*REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE*

*MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE*

*UNIVERSITE DE JIJEL*

*FACULTE DES SCIENCES*

*DEPARTEMENT DE BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLICULAIR*

MB.24/08

02/02

*MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DES ETUDES SUPERIEUR EN BIOLOGIE*

***OPTION***

*MICROBIOLOGIE*

***THEME***

# ALTERATION ET BIODETERIORATION DES TEXTILES PAR LES MOISISSURES

***ENCADRE PAR:***

*M^elle AKROUM S.*

***EXAMINE PAR:***

*M^elle LAGGOUN S.*

***REALISE PAR :***

*-BELHIMEUR SAIDA.*

*-BOULASSEL WASSILA.*

*- KOUADRA ROKIA.*

***PROMOTION***

*2007-2008*

# REMERCIEMENTS

*Tout d'abord, nous tenons à remercier dieu tout puissant de part sa bonté et sa gratitude de nous avoir donné le courage et la force pour réaliser ce mémoire.*

*Egalement, nous exprimons nos plus profonds remerciements à:*

- *Nos parents pour leur soutien moral et matériel,*

- *Notre encadreuse:*

*Melle Akroum Souad, Maître Assistante au département de Biologie,*

*pour avoir accepté de nous prendre en charge et veillé à ce que ce mémoire soit achevé dans les délais.*

- *L'ensemble des membres du jury de nous avoir fait l'honneur de juger ce travail,*

- *Tous les enseignants qui ont participé à notre formation.*

# SOMMAIRE

**Introduction**

**Chapitre I : Définition des textiles.**

**I.1.** Définition des textiles....1
**I.2.** Textiles naturels....1
**I.2.1.** Textiles d'origine animale....1
**I.2.1.1.** La laine....1
**I.2.1.2.** La soie....1
**I.2.2.** Textiles d'origine végétale....2
**I.2.2.1.** Le coton....2
**I.2.2.2.** Le lin....3
**I.3.** Textiles chimiques....4
**I.3.1.** Textiles artificiels....4
**I.3.2.** Textiles synthétiques....4
**I.3.2.1.** Le cuir....4
**I.3.2.2.** Le papier....5

**Chapitre II : Présentation des moisissures pouvant altérer les textiles.**

**II.1.** *Aspergillus*....7
**II.1.1.** *Aspergillus niger*....7
**II.1.2.** *Aspergillus fumigatus*....8
**II.1.3.** *Aspergillus flavus*....9
**II.1.4.** *Aspergillus terreus*....10
**II.2.** *Penicillium*....11
**II.2.1.** *Penicillium chrysogenum*....12
**II.2.2.** *Penicillium frequentans*....13
**II.3.** *Trichoderma viride*....14
**II.4.** *Alternaria alternata*....14
**II.5.** *Fusarium solan*....15
**II.6.** *Cladosporium*....16
**II.6.1.** *Cladosporium herbarum*....16
**II.6.2.** *Cladosporium cladosporoïdes*....17
**II.7.** *Chaetomium globosum*....18

**Chapitre III : Voies de dégradation.**

**III.1.** Dégradation de la cellulose....20
**III.2.** Dégradation de la kératine....21
**III.3.** Dégradation de la pectine....22

IV. Discussion....23
Conclusion
Références
Résumé

## Liste des figures :

Figure 1 : Cocon de ver à soie.....1
Figure 2 : Capsules de cotonnier ouvertes.....2
Figure 3 : *Aspergillus niger* sur M-A et sur différents textiles.....8
Figure 4 : *A. fumigatus* sous microscope, sur M-A et sur différents textiles.....9
Figure 5 : *A. flavus* sur M-A et sur différents textiles.....10
Figure 6 : *A. terreus* sous microscope, sur M-A et sur différents textiles.....11
Figure 7 : *Penicillium chrysogenum* sous microscope, sur M-A et sur différents textiles.....12
Figure 8 : *P. frequentans* sous microscope, sur M-A et sur différents textiles.....13
Figure 9 : *Trichoderma viride* sur M-A et sur différents textiles.....14
Figure 10 : *Alternaria alternata* sous microscope, sur M-A et sur différents textiles.....15
Figure 11 : *Fusarium solani* sous microscope, sur M-A et sur différents textiles.....15
Figure 12 : *Cladosporium cladosporoïdes* sous microscope, sur M-A et sur différents textiles.....17
Figure 13 : *C. herbarum* sous microscope, sur M-A et sur différents textiles.....18
Figure 14 : *chaetomium globosum* sous microscope, sur M-A et sur différents textiles.19
Figure 15 : Cellulose: liaison glycosidique 1-4 entre les monomères de glucose ß.....21
Figure 16 : Pectine (formule simplifiée).....22

# *INTRODUCTION*

# Introduction:

Les textiles peuvent être composés de fibres naturelles comme le coton, le lin, la laine, la soie, ainsi que de fibres naturelles modifiées (la rayonne) ou synthétiques comme le cuir et le papier. Toutes ces fibres ont des propriétés chimiques et physiques différentes qui influent sur la résistance des textiles. Ce sont également ces caractéristiques diverses qui régissent les soins à donner aux objets produits à base de tissus.

Les moisissures sont des champignons microscopiques ubiquistes qui ont la capacité de se développer à la surface et à l'intérieur de la plupart des textiles qu'elles utilisent comme source nutritive. Elles sont souvent dotées de propriétés lytiques importantes (cellulolytiques, pectinolytiques, amylolytiques, protéolytiques, lipolytiques.....) qui en font des agents de dégradation dangereux. Leur arsenal enzymatique leur permet de dégrader pratiquement toutes les matières organiques retrouvées dans les textiles que la cellulose, la kératine et la pectine et de s'en servir pour la croissance et la prolifération.

Notre travail est divisé en trois parties dont la première partie porte sur la définition des textiles et leur différent types, pour la deuxième partie nous nous intéressant aux moisissures capables de dégrader diverses ma tiers organiques présentes dans les textiles et dans la troisième partie on va parler des voies de dégradation de ces matiers organiques.

En fin et comme discussion, on va citer les dégâts causés par ces moisissures et les différents moyens de lutte et de précaution apportés.

# PREMIER

# CHAPITRE

Plan du chapitre

I.1. Définition des textiles.
I.2. Les textiles naturels.
I.2.1. Les textiles d'origine animale.
I.2.1.1. La laine.
I.2.1.2. La soie.
I.2.2. Les textiles d'origine végétale.
I.2.2.1. Le coton.
I.2.2.2. Le Lin.
I.3. Les textiles d'origine chimique.
I.3.1. Les textiles artificiels.
I.3.2. Les textiles synthétiques.
I.3.2.1. Le cuir.
I.3.2.2. Le papier.

## I.1. Définition des textiles :

Le mot "textiles" vient du latin *texere* qui veut dire «tisser», ainsi un textile désigne ce qui peut être divisé en fibres ou filaments que l'on peut tisser afin de fabriquer des étoffes. Ces fibres sont caractérisées par leur longueur, leur élasticité et leur résistance ou solidité. On distingue deux types de textiles : les textiles naturels qui ont deux origines soit animal soit végétal et les textiles chimiques (BALOUT et COUTERET, 1999).

## I.2. Les textiles naturels :

### I.2.1. Les textiles d'origine animale :

Ils sont fournis par les fibres des poils des ovidés (mouton, mérinos, chèvre commune, chèvre mohair, chèvre cachemire), des camélidés (chameau, lama, alpaga, vigogne), des rongeurs (lapin angora) et de sécrétions d'insectes (*Bombyx mori* pour la soie naturelle, chenilles de Lépidoptères vivant en liberté en Inde, en Mandchourie, etc., pour la soie sauvage) (BALOUT et COUTERET, 1999).
Parmi ces textiles on cite les exemples ci dessous :

#### I.2.1.1. La laine :

La laine est une fibre fine et souple qui présente des propriétés d'élasticité et de plasticité (Mazoyer, 2002). Elle est douce, bouclée et obtenue principalement à partir de la toison des moutons d'élevage, mais aussi d'autres ruminants (chèvres, chameaux, lamas) et utilisée comme matière première dans l'industrie textile (ENCARTA, 2008).

La laine est constituée d'une substance fondamentale : la kératine (de même composition chimique que les cheveux, les plumes, les ongles et les sabots) ou laine pure (33 %), de suint (20 % à 75 % pour les fibres les plus fines), de graisses cireuses (12 %) et d'une infime proportion de matières minérales (REMICHE, 2005).

#### I.2.1.2. La soie :

La soie est constituée de filaments produits par des chenilles de papillons, tel le *Bombyx* du mûrier. Pour protéger leur métamorphose, les chenilles tissent autour d'elles un cocon, à l'aide de leur glande séricigène (glande à soie). Ce cocon, une fois dévidé, donne le fil de soie (REMICHE, 2005).

À l'oeil nu, la fibre se compose d'un fil très long, entre 700 et 1 500 mètres, et très fin, à l'aspect brillant et doux (REMICHE 2005).
Au microscope, la fibre de soie apparaît fine, longue, cylindrique, lisse, brillante et transparente (REMICHE, 2005).

Comme la laine, la soie contient un mélange de protéines, notamment la fibroïne et la séricine – qui représentent respectivement 65 % et 25 % du poids total –, mais aussi de l'eau et des sels minéraux. La fibroïne est la soie proprement dite, les autres éléments étant plus ou moins complètement éliminés au cours de la préparation de la fibre (REMICHE, 2005).

**Figure 1 :** -Cocon de ver à soie-(ENCARTA, 2008).

### I.2.2. Les textiles d'origine végétale :

Ils proviennent de fruits (noix de coco), de graines (coton, kapok), de tiges (lin, chanvre, jute), de feuilles (sisal, raphia) et de graines foliaires (abaca, chanvre de Manille) (BALOUT et COUTERET, 1999).
On a comme exemple:

#### I.2.2.1. Le coton :

Le coton est une fibre naturelle formée par l'élongation d'une simple cellule de la surface de la graine (ENCARTA 2008). Cette fibre est mate de couleur blanche à jaunâtre, elle se présente sous forme de ruban vrillé aux bords ourlés traversée d'un canal à paroi mince. On compte environ 70 vrilles au centimètre. Elle est souple et douce (ZHAOL et *al.*, 2008).

Le coton est le fruit d'une plante arbustive appelée cotonnier (latin : *Gossypium)*. Le cotonnier est classé dans la famille des malvacées. Il peut mesurer jusqu'à dix mètres à l'état sauvage, toutefois sa taille est limitée à un ou deux mètres en culture de façon à en faciliter la récolte. Herbacé ou ligneux, le cotonnier pousse dans les régions tropicales et subtropicales arides. Il peut vivre une dizaine d'année à l'état sauvage, toutefois, lorsqu'il fait l'objet d'une culture organisée, il est souvent exploité sous la forme de plante annuelle. Le terme de coton désigne également dans le langage courant, les fils de tissu qu'il permet de fabriquer et qui entre dans le processus de l'industrie textile (Wu et *al.*, 2008).

La fibre de coton est Composé essentiellement de Cellulose (91,2 %) mais aussi d'eau (7 %), de cire (0,5 %), de matière azotées (0,7 %), de substances articulaires (0,3 %) et de cendres (0,3 %) (GLANS et VAN LOON, 2008).

**Figure 2 :** -Capsules de cotonnier ouvertes- (ENCARTA, 2008).

**I.2.2.2. Le Lin :**

La plante du lin (*Linum usitatissimum*) est annuelle, elle appartient à la famille des Linaceae cultivée principalement pour ses fibres, mais aussi pour ses graines oléagineuses (Mazoyer, 2002). Les fibres du lin permettent de fabriquer des cordes, des tissus, ou plus récemment des charges isolantes pour des matériaux de construction. Les graines sont utilisées pour produire de l'huile et des aliments pour animaux (HOTTE et DEYHOLOS, 2008).

La fibre du lin est l'une des rares textiles végétaux d'origine européenne. Elle a la particularité d'être une fibre longue (plusieurs dizaines de centimètres), par rapport aux fibres courtes (le coton) ou moyennes (la laine) (HOTTE et DEYHOLOS, 2008).

Les fibres ont une structure tubulaire à faible élasticité (allongement à la rupture de 1 à 2%) et à forte ténacité (l'une des fibres naturelles les plus solides) qui assure la protection de la plante contre les intempéries, les microorganismes mais aussi les insectes et les herbivores (HOTTE et DEYHOLOS, 2008).

A maturité, les cellules fibreuses sont complètement remplies de différentes couches de parois. De l'extérieur vers l'intérieur on distingue la paroi primaire PI, puis les trois couches S1 à S3 de parois secondaires (PATYKA et *al.*, 2008).

Les parois secondaires qui assurent l'essentiel des propriétés mécaniques des fibres sont composées de microfibrilles de cellulose (72 à 82%) unidirectionnelles entourées de polysaccharides matriciels appelés pectines ou hémicelluloses, de 15 à 20% de pectone et de 2 à 3% de cire, le lin est riche aussi en acide linoléique (PATYKA et *al.*, 2008).

## I.3. Les textiles d'origine chimique :

Ils se divisent en deux grands groupes : les textiles artificiels et les textiles synthétiques.

### I.3.1. Les textiles artificiels :

Ils sont fabriqués à partir de produits naturels, qu'on modifie chimiquement ou qu'on régénère. Citons tout d'abord les fibres protéiques, dont les deux plus courantes sont le Lanital et l'Ardil d'origine italienne, le Lanital est élaboré à partir de la caséine du lait. L'Ardil est obtenu à partir des protéines de l'arachide. Autres fibres protéiques, les alginates, obtenus à partir de certaines algues marines, servent à fabriquer des fils mixtes (BALOUT et COUTERET, 1999).

Dans les textiles artificiels, les textiles chimiques d'origine cellulosique dérivent de la cellulose naturelle, à partir de laquelle on obtient notamment l'acétate de cellulose, la viscose et la rayonne cupro-ammoniacale, qui peuvent être travaillés en fils continus ou en fibres discontinues. Le triacétate, apte à subir des traitements de thermofixage, est utilisé pour la production de vêtements et de tissus d'ameublement. La viscose imite la soie mate ou brillante ou encore la laine, dont elle possède 80 % du pouvoir thermique. Les fibrannes sont obtenues par filage et tissage des fibres coupées ou discontinues de la viscose. Les fibres et fils polynosiques sont préparés selon le même procédé que la viscose, mais dans des conditions particulières, afin d'obtenir des produits ayant des qualités supérieures (BALOUT et COUTERET, 1999).

### I.3.2. Les textiles synthétiques :

Ils sont obtenus, par polymérisation ou polycondensation, à partir de monomères de structure simple. Nombre de produits nécessaires à la production des fibres synthétiques sont issus du naphta, dérivé du pétrole brut (BALOUT et COUTERET, 1999).

Les textiles synthétiques regroupent notamment les chlorofibres, les polyamides (le nylon), les polyesters, les polyacryliques, les polyoléfines, les polyuréthanes (produits type Lycra), et les fibres de verre textile.
Chacun de ces textiles dispose de propriétés spécifiques qui vont déterminer son utilisation (BALOUT et COUTERET, 1999).

Ainsi, les textiles ont de nombreux emplois dans d'autres secteurs que l'habillement (habitat, ameublement...) mais aussi des applications industrielles (élaboration de bio- et de géotextiles) (BALOUT et COUTERET, 1999).

#### I.3.2.1. Le cuir :

Le cuir est une peau d'animal ayant subi le tannage. La majorité de la production mondiale du cuir est issue de la peau des animaux de boucherie : bœufs, vaches, taureaux, chevaux, moutons, veaux, chèvres. On utilise également la peau des kangourous, des daims,

des phoques et des morses, ainsi que celle de différents reptiles (lézards, serpents), d'oiseaux (autruche) et de poissons (saumon) (ENCARTA, 2008).

Les matières premières utilisées dans l'industrie du cuir proviennent en grande partie des sous-produits de l'industrie de la viande. Avant d'être tannées, les peaux sont séchées par salage ou séchage rapide. Les méthodes de séchage les plus courantes utilisent du sel (chlorure de sodium), que ce soit pour le salage humide ou le saumurage (ENCARTA, 2008).

Les matériaux protéiniques, une fois tannés, ne sont plus sujets aux réactions physicochimiques occasionnées par l'eau et sont moins altérés par l'hydrolyse. En dépit de ces avantages, le cuir est sensible aux conditions climatiques extrêmes; dans les climats très secs, il durcit et se fendille, tandis que dans les climats très humides, il peut subir de graves altérations dues à la putréfaction (LANQNAIR et *al.*, 2001).

Le tannage est très efficace également contre les attaques d'agents biologiques, qu'il s'agisse aussi bien des moisissures que des insectes, mais il ne peut empêcher la prolifération de microorganismes lorsque les conditions sont favorables, et en particulier lorsque l'humidité relative est supérieure à 68 %; dans ce cas, moisissures et bactéries provoquent des taches et fragilisent le cuir (SIVAPRAKASAM et *al.*, 2008).

**I.3.2.2. Le papier :**

Le papier est une matière formée à partir de fibres cellulosiques végétales [site 5] (elles rentrent pour 50% dans la composition fibreuse d'un papier couché, et pour 75% dans un papier non couché) mais selon son utilisation, il est parfois nécessaire de rajouter des éléments améliorant ses caractéristiques. Ces éléments sont rajoutés à la pâte après le raffinage en général mais avant formation de la feuille, et ont pour but d'augmenter l'opacité du papier et parfois sa blancheur, d'améliorer sa stabilité dimensionnelle, sa structure et son état de surface pour une meilleure aptitude à l'impression. De plus, ils permettent de diminuer -sauf exception- le prix de revient de la fabrication du papier puisqu'ils sont moins chers que les fibres cellulosiques (FRANCOUC et *al.*, 2008).

Les quantités de charges introduites en moyenne dans la pâte sont de 5 à 35 % par rapport aux fibres. La rétention de ces charges dépend de plusieurs facteurs dont celles liées à leur nature (propriétés, granulométrie) et celles liées à la pâte (pH, température, vitesse) ou au papier (grammage) (FRANCOUC et *al.*, 2008).

Les principales sortes utilisées en papeterie sont le kaolin (silicate d'aluminium hydraté), le talc (silicate de magnésium hydraté), le carbonate de calcium (état naturel ou précipité : craie, marbre, calcite). Ces trois charges représentent 90% du tonnage utilisé. On peut citer aussi l'oxyde de titane (très cher mais très opaque), le sulfate de calcium ou gypse, le blanc satin ou sulfo-aluminate de calcium, le blanc fixe ou sulfate de baryum. Les pigments organiques sont plus purs, plus blancs, mais aussi plus chers, donc ne sont utilisés que la plupart du temps en surface du papier (INGOLE et *al.*, 2008).

Le papier se présente sous forme de feuilles minces et considéré comme un matériau de base servant à écrire, dessiner, imprimer, emballer, voire peindre… Il est également utilisé dans la fabrication de composants divers (filtres…) (INGOLE et *al.*, 2008).

مكتبة الكلية

# SECOND

# CHAPITRE

Plan du chapitre

II.1. Aspergillus.
II.1.1. Aspergillus niger .
II.1.2. Aspergillus fumigatus.
II.1.3. Aspergillus flavus .
II.1.4. Aspergillus terreus .
II.2. Penicillium.
II.2.1. Penicillium chrysogenum .
II.2.2. Penicillium frequentans (ouP. glabrum).
II.3. Trichoderma viride.
II.4. Alternaria alternata.
II.5. Fusarium solani.
II.6. Cladosporium.
II.6.1. Cladosporium herbarum.
II.6.2. Cladosporium cladosporoïdes.
II.7. Chaetomium globosum.

## II.1. *Aspergillus* :

Appartient à la classe des Deuteromycètes, sous classe des Hyphomycètes.

Les Aspergilles poussent rapidement, ils sont poudreux ou duveteux de couleurs variables: blanche, verte, brune à noire. Ils se caractérisent par la formation d'organes de reproduction asexuée : les têtes aspergillaires. Le mycélium est cloisonné porte de nombreux conidiosphores dressés, non ramifiés, terminés en vésicules. Les phialides sont formés directement sur la vésicule (têtes connidiennes unisériées) ou portés sur des métules ou stérigmates (tête connidiennes bisériée). Les conidies sont sèches, en chaînes divergentes ou associées en colonnes compactes, unicellulaires, globuleuses, subglobuleuses ou elleptiques, lisses ou ornementées, hyalines ou pigmentées en jaune, brun, noir ou vert (BOTTON et *al.*, 1990).

### II.1.1. *Aspergillus niger* :

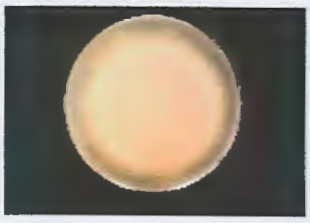
*Aspergillus niger* est une espèce cosmopolite, bien que signalée dans le monde entier elle est un peu plus fréquente dans les zones tièdes et les sites exposés au sud [site 1].

On peut la trouver aussi bien sur les sols glacés, dans les environnements marins que dans les stèpes, pâturages, forêts et dune, même si elle reste une espèce plus courante en zones sèches et dans les sols chauds [site 1].

Sur milieu Malt-Agar (M-A) (pH 6,5) après 21 jours de croissance à 26°C et 37°C les mycéliums d'*A. niger* ont une croissance rapide avec un aspect de velours ou de feutre, blanc cotonneux au départ, devenant poudreux avec l'apparition de spores noires. Le revers est blanchâtre. Les espèces possèdent des fructifications asexuelles de grande taille. Les têtes conidiennes sont très grandes de 15 à 310 micromètres de diamètre, globuleuses à radiales, en plusieurs tonalités de noir : noir-verdâtre, noir-marron, noir-pourpre ou noir-charbon, qui portent des phialides de 7-20 x 3-5 micromètres. Les conidiophores très abondants et très fragiles sont longs à parois lisses, hyalines ou de couleur marron. Les vésicules sont globuleuses à sous-globuleuses, hyalines ou légèrement colorées, aux tonalités marron foncé; de 40 à 70 micromètres. Les phialides et les métules sont généralement colorées. Les conidies sont globuleuses à sous-globuleuses, elliptiques ou aplaties dans le sens horizontal, lisses, échinulées, verruqueuses ou avec des stries longitudinales, de 4 à 8 micromètres de diamètre. Les sclérotes sont globuleux à sous-globuleux, de couleur crème quand ils sont jeunes, devenant daim-rose ou daim grisâtre-marron mesurent de 0,8 à 1,2 micromètres. Le pH du milieu est fortement acidifié par la croissance de l'espèce (pH final 1-2) (CAHAGNIER, 1998).

*A. niger* est une espèce fortement cellulolytique (VOORHEES et *al.*, 2006) et non kératinophile, elle a été isolée de substrats et habitats divers, entre autres : bois, cuir, matériaux synthétiques (plastiques, plastifiants), papier, textile (coton, jute, laine) (LAN et SEWELL, 2006).

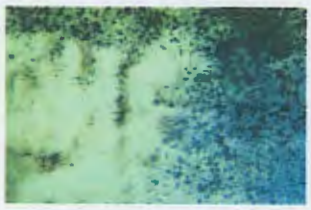
*A. niger* sur M-A recto 26°C après 21 jours de croissance.



*A. niger* sur M-A verso 26°C après 21 jours de croissance.

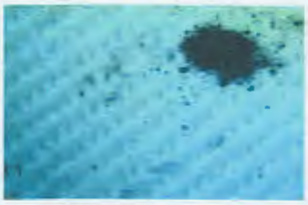
*A. niger* sur M-A recto 37°C après 21 jours de croissance.

*A. niger* sur M-A verso 37°C après 21 jours de croissance.



*A. niger* sur papier (journal).

*A. niger* sur papier (coton).



*A. niger* sur textiles.

**Figure 3 :** -*A. niger* sur M-A et sur différents textiles- [site 1].

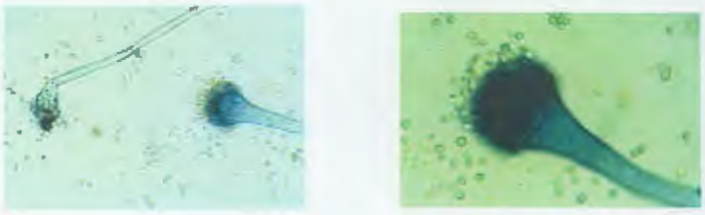
### II.1.2. *Aspergillus fumigatus* :

*A. fumigatus* est un champignon cosmopolite. Il s'agit d'un contaminant très commun, fréquent sur les matières organiques humides et les composts dont il entraîne une rapide décomposition avec dégagement de chaleur. Il a une bonne tolérance aux températures élevées et c'est ainsi qu'il se développe encore très bien à 45°C. Pour cette raison, on le retrouve souvent dans les silos à grain [site 1].

Les mycéliums d'*A. fumigatus* après 21 jours de croissance à 26°C sur milieu Malt-Agar (M-A) (pH initial 5) ont une croissance rapide, un aspect velouté et une couleur gris turquoise avec une marge blanche au départ qui disparaît et devient plus sombre en vieillissant. Le revers est jaune vert. Les exsudats et les pigments solubles sont absents. Les conidiophores sont lisses, ils s'élargissent en vésicule (piriforme allongée). Les têtes conidiennes sont unisériées. Les phialides ne sont présentes que sur la moitié supérieure de la vésicule. Les conidies de 2,5 à 3,5 micromètres de diamètre sont globuleuses à sub-globuleuses et forment de longues chaînes. L'espèce acidifie le milieu (pH final 4) (CAHAGNIER, 1998).

Cette espèce a été isolée de substrats et divers habitats tels que: les matières synthétiques (plastifiants), le papier, le lin et les textiles (coton, laine, jute) (AL MUSALLAN et RADWAN, 1990).

*A. fumigatus* se développe sur tous les matériaux testés. Sa croissance est la plus rapide sur la toile de lin et le papier acide. La sporulation est extrêmement rapide (deux à cinq jours suivant les matériaux). Les conidies, vertes foncées, forment une longue colonne au-dessus du conidiophore qui à maturité tombe sur le milieu [site 1].



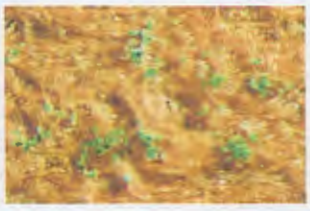
*A. fumigatus* sous microscope.

*A. fumigatus* sur textiles.

*A. fumigatus* sur Papier.

*A. fumigatus* sur linters de coton.

*A. fumigatus* sur cuir (fleur).



*A. fumigatus* sur cuir (chair).

**Figure 4 :** -*A. fumigatus* sous microscope, et sur différents textiles- [site 1].

### II.1.3. *Aspergillus flavus* :

La distribution d'*Aspergillus flavus* s'étend au monde entier mais davantage dans les zones tropicales et subtropicales [site 1].

Après 21 jours de croissance (à 26°C et 37°C) le mycélium d'*A. flavus* sur milieu Malt-Agar (M-A) (pH 6,5) a une croissance rapide avec un thalle floconneux, d'abord vert-pâle puis progressivement vert-jaune. Le revers est jaune à vert pâle et jaune chartreux au centre. Les exsudats et les pigments solubles sont absents. Les Fructifications asexuées sont grandes à moyennes. Les têtes conidiennes sont

globuleuses, radiées à colonniformes; de couleur vert-jaune, marron-olive à marron. Les conidiophores longs de 1 à 1,5 micromètres sont abondants, incolores, généralement rugueux, mais allant de lisses à fortement rugueux. Les vésicules sont globuleuses à sous-globuleuses. Les phialides (de 30-60 micromètres) et les métules (16 x 5 micromètres) sont hyalines à colorées en vert. Les conidies sont globuleuses à sous-globuleuses et légèrement rugueuses; elles peuvent aussi être elliptiques et lisses. Les sclérotes de couleur marron-rougeâtre à marron-pourpre, noirs à la maturité sont globuleux à sous-globuleux ou verticalement allongés (CAHAGNIER, 1998).

*A. flavus* est une espèce cellulolytique, non kératinophile et dégrade la pectine. (MELLON et *al.*, 2007). Elle est isolée de substrats et divers habitats, entre autres : bois, cuir, matières synthétiques (plastiques, plastifiants), papier et textile (la laine) (AL MUSALLAM et RADWAN, 1990).

Elle se développe sur tous les substrats étudiés à l'exception du papier édition où la croissance est moyenne et du tissu coton pur où elle est un peu plus faible que la moyenne. L'espèce est jaunâtre sur le textile. Sur les autres matériaux, elle est de couleur vert-marron [site 1].

*A. flavus* sur M-A recto 26°C après 21 jours.

*A. flavus* sur cuir (fleur).

*A. flavus* sur linters de coton.

*A. flavus* sur textiles.

*A. flavus* sur papier (journal).

**Figure 5 :** -*A. flavus* sur M-A et sur différents textiles- [1].

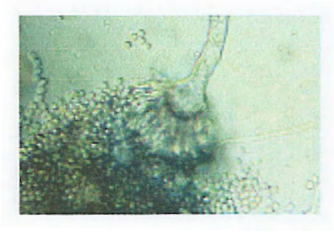
### II.1.4. *Aspergillus terreus* :

*A. terreus* a une répartition mondiale avec une prévalence dans les zones tropicales et sub tropicales. Avec une distribution qui s'étend au monde entier, c'est l'espèce la plus fréquemment isolée des sols de culture mais elle se trouve aussi dans les sols non cultivés. Elle est très fréquemment rencontrée sous les climats tropicaux et subtropicaux comme contaminant dans les aires de stockage alimentaires [site 1].

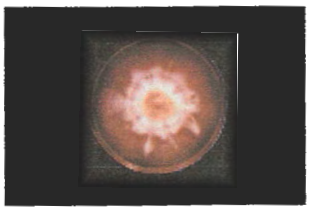
Après 21 jours de croissance à 26°C sur milieu Malt-Agar (M-A) (pH initial 5) les mycéliums d'*A. terreus* ont une croissance modérée (atteint 78 centimètres en 21 jours)

avec un aspect velouté et une couleur blanche au départ qui devienne cannelle à orange-marron en vieillissant. Le revers est crème à faiblement oranger. Les conidiophores sont de 100 à 250 micromètres de long, avec des parois lisses, hyalines portent des vésicules hémisphériques. Les têtes conidiennes sont bisériées, très longues, cylindriques et très compactes. Les phialides mesurent 5-7 x 1,5-5 micromètres. Les conidies de 1,5 à 2,5 micromètres de diamètre sont lisses, globuleuses jusqu'à ellipsoïdales et de couleur hyaline à légèrement jaune. On observe une émission de pigment jaune dans le milieu pendant la croissance de l'espèce. Cette espèce acidifie légèrement le milieu (pH final 4) (BOTTON et al., 1990).

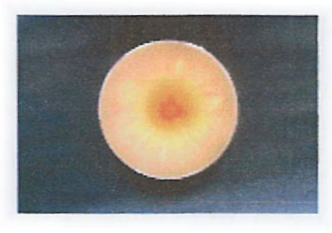
*A. terreus* est un champignon tellurique contribuant à la décomposition de la matière organique en raison de ses activités cellulolytique (GEO et *al.*, 2008), lipolytique, et amylolytique, il est aussi kératinophile et isolé de substrats et divers habitats comme: le bois (bois sec, bois exposé à l'eau de mer), le cuir, les matières synthétiques (plastifiants), le papier (papier et pulpe de papier) et les textiles (fibres végétales) (ABDEL-KAREEM, 2007).



*A. terreus* sous microscope.



*A. terreus* sur M-A recto 26°C après 21 jours de croissance.



*A. terreus* sur M-A verso 26°C après 21 jours de croissance.

**Figure 6 :** -*A. terreus* sous microscope, sur M-A - [site 1].

## II.2. *Penicillium* :

Appartient à la classe des Deuteromycètes, sous classe des Hyphomycètes.

Les *Penicillium* ont un thalle vert ou plus rarement blanc, dont la texture est souvent utilisée comme critère de détermination. Les conidiophores sont isolés, groupés en faisceaux lâches ou agrégés en corémies bien définies, hyalins, lisses ou granuleux, simples ou ramifiés, terminés par un pénicille qui est constitué, suivant le cas, soit d'un verticille de phialides (monoverticillés), soit d'un verticille de ramification (métules) portants les phialides (biverticillés), soit de plusieurs verticilles successifs comportants des ramifications, des métules et des phialides (triverticillés, quadriverticillés,.....). Les caractères du penicille servent à la différenciation des groupes et des espèces. Les phialides sont ampulliformes ou lancéolées. Les conidies sont disposées en longues chaînes, globuleuses, elliptiques, cylindriques ou fusiformes, lisses ou rugueuses, hyaline, grisâtres ou verdâtres. Les sclérotes sont par fois présents (BOTTON et *al.*, 1990).

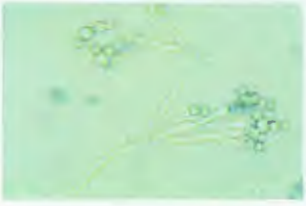
### II.2.1. *Penicillium chrysogenum* :

Champignon cosmopolite, plus fréquent en zones chaudes [site 1].

Les mycéliums de *P. chrysogenum* après 21 jours de croissance à 26°C sur milieu Malt-Agar (M-A) (pH 6,5) sont veloutées, bleu-vert avec un amas blanc au centre. Le revers est blanc-jaune. Les pénicilles sont asymétriques et souvent complexes, à ramifications divergentes. Les conidiophores sont lisses et mesurent 200-1000 x 3-4 micromètres. Il y a 3-5 métules mesurant 8-12 x 2-4 micromètres. Les phialides sont regroupés par 4-7, elles sont ampulliformes et mesurent 7-10 x 2 micromètres. Les conidies sont sub-globuleuses à elliptiques, lisses et disposées en longues chaînes irrégulières. Elles mesurent 2-4 x 2-3,5 micromètres. Lors de sa croissance, cette espèce acidifie le milieu (pH final 3,5) (BOTTON et *al.*, 1990).

*P. chrysogenum* possède les cellulases, les pectines lyases et les polygalacturonases (OMAR et ABD-ALLA, 2000), il n'est pas kératinophile et isolé de substrats et divers habitats, entre autres : coton, cuir et papier [site 1].

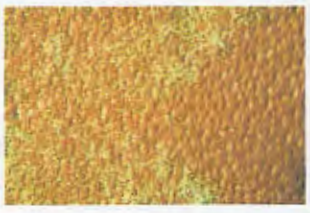
Cette espèce se développe lentement sur tous les papiers (journal, édition, filtre et coton) et sur le tissu en coton. Il ne se colore pas et garde une teinte blanche. Par contre sur le cuir la croissance est plus rapide et il prend une teinte vert-gris visible dès le 6ème jour [site 1].



*P. chrysogenum* sous microscope.

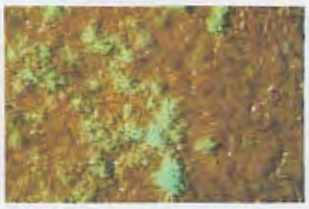
*P. chrysogenum* sur M-A recto 26°C après 21 jours de croissance.

*P. chrysogenum* sur papier (journal).



*P. chrysogenum* sur cuir (chair).

*P. chrysogenum* sur cuir (fleur).



*P. chrysogenum* sur linters de coton.

**Figure 7 :** -*P. chrysogenum* sous microscope, sur M-A et sur différents textiles- [site 1].

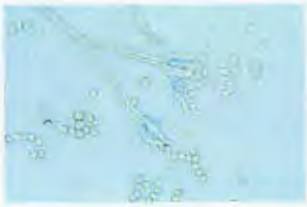
### II.2.2. *Penicillium frequentans (ou P. glabrum)* :

*Penicillium frequentans* se rencontre sous tous les climats. C'est un champignon osmophile [site 1].

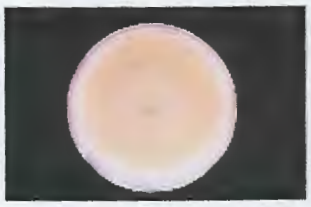
Les mycéliums de cette espèce après 21 jours de croissance à 26°C sur milieu Malt-Agar (M-A) (pH 6,5) montrent une croissance rapide, sous forme poudreuse vert-grise, striée du centre vers l'extérie. Le revers est très pâle, légèrement vert. Les pénicilles sont monoverticillées. Les conidiophores sont lisses, renflés au sommet et mesurant 50 x 150 micromètres. Ils portent des verticilles de 10-16 phialides ampulliformes mesurant 10 x 3 micromètres. Les conidies sont globuleuses et lisses avec 3-3,5 micromètres de diamètre. Le pH du milieu n'est pas modifié lors de la croissance de l'espèce (pH final 6,5) (BOTTON et *al.*, 1990).

*P. frequentans* est une espèce peu cellulolytique, elle est capable de dégrader la cellulose sous différentes formes sauf native, ainsi que la pectine (GUMMADI et KUMAR, 2005). Elle a été isolée de substrats et divers habitats, parmi lesquels : coton, matières synthétiques (plastifiants, plastiques) et papier (papier, pâte à papier) [site 1].

La croissance de *P. frequentans* est assez lente sur les papiers filtre, édition et journal et le linters de coton où elle prend une coloration vert-gris, est encore plus faible sur le tissu où elle ne se colore pas et garde une teinte blanchâtre. Sur le cuir, elle croît rapidement et prend une teinte vert-gris au bout d'une semaine [site 1].

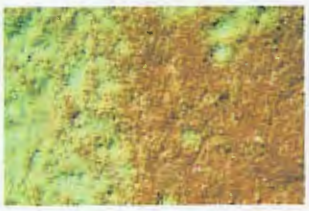


*P. frequentans* sous Microscope.

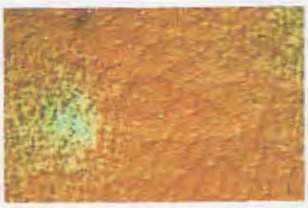


*P. frequentans* sur M-A recto 26°C après 21 jours de croissance.

*P. frequentans* sur M-A Verso 26°C après 21jours de croissance.



*P. frequentans* sur cuir (chair).



*P. frequentans* sur cuir (fleur).

*P. frequentans* sur papier et textiles.

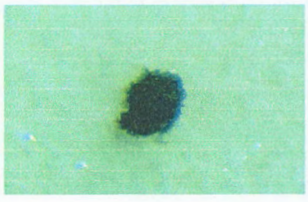
**Figure 8 :** -*P. frequentans* sous microscope, sur M-A et sur différents textiles- [site 1].

## II.3. *Trichoderma viride* :

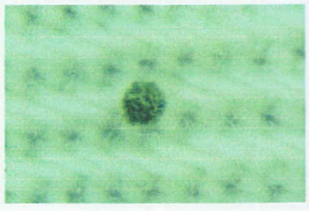
*Trichoderma viride* est une espèce cosmopolite très répandue (extrême nord, zones alpines, régions tropicales) et très résistante [site 1].

Sur milieu Malt-Agar (M-A) (pH initial 5) après 21 jours de croissance à 26°C les mycéliums de *T. viride* ont une croissance rapide avec un aspect grumeleux et une couleur blanche au départ et devenant vert foncé par endroit. La moisissure se répartit de façon hétérogène sur la boîte de Pétri. Le revers est jaune-orange. Les phialides sont groupées par 2 ou 4 et de taille 8-14'2-3 micromètres. Les conidies globuleuses et granuleuses ont un diamètre de 3,5-4,5 micromètres. La présence de chlamydospore globuleuse est possible et leur taille peut aller jusqu'à 14 micromètres. Le pH du milieu augmente légèrement mais reste acide (pH final 6) (BOTTON et *al.*, 1990).

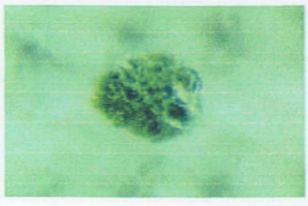
*T. viride* a un pouvoir cellulolytique important (VOORHEES et *al.*, 2006), elle a été isolée de substrats et divers habitats comme : bois (sain, en décomposition), matières synthétiques (plastique), papier et textile (coton) [site 1].



*T. viride* sur papier (coton).



*T. viride* sur textiles (coton).



Agrandissement de *T.viride* sur textiles (coton).

**Figure 9 :** -*T. viride* sur différents textiles- [site 1].

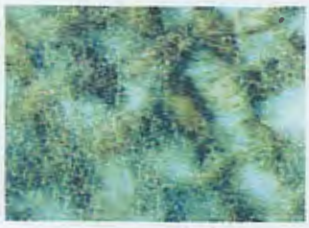
## II.4. *Alternaria alternata* :

*Alternaria alternata* est un champignon cosmopolite ubiquiste. Son habitat est très varié puisqu'il va des régions sèches arides des dunes du désert jusqu'aux lacs salins [site 1].

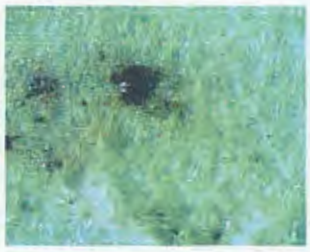
Après 21 jours de croissance à 26°C et 37°C sur milieu Malt-Agar (M-A) (pH 6,5), l'espèce a une croissance relativement rapide. Les colonies veloutées et rases avec une périphérie blanche sont brun-gris à noires. Le revers est marron foncé à noir. En culture purs quelques isolats restent stériles. La croissance aérienne de ce champignon est presque entièrement constituée de chaînes de spores. Les conidiophores sont cloisonnés avec 1 à 3 septes, ils sont lisses, droits ou flexueux, noirs et ont une croissance sympodiale. Ils mesurent en moyenne 50 x 5 micromètres. Les conidies bourgeonnent à travers un ou plusieurs pores de la paroi du conidiophore, en chaînes simples ou ramifiées; ces conidies pluricellulaires sont brunes à jaune-brun, en forme de massue avec un rostre apical. Leur taille est de 60 x 15 micromètres (BOTTON et *al.*, 1990).

*A. alternata* est une espèce cellulolytique (ABDEL-HAFEZ et *al.*, 1990), elle a été isolée de substrats et divers habitats, parmi lesquels : papiers et textiles (coton, jute, laine) [site 1].

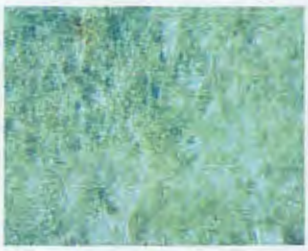
*A. alternata* sous microscope.



*A. alternata* sur toile de lin.



*A. alternata* sur linters de coton.



*A. alternata* sur papier acide.

*A. alternata* sur cuir (chair).

**Figure 10 :**-*A. alternata* sous microscope, et sur différents textiles- [site 1].

## II.5. *Fusarium solani* :

Ce champignon cosmopolite se retrouve dans le sol, l'air, l'eau, textiles et de nombreuses plantes. C'est également un phytopathogène [site 1].

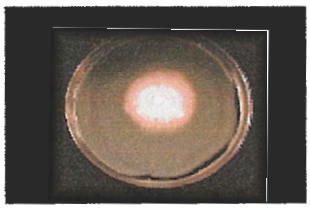
Sur milieu Malt-Agar (M-A) (pH initial 5) après 21 jours de croissance à 26°C et 37°C les mycéliums de *F. solani* ont une croissance rapide avec un aspect floconneux et une couleur blanc grisâtre. Le revers est de couleur crème. Les phialides sont longues et les microconidies sont abondantes, ovales, unicellulaires et parfois septées de taille 8-16 x 2-4 micromètres. Les macroconidies sont fusiformes courbes et de taille 25-60 x 3-7 micromètres. Des chlamydospores peuvent être également présents. La croissance de l'espèce ne modifie pas le pH du milieu (pH final 5) (BOTTON et *al.*, 1990).

Cette espèce est cellulolytique (OMAR et ABD-ALLA, 2000), isolée de substrats et habitats divers, parmi lesquels: bois, papier et textile (coton) (O'NEIL et *al.*, 1983).

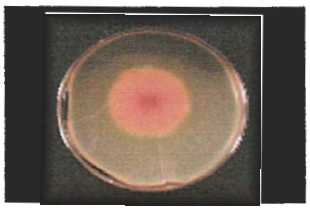
*F. solani* sous microscope.

*F. solani* sur M-A recto 26°C après 21 jours de croissance.

*F. solani* sur M-A verso 26°C après 21 jours de croissance.



*F. solani* sur M-A recto 37°C après 21 jours de croissance.



*F. solani* sur M-A verso 37°C après 21 jours de croissance.

**Figure 11:** -*F. solani* sous microscope, sur M-A - [site 1].

## II.6. *Cladosporium* :

Appartient à la classe des Deuteromycètes, sous classe des Hyphomycètes.

Les *Cladosporium* possèdent un thalle brun olivacé à brun noir, pigmenté dans toutes ses parties, veloutés ou floconneux et terne. Le revers est olivacé à brun noir. Les conidiophores sont ramifiés, droits ou flexueux. Les conidies sont en chaînes acropétales, les inférieures (ramoconidies) plus grandes sont souvent septées et avec plusieurs sites conidiogènes, les autres sont unicellulaires, globuleuses, ovoïdes, elliptiques ou fusiformes, lisses, verruqueuses ou échinulées (BOTTON et *al.*, 1990).

Ce genre est caractérisé par la fragilité des structures sporifères, la présence dans les préparations de fragments de conidiophores allongés et de conidies de formes et de dimensions variées est souvent caractéristique (BOTTON et *al.*, 1990).

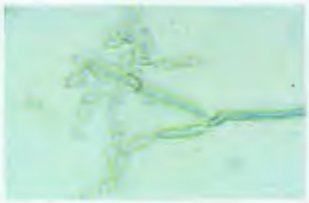
### II.6.1. *Cladosporium herbarum* :

*Cladosporium herbarum* se rencontre aussi bien dans les régions tempérées, tropicales, subtropicales que polaires. C'est l'une des espèces parmi les plus communément rencontrées dans l'air [site 1].

Les mycéliums de *C. herbarum* après 21 jours de croissance à 26°C sur milieu Malt-Agar (M-A) (PH 6,5) sont véloutés, de couleur vert-foncé avec des contours noirs. Le revers est marron foncé-vert en dégradé. Les conidiophores mesurant 250 micromètres de long et 5 micromètres de large, sont renflés aux points d'intersection des chaînes conidiennes. Les conidies sont elliptiques à cylindriques, verruqueuses avec des cicatrices d'insertion bien marquées et mesurant 10 x 5 micromètres. *C. herbarum* acidifie le milieu pendant sa croissance (pH final 4,5 - 5) (BOTTON et *al.*, 1990).

Cette espèce est capable de décomposer la cellulose (ABDEL-HAFEZ et *al.*, 1990) et la pectine, elle a été isolée de substrats et divers habitats, tels que : bois pourri, cuir, matières synthétiques (plastifiants), papier (papier, pulpe de papier) et textile [site 1].

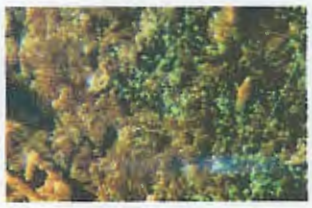
La croissance de *C. herbarum* est rapide et importante sur les papiers filtre, édition, journal et le linters de coton avec une coloration verte, visible dès le 5ème jour. Sur le textile coton, sa croissance est faible, la colonie garde une couleur blanche. La croissance est rapide sur le cuir où elle prend une teinte vert foncée [site 1].



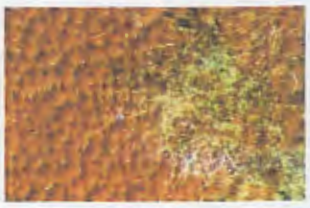
*C. herbarum* sous microscope.

*C. herbarum* sur M-A recto 26°C après 21 jours de croissance.

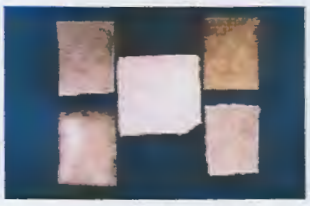
*C. herbarum* sur M-A verso 26°C après 21 jours de croissance.



*C. herbarum* sur cuir (chair).



*C. herbarum* sur cuir (fleur).



*C. herbarum* sur papier et textiles.

**Figure 12 :** -*C. herbarum* sous microscope, sur M-A et sur différents textiles-[site 1].

### II.6.2. *Cladosporium cladosporoïdes* :

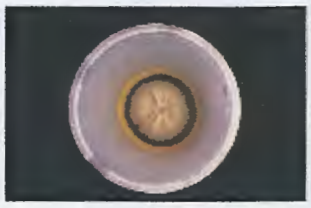
*C. cladosporoïdes* se trouve fréquemment dans les zones tempérées, les zones de montagnes boréales et moins dans les zones subtropicales [site 1].

Après 21 jours de croissance à 26°C sur milieu Malt-Agar (M-A) (pH 6,5) les mycéliums de *C. cladosporoïdes* sont d'aspect velouté, légèrement ridées au centre, leur couleur est brun-marron avec des contours plus foncés devenant jaune-orange en vieillissant. Le revers est noir avec une marge jaune-foncé. Les conidiophores environ 400 micromètres de long et 2-4 micromètres de large, sont lisses ou verruqueux. Les conidies sont lisses ou finement verruqueuses, elliptiques ou citriformes et mesurant 3-10 x 2-4 micromètres. *C. cladosporoïdes* abaisse légèrement le pH du milieu (pH final 6) (CAHAGNIER, 1998).

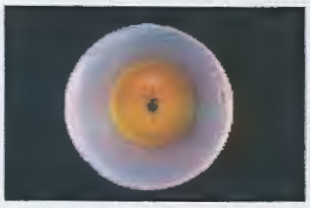
Cette espèce peut utiliser comme source de carbone la pectine (OMAR et ABD-ALLA, 2000), elle a été isolée de substrats et divers habitats, comme les papiers et les textiles (coton, soie). Elle est utilisée pour tester la résistance des matériaux aux moisissures [site 1].

*C. cladosporoïdes* se développe bien sur le papier journal et le linter de coton ainsi que sur le textile en coton. Sa croissance est plus faible sur le papier édition. Au bout de 6 jours, elle prend une coloration vert-marron sur le tissu en coton. Sur les papiers filtre, coton et journal, l'espèce, blanche au départ, se teinte au bout d'un mois. Sur le cuir la croissance est beaucoup moins rapide, presque inexistante [site 1].

*C. cladosporoïdes* sous microscope.

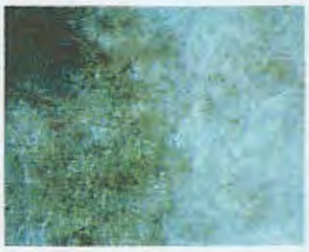


*C. cladosporoïdes* sur M-A recto 26°C après 21 jours de croissance.



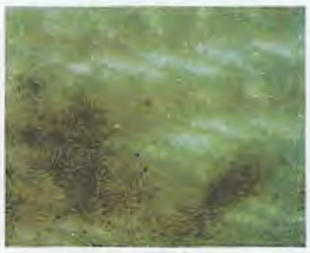
*C. cladosporoïdes* sur M-A verso 26°C après 21 jours de croissance.

*C. cladosporoïdes* sur cuir (Chair).



*C. cladosporoïdes* sur linters de coton.

*C. cladosporoïdes* sur papier filtre.



*C.cladosporoïdes* sur textiles (coton).

*C. cladosporoïdes* sur papier et textiles.

*C. cladosporoïdes* sur papier journal.

**Figure 13 :** -*C. cladosporoïdes* sous microscope, sur M-A et sur différents textiles [site1].

## II.7. *Chaetomium globosum* :

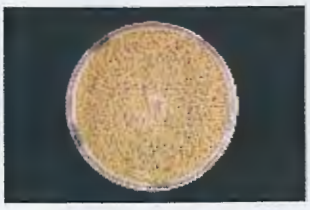
*C. globosum* est retrouvé sous tous les climats, parfois dans des habitats extrêmes tels que : sol alpin enneigé (plus de 2630 mètres d'altitude), montagnes rocheuses (altitude 3600 mètres), terres de l'Himalaya, désert… [site 1].

Les mycéliums de *C. globosum* après 21 jours de croissance à 26°C et 37°C sur milieu Malt-Agar (M-A) (pH 6,5) sont granuleux et vert-foncé. Le revers est noir. Il est composé de périthèces globuleux de 75-175 micromètres de diamètre, sans col différencié, garnis de longs poils non ramifiés, droits ou plus ou moins sinueux. Les ascospores sont ellipsoïdales ou citriformes, mesurant 10 x 8-9 micromètres. L'espèce ne modifie pas le pH du milieu (pH final 6,5) [site 1].

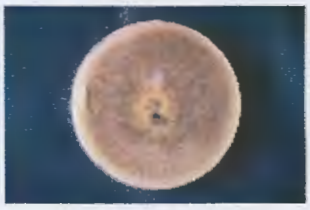
*C. globosum* peut utiliser comme source de carbone la cellulose. Cette espèce a été isolée de substrats et divers habitats tels que les papiers et les textiles (ABDEL-KAREEM, 2007).

*C. globosum* présente une bonne croissance sur les papiers coton, filtres et tissus en coton. Les périthèces forment des petits points verts bien distincts les uns des autres, ils sont plus épais et plus gros sur le papier édition que sur les autres matériaux et sont presque inexistants sur le papier journal. Sur le cuir, *C. globosum* se développe assez lentement avec des périthèces en amas et secrète un pigment rouge pâle qui diffuse dans le substrat [site 1].

*C. globosum* sous microscope.

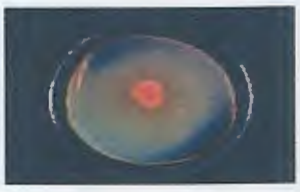


*C. globosum* sur M-A recto 26°C après 21 jours de croissance.



*C. globosum* sur M-A verso 26°C après 21 jours de croissance.

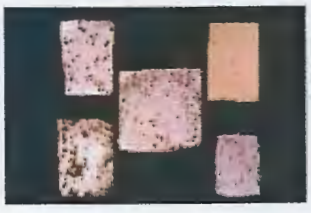
*C. globosum* sur M-A Recto 37°C après 21 Jours de croissance.



*C. globosum* sur M-A verso 37°C après 21 jours de croissance.

*C. globosum* sur linters de coton.

*C. globosum* sur cuir (chair).



*C. globosum* sur papier et textiles.

*C. globosum* sur textiles (coton).

**Figure 14 :** -*C. globosum* sous microscope, sur M-A et sur différents textiles-[site 1].

**Autres espèces:**

Plusieurs autres espèces peuvent être citées, parmi lesquelles : *Aspergillus versicolor, A. amstelodami, A. fischie,A. penicilloides, Penicillium brevicompactum,P. expansum,Trichoderma harzianum, T. reesei, Cladosporium sphaerospermum* (BOTTON et *al.*, 1990).

# TROISIEME

# CHAPITRE

**Plan du chapitre**

*III.1. Introduction.*

*III.2. Dégradation de la cellulose.*

*III.3. Dégradation de la kératine.*

*III.4. Dégradation de pectine.*

## III.1. Introduction :

Les altérations des textiles causées par les moisissures sont dues à l'utilisation des différentes matières organiques qui y sont présentes, à savoir les celluloses, les pectines, les kératines ..... La dégradation de ces composés se fait par les voies communes à tous les autres organismes. Nous citons comme exemples:

## III.2. Dégradation de la cellulose :

La cellulose est l'un des composés organiques les plus abondants sur la planète. Sa dégradation revêt de ce fait un aspect fondamental de recyclage de la matière organique par le cycle de carbone (BOUSSEBOUA, 2002). Elle est le constituant principal de la paroi cellulaire des plantes; elle représente 40 à 45 % du poids sec du bois. Les fibres végétales utilisées dans l'industrie textile (coton, lin.....) contiennent de 80 à 95% de cellulose (BERTHET et ALAIN, 2005).

La cellulose est un polymère formé de 10000 à 25000 molécules de glucose liées en ß(1-4), elle est hydrolysée par de nombreux microorganismes cellulolytiques comme les champignons telluriques (genre : *Aspergillus, Penicillium, Fusarium, Trichoderma*...) (BOUSSEBOUA, 2002).

Les moisissures cellulolytiques excrètent dans leurs milieux un complexe enzymatique appelé cellulase formé de 2 enzymes l'endo ß (1-4) glucanase et l'exo ß (1-4) glucanase. L'action conjuguée de ces deux enzymes permet l'hydrolyse de la cellulose en cellobiose (dimère de glucose) (BOUSSEBOUA, 2002).

L'endoglucanase hydrolyse au hasard les liaisons glucose-glucose alors que l'exoglucanase libère des dimères cellobiose à partir d'une extrémité de la chaîne de polymère (BOUSSEBOUA, 2002).

Cellulose
(polymère).

↓ (Endo ß (1-4) glucanase)
↓ (Exo ß (1-4) glucanase)

Cellobiose
(dimère)

↓ ß (1-4) glucosidase

Glucose
(monomère) ⟶ glycolyse ⟶ Cycle de Krebs ou autres voies alternatives (BOUSSEBOUA, 2002).

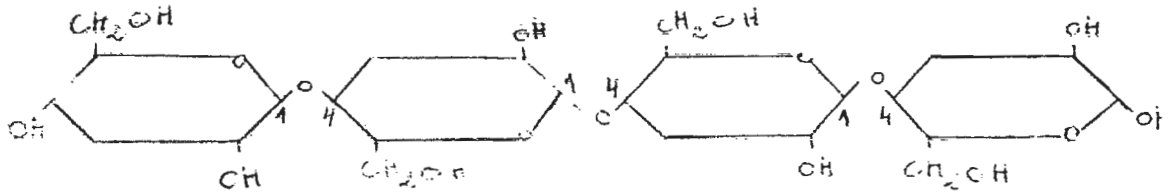


**Figure 15 :** -Cellulose: liaison glycosidique 1-4 entre les monomères de glucose ß- (NEIL et JANE, 2004).

## III.3. Dégradation de la kératine :

La kératine est une protéine, synthétisée et utilisée par de nombreux êtres vivants comme élément de structure, et également l'exemple type de protéine fibreuse, elle est insoluble et peut être retrouvée sur l'épiderme de certains animaux, notamment les mammifères, ce qui leur garantit une peau imperméable (VOET et VOET, 2005).

La molécule de kératine est hélicoïdale et fibreuse, elle s'enroule autour d'autres molécules de kératine pour former des filaments intermédiaires. Ces protéines contiennent un haut taux d'acides aminés à base de soufre, principalement la cystéine, qui forment un pont disulfure entre les molécules, conférant sa rigidité à l'ensemble .Il y a deux principales formes de kératines : l'alpha-kératine, ou α-keratin, présente chez les mammifères, et la bêta-kératine, ou β-keratin, que l'on retrouve chez les reptiles et les oiseaux. Ces deux types de kératines ne présentent clairement pas d'homologie de séquence. La bêta-kératine est plus résistante que l'alpha-kératine (VOET et VOET, 2005).

La capacité enzymatique des moisissures de décomposer la kératine a longtemps été interprétée comme une innovation clé dans l'évolution de dermatopathogenicité animale. L'évidence dans le support de cette idée dérive de deux observations:
1-les kératines sont des polypeptides animaux communs, extrêmement résistants.
2-Les moisissures sont capables de dégrader enzymatiquement la kératine (SCOTT et UNTEREINER, 2004).

Tant que la kératine forme une famille des protéines, elle se dégrade par leur voie commune:

Les enzymes protéolytiques extracellulaires (protéases) hydrolysent les protéines en polypeptides qui seront à leur tour clivés en oligopeptides par des endopeptidases (protéinases) à l'intérieur de leur chaîne, en suit les exopeptidases hydrolysent de façon récurrente les acides aminés à partir d'une extrémité de la chaîne peptidique. Une carboxypeptidase débute son hydrolyse à l'extrémité C terminale de la chaîne alors qu'une aminopeptidase libère les acides aminés à partir de l'extrémité N terminale (PERRY et *al.*, 2004).

Protéines $\xrightarrow{\text{protéases}}$ polypeptides $\xrightarrow{\text{endopeptidases}}$ oligopeptides $\xrightarrow{\text{exopeptidases}}$ acides aminées (PERRY et *al.*, 2004).

## III.4. Dégradation de pectine :

Les pectines, ou plus largement les substances pectiques, sont des polyosides, rattachées aux glucides (BERTHET et ALAIN, 2005). Elles sont de poids moléculaire élevé (macromolécules linéaires) formants le ciment pectique qui unit les cellules végétales (lamelle moyenne, paroi primaire....) (BUGNICOURT, 1995).

La pectine est un polysaccharide constitué de séquences de (1-4)-α-D-galacturonate interrompues par des résidus α-L-rhamnose et portant des chaînes latérales d'oligosaccharides neutres; certain résidu galacturonate sont estérifiés par un methyle en C6 (BERTHET et ALAIN, 2005).

La macromolécule de pectine a un agencement en zig-zag qui donne des propriétés particulières aux pectines. Pour compléter la composition chimique des pectines il est nécessaire de préciser qu'il existe des ramifications au niveau des acides uroniques comme au niveau du rhamnose par des molécules (ex galactane, arabinane.....etc.). Cette grande hétérogénéité fait que l'on doit plutôt parler des pectines que de la pectine (BERTHET et ALAIN, 2005).

**Composition chimique :**

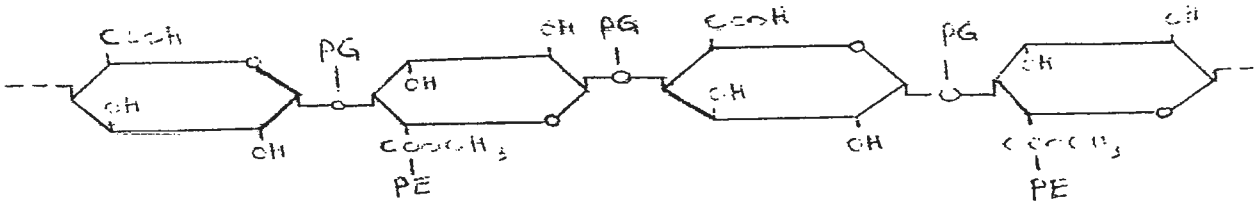



**Figure 17 :** -pectine (formule simplifiée)- [site 2].

Les flèches indiquent les points d'attaque des enzymes pectines-méthylestirase (PE) et polygalacturonase (PG) [site 2].

La pectine est une molécule relativement stable, résistante à des températures de plus de 100 °C, mais elle est dans la nature dégradée par des enzymes « pectine lyases » produites par des microorganismes comme les champignons (BERTHET et ALAIN, 2005) (*Mucor*, *Aspergillus* et *Penicilium*) (BUGNICOURT, 1995), il existe 2 types d'enzymes pectiques :

- polygalacturonase : casse les liaisons entre les éléments de construction de l'acide galacturonique de la pectine.
- pectine méthylesterase : sépare le méthanol (acide méthylique) des acides polygalacturoniques methoxylés [site 2].

La dégradation de la pectine correspond à une hydrolyse du ciment et donc des chaînes linéaires qui donne des oses sous forme galactanes, arabanes, rhamnanes et galacturonanes polymérisés, des alcools(méthanol) et des acides carboxyliques en présence de calcium et de magnesium (BUGNICOURT, 1995).

# DISCUSSION

## Discussion :

De nombreux textiles peuvent représenter des substrats idéaux pour les moisissures. Les principales espèces rencontrées appartient aux genres *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Trichoderma* et *Chaetomium*.

Les dégradations diffèrent en apparence d'un textile à un autre (taches noires sur la laine, amas vert et visqueux sur le cuir.....), mais les dégâts restent toujours les plus importants (BOTTON et *al.*, 1990).

Sur le papier, par exemples, de nombreuses moisissures le plus souvent cellulolytiques, trouvent dans le papier un substrat favorable à leur développement. Elles endommagent ainsi, tout particulièrement les locaux humides, les livres, les tapisseries et les emballages. Parmi ces moisissures on trouve notamment des *Aspergillus* et des *Penicilliums* xérophiles responsables d'importants dégâts dans les bibliothèques (BOTTON et *al.*, 1990).

Sur le cuir, nous trouvons principalement des moisissures appartenants aux genres *Aspergillus*, *Eurotium* et *Penicillium*. Ces derniers forment des taches et entraînent la disparition des matières graisses, sans attaquer les fibres de collagènes. Le cuir perde ainsi sa souplesse, sa résistance et son imperméabilité. On trouve aussi fréquemment les genres *Rhizopus*, *Verticilliumet* et l'espèce *Fumago vagens* qui sont capables de provoquer de véritables perforations à la surface de cuir. La prolifération de ces moisissures est favorisée par le tannage végétal et dépend du type de produit incorporé au cuir. Les cuirs tannés au chrome sont plus résistants (BOTTON et *al.*, 1990).

Sur la laine brute, on trouve une colonisation par *Peyronellaea glomerata* qui provoque une coloration noire à l'extrémité des fibres où se localise la moisissure (BOTTON et *al.*, 1990).
La laine dégraissée peut êtres attaquée par plusieurs champignons appartenants notamment aux genres *Aspergillus* et *Penicillium* (BOTTON et *al.*, 1990).

Des solutions et des moyens de lutte contre ce fléau sont donc nécessaires ; le traitement par des composées chimiques reste l'un des moyens les plus surs pour éviter les dépréciations sur les textiles. Ces composées sont utilisées soit par trempage soit par pulvérisation. Parmi les mesures de précautions les plus souvent appliquées nous citons principalement:

Pour la laine on utilise :
-Les produits à base de dichlorophéne (5,5dicloro2, 2-dihydroxydipénylméthane) ou de pentachlorophénol.
-Les composés organo-stanneux ou à base de chlorophynol ou encoure d'ammoniums quaternaires (essentiellement le chlorure d'alkyl diméthyl éthyl benzyl ammonium).
-Les produits à base de salicylanilide (shirlan), naphténate de cuivre, ainsi que les composés organomercuriques ou renfermants du chrome ne sont pratiquement plus employés en raison

de décoloration qu'ils peuvent produire et de leur toxicité.
-Des désinfectants comme la formaldéhyde ou l'oxyde d'éthylène sont efficaces mais ne manifestent pas d'effet rémanent (BOTTON et *al.*, 1990).

Pour le cuir, les produits les plus utilisables sont les suivants :
-Le pentachlorophénol est généralement employé sous forme de sel de sodium.
-Le paranitrophénol peut être ajouté à la graisse appliquée au cuir.
-La 5, 6dichloro-2-benzoxazolinone qui selon DAHL et CAPLAN (1961) est extrêmement efficace contre un grand nombre de moisissures à la dose de 0,4% (BOTTON et *al.*, 1990).

Pour le papier, le pentachlorophénol sous forme de sel de sodium, le diphényl et l'o-phénylphénat de sodium sont utilisés pour protéger le papier et le carton des moisissures (BOTTON et *al.*, 1990).

Pour le traitement d'autres textiles, différents produits antifongiques sont utilisés, les principaux sont les suivants :

-Les oxydes de fer et de chrome qui servent notamment à traiter les tissus utilisés par les armées.
-Les sels de cuivre tels que les oléates, ricinoléates, naphténate, hydroxyquinoléates qui sont très actifs contre les champignons du sol et qui trouvent un usage dans la protection des toiles de tente, des cordages, des filets.....
-Les chlorophénols tel que le lauryl pentachlorophénate (LPCP) sont utilisés pour la protection de nombreux textiles (BOTTON et *al.*, 1990).

# CONCLUSION

## Conclusion :

Les textiles sont des substrats très utilisés par différentes moisissures les principales espèces rencontrées appartiennent aux genres : *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium* *Fusarium*, *Alternaria*, *Trichoderma* et *Chaetomium*. Les dégâts causés varient d'un textile a un autre selon sa composition, mais les voies de dégradation suivies par les moisissures restent toujours les mêmes. D'après ce travail, nous arrivons à la conclusion que les mesures hygiéniques sont d'une grande importance pour préserver les textiles, et les moyens de lutte doivent être appliqués dès les premiers signes d'altéraion. Ces mesures diffèrent selon les caractéristiques des divers substrats, elles régissent les soins à appliquer aux objets fabriqués à base de tissus.

# Références

# Références :

-**Abdel-Hafez SI, Moubasher AH, Barakat A**. Keratinophilic fungi and other moulds associated with air-dust particles from Egypt. Folia Microbiol (Praha). 1990; 35(4):311-25.

-**Abdel-Kareem O**. Effect of selected natural dyes in reduction on colour changes of Egyptian linen textiles by fungi. Ann Chim. 2007; 97(7):527- 40.

-**Al Musallam AA et Radwan SS**. Wool-colonizing micro-organisms capable of utilizing wool-lipids and fatty acids as sole sources of carbon and energy. J Appl Bacteriol. 1990; 69(6):806-13.

-**Balout C et couteret F**. Le progrès technologique dans les textiles. Maîtrise de gestion 2ème année. 1999 ; pages:3,4.

-**Berthet J et Amar-costesec A**. Dictionnaire de biologie.Université de boeck 1ère édition. 2005; pages:156,642.

-**Botton B, Breton A, Fevre M, Gatuthier S, Guy PH, Larpent JP, Reymond P, Sanglier JJ, Vayssier Y, Veva P**. Moisissures, utiles et nuisibles, importance industrielle. Édition Masson. 1990 ; pages:95, 129, 158, 216, 217, 276, 280, 281, 285.

-**Bousseboua H**. Elément de microbiologie générale. Édition de l'université Mentouri Constantine (Algérie). 2002 ; page 79.

-**Bugnicourt M**. Dictionnaire de microbiologie générale. Université de boeck. 1995 ; pages 772, 773.

-**Encarta** 2008.

-**Franco C, Liners M , Derenne S, Villion_poitre , Nand ML , Houot S**. Influence of green waste,biowaste and paper card board initial ratios on organique matter transformation during composting.2008;10.

-**Gao J, Weng H, Zhu D, Yuan M, Guan F, Xi Y**. Production and characterization of cellulolytic enzymes from the thermoacidophilic fungal Aspergillus terreus M11 under solid-state cultivation of corn stover. Bioresour Technol. 2008; 15.

-**Glans MA** et **Van loon LR.** Dégradation of cellulose under alkaline condition new in sights from a 12 years degradation study.Laboratoir for waste mangement. 2008 15;42(8).

-**Gummadi SN** et **Kumar DS**. Microbial pectic transeliminases. Biotechnol Lett. 2005; 27(7):451-8.

-**Hotte NS** et **Deyholos MK**. A flax fibre proteone: identification of proenriched in bast

fibres. Departement of biogical siences. 2008;30-8-52.

-**Ingole B, Sivados S, Nanajkkar M, SanYa S, Nag A**. A comparative study of macrobonitic. Community from habours. 2008; 20.

-**Lane SR** et **Sewell RD**. The fungal profile of cotton lint from diverse sources and implications for occupational health. J Occup Environ Hyg. 2006; 3(9):508-12.

-**Lanqmair f, mladek M, kolomazni KK, sukop S.** Collagenous hydrolysates from untraditional sources of proteins. Institute faculty of technology. 2001; 23(4) :193-9.

-**Mazoyer M**. Larousse agricole. Institut national agronomique Paris-Grignon (INAP-G). 2002; pages:373,384.

-**Mellon JE, Cotty PJ, Dowd MK**. *Aspergillus flavus* hydrolases : their roles in pathogenesis and substrate utilization. Appl Microbiol Biotechnol. 2007; 77(3):497-504.

-**Neil AC** et **Jane BR**. Biologie. Boeck université 2ème édition. 2004; page 70.

-**Omar SA** et **Abd-Alla MH**. Physiological aspects of fungi isolated from root nodules of faba bean (*Vicia faba L.*). Microbiol Res. 2000; 154(4):339-47.

-**O'Neil CE, Reed MA, Aukrust L, Butcher BT**. Studies on the antigenic composition of aqueous cotton dust extracts. Int Arch Allergy Appl Immunol. 1983; 72(4):294-8.

-**Patyka NV, Kruglov IUV, Berdnikov AM, Patykav F.** Information of micropic communities of podzol soils. 2008. 70(1): 59-7.

-**Perry JJ, Staley JT, Lory S**. Microbiologie cours et questions de révision. Edition Dunod. Paris pour la traduction française. 2004; page 252.

-**Remiche J**. Les fibres textiles. Université de Liège.2005 ; Pages:2,3.

-**Scott JA** et **Untereiner WA**. Determination of keratin degradation by fungi using Keratin azure. Medical Mycology. 2004; page 239.

- **Sivaprakasam S, Mahadevan S, sekar S rajakumar S**. Biological treatment of tannery wastewater by using salt-tolerant bacterial strains. chemical engineering department. 2008; 29(7) : 15.

-**Voet D** et **Voet JG**. Biochimie. Boeck université 2ème édition. 2005; Pages:131,132, 133.

-**Voorhees JC, Ferrance JP, Landers JP**. Enhanced elution of sperm from cotton swabs via enzymatic digestion for rape kit analysis. J Forensic Sci. 2006; 51(3):574-9.

-**Wu Z, Soliman KM, Bolton JJ, Saha S, Jenkins JN**. Identification of differentially expressed agenes associated with cotton fibre development in a chromosomal substitution lin

(CS-B22sh). Departement of naturel resources and environmenlal science. 2008; 8(2):165-74.

-**Zhao LH, Zhou JT, Lv H, Zhenq CL, Yanq YS, Sun HJ**. Decolorization of cotton pulp black liquor by pleurotus ostreatus in a bubble-column reactor. Dolian technology of university. 2008; 80(1):44-8.

**Les sites:**

1/http://www.sakti.culture.fr/sdx23/moisissures/document.xsp?id=champignon&app=fr.tech.Sdx.

2/ http:// www. Wikignole. be/ wiki/ la distilation des fruits : traitement aux enzymes.

## Résumé

*Les textiles sont constitués de différentes matières organiques facilement biodégradables par les moisissures, Nous citons principalement : la pectine, la cellulose, les hémicelluloses et la kératine.....*

*Notre travail, porte sur les moisissures les plus souvent rencontrées dans ce phénomène.Ces principales espèces sont : Aspergillus (A. niger, A. flavus, A. fumigatus, A. terreus), Penicillium (P. chrysoginum, P. glabrum), Cladosporium (C. herbarum, C. cladosporoïdes), Trichoderma viride, Alternaria alternata, Fusarium solani et Chaetomium globosum.*

*Dans un deuxième temps, nous nous sommes intéressées aux voies de dégradations empruntées par ces espèces mycéliennes et qui sont les mêmes rencontrées chez les autres organismes. Les mesures de précaution et de la lutte contre ce fléau ont une importance capitale.*



*Mots clés: Textiles, constitution, dégradation, moisissures, mesures de précautions.*



## Summary

*Textiles are made of different organic materials readily biodegradable by mould. We have mainly: pectin, cellulose, hemicelluloses and keratin.....*

*Our work relates first to mould the most saving encountered in this phenomenon. The main species are: Aspergillus niger, A. flavus, A. fumigatus, A. terreus, Penicillium chrysogenum, P. glabrum, Trichoderma viride, Alternaria alternata, Fusarium solani, Cladosporium herbarum, C. cladosporoïdes and Chaetomium globosum.*

*In the second step, we interested in avenues of degradation used by these species and what are the same encountered with other agencies. The precautionary measures and the fight against this scourge remains of great importance.*



*Keys words: Textiles, constitution, degradation, mould, measures of precautions.*



## ملخص

تتكون الأنسجة من مختلف المواد العضوية سهلة الهدم من طر ف الأعفان. و التي نذكر من أهمها:
البكتين، السليلوز، الهيميسيليلوز، الكيراتين.....
العمل الذي قمنا به يتضمن دراسة أهم الاعفان المسؤولة عن هذه الظاهرة. أهم هذه الأنواع :
*Aspergillus niger, A.flavus, A.fumigatus, A.terreus, Penicillium chrysogenum, P. glabrum, Trichoderma viride, Alternaria alternata, Fusarium solani, Cladosporium herbarum, C. cladosporoïdes* و *Chaetomium globosum.*
كمرحلة ثانية اهتممنا بدراسة طرق الهدم المتبعة من طرف هذه الأنواع الخيطية و التي هي نفسها المتبعة من طرف الكائنات الأخرى. الاحتياطات و طرق المكافحة المتبعة ضد هذه الظاهرة تبقى لها أهمية كبيرة.



الكلمات المفتاحية: الأنسجة، التركيبة، الهدم، الأعفان، طرق الوقاية.