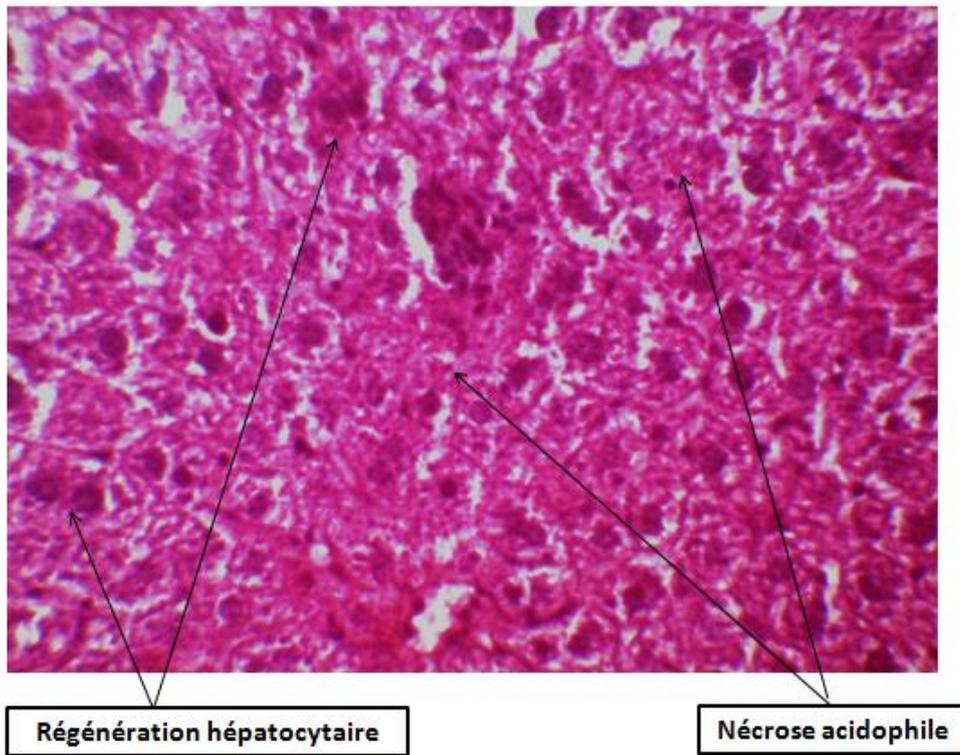


Figure 49 : Lame de coupe du foie de souris nourrit à base de blé contaminé Gx40 (Originale, 2016)

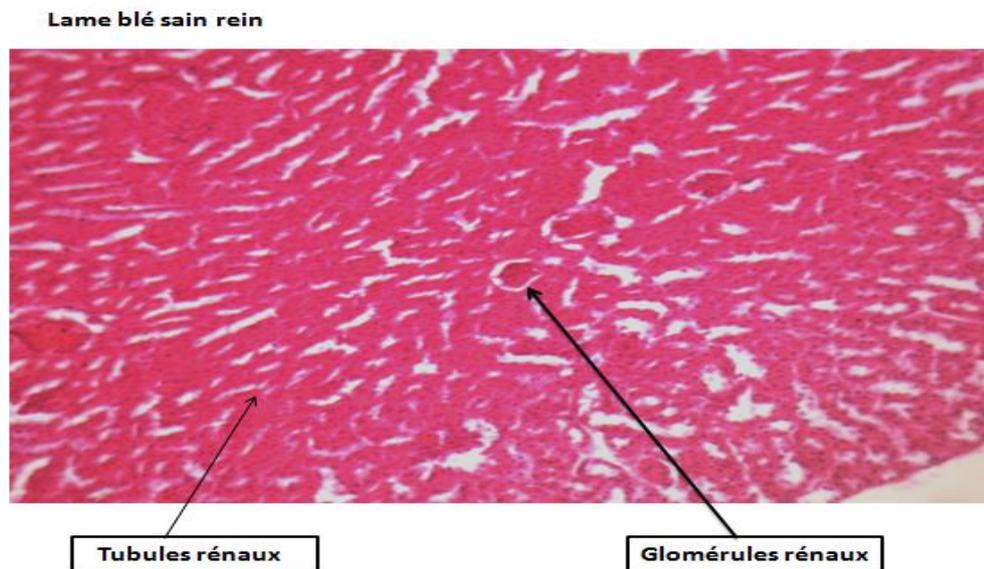
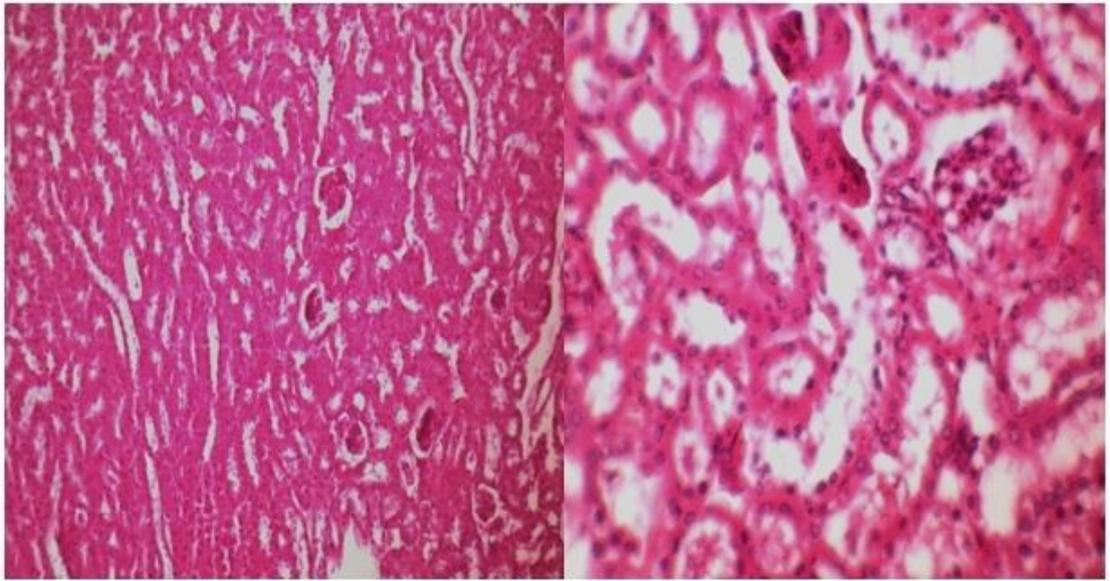
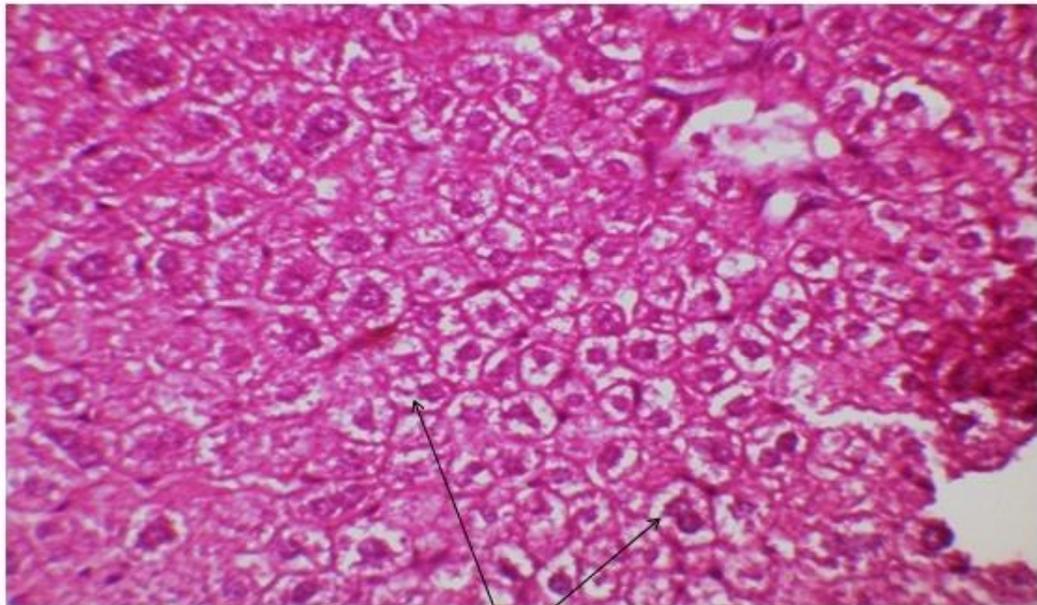


Figure 50 : Lame de coupe du rein de souris nourrit à base de blé sain Gx40 (Originale, 2016)



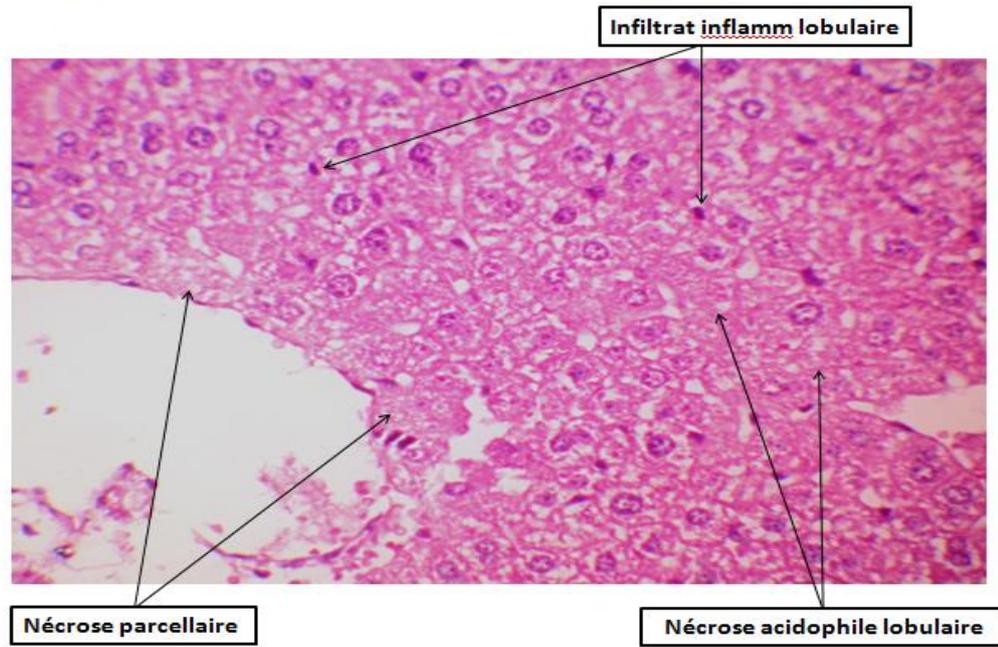
Parenchyme rénal d'aspect normal

Figure 51 : Lame de coupe du rein de souris nourrit à base de blé contaminé Gx40 (Originale ,2016)



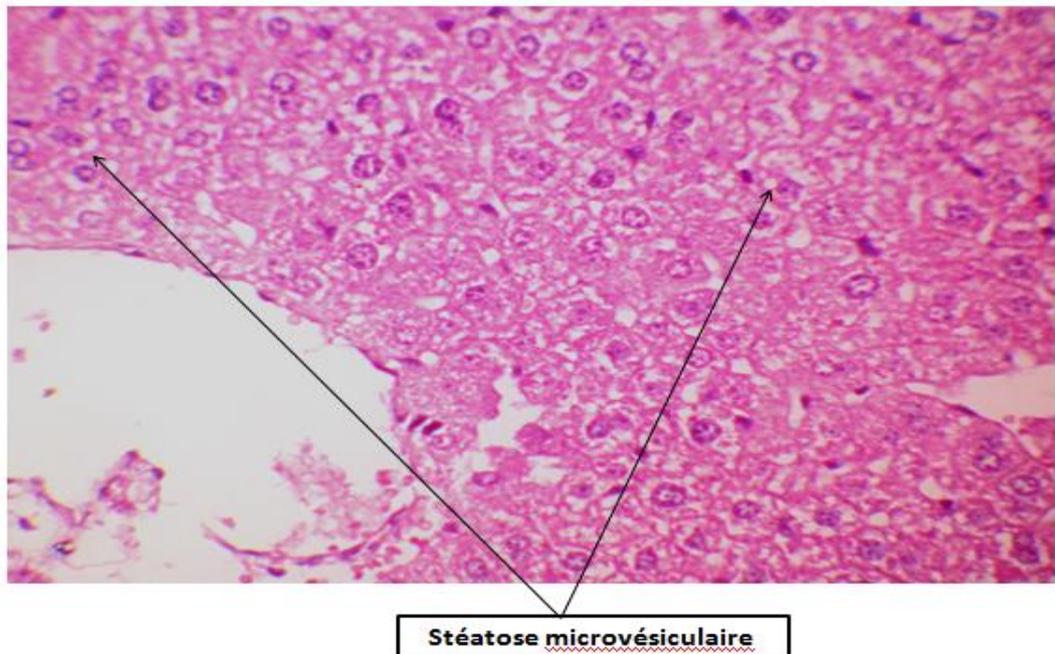
Glycogénose

Figure 52 : Lame de coupe du foie de souris nourrit à base de maïs sain Gx40 (Originale ,2016)



-a-

Mais contaminé foie



-b-

Figure 53(a et b): Lame de coupe du foie de souris nourrit à base de Mais contaminé Gx40 (Originale ,2016)

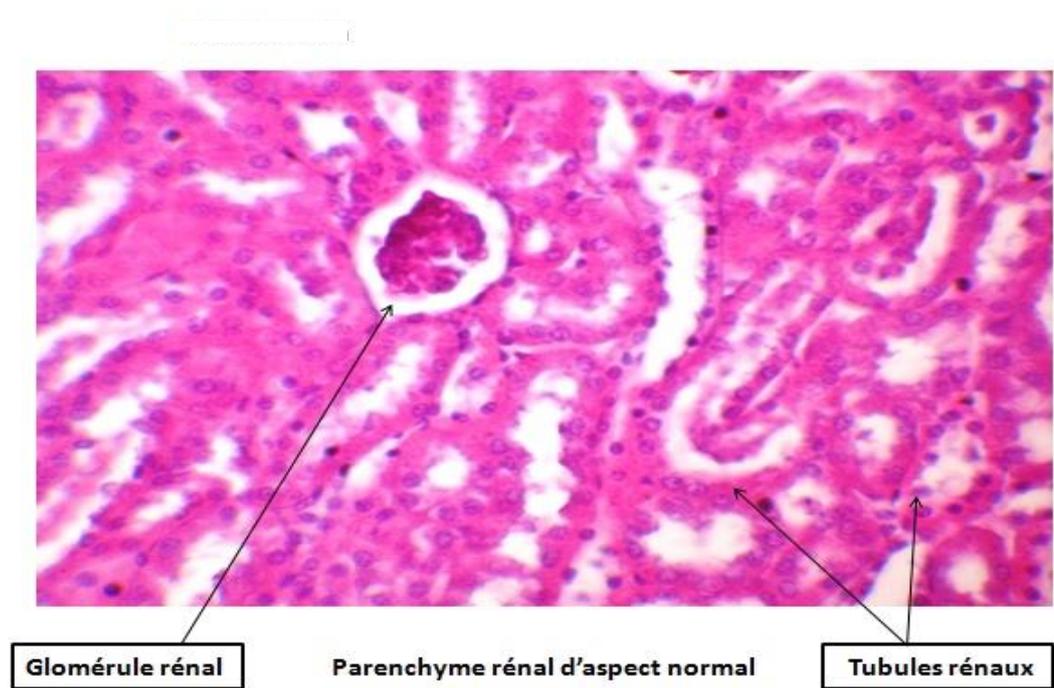


Figure 54 : Lame de coupe du rein de souris nourrit à base de maïs sain
Gx10 (Originale ,2016)

Interprétation

D'après le Dr. Bouzouira Bakhta (Assistant en Anapathie au niveau du CHU Sidi Bel Abbès)

Blé sain :

Foie :

Le parenchyme hépatique reconnu à sa capsule de Glisson émettant des travées conjonctives délimitant des lobules faits d'hépatocytes séparés par des espaces sinusoïdes. Les lobules sont bordés par des espaces portes comportant une veine, une artère et un canalicule biliaire.

Un parenchyme hépatique est le siège d'une discrète réaction inflammatoire portale faite d'une congestion vasculaire avec un discret infiltrat inflammatoire au niveau de la lame bordante hépatocytaire sans signes de nécrose hépatocytaire

Nous notons également une augmentation du glycogène intrahépatocytaire. (La Lame de foie de souris nourrit à base de blé sain (Fig.48)

Rein :

Le parenchyme rénal reconnu à sa capsule rénale, son cortical faite de tubules et de glomérules, et sa médullaire faite de tubes.

La lame blé sain tissu rénal montre la présence d'un parenchyme rénal sans particularité histopathologique. (Fig. 50)

Conclusion :

Parenchyme hépatique siège d'une inflammation portale minime avec glycogénose

Blé contaminé :

Foie :

Un parenchyme hépatique est le siège d'une ballonnisation des hépatocytes qui sont pales parfois fortement éosinophiles avec noyau pycnotique voire même disparition du noyau réalisant des corps de Councilman. Ce phénomène s'appelle une nécrose acidophile avec signes de régénération hépatocytaire : hépatocytes de grande taille binucléés avec cytoplasme granuleux.

Il s'y associe un discret infiltrat inflammatoire lymphocytaire intralobulaire et périportal. (Fig.49)

Rein : Un parenchyme rénal sans particularité histopathologique. (Fig.51)

Conclusion :

La souris exposée au blé contaminé présente des signes d'hépatite avec nécrose hépatocytaire sans anomalie rénale.

Mais sain :

Foie :

Le parenchyme hépatique est le siège d'hépatocytes chargés de glycogène sans inflammation ni nécrose (Fig.52).

Rein :

Parenchyme rénal sans particularité histopathologique (Fig.54).

Conclusion :

Parenchyme hépatique siège d'une glycogénose.

Mais contaminé :

Foie :

Le parenchyme hépatique est le siège d'une nécrose hépatocytaire lobulaire acidophile et nécrose parcellaire de la lame bordante hépatocytaire avec hépatocytes ballonisés clarifiés sans noyau comportant par endroits des vacuoles lipidiques intracytoplasmiques réalisant une stéatose microvésiculaire.

Il s'y associe un infiltrat inflammatoire lymphoplasmocytaire lobulaire et périportal. Une congestion vasculaire avec prolifération cholangiolaire est observée (Fig.53).

Conclusion

Les souris exposées au maïs contaminé présentent une hépatite avec nécrose hépatocytaire associée à une stéatose microvésiculaire.

Le lot des souris avec une alimentation à base de maïs sain a présenté une surcharge lipidique et glycogénique minime du foie. La stéatose et la glycogénose hépatiques sont des lésions fréquemment observées dans le cas d'une alimentation trop riche en glucides.

L'examen du lot de souris ayant subi une alimentation à base de blé contaminé a mis en évidence la présence d'infiltration inflammatoire parenchymateuse et péri-vasculaire multifocale minime et une surcharge lipidique minime du foie.

Le lot des souris avec une alimentation à base de blé sain met en évidence la présence d'inflammation péri portale (espace porte).

3.5. Discussions

Les denrées stockées sont soumises aux attaques de très nombreuses espèces d'insectes, d'acariens et de champignons. Certaines sont spécifiques au stockage alors que d'autres peuvent infester les produits dans les champs.

Au terme de cette étude, l'inventaire a révélé la présence de 15 espèces d'insectes qui sont *Tribolium confusum*, *Tribolium castaneum*, *Rhyzoperta dominica*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Oryzaephilus mectator*, *Cécidomya sp1.*, *Cécidomya sp2.*, *Sitophilus oryzae*, *Mayetiola destructor*, *Bradysia sp.*, *Némapogon granella*, Agromyzidae, *Callosobruchus maculatus*, *Aulacorthum solani*, *Conwentzia hageni*. Ces espèces sont réparties dans 5 ordres qui sont les Diptères, les Coléoptère, les Lépidoptères, les Hémiptères, les Névroptères.

Cette étude a permis également de relever la présence de 5 espèces d'acariens ainsi que 6 espèces de champignons.

Par ordre de richesse spécifique on trouve beaucoup de travaux qui font référence à l'attaque et à la déperdition des stocks de céréales et de légumineuses par les insectes (PHILOGENE et al., 1989 ; RATNADASS et SAUPHANOR., 1989 ; ASHAMO, 2006). Selon MALLAMAIRE (1965), tous les produits stockés sont soumis aux attaques de nombreux insectes qui appartiennent aux ordres des Isoptères, Hémiptères, Orthoptères, Lépidoptères et Coléoptères.

Les insectes ravageurs des stocks de céréales sont nombreux mais assez mal connus et les plus redoutés sont les coléoptères tel *Sitophilus spp.*, *Rhyzoperta spp.*, *Prostephanus truncatus*, trogoderme, *Trogoderma granarium*, et *Tribolium* ainsi que les lépidoptères ou papillons tel *Sitotroga cerealella*, *Ephestia cautella* et *Plodia interpunctella* qui n'infestent que la couche superficielle des masses de grains (GENEST et al., 1990 ; DELOBEL et TRAN, 1993 ; TRAORE et al., 1996).

Ces insectes constituent le principal problème des denrées stockées en affectant leur quantité et leur qualité (MADRID et al., 1990). Selon NGAMO et HANCE (2007), les insectes ravageurs des denrées, majoritairement des Coléoptères peuvent causer la perte totale d'un stock. En effet, ce même auteur a noté dans une étude sur les denrées, la présence de 15 espèces de Coléoptères et trois Lépidoptères.

Chapitre III : Résultats et Discussions

Les insectes non seulement qu'ils occasionnent des dégâts sur les denrées mais favorisent la pullulation des acariens. En effet les travaux de SOLOMON, (1969), THOMAS et DICKE (1971) et HUBERT et *al.* (2004) ont démontré que la présence de grains cassés / écrasés, de la poussière de grain et mycélium fongique / spores, qui sont fréquemment dans les résidus de céréales, sont essentiels pour la survie et la multiplication de nombreuses espèces d'acariens. Selon REED et *al.*, (2003) , les résidus de grains semblent être attractifs pour les acariens ravageurs des grains stockés non seulement avant la récolte du grain, mais aussi pendant toute la saison de stockage comme c'a été montré lors de la présente étude où 5 espèces d'acariens ont été enregistrées en l'occurrence *Tyrophagus putrescentiae*, *Lepidoglyphus destructor*, *Glycophagus domesticus* , *Acarus siro* et *Peymotes sp.*

Les trois premières espèces sont des espèces caractéristiques des maisons et sont inféodées aux denrées stockées. *Acarus siro* est une espèce qui présente une large distribution et elle est inféodée à beaucoup de milieux. *Peymotes sp.*, par contre , est une espèce prédatrice des Bruches. GUEYE-N'DIAYE (1987), lors d'une étude menée sur des denrées achetées sur le marché, a noté la présence de 5 espèces d'acariens appartenant à la famille des Acaridea parmi lesquelles on note *Tyrophagus putrescentiae*. En 1997, HAINES a noté la présence de quatorze (14) espèces d'acariens des denrées stockées qui ont été trouvés dans une large gamme de produits. ARMENTIA et *al.* (1994) a montré que la plupart des échantillons étudiés ont présenté moins de cinq acariens, d'autres ont présenté plus de 20 acariens et le maximum de 428 acariens est enregistré dans un seul échantillon. Les espèces les plus communes étaient *Acarus siro*, *Tyrophagus putrescentiae*, *Lepidoglyphus destructeur* et *Glycophagus domesticus* . L'ensemble de ces travaux confirment nos résultats et montrent que les denrées stockées, quelque soit leur nature et l'endroit sont la cible d'une attaque aussi bien par les insectes que les acariens. En effet, plusieurs espèces d'acariens infestent les aliments conservés et débris organiques tels que les céréales, la farine, aliments pour animaux et les moisissures comme il a été signalé par RODRIGUEZ et RODRIGUEZ, (1987) et CHAMBERS, (2002). Ces acariens préfèrent souvent, les environnements tropicaux humides.

Acarus siro ou *Tyroglyphus farinae*, comme le note CHMIELEWSKI (2000), est une espèce qui appartient à un groupe des produits entreposés d'importance économique et sanitaire. Elle est connue comme l'une des plus

communes et des plus cosmopolites espèces d'acariens des denrées stockées (KNÜLLE, 1959; SASA, 1965; SINHA, 1968; CHMIELEWSKI, 1971; JAKUBOWSKA, 1971; HUGHES, 1976; BOCZEK, 1980). CHMIELEWSKI, en 2000, note que sa présence a souvent été rapportée sur différents types de céréales, produits céréaliers transformés, fromages, litière, dans les poulaillers et sur les débris de ruche. BOCZEK et GOLEBIEWSKA (1959) ont relevé son abondance dans les céréales. CHMIELEWSKI (2000) a reporté que l'acarien de la farine *A. siro* semble être un ravageur potentiel des produits de sarrasin. Dans la présente étude, les résultats obtenus sont en conformité avec ceux présentés et nous relevons sa présence particulièrement sur maïs et blé.

L'acarien des maisons, *Glycyphagus domesticus* (De Geer) est un représentant typique des acariens appartenant à la famille des Glycyphagidae. Similaire à d'autres espèces de ce groupe, il est connu comme un ravageur des denrées stockées commun et cosmopolite. On le trouve dans les magasins, les maisons, les granges, les meules de foin et de paille, des ruches, des nids d'oiseaux et des rongeurs comme le notent BRADY, (1970), CHMIELEWSKI, (1971a, 1992, 1998), CHMIELEWSKI et GOLEBIEWSKA, (1971), CUSACK et al, (1975), KADZHAJA, (1970), SINHA, (1968), TSENG et CHANG, (1973), TURK et TURK, (1957), ZAKHVATKIN (1941) et ZHDARKOVA, (1967). Selon AKDEMIR (2005), cet acariens, connu sous le nom d'acarien des meubles, se trouve dans les aliments et les céréales dans les entrepôts et autres zones de stockage. Dans les maisons, il se développe dans les denrées alimentaires infestées et dans les zones humides. Selon les résultats obtenus au cours cette étude, cette espèce marque une forte présence au niveau du blé et du pois chiche et elle est complètement absente au niveau des autres denrées

Tyrophagus putrescentiae est faiblement représenté et affiche des valeurs moins importantes comparativement à celles relevées pour *Acarus siro*. CHMIELEWSKI, (1999) note que le cycle de développement des acariens de la moisissure, *T putrescentiae*, était en moyenne deux journées plus courtes et leurs adultes vivaient presque 2 à 4 fois plus longtemps que les acariens de la farine. *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) a une distribution très large et habite des environnements différents, y compris les produits stockés (CZAJKOWSKA et al., 1988.), Les champignons cultivés (FLEURAT-LESSARD & NAIL, 1976;. OKABE et al., 2001), poussière des maisons (BERARDINO et al., 1987; HURTADO &

PARINI, 1987), serres, sol, mousses, litière et différents nids d'animaux. Il est saprophage ou mycétophage et connu pour se nourrir de matière organique en décomposition dans le sol (BAHRAMI 2007) et d'endommager les produits stockés (CZAJKOWSKA et al., 1988). PAKYARI et al. (2011) notent, encore que cette espèce se retrouve dans une grande variété d'habitats. HUGHES, en 1976, note que cette espèce peut endommager les produits stockés. Selon ARDESHIR, (2002), cette espèce provoque la détérioration de la qualité et le pouvoir de germination des graines.

CUTHBERT et al. (1979), KORSGAARD et al. (1985), VAN HAGE-HAMSTEN et JOHANSSON (1998), DYNE et al, (1996), SOLARZ et SOLARZ (1996), CHEW et al. (1999), KRONQVIST et al.(2000) et MECAN et al, (2000), signalent que cette espèce peut produire des allergènes qui provoquent l'asthme bronchique, la rhinite et les allergies cutanées chez l'homme .

Selon VAN HAGE-HAMSTEN et JOHANSSON (1998), l'infestation des produits stockés par des acariens entraînent non seulement des dommages sur ces produits mais entraînent, d'autre part, la contamination des produits entreposé par des allergènes. Selon LAUREL ELDER et al. (2012), ces allergènes induisent des réactions allergiques et peuvent induire la dermatite atopique.

Les allergènes produites par les acariens pénètrent à travers la peau et entrent en contact avec les kératinocytes, les fibroblastes, les cellules endothéliales de la micro -vascularisation, divers leucocytes et les cellules présentant l'antigène de la peau. Ces cellules peuvent répondre à ces molécules par une modification de la sécrétion de cytokines et de chimiokines et de l'expression des molécules d'adhésion cellulaire.

Le troisième groupe de ravageurs des denrées stockées est constitué par les champignons. Lors de notre étude on a inventorié six espèces et qui sont représentées essentiellement par *Aspergillus sp.*, *Rhizopus sp.*, *Penicillium sp.*, *Fusarium sp.*, *Cladosporum sp.* et *Humicola sp.*.

L'infestation par les champignons diffère d'une denrée à l'autre. Le maïs semble être le plus infesté avec 5 espèces de champignons. Le blé et l'haricot avec trois espèces chacun et les autres denrées ne sont infestées que par deux espèces de champignons chacune.

Chapitre III : Résultats et Discussions

Le champignon *Aspergillus sp.* a un potentiel infestant qui touche pratiquement toutes les denrées. En effet, sa présence est notée au niveau du blé, du maïs, pois chiche, orge et haricot.

Rhizopus sp. et *Penicillium sp.* marquent leur présence au niveau de trois denrées différentes chacune.

Selon PFOHL-LESZKOWICZ (1999) , *Aspergillus flavus*, *A. ochraceus*, *A. versicolor*, *Penicillium citrinum*, *P. citreoviride*, *P. cyclopium*, *P. martensii*, *P. patulum*, *P. pubertum* *Fusarium moniliforme* infestent le blé, farine, pain, maïs, et chips. Selon ABARCA (2000), *Aspergillus sp.* est responsable de la contamination des céréales (principalement le maïs et les produits à base de maïs), des graines oléagineuses et des tourteaux destinés à l'alimentation animale, des fruits à coques (comme les arachides et les pistaches), des épices de toutes sortes, des fruits secs (comme les figes), du café, des fèves de cacao et des produits laitiers.

La contamination et la croissance des moisissures productrices d'aflatoxines sont favorisées par la blessure des grains ou des fruits (chocs, attaques d'insectes, etc.) (ANSES 2012).

ABARCA (2000), note bien qu' *Aspergillus fumigatus* est l'agent étiologique le plus commun de l'aspergillose invasive. Les autres espèces *Aspergillus* comme *A. flavus*, *A. Niger*, *A. terreus* et *A. nidulans* (*Emericella nidulans*) entre autres, ont été également impliqués.

Rhizopus sp est une espèce ubiquitaire et cosmopolite. On l'a retrouve en forêt et au niveau des sols cultivés, sur des fruits et légumes en décomposition, sur le coton et divers fruits. Cette espèce marque également sa présence au niveau du riz, du paddy (Riz non décortiqué et non traité), riz croustillant . Elle est à l'origine d'une allergie de type I (rhume des foins, asthme) et de Type III pneumopathie d'hypersensibilité (poumon de Paprika splitter, poumon de coupe de bois et du "Sawmill poumon" (une alvéolite allergique extrinsèque) a été décrit des scieries suédoises. C'est également une espèce qui provoque la zygomycose sous-cutanée et systémique (Mucormycose) – ELLIS(1997).

Cladosporium sp est un champignon endophyte qui est considéré actuellement comme un des groupes biologiques les plus importants en matière de protection des

plantes contre un bon nombre de ravageurs et pathogènes (VEGA ET *al.*, 2009). Selon PETERNEL et *al.* (2004), cette espèce marque sa présence au niveau des tapis et matelas et dans la poussière. Pour la présente étude, sa présence n'est relevée qu'au niveau du maïs

Humicola sp., peut se trouver au niveau du sol et dans les débris végétaux. Selon MOURIA et *al.* (2012), cette espèce peut être isolées à partir du compost .

Les insectes et les acariens jouent un rôle important dans la dissémination de ces champignons comme le notent HUBERT et *al.* (2004). Selon NGUYEN(2007) se sont des vecteurs de spores de moisissures qu'ils introduisent à l'intérieur même du grain par les lésions qu'ils créent. Selon le même auteur, ce sont les moisissures des genres *Aspergillus* et *Penicillium* qui constituent la menace la plus fréquente en cours du stockage. Au cours de leur développement, elles produisent parfois des toxines qui rendent les denrées sur lesquels elles sont présentes impropres à la consommation et revêtent une grande importance pour la santé humaine et animale (MAYER, 1953; COKER, 1997). Selon GUERRE et *al.* (1996), ces moisissures sont suspectes dans un grand nombre de manifestations cliniques d'étiologies jusque là méconnues.

MAYER, 1953; COKER, 1997 notent que les mycotoxines sont présentes dans toute une série de produits de l'alimentation humaine et animale et provoquent de nombreuses maladies chez l'homme et l'animal.

La majorité des études épidémiologiques étayant la relation aflatoxine - cancer du foie provient d'Asie du sud-est, de Chine, d'Afrique occidentale et équatoriale, régions du globe où les prévalences du virus de l'hépatite B et de l'AFB1 sont élevées. En Amérique latine, la prévalence du cancer primitif du foie et de l'infection par le virus de l'hépatite B est faible alors que l'exposition à l'AFB1 est élevée. La conduite de nouvelles études épidémiologiques dans les régions dites à risque a été recommandée par le JECFA en intégrant pour certains pays des campagnes de vaccination anti-virus de l'hépatite B. Lorsque ces études auront été réalisées, une réévaluation des risques pour l'Homme des aflatoxines pourra être effectuée. Chez les enfants, dans certaines régions africaines, une altération de la croissance et de quelques paramètres immunitaires a également été observée (ANSES, 2012)

Chapitre III : Résultats et Discussions

Parmi ces mycotoxines, on note : Aflatoxines B₁, B₂, G₁, G₂ , Citrinine ,Toxine T-2 ,Déoxynivalénol (ou nivaléno), 1 Zéaralénone, Fumonisine B₁et Ochratoxine A .

La Citrinine qui a été détectée pour la première fois dans le riz coloré jaune qui a été contaminé par *Penicillium citrinum*, peut être également secrétée selon BAOJUN et al.(2006) par *Penicillium*, *Aspergillus* et *Monascus*, qui se trouvent dans les céréales tel que le blé, l'orge, le seigle, le picotin, le maïs et montre les mêmes effets néphrotoxiques que l'Ochratoxine A. La contamination par la Citrinine est observée dans divers aliments à base de céréales (maïs, blé, orge, riz, fruits, produits de céréales...) (JANARDHANA et al., 1999 ; COMERIO et al., 1998 ; ABRAMSON et al., 1999 ; AZIZ, 2002 ; MEISTER, 2004).

Selon CHEN et KENSLER (2014), Plusieurs aflatoxines (B₁, B₂, G₁, G₂) sont présentes dans la nature ; la plus fréquente est l'aflatoxine B₁ qui possède des propriétés tératogènes, génotoxiques et cancérigènes. Selon MOUDGIL (2013), les aflatoxines sont des métabolites fongiques secondaires d'origine alimentaire qui sont hépatotoxiques, hépatocancérigène et mutagène.

La forme aiguë de l'intoxication fut décrite par SHANK (1977) .Elle est similaire aux manifestations observées dans la plupart des reproductions expérimentales de la maladie dans un grand nombre d'espèces animales (mammifères domestiques, rongeurs de laboratoire, oiseaux, poissons) et se caractérise par des lésions de nécrose hépatocytaire avec prolifération des canalicules biliaires.

Pendant plus de 50 ans l'étude de la relation entre l'exposition à l'aflatoxine et le cancer du foie chez l'homme a fait appel à des études écologiques, des enquêtes transversales, des études cas-témoins et des études prospectives de cohortes dans les populations exposées. Les premières études, réalisées aux Philippines, ont démontré qu'il était possible de détecter dans l'urine un métabolite résultant de l'oxydation de l'aflatoxine, qui pouvait servir de marqueur de la dose ingérée (CAMPBELL et al., 1970). Dans des études ultérieures réalisées au Kenya, AUTRUP et al. (1987) ont rapporté la présence d'adduits de l'aflatoxine B₁ (AFB₁) à l'ADN (adduits AFB₁-ADN) dans des échantillons d'urine humaine. Des travaux ultérieurs effectués en Chine et en Gambie (Afrique occidentale), régions où l'incidence du CHC est élevée,

ont consisté à examiner à la fois l'ingestion alimentaire d'aflatoxine et les taux de biomarqueurs urinaires de l'aflatoxine (GROOPMAN et SABBIONI, 1991).

Des études utilisant comme marqueurs les taux urinaires d'adduits AFB1-ADN et d'aflatoxine M1 (AFM1) ont montré une relation dose-dépendante entre l'ingestion et l'excrétion d'aflatoxine.

GAN et *al.*, (1988) ont suivi les variations des taux d'AF-alb sériques et ont observé une association hautement significative entre l'ingestion d'aflatoxine et les taux d'adduits. Beaucoup d'études cas-témoins publiées ont exploré la relation entre l'exposition à l'aflatoxine et le CHC. Dans l'une des premières études cas-témoins menée aux Philippines, BULATAO-JAYME et *al.* (1982) ont comparé l'ingestion d'aflatoxine chez les sujets atteints de cancer du foie avec celle de témoins appariés pour l'âge et le sexe. Ils ont trouvé que l'exposition moyenne quotidienne à l'aflatoxine chez les sujets atteints de CHC était 4,5 fois supérieure à celle des témoins.

Carcinome hépatocellulaire

Depuis des décennies, on sait que l'exposition à l'aflatoxine est responsable de cancers du foie chez l'homme ainsi que dans plusieurs espèces animales. Le Centre international de Recherche sur le Cancer (CIRC) a évalué à plusieurs reprises le risque de cancérogénicité des aflatoxines, en commençant en 1972 avec le Volume 1 des Monographies du CIRC sur l'Evaluation des Risques de Cancérogénicité pour l'Homme (IARC, 1993). Depuis, de nombreuses études chez l'homme et chez l'animal de laboratoire ont apporté des informations complémentaires, et les mélanges d'aflatoxines d'origine naturelle sont maintenant classés dans le Groupe 1, où figurent les agents cancérogènes pour l'homme (IARC, 1993).

L'histopathologie pratiquée sur des prélèvements de foie ont révélé une prolifération intense du canal cholédoque, lésion souvent observée chez les animaux de laboratoire après une exposition aiguë à l'aflatoxine (KRISHNAMACHARI et *al.*, 1975 ; BHAT et KRISHNAMACHARI, 1977).

Dans un rapport plus récent (LYE et *al.*, 1995), la consommation de nouilles contaminées par des aflatoxines a entraîné une encéphalopathie hépatique aiguë chez des enfants en Malaisie.

A l'échelle moléculaire

La relation entre l'exposition à l'aflatoxine et le développement du CHC a également été mis en évidence dans les études de biologie moléculaire portant sur le gène p53 suppresseur de tumeur, gène très fréquemment muté dans de nombreux cancers humains (GREENBLATT et *al.*, 1994). De nombreuses études sur les mutations de p53 dans les CHC survenant dans les populations exposées par leur alimentation à des niveaux élevés d'aflatoxine ont identifié la présence, à des fréquences élevées, de transversions G:C → T:A, essentiellement au niveau du codon 249 (BRESSAC et *al.*, 1991 ; HSU et *al.*, 1991). En revanche, aucune mutation du codon 249 de p53 n'a été observée dans les CHC recensés au Japon ni dans les autres régions où l'exposition à l'aflatoxine est faible (OZTURK, 1991 ; AGUILAR et *al.*, 1994).

- **Gain de poids**

Les résultats obtenus concernant la prise de poids ont montré un effet positif. En effet, les souris nourrit à base de denrées dénaturées ont pris un surplus de poids qui est de 7,5 gramme pour le lot nourrit à base de blé dénaturé et 7,76 gramme pour le lot nourrit à base de maïs dénaturé. GUERRE et *al.* (1996) ont noté une perte de poids. Cependant on a constaté que les organes en l'occurrence le rein et le foie des souris mises à l'expérience ont perdu du poids contrairement aux travaux de GOMES et *al.* (2014) qui a relevé une augmentation de la taille du foie ce qui explique probablement un gain de poids

- **Indice hépato-somatique**

Les mesures de l'indice hépato-somatique réalisé sur les souris ayant subi cette expérience a montré une tendance décroissante de cet indice aussi bien chez les souris nourrit à base de maïs qu'à base de blé. Les valeurs enregistrées chez les souris nourrit à base de blé sain sont de 5,08 alors que pour le blé contaminé la valeur est de 4,81. Pour le maïs, la valeur pour cette denrées saine est de 3,93 alors que le produits infecté, elle est de 3,58.

Ces résultats semblent confirmer le dysfonctionnement du foie des souris ayant subit une alimentation contenant des mycotoxines.

- **Observation microscopique**

L'observation microscopique a révélée la présence d'une lésion jaune à jaune orange visible en surface et en coupe au niveau du foie du lot de souris nourrit à base de maïs contaminé. Au niveau des reins aucune anomalie n'a été signalée.

Chez les souris nourris à base de blé contaminé, on a relevé la présence de lésions jaunâtres et des lésions rougeâtres punctiformes visibles en surface et en coupe au niveau du foie et rien au niveau des reins. Ces lésions mises en évidence lors de cet examen microscopique sont des infiltrations jaunâtres et rougeâtres hépatiques qui sont probablement dégénérative d'origine alimentaire ou inflammatoire.

- **Examen histopathologique**

Cet examen a révélé des anomalies pathologiques au niveau du foie et au niveau du rein

- **Au niveau du Rein**

Une congestion rénale a été mise en évidence qui, selon JEFFREY *et al.*(2013) est une cause de dysfonctionnement rénal. Il a été montré que l'occlusion partielle de la veine rénale conduit à une baisse immédiate du flux sanguin rénal. Cette congestion aboutie à une situation sensiblement plus complexe que celle observée chez un animal avec une veine rénale partiellement occlus. La physiologie semble être plus compliquée qu'un simple effet hydraulique provoquant la diminution de la pression de perfusion qui peut aggraver la fonction d'organe.

Selon MOUDGIL *et al.* (2013), les aflatoxines sont des métabolites fongiques secondaires d'origine alimentaire qui sont hépatotoxiques, hépatocancérogène et mutagène. Les biomarqueurs urinaires et sériques sont plus efficaces pour refléter l'exposition alimentaire à l'aflatoxine B₁ (AFB₁) que d'autres méthodes telles que l'échantillonnage des aliments et des questionnaires alimentaires. L'infection chronique du virus de l'hépatite B (VHB) et l'exposition alimentaire à AFB₁ sont les principaux facteurs de risque dans une étiologie multifactorielle de la carcinogénèse hépatocellulaire, soulevant la possibilité d'une interaction synergique entre les 2 agents. Ces effets sont dus à la formation d'adduits ADN et de protéines et la peroxydation lipidique.

Chapitre III : Résultats et Discussions

Selon CHEN et KENSLER (2014), Il y a également eu des réductions importantes dans l'exposition aux aflatoxines alimentaires, comme la réforme économique au milieu des années 1980 a favorisé un changement de gros en aliment de base du maïs au riz.

Selon IARC (2014), les aflatoxines sont une cause de cancer du foie humain et, à fortes doses, ont causé la mort par aflatoxicose. Plus récemment, des effets négatifs importants de l'aflatoxine sur la croissance de l'enfant ont été signalés, ainsi que la modulation immunitaire. Ces observations sont cohérentes avec l'altération du développement du fœtus et du système immunitaire et la fonction de l'intestin dans des modèles animaux.

Les nombreux travaux réalisés de part le monde ont montré que les mycotoxines ont des effets plus importants sur les reins .En effet, PFOHL-LESZKOWICZ et *al.*,(2002), ont noté qu'en 1950, une série de publication décrivaient une pathologie rénale en Bulgarie et la Roumanie qui est devenu comme une néphropathie endémique des Balkans (BEN). Cette pathologie a été caractérisée par une dégénérescence tubulaire, la fibrose interstitielle et hyalinisation des glomérules accompagné d'une enzymurie et insuffisance rénale sans syndrome néphrotique. Plus tard, une association entre néphropathie endémique et les tumeurs du bassin du rein et de l'uretère a été reconnu, de sorte que le problème de BEN est devenu non seulement néphrologique, mais aussi oncologique. Il peut aussi y avoir une association avec une augmentation de l'incidence du cancer de la vessie, bien que de nombreux facteurs de confusion puissent interférer dans l'analyse des données pour cet organe. Les facteurs qui sont à l'origine de cette pathologie sont divers mais la voie des toxines fongiques est la plus suspectée. Dans une étude biostatistique sur les tumeurs des voies urinaires conduite ultérieurement par NIKOLOV et *al.* en 1996,ont confirmé la corrélation positive entre l'incidence des tumeurs des voies urinaires (UTT) et BEN démontré dans notre première étude cas-témoins basée sur 1977 individus et que le pourcentage d'échantillons de denrées alimentaires et de sang contenant des mycotoxine néphrotoxiques et l'ochratoxine A carcinogène (OTA) étaient en corrélation avec l'origine des échantillons (le groupe de patients BEN / UTT). Les échantillons les plus contaminés ont été trouvés dans les villages et les ménages BEN, et l'excrétion urinaire de l'OTA était plus élevée dans le groupe de patients BEN / UTT.

Les mêmes résultats sont obtenus par FUCHS et PERAICA (2005) et MALLY *et al.* (2007) qui ont noté que l'ochratoxine A (OTA) est une mycotoxine néphrotoxique et cancérigène omniprésente considérée comme impliquée dans l'étiologie de la néphropathie endémique des Balkans (BEN).

L'Ochratoxine A est toxique pour l'homme et l'animal. Elle est potentiellement néphrotoxique chez toutes les espèces testées, à l'exception des ruminants adultes. L'OTA est considérée comme un cancérigène rénal au moins lors d'une exposition à long terme. Elle a été classée dans le groupe 2B. Elle provoque, par exemple, des anomalies morphologiques diverses chez le rat, la souris, le hamster, le porc et l'embryon de poulet. L'OTA affecte l'immunité cellulaire et humorale. PERAICA *et al.* (2008) ont noté que l'agent causal le plus imputée de néphropathie endémique est la mycotoxine ochratoxine A (OTA), en raison de son action néphrotoxique et cancérigène confirmé.

- **Au niveau du Foie**

L'examen histopathologique réalisé au niveau le lot des souris ayant subit une alimentation a base de maïs contaminé a mis en évidence la présence d'hyperplasie des canaux biliaire, d'une stéatose hépatiques et d'une congestion vasculaire hépatique. Ces lésions histopathologiques sont compatibles avec une mycose toxicose (contamination de l'aliment par des mycotoxines). Selon BENOIT *et al.* (2000), l'hyperplasie des canaux biliaires sont des lésions précancéreuses hépatiques

La congestion vasculaire hépatique survient lorsqu'il y a une consommation ou présence excessive de toxines dans le sang qui provoque un dysfonctionnement du foie.

Ce même examen a révélée la présence d'une lésion jaune à jaune orange visible en surface et en coupe au niveau du foie. Selon BILLARD (1935), cet état pourrait venir d'un reflet du fluide sanguin.

Selon GUERRE *et al.* (1996), les aflatoxicoses sont caractérisées dans leurs formes aiguës et sub-aiguës par l'apparition d'une hépatite toxique avec cytolysse et prolifération des canalicules biliaires et les effets des aflatoxines sur la santé animale varient suivant l'espèce. L'AFB1 provoque une hépatotoxicité. Elle est tératogène et immunotoxique. Pour être toxique, pour l'homme, les suggestions d'une relation

Chapitre III : Résultats et Discussions

entre nourritures fortement contaminées en AFs et certaines maladies sont plus récentes. En effet les intoxications aiguës, potentiellement liées à des consommations d'AFs, ont été répertoriées par HALL et WILD (1994) et WILD et HALL (1996).

La contamination par la Citrinine est observée dans divers aliments à base de céréales (maïs, blé, orge, riz, fruits, produits de céréales...) (JANARDHANA *et al.*, 1999 ; COMERIO *et al.*, 1998 ; ABRAMSON *et al.*, 1999 ; AZIZ, 2002 ; MEISTER, 2004). ANGELITA *et al.* (2014) ont noté que les aspects clinico-pathologiques de cas d'aflatoxicose chez les chiens sont décrits dans le sud de Rio Grande do Sul. En effet sur un total de 27 chiens atteints de cirrhose du foie, six était soupçonné d'aflatoxicose caractérisés par des lésions macro et microscopiques. Les changements macroscopiques ont été caractérisés par une ascite, par la jaunisse, et l'augmentation de la taille du foie, avec ou sans nodules, ainsi que des saignements. Ces cas ont été classés selon le principal aspect histologique caractérisé par une vacuolisation diffuse dans le cytoplasme des hépatocytes dans les cas aigus, la prolifération des canaux biliaires et fibroplasie douce dans les cas subaigus et fibrose sévère dans les cas chroniques

GUERRE *et al.* (1996) suspecte l'intervention de ces moisissures dans un grand nombre de manifestations cliniques d'étiologies jusque là méconnues

La forme aigue de l'intoxication fut décrite par SHANK (1977). Elle est similaire aux manifestations observées dans la plupart des reproductions expérimentales de la maladie dans un grand nombre d'espèces animales (mammifères domestiques, rongeurs de laboratoire, oiseaux, poissons) et se caractérise par des lésions de nécrose hépatocyttaire avec prolifération des canalicules biliaires.

Selon ROCAN *et al.* (1985), l'aflatoxicose est suspectée dans le syndrome de Reye chez l'enfant du fait de manifestations cliniques voisines de celles observées lors d'aflatoxicose chez le singe comme elle a été signalé par BOURGEOIS (1971): (vomissements, convulsions, coma associé à une infiltration lipidique du foie, des reins et du cœur ainsi qu'un œdème cérébral). Selon le même auteur l'association entre cancer du foie, hépatite B et exposition aux aflatoxines est un problème épineux qui a pour fondement le caractère hépato-carcinogène de l'aflatoxine B1 (AFB1) chez l'animal et l'interprétation de nombreuses études épidémiologiques dans lesquelles une

prévalence élevée de cancers du foie peut être associée à une forte contamination de l'environnement alimentaire en aflatoxines.

La symptomatologie comprenait une dégénérescence hépatique accompagnée d'une altération de la fonction des chondrocytes. En fait, l'hépatotoxicité est la caractéristique majeure de ces toxines et notamment de l'aflatoxine B1. Elle conduit à des carcinomes hépatocellulaires observés chez toutes les espèces, dont le cancer primitif du foie atteignant l'homme dans de nombreuses zones tropicales et subtropicales (MASSEY *et al.*, 1995). La mutagénicité de l'aflatoxine B1 a été démontrée, elle requiert une bioactivation hépatique par des cytochromes P450 résultant en la formation du AFB1 8,9-époxyde. Le principal mode d'action toxique de cet époxyde est la formation d'adduits à l'ADN et à l'ARN en position N7 de la guanine, ayant pour conséquence l'altération de la synthèse d'acides nucléiques (transcription, blocage de l'ARN polymérase II) et de la synthèse peptidique (traduction, blocage de la synthèse des ARNr, ARNt et ARNm). L'AFB1 8,9-époxyde peut aussi se lier à des protéines (protéines nucléaires, liaison aux histones H3) et en modifier la structure et les fonctions comme l'altération du transport des électrons et de la respiration cellulaire (cytochromes b et c) (MCLEAN et DUTTON, 1995). Il semble que la liaison de AFB1 8,9-époxyde aux protéines, majoritairement sur les résidus lysines, portant une séquence de translocation nucléaire (NLS) aggrave les effets toxiques de la molécule par facilitation du transport à proximité de l'ADN.

L'ochratoxine A est reconnue comme l'agent causal d'une néphrite avec dégénérescence des tubules proximaux, identifiée en Scandinavie chez le porc et la volaille. Cause de nombreuses pertes économiques liées à la baisse de qualité des carcasses de porc, cette toxine s'est également avérée tératogène, hépatotoxique et immunotoxique chez les espèces de laboratoire. Chez l'homme, l'hypothèse de son implication dans la néphropathie endémique des Balkans a été émise par KROGH (1978) en raison des fortes teneurs rencontrées dans l'alimentation des populations locales. Des tumeurs rénales ayant été associées à cette pathologie, le caractère cancérigène de cette toxine a été étudié mais il n'existe pas suffisamment d'arguments scientifiques pour qu'elle soit classée par l'IARC comme agent carcinogène potentiel pour l'homme, à l'instar de l'aflatoxine B1.

L'eczéma facial des ruminants se manifeste par une photosensibilisation secondaire à une atteinte hépatique affectant surtout les ovins. Elle est consécutive à l'ingestion de sporidesmines élaborées par *Pithomyces chartarumse* développant sur l'herbe morte lors d'automne pluvieux. Chez les bovins, des cas de gangrène sèche due à la fétuque ont été diagnostiqués ; ils étaient provoqués par les alcaloïdes – proches de ceux de l'ergot de seigle – élaborés par l'endophyte *Acremonium*.

D'autres accidents se rapportaient à la reproduction: diminution des portées, échec de fécondation, irrégularité des cycles, infertilité, avortements. Chez les ruminants, des accidents nerveux parfois accompagnés d'avortements, de mortalité ou de mycoses invasives ont été associés à la contamination de pulpes de betterave par *P. roquefortiou* de foin par *A. fumigatus*. Dans ces cas, le diagnostic mycotoxique demeure difficile en raison du grand nombre de toxines élaborées par ces moisissures et de l'absence de méthodologies analytiques fiables et rapides pour leur dosage

Transfert des mycotoxines dans les produits animaux

Comme toutes substances xénobiotiques, les mycotoxines subissent des biotransformations dans les organismes animaux ou humains. Ces bioconversions siègent essentiellement dans le foie et au niveau du tractus gastro-intestinal. Elles sont la conséquence de l'action d'enzymes tissulaires ou de la microflore. Les métabolites formés correspondent le plus souvent à des produits d'oxydation d'origine hépatique, tels que les hydroxy-aflatoxines (aflatoxines M1, P1, Q1) ou les hydroxy-ochratoxines en position 4 ou 10. Les estérases participent à la formation de nombreux dérivés d'hydrolyse des trichothécènes ou de la fumonisine B1 qui, comme les précédents, conservent une part non négligeable de la toxicité des toxines d'origine. Dans le cas de la zéaralénone, les dérivés essentiels sont les zéaralénols formés par les hydroxystéroïdes déshydrogénases hépatiques et dont l'isomère α possède la véritable activité œstrogène. Les transférases hépatiques et intestinales sont impliquées dans la conjugaison des métabolites déjà mentionnés. Elles sont généralement considérées comme des enzymes de détoxification en participant à l'élimination des toxines sous forme de composés hydrosolubles glucurono-conjugués des trichothécènes désacétylés ou des hydroxyaflatoxines, conjugués au glutathion des époxydes réactifs (aflatoxines, acide pénicillique). De toute première importance dans le cas des ruminants, la flore microbienne participe généralement à la désactivation des dérivés

toxiques telle que l'hydrolyse de l'ochratoxine A en ochratoxine α ou encore la désépoxydation des trichothécènes. Cet aperçu permet de situer l'importance des biotransformations qui vont, en fait, orienter le statut des résidus de toxines ou de métaboliques toxiques pouvant être retrouvés, après consommation par l'animal d'élevage, dans les tissus (abats, muscles) ou les produits d'excrétion (lait, œufs) consommables par l'homme (GALTIER, 1998).

Dans le cas de l'aflatoxine B1, l'essentiel des résidus se situent dans le foie et à un degré moindre dans les reins. Chez les ruminants, ces organes peuvent receler des concentrations mesurables en aflatoxine M1. L'ochratoxine A non métabolisée se retrouve à l'état de résidus, par ordre décroissant, dans les reins, le foie, les muscles et la graisse des porcs et de la volaille. Chez les bovins, seule l'administration de doses massives et irréalistes a conduit à l'observation de teneurs mesurables en ochratoxines A et α , dans les reins de bovins. Si les trichothécènes ne semblent pas poser de problème en termes de résidus tissulaires, la zéaralénone pourrait s'avérer préoccupante chez le porc ou la volaille susceptible de présenter des concentrations hépatiques élevées en toxine parentale ou en α -zéaralénol. Concernant la fumonisine B1, la plupart des études toxicocinétiques démontrent une absorption gastro-intestinale limitée de cette molécule et un faible transfert vers les compartiments internes. Une étude chez les bovins recevant une alimentation contaminée par 500 ppm de toxine fait état de résidus significatifs mesurés dans le tissu hépatique.

La présence d'aflatoxine M1 dans le lait a rapidement constitué une source de risque alimentaire, d'autant plus que ce métabolite développe les mêmes propriétés cancérogènes que la toxine parentale. De nombreuses enquêtes ont d'ailleurs démontré la contamination naturelle de laits par l'aflatoxine M1 (PITTET, 1998). Ces observations ont conduit à proscrire les tourteaux d'arachide de l'alimentation animale et notamment des bovins laitiers. La situation paraît également préoccupante dans le cas de l'ochratoxine A retrouvée dans le lait maternel humain et de la zéaralénone qui pourrait diffuser dans le lait sous la forme de ses métabolites zéaralénols, avec d'assez sensibles variations selon les modèles expérimentaux adoptés.

Chapitre III : Résultats et Discussions

De nombreuses études attestent du transfert possible de mycotoxines ou de leurs métabolites dans les œufs, à l'exception de l'ochratoxine A et de la fumonisine B1 indétectables.

L'ordre de grandeur se situe à un rapport de 1:1000 entre les concentrations dans l'aliment contaminé et celles contenues dans le blanc ou le jaune, 24 heures après la fin de l'exposition. Bien sûr, un tel rapport décroît rapidement dans le temps. Les valeurs les plus critiques sont obtenues dans le cas de poules recevant l'aflatoxine B1 à raison de 15 ppm dans l'alimentation. Toutefois, le biais généralement observé pour de telles études consiste en l'utilisation de doses importantes de toxines indispensables pour assurer l'application des méthodes de dosage des résidus dans les constituants de l'œuf, ou encore en l'usage de toxines radiomarquées pour lesquelles la toxicité est variable, certaines mycotoxines sont reconnues ou suspectées d'être cancérigènes (aflatoxines, ochratoxine A, fumonisines). Certaines toxines exercent un pouvoir hépatotoxique (aflatoxines), d'autres sont œstrogéniques (zéaralénone), immunotoxiques ou hématotoxiques (patuline, trichothécènes, fumonisines), dermonécrosantes (trichothécènes), néphrotoxiques (ochratoxine A) ou neurotoxiques (toxines trémorgènes). En outre, plusieurs mycotoxines peuvent être présentes dans le même produit ou la même ration alimentaire.

Pour les consommateurs humains, un autre type de risque indirect est la présence possible de résidus dans les productions issues d'animaux de rente exposés à une alimentation contaminée. Ces résidus correspondent à la toxine elle-même ou à des métabolites bioformés et conservant les propriétés toxiques du dérivé parental. Les espèces d'élevage peuvent donc constituer un vecteur de ces toxines ou de leurs métabolites dans des productions telles que la viande, le lait ou les œufs. C'est le cas notamment de l'aflatoxine B1.

Conclusion

Les résultats obtenus montrent que les ravageurs des denrées stockées constituent un sérieux problème quand à la santé humaine et animale. Leur présence s'accompagne par une détérioration des grains ce qui rend ces denrées de moindre qualité et favorise la mise en place de moisissures qui sont à l'origine de synthèse de mycotoxines. Ces dernières sont avérées hautement toxiques et même cancérigènes. En effet l'évaluation du risque lié à la contamination fongique des aliments de l'homme et des animaux est confirmée par de nombreux travaux. Cependant il est nécessaire, d'une part d'identifier les espèces susceptibles de contaminer les substrats et de déterminer si, dans les conditions de préparation, les conditions environnementales peuvent entraîner la synthèse et l'accumulation de toxines dans les aliments. Ces travaux sont un préalable nécessaire à l'établissement de plans de contrôles mycotoxiques pertinents, prenant en considération les particularités des différents aliments.

Ces résultats sont de nouvelles données quand à l'effet des mycotoxines sur la santé humaine et animale. Ceci suscite un contrôle rigoureux quand au stockage des aliments notamment dans les régions trop humides et pour toutes les régions côtières.

Ces résultats permettent de montrer l'importance du système de stockage des denrées stockées même à l'échelle de petites quantité qui peuvent être à l'origine de gros problèmes en matière de santé humaine. Les mycotoxines constituent un vrai problème dans la mesure où ils peuvent générer des maladies très graves. La préoccupation actuelle en matière de préservation des denrées alimentaires se répartissent dans différentes thématiques qui vont des technologies de conservation des denrées à la connaissance des ravageurs et des micro-organismes, en passant par les systèmes-experts de gestion sanitaire des stocks. La plupart des études les plus récentes en la matière sont consacrées aux recherches appliquées sur la prévention et la lutte contre les causes d'altération des stocks (techniques, biologiques, physico-chimiques). Les recherches fondamentales se développent notamment pour préparer la situation nouvelle créée par la nécessaire diminution des intrants dans la protection chimique (nouveaux itinéraires techniques). On peut remarquer que les études sur l'éco-physiologie des arthropodes, la microflore et la biosynthèse de toxines fongiques, le comportement des rongeurs, la modélisation pour la maîtrise de

l'altération des denrées, ainsi que l'intégration des aspects économiques en protection des stocks, sont, plus que jamais, à l'ordre du jour pour aboutir à l'assurance de qualité des matières premières de l'industrie agro-alimentaire. Trois thèmes, qui conditionnent la maîtrise du processus de détérioration qualitative, sont particulièrement actuels : - les résidus de pesticides (insecticides pour l'essentiel), et, plus généralement, les xénobiotiques présents dans les denrées alimentaires. Les conditions de préservation de la qualité dans les systèmes de stockage hermétiques, notamment les aspects microbiologiques avec les grains humides en milieu confiné ; - la prévision et le dépistage précoce des altérations d'origine biologique, en particulier les aspects entomologiques.

Perspectives

La qualification des dangers mycotoxiques devrait être une quête permanente en matière de sécurité sanitaire des aliments. À propos des mycotoxines, la mise en évidence des dangers cancérogènes, perturbateurs endocriniens ou immunotoxiques, devrait être optimisée dans le futur par l'application des nouvelles approches de toxicologie moléculaire, alors qu'elle apparaît comme une priorité en raison de la démonstration épidémiologique de l'importance des pathologies d'origine cancéreuse, endocrinienne et infectieuse dans nos populations.

Le souci des toxicologues porte également sur une meilleure prise en compte du risque mycotoxique en élevage car l'état sanitaire des cheptels est plus que jamais surveillé, alors que de nouvelles conditions d'élevage (élevage extensif, usage de litière pour les porcs,...) apparaissent et peuvent conduire à des problèmes mycosiques ou mycotoxiques non avérés jusqu'ici.

Les produits animaux étant proposés à la consommation humaine, pose une question scientifique d'importance qui est la connaissance du devenir des toxines dans ces produits (viandes, graisses, abats, lait, œufs). En effet, la sophistication des méthodes analytiques permet désormais de rechercher des traces de dérivés toxiques dans les matrices biologiques. Aussi, la demande actuelle porte sur une recherche de résidus, dans les tissus consommables d'animaux soumis à des expositions expérimentales dont le niveau correspond aux contaminations alimentaires relevées. La réactualisation des données est essentielle dans ce domaine. En complément, un manque d'informations subsiste dans le domaine du transfert éventuel des

mycotoxines tout au long de la chaîne alimentaire et en particulier, de leur résistance au cours des procédés technologiques d'élaboration de l'aliment final (fermentation, cuisson, stockage,...).

- 1- AUTRUP H., BRADLEY KA., SHAMSUDDIN AKM., WAKHISI J. and WASUNNA A., 1983: Detection of putative adduct with fluorescence characteristics identical to 2,3-dihydro-2(7N- guanyl)-3-hydroxy-aflatoxin BI in human urine in Murang's District, Kenya. *Carcinogenesis* 9: 1193-1195
- 2- ABARCA M L., 2000:Taxonomía e identificación de especies implicadas en la aspergilosis nosocomial Rev. *IberoamMicol* 2000; 17: S79-S84.
- 3- ABRAMSON, D., HULASARE, R., WHITE, N.D.G., JAYAS, D.S. & MARQUARDT, R.R., 1999: Mycotoxin formation in hulless barley during granary storage at 15 and 19% moisture content. *Journal of Stored Products Research*, 35 (3) : 297–305.
- 4- AFNOR., 1991 : *Recueil de normes françaises*. Ed. AFNOR. Paris, 360 p.
- 5- AGOUNKE D. et BELL A.,1994 : les règles de l'art: protection des stockées combinant le fractionnement des récoltes et l'application d'insecticides. *GTZ, Eschborn,Allemagne, (1):15-18*.
- 6- AGUILAR H., HARRIS CC., SUN T., HOLLSTEIN M.and CERUTTI P., 1994: Geographic variation of p53 mutational profile in nonmalignant human liver. *Science* 264:1317–1319.
- 7- AKDEMIR C. and GURDAL H., 2005: House dust mite ID Kutahya, Turkey.[Turkish] *TurkiyeParazitol Derg*,N°29(2): 110-115.
- 8- AKOU-EDI D., 1983:Effects of neem seed powder and oil on *Triboliumconfusum* and *Sitophiluszeamais*. *Proceedings of the 2ndNeem conference, Rauischolzhausen. pp. 445-452*.
- 9- ANGELITA DOSREIS GOMES; CLAIRTONMARCOLONGO-PEREIRA; ELIZA S.V. SALLIS; DANIELAI BRAYER PEREIRA; ANA LUCIASCHILD; RENATAOSÃ³RIODEFARIA; MARIO C.A.and MEIRELES., 2014:Aflatoxicosechez les chiensdans le sud de Rio Grande do Sul. *Pesqe.Vet. Bras.* 1996;15(2-4):201-7.
- 10- ANONYME, 1978 :Les insectes et les acariens des céréales stockées .Ed. AFNOR,Paris, p.p.44-237.
- 11- ANONYME, 1995: Prevention of post-harvest Food Losses. Etude FAO,Rome,121.

- 12- ANSES 2012 : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail 2012 : Prévenir les risques pour les travailleurs, consommateurs et citoyens. Rapport d'activité 2012.44p.
- 13- ARDESHIR, F.,2002 : *Etude des acariens des grains de froment stockés au nord de l' Iran*.Thèse Doc.Université Gent, 154 pp.
- 14- ARMENTIA ALVAREZ A., GARCIA MORENO C.and PEÑA-EGIDO M. J., 1994: Residual levels of Sulfite in Raw and Boiled Frozen Shrimp: Variability, Distribution and Losses.*Journal of Food Protection*, N: 1, January 1994, pp. 4-86.
- 15- ASHAMO M.O., 2006: Relative susceptibility of some local and elite rice varieties to the rice weevil,*Sitophilus oryzae* L.(Coleoptera: Curculionidae).*Food Agric. Environ.*, (4) (1),pp.249-252.
- 16- AUTRUP H., SEREMET T., WAKHISI J.and WASUNNA A., 1987: Aflatoxin exposure measured by urinary excretion of aflatoxin BI guanine adduct and hepatitis B virus infection in areas with different liver cancer incidence in Kenya. *Cancer Res* 47:3420.
- 17- AZIZ, N.H., MOUSSA, and L.A.A., 2002: Influence of gamma-radiation on mycotoxin producing moulds and mycotoxins in fruits. *Food Control*, 13 (4-5): 281–288.
- 18- BACHELIER G., 1973 : Activité biologique des sols et techniques simples qui en permettent l'évaluation. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, XI, 1, pp. 61-73.
- 19- BACHELIER G., 1978 : *La faune des sols, son écologie et son action*. Ed. ORSTOM, Paris, 391p.
- 20- BAHRAMI F., KAMALI, K. and FATHIPOUR Y., 2007: Life history and population growth parameters of *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridae) on *Fusarium graminearum* in laboratory conditions. *Journal of Entomological Society of Iran*, 26(2): 7-18.
- 21- BAKOUR, L.et BENDIFALLAH, K. 1990:Rapport d'enquête. Etat sanitaire des denrées entre posées dans les unités de stockage de D. B. K., Bouira et Ain Bessem.
- 22- BAOJUN XU.,JIA XIAOQIN., GU LIJUAN. and SUNG CHANGKEUN.,2006: Review on the qualitative and quantitative analysis of the mycotoxincitrinin. *Food Control* 17(4): 271-285.

- 23- BARBAULT R., 2003 : *Écologie générale. Structure et fonctionnement de la biosphère*. Ed. Dunod, Paris, 326 p.
- 24- BARKER, P.S., 1986: Bionomics of *Glycyphagus domesticus* (de Geer) (Acarina : Glycyphagidae), a pest of stored grain. *Can.J. Zool.* 46: 89-92.
- 25- BARTON L.V., 1961 : Seed preservation and longevity. *Science New York*, n°153, pp.1079-1089.
- 26- BEKON K, 1986 : Contribution à la connaissance de quelques insectes ennemis des grains et graines cultivés en Basse Cote d'Ivoire. *Rapport, atelier régional-recherche entomologique dans les écosystèmes forestiers Africains*, pp.61-64.
- 27- BEKON K., 1984 : *Biologie du développement et comportement alimentaire de Tribolium castenum (Herbest) Coléoptera Tenebrionidae sur les semences des céréales*. Thèse de Doctorat-ingénieur ENSA de Rennes- Université de Rennes I, 167p.
- 28- BELL A., 1994 : Emploi des substances végétales comme produits de protection des stocks contre le capucindugrain (*Prostephanus truncatus*) et autres ravageurs. GTZ, Eschbom Allemagne. 55p.
- 29- BELL A., MÜCK O. et SCBNEIDER H., 1998 : La protection intégrée des denrées stockées est une affaire rentable GTZ, Eschbom, Germany, 42p.
- 30- BELYAGOUBI L., 2005 - *Effet de quelques essences végétales sur la croissance des moisissures de détérioration des céréales*, mémoire magister en biologie. Univ. Houari Boumediene, Bab Ezzouar, Alger, 122p.
- 31- BENOIT-VICAL M., SANTILLANA-HAYAT, M., MALLIE F. and DEROUIN, F., 2000: Anti-Toxoplasma activity of vegetal extracts used in West African traditional medicine. *Parasite*; 7: 3-7. P12.
- 32- BENZ H. D., RASOLOFO P. and ANDRIAMPARANY S., 2010 : Conférence Outils Pour Décider Ensemble (OPDE 2010) : Aide à la décision et gouvernance, Montpellier, France, 25-26 octobre 2010. s.l.: s.n., 15 p.
- 33- BERARDINO D., RONNE M., BURGETE L, LIOI M.B., TAIBI L. & MATASSINO D. 1987: The R-banding pattern of the prometaphase chromosomes of the goat (*Capra hircus* L.). *J. Hered.* 78, 225-230.
- 34- BHAT R. V. and KRISHNAMACHARI, K. A., 1977: Follow-up study of aflatoxic hepatitis in parts of western India. *Indian J Med Res* 66, 55-8.

- 35- BILLARD C. A., 1935: L'Homme, cet inconnu, Plon, Paris, 1935 et Idem. Man, the Unknown, Harper &Bro., New York, 1935.
- 36- BOCZEK J., and GOLEBIEWSKA Z., 1959: Badania nad występowaniem rzońców w magazynach w Polsce. *Roczn. Nauk: Roln.*, 79-A-4: 969-988.
- 37- BOCZEK J., 1980: Zarys Akarologii Rolniczej. PWN Warszawa Ed. Watsber, Warsaw, 355pp.
- 38- BOURGEOIS, C.H., 1971: Acute aflatoxin B₁ toxicity in the macaque and its similarities to Reye's syndrome. *I'ab. Inv est.*, 24, 206-216.
- 39- BRADY J., 1970: The mites of poultry Litter, observations on the bionomics of corn rnon species, with a species list for England and Wales. *JAppl. Ecol.* 7:331-348.
- 40- BRESSAC B., KEW M., WANDS J. and OZTURK M., 1991: Selective G to T mutations of p53 gene in hepatocellular carcinoma from southern Africa. *Nature*; 350(6317): 429-31.
- 41- BRUCE, W. A 1983: Mites as biological control agents of stored product pests. In-*Biological control of pests of mites*, Ed. M.A.Hoy, L. Knutson and G.L. Cunningham. Berkeley, University of California, pp. 74-78.
- 42- BRUCE, W. A., and LECATO, G. L. 1980: *Pyemotestritici*: a potential new agent for biological control of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* (Acari: Pyemotidae). *Intern. J. Acarol.*, 6, 271-274.
- 43- BRUCE, W. A. and WRENSCH, D. L. 1990: Reproductive potential, sex ratio, and mating efficiency of the straw itch mite (Acari: Pyemotidae). *J. Econ. Entomol.*, 83, 384 – 391.
- 44- BRUCE, W.A. 1984: Temperature and humidity: effects on survival and fecundity of *Pyemotestritici* (Acari: Pyemotidae). *Int. J. Acarol.*, 10, 135–8.
- 45- BULATAO-JAYME J., ALMERO EM., CASTRO MACA., JARDELEZA MATR. and SALAMAT LA., 1982: A case control dietary study of primary liver cancer risk from aflatoxin exposure. *Int J Epidemiol.* 11:113–119.
- 46- AHAGNIER, B., DRAGACC, S., FRAYSSINET, C., J.M. FRÉMY, HENNEBERT, G.L., LESAGE-MEESSEN, L., MULTON, J.L., RICHARD-MOLARD, D. and ROQUEBERT, M.F., 1998: *Moisissures des aliments peu hydrates*. Lavoisier Tec & Doc, France.

- 47- CAMBELL A. and SINHA N., 1978 :Bioenergetics of graminivorous beetles, *Cryptolestes ferruginens* and *Rhizopterthadominica* (Coléoptera: Cucupidae and Bostrychidae). *Cano J Zool.*, 56; pp.624-633.
- 48- CAMPBELL TC., CAEDO JP., BULLATTO JJ., SALAMET L. and ENGEL RW., 1970 : Aflatoxin MI in human urine. *Nature* (London) 227:403-404.
- 49- CANCELA DA FONSECA, J.P., 1979: Species colonisation models of temporary ecosystem habitats. In: Systems Analysis of Ecosystems. Innis, G. S. & R.V. Ed. O'Neill. 125-195. Statistical Ecology Series, Vol.9. International Co-operative Publishing House. Burton's Ville.
- 50- CANFIELD M.S and WRENN W.J., 2010: *Tyrophagus putrescentiae* mites grown in dog food cultures and the effect mould growth have on mite survival and reproduction. *Vol Dermatol*; 21(1):58-63.
- 51- CASTAGNERO (M.) - Risques cancérogènes, In : Pfohl-Leszkowicz, A (Ed) Les mycotoxines dans l'alimentation, Evaluation et gestion du risque, Tec & Doc, Lavoisier, Londres, Paris, New York, 1999, 121-140.
- 52- CENTER T.D., and JOHNSON C.D., 1974 : Coevolution of storne seed beetles (Coleoptera: Bruchidae) and their hosts. *Ecology*, vol. 55:109 - 1103.
- 53- HAMBERS, J., 2002: How to decide whether the presence of storage mites in food and feedstuffs actually matters, Proceedings, Advances in Stored Product Protection.
- 54- CHAPELAND- LECLERC F., PAPON N., NOËL T., VILLARD J., 2005 : Moisissures et risques alimentaires (mycotoxicoles). *Revue Française des Laboratoires*, 373 p.
- 55- CHEHAT F., 2007 : Analyse macroéconomique des filières, la filière blés en Algérie. Projet PAMLIM « Perspectives agricoles et agroalimentaires Maghrébines Libéralisation et Mondialisation » Alger: 7-9.
- 56- CHEN JG. and KENSLER TW., 2014 : Changing rates for liver and lung cancers in Qidong, China. *Chem Res Toxicol.* 2014 Jan 21; 27(1):3-6. doi: 10.1021/tx400313j. Epub 2013 Nov
- 57- CHEW BP., PARC JS ., WONG MW . and WONG TS ., 1999: Une comparaison des activités anticancéreuses de bêta-carotène alimentaire, la canthaxanthine et l'astaxanthine chez la souris in vivo. *Anticancer Res.*; 19 (3A): 1849-1853.

- 58- CHMIELEWSKI, W., 1969: Fauna roztoczy w przechowywanych nasionach burakacukrowego. *Pol. Pismo Ent.* 39: 619-628.
- 59- CHMIELEWSKI W., 1971 a: Skład gatunkowy i nasilenie występowania akarofauny w nasionach traw w przechowalniach, *Prace Nauk. Inst. Ochr. Roslin* 13: 201-215.
- 60- CHMIELEWSKI W. 1971b. Wyniki badań akarofauny w artykułach importowanych z zagranicy w szczególności w zbożach dla Polski. *PR. NAUK. IOR* 13: 187-200.
- 61- CHMIELEWSKI, W., 1971 c: Akarofauna występująca w artykułach spożywczych. *Prace Nauk. Inst. Ochr. Roslin* 13: 167-186.
- 62- CHMIELEWSKI, W., 1987: *Glycyphagus destructor* (Schr.) i *Glycyphagus domesticus* (De Geer) (Acarida, Glycyphagidae) - siedliska i produkty porażane. *Prace Nauk. Inst. Ochr. Roslin* 28: 147-153.
- 63- CHMIELEWSKI, W., 1992: Skład gatunkowy i liczebność akarofauny w osypinach naturalnym zimujących chrodzin pszelich. *Pszczeln, Zesz., Nauk.* 36: 74-90.
- 64- CHMIELEWSKI, W., 1998: Mites (*Acarina*) collected from stored apples. *J. Fruit Orn. Plant Res.* 6: 33-40.
- 65- CHMIELEWSKI, W., 1999: Acceptance of buckwheat grain as a food by *Tyrophagus putrescentiae* (Schr.) (Acari: Acaridae). *Fagopyrum* 16: 95-97.
- 66- CHMIELEWSKI, W., 2001: Buckwheat as a nourishment of *Lepidoglyphus destructor* (Schr.) (Acari: Glycyphagidae). *Fagopyrum* 18: 61-64.
- 67- CHMIELEWSKI, W., 2000: Life history parameters of *Acarus siro* L. (Acari: Acaridae) fed buckwheat. *Fagopyrum* 17: 73-75.
- 68- CHMIELEWSKI, W. and Z. GOLEBIEWSKA, 1971: Występowanie roztoczy (*Acarina*) w magazynowanych surowcach zielarskich. *Prace Nauk. Inst. Ochr. Roslin* 13(1): 67-86.
- 69- CHRISTENSEN C. and KAUFMANN H., 1969: *Grain storage. The role of fungi in quality loss.* University of Minnesota Press, Minneapolis, 153pp.
- 70- CHRISTENSEN, C.M. and D.B. SAUER., 1982: Microflora. In *Storage of Cereal Grains and Their Products.* C.M. Christensen Ed. American Association of Cereal Chemist Inc. St. Paul Minnesota, p. 219- 240.
- 71- COINEAU Y., 1974: Introduction à l'étude des microarthropodes du sol et de ses annexes. Doin, Paris.

- 72-COINEAU Y.,CLEVA R.et DU CHANTENET G .,1997:Ces animaux minuscules qui nous entourent.Lausanne-Paris:Delachaux et Niestlé.16-9.
- 73-COKER, R. D., 1997: Mycotoxins and their control: constraints and opportunities. *NRI Bulletin* 73. Natural Resources Institute: Chatham, UK.
- 74-COMERIO, R., FERNANDEZ PINTO, V.E. and VAAMONDE, G., 1998: Influence of water activity on *Penicilliumcitrinum* growth and kinetics 105 of citrin in accumulation in wheat, *International Journal of Food Microbiology*, 42: 219–223.
- 75-CUSACK P.D.,EVANS G.O. and BRENNAN P.A.,1976: The origin and sources of mite infestation of stored grain and related products in the Republic of Ireland.*Ann.Appl. ser*;Vol.82:78-179.
- 76-CUTHBERT OD, BROSTOFF J, WRAITH DG, and BRIGHTON WD 1979:“Barn allergy”: asthma and rhinitis due to storage mites. *Clin Allergy* 9: 229-236.
- 77-CZAJKOWSKA, B., VAN DE VRIE, M. and KROPCZYNSKA, D.,1988:Mites of the genus *Tyrophagus*as pests of ornamentals in greenhouses. *Mededelingen van de FaculteitLandbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent* 53, 799-809.
- 78-DEL-GIUDICE P., BLANC-AMRANEV.,BAHADORAN P, CAUMES E., and MARTYP.,2008: *Pyemotesventricosusdermatitis*,Southeastern France. *Emerging Infectious Diseases*, 14(11): 1759-176.
- 79-DELOBEL A., 1994 : Insectes ravageurs des tubercules et des racines en Afrique tropicale : biologie, mesures de protection et méthodes de lutte. *In*: Verstraeten C. Ed. Post-récolte: principes et applications en zone tropicale. Paris: ESTEM, 1996,pp.63 78.
- 80-DELOBEL A. et TRAN M. 1993: *Les Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans lesrégions chaudes*. Ed. ORSTOM., 411p
- 81-DJERMOUN A., 2009 : La production céréalière en Algérie: les principales caractéristiques. *Revue Nature et Technologie*,N°01:45-53.
- 82-DOUMANDJI S., 1979 : *Etude biologique de Plodiainierpunctella*. Thèse Doct.univ de paris,98p.
- 83-DOYLE, M. P., BEUCHAT, L. R. and MONTVILLE, T. J., 1998: Food microbiology: Fundamentals and frontiers. *ASM press*. Washington D.C.353p.

- 84- DYNE, D., CAMPION, K. and GRIFFIN, P., 1996 :Occupational allergy among workers producing arthropods for organic pest control purposes. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 3, 33-36.
- 85- EATON DL., and GALLAGHER EP., 1994:Mechanisms of aflatoxin carcinogenesis. *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.*,34, 135-172.
- 86- ELLIS, D.H., 1997:Zygomycetes. Chapter 16 In Topley and Wilson's Microbiology and Microbial Infections. 9th Ed. Edward Arnold London pp247-277.
- 87- EVANS G.O.,1992:Principles of Acarology.Wallingford:CAB International, 563p.
- 88- FAO 2016: Situation alimentaire mondiale. Bulletin de la FAO sur l'offre et la demande de céréales.
- 89- FARJON MA.,1983:*Biodynamique en laboratoire de 2 espèces ravageurs de blé dur: Le Charançon du riz Sitophilus oryzae L.(Coléoptéra) et le Capucin des grains Rhizopertha dominica (Coléoptera:Bostrychidae) en application aux conditions de conservation en Afrique du Nord.*Mémoire ingénieur Agronomie Vétérinaire HassanII,Rabat,99p.
- 90- FEILLET P. 2000 . Le grain de blé. Composition, utilisation. Edition INRA, Paris, 308p.
- 91- FLEURAT -LESSARD F., 1982: *Les insectes et les acariens.* Ed. Lavoisier,Paris,Vol I:394-436.
- 92- FLEURAT-LESSARD, F.et NAIL, P.,1976:Les acariens du champignon de couche. *Pépiniéristes Horticulteurs Maraichers* 167, 29-38.
- 93- FRIESEN O.H., 1982:Séchoirs à grains à air chaud. Minist.Approv.serv. Canada *Agri.Can.Publi*N°1700, 27p.
- 94- FUCHS, R. and PERAICA, M., 2005: Ochratoxin A in human kidney diseases.*Food Addit Contam* ; 22 Suppl 1:53-7.
- 95- GALTIER P., 1998:Biological fate of mycotoxins in animals. *Rev. Med. Vétér.*, 149,549- 554.
- 96- GAN LS., SKIPPER PL., PENG XC., GROOPMAN JD., CHEN JS., WOGAN GN. and TANNENBAUM SR.,1988: Serum albumin adducts in the molecular epidemiology of aflatoxin carcinogenesis: correlation with aflatoxin

- B1 intake and urinary excretion of aflatoxin M1. *Carcinogenesis*. 9(7): 1323-5.
- 97-** GENEST C., TRAORE A. et BAMBIA P., 1990: Guide pratique de: protection des grains entreposés. Coop. CANADO-BURKINABE .MAE. ACDI, 105p.
- 98-** GERSON, V. and SMILEY, R.L., 1990 : Acarine biocontrol agents: an illustrated key and manual. New York: Chapman & Hall, 174 p.
- 99-** GODON B., 1991 :*Biotransformation des produits céréaliers*. Ed. Tee et Doc,LAVOISIER, Paris.p25-27.
- 100-** GOMES ANGELITA D., CLAIRTON M., ELIZA S.V.,SALLIS I.,BRAYER P., ANA LUCIA S., OSÓRIO DE FARIAE MARIO R. and MEIRELES C A., 2014 : Aflatoxicoseemcãesnaregião Sul do Rio Grande do Sul. *Pesq. Vet. Bras.* 34(2):162-166.
- 101-** GREENBLATT MS., BENNETT WP., HOLLSTEIN M. and HARRIS C., 1994: Mutations in the p53 tumor suppressor gene: clue to cancer etiology and molecular pathogenesis. *Cancer Res* .54: 4855-4878.
- 102-** GROOPMAN JD. and SABBIONI G., 1991: Detection of aflatoxin and its metabolites in human biological fluids. In: Bray GA, Ryan DH (eds) *Mycotoxins, Cancer, and Health*. Louisiana State Univ. Press, Baton Rouge, LA, pp 18-31.
- 103-** GUERRE, P., GALTIER, P. et BURGAT, V., 1996 : Les aflatoxicoses chez l'animal. Des manifestations cliniques au mécanisme d'action. *Revu Med Ed V. it.* 1961. 47.74.9 7-5 18.
- 104-** GUEYE MT., SECK D., WATHELET J-P. et LOGNAY G . ,2011 : Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale : une revue. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*,15(1): 187-198.
- 105-** GUEYE-N'DIAYE A.et FAIN A.,1987 :Note sur Les Acariens de Denrée Alimentaire au Sénégal.*Revue2001.Afro*,vol 101:365-370.
- 106-** HAINES, C.P., 1997: Biological methods for integrated control of insects and mites in tropical stored products. III: The use of predators and parasites. *Trop. Stored Prod. Inf.* 48:17-25.
- 107-** HALL, A.J., and WILD, C.P., 1994 :Epidemiology of Aflatoxin-related disease In *The Toxicology of Aflatoxins* (Eds. Eaton &Groopman) Academic Press, San Diego, pp. 233–258.

- 108-** HANKS LM., MC CELFRESB J., MILAR J.G. and PAINE T.D.,1992:Control of the straw itch mite (Acari:Pyemotidae) with sulphurin an insect rearing facility.*Journal of Economical Entomology*,85(3):683-686.
- 109-** HEWITT M., BARROW G. 1., MILLAR D. C. . and TURKS S. M., :1976 :A case of *Pyemotesdermatitis* with a noteon the role of these mites in skin disease.*Brit. J. Dermatol.*, 94: 423-430.
- 110-** HORA A.M., 1934:On the biology of mite *Glyciphagusdomesticus* de Geer (Tyroglyphidae,Acarina).*Ann.Appl.Biol.*,vol.21 :483-494.
- 111-** HOSCHELE, W. and TANIGOSHI, L. K.,1993: *Pyemotestritici* (Acari: Pyemotidae), a potential biological control agent of *Anagastakuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Exp. Appl. Acarol.*, 17, 781-792.
- 112-** HOWE, R. W. and CURRIE J.E., 1964: Some laboratory observations on the rates of development, mortality, and ovipositionof several species of Bruchidae breedinginstored pulses. *Bull.Entomol. Research*, vol.55:437-477.
- 113-** HSU IC., METCALF RA., SUN T., WELSH JA., WANG NJ. and HARRIS CC.,1991 : Mutational hotspot in the p53 gene in human hepatocellular carcinomas. *Nature*; 350(6317): 427-8.
- 114-** HUBERT, J., STEJSKAL, V., MUNZBERGOVA, Z., KUBATOVA, A., VANOVA M. and ZDARKOVA E., 2004: Mites and fungi in heavily infested stores in the Czech Republic. *J. Econ. Entomol.* 97: 2144-2153.
- 115-** HUGHES A.M. and HUGHES T.E.,1939: The intemal anatomy and post embryonic development of*Glyciphagusdomesticus*De Geer. *Proc. Zool Soc. London* 108:715-733.
- 116-** HUGHES A.M., 1976:*The Mites of Stored Food and Houses*. Tech. Bull. Minist. Agric., Fish. and Food., No 9,2nd .Ed,HerMajesty's Stationery Office, London,400p.
- 117-** HURTADO, I. and PARINI, M., 1987: House dust mites in Caracas, Venezuela, *Ann. Allergy*, 59: 128–130.
- 118-** IARC (International Agency for Research on Cancer), 1993: Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to human: Some naturally occurring substances. Food items and constituents, heterocyclic aromatic amines and mycotoxins (Lyon: IARC),pp. 397–444.
- 119-** IARC WORKING GROUP REPORT NO. 9 MYCOTOXIN CONTROL IN LOW- AND MIDDLE- INCOME COUNTRIES. Inflatoxin control measures:

- a basis for improved health in developing countries. Lyon 30 June to 03 July 2014.
- 120-** JACOBSON R.J and THOMAS K.P., 1981: *Rhizopertha dominica* (Coléoptera: Bostrychidae) in stored home-grown Barley-Plant path, Vol.30:54-55.
- 121-** JAKUBOWSKA J., 1971: Występowanie i ekologia rozkruszków z rodzaju *Acarus* (Acarina, Acaridae) w Polsce. Roczn. Nauk roln. ser. E12:57-73.
- 122-** JANARDHANA, G.R., RAVEESHA, K.A. and SHETTY, H.S., 1999: Mycotoxin contamination of maize grains grown in Karnataka (India), Food and Chemical Toxicology 37 (8): 863–868.
- 123-** JANSEN D.H., 1977 - How southern cowpea weevil larvae (Bruchidae: *Callosobruchus maculatus*) die on nonhost seeds. *Ecology*, 58(4):921-927.
- 124-** JEFFREY L., ANDERSON, MD., JONATHAN L., HALPERIN, MD., NANCY A., BIYKEM B., RALPH G BRINDIS., LESLEY H., CURTIS DAVID DEMETS, ROBERT A. GUYTON, JUDITH S. HOCHMAN, RICHARD J. KOVACS, E. MAGNUS OHMAN, SUSAN J., PRESSLER F., SELLKE W. and WIN-KUANG S., 2013: Management of Patients With Peripheral Artery Disease (Compilation of 2005 and 2011 ACCF/AHA Guideline Recommendations) *J Am Coll Cardiol.* ;61(14):1555-1570.
- 125-** KADZBAJA. G SH., 1970: *Fauna vrednychakaroidej Zakavkazja*. Akad. Nauk Gruzinskoj SSR, Tbilisi, 90p.
- 126-** KELLOUCHE A., 1979: Efficacité de quelques insecticides vis-à-vis d'un insecte des denrées alimentaires, stockées: *Rhizopertha dominica* F. inst. natio. Agrono. El Harrach, 57p.
- 127-** KETHARCM. 1986: Use of tree derived non-edible oils surface protectants for stored legumes against *Callosobruchus maculatus* and *C. chinensis*. In: *Proceedings of the 3rd Neem Conference, Nairobi, Kenya*, 535-542.
- 128-** KNÜLLE W., 1959: Über italienische *Arctosa*-Arten (Araneae, Lycosidae). *Arch. zool. It.*, vol(45):251-270.
- 129-** KORSGAARD, V., CHRISTENSEN, G., PREBENSEN, K. and BUNCH-NIELSEN, T., 1985: Ventilation of timber flat roofs". *Building Research and Practice*, 13, pp.211-219.

- 130-** KOSSOU D.K. et ABO N., 1993 : *Stockage et conservation des grains alimentaire tropicaux: Principes et pratiques*. Ed. Flamboyant, Cotonou, Benin., 125p.
- 131-** KOUAKAP NGUECHE A., 2002:*Diversité des ravageurs des denrées au cours du stockage au Cameroun*. Rapport de stage de Licence en Biologie Appliquée, Université de Ngaoundéré, Faculté des Sciences,42p.
- 132-** KRCZAL H., 1959:PyemotesboyleieineneuePyemotidae auxHawaii.*Zool.Anzeiger*.162:148-152.
- 133-** KRISHNAMACHARI, K. A., BHAT, R. V., NAGARAJAN, V., TILAK, T. B.,1975 : Hepatitis due to aflatoxicosis. An outbreak in Western India. *Lancet* 1, 1061-3.
- 134-** KROGH P.,1978:Causal associationofmycotoxic nephropathy. *ActaPathol. Microbiol. Scand.*,269(suppl), 1-28.
- 135-** KRONQVIST M., JOHANSSON .E, MAGNUSSON CG., OLSSON S., ERIKSSON T.L, GAFVELIN G. and VAN HAGE-HAMSTEN M., 2000 : Skin prick test and serological analysis with recombinant group 2 allergens of the dust mites *L. destructor* and *T. putrescentiae*.*ClinExp Allergy*. vol .30 :670.
- 136-** LAMOTTE M. et BOURLIERE F., 1969 : *Problèmes d'écologie, l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres*. Ed. Masson et Cie, Paris, 303p.
- 137-** LAUREL ELDERMARJORIE S., MORGAN, ARRY G. and ARLIAN .,2012 :Effect of Stored Product Mite Extracts on Human Dermal Microvascular Endothelial Cells .*J Med Entomol*. 2012 Nov; 49(6): 1411–1418.
- 138-** LÓPEZ-VARELA ,S., SÁNCHEZ-MUNIZ, F.J. and CUESTAV, C.,1995: Decreased food efficiency ratio, growth retardation and changes in liver fatty acid composition in rats consuming thermally oxidized and polymerized sunflower oil used for frying. *Food and chemical toxicology*33,181-189.
- 139-** LYE, M. S., GHAZALI A A., MOHAN, J., ALWIN N. et NAIR R. C.,1995 : An outbreak of acute hepatic encephalopathy due to severe aflatoxicosis in Malaysia. *Am J Trop Med Hyg*53, 68-72.
- 140-** M.A.D.R 2016 : Bulletin sur la production des céréales et les légumes secs en Algérie.

- 141-** M.M.W.R., 2005-Outbreak of pruritic rashes associated with mites- Kansas, 2004.*Morbidity and Mortality Weekly Report*,54(38):952-955.
- 142-** MADRID F. J., WHITE N. D. G. and LOSCHIAVO S. R., 1990: Insects in stored cereals and their association with farming practices in Southern Manitoba.- *Canadian Entomologist*, 122: 289-298.
- 143-** MAGANN.,HOPEM.,CAIRNSV.,ALDREDD.,2003:Post-harvest fungal ecology: Impact of fungal growth and mycotoxin accumulation in stored grain. *European journal of plant Pathology*, vol(109):723-730.
- 144-** MALLAMAIRE A., 1965: Efficacité de quelques insecticides vis-à-vis de *Sitophilus oryzae* L., *Tribolium castaneum* Hrbst. et *Rhizopertha dominica*. *Congrès de la protection des cultures tropicales Chambre de Commerce et d'Industrie de Marseille (France)*, pp. 23-27.
- 145-** MALLY, A., HARD, GC. and DEKANT, W., 2007: Ochratoxin A as a potential etiologic factor in endemic nephropathy: Lessons from toxicity studies in rats. *Food Chem Toxicol* 45(11):225-60.
- 146-** MARTOJA, R. et MARTOJA, M., 1967: Initiation aux techniques de l'histologie animale. Edt. Masson & Cie, Paris, 329 p.
- 147-** MASSEY TE., STEWART R.K., DANIELS J. and LIU L., 1995: Biochemical and molecular aspect of mammalian susceptibility to aflatoxin B1 carcinogenicity. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*,208,231-237.
- 148-** MAYER, C. F., 1953: Endemic panmyelotoxicoses in the Russian grain belt. Part One: The clinical aspects of alimentary toxic aleukia (ATA), a comprehensive review. *Mil. Serg.* 113: 173-189.
- 149-** MCLEAN M.. and DUTTON MF.,1995:Cellular interactions and metabolism of aflatoxin: an update. *Pharmac. Ther.*, 65, 163-192.
- 150-** MECAN, K. B., MECAN, J., BUNETA, L. & KRAUS, M. S.,2000: Sensitization to nonpyroglyphid mites in urban populations of Croatia. *Croatian Medical Journal* 41, 54-57.
- 151-** MEINANDER M., 1972: A revision of the family Coniopterygidae (Planipennia). *Acta Zool. Fennica*. 136:1-357.
- 152-** MEINANDER M., 1990:The Coniopterygidae (Neuroptera:Planipennia). A check-list of the species of the world, descriptions of new species and other new data. *Acta Zool. Fenn.* 189:1-95.

- 153-** MEISTER, U., 2004: New method of citrinin determination by HPLC after polyamide column clean-up. *European Food Research and Technology* 218: 394 - 399.
- 154-** MEYER, A., DEIANA, J. et BERNARD, A., 2004 :Cour de microbiologie générale. *Doin*. France.
- 155-** MONSERRAT V.J.,2002: New data on the dusty wings from Africa and Europe (Insecta,Neuroptera, Coniopterygidae). *Graellsia*58:3-19.
- 156-** MOSER J. C., 1975: Biosystematics of the straw itch mite with special reference tonomenclature and dermatology.*Transaction oftheRoyal EntomologySocietyofLondon*, 127:185-91.
- 157-** MOUDGIL V., REDHU D., DHANDA S. and SINGH J.,2013: A review of molecular mechanisms in the development of hepatocellular carcinoma by aflatoxin and hepatitis B and C viruses. *J Environ PatholToxicol Oncol*.2013;32(2):165-75.
- 158-** MOULE C., 1972:*Phytotechnie spéciale: Céréales*.Ed. FIRMIN-DIDOT, Paris,MESNIL-NRY, N°415,TomeII,235p.
- 159-** MOURIA B., OUAZZANI-TOUHAMI A. et DOUIRA A., 2012: Isolement et identification de la mycoflore du compost des déchets urbains solides . Revue « Nature & Technologie ». C- Sciences de l'Environnement, n° 09/Juin 2013. Pages 13 – 28.
- 160-** MOYAL P., 1992:Les insectes des stocks de maïs villageois en Côte d'Ivoire et leur contrôle,*l'agronomie tropicale*, pp.46-53.
- 161-** MULTONJ.L., 1982:*Conservation et stockage des graines et produits dérivés*.Ed.Lavoisier,Paris, 1155p.
- 162-** NGAMO L. S., 2000: Premier rapport annuel (1999-2000). Grand programme de recherche universitaire. Développement et valorisation des ressources animales et végétales. Protection intégrée des denrées stockées.Université de Ngaoundéré. 31p.
- 163-** NGAMO L.S.T., 2001: Deuxième rapport annuel (2000-2001). Grand programme de recherche universitaire. Développement et valorisation des ressources animales et végétales. Protection intégrée des denrées stockées. Université de N'Gaoundéré 15p.
- 164-** NGAMO TINKEU L.S., NGASSOUM M-B., JIROVETZ L., OUSMAN A.,NUKENINE E.C. and MUKALA O., 2001 :Protection

- of stored maize against *Sitophilus zeamais* (Motsch.) By use of essential oils of spices from Cameroon. *Medlinden Faculteit Landbouw Universiteit Gent*, 66/2a:473-478.
- 165-** NGAMO L.S.T. and HANCE T., 2007: Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical. *Tropicultura*. 25(4): 215-220.
- 166-** NGUYEN MINH TRI., 2007: *Identification des espèces de moisissures, potentiellement productrices de mycotoxines dans le riz commercialisé dans cinq provinces de la région centrale du Vietnam étude des conditions pouvant réduire la production des mycotoxine*. Thèse de doctorat. Insti. Nati. Polytech. de Toulouse. 135p.
- 167-** NIJHOUT, H.F., 1984: Abdominal stretch reception in *Dipetalogaster maximus* (Hemiptera: Reduviidae). *J. Insect Physiol.* 30:629-633.
- 168-** NIKOLOV IG., PETKOVA-BOCHAROVA D., CASTEGNARO M., PFOHL-LESKOWICZ A., GILL C., DAY N., CHERNOZEMSKY IN., 1996: Molecular and epidemiological approaches to the etiology of urinary tract tumors in an area with Balkan endemic nephropathy. *J Environ Pathol Toxicol Oncol.* 15(2-4):201-7.
- 169-** OBOUSSIER, H., 1939: Beiträge zur Biologie und Anatomie der Wohnungsmilben. *Zeit. AngEntomol.* 26: 253-296.
- 170-** OKABE A, HIROTA M, NOZAWA F, SHIBATA M, NAKANO S. and OGAWA M., 2001: Altered cytokine response in rat acute pancreatitis complicated with endotoxemia *Pancreas.* ;22(1):32-9.
- 171-** OMINSKI, K. H., MARQUARDT, R. R., SINHA, R. N. and ABRAMSON, D., 1994: Ecological aspects of growth and mycotoxin production by storage fungi. In: *Mycotoxins in Grains. Compounds other than Aflatoxin*. Miller, J. D, Trenholm, H. L. Ed. Eagen Press, USA. pp. 287-305.
- 172-** OZTURK M. 1991. P53 mutation in hepatocellular carcinoma after aflatoxin exposure. *Lancet* 338:1356-1359.
- 173-** PAKYARI H., FATHIPOUR Y., ENKEGAARD A., 2011: Estimating development and temperature thresholds of *Scolothrips longicornis* (Thysanoptera: Thripidae) on eggs of two-spotted spider mite using linear and non-linear models. *Journal of Pest Science.*;84:153-163.

- 174-** PALYVOS N. E. and NIKOLAS G. E., 2009: Temperature-dependent development of the predatory mite *Cheyletus malaccensis* (Acari: Cheylitidae). *Exp. Appl. Acaro.*, vol(47):147-158.
- 175-** PERAICA, M., DOMIJAN, AM., MILETIĆ-MEDVED, M., FUCHS, R., 2008: The involvement of mycotoxins in the development of endemic nephropathy. *Wien Klin Wochenschr.*;120(13-14):402-7.
- 176-** PETERNEL R., CULIG J. and HRGA I.,2004: Atmospheric concentrations of *Cladosporium* spp. and *Alternaria* spp. spores in Zagreb (Croatia) and effects of some meteorological factors. *Ann Agric Environ Med.* 11, 303-307.
- 177-** PFOHL-LESZKOWICZ, A. 1999: Métabolisation des mycotoxines- Effets biologiques et pathologies- Ecotoxicogénèse. Dans « Les mycotoxines dans l'alimentation : évaluation et gestion du risque » de Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France. *Technique et Documentation*, Paris, pp. 18- 35.
- 178-** PFOHL-LESZKOWICZ, A., PETKOVA-BOCHAROVA, T., CHERNOZEMSKY, I. N. and CASTEGNARO, M., 2002: Balkan endemic nephropathy and the associated urinary tract tumours: review on etiological causes, potential role of mycotoxins. *Food Additives and Contaminants*, 19(3), 282–302.
- 179-** PHILOGENE B. J.R., ARMSON J. T. et LAMBERT J.D. H., 1989 : Facteurs contribuant à la protection du maïs contre les attaques de *Sitophilus* et *Prostephanus*. Céréales en régions chaudes. Paris: Aupelf-Uref, John LibbeyEurotext, 47-56.
- 180-** PITT J. I., 1998: Natural occurrence of mycotoxins in foods and feeds. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 149 (6) : 479-492.
- 181-** PITTET A., 1998: Natural occurrence of mycotoxins in foods and feeds. An update review. *Rev. Med. Vétér.*, 149, 479-492.
- 182-** RAPILLY, F., 1968: les techniques de mycologie en pathologie végétale. *Ann. Ephyt.*, 19, n° hors série 97p.
- 183-** RATNADASS A. et SAUPHANOR B., 1989 -: *Les pertes dues aux insectes sur les stocks paysans de céréales en Côte d'Ivoire*. Céréales en régions chaudes: Aupelf-Uref, Ed. John LibbeyEurotext, Paris, 141-150.

- 184-** REED C., 1992: Development of storage techniques: A historical perspective. In *Storage of Cereal Grains and Their Products*. Chapter 4. Edited by D.B.Sauer. St Paul. pp.143-156.
- 185-** REED, DAVID H., JULIAN J. O'GRADY, BARRY W. BROOK, JONATHAN D. BALLOU AND RICHARD FRANKHAM., 2003: Estimates of minimum viable population sizes for vertebrates and factors influencing those estimates *Biological Conservation* 113 23-34.
- 186-** ROCAN, W.J., YANG , G.C. and KIMBROUGH, R .D., 1985: Aflatoxin and Reye's syndrome: a study of livers from deceased cases. *Arch. Environ. Health*, 40, 91-95.
- 187-** RODRIGUEZ J.G. and RODRIGUEZ L.D., 1987: *Nutritional Ecology of Stored Product and House Dust Mites*. In: SLANSKY F. and RODRIQUEZG., *Nutritional Ecology of Insects, Mites, Spiders, and Related Invertebrates*. Wiley. pp. 345-368.
- 188-** SADAOUI F., 1977 : *Activité de quelques insecticides, vis-à-vis d'un insecte des grains Tragoderma granerie* (Evert). *Mém. Ing.* 72p.
- 189-** SASA M., 1965: *Mites, An Introduction to Classification, Bionomics and Control of Acarina*. Univ, Tokyo Press, Tokyo, 486pp.
- 190-** SCHULTEN G.M. and ADAM J.M., 1978: *Loss caused by insects, mites and microorganisms* 83-93 in *Postharvest grain assesment methods*. AACCC St Paul Minnesota. USA, 193p.
- 191-** SHANK RC., 1977: Epidemiology of aflatoxin carcinogenesis. *Adv Mod Toxieol* 3:291318.
- 192-** SHANK, R.C., 1981: Environmental toxicoses in humans: Mycotoxins and N-Nitroso-Compounds: Environmental Risks. Ed. R.C. Shank, vol. I, CRC Press, Boca Raron, Florida, p. 107-140.
- 193-** SHANK, RC., 1977: Epidemiology of Aflatoxin Carcinogenesis In Kraybill HF, Mehlman MA, eds. *Environmental Cancer*, pp 291-318. New York: John Wiley and Sons.
- 194-** SILVY C., 1992 : Quantifications. *Info Zoo, Bulletin d'information des zoologistes de l'INRA*, n°6, 90-103.
- 195-** SINHA R. N., 1968: Climate and potential range of distribution of stored product mites in Japan. *J.Econ.Ent.*, vol. 61:70-75.

- 196-** SINHA R.N., 1964 a: Mites of stored grain in Western Canada ecology and survey. *Proc. Entomol. Soc. Man.*, vol.20:19-33.
- 197-** SINHA R.N. and WALLACE H.A.H., 1973: Population dynamics of stored product mites. *Oecologia*, 12: 315-327.
- 198-** SINHA R.N., WALLACE A.H. and CHEBM F.S., 1969: Canonical correlation between groups of acarine, fungaland environmental variables in bulk grain ecosystems. *Res. Popul. Ecol.* II:92-104.
- 199-** SOLARZ K. and SOLARZ D., 1996: The allergenic mites in coal-mine dust from coal mines in Upper Silesia (Poland). *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 3: 49-55.
- 200-** SOLOMON, M.E ., 1969: The effect of stored barley cultivars, temperature and humidity on population increase of *Acarussiro*, *Lepidoglyphus destructor* and *Tyrophagusputrescentiae* *Annals of Applied Biology* 50(1):178 - 184 .
- 201-** STEDMAN R. W., 1984 : Le nettoyage du grain: perspective globale. In Anonyme., Céréales et oléagineux. Manutention. Commercialisation. Ed. Inst. Intern. Du Canada pour le grain, winnipeg, Manitoba, 3^{ème} édition, Cha. B-9, pp.295-340.
- 202-** STOLL G., 1988: *Protection naturelle des végétaux en zones tropicales*. J. Margraf Ed. Weikersheem, Allemagne, 180 p.
- 203-** TAPONDJOU L.A., ADLER C., BOUDA H., ETFONTEM D.A., 2002 : Efficacy of powder and essential oil from *chenopodiumambrosiodes* leaves as post harvest grain protectants against six stored product beetles. *Journal of Stored Products Research*, (38), 395-402.
- 204-** TERHO EO., 1982: Extrinsic allergic alveolitis the state of the art. *European Journal of Respiratory Disease* 63(Supplement 124):10-26.
- 205-** THOMAS CM., DICKE R. J. 1971: Response of the grain mite *Acarussiro* (Acarina: Acaridae) to fungi associated with stored food commodities. *Ann Entomol Soc Amer* 64:63-68.
- 206-** TOMALSKI M.D., BRUCE W.A., TRAVIS J. and BLUM M.S., 1988: Preliminary characterization of toxins from the straw itch mite, *Pyemotestritici*, which induce paralysis in the larvae of a moth. *Toxicon*, 26: 127-132.
- 207-** TRAORE S., OUEDRAOGO I. et BAMA B. H., 1996 : Importance de *Prostephanustruncatus* (Horn) (Coleoptera : Bostrichidae) et des autres insectes des stocks de maïs dans les entrepôts céréaliers du Burkina Faso. In

La lutte intégrée contre les insectes nuisibles au maïs dans les greniers ruraux, avec une référence particulière au grand capucin du maïs, *Prostephanustruncatus* (Horn) (Coleoptera : Bostrichidae), et l'avenir du secteur post-récolte en Afrique subsaharienne. Edité par Borgemeister C., Bell C. et Zweigert M. *Compte rendu d'une réunion*, Cotonou (Bénin), du 13 au 15 Octobre 1997.

- 208-** TRAVE J., 1965 : Quelques techniques de récolte de triage, d'observation et de conservation des oribates et autres microarthropodes. *Rev. Ecol. Bio. Sol.*, 2(1) : 23-47.
- 209-** TSENG Y.H., CHANG A.F., 1973: Mites of stored food from Taiwan. *Agric. Sci. Bull.*, 21: 172-78.
- 210-** TURK E. and TURK F., 1957: Systematik und Okologie der Tyroglyphiden Mitteleuropas. *Zool. Inst. Friedrich-Alex. Univ. Erlangen, Akad. Verlagsges. Leipzig, Bd J, Teill, Abschni*, 231pp.
- 211-** U.S.D.A. 2013: Circular Series WAP 12-13, United States Department of Agriculture Circular Series.
- 212-** VAN-HAGE-HAMSTEN, M. and JOHANSSON, E., 1998: Clinical and immunologic aspects of storage mite allergy. *Allergy*; 53: 49–53.
- 213-** VANNIER G., 1970: *Réactions des micro arthropodes aux variations de l'état hydrique du sol. Techniques relatives à l'extraction des arthropodes du sol.* Editions CNRS, Paris, serie P.B.I.R.C.P., 40: 319p.
- 214-** VEGA, F.E.; GOETTEL, M.S.; BLACKWELL, M.; CHANDLER, D.; JACKSON, M.A; KELLER, S. and KOIKE, M. ,2009: Fungal entomopathogens new insights on their ecology, *Fungal Ecology*, 2: 149-159.
- 215-** VERNA A., 1967 : Un appareil de tri à comptage automatique pour la microfaune du sol. *Rev. & col. Biol. Sol*, 1967, 4, 113-117.
- 216-** WEIDNER H. et RACK G.J., 1984: Tables de détermination des principaux ravageurs des denrées entreposées dans Les pays chauds. *GTZ, Eschbom*. 148p.
- 217-** WILD, C.P., HALL, A.J., 1996: Epidemiology of Mycotoxin-related disease. In *The Mycota VI*. Ed. D. Miller) Springer-Verlag, Berlin, pp. 213–227.
- 218-** WOODCOCK, A.A. and CUNNINGTON, A.M., 1980 : The allergenic importance of house dust and storage mites in asthmatics in Brunei, S.E. Asia. *Clin. Allergy*, 10: 609–615.

218-YVES.H et DE BUYSER.J. 2001 : De la graine à la plante, l'origine des blés. BELIN POUR LA SIENCE, 69-72 PP .

219-ZAGHOUANE O., 2008: La technologie semencière, la production de semences descéréales à paille en Algérie. ITGC et CNCC. 110-140.

220-ZAKHVATKIN A. A., 1941: Paukoobraznye, TirogLifoidnyeklesc (Tyroglyphoidea). AkademiaNauk SSSR,Moskva-Leningrad, 6,375pp.

221-ZHDARKOVA E., 1967: Stored food mites in Czechoslovakia *J stored Prod. Res.*, vol.3:155.

Référence prises le 28/08/2016:

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Tribolium_\(Tenebrionidae\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Tribolium_(Tenebrionidae)).

<https://www.google.dz/#q=tribolium+confusum>.

https://fr.wikipedia.org/wiki/Capucin_des_grains.

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Cecidomyiidae>

https://fr.wikipedia.org/wiki/Mayetiola_destructor.

http://www.diptera.info/forum/viewthread.php?thread_id=11106.

https://en.wikipedia.org/wiki/Nemapogon_granella

<https://en.wikipedia.org/wiki/Agromyzidae>

https://en.wikipedia.org/wiki/Callosobruchus_maculatus

https://en.wikipedia.org/wiki/Aulacorthum_solani

<http://bugguide.net/node/view/184120>

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Ciron_\(arachnide\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ciron_(arachnide))

<http://www.agronet.fr/page228.html>

<http://www.microlabgallery.com/gallery/MiteT%20putrescentiae%201.aspx>

<http://www.uniprot.org/taxonomy/36936>

<http://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5489412>

Annexe I

***Préparation du milieu de culture**

Le milieu de culture PDA est favorable pour la croissance des champignons phyto – pathogènes.

Constituants :

- 200 g de Pomme de terre ;
- 15 g de Dextrose ou de sucre blanc de cannes ; - 20 g d'agar - agar, gélose ou de gélatine ;
- 1 litre d'eau distillée.

Préparation :

1. Dissoudre 20g d'agar-agar dans 300 ml d'eau distillée, homogénéiser la solution.
2. Peser 200g de pomme de terre, éplucher la pomme de terre, mélanger 200g de pomme de terre bien découpé avec 300 ml d'eau distillée, bouillir à 100° C pendant 20 à 25 minutes, ensuite recueillir l'eau de la pomme de terre environ 300 ml.
3. Le 300 ml de l'eau venant de la pomme de terre est mélangé à 300 ml de la solution agar - agar.
4. Ajuster ensuite le volume du mélange au moyen de l'eau distillée jusqu'à 1000 ml.
5. Auto - claver le mélange à la température de 125° C, la pression de 1,4 bar pendant 15 minutes.
6. Sous hotte à flux laminaire, couler la solution obtenue sur des boîtes de Pétri.
7. Laisser sécher pendant 24 à 48 heures.

الملخص

تشمل هذه الدراسة من جزأين الأول هو لاحصاء الآفات الرئيسية (الحشرات، القرديات والفطريات) في المخزون الغذائي والجزء الثاني هو لاختبار تأثيرها على صحة الإنسان والحيوان. ولقد تم احصاء 15 نوعا من الحشرات التي هي

Tribolium confusum, Tribolium castaneum, Rhyzoperta dominica, Oryzaeophilus surinamensis, Oryzaeophilus mectator, Cécidomya sp1 Cécidomya sp2, Sitophilus oryzae, Mayetiola destructor, , Bradysia sp, Némapogon granella, Agromyzidae, Callosobruchus maculates, Aulacorthum solani , Conwentzia hageni.

عدد القرديات في السلع التي تخضع لهذه التجربة هي 5 أنواع منها ثلاثة هي الأنواع التي تقتصر على المنتجات المخزنة والتي هي

Tyrophagus putrescentiae, Lepidoglyphus destructor, Glycophagus domesticus وهناك *Acarus Siro* إمكانية وجوده في كل مكان وأيضا *Peymotes sp* نوع مفترس لعائلة Bruchidae التشخيص على وجود الفطريات سجل وجود 5 مجموعات من الفطريات هي

Aspergillus, Rhizopus, Penicillium, Fusarium, Cladosporum, Humicola.

اثر المنتجات المخزنة في ظروف حيوية و معرض للآفات (الحشرات. القرديات. الفطريات) على صحة الإنسان أين أجريت في الخبر على فئران تستهلك هذه المنتجات (القمح. الذرى) وهناك عدة فحوصات قمنا بها منها المؤشر الكبدي وشرائح نسيجية على الكبد و الكلى.

النتائج أظهرت أن التوكسينات المحررة من الفطريات لها اثر سلبي على صحة الإنسان وهناك تسجيل لبعض التشوهات المرضية في الكبد و الكلى.

كلمات البحث: الحشرات، القرديات، الفطريات، فئران. صحة، التشوهات المرضية.

Résumé

La présente étude a fait l'objet de deux parties :

La première consiste à relever les principaux déprédateurs (insectes, acariens, champignons) des échantillons de denrées stockées soumises dans cette expérience et la deuxième partie consiste à tester leurs impacts sur la santé animale et humaine.

L'inventorier a permis de recenser 15 espèces d'insectes qui sont *Tribolium confusum, Tribolium castaneum, Rhyzoperta dominica, Oryzaeophilus surinamensis, Oryzaeophilus mectator, Cécidomya sp1 Cécidomya sp2, Sitophilus oryzae, Mayetiola destructor, ,*

Bradysia sp, Némapogon granella, Agromyzidae, Callosobruchus maculates, Aulacorthum solani , Conwentzia hageni.

Les acariens dénombré au niveau des denrées soumises à cette expérience sont de 5 espèces dont trois sont des espèces qui sont inféodées aux denrées stockées et qui sont *Tyrophagus putrescentiae, Lepidoglyphus destructor, Glycophagus domesticus* alors que *Acarus sirop* est une espèce cosmopolite qu'on peut trouver partout et *Peymotes sp.* qui est une espèce prédatrice des Bruchidea. Le diagnostic relatif à la présence de champignons soumis a permis de noter la présence de 5 groupes de champignons qui sont *Aspergillus, Rhizopus, Pénicellum, Fusarum, Cladosporum, Humicola.*

L'effet des produits stockés dans des conditions ambiantes et attaqués par des parasites (insectes, acariens et champignons) sur la santé animale a été réalisé au laboratoire dans des conditions contrôlées notamment les souris soumis à cette expérience. Après un mois de nutrition des souris à base de ces produits infestés (maïs et blé), divers tests ont été effectués tel que des coupes histologiques réalisées au niveau du foie et des reins des souris et l'indice hépato-somatique. Les résultats obtenus montrent que les toxines libérées par les champignons ont une incidence grave sur la santé animale. Des anomalies pathologiques au niveau du foie et des reins ont été enregistrées.
Mots-clés: insectes, acariens, champignons, la souris, la santé, la pathologie.

Absract

This study was the subject of two parts:

The first is to address the main pests (insects, mites, fungi) samples stored product subject in this experiment and the second part is to test their impact on animal and human health.

The inventory has permits to identify 15 species of insects that are: *Tribolium confusum, Tribolium castaneum, Rhyzoperta dominica, Oryzaephilus surinamensis, Oryzaephilus mectator, Cécidomya sp1 Cécidomya sp2, Sitophilus oryzae, Mayetiola destructor, , Bradysia sp, Némapogon granella, Agromyzidae, Callosobruchus maculates, Aulacorthum solani , Conwentzia hageni.*

The mite count in commodities subject to this experience are 5 species of which three are species that are confined to the stored products and which are *Tyrophagus putrescentiae, Lepidoglyphus destructor, Glycophagus domesticus* while *Acarus*

Siro is a cosmopolitan species that can be found every where and *Peymotes sp.* which is a predatory species of Bruchidea. The diagnosis on the presence of fungi subject has to note the presence of 5 groups of fungi which are *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Cladosporium*, *Humicola*.

The effect of the products stored under ambient conditions and attacked by pests (insects, mites and fungi) on Animal Health was conducted in the laboratory under controlled conditions including mice subjected to this experience. After a month of nutrition-based mouse infested these products (corn and wheat), various tests were performed as histological sections carried out in the liver and kidneys of mice and the hepatosomatic index. The results show that the toxins released by the fungi have a serious impact on animal health. Pathological abnormalities in the liver and kidneys were recorded.

Keywords: insects, mites, fungi, mice, health, pathology.