

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République algérienne démocratique et populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب  
Université -Belhadj Bouchaib-d'Ain-Temouchent  
Faculté des Sciences et de Technologie  
Département d'Agroalimentaire



## **MÉMOIRE**

**Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master**

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Alimentaires

Spécialité : Agroalimentaire et contrôle de qualité

THEME :

**Estimation de la détérioration fongique de la farine des  
boulangeries de la région d'Ain temouchent**

**Soutenu le : 26 juin 2022**

**Présenté Par :**

- Mlle. ARAB ZINEB
- Mlle. DAOUDI SARRA
- Mr. MEZIANE ALAA EDDINE

**Devant le jury composé de :**

<b>Dr.Bouamra Mohammed</b>	<b>MCA</b>	UAT.B.B (Ain Temouchent) <b>Président</b>
<b>Dr.Khalfa Ali</b>	<b>MCB</b>	UAT.B.B (Ain Temouchent) <b>Examinateur</b>
<b>Dr.Ziane Mohammed</b>	<b>MCA</b>	UAT.B.B (Ain Temouchent) <b>Encadreur</b>

Année universitaire 2021/2022

## ***Remerciements***

*On remercie tout d'abord Dieu le tout puissant pour toute la volonté et le courage qu'il nous adonne pour l'achèvement de ce travail.*

*Nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance à Monsieur ZIANE Mohammed, maître de conférences class A, à l'université de Ain Témouchent, pour avoir accepté de diriger ce travail.*

*Nos remerciements s'adressent également à Dr BOUAMRAM Mohammed, Maître de conférences A Université de Ain Témouchent qui nous a fait honneur de présider le jury, ainsi qu'à Dr KHALFA Ali, Maître de conférences B qui a accepté, d'examiner notre travail, pour leur lecture attentive du mémoire et pour les remarques qu'ils nous adresseront afin d'améliorer notre travail.*

*Enfin, nous remercions nos familles, pour leur soutien moral et financier que nous considérons être une indispensable contribution à l'achèvement de ce projet.*

***Sarah, Zineb, Alaa Eddine***

## *Dédicace*

*Je remercie tout d'abord Dieu tou tpuissant qui m'aguidé dans le bon chemin, de m'avoir donné la force et le courage pour accomplir ce modeste travail que je dédie à:*

*Mon très cher père SAÏD, j'ai la chance d'avoir un père comme toi, l'homme idéal, tu es l'exemple que j'admire, pour tous les sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation. J'espère, cher père, que j'ai gagné ta confiance et ta satisfaction et je ferai de mon mieux pour rester sujet de fierté à tes yeux;*

*Ce travail ne saurait exprimer mon amour, mon respect et ma profonde reconnaissance. Que Dieu te protège et t'accorde santé, longue vie et bonheur ;*

*Ma chère maman ZELBOUNISalima: Tu as fait plus qu'une mère, tu as fait pour que ces enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études. Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur ;*

*Ma Sœur et mon frère : Ferdouse et Ismail ;*

*Mon soutien dans la vie mon frère Lakhdar, je lui souhaite de réussir dans son cheminement vers l'obtention d'un doctorat en médecine.*

*Ma copine Dr MOUSSI Assia, je te remercie d'être avec moi dans toutes les difficultés ;*

*À la mémoire de ma grand-mère: Que Dieu t'accueille dans son paradis; Mes binômes Sarra et Alaa et tous mes collègues de la promotion.*

**ZINEB**

*À ma religion : L'ISLAM, Mon prophète : Mohamed et tous mes frères : Les musulmans*

*Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut. Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance... Aussi, c'est tout simplement que*

*Je dédie ce mémoire à :*

*À mes très chers parents qui m'ont soutenu et encouragés durant toute la période de mes études et à qui je souhaite une longue et heureuse vie;*

*À ma chère sœur Manel qui m'a vraiment encouragé durant toute ma période universitaire ;*

*À mon cher frère Chakib;*

*À toute ma famille paternelle MEZIANE et maternelle SAHRAOUI*

*À mes amis que j'ai vécus avec eux des beaux moments au cours de mon cursus à l'université.*

*A mes binômes Zineb et Sarra*

*En fin, à tous ceux qui m'aime.*

*Alaa Eddine*

*Je dédie ce travail :*

*Ama famille, elle qui m'adoté d'une éducation digne ; son amour a fait de moi ce que je suis au jourd'hui. Et qui m'achaleureusement supportée tencouragé tout au long de mon parcours. Particulièrement à ma mère Chérifa qui m'a soutenu et encouragé durant ces années d'étude .ET je lui souhaite un bon rétablissement et que dieu la préserve.*

*A mes binômes Zineb et Alaa*

*A tous mes amis*

*Aux gens que j'aime : Amine, Fatima, Mohamed, Nebiya .*

## Sommaire

Remerciements

Dédicace

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste d'abréviations

INTRODUCTION

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1.	Généralités sur le blé:	5
1.1.2.	Histoire du blé:	5
1.1.3.	Origine géographique et génétique du blé:	5
1.1.4	Production et importance	7
1.1.4.1.	Dans le monde :	7
1.1.4.2.	En Algérie:	9
1.1.4.3.	AIN TEMOUCHENT:	9
1.1.5.	Morphologie du blé et composition de grain de blé:	9
1.1.8.2.	Dans l'alimentation animale:	11
1.1.8.3.	Dans le domaine non alimentaire:	12
1.1.9.	La mouture de blé tendre:	12
1.2.2.	Composition de la farine:	13
1.2.2.2.	Protéines:	14
1.2.2.3.	Matières grasse (lipides) :	14
1.2.2.4.	Matières minérales :	15
1.2.2.5.	Les pentosanes (polysaccharides non amylacés) :	15
1.2.2.6.	Les vitamines :	15
1.2.2.7.	Les Enzymes :	15
1.2.3.	Type de farine:	15
1.2.3.1.	Taux d'extraction:	15
1.2.3.2.	Taux de blutage:	16
1.2.4.	Différents types de farines commercialisées:	16
1.2.4.1.	La farine ordinaire ou « ménagère »:	16
1.2.4.2.	La farine non blanchie:	17
1.2.4.3.	La farine à gâteaux:	17
1.2.4.4.	La farine à pâtisseries:	17
1.2.4.5.	La farine de boulangerie ou la farine à pain :	17
1.2.5.	Caractéristiques physico – chimiques:	17
1.2.6.	Qualité de la farine boulangère:	18
1.3.	Généralité sur les champignons:	18
1.3.1.	Définition des champignons:	18
1.3.1.1.	Reproduction sexuel:	19
1.3.1.2.	Reproduction asexuée :	19
1.3.4.	Classification des champignons:	21
1.4.	La mycotoxigenèse:	26

1.4.1.	Les conditions de mycotoxicogénese:	26
1.4.3.	Les mycotoxines:	27
2.1.	Description de la région d'étude:	32
2.2.	Prélèvement de Farine boulangère:	32
2.5.	Identification des espèces macroscopique et microscopique:	35
➤	Identification microscopique:	35
2.5.	Mise en évidence de pouvoir mycotoxinogène:	35
2.5.2.	Détection de production de mycotoxine dans le milieu YES :	36
Matériels et Méthodes		39
3.1.	Contamination totale:	42
3.3.	Détection de la production de mycotoxine 3.3.1.Le milieu CEA:	47
3.3.2.	Détection de production de mycotoxine par chromatographie sur couche mince (CCM) :	47
3.4.	Croissance des flores fongiques :	48
Conclusion		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Références Bibliographie		53
Annexes		63

## Liste des tableaux

<i>Tableau 1: Composition chimique du grain de blé</i>	10
<i>Tableau 2: Les différences entre le blé tendre et le blé dur.</i>	11
<i>Tableau 3: Un exemple de bilan d'une mouture de blé à un taux d'extraction de 75 %.</i>	13
<i>Tableau 4: Composition de la farine</i>	13
<i>Tableau 5: Types de farine.</i>	16
<i>Tableau 6: Caractéristiques physico-chimiques de la farine du blé tendre.</i>	18
<i>Tableau 7: Catégorie de champignons selon leur gamme de température de développement</i>	21
<i>Tableau 8: Classifications des champignons</i>	22
<i>Tableau 9: Principaux facteurs influençant la production des mycotoxines</i>	27
<i>Tableau 10: Mycotoxines et moisissures productrices associées retrouvées en alimentation humaine et/ou animal</i>	28
<i>Tableau 11: Structure chimique des principaux mycotoxines</i>	29
<i>Tableau 12: Effets identifiés ou suspectés des principales mycotoxines et mécanismes d'action cellulaires et moléculaires identifiés expérimentalement</i>	30
<i>Tableau 13: Distribution des prélèvements de la farine boulangère, ville d'Ain témouchent.</i>	33
<i>Tableau 14: Méthodologie, variable et distributions utilisés pour l'estimation de concentration de moisissure durant le stockage de la farine.</i>	39
<i>Tableau 15: Concentration fongique dans les échantillons analysés</i>	42
<i>Tableau 16: Aspects macroscopique et microscopique des champignons filamenteux isolés de la farine de blé collectés de boulangeries d'Ain témouchent</i>	44
<i>Tableau 17: Taux de contamination des principaux genres fongiques identifiés dans cette étude.</i>	46
<i>Tableau 18: Valeurs de la croissance des champignons.</i>	49
<i>Tableau 19: Résultats de la simulation de Monte Carlo.</i>	49

## Liste des figures

<i>Figure 1: Représente le blé Triticum Aestivum et Triticum Durum.</i>	5
<i>Figure 2: Diffusion de la culture de blé</i>	6
<i>Figure 3: Phylogénie des blés</i>	7
<i>Figure 4: Evaluation de la production mondiale de blé par continent et au niveau mondial( en tonnes)</i>	8
<i>Figure 5: Evolution des 20 principaux producteurs de blé ( en tonnes)</i>	8
<i>Figure 6: Structure du grain de blé</i>	10
<i>Figure 7: Processus de mouture de blé tendre</i>	12
<i>Figure 8: Cycle de vie des champignons</i>	20
<i>Figure 9: Schéma d'une tête Aspergillaire</i>	23
<i>Figure 10: Schéma d'un Pénicille</i>	24
<i>Figure 11: Genre Fusarium</i>	25
<i>Figure 12: Morphologie de levure Alternaria</i>	25
<i>Figure 13: Localisation géographique de région d'Ain Témouchent</i>	33
<i>Figure 14: Schéma récapitulatif des étapes de la recherche et dénombrement de moisissures</i>	34
<i>Figure 15: Schéma récapitulatif de l'étude expérimentale</i>	37
<i>Figure 16: Représentation graphique de la distribution des genres fongiques dans les échantillons analysés</i>	46
<i>Figure 17: Révélation visuel de la production de mycotoxine sur le milieu YES.</i>	47
<i>Figure 18: Chromatogramme (CCM) de détection de mycotoxine dans le milieu YES</i>	47

### Liste des abréviations :

$A_w$  : activité d'eau.

$C^\circ$  : degré Celsius

CCM : chromatographie sur couche mince.

CEA:Coconutextract agar .

CCLS : les coopératives céréalières et légumes secs.

Dg18: Gélose dichloran à 18 (concentration en masse) de glycérol.

FAO: Food and Agriculture Organization.

PDA: Potato Dextrose Agar.

pH :poids humide

T : température.

U.V : ultra violet

Qx : quintaux :Unité de masse valant cent kilogrammes.

YES:Yeast Extract Sucrose.

.

# **Introduction**

## Introduction

---

L'Algérie occupe l'une des premières places mondiales en termes de consommation de blé (230 kg /tête d'habitant) avec une production locale oscillante entre 2,5 et 4 millions de tonnes, et une consommation estimée à plus de 10,5 millions de tonnes. Ces blés sont principalement utilisés pour la production de pain, sous forme de farine panifiable (**Bessaoud, 2018**).

En effet, l'Algérie occupe la 1<sup>ère</sup> place en terme de consommation du pain avec 49 million de baguette par jour. Le pain est le produit de panification de la farine de blé tendre.

La farine de blé est le produit élaboré à partir des graines de blé « *TriticumAestivum* » par procédé de mouture ou de broyage (**Codex, 1985**). Différents produits sont préparés à partir de la farine de blé comme les biscuits, gâteaux et particulièrement le pain, utilisé dans notre vie quotidienne. La farine de blé se caractérise par une teneur en cendre faible, une teneur en protéine inférieure à 8 (MS %), une teneur en lipide supérieure à 1,4 (MS %), et une teneur en eau inférieure à 15 % qui la protège de l'altération bactérienne mais ne nie pas la présence et la croissance de moisissures. En effet, les moisissures tolèrent ces activités d'eau faible et même peuvent se développer dans ces conditions surtout si les conditions de stockage sont mal-contrôlées.

Les moisissures sont des microorganismes ubiquitaires, existent en abondance aux champs comme était montré par plusieurs auteurs (**Minati et Khalaf, 2020 ; Feradji et Saada, 2018**). Ces auteurs ont montré la présence de *Alternariaspp*, *Fusariumspp*, *Helminthosporium spp*, *Cladosporium spp*, *Penicillium spp*, *Aspergillus spp*, *Rhizopus spp*. La présence et la croissance de ces microorganismes est fortement favorisé par le changement climatique constaté ces dernières années. Parmi ces moisissures, plusieurs espèces peuvent produire des métabolites secondaires toxique appelé mycotoxine.

Les mycotoxines sont des substances chimiques (toxiques pour l'Homme et les animaux), synthétisées notamment par *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria* et *Claviceps*. Actuellement, il existe plus de 400 mycotoxines qui peuvent contaminer de nombreuses denrées alimentaires (**Steyn, 1998**).

L'exposition cumulée à ces mycotoxines, notamment dans le pain, est à l'origine de toxicités aiguës, subchroniques et chroniques engendrant des effets délétères sur le système nerveux central, l'appareil cardiovasculaire, l'appareil respiratoire, l'appareil digestif et le système urinaire. Elles peuvent aussi induire des effets génotoxiques, mutagènes, carcinogènes, tératogènes et immunosuppresseurs (**Bennet et Klich, 2003 ; Afssa, 2006**).

## Introduction

---

L'objectif de notre travail est de rechercher et d'identifier des champignons mycotoxinogènes dans la farine de blé ainsi que de prédire l'altération fongique de la farine boulangère.

Pour atteindre ces objectifs, nous avons subdivisé notre mémoire en deux parties :

- Une première partie bibliographique qui comporte deux chapitres : le premier est consacré à donner des généralités sur la farine, suivi d'un 2<sup>ème</sup> chapitre sur les caractéristiques de la flore fongique et les mycotoxines;
- La deuxième partie présente le matériel et les méthodes utilisées, ainsi que les principaux résultats obtenus et leur discussion.

# **Synthèse Bibliographique**

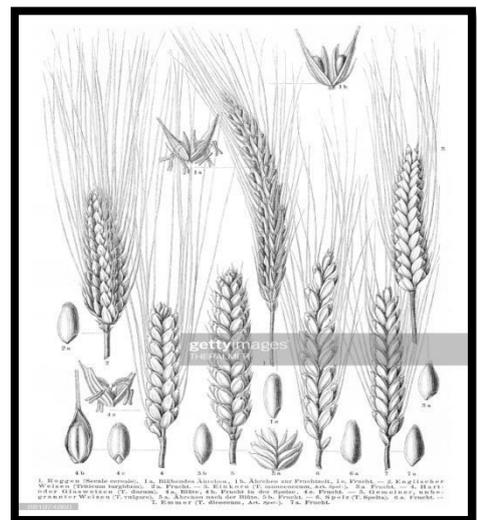
## 1.1. Généralités sur le blé:

### 1.1.1. Définition :

Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des *Gramineae*. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscence, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments. Les deux espèces les plus cultivées sont : le blé dur (*Triticum Durum*) et le blé tendre (*Triticum Aestivum*) (Feillet, 2000).



(*Triticum Aestivum*)



(*Triticum Durum*)

**Figure 1: Représente le blé *Triticum Aestivum* et *Triticum Durum*.**

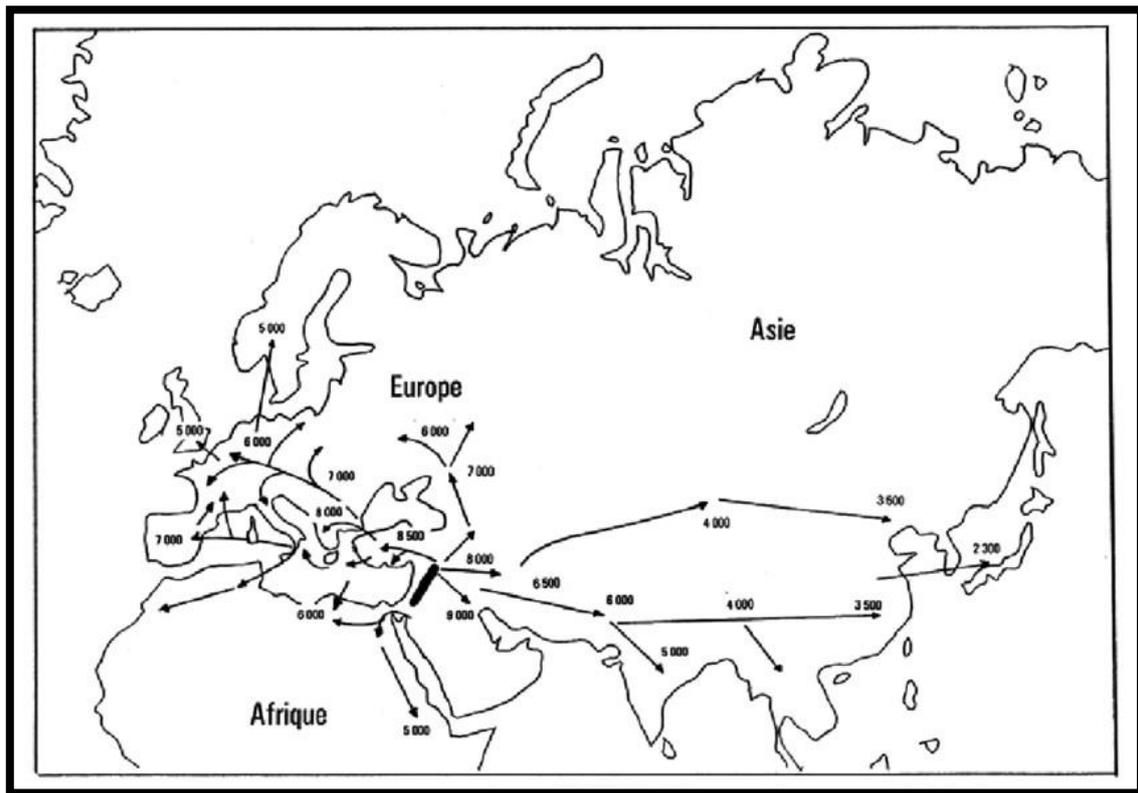
### 1.1.2. Histoire du blé:

Le blé a été domestiqué il y a environ 10 000 ans et s'est depuis répandu dans le monde entier pour devenir l'une des principales cultures (Dubcovsky et Dvorak, 2007).

La domestication du blé, le passage de la chasse et de la cueillette aux modes de vie agraires en Asie occidentale a été un seuil dans l'évolution des sociétés humaines (Dobrovsky et Dvorak, 2007).

### 1.1.3. Origine géographique et génétique du blé:

La plupart des recherches archéologiques ont confirmé que les origines du blé se situent dans la zone du croissant fertile ; zone couvrant la Palestine, la Jordanie, la Syrie, la Turquie, le Liban, L'Irak et une grande partie de L'Iran (Bonjean, 2001).



**Figure 2: Diffusion de la culture de blé (Bonjean, 2001).**

À partir de ce centre d'origine, la culture du blé s'est diffusée vers le Nord-Ouest par les plaines côtières du bassin méditerranéen (l'Italie, la France et l'Espagne), et au travers des Balkans (chaîne montagneuse de la Bulgarie), puis en suivant la vallée du Danube (Ukraine, Moldavie, Bulgarie, Roumanie, Sibérie, Monténégro, Croatie, Hongrie et Slovaquie) pour arriver à la vallée du Rhin (Suisse, France, Allemagne et Pays-Bas), entre 5 000 et 6 000 avant J-C). Dans le même temps, il se diffuse vers l'Asie et l'Afrique. Son introduction en Amérique, et plus encore en Australie, n'est que très récente (Doussinault *et al.*, 2001).

L'évolution du blé s'est donc produite dans de nombreux écosystèmes, de manière relativement indépendante jusqu'au XIXe siècle (Doussinault *et al.*, 2001). Le blé dur et le blé tendre sont des espèces polyploïdes issues de l'hybridation interspécifique de deux et trois espèces diploïdes différentes, respectivement (Figure 03).

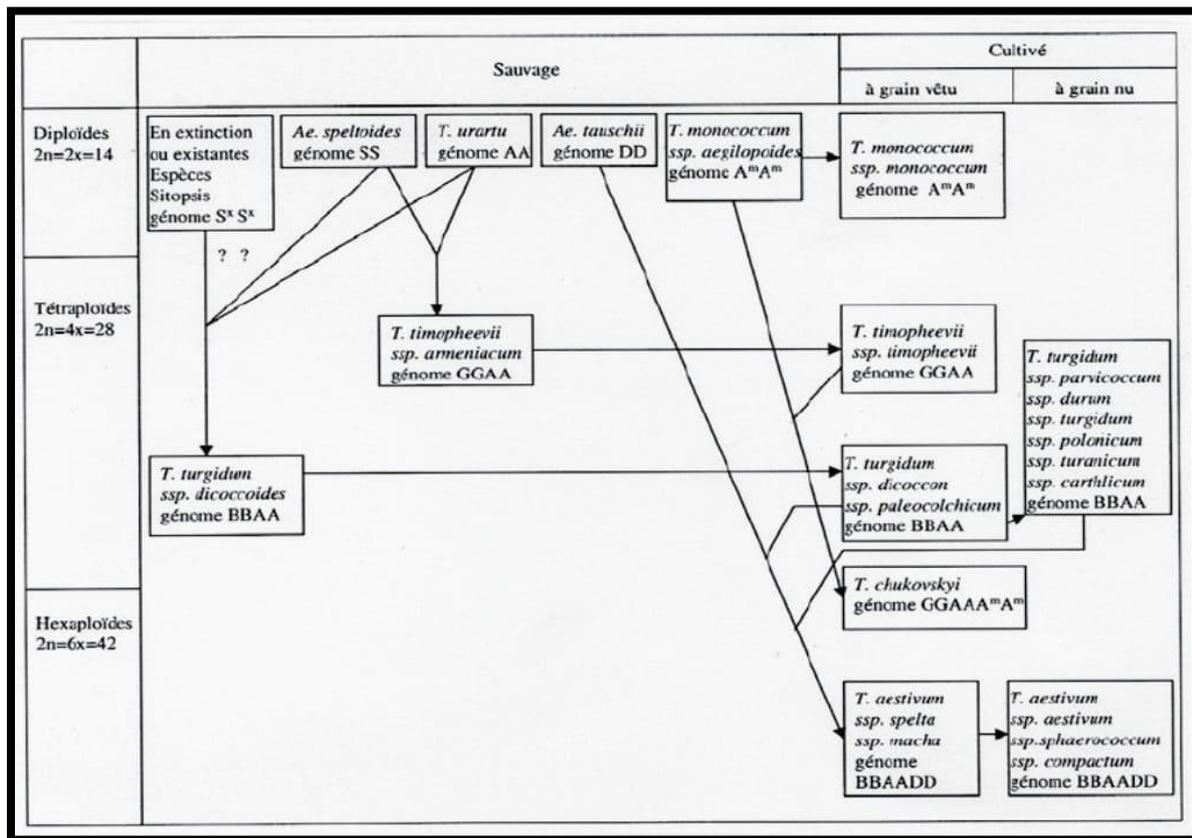


Figure 3: Phylogénie des blés ( Feldman, 2001).

#### 1.1.4. Importance du blé et production:

Le blé joue un rôle essentiel dans l'alimentation directe et également indirecte d'une très large fraction de l'humanité. C'est actuellement la céréale la plus cultivée dans le monde, et la plus commercialisée sur le marché mondial (Charvet, 1977).

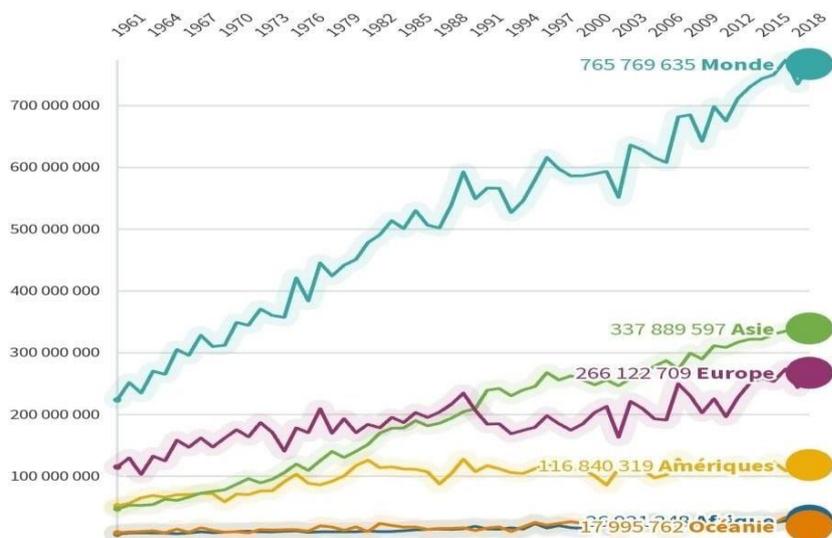
##### 1.1.4.1. Dans le monde :

Le blé est la culture vivrière qui couvre la plus grande surface cultivée au niveau mondial (14 %) et qui représente la part la plus élevée des échanges de produits alimentaires dans le monde (OCDE/FAO, 2020).

La production mondiale de blé a fortement augmenté en 60 ans. Elle est passée de 222,4 millions de tonnes en 1961 à 765,8 millions tonnes en 2019.

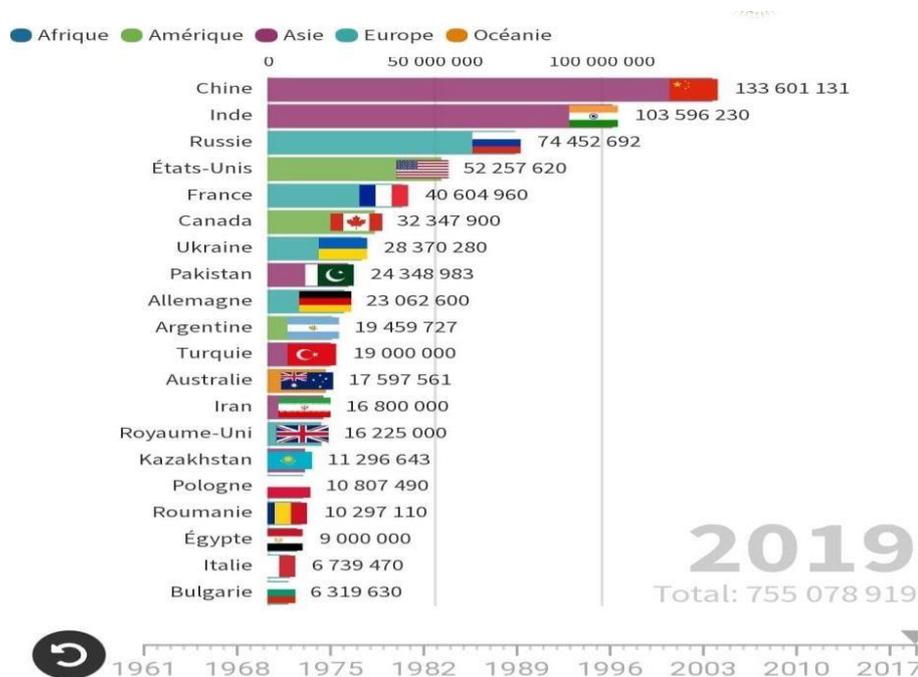
Alors que l'Europe a été leader de la production mondiale de blé jusqu'au début des années 90, elle a été dépassée depuis par l'Asie, dont la production a explosé, passant de 45,8 millions de tonnes en 1961 à 337,9 millions de tonnes en 2019. La production de blé sur le continent américain est également en croissance, mais dans des proportions moins

importantes que pour l'Europe ou l'Asie. Elle est ainsi passée de 50,8 millions de tonnes en 1961 à 116,8 millions de tonnes en 2019 (Olivpro, 2020).



**Figure 4: Evaluation de la production mondiale de blé par continent et au niveau mondial (en tonnes) d'après Fao stat,( 2021)**

En 2019, la Chine et l'Inde sont de loin les deux premiers producteurs mondiaux de blé. Ils dépassent tous les deux les 100 millions de tonnes (Olivpro, 2020).



**Figure 5: Evolution des 20 principaux producteurs de blé ( en tonnes) d'après Fao stat (2021)**

---

#### **1.1.4.2. En Algérie:**

Les céréales et leurs dérivées constituent l'alimentation de base dans beaucoup de pays en développement, particulièrement dans les pays maghrébins (**Djermoun, 2009**).

La production des céréales en Algérie est toujours très faible. Sur les cinq dernières années, la moyenne n'a pas excédé les 42 millions de quintaux et demeure très insuffisante, puisqu'elle ne couvre que 30% des besoins nationaux (**Aissa, 2019**).

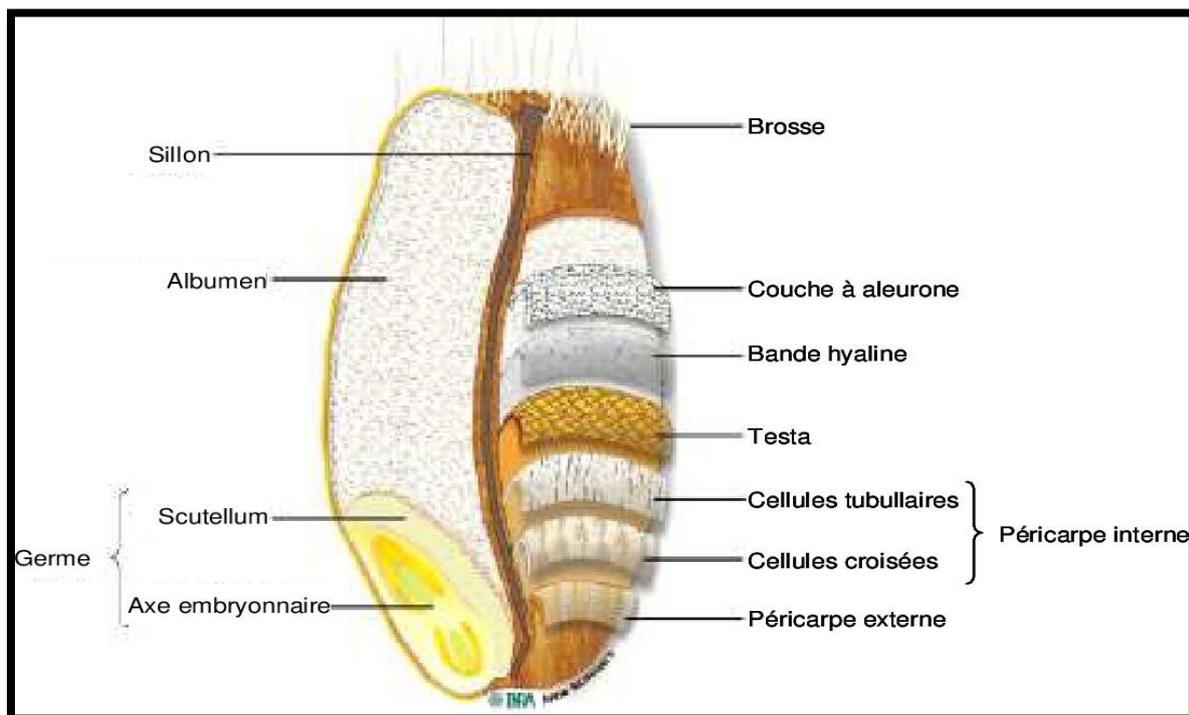
La facture d'importation des céréales ne cesse d'augmenter. L'importation du blé (dur et tendre) représente 65 % des importations des céréales, dont 70% en blé tendre. En 2018, on a importé 8 millions de tonnes de blé (dur et tendre) avec une facture de 1,92 milliard de dollars, dont 7,9 millions de tonnes de blé tendre avec une valeur de 1,48 milliard de dollars (**Aissa,2019**).

#### **1.1.4.3. AIN TEMOUCHENT:**

Une production de près de 1.116 000 quintaux de céréales, toutes variétés confondues, a été relevée, depuis le début de la campagne moisson-battage, selon le directeur des services agricoles (DSA) Ghali Boulouar . Les coopératives céréalières et de légumes secs (CCLS) des communes d'AïnTémouchent et de Hammam Bouhadjar ont accueilli des quantités de production avoisinant les 496.700 quintaux de céréales dont 459.606 qx de blé dur, 32.575 qx de blé tendre et 4.468 qx d'orge, a fait savoir M. Boulouar (**Dk news, 2020**).

#### **1.1.5. Morphologie du blé et composition de grain de blé:**

Le grain de blé à une forme ovoïde (Figure 06) et présente sur la face ventrale un sillon qui s'étend sur toute la longueur. A la base dorsale du grain, se trouve le germe qui est surmonté par une brosse. Le grain de blé mesure entre 5 et 7 mm de long, et entre 2,5 et 3,5 mm d'épaisseur, pour un poids compris entre 20 et 50 mg (**Surget et Barron, 2005**). Par ailleurs, selon **Calvel, (1983)** la couleur de blé varie du roux au blanc. En rapport avec le pays d'origine, le sol, la culture et le climat d'après **Emillie, (2007)**. Un grain de blé est formé de trois régions : **Albumen, Enveloppes et Germe (Feillet,2000)**.



**Figure 6: Structure du grain de blé ( Surget et Barron, 2005).**

#### 1.1.6. Composition chimique du grain de blé :

Le grain est principalement constitué d'amidon (environ 70%), de protéines (10 à 15%) selon les variétés et les conditions de culture), les autres constituants, pondéralement mineurs (quelques% seulement), sont les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines (Feillet, 2000).

**Tableau 1: Composition chimique du grain de blé (feillet, 2000)**

Nature des composants	Teneur (% ms)
<b>Protéines</b>	10 – 15
<b>Amidon</b>	67 – 71
<b>Pentosanes</b>	8 – 10
<b>Cellulose</b>	2 – 4
<b>Sucres libres</b>	2 – 3
<b>Lipides</b>	2 – 3
<b>Matières minérales</b>	1.5 -2.5

### 1.1.7. Différences entre blé tendre et blé dur :

**Tableau 2: Les différences entre le blé tendre et le blé dur ( Doumndji et al.,2003).**

Caractères	Blé tendre	Blé dur
<b>Aspect génétique</b>	03 génomes A, B et C $2n = 42 = 3$	02 génomes A et B
<b>Prédominance</b>	De l'amidon	Des protéines
<b>Aspect de la plante</b>	Feuilles très étroites, Maturation très rapide	Feuilles large Maturation très longue Moisson tardive exigeante de point de vue sol et climat
<b>Forme</b>	Texture opaque Structure de l'amande farineuse	Texture vitreuse

### 1.1.8. Utilisations du blé:

#### 1.1.8.1. L'alimentation humaine:

Les grains de blés tendres sont utilisés pour fabriquer de la farine panifiable (haute teneur en gluten qui donne son élasticité au pain), et de la farine utilisée en pâtisserie ou biscuiterie. Les variétés de blés durs donnent de la farine qui sert à fabriquer les pâtes et la semoule (**Rossin, 2002**). L'industrie en utilise une petite partie pour produire de l'amidon, du malt, du dextrose, du gluten et de l'alcool (**Delphine, 2006**).

#### 1.1.8.2. Dans l'alimentation animale:

L'utilisation de blé dans l'alimentation animale est prédominante dans les pays industrialisés, son utilisation permet la valorisation des sous produits telle que le son et remoulages consommés sous forme de poudres ou granules (**Delphine, 2006**) et aussi les pailles servent également de fourrage des litières (**Rossin, 2002**).

### 1.1.8.3. Dans le domaine non alimentaire:

Il est utilisé dans la fabrication des produits cosmétique, d'alcool et dans l'amidonnerie (fournissant des papiers peints, l'engrais) (Delphine, 2006).

### 1.1.9. La mouture de blé tendre:

#### 1.1.9.1. Principe de la mouture:

Selon Parrenin, (2021), L'opération de mouture permet de séparer les différentes parties du grain de blé et de réduire en farine l'amande farineuse du grain pour obtenir de la farine. La mouture se décompose en 4 étapes : le broyage ; le claquage ; le convertissage et le blutage.

Pour obtenir ce résultat, il faut que le blé soit industriellement pur (Fredot, 2006) (nécessité d'un nettoyage, d'enlever du blé, toutes les impuretés qui y sont présentes) (Feillet, 2001), et préparé d'une façon optimale (une addition d'eau ou de mouillage et un temps de repos ou conditionnement (Calvel, 1980).

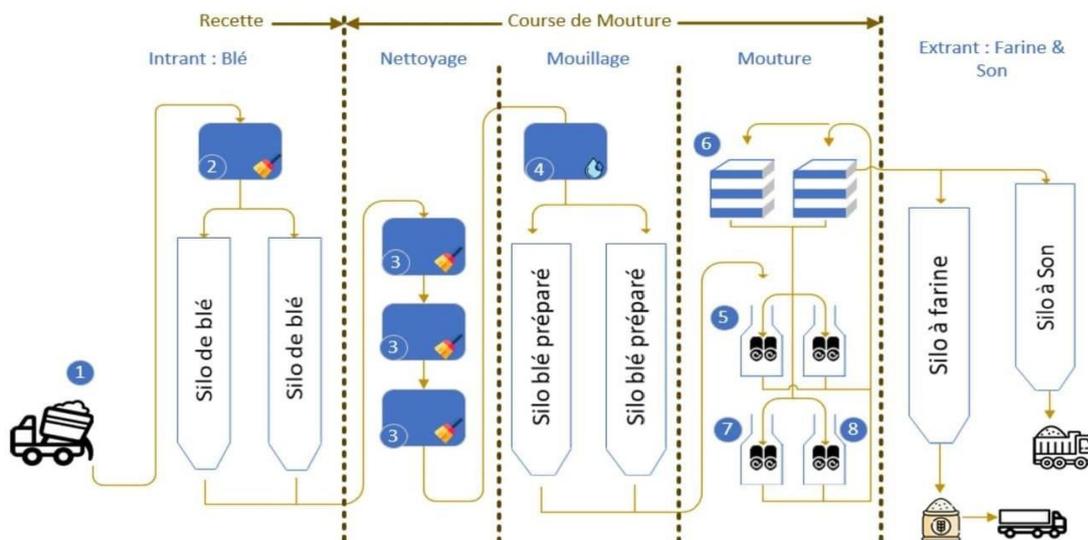


Figure 7: Processus de mouture de blé tendre (Perrenin, 2021)

Les blés livrés, (2) pré-nettoyage, (3) nettoyage, (4) Mouillage, (5) broyage, (6) Blutage, (7) Le claquage (8) Le convertissage.

**Tableau 3: Un exemple de bilan d'une mouture de blé à un taux d'extraction de 75 % (Calvel,1984).**

Farine	75 %
Sons: Gros	9%
Fins	7%
Remoulages bis	3%
Remoulages blancs	5%
Déchets de nettoyage	1 %

## 1.2. Généralités sur la farine:

### 1.2.1. 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**).

### 1.2.2. Composition de la farine:

Comme montre le Tableau n°04, le blé tendre se compose de plusieurs éléments.

**Tableau 4: Composition de la farine ( Boudreau et Menard,1992)**

Éléments	Teneur dans la farine
<b>Eau</b>	14g /100g mat. Humide
<b>Protéines</b>	9-15g /100g mat. sèche
<b>Fibres</b>	1 ,5g-2 /100g mat. sèche
<b>Amidon</b>	70-80g/100g mat. sèche
<b>Lipides</b>	1-2g /100g mat. sèche
<b>Sels minéraux</b>	0,5g /100g mat. sèche
<b>Vitamines</b>	0,0046g /100g mat. sèche

---

### 1.2.2.1. Amidon:

L'amidon est un polysaccharide de réserve L'amidon est le composant le plus abondant présent dans l'endosperme du grain (**Lineback et Rasper, 1988**). Ce glucide est l'élément qui se trouve en plus grande quantité dans l'albumen (**Boudreau et Ménard, 1992**) sa teneur varier (62 à 75% sur le total de farine en base sèche) (**Anne,2018**).

La fraction glucidique est constituée de 2 types de chaînes polysidiques formées d'unités  $\alpha$ D-glucose : (**Banks et Greenwood, 1975**).

- l'amylose (26 % de la fraction glucidique)
- l'amylopectine est le principal constituant glucidique de l'amidon de blé normal avec une fraction de 74%.

### 1.2.2.2. Protéines:

Les protéines sont le deuxième élément en importance dans la farine. Leur teneur varie de 8 % à 16 % (base sèche). Dans la farine de blé il ya 70 à 80 protéines différentes (**Boudreau et Ménard, 1992**). Osborne a classé les protéines de blé selon la base de solubilité et fonctionnalité en 1908. Les protéines étaient divisées en trois grands types : simples, conjugué et dérivé. Osborne a conclu que les protéines présentes dans les tissus végétaux étaient «simples » et composées de quatre grands types (**Malik, 2009**) :

Sont les albumines, les globulines, les prolamines (gliadines) et les glutamines (glutamines). (**Boudreau et Ménard, 1992**).

### 1.2.2.3. Matières grasse (lipides) :

Le taux en lipide varie entre 1,5 et 2% du poids sec, la teneur et la composition des lipides des différentes fractions du blé varient de façon notable (**Guinet et Godon, 1994**).

On compte une vingtaine de substances lipidiques soit 60 environ extractible par l'éther de pétrole considéré libres, par opposition à 40 non extractible, dit lipides liés, représentés principalement de glycolipides (**Boudreau et Ménard, 1992**). Les lipides de la farine ont un effet positif sur la formation du volume de la pâte et du pain pendant le processus de panification (**Malik, 2009**).

---

#### **1.2.2.4. Matières minérales :**

Représentant 0.45 à 0.60, les teneurs en minérales sont peu importantes. La pureté de la farine se juge d'après sa teneur en résidu minéral. Les Matières minérales de la farine apparaissent après calcination, les résidus se retrouvent sous la forme de cendres. Comme les matières minérales existent en plus grande quantité dans les enveloppes du blé, on conclut que moins il y a de cendres, plus la farine est pure (**Feillet, 2000**).

#### **1.2.2.5. Les pentosanes (polysaccharides non amylicés) :**

Les pentosanes sont beaucoup moins abondants que l'amidon, ces glucides ont cependant un effet notable sur le pouvoir d'hydratation de la farine (**Boudreau et Ménard, 1992**). Cette capacité d'absorption en eau influence fortement les caractéristiques rhéologiques des pâtes (**Rouauet al., 1994**).

#### **1.2.2.6. Les vitamines :**

Le blé contient une quantité appréciable de vitamines que l'on retrouve surtout dans le son et le germe. On retrouve les vitamines du groupe B avec une teneur d'environ 4.6 mg/kg. La mouture détruit une partie d'entre eux (**Feillet, 2000**).

#### **1.2.2.7. Les Enzymes :**

Les enzymes sont présentes en petites quantités dans la farine, les plus courantes sont les protéases, les lipodioses, les amylases, les peroxydases et les catalases (**Cheftel, 1977**).

### **1.2.3. Type de farine:**

Les farines sont classées par « type » (tableau 03) en fonction du **taux de cendres**, c'est à-dire selon le poids de matière minérale contenue dans 100 grammes de matière sèche (**Calvel, 1990**).

#### **1.2.3.1. Taux d'extraction:**

C'est la quantité de la farine obtenue à partir de 100kg. Plus le taux d'extraction est fort, plus la farine est complète et donc plus elle contient de son et écorce (**Fredot, 2006**).

### 1.2.3.2. Taux de blutage:

Représente la qualité de son et remoulages recueillis aux cour de la mouture de 100 kg de blé (Calvel, 1964 ; Masy I, 1989). C'est le complément à 100 du taux d'extraction. Si le taux de blutage est fort, peu de farine a été obtenue, la farine est alors dite fortement blutée (Fredot, 2006).

Exemple : si le taux d'extraction=75% → Taux de blutage = 100% – 75% = 25 %

**Tableau 5: Types de farine (Calvel,1990).**

Dénomination	Taux de Cendres en % de la matière sèche	Taux d'extraction moyenne
<b>45</b>	Moins de 0.5	67 -70
<b>55</b>	De 0.5 à 0.6	75 - 78
<b>65</b>	De 0.62 à 0.75	78 -8
<b>80</b>	0.75 à 0.9	82-85
<b>110</b>	1.00 à 1.20	85-90
<b>150</b>	Plus de 1.4	90-98

**T45** : utilisée en pâtisserie et pour les usages ménagers.

**T55** : farine dite panifiable. Elle est également utilisée en biscuiterie, pour les usages ménagers et en pâtisserie.

**T65** : farine utilisée en biscuiterie.

Les farines types **T80**, **T110**, et **150** sont utilisées pour la production de pain de campagne.

### 1.2.4. Différents types de farines commercialisées:

D'après Fredot (2006), les farines peuvent être classée selon leur utilisation qui dépend de sa composition.

#### 1.2.4.1. La farine ordinaire ou « ménagère »:

Elle est constituée d'un mélange de différentes variétés de blés tendre ou de blé durs. Les farines de blé tendre seront essentiellement utilisées pour la fabrication du pain alors que les farines de blé dur serviront à la fabrication de pâtisseries ou gâteaux.

---

#### 1.2.4.2. La farine non blanchie:

C'est une farine qui n'a pas été blanchie artificiellement. Son goût est par conséquent plus naturel du fait qu'aucun additif ne lui a été ajouté.

#### 1.2.4.3. La farine à gâteaux:

C'est une farine blanche constitué exclusivement de blé tendre moulu très finement. Elle est plus riche en amidon mais contient moins de protéines .On obtiendra ainsi des gâteaux légers mais elle ne pourra pas être utilisée pour lapanification.

#### 1.2.4.4. La farine à pâtisseries:

Elle est essentiellement constituée de blé tendre, utilisée pour réaliser des pâtisseries, des biscuits, et elle peut subir la panification.

#### 1.2.4.5. La farine de boulangerie ou la farine à pain :

Elle est constituée d'un mélange de blés tendres et sa teneur en gluten trop élève fait qu'elle ne peut servir à un usage domestique.

#### 1.2.5. Caractéristiques physico – chimiques:

Selon **Doumandjiet al. (2003)**, les caractéristiques de la farine sont les suivantes :

- **Teneur en eau :** Le taux d'humidité de la farine est un facteur important de conservation et de stockage, et doit être inférieur ou égal à 15.5 % (**NA 11 –32–1991**).
- **Teneur en cendre :** La détermination du taux de matières minérales, principalement réparties dans les enveloppes et les germes, qui donnent une indication sur le taux d'extraction pour le meunier (0.67 % Tolérance 0.00) (**NA733**).
- **Taux en protéine :** La teneur en protéines, par son intérêt technologique et nutritionnel, est un élément de la valeur d'utilisation doublé.
- **Acidité :** Les mauvaises conditions de conservation s'accompagnent par d'autres phénomènes : une dégradation enzymatique des lipides se traduisant par un accroissement de l'acidité du milieu, cette acidification constitue un indice d'altération de la qualité technologique (0.045% tolérance0.015).

**Tableau 6: Caractéristiques physico-chimiques de la farine de blé tendre( Doumandji et al.,2003).**

Caractéristiques	Farine de blé tendre
Teneur en eau %	≤ 15.5
Teneur en cendres (MS %)	0.56 –0.67 farine courante < 0.6 farine supérieur
Teneur en protéines (MS %)	> 8
Acidité en g/l de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.045 –0.050
Teneur en lipides (MS %)	< 1.4

### 1.2.6. Qualité de la farine boulangère:

Selon les normes de **Codex alimentaire (1989)**, les facteurs de qualité sont :

- La farine de blé tendre doit être exempte des métaux lourds, d'odeur et des goûts anormaux ainsi de souillures (impuretés d'origine animale, y compris les insectes mortes) en quantités susceptibles de présenter un risque pour la santé;
- Teneur en eaux 15,5% ;
- Conforme aux limites maximales de mycotoxines fixées par la commission de *codex alimentarius* de ce produit;
- La farine de blé doit être emballée dans des récipients préservent les qualités hygiéniques, technologiques, nutritionnelles, organoleptiques du produit.

### 1.3. Généralité sur les champignons:

Les champignons représentent l'un des plus importants groupes d'organismes sur terre et jouent un rôle clé dans un grand nombre d'écosystèmes (**Mueller et Schmit, 2007**). Les champignons ou *Fungis* sont des organismes eucaryotes dépourvus de chlorophylle les qualifiant d'organismes hétérotrophes. Une source de carbone organique est donc nécessaire à leur développement. Dans l'arbre du vivant, ils constituent un groupe à part au sein des eucaryotes (**Kendrick, 2000**).

#### 1.3.1. Définition des champignons:

Les champignons sont des organismes pluricellulaires dont l'appareil végétatif le thalle, est formé de longs filaments ramifiés et souvent cloisonnés que l'on appelle des hyphes. Lorsque la croissance est suffisamment avancée, l'ensemble des hyphes constitue un mycélium visible à l'œil nu qui se présente comme une sorte de feutrage à la surface colonisée (**Mahideb et Merrouche, 2015**).

---

### 1.3.1.1. Reproduction sexuel:

Le royaume *Fungi*, la majorité des espèces appartiennent au sous-royaume *Dikarya* (littéralement 'deux noyaux' car leur reproduction sexuée implique une cellule contenant deux noyaux en fusion). Ce groupe est composé de deux embranchements (les *Basidiomycota* et les *Ascomycota*). En dehors du *Dikarya* il existe de nombreux autres groupes plus petits, la reproduction sexuée impliquant souvent la fusion de plusieurs paires nucléaires dans une même cellule. Des exemples de ces derniers sont vus dans le sous-embranchement *Mucoromycotinea* et *Entomophthoromycotina*. Ces deux sous-phyla ont remplacé le phylum *Zygomycota*, un groupement désormais abandonné car déformant les relations phylogénétiques.

Les deux montrent la fusion des pointes multi nucléées de deux hyphes conduisant à la formation d'une seule grande zygospore, située entre eux. Il s'agit d'une structure multi nucléée à paroi épaisse qui a évolué pour supporter des conditions environnementales défavorables. La méiose se produit sur la germination et le mycélium haploïde végétatif se développe.

En revanche, chez les *Ascomycota* et les *Basidiomycota*, la reproduction sexuée a évolué vers un moyen de dispersion rapide vers de nouveaux habitats, contrairement à la nature au repos du zygospore. Dans ces deux groupes, le stade diploïde est transitoire, la méiose entraînant la production d'énormes quantités de spores haploïdes à vie courte. Chez l'*Ascomycota*, les spores sexuées ou les ascospores sont produites dans des sacs, ou des asques. Chaque asque contient généralement huit ascospores. Le groupe montre une transition progressive des formes primitives qui produisent des asques uniques aux espèces qui produisent de grandes structures, ou ascocarpes, contenant un grand nombre d'asques (Colin, 2013).

### 1.3.1.2. Reproduction asexuée :

Les champignons peuvent également produire des spores asexuées par simple division nucléaire haploïde. Encore une fois, court les propagules vivantes sont produites en très grand nombre pour assurer la propagation vers de nouveaux habitats. Dans de nombreux champignons, ce stade asexué (anamorphe ou imparfait) s'est avéré si efficace que le stade sexuel (téléomorphe ou parfait) a diminué ou même disparu. Ces espèces sont connues depuis longtemps sous le nom de *Fungi Imperfecti* ou *Deutéromycètes*. Celui-ci contenait par convention tous les parents asexués des *Ascomycota* et *Basidiomycota*, mais pas ceux des anciens *Zygomycota*. Avec les progrès de l'analyse phylogénétique moléculaire, le concept de *Fungi Imperfecti* devient de plus en plus redondant en tant que groupe taxonomique utile,

puisque la plupart des espèces à reproduction asexuée peuvent maintenant être placées avec leur reproduction sexuée les proches (Colin, 2013).

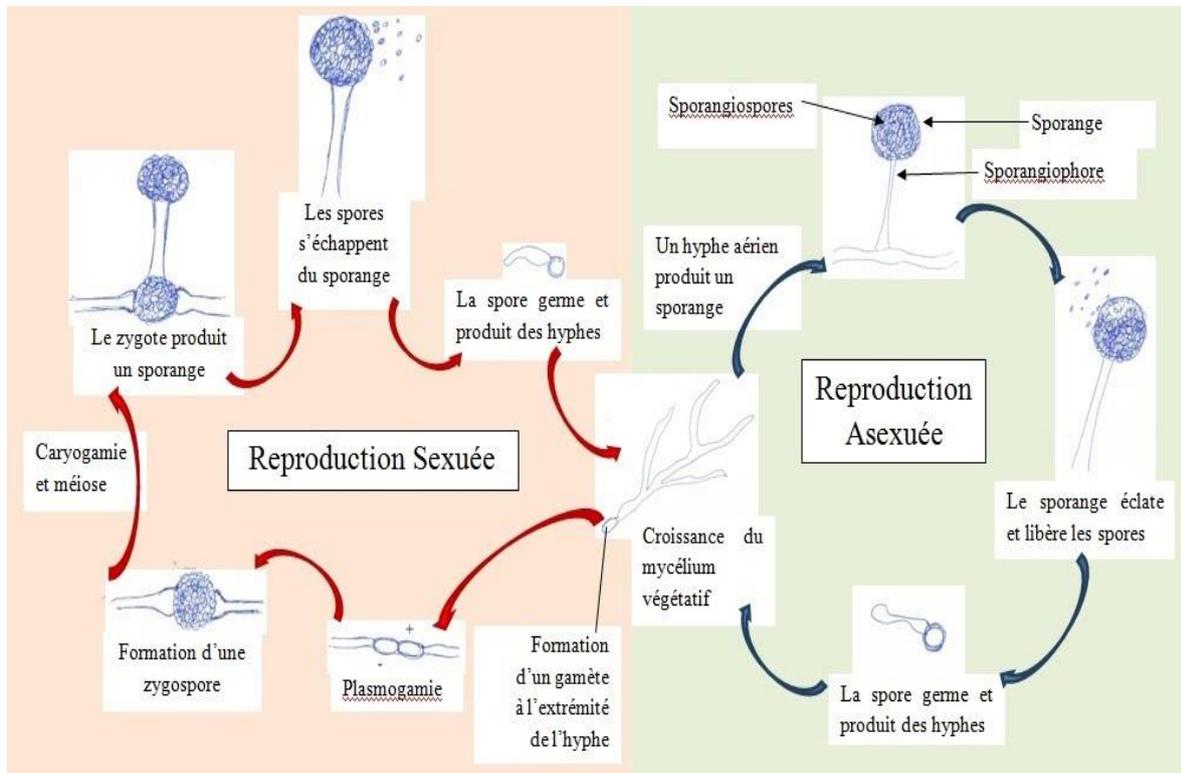


Figure 8: Cycle de vie des champignons (Roquebert, 2002)

### 1.3.2. Les conditions de développements champignon:

Le développement des moisissures est également dépendant de l'environnement. Les facteurs environnementaux les plus importants sont :

- **Humidité relative (HR)** : qui est évaluée par la formule  $HR = a_w * 100$ .  $a_w$  : représentant l'activité de l'eau, c'est-à-dire la disponibilité en eau d'un substrat, la majorité des moisissures se développent pour une activité de l'eau comprise entre 0,85 et 0,99.
- **Température** : La plupart des espèces de moisissures se développent dans une gamme de température comprise entre 4 et 40°C. La valeur idéale pour leur développement se situe entre 24 et 30°C.

**Tableau 7: Catégorie de champignons selon leur gamme de température de développement d'après Raquebert,(1997)**

Type des champignons	Gamme de température (°C)	Température optimale (°C)
Mésophiles	0 à 50	15 à 30
Thermophiles	20 à 50	35 à 40
Thermotholérants	0 à 50	15 à 40
Psychrophiles	0 à 20	0 à 17

- **L'oxygène** : Les champignons sont des microorganismes aérobies ; ils ont besoin d'oxygène pour une croissance normale. Toutefois, leur développement est peu affecté par des teneurs de 10 fois plus faibles (2,1%) que celle de l'atmosphère. En conséquence, certaines espèces de moisissures pourront se développer sur les denrées alimentaires conservées dans une atmosphère pauvre en oxygène (**Keller et al.,1997**).
- **Le pH** : la vitesse de croissance fongique est maximum pour des substrats de pH acides à neutres (entre 4 et 7). La gamme de pH permettant la croissance est toutefois bien plus étendue avec des valeurs limites comprises entre 2,2 et 9,6 pour les espèces les plus communes (**Guiraud, 1998**).
- **La lumière** : La lumière favorise la maturation des conidies et la germination des spores. Les moisissures sont, généralement, indifférentes à l'action de lumière. Toutefois, certaines espèces (*Tuberales*) ne supportent pas la lumière et se développent dans des endroits obscurs (grottes) Inversement, d'autres se développent sur les versants de montagne ensoleillés en permanence ou dans les régions désertiques (*Discomycetes*) (**Pfohl-Leszkowicz,2001**).

#### **1.3.4. Classification des champignons:**

Les champignons sont des organismes principalement composés de filaments Structures simples et quelques cellules plus spécialisées qui produisent des spores. Ce matériel génétique fongique est confiné au noyau comme les plantes. Cependant, ils ont un certain nombre de caractéristiques qui les rendent uniques:

Les parois contiennent de la cellulose et de la chitine, pas de chlorophylle et de la fluidité. Tous ces caractéristiques ont conduit les taxonomistes à classer les champignons comme un règne à part, Ou les champignons ou le Cinquième Royaume (**Kendrick, 1999** ;

**Malloch, 1997**). Comme tout le monde Les organismes, les champignons sont subdivisés en classes, ordres, familles.

**Tableau 8: Classifications des champignons (Philippe,2021)**

Classe	Genres	Espèces	Ordre
<i>Eurotiomycetes</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>A.fumigatus</i> <i>A.flavus</i> <i>A.ni</i> <i>dulans</i> <i>A.ter</i> <i>reus</i> <i>A.niger</i>	<i>Eurotiales</i>
<i>Eurotiomycetes</i>	<i>Penicillium</i>	<i>P</i> <i>.chrysogenum</i> <i>P.notatu</i> <i>m</i> <i>P.camembertii</i> <i>P.roqu</i> <i>eforti</i> <i>P.glaucum</i> <i>P.grise</i> <i>ofulvum</i> <i>P.expansump.d</i> <i>igitatum</i> <i>P.marneffel</i>	<i>Eurotiales</i>
<i>Mucorales</i>	<i>Mucor</i>		<i>Zygomycota</i>
<i>Saccharomycetes</i>	<i>Saccharomyces, candida</i>		<i>Ascomycota</i>
<i>Hyphomycetes</i>	<i>Blastomyces, fusarium, mi</i> <i>crosporium</i> <i>Alternaria</i> <i>cla</i> <i>dosporium.</i>		<i>Deuteromyco</i> <i>ta</i>

### 1.3.5. Principaux genres des champignons mycotoxinogene:

Lors de la croissance des végétaux et de leurs stockages, les aliments peuvent être un substrat pour le développement des moisissures qui, souvent sous certaines conditions d'humidité, peuvent produire des mycotoxines (**Alami, 2018**).

Les principaux genres producteurs des mycotoxines sont :

#### 1.3.5.1. Genre *Aspergillus*:

Chaque espèce de moisissures de stockage a ces conditions de développement (**Christensen et al., 1969**). Dans le blé stocké, les moisissures du genre *Aspergillus* multiplient d'autant plus rapidement que la température (Jusqu'à 40°C) et l'activité de l'eau sont élevées (**Feillet, 2000**). Les *Aspergillus* sont des contaminants très communs, ce genre comprend de 180 à 250 espèces selon les auteurs dont seules *Aspergillus fumigatus*, *A. flavus*,

*A.nidulans*, *A.terreus*, et *A.nigerson* sont considérées comme thermo tolérantes (Rebouxet *al.*, 2010).

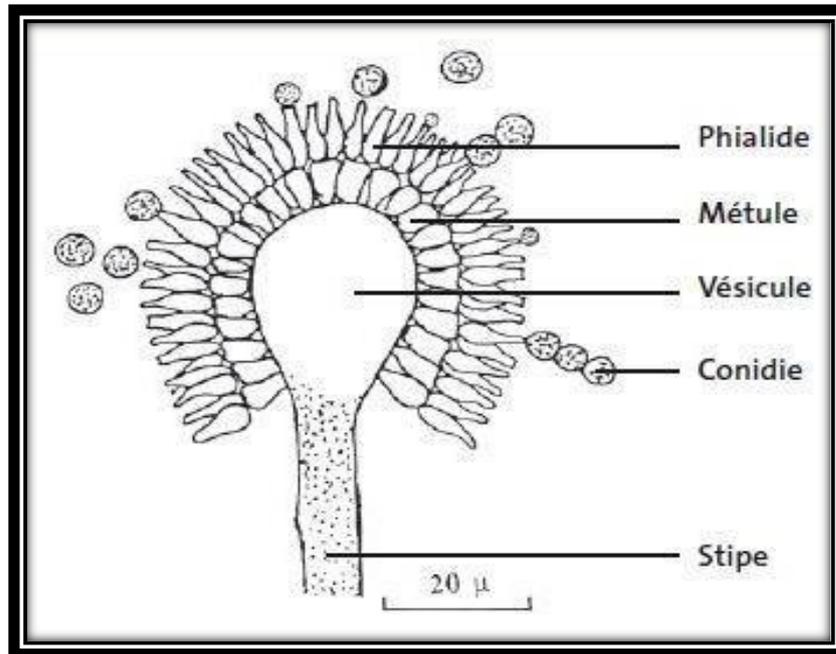


Figure 9: Schéma d'une tête Aspergillaire ( Anonyme, 2012)

#### 1.3.5.2. Genre *Penicillium*:

Ce genre réunit des champignons filamenteux, appartenant au phylum des *Ascomycètes*. Les *Penicillium* sont des champignons pour la plupart très communs dans l'environnement polyphages, pouvant être responsables de nombreuses dégradations. Ils ont pour habitat naturel le sol, les denrées alimentaires, les matières organiques en décomposition, le compost, les céréales.

Il y a plus de 200 espèces reconnues de *Penicillium*. Plusieurs espèces s'adaptent facilement.

\*Aux conditions de croissance présentes à l'intérieur et se développent bien sur des matériaux, de constructions humides. Il y a plus de 200 espèces reconnues de *Penicillium*. Plusieurs espèces s'adaptent facilement aux conditions de croissance présentes à l'intérieur et se développent bien sur des matériaux de construction humides (Ouanzar, 2007). Les espèces les plus communes sont essentiellement : *P. aurantiogriseum*, *P. cyclopium*, *P. hordei*, *P. freii*, *P. melanoconidium*, *P. polonicum*, *P. viridicatum*, *P. verrucosum*, *P. crustosum* (Dijksterhuis *et al.*, 2007).

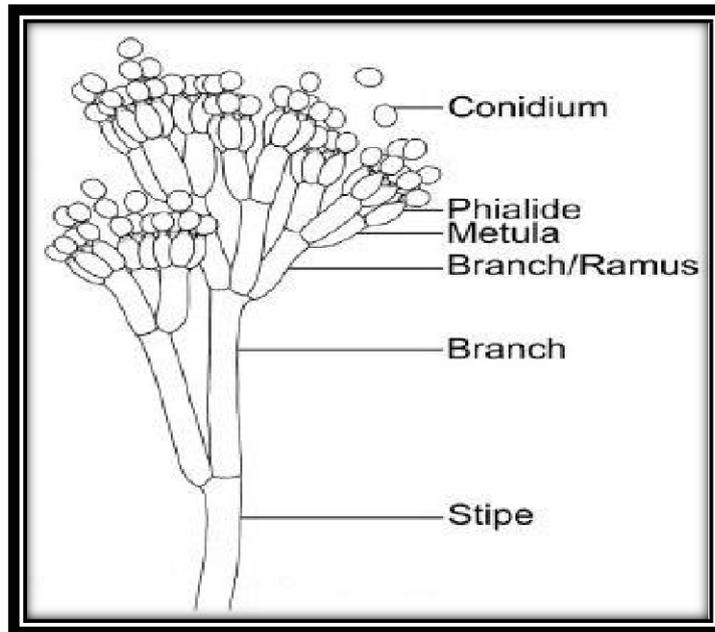
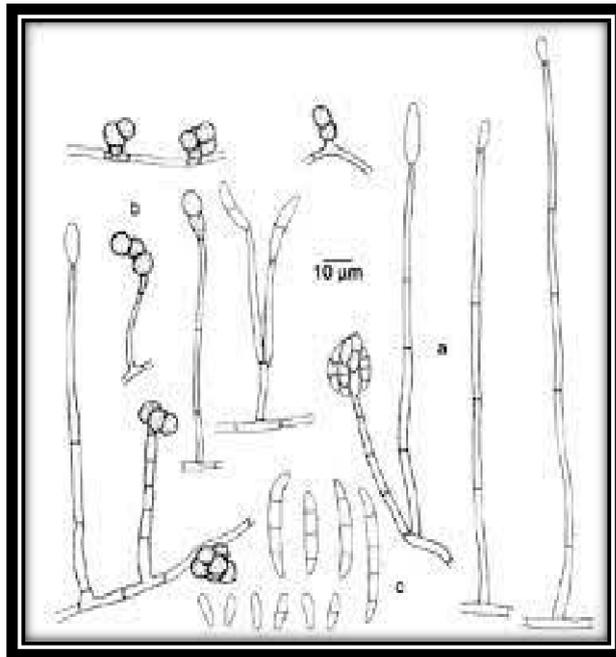


Figure 10: Schéma d'un Pénicille ( Visagerie et al., 2014)

### 1.3.5.3. Genre *Fusarium*:

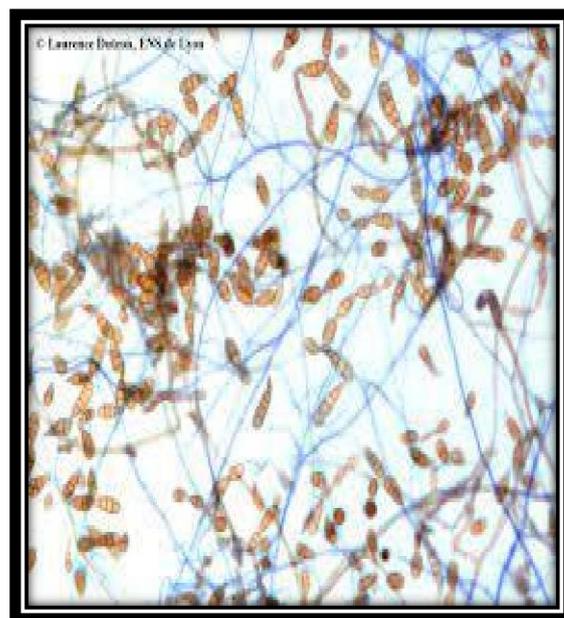
Ce genre inclue des champignons imparfaits appartenant à la classe des *Deutéromycètes*. Les formes parfaites ou *téléomorphes* de quelques espèces de *Fusarium* sont connues, et appartiennent à la classe des Ascomycètes (ordre des *Hyphocreales*, famille des *Nectriaceae*, genres *Gibberella*, *Calonectria* et *Nectria*), on distingue près de 40 espèces largement répandues dans la nature et vivants en saprophytes et certains sont des phytopathogènes (Le Calvez, 2009). Le nom de *Fusarium* vient du latin « fusus » car les spores de ces moisissures sont en forme de fuseau. Le principal caractère morphologique des *Fusarium* est la présence de macroconidies fusiformes et cloisonnées. Dans la (Figure 13) sont présentés les principaux caractères morphologiques du genre *Fusarium* (Le Calvez, 2009).



**Figure 11: Genre Fusarium**

#### 1.3.5.4. Le Genre *Alternaria*:

Il est fréquent, même dans le blé cultivé dans les zones arides (**Dendyet *al.*, 2000**). Les espèces les plus fréquentes sont : *A. alternata* est connue par la production des mycotoxines, *A. tenuissima* est capable de produire des toxines tel que l'acide tenuazonique (**Andersen *et al.*, 2002**).



**Figure 12: Morphologie de levure Alternaria**

---

#### **1.4. La mycotoxicogénèse:**

La mycotoxicogénèse est définie comme étant l'ensemble de facteurs de synthèse et d'excrétion des mycotoxines. La synthèse des mycotoxines, encore appelée toxinogénèse, est un processus d'une grande complexité. Il semblerait qu'il s'agisse d'une réaction du champignon face à des conditions environnementales stressantes (température, humidité trop élevées ou trop basses).

La production des mycotoxines est directement liée à la croissance fongique. Par conséquent, les facteurs capables d'influencer la croissance fongique vont aussi jouer un rôle sur la toxinogénèse.

D'une manière générale, les conditions environnementales nécessaires à la production de mycotoxines sont plus étroites que celles permettant la croissance fongique.

Le type de mycotoxines contaminant les aliments et la quantité produite dépendent de tous ces éléments mais aussi de la stabilité des toxines dans le milieu alimentaire. En plus des facteurs environnementaux ou extrinsèques, la sécrétion des métabolites secondaires par les souches fongiques toxinogènes dans les aliments dépend également d'autres facteurs liés à la nature de la souche, dis intrinsèques. Ainsi, la production de mycotoxines est une conséquence combinée des propriétés génétiques de la souche et des facteurs environnementaux (**Olsen *et al.*,2003 ; Blumenthal,2004**).

##### **1.4.1. Les conditions de mycotoxicogénèse:**

La production de mycotoxines est directement liée à la croissance fongique. Donc, Les facteurs qui peuvent affecter la croissance fongique seront également production de toxines. En général, les conditions environnementales requises Les mycotoxines sont produites plus étroites que celles qui permettent la croissance fongique, et dans la plupart des cas, des conditions quasi optimales pour le développement des espèces considéré.

---

---

**Tableau 9: Principaux facteurs influençant la production des mycotoxines ( Atoui, 2006)**

Physiques	Chimique	Biologique
Humidité	CO <sub>2</sub>	Stress de plante
Rapidité de séchage	O <sub>2</sub>	Vecteurs invertébrés
Ré –humidification	Natures du substrat	Infection fongique
Humidité relative	Nutrition minérale	Différence entre variétés des plantes
Température	Traitement chimique	Différentes entre les souches fongiques
Damage mécanique		Charge en spores
Mélange de graine		Système microbiologique
Temps		

#### 1.4.2. Moisissures dans les céréales :

Les aliments sont généralement des milieux très favorables à leur développement. Les céréales sont naturellement en contact avec des spores fongique avant, pendant et après la récolte, durant le transport et le stockage.

Plusieurs moisissures notamment les genres *Aspergillus*, *Penicillium* et *Fusarium* sont connus pour être des contaminants des produits agricoles et/ou pour leur capacité à produire des métabolites secondaires potentiellement toxique (**Cahagneret al.,1998 ; Doyle et al., 1998 ; Meyer et al., 2004**).

#### 1.4.3. Les mycotoxines:

##### 1.4.3.1. Généralité:

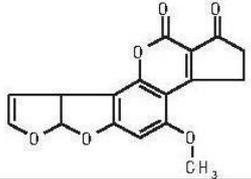
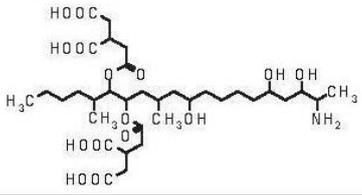
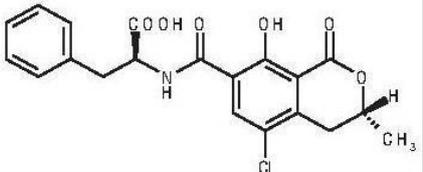
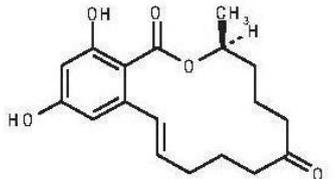
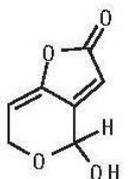
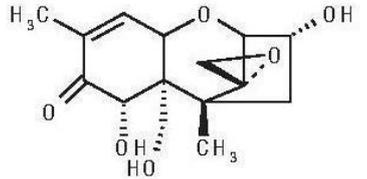
Selon **Pitt (1996)**, les mycotoxines sont "des métabolites de champignons qui, quand ils sont ingérés, inhalés ou absorbés par la peau altèrent les capacités de réaction. Le mot mycotoxine est composé de deux parties : myco signifie champignon microscopique et toxine pour substance toxique (**Guezlane, 2016**). Elles sont produites par les moisissures toxigènes des genres *Aspergillus*, *Penicillium* et *Fusarium*(Tableau 09). Elles ont une composition chimique très variable (Tableau10), ce qui fait que leurs propriétés physico- chimiques et toxicologiques sont extrêmement variées. Plus de 400 mycotoxines sont actuellement identifiées à l'échelle internationale, elles sont produites par quelques 200 variétés de champignons toxiques. Vu leur stabilité thermique, ces substances constituent un danger potentiel chez l'homme et les animaux (**Zinedine,2007**). On distingue parmi les

groupes de mycotoxines considérées comme importantes du point de vue agro-alimentaire et sanitaire les *Aflatoxines*, les *Ochratoxines* et l'*Ochratoxine A* en particulier, la *Patuline*, les *Fumonisines*, la *Zéaralène* et les *Trichothécènes*. Il convient de remarquer que dans un groupe structural de toxines, la toxicité peut varier considérablement d'une toxine à une autre et que le danger n'est pas toujours lié à la toxine elle-même, mais peut aussi venir de ses métabolites et de l'effet de synergie possible en cas de multi contamination (Afssa, 2006).

**Tableau 10: Mycotoxines et moisissures productrices associées retrouvées en alimentation humaine et/ou animale (Afssa,2006)**

<b>Mycotoxines</b>	<b>Principales moisissures productrices</b>
<b>Aflatoxines B1, B2, G1, G2</b>	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. parasiticus</i> , <i>A. nomius</i>
<b>Ochratoxine A</b>	<i>Penicillium verrucosum</i> , <i>A. ochraceus</i> ,
<b>Patuline</b>	<i>A. carbonarius</i>
<b>Fumonisines B1, B2, B3</b>	<i>Penicillium expansum</i> , <i>A. clavatus</i> , <i>Byssochlamys nivea</i> , <i>Fusarium verticillioides</i> , <i>F. proliferatum</i>
<b>Trichothécènes (groupes A et B)</b>	<i>Fusarium langsethiae</i> , <i>F. sporotrichioides</i> , <i>F. poae</i> , <i>F. graminearum</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. crookwellense</i> ,
<b>Zéaralène</b>	
<b>Alcaloïdes d'ergot (dit ergot du seigle)</b>	<i>F. tricinctum</i> , <i>F. acuminatum</i> , <i>Fusarium graminearum</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. crookwellense</i>
<b>Citrinine</b>	<i>Claviceps purpurea</i> , <i>C. paspali</i> , <i>C. africana</i> , <i>C. fusiformis</i>
<b>Toxines d'Alternaria (alternariol, alternariolméthyl éther...)</b>	<i>A. terreus</i> , <i>A. carneus</i> , <i>A. niveus</i> , <i>Penicillium verrucosum</i> , <i>P. citrinum</i> , <i>P. expansum</i>
<b>Acide cyclopiazonique</b>	<i>Alternaria alternata</i> , <i>Alternaria solani</i> , <i>A. flavus</i> , <i>A. versicolor</i> , <i>A. tamaritii</i>
<b>Stérigmatocystine</b>	<i>Penicillium</i> dont <i>P. camemberti</i>
<b>Sporidesmines</b>	<i>A. nidulans</i> , <i>A. versicolor</i> , <i>A. flavus</i>
<b>Stachybotryotoxines</b>	<i>Pithomyces chartarum</i>
<b>Toxines d'endophytes (ergovaline, lolitrem B)</b>	<i>Stachybotrys chartarum</i>
<b>Phomopsines Toxines</b>	<i>Neotyphodium coenophialum</i> , <i>lolii</i> , <i>Phomopsis leptostromiformis</i>
<b>Trémorgènes</b>	<i>Penicillium roquefortii</i> , <i>P. crustosum</i> , <i>P. puberulum</i> , <i>A. clavatus</i> , <i>A. fumigatus</i>

**Tableau 11: Structure chimique des principaux mycotoxines ( Philippe, 2015)**

Mycotoxines	Structure chimique	Mycotoxines	Structure chimique
Aflatoxine B1		Fumonisine B1	
Ochratoxine A		Zéaralénone	
Patuline		Trichothécènes	

#### 1.4.3.2. L'effet des mycotoxines :

Les mycotoxines constituent un danger imminent qui tire le signal d'alarme, en raison Des pertes économiques importantes qui sont liées à leurs effets sur la santé de l'homme, sur la productivité animale et sur le commerce national et international. La FAO estime que plus de 25 % des récoltes mondiales sont significativement contaminées par des mycotoxines (Krska,2009).

L'ingestion d'aliments contaminés par les mycotoxines peut être à l'origine de toxicités aiguës ou chroniques nommées mycotoxicoses. Cependant, les intoxications aiguës sont rares, spécifiquement chez l'homme, en raison des faibles quantités pouvant être ingérées avec des aliments contaminés. Mais, l'intoxication chronique est souvent à craindre et ce, à cause de l'effet cumulatif des doses fixées sur des organes cibles, tels que le foie ou le rein (Leclerc *et al.*,2005).

Les mycotoxines sont présentes dans toute une série de produits de l'alimentation humaine et animale et provoquent de nombreuses maladies chez l'homme et l'animal (Mayer, 1953 ; Coker, 1997).

Les effets toxiques sont de nature variée (tableau 11). Certaines toxines exercent un pouvoir hépatotoxique (*Aflatoxines*), d'autres se révèlent *Oestrogéniques* (*Zéaralène*), *Immuno/Hématotoxiques* (*Patuline*, *Trichothécènes*, *Fumonisines*), *Dermonécrosantes* (*Trichothécènes*), *Néphrotoxiques* (*Ochratoxine A*) ou neurotoxiques (toxines *Trémorgènes*). Certaines mycotoxines sont reconnues ou suspectées d'être cancérogènes (Afssa, 2006).

**Tableau 12: Effets identifiés ou suspectés des principales mycotoxines et mécanismes d'action cellulaires et moléculaires identifiés expérimentalement (Afssa, 2006)**

<b>Toxine</b>	<b>Effets</b>	<b>Mécanismes d'action cellulaires et moléculaires</b>
<i>Aflatoxine B1 + M1</i>	Hépatotoxicité Génotoxicité Cancérogénicité Immunomodulation	Formation d'adduit à l'ADN Peroxydation lipidique Bioactivation par cytochromes P450 Conjugaison aux GS-transférases.
<i>Ochratoxine A</i>	Néphrotoxicité Génotoxicité Immunomodulation	Impact sur la synthèse des protéines. Inhibition de la production d'ATP Détoxification par les peptidases.
<i>Patuline</i>	Neurotoxicité Mutagenèse in vitro	Inhibition indirecte d'enzymes.
<i>Trichothécènes (Toxine T-2, DON, ...)</i>	Hématotoxicité Immunomodulation Toxicité cutanée	Induction de l'apoptose sur progéniteur hématopoïétique et cellules immunitaires Impact sur la synthèse des protéines Altération des immunoglobulines.
<i>Zéaralène</i>	Fertilité et Reproduction.	Liaison aux récepteurs œstrogéniques Bioactivation par des réductases Conjugaison aux glucuronyl transférases.
<i>Fumonisine B1</i>	Lésion du système nerveux central Hépatotoxicité Génotoxicité Immunomodulation.	Inhibition de la synthèse de céramide Altération du rapport sphinganine/sphingosine Altération du cycle cellulaire.

# **Matériels et méthodes**

---

La partie microbiologique de ce travail a été réalisée au niveau de laboratoire pédagogique de microbiologie dans l'université d'Ain Temouchent. Cette partie a été effectuée sur les échantillons de départ prélevés au niveau des boulangeries de la ville.

Quant aux données « input » utilisées pour la simulation de croissance ont été collectées de différents boulangeries de la ville de Ain Témouchent.

### **2.1. Description de la région d'étude:**

La wilaya d'Ain Témouchent, issue du découpage administratif (Figure 15) de 1984, est située au carrefour de trois grandes wilayas qui sont : Oran, Sidi Belabbes et Tlemcen. Elle est limitée au nord par une bande côtière de 80 Km, composée de 08 daïras et 28 communes avec une superficie de 2376,89 Km<sup>2</sup>.

Sa principale vocation est l'agriculture avec une surface agricole utile de 181.000 Hectare représentant près de 73 % de la superficie globale de la wilaya.

### **2.2. Prélèvement de Farine boulangère:**

Les points de prélèvement ont été repérés suivant la méthode aréolaire décrite. Cette méthode consiste à repérer des zones de prélèvement sur une carte de la ville d'Ain Témouchent. Ensuite, les zones repérées étaient visitées en prélevant des échantillons des boulangeries disponibles dans la zone concernée. En effet, soixante-quatre (64) échantillons de la farine boulangère ont été prélevés de façon aléatoire à partir de 03 boulangeries (A, B et C) durant un mois du 05/01/2022 au 04/02/2022 (Tableau 12). Une fois les prélèvements effectués, les échantillons ont été transférés, à la température ambiante, au laboratoire pour l'analyse.



Figure 13: Localisation géographique de région d'Ain Témouchent

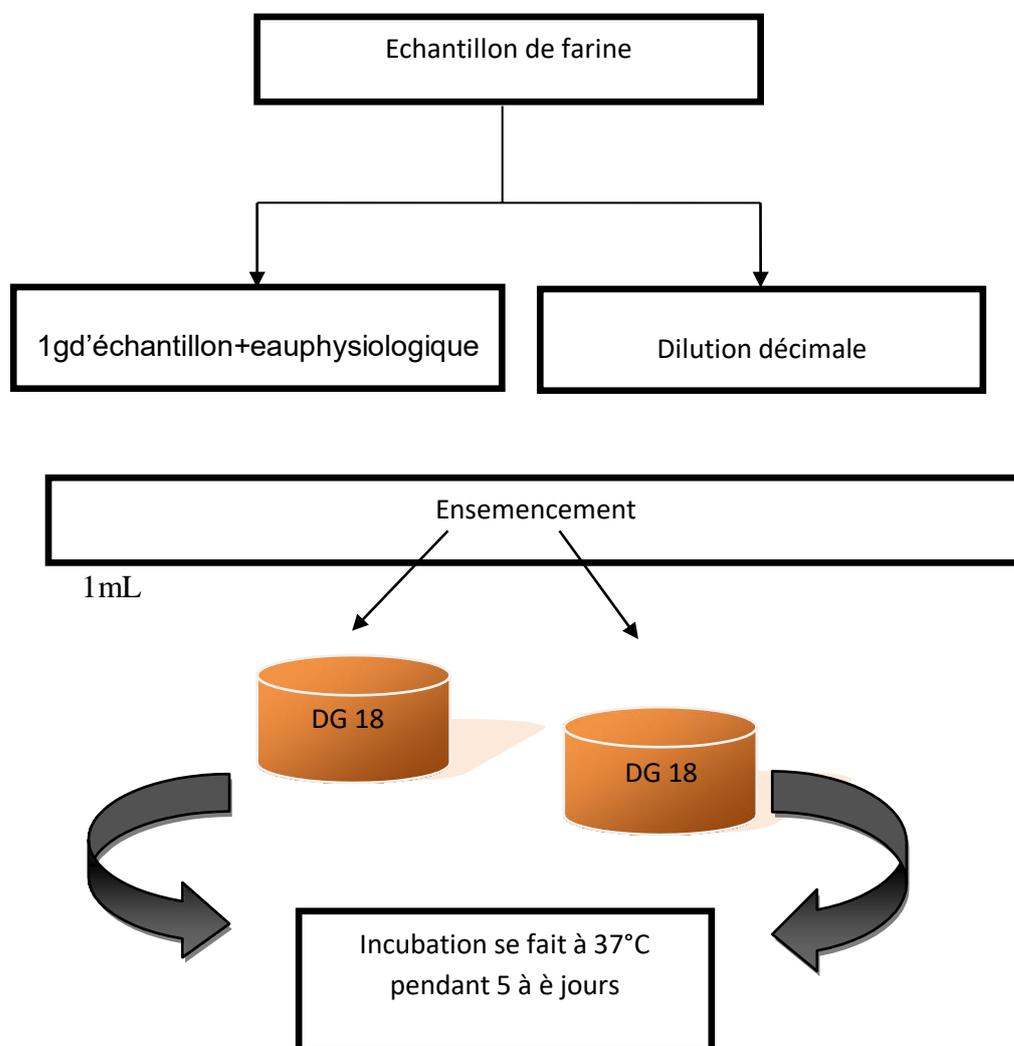
Tableau 13: Distribution des prélèvements de la farine boulangère, ville d'Ain témouchent .

Lieu du prélèvement	Nombre d'échantillon	Marque
A	26	F1, F3, F4, F5
B	26	F2, F5
C	12	F3

### 2.3. Isolements et dénombrement des flores fongiques:

La méthode de dilution consiste à dénombrer les moisissures des farines de blé. Elle a été réalisée suivant le protocole décrit par la norme algérienne relative à l'analyse de produit dont l'activité d'eau est inférieure à 0,95. Il consiste à suspendre une masse de 0,1 g de chaque échantillon de la farine dans l'eau physiologique puis homogénéiser au vortex.

Ensuite, un volume de 1 mL de la suspension obtenue (qualifié dilution 0.1 : 10<sup>-1</sup>) est prélevé avec une pipette stérilisée puis mélangée avec 9 mL de l'eau physiologique afin d'obtenir une dilution de l'ordre de 10<sup>-2</sup>. Puis, un volume de 1mL de chaque dilution est étalé en surface dans deux boites de Pétri contenant le milieu de culture « DG18 : cfAnnexe», additionné de l'antibiotique oxytétracycline (de 10mL) et 10 mL d'une solution de (ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) et de (CuSO<sub>4</sub> .5H<sub>2</sub>O). Cette dernière était préparée par la dissolution de 1g et de 0,5 g de (ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) et de (CuSO<sub>4</sub> .5H<sub>2</sub>O) respectivement dans 100mL d'eau distillé suivi d'une stérilisation à l'autoclave. Ces éléments traces sert à identifier les moisissures. Quant à l'ajout d'antibiotique sert à inhiber les bactéries omniprésentes. En fin, les boites de Pétri ont été incubées à la température de 25 °C pendant (5) jour.



**Figure 14:**Schéma récapitulatif des étapes de la recherche et dénombrement de moisissures

---

## **2.4. Purification des isolats :**

Pour obtenir des isolats purs, des observations quotidiennes ont été effectuées dès l'apparition d'une colonie. Chaque colonie développée a été prélevée puis repiquée à l'aide d'une anse de platine stérile, au centre de boîte de Pétri contenant un milieu PDA. Ensuite, les cultures étaient incubées à 25 °C. Comme était montré par **Guiraud (2003)**, en cas de contamination par une autre souche fongique, la purification des souches a été effectuée par le repiquage des disques des moisissures au centre de boîte contenant le même milieu et dans les mêmes conditions d'incubation jusqu'à l'obtention des souches pures.

## **2.5. Identification des espèces macroscopique et microscopique:**

### **➤ Identification macroscopique:**

L'identification macroscopique des isolats a été d'abord réalisée à l'œil nu, en se basant sur les critères suivants (texture, couleur de thalle, couleurs du reverse, présence d'un pigment, et la taille).

### **➤ Identification microscopique:**

L'identification microscopique des isolats a été basée sur l'aspect morphologique des cellules en basant sur le guide taxonomique de Pitt (1979). A cet effet, les frottis étaient préparés par la technique de scotch. Elle consiste à adhérer à l'aide d'un bout de scotch une fraction de la colonie puis la coller sur une lame. Les observations microscopiques sont effectuées au grossissement  $\times 10$ ,  $\times 40$  et  $\times 100$  à l'aide d'un microscope optique.

## **2.5. Mise en évidence de pouvoir mycotoxinogène:**

### **2.5.1. Détection visuelle de la production mycotoxine:**

Dans des conditions d'asepsie, les souches sont réensemencées sur des boîtes de Pétri contenant le milieu de culture CEA pour pouvoir rechercher la capacité de ces souches à produire des mycotoxines. Les boîtes de Pétri sont incubées à 25°C durant 5 à 7 jours. La présence des mycotoxines est détectée par fluorescence UV à 365 nm. La partie de la gélose qui développe une fluorescence verte signifiant la présence des mycotoxines.

---

### 2.5.2. Détection de production de mycotoxine dans le milieu YES :

Les isolats fongiques ont été cultivés sur le milieu YES (YeastExtract Sucrose). Elle consiste à verser 50 mL de milieu dans des flacon, **puis les repiqué** par une un fragment des isolats testés. Les cultures étaient incubées à 27 °C pendant 14 jours.

Après 14 jours d'incubation, la biomasse formée est éliminée en filtrant le milieu YES à travers du papier filtre type Wattman. Les filtrats obtenus sont additionnés à 100 mL de chloroforme. Le mélange était agité pendant 10 minute sous une haute puis laissé décanter en utilisant une ampoule à décantation. La phase chloroformique (inferieure) contenant les mycotoxines était récupérée dans un erlenmeyer de 250 mL.

La phase chloroformique a été concentrée par évaporation sous vide à l'aide d'un évaporateur rotatif. Après le séchage, l'extrait a été remis dans un flacon en verre parafilmé pour des analyses ultérieures par CCM.

La chromatographie sur couche mince constitue la méthode de base qui permet une séparation efficace des mycotoxines et leur identification avec une bonne précision. Elle se fait sur une plaque de gel de silice. Après activation de la plaque à 120°C pendant 30 min, deux traits ont été effectués à environ 1,5 cm du haut et en bas de la plaque, sans appuyer et sans y laisser ses empreintes. Ces traits sont appelés ligne de dépôt et d'arriver. Ensuite, un volume de 10µL puis 20 µL de chaque échantillon étaient déposés à l'aide d'une micropipette. Après dépôt des échantillons, la plaque CCM a été trempée dans un mélange de solvant d'élution constitué, dans une cuve, de toluène, acétate d'éthyle et l'acide formique de volume (5 :4 :1) respectivement (**Multon, 1982**). Après migration, la plaque est examinée sous la lampe à UV à une longueur d'onde de 365nm. La révélation des mycotoxines se traduisent par une fluorescence.

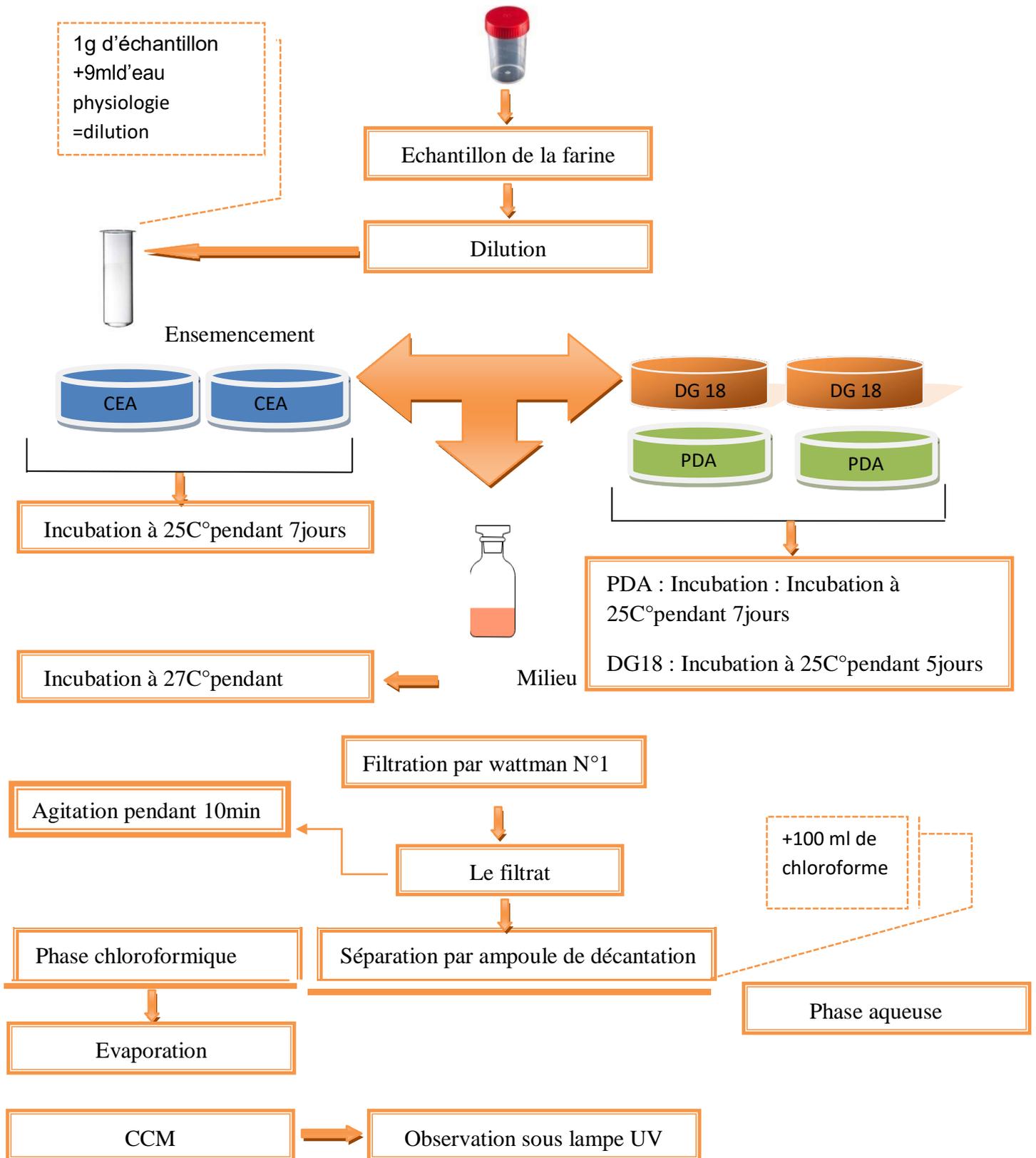


Figure 15: Schéma récapitulatif de l'étude expérimentale.

---

## 2.6. Effet des conditions de stockage de la farine sur la croissance de moisissure

L'effet de conditions de stockages (temps et température) a été estimé pour les deux mois plus froid (Janvier) et plus chaud (Aout) pour l'année 2022. Puisque l'ensemble des boulangeries, stockent leur farine à la température ambiante, les données de la température ont été collectées de la météo ([Météo Ain Temouchent, Prévisions de 10 jours Ain Temouchent, Algérie Météo \(dzmeteo.com\)](#)) pour la ville de Ain Témouchent. Quant au temps de stockage a été également collectés de boulangeries (Tableau 13).

Le Tableau 13 montre la méthodologie de la simulation de l'évolution de concentration de moisissures en fonction de conditions de stockage. La simulation de Monte Carlo a été réalisée à l'aide de logiciel @risk version 5.

## Matériels et Méthodes

**Tableau 14: Méthodologie, variable et distributions utilisés pour l'estimation de concentration de moisissure durant le stockage de la farine.**

Variable	Symbole	Distribution	
<b>Contamination initiale de la farine boulangère</b>			
Concentration de moisissures (UF)/échantillons	$C_0$	<u>RiskDuniform</u> ( $N_1 ; N_{63}$ )	Dans cette étude
Nombre des échantillons contaminé	-	<u>N</u>	Dans cette étude
Nombre des échantillons non contaminé	-	<u>C</u>	Dans cette étude
Prévalence de moisissures	P	RiskBeta( $n+1 ; c+1$ )	Dans cette étude
Distribution de la concentration de moisissures	D0	$C_0 \times P$	Dans cette étude
<b>Croissance de moisissure durant le stockage chez la boulangerie</b>			
Température de challenge test (°C)	$T^\circ C$	20	Dans cette étude
Temps de latence (jour) à 25°C	$\lambda_{20^\circ C}$	Equation 1	Dans cette étude
Taux de croissance (jour <sup>-1</sup> ) à 25°C	$\mu_{20^\circ C}$	Equation 1	Dans cette étude
Température cardinale minimale	$T_{min}$	RiskDuniform(-9,1;.....; -35,4) : 29valeurs	Nguyen Van Long et al. (2021)
Température cardinale maximale	$T_{max}$	RiskDuniform(29;.....;30,3) : 29valeurs	
Température cardinale optimale	$T_{opt}$	RiskDuniform(23;.....;28,5) : 29valeurs	
Distribution gamma température	$\gamma_{T^\circ C}$	$\gamma_{T^\circ C} = \frac{(T - T_{min})^2 (T - T_{max})}{(T_{opt} - T_{min}) [(T_{opt} - T_{min}) (T - T_{opt}) - (T_{opt} - T_{max}) (T_{opt} + T_{min} - 2T)]}$	Ziane et al. (2019)
Taux de croissance optimum	$\mu_{opt}$	$\mu_{25^\circ C} / \gamma_{25^\circ C}$	Ziane et al. (2014)
Température de stockage (°C)	$T^\circ C$	Janvier : 13,6 Aout : 27,5	Ziane et al. (2021)
Temps de latence à la température de stockage	$\lambda_{T^\circ C}$	$\mu_{\square^\circ C} \times (\square_{\square^\circ C} / \mu_{\square^\circ C})$	Ziane et al. (2019)
Taux de croissance à T°C	$\mu_{T^\circ C}$	$\square_{\square^\circ C} \times \mu_{\square^\circ C} (\square_{\square^\circ C})$	Ziane et al. (2019)
Temps de stockage (jour)	T	RiskPert(10 ;12 ;15)	
<b>Concentration finale de moisissure dans la farine</b>			
Proportion des moisissures mycotoxinogène	$P_{myco}$	RiskUniform(0 ;1)	Dans cette étude
	[Mycoflore]	$P_{myco} \times D0 \times \exp(\mu_{T^\circ C} \times t)$	Dans cette étude

# **Résultat et discussions**

## Résultats et discussions

### 3.1. Contamination totale:

L'analyse de 64 échantillons de farine prélevés des boulangeries de Ain Temouchent ont montré que 62 échantillons sont contaminés. Cette contamination représente un taux de contamination d'environ 96,87% (Tableau 14).

Ces résultats sont similaires aux résultats obtenus par Moreau (1970), Al-Defiery et Merjan (2015), Halt et al. (2004), Graves and Hesseltine (1966). La présence des moisissures dans la farine peut être due aux plusieurs facteurs à savoir :

- ✓ La contamination de la matière première « blé tendre »;
- ✓ Les conditions d'hygiène insuffisantes qui pourraient constituer l'une des voies de contamination;
- ✓ La formation des résidus de diverses origines dans les machines utilisées durant le processus de fabrication, stockage et la distribution du produit.

Ces hypothèses ont été proposées et confirmées également par Boulal et al. (2011), Rezazadeh et al. (2013), Zebiri (2020).

**Tableau 15: Concentration fongique dans les échantillons analysés**

Nombre des échantillons	Prévalence (%)	Concentration fongique : log (UF/g)			
		Minimum	Maximum	Moyenne	Médiane
64	96.87	1.301029996	12.88536122	4.741346006	4.62

### 3.2. Identification des isolats fongiques:

Après isolement, 137 isolats ont été obtenus. Ils ont subi une identification phénotypique basée sur l'observation microscopique d'un frottis d'une culture de (cultures de 05 jours). L'identification est basée seulement sur l'identification microscopique car l'aspect macroscopique est variable en fonction de milieu de culture non spécifique. Les caractères macroscopiques et microscopiques sont illustrés sur le Tableau 15.

L'identification microscopique a abouti au recensement de 8 genres avec des taux de contamination variable. Le taux de contamination des espèces fongiques est compris entre une moyenne de 1,88% et 2,65%, dont le maximal est entre 1,30% à 2,20% et minimum entre 2,20% et 4,60%.

## Résultat et discussions

---

Les plus élevée était de 46,9% pour *Penicillium ssp*, suivi par *Exophiala ssp* (40,6%), *Aspergillus ssp* (34,2%), *Aureobasidium ssp* (20,31%), *Microsporium ssp* (12,5 %), *Mucor ssp* (9,37%) et *Trichoderma ssp* *Chladosporium ssp* (3,1 %) (Figure 27).

La contamination fongique de la chaîne alimentaire, inévitable et imprévisible, peut se produire au champ, pendant la récolte et au cours du stockage et la transformation industrielle des denrées alimentaires (**European Commission Report, 1999**).

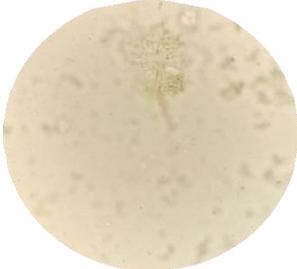
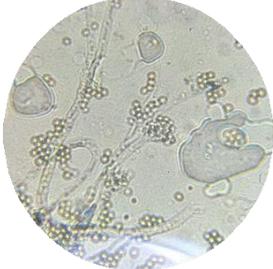
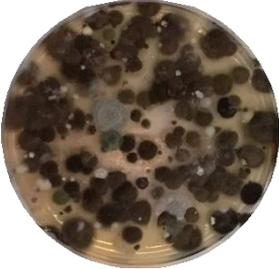
Lors de la contamination du blé, les paramètres régulant la croissance fongique et permettant la production de toxines sont nombreux. On cite principalement la charge initiale en mycoflore, la présence de grains brisés, le taux d'humidité relative élevé, le pH et la température de stockage des grains (**Zia-Ur-Rahman, 2006**).

Les taux de contamination fongiques enregistrés dans notre étude sont très élevés. Ils peuvent être expliqués probablement par la présence de conditions propices à leur croissance. Ce résultat est en accord avec celui obtenu par (**Naoufal Tahani, 2007**).

Les pays du bassin méditerranéen, en raison de leurs conditions climatiques, en particulier la température et l'humidité, constituent des zones à risque pour la contamination en mycotoxines (**Miraglia et Berera., 2000 ; Beretta et al., 2002 ; Filaliet al., 2001 ; Zineddine et al., 2006**).

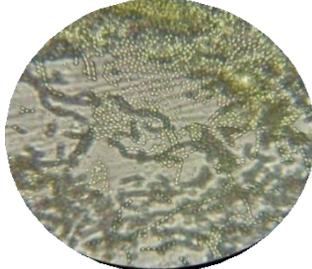
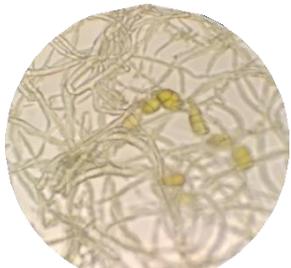
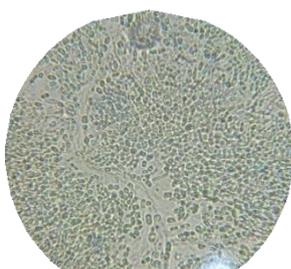
## Résultats et discussions

**Tableau 16: Aspects macroscopique et microscopique des champignons filamenteux isolés de la farine de blé collectés de boulangeries d'Ain témouchent**

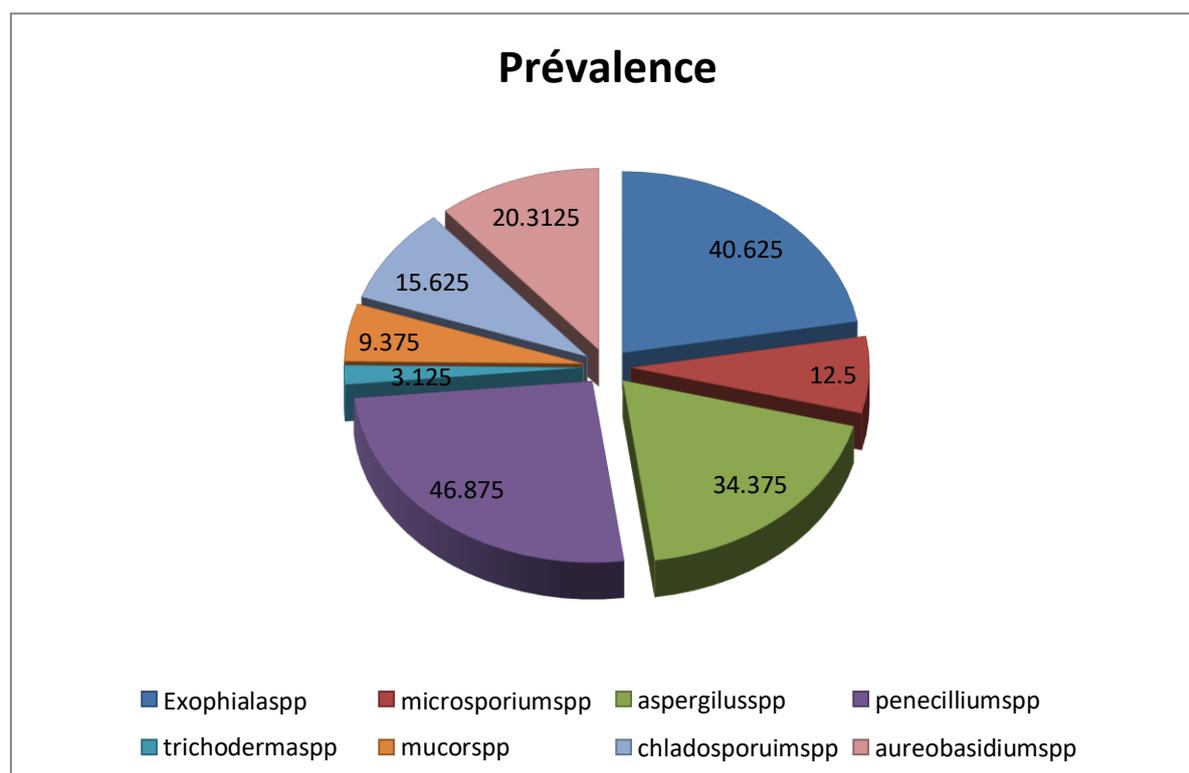
N°	Aspect macroscopique	Aspect microscopique
<i>Aspergillus spp</i> B 11		
<i>Penicillium spp</i> B5		
<i>Exophiala spp</i> B18		
<i>Chladosporium spp</i> B53		

## Résultat et discussions

Tableau 16 : Aspects macroscopique et microscopique des champignons filamenteux isolés de la farine de blé collectés de boulangeries d'Ain Temouchent (suite).

N°	Aspect macroscopique	Aspect microscopique
<i>Trichoderma</i> sp B19		
<i>Aureobasidium</i> sp B32		
<i>Microsporium</i> spp		
<i>Mucor</i> spp B12		

## Résultats et discussions



**Figure 16: Représentation graphique de la distribution des genres fongiques dans les échantillons analysés**

**Tableau 17: Taux de contamination des principaux genres fongiques identifiés dans cette étude.**

Les genres	Prévalence	Moyenne	Minimum	Maximum	Médiane
<i>Exophialaspp</i>		2,36	1,30	3,20	
<i>Microsporium spp</i>		2,45	1,60	3,53	
<i>Aspergillus spp</i>		2,12	1,30	3,66	
<i>Penecillium spp</i>		1,88	0,00	3,26	
<i>Trichoderma spp</i>		2,65	2,20	4,62	
<i>Mucor spp</i>		2,02	1,60	2,30	
<i>Chladosporium spp</i>		2,11	1,30	3,15	
<i>Aureobasidium spp</i>		2,12	1,30	3,00	

Les espèces fongiques identifiées sont : *Penicillium spp*, *Exophialaspp*, *Aspergillus*, *Aureobasidium spp*, *Microsporium spp*, *Mucor spp*, *Trichoderma spp* et *Chladosporium spp*.

## Résultat et discussions

---

Nos résultats montrent une dominance aux genres *Penicillium*, suivi de celui d'*Exophiala*. Comparativement avec les études de Bahobail (2016), qui a effectué un examen mycologique sur deux farines de blé allemandes et sur plusieurs farines dans un supermarché local en Égypte. Les genres les plus dominants étaient *Aspergillus* suivis par *Penicillium*. Cette différence peut être expliquée par la durée de stockage, le climat, l'origine des farines et sa composition chimique (La teneur en eau des farines est un paramètre important pour sa conservation) et la période de prélèvement.

Selon Moreau (1970) ;Potu et Suche, (1989) dans toutes les farines et dans la plupart des conditions de stockage, ce sont les champignons des genres *Aspergillus* et *Penicillium* qui prédominent et cela déduit que la contamination est lors du stockage.

Selon Benmansour, (2005), les moisissures de stockage sont capables de croître sur des substrats contenant 10 à 18% d'humidité, avec un optimum de croissance compris entre 11 et 13 %. (Multon et Berthier, 1982), indiquent que ce développement fongique est favorisé par la relation entre la température et l'humidité.

### 3.3. Détection de la production de mycotoxine

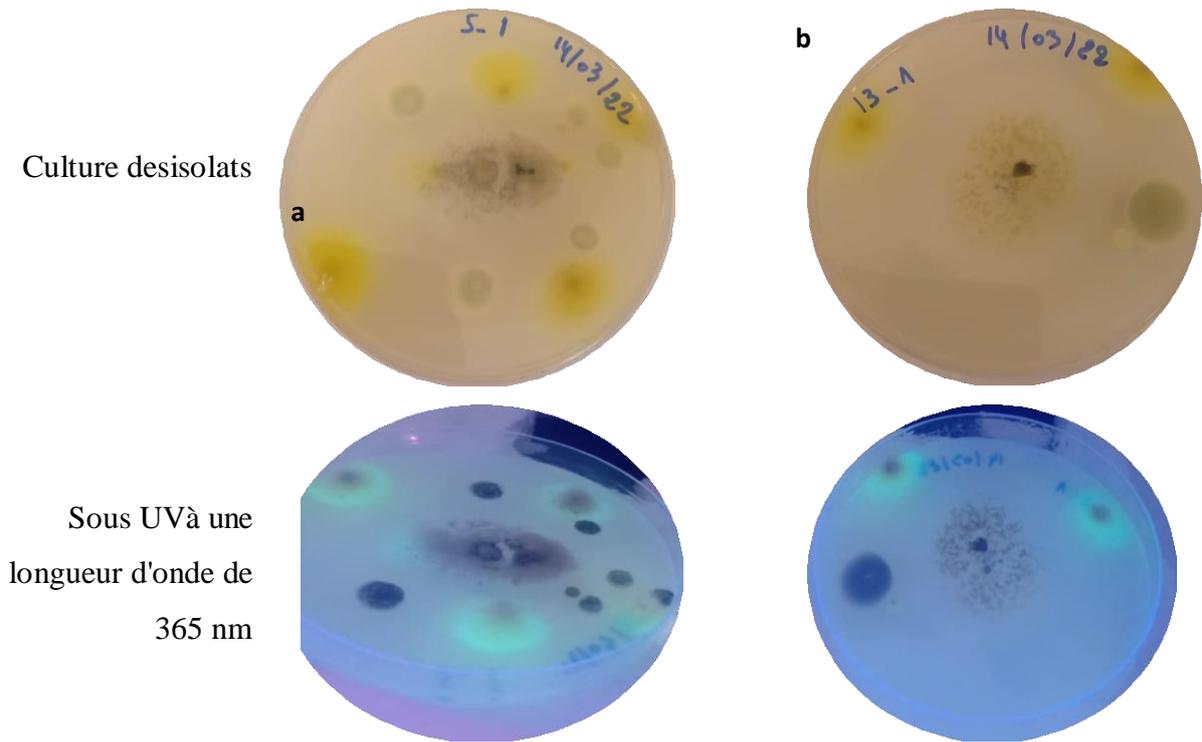
#### 3.3.1. Le milieu CEA:

Afin de détecter la présence des mycotoxines, un nombre total de 22 sur 136 isolats a été sélectionnée puis cultivés sur le milieu CEA (annexe 2). Après révélation sous la lumière UV à une longueur d'onde de 365 nm, les résultats ont montré zone fluorescente de couleur vert qui démontre la présence des mycotoxines (Figure 28).

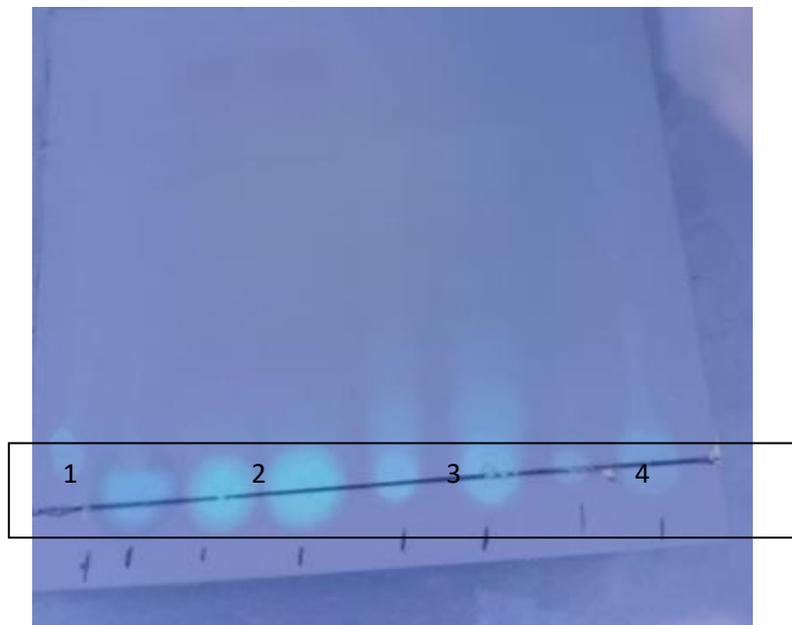
#### 3.3.2. Détection de production de mycotoxine par chromatographie sur couche mince (CCM) :

L'extraction des métabolites secondaires au niveau de substrat de farine de blé réalisée par les solvants organiques, leur séparation a été faite sur la chromatographie sur couche mince (CCM) avec une révélation par radiation des UV à une longueur d'onde égale de 365 nm. D'après les résultats, nous constatons la présence des spots fluorescents de couleur bleu (Figure 29), cela nous confirme la présence des mycotoxines.

## Résultat et discussions



*Figure 17: Révélation visuel de la production de mycotoxine sur le milieu YES. a) Penicillium F1, b) Aspergillus F20.*



**Figure 18: Chromatogramme (CCM) de détection de mycotoxine dans le milieu YES. Fluorescents de couleur bleu. 1 : Penicillium F1, 2 : Penicillium F10, Aspergillus F15, 4 : Aspergillus F4.**

## Résultat et discussions

---

Le milieu PDA nous a donné une croissance variable et cela explique que la composition de ce milieu est le plus favorable pour la croissance des souches fongiques tel que rapporté par l'organisation européenne et méditerranéenne pour la protection des plantes (OEPP, 2003; Gueye, 2016).

Le milieu PDA utilisé au cours de cette étude a été décrit par plusieurs auteurs pour la purification des moisissures contaminant les aliments (Gacem, 2011 ; Azzoun, 2012).

L'apparition de la fluorescence autour des colonies fongiques cultivées sur le milieu CEA après leur examination sous UV, est un indicateur positif pour les souches fongiques productrices des mycotoxines, ce qui est en accord avec les travaux de Lemke *et al.*, (1989).

L'utilisation du milieu CEA est certainement avantageuse dans la présente enquête car la surface du milieu est très absorbante de la lumière UV et constitue un arrière-plan efficace pour détecter les zones fluorescentes entourant les colonies.

Nos résultats mycotoxico-logiques obtenus avec la chromatographie sur couche mince démontrent donc, que nos isolats étaient producteurs des mycotoxines, ce qui concorde avec les travaux de (Benmansour-Brixi, 2005 ; Amrouche, 2007).

### 3.4. Croissance des flores fongiques :

Nos souches ont été cultivées sur milieu PDA (Annexe 1), afin de mettre en évidence leurs capacités à se développer et d'apprécier leur vitesse de croissance. Les valeurs moyennes obtenues de la croissance de l'ensemble de chaque groupe de champignons sont résumées dans le tableau suivant. Les cinétiques de croissance ont été ajustées à l'aide de modèle de Baranyi et Roberts (2004). Il montre un bon ajustement avec de  $R^2$  comprise entre 0.90 à 1. Les isolats testés montrent des capacités de croissance différentes renseignées par le temps de latence (jour) et taux de croissance  $\mu_{T^{\circ}C}$  ( $\text{jour}^{-1}$ ). En effet, les temps de latence et  $\mu_{T^{\circ}C}$  s'étalent entre [1.55 à 3 jours] et [0.9 à 21  $\text{jours}^{-1}$ ] respectivement. Les résultats montrent que les paramètres de croissance dépendent de la souche (Tableau 17). En effet, une variabilité a été constatée au sein de même genres. Par ailleurs, les moisissures mycotoxinogènes (*Aspergillus* & *Penicillium*) présentaient des temps de latence ( $\lambda_{T^{\circ}C}$ ) et taux de croissance ( $\mu_{T^{\circ}C}$ ) intermédiaire par rapport aux autres isolats testés.

## Résultat et discussions

**Tableau 18: Valeurs de la croissance des champignons ..**

	Moyenne	Médian	Maximum
<b>logR<sub>0</sub></b>	0,083	0,016	0,401
<b>logR<sub>max</sub></b>	0,378	0,285	3,022
<b>lag (λ)</b>	1,559	1,812	3,167
<b>μ<sub>max</sub></b>	3,285	2,613	21,651

### 3.5. Effet de condition de préparation de pain sur croissance de moisissures testés

L'évolution de la concentration moisissure durant la préparation de pain est simulé en tenant compte de données collectées de différentes boulangeries de la région de Ain Témouchent. Le Tableau 18 montre les résultats de la simulation de l'effet de condition (temps et Températures) sur la croissance des moisissures testés. Les moisissures prises en considération seulement les moisissures toxigènes. Les résultats sont synthétisés dans le Tableau 18. Les résultats ont montré que aucune préparation de pétrins n'accède la valeur seuil (4 log) durant le mois d'Aout contrairement au mois de Janvier. Cela est dû à la température favorable à la croissance de moisissures.

**Tableau 19: Résultats de la simulation de Monte Carlo.**

	Janvier	Aout
Concentration initiale des moisissures : D (UF)		
Médiane		2.8
99 <sup>th</sup>		4
Concentration finale des moisissures mycotoxinogène [Mycoflore]		
Médiane	2	1.79
Nombre de pétrin ≥ 4* log UF	0.16	0
	2	

\* M régi par le tableau de spécification microbiologique de 2 Juillet 2017.

**Conclusion**

---

Le travail que nous avons mené porte sur l'étude de la flore fongique potentiellement productrice des mycotoxines dans la farine de blé .Pour répondre à cet objectif , 64 échantillons ont été prélevés à partir des boulangeries de la région de Ain Temouchent , puis analysé au niveau du laboratoire pédagogique de microbiologie dans l'université d'Ain Temouchent.

Au cours de cette étude, les résultats de dénombrement ont démontré 137 isolats. , avec un taux de contamination de 96,6% .L'identification de ces souches a relevé une biodiversité de contaminants fongiques les plus fréquentes ; *Penicillium spp*, *Exophialaspp*, *Aspergilluspp* , *Mucor spp*, *Aureobasidium spp*, *Chladosporium spp*, *Trichodermaspp*et *Microsporium spp*.Le genre *Penicillium spp*est le plus dominant.

La recherche des mycotoxines sur les isolats cultivés sur le milieu CEA et l'analyse par CCM s'est révélée positive. Cela confirme que ses souches sont productrices de ces métabolites secondaires.

Au regard des résultats obtenus, nous avons noté que le taux de contamination fongique est très élevé. Pour cette raison, il très important pour l'industriel du domaine agro alimentaire de développer des stratégies efficaces pour limiter l'impact des mycotoxines sur la santé humaine et animale .Il s'agit d'une part de limiter la contamination des produits par les moisissures à tous les stades de la chaine de production (culture au champ, récolte, stockages, transformation).

#### LES PERSPECTIVES :

Pour une bonne conservation de la farine nous préconisons :

- Le stockage des farines boulangères dans un endroit aéré et non humide qui permettrait une bonne conservation.
- D'éviter l'entreposage des sacs de farines tas car cela entraine un dégagement de chaleur humide qui peut détériorer la qualité organoleptique, nutritive et un développement fongique incontrôlé.
- A ne pas négliger en aucun cas l'étude sérieuse de l'aménagement des locaux (construction éventuelle de cloisons pour éviter les vols de farines, légère surpression d'air dans les pièces dans lesquelles on veut éviter les contaminations venues de l'extérieur, etc.) et leur hygiène stricte (nettoyage des sols et des parois, désinfection régulière de l'atmosphère par des fumées fongicides).

## **Références Bibliographie**

## Références Bibliographie

---

### Références Bibliographie

- **Afssa, (2006).** Rapport synthétique : Evaluation des risques liés à la présence de mycotoxines dans les chaînes alimentaires humaine et animale,P08-10.
- **Aissa ,(2019).**Megreb Emergent : Politique de développement des céréales en Algérie: une refonte totale estnécessaire.
- **Alami O, (2018).** Thèse : Impact de mycotoxine déoxynivalénol (DON) sur les paramètres biochimiques sériques et sur l'architecture histologique des organes cibles de la souris Swiss,P4.
- **Amrouche A, (2007).** Étude mycologique et mycotoxicologiques du blé tendre local et importé et ses dérivés de meunerie (farines et sons) stockés dans la région de Bechar. Extraction et détection des aflatoxines par méthode chromatographique. Thèse de magistère en biologie, Université de Bechar, Algérie,P15.
- **Anne F. M, (2018).**Thèse de doctorat de l'Université Paris-Saclay préparée à Agro Paris Tech Optimisation de la transformation de matières premières issues de cultures associées légumineuse – blé tendre par une bonne connaissance de la physico-chimie des ingrédients et du procédé de fabrication,P25.
- **Anonyme, (2012).***Aspergillus flavuset* autres moisissures productrices d'aflatoxines, ANSES,P3
- **Atoui A, (2006).** Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, Approche de la mycotoxinogénèse chez *Aspergillus Ochraceuset Aspergillus Carbonarius*: Etude moléculairephysiologique,P5.
- **Bahobail A.S, (2016).**Mycobiota Associated with Wheat Grains, Wheat Flour and Cellulolytic Ability at Taif City, Saudia Arabia. Journal of Food and Nutrition Research. Vol. 4, No 9,P571-581.
- **Banks, W. ET Greenwood, C.T, (1975).** Starch and its components. Aberdeen University Press, Grande Bretagne biologymedical, P 25-27 Biotechnology,No 19, P305-309.
- **Benabid K, (2020).** Jil jadid, Blé en Algérie : la production et lesinsuffisances.
- **BenmansourBrixi G. N, (2005).** Thèse de magister de biologie, Université de Djillaliliabes de Sidi Bel Abbés .Étude microbiologique et mycotoxicologique des blés stockés dans la région de Tlemcen et l'influence des facteurs physiques sur l'aflatoxinogénese,P241.

## Références Bibliographie

---

- **Bennett J.W, Klich M, (2003).** Mycotoxins. *Clinical Microbiology Review*. No16, P497-516.
- **Beretta B, De Domenico R, Gaiaschi A, Ballabio C, Galli C. L, Gigliotti C, (2002).** *Ochratoxin A* in cereal-based baby foods: occurrence and safety evaluation. *Food Additives and Contaminant*, No19, P70–75.
- **BESSAOUD O, (2018).** Géostratégies alimentaires en Méditerranée : L'enjeu céréalier. L'Algérie et le marché des céréales Section 10, *Economie et politique*, P7.
- **Blumenthal C.Z, (2004).** Production of toxic metabolites in *Aspergillus Niger*, *Aspergillusoryzae* and *Trichoderma reesei*: justification of mycotoxin testing in food grade enzyme preparations derived from the three fungi. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, No39, P 214-228.
- **Bonjean A, (2001).** Histoire de la culture des céréales et en particulier de celle de blé tendre (*Triticum aestivum L.*). Eds. Le Perche S., Guy P, et Fraval A. *Agriculture et biodiversité des plantes. Dossier de l'environnement de l'INRA*, No21, P29-37.
- **Bourdeau A, ET Menard B, (1992).** Le Blé : éléments fondamentaux et transformation. Eds : Sainte-foy, québec : Presses de l'université Laval, 35-39.
- **Cahagnier B, (1998).** Moisissures des aliments peu hydratés. *Techet Doc, Lavoisier*. Paris, P222.
- **Calvel R, (1964).** Que sais je ? Le pain. *Presse d'universitaires de France*. Paris, No 1140, P126.
- **Calvel R, (1980).** *Boulangerie Moderne* 9e Eds. Eyrolles, Paris, P11-78.  
    **Calvel R, (1984).** *La Boulangerie Moderne* ; Eds Egriolle, P459.
- **Calvel R, (1990).** Le goût du pain : comment le préserver, comment le retrouver. Eds Jérôme Villette, ISBN 2 - 86547 - 016, P4.
- **Charvet J, (1977).** Le blé dans le monde. Evolution récente de la consommation de la commercialisation de la production, P68 -72.
- **Cheftel J.C, ET Cheftel H, (1977).** Introduction à la Biochimie et à la Technologie des aliments. Eds Lavoisier, Paris, P105-142.
- **Christensen C.M, ET Kaufmann H, (1969).** Grain storage The role of fungi in quality loss, *Minnesota archive Eds*, P 153.
  - **Codex Stan, (1985).** Norme codex pour la farine de blé, P152.
- **Coker R, (1997).** Mycotoxins and their control: constraints and opportunities. *NRI Bulletin*. Chatham, UK: Natural Resources Institute P73.

## **Références Bibliographie**

---

- **Colin K, Campbell E, Johnson D, Warnock, (2013).** Identification of pathogenic fungi second Eds P12.
- **Daumandji A, Daumandji S.E ET Daumandji B, (2003).** Cour de technologie des céréales. Technologie de transformation des blés et problèmes dus aux insectes au stock. Office des publications universitaire, P129.

## Références Bibliographie

---

- **Delphine C, (2006).**Thèse : Evaluation du procédé oxygreen pour son pontentiel de contamination en *Ochratoxines A* du blé, P25.
- **Dijksterhuis J. ET Samson Rober A, (2007).**Food mycology.A multifaceted Approach to fungi and food. CRC Press,P403.
- **Djermoun A, (2009).** La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques Revue et technologie, No1,P2.
- **Dk News, (2020).** Ain Témouchent Moisson-battage : plus d'un million de quintaux de céréalesrécoltés.
- **Doussinault G, Pavoine M.T, Jaudean B. ET Jahier J, (2001).** Evolution de la variabilité génétique chez le blé. Dossier de l'environnement de l'INRA. Station d'amélioration des plantes, No21,P2.
- **Dubcovsky, J. et Dvorak J, (2007).**La plasticité du génome est un facteur clé du succès du blé polyploïde sous domestication. Sciences, 1862-1866,P316.
- **Feillet P, (2000).** Le Grain de blé : composition et utilisation, EdsQuae , P124 – 128.
- **Feldman M, (2001).** Origin of Cultivated Wheat ,dans : Bonjean A et WJ Angus, Eds., The World Wheat Book : A History of Wheat Breeding, Intercept Ltd., Londres, 2001, P:3-56.
- **Filali A, Ouammi L, Betbeder A. M, Baudrimont I, Soulaymani R, BenayadaA, (2001).***Ochratoxin A* in beverages from Morocco: a preliminary survey. Food Additives and Contaminants, No18, P 565–568.
- **European Commission Report, (1999).** Opinion on the relationship between the use of plant protection products on food plants and the occurrence of mycotoxins in foods. European Commission SCP/RESI/063,Belgium,P35.
- **Fredot E, (2006 ).** Connaissance des aliments. Base alimentaires et nutritionnelles de la diététique. Technique et documentation. Lavoisier. Paris, P160-169.
- **Gibson A.M, Baranyi J, Pitt J.I, Eyles M.J. ET Roberts T.A, (1994).**Predicting fungal growth: the effect of water activity on *Aspergillusflavus*and related species. Food Microbiology ,No23 ,P419-431.
- **Gock M.A, Hocking A.D, Pitt J.I, Paulos P.G, (2003).** Influence of temperature, water activity and Ph on growth of some *Xerophilic fungi*, International Journal of Food Microbiology, No 81, P11-19.
- **Godon B. ET Guine C, (1994).** La Panification française. Collection science et technique, agroalimentaire. Eds. Tec et doc, Lavoisier. APIRA,paris,P89.

## Références Bibliographie

---

- **Gueye N, Arama F.N, Sarr B, Sall D, et Diop T .A, (2016)** .Influence in vitro de divers facteurs abiotiques (température, Ph, salinité) sur la croissance mycélienne de trois souches locales de *Trichodermaspp*.Intertional Journal of Biologie and .Chemical Sciences, No10 ,P769-778.
- **Guezlane T.N, Bouras N. ET Ould M, (2016)**. Les Mycotoxines : un danger de santé public, vol. 6, No1, P32-49.
- **Guiraud J .P, (1998)**.Microbiologie alimentaire. Dunod, Paris , P7-330.
- **Jouany J.P ET YiannikourisA,(2002)**.Les mycotoxines dans les aliments des ruminants ,leur devenir et leur effets chez l’animal,No1,P3-15.
- **Journal Officiel de la République Algérienne (JORA), 26 Décembre (1991),No36.**
- **Keller S.E, Sullivan T.M, Chirtel S, (1997)**.Factors affeting the growth of *Fusariumproliferatum*and the production of *fumonisinB1*: oxygen and Ph, Indust. Microbiol, Biotechnology, No 19,P305-309.
- **Kendrick B, (1999)**. The fifth kingdom .2nd Eds.MycologuePublications.
- **Krska R, (2009)**. Mycotoxins. Anal BioanalChem ,No395,P1203–1204.
- **Kupferschmidt K, (2012)**. Attack of the Clones. Science No337(6095) ,P636-638.
- **Le Calvez T, (2009)**. Diversité et fonctions écologiques des champignons en écosystème hydrothermal marin profond . Interactions entre organismes (Doctoral dissertation, Université Rennes 1) France , P 9-17 .
- **Leclerc F.C, Papon N, Noel T, Villard J , (2005)**. Moisissures et risques alimentaires (Mycotoxicoses) . Revue Francophone des Laboratoires. No 373,P61-66.
- **Lemke P.A, Davis N.D, Creechgregory W, (1989)**. Direct visual detection of aflatoxin synthesis by minicolonies of *Aspergillus* species. Appl Environ Microbiol No55,P1808-1810.
- **Malik A.H, (2009)**. Nutrient uptake, transport and translocation in cereals: influences of environmental and farming conditions. Technical Report. Alnarp: Introductory paper at the Faculty of Landscape Planning, Horticulture and Agricultural Science Swedish University of Agricultural Sciences P8.
- **Malloch D, (1997)**.Moulds: their isolation,cultivation and identification. Department of Botany, University of Toronto
- **Masylattard I, (1989)**. Le pain : aspect biochimiques et nutritionnels. thèse en pharmacie .LILLES,P123.

## Références Bibliographie

---

- **Mathew S, Thomas G.ET Tufail A, (2011).**An Evaluation of the fungi isolated from sub-epidermal region of post-harvested stored wheat grains. *Nepal.J.Biotechnol.,Microbiol*,P131–138.
- **Mayer C. F, (1953).** Endemic panmyelotoxicoses in the russian grain belt. Part One:The clinical aspects of alimentary toxic aleukia (ATA), a comprehensive review. *Mil.Serg*,No113,P173-189.
- **Meyer A, Deiana J. ET Bernard A, (2004).** Cour de microbiologie générale .Doin France.
- **Miraglia M, Brera C, (2000).** Mycotoxins in Grains and Related Products. In Leo.M. L. NolletEds, *Food analysis by HPLC 2nd Eds*, New York: Marcel Dekker, Inc. P493–522.
- **Moreau C, (1970).** Les moisissures des farines panifiables. *Annales de la nutrition et de l'alimentation*, Vol. 24, P 117-127.
- **Mueller G.M, Schmit J.P, (2007).** Fungal biodiversity: what do we know? Whatcanwepredict? *Biodiversity and Conservation*. No , P16:1-5.
- **Multon J. L, (1982).** Conservation et Stockage Des Grains et Graines et Produits Dérivés Céréales, oléagineux, protéagineux, aliments pour animaux. Eds. Lavoisier, Paris, P576.
- **Neergaard P, (1977).** Seed pathol MacMillan, Nol1,P1187.
- **Norme algérienne N.A. 1132, (1990)** (I.S.O. 712): Détermination de la teneur en eau.
- **Norme algérienne N.A.733, (1990)** (I.S.O.2171) : Détermination des cendres.
- **OCDE/FAO, (2020).** Perspectives Agricoles de l'OCDE et FAO 2020-2029, P140.
- **Olivpro, (2020)** .Agridata No 15 : la production et le commerce de blé dans le monde.<https://olivierfrey.com/agridata-n15-la-production-et-le-commerce-de-ble- dans-le-monde/>
- **Olsen M, Jonsson N, Magan N, Banks J, Fanelli C, Rizzo A, Haikar A, Dobson A, Frisvad J, Holmes S,Olkku J, Persson S.J, Börjesson T, (2003).** Prevention of *Ochratoxin A* in cereals .*OTA PREV*.Final report. Quality of life and Management living Ressources .Project No 18 .QLIK-CT-1999-00433,P24.
- **OEPP, (2003).** Protocoles de diagnostic pour les organismes réglementés. Normes OEPP Bulletin ,No33,P245–247.
- **Ouanzar S, (2012).** Etude comparative de l'effet du semis direct et du labour conventionnel sur le comportement du blé dur (*Triticum durum Desf.*) .Universite Ferhat Abbas Setif Faculte des sciences de la nature et de la vie,P49.

## Références Bibliographie

---

- **Parrenin L, Danjou C, Beauchemin R ,Agard B, (2021).**Prédiction de la qualité de la farine après mouture. 02 Centre Interuniversitaire de Recherche sur les Réseaux d'Entreprise, la Logistique et le Transport (CIRRELT). La Meunerie Milanaise, Saint-Jean-sur-Richelieu, Québec, Canada,P620.
- **Pfohl-Leskowicz, A, (2001).** Définition et origines des mycotoxines dans l'alimentation : évaluation et gestion du risque, Eds : Tec et Doc,P3-14.
- **Philippe M, (2021).**Identification des champignons d'importance médicale,P05.
- **Philippe P et Isabelle O, (2015).**l'alimentation à découvert, P192-193.
- **Pitt. J I, (1996).**what are mycotoxins? Australian Mycotoxin Newsletter. No7(4),P3.
- **Potu J, ET Suche S .P, (1989).**Les problèmes de microbiologie en meunerie.Industries des Céréales. Annuaire de la meunerie française,P30.
- **PratsJ ,ETGrandcount MC, (1971).** Les céréales 2ème Eds. Coll d'enseignement Agricole,P288.
- **Reboux G, (2006).** Mycotoxines : Effet sur la santé et interactions avec d'autres composants organiques. Revue Française d'allergologie et d'immunologie clinique No 46, P208 –212.
- **Reboux G, Bellanger A, Roussel S, Grenouillet F, et Million L, (2010) .**Pollution Revue française d'allergologie ,No50,P611–620.
- **Roquebert M, (2002).** Moissisures contaminant les biens culturels ».Collection
- **Rossin F, (2002).** Mémento de l'agronome. Centre de coopération international de recherche agronomique pour le développement . CIRAD,P777.
- **Rouau X, (1993).** Investigations into the effects of an enzyme preparation for baking on wheat flour dough pentosans. Journal of Cereal ScienceNo18(2),P145-157.
- **Steyn P.S, (1998).** The biosynthesis of mycotoxins. Revue de Médecine Vétérinaire No149,P469-478.
- **Surget A, Barro C, (2005).**Histologie du grain de blé. Industrie des céréales, No145, P4-7.
- **Tahani N, SerghiniH,Elmarani A, (2008).**Mycologie du blé tendre : qualité technologique du grain et conséquences sur les produits finis.Bio alliance Canada – Maroc,No1 ,P27-32.
- **Visagie C.M, Houbraken J, Frisvad J.C, Hong S.B, Klaassen C.H.W, Perrone G ,Seifert K.A, Varga J, Yaguchi T, Samson R.A, (2014).** Identification and nomenclature of the genus *Penicillium*, Studies in Mycologie, Vol 78,P 343-371.

## RéférencesBibliographie

---

- **Zia-Ur-Rahman, (2006).** Storage effect on nutritional quality of commonly consumed cereals. F.Chem,P53-5
- **ZinedineA ,Idrissi L , (2016 ).** Laboratoire de Toxicologie Alimentaire. Institut National d'Hygiène (INH) Présence et réglementation des mycotoxines dans les aliments au Maroc: Situation actuelle et perspectives,P01.

## Résumé

Les moisissures sont des contaminants fréquents de nombreux substrats végétaux. Leur présence peut améliorer les qualités organoleptiques du produit, au contraire, l'altérer et conduire à l'accumulation de métabolites secondaires toxiques : les mycotoxines.

L'objectif de ce travail est de rechercher, dénombrer et identifier les moisissures de farine de blé tendre, évaluer leur pouvoir producteur des mycotoxines ainsi que leurs caractéristiques de croissance. Un total de 64 échantillons a été prélevé à partir de 3 boulangeries de la région d'Ain Témouchent pour être étudié.

L'étude de la microflore de farines analysées a montré que le taux de contamination est élevé.

137 isolats fongiques ont été obtenus et identifiés par étude macroscopique et microscopique, ils appartiennent à 8 genres : *Aspergillus*, *Penicillium*, *Exophiala*, *Microsporium*, *Trechoderma*, *Cladosporium*, *Mucor*, *Aureobasidium*. Avec une dominance des genres *Aspergillus* et *Penicillium* l'analyse des farines de blé tendre par CCM a révélé la production de mycotoxines. En plus ces isolats ont montré une capacité de croissance qui peut accompagner la production de mycotoxine.

Mots clés : Farine de blé tendre, moisissures, mycotoxines, *Aspergillus*, *Penicillium*, CCM.

## Abstract

Molds are frequent contaminants of many plant substrates. Their presence can improve the organoleptic qualities of the product, on the contrary, alter it and lead to the accumulation of toxic secondary metabolites: mycotoxins.

The objective of this work is to research, count and identify soft wheat flour molds, evaluate their mycotoxin-producing power and their growth characteristics. 64 samples were taken from 3 bakeries in the Ain Témouchent region to be studied.

The study of the microflora of the flours analyzed showed that the rate of contamination is high.

137 fungal isolates were obtained and identified by macroscopic study and microscopic, they belong to 8 genera: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Exophiala*, *Microsporium*, *Trechoderma*, *Cladosporium*, *Mucor*, *Aureobasidium*. With a dominance of the genera *Aspergillus* and *Penicillium* the analysis of soft wheat flours by TLC revealed the production of mycotoxins. In addition, these isolates showed a capacity for growth which may accompany the production of mycotoxin.

Keywords: Soft wheat flour, moulds, mycotoxins, *Aspergillus*, *Penicillium*, CCM

تعتبر العفن هو ملوث شائع في العديد من المفاصل النباتية، وقد يؤدي وجودها إلى تحسين الصفات العضوية للمنتج أو على العكس من ذلك يؤدي إلى تغييره وتراكم الايضات الثانوية السامة (المسكوت كسينات) الهدف من هذا العمل هو البحث والتعرف على الفطريات الموجودة في دقيق القمح اللين وتقييم قدرتها على إنتاج السموم الفطرية وخصائص نموها. تم اخذ 64 عينة من 3 مخابز في منطقة عين تموشنت لدراستها أظهرت الدراسة تحليل الدقيق التي تم تحليلها أن معدل التلوث مرتفع تم الحصول على 137 عذلة فطرية وتم التعرف عليها من خلال دراسة العينات المجهرية، وينتمون إلى 8 أجناس: اسبرجيلاس، البنسليوم، اكسوفيلا، ميكوسبوريوم، كلادوسبوريوم، ميكور، اريوبسيديوم. مع هيمنة الأجناس البنسليوم و اسبرجيلاس بالإضافة إلى ذلك، أظهرت اسبرجيلاس كشف تحليل دقيق القمح اللين بواسطة سسم عن إنتاج السموم الفطرية هذه العزلات قدرة على النمو والتي قد تصاحب إنتاج السموم الفطرية.

الكلمات المفتاحية: دقيق القمح الطري، السموم الفطرية، اسبرجيلاس، البنسليوم، سسم

# **Annexes**

### **Les milieux de culture utilisée :**

Le tableau 18 : présent les principaux milieux de cultures utilisées dans nos analyses de farine boulangères, il s'agit des milieux

### **Tableau 18 : compositions des milieux de cultures utilisées dans nos analyse**

---

---

#### **Gélose dichloran à 18 (concentration en masse) de glycérol (DG18) :**

---

---

Digestat enzymatique de caséine	5g
D-Glucose(C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub> )	10g
phosphate monopotassique(KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	1 g
Sulfate de magnésium(MgSO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> O)	0,5 g
Dichloran(2,6-dichloro-4nitro-aniline)	0,002 g
Gélose	12g à 15g
l'eau distillé	1000 ml

**stérilisation à 121°C par autoclavage pendant 15 minutes**

---

---

#### **Milieu YES ( Yeast Extract Sucrose )**

---

---

<b>Sucrose</b>	<b>40 g</b>
<b>Extrait de levure</b>	<b>20g</b>
<b>Eau distillé</b>	<b>1000ml</b>

**stérilisation à 121°C par autoclavage pendant 20 minutes**

---

---

#### **Milieu PDA (Patatoes Dextrose agar)**

---

---

<b>Pda 200g</b>	
<b>Eaudistillé</b>	<b>1000ml</b>

---

---

---

---

**CEA : Coconutextract agar**

---

---

<b>Noixdecoco</b>	<b>100 g</b>
<b>Eaudistillé</b>	<b>1000ml</b>
<b>Agar 07g</b>	
<b>Vésicule biliairede poulet</b>	

**incube le mélange durant 15 minutes à 121°C.**

---

---

**CEA :**

Cents gramme de la noix de coco déchiquetées sont homogénéisés avec 1000ml d'eau distillé dans un bécher, puis chauffé sur une plaque chauffante, arrive a l'ébullition, on filtre notre mélange et l'on verse dans la bouteille stérilise, puis on addition 7 g d'agar et 20 ml de l'estomac de poulet. On incube le mélange durant 15 minutes à 121°C.

**Matériels :**

Micropipette

Lame

Boîte de pétri

Bécher

Anse de platine

Pince

Tube a essai

Pipette graduée

Flacon

Pissette

Burette+support

Support de tube a essai

**Appareillage :**

Microscope optique

Plaque chauffante

Balance bec benzen

Incubateur

L'autoclave

Agitateur

Bain marie

Chromatographie couche mince ( ccm).