

Lutte biologique et lutte microbiologique: des concepts anciens pour des méthodes de lutte modernes ?

- Prof. François Lefort
- Groupe Plantes et Pathogènes
- Institut Terre Nature Paysage et Filière Agronomie
- Hepia HES-SO//Genève

h e p i a

Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève

07/04/2010

Hes·SO  **GENÈVE**
Haute Ecole Spécialisée
de Suisse occidentale

Sommaire

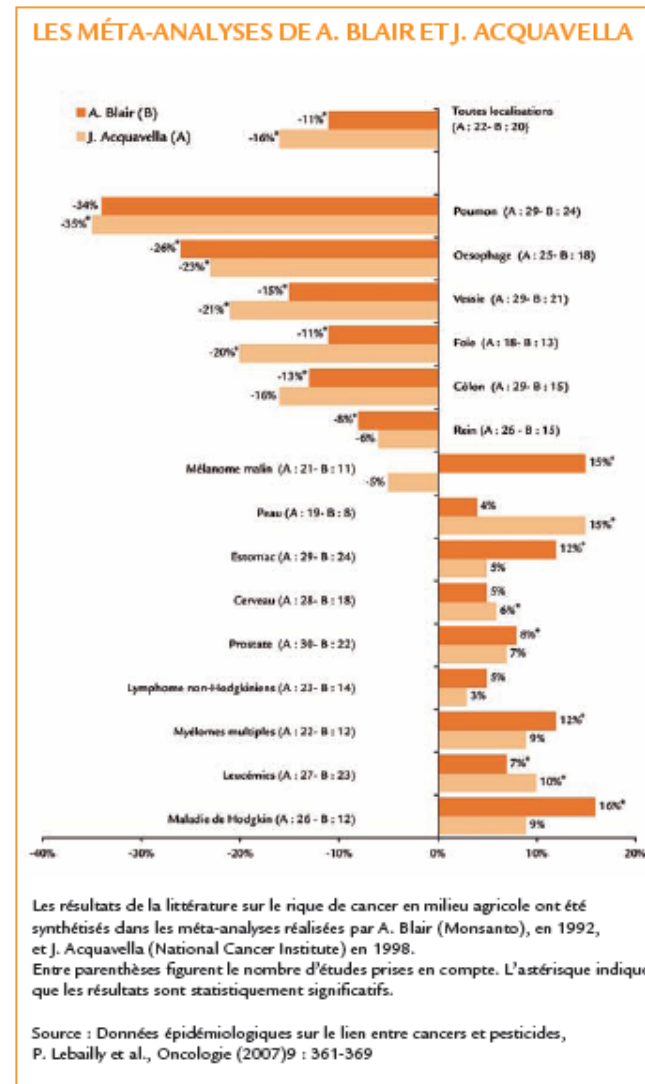
- Le contexte actuel
- Lutte biologique (objectifs, définitions, concepts)
- Lutte microbiologique
- Développement de la lutte microbiologique (quelques données économiques).
- Agents de lutte microbiologique
- Concepts de lutte microbiologiques
- Exemples
- Conclusion

07/04/2010

Contexte actuel

- La protection agrochimique des cultures est **efficace** mais n'est **pas satisfaisante**
 - pour la **durabilité des écosystèmes** (diversité biologique, qualité physico-chimique des eaux et des sols)
 - à cause de son efficacité limitée par **l'apparition de phénomènes de résistance des ravageurs aux insecticides et des adventices aux herbicides**
 - des **modifications des spectres parasites**
 - par l'apparition de déséquilibres faunistiques et floristiques
 - à cause des **pollutions de l'environnement et des aliments** et de ses conséquences sur la santé humaine.

07/04/2010



Réduction des produits phytosanitaires autorisés en UE

- Loi européenne: directive 91/414/CEE
- Liste des produits autorisés: Annexe I
- 1ère vague de réduction en 2003: 410 molécules supprimées de l'annexe I de la directive 91/414/CEE
- **32004D0129**
- **2004/129/CE: Décision de la Commission du 30 janvier 2004 concernant la non-inclusion de certaines substances actives à l'annexe I de la directive 91/414/CEE du Conseil, ainsi que le retrait des autorisations relatives à des produits phytopharmaceutiques contenant ces substances (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE) [notifiée sous le numéro C(2004) 152]**

Journal officiel n° L 037 du 10/02/2004 p. 0027 – 0031

- <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32004D0129:FR:HTML>

07/04/2010

Réduction des produits phytosanitaires autorisés en UE

- 2ème vague prévue votée par le parlement européen le 13 janvier 2009, applicable en 2011
- En attendant les retraits continuent: 49 molécules retirées en décembre 2008
- **2008/934/CE: Décision de la Commission du 5 décembre 2008 concernant la non-inscription de certaines substances actives à l'annexe I de la directive 91/414/CEE du Conseil et le retrait des autorisations de produits phytopharmaceutiques contenant ces substances [notifiée sous le numéro C(2008) 7637] Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE**

Journal officiel n° L 333 du 11/12/2008 p. 0011 - 0014

- <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:333:0011:01:FR:HTML>
07/04/2010

La lutte biologique

- L'utilisation d'organismes vivants pour limiter la pullulation et/ou la nocivité des divers ennemis des cultures (**rongeurs, insectes et acariens, nématodes, micro-organismes pathogènes des plantes, plantes adventices et envahissantes**).
- La lutte biologique est également pratiquée **contre des pathogènes humains ou leurs vecteurs** (champignons contre *Trypanosoma cruzi* , *bactéries et champignons contre des moustiques*)
- Elle est basée sur des relations naturelles entre individus ou entre espèces.
- L'organisme vivant utilisé comme agent de lutte est un « auxiliaire » de l'Homme.

Objectifs de la lutte biologique

- Remplacer, en totalité ou en partie, les pesticides chimiques utilisés en agriculture et en foresterie.
 - **La lutte biologique n'est donc pas l'agriculture biologique** qui demande une production complètement exempte d'intrants chimiques (engrais, pesticides, antibiotiques).
 - **La lutte biologique peut devenir une composante importante de systèmes de production intégrée ou biologique.**

Concepts de lutte biologique

- Si l'organisme **antagoniste** du ravageur (l'auxiliaire) est un animal, il s'agit de lutte biologique au sens restreint.
- L'auxiliaire peut être un autre insecte, un acarien, un vertébré (oiseau ou poisson insectivore) ou un nématode.
- Les **prédateurs** (qui tuent et mangent plusieurs proies au cours de leur développement) se distinguent des **parasitoïdes** (parasites, qui vivent aux dépens d'un unique hôte, lequel meurt après l'achèvement du développement du parasitoïde).
- Il existe des parasites d'oeufs, de larves, de nymphes.

Concepts de lutte biologique

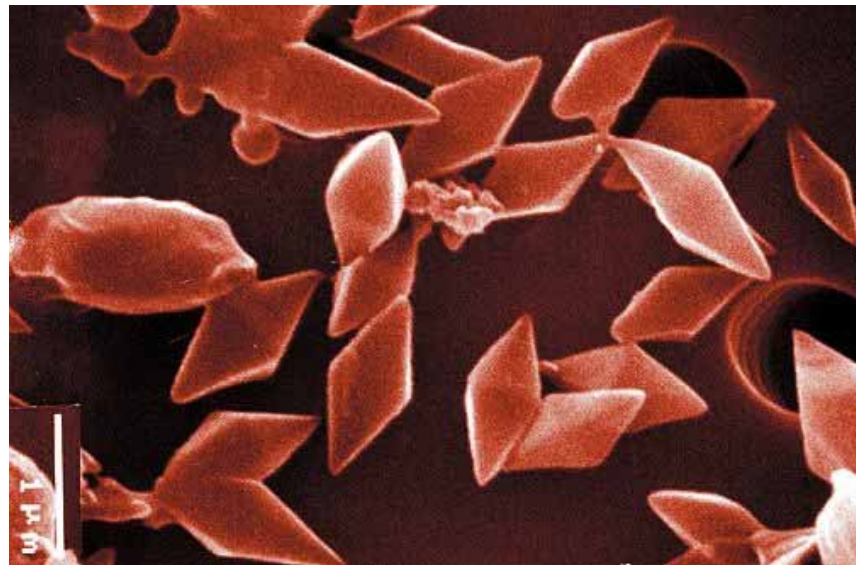
- Si l'organisme antagoniste est un microorganisme pathogène, on parle de **lutte microbiologique**.
- L'agent pathogène auxiliaire peut être un **champignon**, une **bactérie**, un **virus**, **plus rarement un oomycète** ou un **protozoaire**,
 - Il infecte l'hôte en général par ingestion et possède une forme de résistance lui permettant de passer et de demeurer dans le milieu.
 - Il peut émettre des antibiotiques ou des toxines toxiques pour certains pathogènes
 - Il peut être parasite d'un agent pathogène (champignon mycoparasite) ou d'un ravageur(champignon entomophage)
- Un champignon entomophage par exemple se multiplie dans l'hôte et cause sa mort par destruction de tissus, par septicémie, parfois par l'émission d'une substance toxique.
- Les cadavres de l'hôte libèrent les agents pathogènes dans le milieu

Concepts de lutte biologique

- Les agents de lutte microbiologique ont aussi d'autres formes d'action et ne sont pas forcément pathogènes d'un agent pathogène).
- Ils peuvent limiter la dissémination d'un pathogène par compétition ou occupations de niches écologiques (endosymbiose).
- Ils peuvent induire des réactions de résistance chez les plantes.

Concepts de lutte biologique

- Les produits de traitements à base d'agents de lutte microbiologique
- Peuvent contenir des organismes vivants ou seulement des molécules produites par des agents de lutte biologique.
- Exemple: *Bacillus thuringiensis*, utilisé depuis 1950, vendu sous forme
 - de préparations bactériennes vivantes
 - de toxine Bt purifiée



Concepts de lutte biologique

- Si l'organisme antagoniste peut se développer et se maintenir aux dépens de sa cible, sans nécessiter une nouvelle intervention, on parle de **lutte biologique par acclimatation**.

En cas d'acclimatation réussie et d'efficacité suffisante, la lutte biologique se maintient seule :

- l'auxiliaire est alors un agent efficace et permanent pendant plusieurs années de la répression des populations de ravageurs.
- L'effort initial est particulièrement bien valorisé.

Concepts de lutte biologique

- Si l'organisme antagoniste doit être lâché ou inoculé (en grand nombre) à chaque fois que l'effectif du ravageur croît dangereusement, on est dans le cas de la **lutte biologique inondative**
 - Nécessite la maîtrise des techniques de multiplication de l'entomophage (en insectarium) ou du micro-organismes pathogène (en fermenteurs pour les bactéries et champignons, sur hôtes vivants pour les virus)
 - Nécessite la maîtrise des techniques de conditionnement de stockage et d'épandage.
 - Nécessite un système de contrôle (gamme d'hôtes, propriétés toxiques ou allergènes) pour s'assurer de l'innocuité pour les êtres vivants non cibles.
 - Nécessite un système de contrôle qualité pour maintenir une qualité constante

Exemple: la micro-guêpe **Trichogramma brassicae** contre la pyrale du maïs **Ostrinia nubilalis** : **100 000 ha de maïs** en lutte biologique inondative en France (2009)

07/04/2010



Avantages de la lutte biologique

- Efficace
- Permet de restreindre ou d'éliminer l'utilisation de pesticides chimiques
- Moins toxique que les pesticides chimiques
- Elle est utilisable en serre
- Permet de diminuer les risques d'apparition de résistances aux produits chimiques
- Plus grande spécificité d'action
- Faible coût de développement

Avantages de la lutte biologique

- Du point de vue environnemental:
- Innocuité pour la santé humaine, l'environnement ou les espèces non-cibles
- Par conséquent:
 - Amélioration de la qualité de vie et de la santé des travailleurs agricoles
 - Pas de délai de traitement avant la récolte
 - Non contamination des produits (pas de résidus chimiques)
 - Maintien de la biodiversité des biotopes.
 - Compatibilité avec les programmes de lutte intégrée
 - Dégradation rapide des biopesticides, diminuant les risques de pollution

Désavantages de la lutte biologique

- Lutte souvent faite en prévention et moins efficace lorsque curative
- Effet moins drastique que les pesticides (plus d'applications)
- Effet différé
- Efficacité pas toujours constante d'une production à l'autre
- Efficacité relative aux conditions climatiques
- Activité restreinte lors d'une grande pression du ravageur
- Conditions d'entreposage des produits biologiques (demi-vie et température plus fraîche)
- Nécessite d'excellentes connaissances de l'écologie des pathogènes cible et des agents de contrôles biologiques et de la relation pathogène cible–agent de contrôle biologique.

07/04/2010

Développement de la lutte microbiologique

La lutte biologique est un phénomène existant à l'état naturel résultant des relations écologiques entre espèces vivantes.

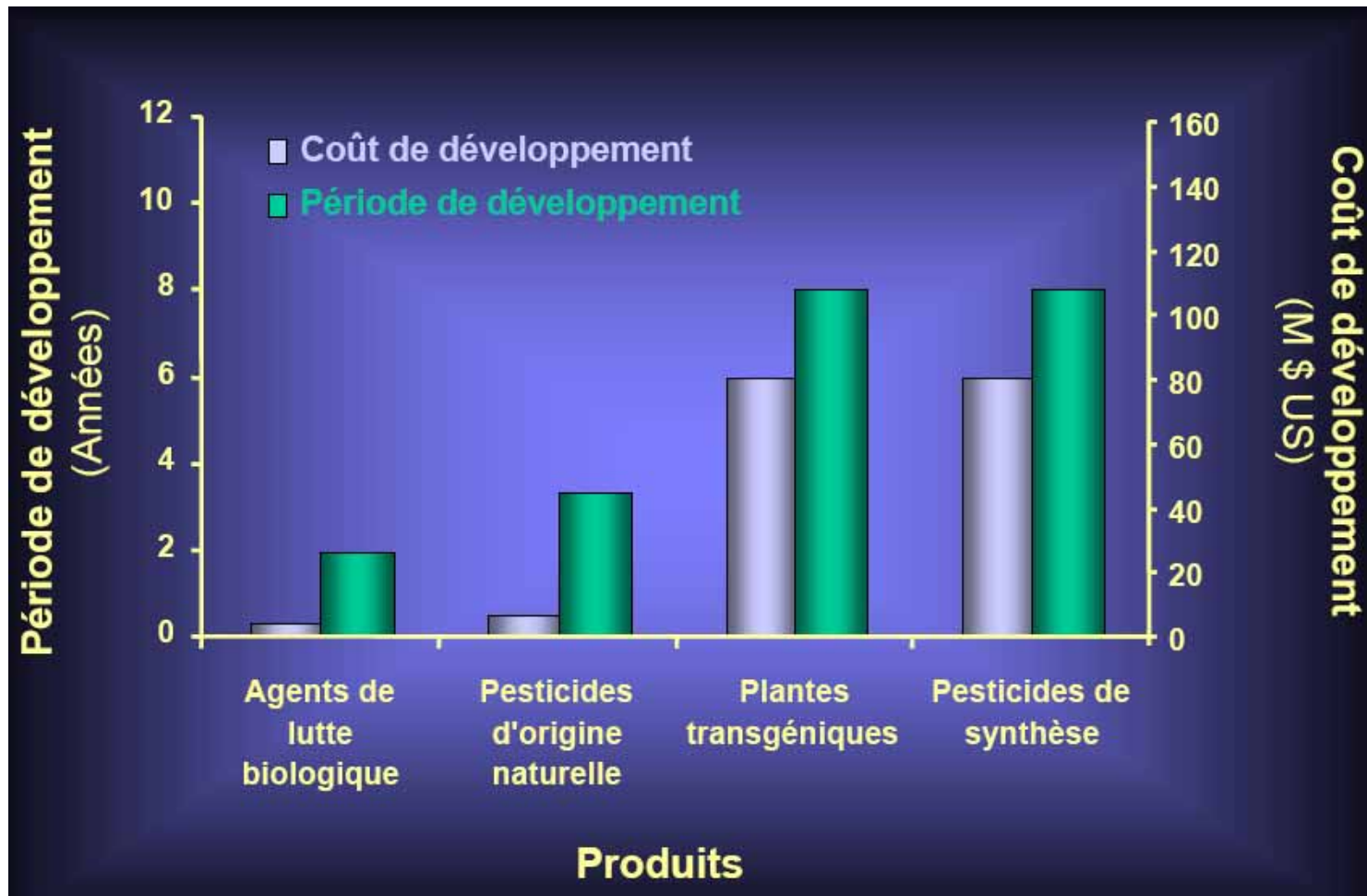
Développer la lutte biologique, c'est utiliser un phénomène naturel et le domestiquer pour le répéter en cultures.

Le principal challenge est de transformer un phénomène naturel en un moyen de lutte efficace

Etapes de développement d'un organisme de lutte microbiologique

- Identifier un microorganisme antagoniste d'un pathogène/ravageur ou plante adventice.
- Sélectionner des souches efficaces et conserver de la variabilité
- Connaître l'écologie de l'antagoniste, ses modes d'action et sa relation envers la cible
- Réaliser les études toxicologiques
- Mettre au point de la technique de production (fermenteurs) et de formulation (substances porteuses)
- Intégrer à d'autres techniques de lutte
- Réaliser des essais multilocaux
- Elaborer le dossier d'homologation en vue de la commercialisation

Comparaison



07/04/2010

Importance de la lutte biologique

- En 2003, les agents de lutte biologique et biopesticides représentaient 1,7 % du marché mondial des pesticides.
- 2,6 % en 2005.
- On prévoit qu'il atteindra 4,4 % en 2010.
- Croissance annuelle de 10 %
- **La part effective que pourraient couvrir les moyens actuellement connus devrait être de 10 à 15% du marché mondial**
- **De nouveaux agents sont constamment recherchés , testés et commercialisés.**

Résumé

- **Agents de lutte microbiologique**



- **Un champignon**
- **Une bactérie**
- **Un oomycète**
- **Un virus (pathogène)**
- **Un virus (prémunisation)**
- **Un protozoaire**

- **Cibles**

- **Insectes**
- **Bactéries**
- **Champignons**
- **Oomycètes**
- **Plantes adventices**
- **Plantes envahissantes**
- **Plantes parasites**
- **Nématodes**
- **Virus**

Exemples de virus contre des insectes

- **Virus de la Granulose** contre:
 - le carpocapse des pommes et des poires (*Cydia pomonella*)
 - les tordeuses de la pelure (*Adoxophyes orana*, *Pandemis heparana*, *Archips podanus*)

(Granupom[®], Capex[®] ou Madex[®])

- **Virus de la Granulose** contre Capua (Capex[®])

Effet du virus de la granulose
sur *Cydia pomonella*



Source:<http://www.db-acw.admin.ch/>

Exemple de virus contre des champignons

- Lutte microbiologique contre le chancre du châtaigner *Cryphonectria parasitica*
- Souches hypovirulentes infectées par un virus

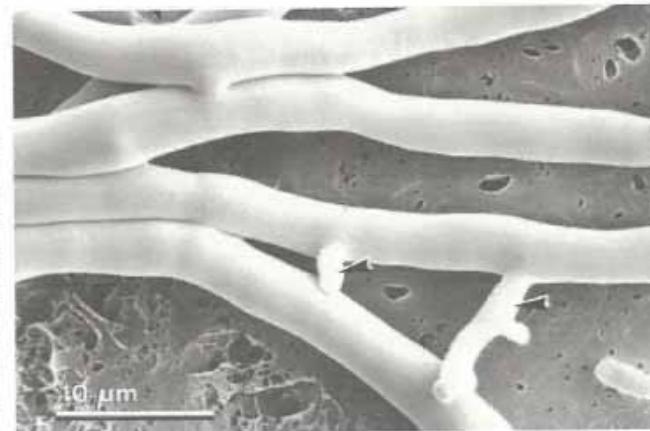


Fig. 19. Placée en culture, la souche virulente de *C. parasitica* prend une couleur orange à cause du grand nombre de pycnides pigmentés qui s'y forment.
(Photo: G. Bazzigher).



Fig. 20. Placée en culture, la souche hypovirulente de *C. parasitica* semble être blanche car seuls quelques rares pycnides arrivent à s'y former.
(Photo: G. Bazzigher).

Fig. 22. L'hypovirulence se transmet par la voie des anastomoses d'hyphes. Les hyphes de deux souches compatibles forment une alliance durable à partir de laquelle s'effectuera le transfert du dsARN. (Prise de vue agrandie au microscope électronique à balayage; photo: C. Scheidegger).



Exemples de bactéries contre des insectes

- ***Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*** contre:
 - Piéride (*Pieris spp.*) , Teignes des crucifères (*Plutella xylostella*), Noctuelles du chou (*Mamestra brassicae*), Vers de la grappe (*Eupoecilia ambiguella*), Cheimatobies (*Operophtera brumata*) , Petite hyponomeute (*Yponomeuta spp.*), (Scutello® 2x WP ou Delfin®)
- ***Bacillus thuringiensis* var. *aizawai*** contre:
 - chenilles phytophages (XenTari® WG)
- ***Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*** contre les larves de:
 - moustiques (vecteurs maladies), tipules, sciarides, (Vectobac®)



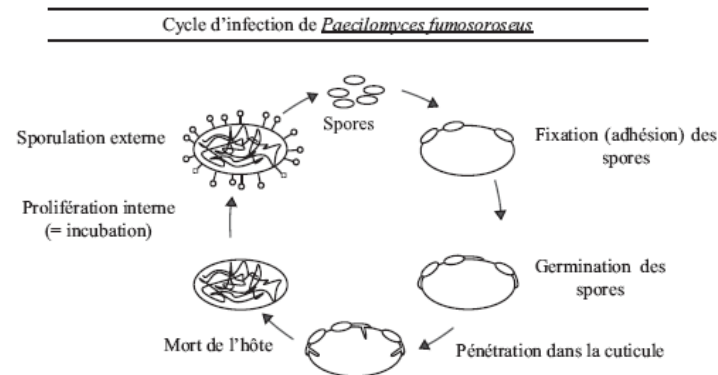
Chenilles de piéride du chou au stade 4

07/04/2010

- ***Bacillus thuringiensis tenebrionis*** contre:

Exemple de champignons entomophages

- ***Beauveria bassiana*** contre:
 - Aleurodes
 - (*Trialeurodes vaporariorum* et *Bemisia tabaci*), (Naturalis-L)
- ***Beauveria brongniartii*** contre :
 - larves de hanneton commun
 - (*Melolontha melolontha*), (Beupro)
- ***Paecilomyces fumosoroseus*** contre:
 - Aleurodes , (PreFeRal WG)
- ***Metarhizium anisopliae*** contre
 - otiorrhynque silloné et de la vigne
 - (*Otiorrhynchus sulcatus*)



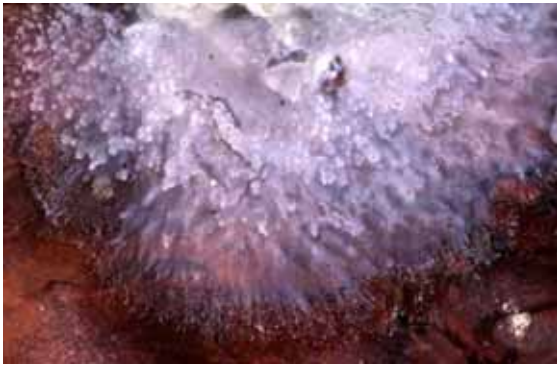
Exemple de champignons contre des champignons pathogènes

- ***Trichoderma harzianum*** et ***T. polysporum*** contre:
 - *Botrytis cinerea* et *Rhizoctonia solani* , (BINAB® T Vector et BINAB® TF WP)
- ***Coniothyrium minitans*** contre:
 - *Sclerotinia sclerotiorum* et *S. minor*, (Contans WG)
- ***Ampelomyces quisqualis***:
 - Contre l'oïdium sur vigne, *Cucurbitaceae* et *Rosaceae* (AQ10, Intrachem)



Exemple de champignons contre des champignons pathogènes

- *Phlebiopsis gigantea* contre *Heterobasidion (Phomes) annosum* en sylviculture



- *Trichoderma spp.*, *Hypholoma fasciculare*, *Hypholoma sublateritium*, *Kuehneromyces mutabilis*, *Pleurotus ostreatus*, *Trametes versicolor* contre ***Armillaria spp.*** (7 espèces en Europe)



07/04/2010

Exemple de bactéries contre des bactéries pathogènes

- *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* ou *Pantoea agglomerans* contre:
- le feu bactérien (*Erwinia amylovora*)



Bloomtime Biological

(Northwest Agricultural Products, USA)



07/04/2010



Blossom Bless

(Neuseeland)

BlightBan C9-1

(NuFarms, USA)



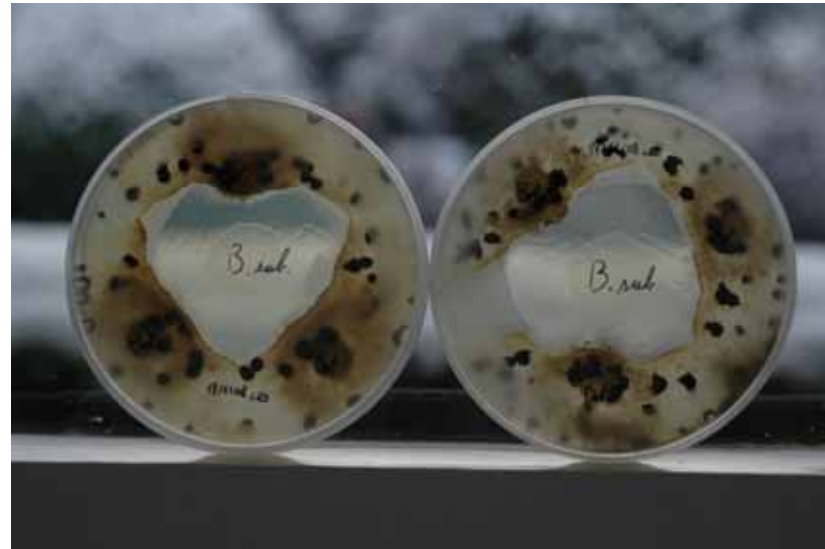
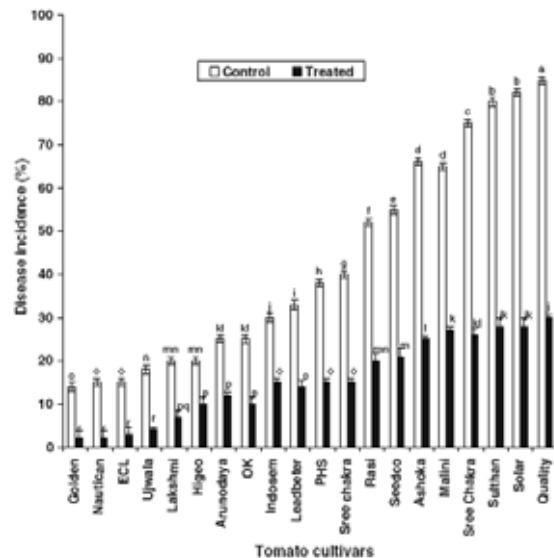
Exemple de bactéries contre des bactéries pathogènes

- *Pseudomonas fluorescens* contre *Ralstonia solanacearum* (fétrissement bactérien sur tomates)
- *Bacillus subtilis* (Serenade) contre *Botrytis cinerea*

692

S. C. Vanitha et al.

Fig. 2 Effect of seed treatments with *Pseudomonas fluorescens* on bacterial wilt incidence in tomato under greenhouse conditions. Values are the means of five replicates of all cultivars. The lines on each bar represents $\pm$ SE and the values in the bars followed by the same letter(s) are not significantly different according to analysis of variance (DMRT; $F = 622.92$, $df = 39, 80$, $P < 0.0001$)



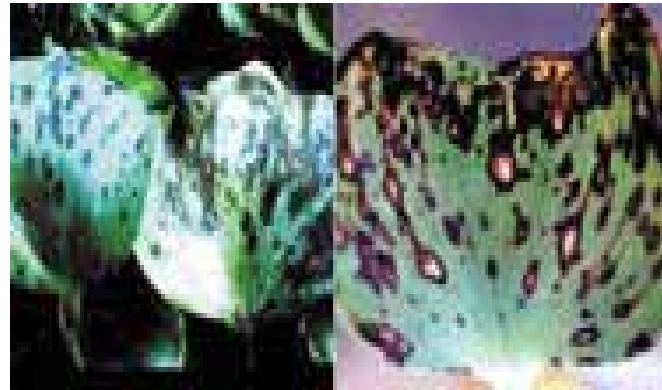
07/04/2010

Exemple de champignon contre des plantes adventices ou envahissantes

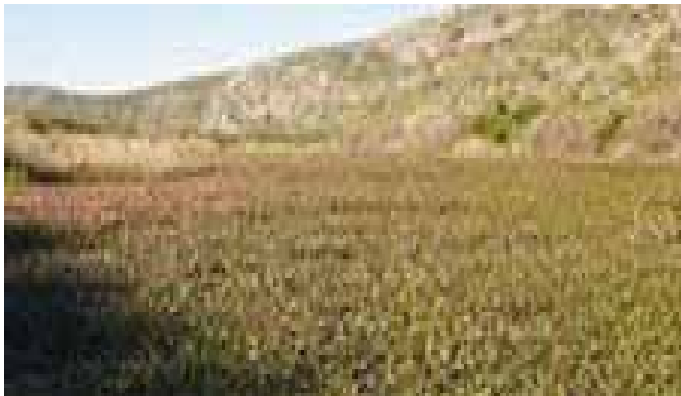
- *Cercospora piaropi* contre la jacinthe d'eau *Echhornia crassipes*



Tache typique de *Cercospora*

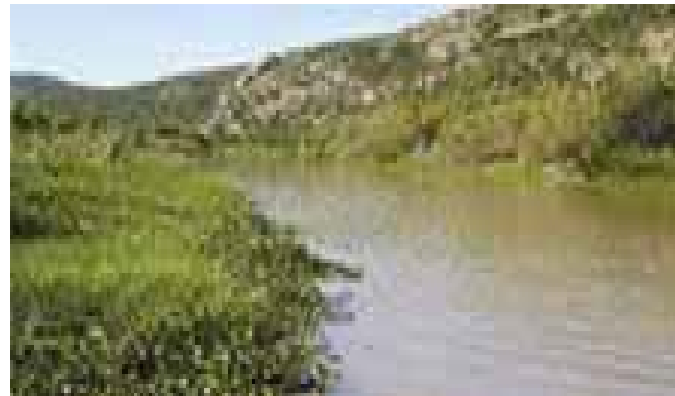


Cercospora piaropi sur
E. crassipes



07/04/2010

- Lac en Floride Juin 1982



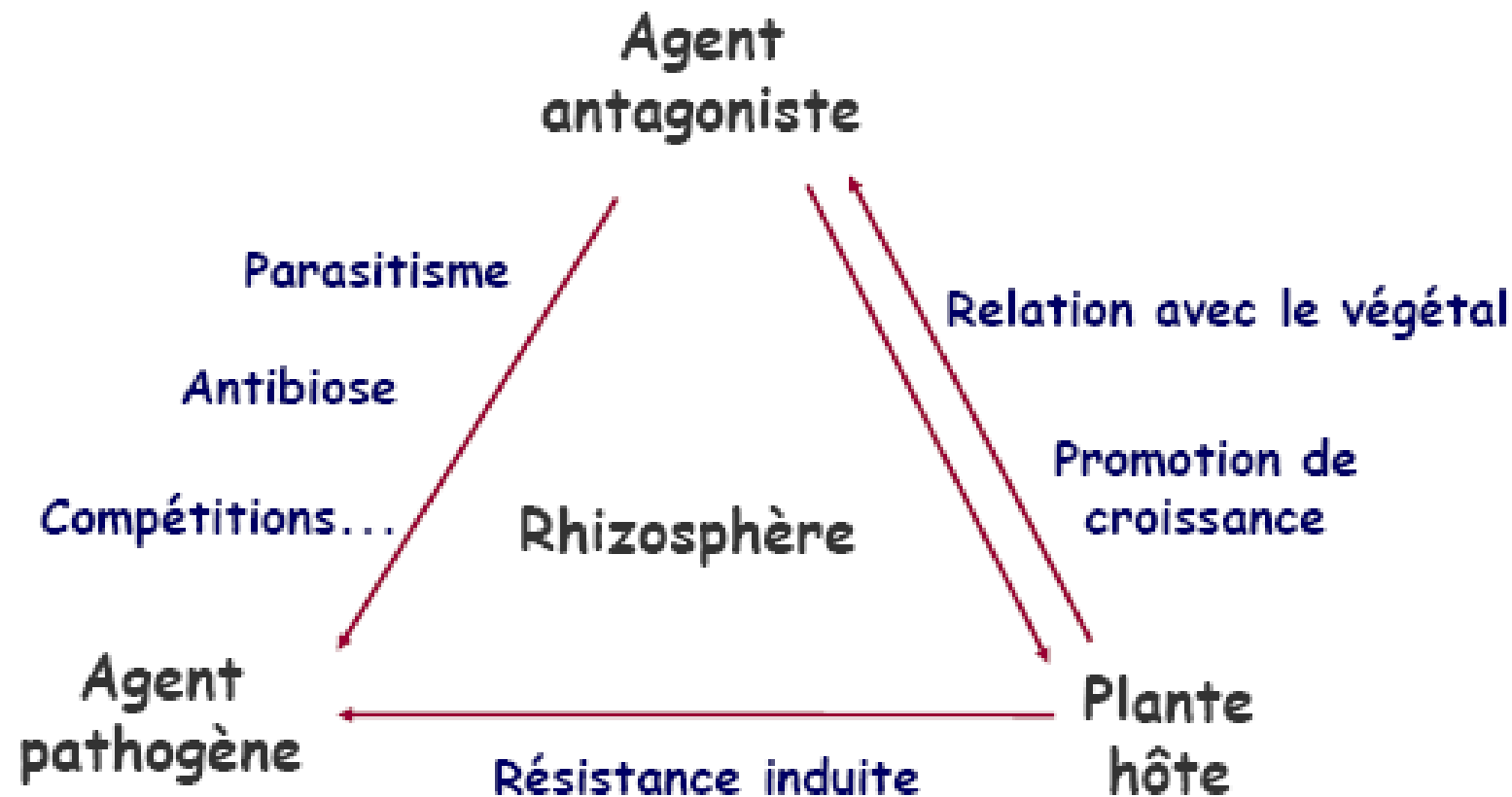
- Même lac en juin 1983

Modes d'action des agents de lutte microbiologique

- **Les modes d'action des agents de lutte:**
 - **Parasitisme**
 - **Antibiose (émissions d'antibiotiques et de toxines)**
 - **Compétitions trophiques**
 - **Induction de résistance**
 - **Occupation de niches écologiques (endosymbiose)**
 - **Induction de croissance des plantes**

LA LUTTE BIOLOGIQUE

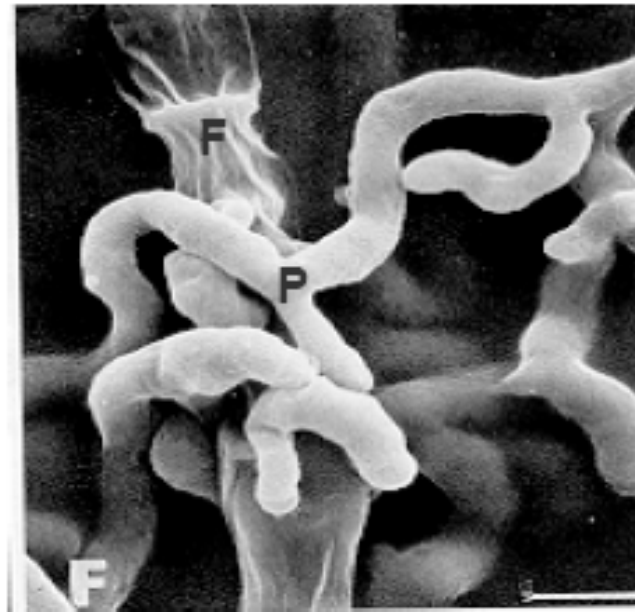
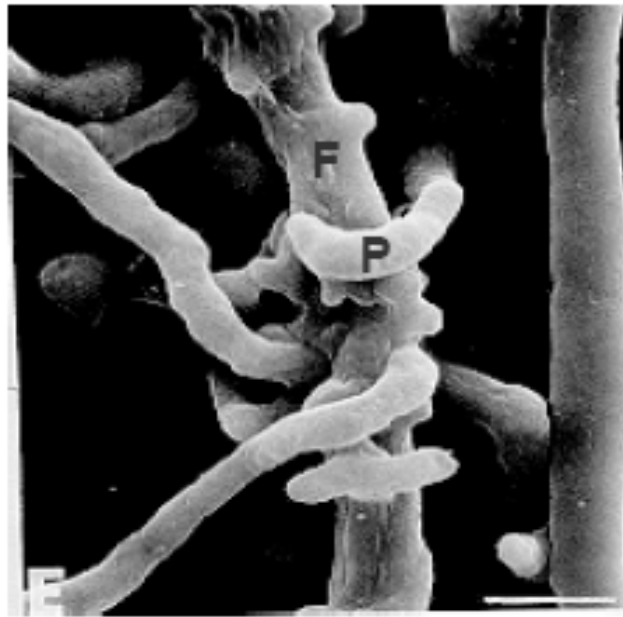
Relations dynamiques avec son environnement



Exemple de mycoparasitisme

Le mycoparasitisme chez *Pythium oligandrum*

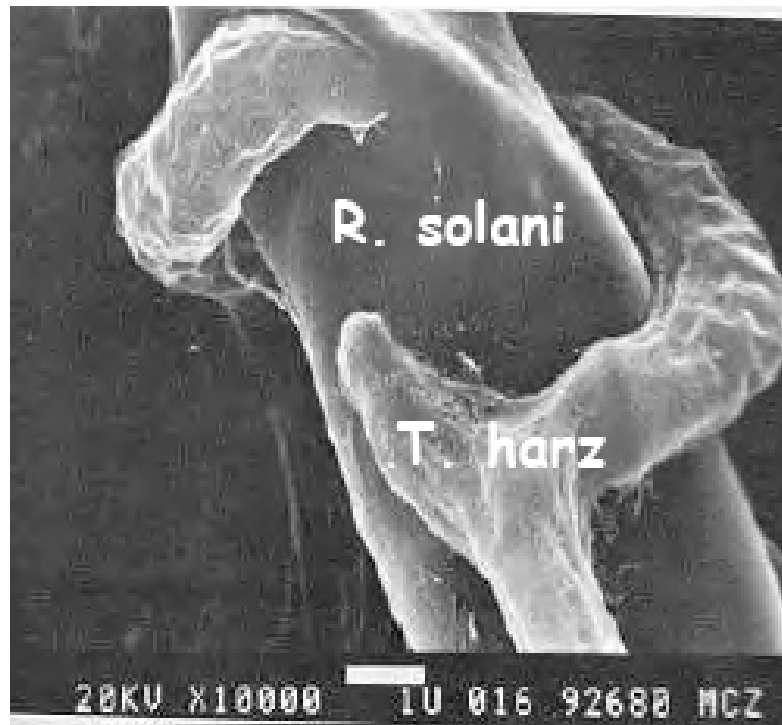
⇒ Hyphe de *P. oligandrum* parasitant un filament de *FORL*



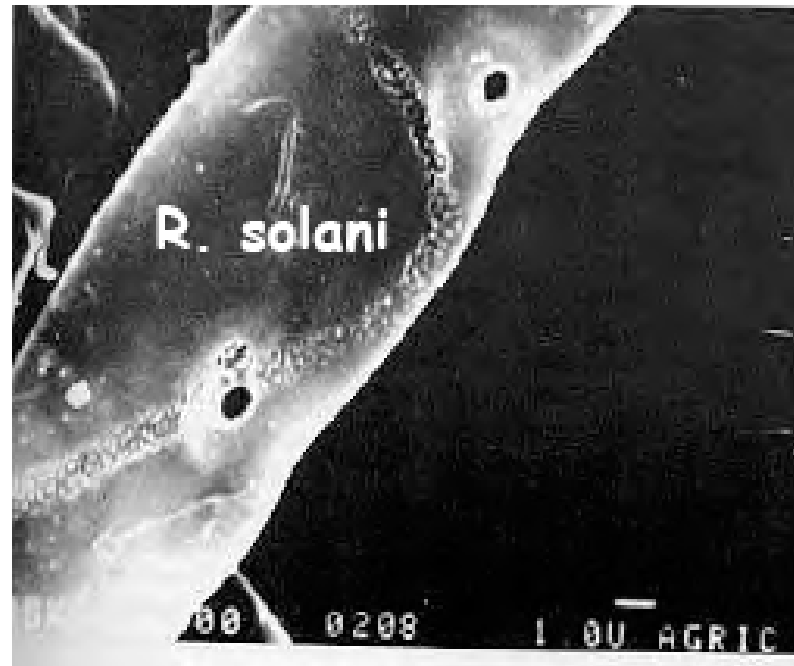
Benhamou et al., 1999, *Phytopathology*, 89, 506-517

Le mycoparasitisme chez *Trichoderma harzianum*

⇒ Émission de chitinases, glucanases, protéases...



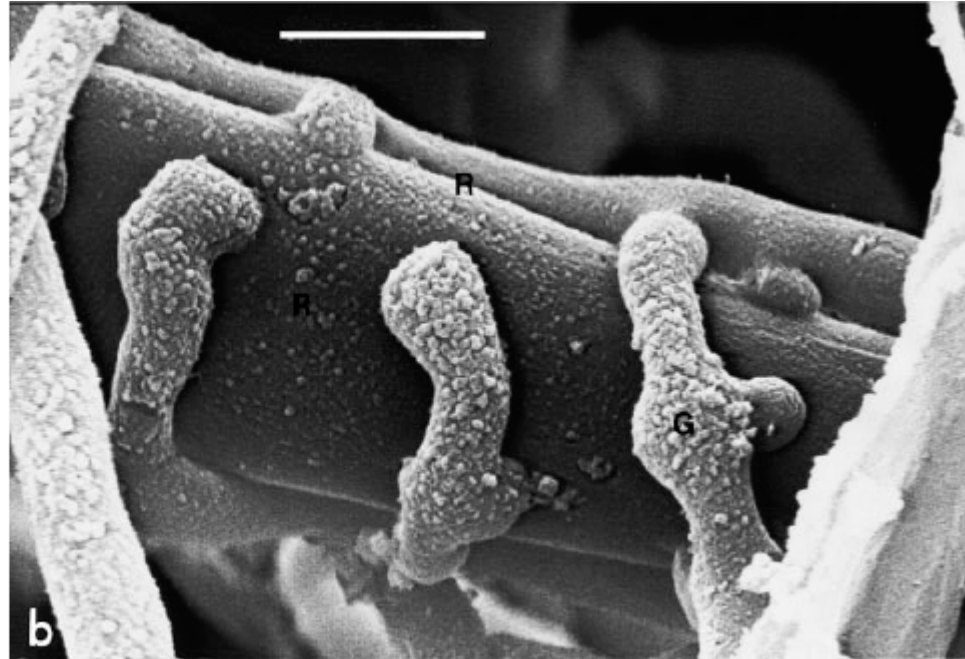
Hyphe de *T. harzianum* autour d'une hyphe de *Rhizoctonia solani*



Perforation par *T. harzianum* de l'hyphe de *R. solani*

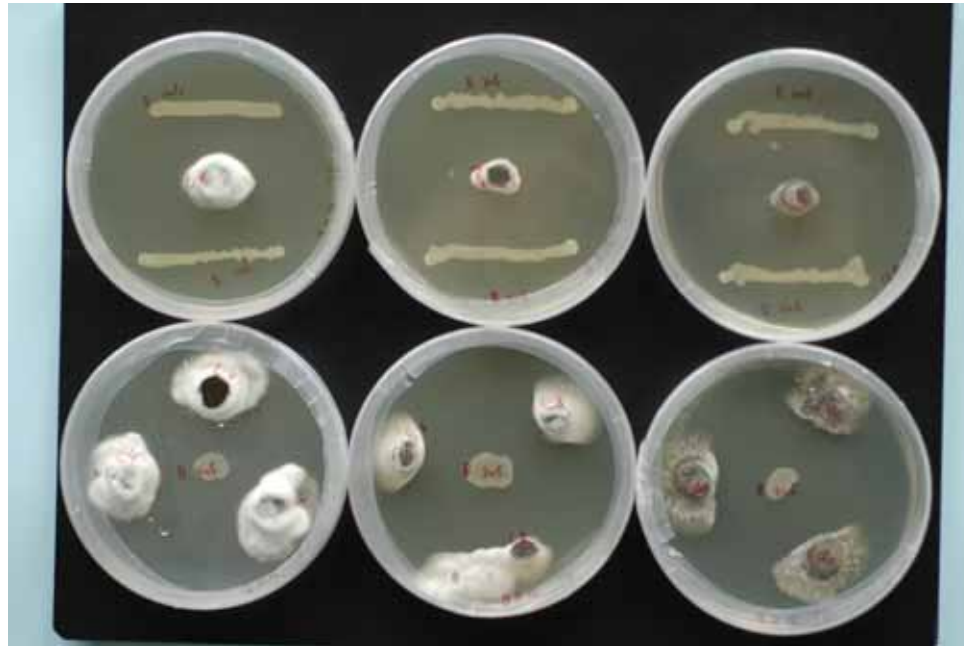
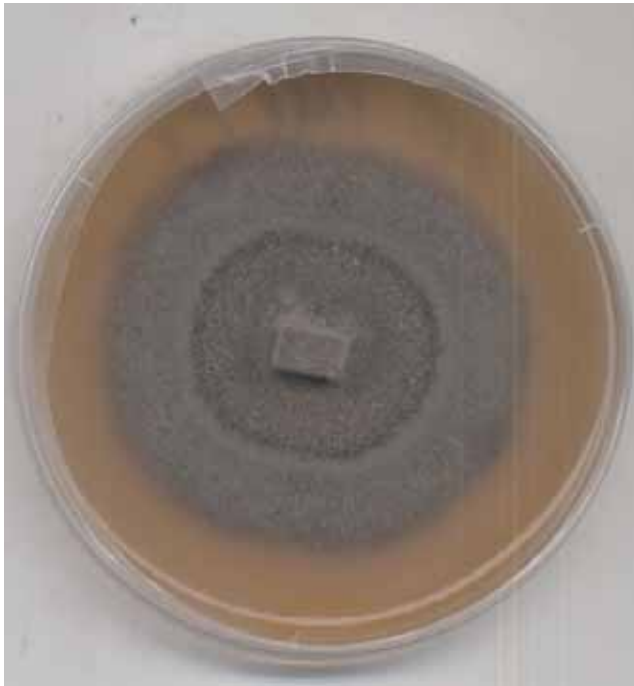
Exemple de parasitisme de *Gliocladium catenulatum* sur *Rhizoctonia solani*

Fig. 1 Scanning electron micrographs of the hyphal interaction between *Gliocladium catenulatum* and *Rhizoctonia solani* in dual culture on synthetic medium. (a) Hyphae of *G. catenulatum* growing along *R. solani*, branching and coiling around (arrows) the latter (Bar = 50 μ m). (b) Appressorium-like structures (G) of *G. catenulatum* attached to a hyphae of *R. solani* (R) (Bar = 5 μ m)



Exemples d'antibiose

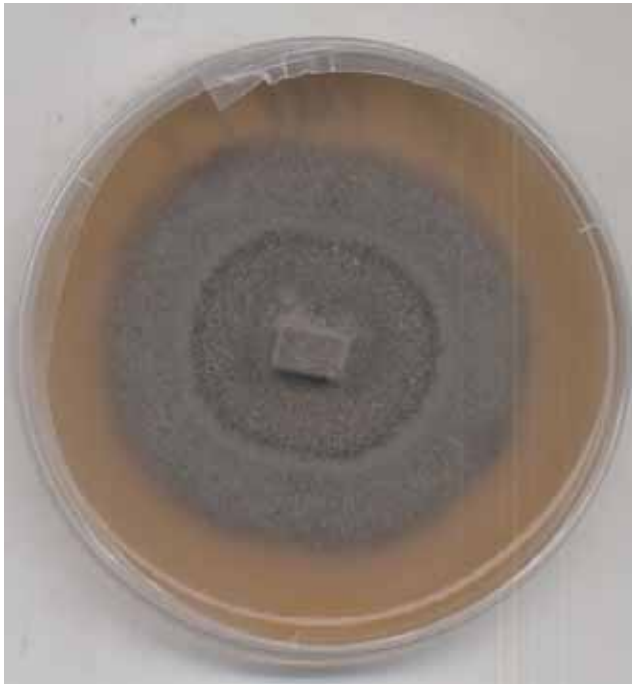
- bactérie un champignon *Ceratocystis platani*
- *Bacillus subtilis*



07/04/2010

Exemples d'antibiose

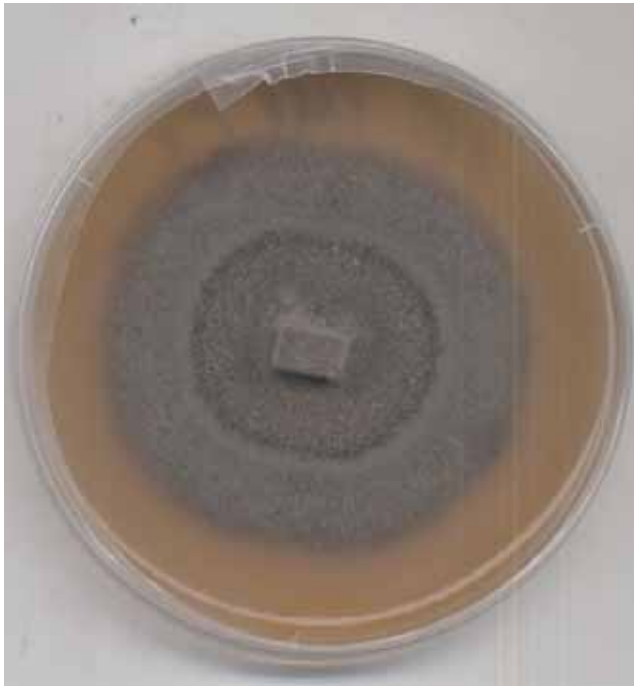
- Bactérie contre un champignon *Ceratocystis platani*
- *Pseudomonas viridiflava*



07/04/2010

Exemples d'antibiose

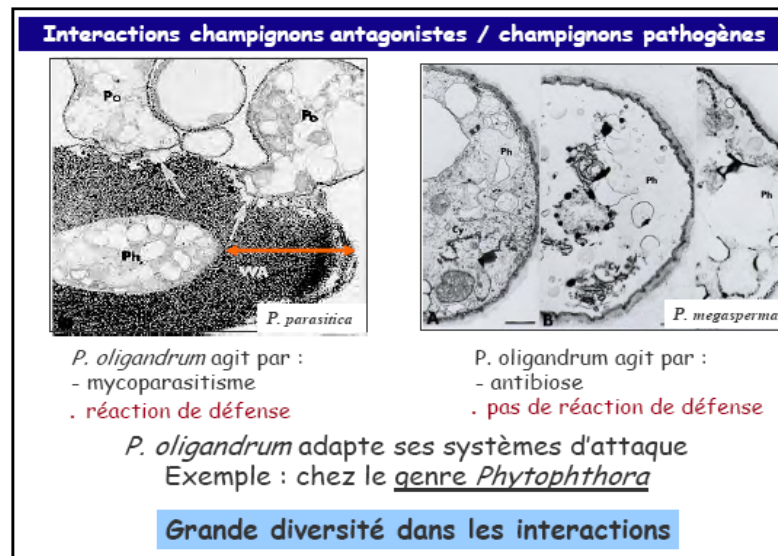
- Champignon contre un champignon *Ceratocystis platani*
- *Gliocladium catenulatum*



07/04/2010

Interactions champignons antagonistes / champignons pathogènes

- Suivant le champignon rencontré, l'antagoniste adapte son système d'attaque:
 - Mycoparasitisme
 - Et/ou antibiose
 - Et/ou compétition nutritive
- Mais le champignon pathogène peut aussi se défendre:



07/04/2010

Interactions champignons antagonistes / plantes

- Le champignon antagoniste peut en plus de ses propriétés désirables comme agent de lutte
 - établir une relation de symbiose avec la plante
 - favoriser la croissance de la plante (hormones)
 - Induire une résistance de la plante (éliciteurs)

Induction de croissance

- *Trichoderma* spp. (champignon) sur tomate

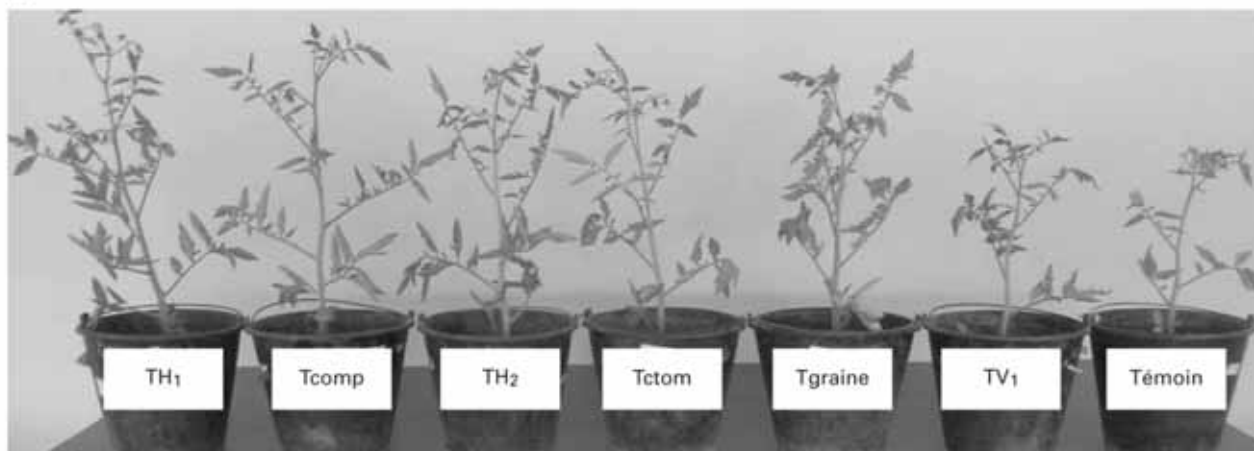
Tableau 1. Variation des paramètres de rendement des plants de tomate inoculés par différentes souches de *Trichoderma*

Traitement	Paramètres							
	Taille (cm)	Feuilles (nb/plant)	Feuilles attaquées ¹ (%)	Poids frais des pousses (g)	Poids sec des pousses (g)	Poids frais des racines (g)	Poids sec des racines (g)	Fleurs (nb/plant)
Témoin	38,83 d ²	10,33 b	22,42 a	15,30 d	2,46 d	5,53 e	0,56 d	4,33 c
TH ₁	56,66 a	13,66 a	0,00 b	42,90 a	7,53 a	16,80 a	1,53 a	14,33 a
TH ₂	52,00 bc	12,66 ab	0,00 b	32,20 c	5,56 b	13,73 b	1,30 ab	11,66 ab
Tcomp	54,16 ab	12,33 ab	0,00 b	38,23 b	8,03 a	10,83 c	1,07 bc	7,66 bc
Tctom	50,66 c	11,00 b	0,00 b	30,46 c	5,13 bc	7,96 de	0,87 c	8,00 bc
Tgraine	50,33 c	11,33 ab	5,80 b	30,50 c	4,43 c	10,06 cd	1,05 bc	7,66 bc
TV ₁	41,00 d	11,00 b	9,09 b	18,80 d	2,53 d	5,40 e	0,28 d	6,33 c

¹ Feuilles présentant des lésions ou des nécroses.

² Dans chaque colonne, les valeurs suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % selon le test de PPDS ou de comparaison planifiée.

A



(A) la croissance et le développement des plants de tomate;

Exemple de *Pythium oligandrum* contre *Botrytis cinerea* et *Phytophthora parasitica*

Induction de résistance systémique chez la plante



Botrytis cinerea



Plante témoin
Symptômes sur feuilles

Si application de *P. oligandrum*:
réduction de 50% des symptômes

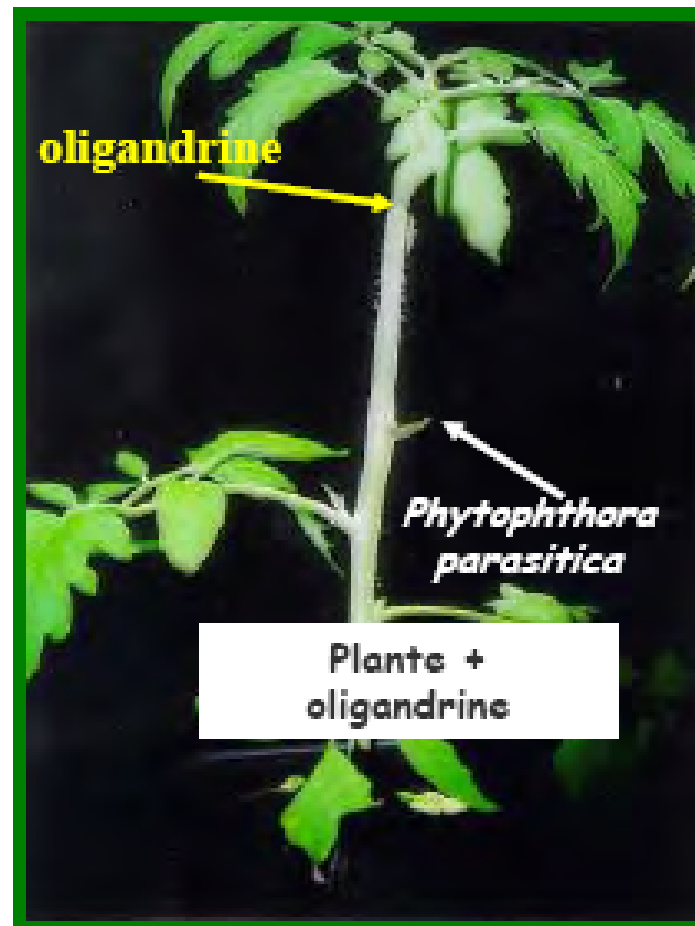
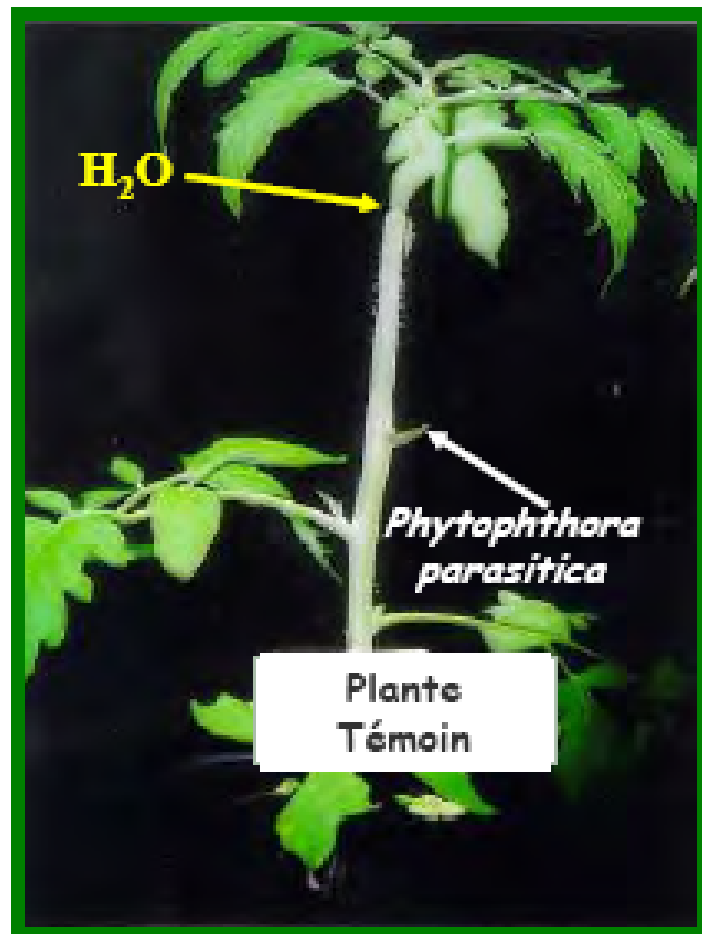


Pythium oligandrum

Le Floch et al., 2003, Agronomie, 23,1-6

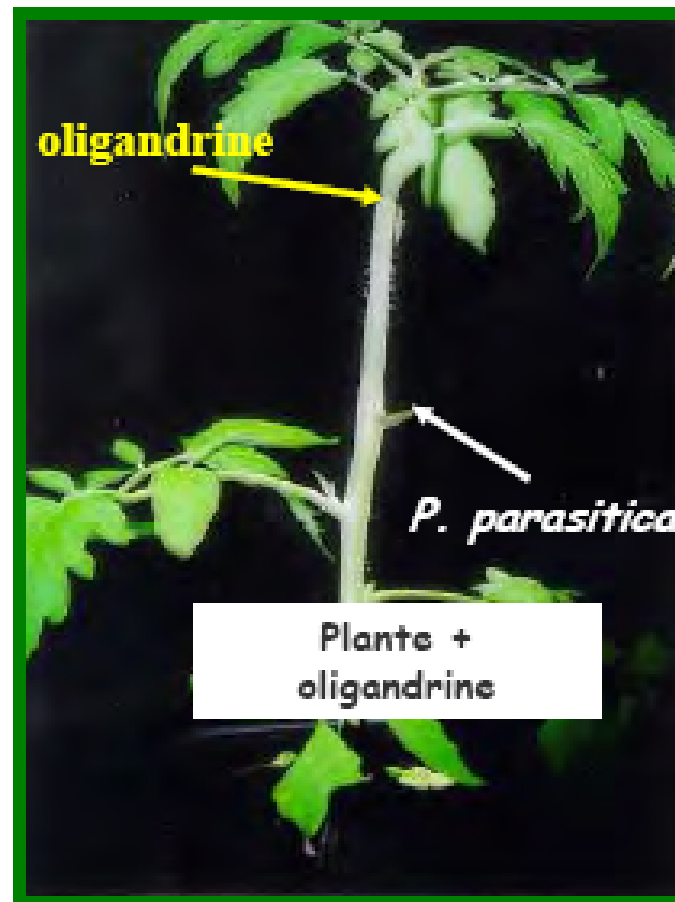
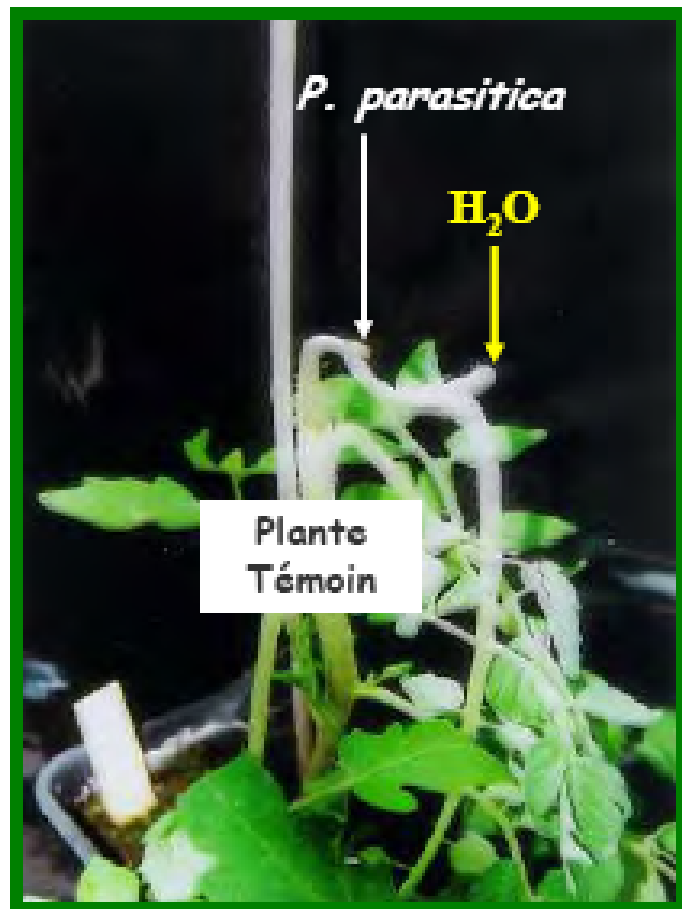
Induction de résistance chez la plante

Effet de l'oligandrine



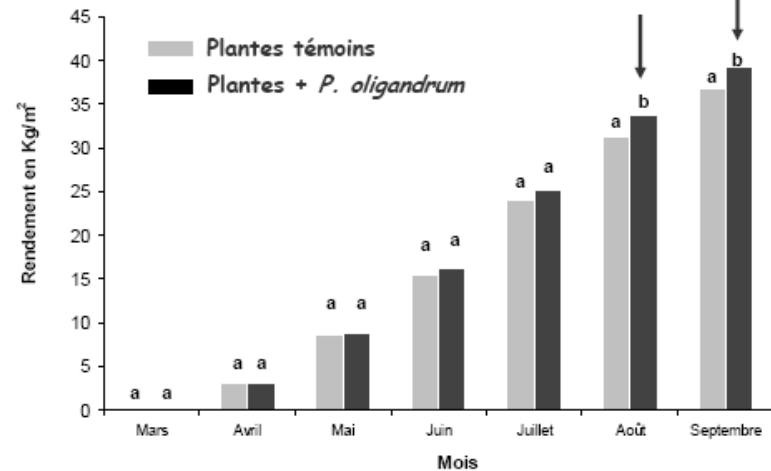
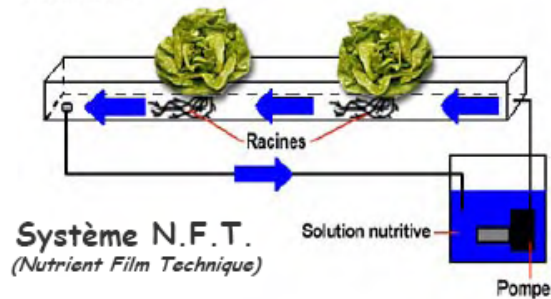
Induction de résistance chez la plante

Effet de l'oligandrine



Applications en serre et pépinières

Application d'agents
antagonistes en
serre hors-sol



Effet de la colonisation de racines de tomate
par *P. oligandrum* sur le rendement en fruits
 $P \geq 0.05$ Test de Student / (cv. Daniela)

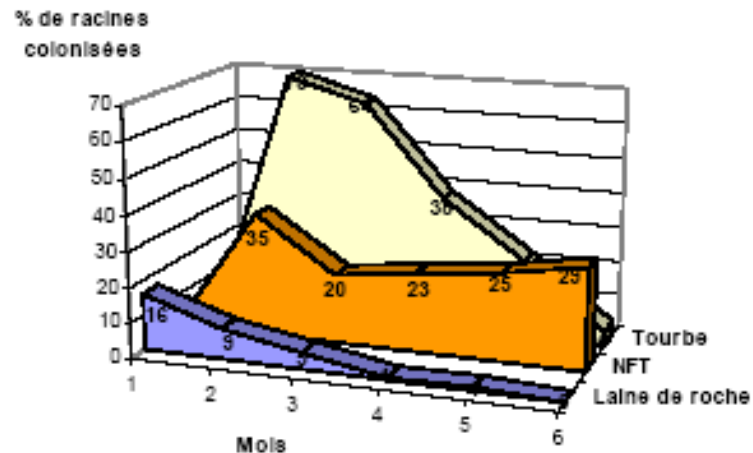
Le Floch et al., 2003, Agronomie, 23,1-6

07/04/2010

Applications en serre et pépinières

Application d'agents
antagonistes en
serre hors-sol

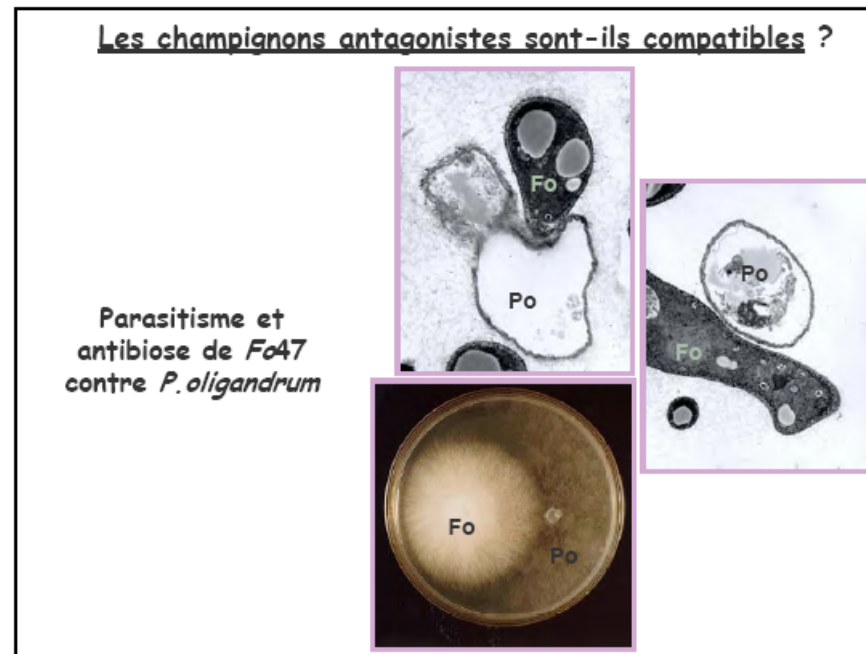
...les résultats ne sont pas
toujours aussi intéressants....



⇒ Colonisation hétérogène suivant
les substrats

Stratégies d'optimisation

- Combiner plusieurs souches d'une espèce de microorganisme antagonistes
- Combiner plusieurs espèces de microorganismes antagonistes ayant des modes d'action différents
 - Pour cela il faut tester les compatibilités des différentes espèces



07/04/2010

Stratégies d'optimisation

- Utiliser des espèces d'antagonistes possédant plusieurs cibles et plusieurs modes d'action
- Exemple: *Beauveria bassiana*, un champignon endosymbiotique combine activités entomophage et mycoparasite de champignons et oomycètes.
- Actif contre les champignons et oomycètes suivants
 - Gaeumannomyces graminis var. tritici*
 - Fusarium oxysporum*
 - Septoria nodorum*
 - Rhizoctonia solani*
 - Fusarium oxysporum f. sp. cepae*
 - Botrytis cinerea*
 - Pythium ultimum*
 - Pythium myriotylum*

07/04/2010

Stratégies d'intégration

- *Metarizhium anisopliae* versus fongicides
- Intégration d'agents de lutte microbiologique à la lutte chimique

Table 2 Impact of 17 fungicides registered for soil application in container-grown ornamentals on *M. anisopliae* (F52) mean (SD) spore germination and mycelial growth in vitro

Active ingredient ^a	Germination ^b	Mycelial growth (mm) ^b
Azoxystrobin	31.01 (17.75)*	1.12 (0.51)*
Captan	0.00 (0.00)*	4.51 (1.09)*
Dimethomorph	0.00 (0.00)*	3.06 (1.03)*
Etridiazole	95.33 (8.95)	13.22 (0.91)
Fludiox + mefanox	86.85 (7.02)	5.54 (1.18)*
Fludioxanil	92.95 (3.72)	5.09 (1.04)*
Fosetyl-AI	95.33 (9.05)	9.56 (4.50)*
Iprodione	95.45 (3.80)	1.18 (0.80)*
Mafanoxam	96.27 (6.29)	12.96 (1.53)
Phosphorus acid/K-salts	95.40 (11.02)	9.84 (4.37)*
Propamocard	95.59 (5.81)	14.83 (1.34)
Pyraclostrobin	0.00 (0.00)*	0.85 (0.58)*
Quintozene	97.66 (5.39)	6.50 (0.83)*
Thiophanate-methyl ^c	80.29 (7.94)*	0.44 (0.79)*
Thiophanate-methyl ^d	71.38 (15.39)*	1.12 (0.76)*
Triflozystrobin	81.03 (12.47)*	2.03 (0.83)*
Triflumizole	26.36 (20.21)*	0.93 (0.43)*
Control	94.27 (8.40)	13.63 (1.06)

^a See Table 1 for detailed information on each fungicide

^b Mean percentage spore germination or mm mycelial growth denoted with an (*) indicate that the value in the same column was significantly less than the untreated control ($P < 0.05$, general linear model procedure, SAS Institute 1999)

^c Cleary's 3336

^d Banrot 40WP

Stratégies d'intégration

- *Gliocladium catenulatum* versus fongicides
- Intégration d'agents de lutte microbiologique à la lutte chimique

Table 5
Effect of fungicides on mycelial growth of *Gliocladium catenulatum* on potato dextrose agar (PDA) amended with 1, 10, 100 or 1000 μg of active ingredient of fungicide/ml

Fungicide	Commercial rate ^a ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	Inhibition of mycelial growth (%)			
		1 $\mu\text{g}/\text{ml}$	10 $\mu\text{g}/\text{ml}$	100 $\mu\text{g}/\text{ml}$	1000 $\mu\text{g}/\text{ml}$
Etridiazole (Aaterra WP)	175	2 $\pm$ 1.6 ^b	6 $\pm$ 1.3	38 $\pm$ 2.6	76 $\pm$ 1.1
Fosetyl-aluminium (Alliette)	800–4000	5 $\pm$ 3.2	8 $\pm$ 2.2	13 $\pm$ 2.0	24 $\pm$ 0.8
Furalaxyl (Fongarid)	250–500	0	0	8 $\pm$ 1.0	17 $\pm$ 5.3
Propamocarb HCl (Filex)	1805–3610	0	0	0	0
Tolclofos-methyl (Basilex)	1000	16 $\pm$ 1.2	35 $\pm$ 1.6	48 $\pm$ 2.7	57 $\pm$ 0.7

^a Approximate commercial rates of active ingredient of fungicides assuming drenches/ m^2 of 2.5 g of Aaterra WP/5 l of water; 2.5–5 g of Aliette/1–5 l of water; 1–2 g of Fongarid/l of water; 10 ml of Filex/2–4 l of water; 2 g of Basilex/l of water; ^b Values are means $\pm$ sample SE of five replicate colony diameters measured after 10 days of growth at 20°C.

Problèmes des agents de lutte microbiologique ou des molécules biopesticides

- **Les problèmes sont:**
 - **La rémanence dans l'environnement (pour les molécules)**
 - **L'acquisition de virulence d'une espèce proche ou d'une souche virulente de la même espèce**
 - **Les risques pour l'environnement et le consommateur**
 - **Toxicité ou parasitisme sur espèces non cibles**
 - **Par conséquent des délais de traitement avant récolte**

Exemples

- Spinosad (Bioinsecticide)
- Bactérie actinomycète *Saccharopolyspora spinosa* (découverte dans un échantillon de sol des Caraïbes en 1982).
- Deux molécules sont ainsi obtenues : spinosyn A et spinosyn D. Ratio spinosyn A:D est de 85:15.
- Action par contact ou par ingestion (5 à 10 fois plus efficace que par simple contact). Le Spinosad cause chez l'insecte une excitation du système nerveux, mène à un arrêt de l'alimentation, une contraction musculaire involontaire puis à une paralysie.

Tableau 11. Utilisation du Spinosad sur différentes cultures à travers le monde

Emplacements	Cultures
Amérique du Sud	coton, tomate, soya, maïs, plantes ornementales et nectarine
Asie	coton, légumes, gazon, pêche et poire
Australie	légumes et coton
Canada	agrumes, gazon, tabac et céréales
États-Unis	agrumes, gazon, tabac et céréales
Europe	poivron, vigne et plantes ornementales

Exemples

- Spinosad (Bioinsecticide)
- Dégradation dans l'environnement

Tableau 8. La dégradation de Spinosad dans l'environnement

Transformation	Spinosyn A	Spinosyn D
Hydrolyse (demi-vie) (ARLA, 2001 ; Kollman, 2003)	200 jrs à 25°C, pH 9	259 jrs à 25°C, pH 9
Phototransformation en milieu aqueux, eau peu profonde (demi-vie)	0,96 jour (Kollman, 2003) 2 jours (ARLA, 2001)	0,84 jour (Kollman, 2003) 1 jour (ARLA, 2001)
Photolyse dans le sol (demi-vie) (Kollman, 2003)	8,68 jours	9,44 jours
Biotransformation aérobie dans le sol (demi-vie) (voie la plus importante)	17,3 jours (Kollman, 2003) 9 à 17 jrs à 25°C 24 à 43 jrs à 20°C (ARLA, 2001)	14,5 jours (Kollman, 2003) 15 jrs à 25°C 15 à 69 jrs à 20°C (ARLA, 2001)

Exemples

- Spinosad (Bioinsecticide)
- Risques pour l'environnement

Tableau 10. Risques pour les organismes non ciblés (ARLA, 2001)

Organisme	Étude	Risque
Colvert	Aiguë orale, alimentaire 8 jours	Aucun
Souris	Alimentaire 90 jours	Aucun
Rat	Aiguë orale	Aucun à modéré
	Alimentaire 2 ans	Aucun
Lombric	Aiguë 14 jours	Aucun
Abeille domestique	Contact 48 heures	Élevé
Prédateurs et parasites	Contact 24 heures	Modéré
	Orale 24 heures	Faible
Daphnia magna	48 heures	Faible
	21 jours	Élevé
Huître	96 h, dépôt coquille	Faible
Truite arc-en-ciel	96 heures	Aucun



Exemples

- Spinosad (Bioinsecticide)
- Spectre d'activité et recommandations de délais avant récolte (extrait)

Tableau 9. Utilisation de Spinosad dans différentes cultures (Dow AgroSciences 2003a; 2003b).

Cultures	Ravageurs	Dose recommandée max/année	Délai avant récolte
Pommiers	Tordeuse à bande oblique	182 ml/ha 546/ha/an	7 jours
Pommes de terre	Doryphore de la pomme de terre	83-166 ml/ha	7 jours
	Pyrale du maïs	249 ml/ha/an 146 ml/ha 249 ml/ha/an	7 jours
Légumes racines & tubercules (raifort, radis, daïkon, navet, rutabaga)	Fausse arpentuse du chou, piéride du chou, fausse-teigne des crucifères	182 ml/ha 546/ha/an	3 jours
Maïs sucré	Pyrale du maïs	83 ml/ha 166 ml/ha/an	7 jours 28 jrs fourrage non-ensilé
Légumes-feuilles sauf <i>Brassica</i> (roquette, cerfeuil, cresson, endive, laitue, persil, céleri, etc)	Arpentuse du chou, piéride du chou, fausse-teigne des crucifères	182 ml/ha 546/ha/an	1 jour
Légumes-fruits sauf cucurbitacées (aubergine, cerise de terre, poivron, pepino, piment du Chili, piment doux, tomatille, tomate)	Pyrale du maïs	83 ml/ha 166 ml/ha/an	1 jour
	Doryphore de la pomme de terre	83 ml/ha 249 ml/ha/an	1 jour
	Arpentuse du chou, piéride du chou, fausse-teigne des crucifères	182 ml/ha 546/ha/an	1 jour

Conclusion

❓ Les raisons de choisir la lutte microbiologique:



pratiques

- ▶ Efficacité molécules chimiques ↓
- ▶ Nombreuses Matières Actives =>
- ▶ Peu de nouvelles molécules disponibles
- ▶ Apparition de phénomènes de résistance



↳ économiques

- ▶ Coûts importants des pesticides chimiques
- ▶ Récolte parfois non commercialisable

↳ écologiques, environnementales

- ▶ Pollutions diverses
- ▶ Spectre d'action large
- ▶ Nuisibilité envers faune non pathogène
- ▶ Graves problèmes (Abeilles...)

↳ de santé ▶ Résidus pesticides dans l'alimentation et l'environnement (toxicité aiguë, chronique)

- ▶ Santé au travail => nombreuses pathologies chez agriculteurs

07/04/2010

Conclusion

- Nouvelle stratégie de gestion des espaces verts: La **gestion différenciée** des espaces verts en milieu urbain (=*gestion harmonique, gestion raisonnée durable, gestion évolutive durable, gestion raisonnable*
- Principaux **objectifs de la gestion différenciée** :
 - Rationaliser la gestion des espaces verts et l'affectation des ressources nécessaires
 - Améliorer la qualité de vie et d'usage en diversifiant les qualités paysagères
 - Restaurer, préserver et gérer l'environnement, en limitant les **pollutions** et en favorisant la diversification des milieux et des espèces.
 - **Objectif majeur:** développer les services écologiques rendu par les espaces verts ou milieux semi-naturels.
- ***La lutte microbiologique est particulièrement appropriée aux objectifs de la gestion différenciée et devrait en devenir une composante majeure dans le futur..***