REPUBLIQUE ALGERINNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET

DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université de JIJEL – Faculté des sciences

Département de Biologie Cellulaire et Moléculaire

MB.04/08

Mémoire

De fin d'étudesen vue de l'obtention du diplôme d'étude supérieure (D.E.S)

Option : **Microbiologie**

Etude de la cinétique de croissance des moisissures issues de produits alimentaires

Membres de jury :

- **Encadreur : Mr *Bouldjedri M.***
- **Examinatrice : Melle *Boussouf L.***

Réalisé par :

- ***Bensabra Asma***
- ***Sayoud Lamia***
- ***Siaria Malika***

Promotion : juin 2008

MB.04/2008

Remerciements

*Nous tenons tout d'abord à remercier **Dieu, le Tout- Puissant**, qui nous a aidé à réaliser ce travail.*

Nous remercions très sincèrement Mr Bouldjedri , d'avoir accepté de diriger ce travail. Nous sommes très reconnaissantes envers il pour son aide, ses conseils, sa compétence et sa présence en tout moment.

Nous remercions vigoureusement Melle Boussouf, assistante à l'université de Jijel, d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous remercions vivement toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

*Enfin, nous remercions profondément nos précieuses **familles** et nos chères **amies** à la fois pour leur soutien infatigable, leur patience admirable et leur affection continuelle.*

Abréviation

um: micromètre
mm: millimètre
j: Jour
T: Température
ug: microgramme
kg: kilogramme
nm: nanomètre
CYA : cyano yeast agar

Sommaire

Introduction

Première partie : Synthèse bibliographique

Chapitre I : Les moisissures

1-Généralité sur les moisissures..... 3

1-1 Caractères généraux
1-1-1 Caractères morphologiques.....3
1-1-2 Caractères physiologiques.....3
1-2 Structure de l'appareil végétatif.....3
1-2-1 Les moisissures à thalle septé..... 4
1-2-2 Les moisissures à thalle siphonné..... .4

2-Classification.....5

2-1 Zygomycètes.....5
2-1-1 Ordre 1 : Mucorales.....5
2-1-2 Ordre 2 : Entamophtorales.....6
2-2 Ascomycètes.....6
2-2-1 Ordre 1 : Eurotiales.....7
2-3 Deuteromycètes..... ...8

3-Reproduction..... ...9

3-1 Reproduction asexuée..... ...9
3-2 Reproduction sexuée..... ..10

Chapitre II : Croissance et développement des moisissures

1- Biologie et physiologie de la moisissure

1-1 Structure des hyphes..... 12
1-2 La croissance..... 12
1-3 La cinétique de la croissance..... 14
I-4 L'activité enzymatique..... .14

2- Méthodes de mesure de la croissance fongique.....14

2-1 La méthode de poids sec de mycélium.....14
2-2 La méthode photométrique.....15
2-3 Méthode de dosage de nitrogène cellulaire.....15
2-4 Croissance linéaire.....15

3-Conditions de développement des moisissures

3-1 Les éléments nutritifs.....15
3-2 Les facteurs de l'environnement.....16
3-2-1 Humidité.....16
3-2-2 PH.....17
3-2-3 Température.....17
3-2-4 Oxygène 18
3-2-5 Lumière 18
3-2-6 Influence de la nature de substrats.....18

4- Les principaux genres polluants les produits alimentaires

4-1 *Aspergillus* 19
4-2 *Penicillium* 19
4-3 *Fusarium* 19
4-4 *Rhizopus*.....19
4-5 *Alternaria*.....20
5- Les étapes de contamination.....20

5-Biodètèrioration.....20
5-1 Denrées alimentaires.....21
5-1-1 Céréales.....21
5-1-2 Les produits laitiers.....21
5-1-3 Viandes et charcuteries.....21
5-1-4 Les légumes frais.....21
5-1-5 Les fruits.....22
5-1-6 Oeufs 22
5-1-7 Boissons.....22

5-2 Produits divers

5-2-1 Textiles.....22
5-2-2 Papiers.....22
5-2-3 Bois.....22
5-2-4 Cuir.....22

Chapitre III: Les mycotoxines

1-Dèfinition.....24
2- Localisation.....24
3-Qulques mycotoxines produites par les moisissures
2-1 Aflatoxines.....24
2-2 Ochratoxines..... 25
2-3 Fumonisines.....25
2-4 Zèaralènones.....25
2-5 Patulines.....26
2-6 Trichothècenes.....26

4-Conditions d'apparition des mycotoxines.....26

6-Mècanisme de toxicité de quelques mycotoxines

6-1 Aflatoxine
6-1-1 Toxicité.....28
6-1-2 Métabolisme.....28
6-2 Ochratoxine
6-2-1 Contamination.....29
6-2-2 Toxicité.....30

7-Pathologies provoquées par les moisissures.

7-1 Chez l'homme.....30
7-1-1 Les mycoses.....31
7-1-2 Les intoxications alimentaires.....33
7-1-3 Les maladies allergiques.....33
7-2 Chez les animaux.....33
7-3 Chez les végétaux.....34

Deuxième partie : partie expérimentale

I-Objectif.....35

II-Matériel et méthodes

II-1Matériel.....35
II-2 Méthodes.....35
II-2-1 Echantillonnage.....35
II-2-2 Isolement.....35
II-2-3 Purification.....35
II-2-4 Mesure de la croissance.....36

III- Résultats et discussion
III-1 Résultats
III-1-1 Observation macro et microscopique.....36
III-1-2 La mesure de la croissance.....38

III-2 Discussion.....41

Conclusion.....43

Liste des figures

Figure 1: Structure d'une hyphe segmentée.....4
Figure 2: Structure d'une hyphe non segmentée.....4
Figure 3 : Mucorales.....6
Figure 4 : Structure morphologique des Ascomycètes.....7
Figure 5 : Caractères morphologiques des Eurotiales.....8
Figure 6 : Structure reproductrices des Deuteromycètes 9
Figure 7 : La reproduction asexuée.....10
Figure 8 : La reproduction sexuée.....10
Figure 9: Structure d'une hyphe.....12
Figure 10: Croissance de l'extrémité del'hyphe.....13
Figure 11: L'aspect de la croissance des mycètes filamenteux.....13
Figure 12: Les différentes phases de la croissance des mycètes.....14
Figure: 13 Survie des microorganismes en relation avec l'aw (sur aliments Pollués).....16
Figure14: Délai d'apparition d'un développement fongique en fonction de la Température de stockage.....17
Figure 15: Températures critiques du développement des principales moisissures.....18
Figure 16: Les étapes "à risque"durant la récolte et la conservation des fourrages.....20
Figure 17: Structure d'Aflatoxine..... 24
Figure 18: Structure d'Ochratoxines OTA.....25
Figure 19: Structure de Fumonisine.....25
Figure 20: Structure de Zéaralénone ZEA.....25
Figure 21: Structure de Patuline..... ...26
Figure22: Structure de Trichothècenes.....26
Figure23: Métabolisme de l'aflatoxine B_1dans le foie.....29
Figure 24 : La contamination de la chaîne alimentaire par l'OTA.....29
Figure 25: La voie hypothétique de la biosynthèse de l'OTA.....30
Figure 26: **a.** Teigne tontante microscopique.....31
b. Lésion plantaire.....31

Liste des tableaux

Tableaux 1: Teneur en eau optimale pour la croissance de certaines moisissures 17

Tableaux 2: pH minimum et pH maximum pour la croissance de certaines moisissures...17

Tableaux 3: Les principales mycotoxines et leurs effets chez l'être humain 25

Tableaux 4 : Suivie de la croissance en diamètre des colonies, la longueur des hyphes et L'unité de croissance.....40

Introduction

Introduction:

L'étude des champignons remonte sans doute au 16e siècle avec la classification publiée en 1526 par l'humaniste italien Hermolaus, puis les œuvres de botanistes qui s'appliquèrent à commenter Dioscoride. En 1592 Clusius fait peindre 86 aquarelles représentant 42 espèces de champignons comestibles répartis en 22 genres, 58 espèces de champignons vénéneux en 25 genres et 5 espèces nouvelles.

Le premier ouvrage exclusivement consacré aux champignons a été publié en 1801, on retiendra surtout le travail d'un Suédois, Fries, qui publia les trois volumes de son *Systema Mycologicum* entre 1821 et 1832 ; puis le travail de l'Italien Saccardo qui publia un monumental ouvrage de classification à la fin du 19e siècle *Sylloge fungorum hucusque cognitorum.*

A travers l'histoire, les gens ont eu peur des champignons. Autrefois on les associait à la sorcellerie ou au diable. Même de nos jours, beaucoup de gens dans les pays de l'Ouest s'en méfient **[1]**.

Il est facile de comprendre pourquoi la peur des champignons est si répondue. Beaucoup de moisissures et un certain nombre des champignons charnus des bois et des prés produisent des petites quantités de poisons. Les espèces comme l'ange de la mort (*Amanita virosa*) sont mortelles et ont tué beaucoup de personnes qui les ont mangées.

Les champignons microscopiques ont souvent dévasté les récoltes. En 1845, par exemple, la moisissure *Phytophthora infestans* a fait pourrir les pommes de terres à travers l'Irlande. Par conséquent, des milliers d'hommes, de femmes et d'enfants sont morts de faim. Beaucoup des rescapés de cette famine ont immigré en Amérique du Nord. En 1847, quelque 90.000 Irlandais sont partis pour le Canada.

Ce n'était pas la première fois qu'un champignon a changé le cours de l'histoire. Les scientifiques croient que les rouilles, un autre groupe de champignons inférieurs, ont détruit les récoltes et causé les famines de l'Egypte et de l'Israël dans la Bible.

La plupart des récoltes vivrières sont à la merci d'au mois un champignon ou mildiou. La rouille du blé a causé beaucoup de problèmes aux fermiers de l'Ouest canadien au cours des années 1930. Au milieu du19e siècle, le mildiou de la vigne a presque détruit l'industrie du vin en France. De nos jours, les fermiers sont toujours aux aguets des champignons pathogènes **[2]**.

L'objectif de ce travail est l'étude de la cinétique de croissance des moisissures issues des produits alimentaires et se divise en deux volets :

- Le premier volet concerne une étude bibliographique sur les moisissures et les mycotoxines.
- Le deuxième volet concerne un suivi dans le temps de la croissance des populations de moisissures éventuellement présentes dans les produits alimentaires.

En fin, on termine par l'interprétation des résultats et une conclusion.

Première partie

Analyse bibiographique

CHAPITRE I

1- Généralité:

Les moisissures sont des champignons microscopiques, ce sont des eucaryotes, hétérotrophes, donc obligé de prélever carbone et azote nutritifs dans la matière organique [3].

Certaines vivent en symbiose avec des végétaux, d'autres sont des parasites des végétaux ou des animaux, d'autres sont des saprophytes, se développant sur les déchets organiques et contaminant les produits alimentaire .

Les moisissures ont général un besoin en eau faible par rapport aux autres microorganismes et elles peuvent se développer sur les aliments à faible activité de l'eau [4], leur développement normal comprend une phase végétative de croissance et de nutrition et presque simultanément, l'autre est la phase reproductive au cours de la quelle se forme des spores qui assurent la disparition. La germination des spores est à l'origine de la forme végétative [5].

1-1 Caractères généraux:

1-1-1 Caractères morphologiques:

Les moisissures sont des champignons microscopiques caractérisés par une structure mycélienne, leur appareil végétatif se présente sous forme de filaments. Les hyphes ramifies qui constituent le mycélium ou thalle [6] la plupart des champignons possèdent une paroi composée de divers polymère [7].

A l'intérieur de la structure filamenteuse ramifiée, entourée d'une paroi rigide riche en cellulose ou en chitine, se trouve une masse cytoplasmique multinuclié. Chez de nombreux champignons, il existe des cloisons transversales à intervalles réguliers dans les hyphes. Dans ce cas, on dit qu'ils ont mycélium cloisonné ou avec septa, dans le cas contraire, ils ont un mycélium non cloisonné ou sans septa [6].

1-1-2 Caractères physiques:

Les moisissures sont des eucaryotes, non photosynthétiques, hétérotrophes est immobiles. Elles sont aérobies en général acidophiles (pH compris entre 3et 7) et mésophiles *(*Température<15C° ou T°<0°*)* [4] [8].

Elles sont à l'origine d'altérations superficielles, certaines souches produisant des toxines [8].

1-2 Structure de l'appareil végétatif:

Les moisissures appartiennent à l'embranchement des thallophytes leur appareil végétatif appelé **Thalle** est formé d'une multitude de filaments ramifiés dont l'ensemble constitue le mycélium [9]. Ce mycélium a une croissance terminale *(*apicale*)* mais se fait aussi par des ramifications.

L'appareil végétatif: Thalle: dépourvu de tiges, de racines et de feuilles, il peut être unicellulaire, dissocié et bourgeonnant ou filamenteux habituellement limité par une paroi rigide [4].

On distingue les moisissures à Thalle septé et d'autres à Thalle siphonné *(*non cloisonné*)* [10].

1-2-1 Les moisissures à Thalle septé:

Les champignons supérieurs ont des Thalles cloisonné, par la septation transversale de leur paroi cellulaire [11].

Les cloisons sont traversées par un pore central de telle sorte que les protoplastes des cellules voisines sont pratiquement continus d'une cellule à l'autre [12]. *(*Figure:1*)*

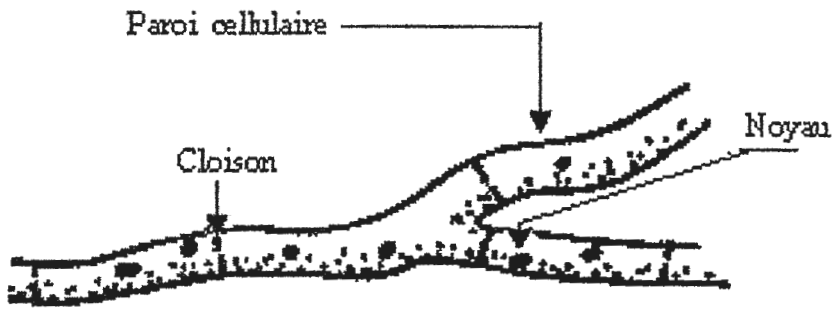


Figure 1: Structure d'une hyphe segmentée [13].

1-2-2 Les moisissures à Thalle siphonnée:

Le mycélium est formé d'une série de siphons plurinuclées [13], ce type de mycélium caractérise les champignons inférieurs, il s'agit de filaments non cloisonnées transversalement [14]. *(*Figure: 2*)*

Les hyphes non cloisonnées sont dites **cénocytiques.**

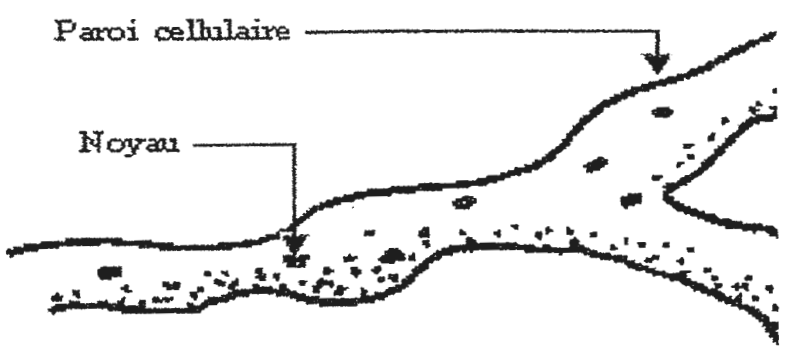


Figure 2: Structure d'une hyphe non segmentée [13].

2- Classification:

Il existe plusieurs classifications des champignons, établies sur la base de divers critères pratiques pouvant plus ou moins recouper leurs filiations. [11]

Les moisissures fréquemment rencontrées dans les industries alimentaires appartiennent à trois classes de champignons. Ces trois classes entre à la division **Amastigomycota** qui se caractérise par l'absence de cellules mobiles [9].

2-1 Zygomycètes:

La plus part des Zygomycètes vivent sur la matière végétale et animale en décomposition dans le sol, d'autres encore forment des associations symbiotiques. La plus part possèdent des hyphes cénocytiques contenant de nombreux noyaux haploïdes [12].

Cette classe se divise en deux ordres:

2-1-1 Ordre 1: Mucorales:

Ce sont des moisissures dont les spores sont contenus à l'intérieur d'une cellule renflée (sporange ou sporocyste) portée à l'extrémité de filaments ou sporangiophores qui se prolongent dans le sporange par une columelle de forme caractéristique.

L'appareil végétatif des Mucorales est généralement formé par un mycélium bien développé richement ramifié aux brancher par fois anatomies. (Figure: 3)

La reproduction asexuée s'effectue au moyen de spores immobiles formés généralement en grand nombre dans des sporocystes pourvus à l'intérieur d'une vésicule centrale ou columelle prolongeant le sporocystophore *(Absidia spp, Mucor spp, Rhizopus spp)*, luis même parfois renflé en apophyse sous le sporocyste *(Absidia spp, Rhizopus spp)*.

Selon les espèces, les sporocystophores présentent quatre mode de ramification: monopodique, sympodique, dichotomique, verticillé.

La production sexuée, homothallique ou hétérothallique fait intervenir une fusion de deux gamétocystes, elle abouti à la formation de zygospores à paroi épaisse, souvent ornementée et de couleur foncée, portée par deux suspenseurs.

Quatre genres *(Absidia spp, Mucor spp et Rhisopus spp)* incluent la plus part des espèces des mucorales isolées des denrées alimentaires [9].

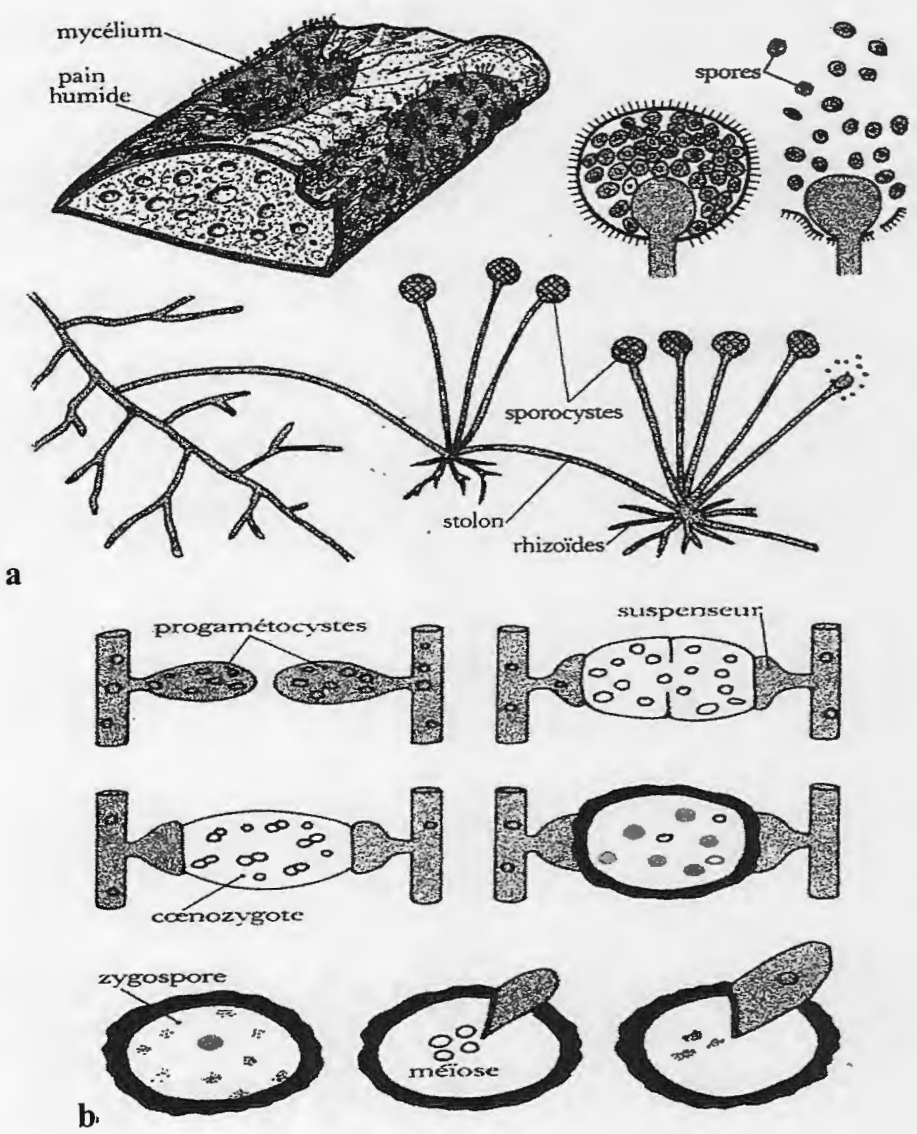


Figure: 3 Mucorales [7].

a. Multiplication végétative. Rhizope (moisissure blanche du pain). Formation de bouquets de sporocystes et dispersion aérienne des spores.
b. Reproduction sexuée par cystogamie.

2-1-2 Ordre 2: Entomophtorales:

Les spores asexuées semblables a des conidies exogènes, projetées à maturité, champignons saprophytes ou le plus souvent parasite d'insectes.

Entomophtora muxae se développe sur les mouches mortes.

Entomophtora virulenta, pathogène pour les hémiptères, lépidoptères et diptères [9].

2-2 Ascomycètes:

Le nom des Ascomycètes provient de leur structure reproductrice caractèristique, l'asque (du grec askos, soc) en forme de massue ou de sac. Le mycèlium des ascomycètes est composé d'hyphes cloisonnés.

Les Ascomycètes peuvent produire des spores de manière asexuée comme les Zygomycètes, ces spores appelées conidies [15]. *(*Figure: 4*)*

La reproduction sexuée chez les Ascomycètes entraîne la formation d'un asque contenant des ascospores haploïdes. Chez les Ascomycètes les plus complexes, la formation des asques est précédée du développement d'hyphe ascogènes spéciaux dans lesquels migrent des paires de noyaux [16].

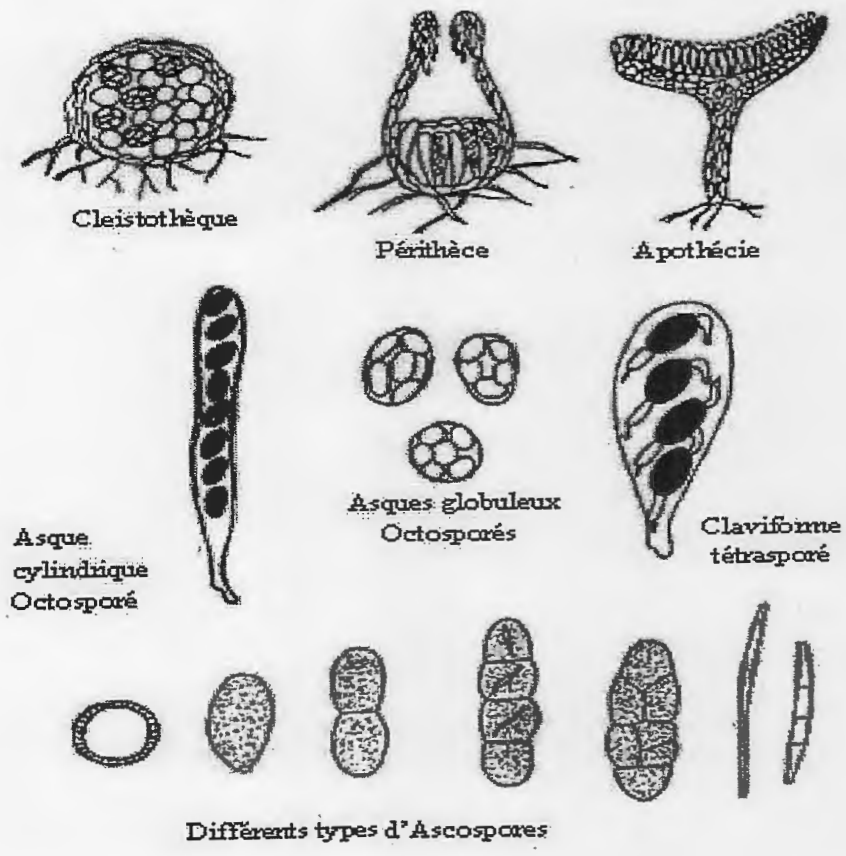


Figure: 4 Structure morphologique des Ascomycètes [9].

Les Ascomycètes regroupent de nombreux champignons parasites des végétaux mais aussi de nombreuses moisissures contaminant les produits alimentaires [17].

2-2-1 Ordre des Eurotiales:

Les moisissures décrites dans cet ordre ont une reproduction sexuée *(*Téléomorphe*)* régulièrement obtenues culture et appartenant aux Ascomycètes. Ceux-ci sont caractérisés par la formation, après la conjugaison sexuée, de spores contenue en nombre régulier dans des asques [11]. *(*Figure: 5*)* Les asques eux même sont dans une fructification close: le **cleistothèce**. A maturité, sa paroi se détruit et les ascospores sont libérées.

En culture on observe simultanément une reproduction asexuée *(*Anamorphe*)* [3].

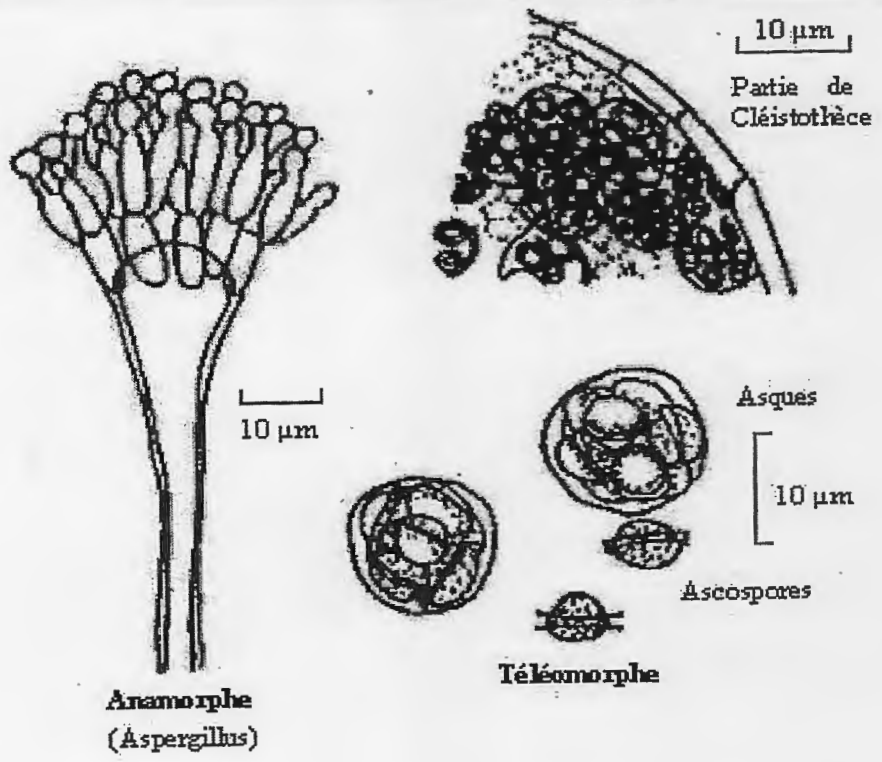


Figure: 5 Caractères morphologiques des Eurotiales [3].

2-3 Deutéromycètes:

Encore appelés Adélomycètes, *Fungi imperfecti (*champignons imparfaits*)* [13].

La reproduction sexuée n'existe plus ou est inconnue. Certains sont des parasites très communs *(Alternarria ....)* [18], La plus part présentent, néanmoins, des similitudes avec les Ascomycètes. Ils se reproduisent uniquement par voie végétative au noyau de spores asexuée ou par simple fragmentation du mycélium [11]. De nombreuses espèces de ce groupe sont importantes économiquement [17]. *(*Figure:6*)*

Ils sont classés en fonction des caractéristiques des organes conidies et du mode de groupement des hyphes [2]. Ce groupe comprend tous les champignons qui ne produisent ni ascospores, ni basidiospores et qui se multiplient au noyau de conidies. Les Deutéromycètes se divisent en trois classes:

- Blastomycètes: levures avec ou sans pseudo mycélium.
- Cœlomycètes: conidies produites dans des pycnides ou dans des acervules.
- Hyphomycètes: champignons filamenteux, stériles [11].

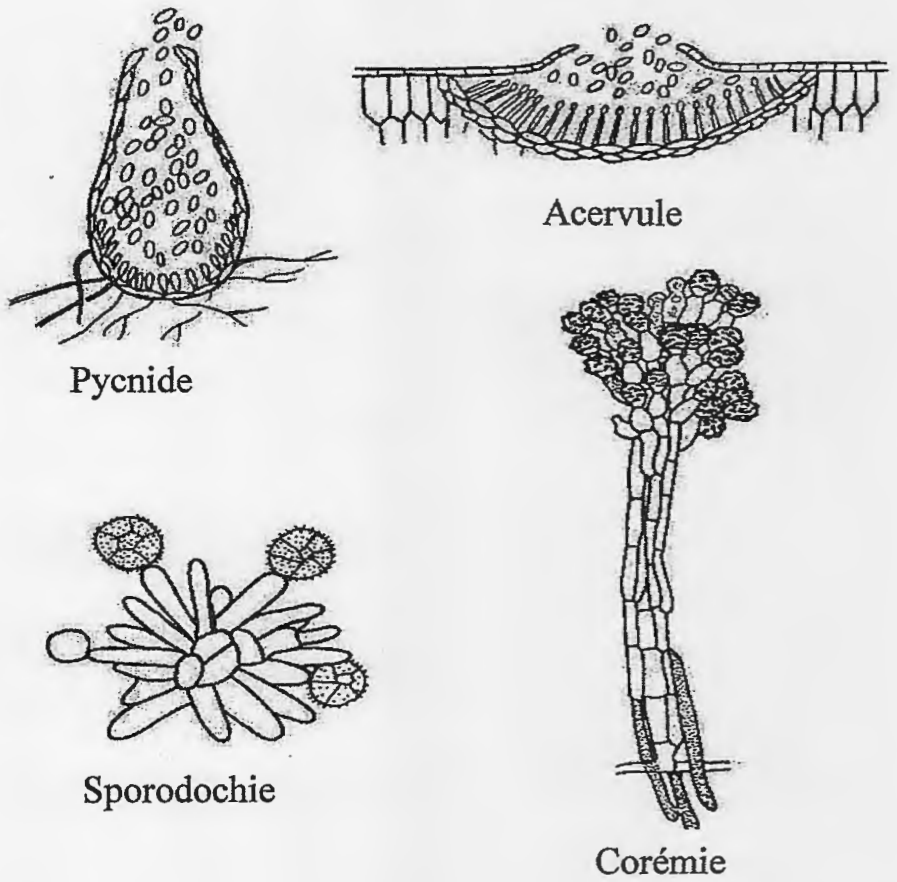


Figure: 6 Structure reproductrices des Deuteromycètes [9].

3- La reproduction:

Après un certain temps de développement, les moisissures comme tous les champignons et autres êtres vivants, doivent se reproduire puis se propager pour aller coloniser d'autres substrats, elles se multiplient par des spores [19].

Il y a deux façons de produire ces derniers: par reproduction sexuée et/ou par reproduction asexuée [16].

3-1 La reproduction asexuée:

La reproduction asexuée est très répondue et se fait sans recombinaison génétique, selon différents modes: simple fragmentation du mycélium, bourgeonnement ou plus généralement par la formation des spores [11]. (Figure: 7)

La reproduction asexuée la lus fréquemment observée est la division des cellules haploïdes par mitose pour former des spores [20].

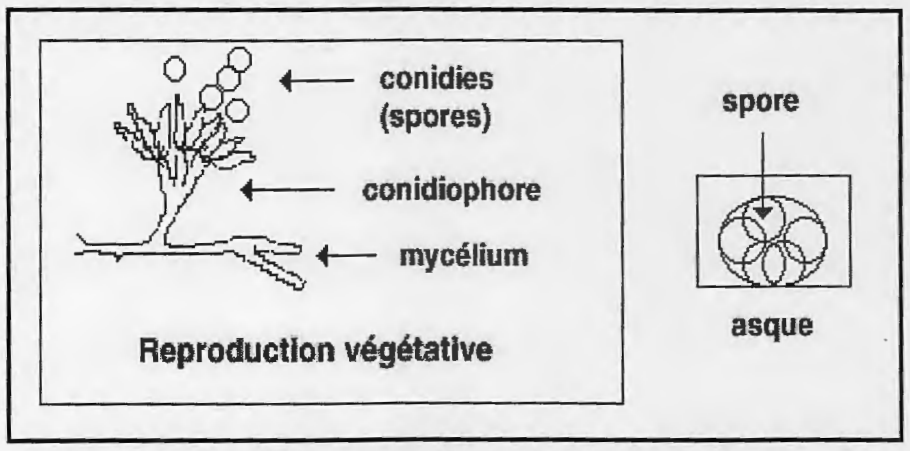


Figure: 7 La reproduction asexuée [19].

3-2 La reproduction sexuée:

La reproduction sexuée implique comme chez tous les autres organismes eucaryotes sexuellement différenciés, la reproduction et la fusion des cellules sexuelles: **les gamètes** [11]. (Figure: 8)

Chez les moisissures, ce monde de reproduction est accompli par une plasmogamie suivi par une caryogamie ensuite une méiose qui aboutit à la formation des spores haploïdes (basidiospores, ascospores) ou diploïdes (zygospores).

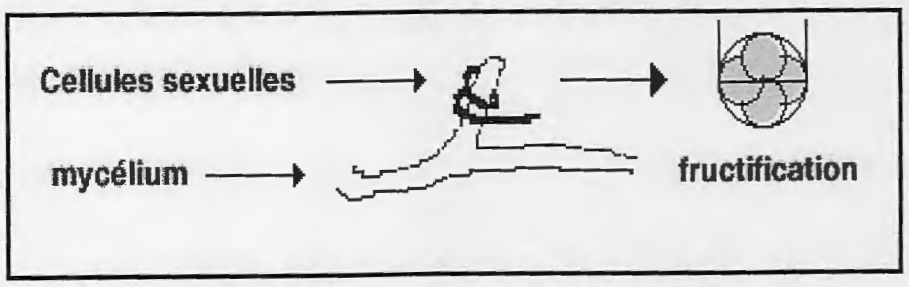


Figure: 8 La reproduction sexuée [19].

CHAPITRE II

1- Biologie et physiologie de la moisissure:

1-1 La structure des hyphes:

Les mycètes sont des microorganismes, leur unité cellulaire de base est appelée hyphe (Figure: 9). C'est une cellule tubulaire emprisonnée dans une paroi rigide de chitine. Les hyphes se multiplient au niveau de leurs extrémités, formant aussi une masse emmêlée appelée **mycélium.** Les hyphes contiennent un noyau, des mitochondries, des ribosomes, un appareil de golgi et des vésicules entourées de membrane noyée dans un cytoplasme entouré d'une membrane plasmique.

Les structures intracellulaires sont soutenues et organisées par un système de microtubules et de réticulum endoplasmique. Les produits intracytoplasmiques de l'hyphe tendent à s'accumuler au niveau de l'extrémité en croissance. La paroi ancienne des hyphes contienne de nombreuses vacuoles et peuvent être séparées des régions jeunes par des cloisons transversales appelées **septum** [21].

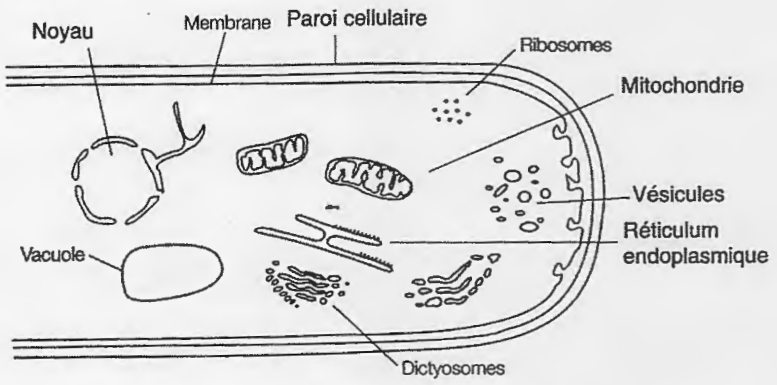


Figure 9: Structure d'une hyphe [21].

1-2 La croissance:

Le diamètre des hyphes varie consédérablement en fonction des conditions de l'environnement de leur position dans la colonie et surtout d'une espèce à l'autre, de 3-4 *u*m à plus de 10 *u*m [13].

La croissance des hyphes est strictement apicale (Figure:10). Ce comportement s'oppose à la croissance intercalaire [9]. Les courants cytoplasmique sous-jacents (cyclose) exercent une pression dirigée vers l'apex et apportent des corps apicaux constitués d'un amas de petites vésicules, issues probablement des corps de golgi et d'élément courts du réticulum endoplasmique. Les vésicules qui se détachent déversent, dans le plasma lemme apical, les matériaux et des enzymes nécessaires à l'extension d'une zone pariétale qui cède continuellement sous l'effet du cytoplasme en expansion. La zone apicale se caractérise également par l'absence de réticulum endoplasmique, de mitochondries et de noyaux [13].

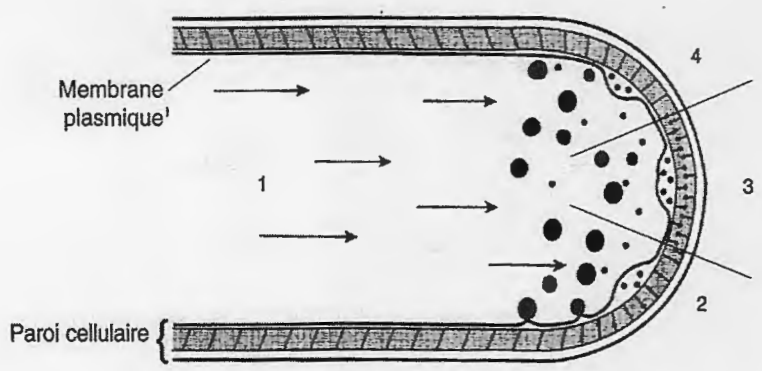


Figure 10: croissance de l'extrémité de l'hyphe [21].

1: Vésicules migrent vers les régions apicales de l'hyphe.
2: Les enzymes lysant la paroi cassent les fibres contenues dans celles-ci.
3: Les polymères et les précurseurs de la paroi amorphe passent à travers la couche fibrillaire.
4: Les enzyme synthétisant la paroi reconstituent les fibres de celle-ci.

La croissance apicale est donc le résultat de deux phénomènes: l'extension par plastification de la paroi et rigidification de cette structure. Si les vésicules porteuses d'enzymes sont trop nombreuses pour être toutes utilisées l'apex (milieu très nutritif par exemple) l'hyphe se ramifiée, les rameaux latéraux apparaissent à quelques dizaines ou centaines de microns de l'apex. Ces ramifications sont soumises au phénomène de dominance apicale. (Figure:11)

Elles se développent d'autant mieux que les nutriments sont abondant un phénomène de concurrence trophique existe entre l'apex principale et les ramifications primaires puis secondaires ou tertiaires [9].

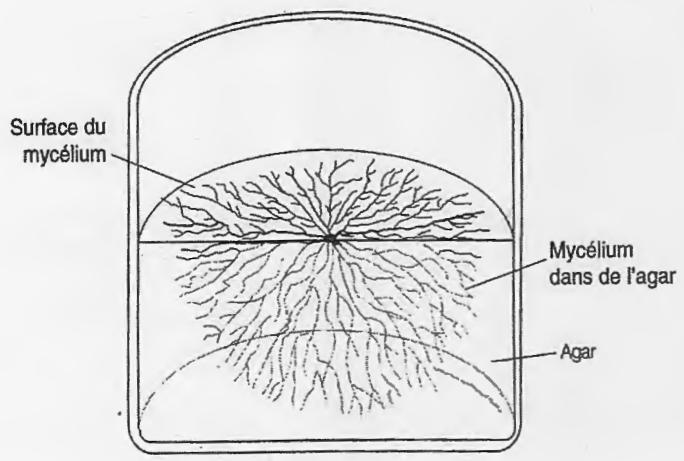


Figure 11: L'aspect de la croissance des mycètes filamenteux [21].

1-3 La cinétique de la croissance:

La croissance des mycètes dans un milieu discontinu donné suit différentes phases successives: phase de latence, d'accélération, de croissance exponentielle, de décélération stationnaire et de mortalité. (Figure:12)

La croissance exponentielle ne survient que pendant une période brève pendant laquelle les branches des hyphes sont activées et les nouveaux hyphes s'étendent ensuite à un taux linéaire vers des régions non colonisées de milieux de culture [21].

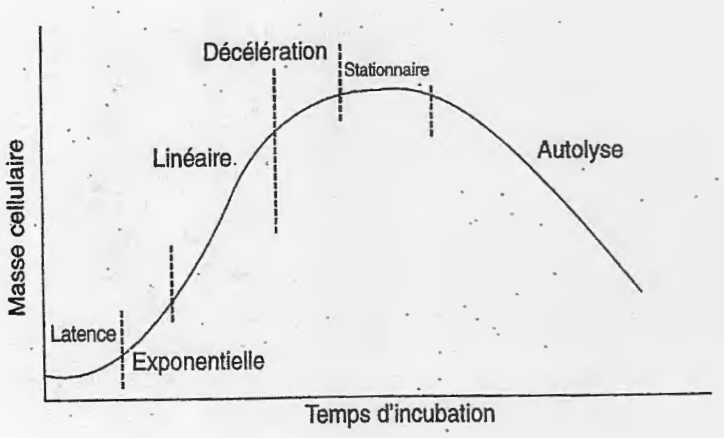


Figure 12: Les différentes phases de la croissance des mycètes [21].

1-4 L'activité enzymatique:

Les moisissures sont agressives et dégradantes sous leur forme mycélienne, mais la forme des spores est inoffensive, elles peuvent se disperser très largement et contaminer, elles ont un équipement enzymatique très varié. L'activité des enzymes exocellulaires et mise en évidence sur le surnageant de culture, l'activité des enzymes endocellulaires l'est sur des broyat mycéliens [22].

2- Méthodes de mesure de la croissance des moisissures:

Il existe différentes méthodes pour mesurer la croissance fongique. Certaines méthodes sont utilisées pour des êtres précisés et ne sont pas applicables sur d'autres êtres, mais en réalité il n'existe pas de méthode valable pour les champignons filamenteux[23].

2-1 La méthode de poids sec de mycélium:

C'est la méthode la plus utilisée et la meilleur pour mesurer la croissance fongique. Les étapes de cette méthode sont différente selon le type du milieu nutritif et l'espèce fongique. Généralement basé sur la séparation de mycélium fongique du milieu nutritif liquide puis laver et sécher dans un récipient propre à poids défini. On peut utiliser le papier filtre séché à poids défini, il faut signaler que la croissance de certains champignons est gélatineuse donc il est difficile de les filtrer c'est pour ça on utilise la méthode de centrifugation, après la séparation du mycélium, ce dernier est séché à température 90^0C-95 ^{O}C plusieurs heurs jusqu'à la stabilité du poids.

Dans le cas des colonies fongique qui développent sur un milieu nutritif solide riche en Agar, la croissance est mesurée par la séparation de croissance superficielle du mycélium au surface de l'Agar associe au mycélium par l'eau chaude [23].

2-2 La méthode photométrique:

Correspondant les champignons unicellulaires ou ayant des filaments fongiques courts. Cette méthode exige un appareil photométrique qui permet la mesure de l'intensité du rayon optique qui traverse le milieu nutritif plus la croissance fongique augmente, la quantité de lumière qui la suspension cellulaire diminue; et le rapport entre le poids se qui se trouve dans un volume déterminé de la suspension cellulaire de l'intensité lumineuse qui traverse les différentes concentrations des solutions est définit par une courbe [23].

2-3 Méthode de dosage de nitrogène cellulaire:

C'est la méthode la moins utilisée dans le cas des champignons et malgré que la nitrogène entre dans la composition structurale de la chitine de la paroi cellulaire chez les champignons [23].

2-4 Croissance linéaire:

C'est l'une des méthodes pour la mesure de croissance dans les boites de pétri où on peut mesurer le diamètre ou le périmètre ou la surface de la colonie fongique, dans cette méthode le taux de croissance est exprimé par l'augmentation quotidienne produite.

Il faut signaler que cette méthode néglige l'épaisseur de la colonie donc pour mesurer la croissance superficielle avec précision et de façon correcte et exacte, on utilise le tube de croissance qui nous permet d'éviter la croissance en épaisseur, et la colonie est moins exposée aux contaminations [23].

3- Conditions de développement des moisissures:

3-1 Les éléments nutritifs:

L'absence de pigments assimilateurs chez les champignons oblige ces microorganismes à rechercher les éléments nutritifs sur des hôtes vivants ou substrats inertes [24]. Ils exigent des composés organiques comme source d'énergie et de carbone [25].

Certains produits, les acides aminés par exemple, peuvent pénétrer dans la cellule sans transformation tan dis que d'autre tel que l'amidon, la cellulose… doivent être transformés préalablement par les champignons avant d'être absorbés, cette transformation nécessite, de la part de la moisissure,un équipement enzymatique adapté [19, 24,26].Les plus importants sont le carbone et l'azote, utilisés sous forme de composés organique, et des ions minéraux (potassium, phosphore, magnésium…) en quantité très faibles [26].

3-2 Les éléments de l'environnement:

A la différence des substances nutritives qui sont toujours beaucoup plus abondantes que ne le nécessite le développement des moisissures, les facteurs physiques de l'environnement (humidité, température, oxygène...) constitue un élément déterminant pour son initiation [19]. Ces facteurs conditionnent également la survie fongique.

3-2-1 Humidité:

L'eau présente dans un milieu est plus ou mois disponible. On distingue classiquement l'eau libre et l'eau liée. Cette dernière étant retenue par les molécules de l'aliment [27].

Tout le monde sait que les moisissures apparaissent après un accroissement accidentel de l'humidité. En effet la quantité d'eau disponible dans le substrat et l'ambiance environnante est très importante pour initier leur développement. Il y à échange permanent entre l'environnement et le support jusqu'à atteindre un point d'équilibre à la surface de ce dernier où pourra se développer la moisissure (pour les aliments, cette valeur est définie comme l'activité de l'eau ou aw; elle est approximativement inverse de l'humidité relative). (Figure: 13)

L'humidité relative minimum pour que commençant à se développer certaines moisissures peu nombreuses, dites xérophiles, est de 65-70%. Au fur et à mesure que l'humidité augmente s'installent ensuite des moisissures différentes, de plus en plus nombreux vers 80-90%. Ainsi selon l'espèce identifiée sur un substrat. On peut approximativement définir l'évolution de l'humidité relative de celui-ci. La seule façon d'éviter le développement de contaminants fongiques est donc bien de maintenir une hygrométrie faible dans l'environnement [19]. (Tableau:)

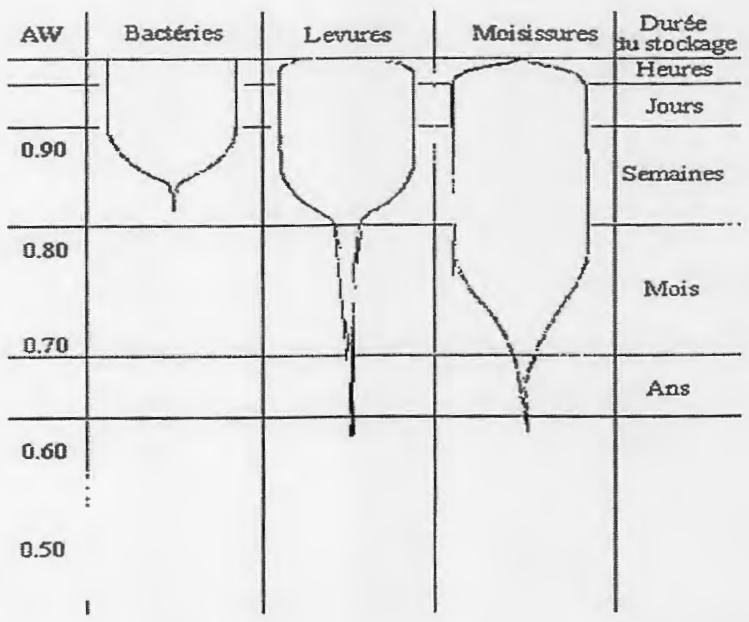


Figure: 13 Survie des microorganismes en relation avec l'aw (sur aliments pollués) [28].

Tableau 1: Teneur en eau optimale pour la croissance de certaines moisissures [29].

Moisissure	Humidité du milieu (%)
Aspergillus ochraceus	14.5 à 15.5
Aspergillus flavus	18 à 19.5
Fusarium graminearum	22.2
Fusarium sp	21.2 à 33

3-2-2 pH:

Les moisissures sont peu sensibles au pH; mais préfèrent les pH légèrement acides (pH = 5), ce qui les différencie des bactéries [30]. Ils peuvent même supporter un pH faible (pH = 2) (exemple: *Aspergillus niger et Aspergillus oryzae*). (Tableau: **1**) Les optima se situent entre 5.5 et 7.5 [9,24].

Tableau 2: pH minimal et maximal pour la croissance de certaines moisissures [31].

Espèce	pH minimal	pH maximal
Aspergillus flavus	2	11
Aspergillus ochraceus	2.2	13
Penicillium crustasum	2.2	10
Fusarium graminearum	2.4	10.5

3-2-3 Température:

La température joue un rôle prépondérant dans la croissance mycélienne: elle intervient également dans la sporulation et la germination des spores (Figure:14). La plupart des moisissures se développent entre 15 et 30 ^{o}C avec une croissance optimale aux environs de 20 à 25 ^{o}C . En général, 25 ^{o}C est une bonne température pour le développement de es microorganismes [4, 31]. (Tableau: **2**)

Certaines moisissures sont aptes à se développer à la fois à des températures basses et élevées (Figure: 15). Pour d'autres, les températures minimales et maximales de croissance sont assez rapprochées [32].

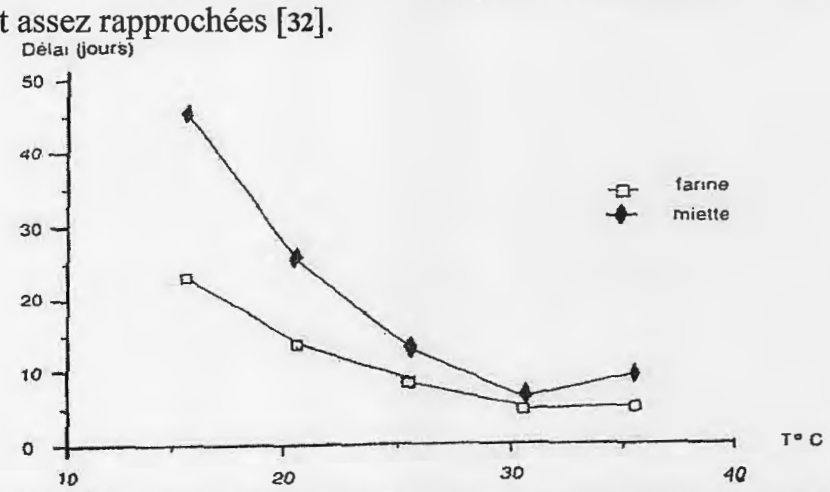


Figure 14: Délai d'apparition d'un développement fongique en fonction de la température de stockage [33].

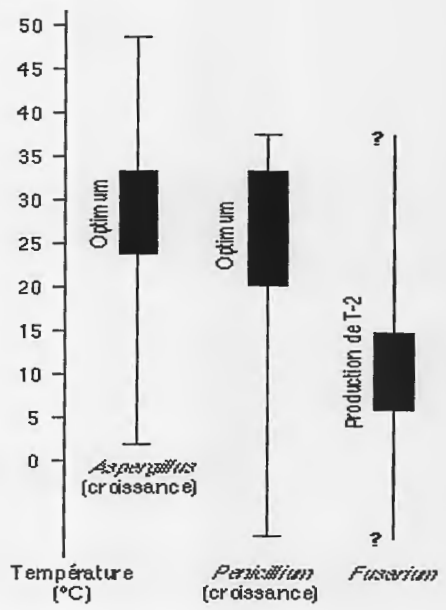


Figure 15: Températures critiques du développement des principales moisissures [34].

3-2-4 L'oxygène:

Les moisissures sont des organismes aérobies. Cependant, certains tolérant des quantités relativement faible d'oxygène. Elles sont dites micro aérophiles, par exemple: *Penicillium roquefortii* et l'*Aspergillus niger* qui supporte jusqu'à 4.2% d'oxygène et peuvent même se développer en anaérobiose avec production d'éthanol et diacides organiques. Le métabolisme des champignons peut être modifié selon la teneur en oxygène environnemental; par exemple la production de mycotoxines, décroît considérablement en conditions d'oxygène faible [19, 30].

3-2-5 Lumière:

Les radiations du spectre visible n'ont en général pas d'action sur la croissance végétative des champignons mais peuvent agir sur la sporulation. Les photopériodes (lumière/obscurité) créent des zonations. Beaucoup de champignons n'exigent pas de la lumière pour sporulation, cependant les photo-réponses de la sporulation dans le bleu ont été décrites chez *Penicillium isariiforme, Alternaria tomato* et *Stemphylium botryosum.*
Le pic maximal d'activité est à 480 nm ou à 410 – 425 nm [24].

3-2-6 Influence de la nature du substrat:

Au cours du stockage, en plus de la nature chimique c'est l'état physique de la denrée qui le plus favoriser la croissance des micromycète.

La composition chimique du substrat favorise la croissance des moisissures comme aussi-elle favorise la production des mycotoxines. Par exemple: les produits riches en amidon favorise la production des Aflatoxines, alors que les produits en cellulose favorisent la production des Zéaralenones [35].

4- Les principaux genres polluants les produits alimentaires:

4-1 *Aspergillus:*

Aspergillus est un genre de champignons filamenteux, de type moisissures, appartenant à la classe des Ascomycètes, dont la colonie se présente sous forme duveteuse [36]. Le thalle, hyalin, présente un mycélium cloisonné portant de nombreux conidiophores dressés, terminés en vésicule [36, 37].

Les Aspergillus ont une répartition mondiale. Ils se développent sur la matière organique en décomposition, dans le sol, le compost, les denrées alimentaires, les céréales. Ils sont présents dans l'environnement humain, notamment dans les plantes, les fruits, la poussière, l'air.

Les *Aspergillus* sont très utilisés dans l'industrie agro-alimentaire et dans l'industrie de la biotechnologie, Certaines espèces d'*Aspergillus* peuvent être pathogènes pour l'Homme (*Aspergillus fumigatus)*, les animaux et les plantes. Les mycoses provoquées par *Aspergillus* sont appelées des aspergilloses [36].

4-2 *Penicillium:*

Penicillium est un genre appartenant au phylum des ascomycètes. Il s'agit d'un champignon filamenteux. Le conidiophore ramifié possède une forme ressemblant à celle d'un pinceau [36]. Elles sont caractérisées par la présence d'un mycélium à septa, souvent incolore, les conidies sont disposées en longues chaînes [37].

Ce sont des champignons pour la plupart très communs dans l'environnement pouvant être responsables de nombreuses dégradations. Ils ont pour habitat le sol, les denrées alimentaires, les matières organiques en décomposition, le compost, les graines, les céréales… Diverses espèces sont cultivées au niveau industriel pour la fabrication de fromages (*Penicillium roquefortii*, *Penicillium camembertii*), pour la production de métabolites : les antibiotiques. Certaines espèces sont appliquées dans la détérioration des germes [36]

4-3 *Fusarium:*

Le genre *Fusarium* tire son nom du latin *fusus* car ses spores sont en formes de fuseau, le principal caractère morphologique de *Fusarium* est la présence de macroconidies fusiformes et cloisonnées.

Ce genre regroupe plusieurs espèces phytopathogènes susceptibles d'attaquer un grand nombre de plantes, provoquant des maladies appelées fusarioses .Les *Fusarium spp* se développent sur les céréales et la pomme de terre [36].

4-4 *Rhizopus:*

Ces moisissures sont caractérisées par l'absence de septa, la reproduction asexuée forme des sporanges. Ces sporanges sont portés par des sporangiophores qui possèdent des rhizoïdes qui sont reliés entre eux par des stolons, quand un sporange se rompt une multitude de spore sont libérées. Les *Rhizopus spp* sont souvent impliqués dans la détérioration de l'amidon [36].

4-5 ***Alternaria:***

Le mycélium de ces moisissures en forme de coton possède des septa de couleur vert sole. Les conidiophores portent une chaîne de conidie multicellulaires attachées les une aux autres par les extrémités dont l'une est arrondie et l'autre pointue; les hyphes observées au microscope sont presque incolores, les conidies sont vert brut ou brun foncés. Ces souches sont souvent impliquées dans la détérioration des produits alimentaires [36].

5 - Les étapes de contamination:

La contamination par les moisissures est inévitable. Un grand nombre et une grande variété de microorganismes sont présents dans les produits alimentaires.
Mais la majeure partie des contaminants est apportée durant les processus de récolte, de séchage, de manutention et de stockage. Ce deuxième inoculum est essentiellement apporté avec la terre, les poussières et les débris de végétaux moisis de la dernière récolte qui reste au champ ou dans le silo (Figure:16). La plupart de ces micro-organismes restent superficiels, une partie seulement de ces contaminants est capable de se développer dans les conditions de stockage [38].

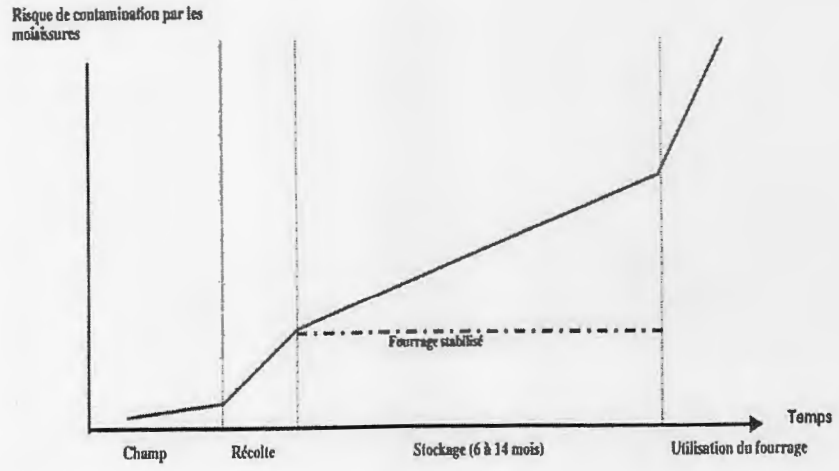


Figure 16: Les étapes "à risque"durant la récolte et la conservation des fourrages [38].

5- Biodeterioration :

Les biodéteriorations peuvent être nuisibles ou utiles pour l'homme, les premières conduisent à l'altération de matériaux, qu'il s'agisse de matière première de produits industriels ou de produits agricoles. Les conséquences économiques de ces détériorations sont consédérables à la fois en raison des pertes qu'elles occasionnent et des mesures préventives (stérilisation, congélation) ou correctives qu'elles exigent (désinfection, restauration) [13].

La diversité d'altération depend:

- De la nature de l'aliment.
- De la variété des microorganismes en cause.
- Des facteurs agissant sur le développement: pH, aw [8].

5-1 Denrées alimentaires:

Céréales, pommes, paires, tomates, carottes, raisins, maïs, cacahuétes, cafés, cacaos peuvent en contenir cette liste n'est pas exhaustive il est possible que la quasi-totalité, si ce n'est la totalité des productions végétales que mous consommons soient susceptibles de contenir des mycotoxines, comme il est difficile de supprimer ces mycotoxines elles peuvent se retrouver dans tous les aliments qui contiennent ces plantes [41].

Un grand nombre de Mucorales, Ascomycètes et surtout hyphomycètes sont capables de détériorer ces denrées alimentaires, provoquant des altérations organoleptiques et chimiques avec un risque d'intoxication et intoxination grave pour les consommateurs.

Les activités biodéteriorantes dépendent de leurs activités enzymatiques (cellulolyse, lipolyse,...) de la nature du substrat, condition d'environnement (température, humidité notamment) et de phénomènes de concurrence avec d'autres microorganismes [9].

5-1-1 Céréales:

Les graines de céréales peuvent être contaminés avant la récolte par la flore fongique microscopique d'un champ (*Alternaria, Cladosporium, Fusarium*...), aux fortes capacités cellulolytiques. Plus tard, au cour de stockage de la récolte, une autre flore fongique, aux propriétés moins cellulolytiques et plus osmophyles, peut prendre le relais (*Aspergillus, Penicillium*). Finalement, les substrats organiques les plus altérés permettant la croissance de champignons peu cellulolytiques et non osmophyles (Mucorales) [13].

5-1-2 Les produits laitiers:

Un grand nombre d'espèces sont capables d'envahir les fromages, le beurre et la margarine. Des Mucorales peuvent se développer à la surface de fromages, sous la forme des épais feutrages; les *Penicillium* peuvent en modifier l'aspect et le goût. Les *Cladosporium* peuvent être à l'origine de taches sombres, de nombreuses autres espèces peuvent provoquer des intoxications [13].

Les beurres rancissent vite sous les effets de l'*Aspergillus repens* [31].

Les moyens de prévention, comme la conservation au froid, l'addition de sel ou l'acidification, peuvent éliminer certaines espèces, mais aussi parfois autoriser la croissance d'autres espèces tolérantes [13].

5-1-3 Viandes et charcuteries:

Aspergillus clavatus, Aspergillus niger, Chrisonilia sitophila, Geotrichum condidum, etc, peuvent se rencontrer sur la viande, certaines espèces se développant même sur la viande réfrigérée. Les salaisons également être contaminées [13].

5-1-4 Les légumes frais:

Aprés un stockage trop prolongé, sont inexorablement la paroi du développement aranéeux blanc grisâtre du *Botrytis cinerea* [13].

5-1-5 Les fruits:

Nous avons parviennent souvent altérés par des *Penicillium* : *Penicillium expansum* qui communique un goût très acre aux pommes, *Penicillium italicum* et *Penicillium digitatum* agents respectivement des pourritures bleues et vertes des agrumes [13].

5-1-6 Œuf:

Certaines moisissures (*Penicillium, Aspergillus, Mucor*...) se développent aussi à l'extérieure qu'à l'intérieur des œufs [13].

5-1-7 Boissons:

Les espèces thermorésistantes peuvent coloniser les jus de fruits pasteurisés. Le développement de *Penicillium expansum* sur les pommes peut être à l'origine d'une production de cidre toxique [13].

5-2-Produits divers :

5-2-1-Textiles :

Les textiles fabriqués à partir de fibres animales ou végétales, chanvre coton, jute, lin, soie, peuvent être l'objet de biodétèrioration fongiques, qu'il s'agisse de tissue écrus blanchis, tents imprimés ou tissés teints, apprêtés ou non apprêtés, les moisissures en réduisent la solidité et en altèrent l'aspect.

Coton : *Aspergillus fumigatus, Alternaria....*

Jute : *Aspergillus fumigatus, Aspergillus niger* .... [9, 13].

5-2-2-Papier :

Dés que les premières étapes de préparation, comme à l'état de pâte, le papier peut faire l'objet d'un développement fongique. Les espèces cellulolytiques (Aspergillus, *Penicillium...)* endommagent les produits finis, tel que les livres, les emballages, les tapisseries et même le papier goudronné. Certains matériaux peuvent être imprégnés de molécules antifongiques pour inhiber la croissance des moisissures [13].

5-2-3-Bois :

Le bois vivant possède des systèmes de défense contre l'agression fongique. Néanmoins, certains champignons sont capables de dépasser ces défenses et de parasiter les bois. D'autres espèces ne peuvent attaquer que le bois mort [13].

Les bois d'œuvres (charpentes, planchers, coques de bateaux) peuvent être attaqués par un agent fongique redoutable, *Gynophana lacrymans* [9].

5-2-4-Cuir :

Le développement fongique sur le cuir conduit à la formation de taches dues à la disparition des matières grasses, à une perte de souplesse, de résistance et d'imperméabilité [13].

CHAPITRE III

1-Définition :

Le terme mycotoxine vient de grec (mycose) qui signifie champignon et du latin (Toxicum) qui signifie poison [39, 40].

Les mycotoxines sont des métabolites secondaires secrètes par des moisissures appartenant principalement aux genres *Aspergillus, Penicillium* et *Fusarium.* Elles sont produites sur une large variété de denrées alimentaires avant, pendant et avant récolte [41].

Elles peuvent êtres présents dans un grand nombre d'aliments. Certaines sont hautement cancérigiques, d'autres provoquent des problèmes de santé divers (tableau:3) [13].

La plus part des mycotoxines sont chimiquement stables et résistent aux changement de température, aux conditions de stockage et aux procédés de transformation.

Actuellement de nombreuses toxines élaborées par les moisissures sont connues et étudiés [40].

2-Localisations:

- Pour la plupart, elles sont fortement absorbées ou fixées au niveau de la paroi des conidies (Aflatoxines, Ochratoxines…)
- D'autres sont uniquement excrétées dans le milieu extérieur (Gliotoxine) [42].

3- Quelques mycotoxines produites par les moisissures :

3-1 Aflatoxines :

Elles sont produites par certaines espèces d'*Aspergillus* telle que : *Aspergillus flavus,* et apparaissent sur de nombreuses produits crus tels les céréales, les fruits sec, les épices et les fruits séchés. Parmi la vingtaine d'aflatoxines recensées, quatre seulement se retrouvent dans les aliments (Aflatoxines B_1, B_2, G_1, G_2).

Si les mycotoxines se révèlent toxiques lorsqu'elles sont ingérées en grande quantité, une longue exposition à très faibles doses d'aflatoxines peut également être source de risque pour la santé [40].

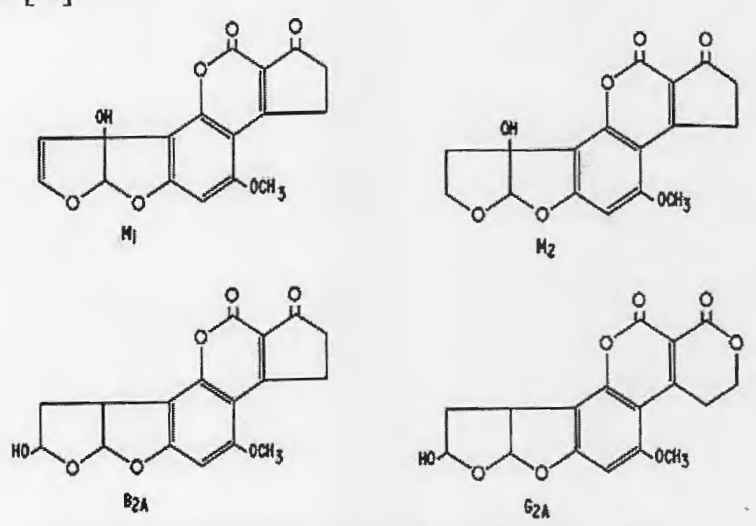


Figure 17: Structure d'Aflatoxine [3, 43, 44].

3-2 Ochratoxines (OTA) :

On la trouve dans certaines régions tempérées, où elle est produite par le *Penicillium vzrrucosum*, moisissures qui se développe fréquemment au cours du stockage des céréales, on la rencontre également dans les régions tropicales où elle est produite par une autre espèce de champignons ; l'*Aspergillus ochraceus* [40], apparaît dans diverses production végétales brutes au transformées comme le café, les céréales, la bière [13].

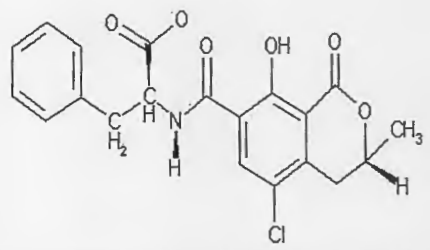


Figure 18:Structure d'Ochratoxines OTA [3,4,43].

3-3 Fumonisine :

Il s'agit d'un groupe d'une quinzaines de mycotoxines qui apparaissent fréquemment sur le maïs [40]. Ce sont des toxines produites principalement par *Fusarium moniliforme* polluant notamment les céréales et leurs produits dérivés. On en connaît trois formes principales (B_1, B_2, B_3,) qui se comportent comme des poly anions en raison des ramifications dicarboxyliques portées sur une chaîne hydroxylées [13].

A poids équivalent les Fumonisine sont bien moins toxiques que les Aflatoxines, par exemple, mais elles sont souvent présentes en quantité bien plus élevée [41].

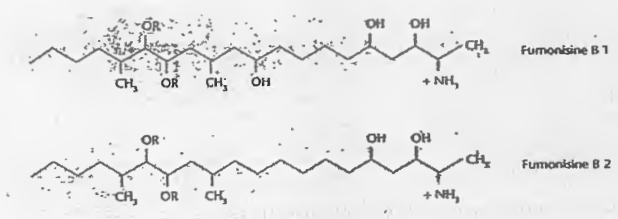


Figure 19:Structure de Fumonisine [3, 44].

3-4 Zéaralénone (ZEA) :

Elle est produite par certaines espèces de *Fusarium*, pendant les saisons fraîches et humides de croissance et de récolte des céréales [40]. Il s'agit d'effets oestrogéniques, comme les avortement, une perturbation de la reproduction chez le porc et l'aliment à risque est le maïs [4].

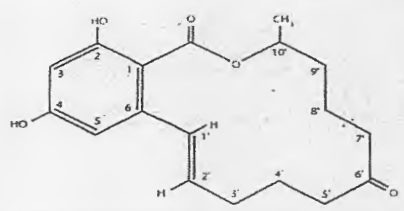


Figure 20:Structure de Zéaralénone ZEA [3, 44].

3-5 Patuline:

La Patuline est produite par différentes espèces l'*Aspergillus clavatus, Penicillium patulum* et *Penicillium urticae* [40].

Elle possède de la propriété antibiotique vis-à-vis de nombreux germes mais aussi toxique pour le consommateur en altérant le fonctionnement du système nerveux central et le système immunitaire, elle est aussi cancérigène pour certains animaux [18]. La Patuline peut se former au cours du maltage [41].

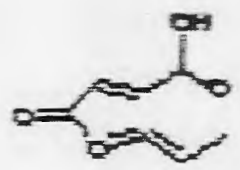


Figure 21:Structure de Patuline [44].

2-6 Trichothècenes :

Les Trichothècenes tels que le déoxynivalénol (DON), le diacétoxyseirpénol (DAS), la toxine T-2 et l'hydroxy T-2(HT-2) produits par *Fusarium spp* peuvent être présent dans la plupart des céréales durant la récolte et le stockage [44].

Elles sont produites aussi par les : *Trichothecium, Myrothecium* et *Thrichoderma* [3]. Les premiers symptômes sont une sensation de brûlure dans la bouche et une gastroentérite. Ces symptômes s'estompent en quelques jours, mais l'empoisonnement se poursuit par la destruction de la moelle osseuse. [18] Les substrats les plus fréquemment contaminés sont : le maïs, le blé, l'orange, le seigle, le riz, le millet et les légumes sec [3].

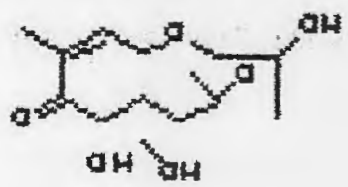


Figure22:Structure de Trichothècenes [44].

4-Conditions d'apparition des mycotoxines:

Pour que les produits alimentaires contiennent des mycotoxines il faut que les champignons qui les créent s'y développent. Pour cela il faut certaines conditions.

La première condition est la présence de ces champignons. Cette condition est souvent remplie. Ils sont si présents que certaines études estiment que vingt cinq pour cent de la production agricole mondiale pourrait être contaminé.

Ensuite les conditions climatiques peuvent ou non favoriser le développement de ces champignons microscopiques. Suivant les variétés il faut que des conditions de température et d'humidité soient remplies. Pour cette raison, suivant les années, la production agricole peut être plus ou moins touchée [41].

Les principales mycotoxines et leurs effets chez l'être humain [39, 45]

Groupe de mycotoxines	Mycotoxines	Conditions d'apparition	Moisissures	Substrats	Effets pathologiques	Concentration maximale admissible CMA µg/kg	Elimination par:
Aflatoxines	Aflatoxines B1, B2, G1 et G2	Climats tropicaux et subtropicaux	*Aspergillus parasiticus, Aspergillus flavus*	Arachide, maïs, sorgho	Atteinte hépatique Hémorragies Immunodépression Baisse de performances Cancérogenèses	B_1: 5 pour les céréales. Et les huiles végétales. 3 pour le farine. 1 pour l'arachide. 0.05 pour le lait liquide 10 pour les aliments non précisés.	Raffinage des huiles. Ionisation des substrats.
Ochratoxines	Ochratoxines A, B, C et D	Climats frais et tempéré En cours de stockage s	*Aspergillus ochraceus*	Maïs, orge	Diarrhées, consommation d'eau Baisse de croissance Lésions du foie, des reins et de la vessie Modifications hématologiques	30 pour toutes les céréales.	Stockage controlé. Traitement par les fumigants fongicides (bromure de méthyle).
Zéaralénone	Zéaralénone	Moisissures ubiquistes	*Fusarium*		Effets endocriniens, oestrogéniques et effets anaboliques	200 pour toutes les céréales et les huiles végétales.	
Fumonisines	Fumonisines	Climats tempérés et climats chauds	*Fusarium moniliforme, Fusarium proliferatum* et *Fusarium sp.*	Maïs, orge, blé, avoine			
Patuline	Patuline		*Aspergillus Penicillium*	Pommes, cidres, fruits	Effets immunodépresseurs Cancérogénicité.		

6-Mécanisme de toxicité de quelques mycotoxines:

6-1-Aflatoxine:

6-1-1 Toxicité:

La toxicité aiguë de l'AFB_1est la plus élevée, celle de l'AFG_1 est deux fois moindre, celle des AFB_2 et AFG_2 5à10 fois moindre, de sorte que la mesure de la seule AFB_1 – la plus toxique et quantitativement majoritaire – peut donnée une estimation valable de la contamination d'un produit.

D'une manière générale les mâles sont deux fois plus sensibles que les femelles et les sujets jeunes, en particulier les nouveaux-nés beaucoup plus sensibles que les adultes.

L'ingestion de quantités importantes d'aflatoxines en un court laps de temps entraîne une hépatite aiguë souvent mortelle, le fois présente des lésions importantes: Stéatose, foyers de nécrose.... On observe également des lésions rénales.

La sensibilité d'une espèce donnée est déterminée par ses possibilités de détoxication, en particulier par l'équilibre au niveau hépatique entre les mono oxygénases qui activent les molécules et les enzymes de conjugaison qui assurent leur élimination.

A moyen terme les intoxications entraînent l'apparition de cirrhoses; puis à long terme de cancers primitifs du foie. La sensibilité aux effets cancérogènes n'est pas proportionnelle à la sensibilité aux effets aiguës: le porc et les poissons répondent bien dans les deux cas, le rat peu sensible aux intoxications aiguës répond fortement au pouvoir cancérogène, à l'inverse les primates sensibles au intoxications immédiates répondent mal aux faibles doses à long terme [3].

6-1-2- Métabolisme:

Comme beaucoup de molécules, les aflatoxines sont métabolisées dans l'organisme, essentiellement au niveau hépatique par l'action des mono oxygénases microsomiales (famille des cytochromes P_{450}) (Figure:23), ce métabolisme conduit à deux situations opposées:

a. La formation de dérivés hydroxylés. On a caractérisé une dizaine de molécules, pouvant être d'une détoxication: les hydroxyles sont conjugués puis éliminés.

b. La formation d'un époxyde au niveau de la double liaison 2-3 du groupe bisfurannique, c'est une fonction instable et très réactive, sa position à l'extrémité plane de la molécule facilite une fixation covalente aux acides nucléiques et conditionne son pouvoir génotoxique. Il s'agit donc d'une activation des propriétés toxiques: le 2-3 époxyde est le <<dérivé ultime >>, le cancérogène réel. Cette propriété différencier les aflatoxines de type 1 (B_1, G_1, M_1) qui possèdent une double liaison en 2-3 des aflatoxines de type 2 qui ne la possèdent pas et ne sont donc que des cancérogènes médiocres [3].

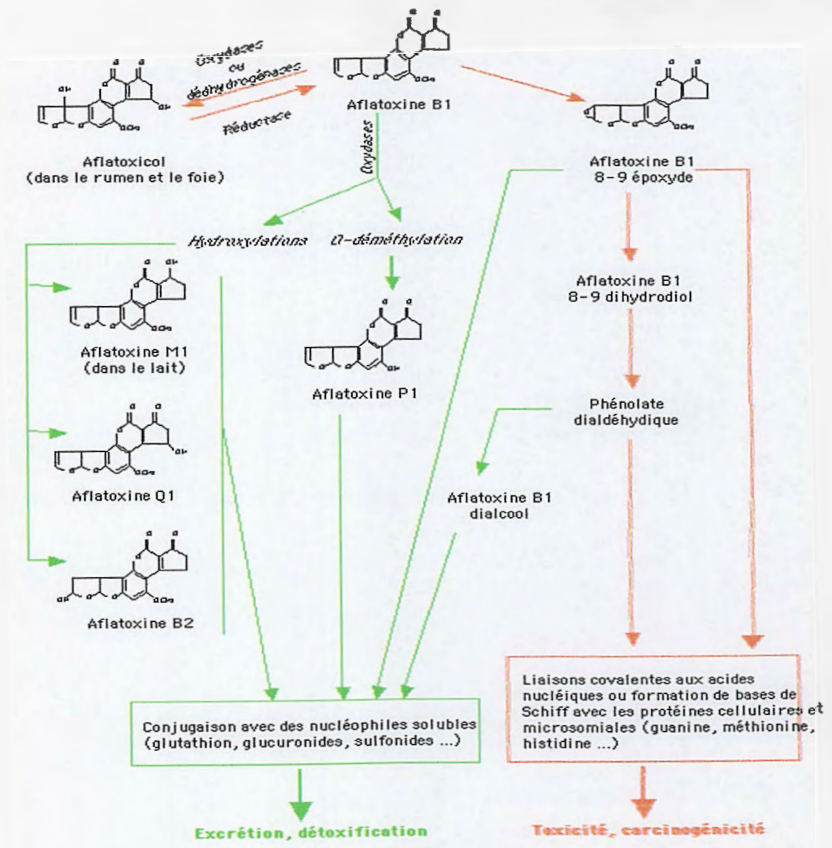


Figure23: Métabolisme de l'aflatoxine B_1dans le foie [46].

6-2 Ochratoxine OTA:

6-2-1 Contamination:

L'ochratoxine est le produit majoritairement rencontré dans les contaminations primaires qui affectent les produits végétaux [3]. Elle entre dans la chaîne alimentaire de l'homme soit par consommation directe de produits contaminés comme les céréales et ses dérivés, raisin et ses produits, soit par voie indirecte lors de la consommation de produits issus d'animaux nourris avec des grains contaminés (Figure:24) [47].

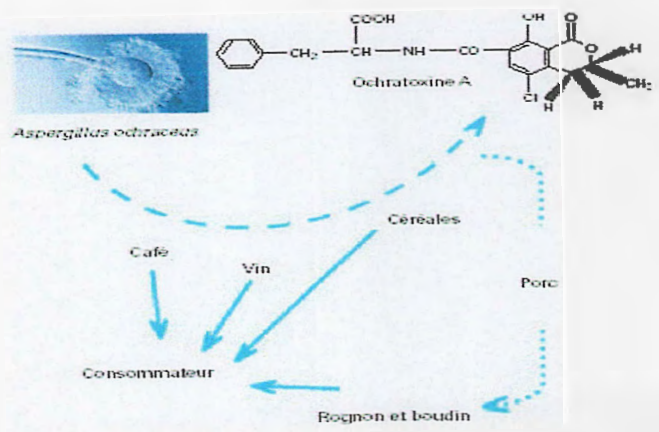


Figure 24 : La contamination de la chaîne alimentaire par l'OTA [48].

6-2-2 Toxicité:

L'OTA agit directement sans métabolisme préalable. Sa distribution dans les tissus suit l'ordre: rein> foie > muscle> tissus adipeux; elle n'est pas stockée dans un organe particulier, mais circule liée à l'albumine sérique, et l'affinité pour l'albumine conditionne la sensibilité d'une espèce donnée. Son mode d'action est simple: elle bloque irréversiblement la synthèse protéique (Figure:25) [3].

Elle a été rapportée néphrotoxique, tératogène, immunosuppressive et a été également classée carcinogène du groupe 2B (peut provoquer le cancer) [47]. Elle est supposée être impliquée dans plusieurs problèmes sanitaires humains, tels que la néphropathie endémique des Balkans NEB [3] et le développement de tumeurs du tractus urinaire et rénal en Tunisie [47].

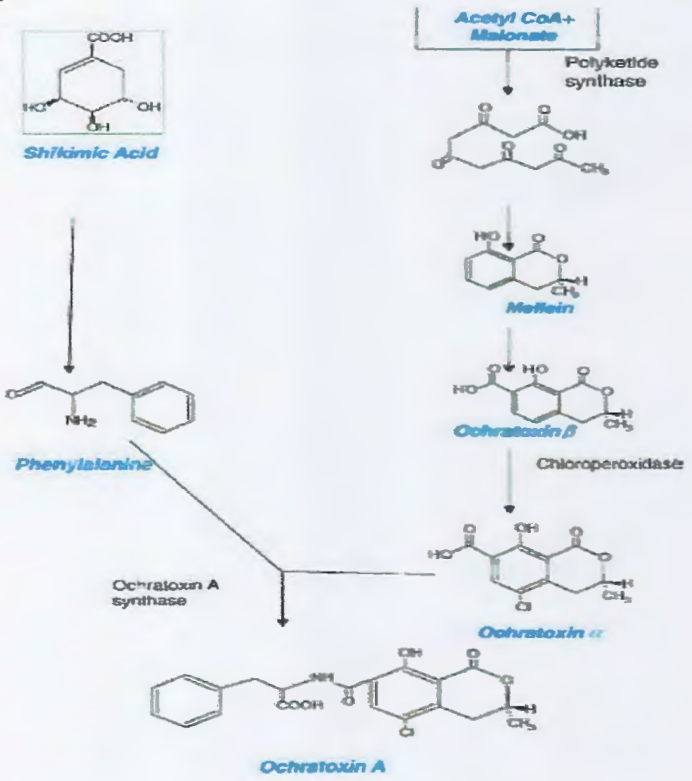


Figure 25: La voie hypothétique de la biosynthèse de l'OTA [49].

7-Pathologies provoquées par les moisissures :

7-1 Chez l'homme :

7-1-1 Les mycoses :

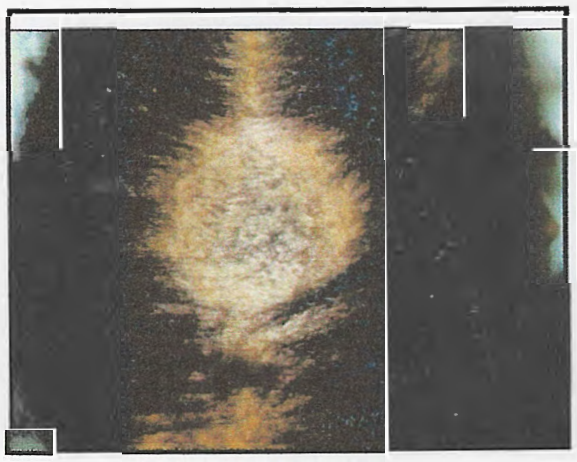
De nombreux champignons, appartenant surtout aux Zygomycètes et aux Ascomycètes, sont parasites de l'homme et des animaux et déterminent des affections appelées mycoses [14].

7-1-1-1 Mycoses superficielles :

7-1-1-1-1 Dermatophytophytoses :

Ce sont des infections cosmopolites de la peau et des phanères dues aux dermatophites : champignons filamenteux kératinophiles sans aucune affinité pour les muqueuses ni les profonds. Ils se répartissent en trois genres :
Microsporum, Trichophyton, Epidermophyton.

On distingue trois modes de transmission : interhumaine (dermatophytes anthropophyles). à partir des animaux ou par le sol, Leur pénétration dans la kératine et leur extension sont facilitées par l'humidité et la chaleur , la macération des pil s , la corticothérapie locale et l'immunosuppression [50].



a. **b.**

Figure 26: a. Teigne tontante microscopique
b. Lésion plantaire [51].

7-1-1-1-2 Piedra :

Synonymes : Trichosporonose, Trichomycose nodulaire .Maladie de Bergel, maladie du chignon.

Ce sont des infections fongiques atteignant le système pileux, on distingue deux variétés :

- les Piedra blanches dues à un champignons arthrosporé : *Trichosporon Beigelii*, sévissent dans les régions tempérées et tropicales en Europe, Asie et Amérique du Sud.

- les Piedra noires dues à un champignon noir filamenteux : *Piedraia hortai* qui sévissent surtout dans les régions tropicales humides d'Amérique latine, d'Asie et d'Afrique [50].

7- 1-1-2 Mycoses semi profondes :

7-1-1-2-1 Sporotrichose :

C'est une mycose sous cutanée et lymphatique due à un champignon dimorphique : *Sporothrise schenckii.* Ce champignon est largement répondu dans la nature et peut être isolé de nombreux milieux naturels (végétaux, sols, animaux).

Si des cas sporadiques sont reconnus dans de nombreux pays, la plus part sont rapportés d'Amérique latine et d'Afrique du sud, l'homme se contamine par voie cutanée lors d'un traumatisme ou après contact local avec un support contaminé [50].

7-1-1-2-2 Chromomycoses :

Synonymes : chromomycose, dermatite Verruqueuse.

C'est une mycose chronique de la peau et des tissus sous cutanés due à des champignons dont le paroi est brune ou noire ,Les agents reconnus les plus souvent responsable sont *Phialophora Verrucosa* , *Fonsecoe* ,*Petrosoi F.compacta Carrionii,Rhinocladiella aquaspersa* et *Botryomicis Coespitosus.*

C'est une mycose qui sévit dans les régions humides tropicale et suptropicales de la Mérigne , de l'Afrique et de l'Asie .La chromoblastomycose touche préférentillement les hommes entre 30 et 50 ans ,travaillant dans les champs .Elle est transmise par voie transcutanée après une piqûre d'écharde ou d'épine [50].

7-1-1-3 Mycoses profondes :

7-1-1-3-1 Aspergilloses :

Les Aspergilloses sont essentiellement des mycoses de l'appareil respiratoire et, occasionnellement, des sinusites, des otites du conduit auditif externe, des Kératines, des endocardites ou des surinfections de plaie ouvertes (traumatisme, brûlures).

Les facteurs favorisants varient selon les formes pathologiques. Dans le cas de l'Aspergillose invasive, mycose pulmonaire redoutable, pouvant se disséminer à tout l'organisme (atteinte Cérébrale, cardiaque ou cutanée) et mortelle dans plus de 80 % des cas, ils sont représentés par la neutropénie prolongée, observée chez les greffés de moelle ou d'organe, chez les patients de services d'hématologie, chez les patients sous corticothérapie au long cours.

Ces mycoses sont provoquées par des moisissures cosmopolites, très fréquentes dans l'environnement et capable de produire des spores de petites tailles en grande quantité. Espèces Thérmotolérantes, *Aspergillus fumigatus* et *Aspergillus flavus* sont les plus fréquemment en cause [13, 52].

7-1-1-3-2 Coccidioidomycose :

C'est une mycose viscérale grave avec parfois des formes cutanées qui est due à un champignon dimorphique Saprophyte du sol : *Coccidioides immitis.*

Elle sévit sur un mode endémique dans les zones à climat chaud, Semi-arides continent Américain. L'infection peut survenir à tout age mais est rare chez l'enfant. La contamination se fait par voie respiratoire exceptionnellement par Voie cutanée [50].

7-1-1-3-3 Blastomycose :

C'est une infection chronique granulomateuse et suppurative due à un champignon dimorphique *Blastomycètes dermatidis,* saprophyte de végétaux et du sol.

La voie de contamination préférentielle est aérienne, par inhalation des spores.

Toute fois il peut y avoir une transmission directe transcutanée (piqûre par du matériel contaminé, morsure par un chien infecté). Cette affection atteint surtout les hommes entre 30 et 50 ans.

La blastomycose sévit sur un mode endémique en Amérique, mais également en Afrique et rarement en Moyen-Orient [50].

7-1-2 Les Intoxications Alimentaires :

Les Intoxications Alimentaires sont représentées par les mycétismes, intoxications provoquées par l'ingestion de certains macromycétes, et par les mycotoxicoses , intoxications provoquées par l'ingestion d'aliments contenant des produits toxiques élaborés par certains micromycétes [13].

7-1-3 Les maladies Allergiques:

Du type asthme et autre réaction d'hypersessibilité. Elles sont causées par la réponse immunitaire de l'hôte, en réaction à l'inhalation de composés allergènes fongiques. Aspergillus, moisissures très communes de l'environnement, sont principalement responsables de ces réactions.

7-2 Chez les Animaux

Les mycoses animales se développent chez les individus âgés, mal entretenus et mal nourris. Elles constituent un risque majeur chez les animaux élevés industriellement. Les dermatophytoses se transmettent facilement d'un animal à l'autres mais aussi de l'animal à l'homme et parfois de l'homme à l'animal [13].

7-2-1 Bovins :

Chez les bovins, les dermatophytoses sont sans doute les infections fongiques les plus fréquentes. Dues principalement à *Zrichophyton verrucosum* (parfois à *T. mentagrophytes* et exceptionnellement à *Microsperum* canis), elles se développent dans la couche cornée de la peau, dans les Sabots et les poils des veaux vivant dans les étables humides. Elles constituent une mycose transmissible, pouvant atteindre tout le cheptel [13].

7-2-2 Chat et Chien :

Les chats et les chiens sont essentiellement atteints de dermatophytoses. Les champignons responsables, essentiellement *Microsporum canis*, se développent dans les poils, la peau ou les griffes, généralement sans affecter l'état général. Les animaux touchés deviennent alors très contagieux pour les autres animaux [13].

7-2-3 poissons :

Les poissons d'aquarium et d'élevage peuvent être atteints de dermatomycoses (Saprolegnioses), dues à des espèces des genres *Saprolegnia* et *Achlya* [13].

7-3 Chez les végétaux :

7-3-1 Anthracnoses :

Les Anthracnoses correspondent à l'infection des parties aériennes de plantes par diverses espèces fongiques, telles que colletotrichum. Les exemples les plus communs sont l'anthracnose du haricot (*colletotrichum lindemuthianum*), touchant les plantules, les tiges, les feuilles et les graines, l'anthracnose des Cucurbitacées (*colletotrichum layenarium*)ou l'anthracnose de la banane (*colletotrichum musae*) Couvrent Ce fruit de petits amas glaireux [13, 53].

7- 3-2 Mildious :

Les mildious sont parmi les maladies les plus graves des plantes cultivées, certains mildious attaquent les feuilles (mildiou de la vigne , dû à plasmopora viticola qui peut , toutefois , Se développent sur les rameaux et les raisins) , de la laitue, (dû à *bremia lactucae*), d'autre sont plus généralisés (mildiou de la pomme de terre ou de la tomate, dû à *phytophthora infestans*).Sur la banane,*trachysphaera fructigena* agit comme un parasite de blessure, causant d'importants dégâts au cours du transport. Le mildiou du tabac (*peronospora tabacina*) affecte à la fois les semis et les plantes adultes [13,53].

7-3-3 Rouilles :

Les rouilles sont représentées par plus de5000 espèces de l'ordre des urédinales la plus commune est *puccinia graminis*, responsable de la rouille du blé. Le cycle de développent de cette espèce se déroule en partie sur L'épine-vinette, arbuste commun des haies, mais ne germe que sur les feuilles de blé. La rouille du caféier (*Hemileia vastatrix, H. coffeicola*) peut être à l'origine de dégâts considérables en attaquant les feuilles [13].

7-3-4 Pourriture Lenticulaire :

Des spores de pezicula, provenant des rameaux du pommier, peuvent être entraînées par la pluie et se fixer dans des lenticelles, minuscules cavités habituelles de fruit, dues à la rupture de la cuticule et de l'épiderme au cours de la croissance. Elles ne germent que lorsque le fruit mûrit [13].

Deuxième partie

Partie expérimentale

I- Objectif :

Notre travail consiste à faire une étude de la cinétique de croissance de quelques moisissures issues de produits alimentaires déshydratés, on réalise des tests par la méthode de la croissance linéaire des genres suivants : *Rhizopus, Penicillium, Botrytis, Fusarium et Aspergillus.*

Ce travail est réalisé au niveau du laboratoire de microbiologie de la faculté des sciences, université de Jijel.

II – Matériel et méthode :

II-1-Echantillonnage :

Nous avons fait un prélèvement de 5 échantillons : pois chiche, lentille, blé, pain et l'orange. Ces derniers ont été conservés dans des conditions de laboratoire. Après 15 jours, on a remarqué le développement de diverses moisissures.

II-2-Isolement :

L'isolement des genres s'effectue à partir des produits moisis selon leur aspect et leur couleur, l'ensemencement de ces derniers se fait à laide d'une Anse de platine par touche au centre des boites de Pétri contenant la gélose sabouraud, l'incubation des boites a été effectuée à 25°C.

II-3-Purification :

Avant la purification, on a fait des observations microscopiques, pour identifier les genres isolés et transplantés.

La purification consiste a faire un repiquage d'une seule moisissure pure en condition aseptique dans des boites de pétri contenant le milieu sabouraud.

L'ensemble de l'appareillage doit être placé prés d'une bec bunsen de manière à ménager une zone de travaille stérile et à pouvoir stériliser le matériel.

II-4 Mesure de la croissance des hyphes:

La mesure de la croissance s'effectue après l'incubation des boites à 25° C. Chaque 24^{H} on fait une lecture jusqu'au le $7^{=ème}$ jour.

On choisi des points de repère et on mesure:

- Les diamètres de colonies.
- Les longueurs des hyphes.
- Le nombre de ramification.

Concernant les mesures, on utilise une règle (mm) pour mesurer le diamètre et la longueur des hyphes, et le microscope (objectif 10X40) pour mesurer le nombre de ramifications.

III- Résultats et discussion:

III-1 Résultats:

- **Observation macro et microscopique:**

L'aspect des colonies fongique et les caractères microscopes des différents genres isolés sont résumés :

✓ ***Rhizopus:***

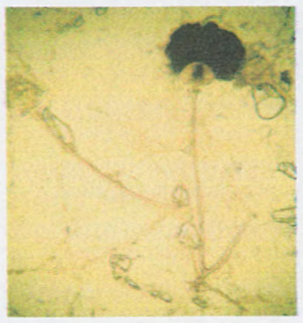
L'aspect macroscopique des colonies fongiques:

- Colonies à croissance très rapide et extensives.
- Un mycélium blanc aéré, avec des spororangiophores noires portés par des sporocystophores.

Morphologie microscopique:

- Sporocyste et sporocystophore fortement pigmentés.
- Sporocystophore non ramifiés.
- Présence des rhizoïdes à la base du sporocystophore.
- Sporocyste a bordure irrégulière.

a.



b.

Figure 27 : ***Rhizopus sp***

a. Culture sur gélose de sabouraud âgée de 7 jours.
b. Rhizoïdes situés au niveau du nœud (objectif 10).

✓ ***Aspergillus:***

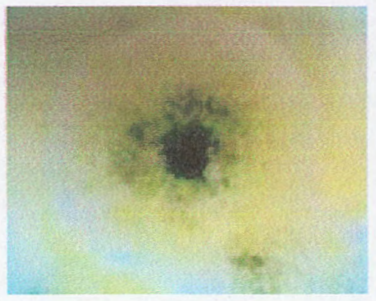
L'aspect macroscopique des colonies fongiques:

- Colonies à croissance rapide sur milieu sabouraud, plates, formées de courts filaments aériens blancs, à prés 48 heur vont prendre une teinte noire.

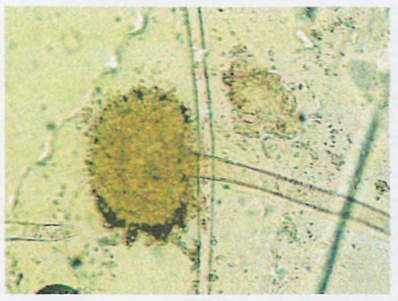
Morphologie microscopique:

- Le thalle végétatif formé de filaments mycéliens hyalines, septés et ramifiés. Sur les filaments végétatifs, prennent en effet naissance des filaments dressés, non cloisonnés "Conidiophores", qui se terminent par une vésicule, sur laquelle sont disposées les phialides ou conidiogènes.

- Les conidies sphériques sont disposées en chaînettes.



a.



b.

Figure 28: L'*Aspergillus*

a. Culture sur gélose de sabouraud âgée de 7 jours.
b. Tête aspergillaire bisériée visualisé à l'objectif 40, et caractérisée par leur aspect radié et leur vésicule sphérique.

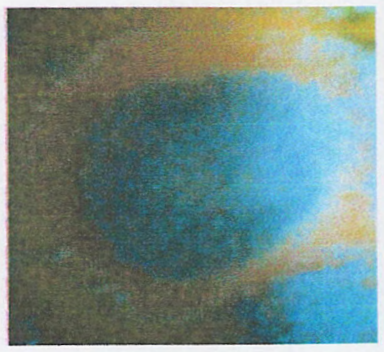
✓ ***Penicillium:***

L'aspect macroscopique des colonies fongiques:

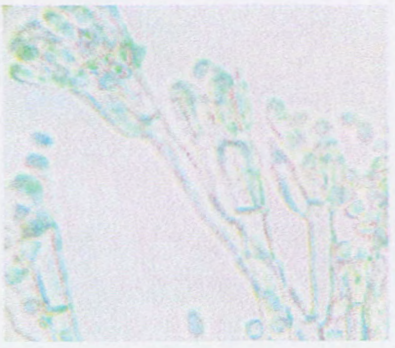
- La croissance est rapide, la colonie assez plate, duveteuse et poudreuse, de couleur grise verte à grise foncée avec une marge mycélienne blanche.

Morphologie microscopique:

- Conidiophores verticillés, les conidies incolores ou verdâtres, isolées ou en chaînettes, portées par des phialides portés par les Conidiophores.



a.



b.

Figure 29: *Penicillium*

a.Culture sur gélose de sabouraud âgée de 7 jours.
b.Aspect microscopique des pinceaux, ou pénicille à l'objectif 40.

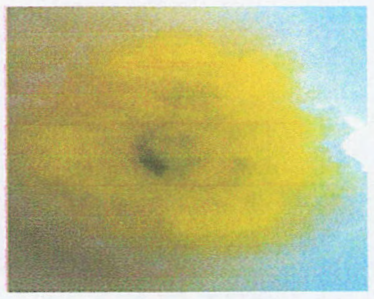
✓ ***Fusarium:***

L'aspect macroscopique des colonies fongiques:

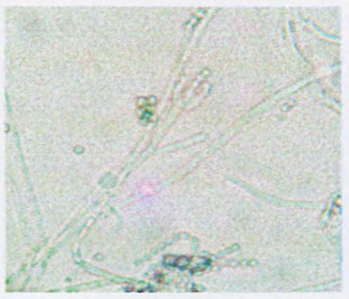
- Colonies duveteuses à croissance rapide, jaunâtre, avec un mycélium blanc.

Morphologie microscopique:

- Conidiophores courts et ramifiés, portent des phialides. Les conidies fusiformes (macro et microconidies).



a.



b.

Figure 30 : *Fusarium*

a. Culture sur gélose de sabouraud âgée de 7 jours.
b. Micro conidies ovoïdes disposées en pseudo-têtes ou constituant de langue chaîne au sommet de monophialides longue et fines à l'objectif 40.

✓ ***Botrytis:***

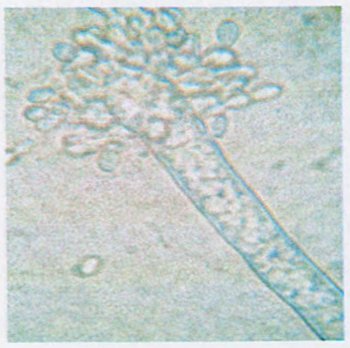
L'aspect macroscopique des colonies fongiques:

- Colonie à croissance rapide, noire et protubérante

Morphologie microscopique:

- Conidies portées latéralement sur des cellules à croissance sympodiale, s'allongeant en rachis géniculé.

a.



b.

Figure 31 : *Botrytis*

a. Culture sur gélose de sabouraud âgée de 7 jours.
b. Les conidies en rachis géniculé (zigzag) à l'objectif 40.

- **Les mesures de la croissance:**

Les variations du diamètre de la colonie, de la longueur des hyphes et du nombre de ramifications au fonction du temps sont représentées dans les figures **(32, 33)** à partir des données notées dans les tableaux suivants les résultats de la croissance sont exprimés encore par l'unité de croissance **(G)** qui correspond à la longueur moyenne d'hyphe requise pour permettre la croissance de l'extrémité.**[21]**

G=nombre de ramifications/langueur des hyphes

Tableau 4: Suivi de la croissance en: diamètre de colonies, langueure des hyphes (mm) et unité de croissance

Les genres \ Temps (J)		1=ier jour	2=eme jour	3=eme jour	4=eme jour	7=eme jour
Rhizopus	Diamètres des colonies	27.5	81	86	88	88
	Langueurs des hyphes	16	35	40	42.5	42.5
	Nombre de ramifications	36	109	210	280	>280
	L'unité de croissance	2.25	3.11	5.25	6.58	>6.58
Aspergillus	Diamètres des colonies	8.5	21.5	32	37.5	40
	Langueurs des hyphes	3.2	7.5	13.4	15.5	19
	Nombre de ramifications	3	13	18	34	69
	L'unité de croissance	0.93	1.73	1.34	2.19	3.63
Penicillium	Diamètres des colonies	7.5	12.5	16	20.5	29
	Langueurs des hyphes	2	3	6	9	15
	Nombre de ramifications	2	8	13	19	30
	L'unité de croissance	1	2.66	2.16	2.11	2
Fusarium	Diamètres des colonies	6	7.75	10.5	12	19
	Langueurs des hyphes	2.2	2.6	4.3	5	9
	Nombre de ramifications	4	7	12	18	38
	L'unité de croissance	1.81	2.69	2.97	3.6	4.22
Botrytis	Diamètres des colonies	2	5.5	6	7.25	18
	Langueurs des hyphes	0.5	0.9	1.75	2.25	7.5
	Nombre de ramifications	0	8	17	25	40
	L'unité de croissance	0	8.88	9.71	11.11	5.33

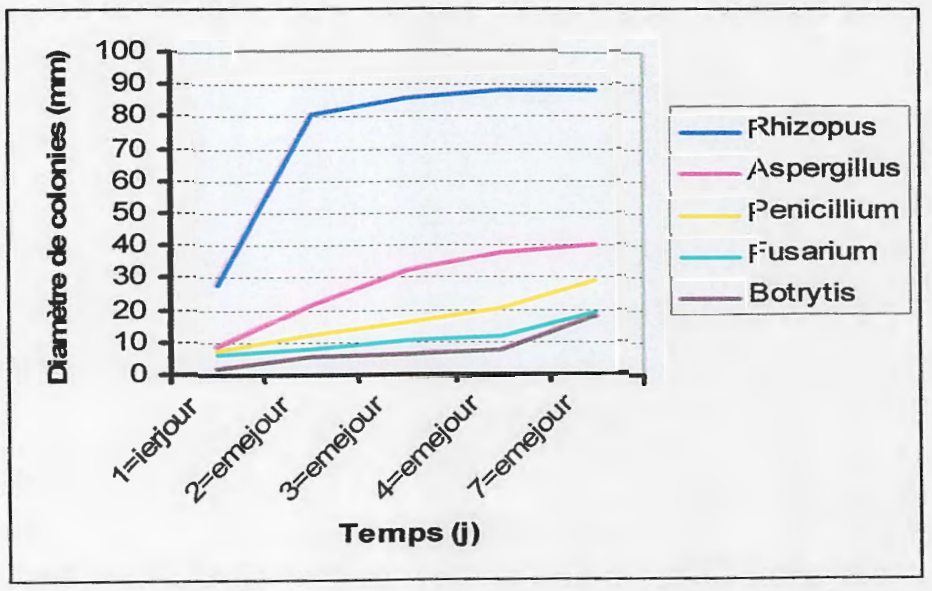


Figure 32: Variation du diamètre des colonies en fonction du temps.

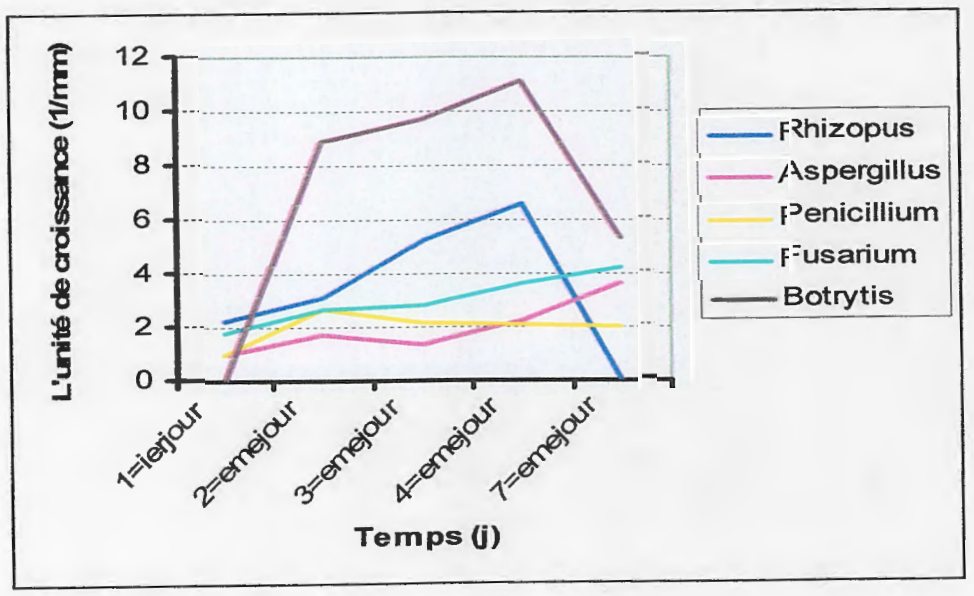


Figure 33: Variation du l'unité de croissance en fonction du temps

Discussion:

Durant ce travail nous avons mis en évidence la croissance des genres suivants: *Rhizopus, Aspergillus, Penicillium, Fusarium* et *Botrytis*. Les résultats obtenus sont notés sur des courbes. A partir de ces courbes, on constate que le *Rhizopus* est la moisissure qui a la vitesse de croissance la plus importante par apport aux autres genres étudiés, ce genre atteint sa phase de croissance stationnaire après 72 heurs de temps d'incubation, ou' on remarque que la boite a été complètement envahi: le *Rhizopus* se développe grâce à des stolons, sur les parois des récipient de culture ou entre le couvercle et le fond de boite. Le diamètre de colonie de ce genre agrandi de 53 mm par jour. Ces résultats sont confirmés par Botton (1990).

Selon notre essai, le *Rhizopus* suivi par l'*Aspergillus* , qui a une vitesse de croissance élevé, les colonies atteint 40 mm de diamètre après 7 jours à 25^0 C. Selon Dominique.C 2002 ce genre présente une croissance rapide sur les milieux classiques comme sabouraud, il passe à 22^0-25^0C et 37^0C pour les espèces thermophiles.

Le 3e genre selon la vitesse de croissance est le *Penicillium* qui atteint 29 mm de diamètre de colonie après 7 jours à 25^0C. La croissance de *Penicillium* est rapide, il se développe à 20^0-25^0C. (Selon Dominique C.2002) et d'après Botton (1990) : la colonie de *Penicillium* atteignant 30 mm de diamètre en 7e jours à 25^0C sur CYA.

La *Fusarium* à une croissance rapide sur milieu sabouraud, le diametre de colonie atteint 19 mm après 7 jours d'incubation à 25^0C.

Selon Botton (1990), la température optimale de croissance varie entre 22-37^0C.

Le dernier genre selon la vitesse de croissance est le *Botrytis*. Cette moisissure qui a une croissance relativement lente que les autres genres étudiés.

Son Thalle a un nombre de ramification important ce qui donne des colonies noires et denses para port à celle de *Rhizopus*, le développement est après 24^H de culture avec un diamètre de colonie de 2 mm et atteint 18 mm de diamètre après 7 jours.

Donc,on peut dire que la moisissure *Rhizopus* présente une grande faculté de colonisât et invasion des milieux ce ci est due à la présence d'un stolon et de rhizoïdes qui permettent à la moisissure de s' accrocher sur des parois même loin du substrat, cette faculté d'invasion du milieu, offre au genre *Rhizopus* la possibilité d'influer sur la croissance des autres moisissures du même milieu, c'est une véritable compitition vis-à-vis les autres genres sur ressource dont disponibilité est limitée.

Conclusion

Conclusion :

Les moisissures ont une remarquable capacité à coloniser et exploiter une grande variété de produits alimentaires. Les différentes espèces fongiques exigent des conditions d'environnement différentes, en particulier des facteurs physiques, chimiques et nutritionnels pour une croissance optimale. Il est nécessaire de les connaître et de les contrôler pour une bonne maîtrise des conditions de stockage de certaines denrées alimentaires telles que les céréales, les légumes secs et les fruits.

Le développement des moisissures s'accompagne d'une altération plus ou moins importante de l'aliment, avec une production des mycotoxines qui sont des substances potentiellement dangereux à la santé humaine et animale.

La présence d'étude est consacrée à la mise en évidence à l'échelle de laboratoire de la cinétique de croissance de certains genres de moisissures (*Rhizopus, Penicillium, Fusarium* et *Botrytis)* isolés à partir du pain, d'orange, pois chiche, lentille et de blé, ces genres sont ensemencés sur milieu de culture sabouraud.

Pour le suivi de la croissance nous avons utilisé la méthode de la croissance linéaire.

Concernant les mesures de diamètre de colonies et la longueur des hyphes de chaque moisissure durant 7 jours, le *Rhizopus* est le genre qui présente la grande faculté d'envahissement et de contamination, et malgré que la croissance des autres genres a été faible para port au *Rhizopus* leurs présence peut constituer un danger sur les consommateurs de ce produit pollué, ses dangers et particulièrement se représentent par la production des mycotoxines telle que l'aflatoxine, Zéaralénone, l'Ochratoxine…etc.

[1] **Bove FJ., (1970),** the story of ergot. Basel, New-York.

[2] **http://www.musee virtuel.ca/exhibitions/mushroom/francais/vie/ennemis.html**

[3] **Cahagnier B., (1998):** Moisissures des aliments peu hydratés, technique et documentation on lavoissier, London, New York, Paris.

[4] **Guiraud J. P., (1998):** Microbiologie alimentaire, Dunod, Paris.

[5] **http:www.culture.gauv.fr**

[6] **Jerome J. Perry, James Tstaley et Stephen Lory, (2004):** Microbiologie, cours et question de révision, DUNOD.

[7] **Roland C. Brigitte Vian. Jean, (1999):** Biologie végétale, organisation des plantes sans fleures, 5$^{=ème}$ édition, Dunod, Paris.

[8] **Ait Abdelowahab N., (2001):** Microbiologie alimentaire office des publication universitaire Ben-Aknoune (Alger).

[9] **Botton B. Breton A. Fever M. Ganthier S. Gyp H. Larpent J.P. Reymond P. Sanghier J.J. Kayssier Y. Van P., (1990):** Biotechnologie, moisissures utiles et nuisibles, importance industrielle, 2$^{=ème}$ édition, Masson,Paris, Milan, Barcelone.

[10] **Sansonr A. Hoekstra E. S., (1988):** Introduction to food-Barne fungi C B S.

[11] **Bousseboua H., (2005):** Eléments de microbiologie générale, 2$^{=ème}$ édition de l'université Mentouri, Constantine (Algérie).

[12] **Raven, Evert, Eichhom, (2007):** Biologie végétale, traduction à la 7$^{=ème}$ édition Americaine Deboeck.

[13]**Patrick Boiron; (1996):** Organisation et biologie des champignons, édition NATHAN.

[14] **Ozenda P., (2000), 2$^{=ème}$ cycle:** Les végétaux: organisation et diversité biologique; 2$^{=ème}$ édition, Dunod, Pris

[15] **Lansing M. Presott, Hanrely J. et D. Klein., (2003):** Microbiologie, 2$^{=ème}$ édition, Paris

[16]**J. Y. Leveou et M. Bouix., (1993):** Microbiologie industrielle: Les microorganismes d'intérêt industrielle

[17] **Cahnier Milton F.L., (1984):** Les mycotoxines, connaissances actuelles et risque pour la santé publique dans la chaîne alimentaire.

[18] **File://A:Autre Fichiers/glossaire Loader.htm**

[19] **Question moisissures bpb-na-com/canada/franch /technical. Services/mould.faq. shtml**

[20] **W. john Spicer, (2003) :** Pratique en bactériologie, mycologie, parasitologie. by Flammarion printed in France.

[21] **J. Nicklin; K. Graeme-Cook, T. Page & R. Kikkington, (2000):** L'essentiel en microbiologie, Edition BERTI, Paris.

[22] **Leclerc H., (1975):** Microbiologie Générale, DUNOD.

[23] محمد علي أحمد, محمد عبد الرزاق (1999): الفطريات الصناعية, الدار العربية للنشر و التوزيع, مصر

[24] **Prabhu A. Y., Khelfane K., Bekal S., (1992):** Compilation des maladies fongiques des plantes en Algérie, Office des publications universitaires, Ben-Aknoun (Alger).

[25] **Empire d'essence:http//biogossendi.I-France.com**

[26] **Jean-Paul Larpent, L. Monique, Gourgand, (1997):** Memento technique de microbiologie, 3ème édition, Pris.

[27] **Guy Leyral, Elisabeth vierling, (2001) :** Microbiologie et toxicologie des aliments: Hygiène et sécurité alimentaires, 3e édition.

[28] **Richard-Molard D., (1989):** Contamination par les moisissures des aliments pour animaux.

.[29] **Cole R. J.etR, H. Cox, (1981):** Handbook of toxic fungal metabolites, New York

[30] **Rémi C., (1997):** Identifier les champignons transmis parles semences: INRA, édition, Paris.

[31] **Bourgeois C. U., Uescle J. Fet zucc A., (1996): Microbiologie alimentaire, Londres, Paris, New York.**

[32] **http//www.fao.org**

[33] **Le Bars J., et Le Bars P., (1996),** Veterinary Research.

[34] **Nelson C.E., (1993):** Strategies of mold control in dairy feeds. J. Dairy Sci.

[35] **ROYER Gwladys, TAP Jlien, (2003): Les mycotoxines, Université Paris, en ligne:** <<http://www.inra.fr/Internet/Centres/toulouse/pharmacologie/immunomycotoxicologie/mycotoxine. >> **cosulté le 29/10/2003.**

[36] **http://fr.wikipedia.org/wiki/moisissures**

[37] **Dominique C., Jean P. B., Sophie B., Pascal P., (2002):** Les moisissures d'intérêt médical, BIOFORMA.

[38] **Hamid Boudra**, La contamination par les moisissures et les mycotoxines des fourrages, INRA

[39] **Larpent J-P. Carpent-Gourgaud M., (1985):** Eléments de microbiologie hetman éditeurs des sciences et des arts.

[40] **http://ispd.unil-yonI.fr/service/courd/mycologies/site_labo_mycot/enseignement.**

[41] **www.plastique-agriculture.com/echerolles/7.pdf**

[42] Ilsabelle Escoffier, (2003): Les mycotoxines dans l'alimentation des monogastérique, France

[43] Guy Leyrol, Elisabeth vierting, (2001): Microbiologie et toxicologie d'aliment, hygiène et sécurité alimentaire, 3=ème édition.

[44] A. Yiannikouris, J-P. Jouany, (2002): Les mycotoxines dans les aliments des ruminants, leur devenir et leurs effets chez l'animal, en ligne <<http://www.inra.fr/production/PA/an2002/num221/yiami/ay221.htm>>, INRA Prod.

[45] E. Grosjean, M. Leuillet, P. Berliaut, G. Niqul et al., (2002): Dossier mycotoxines perspectives Agricoles n° 278.

[46] Swick R.A., (1984): Hepatic metabolism and bioactivation of mycotoxins and plant toxins. J. Anim.

[47] THESE Présentée par Ali Khalil Aaoui, (2006): Le titre de docteur de l'institut national polytechnique de Toulouse, Soutenance: 6/11/2006

[48] Dragacci S., Grosso F., Fremy J., (2005): Analyse et détection des mycotoxines, Editions TI Sciences et Technique.

[49] Huff W.E., Hamilton P.B., (1979): Mycotoxins-their biosynthesis in fungi: ochratoxinsmétabolites.

[50] B. Halioura, J-E. Malkin, M. Feuillade Chauvin, (1997): Dermatologie infectieuse, Masson, Paris.

[51] D. Chabasse, J-P. Bouchara, P. Penn, B. Cimon, (2004): Les dermatophytes, BIOFORA.

[52] Michel Salmon, (2000): La rousse médicale, Borda.

[53] Lot H. et Maisonneuve B., Dominique B., (2003): Maladie des salade, identifier, connaitre, maîtriser, Institut national de la recherche agronomique, Paris.

Réalisé par :	Membre de jury :	Date de soutenance :
➢ Bensabra Asma ➢ Sayoud Lamia ➢ Siaria Malika	➢ Encadreur : Mr Bouldjedri M. ➢ Examinatrice : Melle Boussouf L.	29 /06/2008

الملخص:

لقد قمنا بدراسة حركية نمو عفنيات الخبز ,البرتقال,القمح,الحمص و العدس في درجة حرارة 25 م°على مستوى مخبر علم الأحياء الدقيقة بكلية العلوم بجامعة جيجل,تمكنا من عزل الأجناس التالية: *Aspirgillus, Penicillium Fusarium Botrytis Rhisopus* و هي أجناس معروفة بإنتاجها للسموم الفطرية التي تشكل خطر على صحة الإنسان و الحيوان حيث تبين من خلال النتائج المتحصل عليها أن جنس *Rhisopus* هو الأسرع نموا و الأكثر انتشارا تليه الأجناس : *Aspergillus , Penicillium, Fusarium* و *Btrytis* بالترتيب.

Résumé :

Nous avons étudié la cinétique de croissance des moisissures de pain, des oranges, de blé, de pois chiche et de lentilles à 25C°au niveau du laboratoire de microbiologie de la faculté des sciences de l'université de Jijel. Nous avons isolé les genres : *Rhizopus,Aspirgillus, Penicillium, Fusarium et Botrytis* qui sont connus par leur production de mycotoxines qui constituent une menace pour la santé humaine et animale. Nous avons observé que le genre *Rhisopus* avait une croissance et une dispersion plus rapide puis les genres *Aspirgillus, Fusarium, Penicillium* et *Botrytis* successivement.

Summary :

We have studied growth kinetic of bread, orange, wheat, lentil and chickpea moulds at 25C° in microbiology laboratory of Jijel University. We have isolated the genera: *Rhisopus, Aspergillus, Penicillium, Fusarium and Botrytis* which produce mycotoxins that are dangerous a human and animal heart. We have realized that the genus *Rhispus* was more quickly growd and speed then the genera *Aspergillus, Penicillium, Fusarium* and *Botrytis* successively.

***Mots clés:* Les moisissures, la vitesse de croissance, les produits alimentaires, les mycotoxines**

Promotion: 2007-2008