

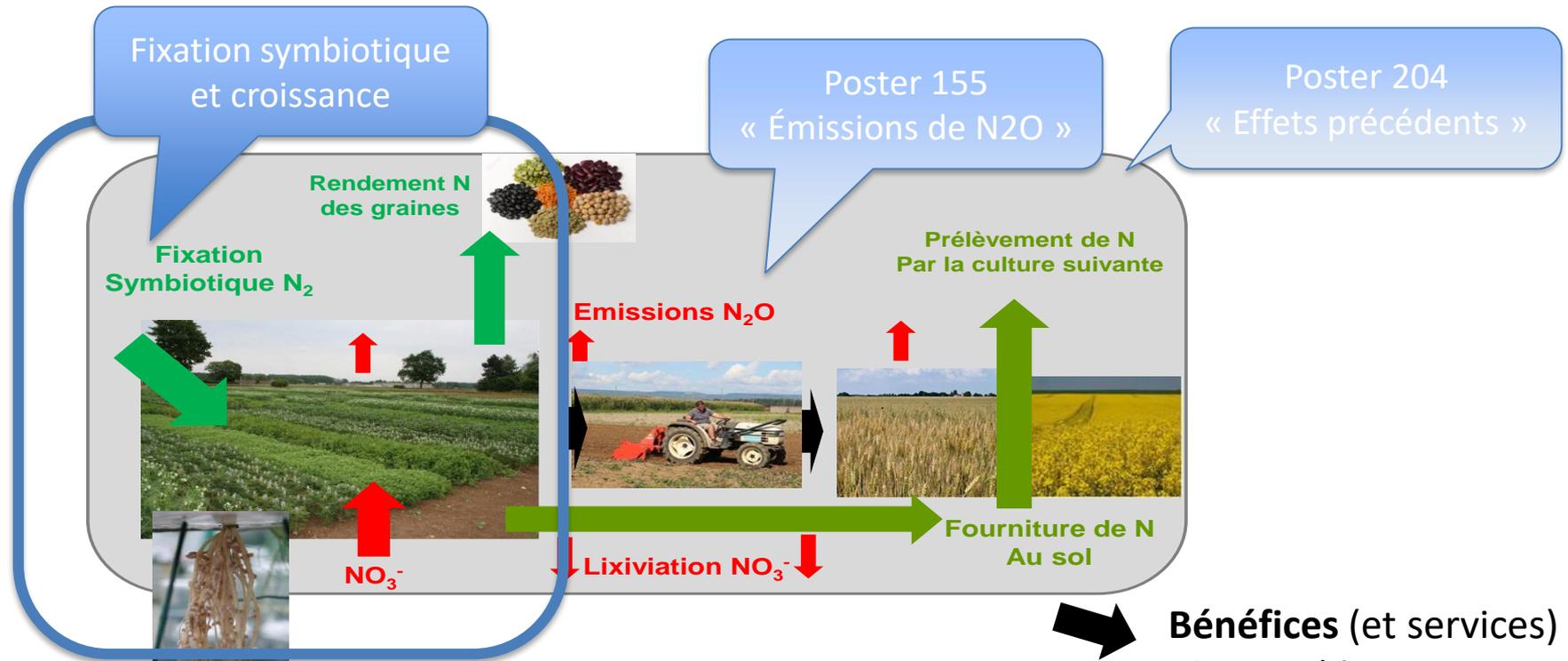
# Réponse de la fixation symbiotique de 10 espèces de Légumineuses à la disponibilité en azote du sol



Anne-Sophie VOISIN, INRA, UMR Agroécologie  
Maé Guinet, Bernard Nicolardot



# Quantification des flux de N induits par des cultures de légumineuses



**Bénéfiques (et services)**  
**Risques (dis-services)**

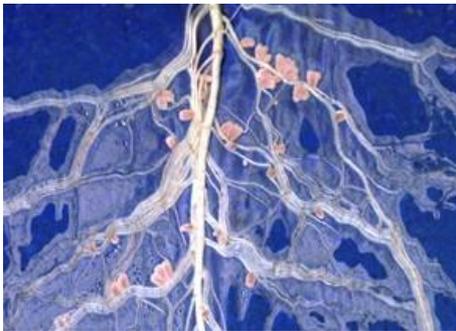
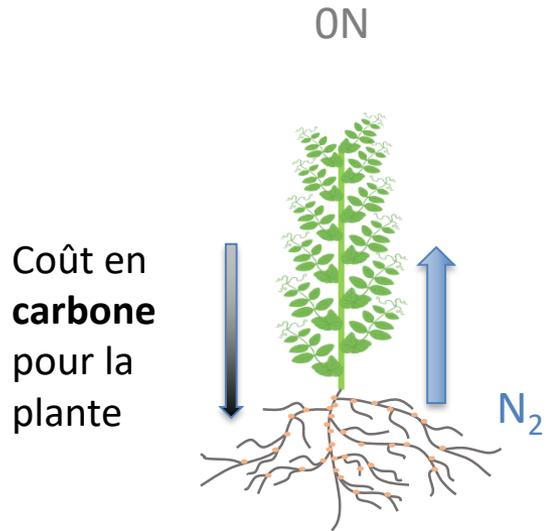
- Etude comparative sur **10 espèces de légumineuses**
- Identifier les traits de plantes pouvant expliquer les différences entre espèces



Thèse Maé Guinet

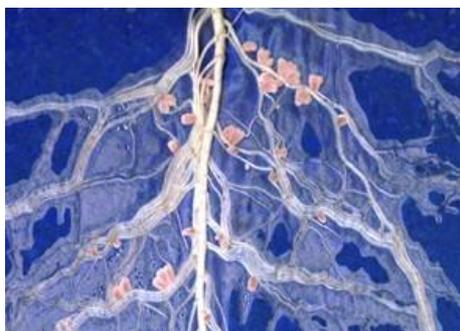
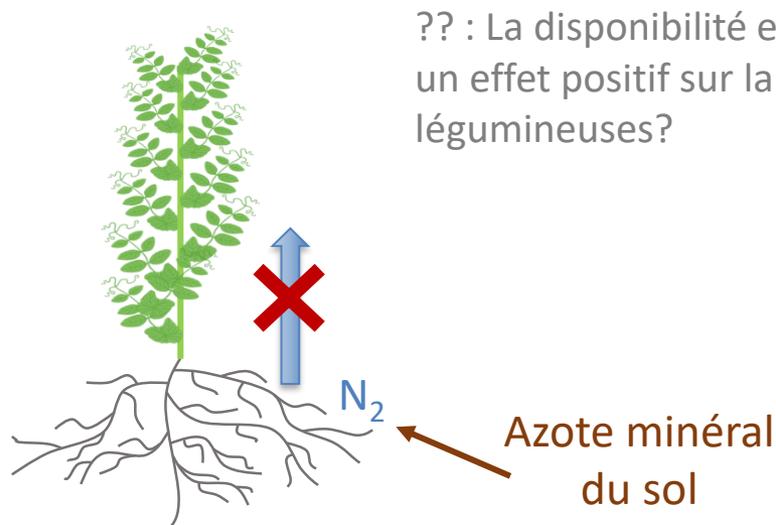
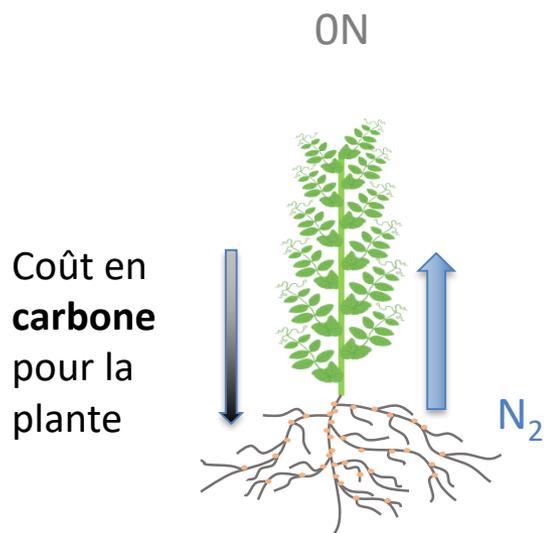


# Fixation symbiotique des légumineuses



Fixation de  $N_2$  en symbiose avec des bactéries du sol de type Rhizobium

# Fixation symbiotique des légumineuses



Fixation de  $N_2$  en symbiose avec des bactéries du sol de type Rhizobium

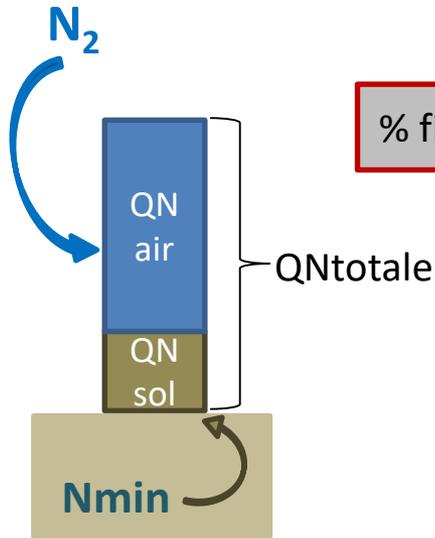


Inhibition en présence d'azote minéral

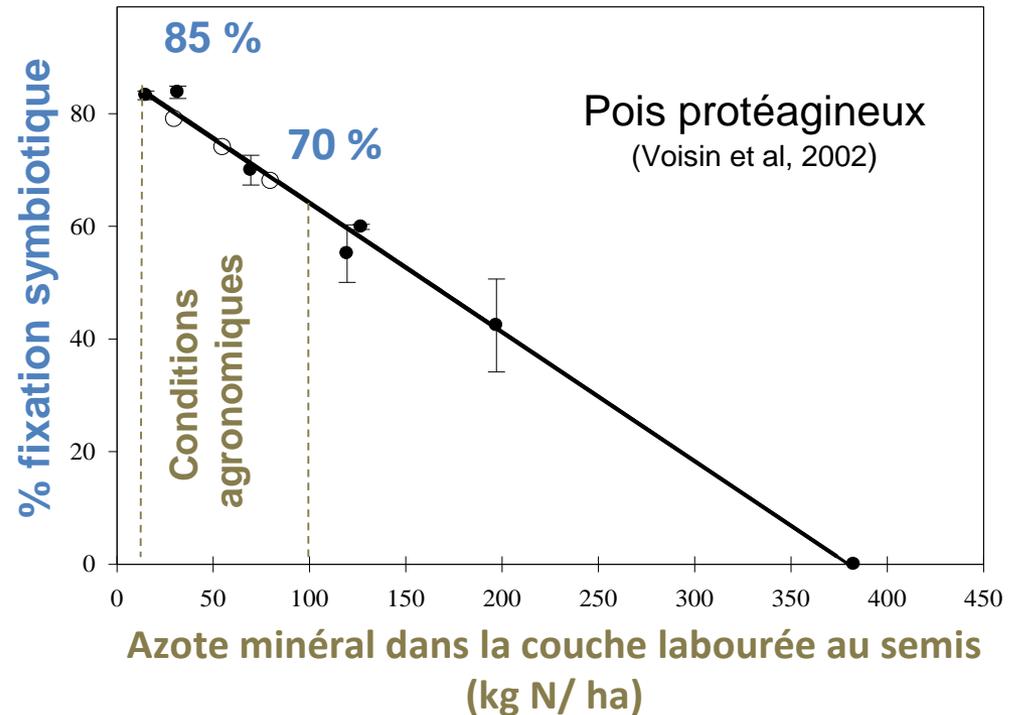
?? : Existe-t-il des différences de réponse de la fixation symbiotique à la présence d'azote minéral?



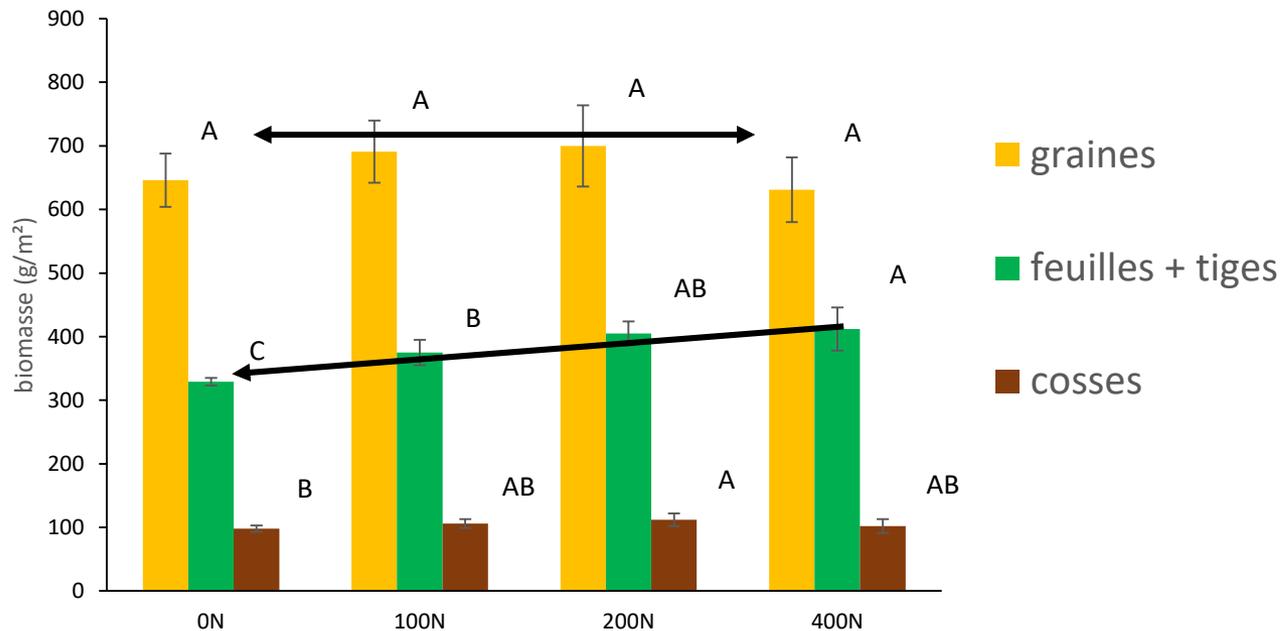
# Effet de la disponibilité en azote minéral sur la fixation symbiotique



$$\% \text{ fixation symbiotique} = \frac{QN_{\text{air}}}{QN_{\text{totale}}}$$



# Effet de la disponibilité en azote minéral sur la croissance



Pois protéagineux  
(Voisin et al, 2002)

Fixation ++



Fixation -

La fixation symbiotique vs prélèvement d'azote minéral

- ne modifie pas le rendement en graines
- défavorise légèrement la croissance végétative aérienne



# Essais expérimentaux au champ

- 10 espèces de légumineuses



Féverole



Pois



Lupin



Lentille



Vesce commune

Semées en mars



Haricot



Pois chiche



Soja



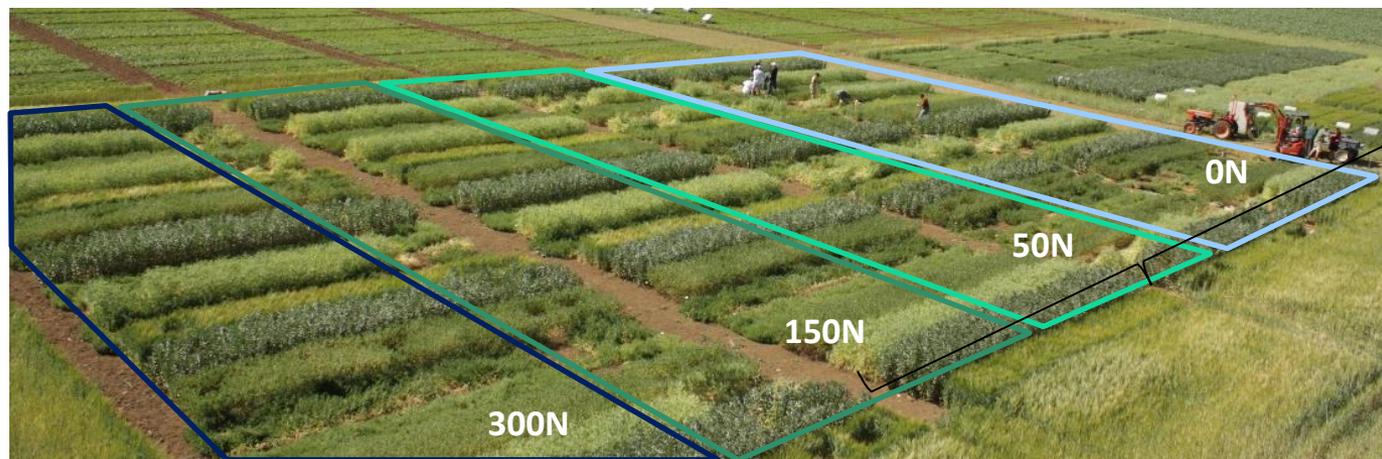
Fénugrec



Vesce de Narbonne

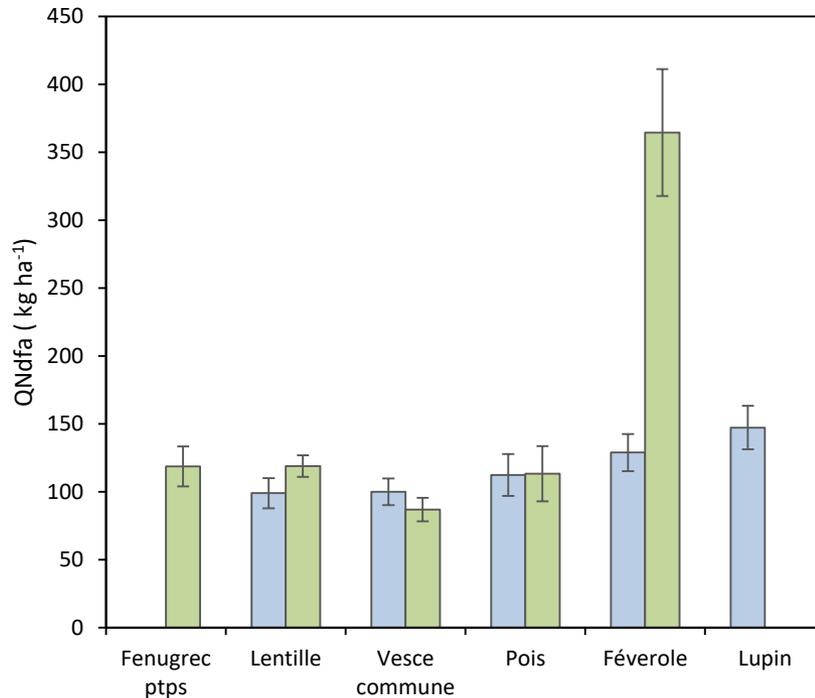
Semées en mai

- 4 doses d'apport d'azote au semis : 0, 50, 150 et 300 kg.Nha<sup>-1</sup>

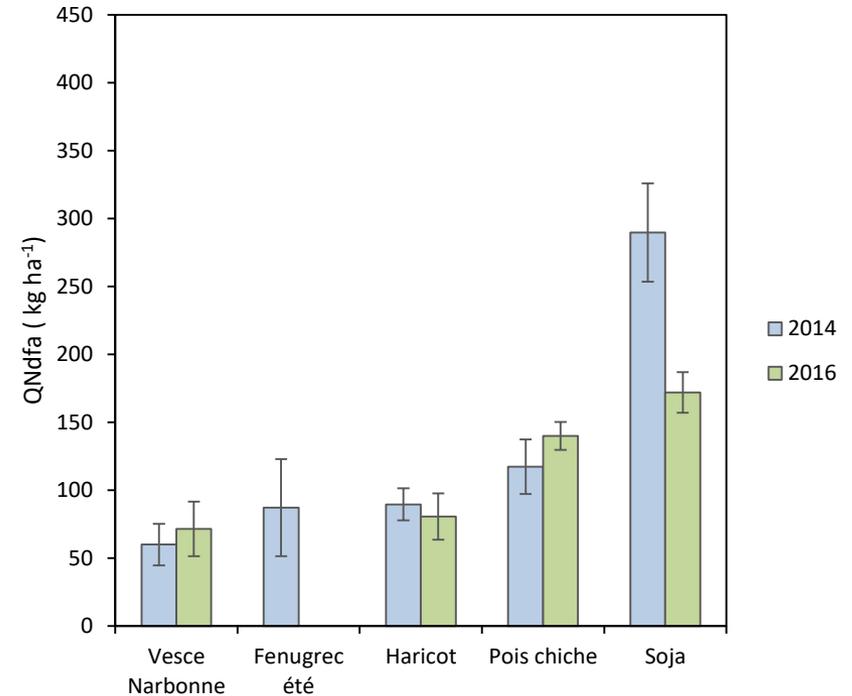


# Variabilité de la quantité d'azote fixée

Quantité d'azote issu de la fixation symbiotique (mars)

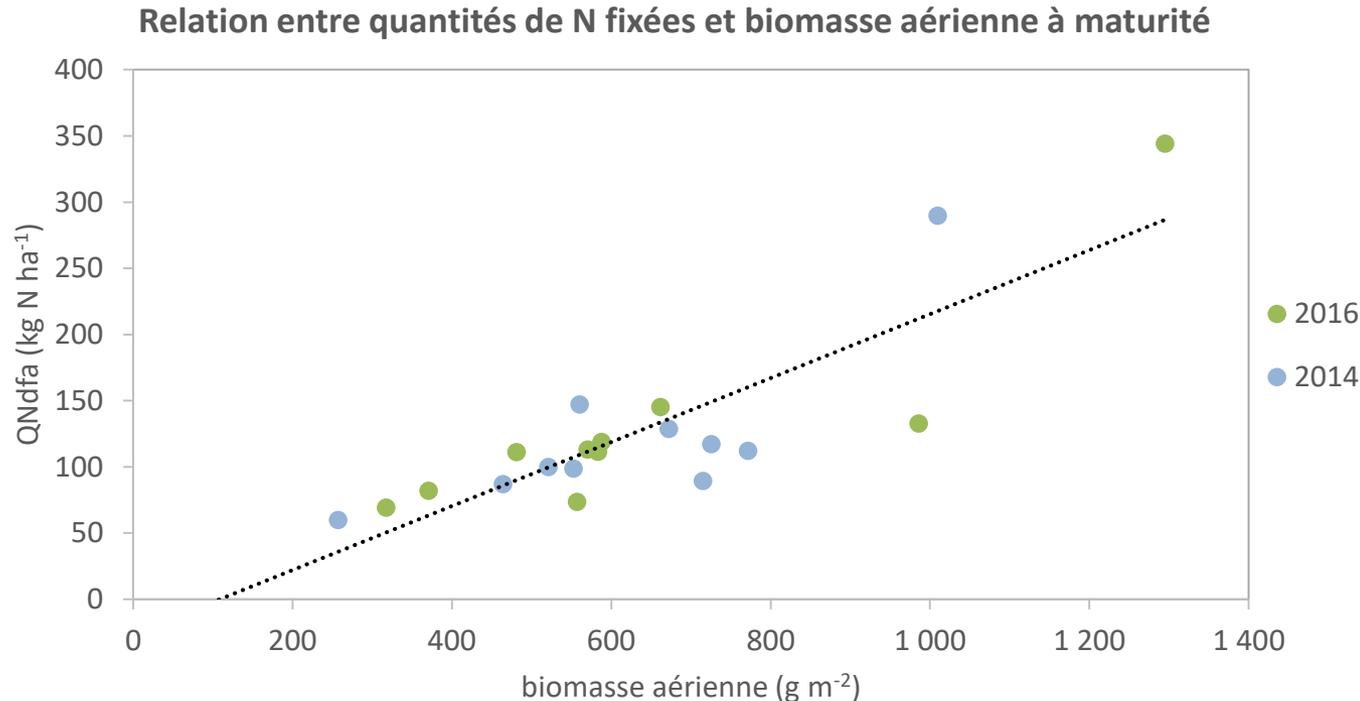


Quantité d'azote issu de la fixation symbiotique (mai)



- La quantité d'azote fixée par les légumineuses est **variable** entre espèces et années

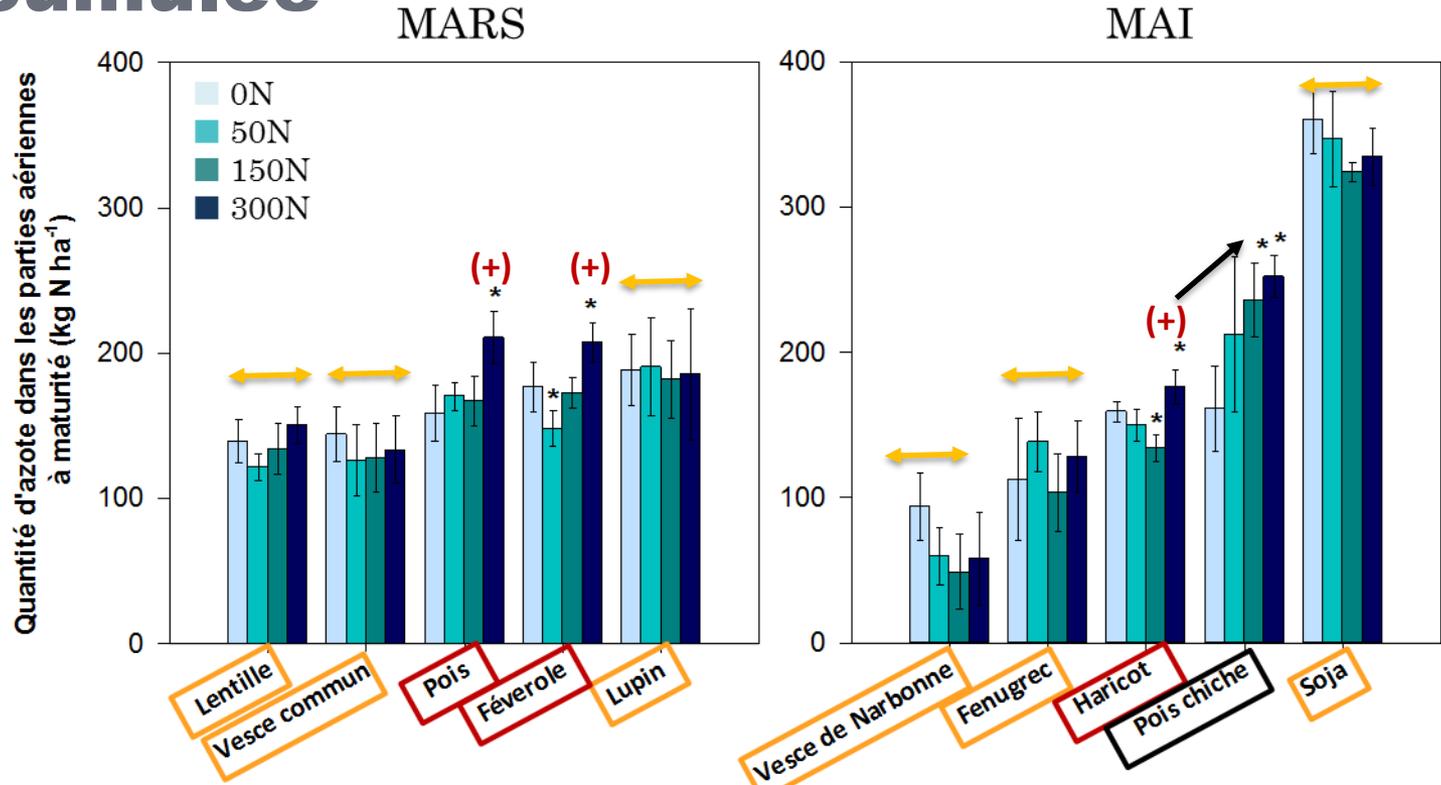
# Variabilité de la quantité d'azote fixée ... liée à la croissance



- Relation positive entre les quantités d'azote fixées et la biomasse aérienne à maturité
- → **Grande biomasse** > Grande demande en N > **Grandes quantités de N fixées** pour subvenir aux besoins azotés de la plante



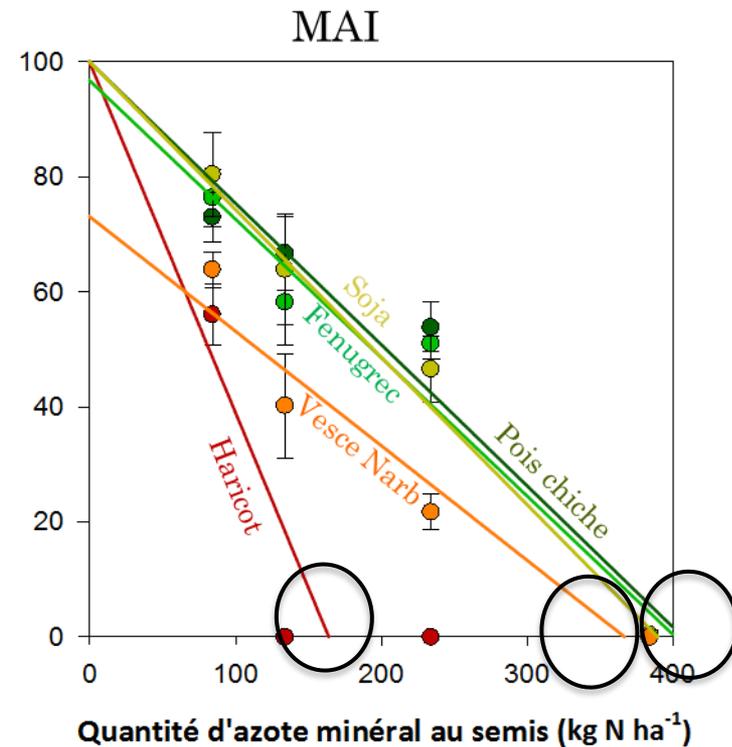
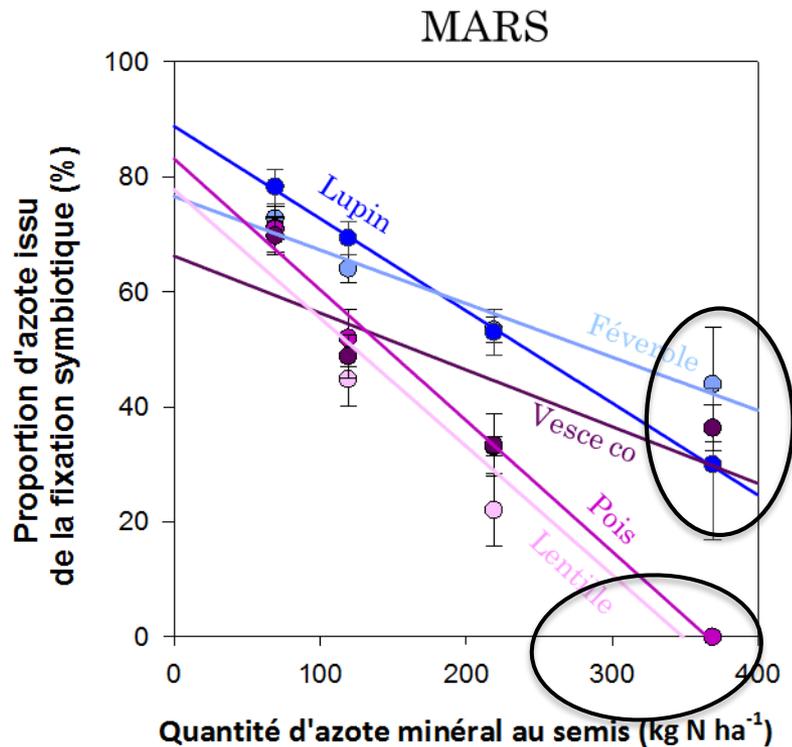
# Effet de la disponibilité en N sur la quantité de N accumulée



- Pour 6 espèces : aucune différence entre les modalités → la fixation permet de subvenir aux besoins N
- Pour 3 espèces : une quantité d'azote dans les parties aériennes légèrement plus importante pour la modalité 300N par rapport à 0N → **consommation de luxe**
- Pour le pois chiche : une légère fertilisation N engendre une augmentation de quantité de N dans les parties aériennes → **la fixation symbiotique n'a pas permis de répondre aux besoins N**



# Effet de la disponibilité en N sur la fixation symbiotique

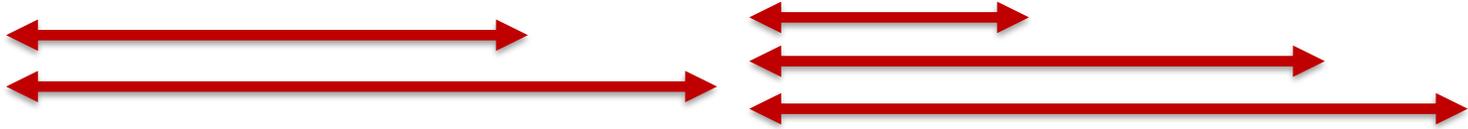
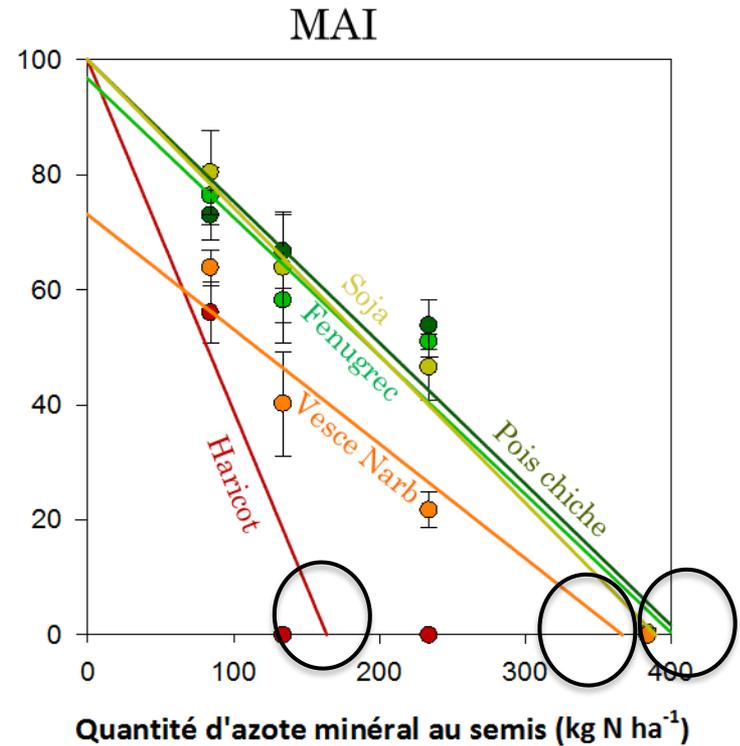
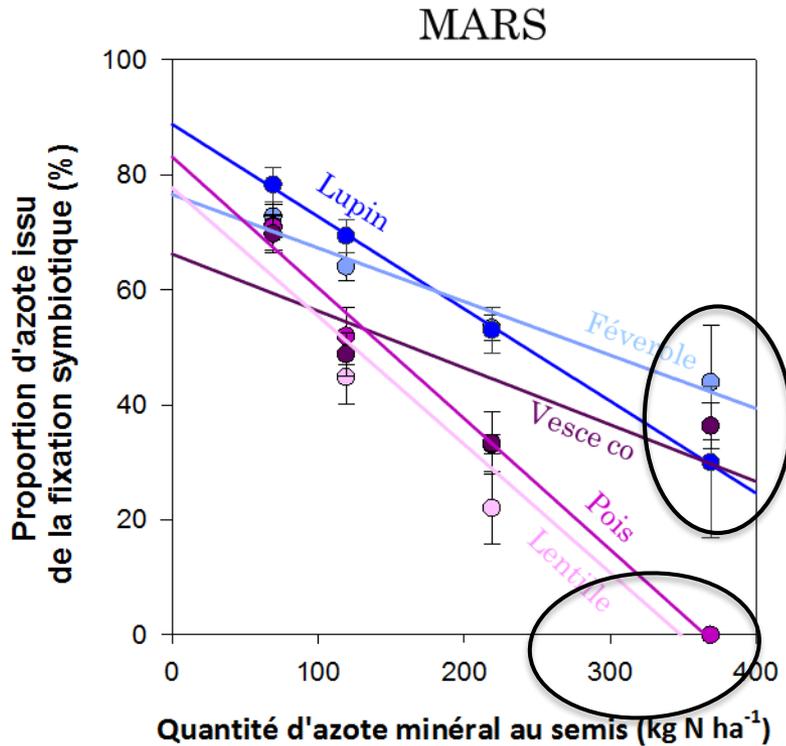


**Inhibition de la fixation symbiotique par l'azote minéral du sol pour les 10 espèces MAIS avec des réponses différentes :**

- **300N** → **Féverole** et **Lupin** maintiennent la fixation symbiotique  
→ fixation symbiotique complètement inhibée pour le reste des espèces.
- **Haricot** → fixation symbiotique complètement inhibée dès la modalité **50N**.



# Effet de la disponibilité en N sur la fixation symbiotique

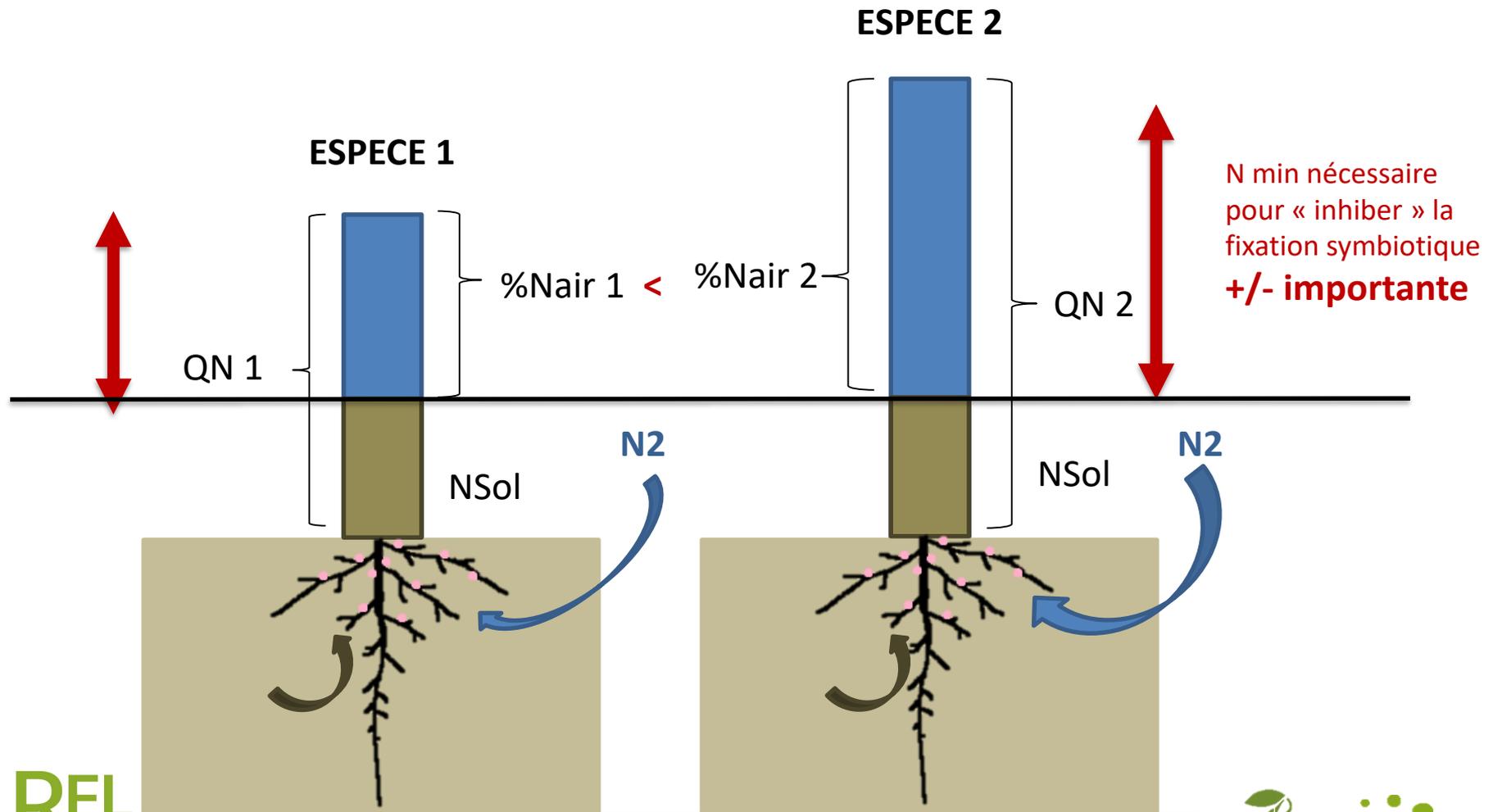


Quantité nécessaire pour inhiber la fixation symbiotique = variable entre espèces



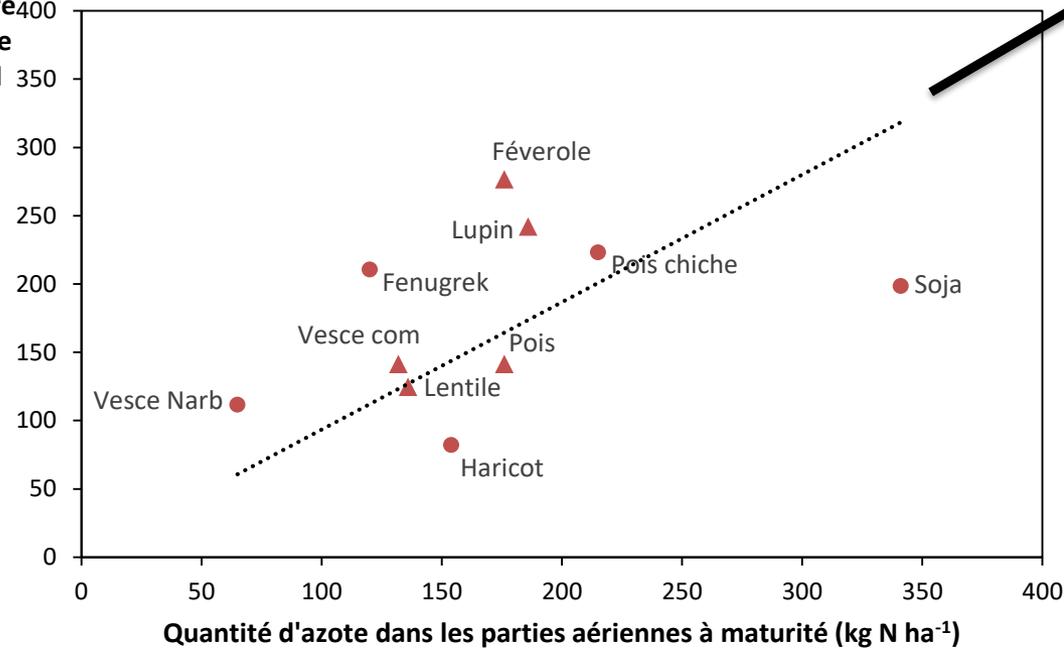
# Pourquoi observe-t-on des différences d'inhibition de la fixation symbiotique par l'azote minéral du sol?

H1 : Selon la croissance des légumineuses



# Pourquoi observe-t-on des différences d'inhibition de la fixation symbiotique par l'azote minéral du sol ?

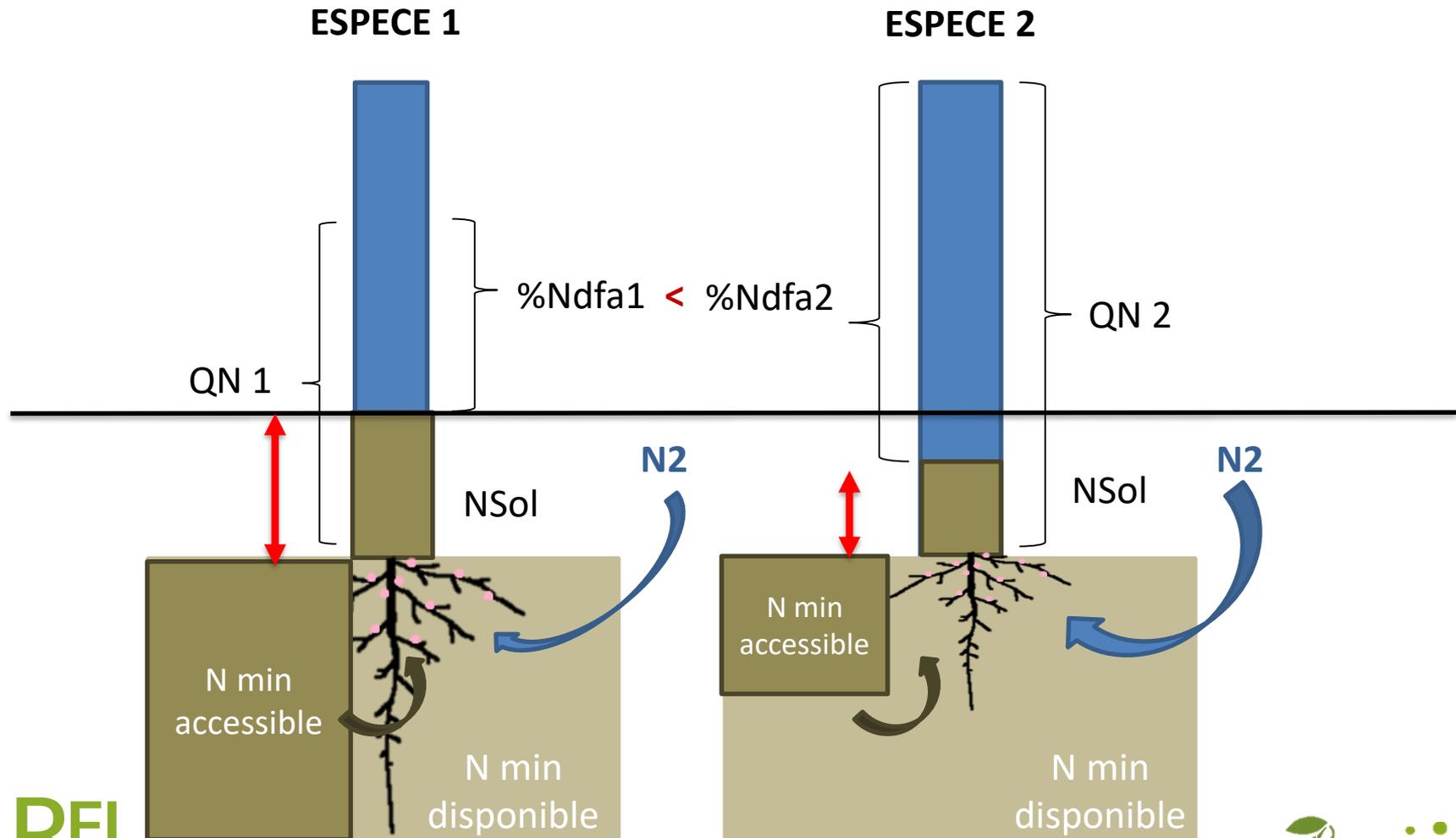
**N50** : Quantité d'azote minéral du sol au semis nécessaire pour réduire la fixation symbiotique à 50% de l'azote total (kg N ha<sup>-1</sup>)



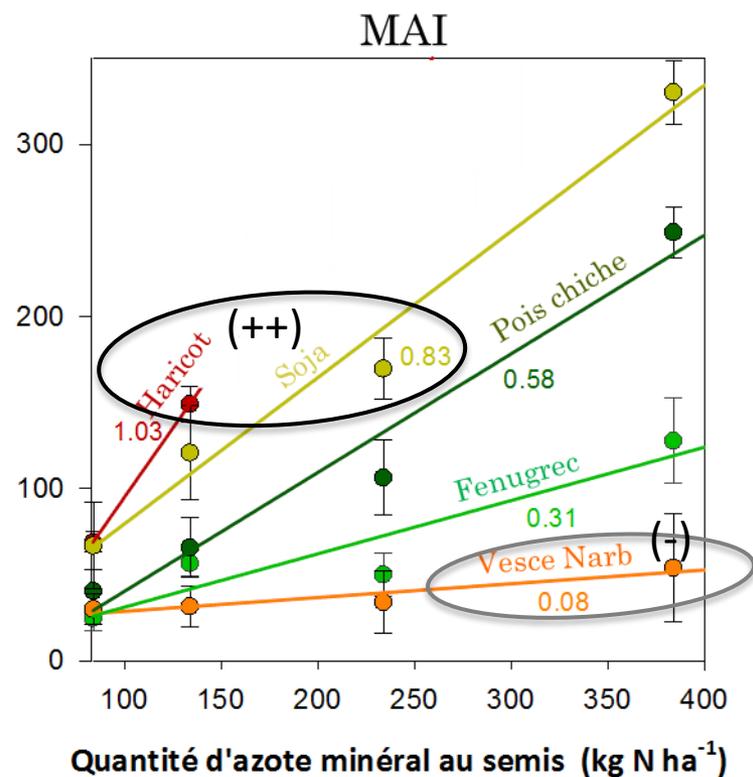
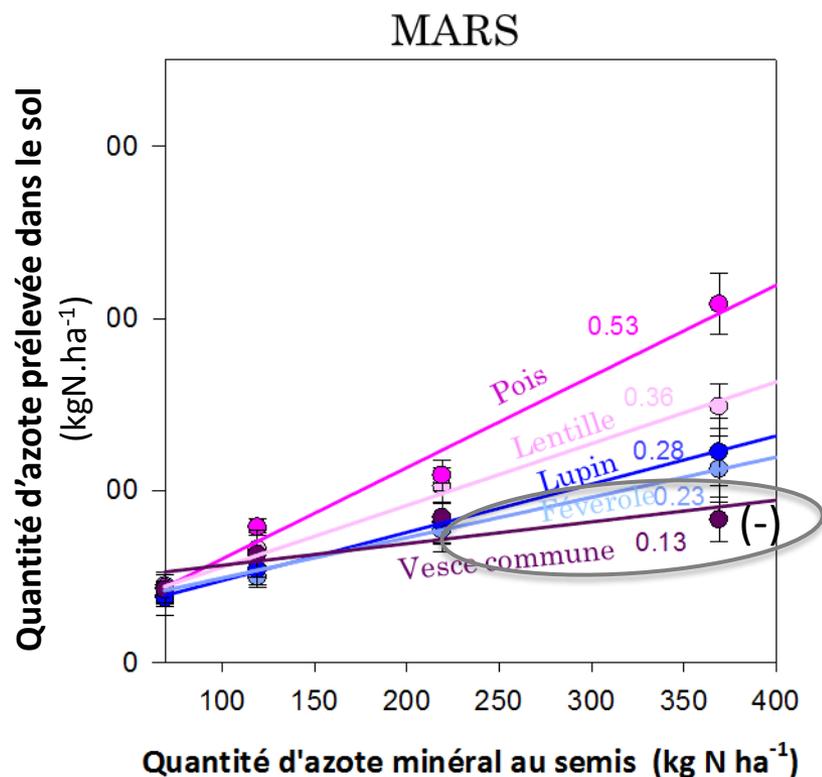
**Plus les besoins azotés des légumineuses sont importants plus la quantité d'azote minéral au semis nécessaire pour inhiber la fixation symbiotique à 50% est importante**

# Pourquoi observe-t-on des différences d'inhibition de la fixation symbiotique par l'azote minéral du sol?

H2 : Selon la capacité de prélèvement de l'azote minéral du sol



# Différences de capacité de prélèvement de l'azote minéral du sol



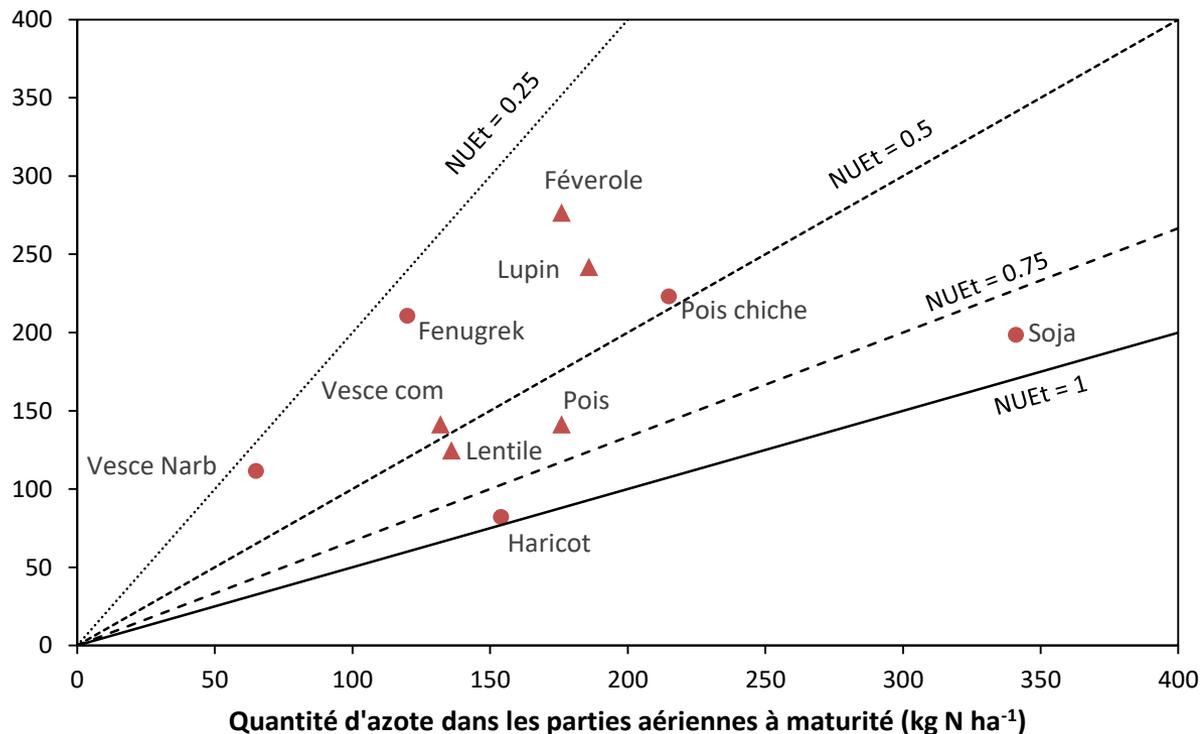
De grandes différences de capacités de prélèvement de l'azote minéral du sol (selon pente de la relation)

- Forte capacité de prélèvement > 80 % → haricot et soja
- Capacité de prélèvement intermédiaire 30 à 60 % → pois, pois chiche, lentille, lupin
- Faible capacité de prélèvement < 20 % → vesce Narbonne, vesce commune, féverole



# Différences de capacité de prélèvement de l'azote minéral du sol

N50 : Quantité d'azote minéral du sol au semis nécessaire pour réduire la fixation symbiotique à 50 % de l'azote total ( $\text{kg N ha}^{-1}$ )<sup>1)</sup>



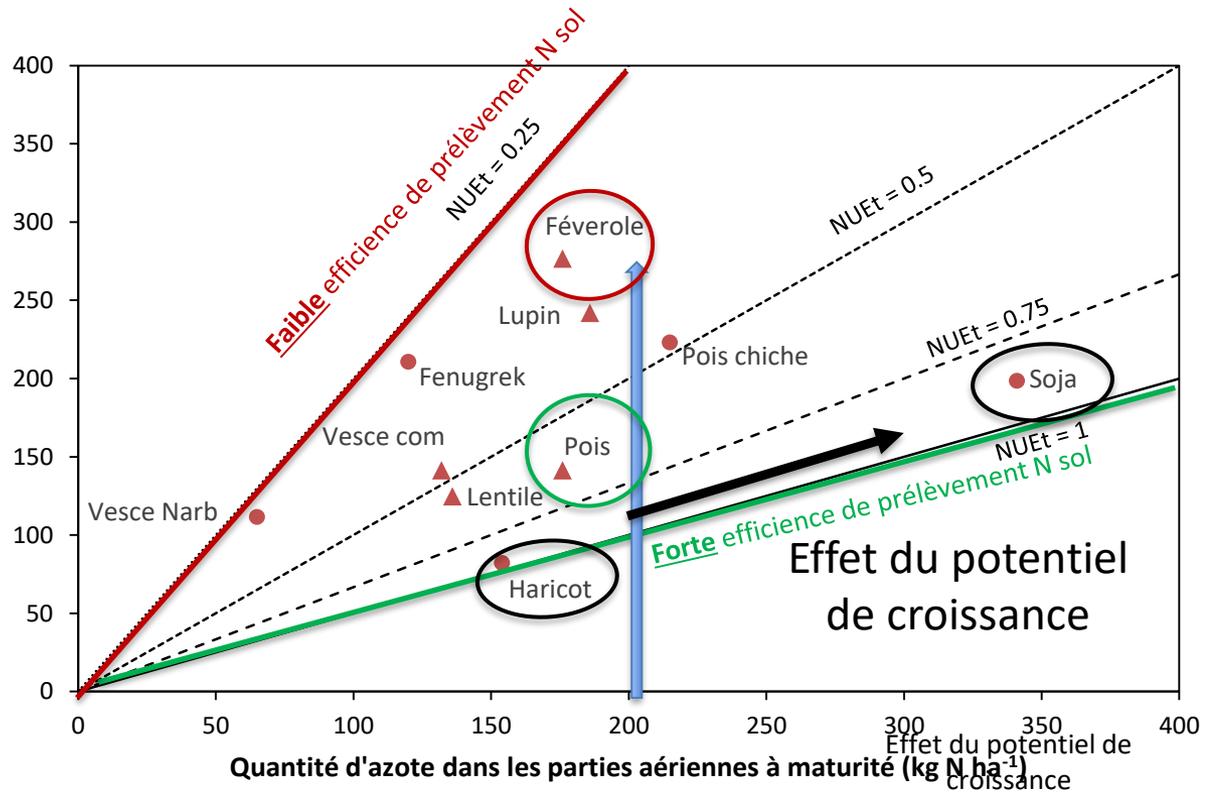
**Courbes d'iso efficacité du prélèvement de l'azote du sol**

# Différences de capacité de prélèvement de l'azote minéral du sol

**N50** : Quantité d'azote minéral du sol au semis nécessaire pour réduire la fixation symbiotique à 50 % de l'azote total (kg N ha<sup>-1</sup>)

**Fixation maintenue** à forte dose de N (faible efficacité prélèvement N min)

**Fixation inhibée** à forte dose de N (forte efficacité prélèvement N min)



**Grande variabilité de la capacité des espèces de légumineuses à prélever l'azote minéral du sol → explique des différences de réponse de la fixation symbiotique à l'azote**

# Des différences d'exploration du sol par les racines

Mesure de l'architecture racinaire des 10 espèces de légumineuses



Pois



Lupin



Vesce commune



Féverole



Lentille

Pois chiche



Vesce Narbonne



Haricot



Soja



Fénu grec



*Images prises 21 jours après le semis*



# Des différences d'exploration du sol par les racines

Mesure de la croissance racinaire en profondeur et largeur en rhizotrons

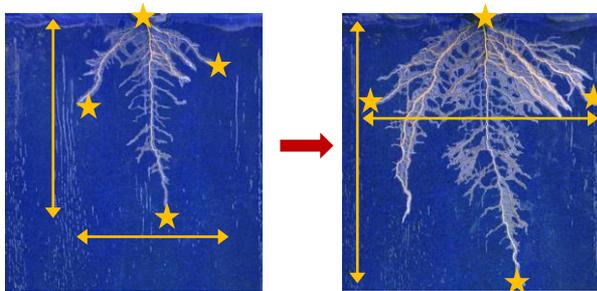
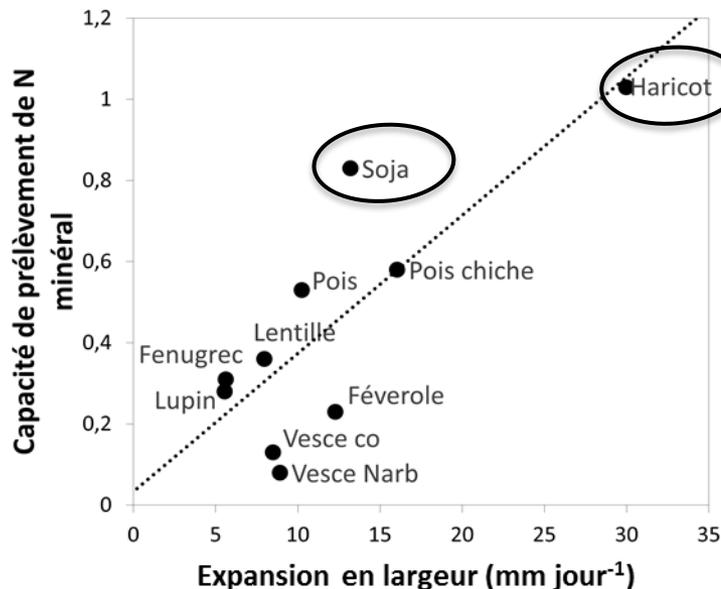


Image de racine de soja  
(3 février 2016)

Image de racine de soja  
(10 février 2016)

- Grande variabilité de **vitesse de croissance racinaire en largeur** entre les espèces de légumineuses
  - Forte croissance : haricot, pois chiche, soja
  - Faible croissance : lupin, fenugrec



- Relation linéaire positive entre
  - la **capacité de prélèvement de l'azote minéral du sol** mesurée au champ.
  - et la **vitesse d'expansion en largeur** mesurée en rhizotrons

*Images prises 21 jours après le semis*

# Conclusion et perspectives

- ❖ Les quantités d'azote fixées sont d'autant plus grandes
  - Que le **potentiel de croissance** de l'espèce plantes est **grand**
  - que le **niveau d'azote minéral du sol** est **faible**
  
- ❖ Certaines espèces ont de faibles capacités de prélèvement de l'azote minéral du sol
  - Féverole, lupin << soja, haricot
  - Effet de **l'exploration du sol** en largeur ; + en **profondeur** ?
  
- ❖ Adapter la gestion du système de culture pour valoriser l'azote non prélevé par la légumineuse
  - Via une **plante cultivée en même temps** → association légumineuses – céréales
  - Valorisable par la **culture suivante** (en l'absence de pertes par lixiviations) → interculture



Merci de votre attention!

