



FIXATION SYMBIOTIQUE ET EFFET PRÉCÉDENT : TOUTES LES LÉGUMINEUSES NE SE VALENT PAS

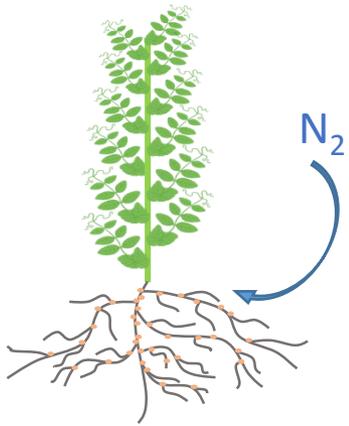
Maé Guinet

Thèse co-encadrée par Anne-Sophie VOISIN & Bernard NICOLARDOT
UMR Agroécologie, INRA-Agrosup, Dijon, FRANCE

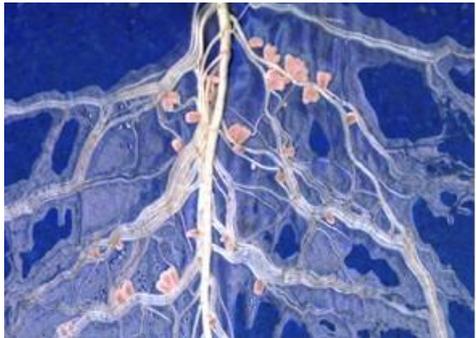


EFFET DE LA FERTILISATION AZOTÉE SUR LA CROISSANCE ET LA FIXATION SYMBIOTIQUE

ON



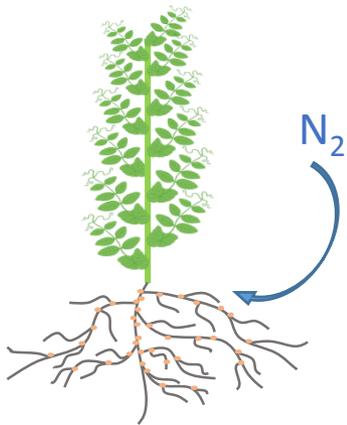
- Capacité des légumineuses à fixer l'azote atmosphérique grâce à la mise en place d'une symbiose avec des bactéries de type Rhizobium



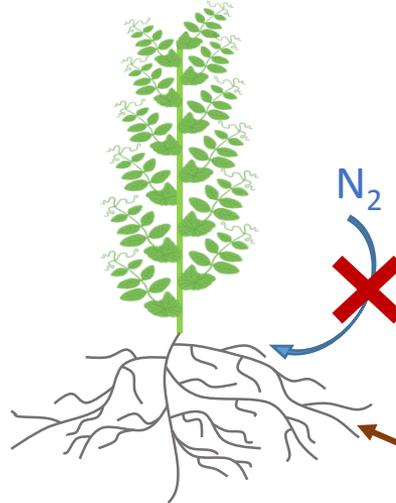


EFFET DE LA FERTILISATION AZOTÉE SUR LA CROISSANCE ET LA FIXATION SYMBIOTIQUE

0N

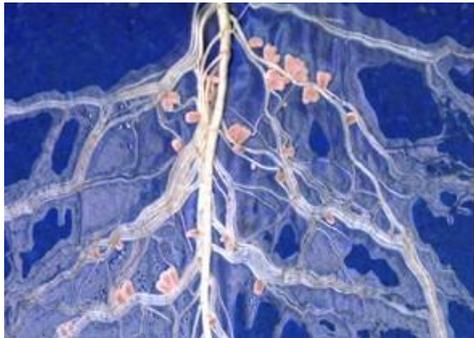


+N



La fertilisation azotée a-t-elle un effet positif sur la croissance des légumineuses?

Azote minéral
du sol

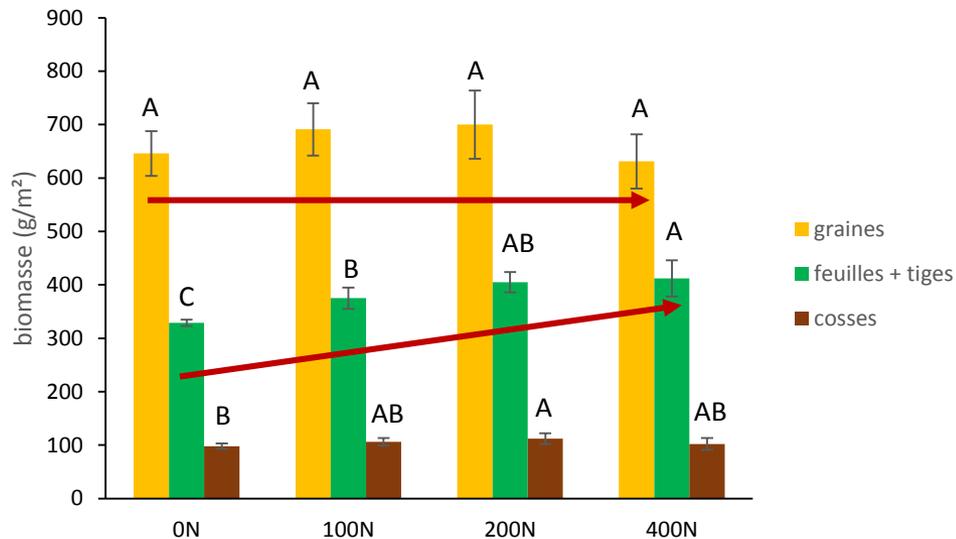


Existe-t-il des différences de réponse de la fixation symbiotique à la présence d'azote minéral?

Peu de données sur une diversité de légumineuses → majorité des données sur le pois



EFFET DE LA FERTILISATION AZOTÉE SUR LA CROISSANCE ET LA FIXATION SYMBIOTIQUE



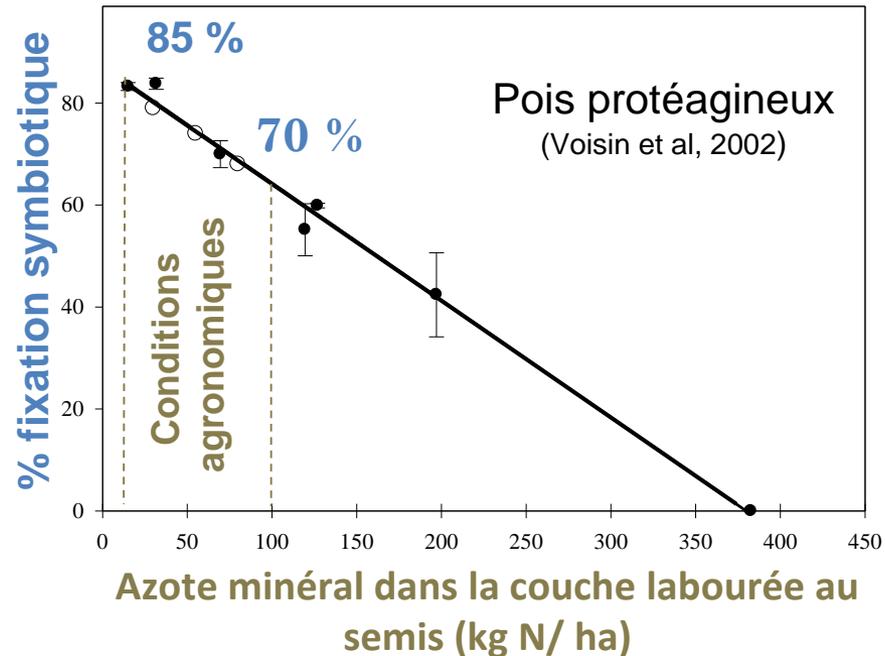
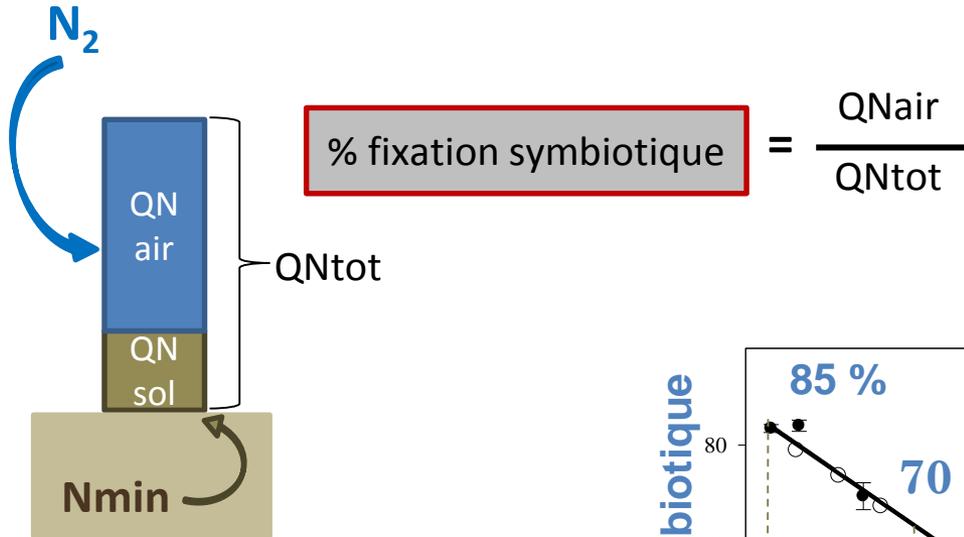
Pois protéagineux
(Voisin et al, 2002)

La fixation symbiotique vs azote minéral

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



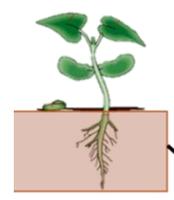
EFFET DE LA FERTILISATION AZOTÉE SUR LA CROISSANCE ET LA FIXATION SYMBIOTIQUE



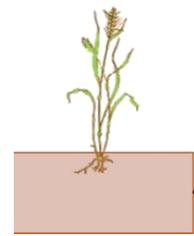


EFFET PRÉCÉDENT DES LÉGUMINEUSES

LEGUMINEUSES



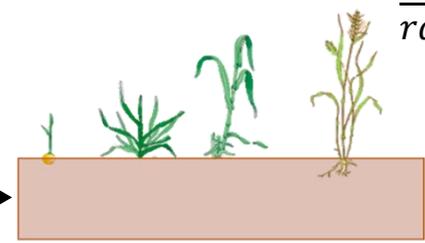
CEREALES +N



GRAINES
RECOLTEES

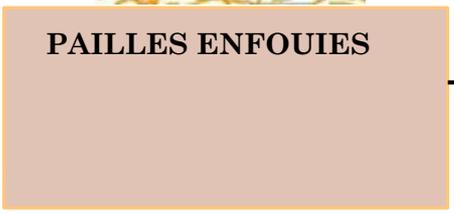


CEREALE 0N



rdt céréale 0N – préc lég
rdt céréale 0N – préc céréale

PAILLES ENFOUIES



Année 1 LEGUMINEUSES

Année 2 CEREALE





EFFET PRÉCÉDENT DES LÉGUMINEUSES

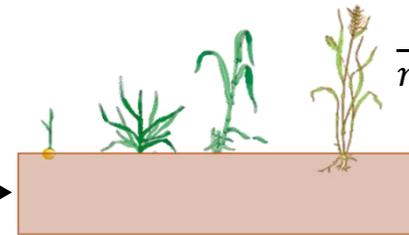
LEGUMINEUSES



GRAINES
RECOLTEES

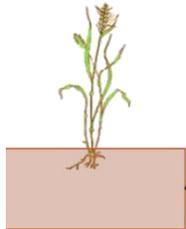


CEREALE 0N

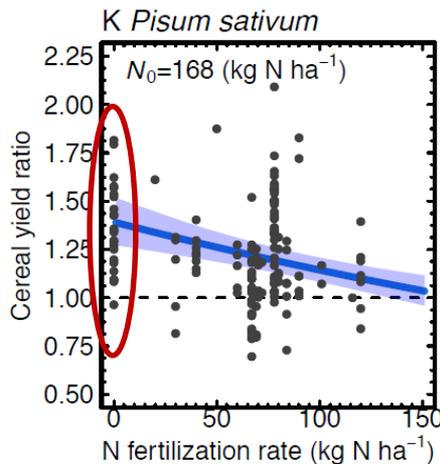


$$\frac{\text{rdt céréale } 0N - \text{prec lég}}{\text{rdt céréale } 0N - \text{prec céréale}}$$

CEREALES +N



PAILLES ENFOUIES



- Grande variabilité de l'effet précédent des légumineuses
→ causes? Comment prévoir l'effet précédent des légumineuses
- Difficulté de comparer les espèces de légumineuses

(Cernay et al, 2017)



OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

- Etude comparative sur 10 espèces de légumineuses → obtenir des références pour une diversité d'espèces.
- Quantifier la fixation symbiotique et l'effet précédent de ces espèces
- Identifier les traits de plantes pouvant expliquer les différences entre espèces



Féverole



Pois



Lupin



Lentille



Vesce commune



Haricot



Pois chiche



Soja



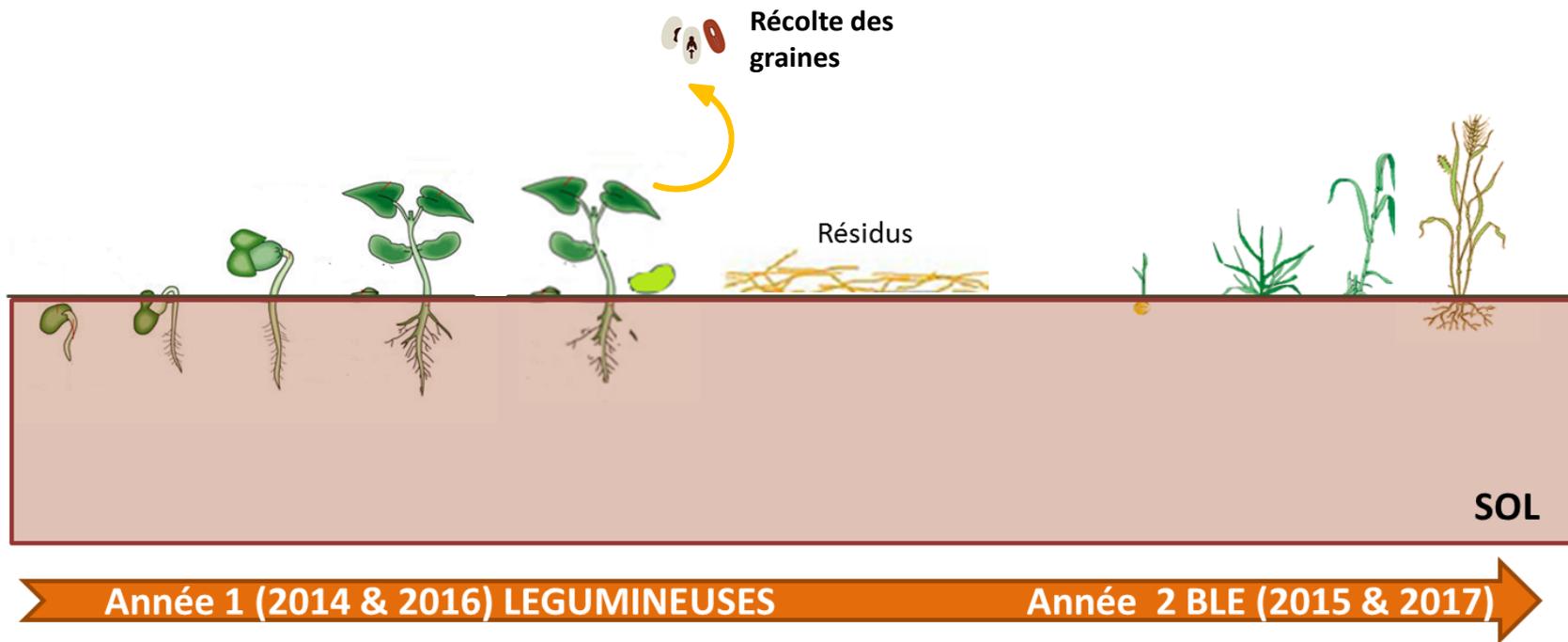
Fénugrec



Vesce de Narbonne

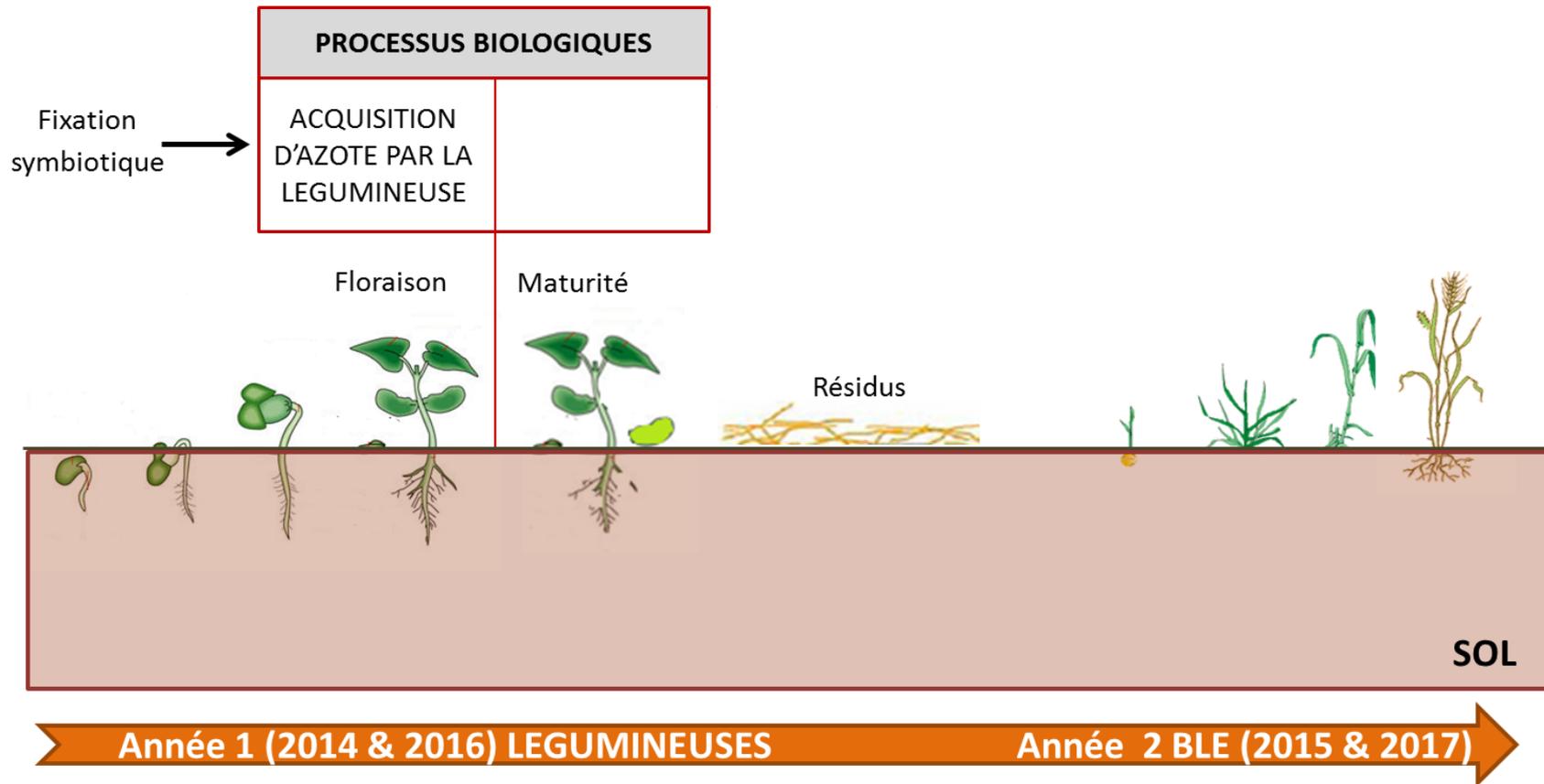


QUANTIFICATION DES FLUX AZOTÉS SUR UNE SUCCESSION CULTURALE DE 2 ANS



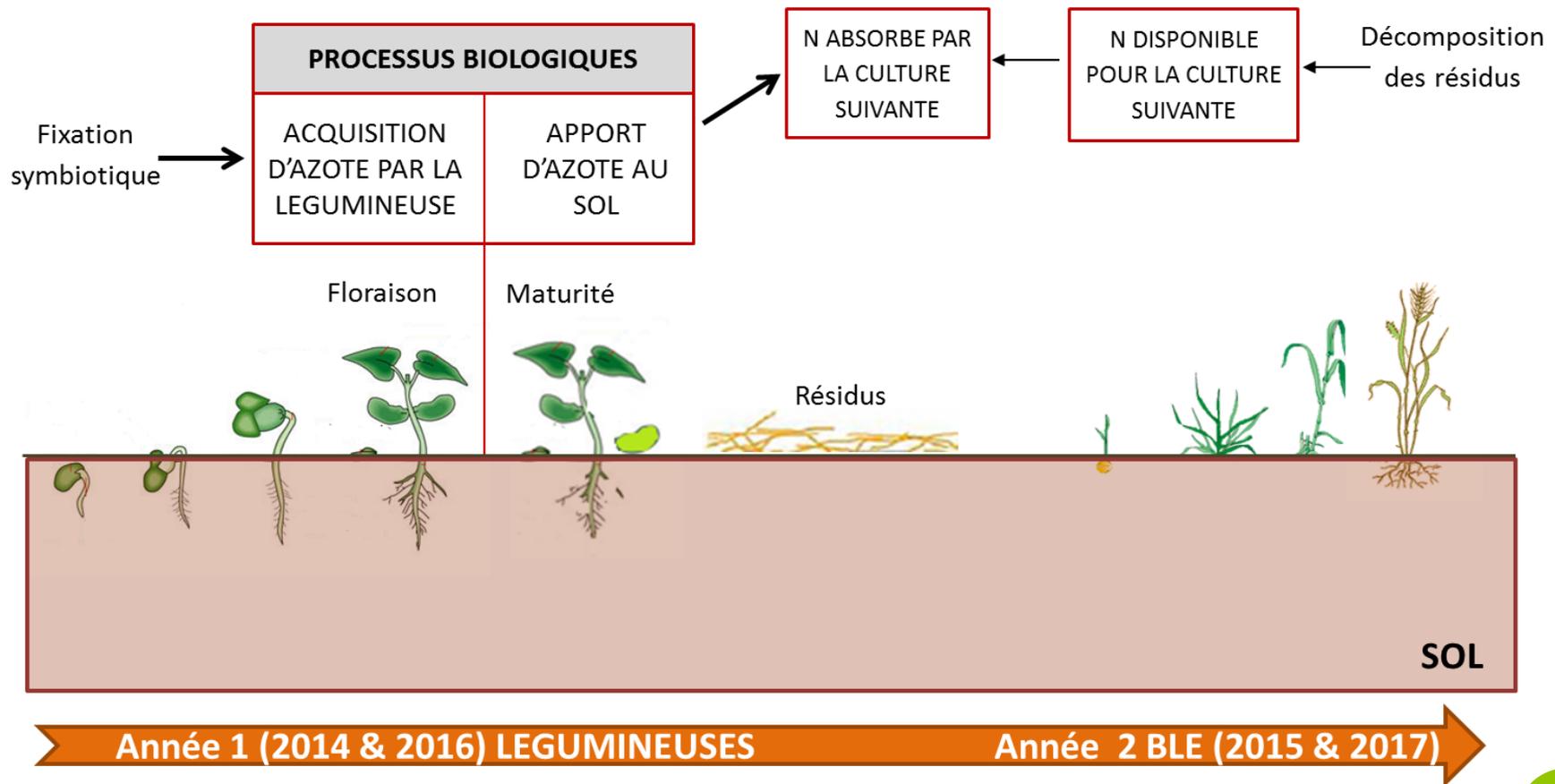


QUANTIFICATION DES FLUX AZOTÉS SUR UNE SUCCESSION CULTURALE DE 2 ANS



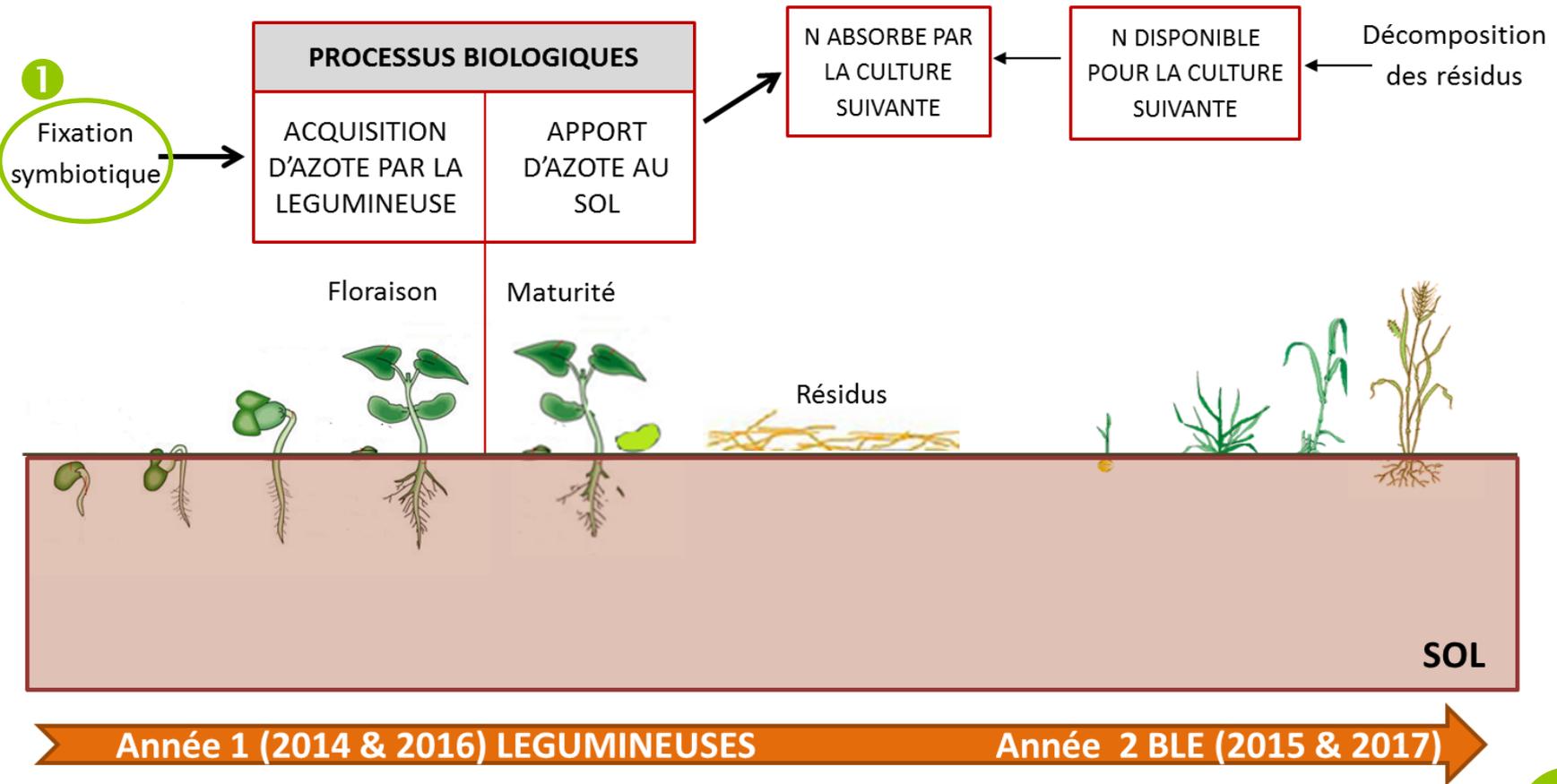


QUANTIFICATION DES FLUX AZOTÉS SUR UNE SUCCESSION CULTURALE DE 2 ANS





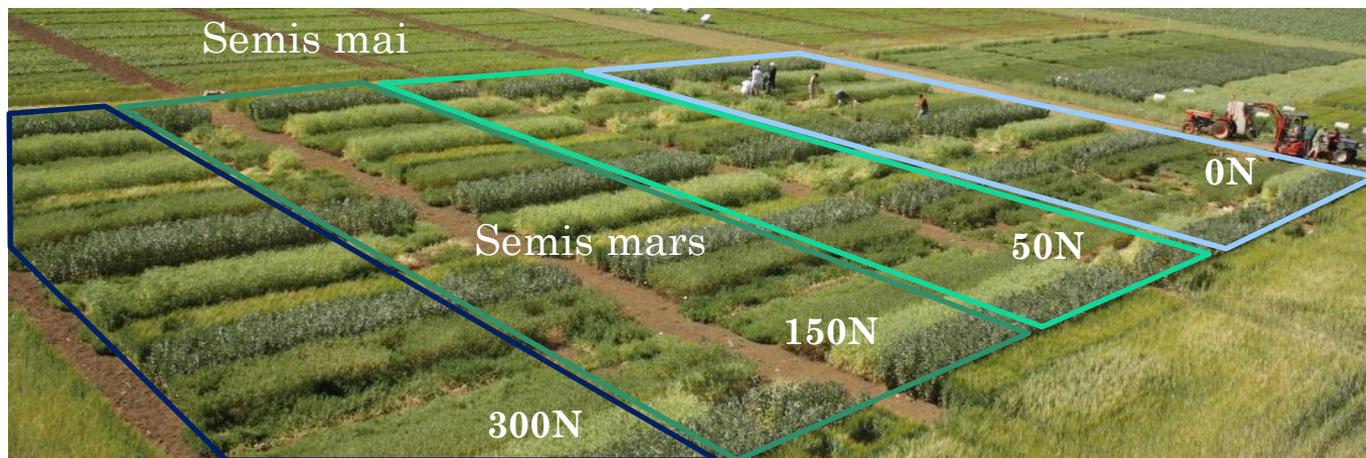
QUANTIFICATION DES FLUX AZOTÉS SUR UNE SUCCESSION CULTURALE DE 2 ANS





I. LA FIXATION SYMBIOTIQUE

○ Essais expérimentaux au champ en 2014



2 dates de semis :

- **Mars** : Féverole, Lentille, Lupin, Pois, Vesce commune + orge
- **Mai** : Fenugrec, Haricot, Pois chiche, Soja, Vesce de Narbonne + sorgho

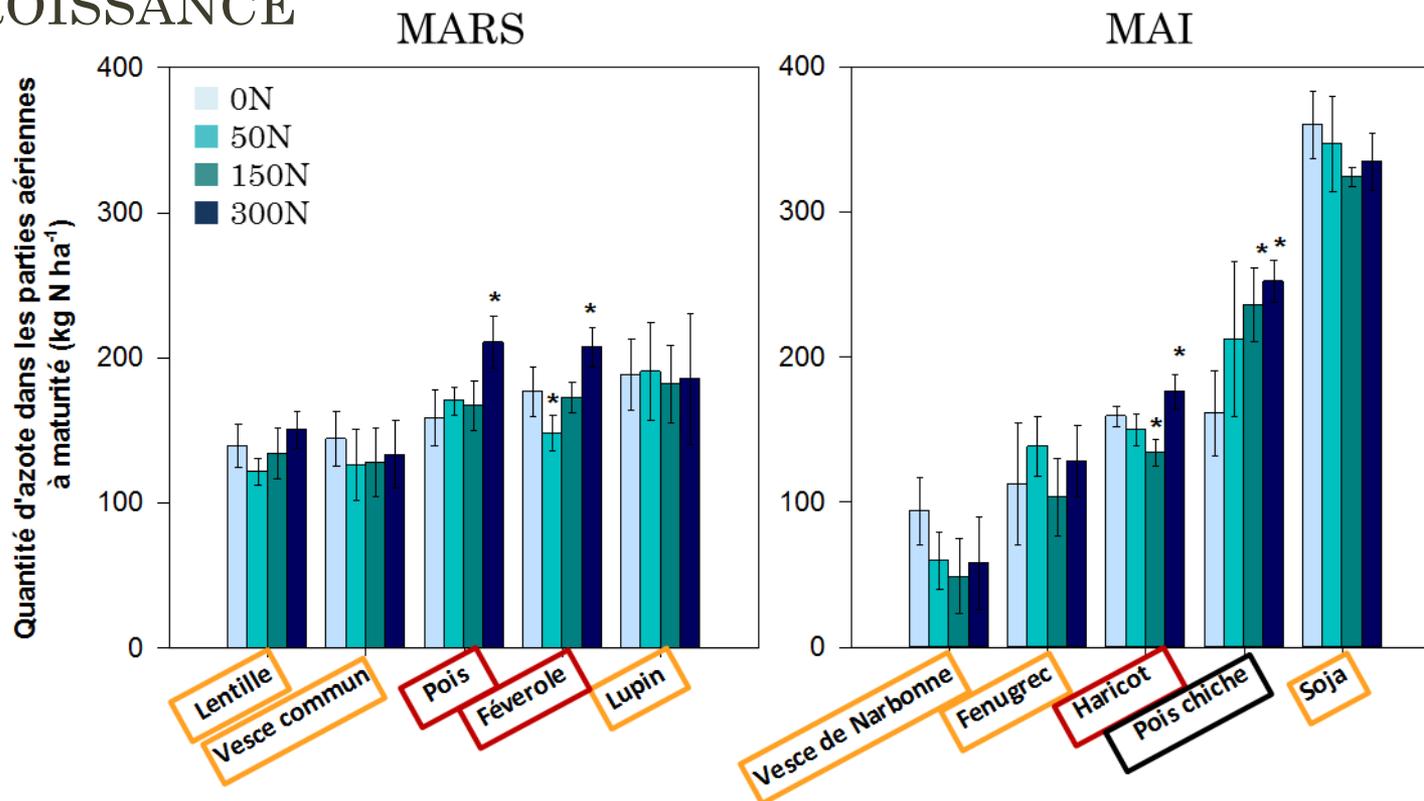
Marquage du sol au ^{15}N au semis

Prélèvements aériens à maturité:

- Biomasse
- Teneur en N
- Proportion d'azote issu de la fixation symbiotique



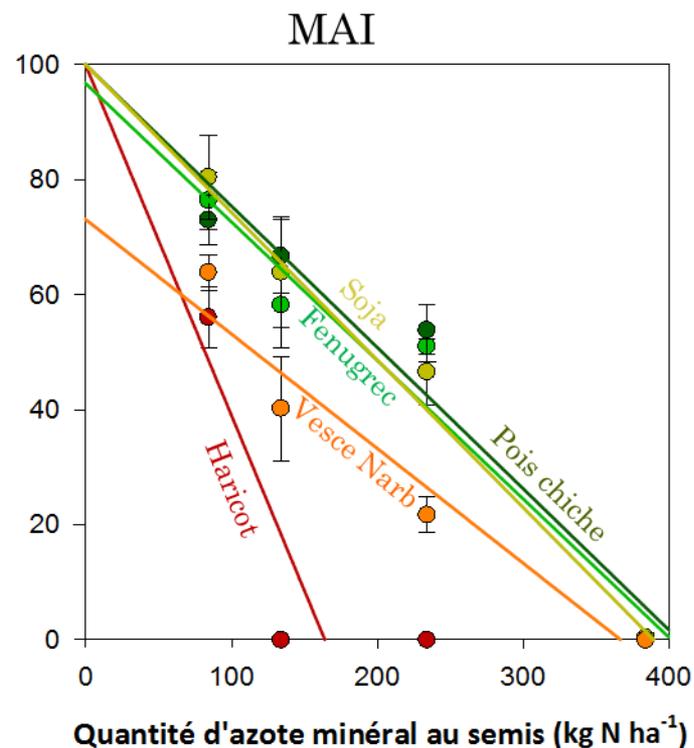
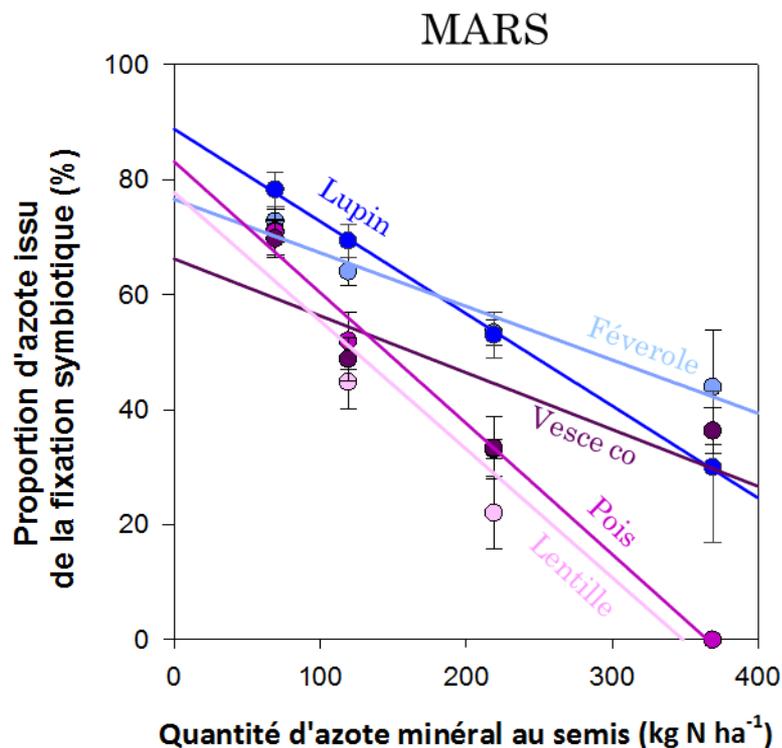
I.1 EFFET DE LA FERTILISATION AZOTÉE SUR LA CROISSANCE



- 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



I.2 EFFET DE LA FERTILISATION AZOTÉE SUR LA FIXATION SYMBIOTIQUE



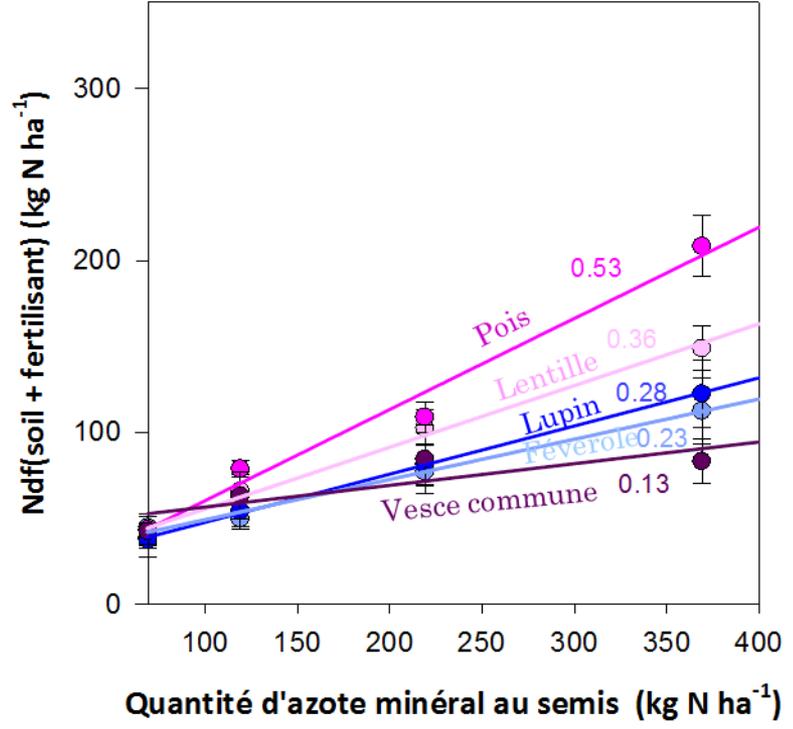
Inhibition de la fixation symbiotique par l'azote minéral du sol pour les 10 espèces MAIS avec des réponses différentes :

- 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.

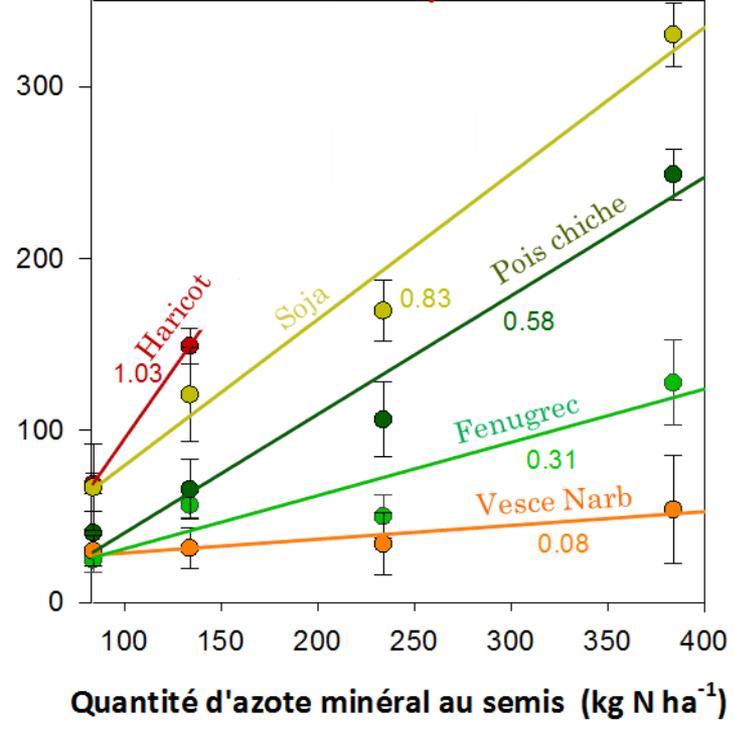


I.3 DES DIFFÉRENCES DE CAPACITÉ DE PRÉLÈVEMENT DE L'AZOTE MINÉRAL DU SOL

MARS



MAI



De grandes différences de capacités de prélèvement de l'azote minéral du sol

- Forte capacité de prélèvement → haricot et soja
- Capacité de prélèvement intermédiaire → pois et pois chiche
- Faible capacité de prélèvement → vesce Narbonne, vesce commune, féverole, lupin

→ Risque de lixiviation pendant le cycles des légumineuses avec une faible capacité de prélèvement de l'azote minéral du sol



I.4 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



Fenugrec



I.4 DES DIFFÉRENCES D'EXPLORATION DU SOL PAR LES RACINES

Mesure de la croissance racinaire en largeur et profondeur en rhizotrons

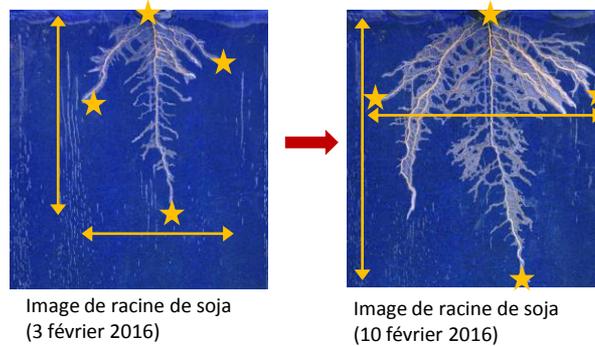
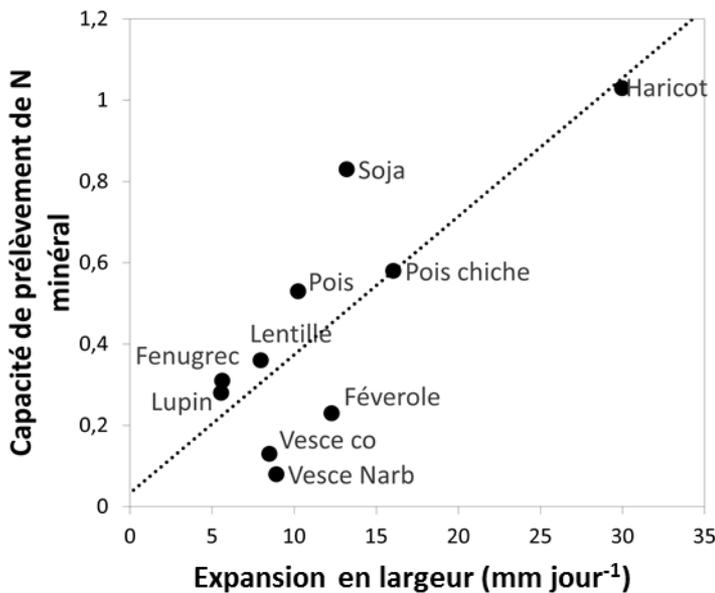


Image de racine de soja
(3 février 2016)

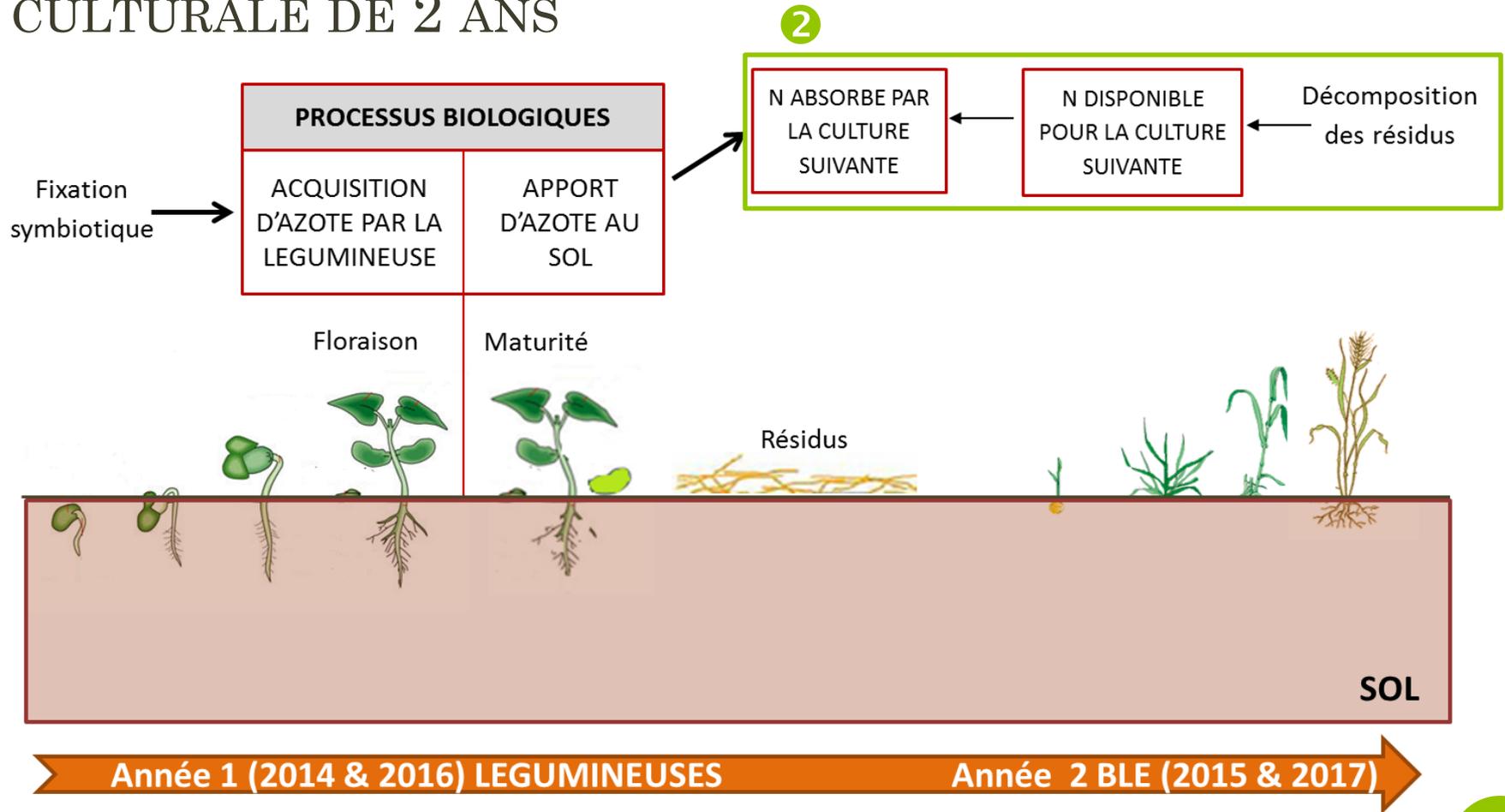
Image de racine de soja
(10 février 2016)



- 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 vitesse d'expansion en largeur mesurée en rhizotrons et la capacité de prélèvement de l'azote minéral du sol mesurées au champ.

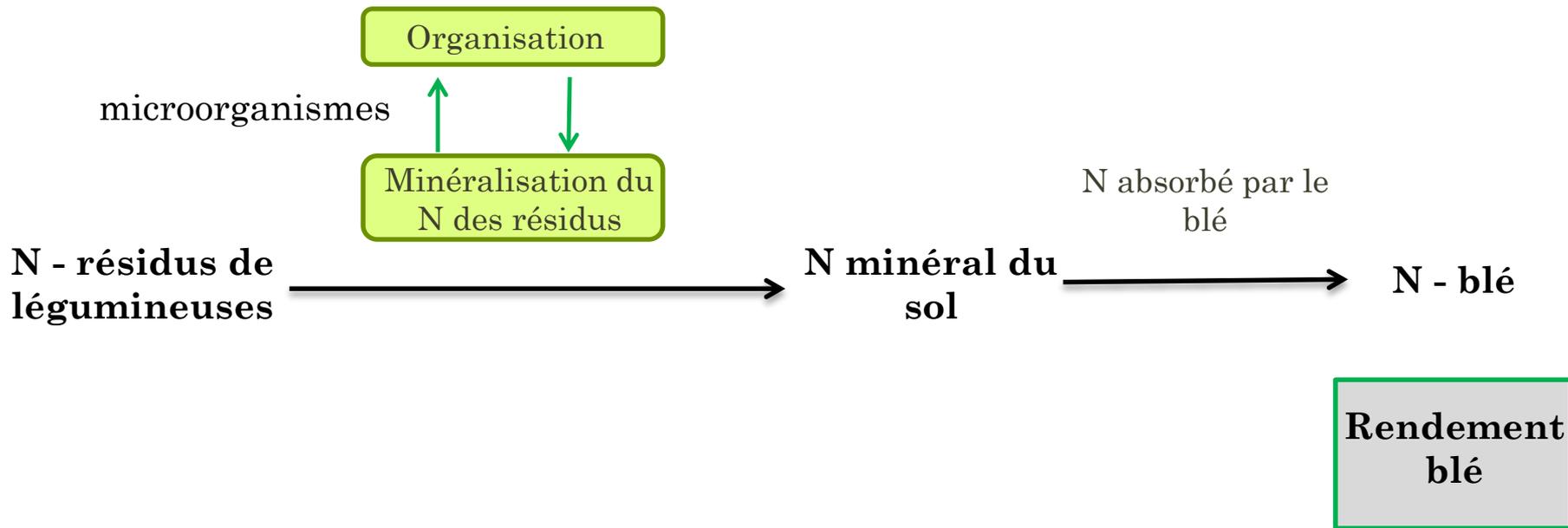


QUANTIFICATION DES FLUX AZOTÉS SUR UNE SUCCESSION CULTURALE DE 2 ANS





II. EFFET PRÉCÉDENT DES LÉGUMINEUSES



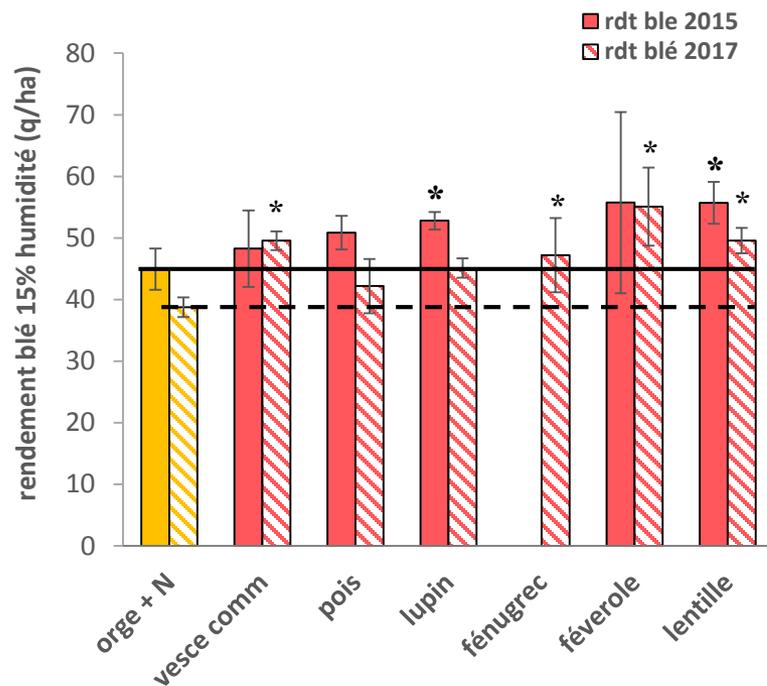


II. EFFET PRÉCÉDENT DES LÉGUMINEUSES

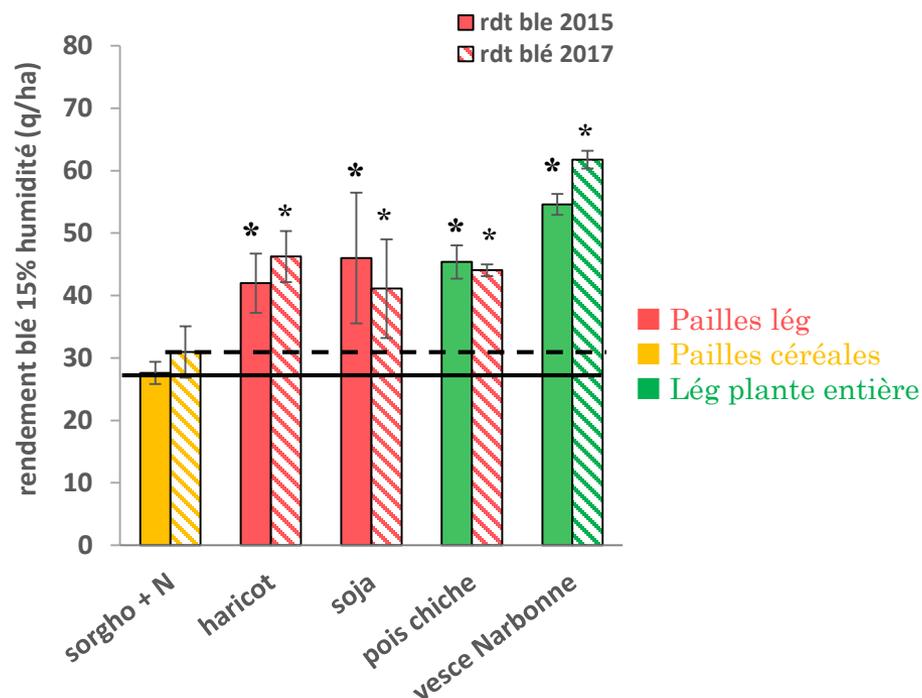
Précédents MARS

Précédents MAI

Rendement du **blé ON** en fonction de la culture précédente



Rendement du **blé ON** en fonction de la culture précédente

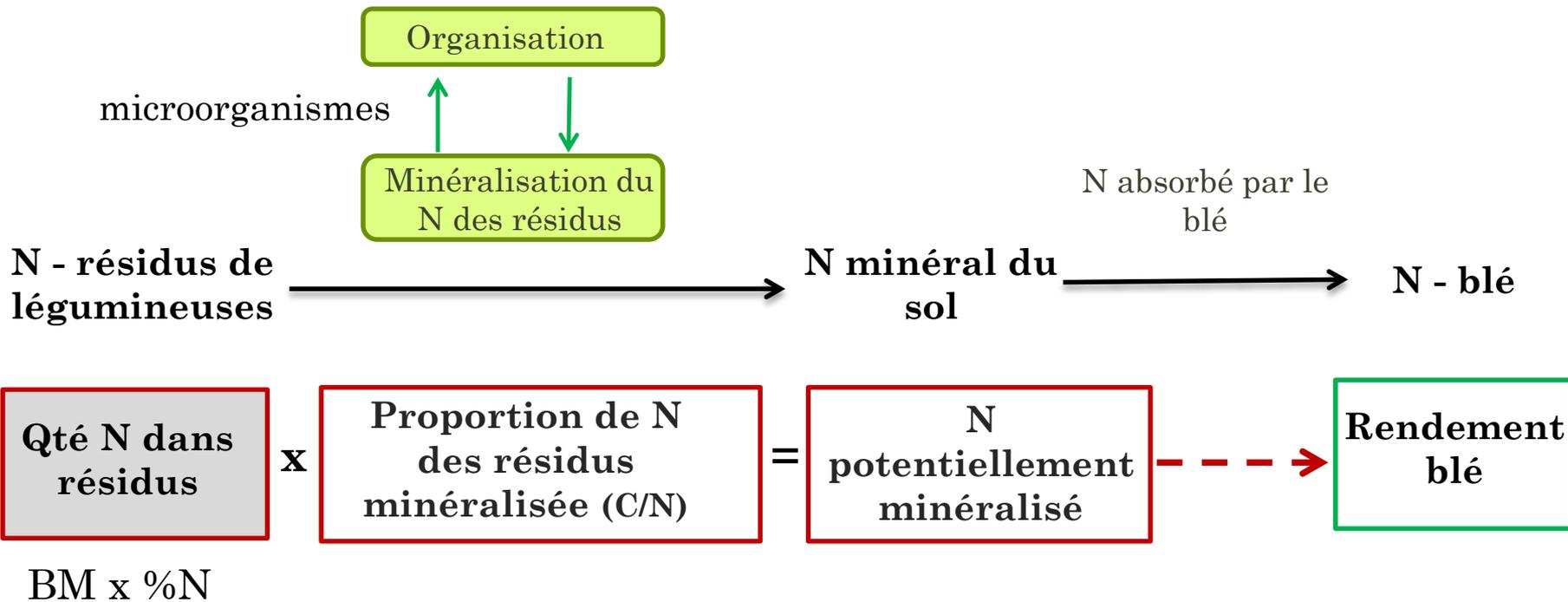


Pour les deux années, le rendement du blé précédé par une légumineuse est dans la majorité des cas supérieur au rendement du blé précédé par de l'orge ou du sorgho.

Différence entre précédent légumineuses et céréales plus marquée pour les précédents « mai »



II. EFFET PRÉCÉDENT DES LÉGUMINEUSES

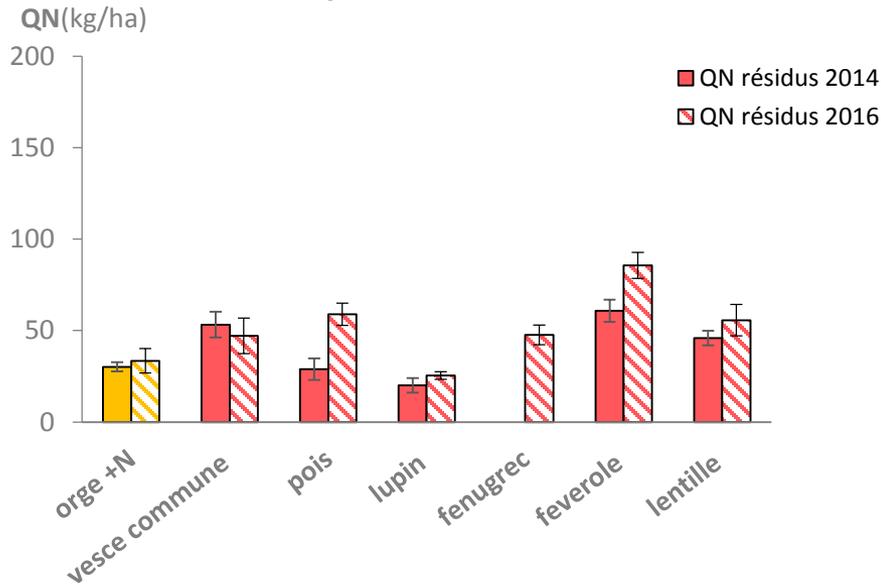




II. EFFET PRÉCÉDENT DES LÉGUMINEUSES

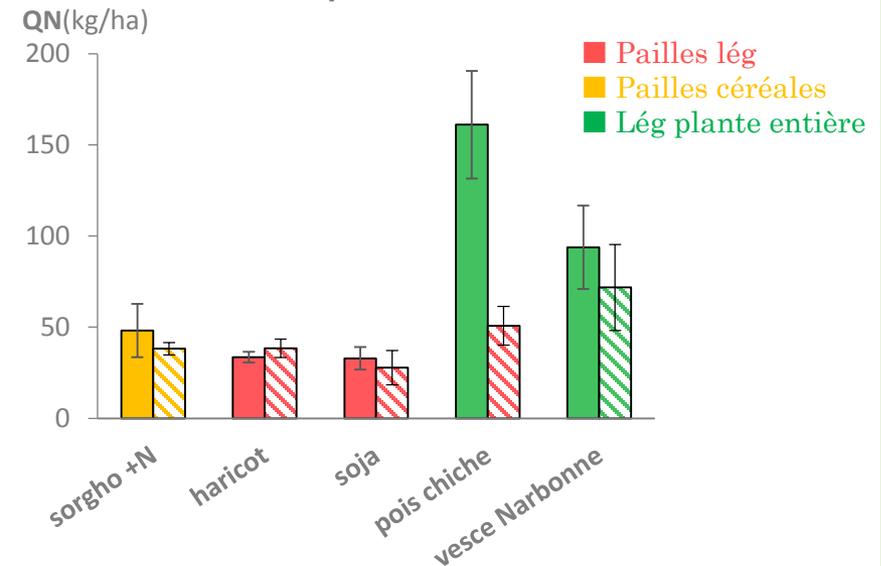
Précédents MARS

Quantité d'azote dans les résidus aériens des précédents culturaux



Précédents MAI

Quantité d'azote dans les résidus aériens des précédents culturaux



• Précédents Mars :

Orge : 32 kg N ha⁻¹

Légumineuses : 48 kg N ha⁻¹ en moyenne sur les 2 années

Effet année pour pois et féverole : + grande quantité de N dans les pailles en 2016

• Précédents Mai :

Sorgho : 43 kg N ha⁻¹

Légumineuses paille: 37 kg N ha⁻¹ sur les 2 années

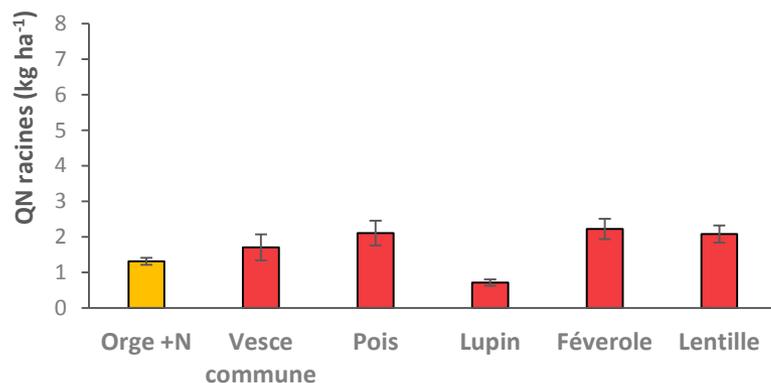
Grande quantité de N dans les résidus de légumineuses enfouies plante entière : 109 kg ha⁻¹



II. EFFET PRÉCÉDENT DES LÉGUMINEUSES

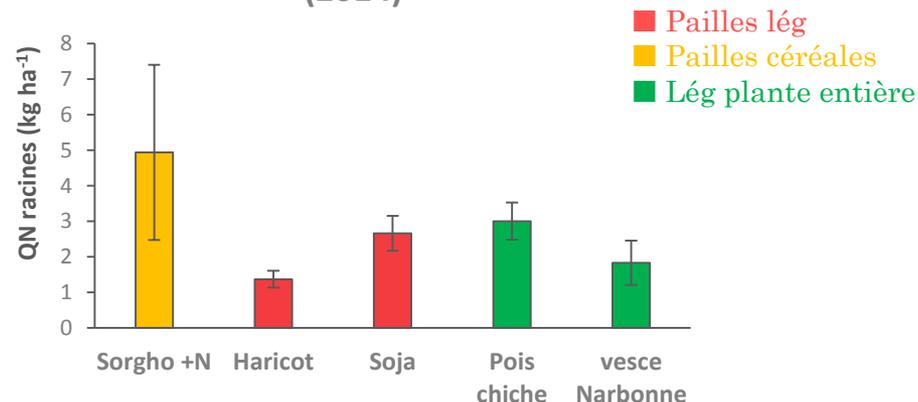
Précédents MARS

Quantité d'azote dans les résidus racinaires des précédents culturaux (2014)



Précédents MAI

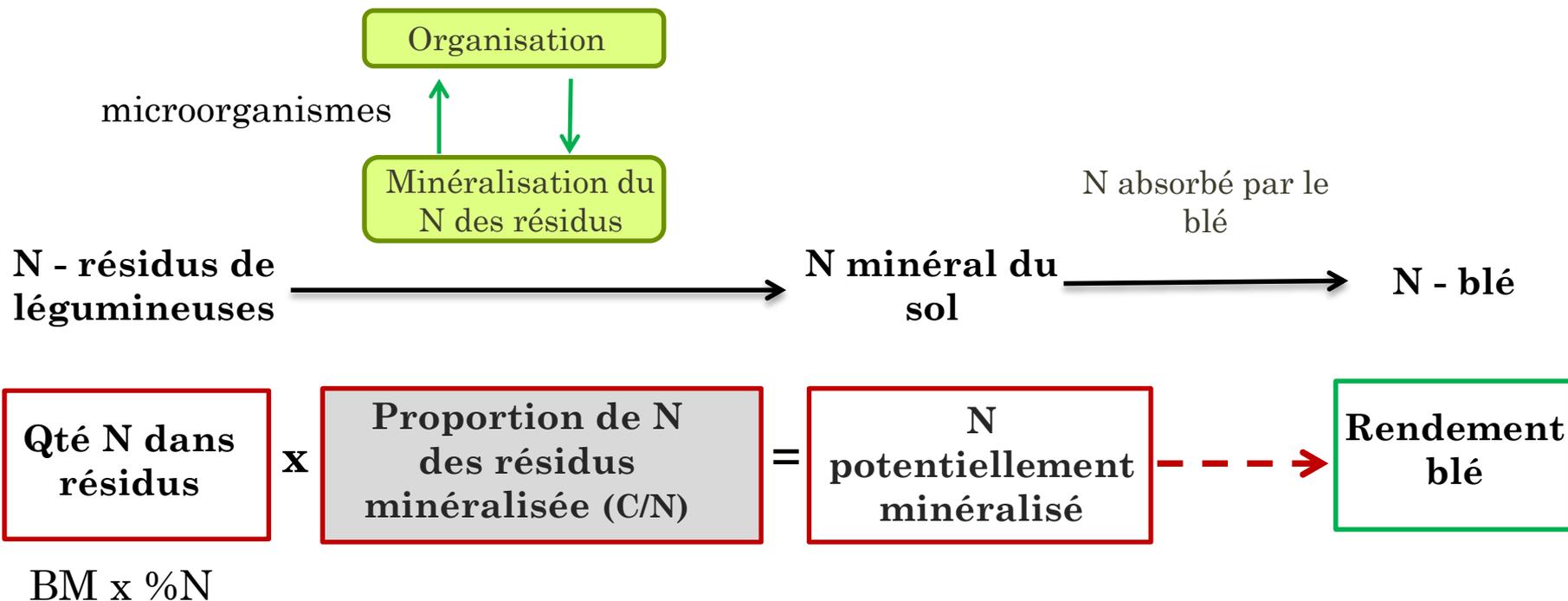
Quantité d'azote dans les résidus racinaires des précédents culturaux (2014)



- Dans l'ensemble très faibles quantité d'azote dans les racines des précédents culturaux
- $\frac{QN\ racines}{QN\ racines+pailles}$ entre 2 et 8 %
- Certainement une sous estimation au champ (décomposition des racines au cours du cycle, toutes les racines n'ont pas été récupérées?)
- Un essai en pots extérieurs a été mis en place afin d'avoir une meilleure estimation
- $\frac{QN\ racines}{QN\ racines+pailles}$ entre 6 et 38 % (moyenne : 18%)

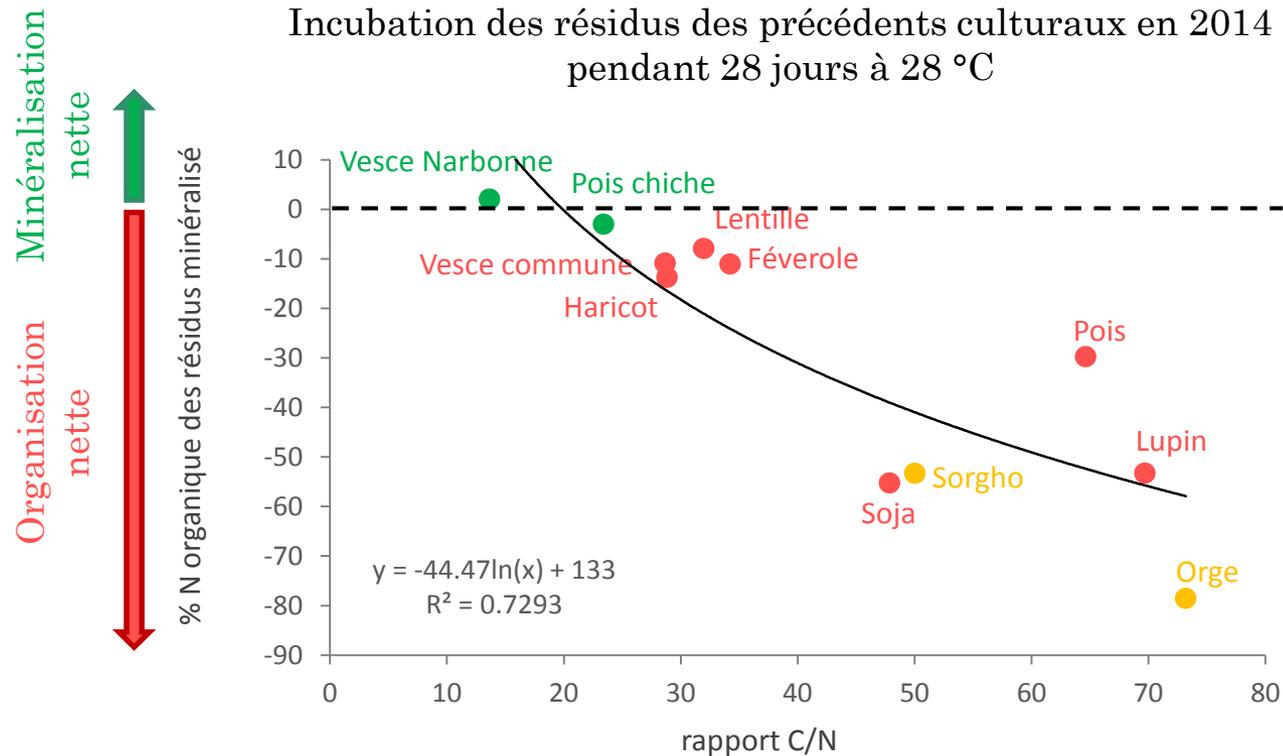


II. EFFET PRÉCÉDENT DES LÉGUMINEUSES





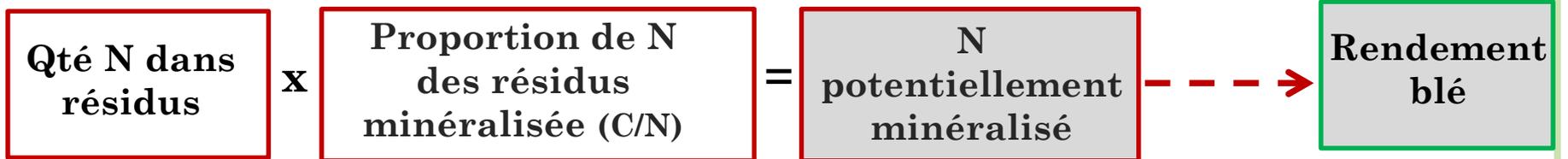
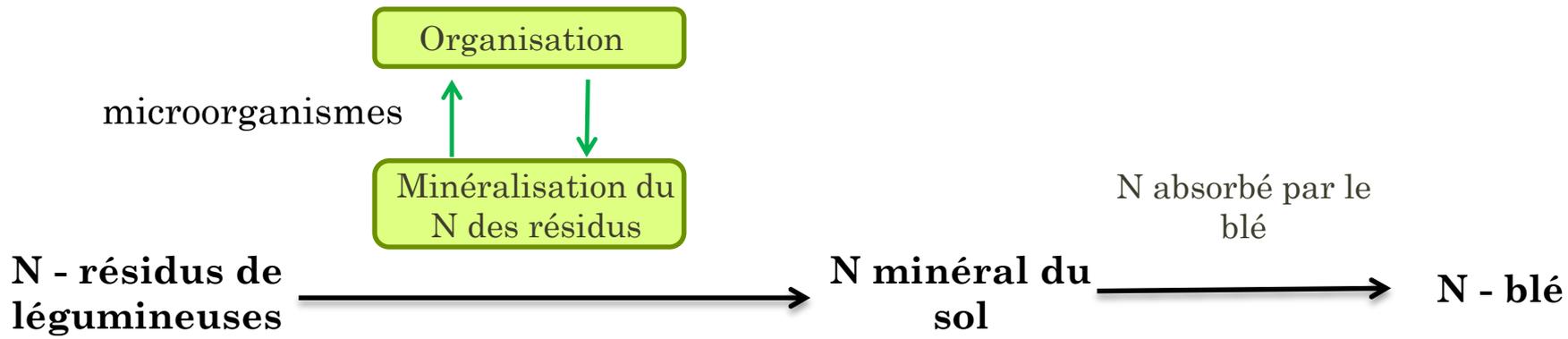
II. EFFET PRÉCÉDENT DES LÉGUMINEUSES



- Grande variabilité du rapport C/N : 13,6 (Vesce de Narbonne) - 73,2 (Orge)
 - Les céréales présentent parmi les plus grand rapports C/N
- La proportion d'azote des résidus minéralisée est négativement corrélée au rapport C/N



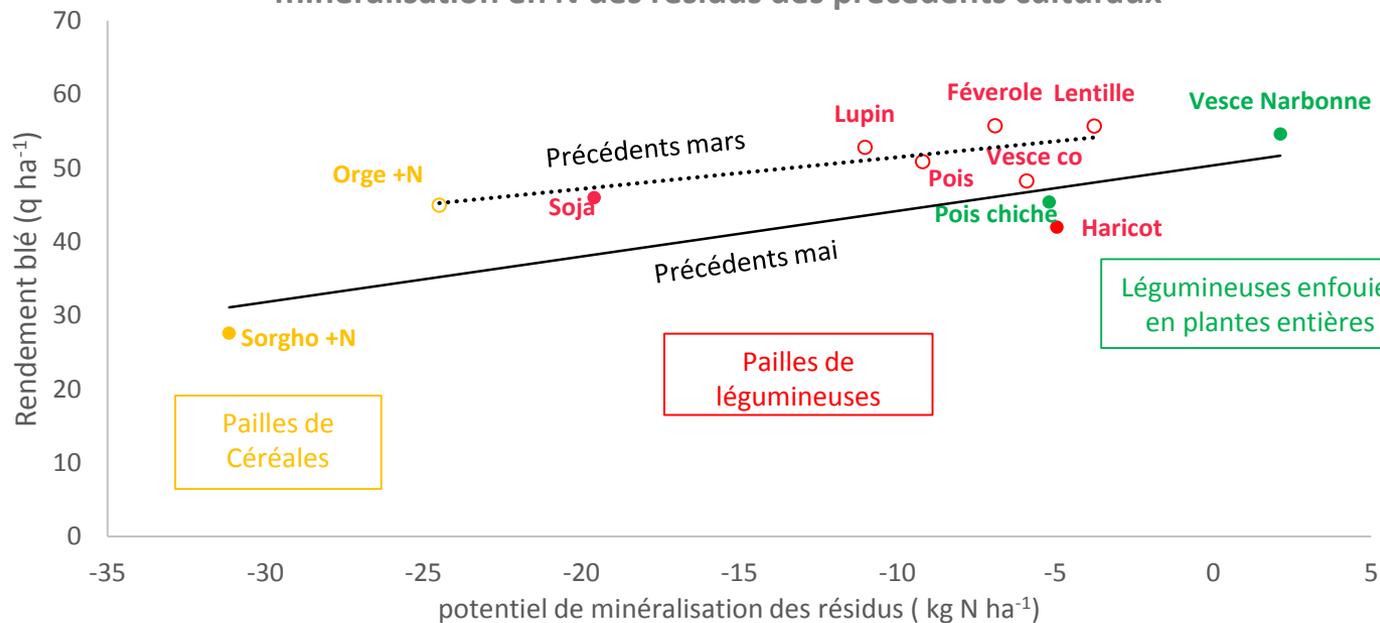
II. EFFET PRÉCÉDENT DES LÉGUMINEUSES





II. EFFET PRÉCÉDENT DES LÉGUMINEUSES

Rendement du **blé ON** (en 2015) en fonction du potentiel de minéralisation en N des résidus des précédents culturaux



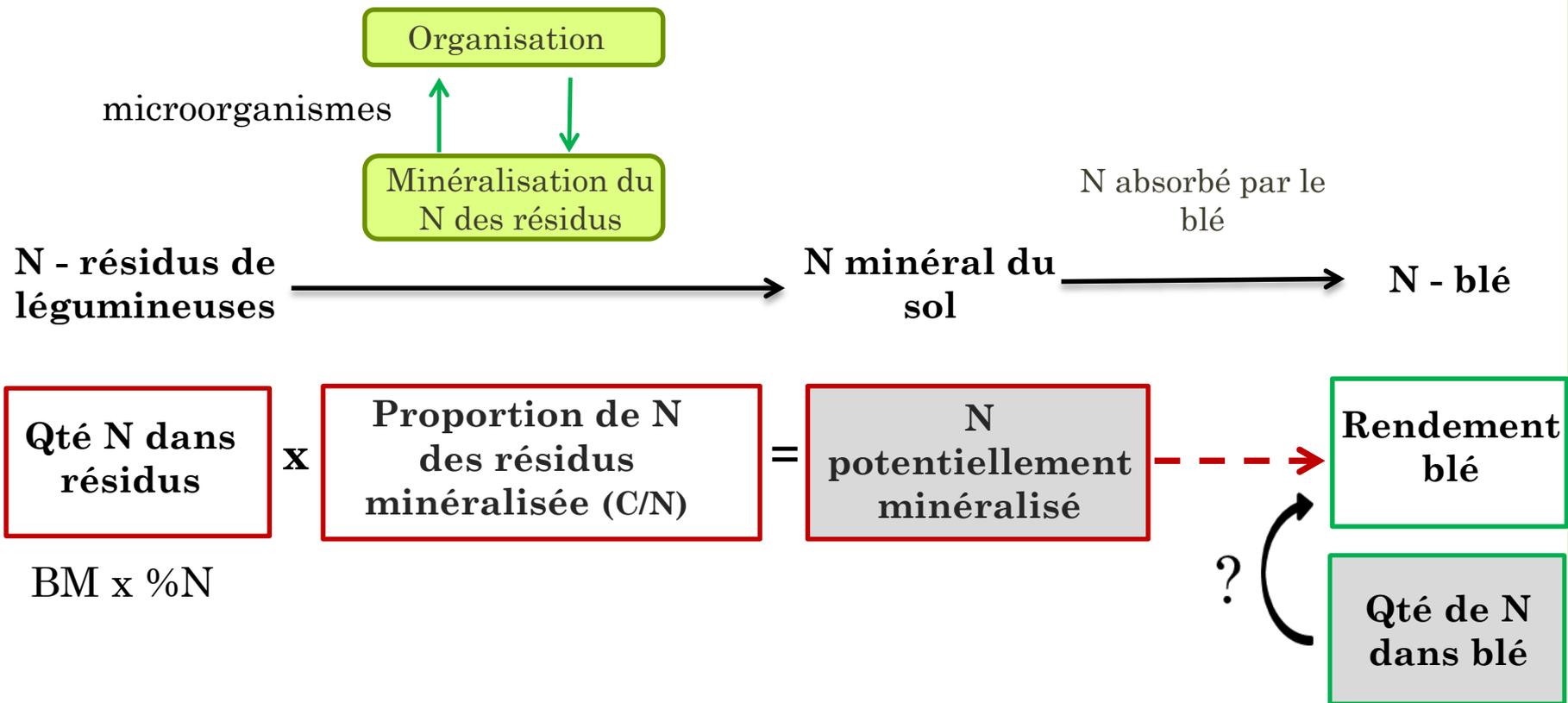
= Qté N dans les résidus x proportion de N des résidus minéralisé en incubation

Relation positive entre le potentiel de minéralisation des résidus des précédents culturaux et le rendement du blé l'année suivante.

Pour un même potentiel de minéralisation le rendement du blé est plus grand après les précédents de printemps.



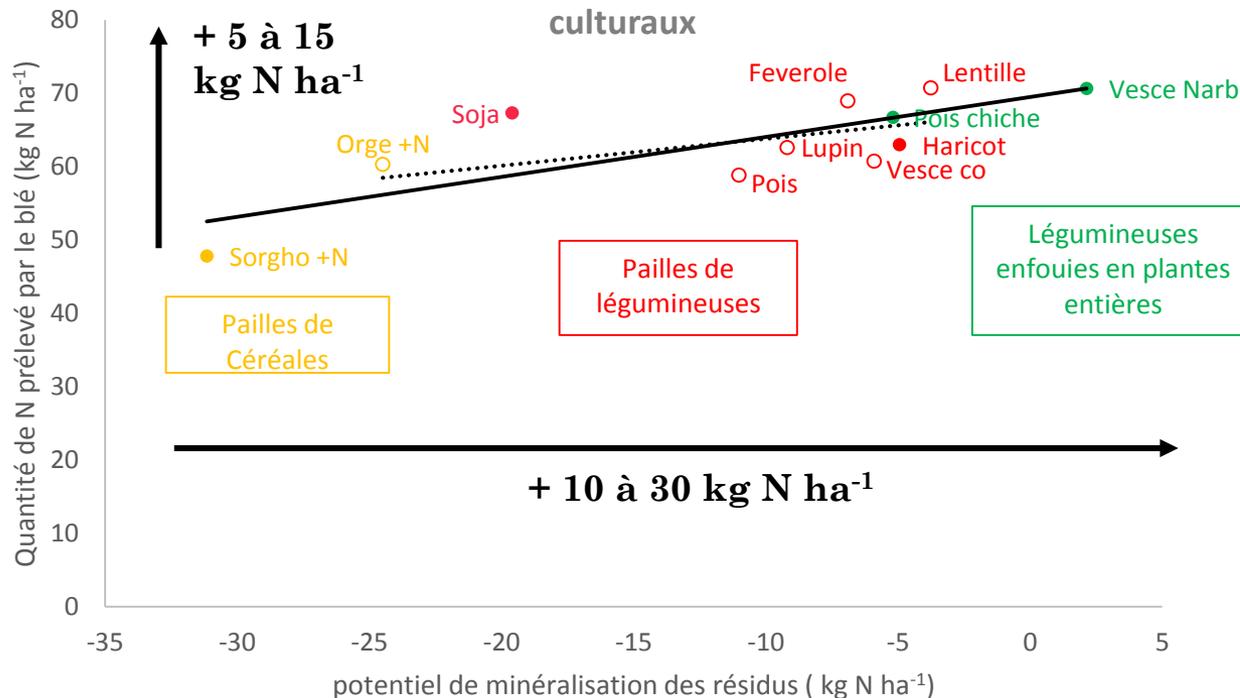
II. EFFET PRÉCÉDENT DES LÉGUMINEUSES





II. EFFET PRÉCÉDENT DES LÉGUMINEUSES

Quantité de N prélevée par le **blé ON** (en 2015) en fonction du potentiel de minéralisation en N des résidus des précédents

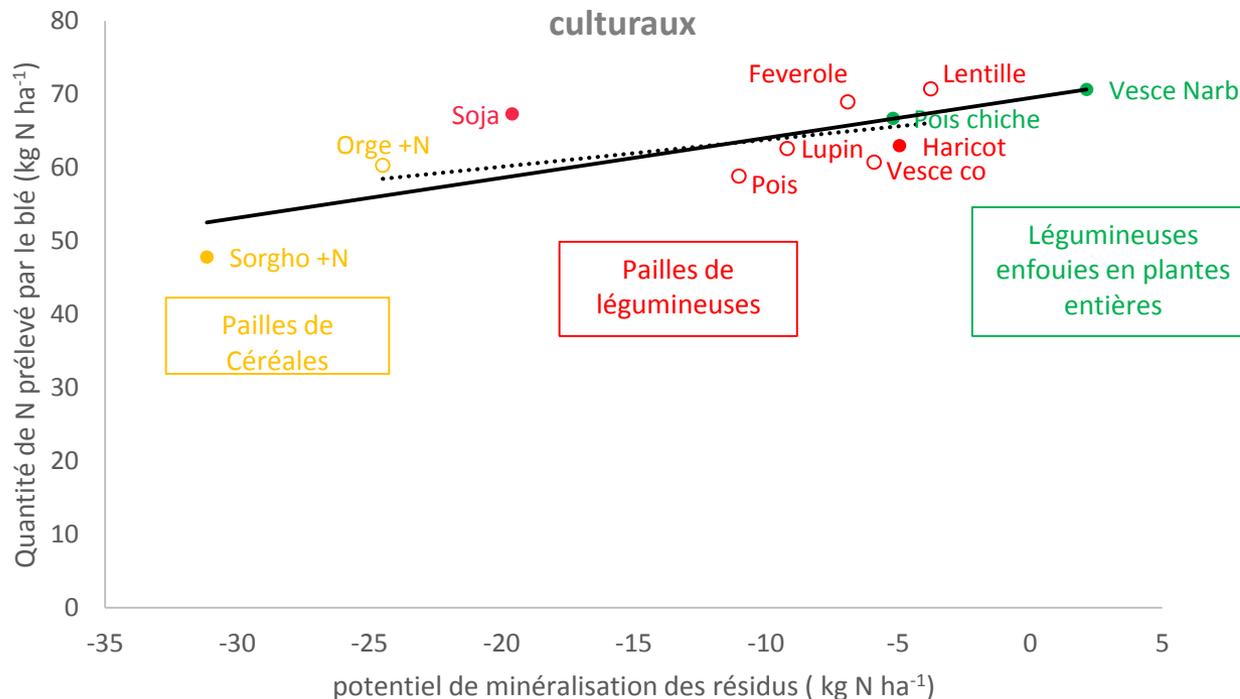


- Effet précédent des légumineuses sur la quantité d'azote absorbé par le blé.
- Cependant il n'y a plus de distinction entre les précédents de mars et de mai = effets précédents **pas seulement associés à l'azote**
- Tout l'azote minéralisé (des résidus) n'a pas été valorisé par le blé



II. EFFET PRÉCÉDENT DES LÉGUMINEUSES

Quantité de N prélevée par le **blé ON** (en 2015) en fonction du potentiel de minéralisation en N des résidus des précédents cultureux



- **Pertes par lixiviation** d'une part de l'azote issu de la minéralisation des résidus pendant l'interculture?
- **Précipitations entre récolte des précédents et semis du blé** : en 2014
 - 166 à 223 mm pour les précédentes de mars
 - 25 mm pour les précédents de mai



CONCLUSION

- ❖ Les légumineuses permettent une réduction du recours aux intrants azotés grâce à la fixation symbiotique et à leur effet précédent
 - Les quantités d'azote fixées sont d'autant plus grandes que le niveau d'azote minéral du sol faible
 - Les légumineuses avec un fort potentiel de minéralisation (faible C/N) ont tendance à engendrer de meilleurs rendements du blé l'année suivante



CONCLUSION

- ❖ Les légumineuses permettent une réduction du recours aux intrants azotés grâce à la fixation symbiotique et à leur effet précédent
 - Les quantités d'azote fixées sont d'autant plus grandes que le niveau d'azote minéral du sol faible
 - Les légumineuses avec un fort potentiel de minéralisation (faible C/N) ont tendance à engendrer de meilleurs rendements du blé l'année suivante
- ❖ Mais ATTENTION possibilité de pertes azotées pendant et après les cultures de légumineuses
 - Certaines espèces (féverole, lupin, vesce commune et vesce de Narbonne) ont de faibles capacités de prélèvement de l'azote minéral du sol → association légumineuses – céréales
 - Les précipitations estivales et automnales peuvent engendrer des pertes par lixiviation de l'azote issu de la minéralisation des résidus → couverts d'interculture notamment pour de longue période d'interculture



Merci de votre attention!
Des questions?

