

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة عمار تليجي بالاغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT
كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES
قسم البيولوجيا
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Sciences Biologiques

Option : Microbiologie Appliquée

THÈME

*Etude mycotoxicologique de la farine
boulangère disponible dans la région de
Laghouat*

Présenté par :

Allaba El Hachemi, Bellakhdar Mohammed

Devant le jury :

Président: Chaibi Rachid

Professeur à l'université Amar Telidji-Laghouat

Examineur: Benaceur Farouk

MCA à l'université Amar Telidji-Laghouat

Rapporteur: Chetatha Mohammed

MAA à l'université Amar Telidji-Laghouat

Année universitaire : 2021-2022



Dédicaces

Je dédie ce travail

*A ma mère pour son amour, ses encouragements et ses
sacrifiées*

*A mon père pour son soutien, son affection et la
confiance qu'il m'a accordé*

A la mémoire de ma chère grande mère

A tous les membres de ma famille

A tous mes amis

Et tous ce qui m'aiment.....

A tous les étudiants de Biologie master promos 2021_2022

ELHACHEMI



Dédicaces

Je dédie ce travail

A la mémoire de mes parents

et mon grand frère

A tous les membres de ma famille

A tous mes enseignants

A tous mes amis

A tous les étudiants de

Biologie master

promos 2021_2022

Mohammed



Remerciements

Tout d'abord, louange à « ALLAH » Tout- puissant, qui était avec nous tout au long de nos vies et nous a inspiré les bons pas et les justes réflexes, et qui nous a guidé dans notre étude et nous a donné la volonté, la patience et le courage pour terminer ce travail. Ce travail a été réalisé au sein du laboratoire de biologie, Facultés des sciences, Université Ammar Telidji Laghouat.

*Nous tenons à exprimer toute nos reconnaissances et remerciements au **Mr. CHETATHA***

***MOHAMMED.** Enseignant, à l'Université Ammar Telidji, Laghouat. Pour avoir accepté la charge d'être encadreur de ce mémoire. Nous le remercions pour sa disponibilité, ses pertinents conseils, ses orientations et pour les efforts qu'il avait consentis durant la rédaction de ce mémoire. Nous remercions les membres du jury **Mr Chaïbi Rachid** et **Mr Benaceur Farouk** qui acceptent d'évaluer ce travail.*

Un grand merci à toute l'équipe Laboratoire des Sciences biologiques et agronomie à l'Université de Laghouat Pour leur gentillesse et serviabilité



Résumé :

L'exposition répétée à des faibles doses de mycotoxines provoque des toxicités et des carcinomes, car des champignons producteurs de toxines peuvent être trouvés dans de nombreux produits alimentaires. La farine de blé tendre est l'un des plus importants de ces produits alimentaires, et surtout, c'est le plus susceptible d'être contaminé par des moisissures.

Dans cette étude, nous avons suivi la qualité microbiologique de la farine issue de blé tendre utilisée dans la fabrication du pain commercialisé par les « boulangeries de la ville de Laghouat. » Il s'agit de la technique des suspensions-dilutions et d'ensemencement sur le milieu de PDA et la technique de micro-culture.

Les espèces identifiées sont, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*, *Fusarium sp*, *Penicillium sp*, *Mucor sp*.

où notre étude a montré que le genre *Aspergillus* était le plus polluant de la farine de blé tendre avec 49%, suivi de *Fusarium sp* 43%, puis *Penicillium sp* 6% et *Mucor sp* 2%.

À travers les résultats réalisés, la farine de blé tendre utilisée dans la fabrication du pain commercialisé par les « boulangeries de la ville de Laghouat » est de qualité moyenne et les résultats des analyses de certains échantillons ne sont pas conformes aux normes.

Mots clés : moisissure, mycotoxines , aflatoxine, blé tendre, farine.laghouat

الملخص :

التعرض المتكرر لجرعات منخفضة من السموم الفطرية تسبب تسممات وأورام سرطانية، حيث أن الفطريات المفترزة للسموم يمكن العثور عليها في العديد من المنتجات الغذائية. ويعتبر طحين القمح اللين من أبرز هذه المنتجات الغذائية والأهم أنه الأكثر عرضة للتلوث بالعفن.

قمنا في هذه الدراسة بمراقبه النوعية الميكروبيولوجية للطحين المستعمل في صناعة الخبز الذي يتم تسويقه من طرف «المخابز في مدينة الاغواط»

والهدف من دراستنا هو الكشف عن تواجد جنس الفطريات المنتجة للسموم، والتقنيات التي تم استعمالها في العزل والتعداد وتحديد اجناس العفن الملوث لطحين هي التخفيف المعلق والزرع في وسط PDA وميكروكيتور.

الأنواع التي تم تحديدها هي :

Aspergillus flavus, Aspergillus parasiticus, Aspergillus fumigatus, Aspergillus niger, Fusarium sp, Penicillium sp, Mucor sp

حيث اظهرت الدراسة التي قمنا بها ان جنس *Aspergillus* هو أكثر ملوث لطحين بنسبة % 49 ثم يليه

Fusarium sp بنسبة % 43 ثم *Penicillium sp* % 6 ثم *Mucor sp* % 2

من خلال النتائج التي أجريت الطحين المستعمل في صناعة الخبز المسوق من طرف «المخابز في مدينة الاغواط» ذو نوعيه متوسطة ونتائج التحاليل في بعض العينات لا تتوافق مع المعايير.

الكلمات المفتاحية: العفن، السموم الفطرية، الأفلاتوكسين، القمح اللين، الطحين. الاغواط

Abstract:

Repeated exposure to low doses of mycotoxins causes toxicities and carcinomas, as toxin-producing fungi can be found in many food products. Flour is one of the most prominent of these food products, and most importantly, it is the most susceptible to contamination by molds.

In this study, we monitored the microbiological quality of soft wheat flour used in the manufacture of bread that is marketed by “bakeries in the city of Laghouat.” This is the technique of suspension dilution and inoculation on the culture medium of PDA and the technique of micro-culture .

The identified species are: *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*, *Fusarium sp* , *Penicillium sp* , *Mucor sp*

where our study showed that the genus *Aspergillus* were the most pollutant of soft wheat flour by 49%, followed by *Fusarium sp* by 43%, then *Penicillium sp* 6% and *Mucor sp* 2% .

through the results conducted , the soft wheat flour used in the manufacture of bread marketed by « bakeries in the city of Laghouat » is of medium quality and the results of the analyzes in some samples do not agree with the standards .

Key words: mold ,mycotoxins, aflatoxin, soft wheat , flour. Laghouat

Table des matières

Dédicaces	
Remerciements	
Résumé	
Sommaire	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction	I
Partie bibliographique	
Chapitre I : Farine de blé tendre	
I. Généralités sur le grain de blé	1
I-1 Place des céréales dans la consommation alimentaire en Algérie	1
I.2 Structure et composition de grain de blé.....	1
I.3 Classification botanique de graine de blé.....	2
I.4 Différence entre blé dur et blé tendre	2
I.5 Utilisation du blé tendre	3
II. Transformation du blé tendre en farine	4
II.1 Farine de blé tendre	4
II.1.1 Définition	4
II.1.2 Les étapes de la transformation de blé tendre en farine	4
II.1.3 Composition d'une farine	5
II.1.4 Les différents types de la farine et ses utilisations	6
III. Stockage de la farine	7
IV. Production de blé tendre	7
Chapitre II : moisissures toxigènes	
I. Généralité sur les moisissures dans la farine	9
1. Introduction	9
2. Caractéristiques structurales des moisissures	9
3. Les groupes de moisissures toxigènes dans la farine	9
4. Principales genres des moisissures toxigènes dans la farine	10
4.1 Genre <i>Penicillium</i>	10
4.2 Genre <i>Aspergillus</i>	12

4.3 Genre <i>Fusarium</i>	14
5. Facteurs intrinsèques de la mycotoxinogénèse	16
6. Facteurs extrinsèques de la mycotoxinogénèse	16
6.1 La Température	16
6.2 La nature de substrat et pH	16
6.3 Activité de l'eau (Aw)	16
6.4 Atmosphère gazeuse	17
II. Les mycotoxines dans la farine	17
1. Introduction	17
2. Définition	17
3. Les principales mycotoxines dans la farine	18
3.1 Les mycotoxines d' <i>Aspergillus</i>	18
3.1.1 Les Aflatoxines	18
3.2 Les mycotoxines de <i>Fusarium</i> (les fusariotoxines)	19
3.2.1 Les fusariotoxines	19
3.2.2 Trichothécènes	20
3.2.3 Zéaralénone	21
3.2.4 les Fumonisines	22
4. Prévention de la contamination des aliments par les mycotoxines	23

Partie expérimentale

I. Matériel et méthodes

I. Présentation de la région d'étude	26
II. Echantillonnage	26
III. Prélèvement	27
IV. Isolement	30
➤ Méthode de dilution et dénombrement de la flore fongique	30
➤ Calcul de pourcentage	31
V. Purification des moisissures	32
VI. Identification des moisissures	32
1. Identification des genres	32
2. Caractéristiques macroscopiques (morphologique)	32
3. Caractéristiques microscopiques	32
➤ Méthode de Micro-culture	32

II. Résultats

I. La qualité mycologique des différents échantillons de farine.....	35
II. Champignons isolés et identifiés	35
1. Reconnaissance des genres	35
1.1 Genre <i>Aspergillus</i>	36
1.2 Genre <i>penicillium</i>	36
1.3 Genre <i>Fusarium</i>	37
1.4 Genre <i>Mucor</i>	37
2. Reconnaissance des espèces d' <i>Aspergillus</i>	38
2.1 <i>Aspergillus flavus</i>	38
2.2 <i>Aspergillus niger</i>	38
2.3 <i>Aspergillus fumigatus</i>	38
2.4 <i>Aspergillus parasiticus</i>	38
3. Identification microscopique des genres <i>Aspergillus</i> et <i>Penicillium</i>	38
3.1 <i>Aspergillus</i>	38
3.2 <i>Penicillium</i>	39
III. Analyses mycologiques et mycotoxicologiques	39
1. Répartition des genres de moisissures sur l'ensemble des échantillons	39
2. Fréquence des espèces fongiques isolées de chaque prélèvement de farine suivant la source (moulin producteur)	40
Discussion	48
Conclusion	50
Références bibliographiques	52
Annexes	

Liste des figures

Figure 01 : Structure du grain de blé	2
Figure 02. la différence morphologique entre blé dure et blé tendre	3
Figure 03 : Les utilisations industrielles du blé	4
Figure 04 : La farine	4
Figure 05 : Composition de la farine	6
Figure 06 : Schéma des différentes dispositions de verticilles chez <i>Penicillium sp</i>	11
Figure 07 : Caractères micromorphologiques du genre <i>Aspergillus</i>	12
Figure 08 : Schéma de la structure de <i>Fusarium</i>	14
Figure 09 : Structure Aflatoxine	18
Figure 10 : Structure générale des trichothécènes	20
Figure 11 : Structure chimique de la zéaralénone	21
Figure 12 : Structure de la fumonisine FB1.....	22
Figure 13 : Localisation géographique de la wilaya de Laghouat	26
Figure 14. 1 : prélèvement réalisé au niveau de l'une des boulangeries	27
Figure 14. 2 : prélèvements étiquetés	28
Figure 14. 3 : stocks de farine dans une boulangerie	28
Figure 15 : Techniques d'isolement et de dénombrement des souches fongique	31
Figure 16 : Méthode de micro culture	33
Figure 17 les résultats de la mycoflore totale en ufc/g dans chaque échantillon de farine ...	35
Figure 18.1 : Souche d' <i>Aspergillus sp</i> sur milieu PDA Les photos sont prises après 7 jours d'incubation	36
Figure 18.2 : Souche de <i>penicillium sp</i> sur milieu PDA Les photos sont prises après 7 jours d'incubation	36
Figure 18.3 : Souche d' <i>Fusarium sp</i> sur milieu PDA Les photos sont prises après 7 jours d'incubation	37
Figure 18.4 : Souche d' <i>Mucor sp</i> sur milieu PDA Les photos sont prises après 7 jours d'incubation	37
Figure 19.1 : Observation microscopique de genre <i>Aspergillus</i> par microscope optique (Grx10) ..	38
Figure 19.2 : Observation microscopique de genre <i>Penicillium</i> par microscope optique (Grx10)...	39
Figure 20 : Moisissures isolées à partir des farines boulangères analysées	39
Figure 21.1 : Fréquence des espèces fongiques isolées de la farine boulangère issue des moulins de Blida (échantillon BL)	40

Figure 21.2 : Fréquence des espèces fongiques isolées de la farine boulangère issue des moulins de Chlef (échantillon Ch)	40
Figure 21.3 : Fréquence des espèces fongiques isolées de la farine boulangère issue des moulins de Mila Agrodiv (la moyenne des échantillons ML01 ET ML02)	41
Figure 21.4 : Fréquence des espèces fongiques isolées de la farine boulangère issue des moulins de Sidi Bel Abbés Agrodiv (échantillon Sb)	41
Figure 21.5 : Fréquence des espèces fongiques isolées de la farine boulangère issue des moulins de Tougourt (échantillon Tgt)	42
Figure 21.6 : Fréquence des espèces fongiques isolées de la farine boulangère issue des moulins de Laghouat Djebel El Amour (la moyenne des échantillons LagA01 et LagA02)	42
Figure 21.7 : Fréquence des espèces fongiques isolées de la farine boulangère issue des moulins de Laghouat agrodiv (la moyenne des échantillons Lag01 et Lag02)	43
Figure 21.8 : Fréquence des espèces fongiques isolées de la farine boulangère issue des moulins de M'Sila (la moyenne des échantillons Ms01 et Ms02)	43
Figure 21.9 : Fréquence des espèces fongiques isolées de la farine boulangère issue des moulins de Béjaia (échantillon Bj)	44
Figure 21.10 : Fréquence des espèces fongiques isolées de la farine boulangère issue des moulins d' Oran Agrodiv (la moyenne des échantillons Or01,Or02,Or03 et Or04)	44
Figure 21.11 : Fréquence des espèces fongiques isolées de la farine boulangère issue des moulins de Djelfa filiale moulins Laghouat (échantillon Djm)	45
Figure 21.12 : Fréquence des espèces fongiques isolées de la farine boulangère issue des moulins de Djelfa Agrodiv (échantillon Dja)	45
Figure 21.13 : Fréquence des espèces fongiques isolées de la farine boulangère issue des moulins de Djelfa Bouamara et Toumi (échantillon Djb)	46
Figure 21.14 : Fréquence des espèces fongiques isolées de la farine boulangère issue des moulins de Boumerdés Agrodiv(la moyenne des échantillons Bs01,Bs02,Bs03,Bs04 et Bs05)	46
Figure 21.15 : Fréquence des espèces fongiques isolées de la farine boulangère issue des moulins de Tizi Ouzou Agrodiv(la moyenne des échantillons Tz01,Tz02,Tz03,Tz04 et Tz05)	47

Liste des tableaux

Tableau 01 : Classification botanique de graine de blé	2
Tableau 02 : Différence entre blé tendre et blé dur	3
Tableau 03 : La composition biochimique de la farine du blé tendre	5
Tableau 04 : Les types de farine	6
Tableau 05 : Quelques toxines produites suivant l'espèce de <i>Penicillium</i>	11
Tableau 06 : Quelques toxines produites suivant l'espèce d' <i>Aspergillus</i>	13
Tableau 07 : Quelques toxines produites suivant l'espèce de <i>Fusarium</i>	15
Tableau 08 : Principaux facteurs influençant la production des mycotoxines dans la chaîne alimentaire	17
Tableau 09 : Codes des échantillons	29
Tableau 10 : Taux de contamination des farines boulangères	39

Liste des abréviations

°C : Degré Celsius

A : *Aspergillus*

AFB1 : Aflatoxine B1.

AFB2: Aflatoxine B2

AFG1: Aflatoxine G1

AFG2: Aflatoxine G2

AFM1: Aflatoxine M1

AFM2: Aflatoxine M2

AFs : Aflatoxines totales

PDA : Potatoes Dextrose Agar.

OAIC : Office Algérie Interprofessionnel des Céréales

Agrodiv : Groupe Agro-industrie dans toute la diversité

Aw : Activity water (activité d'eau)

Bj : code d'échantillon provient des moulins de **Béjaia**

BL : code d'échantillon provient des moulins de **Blida**

Bs : code d'échantillon provient des moulins de **Boumerdés**

Ch : code d'échantillon provient des moulins de **Chlef**

cm : centimètre

Dja : code d'échantillon provient des moulins de **Djelfa Agrodiv**

Djb : code d'échantillon provient des moulins de **Djelfa Bouamara et Toumi**

Djm : code d'échantillon provient des moulins de **Djelfa filiale moulins Laghouat**

E : Est

FAO : Food and Agriculture Organisation (organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture)

FB1 : Fuminosine FB1

gr : gramme

Gr : Grossissement

HACCP : Hazard Analyse Critical Control Point (Système d'analyse des dangers et points critiques).

HPLC : High performance liquid chromatography (chromatographie liquide à haute performance)

IARC : International Agency for Research on Cancer (Agence international pour la recherche sur le cancer)

Kg : Kilogramme

Km : Kilomètre

Km² : Kilomètre carré

Lag A : code d'échantillon provient des moulins de **Laghouat Djebel El Amour**

Lag : code d'échantillon provient des moulins de **Laghouat**

MADRP : Ministère de l'agriculture du développement rural et la pêche

mg : milligramme

min : minute

ML : code d'échantillon provient des moulins de **Mila**

ml : millilitre

mm : millimètre

Ms : code d'échantillon provient des moulins de **M'Sila**

MS : Matière sèche

N : Nord

nm : nanometre

ONS : Office National des Statistiques

Or : code d'échantillon provient des moulins d'**Oran**

pH : Potential of hydrogen (potentiel d'hydrogène)

Sb : code d'échantillon provient des moulins de **Sidi Bel Abbes**

Tgt : code d'échantillon provient des moulins de **Tougourt**

Tz : code d'échantillon provient des moulins de **Tizi Ouzou**

ufc : unités formant colonies

UV : ultra-violet

µg : microgramme

Introduction

Introduction

De nos jours, les céréales en général, le blé en particulier constituent la principale base du régime alimentaire pour le consommateur algérien (Talamali, 2000) Les céréales et leurs dérivés fournissent plus de 60 % de l'apport calorique et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire. (Djermoun A, 2003).

Les consommations annuelles par habitant seraient de 105 kg de farine, 76 kg de semoule et 6 kg de pâtes alimentaires et couscous industriel soit 187 Kg. (Bessaoud O, 2018).

L'écart important entre les besoins de la population algérienne en forte croissance (la consommation de blé de l'Algérie sera entre 10,7 et 11 millions de tonnes durant la saison 2020/2021) (Arezki B, 2022) et la production nationale irrégulière et faible conduit l'Algérie à recourir constamment aux importations de grosses quantités, il est donc le troisième pays importateur de blé dans le monde avec un peu plus de 8 millions de tonnes en 2017 dont 56% de blé tendre (Bessaoud O, 2018).

L'importance de farine de blé tendre qui soit importée ou produite localement dans l'alimentation amène nous de s'interroger sur sa salubrité et innocuité car la contamination à chaque étape de sa circulation dans le marché peut entraîner des risques à la santé de consommateur, parmi les contaminants a grandes risques les moisissures car certains espèces peuvent secrétées des mycotoxines qui présentent un réel problème de santé publique. Leur contact peut donner lieu à des intoxications aiguës ou chroniques, ces dernières étant plus diffusées. Cancérogénèse, immunotoxicité, néphrotoxicité, hépatotoxicité et neurotoxicité Outre l'impact sanitaire les mycotoxines ont des impacts économiques, l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) estime qu'environ un quart de la production mondiale de produits alimentaires est contaminé, représentant ainsi une perte économique de 5 à 10 %.

L'État algérien, à travers ses services concernés, a mis en place des mécanismes de contrôle de la qualité pour la farine toute au long du parcours de cette denrée à partir des ports pour le blé tendre importé ou à partir des champs pour qui produit localement jusqu'à le consommateur , et pour prendre une idée sur la qualité de la farine commercialisée localement, on fait ce travail qui s'intéresse à l'étude de la qualité microbiologique et précisément la qualité mycologique et mycotoxicologique de la farine au niveau des boulangeries de commune de Laghouat.

L'importance de cette étude repose sur trois points : premièrement que la farine de blé tendre est l'une des denrées alimentaires la plus consommé comme signalé précédemment, deuxièmement que la contamination par les moisissures surtout toxigènes représente des risques sanitaires majeures pour les consommateurs, troisièmement l'étude se fait au niveau des boulangeries de notre région Laghouat, et cela s'ajoute aux études qui ont été réalisées sur cette région.

Introduction

Dans cette recherche, nous essayerons de répondre aux questions suivantes :

Est que la qualité microbiologique de côté mycologique de la farine boulangère de la région de Laghouat est satisfaisante ? Et ce qu'elle contient il des moisissures toxigenes ?

Ce travail a été réalisé au niveau du laboratoire de biologie (Université Amar Thlidji Laghouat).

Ce travail est divisé en trois parties, la première partie est consacrée à une analyse bibliographique sur farine de blé tendre et les moisissures toxigènes.

La deuxième partie est consacrée aux matériels et méthodes utilisés dans cette étude. La démarche globale consiste à dénombrer et isoler et identifier les moisissures contaminant la farine boulangère.

Dans la troisième partie nous avons présentés les principaux résultats et discussion et nous terminons avec une conclusion et des perspectives.

Synthèse bibliographique

Chapitre I :

Farine de blé tendre

I. Généralités sur le grain de blé :

À travers l'histoire, le stockage des grains de céréale a fourni à des humains un amortisseur contre l'échec et la famine de récolte (Druvefors, 2004), l'exemple de prophète Youssef en Egypte pendant les sept années dans le Saint Coran.

L'évidence archéologique indique que le grain a été cultivé et stocké en vrac depuis - 7.000 ans Les céréales peut définies comme un grain ou une graine comestible famille d'herbe, *Gramineae* , Les céréales sont cultivées pour leurs graines comestibles principalement nutritives comme le maïs , l'orge , le riz, le blé , Certains céréales sont utilisé directement comme des aliments de base pour l'homme ou indirectement via l'alimentation du bétail depuis la début de la civilisation. Les céréales sont les principales sources de nourriture (FAO 2002) et les aliments à base de céréales sont une source majeure d'énergie, de protéines, de vitamines B et minéraux pour la population mondiale. Généralement, les céréales sont bon marché à produire, sont facilement stockées et transportés et ne se détériorent pas facilement s'ils sont gardés au sec. (McKevith ,2004).

I-1 Place des céréales dans la consommation alimentaire en Algérie :

Les céréales et leurs dérivés fournissent plus de 60% de l'apport calorique et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire.

Le groupe des produits céréaliers occupe le premier poste de dépenses consacrées à l'alimentation (17,5%), suivi par le groupe des légumes frais (13,4%), les viandes rouges (13,3%), le lait et les produits laitiers (8,4%), les volailles (8,3%) et les huiles et graisses (7,1%) (source: enquête dépenses ONS, 2011). Selon d'autres sources (MADRP), la consommation des céréales annuelle moyenne par habitant /an est estimée à 241,2 kg de céréales entre 2004 – 2013 et 230 kgs/hab./an (OAIC) .

La tendance est à un recul de la consommation de blé dur (semoule) et une hausse de consommation de blé tendre. Le fait urbain explique cette tendance qui se dessine (ONS, 2011).

I.2 Structure et composition de grain de blé :

De forme ovale, le grain de blé a une couleur variant du roux au blanc. Sur le plan botanique, le grain de blé n'est pas une graine, mais un fruit particulier et un caryopse. En regardant de plus près un grain de blé, on constate une face dorsale comportant à une extrémité un germe et à l'autre extrémité la brosse (système respiratoire du grain), une face ventrale comportant le sillon. La longueur, la largeur, l'épaisseur et le poids d'un grain de blé sont les suivants :

Longueur : 7 à 8 mm ; Largeur : 3 à 4 mm ; Epaisseur :4 à 5 mm ; Poids :30 à50 mg. (Abecassis J ,2015)

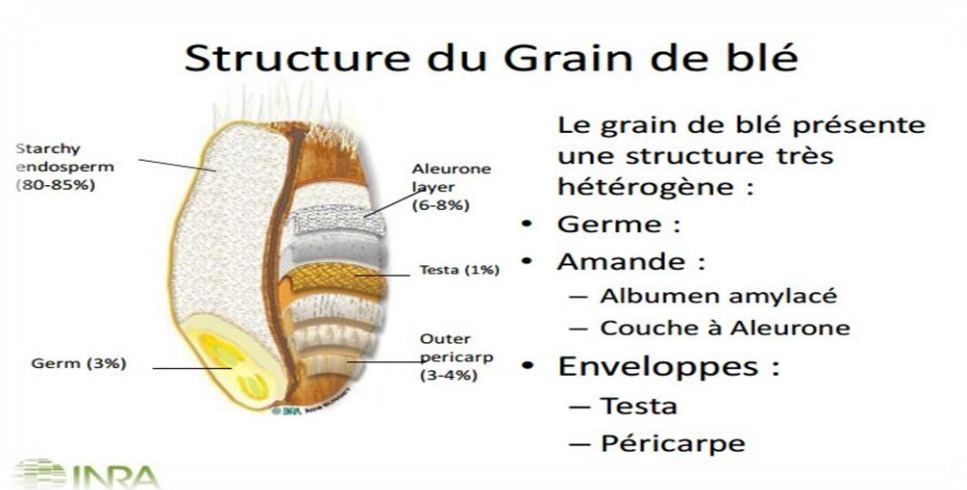


Figure 01 : Structure du grain de blé (Abecassis J ,2015)

I.3 Classification botanique de graine de blé :

Tableau 01 : Classification botanique de graine de blé

Règne végétal	Plantae
Sous-règne	<i>Tracheobionta</i>
L'embranchement	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Liliopsysda</i>
Sous-classe	<i>Comelinidae</i>
Ordre	<i>Cyperales</i>
Famille	<i>Poaceae</i>
Sous-famille	<i>Pooideae</i>
Tribu	<i>Triticeae</i>
Genre	<i>Triticum</i>

Espèces : *Triticum aestivum* (Blé Tendre) (Bonneuil, Demeulenaere et al. 2007)

I.4 Différence entre blé dur et blé tendre :

Le blé tendre (*Triticum aestivum*) diffère du blé dur (*Triticum durum*) à sa forme, sa couleur de grain et son utilisation : le blé tendre utilisé pour faire une farine et le blé dur utilisé pour faire une semoule. Comme indiqué dans le **tableau 0 2**. (Abecassis ,2015)

Tableau 02 : Différence entre blé tendre et blé dur(Abecassis,2015).

	<i>Blé tendre</i>	<i>Blé dur</i>
Nom scientifique	<i>Triticum aestivum</i>	<i>Triticum durum</i>
Forme	Arrondie	Allongée.
Couleur de l’albumen	Blanc	jaune ambré
Texture de l’albumen	friable à résistante	très vitreuse et dure.
Utilisation	utilisé pour faire une farine.	pour faire une semoule

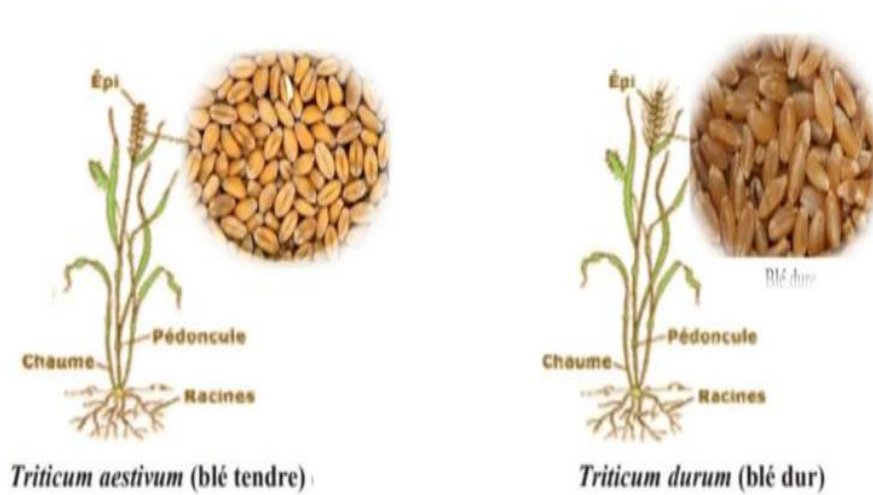


Figure 02. la différence morphologique entre blé dure et blé tendre (Abecassis J ,2015)

I.5 Utilisation du blé tendre :

Utilisation de blé tendre pour l’obtention de la farine utilisée dans la fabrication du pain et des biscuits. Par contre l’utilisation de blé dure pour l’obtention de la semoule à partir de laquelle on fabrique de la galette, du couscous et des pâtes alimentaires. (Abecassis J ,2015).

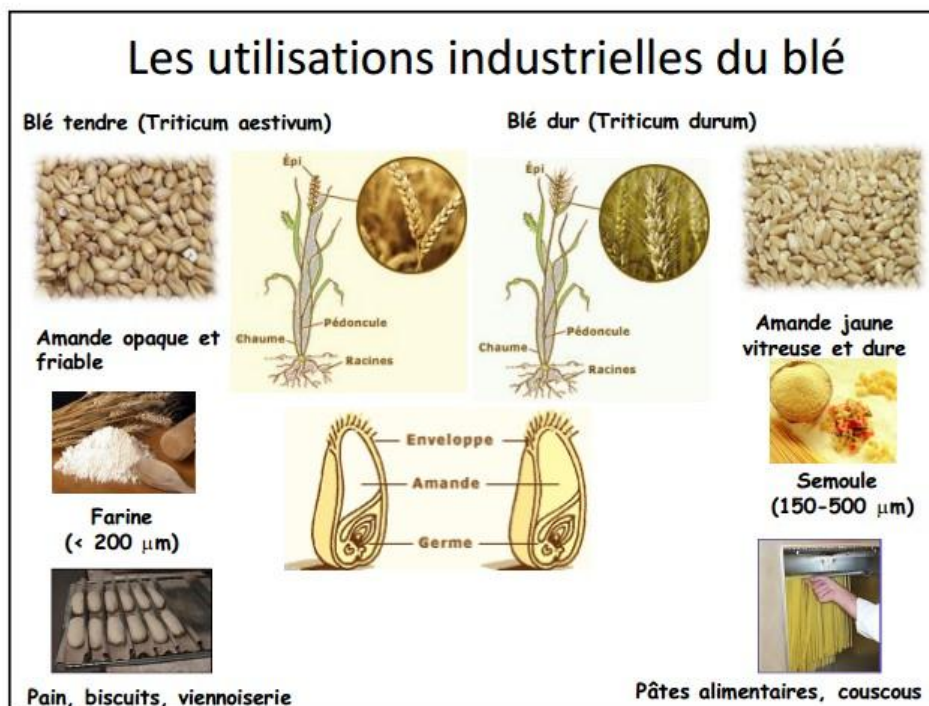


Figure 03 : Les utilisations industrielles du blé (Abecassis J ,2015).

II. Transformation du blé tendre en farine :

II.1 Farine de blé tendre :

II.1.1 Définition :

La dénomination « farine » ou « farine de panification » sans autres qualificatif, désigne la farine de blé tendre *Triticum aestivum*. La farine de panification est le produit de mouture de grains de céréales aptes à la panification, et est préalablement nettoyé, sans autre modification que la soustraction partielle ou totale des germes et des enveloppes. . (Journal Officiel N°36, 1991).



Figure 04 : La farine (Minoterie Tafna ,2017)

II.1.2 Les étapes de la transformation de blé tendre en farine

1- Nettoyage :

Les systèmes des nettoyages différents d'un moulin à l'autre par la nature de machines mises en œuvre et l'ordre des opérations :

Ils sont néanmoins en commun de posséder un régulateur de flux destiné à assurer un débit constant des produits arrivant sur la première machine.

Un système d'aspiration pour éliminer les impuretés les plus légères (pailles), des machines de calibrage et de triage afin de séparer les blés des grosses et petites graines étrangères, d'épaveuse ou de brosse pour nettoyer la surface des blés et enfin d'une épaveuse et d'un séparateur magnétique. (Feillet ,2000)

2- Conditionnement du blé ou mouillage :

Le conditionnement de blé revêt une grande importance dans le traitement de blé

Il consiste à porter le blé à une humidité de 16 à 16.5% et même à 17 % après la préparation, cette opération est réalisée par l'addition d'eau au blé, afin de permettre une diffusion rapide de l'eau dans l'albumen et les enveloppes (Ménard and Boudreau ,1992), le temps de conditionnement est généralement de 24h à 36 heures avant d'être moulu.

3- Mouture

-Le procédé de mouture est une combinaison d'opérations unitaires de broyage et de tri des particules selon leur taille ou leurs propriétés aérodynamiques. Ce procédé a été optimisé empiriquement afin d'extraire l'albumen amylopectin des grains avec une faible contamination par les tissus périphériques (Surget and Barron ,2005).

-La mouture est principalement pour séparer l'amande farineuse du son du germe et de réduire cette amande en granules suffisamment fins.

II.1.3 Composition d'une farine :

La composition biochimique de la farine du blé tendre est résumée dans le tableau 03

Tableau 03 : La composition biochimique de la farine du blé tendre (Atwell, 2001).

Constituants	matières sèche de la farine%
Amidon	63-72
Protéines	7-15
Eau	13-16
Sucres	4.5-5
Matières grasses	1-2
Matières minérales	0.4-0.5



Figure 05 : Composition de la farine (Atwell, 2001).

II.1.4 Les différents types de la farine et ses utilisations :

C'est par le poids des cendres contenu dans 100 grammes de matières sèches que l'on désigne (Guinet ,2006).

Tableau 04 : Les types de farine (Guinet, 2006).

Type	Taux de cendre en% MS	Humidité (%)	Taux d'extraction Moyen correspondant
45	Moins de 0.5	15.5 %	67
55	De 0.5 à 0.6	15.5 %	75
65	De 0.62 à 0.75	15.5 %	78
80	0.75 à 0.9	15.5 %	80 –85
110	1.00 à 1.20	15.5 %	85 –90
150	Plus de 1.4	15.5 %	90 –98

Le chiffre du type indiquant le poids en gramme du résidu minéral contenu dans ces 100 grammes de farine. Il existe un certain nombre de type de farine bien déterminée.

T45 : Farine blanche utilisée pour la pâtisserie.

T55 : Farine utilisée pour le pain de campagne.

T65 : Farine blanche sert à faire le pain de campagne, ou tout autre pour dit tradition

généralement issue de l'agriculture biologique cette dernière ne contient pas d'acide ascorbique (vitamine C).

T80 : Farine bise au semi complète utilisée couramment dans les boulangeries biologiques sert à faire le pain semi complet.

T110 : Farine complète.

T150 : Farine intégrale est utilisée pour la fabrication du pain complet.

III. Stockage de la farine :

Il existe 3 types de commercialisation de la farine :

1- En vrac :

Le transport de la farine en vrac se fait par camion-citerne, les containers sont plombés jusqu'à la livraison, celle-ci se fait par compression d'air dans le silo à farine du boulanger.

2- En sac :

La farine peut être transportée en sac de 50 kg par camion et livrée chez le boulanger

3- En sachet de 1 kg et 500 gr :

Des sachets de 1 kg et de 500 gr sont également distribués par camion dans les différents commerces de détail.

La farine doit reposer de cinq à quinze jours avant d'être livrée chez le boulanger (Anonyme A, (1999))

IV. Production de blé tendre :

1- Production mondiale :

Le blé tendre est l'aliment de base de plus de 35 % de la population mondiale et apporte plus de 20% des calories consommées dans le monde (Braum et al ; 2010).

Dans le monde le blé tendre occupe environ 95% de la surface des bles cultivés, les 5% restant sont présentés par le blé dur (Shewry, 2009). La quantité de blé produite mondialement était de 771.7 millions de tonnes en 2017 et 734.0 millions de tonnes en 2018 (base de données statistiques FAO)

2- Production national :

En Algérie la production de blé tendre reste très marginale par rapport au production totale de blé, elle atteint 803 198.4 tonnes en 2018 et 668 108.4 tonnes en 2019, localement en Laghouat elle atteint 630 tonnes en 2018 et 764 tonnes en 2019 (statistiques de ministère de l'agriculture et du développement rural série B 2018 et série B 2019).

Chapitre II :

Moisissures toxigènes

I. Généralité sur les moisissures dans la farine :

1. Introduction :

Les moisissures sont des champignons microscopiques, ubiquistes, eucaryotes, hétérotrophes, pluricellulaire, filamenteux, sans organisation tissulaire et qui peuvent se reproduire soit sexuellement soit de façon asexuée (Nishio *et al.*, 2008).

Les moisissures regroupent des milliers d'espèces. Ces champignons produisent des spores qui sont invisibles à l'œil nu et qui peuvent passer, chez la plupart des espèces, en suspension dans l'air. Elles peuvent également élaborer des substances chimiques susceptibles de demeurer à l'intérieur des spores, ou d'être libérées dans les matériaux qu'elles colonisent ou encore d'être libérées dans l'air ambiant (D'Halewyn, 2002).

En Angleterre en 1960, l'ingestion d'une farine d'arachide importée du Brésil et contaminée par *Aspergillus flavus* a entraîné la mort brutale d'une centaine de milliers de dindonneaux après l'apparition des premiers symptômes. Cet événement dénommé autrefois tout simplement « *Turkey-X-Disease* » a donné le départ d'une série d'études et de recherches physicochimiques et toxicologiques sur les substances actives élaborées par les moisissures. Ainsi, en 1960, le nom d'aflatoxine est attribué à cette nouvelle matière toxique (MILLER et TRENHOLM, 1994).

L'enquête réalisée à l'échelle mondiale montre que 40 % des céréales sont contaminées par des mycotoxines (JOUANY et YIANNIKOURIS, 2002).

2. Caractéristiques structurales des moisissures :

Les moisissures sont caractérisées par une paroi cellulaire qui contient, des glucanes (α -1,3-glucane) cellulose, des mannanes et de la chitine. La membrane cellulaire des champignons est constituée de stérols (l'ergostérol principalement), et leur cytoplasme est dépourvu de chlorophylle.

Les moisissures ont un matériel génétique confiné dans un noyau au même titre que les plantes et les animaux. Elles possèdent toutefois un certain nombre des caractéristiques, qui font en sorte que les taxonomistes les classent dans un règne distinct, soit celui des mycètes ou cinquième règne (Kendrick, 1999 ; Malloch, 1997).

La plupart des champignons microscopiques possèdent un mycélium, constitué de tubes appelés hyphes. Chez les champignons supérieurs, les hyphes sont cloisonnés ou septés, tandis que chez les champignons inférieurs ou primitifs, les cloisons intercellulaires sont rares ou inexistant (Stevens *et al.*, 2006).

3. Les groupes de moisissures toxigènes dans la farine :

Groupe 1 : Moisissures des champs :

Le premier groupe est constitué de champignons envahissant leur substrat et produisant des mycotoxines sur les plantes sénescents ou stressées : il sera question de toxines de champs. Les moisissures des champs sont représentées par les espèces du genre *Fusarium* (*F.moniliforme*, *F. roseus*, *F. tricinctum* et *F. nivale*). Elles constituent les principales moisissures productrices de mycotoxines avant la récolte (Zinedine, 2004).

Groupe 2 : Moisissures de stockage

Le deuxième groupe rassemble ceux qui produisent les toxines après récolte ; on les qualifiera de toxines de stockage. Ainsi, des champignons du sol ou des débris de plantes peuvent disséminer leurs spores sur la plante ou les grains puis proliférer pendant le stockage si les conditions environnementales le permettent. Les espèces des genres *Aspergillus* et *Penicillium* telles que *A. flavus* et *A. parasiticus* sont des contaminants au moment du stockage.

4. Principales genres des moisissures toxigènes dans la farine :

Les mycotoxines sont essentiellement produites par 5 genres de moisissures d'importance économique : *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Claviceps* et *Alternaria*.

4.1 Genre *Penicillium*

Le genre *Penicillium* comprend entre 150 et 300 espèces, réparties en quatre sous-genres appartenant à la division des Deutéromycètes. Les formes téléomorphes de certaines d'entre elles sont connues et appartiennent à l'embranchement des Ascomycètes dont les genres les plus représentatifs sont *Eupenicillium* et *Talaromyces* (Pitt J.I, Hocking A.D,1987).

4.1.1 Critères d'identification microscopiques et macroscopiques :

Les colonies présentent un aspect duveteux voire poudreux, de couleur vert-de-gris et, plus rarement, blanche. Morphologiquement, les individus du genre *Penicillium* se distinguent par leur organisation en pinceau (*Penicillius* en latin). (Botton B, *et al.*1999)

Le thalle cloisonné porte les conidiophores, simples ramifiés, se terminant par un pénicille. Les conidiophores peuvent être groupés en faisceaux lâches ou rassemblés en corémies (colonne de conidiophores). Les phialides (cellules conidiogènes) sont disposées en verticilles à l'extrémité des conidiophores .(Botton B, *et al.*,1999).

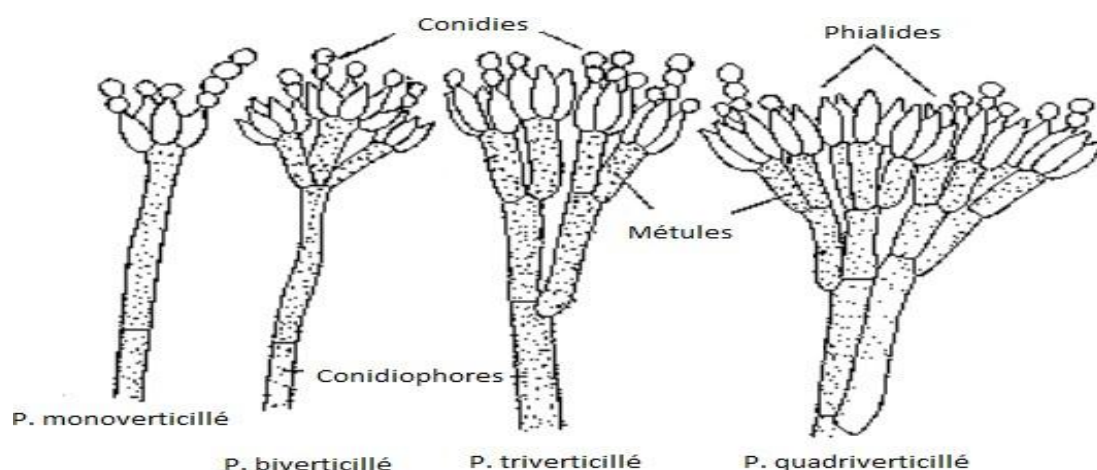


Figure 06 : Schéma des différentes dispositions de verticilles chez *Penicillium sp* (Samson R.A et al., 1980)

4.1.2 Habitat

1. Genre polyphage et saprophyte, *Penicillium* est responsable de nombreuses dégradations. Il est très commun dans l’environnement ; on le retrouve aussi bien dans le sol et les matières organiques en décomposition que dans les denrées alimentaires telles que les céréales, les arachides et les produits laitiers. C’est un contaminant très fréquent des régions tempérées ; sa croissance est optimale pour des températures comprises entre 20 et 27°C et pour une humidité importante. On le retrouve également poussant sur des matériaux de construction dans des environnements endommagés par l’eau, ainsi que dans l’air intérieur et la poussière domestique (Storey E, et al.2004).

4.1.3 Intérêt

Tableau 05 : Quelques toxines produites suivant l’espèce de *Penicillium* (Norholt M.D et al.,1979)

Espèces	Toxines produites
<i>Penicillium chrysogenum</i>	Acide cyclopiazonique, Roquefortine C
<i>Penicillium verrucosum</i>	Ochratoxine A, Citrinine
<i>Penicillium nordicum</i>	Ochratoxine A
<i>Penicillium roqueforti</i>	Acide pénicillique, Roquefortine C
<i>Penicillium expansum</i>	Citrinine, Patuline, Roquefortine C
<i>Penicillium viridicatum</i>	Ochratoxine A, Citrinine
<i>Penicillium cyclopium</i>	Ochratoxine A, Citrinine
<i>Penicillium citrinum</i>	Citrinine
<i>Penicillium oxalicum</i>	Roquefortine C, Acide sécalonique D
<i>Penicillium crustosum</i>	Pénitrem A, Roquefortine C
<i>Penicillium griseofulvum</i>	Acide cyclopiazonique, Patuline, Roquefortine C, Griséofulvine

Plusieurs espèces de *Penicillium* sont capables de produire des mycotoxines (Tableau 05)

Les espèces de *Penicillium* étant les moisissures les plus répandues dans le milieu intérieur, de nombreuses pathologies leur sont associées. Elles peuvent être causées par le champignon lui-même ou par les toxines qu'il produit. Les infections sont habituellement provoquées par l'inhalation de spores et se rapportent donc le plus souvent aux voies respiratoires inférieures et supérieures.

4.2 Genre *Aspergillus*

Le genre *Aspergillus* est classé dans la division des Deutéromycètes. De même que pour les *Penicillia*, certaines formes sexuées d'*Aspergillus spp* sont connues et appartiennent à la division des Ascomycètes, dont les genres les plus notables sont *Eurotium* et *Emericella*. Environ 180 espèces, réparties en 18 groupes, composent le genre *Aspergillus*. (Gams W,et al.,986). . Sur ces 180 espèces, une vingtaine est pathogène pour l'Homme et l'animal.

Critères d'identification microscopiques et macroscopiques

Les colonies d'*Aspergillus spp*, duveteuses ou poudreuses, à développement rapide, sont le plus souvent de couleurs vives et variées.

L'appareil végétatif d'*Aspergillus spp* est formé de filaments mycéliens cloisonnés et ramifiés. Se dressent sur ces filaments végétatifs les conidiophores qui se terminent par une vésicule de forme variable. La forme et la taille de cette vésicule sont spécifiques de l'espèce en question. (Gams W,et al.,986).

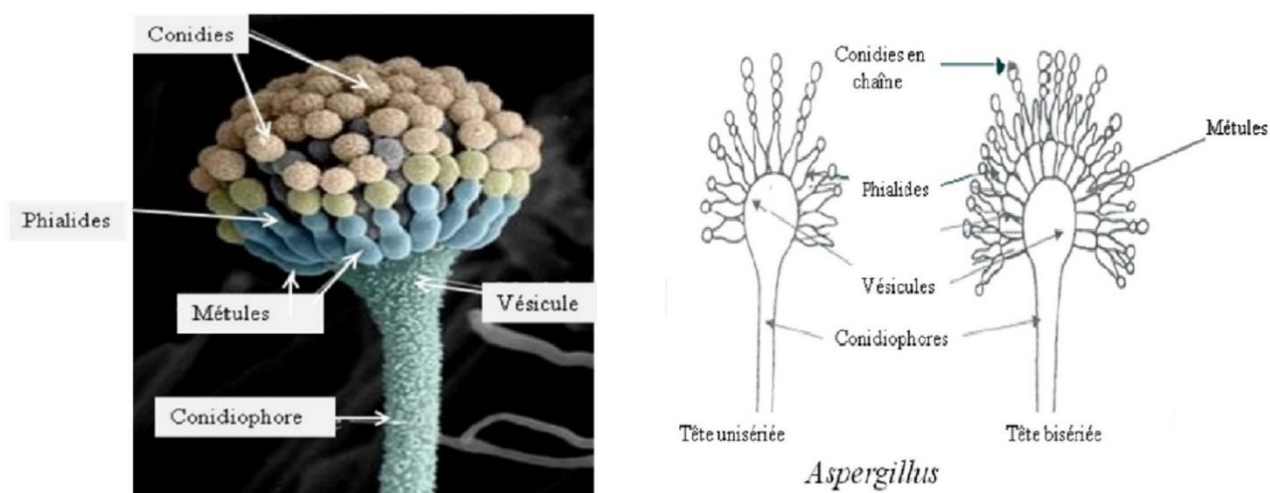


Figure 07: Caractères micromorphologiques du genre *Aspergillus*

www.thegourdreserve.com/mold/into.shtml

4.2.1 Habitat :

À l'instar des *Penicillia*, les *Aspergilli* sont cosmopolites et omniprésents dans l'environnement intérieur, surtout dans la poussière. Leur dissémination est d'autant plus facile qu'une « tête aspergillaire » est capable de produire au cours de sa vie jusqu'à 10^4 spores.

La répartition géographique des *Aspergilli* est assez vaste. Ils sont le plus souvent présents dans les zones tropicales et subtropicales, donc adaptés à des climats chauds et à des milieux pauvres en eau (Castegnaro M, Pfohl-Leszkowicz A,2002). La température optimale de croissance de la plupart des espèces d'*Aspergillus* se situe entre 25 et 40°C. La plupart des *Aspergilli* poussent à 20-25°C. Les espèces thermophiles, comme *Aspergillus fumigatus*, se développent au-delà de 35°C et parfois même jusqu'à 57°C (Badillet G,et al.,1987). C'est pourquoi ils se développent très bien dans les produits alimentaires dits « secs » (salaisons, blé, farines, arachide...).

4.2.2 Intérêt :

Tableau 06 : Quelques toxines produites suivant l'espèce d'*Aspergillus* (Pitt J.I.2000)

Espèces	Toxines produites
<i>Aspergillus carneus</i>	Citrinine
<i>Aspergillus clavatus</i>	Acide kojique, Patuline, Xanthocilline Aflatoxines B1 et B2, Acide aspergillique
<i>Aspergillus flavus</i>	Acide cyclopiazonique, Acide kojique
<i>Aspergillus fumigatus</i>	Fumigaclavine, Fumagiline, Fumitoxine Fumitremorgine A et C, Gliotoxine
<i>Aspergillus niger</i>	Malformine, Naftoquinone
<i>Aspergillus ochraceus</i>	Acide kojique, Ochratoxines, Acide pénicillique, Acide sécalonique A
<i>Aspergillus oryzae</i>	Acide cyclopiazonique, Acide kojique
<i>Aspergillus parasiticus</i>	Aflatoxines B1 et B2, G1 et G2, Acide aspergillique Acide kojique
<i>Aspergillus terreus</i>	Citrinine, Patuline, Territrem, Terréine, Terrétonine
<i>Aspergillus versicolor</i>	Stérigmatocystine
<i>Aspergillus sydowii</i>	Stérigmatocystine, Griséofulvine
<i>Aspergillus candidus</i>	Candiduline

De nombreuses espèces d'*Aspergillus* sont connues pour leur disposition à produire des toxines fongiques responsables de pathologies chez l'Homme et l'animal (Tableau 06) :

Quelques espèces d'*Aspergillus* sont responsables d'infections opportunistes, connues sous le nom d'aspergilloses. Elles apparaissent préférentiellement chez les sujets fragiles contractant par exemple des broncho-pneumopathies chroniques obstructives (BPCO), des emphysèmes, des cancers broncho-pulmonaires (Badillet G,et al.,1987)... ou chez les patients soumis à des traitements immunosuppresseurs (corticothérapie, chimiothérapie).

Les espèces à l'origine d'aspergilloses sont (Morin ,1994) :

1) *Aspergillus fumigatus* : c'est l'agent responsable de l'aspergillose broncho-pulmonaire, qui est une réaction allergique au champignon, et d'aspergillomes (colonisation d'une cavité tuberculeuse).

2) *Aspergillus flavus* : il est responsable d'aspergilloses pulmonaires ou généralisées.

3) *Aspergillus niger* : il est à l'origine d'otites, de sinusites et d'infections cutanées.

4) *Aspergillus terreus* : il est impliqué dans l'apparition d'aspergilloses pulmonaires et cérébrales chez les patients immunodéficients (Baculard A, Tournier G,1995).

4.3 Genre *Fusarium*

Les *Fusaria* sont des champignons filamenteux saprophytes appartenant aux Deutéromycètes. Certaines formes sexuées (*Gibberella*, *Nectria*) sont connues et rattachées à l'embranchement des Ascomycètes. C'est un genre qui comprend entre 50 et 100 espèces anamorphes. Le genre *Fusarium* tire son nom du latin «*fusus* » qui signifie fuseau, en référence à la forme des conidies.

4.3.1 Critères d'identification microscopiques et macroscopiques :

Les *Fusaria* se développent rapidement et produisent des colonies planes, d'aspect cotonneux, voire floconneux, et de couleurs claires : crème, blanche, saumon, violette, brune, jaune (Chermette R, Bussieras J,1993)...

Le principal caractère microscopique de reconnaissance des *Fusaria* réside dans la présence de macroconidies fusiformes et cloisonnées. Les différentes espèces se distinguent essentiellement par la forme de leurs conidies. Les conidiophores, parfois très ramifiés, forment sur le thalle des coussinets (sporodochies) et portent des grappes de spores.

Les cellules conidiogènes peuvent produire différents types de spores :

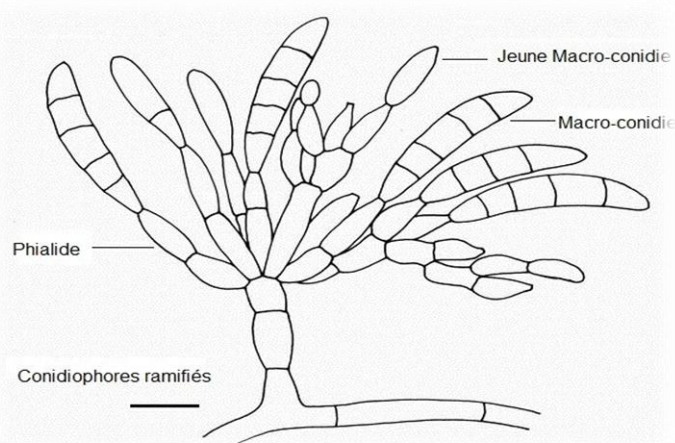


Figure 08 : Schéma de la structure de *Fusarium* (Toffa ,2015)

1) **Les microconidies**: elles sont de petite taille et peuvent être uni- ou bicellulaires.

Elles sont de différentes formes : fusiformes, ovoïdes, cylindriques, solitaires ou groupées. On peut citer en exemple *Fusarium verticillioide*.

2) **Les macroconidies** : ce sont des conidies pluricellulaires, cloisonnées, fusiformes et de grande taille. La cellule basale est pédicellée et la cellule apicale forme un crochet, idéal pour la dissémination. Elles sont fréquemment regroupées en grappe. On retrouve les macroconidies notamment chez *Fusarium graminearum*.

3) **Les chlamydo-spores** : ce sont des spores résistantes ne se détachant pas de la moisissure. Elles ne sont pas produites par toutes les espèces de *Fusarium*. Elles peuvent être terminales ou intercalaires (Roquebert M.F,1998) et peuvent résister des années dans le sol, préservant ainsi le champignon.

4.3.2 Habitat

Les *Fusaria* sont cosmopolites, on les retrouve dans toutes les régions du monde, des régions tropicales et désertiques aux régions tempérées, leur température idéale de croissance étant située entre 22 et 37°C. Du fait de l'existence de chlamydo-spores chez certaines espèces, la conservation du mycélium dans le sol et sa dissémination sont facilitées.

4.3.3 Intérêt

Le genre *Fusarium* rassemble un grand nombre d'espèces phytopathogènes (Gupta A.K, et al.,2000). Il a un impact économique important car c'est un contaminant de nombreuses céréales (blé, avoine, orge), de légumes et d'arbres fruitiers. Il se développe préférentiellement sur les végétaux sénescents ou stressés. Il est impliqué dans la pourriture des tiges, des fruits et du système racinaire (Trenholm H.L, et al., 1988).

De par leur capacité à produire des mycotoxines (Tableau 08), les *Fusaria* sont susceptibles de causer des infections et des intoxications graves chez l'Homme et chez les animaux, surtout d'élevage. Ces infections sont réunies sous le terme de fusarioses.

Tableau 07 : Quelques toxines produites suivant l'espèce de *Fusarium* (Pitt J.I,2000)

Espèces	Toxines produites
<i>Fusarium culmorum</i>	Trichothécènes B, Zéaralénone, Culmorine, Fusarine C
<i>Fusarium avenaceum</i>	Moniliformine, Fusarine C
<i>Fusarium graminearum</i>	Trichothécènes B, Zéaralénone
<i>Fusarium oxysporum</i>	Acide fusarique, Moniliformine, Oxysporine
<i>Fusarium poae</i>	Trichothécènes A, Fusarine C
<i>Fusarium proliferatum</i>	Moniliformine
<i>Fusarium sporotrichioides</i>	Trichothécènes A, Zéaralénone, Fusarine C
<i>Fusarium verticillioides</i>	Fumonisines, Fusarine C, Moniliformine, Naftoquinone, Gibberelines

La zéaralénone, notamment sécrétée par *Fusarium graminearum*, présente un intérêt vétérinaire car c'est un perturbateur endocrinien mimant l'action des œstrogènes. Elle est

supposée être à l'origine de problèmes de reproduction (infertilité, avortement) chez l'animal.

Chez l'Homme, les effets de *Fusarium spp* sont divers. Quelques espèces sont à l'origine d'infections systémiques (Guarro J, Gene J, 1992), d'autres sont impliquées dans des kératites, des allergies, dans des mycoses unguéales ou des otomycoses. Les patients immunodéprimés (diabétiques, grands brûlés) sont des cibles privilégiées de ces champignons opportunistes. *Fusarium verticillioides* est responsable de fusarioses disséminées chez les personnes atteintes par le VIH (Duran J.A, et al., 1986).

5. Facteurs intrinsèques de la mycotoxinogénèse :

Les mycotoxines sont essentiellement élaborées par des espèces appartenant aux genres *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* et *Alternaria*.

Les facteurs biologiques peuvent être liés à l'espèce fongique, à la spécificité de la souche et à l'instabilité des propriétés toxiques (Tableau 8). Une même toxine peut être élaborée par différentes espèces quelque fois appartenant à différents genres et une même espèce peut produire plusieurs mycotoxines. De plus, la présence de plusieurs espèces fongiques sur la même denrée a généralement un effet dépressif sur la production de toxine.

Cela s'explique d'une part, par la compétition pour le substrat et d'autre part, par le fait que certaines souches peuvent dégrader la toxine (Le Bars et al., 1987).

6. Facteurs extrinsèques de la mycotoxinogénèse :

La sécrétion, la quantité sécrétée et le type de mycotoxine dépendent d'une interaction complexe et pas totalement comprise de plusieurs facteurs qui incluent la température, l'activité de l'eau A_w , la nature du substrat et le pH, et l'atmosphère gazeuse. (Pfohl-Leskowicz A, 1999).

6.1 La Température :

La température optimale pour l'élaboration de mycotoxines est généralement proche de la température optimale de croissance, mais, le plus souvent, légèrement inférieure (Le Bars, 1990). L'aflatoxinogénèse est favorisée par des températures comprises entre (25-37) C° Alors que celle des ochratoxines est optimale à 28 C°, mais réduite à 15 C°.

6.2 La nature de substrat et pH :

Les aflatoxines affectent beaucoup plus les graines oléagineuses particulièrement l'arachide, leur biogénèse repose sur ordre d'importance sur les glucides, les lipides, et les protéines. Elles sont favorisées par un pH compris entre 2-8. (Le Bars, 1990).

6.3 Activité de l'eau (A_w) :

L' A_w est un des principaux facteurs de production de mycotoxines particulièrement dans les produits faiblement hydratés. La toxinogénèse a lieu dans des conditions d' A_w légèrement supérieures (+0,02) à l' A_w minimal pour la croissance. Au-delà de ce seuil, la toxinogénèse

augmente de manière exponentielle avec l'Aw si les autres conditions écologiques restent constantes (Le Bars, 1984).

6.4 Atmosphère gazeuse:

Généralement la production des mycotoxines est plus sensible à la variation de composition de l'air que la croissance fongique. Une concentration en oxygène inférieure à 1% et des concentrations élevées de CO2 empêchent l'élaboration de mycotoxines (Cairns-Fuller et al., 2005; Keller et al., 1997).

Tableau 08 : Principaux facteurs influençant la production des mycotoxines dans la chaîne alimentaire (Atoui, 2006).

Facteurs	Physiques	Chimiques	Biologiques
	Humidité -Rapidité de séchage -Ré-humidification -Humidité relative - Température - Damage mécanique - Mélange de grains - Temps	CO2 - O2 -Nature du substrat -Nutrition minérale -Traitement chimique	Stress de plante - Vecteurs invertébrés - Infection fongique - Différences entre les variétés des plantes - Différences entre les souches fongiques - Charge en spores - Système microbiologique

II. Les mycotoxines dans la farine:

1. Introduction :

Les mycotoxine sont des contaminants fréquents des produits alimentaires et étaient responsables de nombreux cas intoxications chez l'homme et les animaux. L'analyse mycologique d'un produit, basée sur les caractères taxonomique des souche donne des inductions, mais ne permet de conclure ni à la présence ni à l'absence de toxine. En effet, certaine mycotoxine possèdent un pouvoir cancérogène important, se manifeste après accumulation des lésions provoquées par l'ingestion des doses pendant de longue période (J.M. Fremey,1991)

2. Définition :

Le terme mycotoxine vient du mot grec « mycos » qui signifie champignon et du latin «toxicum» qui signifie poison. Il désigne les métabolites secondaires élaborés par des moisissures toxigènes appartenant principalement au genre *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* .(Bacha et al.,1993; Gaj'cki et al.,2007)

Les mycotoxines sont des molécules de faible poids moléculaire (PM <1000 Daltons) de

structures chimiques très diverses selon leurs voies de biosynthèse.

3. Les principales mycotoxines dans la farine :

3.1 Les mycotoxines d'*Aspergillus* :

3.1.1 Les Aflatoxines

Les aflatoxines constituent un groupe de dix-huit composés dont quatre sont les formes les plus couramment rencontrées dans les aliments. Il s'agit des aflatoxines B₁, B₂, G₁, G₂ et M₁ : (métabolite de l'aflatoxine B₁). L'aflatoxine B₁ est la plus toxique et la plus explorée. (Yannikouris a. Et Jouany j.p., 2002 ; Pitt et Hocking., 2009). Trois principales souches d'*Aspergillus* (*Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* et *Aspergillus nomius*) sont connues pour leur capacité à synthétiser naturellement les aflatoxines dans des conditions chaudes et humides (G. Brocard et C. le Bacle., 2009).

1/ Aflatoxine B₁ :

Aflatoxine B₁ est un métabolite de bisfuranocoumarin produites par *Aspergillus flavus* et les espèces apparentées, et l'une des plus célèbres mycotoxines et possédant le profil toxicologique le plus sérieux. (Alex P. Wacoo, Deborah Wendiro, Peter C. Vuzi, et Joseph F. Hawumba., 2014)

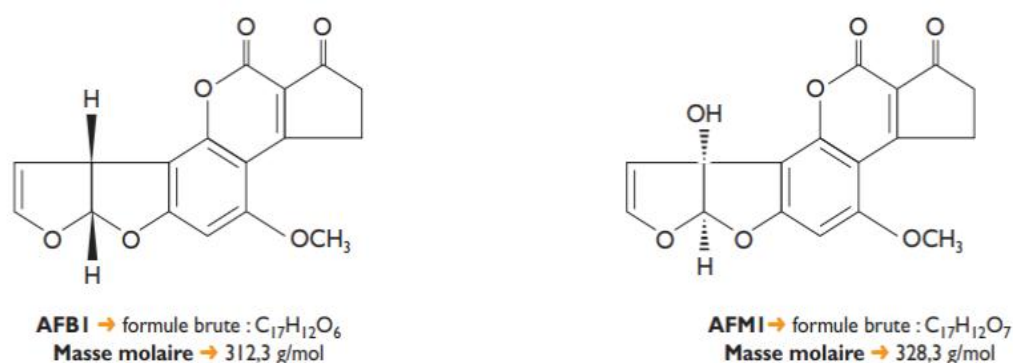


Figure 09: Structure Aflatoxine (Brochard G, Le Bacle C, 2009)

2/ Propriétés physico-chimiques :

- Les aflatoxines sont des molécules de faible poids moléculaire (312 à 330 g/mol).
- Ils sont très peu solubles dans l'eau (à µg/ml)
- Insolubles dans les solvants non polaires.
- Très solubles dans les solvants organiques moyennement polaires (Chloroforme et alcool méthylique).
- Elles sont assez facilement extraites. Sous lumière ultra-violette (U.V. longs).
- Elles sont fluorescentes (Blue pour les AFB et verte pour les AFG, l'AFM ayant une **fluorescence bleu-mauve**). (Pfohl-Leszkowicz A., 1999)

3/ Toxicité des Aflatoxines

Les aflatoxines (AFs) causent de grands soucis, à cause de leurs effets nuisibles sur la santé humaine et animale. La pénétration dans l'organisme des AFs peut avoir lieu par voie orale

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 sont éliminés 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

L'épithélium intestinal, le foie et les reins sont le siège de biotransformations d'un grand nombre de composés impliquant deux phases de réactions. La première phase fait intervenir des réactions de réduction, d'oxydation et d'hydrolyse.

Les cytochromes P450 microsomaux, les mono-oxygénases contenant de la flavine, des prostaglandines synthases, des amines-oxydases et des alcools déshydrogénases sont les enzymes majeures impliquées dans les oxydations, tandis que les réactions réductrices sont gouvernées par des époxyde-hydrolases, et des aldéhydes réductases ou cétone réductases.

La deuxième phase comporte les réactions de conjugaison des molécules formées durant la première phase. Ces réactions diminuent la toxicité et augmentent la solubilité dans l'eau des mycotoxines, ce qui facilite leur excrétion dans l'urine (et dans le lait) et protège l'animal.

Les enzymes majeures de conjugaison sont des glucuronosyl-transférases microsomaux et des sulfonyl-, méthyl-, aminoacyl-, S glutathion- et N-acétyl-transférases cytosoliques. A titre d'exemple, la figure 10 présente certaines bioconversions de l'AFB₁ dans le foie ainsi que l'époxydation de l'AFB₁ qui constitue une étape essentielle dans l'acquisition des caractères mutagène et carcinogène de la mycotoxine. (Toffa, 2015)

3.2 Les mycotoxines de *Fusarium* (les fusariotoxines)**3.2.1 Les fusariotoxines :**

Les mycotoxines produites par les moisissures du genre *Fusarium* sont nombreuses et variées et elles sont regroupées sous le terme de fusariotoxines. Les formes et familles identifiées aujourd'hui sont les trichothécènes, les fumonisines, la zéaralénone, la moniliformine, la beauvericine et l'équisétine. Elles contaminent majoritairement les céréales et par voie de conséquence, les Produits en dérivant (Heit, 2015).

3. 2.2 Trichothécènes :

Les trichothécènes sont des mycotoxines très répandues dans le monde. L'entrée des mycotoxines dans la chaîne alimentaire de l'homme s'effectue soit par les denrées brutes (céréales, farines...), soit par des produits élaborés (céréales de petits déjeuners, gâteaux...), mais aussi éventuellement par des produits d'origine animale, si ce dernier a consommé une nourriture contaminée (Balzer, et *al.*, 2004).

1/ Propriétés physico-chimiques de trichothécènes :

Les trichothécènes sont des molécules non volatiles (Figure 3). Elles sont insolubles dans l'eau mais hautement solubles dans l'acétone, l'acétonitrile, l'éthanol, le méthanol... Ces molécules sont stables à la lumière, aux UV, à l'air, ainsi qu'à des pH neutres et acides, ce qui implique l'absence d'hydrolyse dans l'estomac après ingestion. Ces mycotoxines ne sont pas détruites par autoclavage, mais elles requièrent un chauffage à 480°C pendant 10 min ou 260°C pendant 30 min pour obtenir une inactivation complète. L'utilisation de solutions d'hypochlorite de sodium (3 à 5%) est également efficace pour les inactiver (Heit 2015).

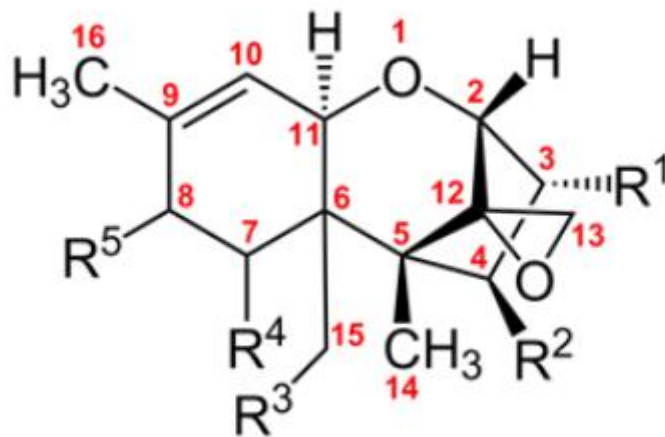


Figure 10: Structure générale des trichothécènes (Heit, 2015).

2/ Toxicologie :

La toxicité des trichothécènes est due principalement à la fonction époxyde en 12-13. La réduction de cette fonction diminue considérablement la toxicité des molécules. Le nombre et la position des groupes hydroxyles ou des estérifications peuvent également affecter la toxicité des molécules. En effet, cela peut déterminer si la toxine inhibe la synthèse protéique à l'étape d'initiation ou lors de l'étape d'élongation-terminaison (Heit , 2015).

3.2.3 Zéaralénone :

La zéaralénone est produite par des Fusaria, peuvent se retrouver dans les céréales notamment lorsque celles-ci ont été stockées dans de mauvaises conditions à des températures relativement basses et exposées à l'humidité (Tozlovanu,2008). La zéaralénone est produite principalement par *F. graminearum*, mais aussi *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. oxysporum*, *F.verticillioides* et *F. crookwellense* (Heit, 2015).

La zéaralénone et ses dérivés sont considérés comme des myco-œstrogènes non stéroïdiens de par leur ressemblance avec des œstrogènes, tels que le 17-β-œstradiol. Son action toxique a lieu par fixation aux récepteurs à œstrogènes (Heit, 2015).

1/ Propriétés physico-chimiques de la zéaralénone :

À température ambiante, la zéaralénone se présente sous forme de cristaux blancs. Elle est également insoluble dans le sulfure et le tétrachlorure de carbone. Elle est faiblement soluble dans les solvants apolaires (Figure 4) tels que l'hexane, l'heptane ou l'éther de pétrole de par ses substituants alcool et cétone. La solubilité de cette mycotoxine augmente avec la polarité des solvants : benzène, chloroforme, acétate d'éthyle, acétonitrile, acétone...la zéaralénone est thermostable. Elle est également fluorescente et apparaît de couleur bleu-vert après une excitation à 360 nm et d'un vert plus intense à 260 nm (Heit, 2015).

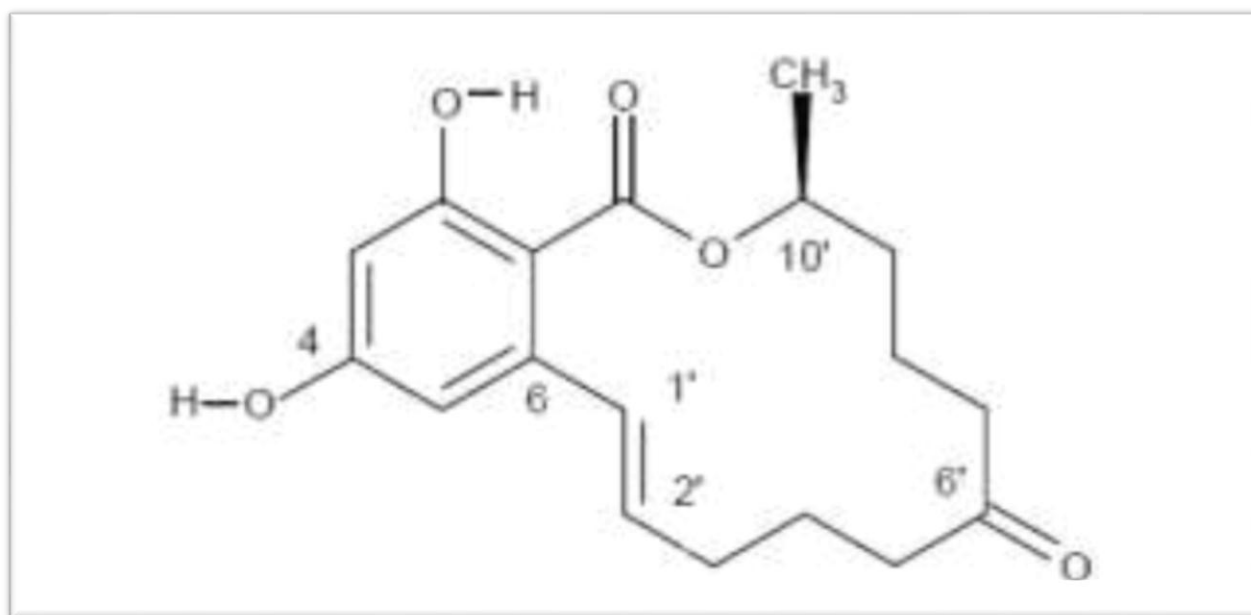


Figure 11: Structure chimique de la zéaralénone (Heit ,2015)

2/ Toxicologie :

La zéaralénone induit des cancers hépatiques et de la glande pituitaire, mais à des doses nettement supérieures aux doses engendrant un effet hormonal. Pour cette raison, elle n'est pas considérée comme étant elle-même cancérigène. Les effets seraient dus à l'effet hormonal.

Néanmoins, la zéaralénone est génotoxique et forme des adduits à l'ADN (Tozlovanu ,2008).

3.2.4 les Fumonisines :

Elle est principalement produite par *Fusarium verticillioides* (Tozlovanu, 2008). Les fumonisines ont une structure proche de celle de la sphingosine, composant cellulaire constituant le squelette carboné des sphingolipides (figure 5). Ainsi, ces molécules sont des diesters répartis en 4 groupes (A, B, C et P).

Contrairement à la plupart des mycotoxines, elles n'ont pas de structure cyclique, mais elles sont constituées d'une chaîne aminopolyhydroxyalkyle de 19 ou 20 carbones diestérifiée. Les fumonisines du groupe B, majoritaires, sont caractérisées par un groupement amine en position C2, et sont des diesters d'acide-1, 2,3-propane tricarboxylique et de longues chaînes polyhydroxyamines .

Ce groupe B se compose de 4 fumonisines : FB1 à 4, qui se distinguent par la position des groupements hydroxyle (Figure 5)(Heit, 2015).

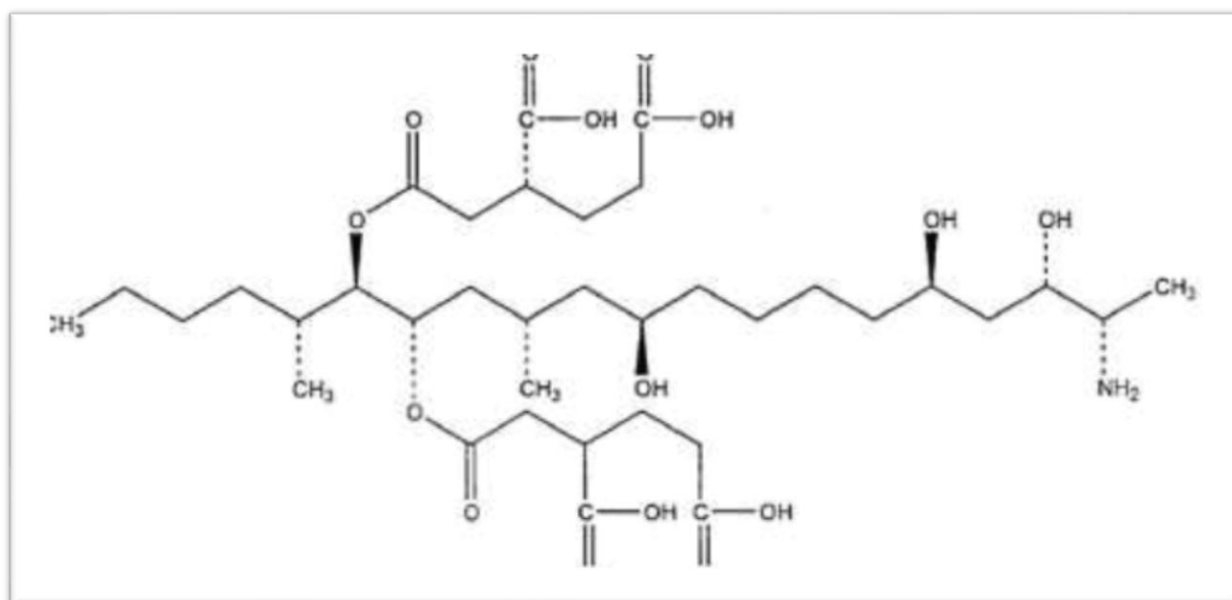


Figure 12 : Structure de la fumonisine FB1 (Heit , 2015).

1/ Les propriétés physico-chimiques de la fumonisines :

De par la présence de 4 fonctions acides carboxyliques, les fumonisines sont des molécules hydrophiles, ce qui les rend donc difficiles à étudier. Ces composés sont polaires et ils sont solubles dans l'eau et les solutions aqueuses de méthanol et d'acétonitrile, dans lesquelles ils sont généralement extraits. Elles sont en revanche insolubles dans les solvants apolaires. Par ailleurs, c'est en raison de la faible solubilité lipidique de ces mycotoxines.

Ces mycotoxines sont également thermostables. Cependant, elles peuvent être dégradées à plus de 90% après chauffage à 175°C pendant 60 min. Elles sont aussi relativement stables lorsqu'elles sont chauffées à pH neutre. Les fumonosines comportant des longues chaînes

aliphatiques polyhydrolysées, elles ne possèdent pas propriétés d'absorption de la lumière UV (Ultra Violet) et elles ne sont pas fluorescentes. Une dérivatisation est alors nécessaire pour une détection optique par CLHP (chromatographie liquide à haute performance) (Heit, 2015).

2/ Toxicologie :

Les fumonisines ont une action toxicologique différente selon leur type. La FB1 présente la plus forte toxicité de cette classe de mycotoxines. Elle provoque une carcinogénicité et elle est hépatotoxique et néphrotoxique. De par sa forte toxicité, elle est classée dans la catégorie 2B (probablement cancérigène) par l'IARC (Agence International pour la Recherche contre le Cancer) depuis février 2002 Seule la FB1 est classée dans ce groupe. (Heit, 2015).

4. Prévention de la contamination des aliments par les mycotoxines :

Compte tenu de l'importance du rôle des facteurs environnementaux sur la présence des moisissures toxigènes dans les récoltes et la production de mycotoxines qui est un phénomène naturel, il serait quasiment impossible d'éliminer toute trace de mycotoxines des produits alimentaires. La réduction des taux des mycotoxines relève à la fois du rôle des : agriculteurs, des commerçants et des industriels. Néanmoins, il est possible de minimiser la contamination en prenant des précautions :

- **avant la récolte** (traitement phyto-sanitaire)

au moment de la récolte (les bonnes pratiques culturales contribuent efficacement à diminuer les lésions des plantes, à lutter contre les infestations d'insectes (insecticides), réduire l'envahissement par les moisissures (fongicides, lavage, séchage).

- **après la récolte** (bonnes conditions de stockage, désinfection des locaux, des entrepôts, des chaînes de conditionnements) (Riley et *al.*, 1999).

Partie expérimentale

Matériels et méthodes

I. Présentation de la région d'étude :

La région de Laghouat est située à 400 Km de la capitale d'Alger (33°48'N, 02°53'E) (Fig.4.2), couvrant une superficie totale de 25.052 km². Elle est limitée au Nord par la wilaya de Djelfa, à l'Ouest par la wilaya d'ElBayadh, au Nord-ouest par la wilaya de Tiaret et vers le sud par la wilaya de Ghardaïa (C.D.F., 2008).

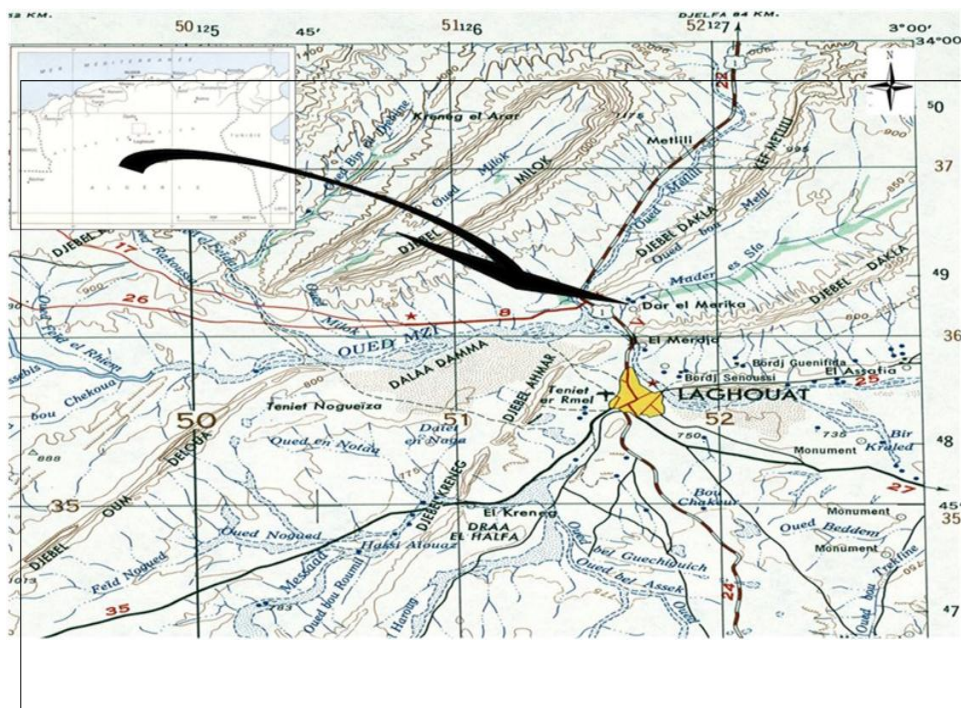


Figure 13 : Localisation géographique de la wilaya de Laghouat.

(Extrait de la carte topographique de Laghouat 1956, E: 1/250.000). D.S.A, 2012

II. Echantillonnage :

Avant toute analyse, il convient de prélever un échantillon représentatif du produit à analyser. A ce titre, il faut noter que les résultats des examens microbiologiques n'ont de valeur que si certaines précautions d'échantillonnage ont été respectées :

- Prises d'échantillons avec des instruments stériles ;
- mise de l'échantillon dans des récipients ou sachets stériles ;
- respect des règles d'hygiène générale pour la personne effectuant le prélèvement ;
- rapidité de l'acheminement des échantillons dans l'attente de leurs analyses,

conservation des échantillons dans un endroit frais et sec (8 à 15°C) mais jamais à des températures négatives (DUNOYER, 1989).

Ils sont ensuite transportés au laboratoire de l'université Amar Thelidji Laghouat où ils sont soumis à des analyses , microbiologiques.

III. Prélèvement :

Durant le mois de Juillet 2021 on a fait des prélèvements de farine au niveau de 30 boulangeries dans la commune de Laghouat. On prélève des échantillons de 500 g de chaque stock de farine pour chaque boulangerie dans des sacs plastiques et mettons une étiquette sur chaque échantillon porte le nom et l'adresse de la boulangerie, ainsi que le nom du moulin, la source de ce produit.

L'analyse consiste à mettre en évidence la présence des moisissures mycotoxinogènes dans la mycoflore de farine boulangère.



Figure14. 1 : prélèvement réalisé au niveau de l'une des boulangeries.



Figure 14. 2 prélèvements étiquetés.



Figure 14. 3 stocks de farine dans une boulangerie.

Tableau 09 : Codes des échantillons

Boulangerie	Moulins	Code utilisés	Date du début d'analyse
Oasis nord	Blida : complexe industriel et commercial Ismailia- Javal	BL	18/07/2021
Fatima Zahraa - Cite 800	Chelf : Zone industrielle - Mejaja	Ch	18/07/2021
Rahbet Zitoun - Centre ville	Mila : complexe industriel et commercial Agrodiv- Beni Haroun- Ferdjioua	ML 01	18/07/2021
Sidiyanis	Mila : complexe industriel et commercial Agrodiv- Beni Haroun- Ferdjioua	ML 02	18/07/2021
Essahoua - Mamourah	Sidi Bel Abbès : grains de l'ouest société filiale Agrodiv - Oran	Sb	18/07/2021
Ezzahraa - Elwiam	Touggourt : Société Kanaouba et ses frères- zone industrielle-El Mgarin	Tgt	18/07/2021
Ksar El bzaim	Laghouat : Moulins Djebel El Amour- Ben Nacer Ben Chohra	LagA 01	18/07/2021
El Quds - El M'kam	Laghouat : Moulins Djebel El Amour- Ben Nacer Ben Chohra	LagA 02	18/07/2021
El Djoudi - El M'kam	Laghouat : Moulins Laghouat Agrodiv- zone industrielle - Bouchaker	Lag 01	18/07/2021
Gannou - El wiam	Laghouat : Moulins Laghouat Agrodiv- zone industrielle - Bouchaker	Lag 02	18/07/2021
El wafaa - cite La silice	M'sila : Moulins El Hodhna	Ms 01	18/07/2021
El khairat - El wiam	M'sila : Moulins El Hodhna	Ms 02	18/07/2021
El Hayat - El Mhafir	Bejaia : Moulins Soumam- Sidi Aich	Bj	18/07/2021
El khairat cite Saci Boulafaa	Oran : complexe industriel et comercial Agrodiv – Oued Tilat	Or 01	18/07/2021
El Quds - cite 800	Oran : complexe industriel et comercial Agrodiv – Oued Tilat	Or 02	18/07/2021
El Baraka - El Mhafi	Oran : complexe industriel et comercial Agrodiv – Oued Tilat	Or 03	18/07/2021
Ghazza - El Mamourah	Oran : complexe industriel et comercial Agrodiv – Oued Tilat	Or 04	18/07/2021
El Snouci - El Snaoubar	Djelfa : Moulins Djelfa- filiale	Djm	18/07/2021

	Moulins Laghouat		
Errayan - Oasis nord	Djelfa : Complexe de production Agrodiv	Dja	18/07/2021
Cite Essaada	Djelfa : Sarl Moulins Bou Amara et Toumi – Zone industrielle 87/88	Djb	18/07/2021
El Amir - Oasis nord	Boumerdès : Complexe des industries alimentaires –Agrodiv - Baghlia	Bs 01	18/07/2021
Cite 11 decembre 1963	Boumerdès : Complexe des industries alimentaires –Agrodiv - Baghlia	Bs 02	18/07/2021
Cite El Makder	Boumerdès : Complexe des industries alimentaires –Agrodiv - Baghlia	Bs 03	18/07/2021
El Fateh - Cite les douanes	Boumerdès : Complexe des industries alimentaires –Agrodiv - Baghlia	Bs 04	18/07/2021
El Quds - Cite El Wiam	Boumerdès : Complexe des industries alimentaires –Agrodiv - Baghlia	Bs 05	18/07/2021
Mon ami - Centre-ville	Tizi Ouzou : complexe industriel et commercial – Agrodiv - Tadmaït	Tz 01	18/07/2021
l'Epi d'or - Cite El Wiam	Tizi Ouzou : complexe industriel et commercial – Agrodiv - Tadmaït	Tz 02	18/07/2021
El Nour - Cite El Mhafir	Tizi Ouzou : complexe industriel et commercial – Agrodiv - Tadmaït	Tz 03	18/07/2021
El Badar - Route El Houaita	Tizi Ouzou : complexe industriel et commercial – Agrodiv - Tadmaït	Tz 04	18/07/2021
El Nouar - Ksar Essadikia	Tizi Ouzou : complexe industriel et commercial – Agrodiv - Tadmaït	Tz 05	18/07/2021

IV. Isolement

Pour isoler la mycoflore des échantillons de La farine considérés, nous avons utilisé la méthodes:

➤ **Méthode de dilution et dénombrement de la flore fongique**

L'isolement et le dénombrement des moisissures dans les échantillons ont été réalisés par la technique des suspension-dilutions et ensemencement sur milieu gélosé (Pitt et Hocking, 1997)

Pour chaque échantillon, 25g de farine boulangère prélevés aseptiquement sont additionnés à 225 ml d'eau physiologique peptonnée stérile, ce qui correspond à la dilution (10-1), 2 gouttes de tween 80 sont également ajoutées à la suspension (le rôle du tween est de favoriser la dispersion

des spores), on homogénéise la suspension avec agitateur de laboratoire, en suite, 1 ml de cette dernière est ajoutés à 9 ml d'eau physiologique pour avoir la dilution (10⁻²) donc à partir de cette dilution on ensemence sur des boites de Pétrie contenant le milieu PDA, deux boites pour chaque échantillon, l'ensemencement se fait en surface par inondation (Deux millilitres de suspension sont déposés à la surface du milieu PDA, On recouvre la surface totalement, l'excès est éliminé et jeté dans l'eau de javel), les boites sont incubes pendant 5 à 7 jours à 28 ± 4°C. On fait une numération des colonies, le nombre de moisissures est exprimé en unité formant colonies par gramme d'échantillon (ufc/g).(Pitt et Hocking, 1997).

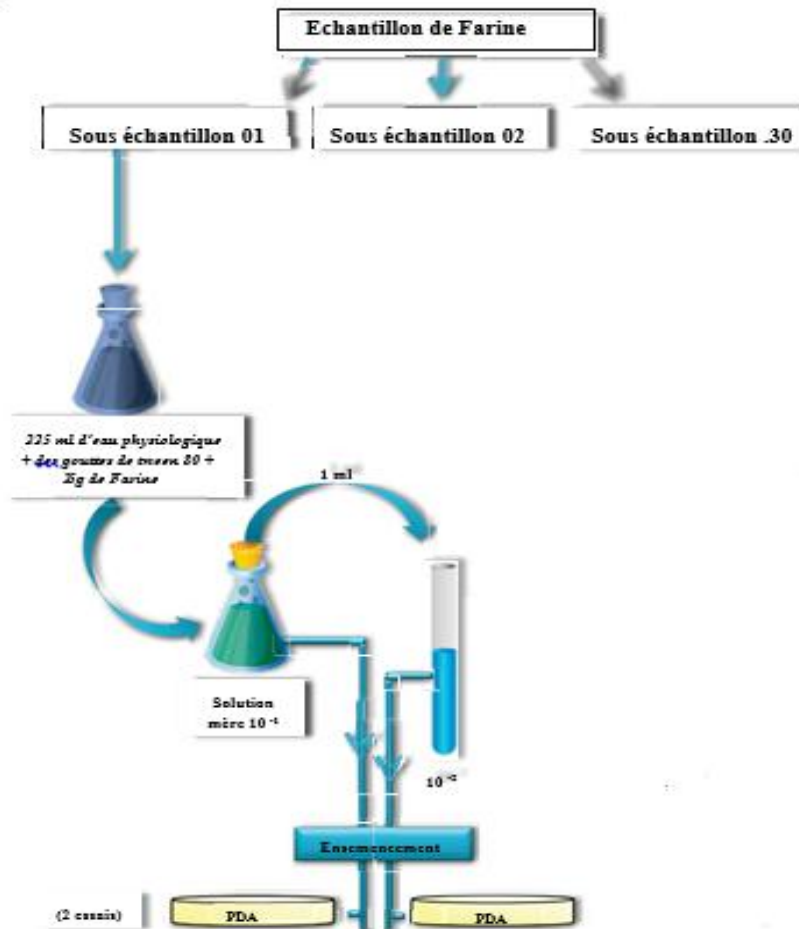


Figure 15 . Techniques d'isolement et de dénombrement des souches fongique
(LANSBOROUGH, 2004)

➤ **Calcul de pourcentage :**

Pourcentage d'apparition de chacun des champignons (Mouria et al., 2013): Le calcul du pourcentage s'est fait selon la formule suivante :

$$\% \text{ apparition} = \frac{NAC}{NTATC} \times 100$$

% = pourcentage ; NAC = Nombre d'Apparition du Champignon ;
NTATC = Nombre Total d'Apparition de Tous les Champignons.

V. Purification des moisissures :

On à réalise de plusieurs repiquages successifs sur milieu PDA pour l'obtention des isolats purs, la purification fait sur milieu PDA par technique de touche centrale et incubés les boites à 25°C pendant 7 jours. (G.Reboux, S. Roussel, F. Grenouillet., 2006).

VI. Identification des moisissures :

Pour l'identification de mycoflore, les caractéristiques macroscopiques et microscopiques de la colonie sont importantes. (Pitt et Hocking., 2009).

1. Identification des genres :

L'identification a été réalisée sous microscope soit par une observation directe, soit après culture sur lame. (G. Reboux, S. Roussel, F. Grenouillet., 2006).

2. Caractéristiques macroscopiques (morphologique) :

Constituent l'aspect, le relief, la taille, la couleur des colonies, ou bien les structures de fructification.

- **L'aspect des colonies** représente un critère d'identification. Les champignons filamenteux forment des colonies duveteuses, laineuses, cotonneuses, veloutées, poudreuses ou granuleuses ; parfois certaines colonies peuvent avoir une apparence glabre (l'absence ou pauvreté du mycélium aérien).
- **Le relief des colonies** il peut être plat ou plissé et la consistance des colonies peut être variable (molle, friable, élastique ou dure).
- **La taille des colonies** Elle peut-être très variable en fonction des genres fongiques : petites colonies (*Cladosporium*) ou au contraire, colonies étendues, envahissantes (*Mucor, Rhizopus*).
- **La couleur des colonies** est un élément très important d'identification ; les couleurs les plus fréquentes sont le blanc, le crème, le jaune, l'orange, le rouge allant jusqu'au violet ou le bleue, le vert, le brun allant jusqu'au noir. Les pigments peuvent être localisés au niveau du mycélium (*Aspergillus, Penicillium*) ou diffuser dans le milieu de culture (*Fusarium*).
- **Les structures de fructification** la présence ou l'absence, au centre de la colonie, des structures de fructification sexuée (cléistothèces) ou asexuée (pyncnides) est aussi un élément important de diagnose (Botton et al., 1990).

3. Caractéristiques microscopiques :

Constituent la présence ou l'absence des conidies, aussi la structure et la taille des spores (Mahendra Rai et al., 2010).

➤ Méthode de Micro-culture :

C'est une technique réalisé pour l'identification de genre de moisissure elle est utile pour

observer la sporulation et favorise la fructification (Grillot R., 1996). Quelques gouttes d'eau distillée stérile, sont déposés sur les papiers buvard dans la boîte de pétri de 9 cm de diamètre pour réaliser une humidification, un support qui porte une lame stérile, est placée sur lui une petite carré de PDA solidifié, ensemencer les spores d'une souche fongique pure sur les limites périphériques du carré, recouvrir par lamelle.

L'incubation a été faite à une température de 25 °C pendant 7 jours. Après l'incubation, transférer la lamelle sur une autre lame contenant lactophénol pour faire l'observation microscopique. (Cahagnier et Richard-Mollard, 1998).

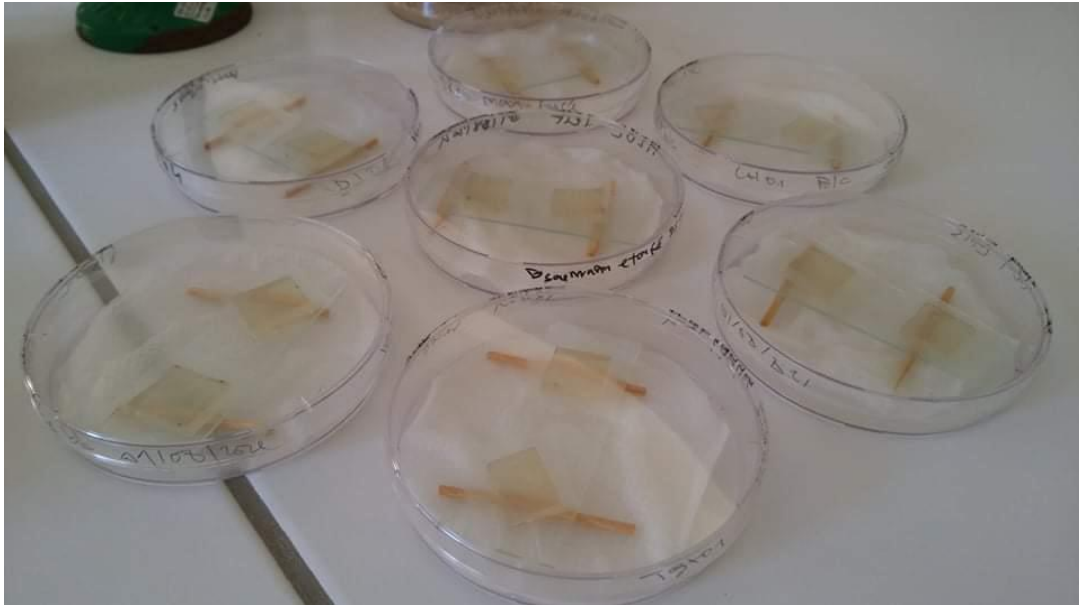


Figure 16 : Méthode de micro culture.

Résultats et discussion

I. La qualité mycologiques des différents échantillons de farine :

L'analyse de la mycoflore naturelle des différents échantillons de farine de boulangère réalisé après une incubation des boites ensemencées sur milieu PDA pendant 5 à 7 jours à $28 \pm 4^\circ\text{C}$ (comme décrit dans la partie matériels et méthodes). On fait une numération des colonies, le nombre de moisissures est exprimé en unité formant colonie par gramme d'échantillon (ufc/g), les résultats sont résumés dans le figure 17.

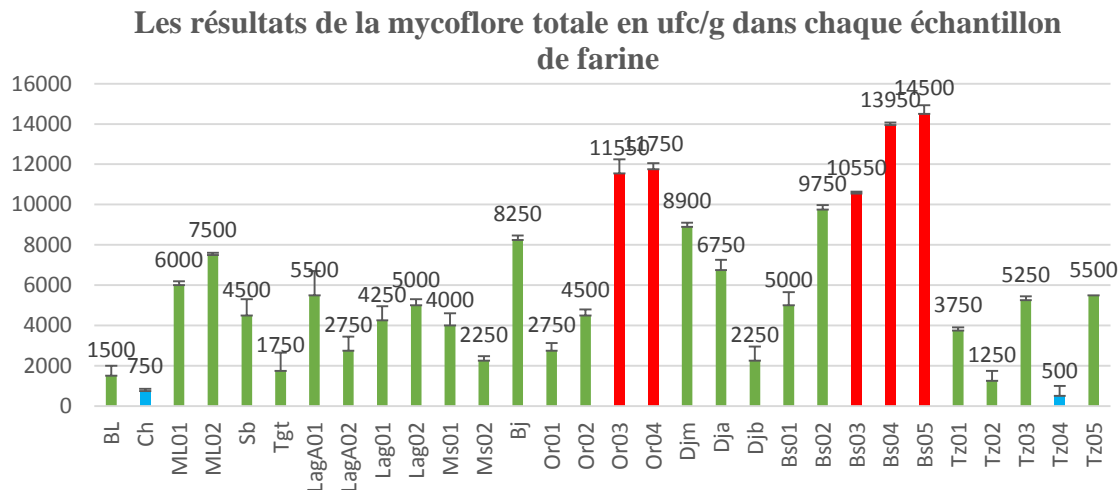


Figure 17 les résultats de la mycoflore totale en ufc/g dans chaque échantillon de farine.

- **A la base du journal officielle N° 39 année 2017**

- : Qualité satisfaisante (inférieur à 1000 ufc/g)
- : Qualité acceptable (entre 1000 et 10000 ufc/g)
- : Qualité non satisfaisante (supérieure à 10000 ufc/g)

La figure 17 montre que la mycoflore totale de de la farine boulangère issue des moulins d'Oran Agrodiv (**Or 03 et Or 04**) et Boumerdes Agrodiv (**Bs 03, Bs 04, Bs 05**) donne un chiffre très élevé qui dépasse les normes algériennes acceptées, ces échantillons ont une qualité non satisfaisante. Alors que les autres échantillons répondent aux normes.

II. Champignons isolés et identifiés :

L'analyse de la mycoflore naturelle des différents échantillons de farine de boulangère a pu mettre en évidence *Aspergillus flavus*, *A.Parasiticus*, *A.fumigatus*, *A. niger*, *Fusarium sp.*, *Mucor sp.* et *Penicillium sp.*. Cette identification est basée sur une analyse macro et microscopique des isolats fongiques sur milieu (PDA)

1. Reconnaissance des genres :

Les principaux genres fongiques identifiés au cours de cette étude sont *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, et *Mucor*. Ils ont été identifiés selon les caractères macroscopiques et microscopiques. L'observation de la couleur et de la texture de la colonie, sur le milieu d'isolement PDA, ainsi que les structures micro morphologiques permet généralement de faire la

distinction entre ces principaux genres.

1.1. Genre *Aspergillus* : pour l'étude des caractères

morphologiques des *Aspergillus*. Ces champignons ont une forme caractéristique et des couleurs vives qui les rendent parfois aisément identifiables. L'identification morphologique des espèces appartenant au genre *Aspergillus* est basée sur l'observation des caractères macroscopiques et microscopiques suivants:

- L'aspect de la colonie: la couleur de la partie aérienne est le critère de base qui permet de distinguer les espèces du genre *Aspergillus*. L'autre aspect est la texture de la colonie qui peut être floconneuse, veloutée, etc.
- L'aspect et la couleur du revers de la colonie qui peut parfois être caractéristique d'une espèce.

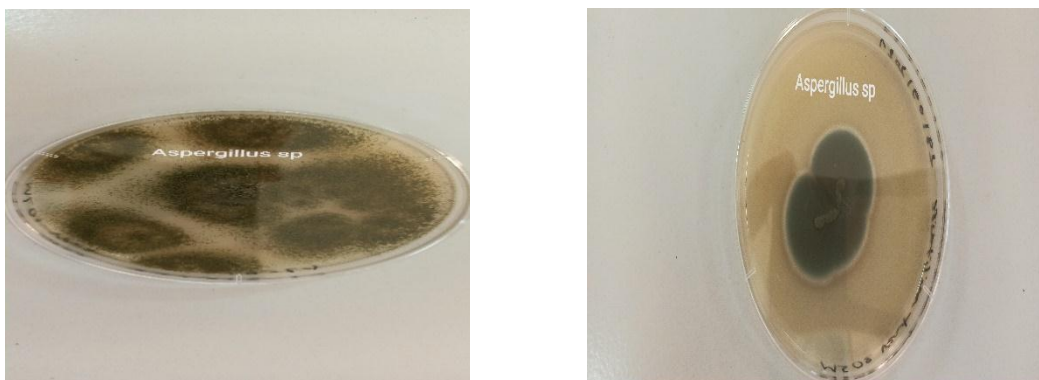


Figure 18.1 : Souche d'*Aspergillus sp* sur milieu PDA Les photos sont prises après 7 jours d'incubation.

1.2. Genre *penicillium* :

La plupart des colonies sont blanches au début, puis virent au vert lorsque les conidies commencent à apparaître. En vieillissant elles sont grisâtres. La colonie a un aspect poudreux. Le revers de la boîte peut varier en fonction de l'espèce et du milieu de culture (blanc et opaque, rosâtre, orange, brun...) (figure) 18.2

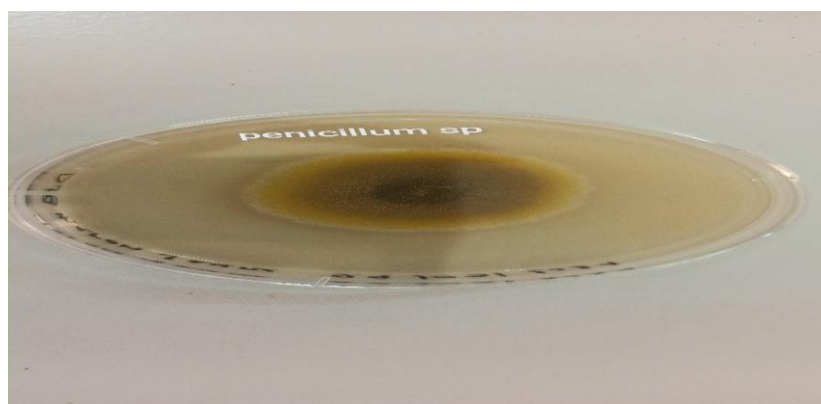


Figure 18.2 : Souche de *penicillium sp* sur milieu PDA Les photos sont prises après 7 jours d'incubation

1.3. Genre *Fusarium* : espèces de *Fusarium* sp. isolées au cours de cette étude développent sur milieu PDA des colonies de couleur blanc-rosé, blanc-beige à mauve pâle et un revers brun jaune à brun pourpre. Les colonies sont floconneuses ou rases et d'aspect muqueux ou velouté selon les isolats.

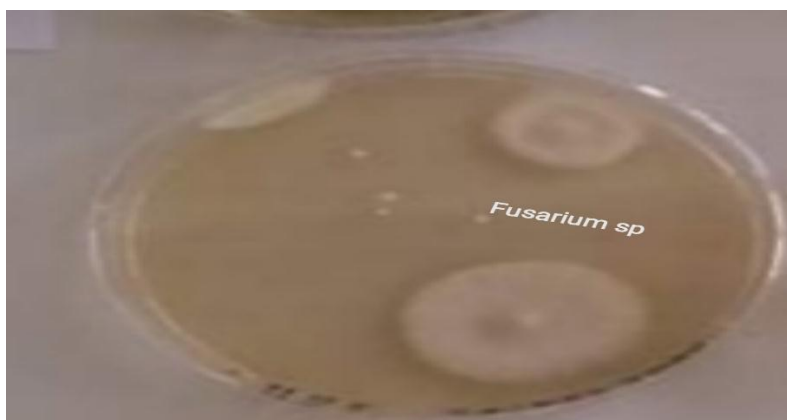


Figure 18.3 : Souche d'*Fusarium* sp sur milieu PDA Les photos sont prises après 7 jours d'incubation

1.4. Genre *Mucor*:

Il est caractérisé par des colonies à croissance très rapide. Le thalle aérien, de 2 à 20 mm de hauteur, est au début blanc, devenant brun gris en vieillissant. Ce genre se caractérise par la présence de sporangiophores longs ou courts, ramifiés ou non et portant des sporocystes arrondis à columelles elliptiques ou rondes (Figure)18.4

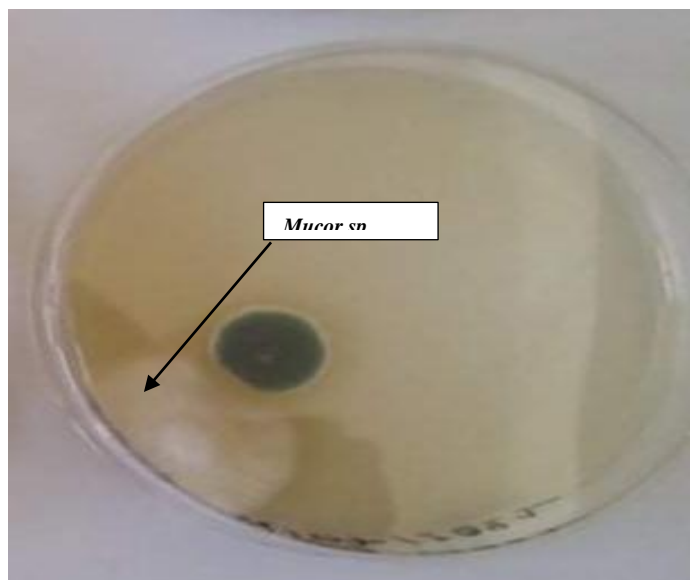


Figure 18.4 : Souche d'*Mucor* sp sur milieu PDA Les photos sont prises après 7 jours d'incubation

2. Reconnaissance des espèces d'*Aspergillus* :

2.1. *Aspergillus flavus*

A l'œil nu, *Aspergillus flavus* présente des colonies à croissance rapide, floconneux, l'appareil végétatif est d'abord blanc à vert pâle, vert-olive à vert-brun sur (PDA)

2.2. *Aspergillus niger*

Les colonies d'*Aspergillus niger* ont aussi une croissance rapide. Elles ont un aspect velours ou cotonneux, avec une couleur blanche au début de leur croissance. Au fil du temps, les colonies deviennent poudreuses et forment des spores noires. Ce qui donne la couleur noire à la culture.

2.3. *Aspergillus fumigatus*

Les colonies *A. fumigatus* sont plus veloutées avec une croissance rapide. De couleur grise avec une périphérie blanche qui disparaît au cours du vieillissement et devient noirâtre.

2.4. *Aspergillus parasiticus*:

Colonies vert jaune sombres compactes et très caractéristiques. Au microscope: têtes majoritairement unisériées caractérisées par des vésicules sphériques (de 30-35 µm de diamètre)

3. Identification microscopique des genres *Aspergillus* et *Penicillium* :

L'identification a été réalisée sous microscope après culture sur lame (micro-culture)

3.1 *Aspergillus* : l'aspect de la tête du conidiophore apparaît en colonne ou rayonnante



Figure 19.1 : Observation microscopique de genre *Aspergillus* par microscope optique (Grx10).

3.2 *Penicillium* : la tête du conidiophore apparaît en forme d'un pinceau, il dit penicille.



Figure 19.2 : Observation microscopique de genre *Penicillium* par microscope optique (Grx10).

III- Analyses mycologiques et mycotoxicologiques :

1- Répartition des genres de moisissures sur l'ensemble des échantillons :

Les différents genres identifiés dans tous les échantillons sont résumés dans le tableau 10 et la figure 18 :

Tableau 10 : Taux de contamination des farines boulangères analysées

Genre	pourcentage de contamination
Aspergillus	49%
Fusarium	43%
Penicillium	06%
Mucor	02%

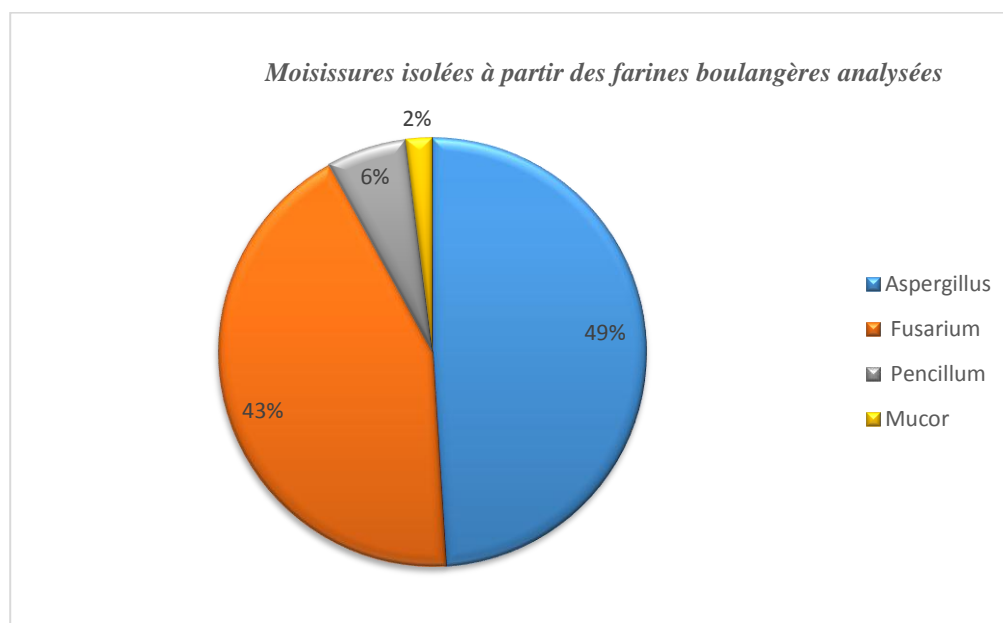


Figure 20 : Moisissures isolées à partir des farines boulangères analysées

La figure 20 montre une dominance du genre *Aspergillus* avec une moyenne de 49% sur tous les échantillons analysés et qui est considéré comme un champignon de «stockage», suivi

par *Fusarium* avec une moyenne de 43% et qui considéré comme un champignon des «champs», et avec des taux faibles on remarque la présence de genre *Penicillium* 6% et *Mucor* 2%, et on note aussi que les souches d'*Aspergillus*, du *Fusarium* et du *Penicillium* sont considérées toxigènes dans certains conditions.

2. Fréquence des espèces fongiques isolées de chaque prélèvement de farine suivant la source (moulin producteur) :

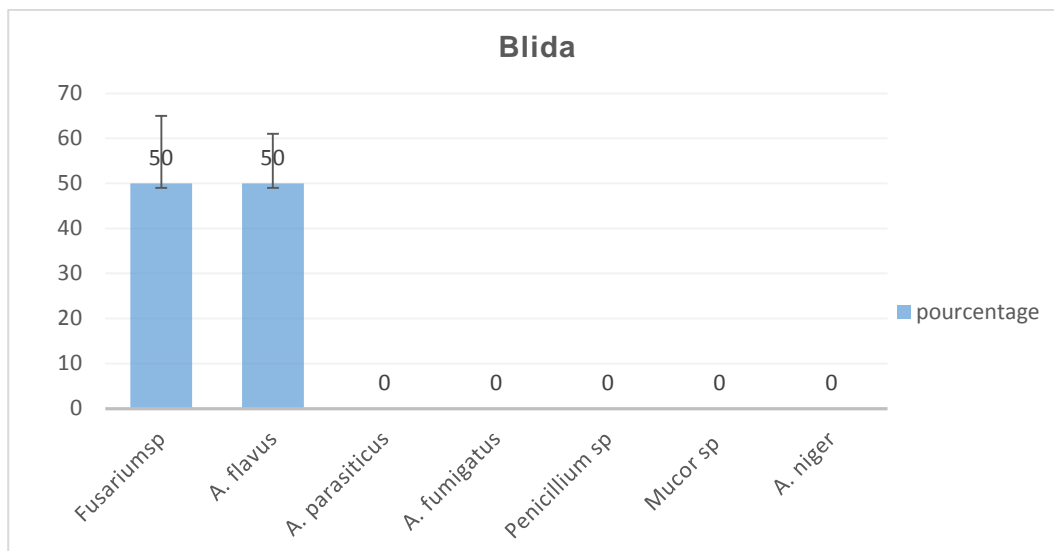


Figure 21.1 : Fréquence des espèces fongiques isolées de la farine boulangère issue des moulins de Blida (échantillon BL)

La figure 21.1 montre que les espèces de *Fusarium sp* et l'espèce *Aspergillus flavus* sont les plus abondantes avec des taux égaux donc la présence du mycoflore du champ et du stockage à la fois. Ces espèces considérées toxigènes.

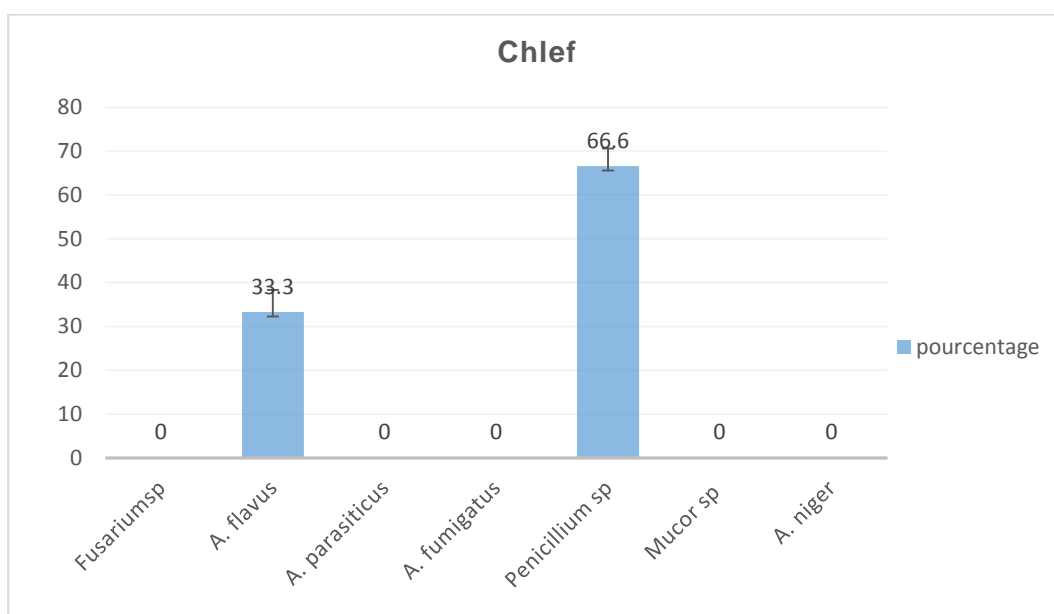


Figure 21.2 : Fréquence des espèces fongiques isolées de la farine boulangère issue des moulins

de **Chlef** (échantillon Ch)

La figure 21.2 montre la dominance des espèces *penicillium sp* et à degré moins l'*Aspergillus flavus* et les deux sont un mycoflore de stockage et considérées toxigènes.

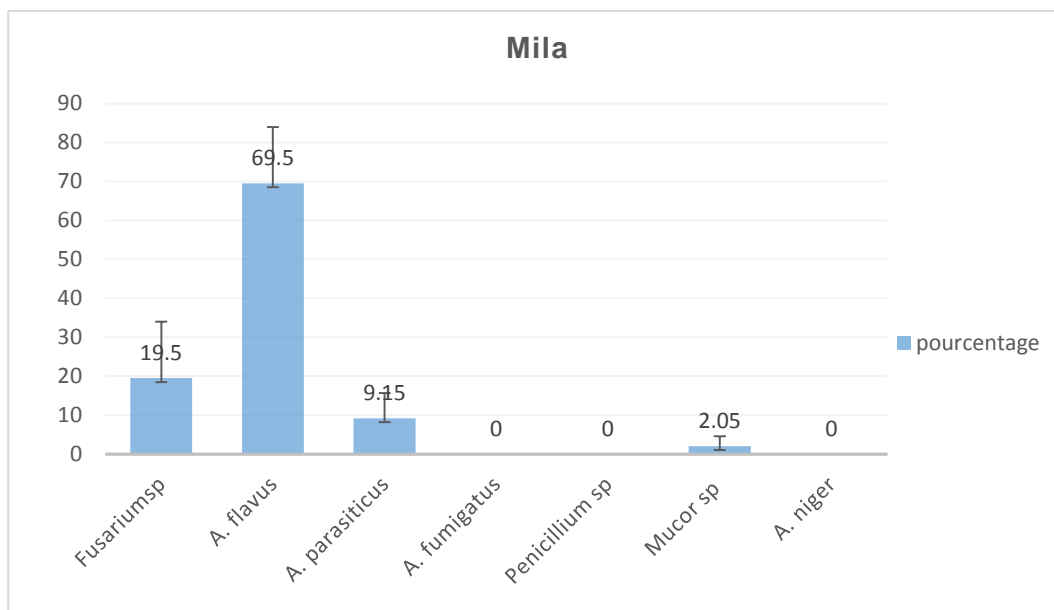


Figure 21.3 : Fréquence des espèces fongiques isolées de la farine boulangère issue des moulins de **Mila** Agrodiv (la moyenne des échantillons ML01 ET ML02)

Figure 21.3 montre la dominance de l'espèce *Aspergillus qui un mycoflore de stockage présentée par ces deux espèces A.flavus et A.parasiticus* , suivie par les espèces de *Fusarium sp* et *Mucor sp* qui sont un mycoflore des champs, donc il y a une dominance des espèces considérées toxigènes.

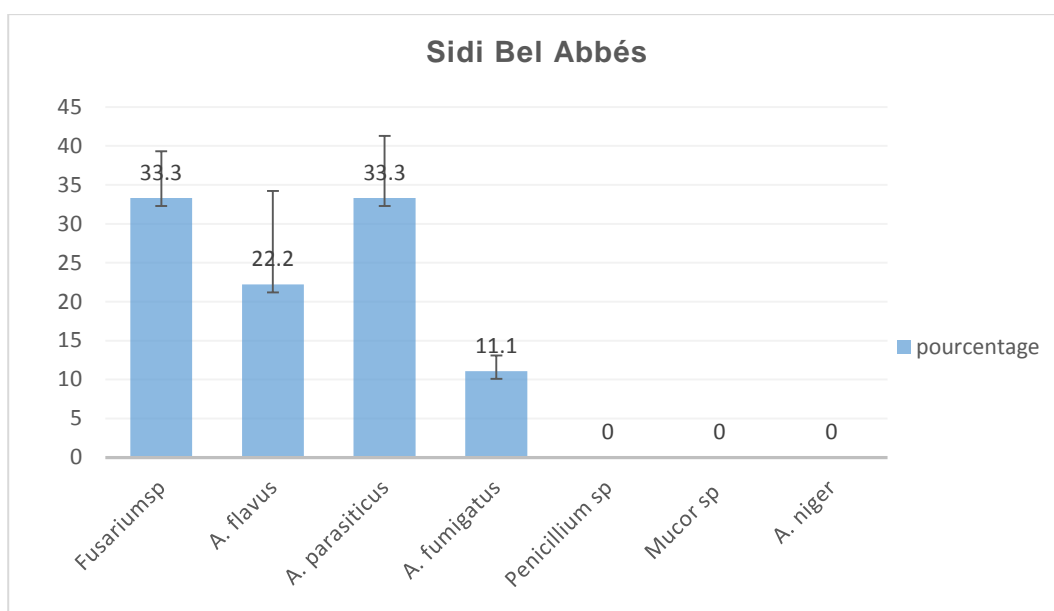


Figure 21.4 : Fréquence des espèces fongiques isolées de la farine boulangère issue des moulins de **Sidi Bel Abbés** Agrodiv (échantillon Sb)

Figure 21.4 montre que les espèces d'*Aspergillus et Fusarium sp* sont les plus fréquentes et qui

sont un mycoflore de stockage et de champ à la suite, avec une dominance cette fois de l'*A.parasiticus*, toutes ces espèces ont un pouvoir toxino-gène.

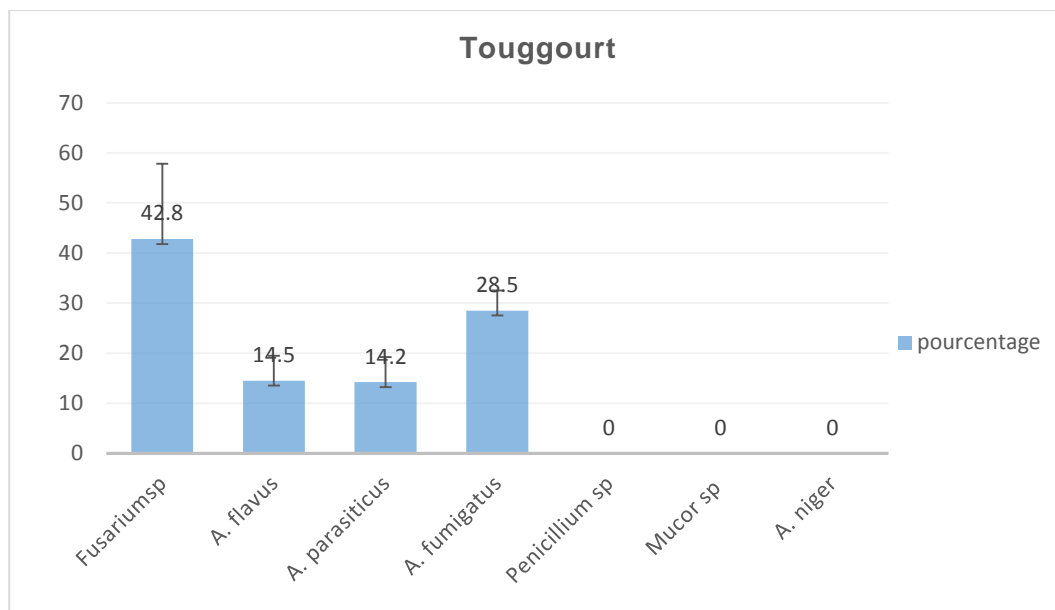


Figure 21.5: Fréquence des espèces fongiques isolées de la farine boulangère issue des moulins de **Tougourt** (échantillon Tgt)

Figure 21.5 montre que les espèce d' *Aspergillus* et *Fusarium sp* sont les plus fréquentes et qui sont à la suite un mycoflore de stockage et de champ. Et on remarque que l'espèce *A.fumigatus* la plus présentée parmi les *Aspergillus*, donc une dominance de la flore considérée toxino-gène.

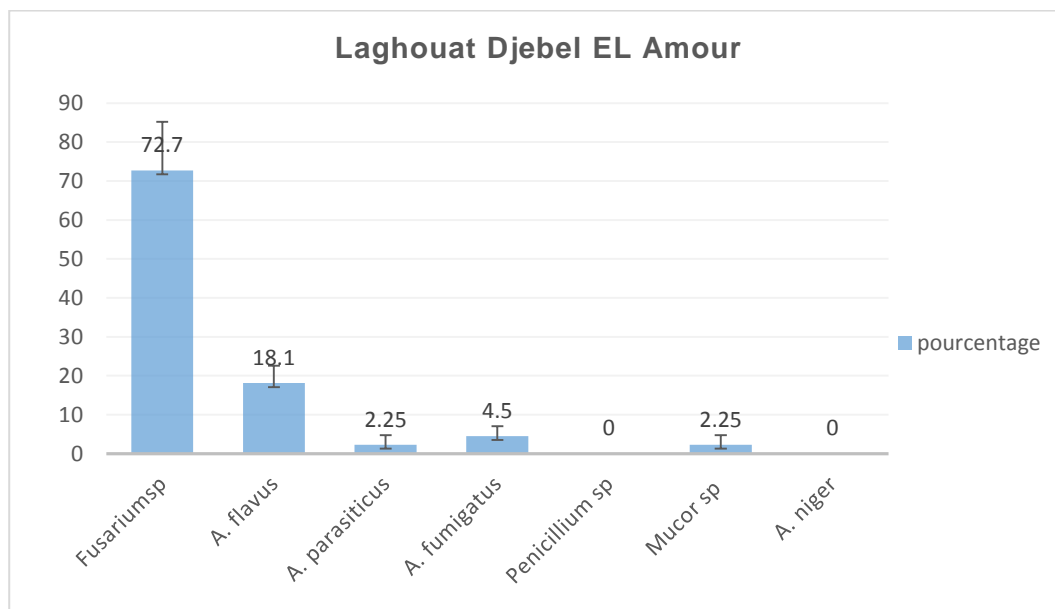


Figure 21.6: Fréquence des espèces fongiques isolées de la farine boulangère issue des moulins de **Laghouat Djebel El Amour** (la moyenne des échantillons LagA01 et LagA02)

Figure 21.6 montre la dominance des espèces de *Fusarium sp* qui un mycoflore des champs par rapport aux espèces d'*Aspergillus* et *Mucor sp*, ces espèces dominantes sont considérées

toxinogènes.

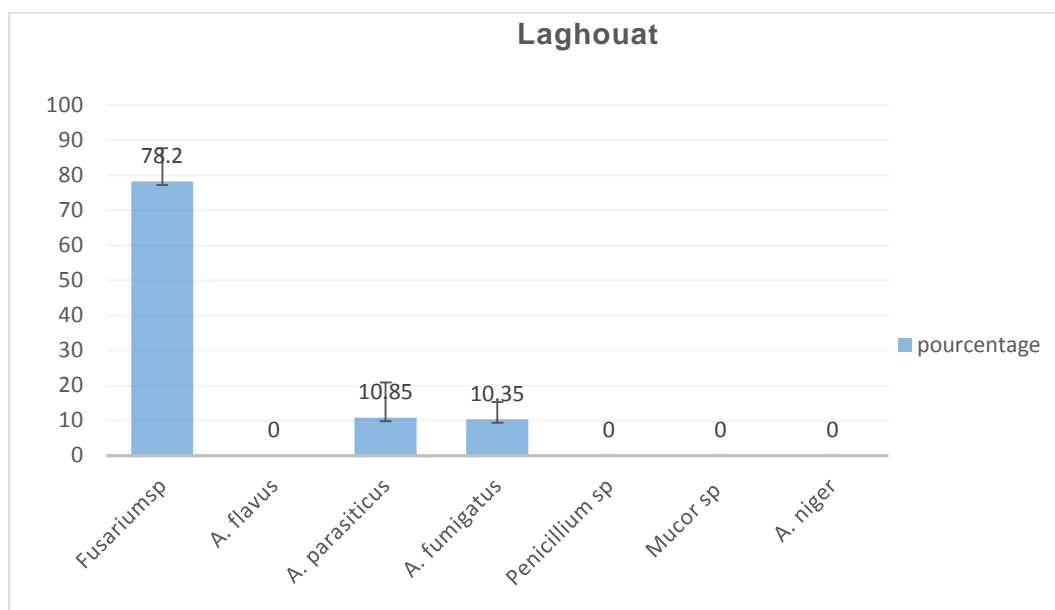


Figure 21.7: Fréquence des espèces fongiques isolées de la farine boulangère issue des moulins de **Laghouat agrodif** (la moyenne des échantillons Lag01 et Lag02)

La figure 21.7 montre encore la dominance des espèces *Fusarium sp*, qui constituent un mycoflore de champ et on remarque la présence des espèces *A. Parasiticus* et *A. Fumigatus* avec une faible Abondance dans cette farine, on remarque aussi la dominance de mycoflore considéré toxino-gènes.

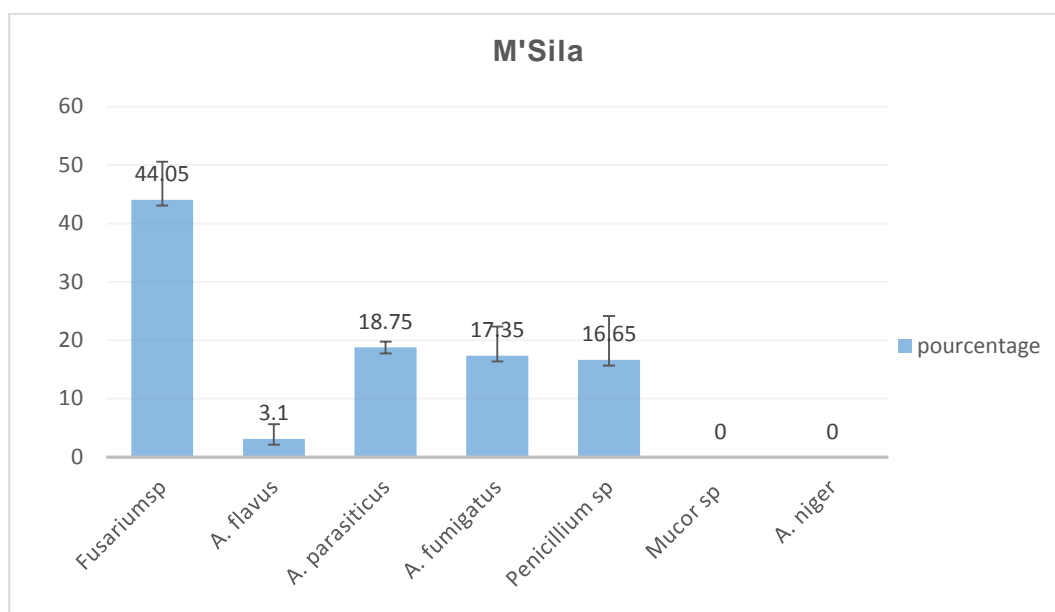


Figure 21.8: Fréquence des espèces fongiques isolées de la farine boulangère issue des moulins de **M'Sila** (la moyenne des échantillons Ms01 et Ms02)

La figure 21.8 montre encore la dominance des espèces *Fusarium sp* et *Aspergillus* (*A. Parasiticus* et *A. Fumigatus* et *A. flavus*), suivi par les *Penicillium sp*, ces espèces identifiées sont considérées toxino-gènes.

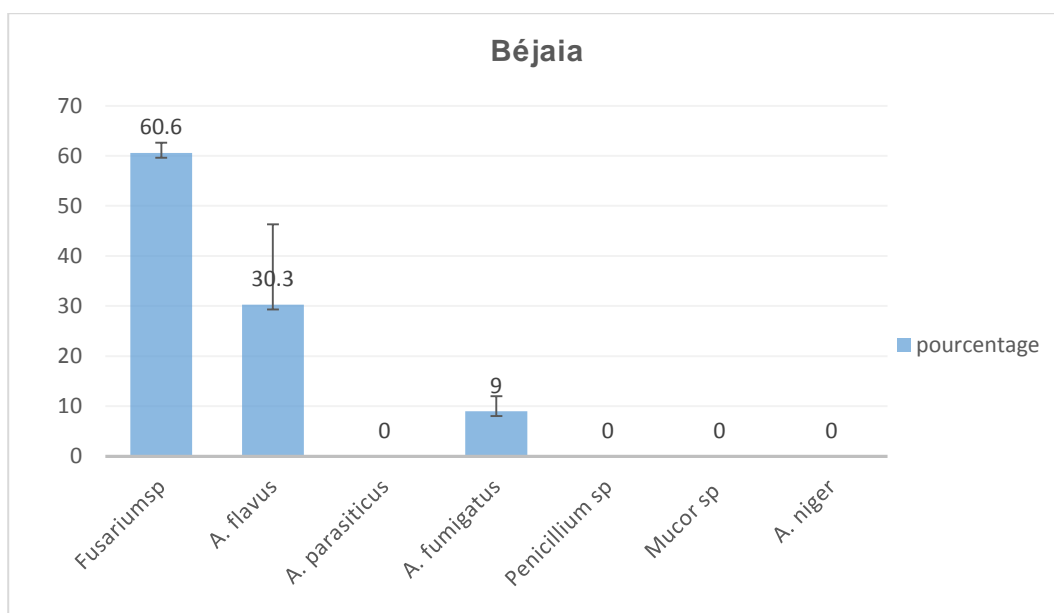


Figure 21.9: Fréquence des espèces fongiques isolées de la farine boulangère issue des moulins de **Béjaia** (échantillon Bj)

La figure 21.9 démontre encore la dominance des espèces *Fusarium sp*, on remarque la présence d’*A.flavus* et *A. Fumigatus* avec abondance moyenne dans cet échantillon, ces espèces possèdent une pouvoir toxino-gènes.

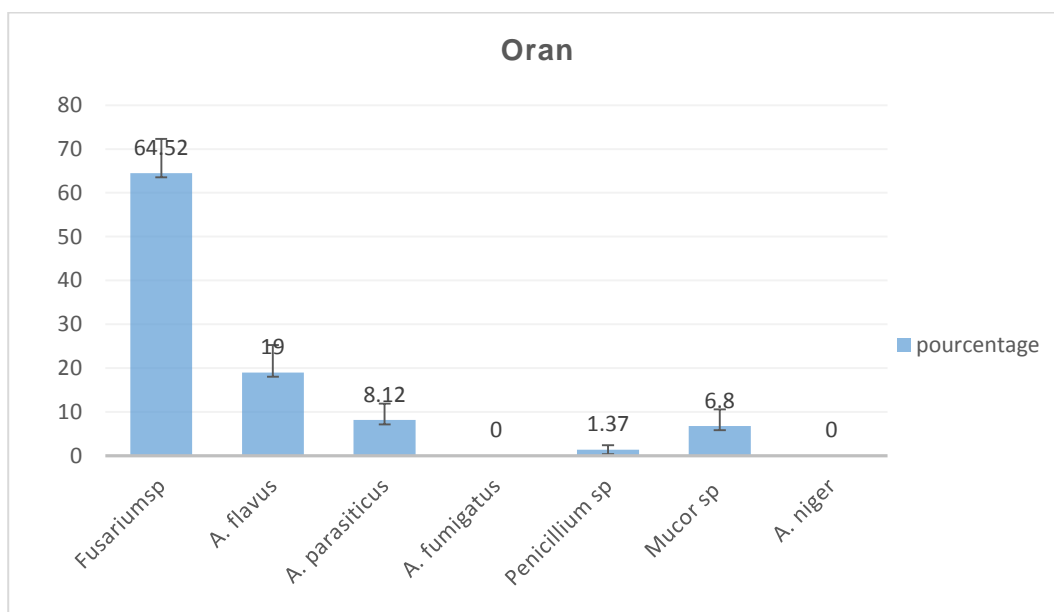


Figure 21.10: Fréquence des espèces fongiques isolées de la farine boulangère issue des moulins d’**Oran Agrodif** (la moyenne des échantillons Or01,Or02,Or03 et Or04)

La figure 21.10 démontre encore la dominance des espèces *Fusarium sp*, suivi par les espèces d’*Aspergillus*, et les *Mucor sp* et *Penicillium sp* présentes avec des taux faibles, donc une dominance de la flore toxino-gène.

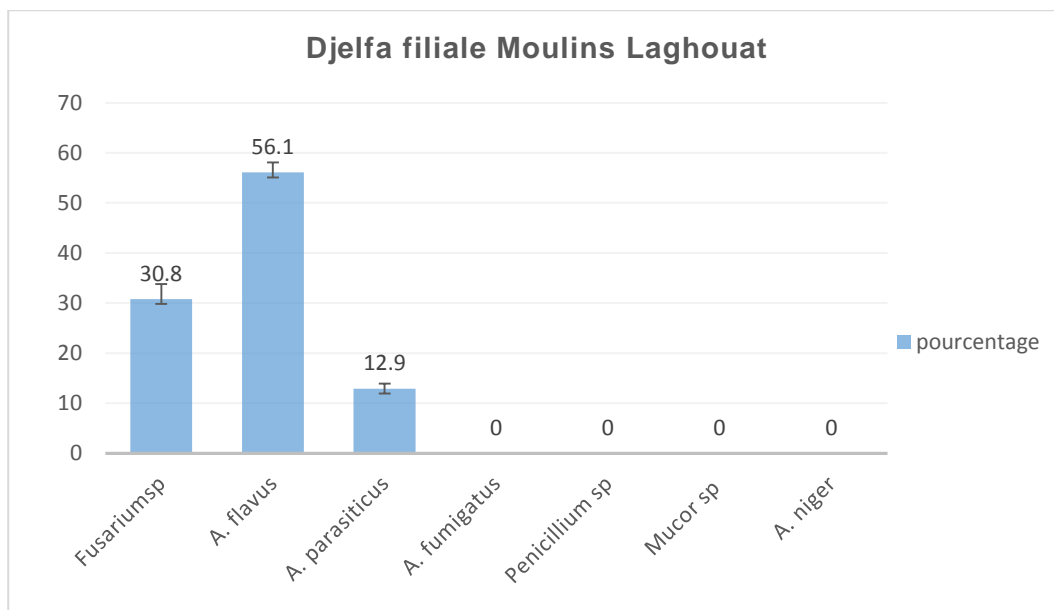


Figure 21.11 : Fréquence des espèces fongiques isolées de la farine boulangère issue des moulins de **Djelfa filiale moulins Laghouat** (échantillon Djm)

Figure 21.11 montre que l'espèce la plus dominante est l'*A.flavus* et la présence d'*A.parasiticus* qui sont un mycoflore de stockage suivi par la présence de *Fusarium sp*, ces toutes espèces ont une capacité de produire des mycotoxines dans certaines conditions.

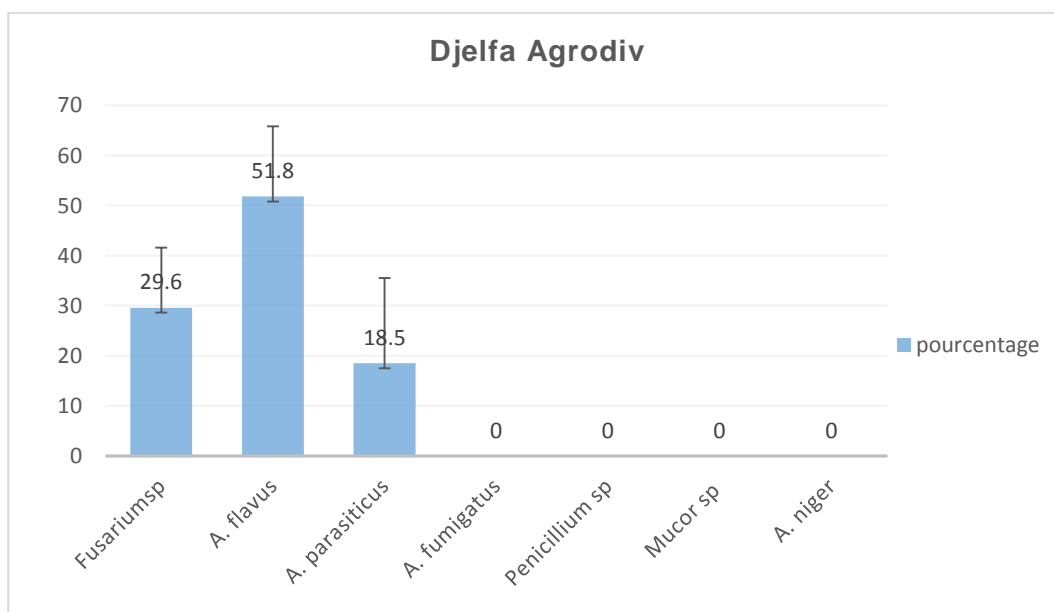


Figure 21.12 : Fréquence des espèces fongiques isolées de la farine boulangère issue des moulins de **Djelfa Agrodiv** (échantillon Dja)

Figure 21.12 indique que l'espèces la plus dominante est l'*Aspergillus flavus* on remarque la présence de *Fusarium sp* et *A.parasiticus* avec des taux moyens, ces espèces appartiennent au mycoflore toxino-gène.

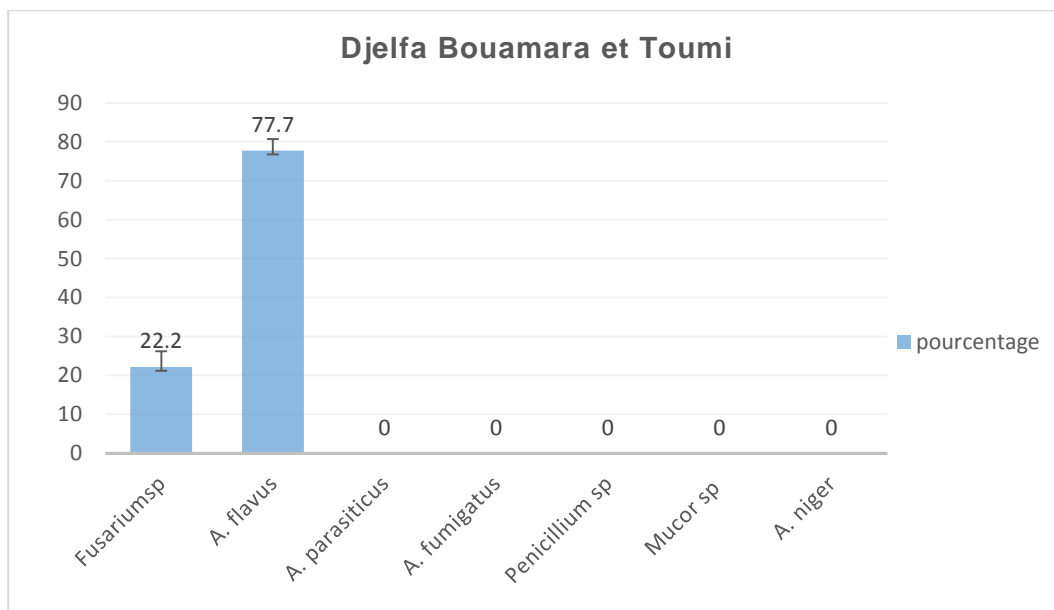


Figure 21.13: Fréquence des espèces fongiques isolées de la farine boulangère issue des moulins de **Djelfa Bouamara et Toumi**(échantillon Djb)

Figure 21.13 : l'espèces la plus dominante est l'*Aspergillus flavus* on remarque la présence de *Fusarium sp* avec une abondance moyenne et l'absence des autres espèces fongiques dans cet échantillon, ces deux souches considérées toxigènes.

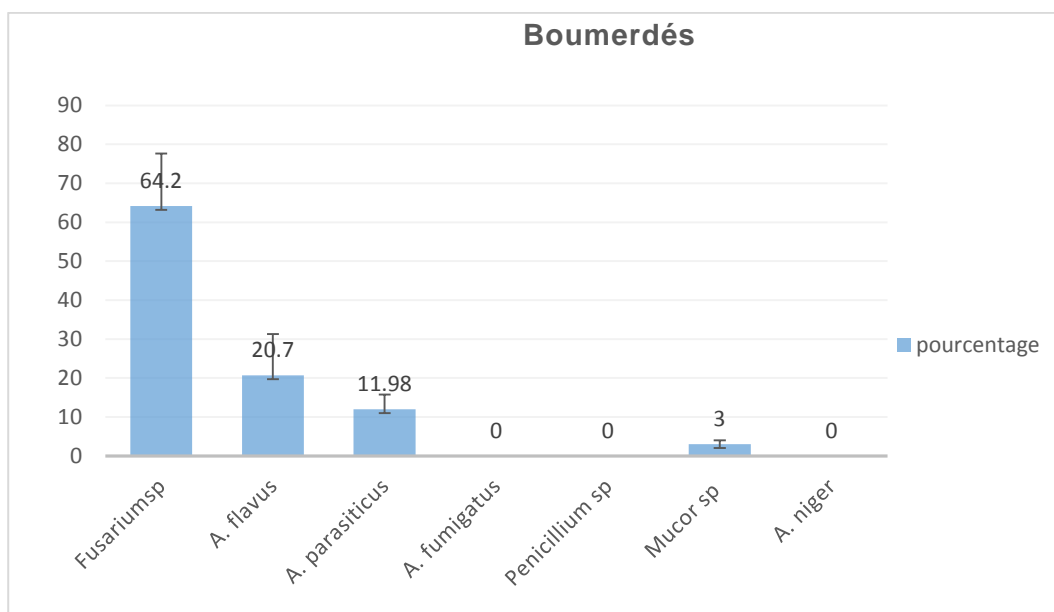


Figure 21.14: Fréquence des espèces fongiques isolées de la farine boulangère issue des moulins de **Boumerdés** Agroddiv(la moyenne des échantillons Bs01,Bs02,Bs03,Bs04 et Bs05)

La figure 21.14 démontre encore la dominance de l'espèce *Fusarium sp*, suivi par les espèces *A.flavus* et *A.Parasiticus*, et la *Mucor sp* avec une faible abondance dans ces échantillons, on note aussi la dominance de mycoflore toxigène dans cette farine.

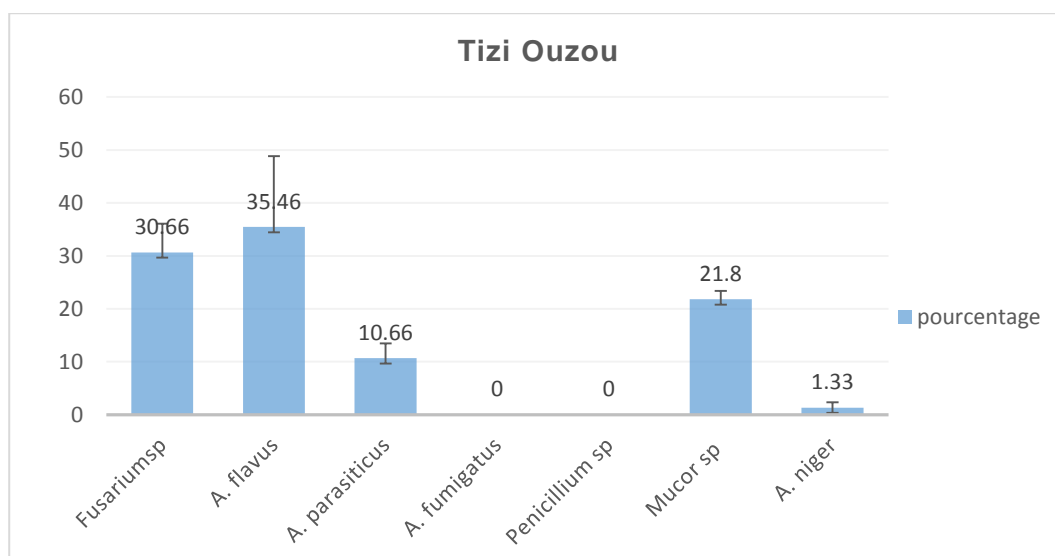


Figure 21.15 : Fréquence des espèces fongiques isolées de la farine boulangère issue des moulins de **Tizi Ouzou** Agrodif (la moyenne des échantillons Tz01, Tz02, Tz03, Tz04 et Tz05)

Figure 21.15 La farine des moulins **Tizi Ouzou** montre une grande variété des espèces fongiques (mycoflore du stockage et des champs), et le taux de *Mucor sp* est plus élevé par rapport à la farine des autres sources (espèces non toxigènes), alors que les premières espèces capables de sécréter des mycotoxines dans cette denrée alimentaire.

Discussion :

Les céréales sont à la base de l'alimentation humaine, leur détérioration présente un danger menaçant la nutrition de l'homme. Les grains de céréales forment un excellent substrat pour les moisissures (Mills, 1990).

Le développement des moisissures requiert certaines conditions telles que le pH et l'humidité. Les 30 échantillons de farine Boulangère prélevés sont analysés pour connaître et déterminer les différents genres et espèces des moisissures productrices ou non des mycotoxines.

L'analyse de la flore fongique totale des différents échantillons de farine montre une contamination élevée dans les échantillons issues de moulins Oran (Or 03 et Or 04) et Boumerdes (Bs 03 , Bs 04 et Bs 05) le nombre des moisissures dépasse la norme fixée par la législation algérienne pour les farines et semoules (10^4 ufc/g) ils sont de qualité non satisfaisante on suppose que l'humidité dans ces régions littorales favorise le développement des moisissures alors que les échantillons issue des moulins des régions internes sont moins contaminées, ils sont de qualité acceptable et même satisfaisante.

Il est à noter que les espèces les plus dominantes dans nos échantillons de farine boulangère sont les *Aspergillus* et les *Fusarium* suivent par les espèces de *Penicillium* et *Mucor*. Les genres *Aspergillus* et *Penicillium* constituent la flore essentielle du stockage car ils tolèrent l'humidité la plus faible, ces résultats sont en accord avec les recherches de **RIBA A** qui mentionne également la dominance du genre *Aspergillus* notamment *A. flavus* et *A. niger* dans les céréales et les produits céréaliers des régions où le climat est caractérisé par de longues périodes chaudes et sèches (RIBA A, 2008). Par conséquent, ils sont responsables de la plupart des accidents de conservation d'origine microbiologique pour les produits alimentaires (Godon et Loisel, 1997).

Les autres moisissures identifiées, les *Fusarium*, et les *Mucor* En effet, l'origine de la contamination de farine par ces moisissures est difficile de préciser (champ, transport, lieu de stockage,...). Selon, (Molinié, PfohlLeszkowicz, 2003), l'origine est mal connue, mais les spores disséminées par l'air peuvent provenir du champ ou de la poussière présente dans les infrastructures de stockage. Si les conditions de stockage sont défavorables, ces moisissures constituent des facteurs de biodétérioration des céréales affectant la qualité technologique des matières premières, ou la qualité sanitaire par la sécrétion des mycotoxines.

Ces observations confortent l'idée selon la quelle la contamination peut avoir lieu au champ, au cours du stockage et après transformation des graines en farine.

Parmi les moisissures identifiées dans cet étude trois genres sont considérées toxigènes *Aspergillus*, *Fusarium* et *Penicillium* et la sécrétion des mycotoxines est conditionnée par la présence de certains facteurs conduisant à l'imprégnation mycotoxique d'une denrée, ces facteurs liés non seulement à la souche fongique mais également à l'ensemble des conditions écologiques.

Généralement on admit que plus le taux initial de la contamination par des espèces toxigènes est important et plus les risques d'imprégnations toxiques sont élevés.

Conclusion :

La farine c'est un aliment la plus consommée en Algérie, la contamination de ce aliment peut entraîner des problèmes sanitaire et économiques, Cependant, il existe plusieurs sources de pollution, pendant la culture ou le transport maritime par les bateaux ou pendant le stockage dans les silos ou au cours de la transformation du blé tendre en farine ou au transport à des boulangeries.

Nous avons montré à travers cette étude que cette denrée alimentaire est d'une part contaminée aussi bien par des moisissures toxigènes de champs (*Fusarium*) que par des moisissures toxigènes de stockage (*Aspergillus*, *Penicillium*...).

La présence des agents fongiques ne signifie pas nécessairement la production des mycotoxines et que la production de ces dernières est conditionnée par des facteurs endogènes et exogènes.

Pour éviter la contamination de blé tendre et la farine, il faut :

Appliquer les bonnes pratiques agricoles (utilisation raisonnée d'insecticides et/ou de fongicides)

- Respecter des conditions favorables de stockage dans les silos .
- Respecter des conditions appropriées de transport.
- Appliquer de système HACCP (système d'analyse des dangers et points critiques) dans les établissements de transformation de blé tendre en farine.
- Encourager la production nationale du blé tendre pour avoir l'autonomie et de produits de l'année et pour éviter les longues périodes de stockage.
- Renforcer le système de contrôle de qualité au niveau des ports et frontières et au niveau des silos de stockage et au niveau de minoterie et boulangeries.
- Compléter le contrôle par le dosage des mycotoxines par l' HPLC (chromatographie liquide à haute performance).

Et en fin il serait intéressant, en perspective :

- D'élargir les recherches sur d'autres types de denrées alimentaires à large consommation (semoule de blé dur, couscous, riz, maïs, légumes secs, épices, etc.) susceptibles d'être contaminés par les champignons toxigènes.
- D'étudier d'une manière approfondie l'écologie des champignons toxigènes et l'influence des conditions de stockage (température, humidité, composition en gaz) sur la toxigenèse.
- De faire une étude comparative entre la qualité de blé tendre local et le blé tendre importé.

Références bibliographiques

• القرآن الكريم «سورة يوسف» من الآية رقم 45 الى الآية رقم 49.

1. **Abecassis, J. (1993).** "Nouvelles possibilités d'apprécier la valeur meunière et la valeur semoulière des blés." *Industries des céréales*(81): 25-37.
2. **Abecassis, J. (2015).** "La filière blé dur." INRA-UMR IATE, Trafoon 24.
3. **Alex P. Wacoo, Deborah Wendi, Peter C. Vuzi, et Joseph F. Hawumba, 2014.** Methods for Detection of Aflatoxins in Agricultural Food Crops. *Journal of Applied Chemistry*. Volume 2014, Article ID 706291, 15 pages
4. **Anonyme A, (1999)** . Extrait tiré des Nouvelles de la Boulangerie Pâtisserie Supplément Technique I.N.B.P– 1er février 99,
5. **Atoui A., (2006)** Approche de la mycotoxinogénèse chez *Aspergillus ochraceus* et *Aspergillus carbonarius*: étude moléculaire et physiologique. Thèse de doctorat d'université : Microbiologie et biocatalyse industrielles. Toulouse : Institut National Polytechnique. France. P:17
6. **Atwell, W. A. (2001).** "Wheat flour."
7. **Baculard A, Tournier G.** Aspergilloses broncho-pulmonaires et mucoviscidose , *Rev. Pneumol.Clin*, 1995. 51, 159-162.
8. **Badillet G, de Briève C, Guého E.** Champignons contaminants des cultures, champignons opportunistes, dans : Atlas clinique et biologique, volume II. Paris: Edition VARIA, 1987.
9. **Balzer A., Tardieu D., Bailly D., et Guerre P., (2004)** Les trichothécènes : nature des toxines, présence dans les aliments et moyens de lutte. *Revue Méd. Vét* 155, 6, 299-314. P :299
10. **Benali A,** Blé, L'Algérie a importé plus d'un million de tonnes en deux semaines, article de presse électronique, 30/01/2022, www.algerie-eco.com .
11. **Benbelkacem, A., Sadli, F., & Brinis, L. (1995).** Research on durum wheat quality in Algeria. *Options Méditerranéennes. Serie A: Séminaires méditerranéens (CIHEAM)*.
12. **Bennett J.W and Klich M.** Mycotoxins. *Clinical. Microbiology Review* 16, 2003. pp. 497-516.
13. **Bessaoud O,** L'algérie et le marché des céréales, revues de l'académie d'agriculture de France 2018, p 20.
14. **Bonneuil, C., E. Demeulenaere, et al. (2007).** "Innover autrement? La recherche face à l'avènement d'un nouveau régime de production et de régulation des savoirs en génétique végétale." *Dossiers de l'environnement de l'INRA*(30) : 29-53.
15. **Botton B, Buton A, Fèvre M, et al.** Moisissures utiles et nuisibles : importance industrielle. Paris: Masson 2^{ème} édition, 1990. 442p.

16. **Botton. B, Breton. A, Fevre.M, Gauthier. S, Guy. Ph, Larpent J.P, Reymond. P, Sanglier J.J, Vayssier.Y, Veau.P, 1990.** Moisissures utiles et nuisibles importance industrielle, 2^{ème} édition, MASSON.ISBN :2-225-81987-4.
17. **Brochard G, Le Bacle C, 2009** Mycotoxines en milieu de travail, documents pour le médecin du travail N 119, 3^{ème} trimestre p 304.
18. **Cairns-Fuller V., Aldred D., Magan N., 2005.** Water, temperature and gas composition interactions affect growth and ochratoxin A production by isolates of *Penicillium verrucosum* on wheat grain, *J. Appl. Microbiol.*, 99, 1215-1221
19. **Chabasse D., Bouchara J. P., de Gentile L., Brun S., Cimon B., and Penn P. (2002).** Les moisissures d'intérêt médical, Cahiers de Formation Bioforma, N-25, Paris: Editions Bioforma.
20. **Chagnier B., Richard-Molard, 1998,** moisissures des aliments peu hydratés, collection sciences et techniques agroalimentaires, 171-175.
21. **Djermoun A, 2003,** la production céréalière en Algérie : les principes caractéristiques, département d'agronomie, université Hassiba Ben Bouali, chef, p143
22. **D'Halewyn M. A., Leclerc J. M., King N., Bélanger M., Legris M., and Frenette Y. (2002).** Document synthèse : Les risques à la santé associés à la présence de moisissures en milieu intérieur.
23. **Duran J.A, Malvar A, Pereiro M, Pereiro Jr.M.** *Fusarium moniliforme* keratitis, *Acta ophthalmol, Scand.* 67, 1989. pp.710-713.
24. **Feillet, P. (2000).** Le grain de blé: composition et utilisation, Editions Quae.
25. **G. Brocard et C. le Bacle, 2009.** Document mycotoxine en milieu de travail. Département Etude et assistance médicale, INRS.
26. **G. Reboux , S. Roussel, F. Grenouillet ., 2006.** Moisissures de l'environnement agricole Page :25
27. **Gams W, Christensen M, Onions A.H.S, et al.,1986.** Infrageneric taxo of *Aspergillus*, in : Samson R.A. Pitt
28. **Geisen, R., Schmidt-Heydt, A., Karolewicz, A.,2006.** A gene cluster of the ochratoxinA biosynthetic genes in *Penicillium*. *MycotoxinRes.* 22, 134–14
29. **Godon, B. et Loisel W., 1997.** Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales. 2^e édition. Tech & Doc, Paris. 819 pages
30. **Guarro J, Gene J.,1992.** *Fusarium* infections, Criteria for the identification of the responsible species,
31. **Guinet., (2006).** Technologie du pain français ; In , pain et nutrition P.P.I.S, (Ed) paris, P.75.

32. **Gupta A.K, Baran R., 2000.** Summerbell R.C. Fusarium infections of the skin. *Curr Opin Infect.Dis.* 13[2], pp.121-128.
33. **Heit S., (2015)** Identification des fusarium et détection des mycotoxines associées par MALDI-TOF. Thèse de l'université de Lorraine Faculté de Pharmacie. P :23, 24, 25, 26, 27, 29, 33, 34, 38, 39, 41.
34. **J. L. Moltaon. (1991).** Techenque d'analyse et de contrôle industries agro alimentaire (2 e edition éd., Vol. 4).page 349
35. **J. L. Moltaon. (1991).** Techenque d'analyse et de contrôle industries agro alimentaire (2 e edition éd., Vol. 4).page 349.
36. **Duran J.A, et al.,1986.** Advances of Penicillium and Aspergillus systematics. London&New-York, Plenum Publi..
37. **Jouany , J. P. &Yiannikouris , A., 2002.** Les mycotoxines dans les aliments des ruminants, leur devenir et leurs effets chez l'animal. *INRA Productions Animales* **15 (1)**, 3-16.
38. **Journal officiel N° 39 de 2 juillet 2017** , arrete interministeriel du moharm 1438
correspondant au 4 octobre 2016 fixant les criteres microbiologiques des denres alimentaires.
39. **Kendrick,B.,1999.** The fifth kingdom. 2nd edition. Mycologue Publications.
<http://www.mycolog.com/fifhtoc.html>.
40. **Larone D.H., 1987.** Medically important fungi. A guide to identification, 2nd edition. New-York, London, Amsterdam : Elsevier Science Publishing, 230p.
41. **Le Bars J., 1984.** Developpement des moisissures dans les denrées alimentaires et mycotoxinogenèse. In "Les mycotoxines : Connaissances actuelles et risques pour la santé publique dans la chaine alimentaire".J.L. Multon, Ed. Paris. 278p.
42. **LE Bars, 1990.** Encyclopédie mycologique. Tome 1. Edition Paul Lechevallier. Paris.
43. **MahendraRai and George Kovics ., 2010.** Progress in Mycology. Page: 97.
44. **McKevith, B.,2004.** "Nutritional aspects of cereals." *Nutrition Bulletin* **29(2)**: 111-142.
45. **Ménard, G. et A. Boudreau.,1992.** "Le blé." SAINTE-FOY (Québec) Canada 2
46. **Methods for Detection of Aflatoxins in Agricultural Food Crops.**
47. **Miller , J.D. &Trenholm, H.L., 1994.** Mycotoxins in Grain: Compounds otherthan Aflatoxins. Eagan Press, St Paul MN.
48. **Mills, J.T. 1990.** Mycotoxins and fungi on cereal grains in western in western Canada. *Can.J.Physiol.Pharmacol.*68, p 982
49. **Minoterie Tafna, (2017),** Présentation de la minoterie, diagramme de fabrication de la farine.

50. **Morin O.** *Aspergillus et aspergilloses : biologie*, Ed. Techniques, Encyl. Mèd. Chir. Paris : Elsevier, 1994. Maladies infectieuses 8-600-A-10.
51. *Mycoses*, 35, 1992. pp. 109-114.
52. **Nishio Z., Iriki N., Takata K., Ito M., Tabiki T., and Murray T. D. (2008).** Influence of cold-hardening and soil matric potential on resistance to speckled snow mold in wheat, *Plant Disease* 92:1021-1025.
53. **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.
54. **Pitt J.I, Hocking A.D.** *Fungi and Food spoilage*, 2nd edition. London : Blackie Academic and Professional, 1987.
55. **Pitt J.I, Hocking A.D., 1985.** *Fungi and food spoilage*. Sydney: Academic Press.
56. **Pitt J.I., 2000,** Toxigenic fungi and mycotoxins. *Br. Med. Bull*, 56 (1). pp. 184-192
57. **Pitt, J.I., Hocking, A.D., 2009.** *Fungi and Food Spoilage*. Springer Science + Business Media, New York.
58. **Raper K.B,** Fennel D.I. *The genus Aspergillus*. New-York, USA, William &Wilkinson, 1965.
59. **Riba, A, (2008).** Recherche sur les champignons producteurs d'aflatoxines et d'ochratoxine A dans la filiere blé en Algérie, These de doctorat d'état en sciences biologiques, université de Mouloud Mammri de Tizi Ouzou.
60. **Riley, R. T. & Norred, W. P. (1999).** Mycotoxin prevention and decontamination – a case study on maize, in *Food, Nutrition and Agriculture*, FAO, Food and Nutrition Division 23, P. 25-32.
61. **Roquebert M.F.** Taxonomie des moisissures : Méthodes de culture et techniques d'observation, in : *Moisissures des aliments peu hydratés*, Paris : Tec&Doc, 1998. pp. 39-95.
62. **Samson R.A, Hoekstra E.S,** Oorschot C.A.N. *Compendium of spoil fungi*. Volume 1. London : Academic Press, 1980.
63. **Stevens N. J., Schmitt D. O., Cole T. M. and Chan, L. K. (2006).** Technical note: Out-of-plane angular correction based on a trigonometric function for use in two-dimensional kinematic studies, *American Journal of Physical Anthropology*, 129: 399-402.
64. **Storey E, Dangman K.H, Schenck P, et al , 2004.** Guidance for clinicians on the recognition and management of health effects related to mold exposure and moisture indoors. Formington, University of Connecticut Health Center.

- 65. Stroia, C. T. (2010).** Incidence of Fusarium species and its mycotoxins in cereals from western Romania. *Research Journal of Agricultural Science*, 42(2), 302-309.
- 66. Surget, A. and C. Barron., 2005.** "Histologie du grain de blé." *Industries descéréales*(145): 3-7.
- 67. Talamalil ., (2000) .** La libération du marché des céréales en Algérie office algérien interprofessionnel des céréales OAIC Acte du premier symposium internationale sur la Filière blé, Alger , Algérie , P.11- 18.
- 68. Toffa, D.D. (2015).** Étude de la contamination de certains aliments d'origine végétale de la république de Niger les moisissures toxigènes.
- 69. Tozlovanu M., (2008)** Evaluation du risqué de contamination alimentaire en mycotoxine néphrotoxique et cancérogène (notamment l'ochratoxine A): validation de bio marqueurs s'exposition et effet. Thèse de docteur de l'institut national polytechnique de Toulouse. P : 41,44,
- 70. Trenholm H.L, Prelusky D.B, Young J.C, Miller J.D.** Reducing Mycotoxins in Animal Feeds, Agriculture Canada, A63, 1988.
- 71. Yannikouris A et Jouany. J.P., 2002.** Les mycotoxines dans les aliments des ruminants ; leur devenir et leurs effets chez l'animal, INRA, *Prod.Anim*, 15 (1), ; 3-16.
- 72. Zinedine, A,2004.** Détermination des mycotoxines dans les aliments et étude de la réduction des aflatoxines par les bactéries lactiques isolées des ferments panaires traditionnels, Thèse de doctorat en biologie – Université Sidi Mohammed Ben Abdellah – Maroc.

Annexes

Annexe 1 : Matériels et produits de laboratoire :

Les verreries et l'appareillage, les milieux de culture ainsi que le solvant utilisé au cours de la réalisation de ce travail sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 11 : Matériels, milieux de culture et solvants utilisés au laboratoire

Verreries et appareillages	Milieux de culture	Solvants utilisés
Autoclave	Gélose pomme de terre glucosée et gélosée (PDA)	L'eau physiologique Lactophénol
Bain marie		
Balance analytique		
Barreau magnétique		
Bec Bunsen		
Béchers		
Boîtes de pétri		
Erlenmeyer		
Incubateur à 26° C		
Micropipette		
Pipettes pasteur		
Agitateur Vortex		

2 : Milieu PDA (Potatoes Dextrose agar)

Pomme de terre	300g
Glucose	30g
Agar	25g
Eau distillé	25ml

3 : Eau physiologique milieu hydraté flacon de 225 ml

Tryptone	1g
Chlorure de sodium	8.5g
Eau distillée	1000 ml
PH à 25C :	7.2

4 : Lactophénol

Acide lactique	100 ml
Phénol	100 g
Glycérol	200 ml
Eau distillé	100 ml

Annexe 2 : Tableau représente les résultats de la mycoflore totale en ufc/g et la fréquence des espèces fongiques dans chaque échantillon de farine.

M : moulins B : boulangerie	Boite 01	Boite 02	Moyenne deux boite boite1+boite (2/2)	Résultat µfc/g Moyenne (100)	Interprétation	Pourcentage %
BL Moulins : Blida Boulangerie: oasis nords	13 <i>A. flavus</i>	15 <i>Fusarium sp</i> 02 <i>A. flavus</i>	15	1500	Qualité Acceptable	<i>Fusarium sp</i> 50% <i>A. flavus</i> 50%
Ch M:Chelf B:Fatima z cite 800	03 <i>Penicillium sp</i> 05 <i>A. flavus</i>	07 <i>Penicillium sp</i>	7.5	750	Qualité satisfaisante	<i>Penicillium sp</i> 66.6% <i>A. flavus</i> 33.3%
ML 01 M:Milaagrodiv B:Rahbetzitouncentre ville	39 <i>A. flavus</i> 15 <i>Fusarium sp</i> 05 <i>Mucor sp</i>	51 <i>A. flavus</i> 10 <i>A. parasiticus</i>	60	6000	Qualité Acceptable	<i>A. flavus</i> 75% <i>Fusarium sp</i> 12.5% <i>A.</i> <i>parasiticus</i> 8.3% <i>Mucor sp</i> 4.1%
ML 02 M:Milaagrodiv B:Sidiyanis	38 <i>A. flavus</i> 27 <i>Fusarium sp</i> 09 <i>A. parasiticus</i>	57 <i>A. flavus</i> 06 <i>A. parasiticus</i> 13 <i>Fusarium sp</i>	75	7500	Qualité Acceptable	<i>A. flavus</i> 63.3% <i>Fusarium sp</i> 26.6% <i>A. parasiticus</i> 10%
Sb M:Sidi Bel abbes B:EssahouaMamoura h	18 <i>Fusarium sp</i> 11 <i>A. parasiticus</i> 16 <i>A. flavus</i> 04 <i>A. fumigatus.</i>	12 <i>Fusarium sp</i> 19 <i>A. parasiticus</i> 04 <i>A. flavus</i> 06 <i>A. fumigatus</i>	45	4500	Qualité Acceptable	<i>Fusarium sp</i> 33.3 % <i>A. parasiticus</i> 33.3 % <i>A. flavus</i> 22.2% <i>A. fumigatus</i> 11.1%
Tgt M:Touggout B:EzahraaElwiam	05 <i>A. parasiticus</i> 05 <i>A. flavus</i> 03 <i>A. fumigatus</i>	15 <i>Fusarium sp</i> 07 <i>A. fumigatus</i>	17.5	1750	Qualité Acceptable	<i>Fusarium sp</i> 42.8 % <i>A. fumigatus</i> 28.5% <i>A. flavus</i> 14.2% <i>A. parasiticus</i> 14.2 %

LagA 01 M:Laghouat Djebel Ammour B:KsarElbzaim	31 <i>Fusarium sp</i> 13 <i>A. flavus</i> 05 <i>Mucor sp</i>	39 <i>Fusarium sp</i> 17 <i>A. flavus</i> 05 <i>A. parasiticus</i>	55	5500	Qualité Acceptable	<i>Fusarium sp</i> 63.6 % <i>A. flavus</i> 27.2% <i>A. parasiticus</i> 4.5 % <i>Mucor sp</i> 4.5%
LagA 02 M:Laghouat Djebel Ammour B:Elquds El M'kam	31 <i>Fusarium sp</i>	14 <i>Fusarium sp</i> 05 <i>A. flavus</i> 05 <i>A. fumigatus</i>	27.5	2750	Qualité Acceptable	<i>Fusarium sp</i> 81.8 % <i>A. flavus</i> 9 % <i>A. fumigatus</i> 9 %
Lag 01 M: Laghouat Moulins Laghouat B: El Djoudi El M'kam	29 <i>Fusarium sp</i> 10 <i>A. parasiticus</i> 07 <i>A. fumigatus</i>	36 <i>Fusarium sp</i> 03 <i>A. fumigatus</i>	42.5	4250	Qualité Acceptable	<i>Fusarium sp</i> 76.4 % <i>A. parasiticus</i> 11.7 % <i>A. fumigatus</i> 11.7 %
Lag 02 M: Laghouat Moulins Laghouat B: Gannou El wiam	47 <i>Fusarium sp</i> 10 <i>A.parasiticus</i> 08 <i>A. fumigatus</i>	33 <i>Fusarium sp</i> 02 <i>A. fumigatus</i>	50	5000	Qualité Acceptable	<i>Fusarium sp</i> 80 % <i>A. parasiticus</i> 10 % <i>A. fumigatus</i> 10 %
Ms 01 M:M'sila B: El wafaa cite La silice	22 <i>Fusarium sp</i> 16 <i>A. parasiticus</i> 05 <i>A. flavus</i>	14 <i>A. parasiticus</i> 10 <i>A. fumigatus</i> 13 <i>Fusariumsp</i>	40	4000	Qualité Acceptable	<i>Fusariumsp</i> 43.7 % <i>A. parasiticus</i> 37.5 % <i>A. fumigatus</i> 12.5 % <i>A. flavus</i> 6.2 %
Ms 02 M:M'sila P:Elkhairat El wiam	12 <i>Fusarium sp</i> 15 <i>Penicillium sp</i> 07 <i>A. fumigatus</i>	08 <i>Fusarium sp</i> 03 <i>A. fumigatus</i>	22.5	2250	Qualité Acceptable	<i>Fusarium sp</i> 44.4 % <i>Penicillium sp</i> 33.3 % <i>A. fumigatus</i> 22.2 %
Bj M:Bejaia B:Elhayat El Mhafir	51 <i>Fusariumsp</i> 33 <i>A. flavus</i> 09 <i>A. fumigatus</i>	49 <i>Fusarium sp</i> 17 <i>A. flavus</i> 06 <i>A. fumigatus</i>	82.5	8250	Qualité Acceptable	<i>Fusarium sp</i> 60.6 % <i>A. flavus</i> 30.3% <i>A. fumigatus</i> 9 %
Or 01 M:OranAgrodiv B:Elkhairat cite saciBoulafaa	17 <i>Fusarium sp</i> 15 <i>Mucor sp</i>	18 <i>Fusarium sp</i> 05 <i>A. flavus</i>	27.5	2750	Qualité Acceptable	<i>Fusarium sp</i> 63.6 % <i>Mucor sp</i> 27.2% <i>A. flavus</i> 9 %
Or 02 M:OranAgrodiv B:Elquds cite 800	43 <i>Fusarium sp</i> 17 <i>A. flavus</i>	22 <i>Fusariumsp</i> 03 <i>A. flavus</i> 05 <i>Penicillium sp</i>	45	4500	Qualité Acceptable	<i>Fusarium sp</i> 72.2 % <i>A. flavus</i> 22.2% <i>Penicillium sp</i> 5.5 %

Or 03 M:OranAgrodiv B: El Baraka El Mhafir	84 <i>Fusarium sp</i> 15 <i>A. parasiticus</i> 13 <i>A. flavus</i>	76 <i>Fusarium sp</i> 26 <i>A. parasiticus</i> 17 <i>A. flavus</i>	115.5	11550	Qualité non satisfaisante	<i>Fusarium sp</i> 69.2 % <i>A. parasiticus</i> 17.7 % <i>A. flavus</i> 12.9%
Or 04 M:OranAgrodiv B:Ghazza El Mamourah	63 <i>Fusarium sp</i> 37 <i>A. flavus</i> 19 <i>A. parasiticus</i>	62 <i>Fusarium sp</i> 38 <i>A. flavus</i> 16 <i>A. parasiticus</i>	117.5	11750	Qualité non satisfaisante	<i>Fusarium sp</i> 53.1 % <i>A. flavus</i> 31.9 % <i>A. parasiticus</i> 14.8%
Djm M:Djelfa Moulins Djelfa B: El snouci El snaoubar	49 <i>A. flavus</i> 29 <i>Fusarium sp</i> 12 <i>A. parasiticus</i>	51 <i>A. flavus</i> 26 <i>Fusarium sp</i> 11 <i>A. parasiticus</i>	89	8900	Qualité Acceptable	<i>A. flavus</i> 56.1 % <i>Fusarium sp</i> 30.8 % <i>A. parasiticus</i> 12.9 %
Dja M:Djelfaagrodiv B:Errayan Oasis nords	28 <i>A. flavus</i> 26 <i>Fusarium sp</i> 21 <i>A. parasiticus</i>	42 <i>A. flavus</i> 14 <i>Fusarium sp</i> 04 <i>A. parasiticus</i>	67.5	6750	Qualité Acceptable	<i>A. flavus</i> 51.8% <i>Fusarium sp</i> 29.6 % <i>A. parasiticus</i> 18.5 %
Djb M:Djelfa Moulins Bou Aamara et Toumi B: cite Essaada	16 <i>A. flavus</i> 03 <i>Fusarium sp</i>	19 <i>A. flavus</i> 07 <i>Fusarium sp</i>	22.5	2250	Qualité Acceptable	<i>A. flavus</i> 77.7% <i>Fusarium sp</i> 22.2 %
Bs 01 M:BoumerdesAgrodiv B: El Amir Oasis nords	12 <i>A. flavus</i> 05 <i>Mucor sp</i>	50 <i>Fusarium sp</i> 18 <i>A. flavus</i> 10 <i>Mucor sp</i> 05 <i>A. parasiticus</i>	50	5000	Qualité Acceptable	<i>Fusarium sp</i> 50 % <i>A. flavus</i> 30 % <i>Mucor sp</i> 15 % <i>A. parasiticus</i> 5 %
Bs 02 M:BoumerdesAgrodiv B:Cite 11 dec 1963	31 <i>A. flavus</i> 38 <i>Fusarium sp</i> 17 <i>A. parasiticus</i>	47 <i>Fusarium sp</i> 44 <i>A. flavus</i> 18 <i>A. parasiticus</i>	97.5	9750	Qualité Acceptable	<i>Fusarium sp</i> 43.5 % <i>A. flavus</i> 38.4% <i>A. parasiticus</i> 17.9 %
Bs 03 M:BoumerdesAgrodiv B:cite El Makder	101 <i>Fusarium sp</i>	95 <i>Fusarium sp</i> 15 <i>A. flavus</i>	105.5	10550	Qualité non satisfaisante	<i>Fusarium sp</i> 92.8 % <i>A. flavus</i> 7.1%
Bs 04 M:BoumerdesAgrodiv B:ElFateh cite les douanes	89 <i>Fusarium sp</i> 28 <i>A. parasiticus</i> 16 <i>A. flavus</i>	90 <i>Fusarium sp</i> 32 <i>A. parasiticus</i> 24 <i>A. flavus</i>	139.5	13950	Qualité non satisfaisante	<i>Fusarium sp</i> 64.1 % <i>A. parasiticus</i> 21.5% <i>A. flavus</i> 14.3 %
Bs 05 M:BoumerdesAgrodiv B:ElQuds cite El wiam	103 <i>Fusarium sp</i> 33 <i>A. flavus</i> 18 <i>A. parasiticus</i>	102 <i>Fusarium sp</i> 27 <i>A. parasiticus</i> 07 <i>A. flavus</i>	145	14500	Qualité non satisfaisante	<i>Fusarium sp</i> 70.6% <i>A. parasiticus</i> 15.5 % <i>A. flavus</i> 13.7%
Tz 01	10 <i>Fusarium sp</i>	50 <i>A. flavus</i>				<i>A. flavus</i> 66.6%

M: Tizi Ouzou Agrodiv B:centre ville Rue mon ami	06 <i>A. parasiticus</i>	04 <i>A. parasiticus</i> 05 <i>A. niger</i>	37.5	3750	Qualité Acceptable	<i>A. parasiticus</i> 13.3 % <i>Fusarium sp</i> 13.3 % % <i>A. niger</i> 6.66 %
Tz 02 M: Tizi Ouzou Agrodiv B:l'Epi d'or cite El wiam	10 <i>A. flavus</i> 10 <i>A. parasiticus</i>	05 <i>Fusarium sp</i>	12.5	1250	qualité Acceptable	<i>A. flavus</i> 40 % <i>A. parasiticus</i> 40 % <i>Fusariumsp</i> 20 %
Tz 03 M: Tizi Ouzou Agrodiv B: El Nour cite El Mhafir	28 <i>Fusarium sp</i> 27 <i>A. flavus</i>	33 <i>A. flavus</i> 17 <i>Fusarium sp</i>	52.5	5250	Qualité Acceptable	<i>A. flavus</i> 57.1 % <i>Fusariumsp</i> 42.8 % %
Tz 04 M: Tizi Ouzou Agrodiv B:ElBadar Route Elhouaita	06 <i>Mucor sp</i>	04 <i>Mucor sp</i>	05	500	Qualité satisfaisante	<i>Mucor sp</i> 100 %
Tz 05 M: Tizi Ouzou Agrodiv B:ElNouar Ksar Essadikia	43 <i>Fusarium sp</i> 08 <i>A. flavus</i> 02 <i>Mucor sp</i>	42 <i>Fusarium sp</i> 07 <i>A. flavus</i> 08 <i>Mucor sp</i>	55	5500	Qualité Acceptable	<i>Fusarium sp</i> 77.2 % % <i>A. flavus</i> 13.6% <i>Mucor sp</i> 9 %

9- Céréales et produits dérivés

Catégories des denrées alimentaires	Micro-organismes/ métabolites	Plan d'échantillonnage		Limites microbiologiques (ufc/g)	
		n	c	m	M
Farines et semoules	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10	10 ²
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 ²	10 ³
	<i>Bacillus cereus</i>	5	2	10 ³	10 ⁴
	Moisissures	5	2	10 ³	10 ⁴
	Anaérobies sulfito-réducteurs	5	2	10 ²	10 ³
Céréales en grains destinées à la consommation en l'état et non à la transformation	Moisissures	5	2	10 ³	10 ⁴
	Anaérobies sulfito-réducteurs	5	2	10 ²	10 ³
Couscous et pâtes alimentaires	Moisissures	5	2	10 ²	10 ³
	Anaérobies sulfito-réducteurs	5	2	10 ²	10 ³
Pâtes précuites séchées (diouls, ktaef, rechta...)	Levures et moisissures	5	2	10 ⁴	10 ⁵
	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10 ²	10 ³
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 ³	10 ⁴
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	
Pâtes fraîches (nature ou farcies)	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10	10 ²
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 ²	10 ³
	Anaérobies sulfito-réducteurs	5	2	10 ²	10 ³
	<i>Bacillus cereus</i>	5	2	10 ³	10 ⁴
	Moisissures	5	2	10 ⁴	10 ⁵
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	
Produits de biscuiterie	Germes aérobies à 30 °C	5	2	10 ³	10 ⁴
	<i>Escherichia coli</i>	5	2	3	30
	Moisissures	5	2	10 ²	10 ³
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 ²	10 ³
	<i>Salmonella</i> (1)	5	0	Absence dans 25 g	

Annexe 03 : critères microbiologiques de farine (journal officiel N 39, 2017)