

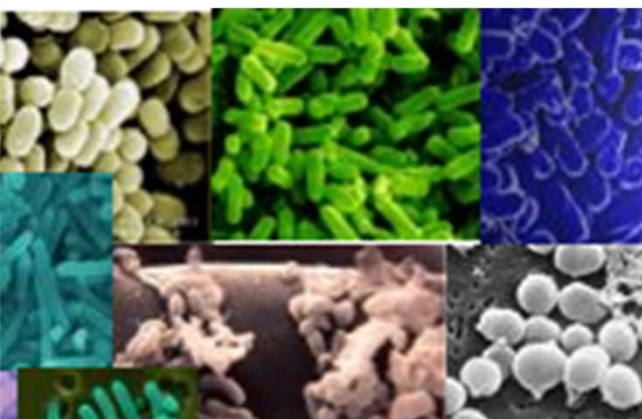
- Sylvie MASQUELIER
- Alain LECAT
- Jean-Pascal MURE

sylvie.masquelier@inoculumplus.eu

a.lecat@somme.chambagri.fr

jeanpascal.mure@isere.chambagri.fr

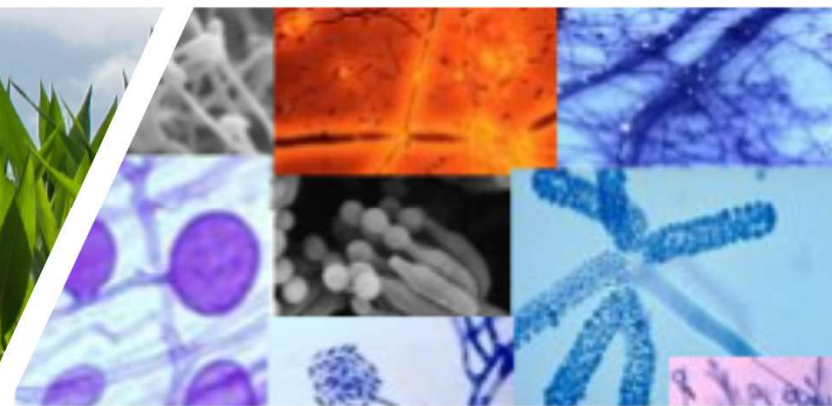
Mycorrhizes: entre mythes et réalités au champ




CHAMBRES
D'AGRICULTURE
FRANCE

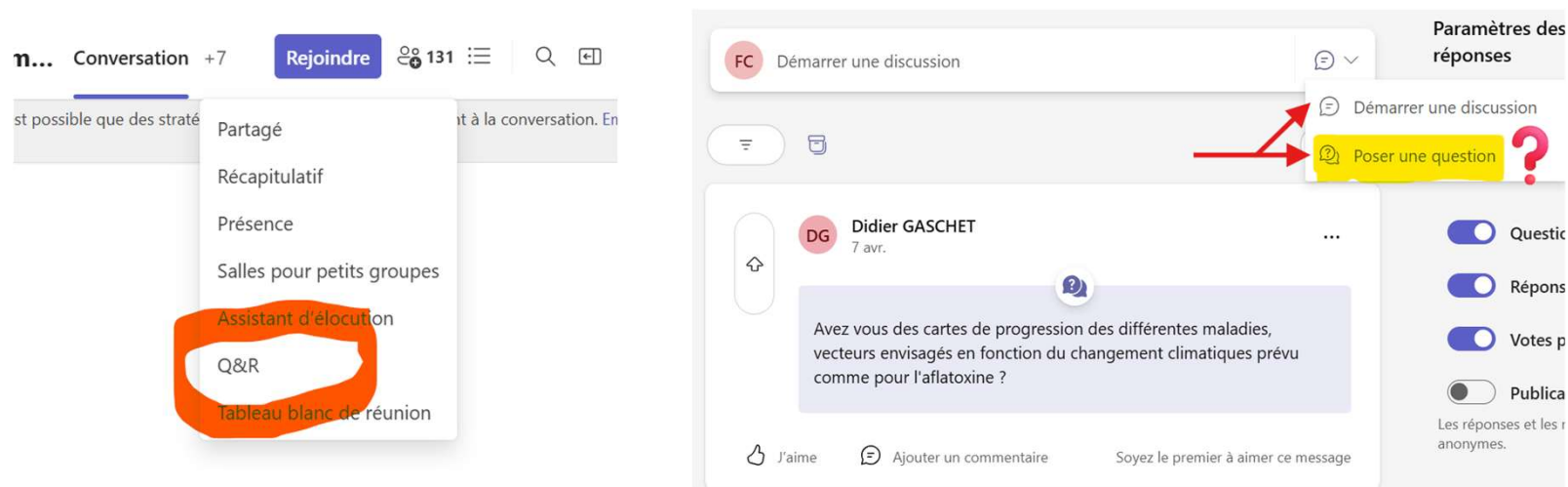
Avec
la contribution
financière du compte
d'affectation spéciale
développement
agricole et rural
CASDAR


**MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE L'ALIMENTATION**
*Liberté
Égalité
Fraternité*



Règles de fonctionnement du webinaire

- 20 min de présentation par intervenant suivies de 2 min de questions de compréhension
- Session de Questions/Réponses de 15 min à la fin



- Webinaire enregistré => replay + support disponibles

Les interventions et leur déroulement

- **Sylvie Masquelier** (Cofondatrice et responsable scientifique d'Inoculum Plus)



 *Introduction aux principes de la mycorhization, fonctionnement, bénéfices agronomiques et enjeux de l'inoculation de souches locales*

- **Jean-Pascal Mure** (Agro-pédologue, Chambre d'agriculture de l'Isère)

 *Pratiques agricoles favorisant naturellement la mycorhization, illustrées par des résultats d'essais sur maïs et soja*

- **Alain Lecat** (Réfèrent national Grandes Cultures bio, Chambre d'agriculture de la Somme)

 *Présentation des résultats d'essais de mycorhization en grandes cultures et analyse des effets observés au champ*

- **Questions/Réponses**

Sylvie Masquelier
INOCULUM*plus*

Webinaire - 16 juin 2025



Mycorhizes : entre mythes et réalités au champ

Sylvie.masquelier@inoculum
plus.eu

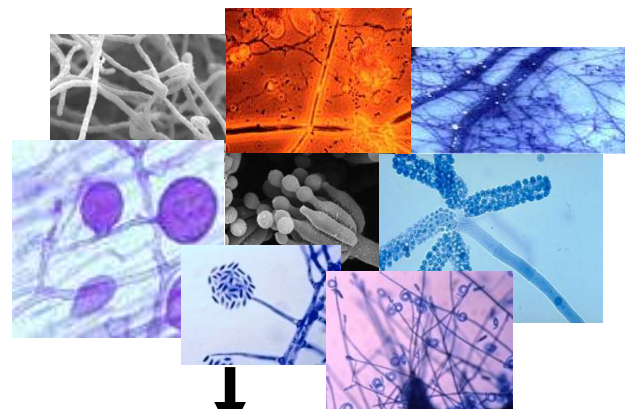




Dans 1g de sol

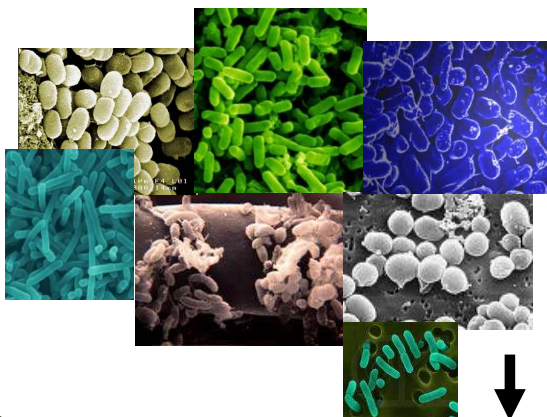


**1 million de champignons
1000 espèces**



**3,5 tonnes/ha
10 000 km d'hyphes/m³**

**1 milliard de bactéries
1 million d'espèces**



1,5 tonnes/ha

Les stratégies des champignons pour se nourrir

Parasite



Cordyceps:
champignon non parasite



Saprotrophe



Parasola

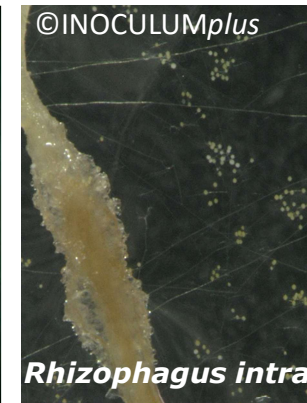
Symbiote



Richard



Amanite tue-mouches



©INOCULUMplus

Rhizophagus intraradicalis

Les stratégies des champignons pour se nourrir

Parasite



Cordyceps:
champignon non parasite



Saprotrophe

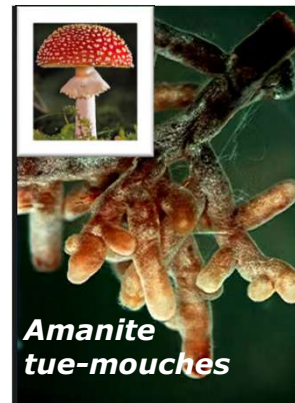


Parasola

Symbiote



Richard



Amanite tue-mouches



Rhizophagus intraradicalis

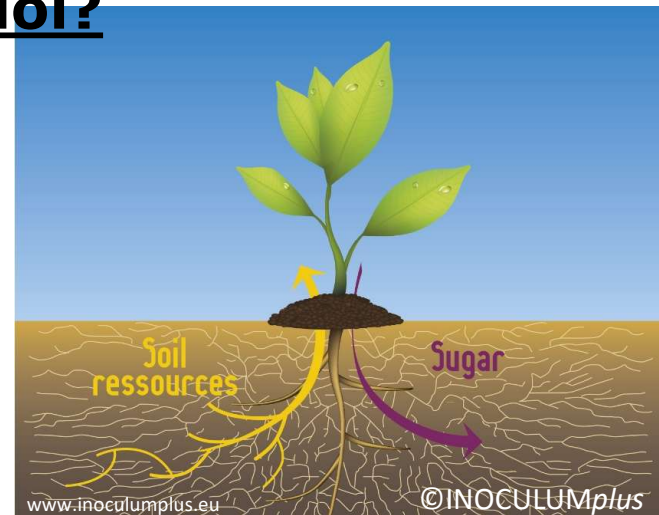
La mycorhize, c'est quoi?



*Amanite
tue-mouches*



Rhizophagus intraradices



Mycorhize:

“myco” (champignon) and “rhize” (racine)

C'est une association symbiotique mutualiste
entre un champignon et une plante.

Elle concerne **95%*** des plantes terrestres.

***Plantes ne faisant pas la mycorhize:**

Brassicaceae, Chenopodiaceae,
Polygonaceae, Proteaceae, Caricaceae

Différentes mycorhizes

	80 %	5 %	5 %	5 %			
	MA ⁽¹⁾	ECM ⁽²⁾	Ectendomycorhizes	Mycorhizes arbutoïdes	Mycorhizes monotropoïdes	Mycorhizes éricoïdes	Mycorhizes orchidoïdes
Champignon							
Hyphes							
avec cloison	-	+	+	+	+	+	+
sans cloison	+	-	-	-	-	-	-
Arbuscules	+	-	-	-	-	-	-
Pelotons	-	-	+	+	+	+	+
Manteau	-	+	+ ou -	+ ou -	+	-	-
Réseau de Hartig	-	+	+	+	+	-	-
Taxon	Gloméro.	Basidio./Asco. (Gloméro.)*	Basidio./Asco.	Basidio.	Basidio.	Asco.	Basidio.
Plante hôte							
Taxon	Bryo./Ptérido. Gymno./Angio	Gymno./Angio.	Gymno./Angio.	Erica.	Monotropa.	Erica./Bryo.	Orchida.
Chlorophylle	+ (-)*	+	+	+	-	+	- **

Bâ et al. 2011

⁽¹⁾ MA = mycorhizes à arbuscules ; ⁽²⁾ ECM = ectomycorhizes ;

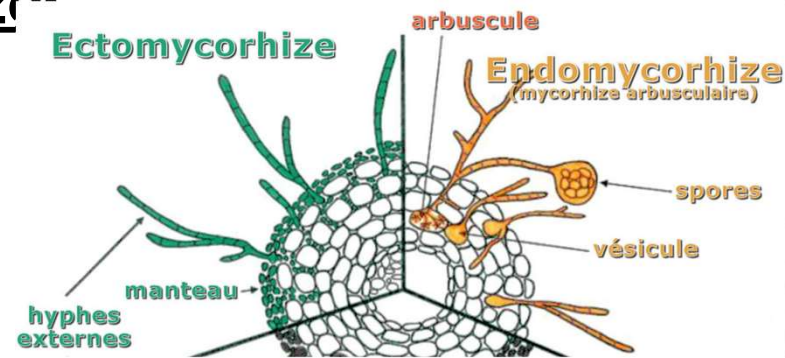
- = absent ; + = présent ; * = rare ; ** = les Orchidaceae ne sont pas chlorophylliennes au stade juvénile ;

Différentes mycorhizes

	80 %	5 %
	MA ⁽¹⁾	ECM ⁽²⁾
Champignon		
Hyphes		
avec cloison	-	+
sans cloison	+	-
Arbuscules	+	-
Pelotons	-	-
Manteau	-	+
Réseau de Hartig	-	+
Taxon	Gloméro.	Basidio./Asco. (Gloméro.)*
Plante hôte		
Taxon	Bryo./Ptérido. Gymno./Angio	Gymno./Angio.
Chlorophylle	+ (-)*	+

Bâ et al. 2011

⁽¹⁾ MA = mycorhizes à arbuscules ; ⁽²⁾ ECM = ectomycorhizes ;
 - = absent ; + = présent ; * = rare ; ** = les Orchidaceae ne sont pas chlorophylliennes au stade juvénile ;



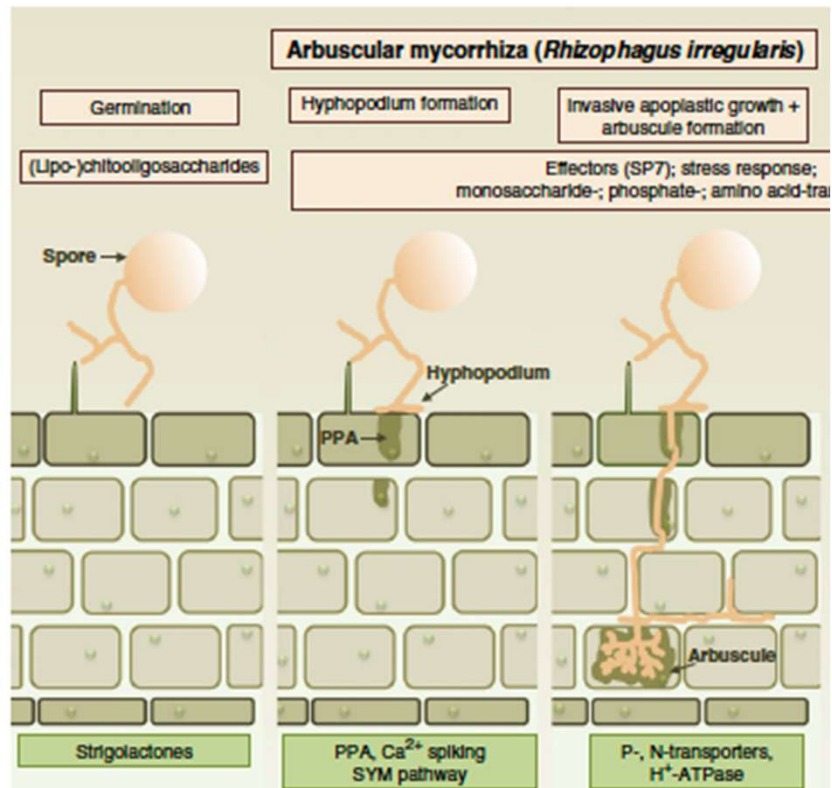
© AquaPortail.com



Endomycorhize à arbuscule

	80 %
	MA ⁽¹⁾
Champignon	
Hyphes	
avec cloison	-
sans cloison	+
Arbuscules	+
Pelotons	-
Manteau	-
Réseau de Hartig	-
Taxon	Gloméro.
Plante hôte	
Taxon	Bryo./Ptérido. Gymno./Angio
Chlorophylle	+ (-)*

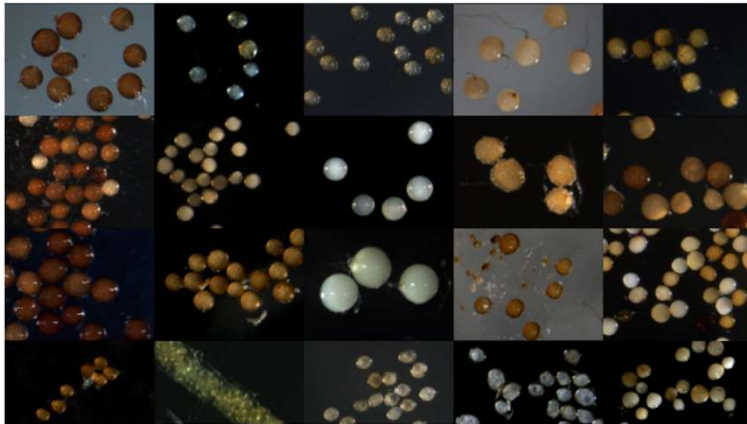
Bâ et al. 2011



Zuccaro et al.
2014

Endomycorhize à arbuscule

**Environ 150
espèces
Glomeromycota**

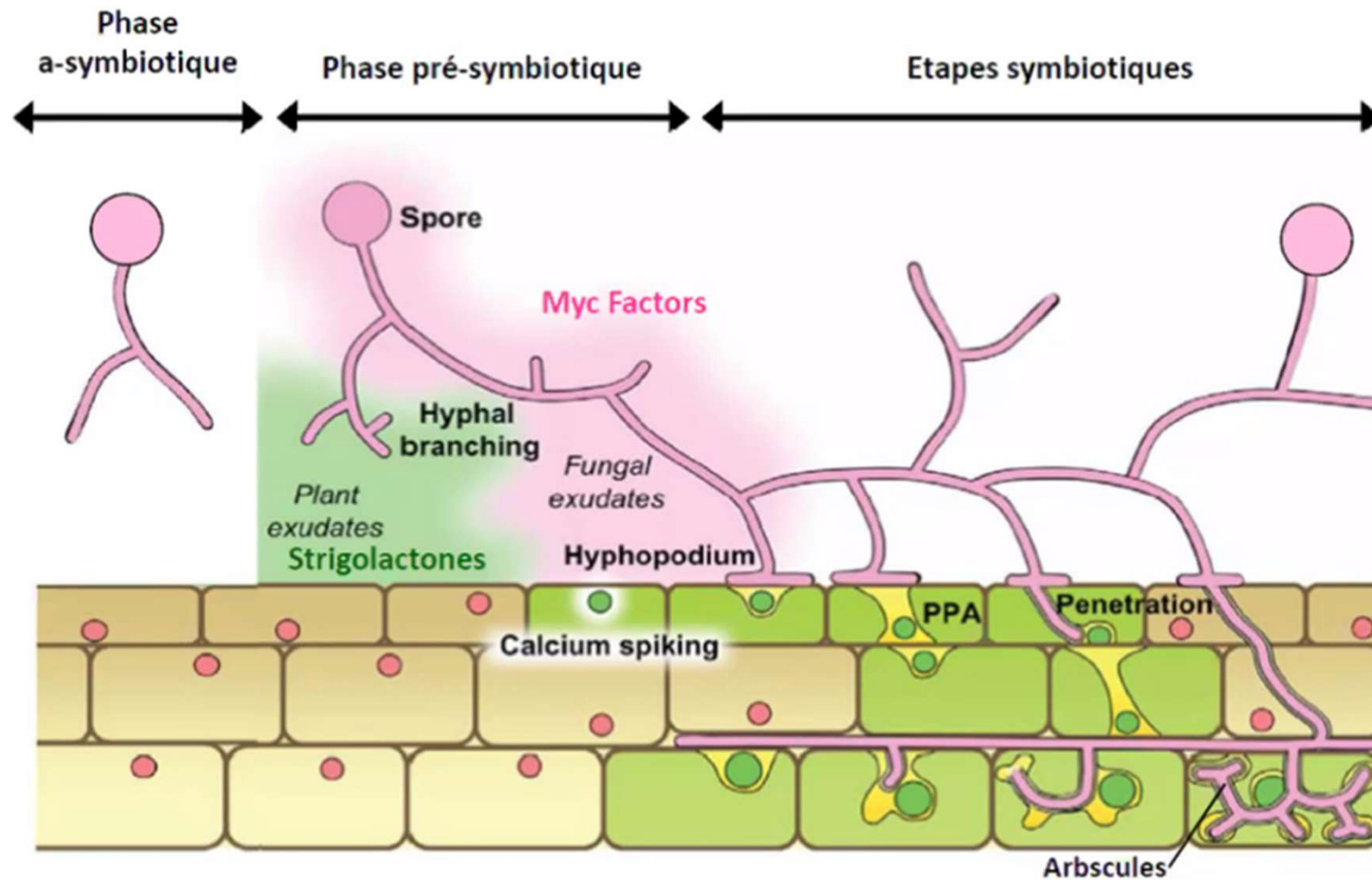


<https://www.i-beg.eu/>

**~400 000 espèces de
plantes hôtes (toutes les
familles)**



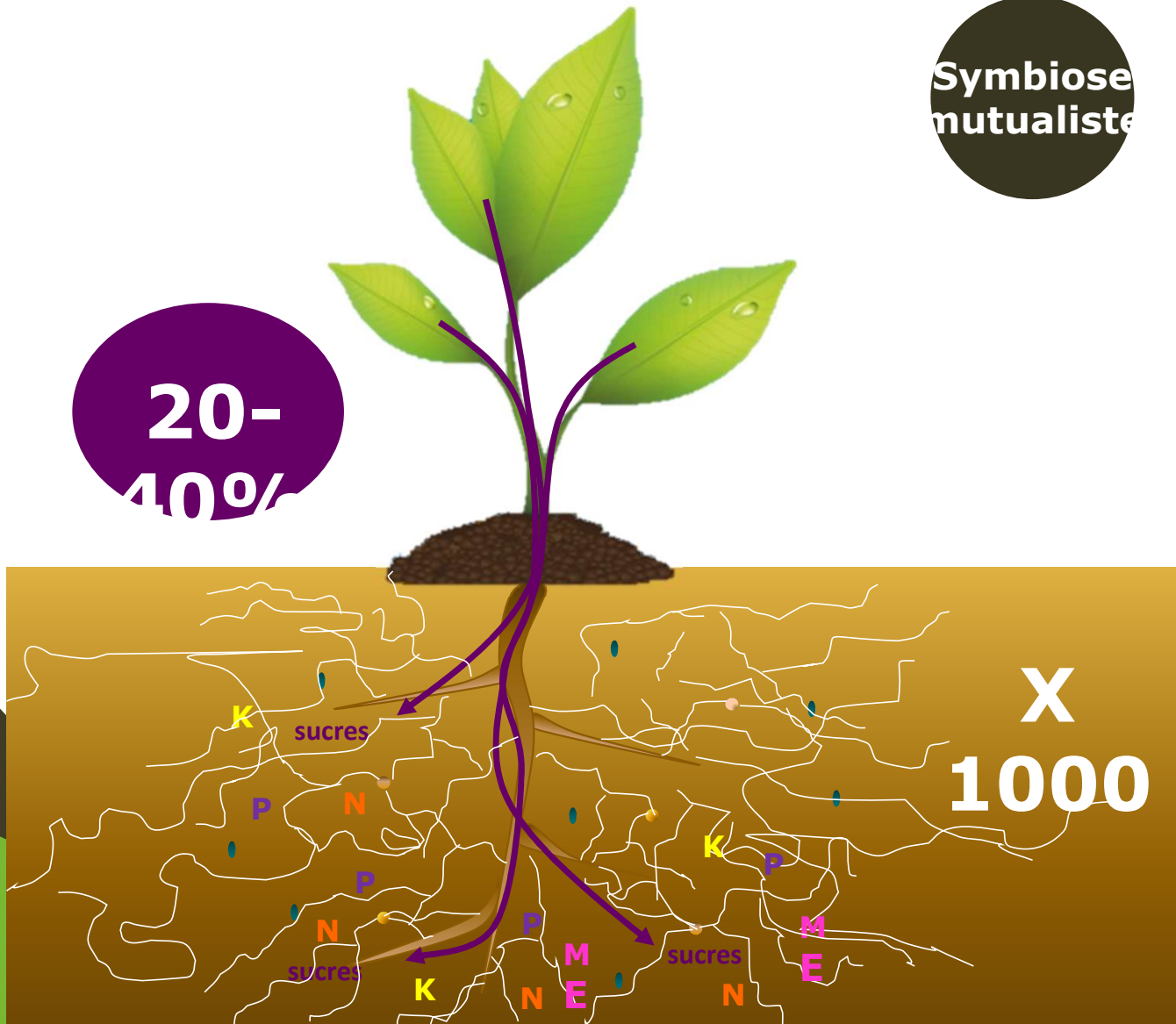
Endomycorhize à arbuscule



La mycorhize

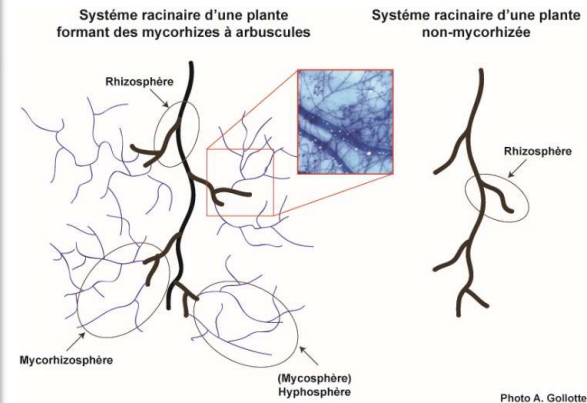
Symbiose
mutualiste

20-
40%



Services écosystémiques des endomycorhizes à arbuscules

Services écosystémiques (mycorhizes à arbuscules)	Services écosystémiques (mycorhizes à arbuscules) engendré
Modification de la morphologie des racines et développement dans le sol d'un réseau complexe et ramifié d'hyphes	Augmentation de l'ancrage de la plante dans le sol et stabilité du sol (action liante et amélioration de la structure du sol)
Augmentation de l'absorption d'éléments minéraux et d'eau par la plante	Promotion de la croissance de la plante et réduction des intrants
Effet tampon contre les stress abiotiques	Augmentation de la résistance de la plante au stress hydrique, à la salinité, aux métaux lourds, à la pollution et aux carences
Secrétion de glomaline dans le sol	Augmentation de la stabilité du sol et de la rétention de l'eau
Protection contre les pathogènes racinaires	Augmentation de la résistance de la plante contre les stress biotiques et réduction de l'application de phytosanitaires
Modification du métabolisme et de la physiologie de la plante	Bio-régulation du développement de la plante et augmentation de la qualité vis à vis de la santé humaine



✓ **Moins d'intrants**

✓ **Résistance aux stress**

Gianinazzi and Masquelier 2012

Bénéfices agronomiques



BIOFERTILISATION



BIOPROTECTION



BIORÉGULATION



STABILISATION DES SOLS



Réduction
n
30%

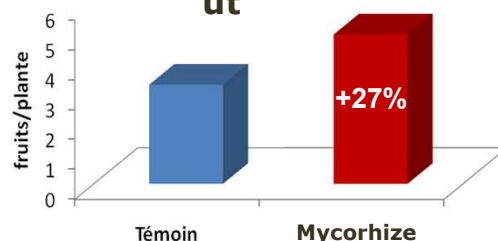


Bénéfices agronomiques ✓ Quelques exemples d'application



Nombre de fruits par plante

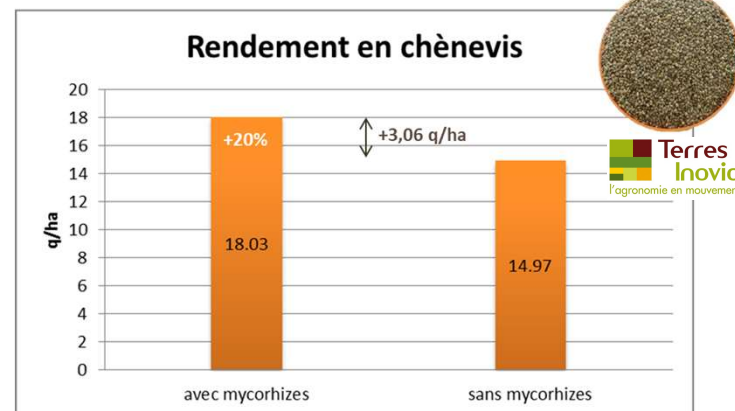
Artichaut



→ **Amélioration du rendement**



→ **Amélioration de la croissance (+ de pesto)**



→ **Amélioration du rendement (graine chanvre)**



→ **Pas de carence en N et P grâce aux mycorhizes** (amélioration de la disponibilité de NPK)



→ **Précocité de la floraison**

Bénéfices agronomiques pour les grandes cultures

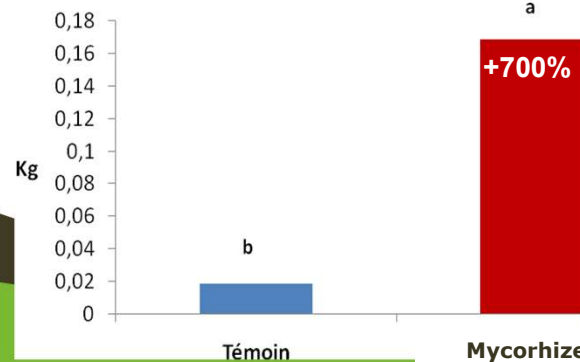
Essais champignons mycorhiziens au semis

Essai interne

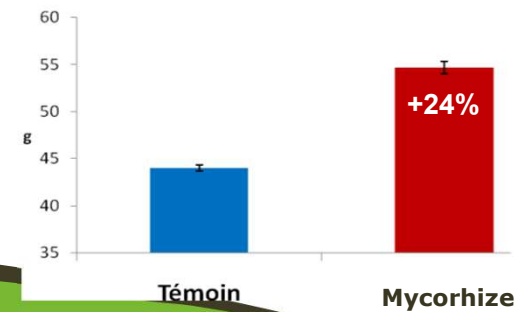
Inoculation de blé au champ
Région Goubellat - Tunisie



Poids paille/m²



Poids de 1000 grains



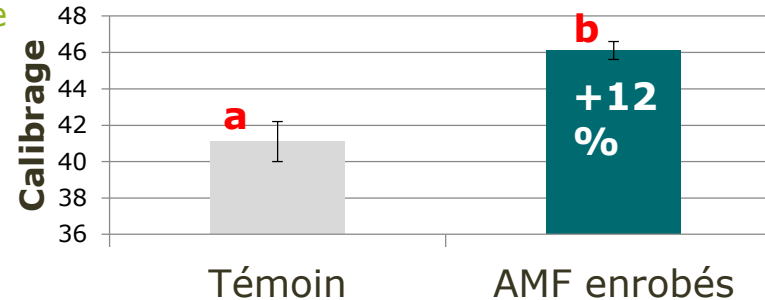
Bénéfices agronomiques pour les grandes

Essais champignons mycorhiziens au
semis

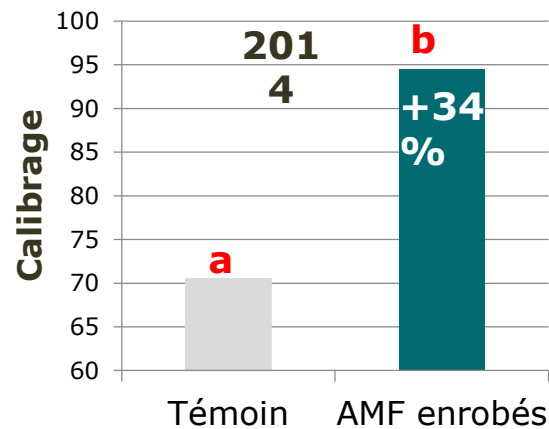
Résultats issus du projet
EUROSTARS - MICROCOAT

Essai interne

Orge d'hiver

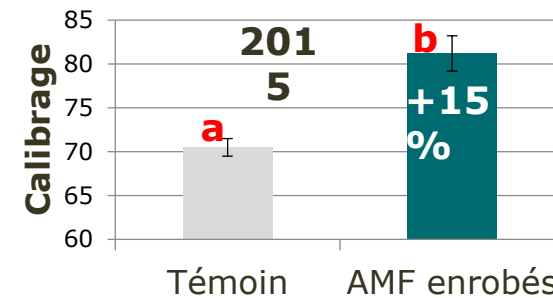


- ✓ **Date semis:** Octobre 2015
- ✓ **Particularité :** Semis orge enrobés avec AMF



- ✓ **Lieu:** Fromentaux (AB)
- ✓ **Date semis:** 11/03/2014
- ✓ **Date récolte :** 06/08/2014
- ✓ **Particularité :** Semis orge enrobés avec AMF

Orge de printemps



- ✓ **Lieu:** Darois (conventionnel)
- ✓ **Date semis:** 9/03/2015
- ✓ **Date récolte :** 08/2015
- ✓ **Particularité :** Semis orge enrobés avec AMF

Les pratiques à éviter



**Labour
profond**



**Plantes non
mycorhizotrop
hes**



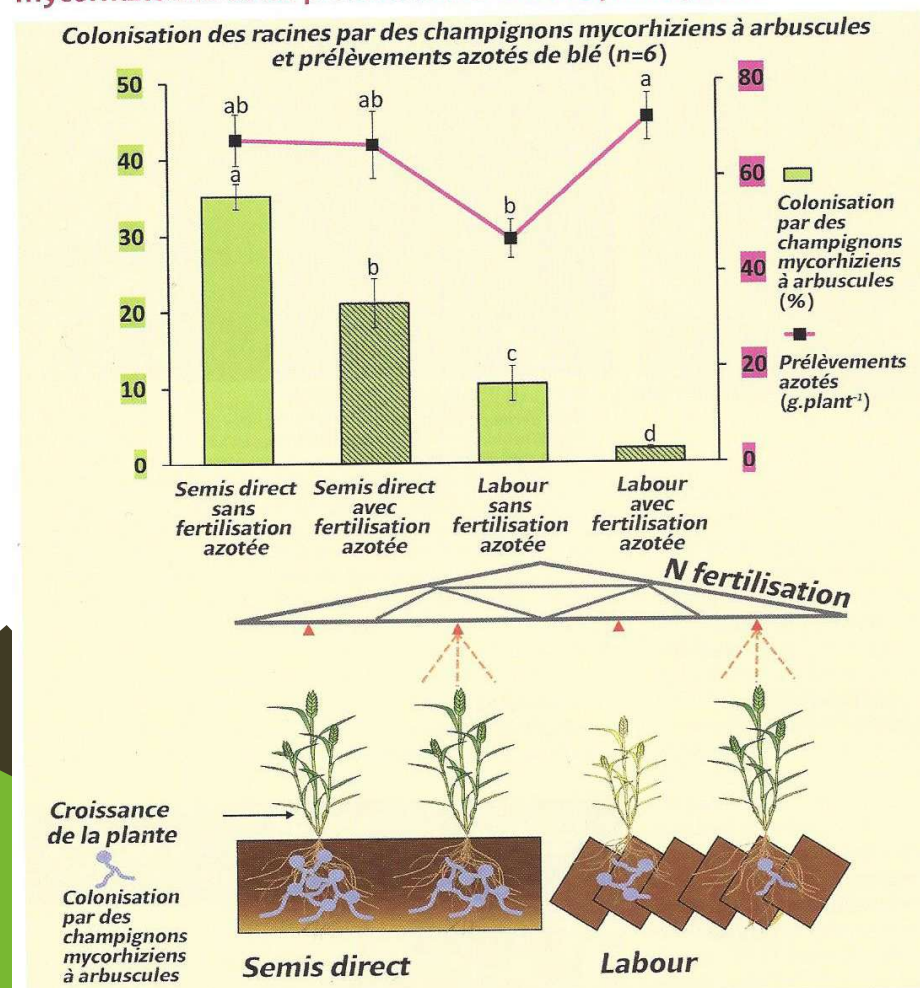
Sols nus



**Intrants
chimiques de
synthèse**

Comment maintenir les champignons mycorhiziens d'un sol?

Impact du travail du sol et de la fertilisation azotée sur la symbiose mycorhizienne et les prélèvements d'azote par la plante



Travaux menés par l'Université de Picardie Jules Verne sur une rotation de 5 ans (blé hiver/pois /maïs/blé/lin) – Thierry TETU

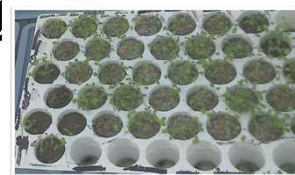
⊖ Labour

⊖ Fertilisation azotée

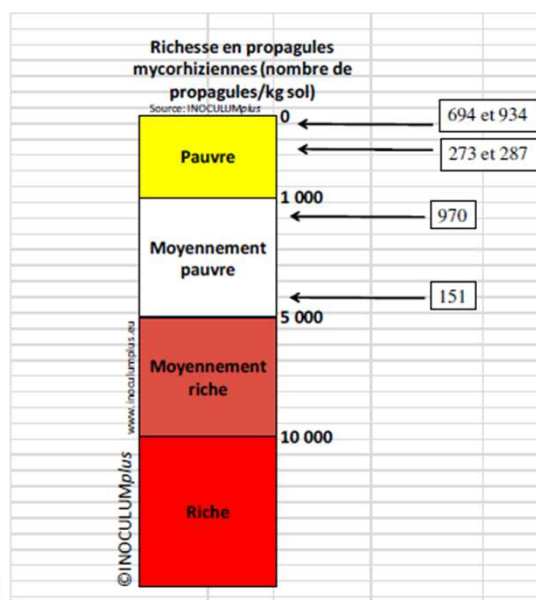
Comment savoir si le sol contient des champignons mycorhizies



1) Carottages de 10-20 cm de profondeur



2) Dilution du sol à analyser et mise en culture en serre



3) Après 5 semaines, obtention de la concentration initiale dans le sol en propagules actives de champignons mycorhiziens

Sol pauvre : nécessité d'ajouter des champignons mycorhiziens



Effets visibles de la mycorhization par rapport aux témoins

Sol riche : pas nécessaire d'ajouter des champignons mycorhiziens



Effets pas forcément visibles de la mycorhization par rapport aux témoins

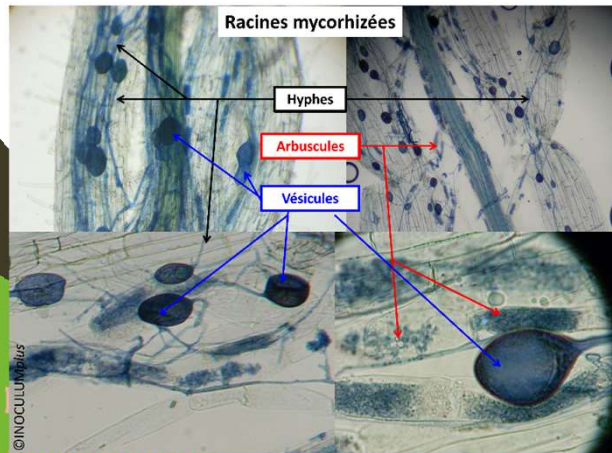
Comment savoir si une plante a bien été

mycorhizée?

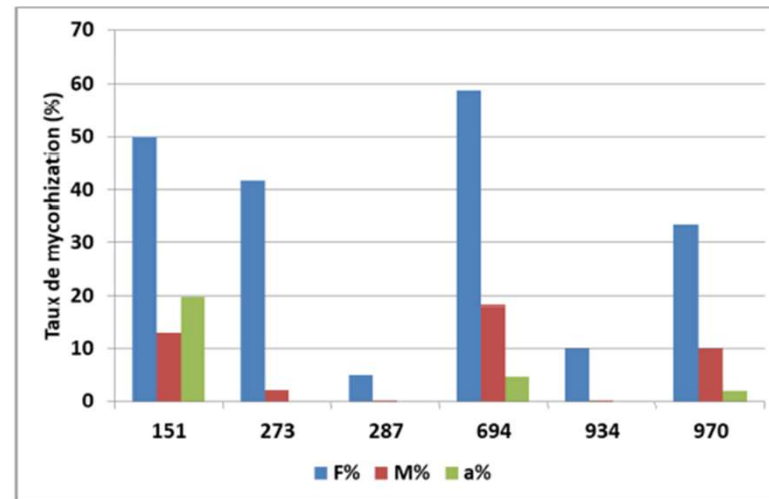
1) Prélèvement de racines



2) Coloration et observation



3) Taux de



Pourquoi?

- ✓ Vérifier l'**efficacité** de mycorrhization
 - de champignons endogènes
 - de champignons ajoutés
- ✓ Vérifier si les **pratiques** mises en place permettent ou non la mycorrhization des plants

Quel inoculum choisir?

Inoculum commercial (disponible tout de suite)

- ✓ Inocula avec une seule souche de champignons
 - la même souche (*Rhizophagus intraradices*)
 - culture *in vitro* (spores « nues », plus fragiles)
- ✓ Inocula avec plusieurs souches de champignons (produits INOCULUMplus)
 - reproduit mieux la biodiversité naturelle des sols
 - culture *in vivo* (fragments de racines contenant des

Inoculum « local » (disponible après 5 mois)

- ✓ Mélange de souches endomycorhiziennes endogènes
- ✓ Souches déjà adaptées au sol
- ✓ Culture *in vivo* (chez INOCULUMplus)
- ✓ Souches vraiment locales chez les concurrents? Quel mode de production?



au service de la nature

www.inoculumplus.eu

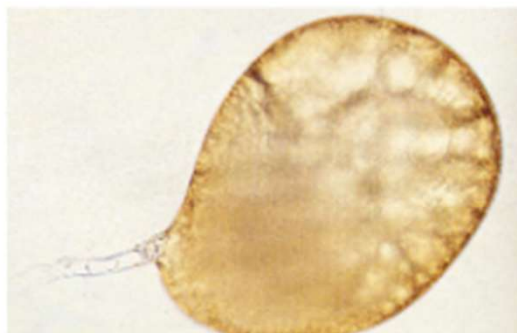
Merci pour votre attention

Sylvie MASQUELIER

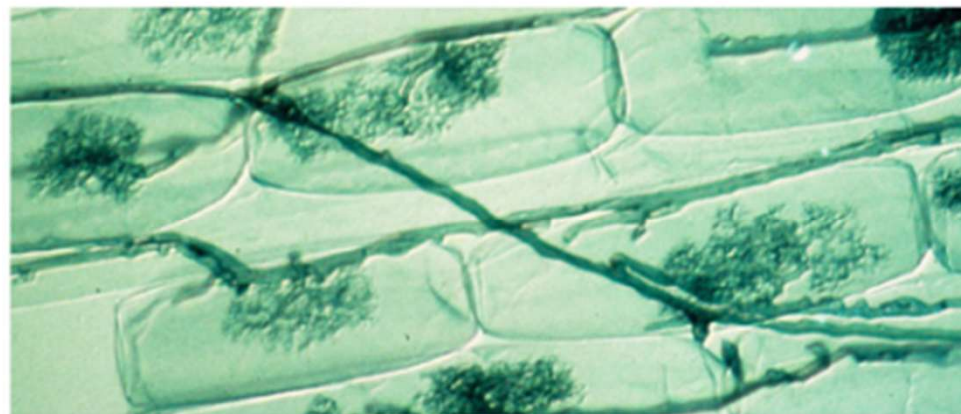
sylvie.masquelier@inoculumplus.eu

Bureau 03 45 83 11 93





Glomus mossae



Mycorhize arbusculaire. On voit très bien la structure arbusculaire se développer à l'intérieur de la cellule végétale.
Source : Larry Paterson, CNRS

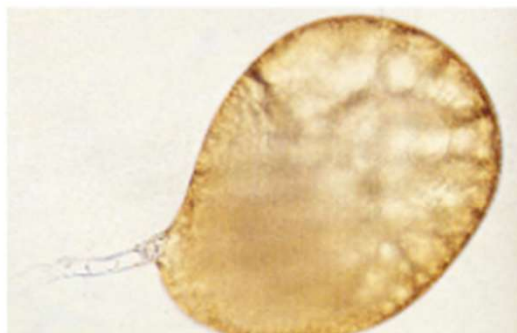
SYMBIOSE MYCORHIZIENNE (VAM) EN GRANDE CULTURE

Jean-Pascal Mure – CA Isère. Webinaire CAF du 16/06/2025

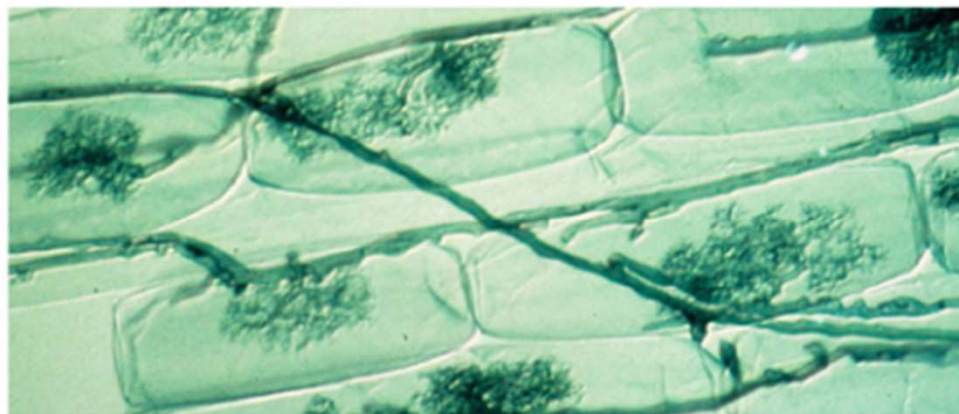
chambres-agriculture.fr




**AGRICULTURES
& TERRITOIRES**
CHAMBRES D'AGRICULTURE



Glomus mossae



Mycorhize arbusculaire. On voit très bien la structure arbusculaire se développer à l'intérieur de la cellule végétale.
Source : Larry Paterson, CNRS

- **Bénéfices de la symbiose mycorhizienne MA en production agricole**
- **Influences du milieu et des pratiques**
- **Résultats expérimentaux**

BENEFICES DE LA SYMBIOSE MYCORHIZIENNE MA

UNE MEILLEURE CROISSANCE DES PLANTES MYCORHIZEES

Tableau 1. Réponses de quelques plantes à l'inoculation par des champignons MVA du genre *Glomus* et *Gigaspora*

Plante	Inoculum	Croissance	Référence
Maïs	<i>G. mosseae</i>	230 %	KHAN, 1972
Maïs	<i>G. mosseae</i>	130 %	ISLAM, 1977
Blé	<i>G. mosseae</i>	300 %	KHAN, 1972
Orge	<i>G. caledonius</i>	130 %	OWUSU-BENNOAH et MOSSE, 1979
Orge	<i>G. mosseae</i>	400 %	SAIF et KHAN, 1977
Oignon	<i>G. caledonius</i>	600 %	OWUSU-BENNOAH et MOSSE, 1979
Coton	<i>Gi. margarita</i>	180 %	PRICE <i>et al.</i> , 1989
Frêne	<i>Gi. pellucida</i>	108 %	LAMAR et DAVEY, 1988

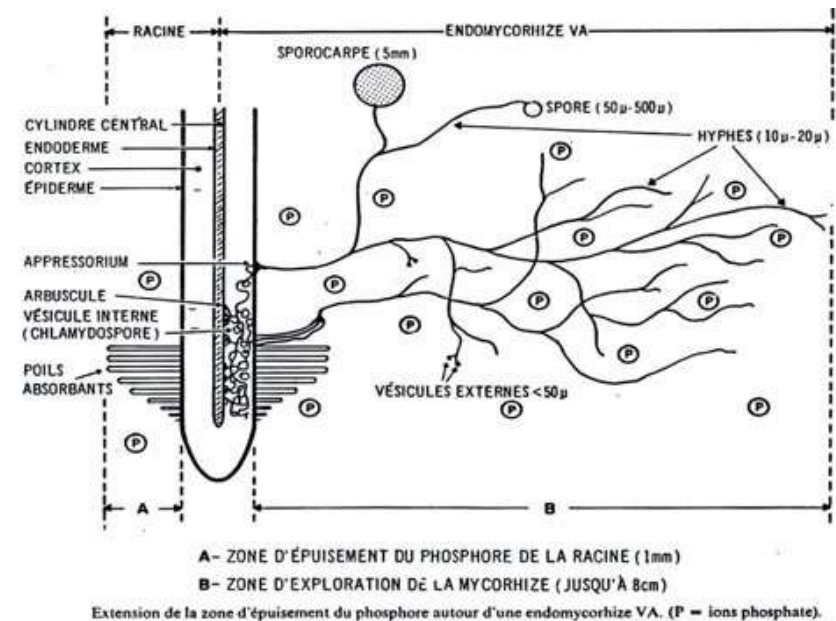
*In Strullu,
1991.*

- Une dépendance mycorhizienne variable selon les espèces, plus faible pour des systèmes racinaires fasciculés,
- variable aussi suivant les variétés, la sélection dans des conditions de milieu non limitante ayant pu favoriser des variétés moins dépendantes.

BENEFICES DE LA SYMBIOSE MYCORHIZIENNE MA

UNE MEILLEURE NUTRITION MINERALE

- Une meilleure nutrition en **éléments peu mobiles** dans le sol : phosphore (mycorhizosphère = rhizosphère x 10 !), mais aussi Cu, Fe, Zn et Mn, voire en azote.
- Une association avec des bactéries capables de libérer du P de minéraux (apatite)
- Une association avec des bactéries libres : fixatrices d'azote, productrices d'hormones

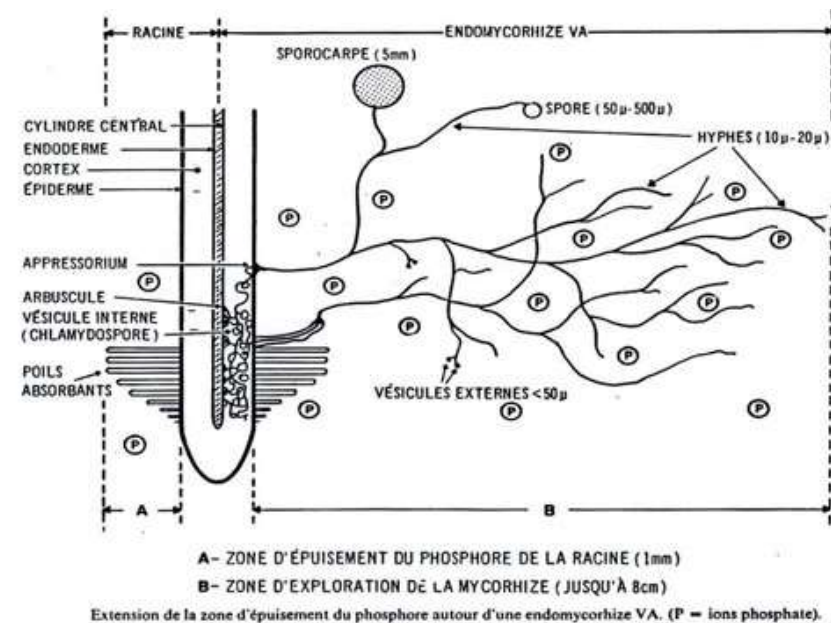
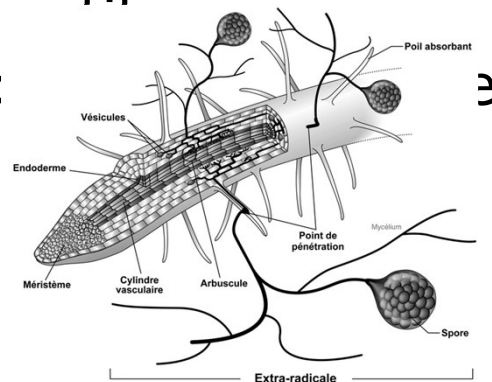


In Strullu, 1991.

BENEFICES DE LA SYMBIOSE MYCORHIZIENNE MA

UNE MEILLEURE NUTRITION HYDRIQUE

- Une meilleure nutrition hydrique :
- ✓ exploration d'un sol plus grand volume de sol et dans des pores plus
- ✓ Meilleure c l'eau



In Strullu, 1991.

BENEFICES DE LA SYMBIOSE MYCORHIZIENNE MA

UNE MEILLEURE RESISTANCE AUX BIOAGRESSEURS

- Une meilleure résistance aux bioagresseur fréquente grâce à : **concurrence** et **stimulation des défenses**.

Tableau 5 : Influence des mycorhizes V.A. sur les champignons pathogènes telluriques

AGENT PATHOGENE	PLANTE-HÔTE	EFFET DE LA MYCORHIZATION SUR LA MALADIE (diminution (-), augmentation (+), aucun)	AUTEURS
<i>Agrobacterium rhizogenes</i>	Tomate	-	Garcia Garrido (1987)
<i>Aphanomyces euteiches</i>	Pois	-	Rosendahl (1985)
<i>Cylindrocarpon destructans</i>	Fraisier	-	Paget (1975)
<i>Cylindrocladium scoparium</i>	Peuplier jaune	-	Barnard (1977)
<i>Erwinia carotovora</i>	Tomate	-	Garcia Garrido (1988)
<i>Fusarium avenaceum</i>	Trèfle	-	in Dehne (1982)
<i>Fusarium oxysporum</i>	<i>Cassia tora</i>	-	} Chakravarty (1986)
	<i>Albizia procera</i>	-	
<i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>cepae</i>	Oignon	-	in Dehne (1982)
f. sp. <i>cucumnerinum</i>	Concombre	aucun/-	Dehne (1977)
f. sp. <i>lycopersici</i>	Tomate	aucun	Dehne and Schoenbeck (1979)
f. sp. <i>radicis lycopersici</i>	Tomate	-	Caron <i>et al.</i> (1986)
<i>F. solani</i>	Soja	aucun	Zambolin and Schenck (1981)
<i>Gaeumannomyces graminis</i>	Blé	-	} Graham and Menge (1982)
<i>Macrophomina phaseoli</i>	Soja	aucun	
<i>Olpidium brassicae</i>	Tabac, laitue	aucun	Schoenbeck and Dehne (1979)
<i>Phoma terrestris</i>	Oignon	-	Becker (1976)
<i>Phytophthora cinnamoni</i>	Chamaccyparis	aucun/-	Bartschi <i>et al.</i> (1982)
	Avocat	+	Davis <i>et al.</i> (1978)
	Avocat	-	Matare and Hatting (1978)
<i>Ph. fragariae</i>	Fraisier	aucun	Baath and Hayman (1984)
<i>P. megasperma</i>	Luzerne	+	Davis <i>et al.</i> (1978)
	Soja	-	Chou and Schmitthenner (1974)
	Soja	+	Ross (1972)
	Soja	-	Woodhead <i>et al.</i> (1977)
<i>P. palmivora</i>	Papaye	aucun	Ramirez (1974)

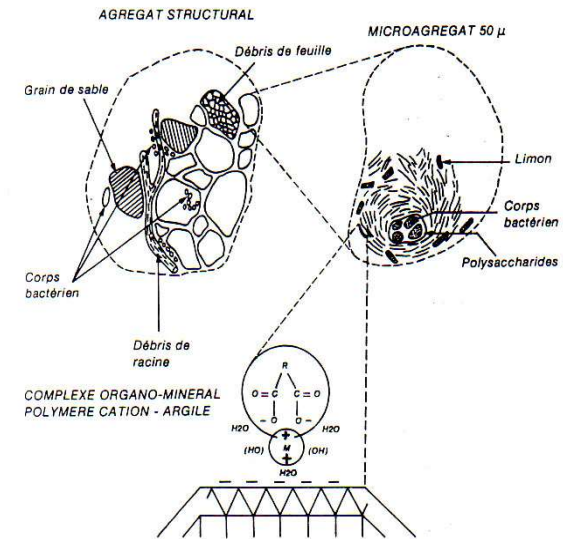
In Strullu,
1991.

BENEFICES DE LA SYMBIOSE MYCORHIZIENNE MA

UN RÔLE DANS LA CONSTRUCTION DE LA STRUCTURE DES SOLS

- Amélioration de la cohésion des agrégats et de la structure des sols par les hyphes extra-racinaires :
- ✓ rôle physique
- ✓ sécrétions abondantes de glomaline
- favorise la fertilité physique et les capacités de rétention en eau.

Fig. 1.22. STRUCTURES DES COMPLEXES ARGILO-HUMIQUES ET FORMATION DES AGREGATS DU SOL



La structure visible du sol est le résultat d'agréations d'éléments organiques et minéraux à trois niveaux différents d'organisation :

- au niveau moléculaire, formation de complexes organo-minéraux comme le CAH,
- au niveau microstructural, formation de microagrégats par ces mêmes complexes,
- au niveau structural, l'association de ces microagrégats avec des débris plus grossiers donne naissance aux agrégats.

Juste, 1982

INFLUENCES DU MILIEU

(In Plenchette, 1991 ; Sieverding, 1991 ; Plenchette et al., 2015)

- ✧ Une faible influence du pH (5,5 à 7,5) au champ, du fait de la diversité de la communauté de champignons MA présente.
- ✧ Un effet majeur du pouvoir fixateur et de la concentration en phosphore du sol.
- ✧ Une forte densité d'inoculum favorable à la dynamique de la colonisation en déclenchant les infections primaires.

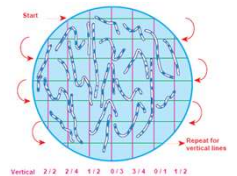
INFLUENCES DES PRATIQUES

(In *Strullu*, 1991 ; *Sieverding*, 1991 ; *Fortin et al.*, 2015)

- ✧ Effet dépressif de la fertilisation phosphatée (superphosphates) (Ryan et al., 1994, ...).
- ✧ Effet le plus souvent dépressif des fongicides et des herbicides.
- ✧ Influence négative du travail du sol intense : labour profond.
- ✧ Dans les successions, les plantes mycotrophes et les légumineuses favorisent la symbiose mycorhizienne MA alors que les sp. non mycotrophes ont un effet dépressif.
- ✧ Une dépendance mycorhizienne des espèces variables selon les variétés.

METHODES D'ETUDE DE LA MYCORHIZATION

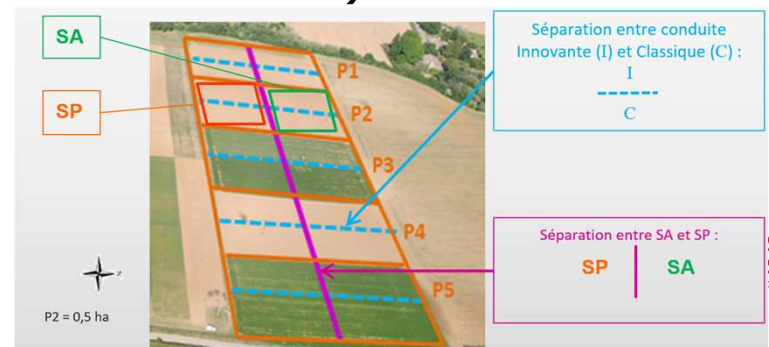
- Réalisation de tests biologiques en conditions contrôlées :
 - PIM (Plenchette et al., 1989): quantité de sol capable d'induire une mycorhization chez 50% des plantes testées
 - MPN (Porter, 1979 ; An et al., 1990) : nb le plus probable de propagules / 100 g de terre
- Estimation du Taux de mycorhization des racines : hyphes, vésicules et arbuscules (coloration, microscopie optique : x 20 à x 50 et x 100) :
gridline intersect (Giovannetti et Mosse, 1980 ; McGonigle *et al.*, 1990).
- Détermination du nombre de spores / g de sol : méthodes de dilutions, "suspensions-extraction".
- Analyses de biologie moléculaire : diversité des CMA



EVALUATION DE LA MYCORHIZATION A DUNIERES (26)

DUNIERES 2006 – 2014 et 2016 – ISARA Lyon

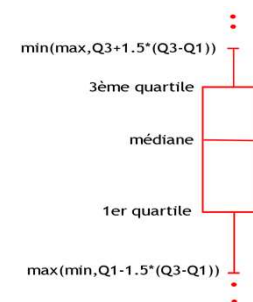
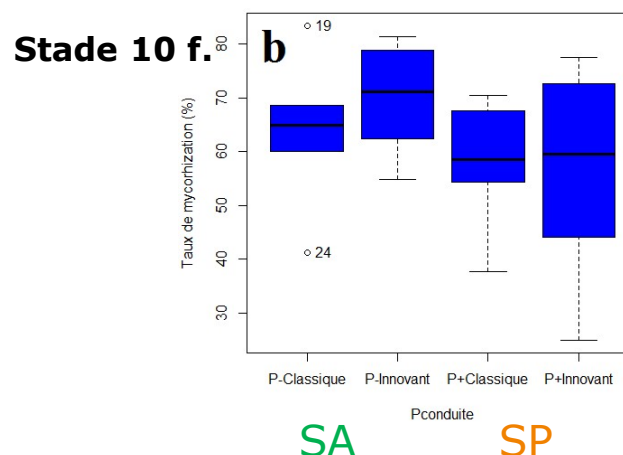
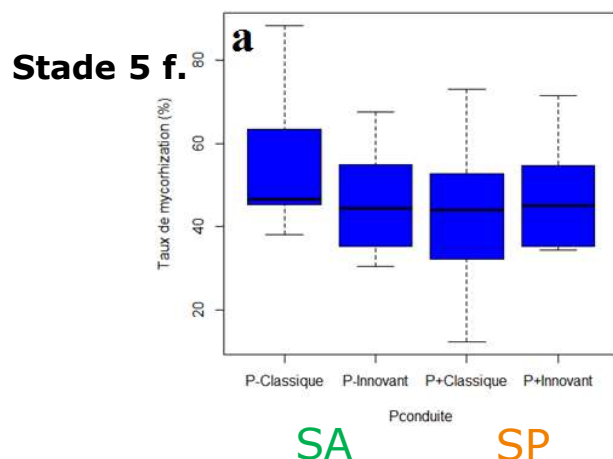
- ✧ S. sans apport de P (**SA**) **vs** S. avec apport de 30 u. P organique (**SP**)
X rotation « *classique* » : *colza, blé, soja, maïs, vesce, colza, maïs* et
« *innovant* » : *colza, blé, soja, maïs, vesce, colza/couvert, maïs*
- ✧ UTT n° 19 - LAS profond, non caillouteux - Teneurs en P olsen : 23 à 35 ppm, avec une modalité à 9 ppm (SA), pH = 7,7, MOS = 2 %
- ✧ Une étude de la mycorhization **au champ** (ISARA 2014) et en **conditions contrôlées** (ISARA 2016)



EVALUATION DE LA MYCORHIZATION A DUNIERES (26)

LES RESULTATS SUR MAIS ET SOJA AU CHAMP (ISARA - O Vakoumé, 2014)

- Evaluation des taux de mycorhization des racines du **maïs** prélevées au champ :



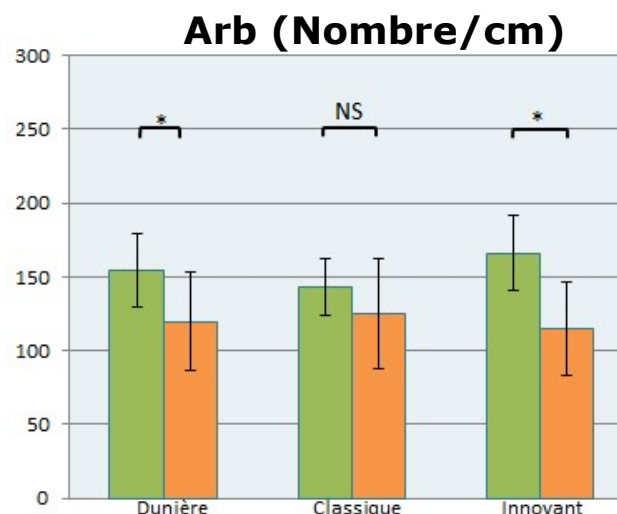
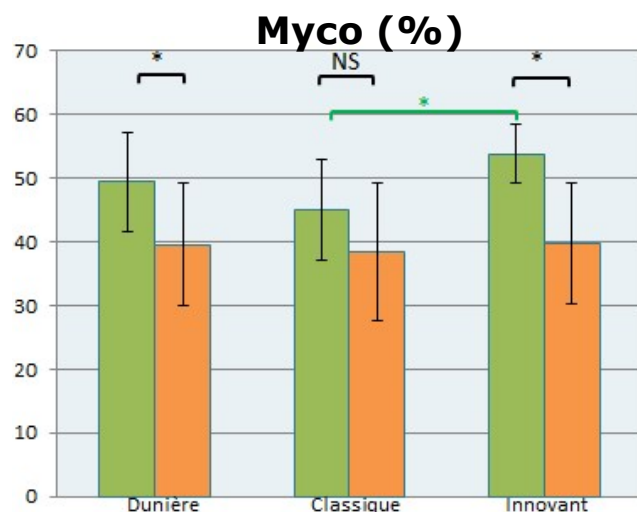
Des taux de myc. médians entre 45 et 50 % à 5f. et 55 et 70 % à 10f., mais pas de # significatives

- Sur **soja (5f.)**, des taux de mycorhization médians situés entre 28 et 35 %, mais pas de # significatives

EVALUATION DE LA MYCORHIZATION A DUNIERES (26)

LES RESULTATS DES ESSAIS BIOLOGIQUES AVEC POIS 8 sem. (ISARA - D. Rivaton, 2016)

Taux de mycorhization :



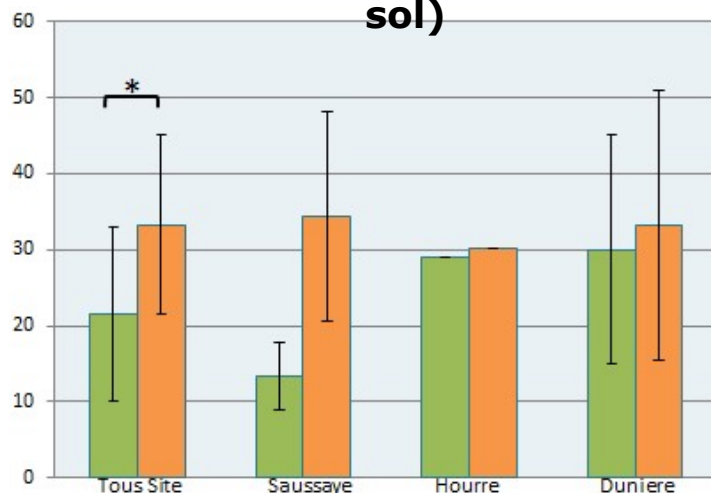
■ Autonome : 0 P
■ Productif : 30 u. P

- Des taux de mycorhization entre 45 et 55 %, avec une # significatives **SA > SP** et **innovant > classique**, portée toutefois par teneur en P faible de **SA innovant**.
- Nb arbuscules : conclusion similaire

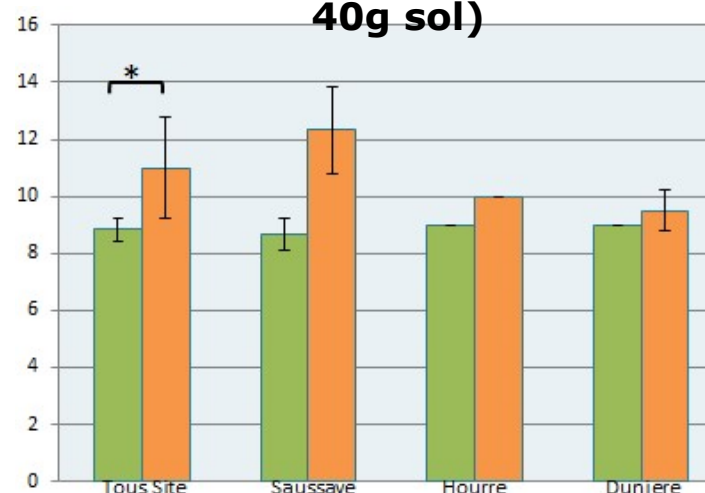
EVALUATION DE LA MYCORHIZATION A DUNIERES (26)

Densité de spores et diversité :

Densité de spores de CMA (Nombre / g sol)



Morphotypes de CMA (Nombre / 40g sol)

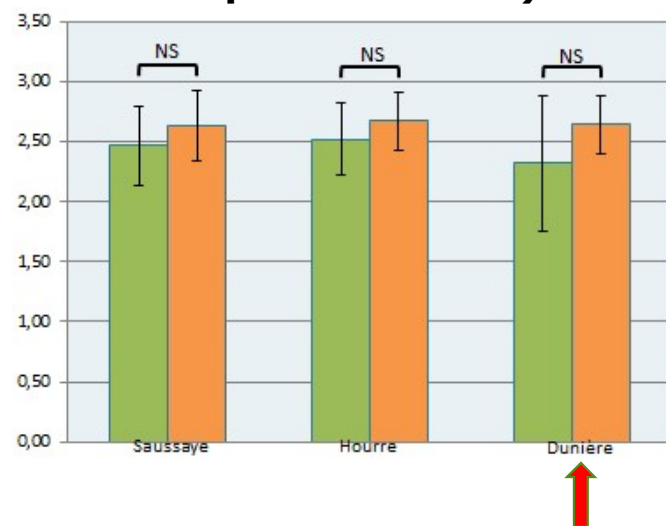


❖ Pas de # significatives entre modalités sur la densité de spores et leur diversité

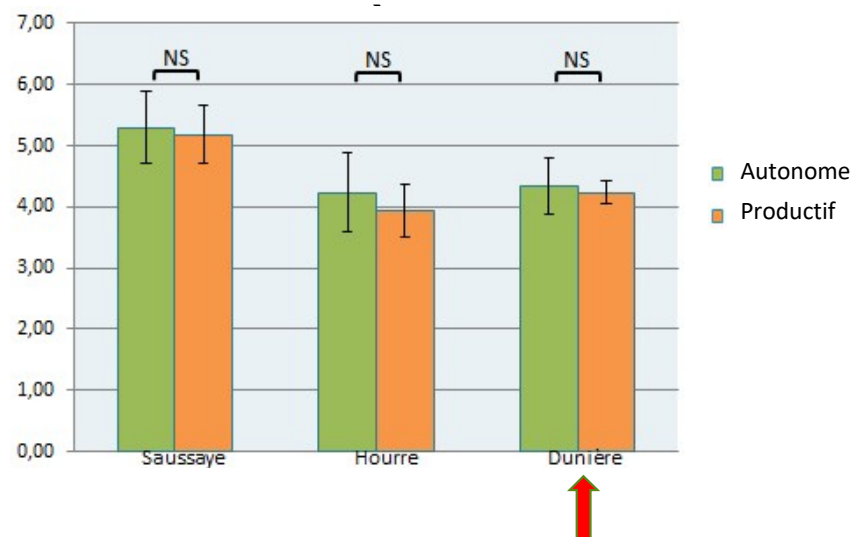
EVALUATION DE LA MYCORHIZATION A DUNIERES (26)

Incidences sur teneur en P et la biomasse des pois :

Teneur en P des pois (g de P/ Kg de plante entière)



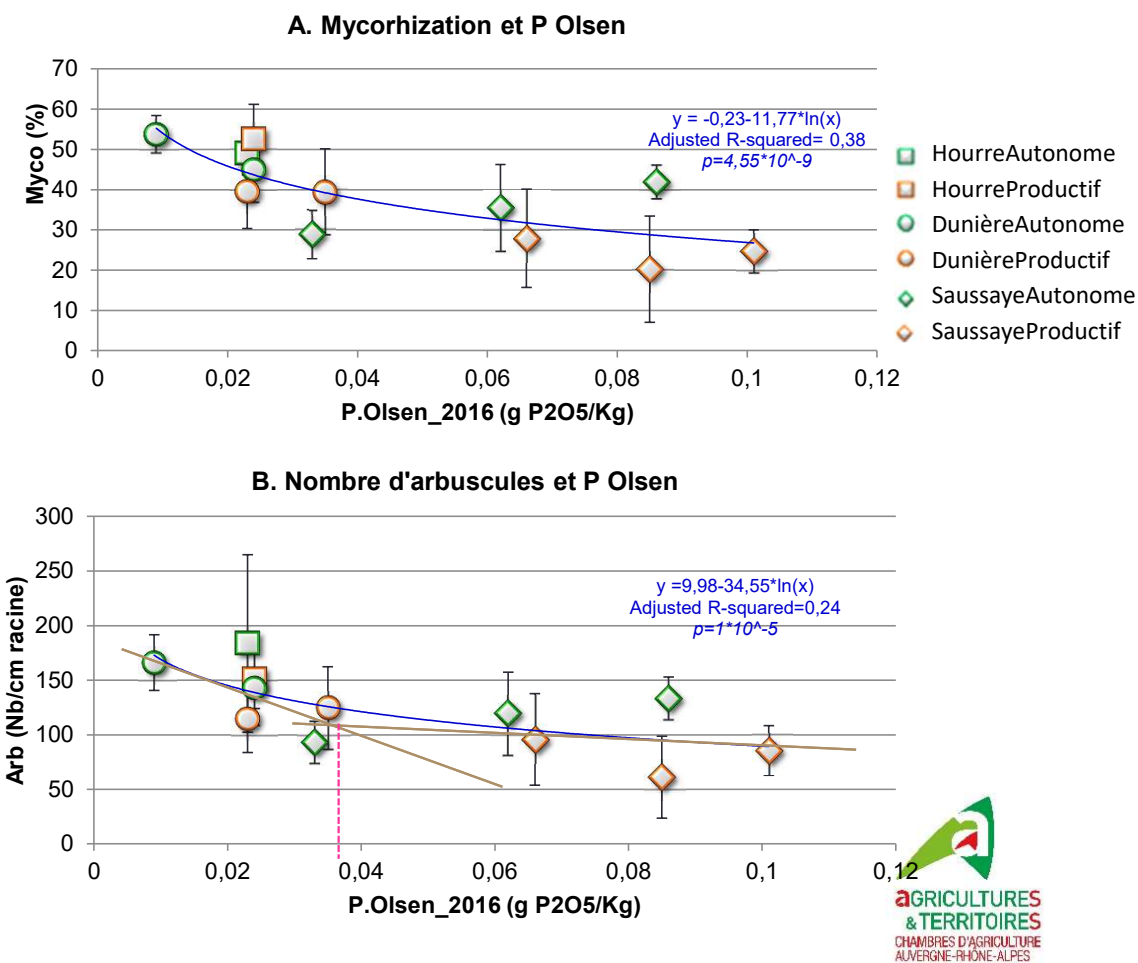
Biomasse des pois (g plante)



➤ Pas de # significatives entre modalités sur teneur en P et biomasse des plantes entières

EVALUATION DE LA MYCORHIZATION A DUNIERES (26)

- Relation négative entre P Olsen et taux de mycorhization et nb arbuscules (D. Rivaton, 2016)



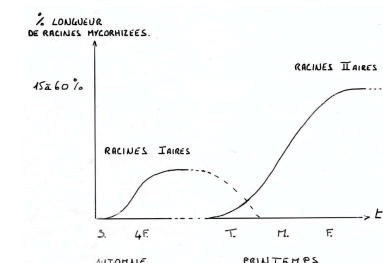
CONCLUSION de l'essai de DUNIERES

- ✧ Des taux de mycorhization observés au champ assez élevés et à un stade précoce des maïs, mais pas de # significatives entre les modalités SA et SP mises en évidence en 2014.
- ✧ Des différences apparaissant significatives ($SA \geq SP$) de mycorhization avec les essais en conditions contrôlées (2016), avec des biomasses et des teneurs en P des plantes non différentes entre les modalités.
- ✧ Une absence d'apport de P sans effet dépressif sur les cultures jusqu'aux stades étudiés pour des teneurs en P olsen moyennes et un pouvoir fixateur qui peut être élevé vu la teneur en calcaire. *Rôle bénéfique de la mycorhization ou teneurs en P encore suffisantes ?*
- ✧ Des essais biologiques plus performants pour la comparaison de modalités

EVALUATION DE LA MYCORHIZATION EN GRANDES CULTURES (02)

(Mure JP, 1999)

- CALCOSOL limono-sableux profond, à teneurs satisfaisantes à élevées en éléments. (S) conventionnel : blé, pois, blé, betterave. Comparaison de deux modalités : absence de fertilisation P depuis 5 ans **vs** apport de P comifer :
 - ✓ **PIM** : la quantité de terre permettant une mycorhization de 50% de plantes n'a pas pu être déterminée en absence de mycorhization suffisante.
 - ✓ **MPN** : 0 propagules / 100 g de sol dans les 2 modalités
 - ✓ **Taux de mycorhization** : 0 à 1,3 % aux stades tallages, 1 nœud, gonflement et grain laiteux.
 - ✓ **Nb de spores ($> 50 \mu\text{m}$) / 100 g de sol** : 22 dans le témoin et 33 dans la modalité P comifer
- Quasi-absence de mycorhization pouvant s'expliquer par : la teneur en P du sol, la présence d'une culture non mycotrophe (betterave) dans la succession et un (S) de culture conventionnel : labour systématique, emploi de fongicides et d'herbicides.



Etude de la mycorhization en grande cultures AB (C. Caille, 2000)

Site	Sol	Teneurs en phosphore	Culture	Taux de mycorhization	Nb spores / 100g sol
Busseret (72) *	A	++	orge	4	31
			épeautre	3	-
Lagalande (72) *	Ls	--	seigle	4	11
			féverole	15	-
St André H. (01) *	A		Blé	14	86
			orge	8	13
Les Echets (69) **	L		laitue AB	2	12
			Laitue conv.	0	0

* : Polyculture élevage - ** : monoculture, désinfection à la vapeur

- ✓ **Céréales et féveroles** : De faibles taux de mycorhization aux stades floraison et peu de spores
- ✓ **Laitues** : absence de mycorhizes en (S) conventionnel

Gestion des mycorhizes dans les agrosystèmes (résumé)

Effets dépressifs	Effets favorables
- Labour (trop profond) et outils animés. - Matières organiques fraîches. - Engrais phosphatés solubles, et engrais azotés. - Traitements fongicides, herbicides. - Cultures non mycotrophes dans la succession. - Concentrations élevées de la solution du sol en P. - Sols asphyxiant, inondables. - Sols compactés. - Températures inférieures à 15°C et supérieure à 30°C.	- Travail du sol simplifié, labour agronomique, outils à dents. - Composts. - Cultures mycorophes et à forte dépendance mycorhizienne. - Faibles concentrations de la solution du sol en P, ou fort pouvoir fixateur. - Sols sains. - Etats structuraux favorables. - Températures supérieures à 15°C.

Bibliographie

Rivaton, D., 2016. Étude des champignons mycorhiziens arbusculaires des sols en systèmes de grandes cultures biologiques sans élevage : application à la nutrition phosphatée.

Fortin JA., et al., 2015. Les mycorhizes, l'essor de la nouvelle révolution verte. Quae éditions.

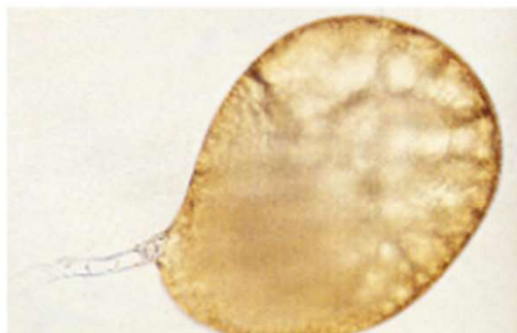
Garbaye J., 2013. La symbiose mycorhizienne, une association entre les plantes et les champignons. Quae éditions.

Viaux et al., 2002. Les endomycorrhizes, indicateur de la qualité des sols ? Perspectives agricoles n° 277.

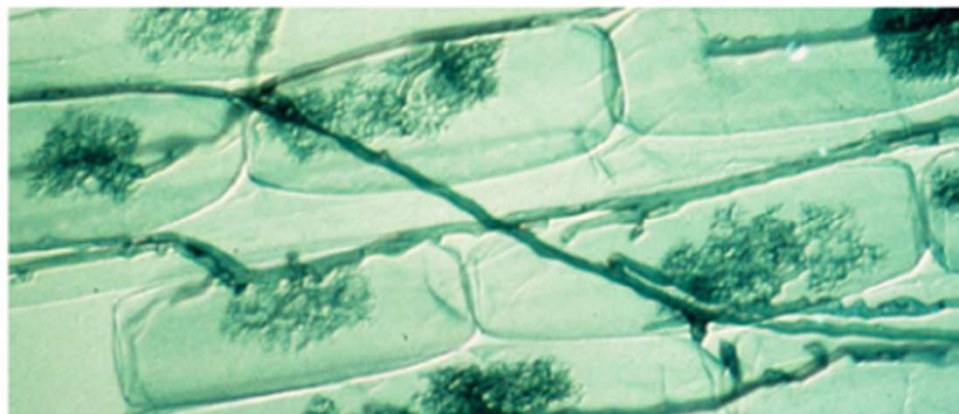
Mure JP., 2004. La symbiose mycorhizienne : une association bénéfique entre plantes cultivées et champignons du sol. Alteragri.

Strullu DG. Et al., 1991. Les mycorhizes des arbres et des plantes cultivées. Garbaye eds.

Sieverding E., 1991. Vesicular-arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems. GTZ éditions.



Glomus mossae



Mycorhize arbusculaire. On voit très bien la structure arbusculaire se développer à l'intérieur de la cellule végétale.
Source : Larry Paterson, CNRS

Essais de mycorhization sur haricot vert d'industrie

Alain LECAT – CA Somme Webinaire CAF du 16/06/2025

chambres-agriculture.fr




**AGRICULTURES
& TERRITOIRES**
CHAMBRES D'AGRICULTURE

➤ Essais de mycorhization sur haricot vert d'industrie

- Une interpellation d'un producteur qui remarque qq chose suite à l'inoculation des semences d'haricot vert d'industrie !

Mycorhize or not mycorhize ?

Une parcelle de haricot vert a été implantée à Annœullin (59) avec une partie de semences mycorhizées avec le produit RESID (champignon *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*). Après un apport d'irrigation de 25mm pour assurer une belle levée, la différence visuelle est marquée. L'objectif de l'agriculteur est d'avoir une belle végétation et de la hauteur en végétation pour avoir moins de pertes à la récolte. A suivre....



Sans RESID



Avec RESID

Essais de mycorhization sur haricot vert d'industrie

Tester deux souches mycorhiziennes *Rhizophagus Irregularis* et *Iranicum* en enrobage de semence au travers de 3 produits commerciaux disponibles sur le marché par rapport à une semence non mycorhizée.

Informations sur l'essai

Lieu :	<u>Hiermont (Auxi le Chateau)</u>	
Agriculteur :	Ferme de <u>Manâtre (G.Roussel)</u>	
Responsable de l'essai :	Alain Lecat	
Type de sol :	Limon profond	
Précédent	Céréale	
Préparation :	Labour + reprise HR roulage + 2 prépa superficielle à l'outil à dent	
Densité de semis :	38 gr/m² soit 46kg/ha	
Date de semis :	06/072023	
Date de récolte :	19/09/2023	
Fertilisation	30t/ha de fumier de bovin en décembre	
Désherbage	1 HE à l'aveugle +2 HE + 1 binage	

Essais mycorhization sur haricot vert d'industrie

Protocole expérimental

Dispositif en bandes,

Semoirs 12 rangs dont les 2 rangs extérieurs sont en semences nues pour laisser une zone tampons de 4 rangs contigus non mycorhizés. 3 répétitions, 3 prélèvements de 2 rangs contigus de 2,2m linéaire soit 2m²

Les 2 rangs extérieurs du semoir servent de zones tampons (2.25m de large) entre les produits testés. Seuls 8 rangs centraux sont destinés aux semences mycorhisées.



Semences en cours de mycorhization. Chaque lot de semence est mycorhizé à part pour éviter toutes contaminations avec d'autres souches.

Produits testés

Témoin : semence nue variété Edisson

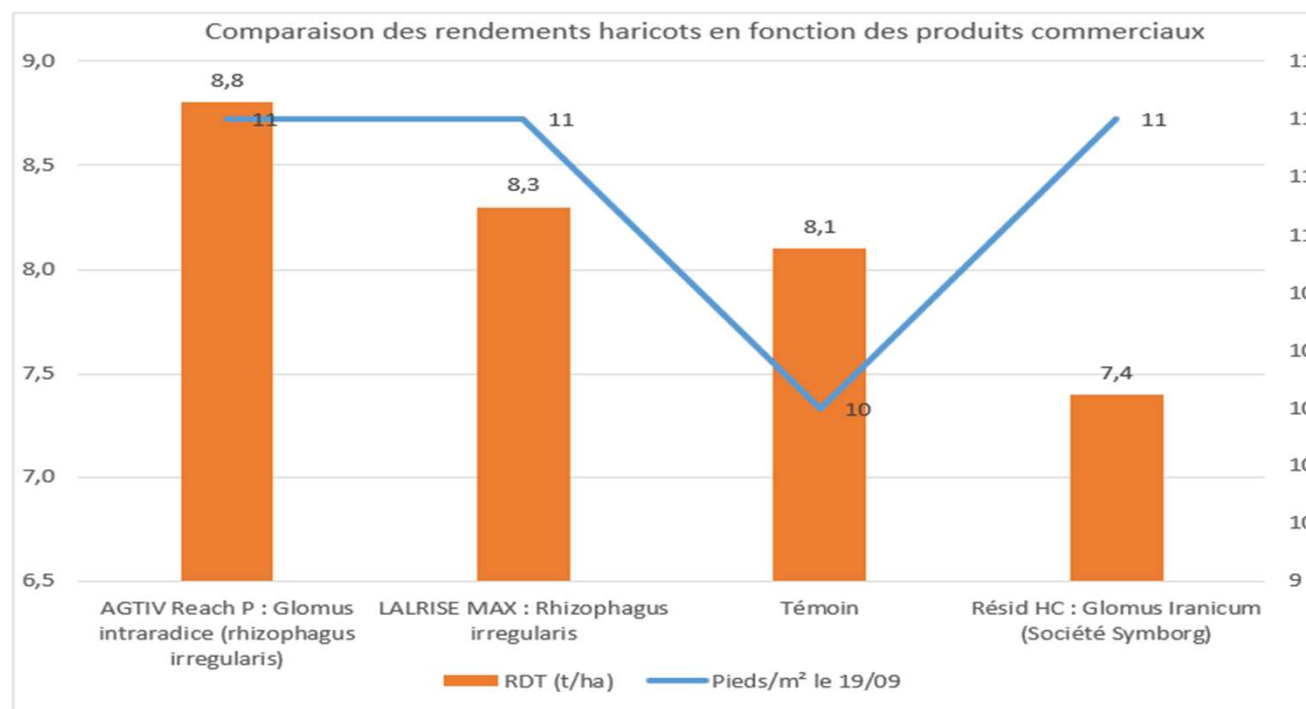
Résid HC: souche Glomus Iranicum var. tenuihypharum, (Société Symborg) Utilisation 1kg/ha Coût/ha : 20€/ha

AGTIV Cultures spécialisées: souche Rhizophagus Irregularis 12 000 spores/gr (Sté Premier Tech) 0,250g/1 000gr Coût/ha : 55 €/ha

LALRISE MAXwp : 2000 spores/gramme de Rhizophagus Irregularis MUCL57891 + Saccharomyces cerevisiae LYCC 6420 inactivée. Utilisation à 400g/ha (Société Lallemant) Coût/ha : 25 €/ha ???

Essais mycorhization sur haricot vert d'industrie

Résultats récolte



Statistiques ; ETR = 0.96t/ha CV = 11.70%. Groupes homogènes = non significatif.

Commentaires :

Les résultats n'apportent pas de différences significatives entre les produits testés dû à un coefficient de variabilité important. Ainsi aucun produit ne se dégage par rapport à une semence non inoculée dans le cadre de cet essai.

2^{ème} Essai mycorhization sur haricot vert d'industrie

Protocole

Implantation en bande avec semoir agricoleur de 12 rangs à 45 cm d'écartement dont les 2 rangs extérieurs sont non inoculés pour servir de tampons soit une zone tampon totale de 4 rangs entre le produits testés, 3 blocs complets et modalités non randomisés avec témoin semence non mycorhizée.

Produits testés :

Produits	Dose/ha	Dose pour 14,8 kg de semences
Témoin	-	-
AGTIV Reach P: Glomus intraradice (rhizophagus irregularis)	0,250 g pour 1000 grains	25 grammes
LALRISE MAX : Rhizophagus irregularis	400 g/ha	100 grammes
TEMIS (Funneliformis mosseae/Rhizophagus intraradices/Funneliformis geosporum/Claroideoglomus claroideum/Glomus sp) 1 kg/ha	1 kg/ha	250 grammes



2^{ème} Essai mycorhization sur haricot vert d'industrie

Résultats

Variété	Pieds/m ² le	RDT (t/ha)	Groupes homogènes
TEMOIN	31	15,4	non significatif
AGTIV Reach P : <i>Glomus intraradice</i> (<i>rhizophagus irregularis</i>)	31	14,2	non significatif
LALRISE MAX : <i>Rhizophagus irregularis</i>	30	15,8	non significatif
TEMIS : <i>Funneliformis mosseae</i> / <i>Rhizophagus intraradices</i> / <i>Funneliformis geosporum</i> / <i>Claroideoglomus claroideum</i> / <i>Glomus sp</i>	30	16,7	non significatif
Moyenne	31	15,5	

Moyenne générale : 15.5 t ; Ecart type résiduel : 1.1t ; Coef. Variation : 7,1 %

Qu'est-ce qui explique ces résultats décevants ?

2^{ème} Essai mycorhization sur haricot vert d'industrie

Au préalable à l'essai une analyse de sol pour savoir ce qu'il contient ou pas ?

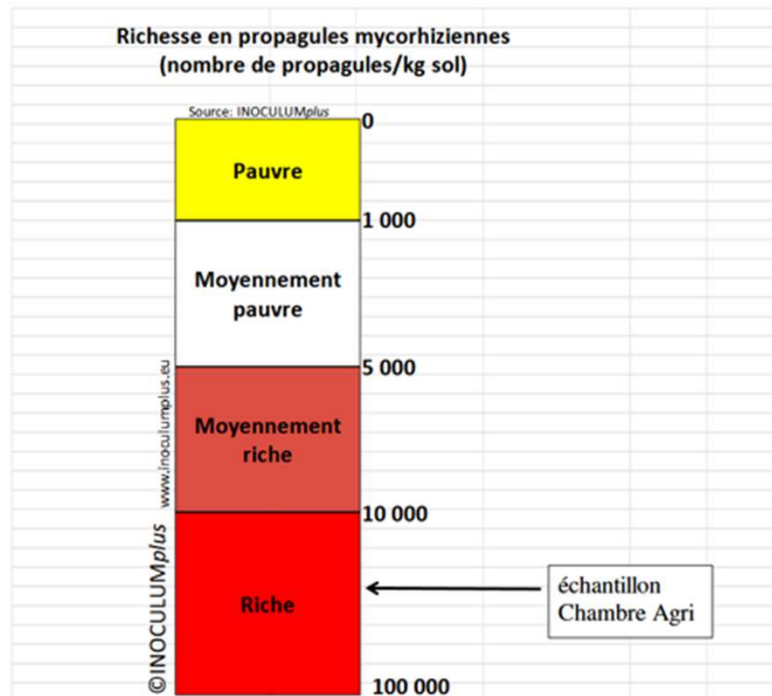


Figure 1 : schéma situant l'échantillon de sol analysé en fonction de sa richesse en propagules mycorhiziennes (prop/kg de sol) : de pauvre (en jaune) à riche (en rouge).

Les résultats montrent la présence de champignon mycorhizien sous forme de propagule qui est sa forme de conservation dans le sol.

Face à cette présence très importante de champignons mycorhiziens, il est évident que les souches du sol ont été à elles seules, suffisantes pour inoculer naturellement les semences de haricots dans le champ.

Le coût de l'analyse de sol est hélas très élevé (650 €/ analyse par Inoculum Plus). Il est à rapprocher du coût du traitement de semences avec des mycorhizes (55 €/ha).

Pour aller plus loin



AGROCAMPUS OUEST

☐ CFR Angers ☒ CFR Rennes

Année universitaire : 2015-2016

Spécialité :

Génie de l'Environnement

Spécialisation (et option éventuelle) :

PAM-EQ (Préservation et Aménagement des milieux- Ecologie Quantitative)

Mémoire de Fin d'Études

- ☒ d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- ☐ de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- ☐ d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

Etude des champignons mycorhiziens arbusculaires des sols en systèmes de grandes cultures biologiques sans élevage.
Application à la nutrition phosphatée.

Par : Diane RIVATON



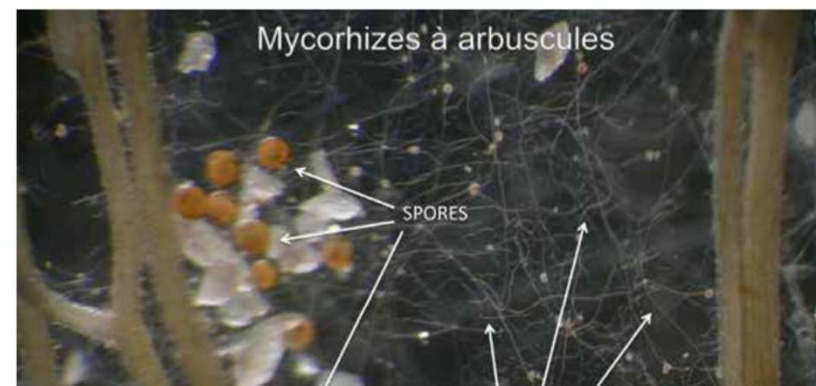
Figure de présentation : De Gauche à droite : Champs de La Hourre, pois sous serre, racine de pois, Portion de cortex racinaire contenant des arbuscules et une vésicule de champignons mycorhizien, spore de Champignons Mycorhiziens Arbusculaires

■ dossier ressources

MYCORHIZES CONNECTÉS, BIEN AVANT TOUT LE MONDE

Connecté. Tout, dans notre monde actuel, doit être connecté. Pourquoi pas ? Il est un monde où être connecté est vital... ou presque. C'est celui des champignons mycorhiziens et de leurs hôtes, les végétaux. Sans cette symbiose, la production végétale ne serait pas ce qu'elle est. Une connexion estimée à plusieurs centaines de millions d'années et, sans aucun doute, à pas mal d'euros !

■ Quand, au XIX^e siècle, des chercheurs découvrent les mycorhizes, ils croient avoir affaire à des champignons pathogènes ayant envahi les racines de plantes. Le terme de mycorhizes provient de deux mots grecs : mykes qui veut dire champignon et rhiza, racine. Cette croyance va perdurer un certain temps avant qu'on ne se rende compte qu'au contraire, il s'agit d'une relation à bénéfices réciproques, appelée symbiose. Dans le cas précis, la plante offre à son partenaire les sucres issus de sa photosynthèse et le



Voici 2 lots de 10 épis de la variété de maïs ES Charleston. L'essai, mis en place par C. Bessard (Ets Bernard) dans la plaine de l'Ain, en système irrigué, comparait 6 rangs sur 300 m de long avec mycorhization au Resid et à côté, 6 autres rangs de la même variété mais non mycorhizée. Les 10 épis ont été prélevés sur le rang 3 de chaque modalité. À droite sur la photo, le maïs avec Resid et à gauche, sans. Il y a, ici, un effet visuel assez net en faveur de la mycorhization. Mais C. Bessard tient à relativiser : « l'effet visuel n'est pas toujours présent surtout quand le Resid favorise uniquement le PMG. Au final, c'est la balance qui compte ! »

chahutée par les activités culturales. Une dernière question se pose alors : doit-on mycorhizer une culture ? À l'instar de l'inoculation de bactéries rhizobiennes pour les légumineuses. La réponse

conforte l'impact positif de la mycorhization exogène ; 2015 est plus compliquée à analyser à cause de la sécheresse précoce mais, sur les deux seuls essais valables, là encore, la mycorhization



✔ Merci pour votre attention

- ✓ Prochain webinaire
commun Réseaux
DEPHY&GC Bio:
03/10/2025

***Le B.A. - BA de la
méthanisation (du
fermenteur au
champ)***

- ✓ Qui se propose pour
un suivant durant
l'hiver prochain?

