République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Jijel

Faculté de Sciences Exactes et de la Nature et la Vie

Département d'Ecologie & Environnement

جامعة جيجل

كلية العلوم الدقيقة و الطبيعة و الحياة

قسم علم البيئة و المحيط

ECO.39/09

Mémoire de fin d'études.

En vue de l'obtention du diplôme de DES en Biologie

Option: Biologie et Physiologie Végétale

Thème

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DE L'ANTAGONISME ENTRE LES CHAMPIGNONS

Jury:

Président: Bouldjedri M

Examinateur: Khannouf H

Encadreur: Bouziane Z

présenté par:

Berdi Sara

Boukadoum Razika

Session Juin 2009

Remerciement

Louange à dieu qui nous à donné du courage et de la volonté d'avoir réussit dans nos études.

Nous tenons à remercier l'encadreuse ***Meme Bouziane Z*** *qui a proposé ce sujet de recherche et qui a été encadrée et soutenu par ses conseils, sa compréhension, sa gentillesse, ses encouragements.*

Nous remercions vivement le président ***Mr Bouldjedri M*** *et l'examinatrice* ***Melle Khennouf H*** *pour avoir accepté de faire partie du jury de ce modeste travail.*

Nous tenons également à remercier les enseignants de la faculté des sciences, département de l'écologie et l'environnement. A la promotion de ***Biophysiologie végétale.***

En fin à tous ceux qui ont participé de prés ou de loin à l'élaboration de ce mémoire de fin d'étude.

Sommaire

Page

Introduction 1

Chapitre I: Généralités sur Les champignons

1- Caractères généraux des champignons..... 2

1-1- L'appareil végétatif 2

1-2- Cytologie 4

1-3- Mode de vie des champignons 4

1-3-1- Les saprophytes..... 4

1-3-2- Les parasites 5

1-3-3- Les symbiotiques..... 6

1-4- Reproduction..... 6

1-4-1- Reproduction sexuée..... 6

1-4-2- Reproduction asexuée..... 7

1-5- Facteur de croissance des champignons..... 7

1-5-1- L'aération..... 7

1-5-2- La lumière 8

1-5-3- La température 8

1-5-4- Le pH..... 9

1-5-5- L'humidité..... 9

1-6- Classification 9

Chapitre II: Les mécanismes de l'antagonismes entre les champignons

1- Définition de L'antagonisme..... 11

2- La diversité fongique liée aux différents écosystèmes..... 11

2-1- Pathogène de sol 11

2-2- Pathogène aériens 12

2-3- Pathogènes des produits conservés..... 12

3- Les phénomènes de l'antagonisme 13
3-1- Compétition 13
3-1-1- Compétition pour les éléments nutritifs 13
3-1-2- Compétition pour les sites 13
3-2- L'hyperparasitisme 14
3-2-1- Le mycoparasitisme chez les *Trichoderma* 15
3-3- Production de sidérophores 18
3-4- L'antibiose 19
4- Les mécanismes de compétition entre les champignons 20
5- Interactions des Hyphes 24
5-1- Les interaction indirectes 24
5-2- Les interactions directes 24
Conclusion 26

Listes des tableaux

Page

Tableau (1) Caractéristique des formes de reproduction sexuée et asexuée..... 7

Tableau (2) Classification des champignons **(Davet, 1996)**..... 10

Tableau (3) Exemples de modes d'action étudiés chez les agents de lutte biologique des maladies de conservation des fruits..... 22

Listes des figures

		Page
Figure (1)	Principaux types de thalle fongique……	3
Figure (2)	Stimulation de *T.h* sur *R.s*……	15
Figure (3)	reconnaissance entre le *T.h* et *R.s*……	16
Figure(4)	l'enroulement de *T.h* autour des hyphes de *R.s*……	17
Figure(5)	Pénétration des hyphes de *T.h* à l'intérieur de l'hôte (*R.s*)……	18

Glossaire

1- **Aérobie** : caractère de la majorité des être-vivants pour lesquelles l'oxygène est nécessaire.

2- **Anaérobie** : particularité de certains êtres vivants pour lesquelles l'oxygène est toxique.

3- **Anamorphe :** phase correspondant à l'expression de la forme asexuée d'un champignons. Elle alterne avec la phase sexuée qualifier de télémorphe. Il n'est pas rare que deux binômes latins.

4- **Commensalisme** : un végétal qui vit communément dans l'environnement immédiat d'une autre espèce en en retirant quelques avantage, sans tisser avec celle-ci des liens de parasitisme ou de nature symbiotique est tenu pour commensal vis-à-vis de cette espèce.

5- **Compétition :** affrontement entre être vivants considérés deux à deux ou en biocénoses constituées (l'affrontement peut alors se manifester au sein d'une même strate ou d'une strate à l'autre).

6- **Heterothallisme :** Dualisme qui existe chez certaines espèces de champignons, d'Algue ou de Bryophytes entre deux souches que rein ne permet, à l'avance, de distinguer un matière de sexe.

7- **Homothallisme** : caractères de certains champignons, Algues ou Bryophytes, chez lesquels il n'existe tout à la fois, des organes sexuelles male et femelle.

8- **Hôte** : organisme sur lequel ou dans lequel vit un parasite ou un symbiote.

9- **Hyphe :** filament végétatif d'un champignons : l'ensemble de hyphes forme le mycélium.

10-**Mutualisme** : relation biologique assez lâche qui existe entre deux espèces bactériennes, fongique ou végétales, qui se rendent des services lorsqu'elles cohabitent mais peuvent fort bien croître et se développer indépendamment.

11-**Mycélium :** structure filamenteuse, septé ou non, née à partir de la germination de spores fongiques. C'est donc un ensemble de fins filaments.

12-**Mycorhize** : symbiose mutualisme entre une plante et un champignons, localisée au niveau d'une racine.

13-**Télémorphe** : phase correspondant à l'expression de la forme asexuée d'un champignons. Elle alterne avec la phase asexuée qualifiés, elle, d'anamorphe. Il n'est pas rare par le jeu de description qui se sont succédé au cours de l'histoire de la mycologie.

Introduction

Introduction :

Les microorganismes englobent les microbes et, plus largement, tous les êtres vivants de forte petites tailles que l'on ne peut appréhender qu'en recourant, parfois à une bonne loupe, plus souvent aux microscope **(Boullard, 1997).**

Les interactions entre les microorganismes sont nombreuses et très intenses au niveau de la rhizosphère qui est une zone riche en matière organique et ou les population microbiennes sont très abondantes. Ces interactions sont catalysées par les exsudats racinaires qui favorisent certains groupes de microorganismes au dépend d'autres au sein de la communauté microbienne **(Curl et Truelove, 1986).**

Les types de relations entre champignons et autres microorganismes sont extrêmement divers. Par exemple 80% au moins de toutes les plantes vasculaires forment une relation symbiotique entre leur racine et les champignons qui est réciproque c'est-à-dire que l'association est bénéfique pour les deux organismes. **(Raven et *al*, 2003).**

Les microorganismes telluriques exercent les unes sur les autres des actions qui peuvent être : soient positives (synergies), soient négatives (antagonisme), soient nulles (neutralités).

L'association synergique entre les microorganismes telluriques présentent deux formes : le commensalisme et la symbiose nutritionnelle.

- Dans le commensalisme, une seule des espèces impliquées tire bénéfice de l'association ;
- Dans la symbiose nutritionnelle, chacun des deux types de microorganisme impliqués tire un bénéfice **(Oliva et *al*, 2007)**
- Enfin, l'antagonisme qui est une opposition entre êtres vivants souvent cela se traduit par l'élimination, l'inhibition la forte réduction de croissance de l'un des antagoniste si non des deux.

Pour cela, on a divisé notre travail en deux chapitres :

Le premier chapitre ; généralité sur les champignons .

Le deuxième chapitre : l'antagonisme entre les champignons.

Chapitre I

I- Les champignons :

1- Caractères généraux des champignons :

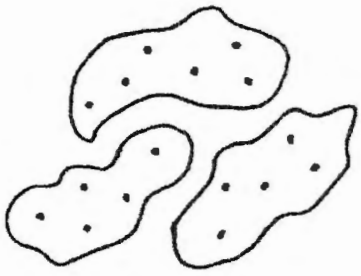
Le monde vivant était divisé en deux principaux règnes : animaux, qui sont mobiles et se nourrissent par ingestion, et plantes, qui sont statiques et se nourrissent par absorption.

Un troisième règne appelé protistes était proposé en 1866 par Haeckel, un disciple de Darwin, et inclut toutes les formes de vie microscopiques telles que les algues, les bactéries, les protozoaires et les champignons **(Nasraoui, 2006).** Ces derniers présentent des caractères communs aux plantes et aux animaux qui ne permettent pas de les classer dans l'un ou l'autre règne, ils forment donc un règne à part **(Bouchet et *al*, 1999).**

1-1- L'appareil végétatif :

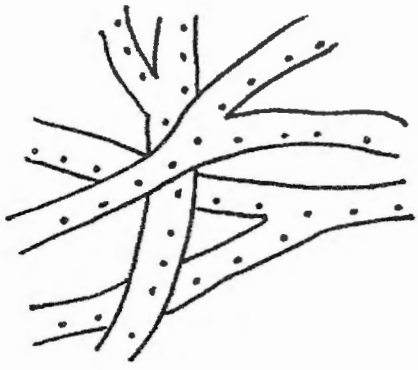
Le thalle est unicellulaire (levure) ou filamenteux formé de filaments tubulaires cylindrique ramifiés ou non, à croissance linéaire apicale, dont le diamètre varie selon les espèces de 1 à 2 µm, jusqu'à plus de 50 µm , l'ensemble des filaments (appelé hyphe) forme le mycélium. Ce dernier est dit « Septé » lorsque des cloisons (Septa) transversales s' y forment régulièrement dans les parties actives du mycélium.

On trouve cette forme des hyphes chez les : Ascomycétes, Basidiomycétes et Deutéromycétes. Ces cloisons sont percées d'un pore centrale. En absence de cloison, le mycélium est dit (Coenocytique) (également nommé Siphon), les hyphes de ce type sont trouvées chez les Oomycétes, Chytridiomycétes et Zygomycétes **(Nasraoui, 2006; Nasraoui et Lepoivre, 2003).**

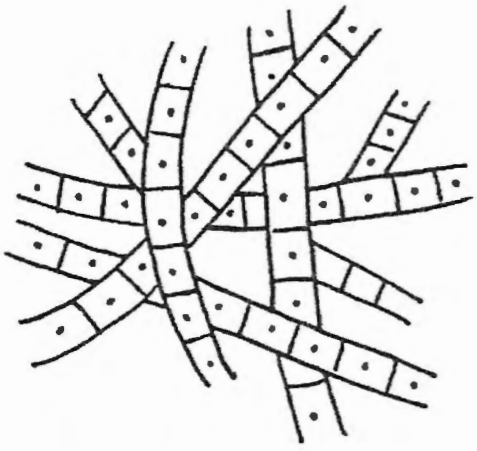


Thalle plasmodial

Thalle unicellulaire



Thalle filamenteux coenocytique



Thalle filamenteux septé

Figure 1-1 : Principaux types de thalles fongiques.

(Davet, 1996)

1-2- Cytologie :

Les champignons sont comme tout les eucaryotes, c'est-à-dire les cellules possèdent : un appareil mitochondrial, un noyau, paroi cellulaire, vacuoles .... .

L'absence de chloroplaste en fait des organismes hétérotrophes comme les animaux. **(Boiron, 1996).**

La paroi cellulaires des champignons renferme 80 à 90% de polysaccharides, associés principalement à des protéines (enzymatique ou non) et à des lipides. Les parois des champignons présentent parfois une couleur sombre, due à des composés mélaniques dérivant d'acides aminés phénoliques **(Lepoivre, 2003).**

Le noyau est typiquement un noyau de cellule eucaryote, les seules différences avec les organismes plus complexes concernent la petite taille et la petite quantité d'ADN, les histones et certains détails de la division méiotique **(Boiron, 1996).**

1-3- Mode de vie des champignons :

Tous les champignons sont, à l'exception des lichens, des hétérotrophe qui produisent des enzymes nombreuses capables de briser des molécules résistantes comme celle de la cellulose **(Dajoz, 2008).**

Les champignons peuvent êtres Saprophytes (Saprobe ou Saprotroph dans la littérature angle-Saxconne), parasites (parasitic) ou symbiotiques (symbiotic), **(Nasraoui et Lepoivre, 2003).**

1-3-1- Les saprophytes :

Le saprophytisme (du grec, Sapros, pourri, phuton, plante) ou alimentation aux dépens de substrats organiques morts **(Boullard, 1997).** C'est l'un des trois mode principaux de nutrition hétérotrophe des champignons, les saprophytes exploitent des substances organiques mortes, dont ils provoquent (avec l'aide de bactéries) la

décomposition : débris végétaux (feuilles et fruits tombés, bois morts, herbes sèches, vieilles souches, etc.), débris animaux, humus du sol **(Ozenda, 2006).**

Les moisissures sont dépendants des biotopes humides, ils synthétisent une grande variété d'oxoenzymes, ce qui leur permet de s'adapter aux divers substrats.

Certaines moisissures sont des agents d'altération des matières organique les plus variées mal conservées ou exposées à l'humidité, certaines se développent sur des matières alimentaires et secrétent des substances extrêmement toxiques pour l'homme et les animaux, exemples : Aflatoxine **(Bouchet et *al*, 1999).**

1-3-2- Les parasites :

Les champignons sont parasites pendant une partie de leur cycle biologique et saprophyte (sur les débris de l'hôte ou dans le sol) pendant une autre partie (parasites facultatifs).

D'autres champignons ont une activité exclusivement parasitaire (parasites obligatoires).

Les formes les plus primitives de parasitisme sont présentées par des agents opportunistes ayant essentiellement une activité saprophytique et n'attaquant les tissus végétaux qu'en condition défavorables pour la plante (blessures, tissus sénescents, ...) **(Nasraoui et Lepoivre, 2003).**

Les champignons parasites sont des agents des mycoses des animaux, et des maladies cryptogamiques des plantes, si préjudiciables à l'agriculture **(Ozenda, 2006).**

Parmi les maladies cryptogamiques les plus fréquentes rencontrées, on cite régulièrement les Mildious, les chancres, les charbons et les rouilles **(Tourte et *al*, 2005).**

1-3-3- Les symbiotiques :

Il s'agit d'une relation qui est très bénéfique aux deux partenaires : elle peut être facultative ou obligatoire **(Florent, 1993)**. Ces champignons sont associés, selon les cas :

1- A des algues ou des cyanobactéries, avec lesquelles ils forment les lichens ;
2- Aux racines ou aux radicelles de diverses plantes supérieurs (arbres, Fougères, Bruyères, ...), avec lesquelles ils constituent les formation appelées mycorhizes ;
3- A des bactéries, ou même à des animaux il y à des levures symbiotiques dans le tissu adipeux de certain insectes **(Ozenda, 2006)**.

1-4- Reproduction :

Les structures de reproduction des champignons se forment généralement lorsque le thalle a atteint un certain degré de développement est accumulé une base alimentaire suffisante, la plupart des champignons possèdent deux modalités de reproduction : la reproduction asexuée (dite : imparfaite ou végétative, caractéristique de l'anamorphe) et la reproduction sexuée (dite : parfaite caractéristique du télémorphe) **(Lepoivre, 2003)**.

1-4-1- Reproduction sexuée :

Le cycle de reproduction sexuée des champignons comporte une étape de plasmogamie (fusion des cytoplasmes) suivie d'une caryogamie (fusion de noyaux) et d'une méiose (division réductionnelle) **(Lepoivre, 2003)**.

La forme sexuée, ou télémorphe, a pour fonction de maintenir l'espèce et apparaît souvent en fin de saison **(Corbaz, 1990)**.

S'il y a incompatibilité entre les gamètes produits par un même thalle, on parle d'hétérothallisme, dans le cas contraire, d'homothallisme. **(Lepoivre, 2003)**.

Les types de spores sexuées sont au nombre de quatre : l'oospore, la zygospore, l'ascospore et la basidiospore. **(Lepoivre, 2003 ; Raven et *al.*, 2007).**

1-4-2- Reproduction asexuée :

La reproduction asexuée des champignons, résultant d'une fragmentation du thalle ou d'une véritable sporulation, représente la principale modalité de dissémination du parasite. D'une façon générale, les spores produites par reproduction asexuée sont appelées : Conidies **(Lepoivre, 2003).**

La forme asexuée, dite aussi forme imparfaite ou anamorphe, assure la propagation **(Corbaz, 1990).**

Tableau (1) : Caractéristiques des formes de reproduction sexuée et asexuée

(Lepoivre, 2003).

Dispersion	Survie
Spore d'origine asexuée : - forme des spores très variable ; - produit en très grand nombre ; - petite taille ; - sans substance ; - sans dormance.	Spore d'origine sexuée : - nombre limité de forme ; - petit nombre ; - grand taille ; - avec dormance.

1-5- Facteur de croissance des champignons :

Les champignons exigent des facteurs de croissance pour leur développement :

1-5-1- L'aération :

Les micro-organismes peuvent produire de l'énergie par métabolisme oxydatif ou, avec un rendement moindre fermentatif.

Selon les champignons, le métabolisme peut être oxydatif obligatoire (*Phycomyces, Rhodotorula*), oxydatif-fermentatif facultatif (*Mucor rouxii, Saccharomyces, Fusarium*, et la plupart des champignons connus) ou fermentatif obligatoire (anaérobie facultatif, où l'oxygène est toléré : *Aqualinderella fermentans, Blastocladia* ; anaérobie obligatoire, où l'oxygène est toxique par formation de superoxydes (O_2- et H_2O_2) : *Neocallimastix* **(Boiron, 1996).**

1-5-2- La lumière :

La lumière n'est pas indispensable au développement végétatif des champignons mais elle influence le rythme de croissance circadien et la sporulation de certain d'entre eux, notamment via les rayonnements UV **(Nasraoui et Lepoivre, 2003).**

La lumière influence la croissance des champignons, soit par destruction photochimique de constituants du milieu, soit agissant directement sur le métabolisme fongique. Ainsi, l'induction de la biosynthèse des pigments caroténoïdes sous l'influence de la lumière colore en orange le mycélium de certaines espèces, comme *Neurospora crassa* ou *Fusarium aquaeductum*. D'autre pigments voient également leur production stimulée par la lumière et colorent diversement les champignons (*Aureobasidium pullulans* colorée en noir par la mélanine) **(Boiron, 1996).**

1-5-3- La température :

Trois catégories de champignons peuvent être groupées concernant les exigences en température décroissante : psychrophiles (croissance à basse température 0 à 17°C), mésophiles (température moyennes) et thermophiles (à forte température).

La majorité des champignons est mésophile croissant à des températures moyennes entre 10 et 35°C , avec des optimums allant de 20-30°C.

Environ 100 champignons sont connus être thermophiles, avec une température minimale autour de 20°C. Un optimum prés de 40°C et un maximum s'étendant à 60°C.

Quelques champignons sont psychrophiles capables de croître au dessous de 0°C comme pour tous les autres organismes vivants. La température est extrêment importante pour la croissance des champignons (l'activité enzymatiques et chimiques). **(Nasraoui, 2006).**

1-5-4- Le pH :

Bien que les champignons soient capables de croître dans une large gamme de pH, ce dernier influence la croissance des champignons, soit indirectement en agissant sur la disponibilité des éléments nutritifs (à pH acide, le fer reste sous forme d'ions ferreux assimilables), soit directement par action sur la membrane cellulaire.

Par ailleurs, le métabolisme des champignons modifie le pH, soit par l'utilisation des anions ou des cations du milieu, soit en production des acides organiques ou de l'ammoniac **(Boiron, 1996).**

1-5-5- L'humidité :

L'humidité a une grande influence sur le développement des moisissures : non seulement sur la croissance mycélienne et la sporulation. Mais plus particulièrement sur la germination des spores **(Moreau, 1996).**

Les champignons nécessitent la présence physique de l'eau pour la diffusion des substances nutritives dans les cellules et pour la libération des enzymes extracellulaires. Les champignons doivent aussi absorber l'eau pour maintenir leur cytoplasme. **(Nasraoui, 2006).**

1-6- Classification :

La classification actuelle, qui s'appuie sur des considération morphologique et sur le mode de reproduction, est pratique mais insatisfaisante. Elle réunit en effet des organismes avec et sans paroi, certainement très éloignés les uns des autres. Parmi les champignons pourvus de paroi ou Eumycètes, coexistent également des organismes

sans beaucoup de points communs comme les Oomycètes d'une part, les Ascomycétes et les Basidiomycétes d'autres part.

Enfin, la classe des Deutéromycétes est tout à fait artificielle puisque, contrairement aux autres groupements, les espèces y sont rangées en fonction de leur mode de reproduction asexuée. Certains champignons peuvent ainsi figurer, sous des noms différents, à la fois parmi les Ascomycétes ou les Basidiomycétes est parmi les Deutéromycétes, selon que l'on prend en considération leur reproduction sexuée ou leur reproduction asexuée, lorsque les deux types de reproduction sont connus, on doit normalement désigner le champignon par le nom de la forme sexuée. Mais la règle admet beaucoup d'exceptions: en continue ainsi à parler de *Fusarium solani* (forme classée dans les Deutéromycétes) plutôt que d'*Hypomyces solani* (forme sexuée, Ascomycétes) et de *Rhizoctonia solani* (Deutéromycétes) plutôt que de *Thanathephorus cucumeris* (Basidiomycètes) **(Davet, 1996).**

Les grandes lignes de la classification des champignons sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau (2) : Classification des champignons **(Davet, 1996).**

Paroi	Cloisons	Zoospores	Forme sexuée	Classe		
Non	Non	Variable	Variable	Myxomycètes		Eumycètes
Oui	Non	Oui (2 flagelles)	Oospore	Oomycètes	Mastigomycètes	
Oui	Non	Oui (1flagelle)	Zygote	Chitridiomycètes		
Oui	Non	Non	Zygote	Zygomycètes	Amastigomycètes	
Oui	Oui	Non	Asque	Ascomycètes		
Oui	Oui	Non	Baside	Basidiomycètes		
Oui	Oui	Non	Non	Deutéromycètes		

Chapitre II

L'antagonisme :

1- Définition :

Ce terme est souvent pris dans un sens très large, notamment dans les ouvrages traitant de lutte biologique : il recouvre alors à peu prés tous les rapports de type + - et - - .

Nous l'utilisons ici dans un sens beaucoup plus restreint, pour désigner la situation ou un organisme exerce un effet inhibiteur sur un autre organisme qu'il tend à éliminer sans le consommer.

L'antagonisme présente donc une étape bien définie entre l'amensalisme (situation –0) et la compétition (situation où, comme nous le verrons, les deux partenaires sont en difficulté) **(Davet, 1996).**

Beaucoup d'antagonistes existent certainement dans la nature et exercent un contrôle biologique plus ou moins efficace sur les pathogènes des plantes. L'homme a toujours essayé d'augmenter l'efficacité des antagonistes à travers l'introduction de nouvelles et grandes populations de ces microorganismes au champ où elles n'existent pas, ou à travers la stimulation de leur croissance en apportant des amendements au sol. Dans les deux cas, le résultat est un accroissement des activités inhibitrices des antagonistes contre les pathogènes.

Bien que certains cas de lutte biologique efficace aient été enregistrés, le potentiel d'un contrôle éventuelle des maladies avec cette méthode reste actuellement limité car, contrairement au laboratoire et sous serre, les résultats au champ ne sont pas d'habitude d'un succès particulier **(Nasraoui , 2006).**

2- La diversité fongique liée aux différents écosystèmes:

2-1- Pathogène de sol :

Parmis les champignons antagonistes les plus communs, il y a des espèces de *Trichoderma* et *Gliocladium*, particulièrement *T.harzianum* et *G.virens*, qui sont efficaces

contre plusieurs pathogènes comme des espèces de *Pythium, Phytophthora, Rhizoctonia, Heterobasidion et Fusarium*. D'autre exemples de champignons antagonistes sont : *Leatisaria arvalis* agissant contre *Rhizoctonia et Pythium, Sporodesmium sclerotivorum, Coniothyrum minitans* efficaces contre des espèces de *Sclérotinia* telles que *S.sclerotiorum*, et *Talaromyces flavus* antagoniste aux espèces de *Verticillium* et à *Rhizoctonia solani.*

Les mycorhizes qui ont une grande relation symbiotique avec les plantes ont été montrées fournir une grande protection aux racines des plantes contre différents pathogènes du sol tels que *Phytophthora cinnamomi* sur plantules de pin, *Phytophthora magasperma* et *Fusarium solani* sur Soja, *F.oxysporum* sur tomate et des espèces de *Verticillium* sur coton **(Nasraoui, 2006).**

2-2- Pathogène aériens :

Nasraoui (2006), a démontré que plusieurs micro-organismes antagonistes, principalement les champignons, ont été prouvés protéger des plantes hôtes contre des pathogènes aériens : la levure *Pichia gulliéremondū* est efficace contre les pathogènes *Botrytis* et *Pénicillium. Chaetomium sp.* et *Athelia bambacina* contrôlent aussi *Venturia inaequalis.*

Plusieurs maladies ont été réduites en utilisant des antagonistes telles que *Tuberculina maxima* contrôlant *Cronartium ribicola* sur le pin blanc. *Ampelo quisqualis* et *Tillétiopsis sp.* Contrôlant *Sphaérotheca fuliginea* sur concombre, et *Darluca filum* contrôlant *Puccinia recondita* sur le blé. Presque tous ces antagonistes aux pathogènes aériens ne sont pas encore utilisés dans la lutte pratique contre les maladies des parties aériennes des plantes.

2-3- Pathogènes des produits conservés :

Plusieurs maladies fongiques de produits conservés peuvent être contrôlées en utilisant des champignons antagonistes, principalement les levures. Ainsi, la moisissure verte causée par *Penicillium digitatum* est contrôlée par *Trichoderma viride* et la moisissure à *Botrytis* est contrôlée par *Trichoderma tandis* que plusieurs levures, telles

que Candida *oleophila*, protégent les fruits contre les moisissures dues à *Botrytis*, *Penicillium et Rhizoctonia* **(Nasraoui, 2006).**

3- Les phénomènes de l'antagonisme :

L'antagonisme se manifeste généralement soit par une compétition, un hyperparasitisme, une production de sidérophores ou par une antibiose **(Soufiane, 1998).**

3-1- Compétition :

Il s'agit de la lutte de deux ou plusieurs espèces pour l'utilisation d'une même ressource qui peut être de l'espace ou de la nourriture. Une population d'une espèce qui possède un avantage compétitif dans l'appropriation d'une ressource, s'assure du contrôle de cette ressource et élimine les population d'autre espèce appartenant au même peuplement **(Lévêque et Mounolou, 2001).**

3-1-1- Compétition pour les éléments nutritifs :

D'après Lepoivre (2003), la compétition pour les éléments nutritifs entre en jeu lorsqu'il y a simultanément consommation du même composé par plusieurs microorganismes. Pour être un compétiteur efficace, un agent antagoniste doit-être capable d'utiliser rapidement et efficacement les éléments nutritifs présents en faible concentration sur les organes de la plante.

Ce type de compétition a été analysé par des mesures d'absorption de composé carbonés marqués radioactivement. Ainsi, des levures (*Sporobolomyces roseus* et *Cryptococcus lauraunti*) antagonistes vis-à-vis de *Botrytis cinerea* colonisent plus rapidement des blessures de pommes qu'une souche non antagoniste appartenant à l'espèce *Saccharomyces cerevisae* .

3-1-2- Compétition pour les sites :

Selon Davet (1996), la compétition pour les sites d'infection est souvent évoquée sans être rigoureusement démontrée : c'est après avoir éliminé toutes les autres explications possibles que **(Sneh et *al*, 1989)** arrivent à la conclusion que seule la compétition pour les sites d'infection peut rendre compte de la protection exercée par des

isolats non pathogènes *de Rhizoctonia Solani* vis-à-vis des souches pathogènes, sur de jeunes plants de radis et de cotonnier. Cependant, les travaux récents sur les mécanismes de reconnaissance entre plante et envahisseur symbiotique ou parasite montrent qu'il existe bien des points de fixation privilégiés : les jeunes poils absorbants, par exemple, pour les *Rhizobuim.* L'occupation de ces sites par un microorganismes auxiliaire devrait donc contribuer à la protection de la racine contre l'invasion par des microorganismes pathogènes.

La compétition entre *Fusarium* pathogènes et *Fusarium* non pathogénes pour la colonisation des tissus racinaires est un des modes d'action impliquées dans l'interaction entre *Fusaruim*. Afin de caractériser l'aptitude colonisatrice des différentes souches de *Fusarium oxysporum* et de suivre leur développement dans les racines, des techniques de marquage spécifique permettant la quantification et la visualisation du champignon ont dû être développées, la production d'anticorps polyclonaux et monoclonaux anti-*Fusarium* et la transformation de 2 souches de *Fusarium oxysporum* par le système des gènes GUS (codant pour la glocoronidase) ont été retenues. Les anticorps produits reconnaissent la plante infectée et donnent une réponse minimum avec la plante saine.

3-2- L'hyperparasitisme :

Le parasitisme est une forme de relation dans laquelle un organisme (le parasite) tire de l'hôte, les parasites détournent à leur profit une partie des ressources normalement destinées à la croissance, la survie et la reproduction des hôtes, bien qu'ils soient le plus souvent invisibles, les parasites n'en sont pas moins omniprésents.

L'hyperparasitisme est l'attaque directe d'un micro-organisme par un autre dans un but nutritionnel(**Gagné, 1984).** On peut mentionner le parasitisme chez les champignons (mycoparasitisme) où un champignon est parasité par un autre champion **(Chet, 1987).**

Il existe de nombreux champignons parasites d'autres champignons du sol. La plupart d'entre eux sont des parasites facultatif, capables d'une vie saprophytique active. *Rhizoctonia solani*, par exemple, peut se développer à l'intérieur du mycélium, relativement volumineux, de certaines Zygomycétes. Il peut être lui-même parasité par

divers autres champignons, tels que *trichoderma harziamum, T.hamlatum* ou *Penicillium vermiculatum* **(Davet, 1996).**

3-2-1- Le mycoparasitisme chez les *Trichoderma :*

Le mycoparasitisme est un phénomène complexe qui se déroule en plusieurs étapes. Les mécanismes en ont été particulièrement bien étudiés dans le cas des interactions entre les *Trichoderma* (Champignons dont l'utilisation comme agents de lutte biologique) et les Champignons pathogènes *Rhizoctonia Solani* et *Sclerotium rolfsii* **(Chet, 1987).**

1- **Stimulation** : le *Trichoderma* perçoit la présence de son hôte, et ses hyphes se dirigent directement vers lui par chimiotropisme. La nature du stimulus n'est pas encore connue.

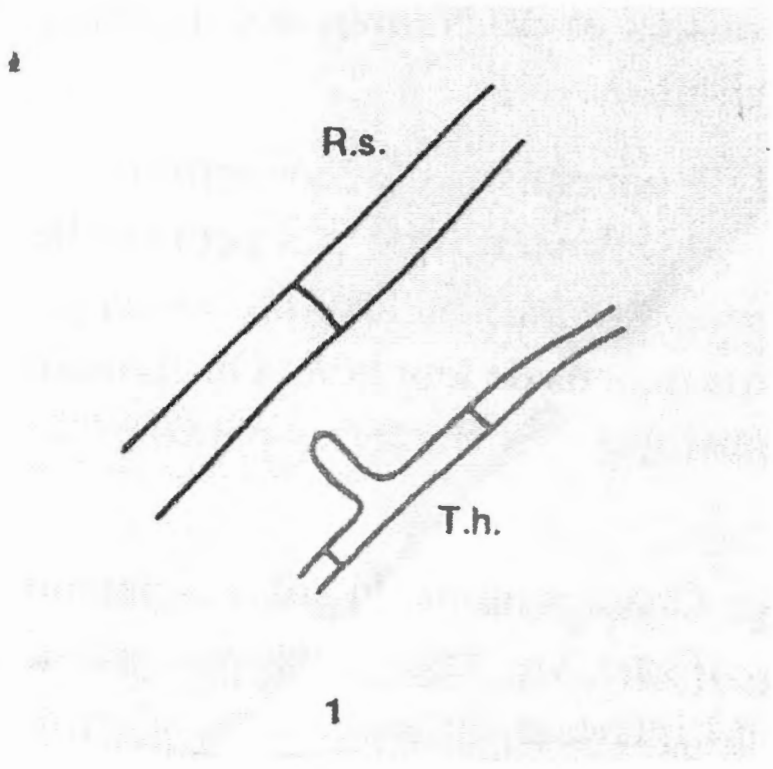
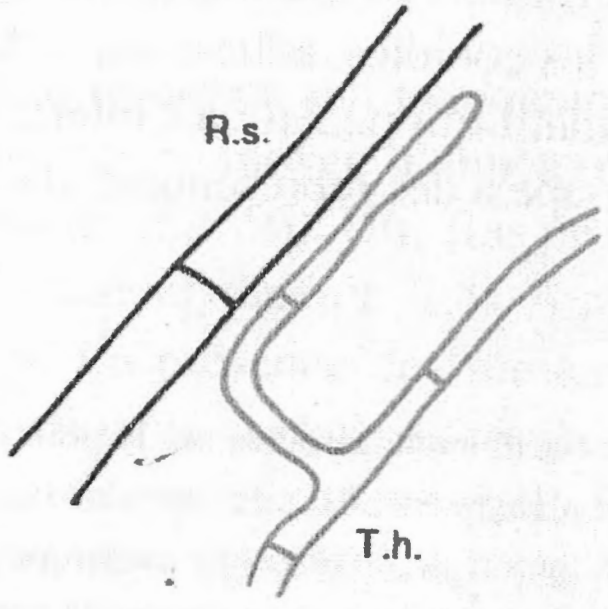


Figure 2 : Stimulation de *Trichoderma h*arzianum sur *Rhizoctonia solani*

2- **Reconnaissance** : elle se manifeste par une adhésion du mycoparasite aux parois de son hôte. L'attachement est du à la liaison d'une agglutinine du Champignon pathogène à certains sucres présents dans les parois du *Trichoderma.*

Ces cellules sont caractérisées par la présence de L-fucose, sucre qui entre dans la composition des parois de *T.harzianum* et de *T.hamatum*. Des hyphes de *R.solani* préalablement placées dans une solution de L-fucose, de façon à saturer la lectine, n'agglomèrent plus les érythrocytes ni le mycélium *Trichoderma*.

Les parois de *S.rolfsii* contiennent une lectine de nature différente. C'est une glycoprotéine proche de la concanavaline A. Elle n'agglutine aucun type d'érythrocyte mais peut agglutiner certaines Bactéries, comme les *Escherichia coli* de type B, ainsi que les souches de *Trichoderma* capables d'attaquer *S.rolfsii* (mais pas les souches non parasites). Elle reconnaît le D-glucose et le D-mannose, sucres égaiements présents dans les parois des *Trichoderma*.



2

Figure 3 : reconnaissance entre le *Trichoderma harzianum* et *Rhizoctonia solani*
Enroulement: le *Trichoderma* s'enroule autour des hyphes de son hôte et forme des sortes de crochets qui l'enserrent étroitement. Inbar et Chet (1992) in Davet(1996) ont montré que l'enroulement exigeait la reconnaissance préalable sucres-lectine. Ils ont

fixé par des liaisons covalentes de la concahavalineA ou de l'agglutinine purifiée de *S.rolfsii* sur des fibres de nylon. Les hyphes de *Trichoderma* s'attachent à ces fibres et s'enroulent autour comme s'il s'agissait du mycélium de leur hôte. En revanche, des fibres non traitées ne provoquent aucune réaction.

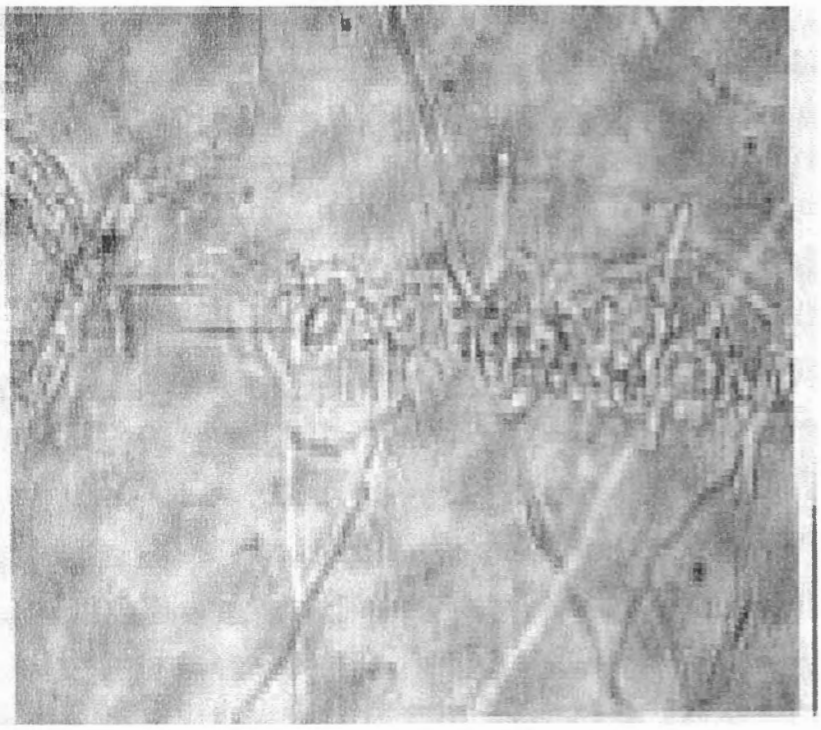


Figure 4 : l'enroulement de *Trichoderma harzianum* autour des hyphes de *Rhizoctonia solani*

3- **Pénétration :** les extrémités des formations en crochés sécrètent des chitinases et des β-1,3-glucanases qui dissolvent la paroi de l'hôte, ce qui leur permet de pénétrer à l'intérieur des hyphes.

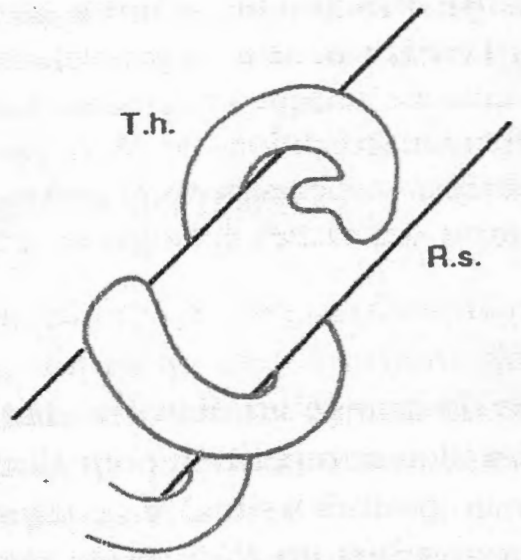


Figure 5 : Pénétration des hyphes de *Trichoderma harzianum* à l'intérieur de l'hôte (*Rhizoctonia solani.*

4- **Lyse** : d'autres enzymes extracellulaires sont alors sécrétées (protéases, lipase) et le contenu cellulaire de l'hôte est rapidement lysé.

Les *Trichoderma* disposent également d'une vaste panoplie d'antibiotiques de compositions chimiques différentes. On observe une grande variabilité dans la nature et la quantité des antibiotiques synthétisés, selon les isolats **(Davet, 1996).**

3-3- Production de sidérophores :

Les sidérophores sont des molécules extracellulaires qui possèdent une grande affinité pour le fer ferrique (Fe^{3+}). Ce dernier est présent dans le sol à faible concentration sous forme de $Fe(OH)_3$.

Les champignons et toutes les bactéries aérobiques et anaérobiques facultatives produisent une grande variété de sidérophores **(Lynch, 1990 ; Kapulnik, 1996).**

Plusieurs études portent sur le rôle des sidérophores produits par *pseudomonas fluorescens* dans la croissance des plantes ainsi que dans la lutte contre certains organismes phytopathogènes **(Bakker et *al.*, 1990).**

Les sidérophores en séquestrant le fer ferrique au niveau de la rhizosphére peuvent causer l'inhibition des autres micro-organismes y compris les phytopathogènes dont l'affinité pour le fer est faible **(Kapulnik, 1996).** Cependant, le mécanisme des sidérophores n'est opérable que lorsque la concentration du fer est faible. Au niveau d'un sol acide ou anaérobique, la concentration du fer est plus élevée par conséquent l'effet de sidérophore est moins important.

Le niveau critique optimale du fer nécessaire pour inhiber la croissance des champignons phytopathogènes est situé entre 10^{-19} et 10^{-24} moles Fe^{3+} m-^{3} **(Kapulnik, 1996).**

Le phénomène d'antagionisme peut se manifester aussi soit par une inhibition de la germination des spores des champignons, ce phénomènes est connu sous le nom de mycostase soit par une lyse du mycélium des champignons c'est la mycolyse, ou par lyse des bactéries (bactériolyse) qui est un phénomène peut fréquent. On va s'intéresser plus particulièrement à ces phénomènes à cause de leur importance dans le domaines de la lutte contre les champignons phytopathogènes **(Soufiane, 1998).**

3-4- L'antibiose :

La sécrétion de substances antibiotiques par les microorganismes est un phénomène fréquent. Certains métabolites sont capables d'interférer avec la germination, la croissance mycélienne et/ou la sporulation des agents phytopathogènes.

D'autres provoquent la distorsion des hyphes fongiques, modifiant l'aspect des colonies ou entraînant le relargage de composés cellulaires suite à la perturbation de la perméabilité membranaire. L'antibiose est le mode d'action le plus étudié chez les agents de lutte biologique; ceci est lié à l'adoption fréquente de protocoles de sélection in vitro de souches antagonistes qui favorisent ce mécanisme et à la simplicité expérimentale de telles études. Cependant, la production d'antibiotiques dans un milieu de culture ne signifie pas automatiquement que l'antibiotique est synthétisé in-vivo, et même si c'est le cas, qu'il joue un rôle dans cette protection in-vivo, certains champignons antagonistes comme *Trichoderma* produisent des antibiotiques qui semblent jouer un rôle dans la

protection biologique qu'ils confèrent, par contre, l'antibiose n'a jamais été mise en évidence chez les levures antagonistes vis-à-vis de phytophatogènes **(Lepoivre, 2003).**

Les *Trichoderma* produisent une très grande variétés d'antibiotiques qui sont un élément complémentaire ou, dans le cas des souches antagonistes de *Phythuim*, essentiel, de leurs propriétés d'auxiliaires biologiques.

Beaucoup de champignons ectomycorhizogènes sécrètent aussi des composés inhibiteurs. *Leucopaxillus cerealis var.piceina* synthétise par exemple du diatrétyne nitrile capable d'inhiber complètement la germination des zoospores de *Phytophthora cinnamomi* à la concentration de 2 µg/ml, protégeant ainsi les racines de diverses espèces de pins de l'infection **(Marx et Davey, 1969).** L'effet inhibiteur peut généralement entre considéré comme une conséquence de l'association symbiotique tant que telle : ainsi, la synthèse d'acide oxalique, toxique pour *Fusarium oxysporum F.sp.pini*, par *Paxillus involutus* est 5 fois plus importante lorsque ce champignon est associé à des racines de pin qu'en culture pure **(Duchesne et al.,1989)**. Dans la plupart des modèles étudiés, l'effet inhibiteur est sélectif et caractéristique d'un couple champignon pathogène-Champignon ectomycorhizogène, mais il s'étend souvent aux racines ordinaires proches des racines mycorhizées **(Davet, 1996)**

4- Les mécanismes de compétition entre les champignons :

Les mécanismes de base utilisés par les microbes pour compéter :

1- Récupération rapide, la croissance et la sporulation ;
2- L'utilisation des inhibiteurs ;
3- Le refus des inhibiteurs ;
4- Niche spéciale.

Probablement, tout les champignons utilisent tous ces facteurs vers la plus grande ou la plus rare étendue. Les champignons répondent à la présence des sucres simples par croissance explosible et déclin rapide. Sur le fumier, les premiers champignons à apparaître sont les zygomycètes comme *Pilobolos* et *Pilaira* avec des taux rapides de croissance. Ils utilisent seulement les molécules organiques simples. Mais ces champignons aussi se reproduisent rapidement et après ils disparaissent. S'ils sont mis en

culture sur un milieu artificiel, vous trouvez souvent qu'ils peuvent utiliser des carbohydrates complexes, mais ils croissent lentement sur le carbone complexe parsqu'ils sont besoin de toutes les enzymes nécessaires, ou les enzymes sont sécrétés à une étendue limitée.

Les corps fruités de zygomycète sont communément replacés sur le fumier par ascomycète filamenteux comme *Ascobolus* ou *Podospora*. Ces champignons secrètent des enzymes capables de dégrader la cellulose et autres carbohydrates plus complexe. Ils produisent aussi certains antibiotiques qui affaiblissent ou inhibent, certains compétiteurs fongiques, comme le zygomycète. Ils croissent aux environs du même taux, et ils forment leur corps fruités et complexes un certain temps après le zygomycète. Le stade prochain dans cette succession de corps fruités est communément **coprinus.**

Le coprinus est un compétiteur très efficace. Il est assumé que le champignon produit un ordre des antagonistes pour une seule fois une population est établit, Zygomycète et Ascomycète sont rarement trouvés pour fruiter sur le fumier. Coprinus es t aussi capable de digérer la lignine, un carbohydrate très complexe, de même que les sucres simples et la cellulose, leur compétiteurs Ascomyceteux apparaissent incapable d'utiliser la lignine.

Mais, même coprinus peut être affecté avec d'autre Basidiomycète, *Nidularia* est communément trouvé sur le fumier dans les étables. Il semble que *Nidularia* est capable de tolérer les antagonistes secrétés par coprinus et les conditions environnementales que ne sont pas susceptibles pour la continuités du coprinus Pour cette raison, *Nidularia* a des capacités digestives du coprinus, l'ordre des capacités enzymatiques, plus la capacité de fonctionner dans des conditions plus intense. Il a une spéciale niche. Ces interactions suggèrent la succession des populations fongiques dans n'importe quel substrat particulier comme le carbone organique, le nitrogène, le fer, l'eau et autres besoins de croissance sont enlevés. Mais, ils n'indiquent pas les mécanismes entraînant chaque interaction. Les études dans les milieux de cultures ont montré certaines de ces interactions, elles peuvent être résumées comme interactions directes et indirectes **(Griffin, 1994).**

Tableau N°03 : Exemples de modes d'action étudiés chez les agents de lutte biologique des maladies de conservation des fruits :

(Lepoivre, 2003)

Antagonistes	Mécanique d'action	Modèles
Bacillus subtitis	Antibiose (iturine)	*Botrytis cinerea* et *Penicillium expansum* sur pommes, *Monilia fruticola* sur pèches
Burkholderia cepacia (bactérie)	Compétition pour les éléments nutritifs, antibiose (pyrrolnitrine)	*Botrytis cinerea* et *Penicillium expansum* sur pommes
Candida oleophila (levure)	Compétition pour les éléments nutritifs	*Botrytis cinerea* sur pommes
Candida saitoana (levure)	Induction des mécanismes de résistance de la plante hôte, interaction direct avec le pathogène	*Botrytis cinerea* sur pomme
Candida sp. et *Trichosporon* (levures)	Compétition pour les éléments nutritifs	*Botrytis cinerea* et *Penicillium expansum* sur pommes
Cryptococcus humicola, Filobasidium floriforme et *Rhodosporidium toruloides* (levures)	Compétition pour les éléments nutritifs	*Botrytis cinerea* sur pommes
Cryptococcus laurentii	Interaction directe avec le pathogène, résistance au stress oxidatif des sites	*Botrytis cinerea* et *Penicillium expansum* sur pommes

Cryptococcus laurentii (levure)	Compétition pour les éléments nutritifs	*Botrytis cinerea* et *Pencillium expansum* sur pommes
Metschnikowia pulcherrima (levure)	Compétition pour les éléments nutritifs	*Botrytis cinerea* sur pommes
Pichia anomala (levure)	Compétition pour les éléments nutritifs, Interaction directe avec le pathogène	*Botrytis cinerea* sur pommes
Pichia guilliermondii (levure)	Compétition pour les éléments nutritifs, interaction direct avec le pathogène Induction des mécanismes de résistance de la plante - hôte	*Botrytis cinerea* et *Pencillium expansum* sur pommes. Pourritures de conservation des oranges, citrons, pamplemousses, raisins de table

5- Interactions des Hyphes :

5-1- Les interactions indirectes :

Peuvent être où un champignon montre l'évidence de la présence de l'autre sans aucune interaction chimique ou stimulus. Par exemple, un champignon peut transmettre tous les nutriments de la zone entre deux champignons donc prévenant l'autre de leur pénétrer.

Une interaction indirecte sera particulièrement importante ou une source est dans un milieu limite et l'un des compétiteurs a une grande demande pour la source.

5-2- Les interactions directes :

Peuvent avoir lieu dans l'absence d'aucun contacte entre les compétiteurs. La production des inhibiteurs est propagée dans les champignons, et ceux-ci sont exprimés dans la culture. Plusieurs champignons produisent des métabolites secondaires qui inhibent ou tuent les champignons compétitifs. L'antibiothérapies est souvent spécifique à des groupes des espèces, indiquant qu'en nature, cette interaction peut être propagée. Les antibiotiques peuvent être utilisés pour capturer les ressources déjà occupées par un compétiteurs ou pour sécuriser une ressource qui peut être sous la menace d'un compétiteur.

Les antibiotiques peuvent être des composés volatiles ou non volatiles, ces derniers peuvent être accumulés en milieu où ils peuvent induire l'autotoxicité. Ces champignons sont souven,t observés croissant en cercle concentriques sur agar. Chaque nouveau cercle des champignons lève des hyphes qui ont émergé de l'agar.

Beaucoup de champignons vont être trouvé par produire une variété des antibiotiques, chacun est produit sous des conditions spécifiques.

Trichoderma peut avoir une activité antifongique en large spectre, plusieurs composés apparaissent pour avoir une certaine activité potentielle et large dont leur rôle dans la survie des producteurs n'est pas évident. Certaines perturbent la synthèse d'ADN et des protéines, d'autres perturbent l'activité ribosomale ou le cytosquelette faisant d'elles des toxines extrêmement larges et générales. Fréquemment, un champignon est connu pour produire un métabolite secondaire et important avec une bioactivité, aura un ordre déversé des métabolites secondaires avec une activité inconnue au production. **(Dix et Webster, 1995).**

Conclusion

Conclusion:

Les interactions entre les micro organismes, plante et le milieu sont complexes et réciproques, parmi les types des interactions c'est l'antagonisme qui exerce un effet inhibiteur sur un autre organisme qu'il tend à éliminer.

Le terme antagonisme est souvent pris dans un sens très large, notamment dans les ouvrages traitant de lutte biologique.

L'antagonisme se manifeste généralement soit par une compétition entre deux espèces pour l'utilisation d'une même ressource qui peut-être de l'espace ou de la nourriture ; par un hyperparasitisme qui est l'attaque directe d'un micro-organisme par un autre dans un but nutritionnel, et enfin par l'antibiose qui est une sécrétion de substance antibiotique par les agents antagonistes.

Bibliographie:

1- Bakker, p-AH-M, R.V.PEER et B.Schippers. (1990) spécificity of sidérophores and sidérophores receptors and biocontrol by *Pseudomonas spp*. In biologiocal control by soil-bone plant pathogens, eds. D.Horby, pp.131-142 CAB. Interaction oxon, England.

2- Boiron P. (1996). Organisation et biologie des champignons. Paris-126. ISBN : 2-09-190443.0.

3- Bouchet P ., Guignard J.L. et Villard. (1999). Les champignons. In « Les champignons : mycologie fondamentale et appliquée » Ed. Masson. Paris 11er édition, pp. 1-36.

4- Boullard B. (1997). Gerre et pais dans le règne végétale.324p.

5- Chet L. (1987). Biological-control of soil-borne plant Pathogenes With fungal antagonistes in combination with soil treatment. In Biological of soil-borne plant pathogens, ed D.Hornby, pp15-25. CAB International, Oxon, England.

6- Corbaz R. (1990). Maladies des plantes et leur agents. In « Principe de phytopathologie ». ed. Press polytechnique et universitaires romande Suisse 1er Edition pp.1-19.

7- Curl E.A et B Truelove. (1986). The Rhizosphére. Advenced Series in agriculture Sciences, 15 Springer Verlag Berlin Heidel-berg-288 pages.

8- Dajoz R. (2008). La biodiversité, l'avenir de la planète et de l'homme. 275. ISBN : 978-2-7298-36719.

9- Davet P (1996). Vie microbien du sol et production végétale. Paris.383.

10-Dix NJ et Webster J.(1995).Fungal Ecology. Chapman Hall.

11-Duchesne L.C., ELLIS B.E. et peterson R.L. (1989). Disease suppression by the ectomycorrhizale funges pascillus involutus: contribution of ascalic acid. can.J.BOT.67, 2726-2730.

12-Florent J. (1993). Les moisissures. In « microbiologie industriel, les microorganismes d'intérêt industriel ». Ed. Lavoisier Tec et Doc. Paris. pp : 112-162.

13-Gagné S. (1984). Bactéries telluriques et rhizosphériques inhibitrice de certains champignons phytopathogénes :

14-Griffin DH. (1994). Fungal Physiology. Wily. Ch9.

15-Kapulink Y. (1996). Plant grouth promotion by rhizosphére bactéria. In plant Roots, the hidden half. Eds. Y. Waisel, A.Eshel and U. Kafkafi, pp.769-781.

16-Lepoivre Ph. (2003). phytopathologie. Ed, Bruxelles.

17-Lévêque C., et Mounolou J.C. (2001). Biodiversité dynamique biologique et conservation. Ed. Dunod 284 p.

18-Lynch J-M.(1990). Microbial métrabolites In the rhizosphére. Eds.J.M.Lynch pp.177-206.Wilay Series in Ecologivcal and Applied Microbiology.

19-Marx D.H. et Davey C.B. (1969). The influence of ectrotrophic mycorhizal fungi on the resistance of pine roots to pathogénic. III. Resistance of asptically formed mycorrhzae to infection by phytophthora cinamomi. Phytopathology 59,549-558.

20-Moreau C. (1996). Microbiologie alimentaire : Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Ed. Lavoisier Tec et Doc. Paris. Tome 1 pp –176-243.

21-Nasraoui B. (2006). Les champignons parasites des plantes cultivées. Centre universitaire Tunis.450

22-Nasraoui B et Lepoivre P. (2003). Les champignons phytopathogènes. In « Phytopathologie » Ed. DeBoek université Bruxelles.pp.111-143.

23-Oliva B., Rasolofo L et Albert R. (2007). exposé de microbiologie: Les microbes du sol.

24-Ozernd P. (2006). Les végétaux organisation et diversité biologique. 2ème édition-Dunod, Paris.503 ISBN : 2100507245.

25-Raven E. vert. et Eichorn, (2003). Les champignons In : « Biologie végétales » Bruxelle, pp : 260-295.

26-Tourte Y., Bordonneau M., Henry M et Tourte C. (2005). Le monde des végétaux organisation, physique et Génomique. Dunod. Paris.384p.

Mémoire :

- Soufiane B. (1998). Isolement à partir de la Rhizosphère des Conifères de Bactéries et d'actinomycètes antagonistes aux champignons phytopathogènes.Université Laval. Canada 56p.

Présenté par : Berdi Sara
Boukadoum Razika

Date de Soutenance : 14 /06/2009

Thème :

Etude bibliographique de l'antagonisme entre les champignons

Résumé :

La protection conféré par un agent antagoniste s'appuie sur un ou plusieurs phénomènes de l'antagonisme entre les champignons tels que la compétition (pour les éléments nutritifs, l'espace…), l'antibiose et enfin l'hyperparasitisme. L'un des objectifs majeurs reste la compréhension des mécanismes régissant les interactions entre les champignons.

Les mots clés : Champignons-Antagonisme- compétition -pathogène- *Trichoderma.*

Summary :

The protection conferred by an antagonist is based on one or more phenomena of antagonism between the fungi such as competition (for nutrients, space ...), the antibiosis and finally hyperparasite. A major goal remains understanding the mechanism governing the interactions between fungi.

Keywords: fungi- Antagonism- compétition- pathogenic-*Trichoderma.*

ملخص:

ترتكز حماية النباتات على عامل التضاد، الذي يتمثل في عدة مظاهر من بينها: ظاهرة التنافس على العناصر الغذائية و الوسط... ، التعايش و أخيرا ظاهرة التطفل الفطري.

الهدف الأساسي من هذا العمل هو فهم و معرفة الآليات التي تتدخل في العلاقة بين الفطريات.

مفتاح الكلمات: الفطريات-التضاد-التنافس-مُمْرِضْ-*Trichoderma*