

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF – M'SILA

MEMOIRE

présenté

A LA FACULTE DES SCIENCES ET DES SCIENCES DE L'INGENIORAT
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

pour obtenir

**Le Diplôme des Etudes Supérieures en Biologie
(DES)**

OPTION : **MICROBIOLOGIE**

par

SEKHRI, F.; GUERROUM, N. et MAKHLOUFI, Z.

THEME :

**Contribution à l'étude de la lutte biologique des champignons
phytopathogènes par l'utilisation de *Trichoderma* sp.**

Encadré par :

M^r HENDEL N.....M.A.C.C.

Sommaire

Introduction	01
Chapitre I	
1.1. Les maladies des plantes.....	02
1.2. Lutte contre les maladies des plantes.....	02
1.3. La lutte biologique.....	03
1.3.1. Définitions	03
1.3.2. Historique	04
1.3.3. Méthodes de lutte biologique	05
1.3.4. Importance de lutte biologique.....	06
1.3.5. Critères de lutte biologique et mode d'action	07
1.3.6. Quel que mécanismes impliqués dans le biocontrôle :	10
Chapitre II	
2.1. Le genre <i>Trichoderma</i>	13
2.2. Historique.....	14
2.3. Les techniques d'isollements	15
2.4. Classification.....	16
2.5. Quelques espèces utilisées dans la lutte biologique.....	16
2.5.1. <i>Trochoderma viride</i>	17
2.5.2. <i>Trichoderma harzianum</i>	19
Conclusion	22
Références bibliographiques	23

Introduction

De tous temps les plantes cultivés par l'homme sont atteintes de maladies (viroses, bactérioses et mycoses) ou la proie de ravageurs (insectes, oiseaux, mammifères ravageurs). Meme si les causes exactes n'ont pas toujours été reconnus parfaitement, les dégâts furent mentionnés déjà par Theophraste (IIIe siècle av. J. C) et pline l'Ancien (Ier siècle ap. J. C)(Corbaz, 1990). Certaines maladies, particulièrement, celles d'origine tellurique sont, sans doute, les plus redoutables et les plus difficile à contrôler par les méthodes de lutte classique. Elles restent encore mal maîtrisées et continuent toujours à causer des dégâts et des pertes économiques appréciables (Toua, 1996).

La vigne, ayant une importance en France au plan économique, est colonisée par les agents pathogènes tels que *Botrytis*, *Oidium*, mildiou. Ceux-ci occasionnent des dégâts sur le rendement et la qualité des récoltes (Corbaz, 1990; Paul et Masih, 2006). Il est bien établi aussi que le *Fusarium moniliforme* et la rouille noire du blé (*Puccinia graminis*), remontent le continent nord américain. Outre la rouille, le mildiou de la pomme de terre (*Phytophthora infestans*) provoque un début de famine (Corbaz, 1990).

L'utilisation des produits chimiques peut créer un déséquilibre de la microflore tellurique qui pourrait conduire à la destruction du milieu écologique (Ousalah, 2003). En raison de leurs effets cumulatifs et de résoudre ces différents problèmes que les recherches se poursuivent pour mettre au point de nouvelles méthodes telles que la lutte biologique.

Nous avons étudié dans ce travail : les maladies des plantes provoquées par des agents phytopathogènes qui ont une répercussion nette sur le développement économique, la lutte biologique comme meilleure solution pour empêcher les effets néfastes dus aux dits agents et le champignon *Trichoderma* doué de propriétés étonnantes dans le traitement.

CHAPITRE I :
LA LUTTE BIOLOGIQUE

1.1. Les maladies des plantes

Les champignons ont été les premiers organismes phytopathogènes reconnus. Ils sont à l'origine de nombreuses maladies de feuilles, de racines, de fruits ou des maladies systématiques provoquant des dépérissements généralisés (Mariau, 1999).

La pourriture grise (*Botrytis cinerea*) et la pourriture bleue (*Penicillium expansum*) se développent en saprophytes sur les débris de la fleur ou le fruit des pommes, des poires et des fraise (Arora *et al.*, 1991; Bellows et Fisher, 1999 ; Paulitz et Belanger, 2001). L'antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) et La rouille (*Uromyces lupinicolus*) causent des maladies d'importance économique considérable, et plus graves dans les conditions environnementales favorables pour leur dissémination (Lichou *et al.*, 2000 ; Paulitz et Belanger, 2001 ; Maufra *et al.*, 2002). Chez le cacaoyer, la pourriture brune (*Phytophthora megakarya*) peut engendrer des pertes en fruits atteignant 50%, et *Pestalotiopsis* affecte la photosynthèse par l'invasion de la feuille; mis à part les autres maladies fongiques contaminant les troncs et les rameaux (Mariau, 1999).

Au cours de la conservation prolongée des produits agricoles non périssables (graines, fruits secs, produits dérivés, épices, café, cacao, etc.), les plus importants sont infligés par des insectes ou des acariens, et par conséquent envahis par certains microorganismes (Vincent *et al.*, 2000). Les monilioses (*Monilia laxa* *M. fructicola* et *M. fructigena*) sont les principales maladies cryptogamiques affectant la conservation des fruits à noyau, et causent de nombreuses pertes au verger et après récolte (Lichou *et al.*, 2002).

1.2. Lutte contre les maladies des plantes

Tout moyen rationnel d'aborder la lutte contre une maladie, exige d'en connaître la cause. Le choix entre les moyens de lutte efficaces nécessite de posséder certaines connaissances sur la dynamique de la maladie. Un programme de lutte bien conçu doit être basé sur la connaissance des caractéristiques de l'agent pathogène et de l'hôte, des conditions de culture et du climat sous lesquelles la plante est cultivée.

La rotation des cultures correspond à une répartition des cultures dans le temps pour diverses raisons, elle est souvent négligée ou impossible (Corbaz ,1990). Les programmes d'assainissement et de production des plantes saines permettent de pourvoir à la demande des professionnels et limitent ainsi l'introduction non contrôlée ou illégale de matériel dont l'état sanitaire est inconnu. La lutte consiste alors à réduire l'inoculum ou à l'éliminer avec la mise

en place d'un programme d'éradication et la distribution de matériel assaini, qui empêche la diffusion de plantes contaminées (Mariau, 1999).

En post récolte, la plupart des méthodes physiques sont utilisables seulement à titre préventif et ne sont pas comparables à la lutte chimique. Les méthodes actives utilisent de l'énergie au moment de l'application pour détruire, blesser ou stresser les ennemis des cultures ou pour les enlever du milieu ; les méthodes passives procèdent par une modification du milieu et ont un caractère plus durable. Le besoin pour des méthodes de lutte physique a disparu avec l'apparition des méthodes basées sur les pesticides chimiques au milieu du XX^{ème} siècle (Vincent *et al*, 2000).

L'utilisation des produits chimiques naturels ou synthétiques est l'un des moyens les plus efficaces de lutte contre les maladies des plantes. Les produits chimiques agissent soit en diminuant ou en éliminant l'inoculum à sa source (action éradiquant), soit en protégeant directement les plantes (action préventive), soit en les guérissant (action curative). La plupart des moyens de lutte chimique agissent de façon préventive. (Paul et Masih, 2006).

Le contrôle biologique est l'inhibition de l'inoculum ou des activités des maladies des plantes provoquées par un ou plusieurs microorganismes, ce terme du contrôle ou la lutte contre un microorganisme par un autre. Le biocontrôle sert à l'intervention de certains microorganismes (Toua, 1996).

L'idée d'utiliser les microorganismes (virus, bactéries, champignons) pour détruire les ravageurs, qu'ils soient insectes, acariens ou nématodes phytophages est ancienne. Les microorganismes utilisés pour combattre les ravageurs ou les mauvaises herbes font partie de la lutte biologique et sont devenus également un élément important de la lutte intégrée ; l'emploi combiné et raisonné de toutes les méthodes pouvant exercer une action régulatrice sur les divers ravageurs d'une culture, de façon à maintenir à un niveau assez bas leur populations, pour que les dégâts occasionnés soient économiquement tolérables (Corbaz, 1990).

1.3. La lutte biologique

1.3.1. Définitions

On appelle lutte biologique, l'ensemble des méthodes qui permettent de se débarrasser des animaux et végétaux nuisibles à l'homme, aux animaux domestiques et aux plantes, par l'emploi judicieux de leurs ennemis. Contrairement à la lutte chimique, le but ici

n'est pas d'éliminer les ravageurs, mais de limiter l'effectif de leur population en de ça d'un seuil qui reste acceptable (Faurie *et al.*, 2003).

La lutte biologique comme la définit Galletti : « toute condition réduisant la survie ou l'activité d'un parasite par l'introduction de tout organisme vivant, l'homme excepté, qui se traduit par une diminution des pertes causées par le parasite » (Corbaz, 1990).

La National Academy of Science des Etats-Unis d'Amérique donne une définition plus large : « toute action mettant en jeu des organismes ou modifiant l'hôte y compris les méthodes culturales, qui permettent de diminuer, par voie directe ou indirecte, les dommages causés par un parasite » (Corbaz, 1990).

Van Drische et Bellows la définit comme « un processus agissant au niveau des populations et par lequel la densité de la population d'une espèce est abaissée par l'effet d'une autre espèce qui agit par prédation, parasitisme, pathogénéité ou compétition. » (Bovin, 2001).

La lutte biologique exploite les mécanismes de régulation naturelle des populations reposant sur le potentiel biotique des populations et l'impact des facteurs abiotiques environnementaux. Elle utilise des organismes auxiliaires, qui peuvent être des parasitoïdes des prédateurs (insectes, acariens, nématodes), des pathogènes (virus, bactéries, champignons) ou des compétiteurs microbiens (Bovin., 2004). Elle vient s'insérer à l'intérieur du concept de lutte intégrée, comme un des moyens de maintenir les populations des ravageurs à un seuil négligeable, donc de réduire voire d'empêcher les dommages causés aux ressources naturelles considérées par l'homme comme nécessaires ou utiles sur le plan alimentaire ou esthétique (Faurie *et al.*, 2003).

1.3.2. Historique

Pendant le IX^{ième} siècle, beaucoup d'études biologiques des ennemis normaux ont été effectuées. Les essais pratiques au sujet de l'application de la lutte biologique ont graduellement avancé. C'était Erasmus DARWIN, qui a étudié un livre sur l'agriculture et jardinage en 1800 (phytologia) et dans lequel il a souligné le rôle des ennemis normaux en réduisant les parasites (Lenteren, 2006).

La lutte biologique soulevait beaucoup d'enthousiasme au début du XX^{ième} siècle en raison du succès obtenu par *Rodolia Cardinalis* en Californie (Vincent, 2000). La lutte biologique est séduisante sur le plan scientifique et écologique et son image plaît au grand

public. Malgré cela les succès commerciaux de lutte biologique ont été peu nombreux au XXI^{ème} siècle en raison de ses limites.

En pratique, l'application de la lutte biologique repose souvent sur une multitude d'actions et d'informations complexes et fines (Vincent *et al.*, 2000).

La naissance de l'idée fondamentale de l'utilisation des inoculums microbiens dans le contrôle biologique remonte à plus d'une soixantaine d'années (Touha, 1996). Le concept de la lutte biologique a été utilisé avant les années 1960, exclusivement dans un but expérimental sans orientation vers la pratique. Le développement spectaculaire des travaux de recherche sur les fongicides chimiques, pendant et juste après la seconde guerre mondiale, a marqué ce genre de travaux et n'a pas laissé de place au développement de ces techniques biologiques qui sont restées à l'ombre.

C'est en 1963 que Risbeth a utilisé pour le biocontrôle de la maladie du pourridié des résineux, causée par *Hetebasidiun annosum*, l'agent cryptogamique *Peniophora gigantea*. Ce champignon est l'un des premiers agents de lutte biologique qui a été commercialisé, son utilisation reste courante jusqu'à présent (Corbaz, 1990 ; Toua, 1996).

En 1970, dans la revue Plant Disease Reporter, la lutte biologique représente la plus petite proportion, inférieure à celle des fongicides, à celle des nématicides, à la résistance contre les maladies du sol (Corbaz, 1990).

1.3.3. Méthodes de lutte biologique

L'utilisation de méthodes de lutte biologique n'est pas une assurance de production agricole naturelle mais plutôt d'une production moins polluante. Selon les modalités d'utilisation, on reconnaît plusieurs types de lutte biologique. On qualifie de lutte biologique classique, la technique qui consiste à introduire une nouvelle espèce dans un environnement afin de contrôler les populations d'un ravageur (Bovin, 2001). On fait appel à un entomophage ou à un agent pathogène exotique contre un ravageur précédemment introduit ou parvenu naturellement d'une autre région du globe ou de la zone de distribution originale de ce ravageur. (Fraival et Silvy, 1999)

La lutte biologique inondative est une technique augmentative. C'est-à-dire qu'on augmente les populations d'ennemis naturels. L'organisme antagoniste doit être lâché ou inoculé (en grand nombre) à chaque fois que l'effectif du ravageur croît dangereusement. Si l'ennemi naturel est relâché en petites quantités et doit s'établir, se multiplier et coloniser

une zone donnée, on est dans le cas de la lutte biologique inoculative (Fraval et Silvy, 1999; Bovin, 2001).

Le concept de la lutte biologique a subi une évolution au cours du temps et intègre toutes les formes non chimiques du contrôle des ravageurs des récoltes, il permet d'intégrer à l'utilisation des méthodes culturales, défavorisant les ravageurs des récoltes, la résistance variétale qui est la capacité pour une variété de plante d'obtenir une bonne productivité malgré la présence de ravageurs (Fraval et Silvy, 1999). Deux mécanismes sous-tendent à ce concept : l'entixénose, quand la plante, par sa physiologie, sa morphologie ou sa phénologie (structure des organes, goût, odeur, couleur, longueur, de son cycle de développement) repousse ou amoindrit les dommages causés par le ravageur, et l'antibiose, quand la plante est capable de produire une substance pouvant empêcher le développement du ravageur (Fraval et Silvy, 1999).

1.3.4. Importance de la lutte biologique

Les microorganismes destinés au biocontrôle doivent être considérés à la biologie plutôt qu'au paradigme chimique (Bellows et Fisher, 1999). Plusieurs recherches ont essayé des traitements chimiques. Les résultats quelquefois positifs ne permettent cependant pas leur utilisation en raison de divers inconvénients (Ousalah, 2003) :

- le coût des fongicides ne permet pas d'envisager des traitements préventifs ou curatifs de l'ensemble des organes végétatifs.
- les produits sont toxiques et peuvent migrer à différents niveaux de la plante ou être entraînés dans les nappes phréatiques.
- Les produits ne persistent qu'un certain temps au niveau de la plante ou dans le sol, ce qui nécessite d'effectuer des traitements répétés.
- La lutte chimique reste toujours indispensable dans certains cas comme l'antracnose des fruitiers et des baies du caféier et les phytophthora d'une manière générale (Mariau, 1999).

Le traitement chimique représente une solution de facilité, qui correspond aussi au besoin d'absolu de l'homme, désirant un résultat rapide et total. A long terme, son action secondaire sur l'environnement devient inquiétante (Corbaz, 1990). La lutte biologique, au contraire, n'a qu'une efficacité relative et demande davantage de connaissances et d'observations, mais à long terme, elle est plus intéressante sur tous les plans (Tableau 1).

Tableau 1. comparaison des données sur l'exécution de la lutte chimique et biologique (Lenteren, 2006).

	Lutte chimique*	Lutte biologique
– nombre d'ingrédients	> 1 million.	2.000
– rapport de succès.	1 : 200.000	1 : 10
– coûts développementaux.	400 millions d'US\$.	2 millions d'US\$.
– temps développemental.	10 ans.	10 ans.
– avantage / rapport coûté.	1 : 2	20 : 1
– risque de résistance.	grand.	petit.
– spécialité.	très petit.	très grand.
– effets secondaires nocifs.	beaucoup.	nul/ peu

* les données de la lutte chimique proviennent du matériel fourni par l'industrie des pesticides.

La lutte chimique peut être utilisée également pour abaisser l'inoculum au champ au moment de la plantation et protéger la plante durant sa croissance avant qu'elle n'entre dans sa phase de production. Cependant, un essai mené au Guatemala sur un site infesté par *Paratylenchus* sp, a montré le faible effet des applications des nématicides sur la production du caféier (Mariau, 1999).

Avec la lutte biologique il n'y a aucune période de sécurité entre l'application et la moisson de la récolte, ainsi la moisson peut être faite à tout moment et est particulièrement importante avec les fluctuations des prix du marché ; avec la lutte chimique on doit attendre plusieurs jours avant la moisson. Les dégagements des ennemis naturels se produisent habituellement peu de temps après la période de plantation où le cultivateur a le temps suffisant pour vérifier leur développement réussi; ensuite le système est fiable pendant des mois avec seulement les contrôles occasionnels, par contre la lutte chimique exige une attention continue. Les effets phytotoxiques sur les plantes sont évités, et aucun résidu de pesticide sur le consommateur. Ceci peut avoir comme conséquence une vente plus rapide des récoltes produites sous la lutte biologique, à un meilleur prix de ces récoltes, ou tous les deux (Lenteren, 2006).

1.3.5. Critères de lutte biologique et mode d'action

La lutte biologique qui s'avère comme une arme souvent efficace, assure économiquement la protection des végétaux cultivés.

Les possibilités de lutte biologique au sens strict, soit l'utilisation d'un organisme pour en combattre un autre (**Tableau 2**).

Tableau 2 : possibilités de lutte biologique (au sens strict) (Corbaz, 1990).

Lutte contre		Viroses	Bactérioses	Mycose
Virus	En pratique	Par prémunition (TMV), tristeza)		Par hypovirulence
	Stade essai	Nombreuses prémunition mosaïque du comcombre, virus des anneaux noirs de la tomate, tige gonflée du cacaoyer	Prémunition virose locale contre <i>Pseudomonas solanacearum</i> ; phages contre <i>Ps. tolaasii</i>	Par hypo virulence (<i>Gaeumannomyces graminis</i>) par prémunition : TNV contre <i>Oidium</i>
bactéries	En pratique	Crown gall (<i>Agrobacterium tumefectans</i>) par <i>Agrobacterium radiobacter</i> K84		
	Stade essai	Feu bactérien (<i>Erwinia amylovora</i>) par <i>Erwinia herbicola</i> , résistance induite, prémunition par mycoplasme		<i>Rhizoctonia solani</i> sur le riz et <i>Gaeumannomyces graminis</i> sur blé <i>Helminthosporium</i> , <i>Pythium</i> , etc. par diverses bactéries sols suppressifs
champignons	En pratique	Par résistance induite		Par occupation des blessures contre <i>Heterbasidion stereum</i> par <i>Peniophora</i> , <i>Trichoderma</i>
	Stade essai	Prémunition <i>Chalara</i> contre <i>Pseudomonas solanacearum</i>		Nombreux ; avec l'antagoniste <i>Trichoderma</i> contre <i>Botrytis</i> , <i>Sclerotium</i> , <i>Rhizoctonia</i> , etc. <i>Chaetomium</i> contre <i>Venturia</i> et d'autre <i>Penicillium</i> contre <i>pythium</i> . Résistance induite par souche avirulente

TMV : virus de la mosaïque du tabac.

TNV : virus des nécroses du tabac.

Dans la lutte biologique, les antagonistes sont des agents biologiques qui possèdent un potentiel d'interférence selon Baker, l'antagonisme s'exprime en plusieurs manières, par voie d'interaction avec le phytopathogène dans ou à l'extérieur de l'hôte (Toua, 1996).

L'antagonisme intervient pour protéger les plantes contre leurs ennemis dans les biotopes restreints comme les semences ou les racines englobant les sites d'infection. Il varie du côté de leur aptitude innée pour réprimer les phytopathogènes et d'autre côté de leur aptitude à réussir et concourir aux différentiels environnement (Bellows et Fisher, 1999)

Les techniques de lutte biologique font appel à deux principes :

- La réduction de l'inoculum infectieux pendant la phase de conservation ou de survie du pathogène, et/ou l'interférence avec le processus d'infection de la plante hôte.
- Le contrôle biologique des agents pathogènes s'exerce en détruisant l'inoculum infectieux, en l'inactivant ou en réduisant sa virulence (Toua, 1996).

Un agent de biocontrôle doit occuper une niche écologique semblable à celle de la plante du microbe pathogène et son mode d'action, doit interférer spécialement et temporellement à des étapes précises dans le développement du microbe pathogène. La lutte biologique peut être assez réussie, lorsque l'agent de biocontrôle possède, parallèlement avec leurs propriétés antagoniques, d'autres attributs qui font qu'ils se sont écologiquement adaptés pour réduire une population spécifique de microbe pathogène (Paulitz et Belanger, 2001).

Pour qu'un agent microbien soit utilisé en biocontrôle il doit présenter deux critères fondamentaux :

- il faut qu'il produise des facteurs protecteurs qui, d'une manière ou d'une autre, portent préjudice sélectivement au pathogène en question (production d'antibiotique, enzymes de dégradation des cellules du pathogène...) (Toua, 1996).
- Il doit être présent au site adéquat et au moment opportun et convenable, pour délivrer ou produire en degré optimal les ou les facteurs protecteurs (Toua, 1996).

Plusieurs mécanismes d'action, agissent seuls ou en combinaison, ont été avancés pour expliquer ce pouvoir de biocontrôle caractérisant l'antagonisme (figure 1).

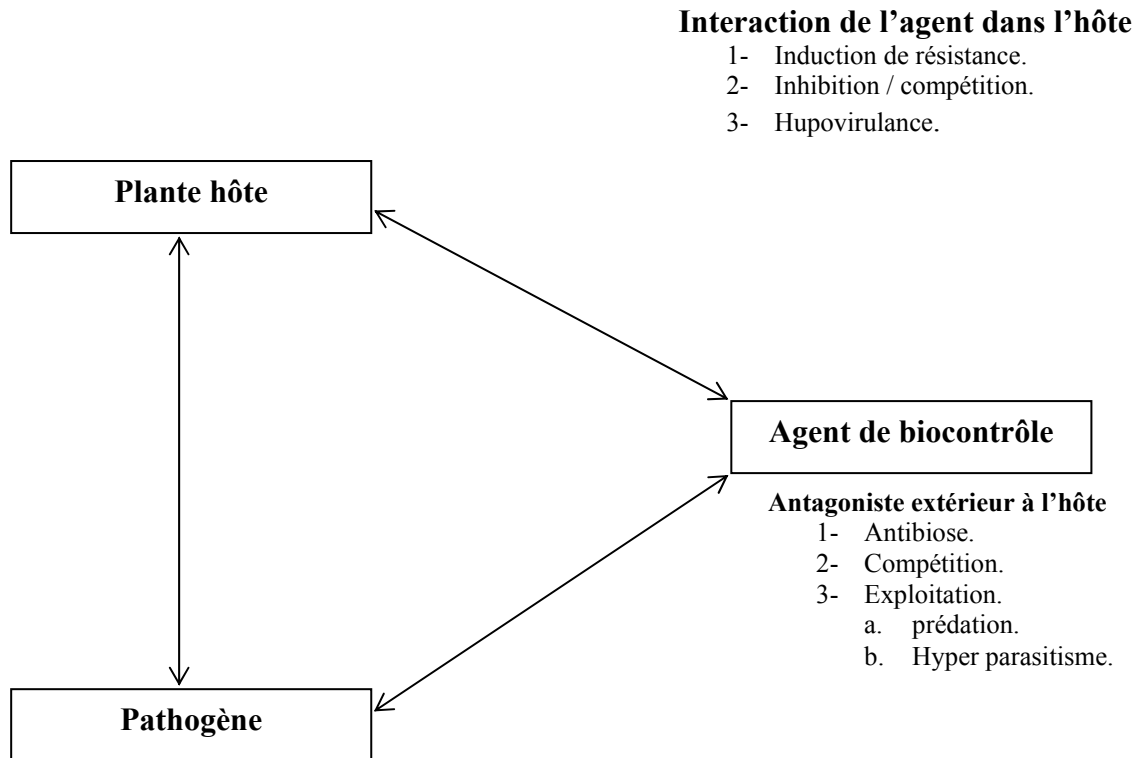


Figure 1 : Quelques mécanismes impliqués dans le biocontrôle. Comment les agents de biocontrôle opèrent-ils ? (Toua, 1996).

1.3.6. Quel ques mécanismes impliqués dans le biocontrôle :

- **Hyper parasitisme** (ou mycoparasitisme chez les champignons) :

L'antagoniste attaque le pathogène en perçant les hyphes et les envahit. On peut citer comme exemple : *Ampelomyces quisqualis*, hyper parasite de l'*Oidium*. *Trichoderma* pénètre dans les hyphes de *Rhizoctonia solani*, par lyse des parois au moyen des enzymes β - 1, 3 glucanase et chitinase (Corbaz ,1990).

- **Antibiose** :

Il produit des substances qui agissent comme des « antibiotiques » et qui inhibent la croissance des champignons pathogènes (Lambert, 2004). La production d'antibiotiques actifs sur les phytopathogènes pourrait conduire à une lutte biologique efficace. Le champignon *Trichoderma* exerce une action fongistatique à distance (antibiotiques volatils) atteignant surtout les jeunes hyphes. C'est surtout le fait de *Trichoderma viride*, tandis qu'une autre

espèce *T. harzianum* inhibe la formation de sclérote chez *Botrytis cinerea* et *Sclerotinia sclerotiorum* (Corbaz, 1990).

Les maladies de fruit adressable au biocontrôle comprennent les maladies pré et post récolte. L'un des premiers systèmes développés est celui contre *Botrytis cinerea* de la vigne, où la pulvérisation par les spores en suspension de l'antagoniste *Trichoderma harzianum* était efficace à réprimer l'incidence de la maladie (Bellows et Fisher, 1999). Les microorganismes producteurs d'antibiotiques peuvent être considérés aussi comme agents potentiels de biocontrôle. L'énergie nécessaire à la production d'antibiotiques est disponible dans les fruits (Arora *et al.*, 1991).

La plupart des microorganismes cohabitants le sol produisent des antibiotiques d'origine bactérienne telles que *Bacillus subtilis* et *Agrobacterium* sp, ou fongiques telles que *Fusarium*, *Cladosporium*, *Trichoderma*, et *Phanerochaete* (Bellows et Fisher, 1999).

- **Occupation de la même niche écologique :**

La tendance est de rechercher comme antagoniste soit une souche avirulente de la même espèce que le pathogène, soit une autre espèce du même genre que le pathogène : *Erwinia herbicola* contre *E. amylovora*, *Pythium* num contre *P. ultimum*, un *Rhizoctonia* sp contre *R. solani*, *Fusarium oxysporum* avirulent contre *F. oxysporum* virulent (Corbaz, 1990).

La défense de la vigne, ainsi que l'efficacité des agents antagonistes utilisés seront définies par le suivi des différents composés, impliqués dans le mécanisme de défense de la vigne, produits par les plantes en réponse à une attaque par un pathogène, les phytoalexines sont impliquées dans la défense des plantes. La défense naturelle de la vigne par la production des enzymes de défense (Chitinases, β -glucanases et Chitosanases) est bien connue, mais la réaction de la vigne vis-à-vis de l'antagoniste de ces pathogènes (comme *Trichoderma*) est très mal connue (Paul et Masih, 2006).

- **Compétition nutritive :**

Les compétiteurs fonctionnent par occupation et utilisation des ressources d'une manière non parasitique, donc faisant exclure l'organisme pathogène des tissus végétaux colonisés. Les microbes affectant négativement l'organisme pathogène sont référés comme des antagonistes (Bellows et Fisher, 1999).

L'importance des phénomènes de compétition nutritive dans l'antagonisme microbien est corrélative au niveau de réceptivité des sols aux maladies causées par des agents telluriques (Toua, 1996).

Le mode d'action dans certain cas est la compétition pour les nutriments qui, avec de l'eau, sont nécessaires pour le succès de la germination et l'invasion de plusieurs pathogènes. La germination de *Botrytis* sp., par exemple, est inhibée par certaines bactéries et levures. Cette inhibition est moins déclarée lorsque les nutriments additionnés sont fournis, indiquant que le mécanisme est, au moins, une compétition pour les ressources (Bellows et Fisher, 1999).

- **Modification du milieu :**

L'augmentation du pH freine *Botrytis cinerea* sur fraisiers (Corbaz, 1990). Certaines espèces apparaissent pour inhiber la croissance du pathogène à travers la compétition nutritionnelle ou l'induction de résistance de l'hôte (Bellows et Fisher, 1990).

En serre, *Gliocladium roseum* est un bon antagoniste de *Phomopsis sclerotioides*, agent de la pourriture noire des racines de concombre. L'utilisation de champignons pour lutter contre des mycoses se fait dans le cadre de la protection croisée qui consiste à utiliser une souche avirulente ou hypovirulente de même genre ou même espèce, capable d'occuper les mêmes sites d'infection. Pour accroître la compétitivité des antagonistes et des hypo parasites et les soustraire aux influences négatives apportées par les traitements fongicides appliqués dans la lutte contre d'autres parasites, on a sélectionné chez quelques antagonistes connus, comme le *Trichoderma* sp., des mutants résistants ou tolérants aux fongicides courants. Ces derniers n'ont pas perdu leur pouvoir antagoniste et de sérieux espoirs reposent sur ces souches (Corbaz, 1990).

Pendants ces dernières années, plus de 40 agents de biocontrôle ont été apparus, tels que *Gliocladium verens*, *Coniothyrium minitans*, *Bacillus subtilis* et *Trichoderma* sp. (Paulitz et Belanger, 2001). Ce dernier a été l'objectif de notre étude bibliographique pour mettre en évidence son pouvoir comme agent de biocontrôle.

CHAPITRE II :
LE GENRE TRICHODERMA SP.

2.1. Le genre *Trichoderma* :

Le champignon *Trichoderma* s'est avéré particulièrement efficace dans la lutte de microbes pathogènes (Paul et Masih, 2006 ; Melo et Faull, 2000). Il possède la résistance innée à la plupart des produits chimiques agricoles (Harman, 2006).

La plupart des souches de *Trichoderma* pour la lutte biologique, ont de susceptibilités ou de résistance à une gamme de pesticides (Harman, 2006). D'ailleurs, l'utilisation des produits chimiques pour le biocontrôle des parasites est un souci croissant aux écologistes (Melo et Faull, 2000).

Trichoderma, a été extrêmement étudiée parcequ'elle a une large spectre de l'activité contre les pathogènes telluriques (Arora *et al.*, 1991 ;Harman, 2006) (Tableau 3).

En fait, on ne sait pas si la plupart des avantages de *Trichoderma* se produisent parce qu'il attaque et lutte les maladies fongiques directement, comme a été longtemps cru, ou il a des effets directs sur les plantes ; beaucoup de résultats récents suggèrent que le développement et la biochimie de plante soient fortement affectés par des souches de *Trichoderma* (Chet *et al.*, 2006).

Les espèces de *Trichoderma* sont les producteurs très efficaces de beaucoup d'enzymes extracellulaires. Elles sont employées commercialement pour la production des cellulases et d'autres enzymes qui dégradent les polysaccharides complexes. Elles sont fréquemment employées dans les industries alimentaires et textiles. Les enzymes sont également employées en alimentation de volailles pour augmenter la digestibilité des hémicelluloses de l'orge ou d'autres récoltes (Harman, 2006).

Tableau 3. Agents fongiques potentiels de biocontrôle pour la lutte des pathogènes de fruit (Arora *et al.*, 1991).

Agent de biocontrôle	Pathogène/maladie contrôlée
<i>Trichoderma aureoviridi</i> <i>T. harzianum</i> <i>Penicillium</i> sp. <i>Aspergillus</i> sp.	Anthractnose de banane causée par <i>Colletotrichum musae</i>
<i>T. harzianum</i> <i>T. viride</i>	Moisissure grise de fraise causée par <i>Botrytis cinerea</i>
<i>T. harzianum</i>	Moisissure grise de la vigne causée par <i>B. cinerea</i>
<i>T. harzianum</i> <i>T. pseudoKoningii</i>	Pourriture de pomme causée par <i>B. cinerea</i>

2.2. Historique

Le développement des connaissances en écologie microbienne, en particulier sur les relations antagonistes entre les microorganismes du sol, a fait naître l'idée d'utiliser les antagonistes pour lutter contre les maladies des plantes d'origine tellurique. L'imprégnation des graines par des germes antagonistes du parasite a donné des résultats satisfaisants (Ousalah, 2003).

En 1930, le potentiel des espèces de *Trichoderma* a été étudié comme agent de biocontrôle contre les pathogènes des plantes (Hermosa *et al.*, 2000 ; Orr et Knudsen, 2004 ; Shelton, 1997).

D'autre part, l'étude des transformations de l'équilibre microbien du sol après traitement chimique a permis de comprendre l'intérêt de cette forme de lutte. C'est ainsi qu'en 1951, Bliss constate que la fumigation d'un sol infesté par *Armellaria mellea* avec du sulfure de carbone n'aboutit à la disparition complète de ce champignon pathogène qu'après 24 jours de fumigation. Or cet effet coïncide avec la colonisation massive du sol traité par *Trichoderma viride*. L'auteur en a déduit qu'*Armellaria mellea* a disparu, non sous l'effet direct du sulfure de carbone mais victime de l'antagonisme de *Trichoderma viride* (Ousalah, 2003). Il a été montré que le bromure de méthyle en fumigation diffuse profondément dans le sol, participe très activement à la mort des fragments mycéliens et semble accélérer leur destruction par *Trichoderma* (Mariau, 1999).

Dès 1956, les études ont indiqué que des antibiotiques pourraient être détectés sur les graines semées dans le sol. Les espèces de *Penicillium*, de *Trichoderma* ont été également isolées de la tomate, de l'oignon et du chou (Nelson, 2004). Les capacités antagoniques de ces microbes ont été connues depuis les années 30 (Chet *et al.*, 2006). Cependant, elles commencent maintenant à être employés commercialement (Shelton, 1997).

En France, où Grosclaude en 1979 a mis au point une méthode de lutte contre l'agent de la maladie du plomb du pêcher, *Stereum purpureum*, en utilisant *Trichoderma harzianum* (Corbaz, 1990). En 1999, l'Amérique du Nord le considère un des premiers agents de biocontrôle en excédant 3 millions de Dollars pour réaliser ce niveau de succès (Paulitz et Belanger, 2001).

Les espèces de *Trichoderma* sont des mycètes présents en nombres importants dans presque tous les sols agricoles et dans d'autres environnements tels que le bois pourrissant (Chet *et al.*, 2006 ; Harman, 2006 ; Samuels *et al.*, 2006 ; Shelton, 1997). Quelques souches

sont fortement rhizosphères compétentes, capables de coloniser et de se développer sur des racines (Harman, 2006). Elles peuvent protéger le système entier de la racine pendant la vie de la plante. D'ailleurs, elles sont efficaces contre une large gamme de mycètes phytopathogènes dont *Pythium* sp., *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* sp., *Botrytis cinerea*, *Sclerotium rolfsii*, et *Sclerotinia homoeocarpa* (Shelton, 1997).

2.3. Les techniques d'isolements :

Lorsque les racines d'une plante sont victime d'une agression microbienne, il est souvent difficile de réunir assez d'indices pour démasquer directement l'agresseur. Cela est possible par la proposition d'un substrat, naturel ou artificiel, malgré la concurrence des autres microorganismes du sol. Il faut donc trouver des substrats qui stimulent la croissance de l'organisme recherché tout en limitant ou en supprimant le développement de ses concurrents avant de commencer les opérations d'isolement (Davet et Rouxel, 1997).

L'échantillonnage est une phase essentielle puisque sa bonne réalisation dépend de la fiabilité des résultats, qu'il s'agisse d'isolement à partir du sol ou d'un végétal (Davet et Rouxel, 1997 ; Küçük et Kivanç, 2002).

C'est souvent à partir de plantes malades que l'on est amené à isoler les champignons du sol, dans l'horizon de 30 à 40 cm d'épaisseur. Il existe deux types de techniques permettant de détecter la présence des champignons du sol et de les isoler (Davet et Rouxel, 1997) :

- les techniques directes. soit par incorporation du sol dans le milieu nutritif plus ou moins sélectif, soit, plus rarement, par immersion dans le sol du milieu fixé sur un support. Ces méthodes sont utilisées pour les champignons capables d'un développement saprophytique.
- Les techniques indirectes. qui consistent à piéger le champignon dans le sol à l'aide de substrats.

Le principe consiste à mettre le sol en suspension dans de l'eau stérile, puis à incorporer les différentes dilutions de cette suspension dans le milieu d'isolement.

Les milieux ; potato dextrose agar (PDA), malt extract agar (MEA) et rose Bengale agar de farine d'avoine, incubés à 28 C° pendant 5 jours, peuvent servir pour l'isolement du *Trichoderma* (Hermosa, *et al.*, 2000 ; Küçük et Kivanç, 2002).

L'identification repose essentiellement sur des critères morphologiques, mais aussi physiologiques ou génétiques ((Davet et Rouxel, 1997).

2.4. Classification

L'identification basée sur les caractères morphologique, reste la première méthode pour identifier le genre *Trichoderma* (Irina et Alexey, 2004 ; Melo et Faull, 2000). *Trichoderma* a un thalle à croissance rapide, d'abord lisse plus ou moins floconneux, souvent zoné, blanc ou vert (Botton *et al.*, 1990).

Les conidiophores se terminent en un ou quelques phialides (Samuels *et al.*, 2006). Ils sont très ramifiés, en touffes plus ou moins compactes, irrégulièrement verticillées avec des ramifications à angle droit (Botton *et al.*, 1990). Les phialides sont de formes solitaires ou groupées en verticilles, généralement perpendiculaires à l'axe (Botton *et al.*, 1990 ; Pitt et Hocking, 1985). Les conidies sont produites successivement à partir des bouts de phialides, et se rassemblent en petites masses mouillées (Malloch, 1997). Elles sont généralement de 3 à 5µm de diamètre, libérées en grands nombres (Harman *et al.*, 2006), le plus souvent vertes, lisses ou granuleuses à une croissance très rapide (Botton *et al.*, 1990 ; Hermosa *et al.* 2000 ; Pitt et Hocking, 1985). Les chlamydospores, des spores de résistance, le plus souvent à paroi épaisse, différenciées par transformation de cellules ou d'articles du mycélium (Botton *et al.*, 1990). Les chlamydospores peuvent être produites par toutes les espèces. Le milieu Corn Mael Dextrose Agar (CMD) empêche leur production à 20C° dans 10 jours (Samuels *et al.*, 2006).

La plupart des souches de *Trichoderma* produisent des spores asexuelles. La classification de *Trichoderma* introduit les conidies comme élément majeur dans la discrimination des taxons. (A.R.S.,2006 ; Harman, 2006)

Règne : Fungi.

Phylum : Deuteromycotina.

Ordre : Hyphomycètes (*Moniliales*).

Genre : *Trichoderma*.

2.5. Quelques espèces utilisées dans la lutte biologique.

Les mécanismes de biocontrôle sont susceptibles d'être spécifiques, en particulier pour les antagonistes qui, pourraient fonctionner indépendamment ou en synergisme dans n'importe quelle interaction microbienne (Hermosa *et al.*, 2000 ; Melo et Faull, 2000).

L'identification de *Trichoderma* comme agent de biocontrôle est essentielle, puisqu'il peut agir contre les agents phytopathogènes par divers mécanismes d'actions (Shelton, 1997); une

fois qu'il est en contact avec la racine, il colonise la surface ou le cortex en améliorant sa croissance et induisant la résistance aux plantes (Harman, 2006 ; Shelton, 1997).

Les espèces de *Trichoderma* peuvent sécréter des enzymes extracellulaires et des antibiotiques, jouant un rôle important contre les agents phytopathogènes (Chet *et al.*, 2006 ; Melo et Faull, 2000 ; Shelton, 1997) ; la chitinase et la β -1,3 glucanase responsables non seulement de la lyse de structure hyphale de parois cellulaires mais, aussi la paroi chitineuse des hyphes, des conidies, des chlamydospores, et des sclérotes (El-Katatny *et al.*, 2004 ; Kubicek *et al.*, 2001). *Trichoderma atroviride*, *T. harzianum* ; *T. asperellum* et *T. hamatum* sécrètent l'endochitinase (42 KDa) et N-acétyl- β -D-glucosaminidase (73 KDa). Les endochitinase (42 KDa) sécrétées par *Trichoderma viride* P1 et *T. virens* 41 ont un effet inhibiteur sur la germination des spores des pathogènes : *Botrytis cinerea*, *Uncinula* sp., *Alternaria* sp., *Ustilago avenae*, *Uncinula nector* et tous les mycètes ayant la chitine dans leurs parois cellulaires (Kubicek *et al.*, 2001).

Les souches de *Trichoderma koningii* secrètent une grande quantité d'antibiotique inhibant le développement de *Rhizoctonia solani* de 79-82% (Melo et Faull, 2000).

Trichoderma virens a été développé pour la lutte contre *Pithyium ultimum* et *Rhizoctonia solani*, en sécrétant deux composés fongitoxiques : gliovirene et les composés de gliotoxine (Paulitz et Belanger, 2001). *Trichoderma viride* et *T. harzianum* sont les espèce les plus communes dans la lutte biologique (Herman *et al.*, 2000 ; Pitt et Hocking, 1985).

2.5.1. *Trichoderma viride*

Trichoderma viride a un thalle d'abord blanc, puis vert bleu dans les régions conidiogènes. Les conidiophores sont très ramifiés, à ramifications plus courtes vers l'apex et formant de ce fait un ensemble pyramidal (figure, 2.1 a et c). Les phialides sont souvent en groupe, verticillées. Les conidies ont une paroi granuleuse, de couleur verte sur CMD (figure, 2.1 b) (Botton *et al.*, 1990 ; Pitt et Hocking, 1985 ; Samuels *et al.*, 2006).

Les colonies développées sur CMD à 20-21C° forment des conidies abondamment autour de la colonie qui, se développe sur PDA après 72 h à 25-30C°, et ne développe pas à 35C° (figure, 2.2) (Samuels *et al.*, 2006).

Trichoderma herzianum et *T. viride* sont à l'essai sur plusieurs arbres pour éviter la contamination des blessures, le dernier est aussi efficace contre *Sclerotium rolfsii*. Son action est due essentiellement à un parasitisme des hyphes, et la production de β -glucanase et de chitinase (Corbaz, 1990).

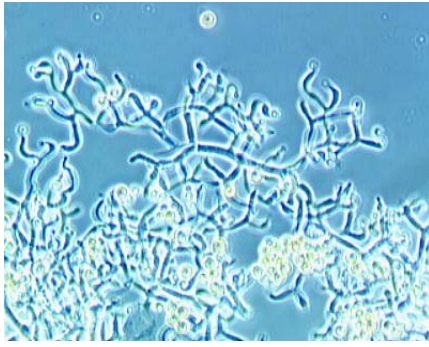


Fig. 2.1a, les conidiophores de *T. viride*.
(Samuels *et al.*, 2006).

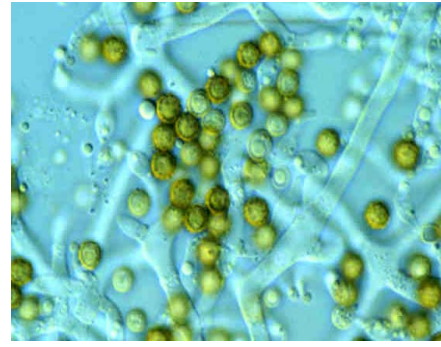


Fig. 2.1b, les conidies de *T. viride* sur le milieu CMD
(Samuels *et al.*, 2006).

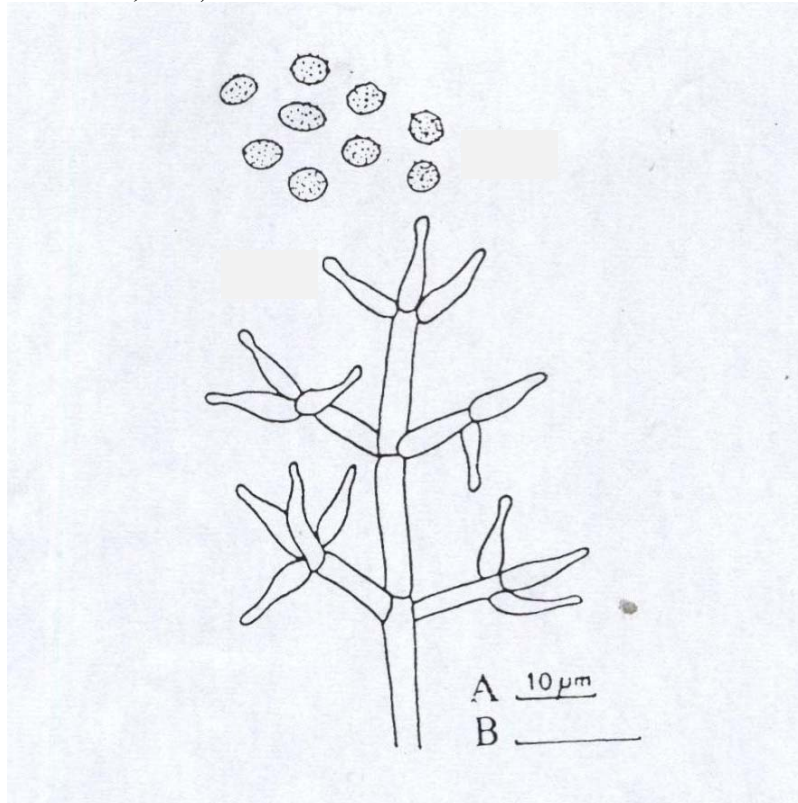
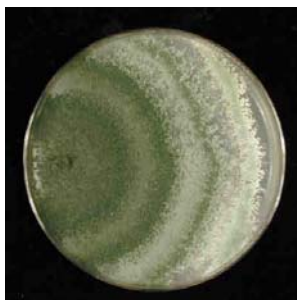


Fig. 2.1c, les conidiophores et conidies de *T. viride*. (Botton *et al.*, 1990)



25 °C



30 °C



35 °C

Fig.2.2, croissance du *T. viride* sur milieu PDA aux températures différentes pendant 72 heures
(Samuels *et al.*, 2006).

Trichoderma viride peut transformer des terpènes inactifs en terpènes actifs, qui sont des composés de base des huiles essentielles par la production de molécules 6-pentyl-2-pyrone offrant l'odeur aux noix de coco (Botton *et al.*, 1990 ; Samuels *et al.*, 2006).

2.5.2. *Trichoderma harzianum*

Trichoderma harzianum a un thalle d'abord blanc puis vert-olive dans les régions sporogènes, les conidiophores très ramifiés. Phialides ampulliformes (figure, 2.3 a et c). Les conidies lisses, vertes, en forme de feuilles sur CMD (figure, 2.3b). Les chlamidospores ne sont pas observées dans la plupart des cultures (Botton *et al.*, 1990; Pitt et Hocking, 1985; Samuels *et al.*, 2006) . Les colonies se développant sur PDA après incubation à 30°C dans l'obscurité, donnent des conidies remplissant la surface du milieu (figure, 2.4a). Les conidies forment une masse allant du centre au bord, sur le CMD après 72h à 30°C dans l'obscurité, elles prennent la couleur vert foncée (figure 2.4b) (Samuels *et al.*, 2006).

L'effet antagoniste de *Trichoderma harzianum* est tout simplement associé à un comportement parasitaire se manifestant par un enroulement des hyphes autour des filaments du champignon parasite (figure, 2.5a).

Les parois mycéliennes de l'hôte sont ensuite lysées grâce à la production d'enzymes comme β -1,3 glucanase et de chitinase entraînant sa mort (Paulitz et Belanger, 2001 ; Paul et Masih, 2006).

Trichoderma harzianum inhibe le développement de *Rhizoctonia solani* par la production d'enzymes hydrolytiques de la paroi cellulaire telles que β -glucosidase (figure, 2.5b). (Melo et Faull, 2000). *T. harzianum* a été examinée dans les essais de serre chaude. Il peut coloniser toutes les parties du système racinaire et persister pendant une longue période où il est appliqué dans le traitement de la graine dans la lutte contre *Rhizoctonia solani*, colonisant le géranium, la poinsettia et le *Patharanthus* (Paulitz et Belanger, 2001). Le mode rapporté à l'action de *T. harzianum* est la compétition pour les nutriments par la production d'enzymes lytiques empêchant la germination des conidies du pathogène (Paulitz et Belanger, 2001)

L'efficacité de *T. harzianum* sur le pathogène *Alternaria alternata* est la présence des régulateurs de croissance : l'acide gibbérellique (GA3), ou l'acide indolacétique (IAA) ou benzylaminopurine (BAP). Ces hormones végétales réduisent la sécrétion d'endopolygalacturonase (endo-PG) par *Alternaria alternata* de 20% en présence de *T. harzianum*. (Roco et Pérez, 2001)



Fig. 2.3a, les conidiophores de *T. harzianum*. (Samuels *et al.*, 2006).



Fig. 2.3b, les conidies de *T. harzianum* sur le milieu CMD (Samuels *et al.*, 2006).

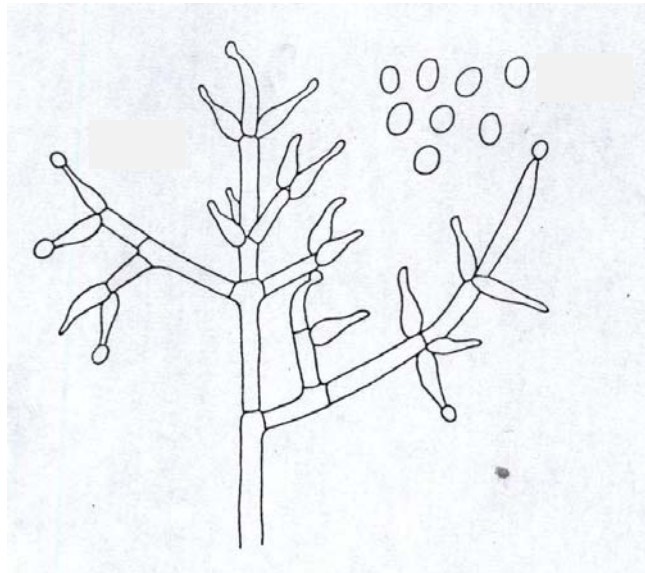


Fig. 2.3c, les conidiophores et conidies de *T. harzianum*. (Botton *et al.*, 1990)



Fig. 2.4a *T. harzianum* sur milieu PDA après 72 h à 30°C (Samuels *et al.*, 2006).



Fig. 2.4b *T. harzianum* sur milieu CMD après 72 h à 30°C (Samuels *et al.*, 2006).



Fig. 2.5a. micrographe (microscopie électronique à balayage) montrant le surenroulement de *T. harzianum* autour de *Rhizoctonia solani* . (Melo et Full, 2000)

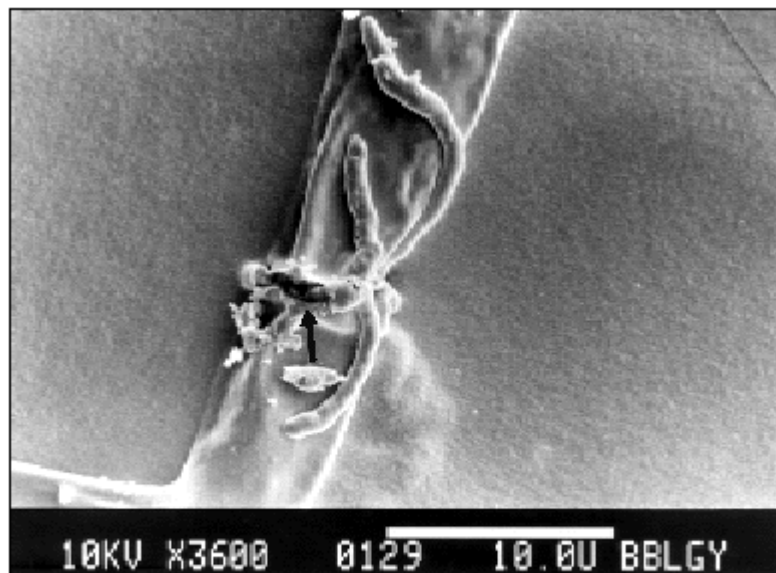


Fig. 2.5b. pénétration de la paroi cellulaire de *R. solani* par l'antagoniste *T. harzianum*. (Melo et Full, 2000)

Conclusion

La lutte biologique aboutissant à la régression des attaques des microorganismes phytopathogènes, est une notion extrêmement séduisante, lorsqu'on la considère dans le contexte du laboratoire, de la serre expérimentale ou du champs d'essai.

Par ailleurs, la lutte biologique ne peut convenir à toutes les situations de protection. Ainsi, il y a plusieurs cas où elle ne peut fonctionner comme dans le cas de la punaise terne, *Lygus lineolaris* (Vincent *et al.*, 2000).

La lutte contre une maladie peut être réalisée par l'utilisation d'un seul moyen d'action, mais pour être efficace, elle exige la plupart du temps l'apparition de plusieurs moyens différents et elle met généralement un programme intégré d'intervention sur les facteurs du milieu et sur les facteurs biologiques et chimiques.

L'utilisation de *Trichoderma* comme agent de biocontrôle, nécessite l'étude de la prolifération du mécanisme biologique et les facteurs de l'environnement qui gouverne l'interaction entre l'antagoniste et le champignon phytopathogène afin d'assurer une bonne croissance de *Trichoderma* et pour éviter la compétition avec la microflore indigène par l'addition de sources de nutritionnelles.

Références bibliographiques

- 1- Agence de réglementation. (2002). Fongicide biologique RootShield *Trichoderma harzianum* Rifai souche KRL-AG2. Santé Canada. 32 p.
- 2- Arora, D.K., Rai, B., Mukerji, K.G. and Knudsen, G.R. (1991). Handbook of Applied Mycology volume 1: soil and plants. New York. Basel. Hong Kong. 325 p.
- 3- Bailey, J.A. and Jeger, M. J. (1992). Colletotrichum Biology, pathology and control. Edited for the British Society for plant Pathology. 357 p.
- 4- Bellows, T. S. and Fisher, T. W. (1999). Handbook of biological control principles and Applications of Biological control. Academic press. 32 : 841-851.
- 5- Boland, G. J. and Kuykendall. (1998). Plant- microbe interactions and Biological control. New York, Basel. Hong Kong. 198 p.
- 6- Botton, B., Breton, A., Fevre, M., Gauthier, S., Guy, ph., Larpent, J.P., Reymond, P., Sanglier, J.J., Vayssier, Y. and Veau, P. (1990). Moisissures utiles et nuisibles importance industrielle. Collection Biotechnologies. 2ed. Mexico 512 p.
- 7- Bovin, G. (2001) parasitoids et lutte Biologique : paradigme ou panacée ? centre de recherche et de développement en Horticulture, Agriculture et Agrolimentaire. Canada. Vol 2N2. [http : www.vertigo.Uqam.ca/vol_2N2/art8_vol2N2 / guy bovin. html](http://www.vertigo.Uqam.ca/vol_2N2/art8_vol2N2_guy_bovin.html).
- 8- Chet, I., Viterbo, A. and Brotman, Y. (2006). plant Biocontrol by *Trichoderma spp.* Department of biological chemistry. [www.weizmann. ac il / biological chemistry / scientist / chet / chet . html /](http://www.weizmann.ac.il/biological_chemistry/scientist/chet/chet.html).
- 9- Corbaz, R. (1999). Principes de phytopathologie et de lutte contre les maladies des plantes. presses polytechniques et universitaires romandes. 9 : 167-255.
- 10- Countinot, D., Sforza, R., Sheppard, A. and Ris, N. (2004). La lutte biologique en région méditerranéenne, réalité ou volonté ? Conférence débat. Agropolis- Museum [http : // insecte. Uef . free . fr / actu 7 hm](http://insecte.Uef.free.fr/actu7.htm).
- 11- Davet, P. and Rouxel, F. (1997). Détection et isolement des champignons du sol. Institut national de la recherche Agronomique.
- 12- Druzhinina, I. and Kopchinskiy, A. (2004) *Trichoderma* morphology ([www. Isth . info / morphology . php](http://www.isth.info/morphology.php)).
- 13- El - katatny, M.S., El -komy. H., Shaban, G.M., Hetta, AM.A. and El-katatny, M.H. (2004). Effect of benomylon chitinase and β -1,3-Glucanase production by Free and Alginate Encapsulated *Trichoderma harzianum*. Department of Botany, Faculty of science. El Minia University. Egypt.
- 14- Faurie, C., Ferrarini, P., Dévaux, J. and Hemptienne, J.L. (2003), Ecologie Approche scientifique et pratique. 5 ed. Lavoisier. 450 p.
- 15- Fraval, A. and Silvy, C. (1999). La lutte biologique (II). dossiers de l'Environnement de l'INRA N° 19 Paris. ([http : // www. Inra. Fr/ internet / produits / dpenr/ gre god 19.htm](http://www.inra.fr/internet/produits/dpenr/gre_god19.htm)).
- 16- Gouya, R., Merard, M.R., Ollivier, D. and Pinson, C. (2003). Les produits phytosanitaires Distribution et application. Educagri editions. 236 p.
- 17- Harman, G. E. (2006). *Trichoderma spp.* Including *T. harzianum*, *T. viride*, *T. kongii*, *T. hamatum* and other spp. Cornell University, Geneva. ([http : // www nysaes . cornell . edu / ent / biocontrol / pathogens / trichoderma . htm /](http://www.nysaes.cornell.edu/ent/biocontrol/pathogens/trichoderma.htm)

- 18- Hemoso, M .R. , Grondona, I ., Iturriaga, E. A., Diaz – Minguéz, J.M., Castroc,C., Monte, E. and Garcia – Acha, I.(2000). Molecular characterization and Identification of biocontrol Isolates of *Trichoderma spp.*university Spain. /Universidad de Salamanca , spain
- 19- kubicek,C.P., Mach, R.L., Perterbauer, C.K. and Lorito,M.(2001) *Trichoderma*: from genes to *Biocontrol*. Jornal of plant pathology.Italy.
- 20- k̄c̄k̄,Ç. and kivanç, M . (2002) Isolation of *Trichoderma spp* .and Determination of Their *Antifungan*,Biochemical and Physiolgical Features . University Turkey.
- 21- lambert, L. (2004) Biofungicide Rootshield une protection biologique efficace contre les maladies *racinaires* , centre de services de saint – Rémi . MAPAQ. 32 p.
- 22- Lenteren, J. C. (2006) . Internet Book of Biological Control.
- 23- Lichou,J., *Mandrin* ,J.F., and Breniaux ,D .(2001),production intégrée des fruits à noyau , (CtiFI:centre technique interprofessionnel des fruits et légumes. 271 p.
- 24- Malloch ,D.(1997). Les Moulds .University of Toronto . (http // www .botany .utoronto . ca / Researchlabs / malloch / moulds / moulds . html)
- 25- Maufra, J.V, Maumené ,C.Henriot,F., Couleaud ,G., Crosson, P., Caron , D.and *Couveur*. F(2002).(ITCF: Institut technique des céréales et des Fourrages 8, Paris :216 p.
- 26- Melo ,I.S. and faull J.L.(2000) .Parasitism of *Rhizoctonia solani* by strains of *Trichoderma spp* . Scientia Agricola. 14 p.
- 27- Nelson , E.B.(2004) .Microbial dynamics et interactions dans le spermosphere . Annuel reviews *phytopathology* .New York. 25 p.
- 28- Orr , K.A .and Knuden ,G.R.(2004) .Use of Green Fluorescent Protein and Image Analysis to Quatify Proliferation of *Trichoderma harzianum* in Nonsterile soil . University of Idaho . Moscow . 7 p.
- 29- Ousalah , A.(2003). Recherche des activités microbiennes antagonistes des populations fusariernes (cas de la microflore bactérienne et actinomycetale thermophile antagoniste de *Fusarium oxysporum albedinis*). These de MAGISTERE en phytopathologie . Université " SAAD DAHLEB" de Blida . 157 p .
- 30- Paul, B. and Masih, I. (2006).Lutte biologique contre les maladies cryptogamiques de la vigne : la pourriture grise (*Botrytis cinerea*), l'oïdium (*Uncinula necator*) et le mildiou (*Plasmopara viticola*) . www.u-bourgogne.fr/luw/lutte.html-24k10p
- 31- Pitt, J.I.and Hocking, A. D. (1985). Fungi and Food Spoilage. Academic Press. 413 p.
- 32- Paulitz, T. C. and Bélanger, R.R. (2001). Biological Control in Greenhouse Systems. Annual Reviews.Phytopathology . 348 p.
- 33- Roco, A.and Pérez, L. M. (2001). In vitro biocontrol activity of *Trichoderma harzianum* on *Alternaria alternata* in the presence of growth regulators.Electronic journal of Biotechnology . 6 p.
- 34- Samuels, G.j., Chaverri, P.,Farr, D.F. and McCray, E.B.(2006). *Trichoderma* Online, systematic Botany and Mycology Laboratory. (<http://nt.ars-grin.gov/taxadescriptions/keys/TrichodermaIndex.cfm>).

- 35- Shelton, T. (1997). *Trichoderma* for Biocontrol of Plant Pathogens: From Basic Research to commercialized products. Cornell University NYSAES. Geneva.p8 (<http://www.nysaes.cornell.edu/ent/bcconf/talks/harman.htm>).
- 36- Toua ,D.(1996).essais d'Utilisation des *Pseudomonas fluorescens* Antagonistes dans le biocontrôle de *Fusarium oxysporum* f.sp.*lycopersici* et de *verticillium dahliae* sur Tomate et dans la promotion de la croissance végétale. Thèse magister en phytopathologie . Institut National Agronomique. EL-Harrach. 129 p.
- 37- <http://www.vincent.com>. Vincent, C.,Panneton, B.and Fleurat- Lessard , F.(2000). La lutte physique en phytoprotection. Institut National de la recherche Agronomique. 347 p.

Résumé

La lutte biologique, plus particulièrement l'usage des microorganismes, contre les phytopathogènes sert à réduire leurs effets néfastes. Elle repose sur les mécanismes d'antagonisme microbien qui interviennent dans la protection des plantes contre leurs ennemis.

Le genre *Trichoderma*, ayant un intérêt économique en raison de sa forte activité cellulolytique, est un champignon très commun dans le sol et sur la matière végétale.

Les mécanismes d'activités, caractérisant les *Trichoderma* ont été étudiés pour expliquer le pouvoir de biocontrôle; la production de métabolites extracellulaires qui inhibent la croissance des pathogènes, la compétition et l'induction de la résistance chez l'hôte.

Mots clés : lutte biologique, biocontrôle, *Trichoderma* sp.

Trichoderma

Trichoderma

Trichoderma sp.

Abstract

Biological control, particularly the use of the microorganisms, against phytopathogenic agents, is used to reduce their harmful effects. It rests on the mechanisms of microbial antagonism which interfere to protect plants against their enemies.

The genus *Trichoderma*, having an economic interest because of its strong cellulolytic activity, is a very common fungus in soil and vegetable matter.

Mechanisms of action, characterizing *Trichoderma* were studied to explain capacity of biocontrol; production of pathogen inhibiting extracellular metabolites, competition and induced resistance of the host.

Keywords: biological control, biocontrol, *Trichoderma* sp.