

Phytoprotection



Utilisation d'une souche indigène de *Trichoderma harzianum* contre cinq agents pathogènes chez le concombre et la tomate de serre au Québec

Use of an indigenous strain of *Trichoderma harzianum* against five plant pathogens on greenhouse cucumber and tomato in Québec

J. Caron, L. Laverdière, P.O. Thibodeau and R.R. Bélanger

Volume 83, Number 2, 2002

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/706230ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/706230ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Société de protection des plantes du Québec (SPPQ)

ISSN

0031-9511 (print)

1710-1603 (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Caron, J., Laverdière, L., Thibodeau, P. & Bélanger, R. (2002). Utilisation d'une souche indigène de *Trichoderma harzianum* contre cinq agents pathogènes chez le concombre et la tomate de serre au Québec. *Phytoprotection*, 83(2), 73–87. <https://doi.org/10.7202/706230ar>

Article abstract

Trichoderma harzianum MAUL-20, a strain isolated from a soil in the province of Québec, was evaluated for its antagonistic potential against five plant pathogens (*Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (FORL), *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, and *Verticillium dahliae*) on greenhouse cucumber and tomato. It reduced disease incidence significantly against *P. ultimum* and *R. solani* on both cucumber and tomato and against FORL on tomato. In addition, *T. harzianum* MAUL-20 stimulated plant growth of cucumber plants when amended to a substrate without plant pathogens. Its efficacy was compared to that of Rootshield™, a biofungicide based on *Trichoderma harzianum* KRL-AG2 registered in the USA. Its biocontrol potential was equivalent or superior to Rootshield™.

La société de protection des plantes du Québec, 2002

This document is protected by copyright law. Use of the services of Érudit (including reproduction) is subject to its terms and conditions, which can be viewed online.

<https://apropos.erudit.org/en/users/policy-on-use/>

érudit

This article is disseminated and preserved by Érudit.

Érudit is a non-profit inter-university consortium of the Université de Montréal, Université Laval, and the Université du Québec à Montréal. Its mission is to promote and disseminate research.

<https://www.erudit.org/en/>

Utilisation d'une souche indigène de *Trichoderma harzianum* contre cinq agents pathogènes chez le concombre et la tomate de serre au Québec

Johanne Caron¹, Lucie Laverdière¹, Pierre O. Thibodeau²
et Richard R. Bélanger³

Reçu 2002-04-22; accepté 2002-07-23

PHYTOPROTECTION 83 : 73-87

Le potentiel antagoniste du biofongicide à base de *Trichoderma harzianum* MAUL-20, isolé au Québec, a été testé contre cinq agents telluriques phytopathogènes (*Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (FORL), *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum* et *Verticillium dahliae*) du concombre et de la tomate de serre. Le biofongicide a démontré une efficacité contre *P. ultimum* et *R. solani* chez le concombre et la tomate et contre FORL chez la tomate. De plus, *T. harzianum* MAUL-20 a eu un effet stimulant sur le développement des plants de concombre lorsque cultivés, sans agents pathogènes, dans un substrat organique alimenté du biofongicide. L'efficacité de *T. harzianum* MAUL-20 a été comparée à celle du biofongicide américain Rootshield™ (*Trichoderma harzianum* KRL-AG2) et le premier a démontré une activité antagoniste égale ou supérieure à celle de Rootshield™.

[Use of an indigenous strain of *Trichoderma harzianum* against five plant pathogens on greenhouse cucumber and tomato in Québec]

Trichoderma harzianum MAUL-20, a strain isolated from a soil in the province of Québec, was evaluated for its antagonistic potential against five plant pathogens (*Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (FORL), *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, and *Verticillium dahliae*) on greenhouse cucumber and tomato. It reduced disease incidence significantly against *P. ultimum* and *R. solani* on both cucumber and tomato and against FORL on tomato. In addition, *T. harzianum* MAUL-20 stimulated plant growth of cucumber plants when amended to a substrate without plant pathogens. Its efficacy was compared to that of Rootshield™, a biofungicide based on *Trichoderma harzianum* KRL-AG2 registered in the USA. Its biocontrol potential was equivalent or superior to Rootshield™.

-
1. Horti-Protection inc., 11 rue des Peupliers, Sainte-Hélène de Breakeyville (Québec), Canada G0S 1E1; courriel : hortipro@mediom.qc.ca
 2. Institut de Recherche et de Développement en Agroenvironnement, Complexe scientifique, 2700, rue Einstein, Sainte-Foy (Québec), Canada G1P 3W8
 3. Centre de Recherche en Horticulture, Département de Phytologie, Université Laval, Québec (Québec), Canada G1K 7P4

INTRODUCTION

La microflore et la microfaune utiles et nuisibles du sol sont très importantes et diversifiées à différents niveaux de profondeur dans le sol. La plupart des micro-organismes sont utiles, tandis que d'autres constituent de véritables ennemis et entravent le développement de la plante et de son système racinaire. Certains agents telluriques phytopathogènes du sol sont responsables d'importantes pertes de récoltes en causant diverses maladies dont : 1) pourriture des semences (*Fusarium* spp., *Pythium* spp., etc.), 2) fonte des semis (*Pythium* spp., *Sclerotinia* spp., etc.), 3) pourriture racinaire (*Fusarium* spp., *Phytophthora* spp., *Rhizoctonia* spp., etc.) et 4) flétrissement des plantes (*Fusarium* spp., *Verticillium* spp., etc.) (Agrios 1988; Anonyme 1992). Les pertes moyennes estimées par l'action de ces micro-organismes nuisibles sur les racines représentent environ 15 % de la production agricole (Agrios 1988) et, dans le cas de complexes d'agents pathogènes, des pertes allant jusqu'à 60 % ont été rapportées (Sippell *et al.* 1985). Pour réduire l'importance de ces ennemis, les producteurs ont souvent recours à tout un arsenal de pesticides (Jarvis 1993; Lumsden et Lewis 1989; Ole Becker et Schwinin 1993) et de fumigants (Chet et Baker 1981; Larkin et Fravel 1998) avec des résultats souvent mitigés (Besnard et Davet 1993; De Waard *et al.* 1993; Jarvis 1993) et des effets secondaires sur l'environnement et les organismes utiles parce que ces produits sont non sélectifs.

Les maladies racinaires sont complexes et difficiles à combattre parce que souvent initiées par les blessures causées par les insectes et nématodes nuisibles qui facilitent l'entrée et la progression des champignons. Cette situation conduit à une utilisation abusive de pesticides chimiques de synthèse, qui polluent inutilement, créent des conditions favorables au développement de la résistance des ennemis (insectes, nématodes et champignons) à ces produits et détruisent les organismes telluriques utiles (Harman 1992).

Plusieurs micro-organismes telluriques peuvent, par contre, avoir un effet bénéfique dans le contrôle des champignons pathogènes des racines et ainsi minimiser l'effet délétère des pesticides sur la rhizosphère (Adams 1990). La découverte de tels agents de lutte biologique et la démonstration de leur capacité à réduire l'incidence et la gravité des maladies ont tracé la voie à plusieurs recherches prometteuses (Alabouvette *et al.* 1993; Bélanger et Labbé 1994; Boland 1990; Lewis et Papavizas 1987). Dans ce contexte, une attention particulière a été portée aux champignons antagonistes, principalement à cause de leur potentiel à diminuer la densité de l'inoculum des champignons pathogènes (Dennis et Webster 1971b; Elad *et al.* 1982; Larkin et Fravel 1998; Lockwood 1988). Parmi les champignons antagonistes qui ont démontré un bon potentiel de lutte, *Trichoderma* spp. est sans contredit le plus rapporté dans la littérature (Elad *et al.* 1982; Harman 2000) ayant démontré des effets contre : *Pythium* (Bolton 1980; Chet *et al.* 1981; Clavet *et al.* 1993); *Phytophthora cinnamomi* Rands (Kelley 1976), *Rhizoctonia solani* Kühn (Elad *et al.* 1980; Lewis et Papavizas 1987; Windham *et al.* 1986); *Sclerotium rolfsii* Saccardo (Backman et Rodriguez-Kabana 1975), etc. Ces champignons pathogènes causent d'importants dégâts dans les cultures fruitières, légumières, serrioles et ornementales en s'attaquant particulièrement aux racines et au collet de ces cultures.

Trichoderma spp. est naturellement abondant dans le sol et la matière organique tels le bois mort ou en décomposition, les débris végétaux et la paille (Papavizas 1985; Sippell *et al.* 1985; Widden et Scattolin 1988). Les espèces de ce genre possèdent également des aptitudes à dégrader de nombreux substrats organiques du sol pour se nourrir et se développer ce qui suggère qu'elles peuvent survivre dans plusieurs niches écologiques (Papavizas 1985). Certains substrats vendus commercialement contiennent déjà de tels ingrédients organiques ce qui faciliterait le développement du champignon au sein de ces substrats. Alors que les produits de lutte biologique contre les maladies

tardent à s'implanter commercialement (Harman 2000), ceux développés contre les insectes ravageurs retrouvés en serre sont maintenant généralisés et performants (ex: *Amblyseius cucumeris* Oudemans [Acari : Phytoseiidae], *Encarsia formosa* Gahan [Hymenoptera : Aphelinidae], *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot [Acari : Phytoseiidae], etc.) (Brodeur et al. 1997; Cook 1993; Gill et Sanderson 1998).

Lors de travaux précédents, Caron (1993) a évalué le potentiel antagoniste de 142 souches indigènes de *Trichoderma* isolées à partir de sols provenant de différentes régions agricoles du Québec. De toutes ces souches, *Trichoderma harzianum* Rifai MAUL-20 fut la souche retenue en raison de son développement adapté aux conditions climatiques observées dans les serres au Québec. Son fort potentiel antagoniste contre *Botrytis cinerea* Pers.:Fr., un champignon pathogène des organes aériens de la tomate, a été démontré sur des plants cultivés en serre au Québec (Caron, résultats non publiés). Les résultats prometteurs obtenus incitaient à explorer une autre facette de son potentiel soit la lutte contre les agents pathogènes présents dans les substrats. L'objectif général de cette étude était d'évaluer le potentiel antagoniste de *T. harzianum* MAUL-20 contre plusieurs champignons pathogènes des substrats en cultures de concombre et de tomate.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Champignons pathogènes

Les champignons pathogènes utilisés dans cette recherche incluaient des souches de *Fusarium oxysporum* Schlecht. ex Fries f. sp. *radicis-lycopersici* W.R. Jarvis & Shoemaker (FORL), *Rhizoctonia solani* (AG-3), *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, *Verticillium dahliae* Kleb. et *Pythium ultimum* Trow. Les quatre premiers champignons ont été maintenus sur un milieu gélosé à base de pomme de terre (PDA, Difco, Détroit, MI) tandis que *P. ultimum* a été cultivé sur le milieu P₅ARP (17 g Cornmeal agar (Difco), 0,005 g de pimarinine (Sigma, St-Louis, MO), 0,25 g d'ampi-

cilline (Sigma), 0,010 g de rifampicine (Sigma), 0,100 g de pentachloronitrobenzène (PCNB) (Sigma) et 800 mL d'eau distillée par litre) (Jeffers et Martin 1986). Les souches de FORL, *R. solani* et *V. dahliae* ont été fournies par M. Mario Tésolin du laboratoire de diagnostic en phytoprotection du ministère de l'Agricultures, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MA-PAQ); *P. ultimum* a été obtenu de Horti-Protection inc. et *S. sclerotiorum* de Mme Sylvie Rioux du Centre de recherche sur les grains inc. (CEROM).

Champignons antagonistes

L'agent de lutte biologique *Trichoderma harzianum* MAUL-20 a été isolé du sol provenant de la région agricole de l'Assomption au Québec. Cette souche fait partie d'une banque québécoise de 142 souches de *Trichoderma*. *Trichoderma harzianum* MAUL-20 a été maintenu sur un milieu PDA par des repiquages réguliers.

Le biofongicide Rootshield™ (BioWorks Inc., Geneva, NY) a été fourni par le Dr C. Hayes de la compagnie BioWorks Inc., pour fins de recherche. Ce biofongicide à base de *Trichoderma harzianum* KRL-AG2 (souche T-22) est homologué et commercialisé aux États-Unis pour les cultures en serre, l'industrie des gazons et les cultures légumières de champ. Il a, entre autres, une activité antagoniste rapportée contre *Pythium*, *Rhizoctonia* et *Fusarium* (Harman 2000).

Production des inocula

Les inocula de *Trichoderma harzianum* MAUL-20 et des cinq champignons pathogènes ont tous été produits en masse dans des plateaux en aluminium pré-stérilisés (52.71 cm x 32.39 cm x 3.81 cm) (Alcan Aluminium Ltée, Montréal, Canada), munis d'un couvercle, et contenant 675 mL de milieu spécifique à chacun des organismes étudiés.

L'inoculum de *T. harzianum* MAUL-20 a été produit sur un milieu V-8 contenant par litre de milieu, 200 mL de jus V-8 non modifié (Les Soupes Campbell Ltée, Ontario, Canada), 3 g de CaCO₃ (Les Produits chimiques Omega inc., Québec), 8 g d'agar (Difco) et 800 mL d'eau distillée. Le milieu a été auto-

clavé 30 min, refroidi à 42°C, puis ensemencé avec une suspension sporale de *T. harzianum* MAUL-20 (2×10^{11} cfu mL⁻¹). Ce milieu a été versé dans les plateaux d'aluminium et incubé 6 j à 22 ± 2°C, à la noirceur. Les spores ont été récoltées en grattant la surface de la culture préalablement inondée d'eau distillée stérile et la suspension a été homogénéisée dans un mélangeur domestique (Osterizer, Sunbeam, Canada) pendant 1 min et ensuite mélangée à de l'argile brune (Les revêtements en poudre Permalux inc., Montréal, Québec) (4:1 w:v). La formulation a été lyophilisée dans des plateaux en acier inoxydable (Virtis, Gardiner, NY) pendant 48 h à -60°C, moulue, ensachée et mise sous vide. Le produit final titrait en moyenne 1×10^8 spores de *T. harzianum* g⁻¹ de poudre inoculante.

Le biofongicide Rootshield est disponible commercialement aux États-Unis sous forme de poudre mouillable. Il a été appliqué au substrat à la concentration recommandée par le fabriquant (1,15 %; $1,0 \times 10^7$ cfu g⁻¹).

La production du *V. dahliae* et de FORL a été réalisée sur un milieu PDA et incubée 7 j à 22 ± 2°C. Les spores furent récoltées, mélangées à l'argile brune et traitées tel que décrit pour *T. harzianum* MAUL-20. La concentration en spores de la formulation finale des deux champignons se situait autour de 1×10^7 spores g⁻¹.

La production d'inoculum de *R. solani* et *S. sclerotiorum* a été réalisée sur milieu PDBroth⁺⁺: 24 g de PDBroth (Difco) et 8 g d'agar (Difco) par litre et incubée 5 j dans le noir, à 22 ± 2°C. La culture entière fut homogénéisée à l'aide d'un mélangeur domestique pendant 1 min et la concentration finale de propagules (fragments d'hyphes et de cellules monilioides dans le cas de *R. solani* et fragments d'hyphes et de sclérotés pour *S. sclerotiorum*) a été évaluée à l'aide d'un hémacytomètre (C.A. Hausser and son, Philadelphie, PA) et ajustée à 1×10^3 propagules mL⁻¹, par dilution dans de l'eau distillée stérile. L'inoculum a été utilisé immédiatement.

L'inoculum de *Pythium* a été produit de la même façon que celui de *T. harzianum* MAUL-20, sauf que la suspension de *P. ultimum* (30 mL) fut étalée à la surface du milieu gélosé pré-refroidi plutôt qu'intégré au milieu tiédi. L'incubation a duré 7 j à 22 ± 2°C. La culture entière a été broyée et homogénéisée au mélangeur domestique durant 1 min et la concentration finale de propagules (spores et fragments d'hyphes) ajustée avec l'hémacytomètre à 1×10^3 propagules mL⁻¹, par dilution avec de l'eau distillée stérile. L'inoculum a été utilisé immédiatement.

Essais en serre

Tous les essais en serre ont été réalisés sous les conditions suivantes : **1)** Cultures de plants de concombre (*Cucumis sativus* L. cv. Revenue) et de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Beefmaster) en caissettes de styromousse (16,5 cm x 29,2 cm x 7,6 cm) contenant 2 L (400 g) de substrat PRO-MIX "PGX" (Premier Horticulture ltée, Rivière-du-Loup, Québec); **2)** Ensemencement de 12 graines par caissette; **3)** Durée de culture en serre de 30 j à 22 ± 2°C (jour) et 18 ± 2°C (nuit) avec une photopériode de 16:8 L:N, une irrigation journalière (2 min (80 mL d'eau), deux fois par j) et une fertilisation hebdomadaire N-P-K (20-20-20); **4)** Le pourcentage de germination, la hauteur et le poids frais de la partie aérienne des plantes ont été déterminés après 30 j de croissance en serre.

Effet de la concentration en spores de *Trichoderma harzianum* MAUL-20 sur le concombre et la tomate

Des concentrations de 0, 10⁴, 10⁵, 10⁶ et 10⁷ spores de *T. harzianum* MAUL-20 g⁻¹ de sol ont été introduites en mélange au substrat PRO-MIX "PGX" afin de déterminer la quantité optimale requise pour assurer la protection du système racinaire des plants de concombre et de tomate et pour vérifier la possibilité d'effets négatifs sur la croissance des plantes utilisées. Le témoin était composé des plantes sensibles semées directement dans le substrat. Chaque traitement a été répété trois fois.

Activité antagoniste de *Trichoderma harzianum* MAUL-20 contre cinq champignons telluriques phytopathogènes

L'action des différents champignons pathogènes et de l'agent de lutte biologique *T. harzianum* MAUL-20 a été évaluée en serre expérimentale sur le concombre et la tomate. L'expérience comportait 12 traitements pour chaque espèce : les agents pathogènes *R. solani* (Rs), *V. dahliae* (Vd), *S. sclerotiorum* (Ss), FORL et *P. ultimum* (Pu) inoculés avec (+) ou sans (-) *T. harzianum* et deux témoins composés de plantes sensibles semées directement dans le substrat en absence d'agents pathogènes avec (Tem+) ou sans (Tem) *T. harzianum* MAUL-20. Chaque traitement a été répété trois fois.

Dans les traitements concernés, *T. harzianum* MAUL-20 a d'abord été incorporé au substrat PRO-MIX "PGX" et laissé au repos pendant deux semaines afin de permettre sa multiplication. La quantité d'inoculum de *T. harzianum* MAUL-20 a été calculée de façon à obtenir 1×10^6 propagules g^{-1} de substrat. Seule une irrigation suffisante a été maintenue (2 min, deux fois par j). Après 2 semaines d'incubation, chaque champignon pathogène a été ajouté en mélange au substrat au taux de 1×10^3 propagules g^{-1} de substrat et les plantes ont été semées. Les conditions de croissance en serre ont été décrites ci-dessus.

Un index visuel arbitraire de la gravité de la maladie (IGM) a également permis d'évaluer le flétrissement, la pourriture racinaire et les nécroses sur chaque plante. Les plantes ont été notées sur une échelle de 1 à 10 selon leur apparence (flétrissement, jaunissement des tiges et des feuilles, pourriture racinaire, fonte des semis, etc.) où 1 représente un plant sain et 10 un plant mort.

Comparaison de l'activité biologique de *Trichoderma harzianum* MAUL-20 et du biofongicide Rootshield™

La performance de *T. harzianum* MAUL-20 a été comparée à la souche commerciale Rootshield™ homologuée aux États-Unis, contre les cinq champignons pathogènes étudiés. Les agents pathogènes *R. solani* (Rs), *V. dahliae* (Vd), *S. sclerotiorum* (Ss), FORL et *P. ultimum* (Pu) ont été inoculés soit avec *T. harzianum* MAUL-20 (20) ou Rootshield (Ro) et trois témoins composés de plantes sensibles semées directement dans le substrat : (i) en absence de *Trichoderma* (Tem), (ii) en présence de *T. harzianum* MAUL-20 (20), et (iii) en présence de Rootshield (Ro). Chaque traitement comportait trois répétitions.

Les deux biofongicides ont d'abord été mélangés au substrat PRO-MIX "PGX" et laissés au repos pendant 2 semaines afin de permettre leur multiplication. La quantité d'inoculum de *T. harzianum* MAUL-20 a été calculée de façon à obtenir 1×10^6 propagules g^{-1} de substrat tandis que Rootshield™ a été appliqué à une concentration de 1×10^7 propagules g^{-1} de substrat, tel que recommandé sur l'étiquette. Seul un arrosage adéquat a été maintenu (2 min, deux fois par j). Deux semaines plus tard, chaque agent pathogène a été introduit en mélange au substrat et les plantes ont été semées. Pour tous les agents pathogènes, la concentration sporale inoculée au substrat a été ajustée à 1×10^3 propagules g^{-1} de substrat.

Statistiques

Les dispositifs expérimentaux étaient des plans en blocs aléatoires complets. L'analyse statistique a été faite avec une procédure générale des modèles linéaires avec SAS (version 6.08) (SAS inc., Cary, NC). Les données en pourcentage ont été traitées avec la transformation arcsin et le poids frais de la partie aérienne avec une transformation racine carrée avant les analyses. Les moyennes ont été séparées selon la méthode LSD de Fisher ($P < 0.05$).

RÉSULTATS

Effet de la concentration en spores de *Trichoderma harzianum* MAUL-20 sur le concombre et la tomate

La concentration en spores de *T. harzianum* MAUL-20 dans le substrat n'a pas influencé le pourcentage de germination des plants de concombre (Tableau 1). Par contre, chez la tomate, la plus forte concentration (10^7 cfu g⁻¹) a amélioré la germination des plantes. Au niveau de la hauteur et du poids frais de la partie aérienne des plantes, les concentrations 10^5 cfu g⁻¹ et supérieures ont toutes significativement bonifié ces variables et ce, tant chez le concombre que la tomate (Tableau 1).

Activité antagoniste de *Trichoderma harzianum* MAUL-20 contre cinq champignons telluriques phytopathogènes

L'effet des agents pathogènes FORL, *P. ultimum*, *R. solani*, *S. sclerotiorum* et *V. dahliae* sur la germination des graines de concombre et de tomate a été déterminé après 30 j de croissance en serre. Le pourcentage de germination tient compte des cas de fonte des semis en pré et post-émergence. Chez le concombre, seul *S. sclerotiorum* (Ss-) a réduit de façon significative la germination des plants (Fig. 1 A). En ce qui concerne la hauteur et le poids frais de

la partie aérienne, la présence de *T. harzianum* a amélioré les valeurs des deux variables dans les traitements témoin, Fo+, Pu+ et Rs+ (Fig. 1 B et C). Par contre, lorsque comparé au Tem, la présence d'agents pathogènes (cas -) a significativement réduit la hauteur, le poids frais de la partie aérienne et augmenté l'index de la gravité de la maladie des plants sauf dans les cas de Fo- (ce champignon n'étant pas pathogène chez le concombre) et dans le cas de Ss- (index de la gravité de la maladie) (Fig. 1 B - D).

Chez la tomate, seuls les traitements avec *P. ultimum* (Pu-) et *S. sclerotiorum* (Ss-) ont significativement affecté la germination des plants (Fig. 2 A). Concernant la hauteur et le poids frais de la partie aérienne, la présence de *T. harzianum* a amélioré les valeurs des deux paramètres de croissance dans les traitements Fo+, Pu+ et Rs+ (Fig. 2 B et C). Par contre, l'index de la gravité de la maladie a démontré un effet positif de *T. harzianum* contre tous les agents pathogènes sauf dans le cas de Fo+ (Fig. 2 D). Lorsque comparé au Tem, la présence d'agents pathogènes (cas -) a significativement réduit la hauteur, le poids frais de la partie aérienne et augmenté l'index de la gravité de la maladie des plants sauf dans le cas de Fo- (Fig. 2 B - D).

Tableau 1. Effet de la concentration en spores de *Trichoderma harzianum* MAUL-20 sur la croissance de plants de concombre et tomate

Concentration (cfu g ⁻¹)	Pourcentage de germination		Hauteur (cm)		Poids frais de la partie aérienne (g)	
	Concombre	Tomate	Concombre	Tomate	Concombre	Tomate
10^0	96 a ^a	87,5 a	5,38 a	4,57 a	13,24 a	3,39 a
10^4	100 a	91,5 ab	5,65 a	4,94 a	14,41 a	3,94 a
10^5	100 a	95,8 ab	6,06 b	5,45 b	16,13 b	4,33 ab
10^6	100 a	96,0 ab	6,46 c	5,80 b	16,63 b	5,62 b
10^7	100 a	98,0 b	7,05 d	6,64 c	18,39 c	8,91 c

^a Pour une même colonne, les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes à un seuil de 0.05, selon le test LSD de Fisher.

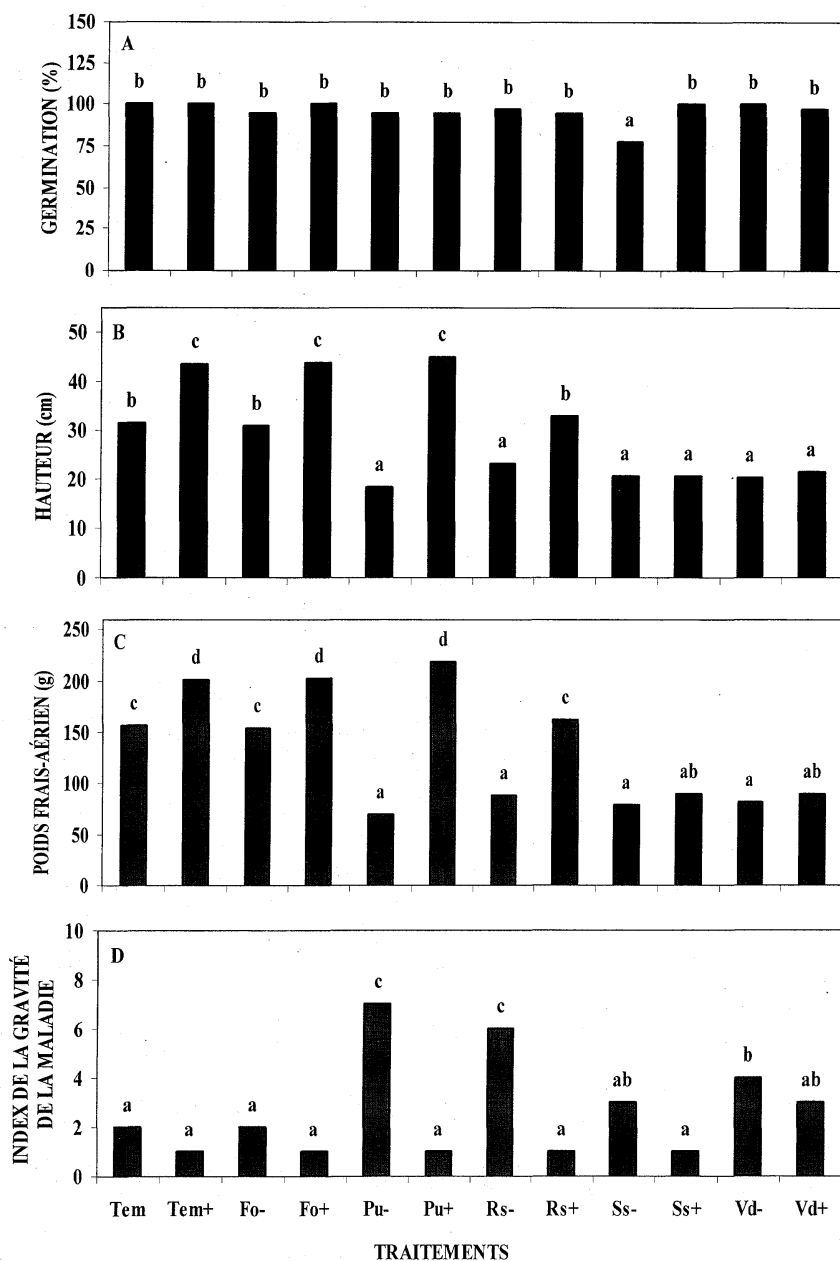


Figure 1. Effet de *Trichoderma harzianum* MAUL-20 sur (A) le pourcentage de germination, (B) la hauteur, (C) le poids frais de la partie aérienne et (D) l'indice de la gravité de la maladie des plants de concombre lorsqu'ils sont confrontés à divers agents pathogènes. Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes à un seuil de 0.05, selon le test LSD de Fisher. **Tem** = Substrat + plante; **Tem +** = Substrat + *Trichoderma harzianum* MAUL-20 + plante; **Fo** = *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*; **Pu** = *Pythium ultimum*; **Rs** = *Rhizoctonia solani*; **Ss** = *Sclerotinia sclerotiorum*; **Vd** = *Verticillium dahliae*; - = présence de l'agent pathogène dans le substrat; + = présence de l'agent pathogène et de *Trichoderma harzianum* MAUL-20 dans le substrat.

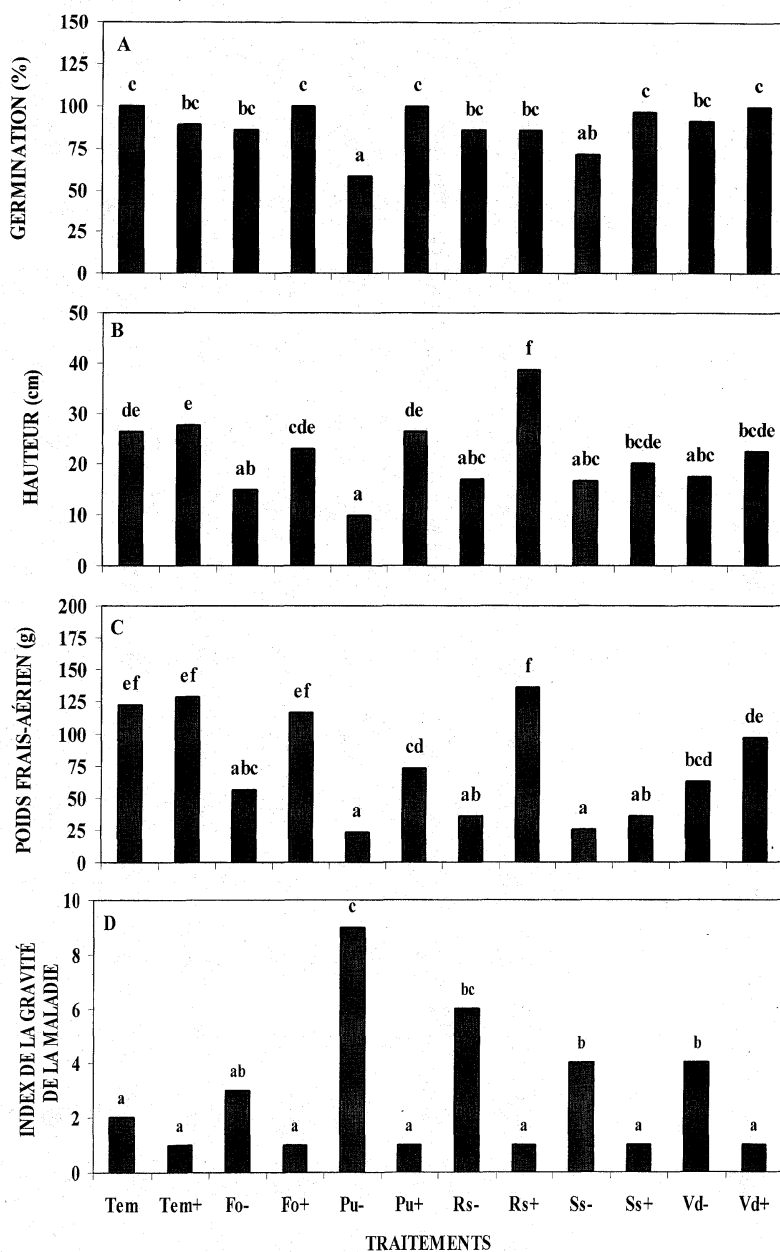


Figure 2. Effet de *Trichoderma harzianum* MAUL-20 sur (A) le pourcentage de germination, (B) la hauteur, (C) le poids frais de la partie aérienne et (D) l'indice de la gravité de la maladie des plants de tomate lorsqu'ils sont confrontés à divers agents pathogènes. Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes à un seuil de 0.05, selon le test LSD de Fisher. **Tem** = Substrat + plante; **Tem+** = Substrat + *Trichoderma harzianum* MAUL-20 + plante; **Fo** = *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*; **Pu** = *Pythium ultimum*; **Rs** = *Rhizoctonia solani*; **Ss** = *Sclerotinia sclerotiorum*; **Vd** = *Verticillium dahliae*; - = présence de l'agent pathogène dans le substrat; + = présence de l'agent pathogène et de *Trichoderma harzianum* MAUL-20 dans le substrat.

Comparaison de l'activité biologique de *Trichoderma harzianum* MAUL-20 et du biofongicide Rootshield™

L'effet des agents pathogènes FORL, *P. ultimum*, *R. solani*, *S. sclerotiorum* et *V. dahliae*, sur la germination des graines de concombre et de tomate, a été évalué après 30 j de croissance en serre. Le pourcentage de germination tient compte des cas de fonte des semis en pré- et post-émergence. Chez le concombre, aucun traitement n'a affecté la germination des plants (Fig. 3 A). En ce qui concerne la hauteur et le poids frais de la partie aérienne des plants, la présence de *Trichoderma* a amélioré les valeurs des deux variables dans les traitements témoins, Pu-20 et Rs (20 et Ro) tandis que Pu-Ro a significativement augmenté le poids frais de la partie aérienne des plantes seulement (Fig. 3 B et C). Aucune différence significative n'a été observée entre les deux témoins *Trichoderma*. Lorsque les deux biofongicides sont comparés, seul Pu-20 a donné de meilleurs résultats.

Chez la tomate, seul *R. solani* a réduit de façon significative la germination des plants (Fig. 4 A). En ce qui concerne la hauteur et le poids frais de la partie aérienne des plants, la présence de *Trichoderma* a amélioré les valeurs des deux paramètres dans les traitements Pu-Ro, Rs-20 et Rs-Ro lorsque comparé au Tem tandis que Pu-20 a significativement augmenté le poids frais de la partie aérienne des plantes seulement (Fig. 4 B et C). Lorsque comparés, aucune différence significative n'a été observée entre les deux biofongicides.

DISCUSSION

Les résultats de cette recherche ont démontré que la souche de *T. harzianum* MAUL-20 peut avoir certains effets bénéfiques sur la croissance des plants de concombre et de tomate lorsqu'ajoutée aux substrats de culture. Des effets similaires de stimulation de croissance ont déjà été rapportés avec le biofongicide Rootshield et d'autres souches de *Trichoderma* (Baker 1988; Kleifield et Chet 1992; Windham *et al.* 1986) et pourraient être induits par a) une production d'hormones de la part de la plante (Chang *et al.* 1986; Windham *et al.* 1986); b) une conversion d'éléments du sol ou de la matière organique en une forme assimilable par la plante (Barber et Lynch 1977); c) une meilleure absorption et translocation des éléments minéraux (Kleifield et Chet 1992); et d) un contrôle des agents pathogènes mineurs de la rhizosphère dans le cas des sols (Broadbent *et al.* 1977; Elad *et al.* 1987).

Les résultats démontrent qu'un agent de lutte biologique ne peut être efficace contre tous les agents pathogènes d'une culture (Dennis et Webster 1971a). Chez le concombre, les résultats indiquent que la fonte des semis provoquée par *Pythium* et le rhizoctone commun induit par *R. solani* peuvent être contrôlés par *T. harzianum* MAUL-20 tandis que chez la tomate, le flétrissement fusarien causé par FORL et la fonte des semis causée par *P. ultimum* et *R. solani* peuvent également être contrôlés par *T. harzianum* MAUL-20. Le FORL n'est pas un agent pathogène du concombre et les résultats corroborent ce fait puisque FORL n'a pas influencé le développement de la plante et l'ajout de *T. harzianum* MAUL-20 au substrat a eu le même effet que le témoin positif (Tem+). L'inaction de cet agent pathogène sur le concombre est venue valider les résultats obtenus avec les deux témoins.

Dans cette étude, *T. harzianum* MAUL-20 a eu un effet protecteur et stimulateur de croissance dans les cas de *P. ultimum* et *R. solani* chez le concombre et la tomate puisque aucun cas de fonte des semis n'a été constaté dans

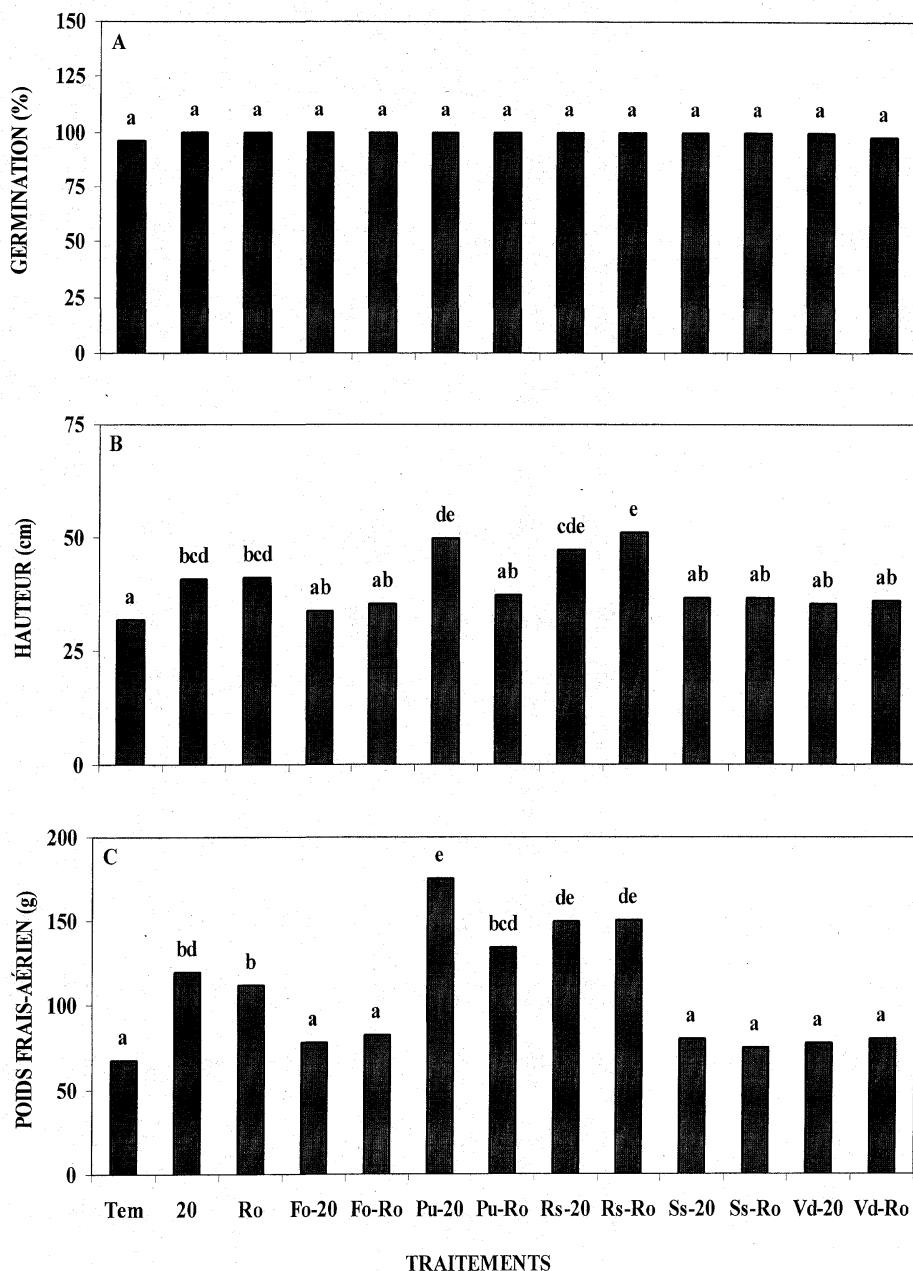


Figure 3. Effet de la souche de *Trichoderma harzianum* MAUL-20 et du biofongicide Rootshield sur (A) le pourcentage de germination, (B) la hauteur et (C) le poids frais de la partie aérienne des plants de concombre. Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes à un seuil de 0.05, selon le test LSD de Fisher. **Tem** = Substrat + plante; **20** = Substrat + *Trichoderma harzianum* MAUL-20 + plante; **Ro** = Substrat + Rootshield + plante; **Fo** = *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*; **Pu** = *Pythium ultimum*; **Rs** = *Rhizoctonia solani*; **Ss** = *Sclerotinia sclerotiorum*; **Vd** = *Verticillium dahliae*.

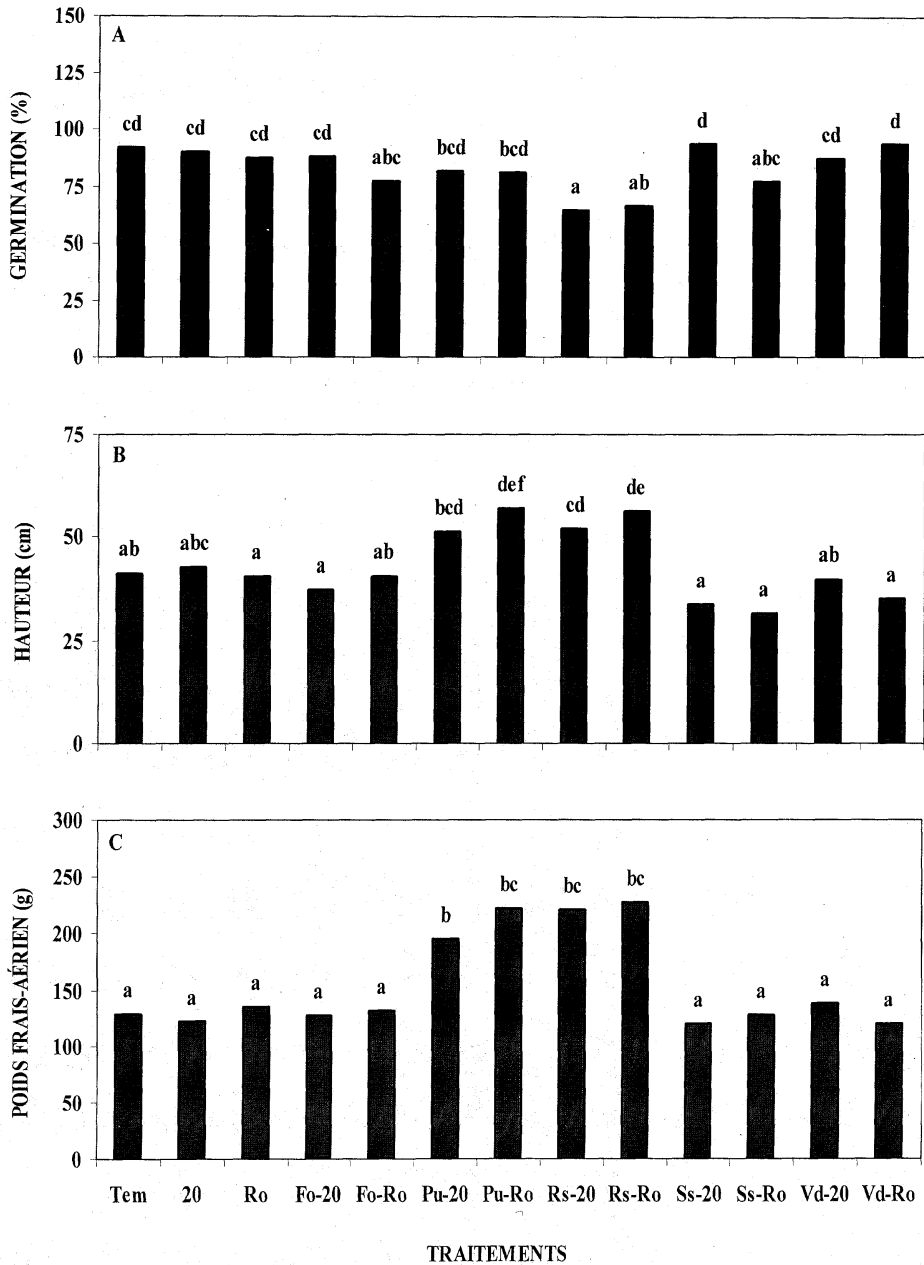


Figure 4. Effet de la souche de *Trichoderma harzianum* MAUL-20 et du biofongicide Rootshield sur (A) le pourcentage de germination, (B) la hauteur et (C) le poids frais de la partie aérienne des plants de tomate. Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes à un seuil de 0.05, selon le test LSD de Fisher. **Tem** = Substrat + plante; **20** = Substrat + *Trichoderma harzianum* MAUL-20 + plante; **Ro** = Substrat + Rootshield + plante; **Fo** = *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*; **Pu** = *Pythium ultimum*; **Rs** = *Rhizoctonia solani*; **Ss** = *Sclerotinia sclerotiorum*; **Vd** = *Verticillium dahliae*.

ces deux traitements comparativement aux Pu- et Rs-. Par contre, chez le concombre, l'action de *T. harzianum* MAUL-20 sur *P. ultimum* a été plus importante que sur *R. solani* puisqu'elle a permis d'atteindre un niveau similaire au Tem+ dans le cas de *P. ultimum* et seulement la performance du Tem dans le cas de *R. solani*. Cette constatation pourrait indiquer que la lutte contre *R. solani* a été plus difficile que celle contre *P. ultimum*. Chez la tomate, la réaction inverse a été notée. Néanmoins, cette action de *T. harzianum* MAUL-20 sur *Pythium*, responsable de la fonte des semis sur les jeunes plantules, et sur *R. solani*, agent de la même maladie mais sur des plantules plus âgées, constitue un net avantage pour ces cultures en conditions contrôlées (Bates et Stanghellini 1984; Favrin *et al.* 1988; Larkin et Fravel 1998). Chez la tomate de serre, les symptômes induits par FORL surviennent principalement lorsque les plants sont matures mais ils peuvent également affecter sévèrement les jeunes plantules (Jarvis 1988). Un effet positif de l'action de *Trichoderma* a été observé contre FORL, puisque les variables de croissance ont atteint celles du Tem+ lorsque *T. harzianum* MAUL-20 était présent. Cette activité antagoniste de *T. harzianum* MAUL-20 contre FORL est très importante considérant les fortes pertes causées par ce champignon sur les cultures de tomate en serre (Jarvis 1988; Menzies *et al.* 1990). De plus, le contrôle de FORL dans les serres limitera sa dispersion par des vecteurs potentiels comme la mouche du terreau (*Bradysia* spp. [Diptera : Sciaridae]) (Gillepsie et Menzies 1993) et permettra de restreindre l'utilisation des fongicides qui sont peu ou pas efficaces.

Chez le concombre, *T. harzianum* MAUL-20 n'a pas été en mesure de compétitionner avec *S. sclerotiorum* et *V. dahliae* puisque l'effet positif généré par *T. harzianum* MAUL-20 avec les autres champignons pathogènes n'a pas été noté dans ces deux cas. Pourtant, *in vitro*, *T. harzianum* MAUL-20 avait montré une vitesse de croissance de deux à sept fois supérieure à celle de *S. sclerotiorum* et *V. dahliae* respectivement et une activité antagoniste importante contre *S. sclerotiorum* mais mi-

tigée contre *V. dahliae* (données non fournies). La souche de *S. sclerotiorum* utilisée devait être très agressive dans le substrat puisque la croissance des plantes a été nettement ralentie lorsque comparée au Tem. Paulitz *et al.* (1990) mentionnent que la constitution d'un substrat peut favoriser le développement de certains agents pathogènes au détriment de l'agent biologique. L'agent pathogène profiterait alors de la compétition pour les éléments nutritifs disponibles dans le substrat pour accroître son potentiel d'inoculum et par conséquent, sa capacité à causer la maladie. Pourtant, la réponse aurait dû être à l'opposé de celle obtenue puisque les symptômes induits par *S. sclerotiorum* apparaissent surtout à la floraison et davantage lorsqu'il y a une mauvaise gestion de l'eau et que la densité des plants est trop élevée, ce qui n'était pas le cas dans ces expériences (Richard et Boivin 1994). De plus, cette souche de *S. sclerotiorum* a été isolée de céréales, ce qui aurait pu nuire à son développement dans les substrats (Cook 1993) et elle a été introduite au substrat sous forme de fragments d'hyphes et de sclérotés, des moyens de contamination moins efficaces que les spores ou conidies (Agrios 1988).

Chez la tomate, l'ajout de *T. harzianum* MAUL-20 au substrat a permis d'atteindre le niveau des Tem et Tem+ dans les cas de *V. dahliae* et *S. sclerotiorum* (sauf pour Ss+, poids frais de la partie aérienne) même si les résultats ne sont pas significativement différents de Ss- et Vd-. Tout comme pour le concombre, *T. harzianum* MAUL-20 a eu de la difficulté à contrer ces deux agents pathogènes, qui sont pourtant reconnus pour être très agressifs chez la tomate de champ et à un degré moindre chez la tomate de serre (Abawi et Grogan 1979; Hawksworth et Talboys 1970; Purdy 1979).

L'introduction de l'agent de lutte biologique au substrat au moins 2 semaines avant l'arrivée de l'agent pathogène est l'approche à privilégier (Alabouvette *et al.* 1993; Lewis *et al.* 1998). Durant cette période, *Trichoderma* se multiplie et colonise la rhizosphère ce qui lui permet d'occuper prioritairement la niche

écologique. Il met alors à profit l'un de ses modes d'action, la compétition (Papavizas 1985). Dans le cas du concombre, les résultats révèlent que *T. harzianum* MAUL-20 a un effet stimulant sur la croissance de la plante (Tem+). Cet effet stimulant n'a pas été observé chez la tomate. Cette stimulation se traduirait par un développement accru de la plante et il concerne non seulement la partie aérienne des plantes mais aussi le système racinaire (données non incluses), ce qui s'est soldé par un index de la sévérité de la maladie inférieur à 2.

Les tests effectués avec *T. harzianum* MAUL-20 ont démontré une efficacité similaire et, dans certains cas, supérieure au biofongicide Rootshield. Cette constatation est très importante puisque notre biofongicide *T. harzianum* MAUL-20 a été appliqué à une concentration qui est 10 fois inférieure à celle recommandée pour Rootshield (Harman 2000; Larkin et Fravel 1998). De plus, Rootshield est issu d'une fusion protoplasmique de deux souches de *Trichoderma harzianum* (Harman 2000; Stasz et al. 1988) tandis que *T. harzianum* MAUL-20 est une souche indigène au Québec. Plusieurs recherches mentionnent qu'une souche indigène de *Trichoderma* n'est pas aussi bonne compétitrice de la rhizosphère que celles ayant reçu un caractère spécifique (Ahmad et Baker 1988; Papavizas 1985). Nos données démontrent un effet stimulant de *T. harzianum* MAUL-20 sur le développement de la plante et de son système racinaire, ce qui se traduit par un développement aérien accru et une meilleure compétitivité de la plante lorsque confrontée à différents agents pathogènes (*P. ultimum*, *R. solani* et FORL). Ces résultats rejoignent ceux énoncés par Sivan and Chet (1989) qui ont démontré qu'une souche indigène de *Trichoderma* pouvait très bien se développer et compétitionner dans la rhizosphère.

Afin de mieux comprendre le complexe Plante – Agent pathogène – *Trichoderma*, l'utilisation de substrats commerciaux devrait être privilégiée puisqu'ils sont vendus comme étant exempts d'agents pathogènes et de

mauvaises herbes. Il serait alors plus facile de déterminer l'action de *Trichoderma* sur la plante, sur l'agent pathogène seul et sur la dualité existant entre agent pathogène et agent biologique. De plus, certains de ces substrats sont riches en cellulose ce qui favoriserait la multiplication de *Trichoderma* et se traduirait par une meilleure agressivité et un pouvoir de compétition amélioré dans la rhizosphère, puisqu'il est reconnu comme un excellent dégradeur de ce composé (Papavizas 1985). Tout le marché de la production de transplants pour le champ, le domaine serricole et la production ornementale (fleurs annuelles, plantes vivaces, potées fleuries, etc.) pourrait en profiter. L'utilisation de *Trichoderma* à des fins de lutte biologique aurait des répercussions positives sur l'environnement : diminution des intrants chimiques, amélioration des rendements, puisque les plantes seraient moins stressées par l'action souvent nocive des fongicides, et réduction de l'exposition des travailleurs à ces produits.

REMERCIEMENTS

Nous remercions M. François Charrier et M. Irénée Couture pour leur support technique lors des essais en serre. Ce projet a été financé par le Fonds des priorités gouvernementales en sciences et en technologie – Volet Environnement (FPGST-E).

RÉFÉRENCES

- Abawi, G.S. et R.G. Grogan. 1979. Epidemiology of diseases caused by *Sclerotinia* species. *Phytopathology* 69 : 899-904.
- Adams, P.B. 1990. The potential of mycoparasites for biological control of plant diseases. *Annu. Rev. Phytopathol.* 28 : 59-72.
- Agrios, G.N. 1988. *Plant Pathology*. 3^e éd. Academic Press, New-York. 803 pp.
- Ahmad, J.S. et R. Baker. 1988. Implications of rhizosphere competence of *Trichoderma harzianum*. *Can. J. Microbiol.* 34 : 229-234.
- Alabouvette, C., P. Lemanceau et C. Steinberg. 1993. Recent advances in the biological control of *Fusarium* wilts. *Pestic. Sci.* 37 : 365-373.

- Anonyme. 1992.** Noms des maladies des plantes au Canada. Société de Protection des Plantes du Québec. 477 pp.
- Backman, P.A. et R. Rodriguez-Kabana. 1975.** A system for the growth delivery of biological control agents to the soil. *Phytopathology* 65 : 819-821.
- Baker, R. 1988.** *Trichoderma* spp. as plant-growth stimulants. *CRC Crit. Rev. Biotechnol.* 7 : 97-106.
- Barber, D.A. et J.M. Lynch. 1977.** Microbial growth in the rhizosphere. *Soil Biol. Biochem.* 9 : 305-308.
- Bates, M.L. et M.E. Stanghellini. 1984.** Root rot of hydroponically grown spinach caused by *Pythium aphanidermatum* and *P. dissocotum*. *Plant Dis.* 68 : 989-991.
- Bélanger, R.R. et C. Labbé. 1994.** Commercial-scale control of rose powdery mildew with a fungal antagonist. *Plant Dis.* 78 : 420-424.
- Besnard, O. et P. Davet. 1993.** Mise en évidence de souches de *Trichoderma* spp. à la fois antagonistes de *Pythium ultimum* et stimulatrices de la croissance des plantes. *Agronomie* 13 : 413-421.
- Boland, G.J. 1990.** Biological control of plant diseases with fungal antagonists : Challenges and opportunities. *Can. J. Plant Pathol.* 12 : 295-299.
- Bolton, A.T. 1980.** Control of *Pythium aphanidermatum* in poinsettia in a soilless culture by *Trichoderma viride* and *Streptomyces* spp. *Can. J. Plant Pathol.* 2 : 93-95.
- Broadbent, P., K.F. Baker, N. Franks et J. Holland. 1977.** Effect of *Bacillus* on increased growth seedlings in steamed and nontreated soil. *Phytopathology* 67 : 1027-1033.
- Brodeur, J., A. Bouchard et G. Turcotte. 1997.** Potential of four species of predator mites as biological control agents of the tomato russet mite, *Aculops lycopersici* (Massee) (Eriophyidae). *Can. Entomol.* 129 : 1-6.
- Caron, J. 1993.** Isolement et caractérisation de divers isolats de *Trichoderma* comme agent de lutte biologique contre la moisissure grise (*Botrytis cinerea*) dans la production de la fraise. Thèse M.Sc. no 12 350, Université Laval, Québec. 121 pp.
- Chang, Y.-C., Y.-C. Chang et R. Baker. 1986.** Increased growth of plants in the presence of the biological control agent *Trichoderma harzianum*. *Plant Dis.* 70 : 145-148.
- Chet, I. et R. Baker. 1981.** Isolation and biocontrol potential of *Trichoderma hamatum* from soil naturally suppressive to *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology* 71 : 286-290.
- Chet, I., G.E. Harman et R. Baker. 1981.** *Trichoderma harzianum* : Its hyphal interactions with *Rhizoctonia solani* and *Pythium* spp. *Microbiol. Ecol.* 7 : 29-38.
- Clavet, C., J. Pera et J.M. Barea. 1993.** Growth response of marigold (*Tagetes erecta* L.) to inoculation with *Glomus mosseae*, *Trichoderma aureoviride* and *Pythium ultimum* in a peat-perlite mixture. *Plant Soil* 148 : 1-6.
- Cook, R.J. 1993.** Making greater use of introduced microorganisms for biological control of plant pathogens. *Annu. Rev. Phytopathol.* 31 : 53-80.
- Dennis, L. et J. Webster. 1971a.** Antagonistic properties of species-groups of *Trichoderma*. II. Production of volatile antibiotics. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 57 : 41-48.
- Dennis, L. et J. Webster. 1971b.** Antagonistic properties of species-groups of *Trichoderma*. III. Hyphal interaction. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 57 : 363-369.
- De Waard, M.A., S.G. Georgopoulos, D.W. Hollomon, H. Ishii, P. Leroux, N.N. Ragsdale et F.J. Schwin. 1993.** Chemical control of plant diseases : problems and prospects. *Annu. Rev. Phytopathol.* 31 : 403-421.
- Elad, Y., I. Chet et J. Katan. 1980.** *Trichoderma harzianum* : A biocontrol agent effective against *Sclerotinia rolfii* and *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology* 70 : 119-121.
- Elad, Y., I. Chet et Y. Henis. 1982.** Degradation of plant pathogenic fungi by *Trichoderma harzianum*. *Can. J. Microbiol.* 28 : 719-725.
- Elad, Y., I. Chet et R. Baker. 1987.** Increased growth response of plants induced by rhizobacteria antagonistic to soilborne pathogenic fungi. *Plant Soil* 98 : 325-330.
- Favrin, R.J., J.E. Rahe et B. Mauza. 1988.** *Pythium* spp. associated with crown rot of cucumbers in British Columbia greenhouse. *Plant Dis.* 72 : 683-687.
- Gill, S. et J. Sanderson. 1998.** Ball identification guide to greenhouse pests and beneficials. Ball Publishing, Illinois. 244 pp.
- Gillepsie, D.R. et J.G. Menzies. 1993.** Fungus gnats vector *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. *Annu. Appl. Biol.* 123 : 539-544.
- Harman, G.E. 1992.** Development and benefits of rhizosphere competent fungi for biological control of plant pathogens. *J. Plant Nutr.* 15 : 835-843.
- Harman, G.E. 2000.** Myths and dogmas of biocontrol - changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. *Plant Dis.* 84 : 377-393.

- Hawksworth, D.L. et P.W. Talboys. 1970. *Verticillium dahliae*. CMI descriptions of pathogenic fungi and bacteria, No 256. Commonw. Mycol. Inst., Kew, Surrey, England, 2 pp.
- Jarvis, W.R. 1988. *Fusarium* crown and root rot of tomatoes. Phytoprotection 69 : 49-64.
- Jarvis, W.R. 1993. Managing diseases in greenhouse crops. 2^e éd. APS Press, Minnesota. 288 pp.
- Jeffers, S.N. et S.B. Martin. 1986. Comparison of two media selective for *Phytophthora* and *Pythium* species. Plant Dis. 70 : 1038-1043.
- Kelley, W.D. 1976. Evaluation of *Trichoderma harzianum* - impregnated clay granules as a biocontrol for *Phytophthora cinnamomi* causing damping-off of pine seedlings. Phytopathology 66 : 1023-1027.
- Kleefeld, O. et I. Chet. 1992. *Trichoderma harzianum* interaction with plants and effect on growth response. Plant Soil 144 : 267-272.
- Larkin, R.P. et D.R. Fravel. 1998. Efficacy of various fungal and bacterial biocontrol organisms for control of *Fusarium* wilt of tomato. Plant Dis. 82 : 1022-1028.
- Lewis, J.A. et G.C. Papavizas. 1987. Application of *Trichoderma* and *Gliocladium* in alginate pellets for controls of *Rhizoctonia solani* damping-off. Plant Pathol. 36 : 438-446.
- Lewis, J.A., R.P. Larkin et D.L. Rogers. 1998. A formulation of *Trichoderma* and *Gliocladium* to reduce damping-off caused by *Rhizoctonia solani* and saprophytic growth of the pathogen in soilless Mix. Plant Dis. 82 : 501-506.
- Lockwood, J.L. 1988. Evolution of concept associated with soilborne plant pathogens. Annu. Rev. Phytopathol. 26 : 93-121.
- Lumsden, R.D. et J.A. Lewis. 1989. Selection, production, formulation and commercial use of plant disease, biocontrol fungi : problems and progress. Pages 171-190 in J.M. Whipps et R.D. Lumsden (eds.), Biotechnology of fungi for improving plant growth. Cambridge University Press, Cambridge.
- Menzies, J.G., C. Koch et F. Seywerd. 1990. Additions to the host range of *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*. Plant Dis. 74 : 569-572.
- Ole Becker, J. et F.J. Schwinn. 1993. Control of soil-borne pathogens with living bacteria and fungi : status and outlook. Pestic. Sci. 37 : 355-363.
- Papavizas, G.C. 1985. *Trichoderma* and *Gliocladium* : Biology, ecology, and potential for biocontrol. Annu. Rev. Phytopathol. 23 : 23-54.
- Paulitz, T.C., J.S. Ahmad et R. Baker. 1990. Integration of *Pythium nunn* and *Trichoderma harzianum* isolate T-95 for the biological control of *Pythium* damping-off cucumber. Plant Soil 121 : 243-250.
- Purdy, L.H. 1979. *Sclerotinia sclerotiorum* : history, diseases and symptomatology, host range, geographic distribution, and impact. Phytopathology 69 : 875-880.
- Richard, C. et G. Boivin (éds.). 1994. Concombre, laitue, poivron et tomate de serre. Pages 335-394 in Maladies et ravageurs des cultures légumières au Canada. Société canadienne de phytopathologie et Société d'entomologie du Canada, Canada.
- Sippell, D.W., J.G.N. Davidson et R.S. Sadasivaiah. 1985. *Rhizoctonia* root rot of raspberry in the peace region of Alberta. Can. J. Plant Pathol. 7 : 184-186.
- Sivan, A. et I. Chet. 1989. The possible role of competition between *Trichoderma harzianum* and *Fusarium oxysporum* on rhizosphere colonization. Phytopathology 79 : 198-203.
- Stasz, T.E., G.E. Harman et N.F. Weeden. 1988. Protoplast preparation and fusion in two biocontrol strains of *Trichoderma harzianum*. Mycologia 80 : 141-150.
- Widden, P. et V. Scattolin. 1988. Competitive interactions and ecological strategies of *Trichoderma* species colonizing spruce litter. Mycologia 80 : 795-803.
- Windham, M.T., Y. Elad et R. Baker. 1986. A mechanism for increased plant growth induced by *Trichoderma* spp. Phytopathology 76 : 518-521.