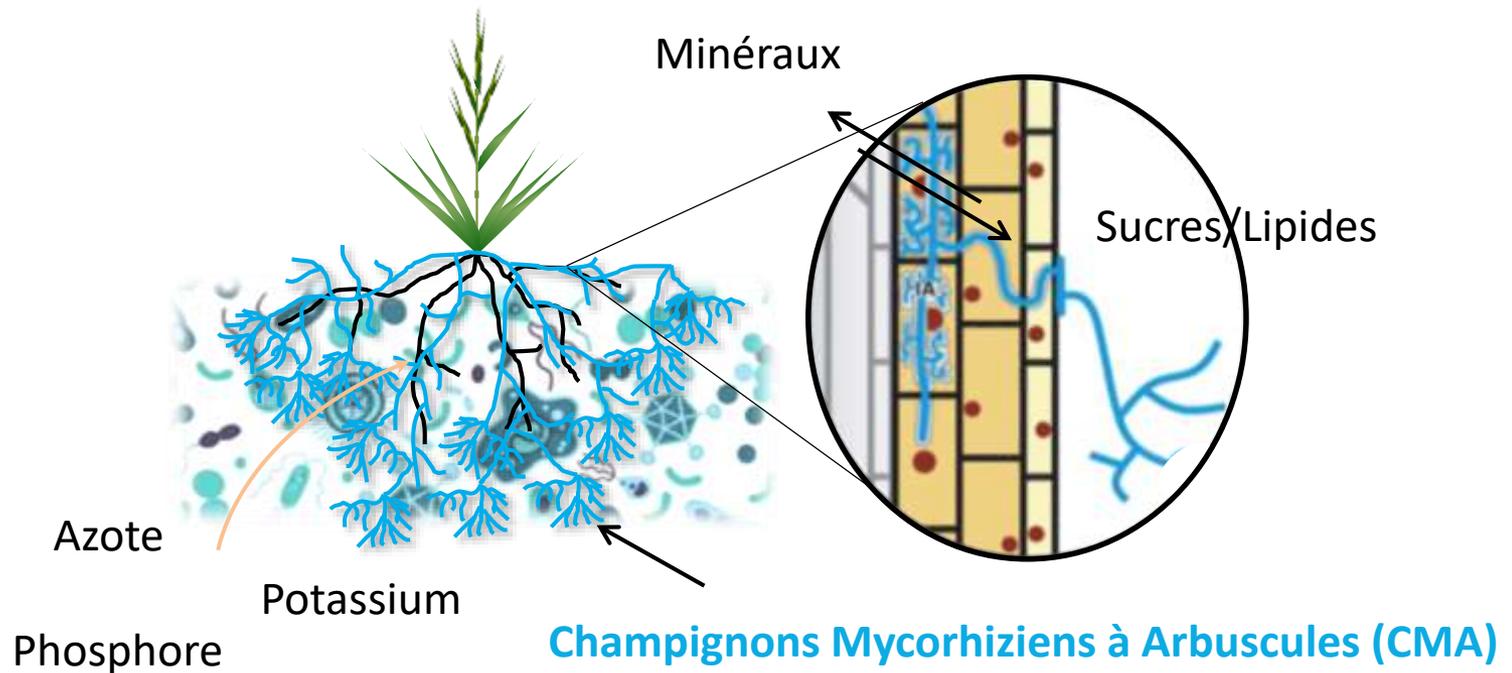
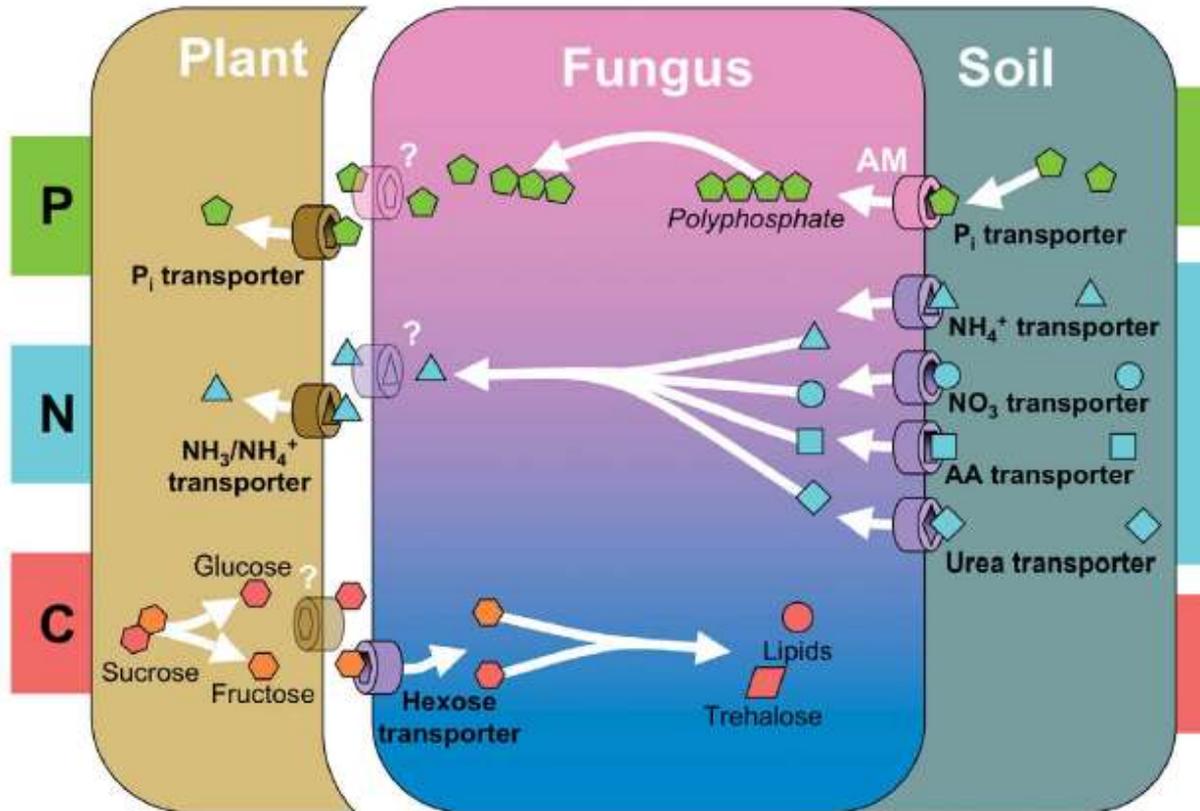


# Etudier la variabilité génétique du blé pour les interactions symbiotiques avec des champignons mycorhiziens

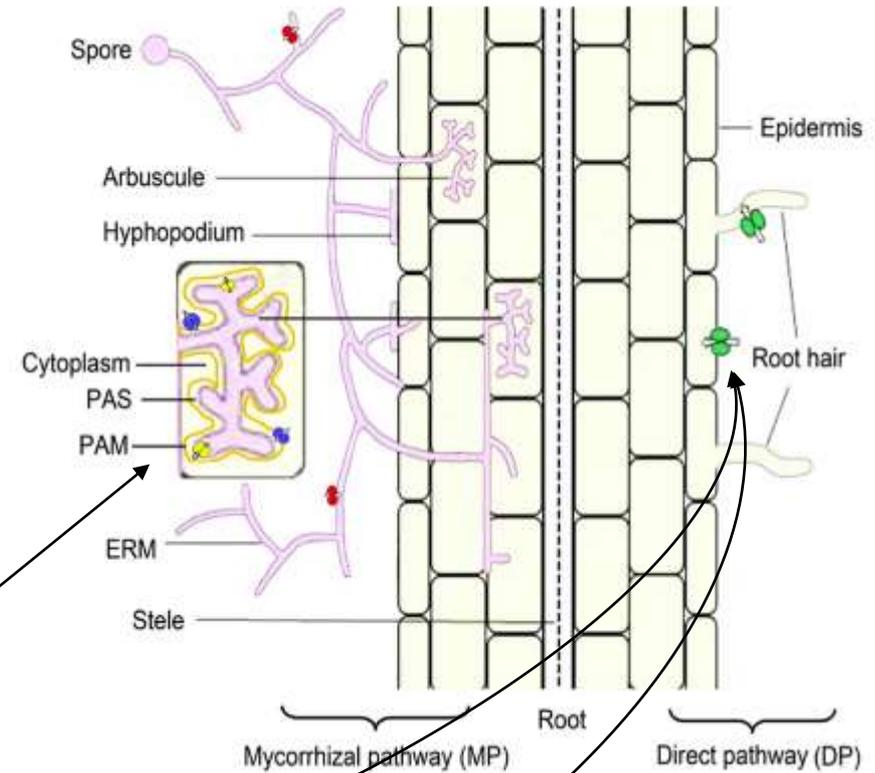


- nutrition des plantes
- résistance à des stress biotiques et abiotiques

# Nutrition des plantes mycorhizées



# Nutrition des plantes mycorhizées

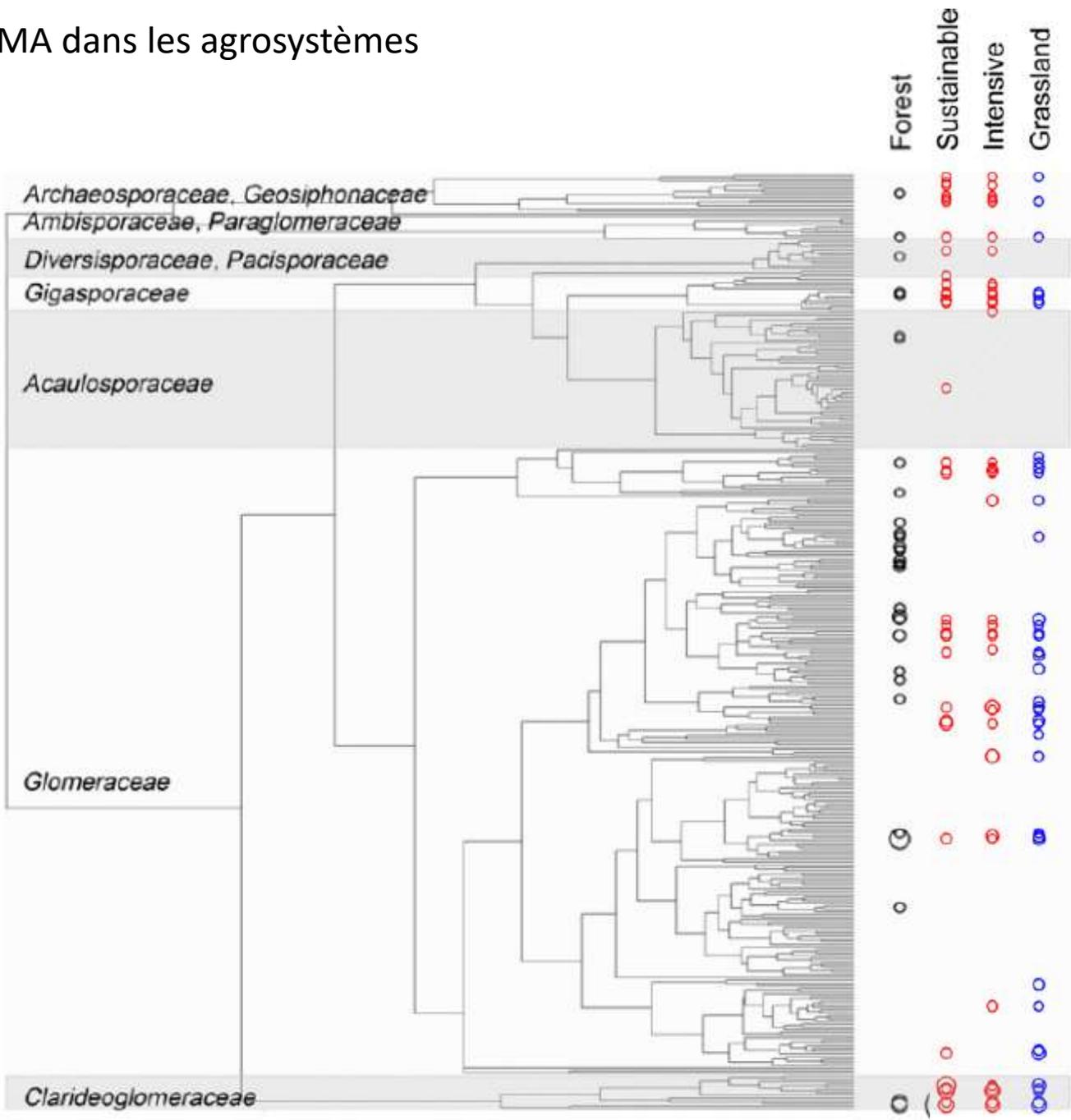


| Transporteurs de phosphate (PHT1) | Clade | - CMA | + CMA |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|
| Bradi2g45520 (BdPT7)              | I     | 0     | 2050  |
| Bradi1g42610 (BdPT2)              | II    | 192   | 139   |
| Bradi5g02750 (BdPT11)             | II    | 70    | 41    |
| Bradi5g02760 (BdPT12)             | II    | 15    | 63    |
| Bradi5g02770 (BdPT13)             | II    | 0     | 14    |
| Bradi1g52590 (BdPT3)              | II    | 0     | 8     |
| Bradi1g00700 (BdPT1)              | IV    | 626   | 220   |
| Bradi1g75020 (BdPT4)              | IV    | 1313  | 64    |
| Bradi1g75030 (BdPT5)              | IV    | 2     | 0     |
| Bradi1g76010 (BdPT6)              | IV    | 2     | 0     |
| Bradi3g12590 (BdPT8)              | IV    | 385   | 148   |
| Bradi3g27680 (BdPT9)              | IV    | 5635  | 1782  |
| Bradi5g02730 (BdPT10)             | IV    | 12    | 10    |

RNAseq *B. distachyon*,  
données non publiées

⇒ Acquisition de nutriments du sol déléguée aux CMA

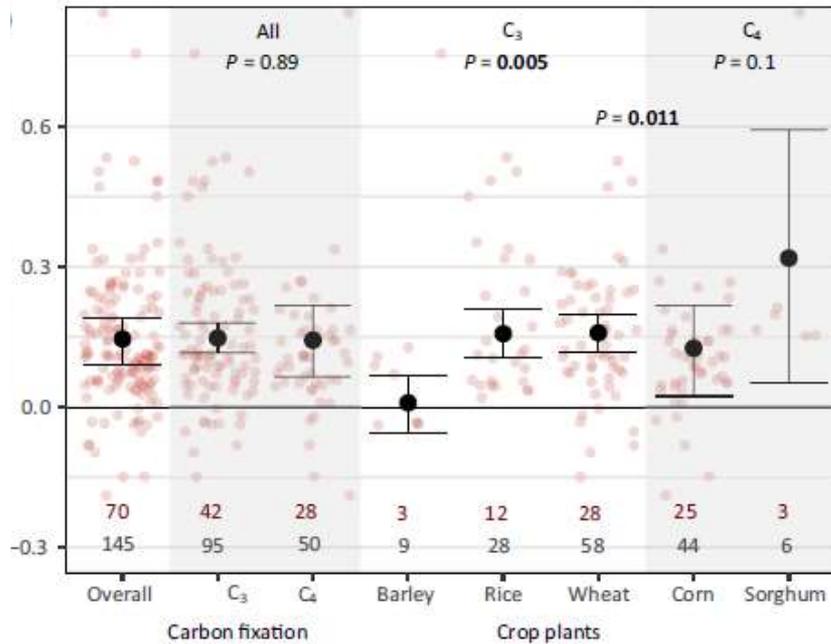
# Les CMA dans les agrosystèmes



Moora (2014)

# Impact des CMA sur les rendements

Méta-analyses



⇒ L'inoculation par des CMA augmente les rendements de 17 %

Zhang (2018)

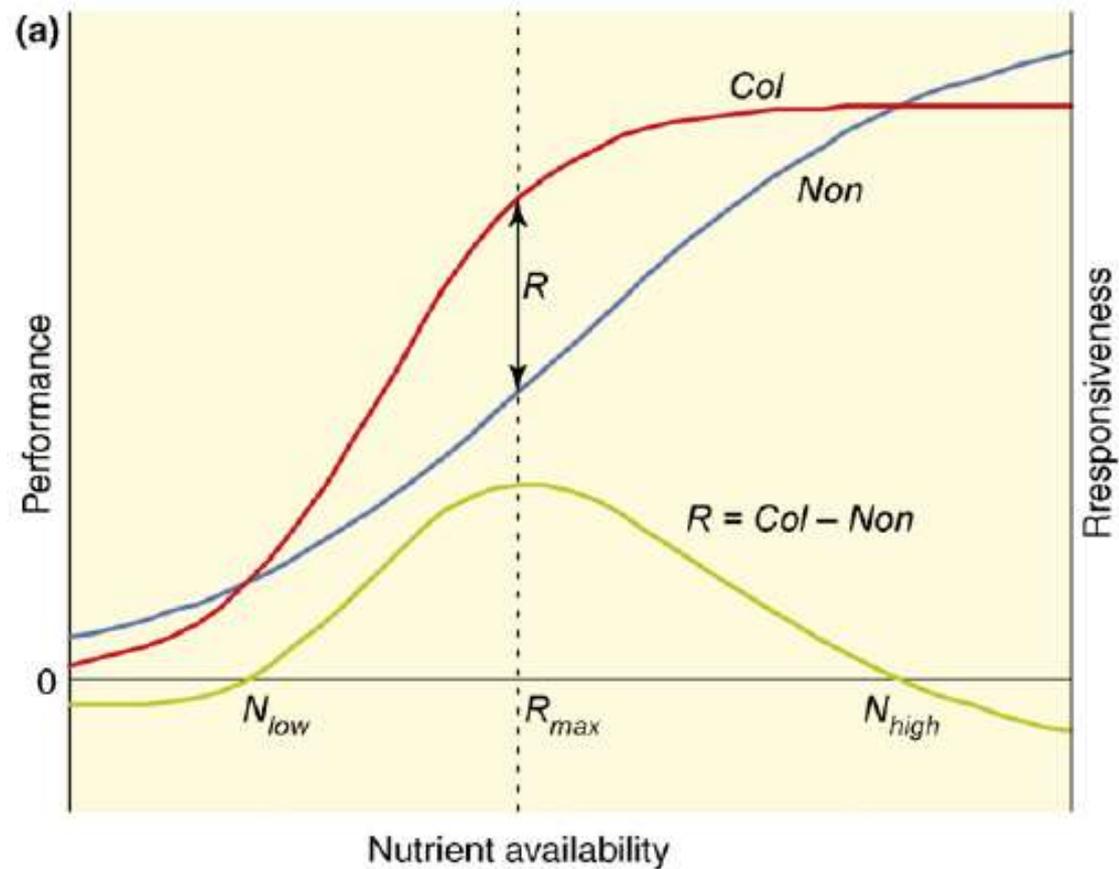
blé

| Parameter           | n <sup>a</sup> | Tau <sup>2</sup> | Intercept | Slope  | Z      | p <sup>b,c</sup> |
|---------------------|----------------|------------------|-----------|--------|--------|------------------|
| Aboveground biomass | 16             | 0.163            | 1.121     | 0.030  | 1.614  | 0.106            |
| Straw               | 12             | 1.543            | 0.808     | -0.106 | -4.222 | <0.001           |
| Grain               | 24             | 0.480            | 0.818     | 0.062  | 2.664  | 0.008            |

Pellegrino (2015)

⇒ L'inoculation par les CMA augmente le rendement de 20 % et le « harvest index » de 25 %

# Bénéfice de la symbiose en fonction de la disponibilité en nutriment

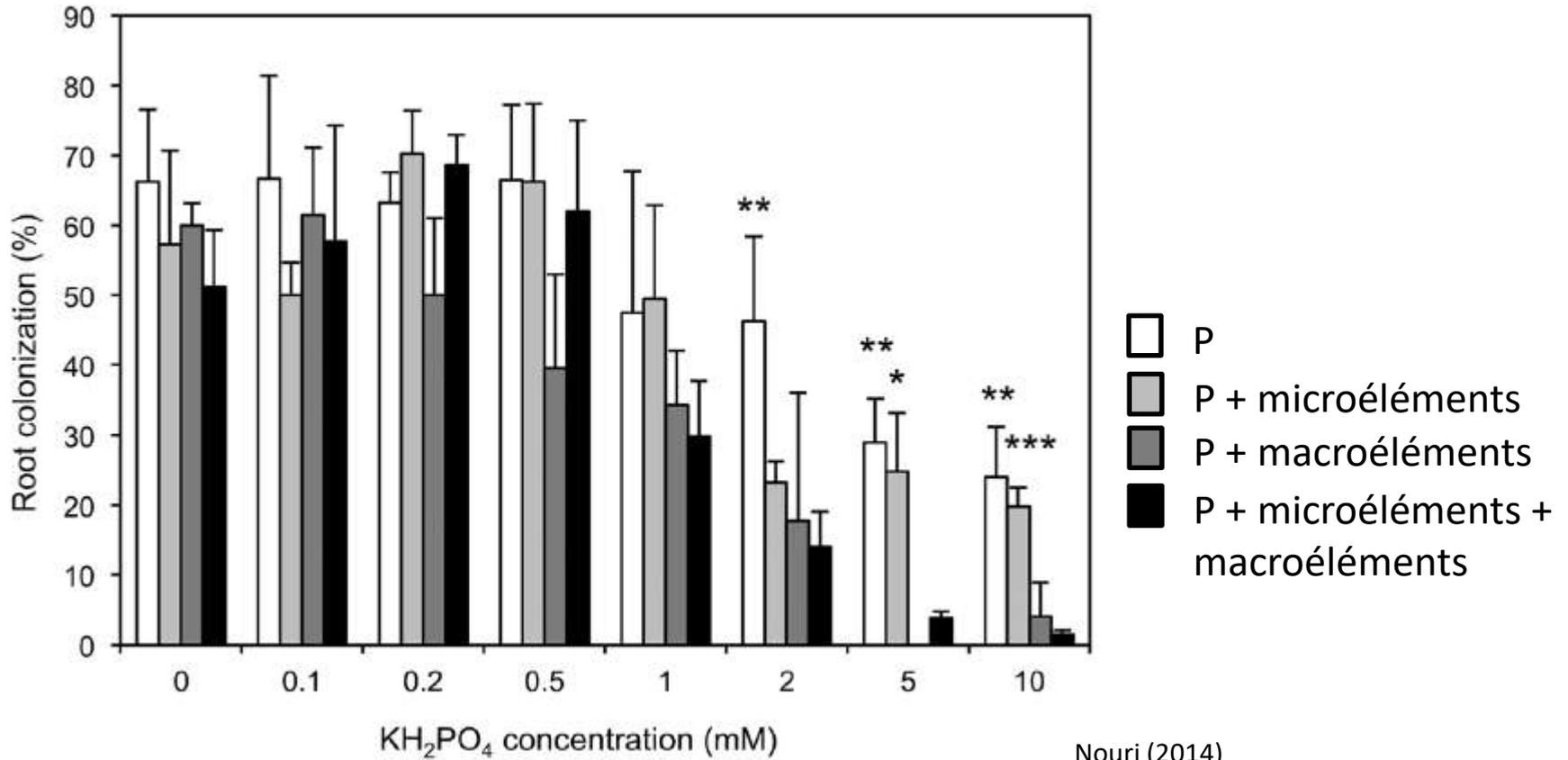


Sawers (2008)

R = réponse de croissance mycorhizienne

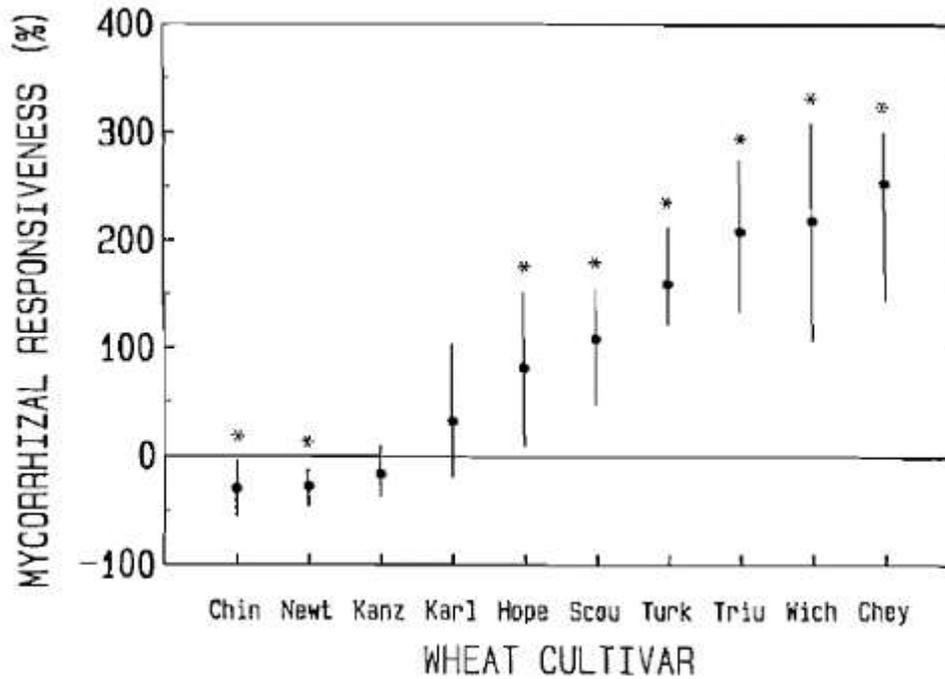
⇒ Intérêt de la symbiose dans les systèmes basse fertilisation

# Régulation de symbiose par la disponibilité en nutriment



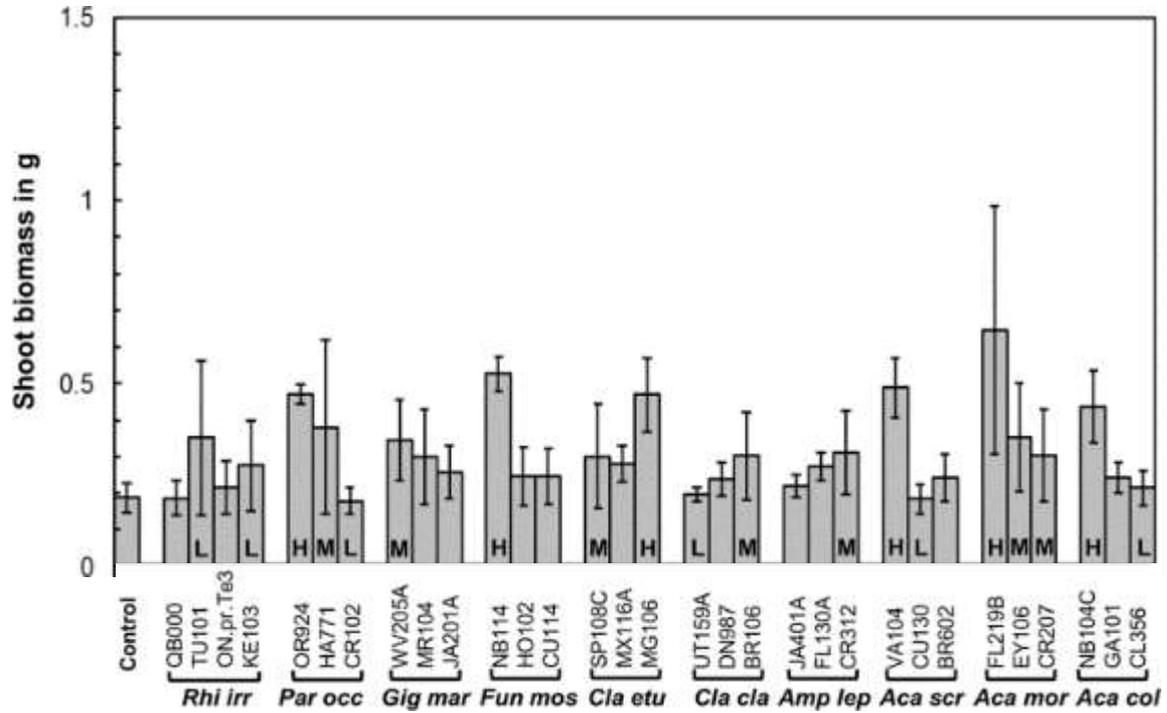
Nouri (2014)

# Variabilité génétique de l'hôte pour la réponse de croissance mycorhizienne



Hetrick (1996)

# Variabilité génétique des CMA pour la réponse de croissance mycorhizienne

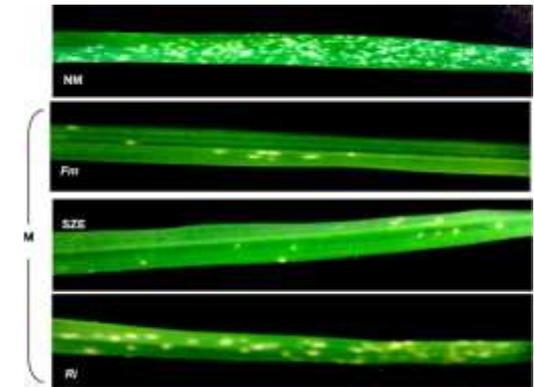


Mensah (2015)

# Impact de la mycorhize sur la résistance aux pathogènes

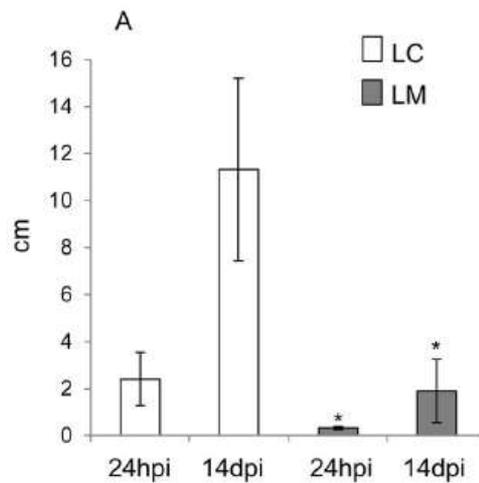
|  | NM           |             | M ( <i>F. mosseae</i> ) |              |
|--|--------------|-------------|-------------------------|--------------|
|  | Orvantis (5) | Lord (7)    | Orvantis (5)            | Lord (7)     |
| Total mycorrhizal root (%)   | –            | –           | 37.5 b                  | 26.3 a       |
| Plant height (cm)  | 46 ± 3.43 a  | 48 ± 3.2 a  | 41 ± 2.82 a*            | 44 ± 2.61 b* |
| Leaf number per plant  | 8 ± 1.60 b   | 5 ± 0.3 a   | 8 ± 1.79 b              | 5 ± 0 a      |
| Stem number per plant  | 2 ± 0.87 b   | 1 ± 0 a     | 2 ± 0.78 b              | 1 ± 0 a      |
| Root dry weight (mg 5 plants <sup>-1</sup> )                         | 250 ± 10 a   | 200 ± 100 a | 430 ± 60 b*             | 200 ± 0 a    |
| Shoot dry weight (mg 5 plants <sup>-1</sup> )                        | 1040 ± 60 a  | 800 ± 100 a | 1300 ± 60 b*            | 800 ± 100 a  |
| Number of <i>B. graminis</i> f. sp. <i>tritici</i> colonies per leaf | 57.2 ± 10 a  | 9.6 ± 2 b   | 13 ± 4 a*               | 3.7 ± 1.7 b* |

Oïdium (*Blumeria graminis*)



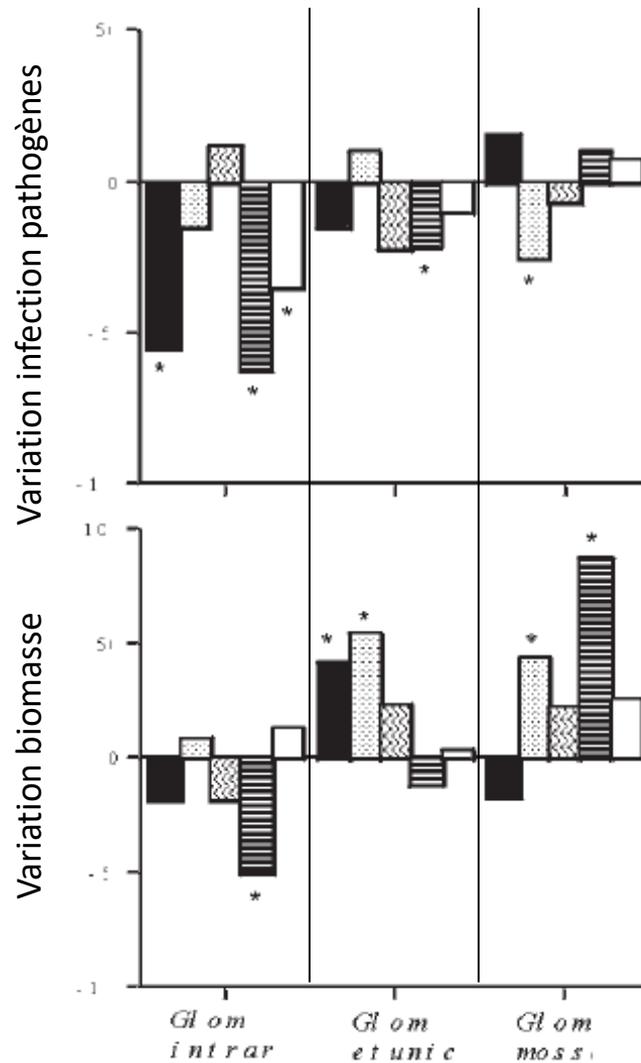
Mustafa (2016)

*Xanthomonas translucens*



Fiorilli (2019)

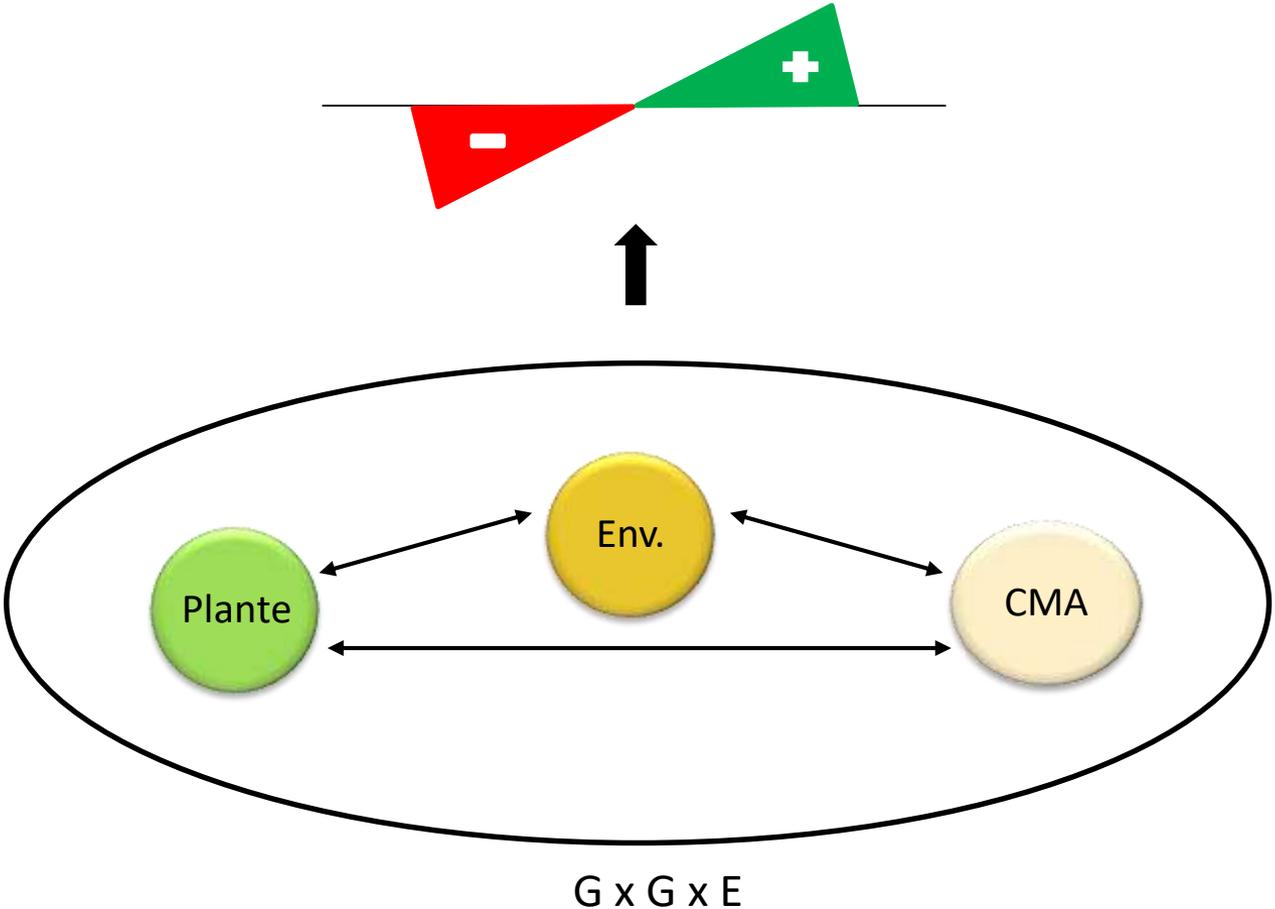
# Bénéfices de la mycorhize



⇒ Compromis pour la stimulation de croissance et de résistance ?

Klironomos (2000)

# Bénéfices de la mycorhize



## Déterminants génétiques et environnementaux affectant l'efficacité de la symbiose mycorhizienne à arbuscules dans les agrosystèmes



### **Diversité de réponses des plantes**

Bases génétique / moléculaire de la réponse aux CMA chez le blé



### **Diversité de fonction des CMA**

Effets des pratiques et de la génétique du blé sur les communautés de CMA et leurs fonctions

Projet FSOV MYCOBLE (2020-2023)

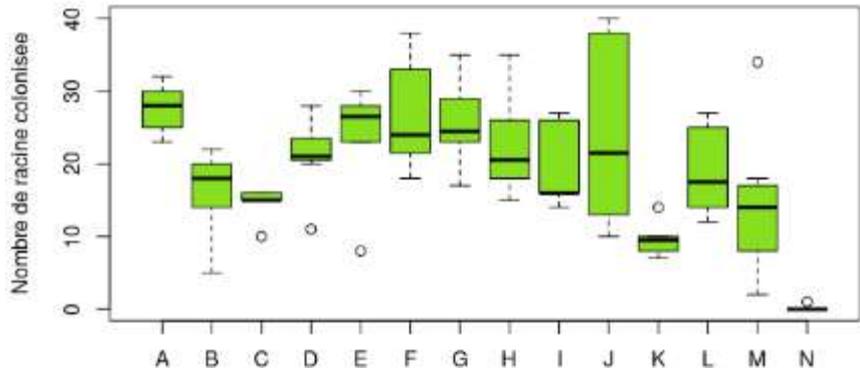
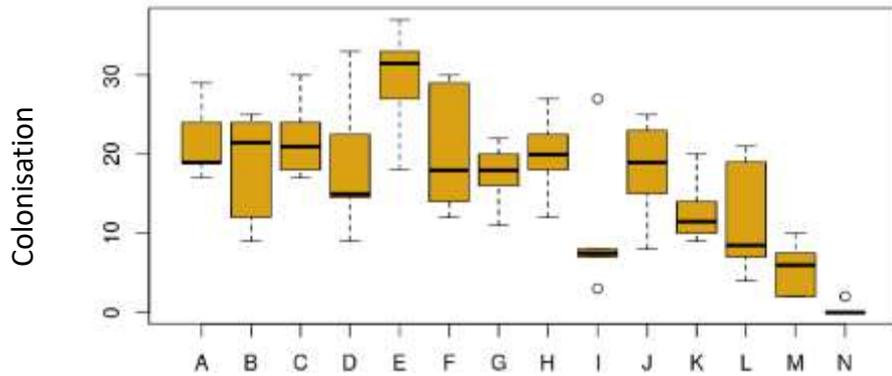
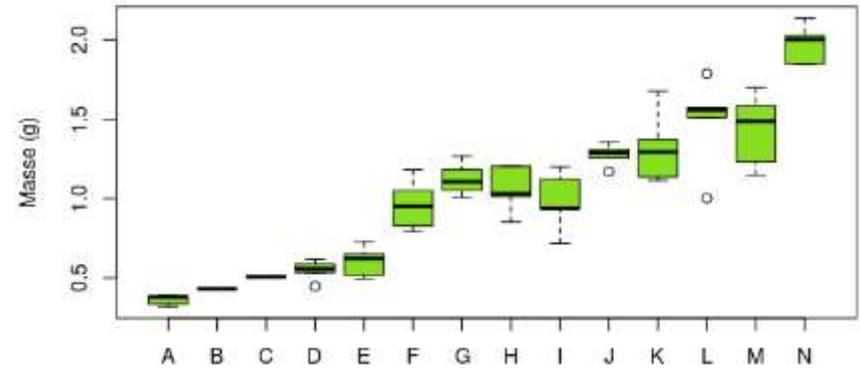
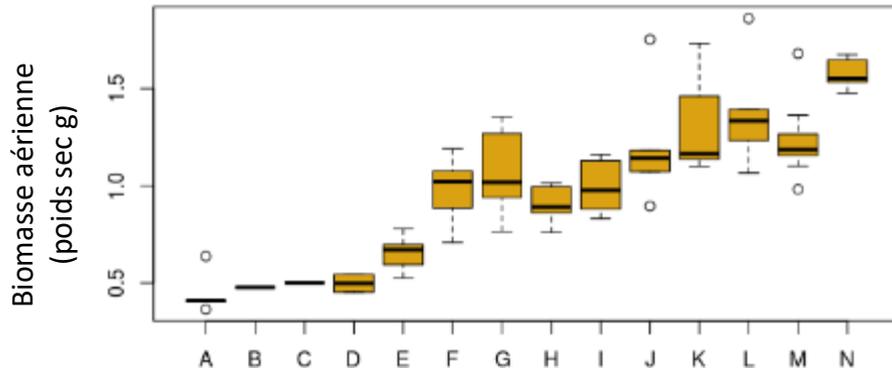
Partenaires : Cyrile Saintenac (GDEC), sélectionneurs

## **Variabilité génétique d'un panel de blé tendre d'hiver pour des réponses mycorhiziennes**

Criblage de blés anciens et modernes pour l'inhibition par NPK, la réponse de croissance / résistance à la septoriose (CMA commerciaux)

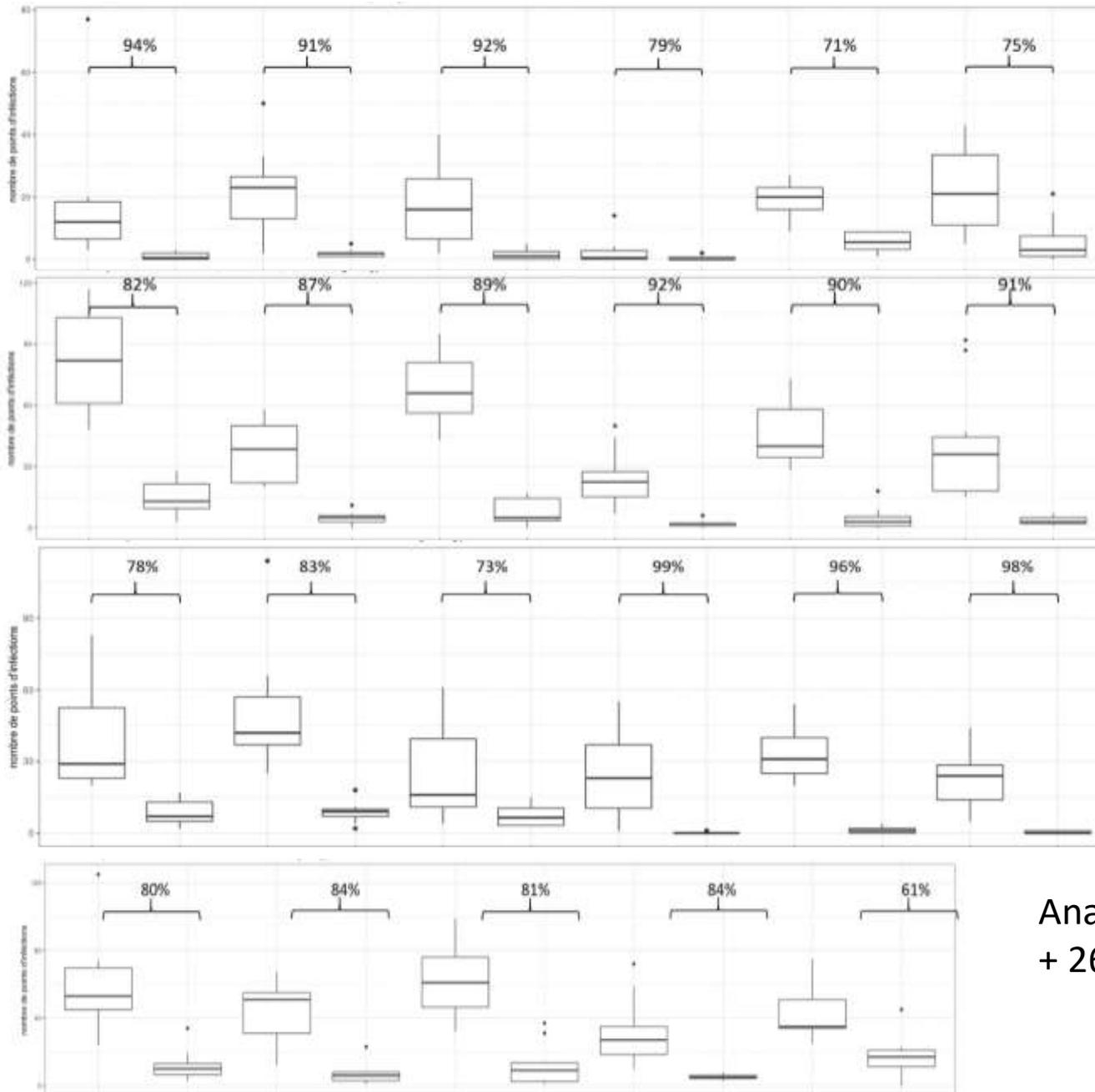
⇒ Conditions contrôlées (2021-2022) puis au champ (2022-2023) - inoculation

# Dose réponse N/P(K) pour la colonisation du blé par des CMA (colonisation à 6 semaines)



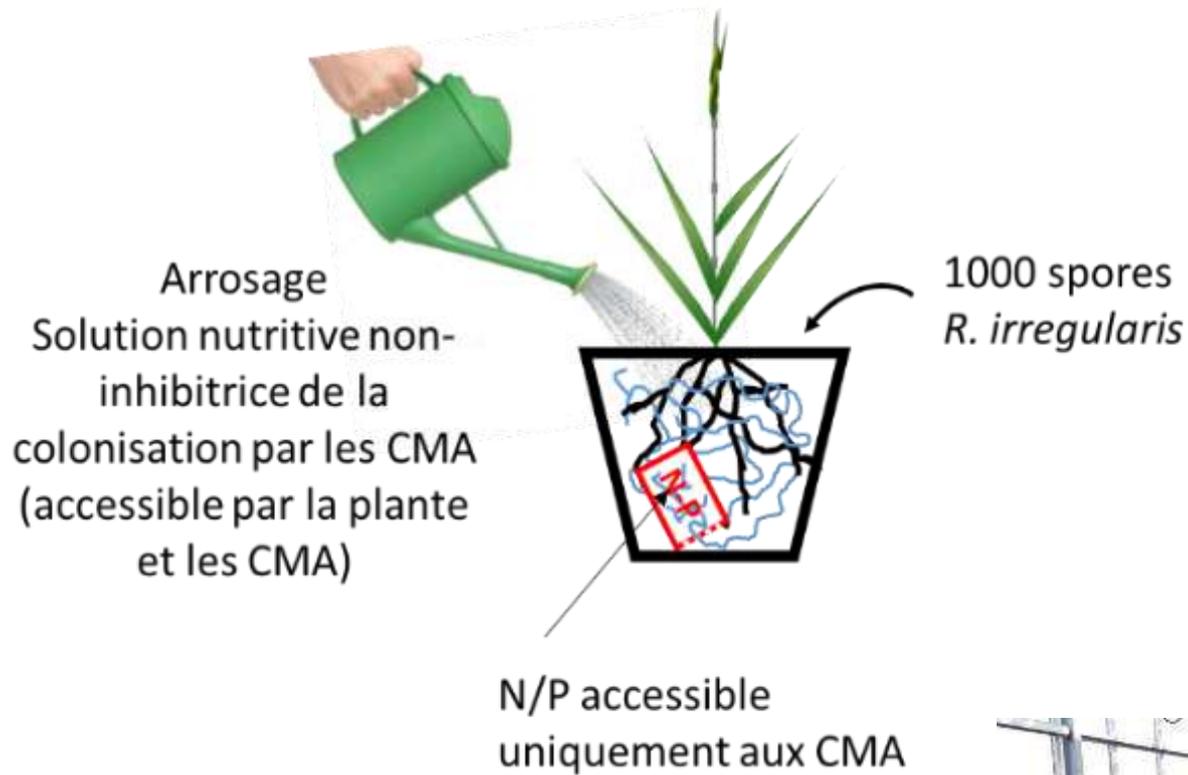
|                     | A   | B   | C   | D    | E    | F    | G    | H    | I    | J    | K    | L    | M    | N     |
|---------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| N ( $\mu\text{M}$ ) | 250 | 500 | 500 | 500  | 500  | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 10000 |
| P ( $\mu\text{M}$ ) | 150 | 300 | 600 | 1200 | 2400 | 300  | 600  | 1200 | 2400 | 300  | 600  | 1200 | 2400 | 5000  |

# Variabilité génétique pour l'inhibition de la colonisation par des CMA

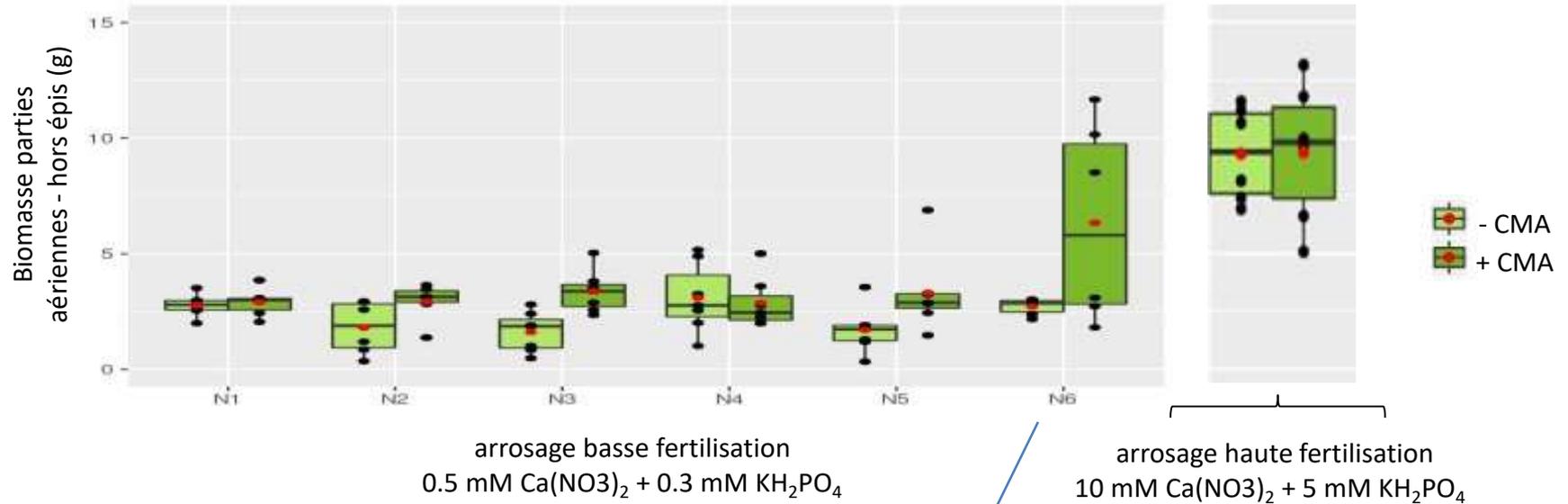


Analyse en cours  
+ 26 variétés

# Mise au point de la mesure de la réponse de croissance des cultivars de blé aux CMA

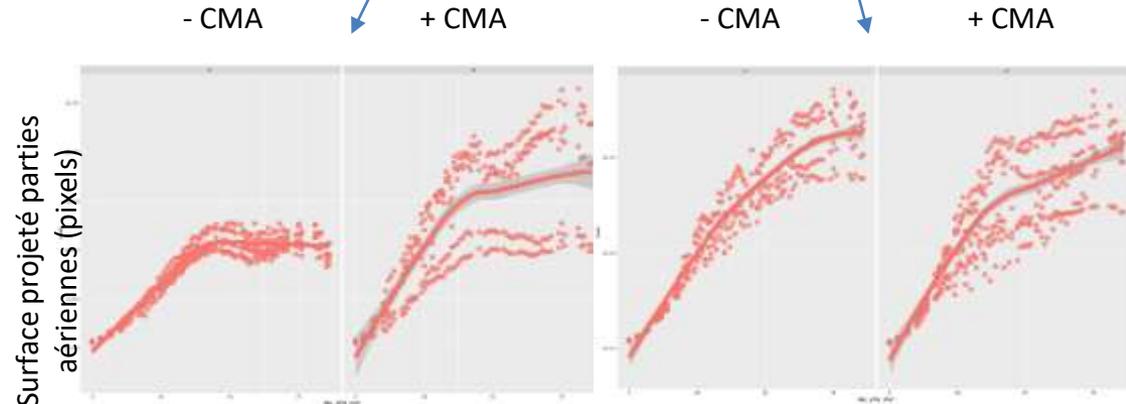


# Mise au point de la mesure de la réponse de croissance des cultivars de blé aux CMA



Quantité nutriments dans les compartiments uniquement accessibles aux CMA

|    | Nutriments  | Ratio                                 | Qté (mg) |     |     |
|----|---|---------------------------------------|----------|-----|-----|
|    |   |                                       | N        | P   | K   |
| N1 | 0   |                                       | 0        | 0   | 0   |
| N2 | NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub><br>+ KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>  | 1 NH <sub>4</sub> : 1 NO <sub>3</sub> | 100      | 50  | 63  |
| N3 | NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub><br>+ KNO <sub>3</sub><br>+ KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>                  | 1 NH <sub>4</sub> : 3 NO <sub>3</sub> | 100      | 50  | 247 |
| N4 | NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub><br>+ Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub><br>+ KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> | 1 NH <sub>4</sub> : 3 NO <sub>3</sub> | 100      | 50  | 63  |
| N5 | NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub><br>+ Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub><br>+ KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> | 1 NH <sub>4</sub> : 3 NO <sub>3</sub> | 200      | 50  | 63  |
| N6 | NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub><br>+ Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> +<br>KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> | 1 NH <sub>4</sub> : 3 NO <sub>3</sub> | 200      | 100 | 126 |



## **Mesure de réponses mycorhiziennes chez 20 cultivars en conditions contrôlées (printemps 2022)**

Croissance (LIPME)

Résistance à la septoriose (GDEC)

## **Mesure de réponses mycorhiziennes chez 10 cultivars au champ (campagne 2022-2023)**

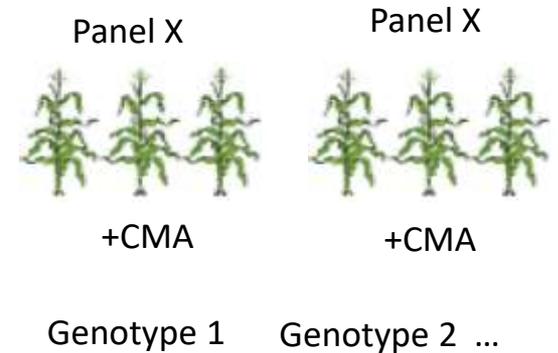
1/2 dose et 1/4 de la dose standard

+/- inoculation CMA

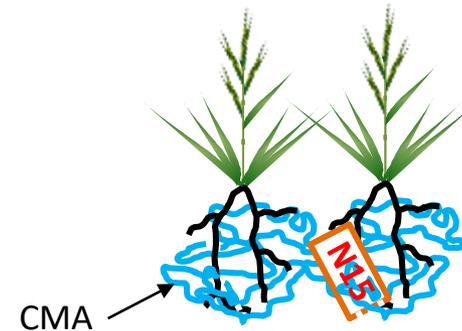
16 sites; 2 blocs / site

# Perspectives: Identifier des QTL/gènes contrôlant la réponse mycorhizienne chez le blé

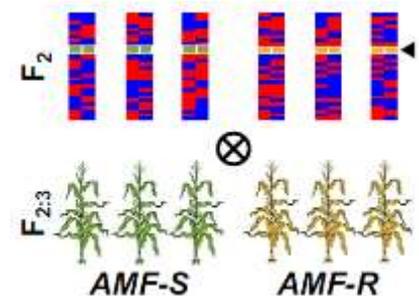
- En inoculant ou pas un panel avec des CMA  
(limitation : présence de CMA endogènes)



- En mesurant le flux de N<sup>15</sup> via les CMA  
(design de compartiments uniquement accessible aux CMA)



- En introgressant des gènes mutés bloquant la mycorhize  
(production d'allèles mutés CRISPR-CAS9/TILLING)



RESEARCH ARTICLE



## The genetic architecture of host response reveals the importance of arbuscular mycorrhizae to maize cultivation

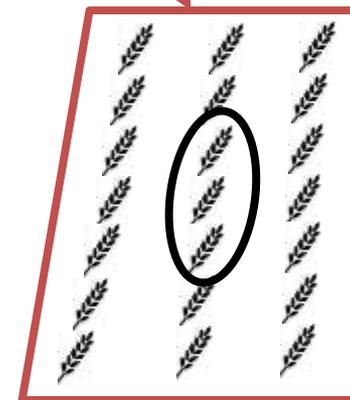
M Rosario Ramirez-Flores<sup>1†</sup>, Sergio Perez-Limon<sup>2†</sup>, Meng Li<sup>2</sup>, Benjamin Barrales-Gomez<sup>2</sup>, Doris Albinsky<sup>4</sup>, Uta Paszkowski<sup>4</sup>, Victor Olalde-Portugal<sup>1</sup>, Ruairidh JH Sawers<sup>2\*</sup>

## Effet du génotype sur le « choix du partenaire »

Collaboration Antonin Grau (Diascope) / Jacques David / Michel Colombo (AGAP)

Panel GWAS EPO en lignep-rep 30%  
UE Mauguio

- ⇒ Caractérisation des communautés fongiques (et bactériennes) racinaires :  
Metabarcoding (Illumina Miseq)
- ⇒ GWAS (Michel Colombo/ Jacques David)



**Perspectives** : Criblage réponse de croissance EPO sur PhenoArche (LEPSE)

# Effet des pratiques sur les communautés de CMA et leur efficacité symbiotique

Collaboration Claire Jouany (AGIR)

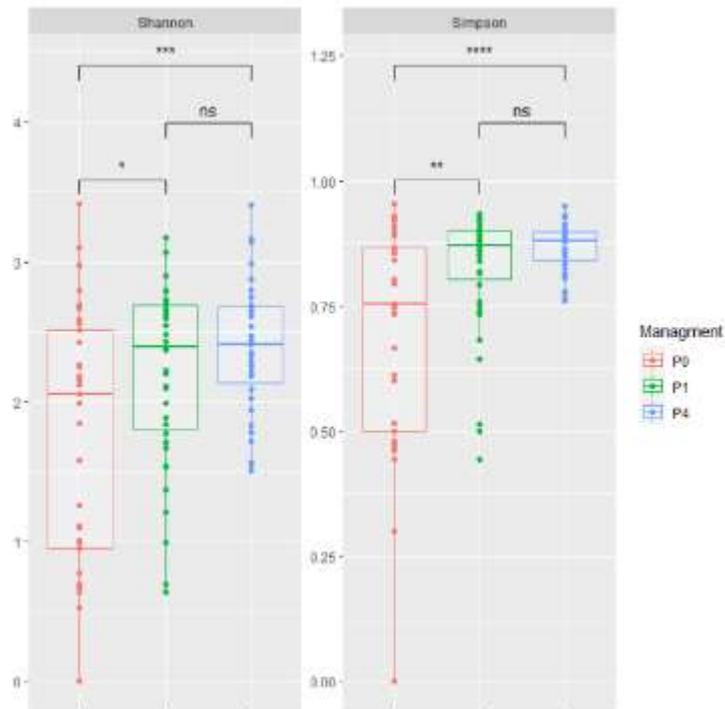
Fertilisation phosphatée

P0 = pas de P

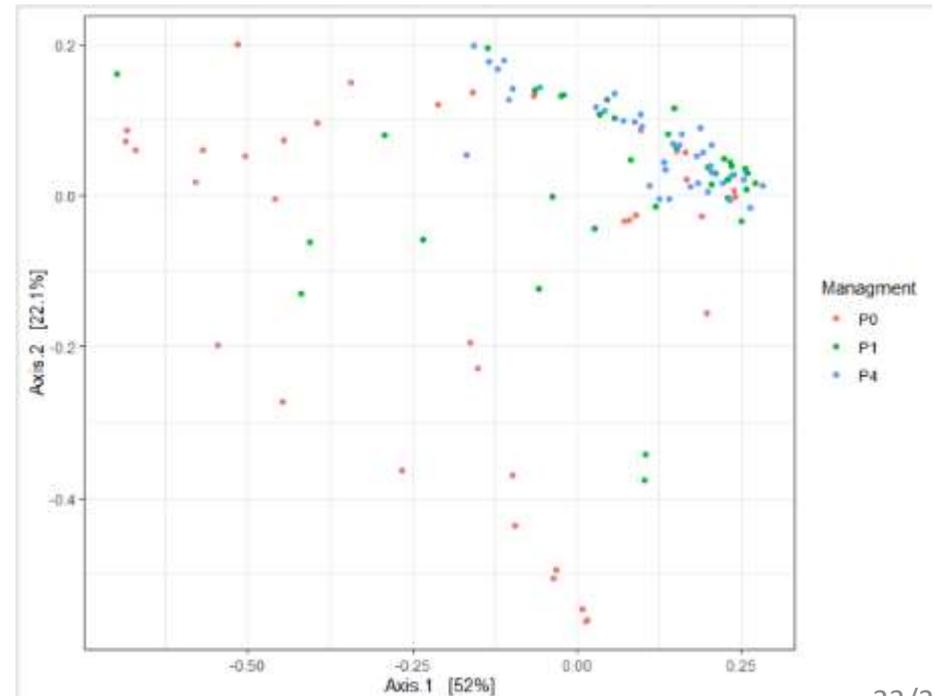
P1 = niveau export

P4 = 4x niveau export

## Structure communauté



## Composition communauté



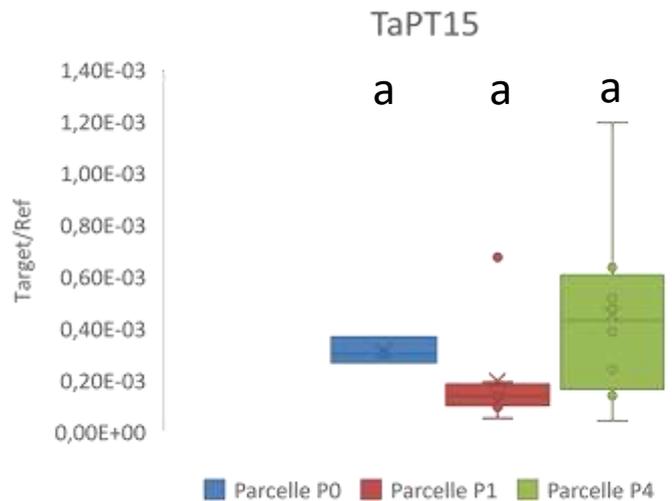
# Effet des pratiques sur les communautés de CMA et leur efficacité symbiotique

P0 = pas de P  
P1 = niveau export  
P4 = 4x niveau export

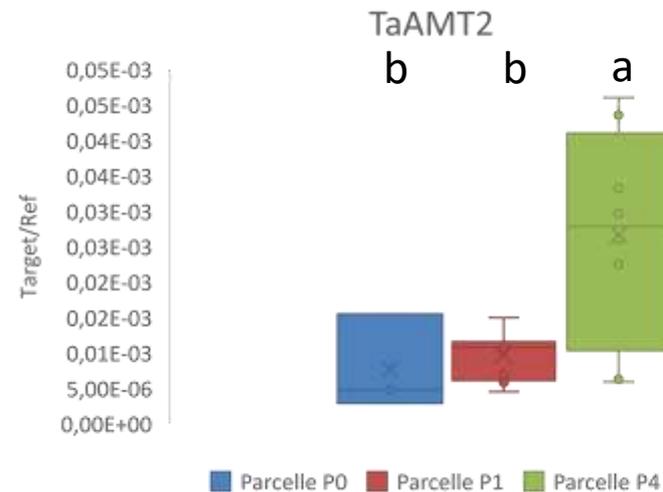
qRT-PCR

Transporteurs spécifiquement exprimés dans la membrane peri-arbusculaire

Transporteur phosphate



Transporteur ammonium



**Perspectives** : caractériser le co-transport N et P par les CMA

# Effet des pratiques sur les communautés de CMA et leur efficacité symbiotique

Travail du sol

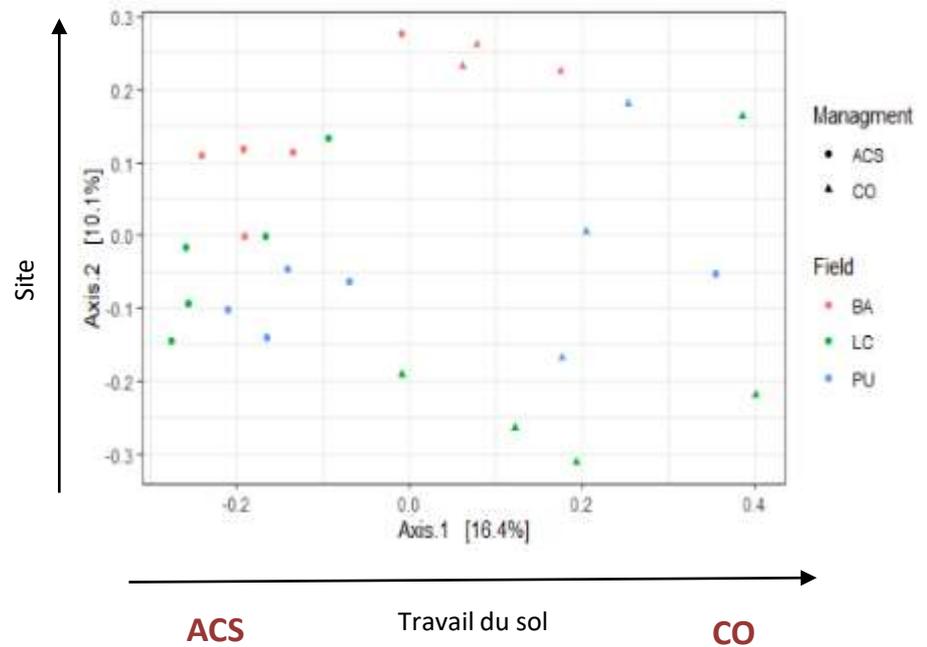
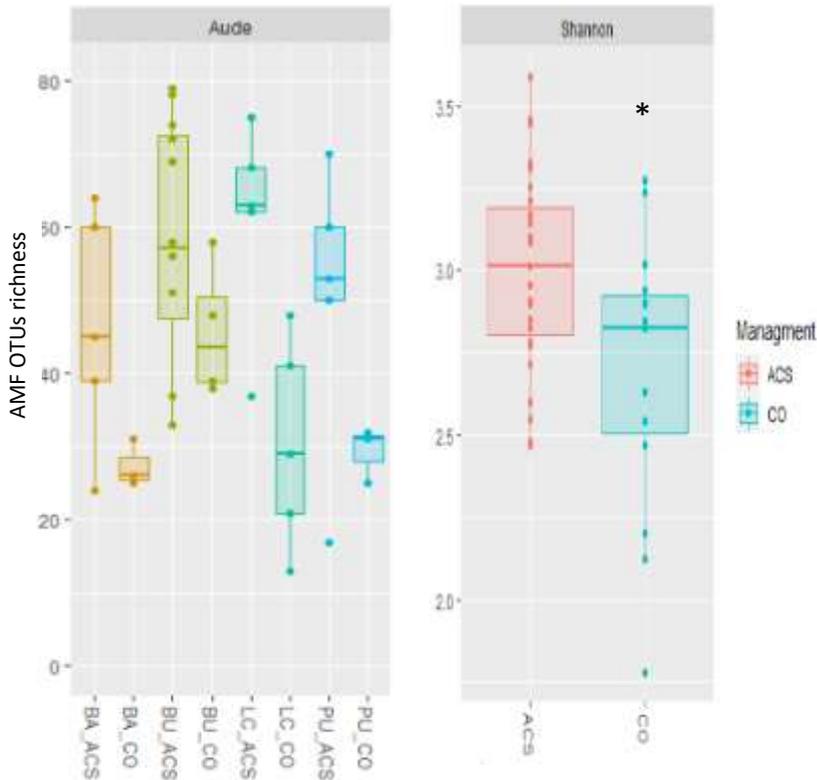
Semis direct (ACS)

Labour (CO)

Richesse spécifique

Structure communauté

Composition communauté





Margot Trinquier  
Doctorante



Lauréna Medioni  
CDD TR



Virginie Gascioli  
TR

Christophe Roux (LRSV)

