

1/2



Nicolás Scandolo  
Nicolás Scandolo



Nicolás Scandolo  
Nicolás Scandolo

Tatiana LUZ

Alonso  
FRANCO

Victoria  
ZANNUZZI

Elsa BALLINI

# BIOLOGICAL CONTROL USING TRICHODERMA



# Introduction

## Un peu d'histoire....

Les *Trichoderma* spp. sont connus depuis les années 30 pour leur capacité de production d'antibiotiques. Mais, depuis, le monde scientifique s'intéresse à leurs autres mécanismes d'action et leurs diverses applications commerciales. Les premières formulations commerciales à base de souches sélectionnées datent des années 80, partout dans le monde et aussi en France. [1]

## Qu'est-ce que *Trichoderma* spp.?

Ce sont des champignons cosmopolites, caractérisés par leur croissance rapide, leur capacité d'utiliser divers substrats et leur résistance à des agents chimiques nocifs. [2 & 3]

Le genre *Trichoderma* renferme des espèces parmi les plus utilisées en tant qu'agents de lutte biologique et comme source d'enzymes et de métabolites secondaires d'intérêts biotechnologique. [2,4 & 5]

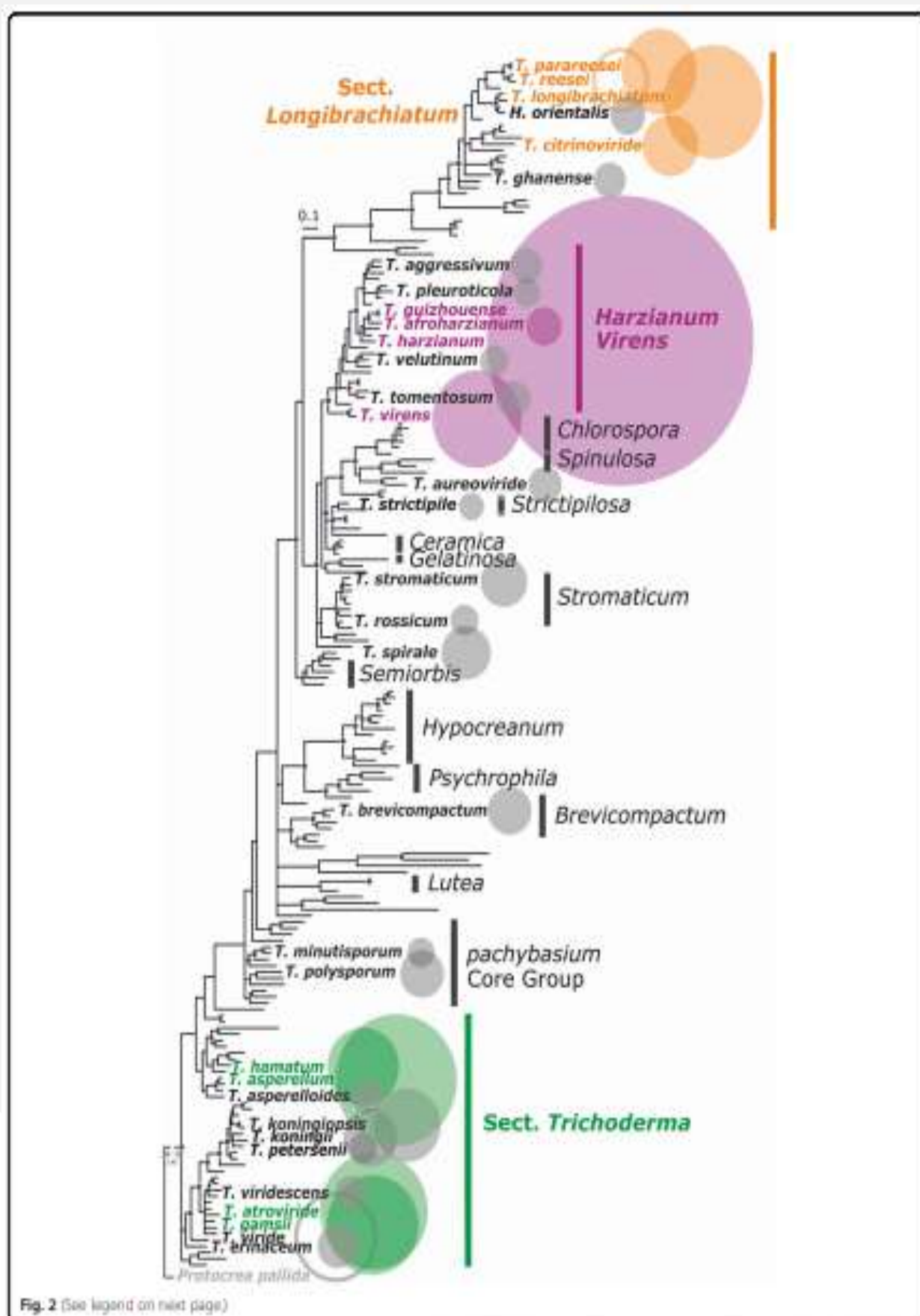
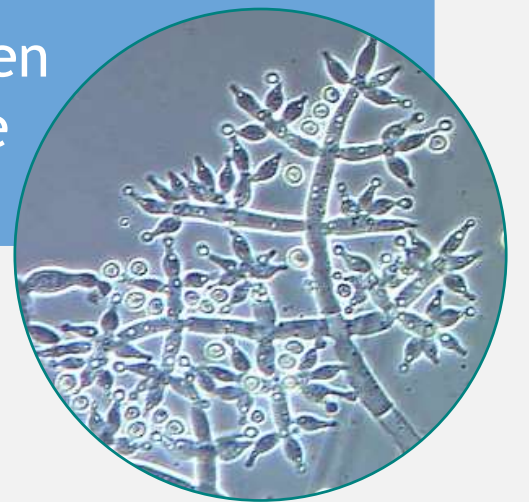


Fig. 2 (See legend on next page)

## Phylogénie de *Trichoderma*

La diversité des 12 espèces de *Trichoderma* les plus communes est décrite dans l'arbre phylogénétique ci-contre.

Les principales espèces d'intérêt sont distribuées dans 3 clades :

*Longibrachiatum* (SL, orange),  
*Harzianum Virens* (HV, violet)  
*Trichoderma* (ST, vert) [6]

Image 1. Phylogénie de *Trichoderma*. (KUBICEK, C. et al; 2019) [6]

## Organismes qui sont contrôlés [7]

*Rhizoctonia*

*Fusarium*

*Ustilago*

*Alternaria*

*Venturia*

*Colletotrichum*

*Sclerotium*

*Phytium*

*Phytophthora*

Il est capable de contrôler les ascomycètes, basidiomycètes et oomycètes



Image 2. Souche de *Trichoderma*

## Les souches homologuées

Les différentes souches de *Trichoderma* homologuées sont décrites dans la table ci-dessous. Il est difficile de collecter les informations détaillées sur les souches afin de pouvoir les comparer mais nous avons résumé ici les informations principales.[8-16]

Espèce	Souche	Origine de la souche	Maladies contrôlées	Culture	Application
<i>T. asperellum</i>	T34	Matériel organique	<i>Pythium spp.; Fusarium spp.</i>	Tomate, poivron, aubergine, ornementale	Incorporation, pulvérisation, irrigation, trempage
	ICCO12	Sol	<i>Pythium spp., Phytophthora spp., Sclerotinia spp., Sclerotium spp., Thielaviopsis basicola, Rhizoctonia spp., Verticillium spp</i>	Vigne	–
	T25	Sol	<i>Phytophthora spp; Fusarium spp.; Rhizoctonia solani; Pythium spp.; Sclerotinia sclerotiorum</i>	Tomate, Pepper, Cucumber, Courgette	Drip irrigation
	TV1	Système racinaire	<i>Fusarium spp.; Rhizoctonia spp.; Pythium spp.</i>	Tomate	Arrosage, incorporation au sol, système d'irrigation goutte à goutte
<i>T. harzianum</i> ( <i>T. atroviridae</i> )	IMI 206040	Sol	<i>Botrytis cinerea, Chondrostereum purpureum</i>	Fraise, ornementales	–
	T11	Sol	<i>Fusarium spp.; Rhizoctonia spp.; Pythium spp.</i>	Tomate	–
<i>T. harzianum</i>	ITEM 908	Débris de matériaux végétaux	<i>Fusarium spp.; Rhizoctonia spp.; Pythium spp.</i>	Tomate	Individuelle par trempage ; Irrigation goutte à goutte
	T22	Sol, rhizosphère et matière végétale en décomposition	<i>Fusarium spp.; Rhizoctonia spp.; Pythium spp.</i>	Tomate	Individuelle par trempage; Irrigation goutte à goutte
<i>T. gamsi</i>	ICC080	Sol	<i>Pythium spp., Rhizoctonia spp., Phytophthora spp., Phoma spp., Verticillium spp., and Fusarium spp.</i>	Tomate	Arrosage, incorporation aux sol, irrigation goutte à goutte
<i>T. atroviride</i>	SC1	Sol	<i>Phaeoconiella chlamydospora, Phaeoacremonium aleophyllum, Diplodia seriata, Eutypa lata</i>	Vigne, Tomate	Pulvérisation sur la plaie, trempage des racines et des greffons
	I1237	-	<i>Pythium spp.; Rhizoctonia spp; Sclerotinia spp.; Fusarium spp.</i>	Pomme de terre, ornementales, laitue, carotte	Incorporation, pulvérisation des feuilles, irrigation, traitement des semences
<i>T. polysporum</i>	IMI206039	-	<i>Botrytis cinerea; Chondrostereum purpureum</i>	Fraise, ornementales	Bee, pulvérisation, peintures pour plaies

Table 1. Différentes espèces de *Trichoderma* spp.



# Les modes d'action : comment ça marche ?

**L'antibiose** : *Trichoderma* produit de nombreux métabolites secondaires. En particulier, il produit des substances métaboliques toxiques sur un agent pathogène (antibiotique), et ainsi il inhibe la croissance des champignons phytopathogènes. La production de ces substances antibiotiques dépend des conditions du milieu.

**La compétition** : Quand *Trichoderma* colonise le milieu, il établit une zone d'interaction dans la rhizosphère des plantes et sécrète des molécules comme les sidérophores qui aident à absorber fer et inhibent la croissance des phytopathogènes. *Trichoderma* utilise les mêmes ressources du milieu que les agents pathogènes mais peut être parfois plus performant. Cela provoque une compétition et les agents pathogènes ont des difficultés pour coloniser la surface racinaire ce qui limite les maladies.

**Siderophores** : Ils agissent spécifiquement pour solubiliser le fer en présence d'autres ions métalliques et l'incorporer dans le métabolisme cellulaire.[18]

**Le parasitisme** : *Trichoderma* reconnaît des molécules peptidiques qui sont libérées par les agents pathogènes. Ces molécules vont activer une cascade de signalisation et induire la synthèse des métabolites secondaires et enzymes de dégradation. Les hyphes de *Trichoderma* s'enroule alors autour de ceux de l'agent pathogène. Il pénètre à l'intérieur de ces cellules fongiques et injecte des enzymes qui vont réaliser la lyse du contenu cellulaire.

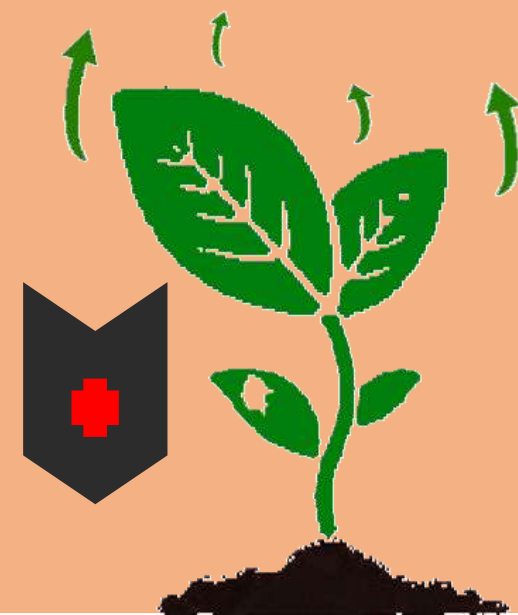
## Biostimulation

### Induction de la croissance

*Trichoderma* augmente la disponibilité des nutriments, améliore la production au champ et augmente la résistance vis à vis des maladies. Il produit des acides organiques (gluconic, citric et fumaric) qui diminuent le pH du sol et permettent la solubilisation des phosphates, des micronutriments comme le fer et le magnésium. L'autre effet bénéfique est la résistance aux stress abiotiques, l'amélioration de l'efficacité photosynthétique et la meilleure utilisation du nitrogène.

### Induction des défenses

*Trichoderma* se limite à une implantation sur les premières couches des cellules des racines, donc la synthèse de substances chimiques peut provoquer l'induction de la résistance basale de la plante.



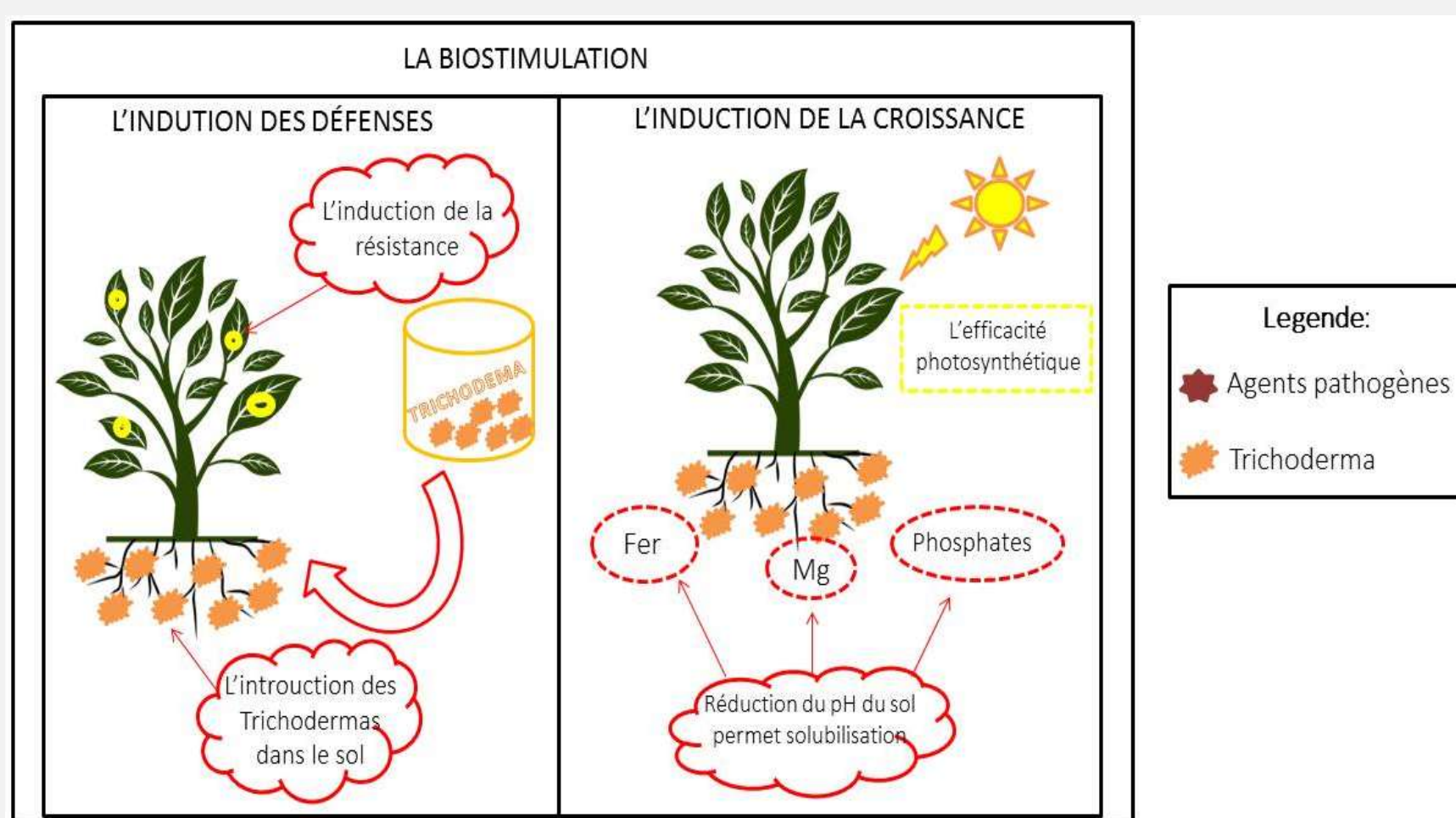
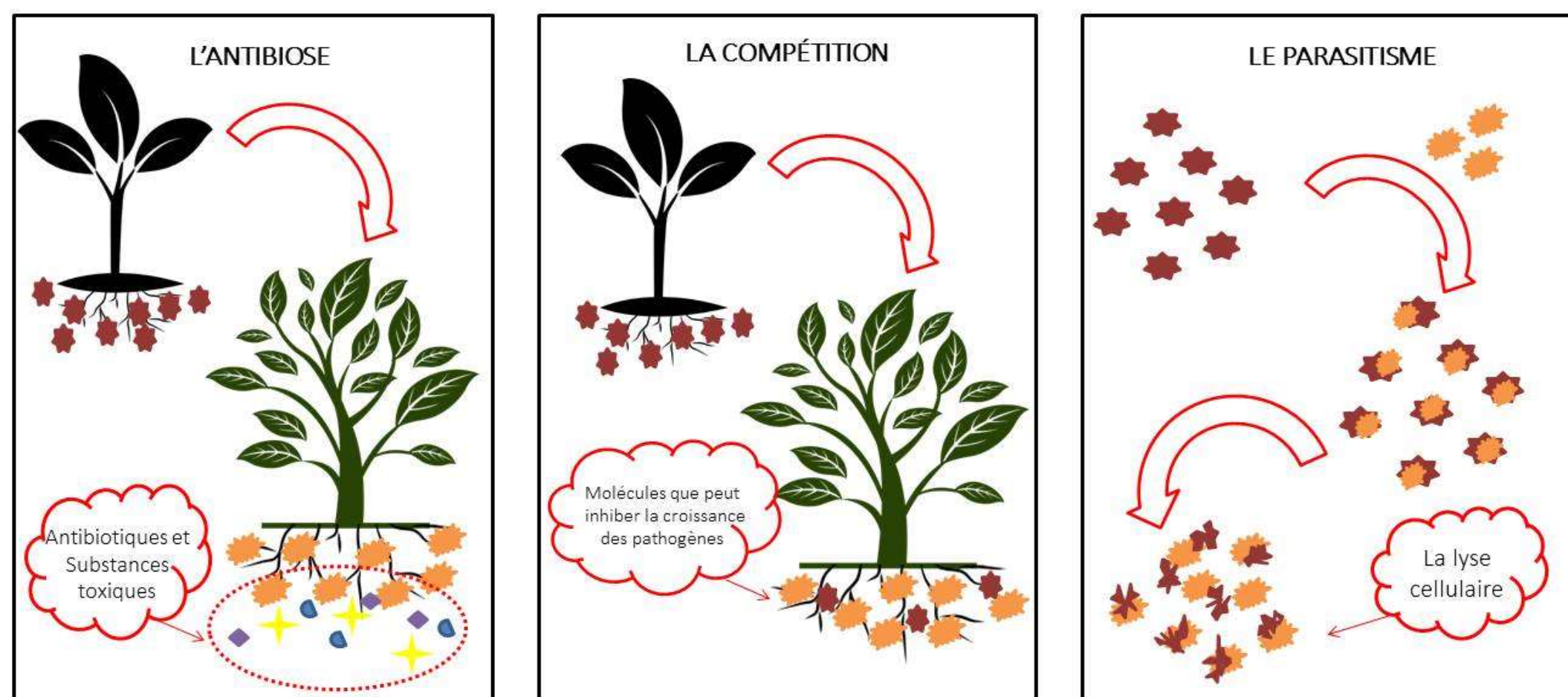


Image 3. Schéma sur les différents modes d'action de *Trichoderma* spp. [17]

## Avantages et limites de l'utilisation de *Trichoderma*

- ✓ Augmenter la germination et la croissance des parties aériennes et racinaires des plantes.
- ✓ Améliorer l'assimilation des éléments nutritifs.
- ✓ Augmenter la résistance aux facteurs environnementaux défavorables : biotiques et abiotiques.
- ✓ Diminuer l'impact des pratiques agricoles sur l'environnement: l'application des substances chimiques.

- *Trichoderma* a besoin de conditions appropriées à sa croissance. Il n'est pas actif pour des températures en-dessous de 10°C et une humidité basse. De plus les conditions d'environnement sont très importantes (UV, type de sol, ...).
- Les coûts pour les produits et pour l'application sont plus élevés.
- Ne peut pas contrôler totalement les pathogènes.



# Propositions de solutions pour améliorer l'utilisation de *Trichoderma* comme biocontrôle :

## Transformer *Trichoderma*, OGM

Afin d'augmenter l'efficacité de *Trichoderma*, des souches ont été créés ayant des gènes de résistance déterminés vis-à-vis d'antibiotiques synthétisés par les bactéries qui habitent naturellement les milieux. Il est également possible de proposer l'introduction de gènes qui codent pour différentes molécules, qui vont modifier la capacité de synthèse des composés antimicrobiens et améliorer le développement de *Trichoderma*. Ainsi, l'introduction de gène codant pour l'organophosphate hydrolase permet que *Trichoderma* soit capable de produire des enzymes qui vont réaliser la lyse de molécules comme les organophosphorés, qui sont présents dans les insecticides. [19]

## Technique Fusion Protoplasmique de souche *Trichoderma*

Pour augmenter l'efficacité des souches du *Trichoderma*, une alternative a été d'améliorer les caractéristiques essentielles pour les modes d'action de *Trichoderma*. Par exemple, pour la souche T22, qui est la plus utilisée, ont été introduit des caractéristiques d'autres souches ce qui permet une colonisation plus forte des racines et un meilleur contrôle des agents pathogènes. [1]

D'autres caractéristiques peuvent être améliorées comme la capacité saprophyte, permettre un éventail d'hôtes plus large, la tolérance aux pesticides et la tolérance aux conditions environnementales défavorables (température et humidité).

## Conservation du *Trichoderma* dans l'environnement naturel

Les activités des agents de contrôle biologique sont affectées par la présence d'éléments nutritifs organiques dans le sol. La composition en matière organique et l'environnement biotique et abiotique associé peuvent affecter les activités de *Trichoderma*, en particulier en ce qui concerne la conductivité ou la réceptivité du sol à la souche.

Une meilleure compréhension des activités des souches de *Trichoderma* dans des milieux de croissance riches en matière organique pourrait également aider à sélectionner des souches adaptées à des conditions de terrain associées aux pratiques de conservation du chaume et / ou à l'agriculture biologique, qui sont de plus en plus populaires.

## Références

[1] GIRAUD, R; (2018). *Trichoderma*: une solution de biocontrôle [en ligne]. Disponible sur: <<http://cliniquedugazon.fr/index.php/2018/08/10/trichoderma-une-solution-de-biocontrole/>>. 2019

[2] SADFI-ZOUAOUI, N. ; ROUAISSI, M.; ESSGHAIER, B.; HAJLAOUI, M.R.; HERMOSA, M.R.; BOUDABOUS, A (2008) . Identification morphologique et moléculaire d'espèces du genre *Trichoderma* isolées de différents sols Tunisiens. Microbiol. Hyg. Alim. Vol 20, N° 57, 2008.

[3] KLEIN, D.; EVELEIGH, D.E. (1998). Ecology of *Trichoderma* In *Trichoderma and Glicoladium*; Basic biology, taxonomy and genetics, pp.57- 74. Taylor and Francis Ltd, London, UK.

[4] KUBICEK, C.P.; PENTTILÄ, M.E. (1998). Regulation of production of plant polysaccharide degrading enzyme by *Trichoderma*. In *Trichoderma and Glicoladium*. Vol 2 Enzymes, biological control and commercial applications, pp. 49-71. Taylor and Francis Ltd, London.

[5] SIVASITHAMPARAM, K.; GHISALBERTI, E.L. (1998). Secondary metabolism in *Trichoderma* and *Glicoladium*. In *Trichoderma* and *Glicoladium*. Basic biology, taxonomy and genetics, pp. 131-191. Taylor and Francis Ltd, London.

[6] - KUBICEK, C. et al. (2019) Evolution and comparative genomics of the most common *Trichoderma* species. BMC Genomics. 485. <https://doi.org/10.1186/s12864-019-5680-7>

[7] - VINALE, F. et al. (2008). *Trichoderma*-plant-pathogen interactions. Science Direct. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071707002908#bib4>

[8]-FRANCE NATIONAL ASSESSMENT (2016). TRI-SOIL Part A. Registration Report Southern Zone. 2016. 15 pp.

[9]-EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (2015). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Trichoderma atroviride* strains IMI-206040 and T11. EFSA Journal 2015;13(4):3056, 55 pp. doi:10.2903/j.efsa.2015.3056.

[10]-EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (2015). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Trichoderma atroviride* strain SC1. EFSA Journal 2015;13(4):4092, 33 pp. doi:10.2903/j.efsa.2015.4092

[11]-BIOBEST SUSTAINABLE CROP MANAGEMENT. Fiche technique Asperello T34 Biocontrol [en ligne]. Disponible sur: <[www.biobestgroup.com](http://www.biobestgroup.com)>. 2019.

[12]-EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (2012). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Trichoderma asperellum* strain T34. EFSA Journal 2012;10(5):2666. 37 pp. doi:10.2903/j.efsa.2012.2666.

[13]-EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (2013). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Trichoderma harzianum* Rifai strains T-22 and ITEM-908. EFSA Journal 2013;11(1):3055. [14 pp.] doi:10.2903/j.efsa.2013.3055.

[14]-EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (2013). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Trichoderma gamsii* ICC080. EFSA Journal 2013; 11(1):3062. [29 pp.]. doi:10.2903/j.efsa.2013.3062.

[15]-EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (2013). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Trichoderma asperellum* strains ICC012, T25 and TV1. EFSA Journal 2013; 11(1):3036. [61 pp.]. doi:10.2903/j.efsa.2013.3036.

[16] EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (2013). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Trichoderma polysporum* strain IMI 206039. EFSA Journal 2013; 11(1):3035. [38 pp.] doi:10.2903/j.efsa.2013.3035.

[17] - Machado, Daniele Franco Martins, Parzianello, Francini Requia, Silva, Antonio Carlos Ferreira da, & Antonioli, Zaida Inês. (2012). *Trichoderma* no Brasil: o fungo e o bioagente. Revista de Ciências Agrárias, 35(1), 274-288. [http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0871-018X2012000100026&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2012000100026&lng=pt&tlng=pt).

[18]- BENITE, A. M. C; MACHADO, S. MACHADO, B. (2002). Sideróforos: uma resposta dos microorganismos. Química Nova, 25(6b), 1155-1164. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422002000700016>

[19]- WEAVER, M; VENDENYAPIA, E; KENERLEY, C. (2005). Fitness, persistence, and responsiveness of a genetically engineered strain of *Trichoderma virens* in soil mesocosms. Science Direct. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2004.11.006>