



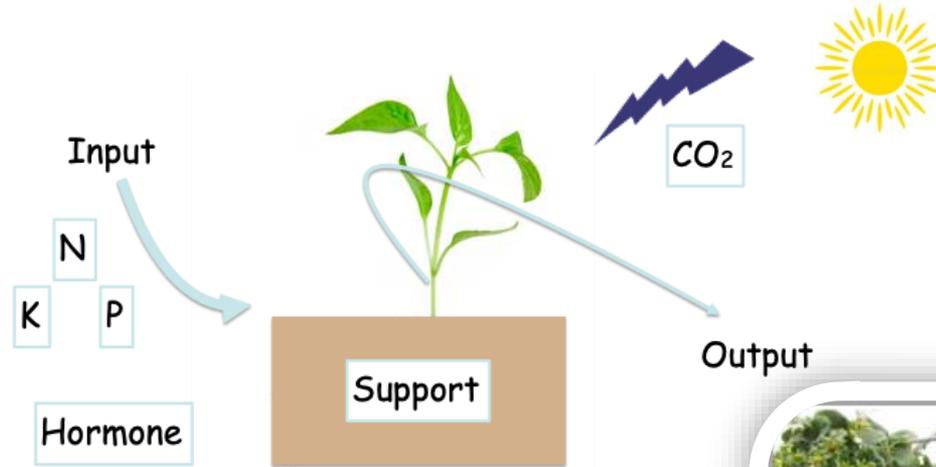
La symbiose mycorhizienne à arbuscules dans l'agriculture moderne

Pierre-Emmanuel Courty

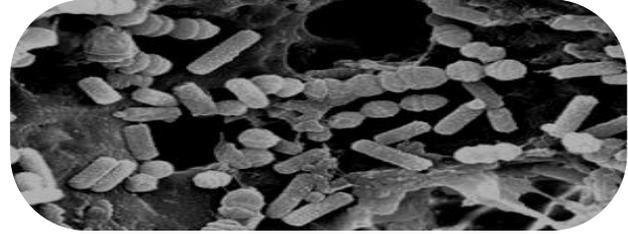
INRAE DIJON

 @radiomyco

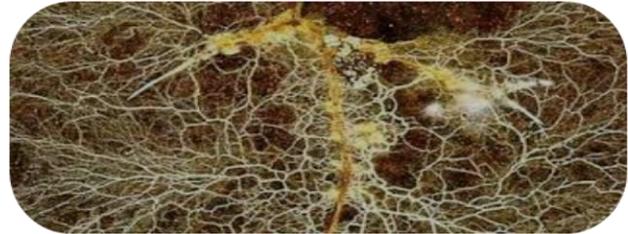
Croissance et développement des plantes



200 millions de bacteries



100 km de filaments fongiques

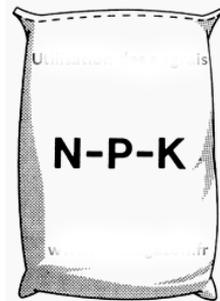


**200,000 insectes, vers,
protozoaires...**



Croissance et développement des plantes

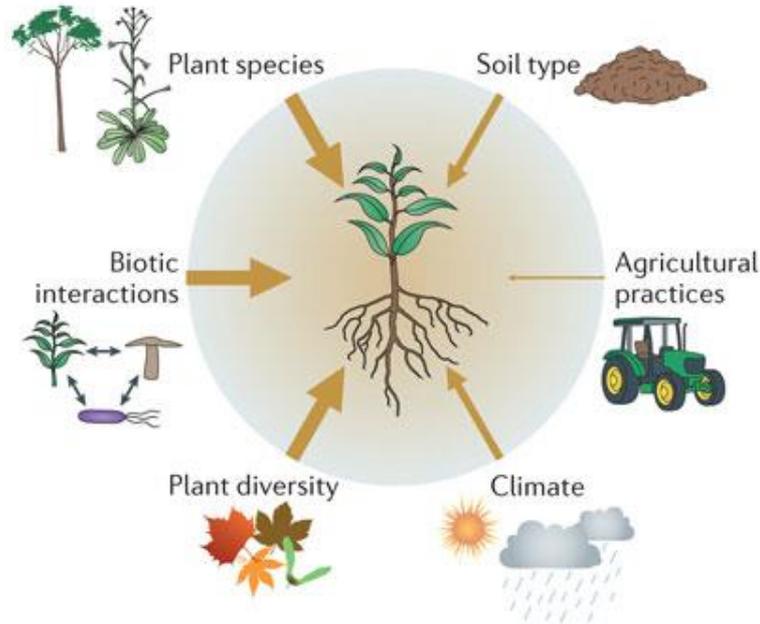
Input



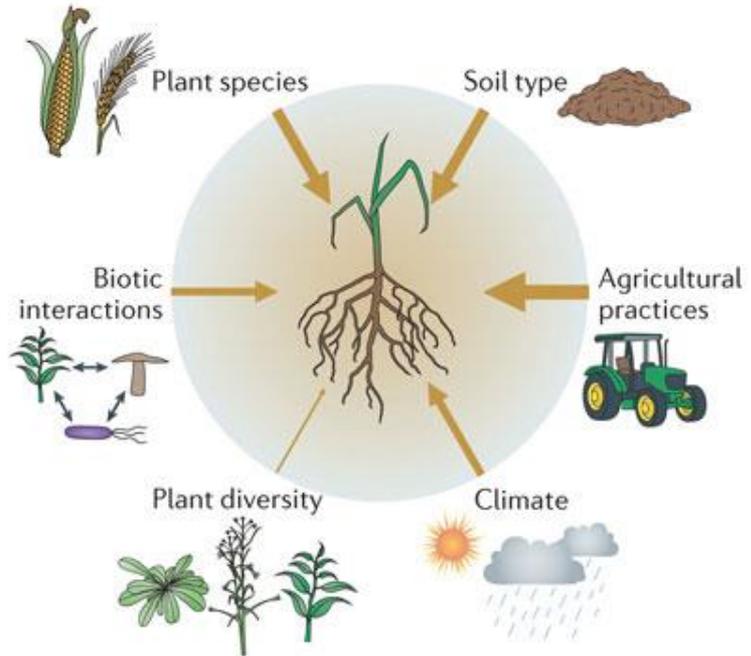
Output

L'agriculture conventionnelle réduit ces interactions

a Natural ecosystems

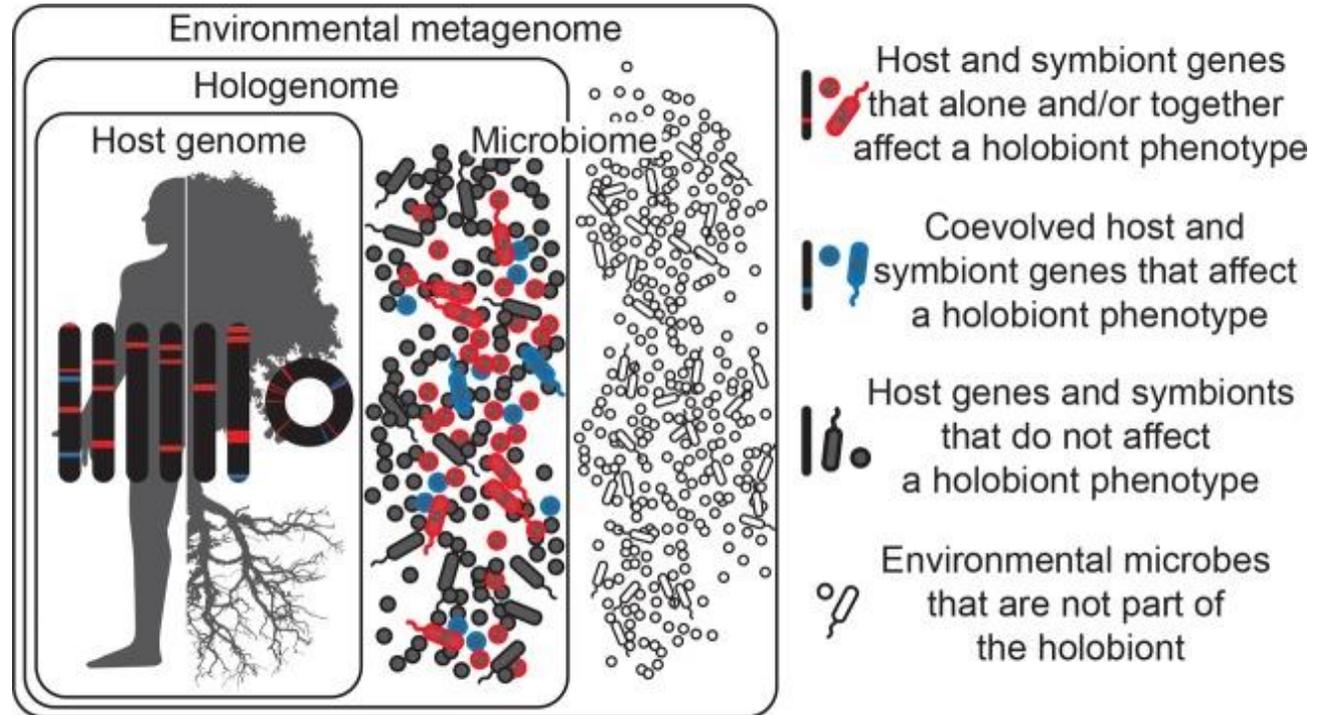


b Agricultural ecosystems



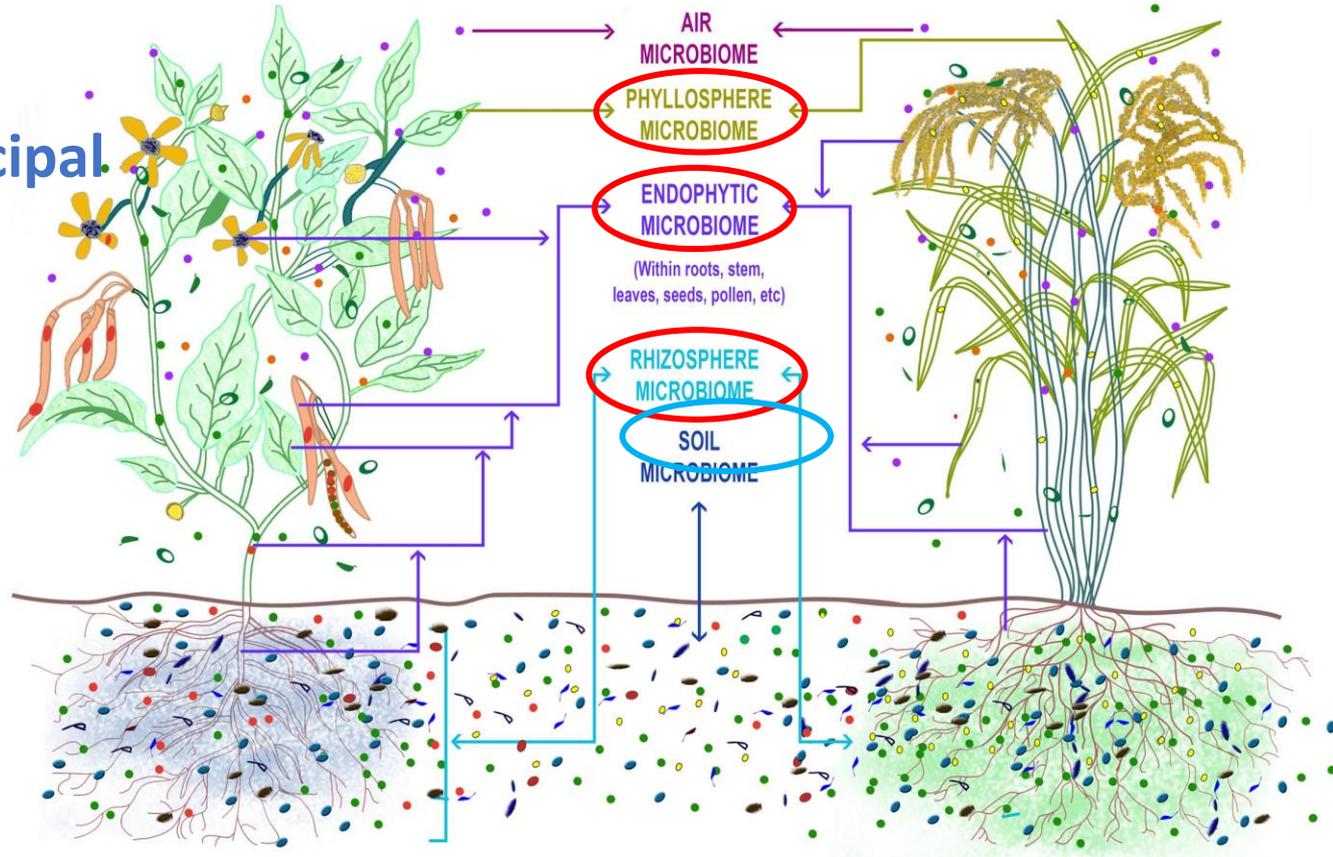
L'holobionte ou comment ne jamais vivre seul

Toutes les interactions entre les microorganismes et l'organisme principal



Le microbiome de la plante est composé des microbiomes de la feuille, de la tige...

Le sol: reservoir principal.



Evaluation de l'efficacité de la mycorhize sur des variétés de blé avant et après 1975

Hetrick et al. 1995 Biology

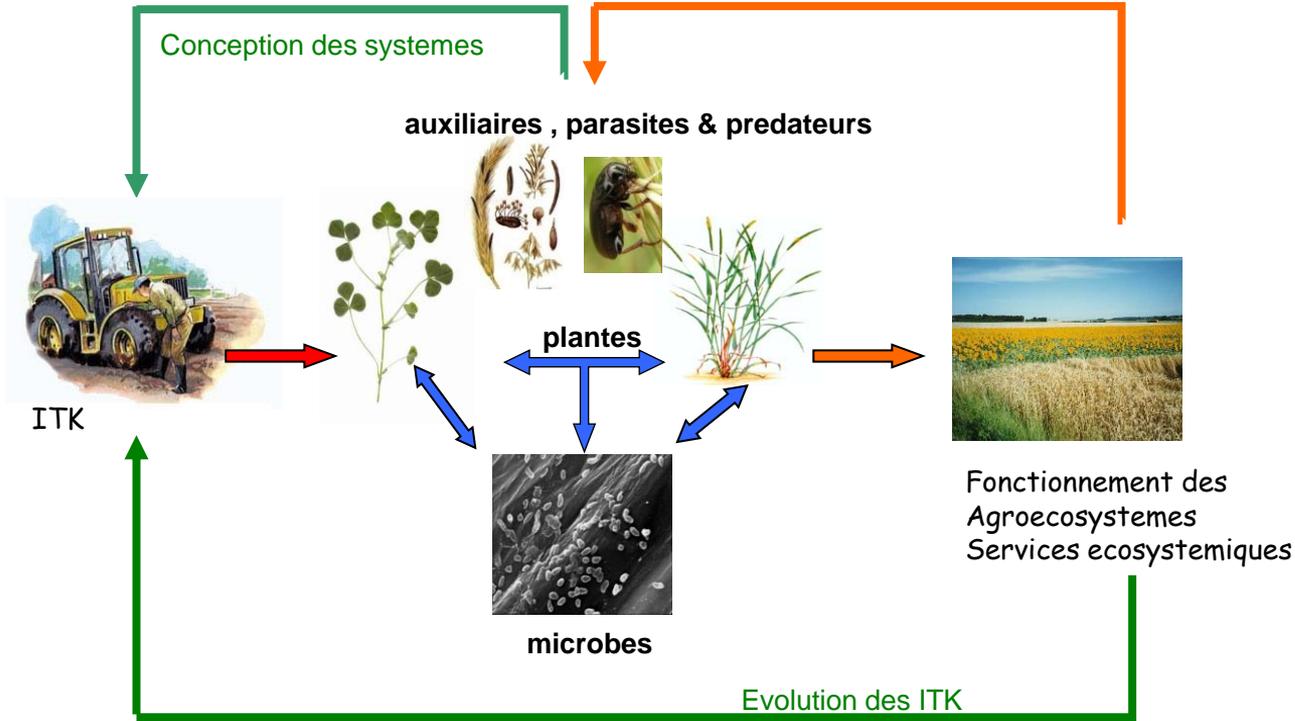


8/11 des variétés anciennes
répondent positivement aux
CMA en terme de promotion
de la croissance, mais
seulement 1/11 sur les
récentes!

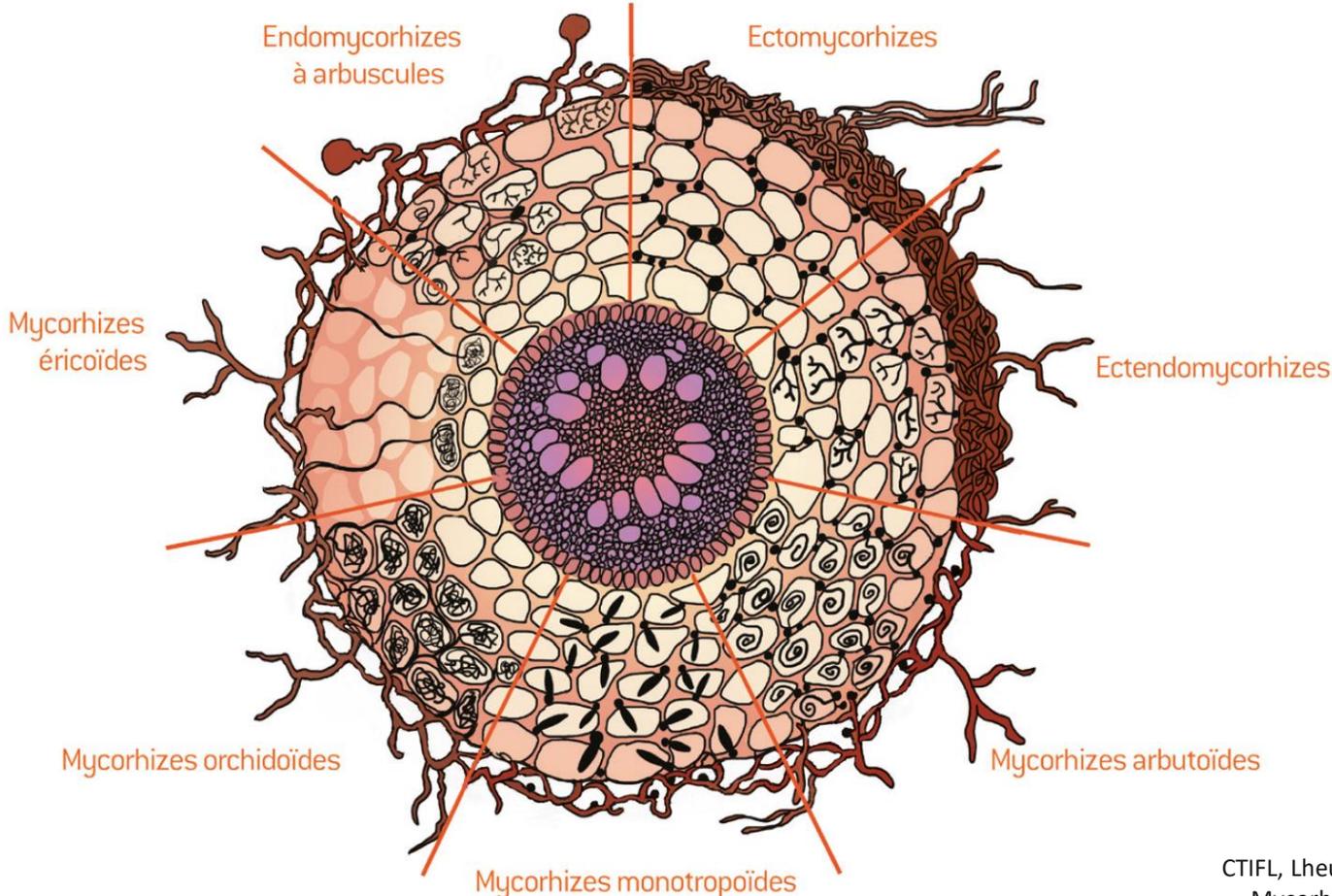


Besoin d'inclure la réponse des microorganismes du sol dans la sélection variétale

Les microorganismes dans le fonctionnement des agroécosystèmes



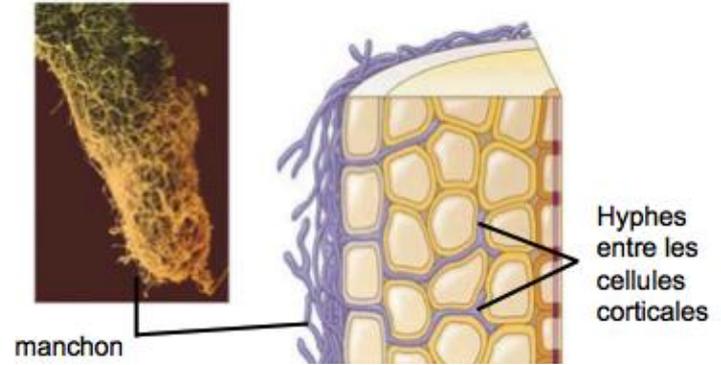
Les différents types de mycorhizes



Les deux grands types de mycorhizes

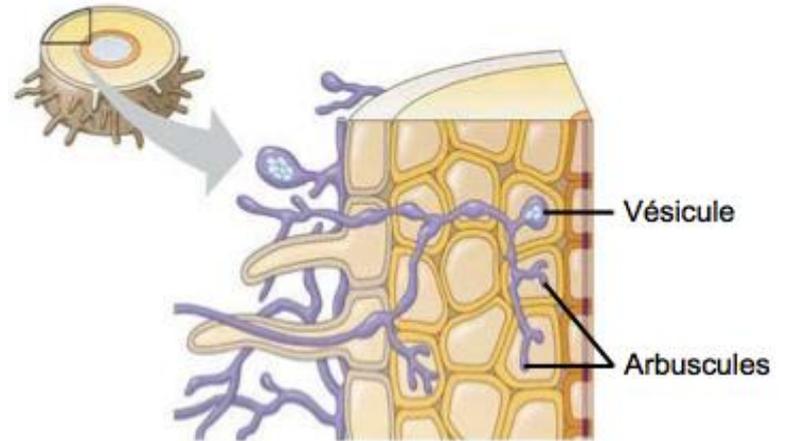
Ectomycorhizes :

- Espèces ligneuses exclusivement
- Arbres des zones tempérées
- . manchon autour de la racine

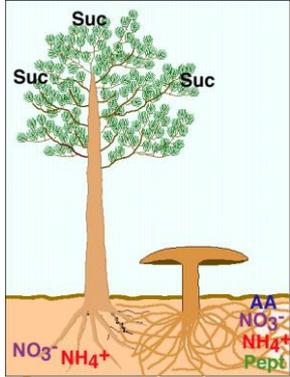


Endomycorhizes à arbuscules :

- Les plus répandues
- Hyphes à l'intérieur des cellules corticales
- . structures ramifiées : les arbuscules
- . structures de réserve : les vésicules

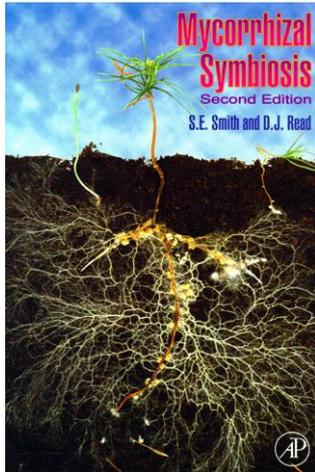


Interets de la mycorhize

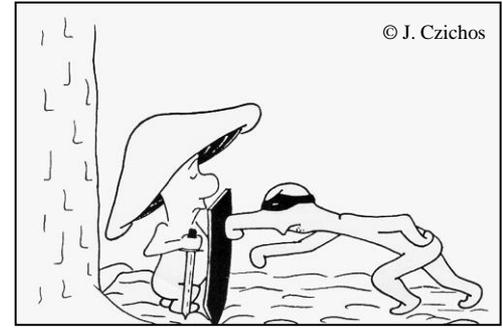


Bénéfices trophiques

- Absorption et transfert de nutriments du sol
- Augmentation de la surface d'absorption par les hyphes (jusqu'à X1000)
- Meilleur accès au phosphore, à l'azote et autres éléments du sol
- Champignon bénéficie de la photosynthèse de la plante (squelettes carbonés) (jusqu'à 20% du carbone assimilé par la plante est transféré au champignon)



Interets de la mycorhize



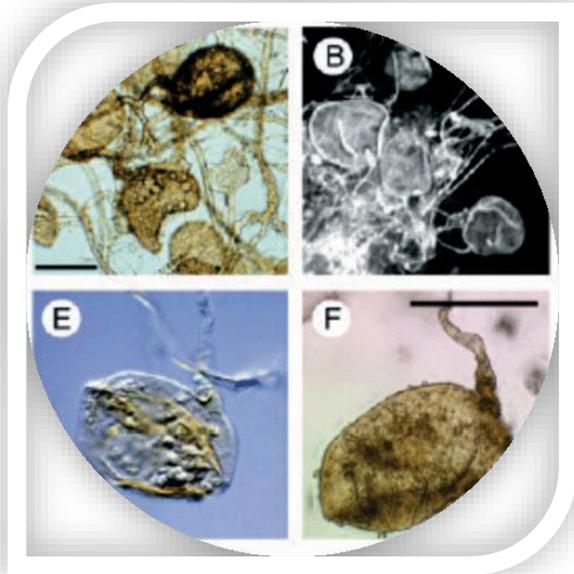
Protection du système racinaire

- compétition (*Fusarium*)
- développement d'une barrière mécanique (manteau)
- contre les métaux lourds...

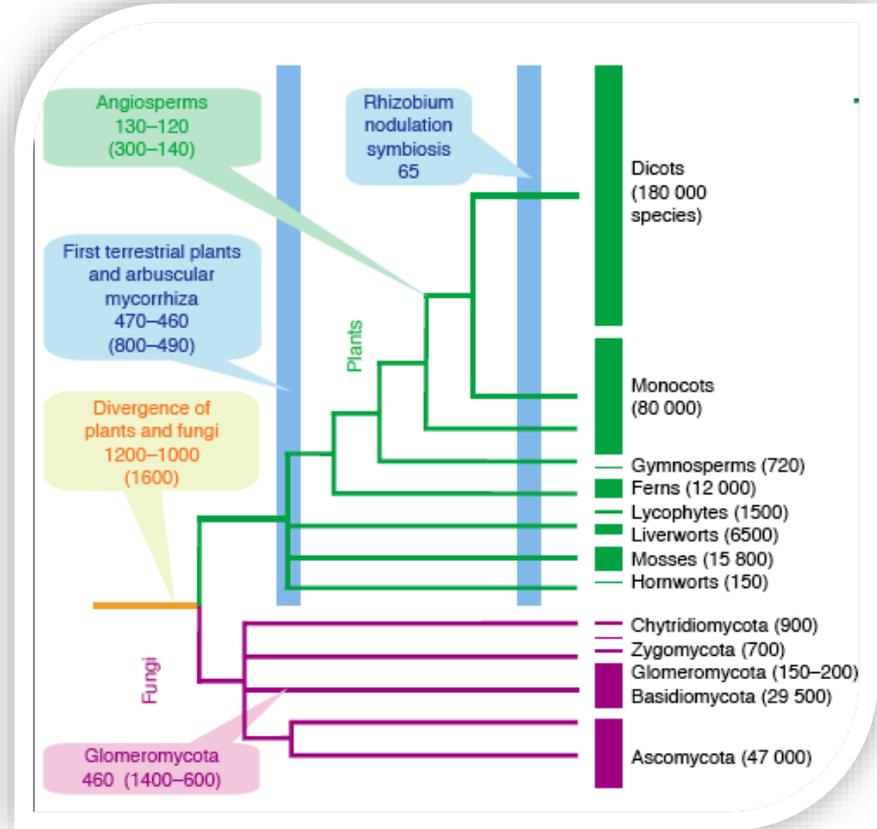
Rôles spécifiques

ex. Orchidées

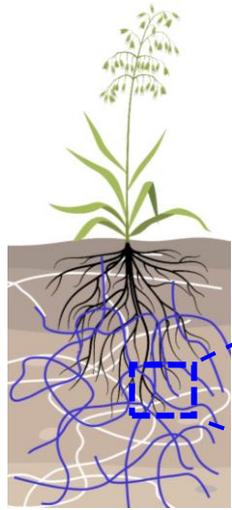
Un lien ancien entre plantes et champignons



Plus vieille symbiose qui date de l'Ordovicien

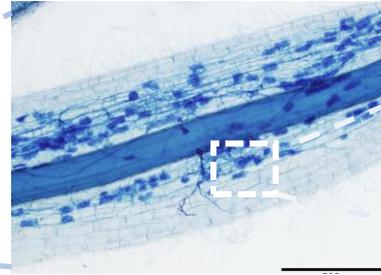
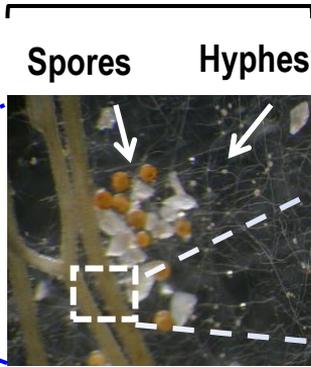


La symbiose mycorhizienne a arbuscules

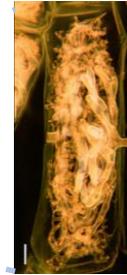


Racines de 90% des plantes terrestres
Majorité des plantes cultivées

**Champignon mycorhizien
à arbuscules (CMA)**

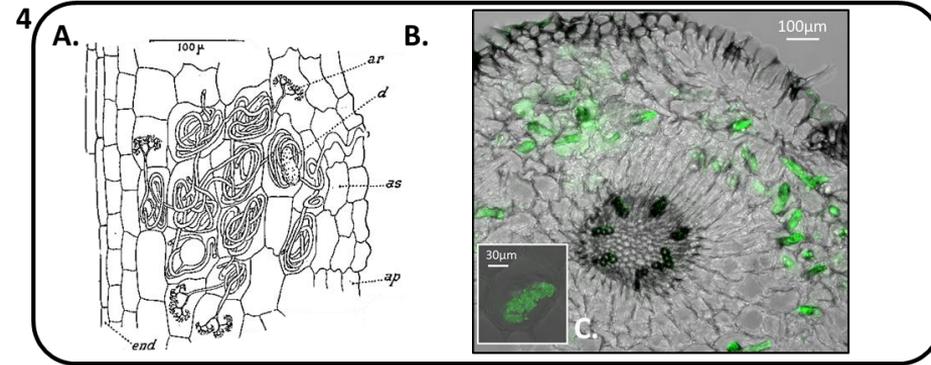
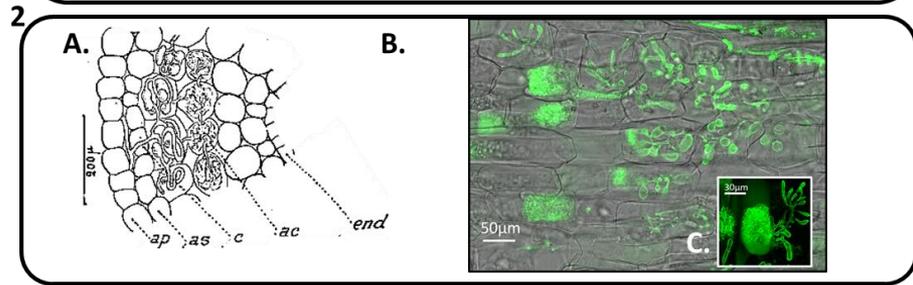
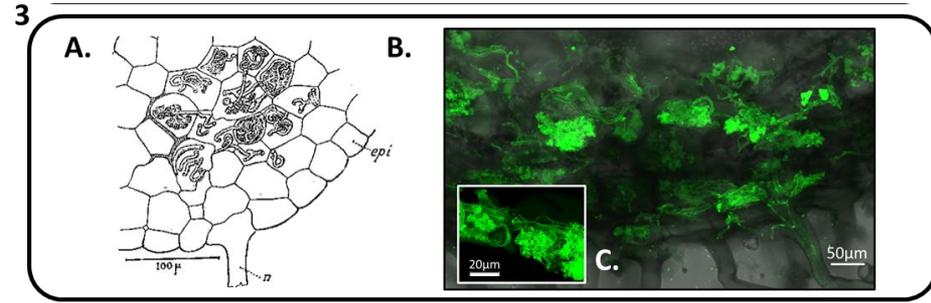
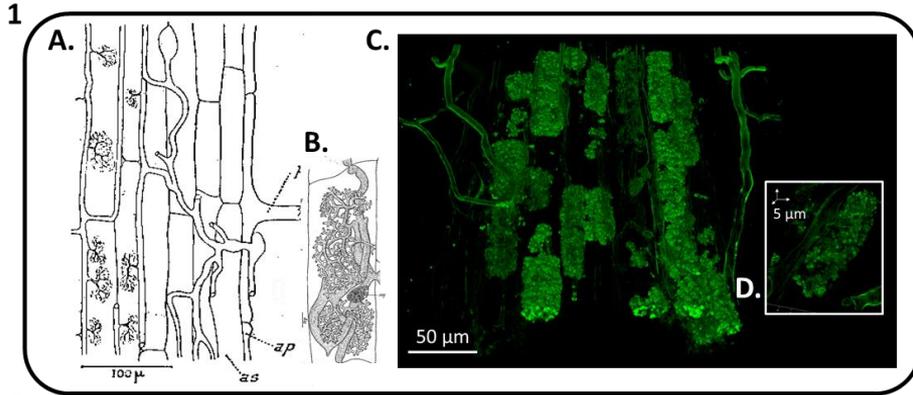


Racine mycorhizée

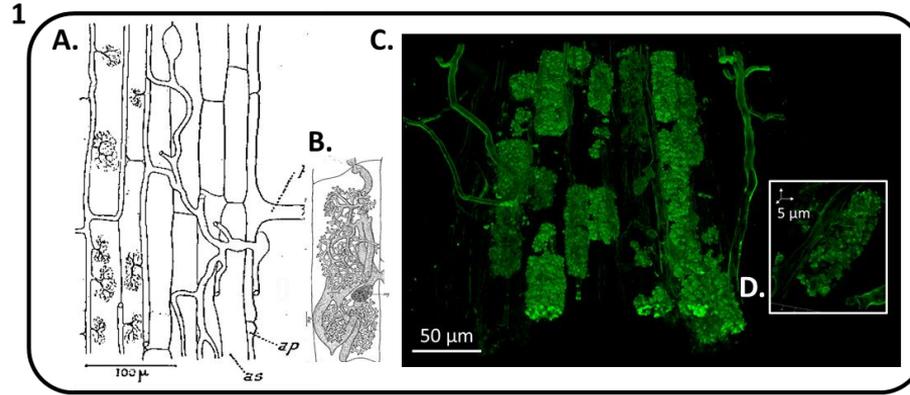


Arbuscule
Interface biotrophe plante-CMA

La symbiose mycorrhizienne a arbuscules



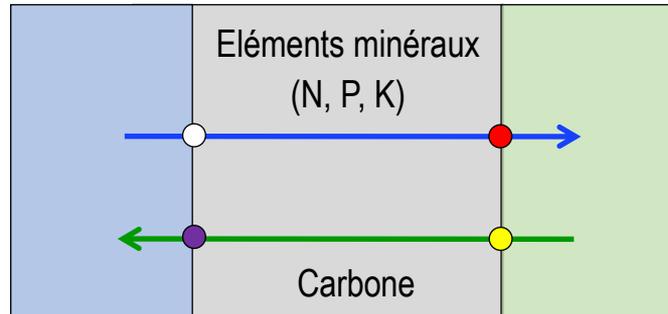
La symbiose mycorhizienne a arbuscules

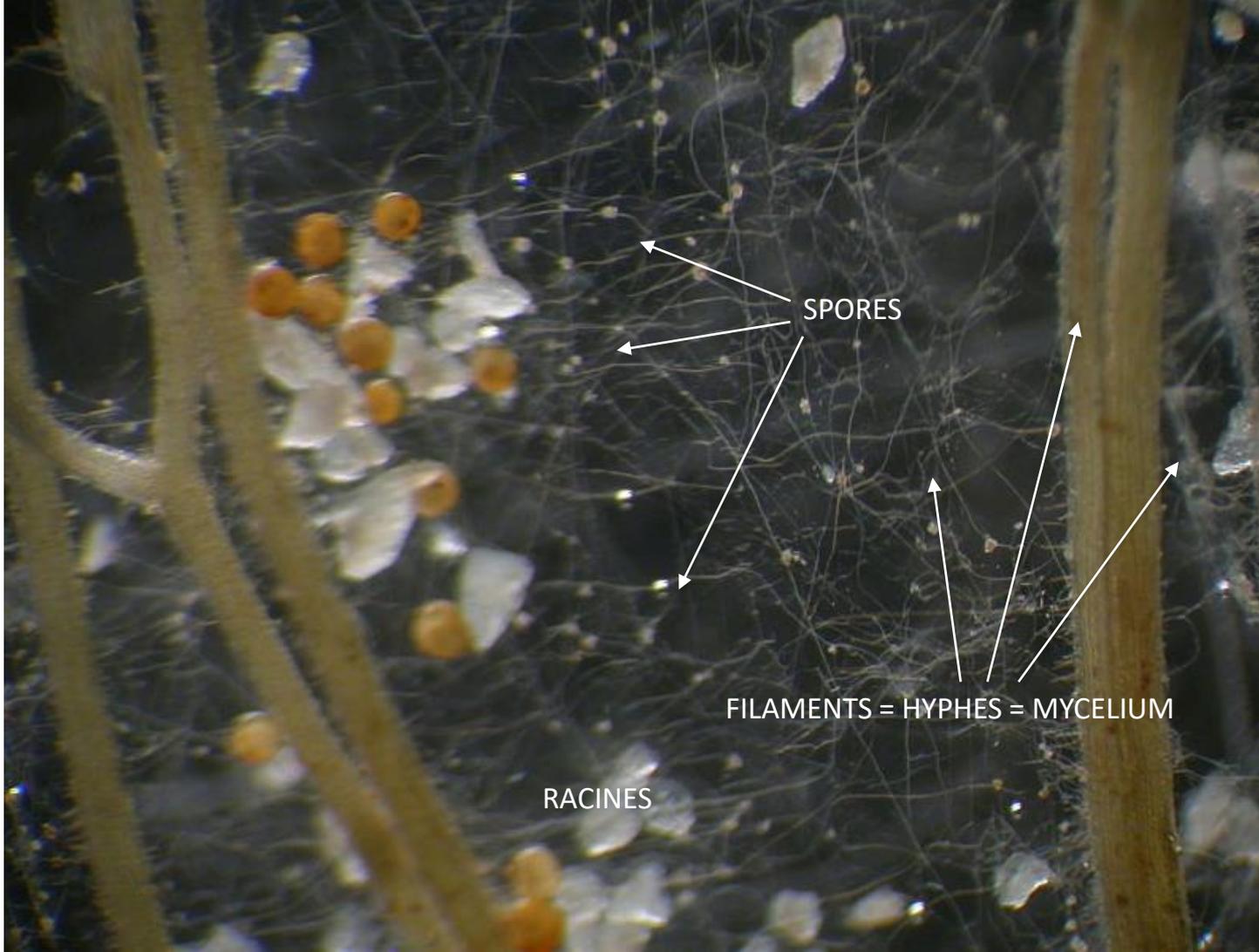


Interface biotrophe

Champignon

Plante





SPORES

FILAMENTS = HYPHES = MYCELIUM

RACINES

Services apportés par la mycorhize

Stabilisation soil : Développement dans le sol d'un réseau complexe d'hyphes branchées (mycorhizosphère) produisant de la glomaline (une glycoprotéine), qui stabilise les agrégats.

Regulators: Mycorrhiza modify the plant's hormonal balance.



Services apportés par la mycorhize

Soil stabilisation: Development in the soil of a complex, branched network of hyphae (mycorrhizosphere) producing glomalin (a glycoprotein), which stabilises aggregates.

Regulation: La mycorhize modifie la balance hormonale des plantes



Services apportés par la mycorhize



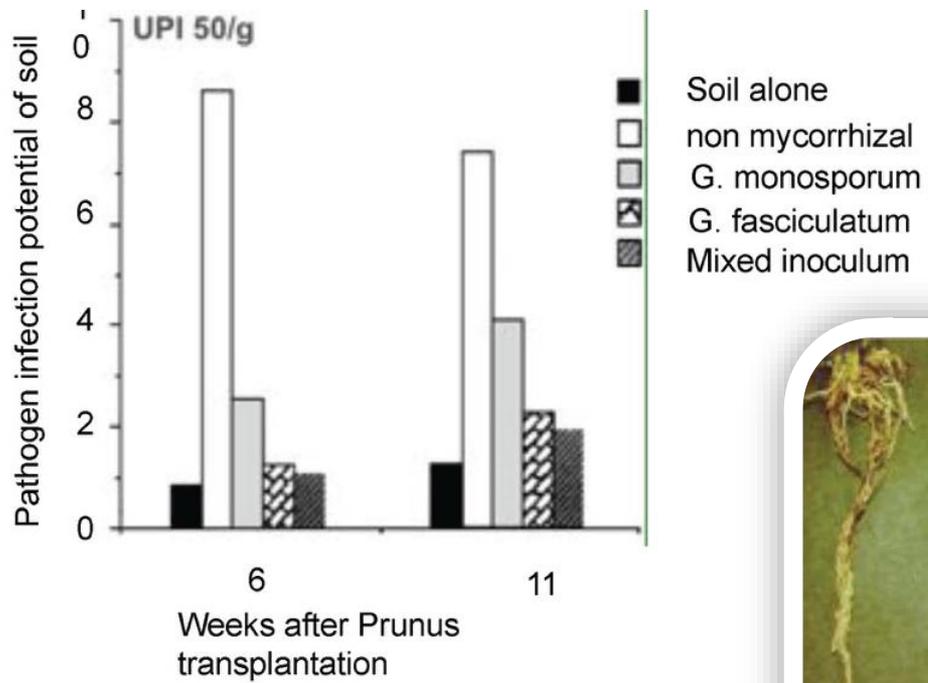
Protection : La mycorrhize améliore la résistance des plantes aux stress abiotiques (métaux lourds, pesticides, etc.) et biotiques (pathogènes).

Fertilisants : Mycorrhiza help plants to absorb the least mobile mineral elements from the soil (P, N, S, K, Cu, Zn,...).

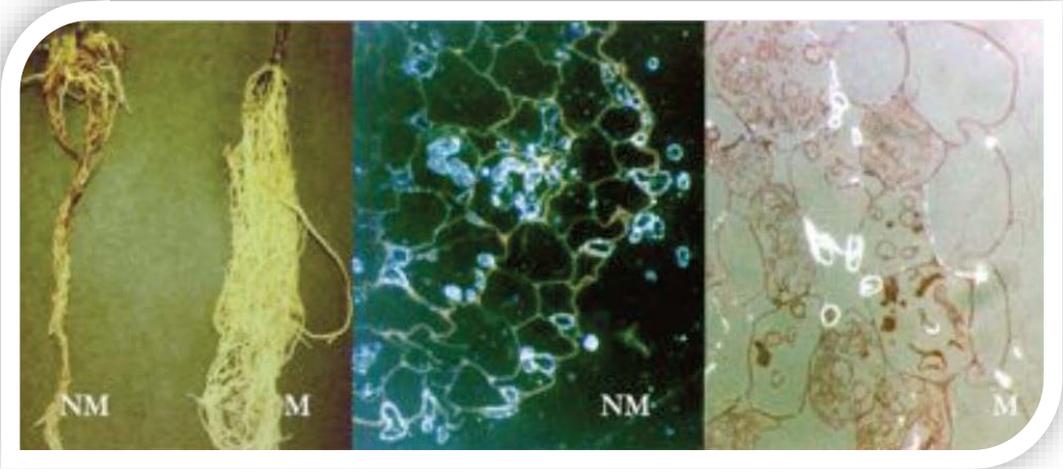


Protection contre les stress biotiques

Potentiel infectieux d un sol



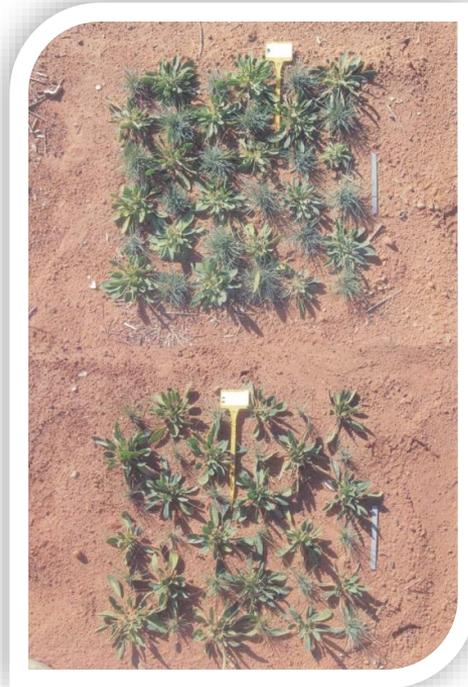
Tomate: protection contre *Phytophthora parasitica*



Protection contre les stress abiotiques



cadmium (10ppm)



Settling tanks	Zn	Pb	Cd
Total [] (ppm)	128000	44100	969
EDTA extractible (ppm)	12400	9260	35

Services apportés par la mycorrhize

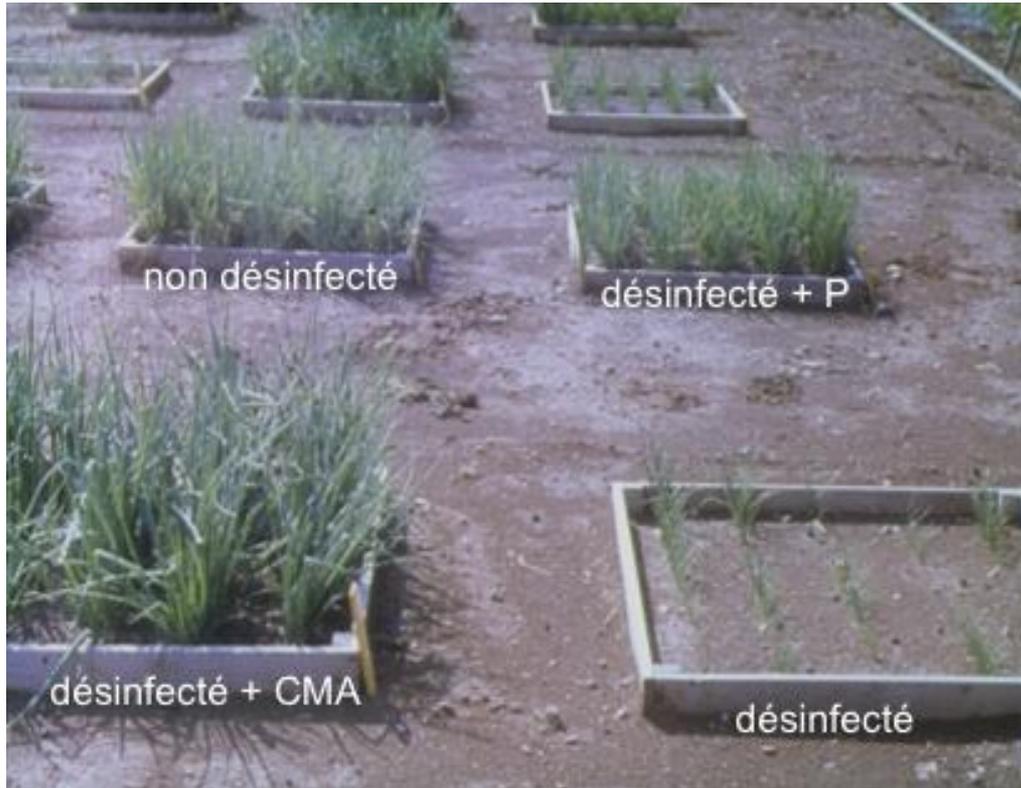


Protectors : Mycorrhiza improve plant resistance to abiotic stresses (heavy metals, pesticides, etc.) and biotic stresses (pathogens).

Nutrition : absorption des éléments minéraux mobiles du sol (P, N, S, K, Cu, Zn,...).

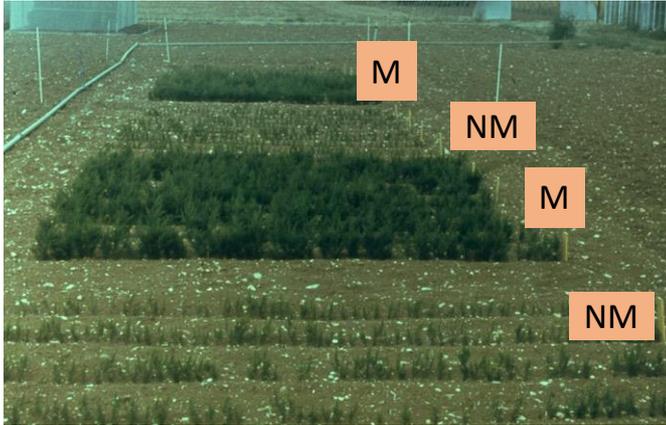


Preuve de concept: un peu d Histoire



L utilisation des fertilisants phosphates et leur accumulation dans les sols ont triple entre 1960 et 1990.

Effets benefiques sur la croissance de la plante



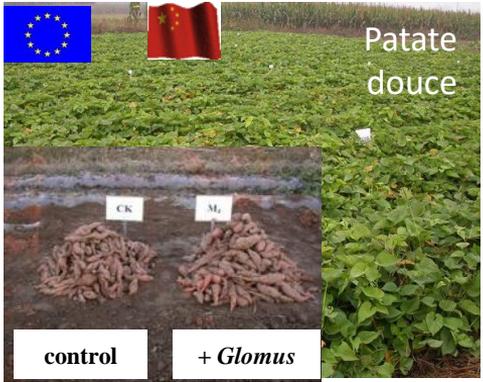
Mycorhization de l'asperge par *Glomus monosporum*

Plots desinfectes

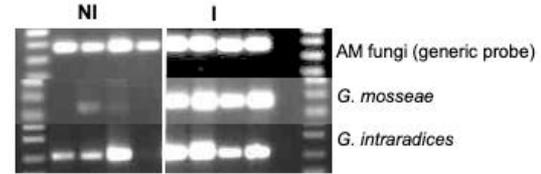
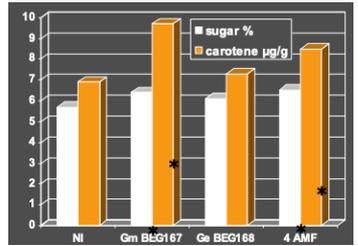
*Pommiers produits in vitro et transplante dans sol desinfecte. Plantes inoculees (ou non) avec *Glomus fasciculatum**



Effets de la mycorhization sur la qualite de la production vegetale

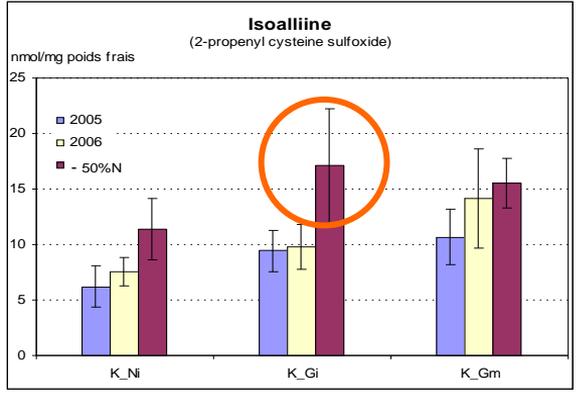


- Rendement +17.44%
- Sucre +14.03%
- Carotene +23.18%



Farmer et al. 2007 Appl Soil Ecol

Composes souffres dans des bulbes d oignon



Collaboration Coop d'Or (Dijon Céréales)

Effets de la mycorhization sur la qualite de la production vegetale



Molécules antioxydantes dans les fruits rouges



Propriétés nutritionnelles et organoleptiques de la pomme de terre

2008 = année ONU de la pomme de terre

Project Qualivivant

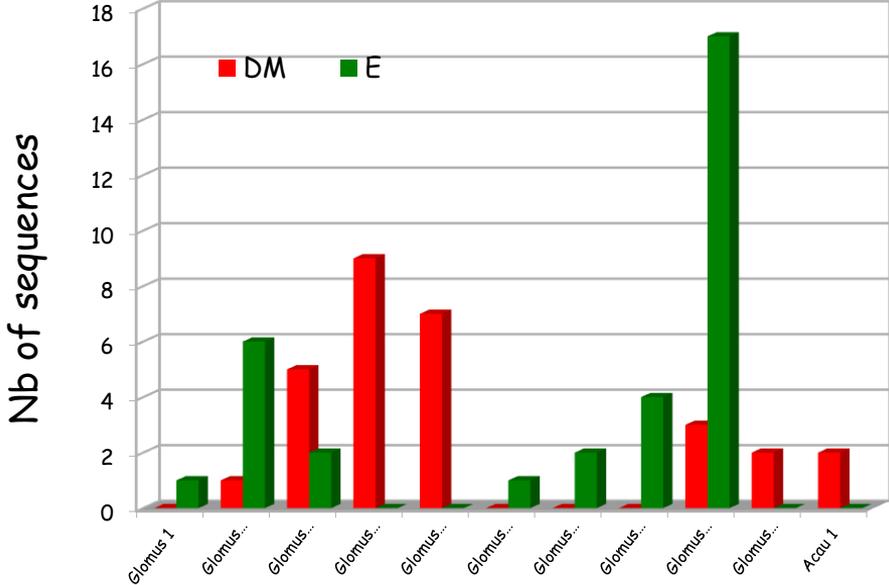
Evolution des communautés en fonction des systèmes de culture



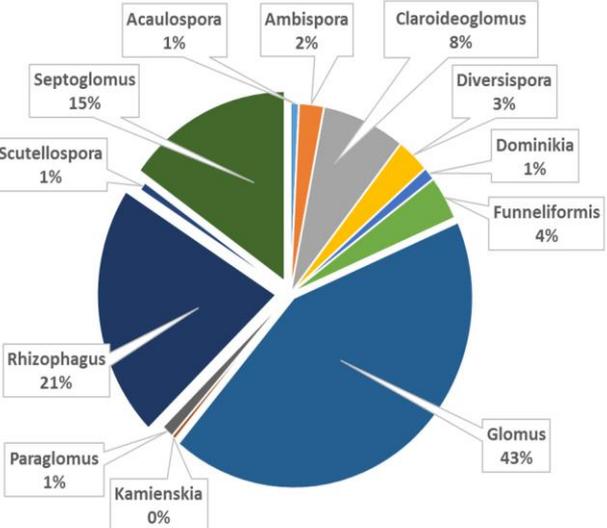
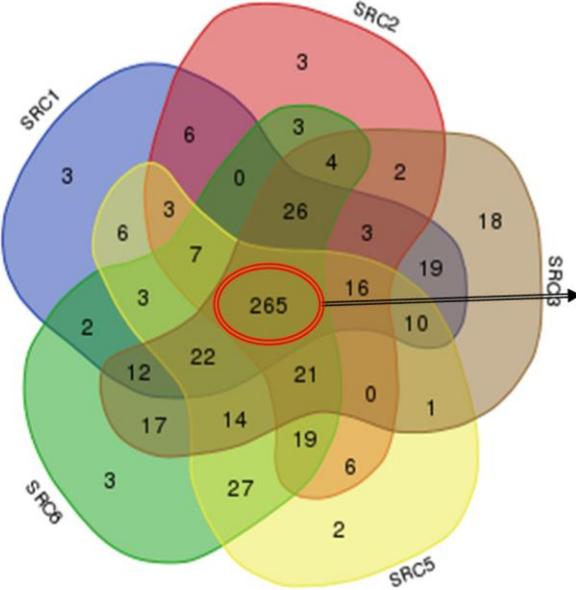
Désherbage mécanique



Enherbement



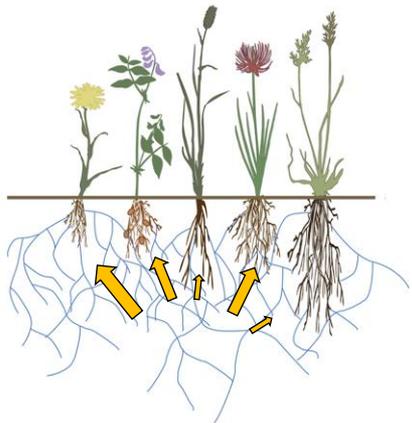
Evolution des communautés en fonction des systèmes de culture



Couverture vegetale favorise les champignons mycorhiziens



Reseaux myceliens communs

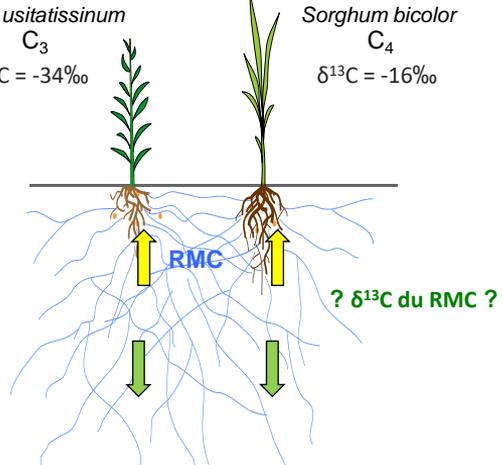


■ Eléments minéraux

? ³³P of plants ?

Linum usitatissimum
C₃
δ¹³C = -34‰

Sorghum bicolor
C₄
δ¹³C = -16‰

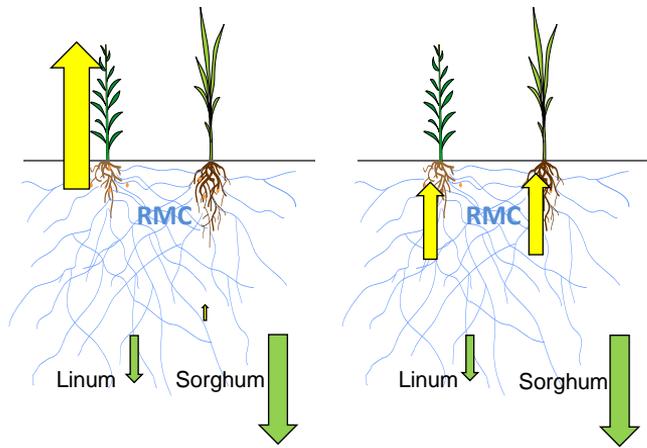


■ Investissements en C

■ Eléments minéraux

Rhizophagus irregularis

Funneliformis mosseae



Mycorhizes: services écologiques et gestion

■ Réduction:

- du labour (destruction du réseau d'hyphes et diminution de la diversité)
- de la jachère sol nu (diminution de la biodiversité par l'absence de plantes hôtes)
- des engrais chimiques de synthèse (diminution de la colonisation)
- de l'utilisation de plantes non mycorhizotrophes dans les rotations (diminution de la biodiversité)
- des biocides et fumigations du sol (effet toxique)



+ Développement de stratégies de production mimant la nature par:

- l'utilisation d'engrais organiques (stimulation colonisation et efficacité de la mycorhize)
- la promotion de périodes de repos avec couvert végétal mycorhizotrophe (augmentation biodiversité et efficacité)
- l'augmentation de rotations diversifiées avec des plantes mycorhizotrophes (augmentation de la population)
- l'inoculation avec différents champignons mycorhiziens (réduction de l'effet délétère de certaines pratiques culturales)



Mycorhizes: services écologiques et perspectives

De la taxonomie a la fonction



Association des champignons mycorhiziens avec des bacteries

Communautés simplifiées de microorganismes telluriques

