



# Comment insérer de l'azote dans les systèmes de culture ?



**Webinaire du Mardi 6 juillet de 10 h à 12 h 15**

## SOMMAIRE

**p. 2** Introduction

*Vincent LAVIER,*  
Secrétaire général de la CRA BFC

### Fixation symbiotique

**p. 6** Fixation symbiotique et effet précédent :  
toutes les légumineuses se valent-elles ?

*Maé GUINET,*  
AgroSup Dijon

**p. 18** Inoculer : Pourquoi ? Quand ? Comment ?

*Cécile REVELLIN,*  
INRAE Dijon

### Réduire les pertes d'azote

**p. 42** Des pistes pour réduire les pertes en azote vers les eaux

*Claudine FERRANÉ,*  
Centre de Ressources Captages

### Résultats des travaux de R&D et témoignages d'expériences

**p. 60** Implantation et désherbage mécanique du soja -  
Résultats d'essais du programme SOCRATE

*Antoine VILLARD,*  
CA Saône-et-Loire

**p. 68** Comment dépasser les facteurs limitants des  
légumineuses ? Retour d'expériences d'agriculteurs

*Louis BOURDIN*  
INRAE Grignon

Témoignage de Benjamin et Franck CHARNEY,  
producteurs de céréales et de légumineuses

*Benjamin et Franck  
CHARNEY*  
EARL de la Grange Maréchal

**p. 77** Impact de la répartition des systèmes dans différents  
contextes sur l'économie en azote minéral du  
programme LegValue

*Paul BELLEVILLE,*  
INRAE Grignon

### Échanges et conclusion

**Perspectives & Conclusion**  
**Fin du webinaire**

*Vincent LAVIER,*  
Secrétaire général de la CRA BFC

➔ **Contact** : Hélène GAUCHEZ - Chargée de mission, animatrice GO PROTEINS  
[helene.gauchez@bfc.chambagri.fr](mailto:helene.gauchez@bfc.chambagri.fr) - 03 80 48 43 36 - 06 72 91 12 69



**Espoir  
viande  
Puisaye**



**RÉGION  
BOURGOGNE  
FRANCHE  
COMTÉ**

avec le Fonds européen agricole pour le développement rural (FEADER)  
L'Europe investit dans les zones rurales.



*Bienvenue*



# Comment insérer de l'azote dans les systèmes de culture ?

*Mardi 6 juillet 2021*

**Vincent LAVIER**  
Secrétaire général de la CRA BFC

**Hélène GAUCHEZ**  
Animatrice GO PROTEINS

**Marie-Sophie PETIT**  
Coordinatrice GO PROTEINS



**AGRICULTURES & TERRITOIRES**  
CHAMBRE D'AGRICULTURE BOURGOGNE-FRANCHE-COMTÉ





## Présentation du GO PROTEINS

Hélène GAUCHEZ – CRA BFC

[helene.gauchez@bfc.chambagri.fr](mailto:helene.gauchez@bfc.chambagri.fr)

03.80.48.43.36 // 06.72.91.12.69

# Finalités du GO PROTEINS

- Développer de la valeur ajoutée par la production et la valorisation de protéines, en favorisant :
    - des solutions innovantes
    - de nouvelles cultures et filières dans les territoires
    - le renforcement des filières existantes
    - des synergies et complémentarités pour des collaborations, des partenariats, des contrats...
  - Capitaliser et partager des connaissances et expériences
  - Assurer la communication des filières de l'amont à l'aval
- ➔ Construire et animer un réseau d'acteurs vers un pôle de compétence « protéines » en BFC



REGION  
BOURGOGNE  
FRANCHE  
COMTE

avec le Fonds européen agricole pour le développement rural (FEADER)  
L'Europe investit dans les zones rurales.

# Capitaliser et innover en réseau et avec les agriculteurs et leurs partenaires vers un pôle de compétences « protéines » en BFC



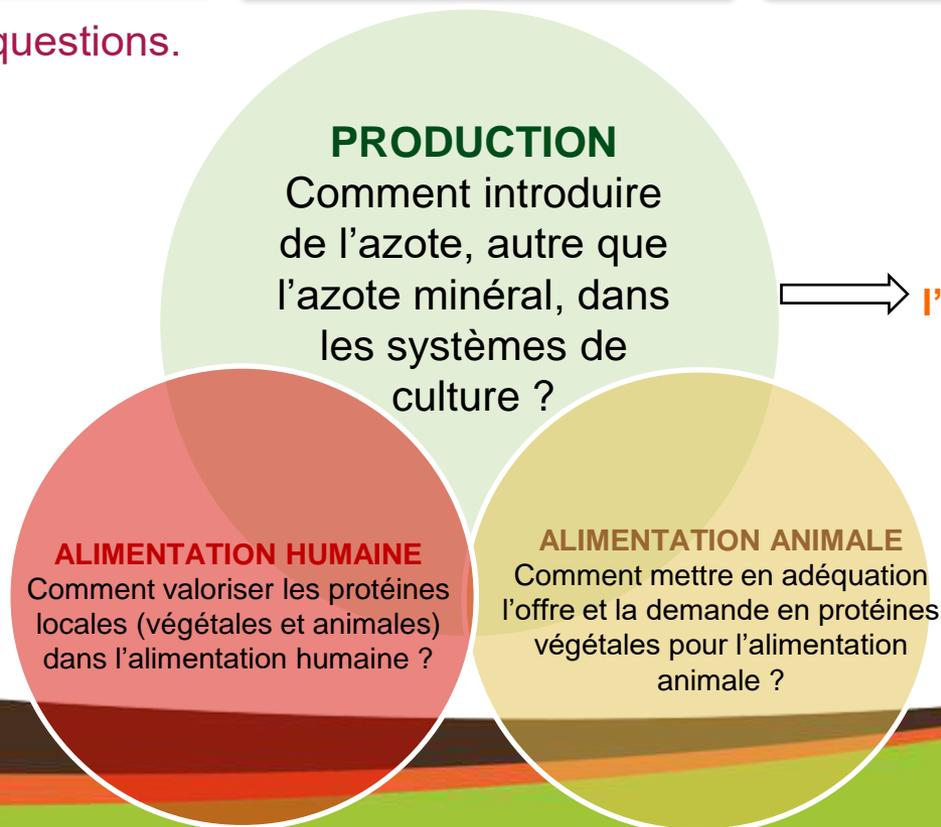
➤ Un programme en 3 axes ...

Capitaliser et produire des synthèses thématiques autour de 3 questions

Valoriser les synthèses thématiques par la communication et la formation

Animer GO PROTEINS, mettre en réseau les partenaires du groupe opérationnel et les acteurs des filières

... organisé autour de 3 questions.



**Webinaire :**  
**« Comment insérer de l'azote dans les systèmes de culture ? »**

# « Comment insérer de l'azote dans les systèmes de culture ? »

Ordre du jour

---



**Fixation symbiotique**

**Réduire les pertes d'azote**

**Résultats des travaux de R&D et témoignages  
d'expériences**

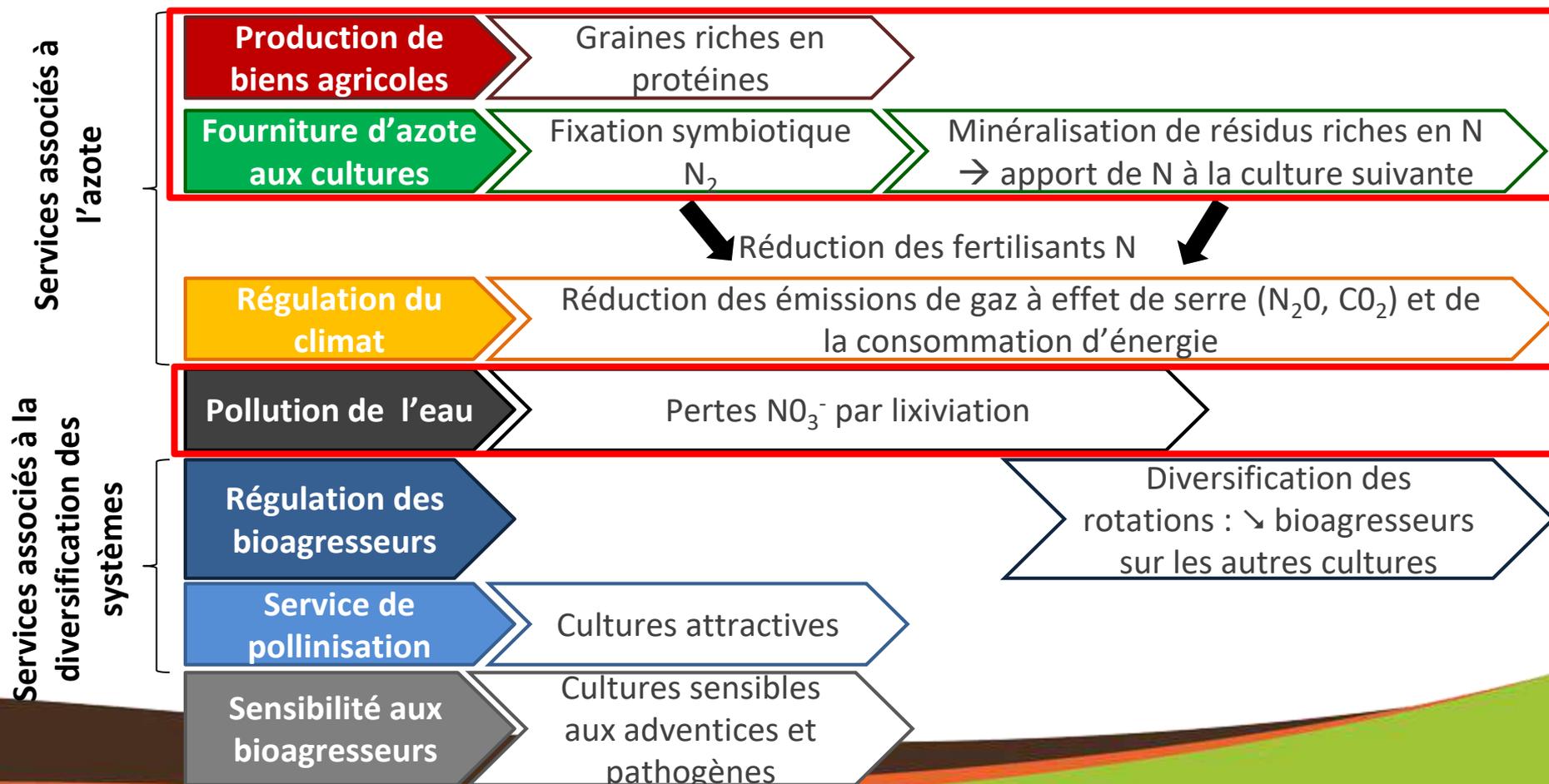
**Échanges et conclusion**



# Fixation symbiotique et effet précédent : toutes les légumineuses se valent-elles?

Maé GUINET – AgroSup Dijon  
[mae.guinet@agrosupdijon.fr](mailto:mae.guinet@agrosupdijon.fr)

# Rôle majeur des légumineuses à graines dans la fourniture de services



→ Les services rendus par les légumineuses sont-ils les mêmes selon l'espèce de légumineuse considérée?

# Comparaison de 10 légumineuses à graines

Etude comparative sur 10 espèces de légumineuses aux caractéristiques morphologiques aériennes et racinaires contrastées → obtenir des références pour une diversité d'espèces

## Espèces de printemps (semées en mars)



Féverole



Pois



Lupin



Lentille



Vesce commune

## Espèces d'été (semées en mai)



Haricot



Pois chiche



Soja

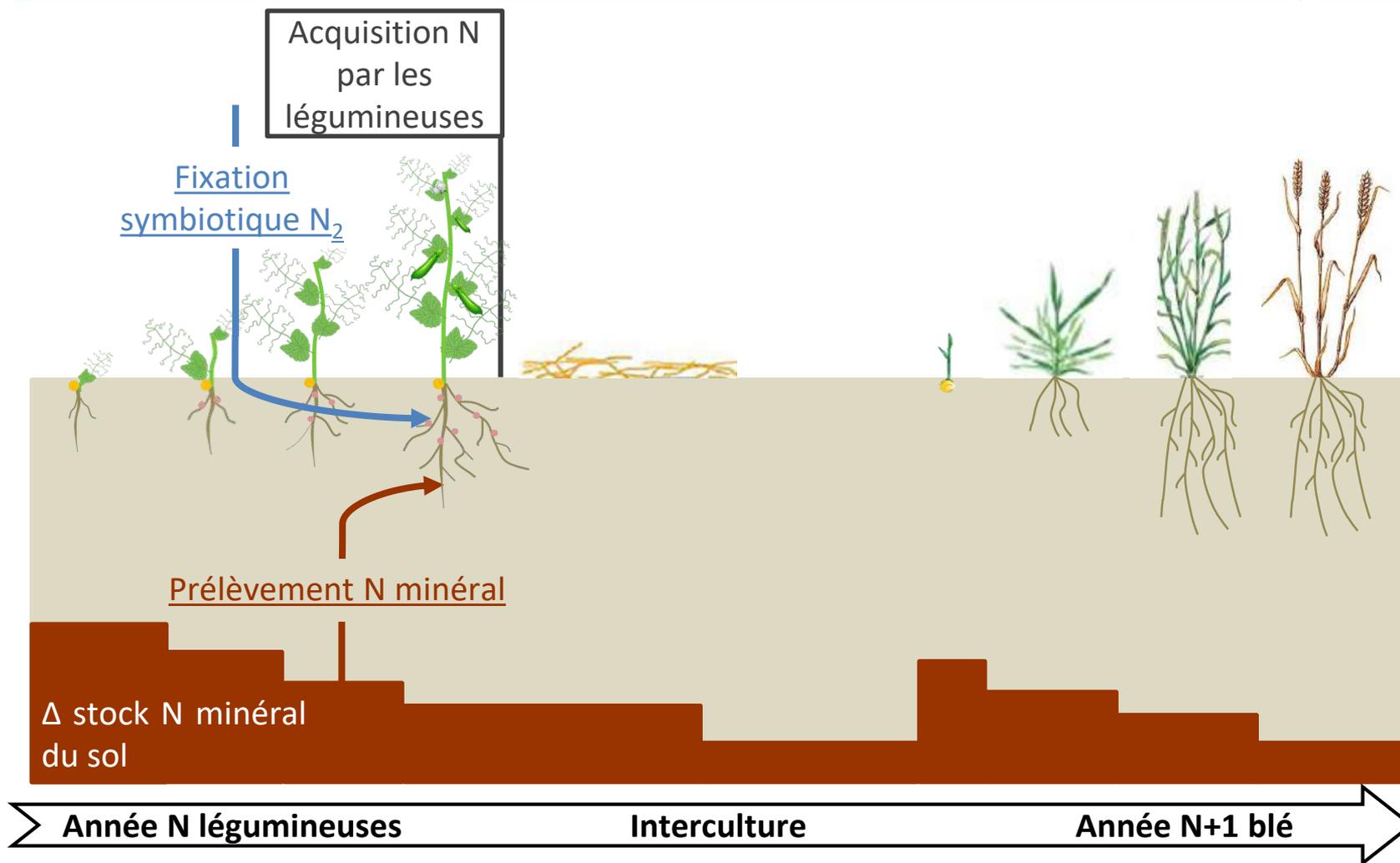


Fenugrec



Vesce de Narbonne

# Acquisition d'azote par les légumineuses



# Dispositif expérimental

- **2 dates de semis** : mars et mai selon la physiologie des espèces de légumineuses
- **Inoculation des légumineuses** avec une souche spécifique de rhizobium /espèce
- **4 niveaux de fertilisation azotée en 2014** → faire varier la gamme de disponibilité en azote minéral

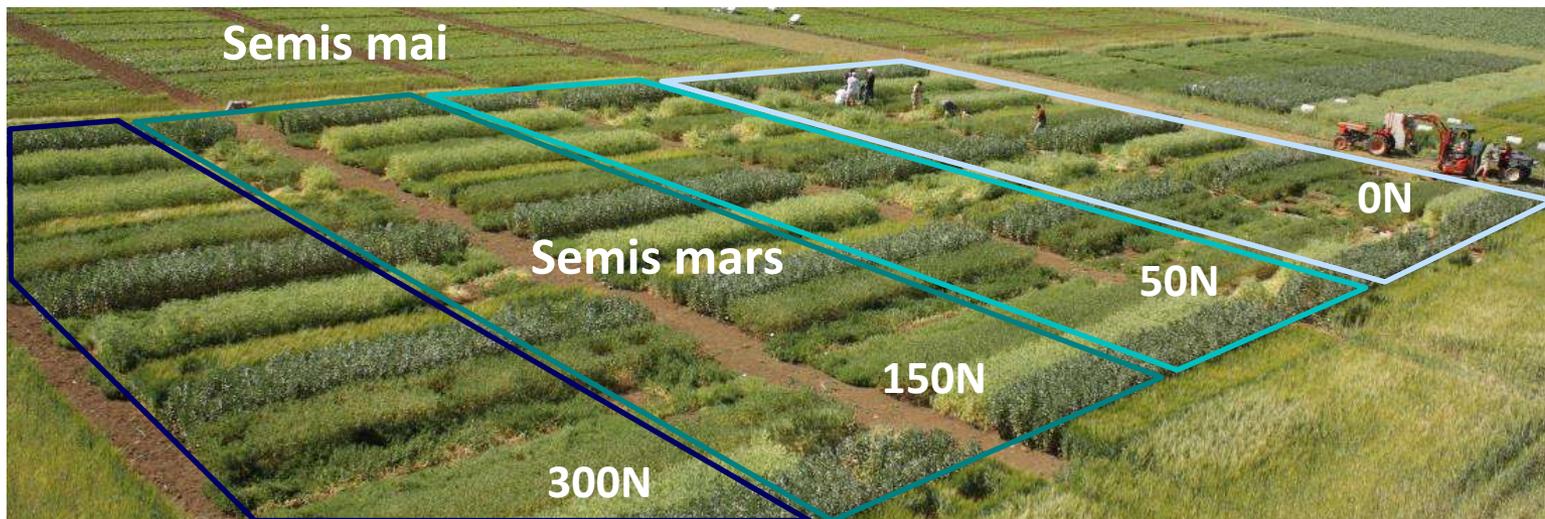
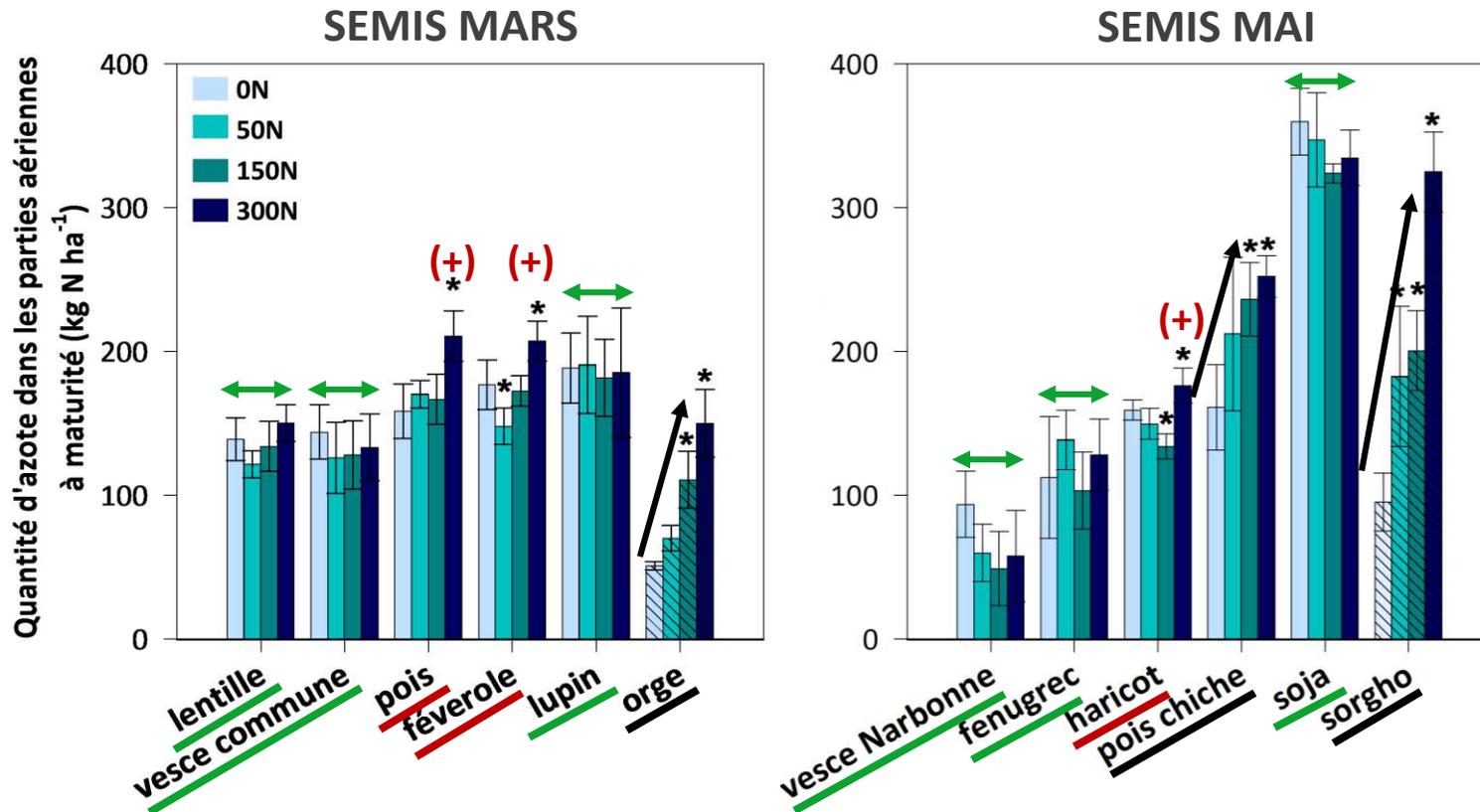


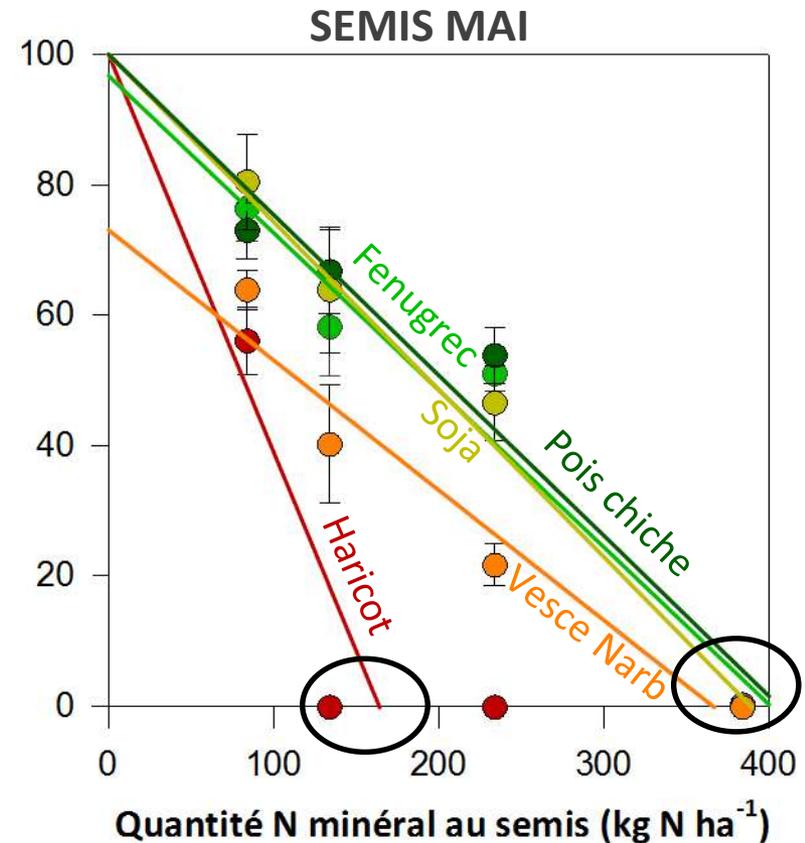
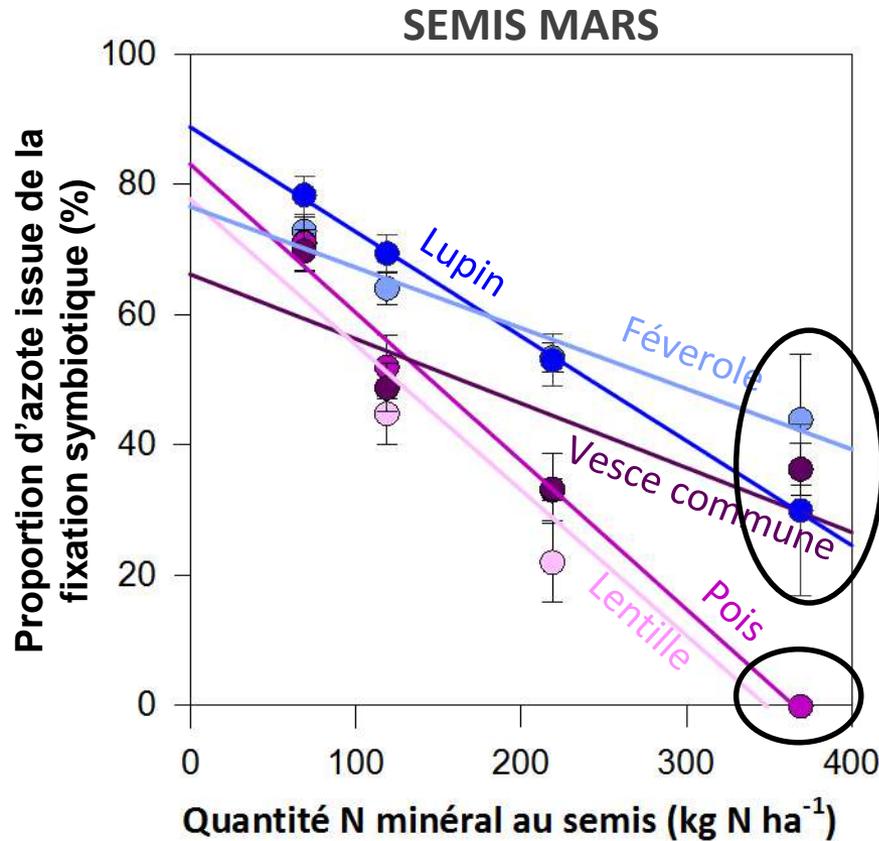
Photo prise le 16 juin 2014

# Effet de l'azote minéral sur la fixation symbiotique



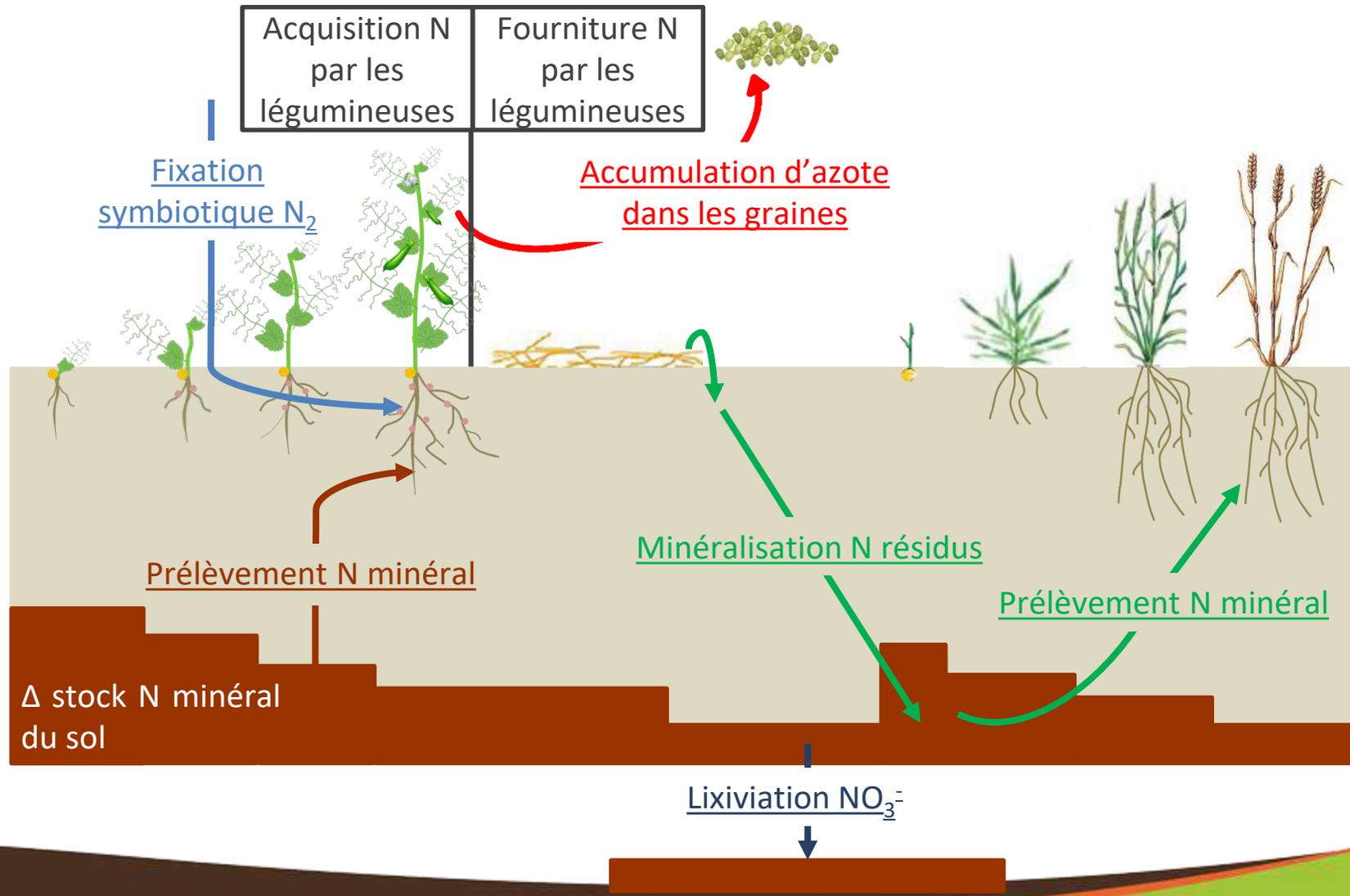
- Pour 6 espèces la fixation permet de subvenir aux besoins en N
- Pour 3 espèces, une quantité d'azote dans les parties aériennes légèrement plus importante pour la modalité 300N par rapport à 0N
- Pour le pois chiche la fixation symbiotique n'a pas permis de répondre aux besoins en N

# Effet de l'azote minéral sur la fixation symbiotique



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

# Acquisition d'azote par les légumineuses



# Dispositif expérimental



Photos prise le 22 juin 2016



Photos prise le 7 juillet 2017

## ➤ Année N précédents (2014 et 2016)

Précédents printemps : fenugrec, féverole, lentille, lupin, pois, vesce commune

+ orge fertilisé

Précédents été :

haricot, pois chiche, soja, vesce de Narbonne

+ sorgho fertilisé

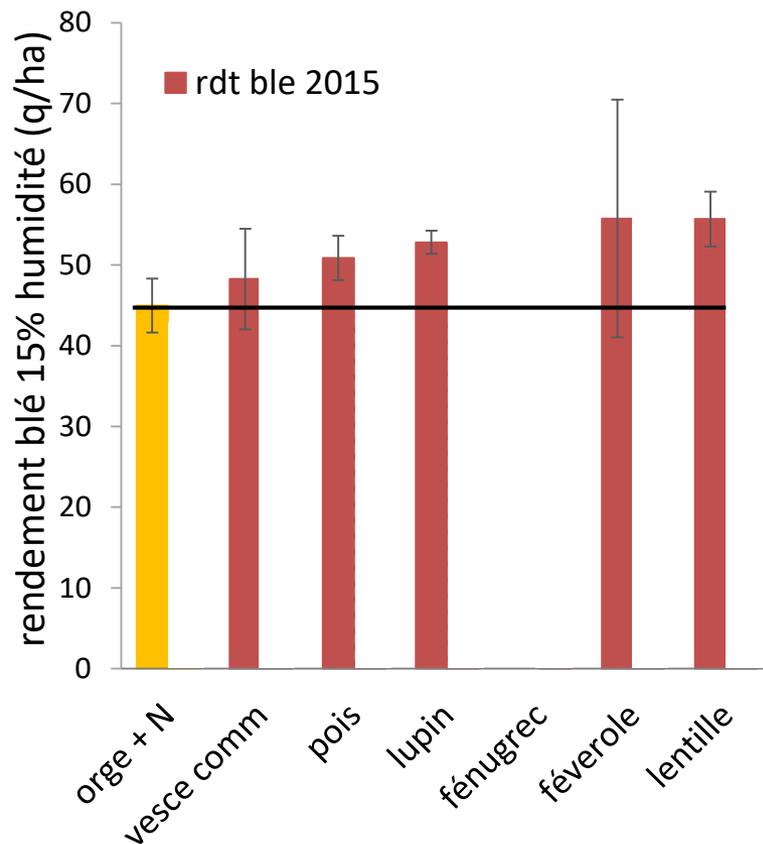
## ➤ Année N+1 céréale (2015 et 2017)

Culture suivante : blé non fertilisé en azote

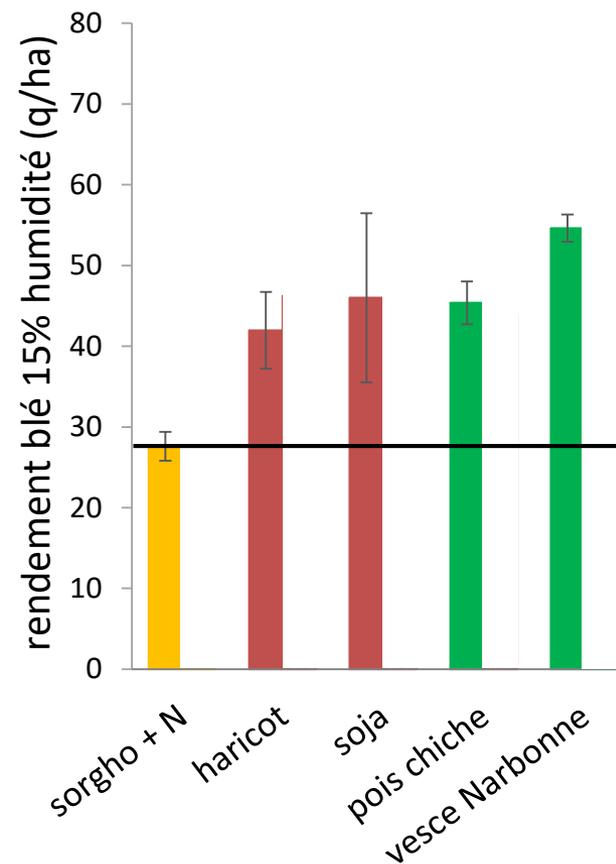
# Effet précédent des légumineuses

- Pailles légumineuse
- Pailles céréale
- Légumineuse plante entière

## PRÉCÉDENTS PRINTEMPS

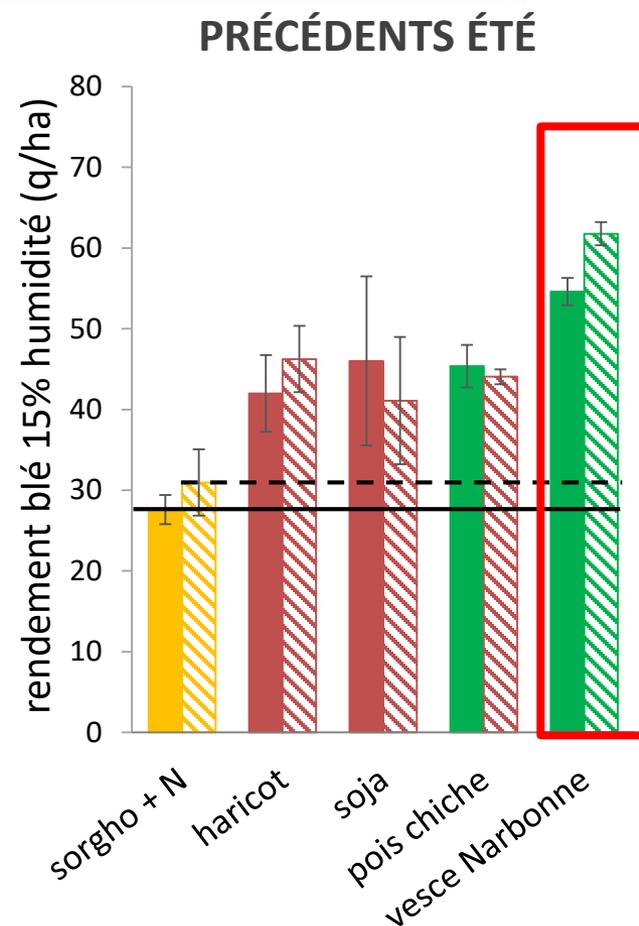
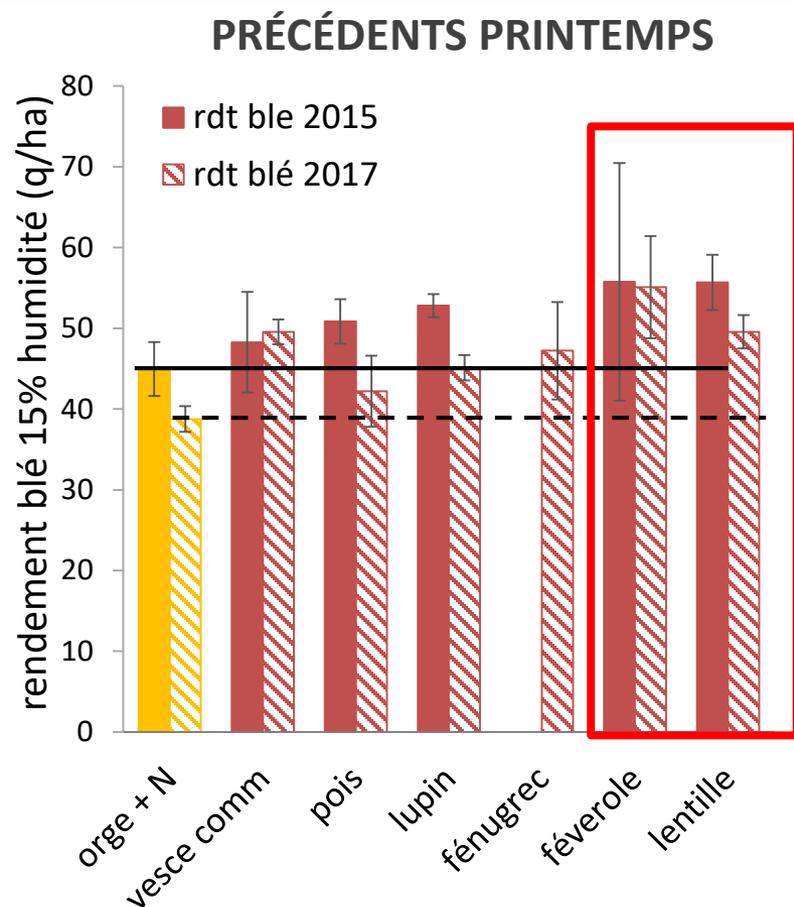


## PRÉCÉDENTS ÉTÉ



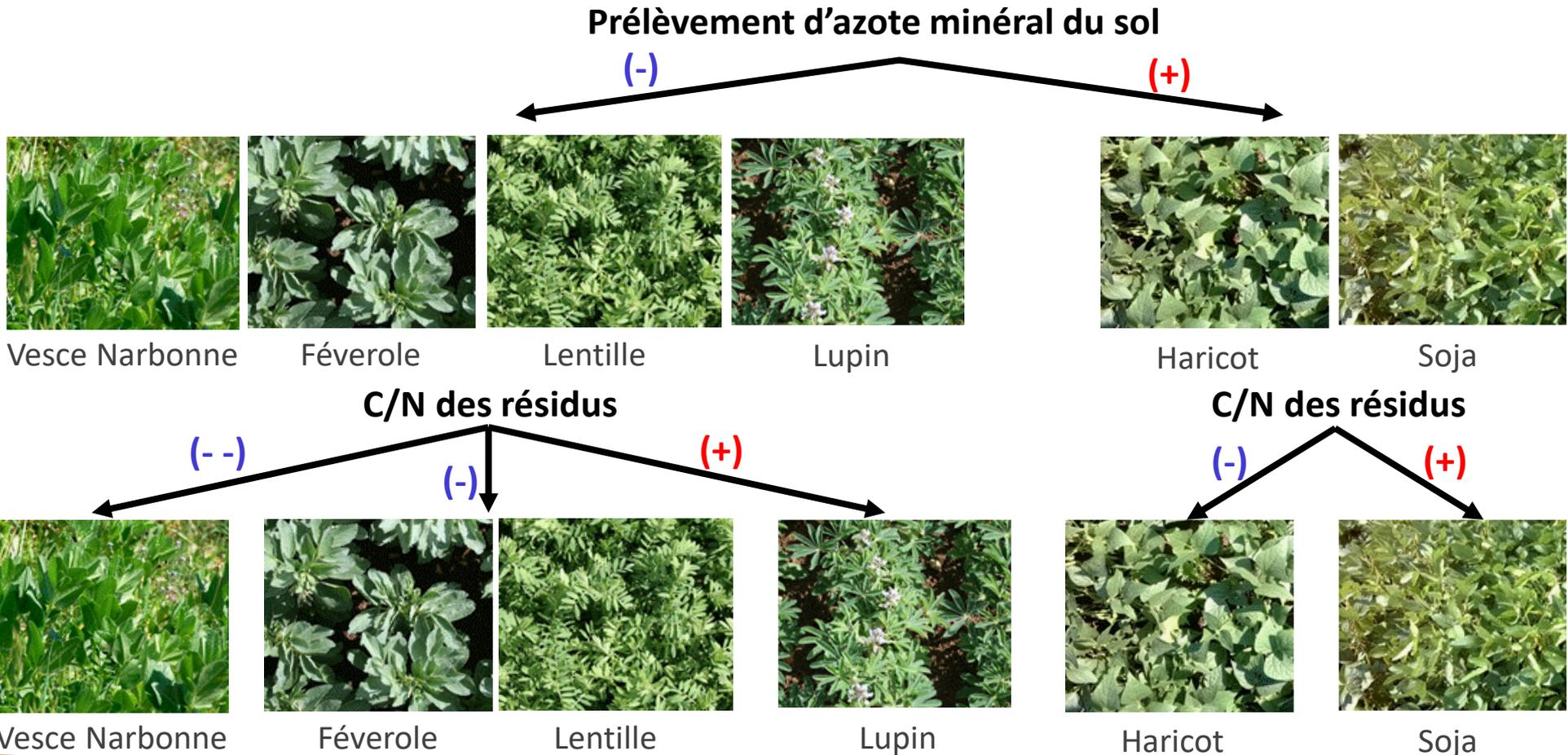
# Effet précédent des légumineuses

- Pailles légumineuse
- Pailles céréale
- Légumineuse plante entière



- Le rendement du blé précédé par une légumineuse est dans la majorité des cas **supérieure** à la quantité d'azote du blé précédé par de l'orge ou du sorgho.

# Différentes stratégies entre les espèces de légumineuses



Rendement du blé suivant

Risque de pertes N par lixiviation



# INOCULER : Pourquoi? Quand? Comment ?

Cas de la symbiose légumineuse / rhizobia

Cécile REVELLIN – INRAE – UMR Agroécologie  
[cecile.revellin@inrae.fr](mailto:cecile.revellin@inrae.fr) – +33 (0)3 80 69 32 94

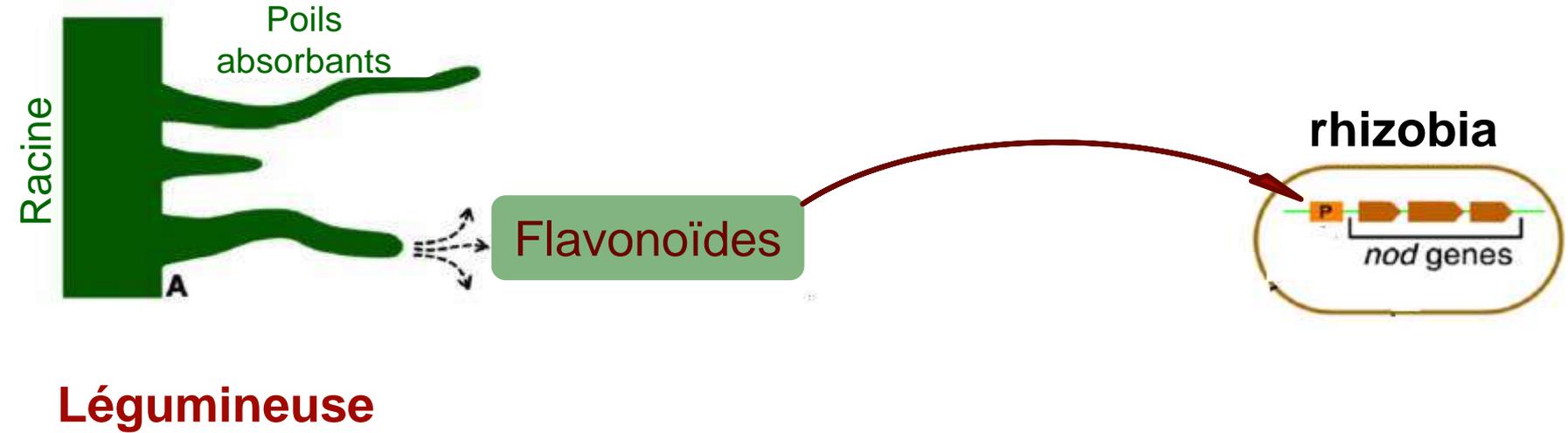
# Préambule :

---

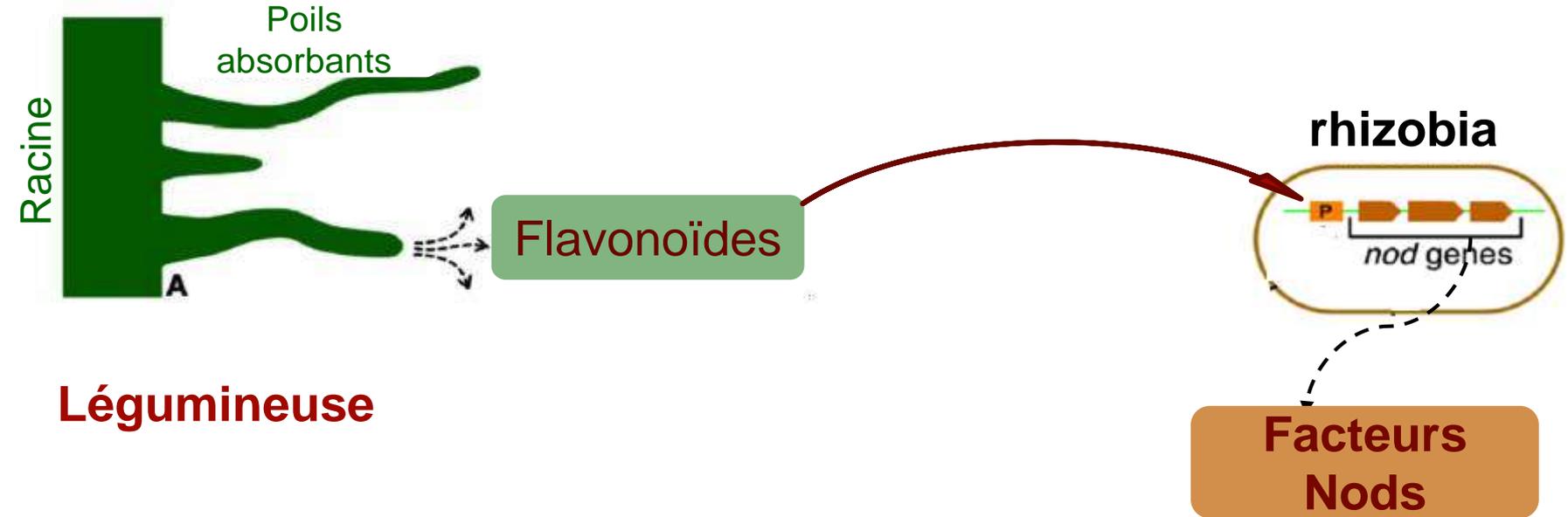


Spécificité élevée due aux signaux échangés  
entre le **Rhizobia** et la **légumineuse**, tout au long  
de la formation de la nodosité

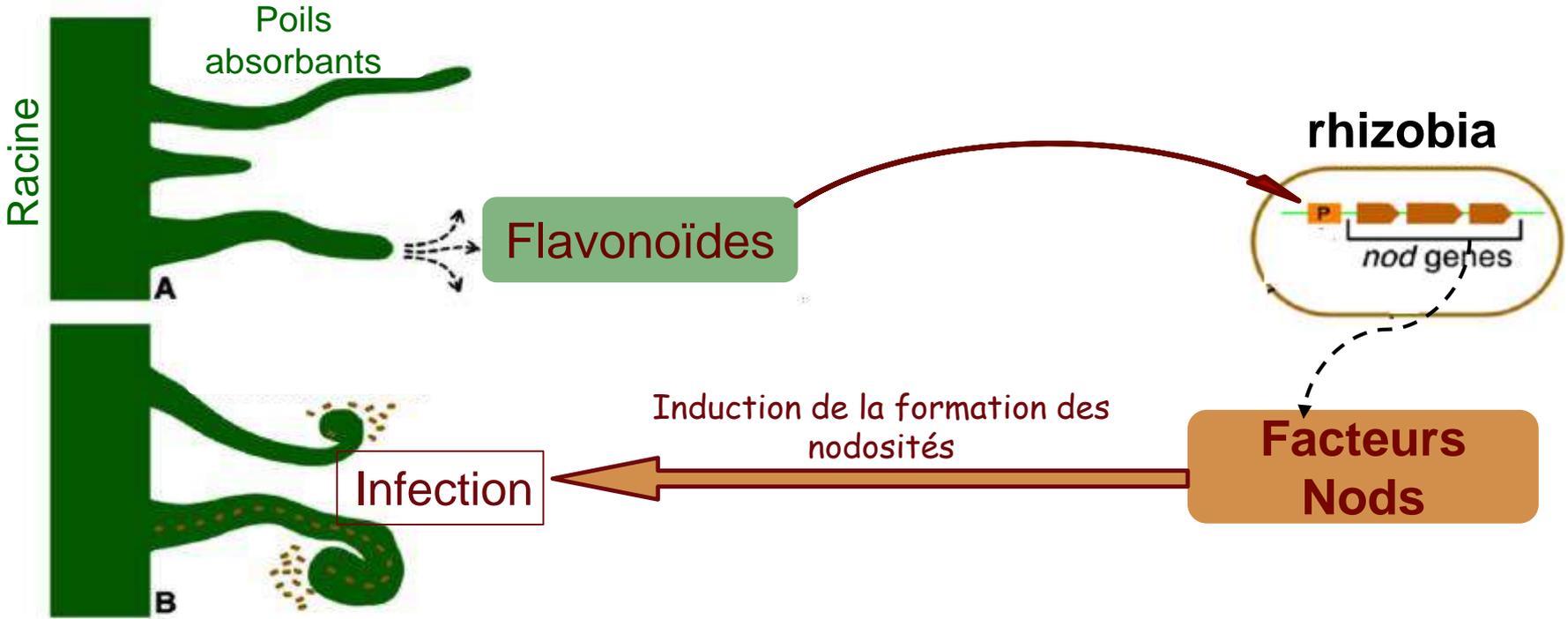
# Différentes étapes de la nodulation : dialogue moléculaire SPECIFIQUE entre la légumineuse et le rhizobia (D'après Laranjo et al. 2014)



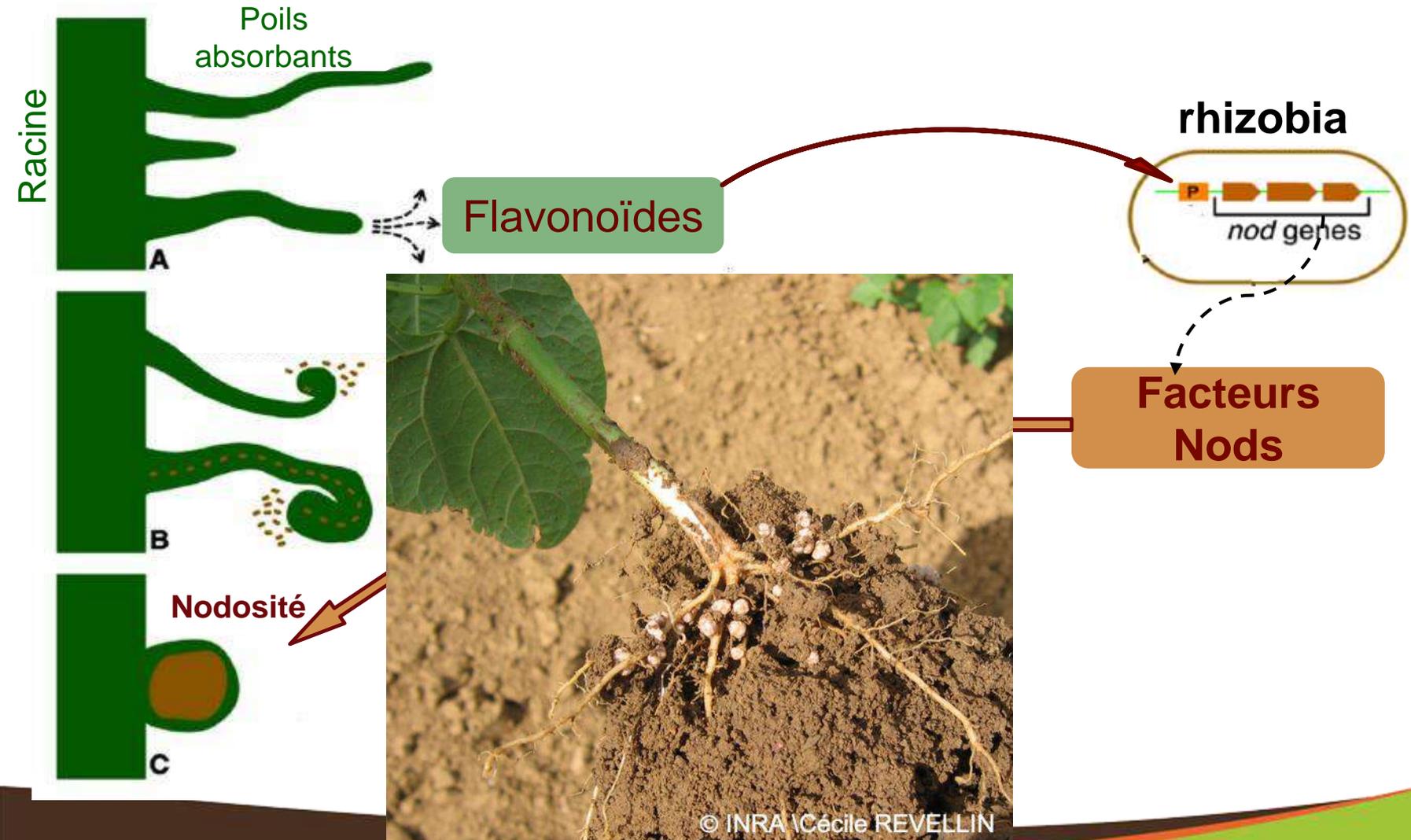
# Différentes étapes de la nodulation : dialogue moléculaire SPECIFIQUE entre la légumineuse et le rhizobia (D'après Laranjo et al. 2014)



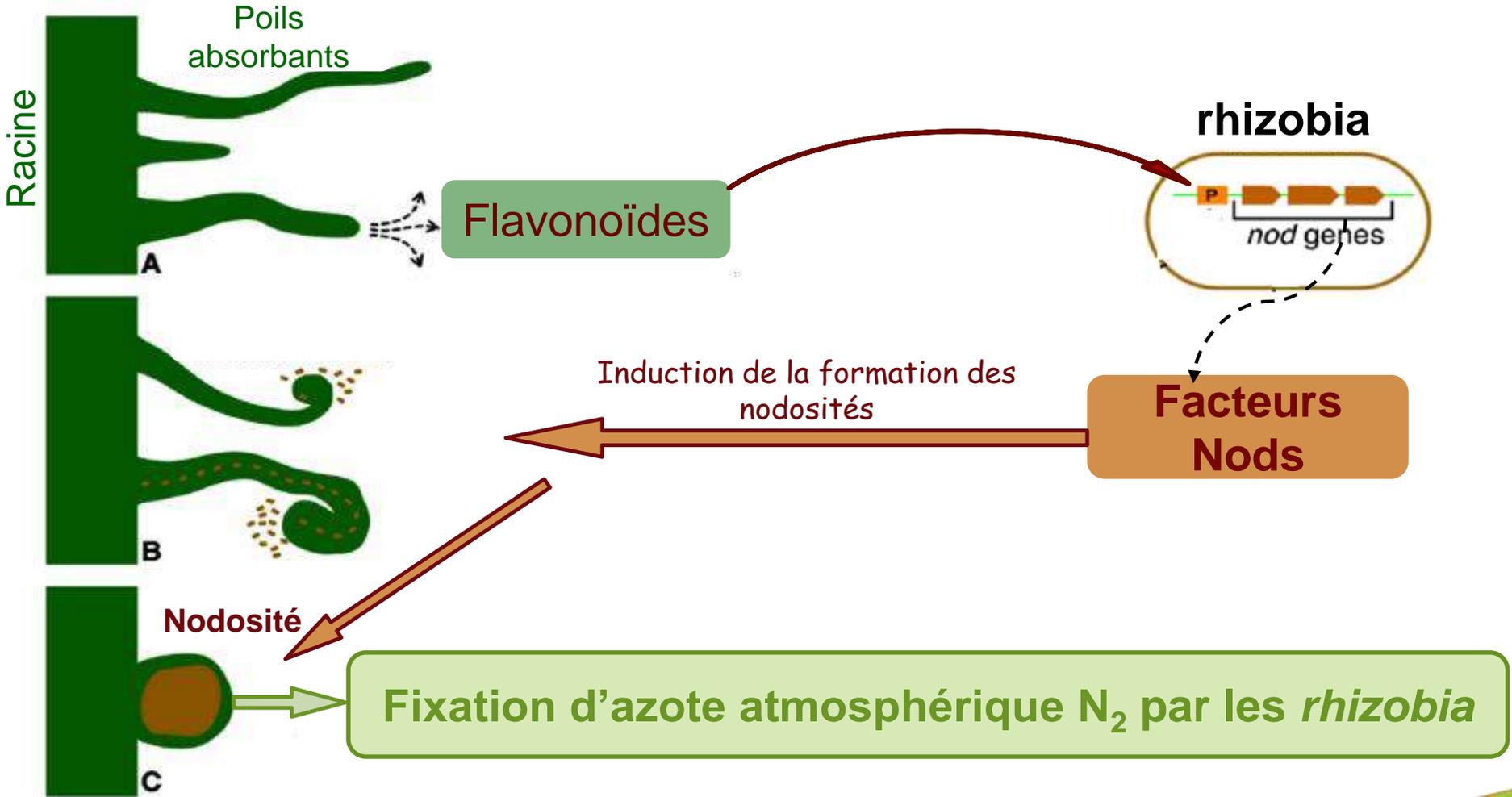
# Différentes étapes de la nodulation : dialogue moléculaire SPECIFIQUE entre la légumineuse et le rhizobia (D'après Laranjo et al. 2014)



# Différentes étapes de la nodulation : dialogue moléculaire SPECIFIQUE entre la légumineuse et le rhizobia (D'après Laranjo et al. 2014)



# Différentes étapes de la nodulation : dialogue moléculaire SPECIFIQUE entre la légumineuse et le rhizobia (D'après Laranjo et al. 2014)



# Les partenaires de la symbiose

## Légumineuses ou Fabacées

> 750 Genres

~ 19500 espèces

3 sous familles

dont les Papillonacées

## *Rhizobiaceae* (rhizobia)

Environ 150 espèces réparties en  
13 genres bactériens

*Rhizobium*

*Ensifer* (ex *Sinorhizobium*)

*Mesorhizobium*

*Bradyrhizobium*

**Naturellement présents dans  
tous les sols**

# Pourquoi et quand inoculer ?

---



- Toutes les espèces de rhizobia ne sont pas présentes partout :
  - Plante non endémique => Rhizobia absent

# Culture de Soja



©INRAE/Cécile REVELLIN

Non inoculé

**22**

Inoculé

**47**

Rendement en grains à la récolte (q / ha)

# Pourquoi et quand inoculer ?

---



- Toutes les espèces de rhizobia ne sont pas présentes partout :
  - Plante non endémique => Rhizobia absent
  - Conditions physico-chimiques du sols défavorables à certaines espèces

# Pourquoi et quand inoculer ?

| Espèces de rhizobia                              | Légumineuse           | pH 4        | pH 5                      | pH 6       | pH 7       | pH 8        |
|--|-----------------------|-------------|---------------------------|------------|------------|-------------|
| <i>Bradyrhizobium lupini</i>                     | Lupin                 | Vert clair  | Vert foncé                | Vert foncé | Jaune      | Rouge       |
| <i>Bradyrhizobium diazoefficiens</i>             | Soja                  | Jaune clair | Absent des sols européens |            |            | Jaune clair |
| <i>Rhizobium leguminosarum</i> bv <i>trifoli</i> | trèfle                | Jaune       | Vert clair                | Vert foncé | Vert foncé | Vert foncé  |
| <i>Rhizobium leguminosarum</i> bv <i>viciae</i>  | Pois, lentille, vesce | Rouge       | Jaune                     | Vert foncé | Vert foncé | Vert foncé  |
| <i>Mesorhizobium ciceri</i>                      | Pois chiche           | Rouge       | Jaune                     | Vert foncé | Vert foncé | Vert foncé  |
| <i>Ensifer meliloti</i>                          | Luzerne, medique      | Rouge       | Rouge                     | Jaune      | Vert foncé | Vert foncé  |

Sensibilité des rhizobia au pH (Drew, E. A., et al., Eds. (2012))

pH optimal (vert foncé) => rhizobia présent en quantité optimale pour nodulation

pH défavorable (rouge) => rhizobia absente des sols

En France → Lupin pH > 6  
Luzerne pH < 6,5

Soja dans tous les sols

# Pourquoi et quand inoculer ?

---

- Toutes les rhizobia ne sont pas présents partout :
  - Plante non endémique => Rhizobia absent
  - Conditions physico-chimiques du sols défavorables à certaines espèces de rhizobia
- Rhizobia présents mais peu efficaces

# Pourquoi et quand inoculer ?



**Toutes les souches nodulantes ne sont pas efficaces**

# Choix des souches

- Taille des populations compatibles
- Efficience des souches à fixer l'azote atmosphérique (N<sub>2</sub>)
- Compétition pour la nodulation : l'aptitude à former des nodosités en présence d'autres souches

Absente ----- Abondantes

Inefficientes ----- Efficientes



## En présence de souche native :

- la compétition pour la nodulation est une nécessité

# Choix des souches

## Exemple du soja, basé sur l'expérience nord américaine

- ✓ **Colonisation multiple des sols (inoculants multisouches)**
  - 12 à 15 groupes sérologiques  $\neq$  selon les Etats
- ✓ **Difficultés à implanter une nouvelle souche**
  - 100 à 1000 fois dose pour avoir 50 % des nodosités
- ✓ **Des souches dominantes (car très compétitives) et indésirables (car peu fixatrices)**
  - Le sérogroupe 123 : 60 à 80 % des nodosités  
efficience moyenne à faible

# Choix des souches

- Taille des populations compatibles
- Efficience des souches à fixer l'azote atmosphérique (N<sub>2</sub>)
- Compétition pour la nodulation : l'aptitude à former des nodosités en présence d'autres souches

Absente ----- Abondantes

Inefficientes ----- Efficientes



## En présence de souche native :

- la compétition pour la nodulation est une nécessité

L'inoculation avec une souche même très efficace pour la fixation d'N<sub>2</sub>, n'entraînera aucune augmentation de rendement si sa compétitivité ne permet pas une augmentation du nombre de nodosités

# Choix des souches

- Taille des populations compatibles Absente ----- Abondantes
- Efficience des souches à fixer l'azote atmosphérique (N<sub>2</sub>) Inefficentes ----- Efficentes
- Compétition pour la nodulation : l'aptitude à former des nodosités en présence d'autres souches



## En présence de souche native :

- la compétition pour la nodulation est une nécessité

**L'inoculation avec une souche même très efficace pour la fixation d' $N_2$ , n'entraînera aucune augmentation de rendement si sa compétitivité ne permet pas une augmentation du nombre de nodosités**

## En absence de souche native :

- la compétition pour la nodulation n'apporte aucun avantage.

# Choix des souches

## Cas des sols français :

- Sols dépourvus de *Bradyrhizobium* nodulant le soja
- possible de cribler les souches pour leur compétitivité



Souche efficace pour la fixation d'azote **mais avec la plus faible compétitivité possible**



Faciliter dans le futur, l'introduction dans les sols de souches qui permettraient  
**une augmentation significative et sûre du rendement du soja**



Pour le soja: **G49** (*Bradyrhizobium japonicum*, reclassé récemment  
en *B. diazoefficiens*)

# Choix des souches

- Taille des populations compatibles Absente ----- Abondantes
- Efficience des souches à fixer l'azote atmosphérique (N<sub>2</sub>) Inefficentes ----- Efficentes
- Compétition pour la nodulation : l'aptitude à former des nodosités en présence d'autres souches



## En présence de souche native :

- la compétition pour la nodulation est une nécessité

L'inoculation avec une souche même très efficace pour la fixation d' $N_2$ , n'entraînera aucune augmentation de rendement si sa compétitivité ne permet pas une augmentation du nombre de nodosités

## En absence de souche native :

- la compétition pour la nodulation n'apporte aucun avantage car elle n'existe pas.

L'utilisation de souches compétitives est un inconvénient pour le futur

# Comment inoculer?

## ➤ Inoculation à la ferme

- Type d'inoculant : tourbe ou liquide
- Enrobage de semences ou de microgranulés
- Innovation : adjuvant → délai entre inoculation et semis de 48H à 15 jours

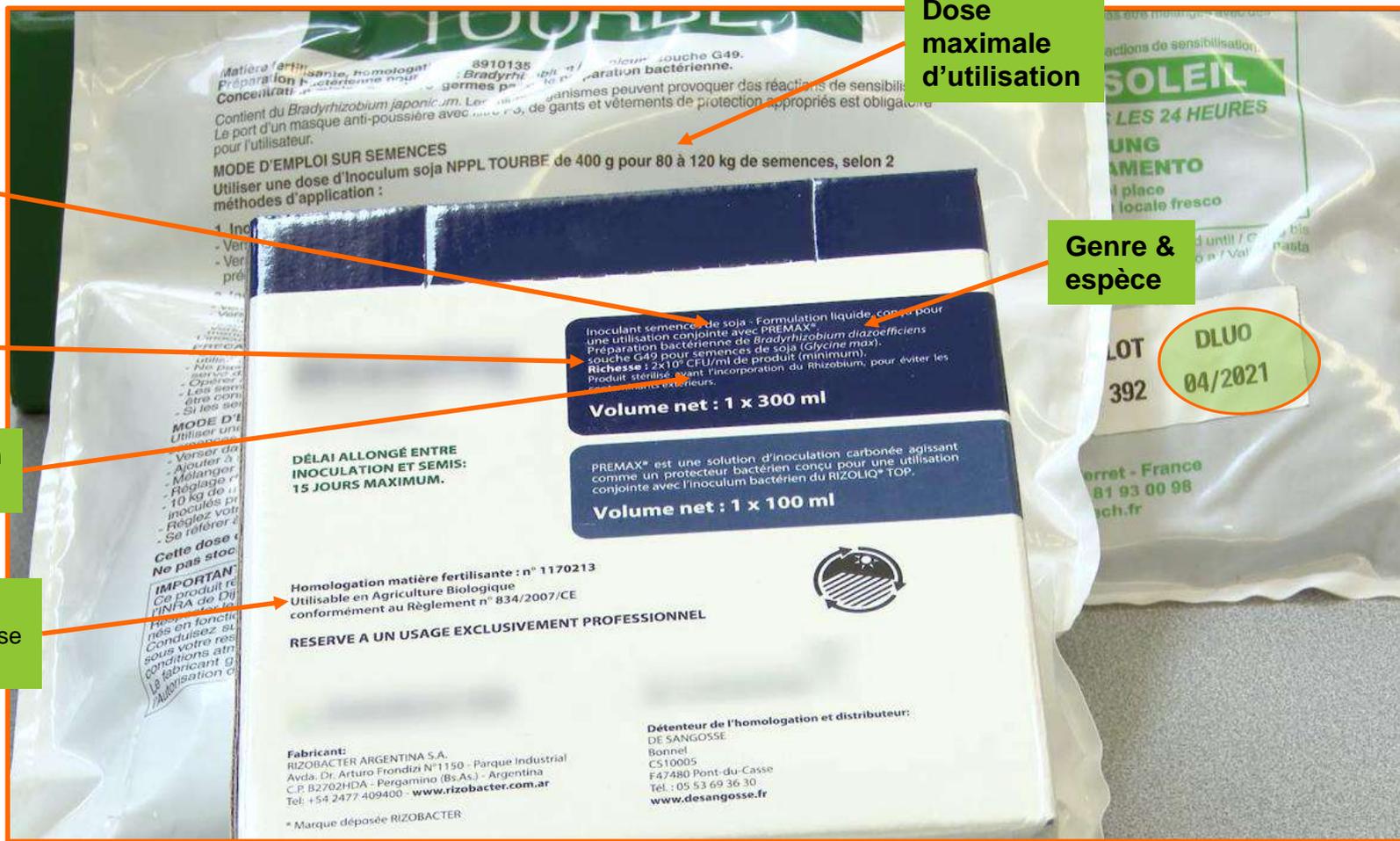


## ➤ Semences pré-inoculées avant commercialisation :

- Les agriculteurs n'ont plus à gérer l'inoculation
- Performances très variables en fonction du produit, du délai entre inoculation et semis et des conditions de stockage des semences

# Comment inoculer?

## Choix des inoculants



Dose maximale d'utilisation

Genre & espèce

Usage : pour quelle légumineuse

Nom de souche

Concentration minimale

N°AMM autorisation de mise sur le marché

⚠️ Tout ce qui n'est pas autorisé est interdit ⚠️

Matière fertilisante, homogénéisée, souche G49.  
Préparation bactérienne pour semences.  
Concentration : 2x10<sup>10</sup> CFU/ml de produit (minimum).  
Contient du Bradyrhizobium japonicum. Les organismes peuvent provoquer des réactions de sensibilisation.  
Le port d'un masque anti-poussière avec un filtre P3, de gants et vêtements de protection appropriés est obligatoire pour l'utilisateur.  
MODE D'EMPLOI SUR SEMENCES  
Utiliser une dose d'Inoculum soja NPPL TOURBE de 400 g pour 80 à 120 kg de semences, selon 2 méthodes d'application :

Inoculant semencier de soja - Formulation liquide conçue pour une utilisation conjointe avec PREMIX®  
Préparation bactérienne de Bradyrhizobium diazoefficiens souche G49 pour semences de soja (Glycine max).  
Richesses : 2x10<sup>10</sup> CFU/ml de produit (minimum).  
Produit stérilisé, avant l'incorporation du Rhizobium, pour éviter les contaminations extérieures.

Volume net : 1 x 300 ml

PREMIX® est une solution d'inoculation carbonée agissant comme un protecteur bactérien conçu pour une utilisation conjointe avec l'inoculum bactérien du RIZOLIQ® TOP.  
Volume net : 1 x 100 ml

DÉLAI ALLONGÉ ENTRE INOCULATION ET SEMIS : 15 JOURS MAXIMUM.

Homologation matière fertilisante : n° 1170213  
Utilisable en Agriculture Biologique conformément au Règlement n° 834/2007/CE  
RESERVE A UN USAGE EXCLUSIVEMENT PROFESSIONNEL

Fabricant:  
RIZOBACTER ARGENTINA S.A.  
Avda. Dr. Arturo Frondizi N°1150 - Parque Industrial  
C.P. B2702HDA - Pergamino (Bs.As.) - Argentina  
Tel: +54 2477 409400 - [www.rizobacter.com.ar](http://www.rizobacter.com.ar)

Détenteur de l'homologation et distributeur:  
DE SANGOSSE  
Bonnell  
CS10005  
F47480 Pont-du-Casse  
Tel.: 05 53 69 36 30  
[www.desangosse.fr](http://www.desangosse.fr)

\* Marque déposée RIZOBACTER

actions de sensibilisation.  
SOLEIL  
LES 24 HEURES  
UNG  
AMENTO  
place  
locale fresco  
LOT  
392  
DLUO  
04/2021  
Bret - France  
81 93 00 98  
sch.fr

# Comment inoculer?

---

## Choix des inoculants

- AMM par homologation
- AMM par reconnaissance mutuelle entre les états européens



Un nouveau règlement de l'Union Européenne (**UE 2019/1009**), règlement harmonisé de toutes les Matières Fertilisantes et Supports de Culture :

- Publié au Journal officiel de l'Union européenne le 25 juin 2019
- Application le 16 juillet 2022

## Inoculants multi- fonctions :

- avec des rhizobia offrant de nouveaux services écologiques :
  - réduction de  $N_2O$  en  $N_2$  (Hénault & Revellin, 2011)
  - solubilisation des phosphates,
  - stimulation de défense,
  - ...
  
- associant des rhizobia, à des champignons mycorrhizogènes, biopesticides, micronutriments, ...



# Des pistes pour réduire les pertes en azote vers les eaux

Claudine FERRANÉ

Centre de Ressources Captages OFB

UMR Agronomie AgroParisTech INRAE

[claudine.ferrane@inrae.fr](mailto:claudine.ferrane@inrae.fr)

# La recette pour perdre de l'azote vers les eaux :

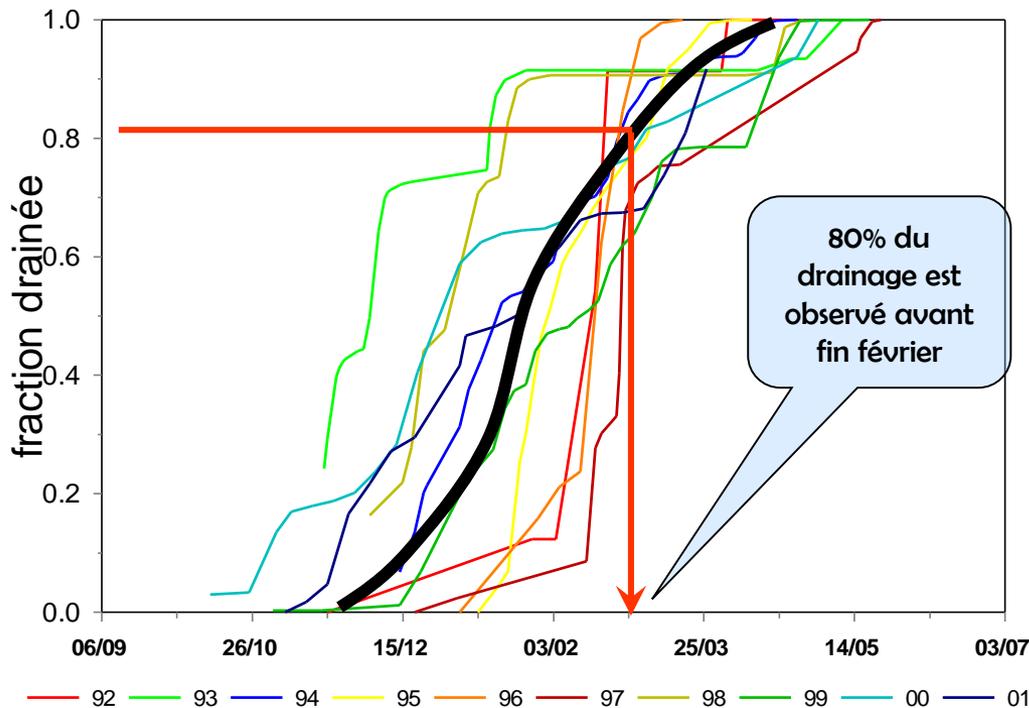
---



- de l'azote sous forme minérale ( $\text{NO}_3$ ) dans le sol,  
ET
- de l'eau pour l'entraîner vers la nappe (R.U. pleine et lixiviation).
  - Un phénomène **saisonnier**
  - Dépendant du **milieu** (sol, climat)
  - Dépendant du **système de culture**

# La lixiviation en azote

cinétiques drainage - Boigneville

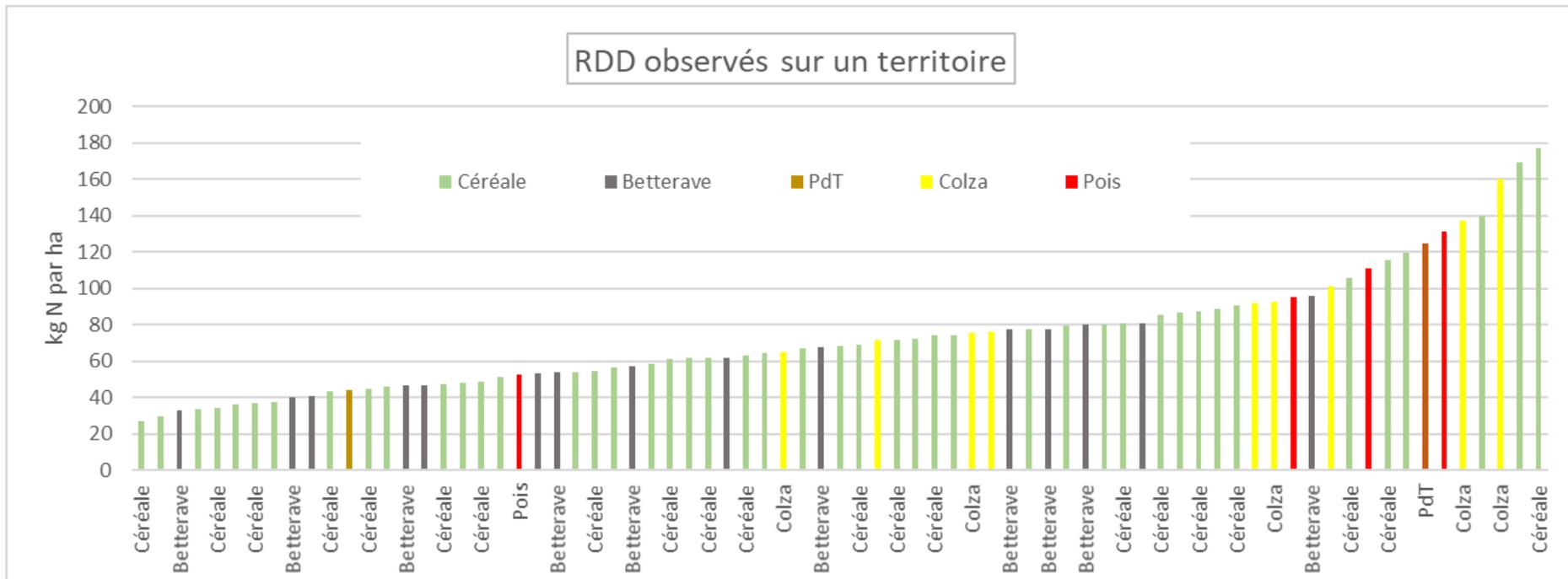


En Bourgogne, les pertes sont de l'ordre de 50 %\*, variables selon le type de sol et la pluie de l'hiver.

\*Calculées à l'aide du modèle de Burns.  
Burns I.G., 1974. A model for predicting the redistribution of salts applied to fallow soils after excess rainfall or evaporation. Journal of Soil Science, 25, 165-178.

Sources : Arvalis

# Reliquats Début Drainage : une forte variabilité sur un même territoire



Sources : AAC de Somme-Vesle 2019,  
Sylvain Duthoit, Anaïs Delbarre, CA 51

# De quoi dépend la quantité d'azote présente dans le sol au début du drainage ?



## Azote disponible au début du drainage (RDD)



**Reliquat** d'azote laissé à la récolte de la culture précédente



**Minéralisation** d'été et d'automne



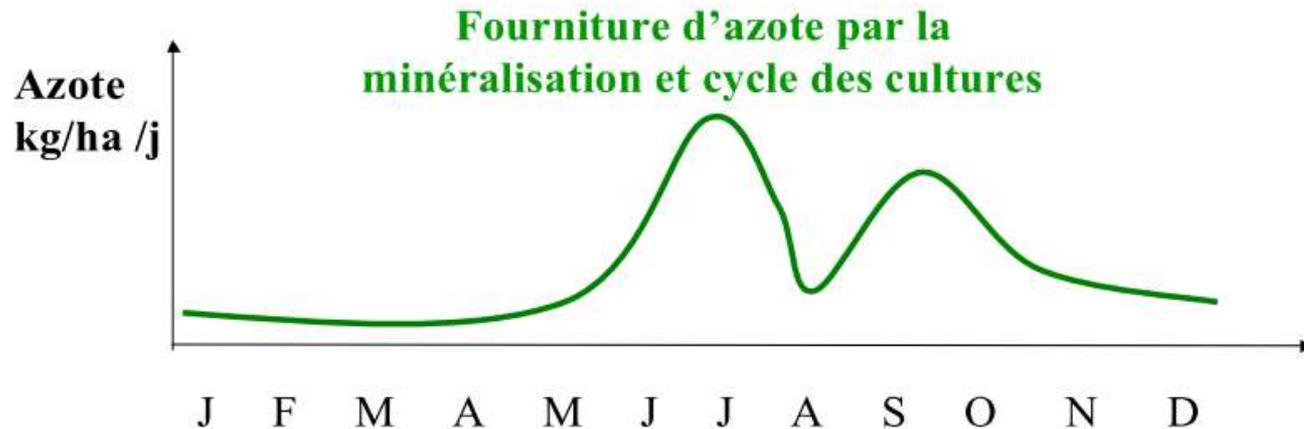
**Apport** estival éventuel d'azote



**Azote absorbé** par les plantes présentes avant le drainage :

- Cultures de production
- Cultures intermédiaires pièges à nitrate

# La minéralisation (centre – est)



Une grande **variabilité** selon :

- le climat : chaleur, humidité (activité des micro-organismes)
- le taux de matière organique
- le pH, % argile, % calcaire
- le travail du sol.

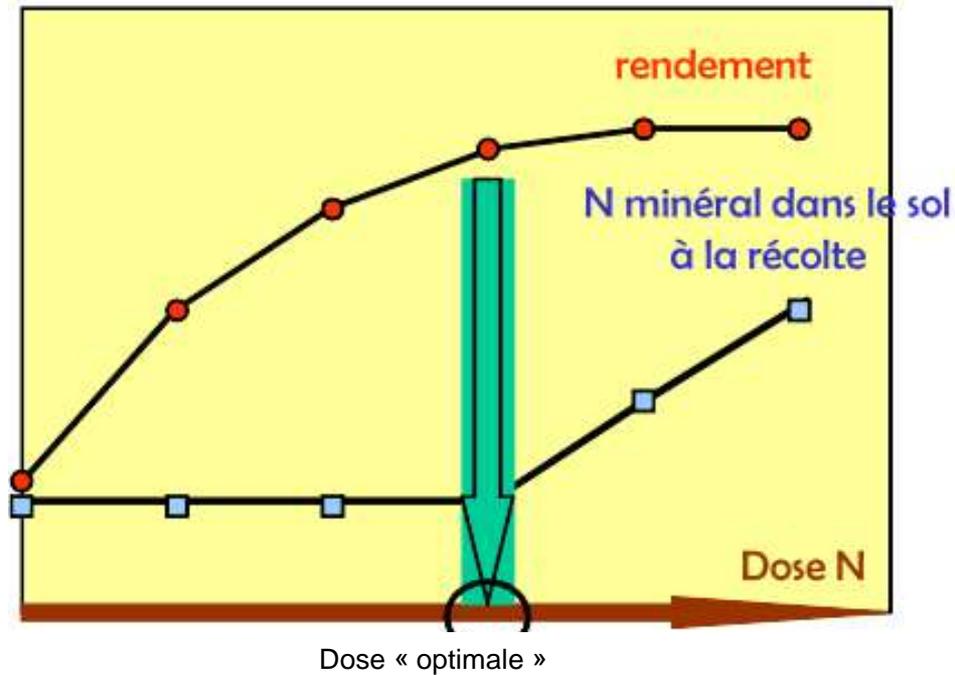
# Le RDD varie avec les pratiques :

---

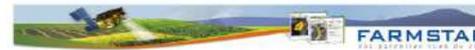
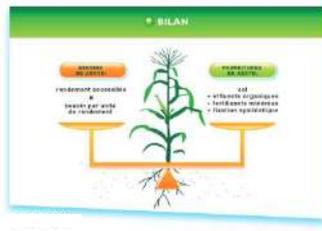
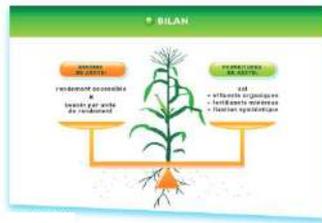


- La fertilisation azotée (minérale et organique),
- La succession des cultures,
- L'itinéraire pendant l'interculture.

# Fertilisation azotée minérale et reliquat à la récolte



# Dose et fractionnement



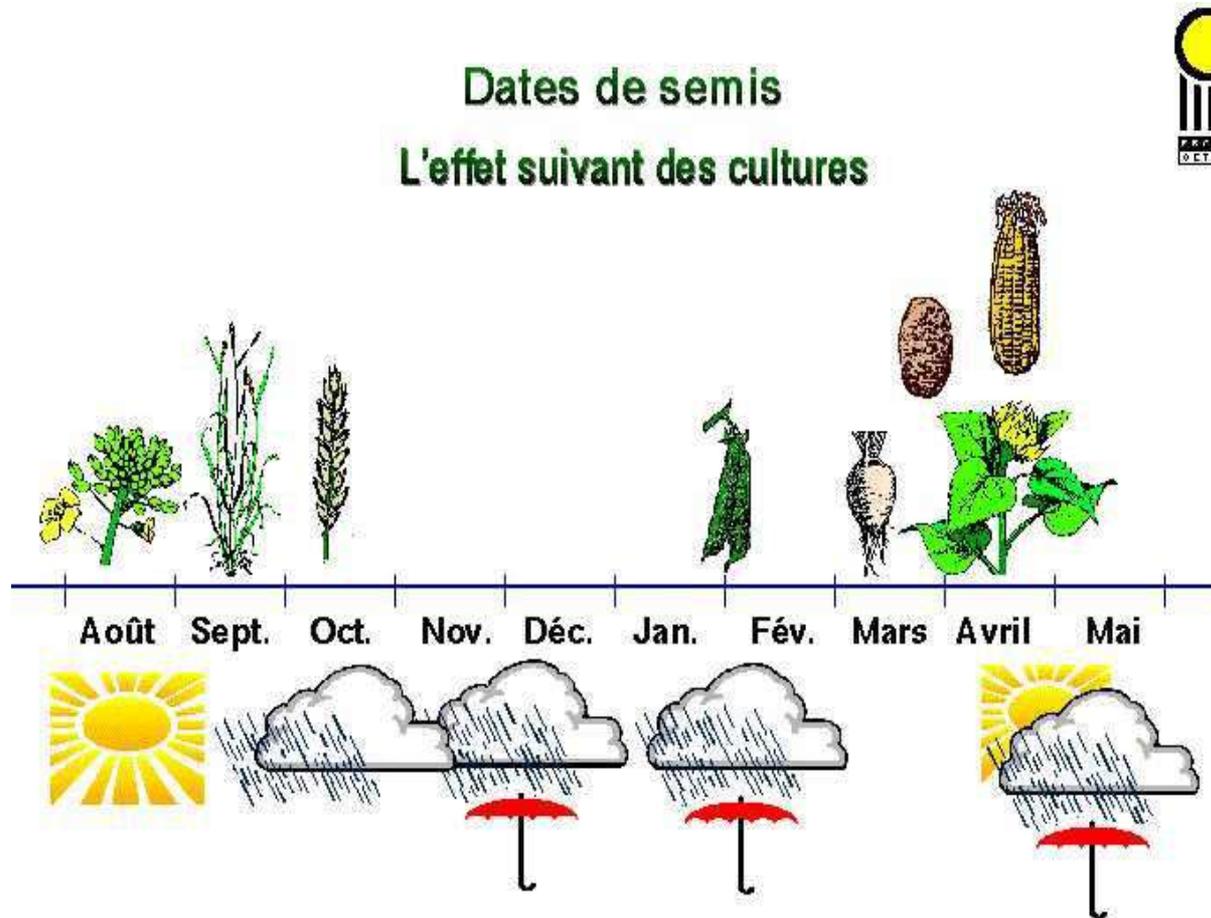
Méthode APPI-N

# Quelles cultures laissent peu d'azote à la récolte ?

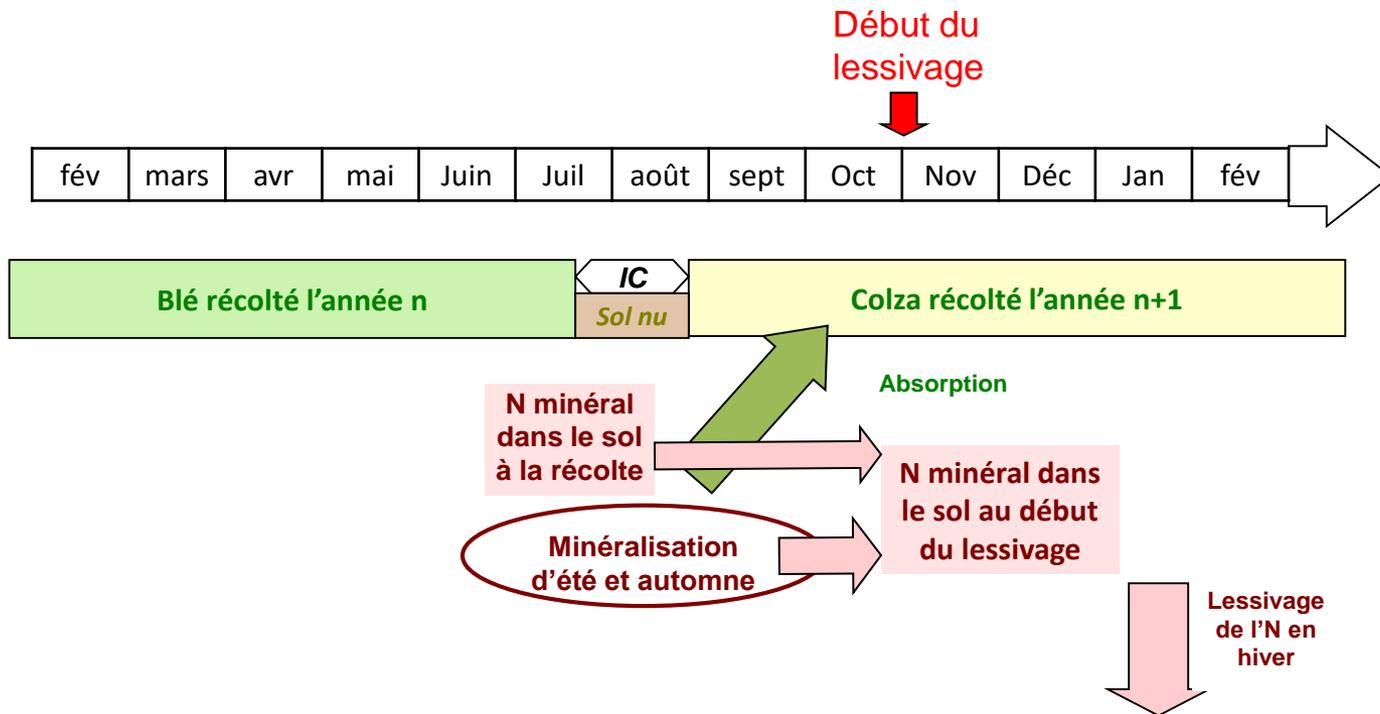


Source : COMIFER - INRA - ITCF - CETIOM

# Quelles cultures captent l'azote avant lessivage ?



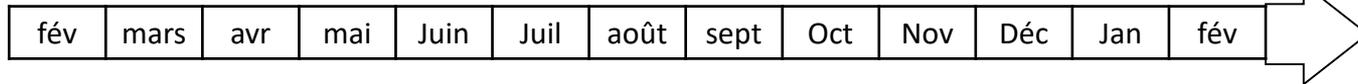
## Exemple de la succession blé - ...- colza



Attention aux apports  
estivaux de matière  
organique



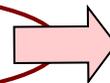
Début du lessivage



N minéral  
dans le sol  
à la récolte

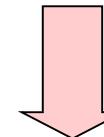


Minéralisation  
d'été et automne



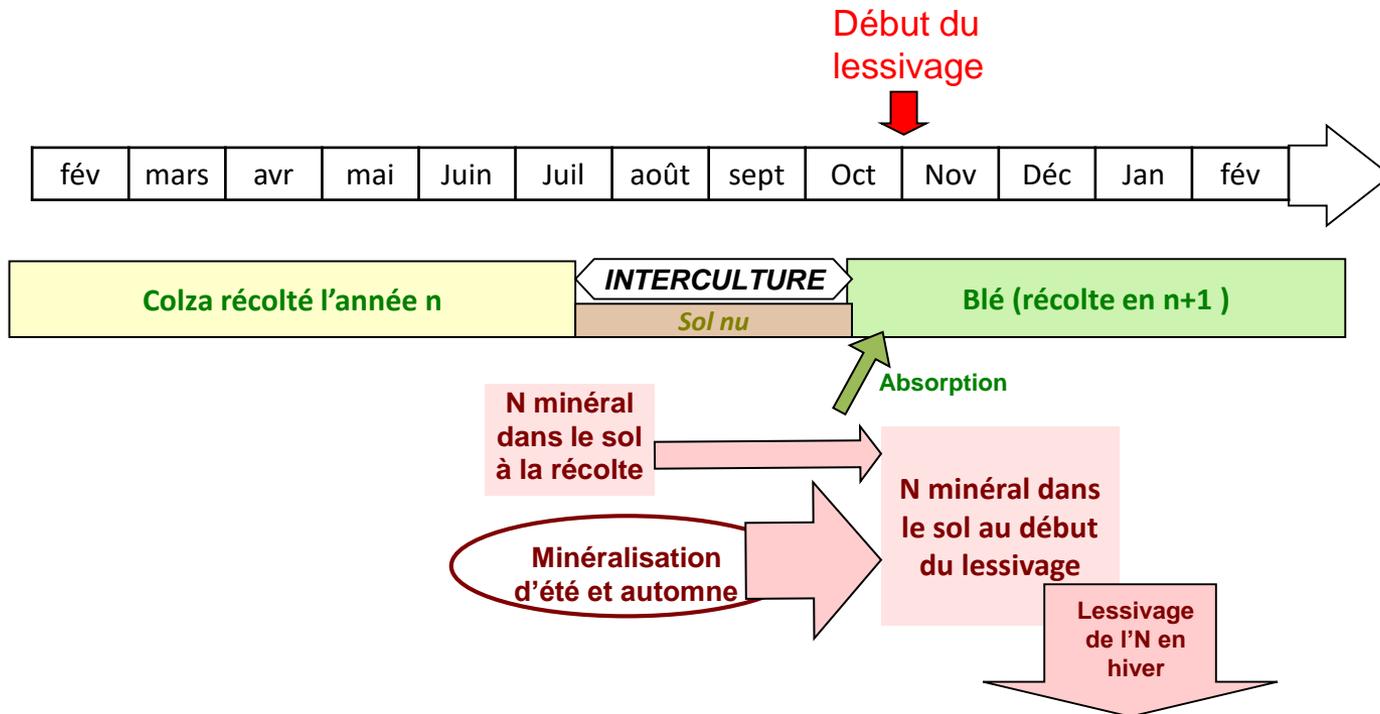
Absorption

N minéral dans  
le sol au début  
du lessivage

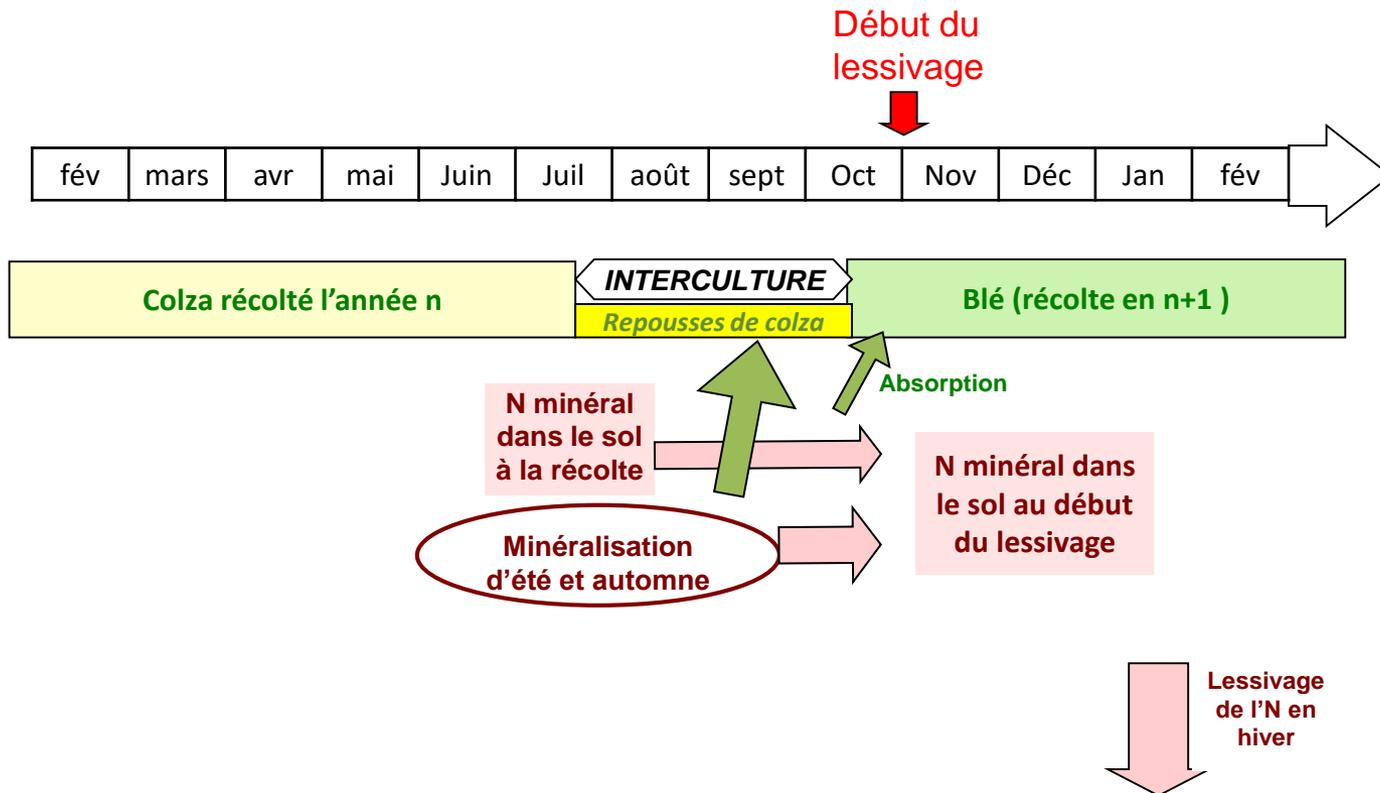


Lessivage  
de l'N en  
hiver

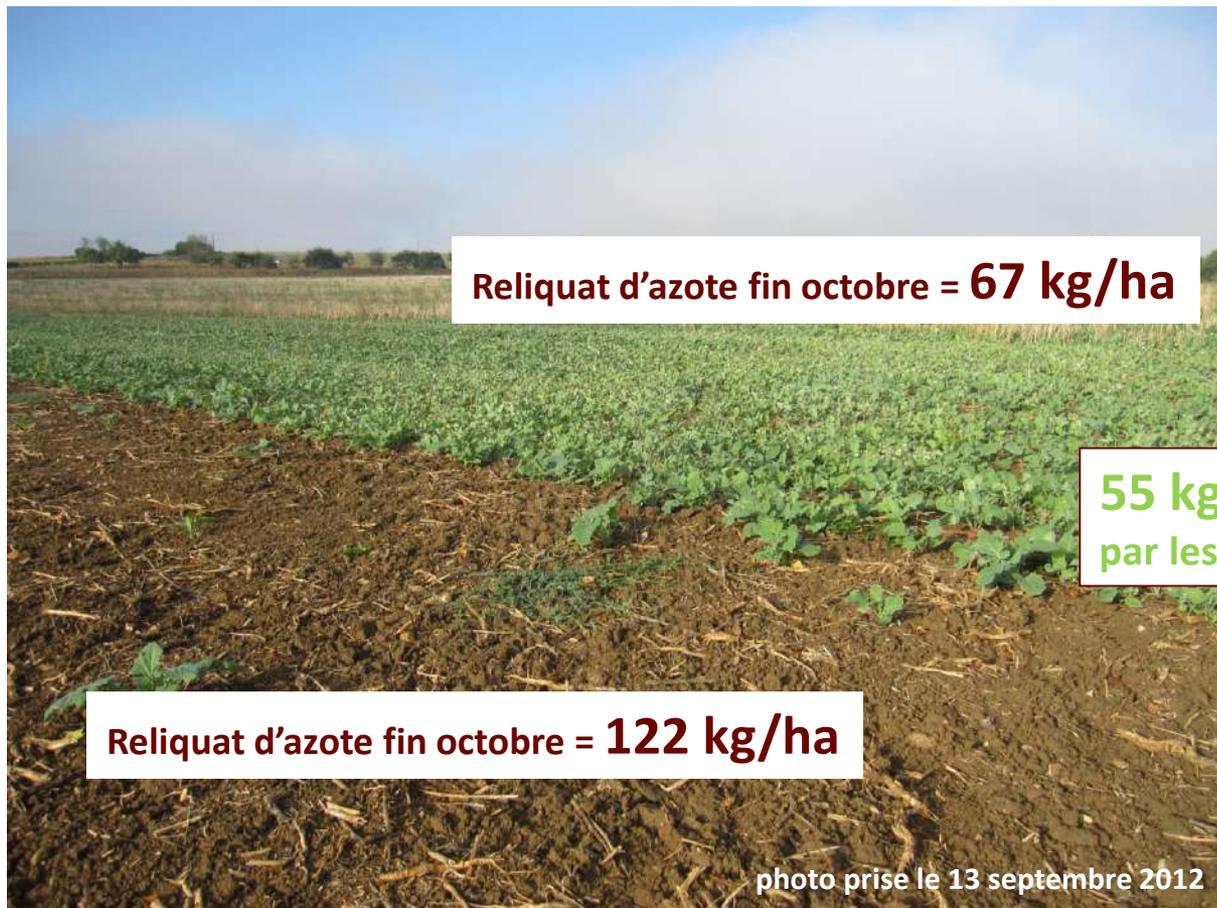
## Exemple de la succession colza – ... - blé



## Exemple de la succession colza – ... - blé



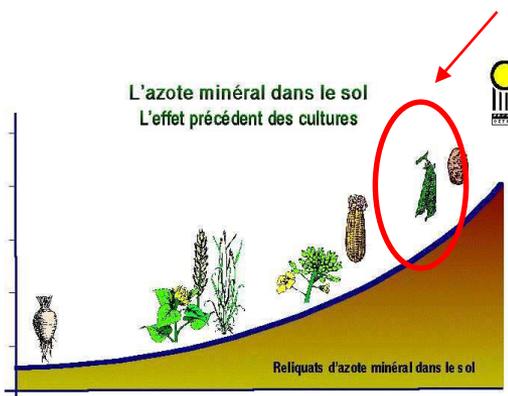
## Succession Colza -... - Blé



# Des CIPAN en interculture longue



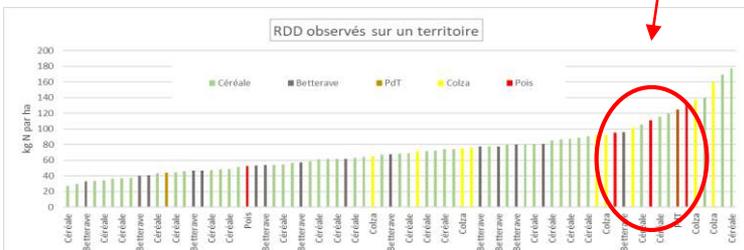
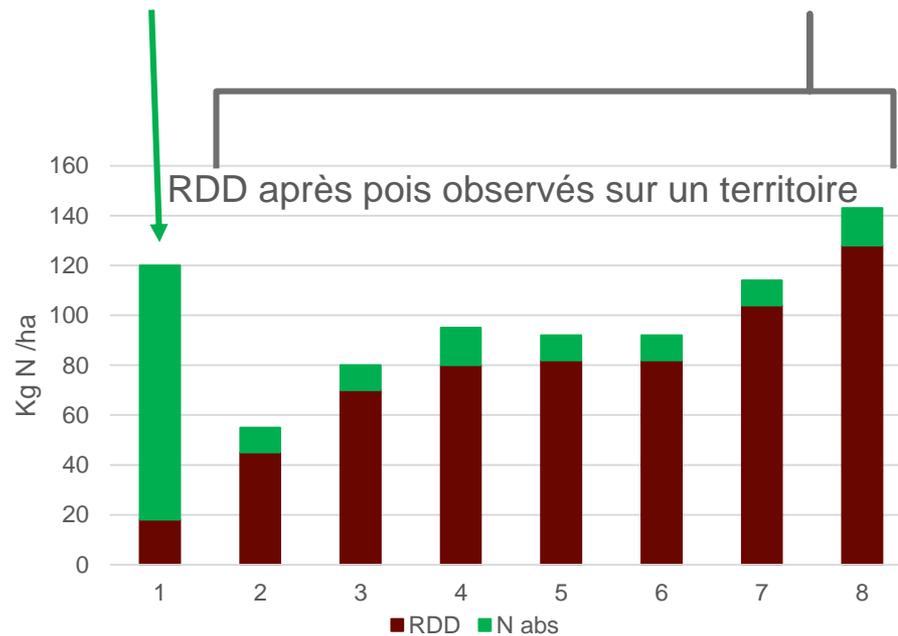
# Gérer l'après légumineuse pour diminuer les risques de pertes



Source : COMIFER - INRA - ITCF - CETIOM

## Pois - Colza

## Pois - Blé



CIPAN en  
interculture  
longue



Sources : AAC de Briennon 2018, Laurette Paravano, Eric Bizot, CA 89



# Implantation et désherbage mécanique du soja – Résultats d'essais du programme SOCRATE

Antoine VILLARD – Chambre d'Agriculture de Saône-et-Loire  
[avillard@sl.chambagri.fr](mailto:avillard@sl.chambagri.fr) – 03 85 29 56 22



**RÉGION  
BOURGOGNE  
FRANCHE  
COMTE**

avec le Fonds européen agricole pour le développement rural (FEADER)  
L'Europe investit dans les zones rurales.

# Programme SOCRATE 2016 -2020

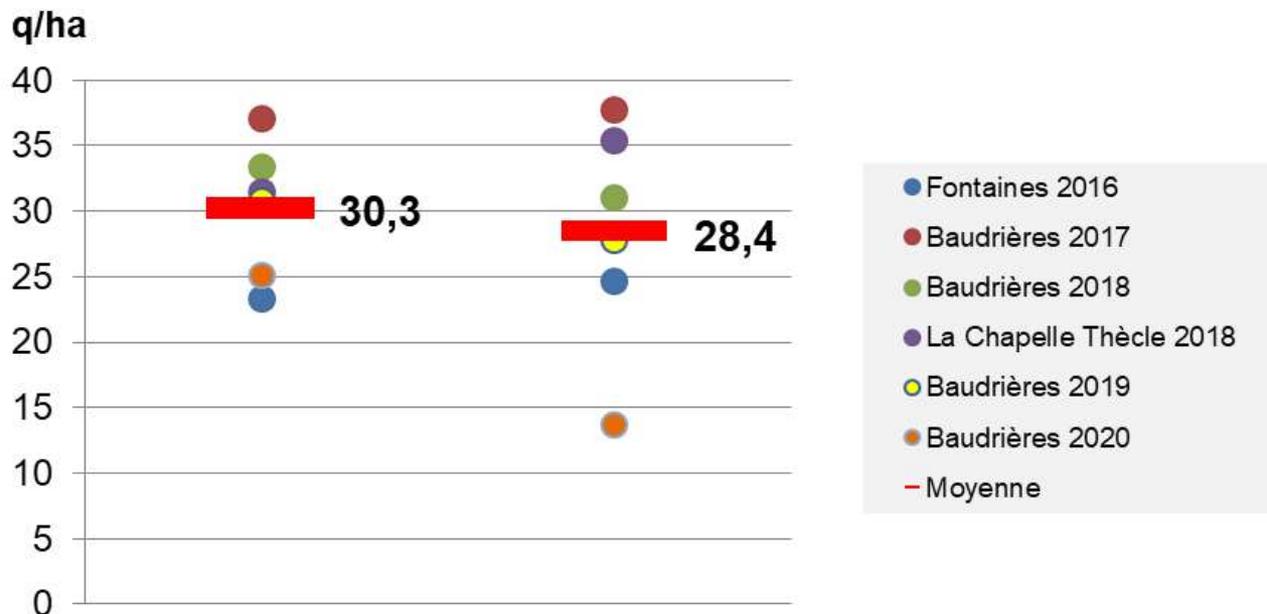
(SOja et Coopération dans la Recherche et l'Adaptation Technico-économique et Environnementale)



# SOJA : UNE CULTURE DE PRINTEMPS QUI SE PRÊTE BIEN AU SEMIS DIRECT

## 5 ans d'expérimentations en limons battants - semis direct (avec un semoir John Deere 750 A)

Le semis direct assure des rendements quasi équivalents aux situations avec un travail du sol profond classique, même en situation à hauts potentiels.



# SOJA : UNE CULTURE DE PRINTEMPS QUI SE PRÊTE BIEN AU SEMIS DIRECT

## En Semis direct :

- Levées de soja souvent plus faibles d'environ 10%, sans préjudice pour le rendement.
- Un effet indéniable pour limiter les levées d'adventices qui permet de limiter le désherbage ou de mieux maîtriser la propreté des parcelles.

SEMIS DIRECT



TRAVAIL DU SOL CLASSIQUE



Essai avec Ambroisie  
comptage récolte



|                 |                         |                         |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|
| Baudrières 2017 | indemne                 | 0,6 / 10 m <sup>2</sup> |
| Baudrières 2018 | indemne                 | 0,1 / 10 m <sup>2</sup> |
| Baudrières 2017 | 0,5 / 10 m <sup>2</sup> | 10 / 10m <sup>2</sup>   |

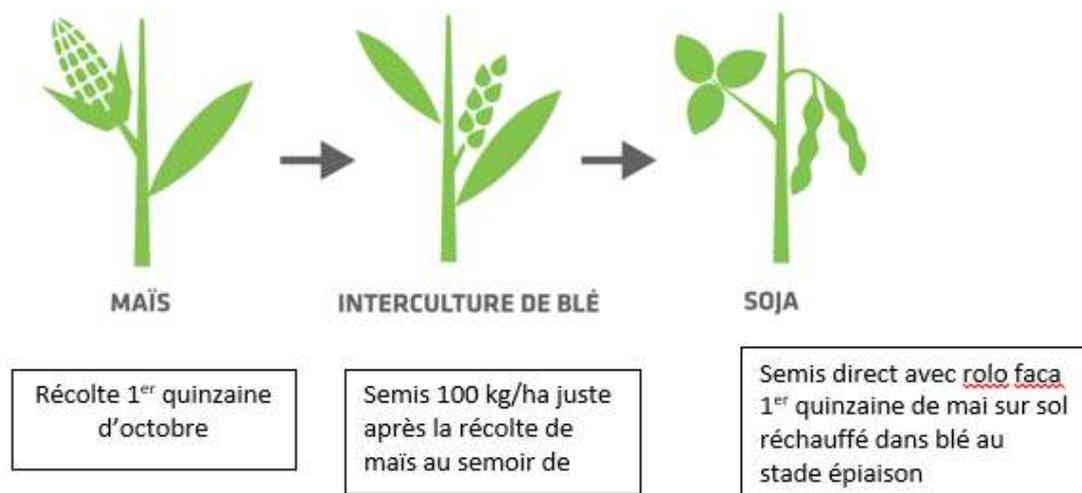
20 x moins  
d'ambroisie à la  
récolte en SD

semis avec travail du sol  
envahit d'ambroisie

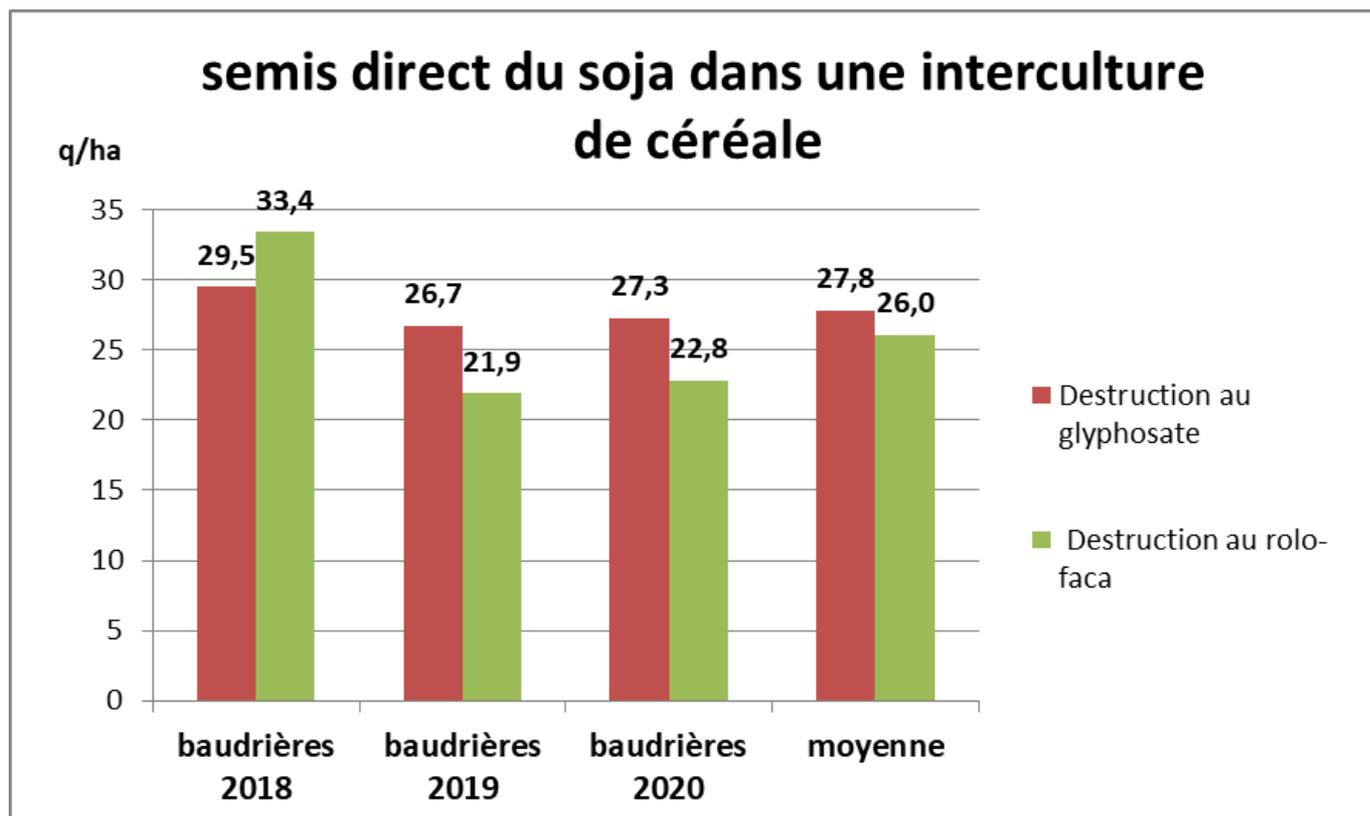


semis direct

# COMMENT SE PASSER DU GLYPHOSATE ? EN SEMIS SIMPLIFIÉ DU SOJA



# COMMENT SE PASSER DU GLYPHOSATE ? EN SEMIS SIMPLIFIÉ DU SOJA



# COMMENT SE PASSER DU GLYPHOSATE ? EN SEMIS SIMPLIFIÉ DU SOJA

---



Ces 3 années d'expérimentation, nous conduit aux préconisations :

- Semis direct du Soja (650 000 grains/ha) avec John-Deer SD750-A + Rolo faca à l'avant
- Le semis doit se faire dans un blé au stade épiaison sur sol réchauffé (10 mai à fin mai)
- Désherbage avec PULSAR 40 0,6 l + adjuvant en 2 passages séparés de 6 à 10 jours, 1er passage dès le stade 2 feuilles unifoliées du soja soit 18 à 25 jours après le semis (pour des semis de fin mai).

**L'utilisation du glyphosate au semis régularise, le salissement et la qualité de levée du soja.**

**Dans les parcelles pas trop sales cette technique sans glyphosate est toutefois validée.**

# ASSOCIER DÉSHERBAGE CHIMIQUE ET MÉCANIQUE

5 essais ont été mis en place de 2016 à 2020 en sol de limon ou alluvions à Verjux.

| modalité  | prélevée       | 1 feuille unifoliée             | 1 feuille trifoliée             | 1 à 3 feuilles trifoliées | Notation de qualité du désherbage               |
|---|----------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---|
| Chimique classique pré + post   | Mercantor gold | ½ dose PULSAR 40 ou BASAGRAN SG | ½ dose PULSAR 40 ou BASAGRAN SG |                           | Satisfaisant, sauf parcelle très sale           |
| Prélevée + Post levée + herse étrille<br>Sans herse étrille en prélevée | Mercantor gold | ½ dose PULSAR 40 ou BASAGRAN SG |                                 | Herse étrille             | Satisfaisant, sauf parcelle très sale           |
| Prélevée + herse étrille<br>Sans herse étrille en prélevée              | Mercantor gold |                                 | Herse étrille                   |                           | Souvent Insuffisant                             |
| Chimique classique tout en post   |                | ½ dose PULSAR 40 ou BASAGRAN SG | ½ dose PULSAR 40 ou BASAGRAN SG | Herse étrille             | Satisfaisant, sauf parcelle très sale           |
| Post levée + herse étrille<br>Sans herse étrille en prélevée            |                | ½ dose PULSAR 40 ou BASAGRAN SG | Herse étrille                   | Herse étrille             | Satisfaisant, sauf parcelle très sale           |
|   |                | ½ dose PULSAR 40 ou BASAGRAN SG | Herse étrille                   |                           | Satisfaisant, sauf parcelle très sale           |
| Post levée + herse étrille<br>Avec herse étrille en prélevée            | Herse étrille  | ½ dose PULSAR 40 ou BASAGRAN SG | Herse étrille                   | Herse étrille             | Très Satisfaisant, sauf parcelle très s         |
| Tout mécanique  | Herse étrille  | Herse étrille                   | Herse étrille                   | Herse étrille             | Très souvent Satisfaisant, sauf parce très sale |



# Comment dépasser les facteurs limitants des légumineuses ?

## Retour d'expériences d'agriculteurs

Louis BOURDIN – INRAE  
[louis.bourdin@inrae.fr](mailto:louis.bourdin@inrae.fr)

# Objectif



- Projet Européen **LEGVALUE**



- Depuis une trentaine années les surfaces en légumineuses décroissent, notamment car la conduite des légumineuses est soumise à de nombreux facteurs limitants (Cernay et al., 2015 ; Magrini et al., 2016) qui rendent leur culture compliquée : irrégularités des rendements, valorisations difficiles, manque de solutions efficaces face aux bioagresseurs.
- MAIS certains agriculteurs continuent à les cultiver et en sont satisfaits.

## Comment ils font et pourquoi ils sont satisfaits ?

- **Objectif** : identifier et présenter des pratiques réussies pour la culture de légumineuses et mises en œuvre par des agriculteurs qui en sont satisfaits, et formaliser ces connaissances pour inspirer et motiver d'autres agriculteurs à cultiver des légumineuses.

- Démarche de « **traque aux innovations** » (Salembier et al., 2021) :
  - *Phase de repérage* des agriculteurs producteurs de légumineuses par l'exploration d'un réseau d'acteurs (conseillers CRA, instituts de recherche, coopératives).
  - *Phase d'entretien* (30 min env.) avec les agriculteurs retenus pour identifier leur logique d'action : description des pratiques mises en œuvre sur l'exploitation, ainsi que des relations entre ces pratiques, les motivations de l'agriculteurs, les raisons de leurs choix et les résultats attendus.
  - *Capitalisation des connaissances sous la forme d'une fiche technique* incluant différents items clés pour favoriser le changement technique chez d'autres agriculteurs, et diffusées/mises à disposition gratuitement et librement sur le web

# Résultats et suite du projet

- 25 fiches synthétiques ont été réalisées en France + 15 aine de fiches construites par les partenaires LEGVALUE des réseaux de ferme EU.
- Actuellement travail à l'incorporation de ces fiches dans l'outil GECCO.

Productions :  Alimentation humaine  Alimentation animale  Fourrage  Crop benefits



Credits photo: terres inovia

## Le soja : alternative à la monoculture de maïs dans le sud ouest



Auteurs :  
Bourdin L.<sup>1</sup>, Jeuffroy M.-H.<sup>1</sup>  
INRA UMR Agronomie



Objectifs : limiter les intrants et l'érosion + maximiser les marges plutôt que les rendements

- Semis direct pour aggrader ses sols
- Diversification pour casser le cycle des adventices
- Bonnes marges économiques du soja et de l'orge

Gers, FRANCE

- Exploitation de 70 ha en grandes cultures et 25 ha en arboriculture et maraîchage
- Anciennement en monoculture de maïs
- Boulbènes + limons battants sujet à l'érosion

- Semis direct dans un sol ressuyé et réchauffé, début mai, voire fin avril pour viser une récolte au 15 octobre.
- Variété ISIDOR (groupe I).
- Rendements autour de 40 qtx en moyenne.
- Intercultures de féverole roulées au moment du semis.
- Elles sont faciles à implanter et à détruire.
- Restituent entre 25 et 30 UA/ha.



- Paillis récoltés pour faciliter le semis direct du soja dérobé (⚠ les paillis restantes peuvent camoufler les adventices : possibilité de déclencher une irrigation pour faire lever les 1<sup>ères</sup> herbes et les traiter).
- Semis direct fin juin début juillet dans les 2 jours qui suivent la récolte de l'orge d'hiver.
- Récolte entre le 15 et le 20 octobre au plus tard.
- Variétés 00 ou 000 ; souvent MENTOR (00).
- 25 à 30 qtx/ha suivant les groupes de précocité.

### Intrants

- 1L/ha de glyphosate après semis puis en post levée PULSAR 40 en deux fois 0.5 L à la 1<sup>ère</sup> trifoliée.
- 1 année sur 3, fumure de fond (15.15.15) sur culture de soja non dérobé.
- 4 tours d'irrigation de 25 mm.

### Post-récolte

- Grains qui sont stockés et ventilés à la ferme avant d'être pris en charge par la coopérative.
- Valorisé en alimentation humaine si les critères de qualité (taux de protéines, impuretés) sont remplis, autour de 350 euros la tonne en général, sinon valorisé en animale.

### Les + dans la rotation :

- Système racinaire du soja intéressant : en plus de restituer une partie de l'azote capté, le soja permet de récupérer une terre travaillée par les racelles et de bonne qualité ce qui favorise l'implantation d'une orge en semis direct.
- Modification de la flore adventice par rapport à l'ancienne monoculture de maïs.

### Évaluation de l'agriculteur :

- ☺ Avec le semis direct il règle un problème d'érosion et de battance très fort sur ces parcelles.
- ☺ Système plus diversifié et moins agressé qui lui permet d'améliorer l'état de ses sols et de remonter les taux de MO qui étaient devenus très faible.
- ☹ Fenêtre de récolte assez réduite et journées limitées en battage.

### Conditions de réussite et point de vigilance :

- Semer au plus tôt sans se précipiter.
- Éviter de battre trop fort les grains et favoriser un sol aplani ou une barre de coupe flex pour réussir la récolte.
- Attention aux phénomènes de tassement des 1<sup>ers</sup> cm du sol après 6, 7 ans de semis direct.
- Travailler le drainage de l'eau dans les champs.

# Exemple de mise en œuvre : cas n°1

Productions :  Alimentation humaine

Alimentation animale

Fourrage

Crop benefits

## Trieur mobile en CUMA, un outil d'autonomie pour trier ses récoltes



Objectifs : améliorer l'efficacité de production et d'utilisation des métaux sur la ferme.

- Diminution régulière de l'utilisation de correcteurs N
- Autonomie en semence
- Performances des associations facilement valorisables

Vendée, FRANCE

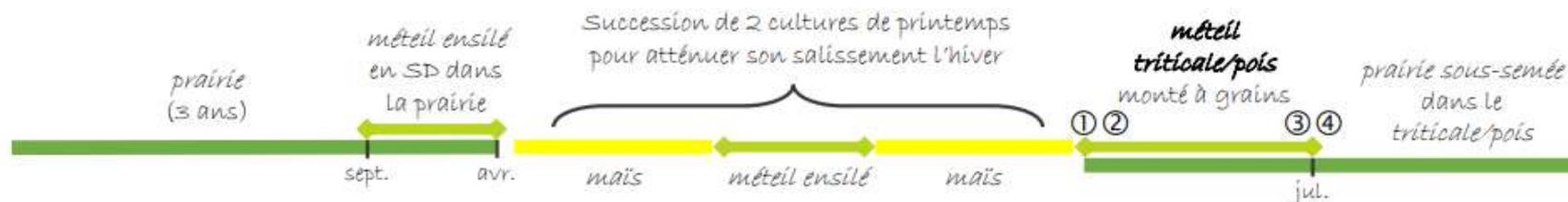
- Produit 1 million de litres de lait
- 196 ha en polyculture-élevage en ACS
- Sols limoneux argileux, limons profonds, fins assez fragiles avec des zones hydromorphes



Crédits photo: CRA Pays de la Loire

- **Cultures de légumineuses** : triticale/pois récoltés en grain mais aussi féverole pure ; trèfle, vesce et féverole à vocation fourragère = moteur azote de son exploitation
- **Facteurs limitants** : maîtrise des débouchés pour le triticale/pois + contrôle des adventices dans le mélange.
- **Moyens d'y remédier** : utilisation d'un trieur rotatif à 4 grilles + mise en place de divers leviers pour limiter le développement d'adventices.

# Exemple de mise en œuvre : cas n°1



## ① Semis et stratégies de désherbage :

- Autour de 20 grains/m<sup>2</sup> de semences fermières de pois.
- 110 kg/ha de triticale fermier (un peu de renouvellement à 3 ans).
- Obj à la levée = 15 pieds/m<sup>2</sup> de pois et 300 pieds/m<sup>2</sup> de triticale.
- Vise une **concurrence maximale dès l'implantation** en travaillant sur la densité de semis et sur le pouvoir couvrant de la prairie sous-semée (⚠ ne pas trop monter en densité de pois pour éviter d'alourdir le mélange et de le voir verser au printemps).

## ② Fertilisation :

- Avant : 3t de compost à l'automne.
- Aujourd'hui : teste sans fertilisation car il reste dubitatif sur l'efficacité d'utilisation de son compost en sortie d'hiver après lessivage.

## ③ Récolte et rendement moyen :

- Fauchage avec un temps de séchage de 8-10 jours avant de battre.
- 40 qtx/ha au total mais la **proportion entre triticale et pois peut varier énormément** entre années suivant les pressions maladies et le climat.

## Pour maîtriser ses débouchés :

- Trieur mobile en CUMA à 6 descentes
- Possibilité de récupérer les produits de tri en big bag ou directement dans des remorques
- 4 grilles réglables pour un débit de 7 à 8 t/h
- Pour le mélange *triticale/pois*, il garde le pois et peut vendre une partie du triticale en coop

## Bénéfices :

- Davantage de contrôle sur le devenir de ses récoltes
- Systématise le *triticale/pois*
- Autonomie en semences
- Développe ses méteils

# Exemple de mise en œuvre : cas n° 2

Productions :  Alimentation humaine

Alimentation animale

Fourrage

Crop benefits



Crédits photo: Arvalis

## Luzerne : une solution pour améliorer son autonomie alimentaire



Objectifs : renforcer son autonomie protéique par une culture avec une bonne pérennité et un bon tonnage en protéine

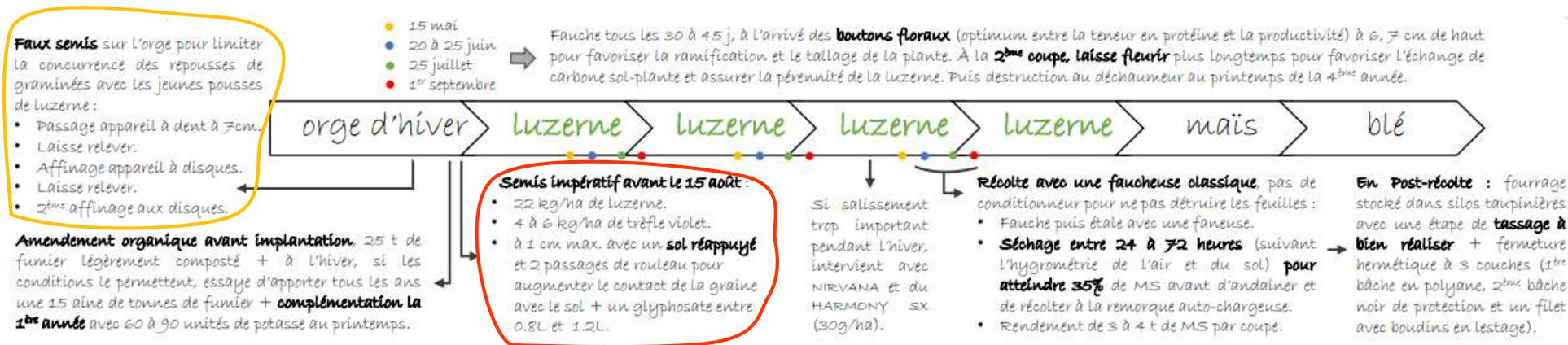
- La luzerne apporte une sécurité en sol séchant
- Restructure le sol grâce à son système racinaire pivot

Seine Maritime, FRANCE

- 92 ha en polyculture-élevage en ACS
- Atelier laitier qui transforme 450 000 L de lait
- « petite Sibérie de l'Oise », 700 à 900 mm
- Argile à silex et sablo-limoneux à silex

- **Cultures de légumineuses** : *luzerne* implantée en été et valorisée en ensilage
- **Facteurs limitants** : **compétition avec les adventices** + **maîtrise de la levée**
- **Moyens d'y remédier** : utilisation de **plantes compagnes** + recours au **faux semis** + **cible de bonnes conditions au semis**

# Exemple de mise en œuvre : cas n° 2



## Pour limiter les adventices et réussir l'implantation :

- Plusieurs opérations de faux semis
- Associe la luzerne avec du trèfle violet
- Planifie les fenêtres de semis
  - Luzerne toujours implantée derrière une orge pour un semis précoce d'été et une levée rapide
  - Avant le 15 août pour davantage de pérennité
  - Si possible avant un épisode pluvieux

## Bénéfices :

- Restitution N et gain de productivité pour les suivants
- Diminution des apports d'engrais chimiques
- Apporte une sécurité en conditions séchantes
- Levier pour lutter contre le chardon

# Synthèse des entretiens réalisés

| Facteurs limitants rencontrés              | Leviers mis en place  |
|--|---|
| <b>Prix de ventes faibles</b>              | <b>Commercialisation sans intermédiaire en circuit court</b>  |
| <b>Difficultés de récolte</b>              | <b>Choix de matériel plus adapté + préparation de la parcelle (rouleau ou TSC pour éviter de remonter les cailloux)</b> |
| <b>Sensibilité à la verse</b>              | <b>Plantes compagnes pour un effet tuteur</b>   |
| <b>Sensibilité aux risques météo</b>       | <b>Adapter les dates de semis ou les variétés</b>   |
| <b>Sensibilité aux maladies/ ravageurs</b> | <b>Légumineuses cultivées en mélange</b>  |
| <b>Excès d'eau dans le sol en hiver</b>    | <b>Mise en place de couvert d'interculture pour pomper l'eau</b>  |



INRAE



# Impact de la répartition des systèmes dans différents contextes sur l'économie en azote minéral du programme LegValue

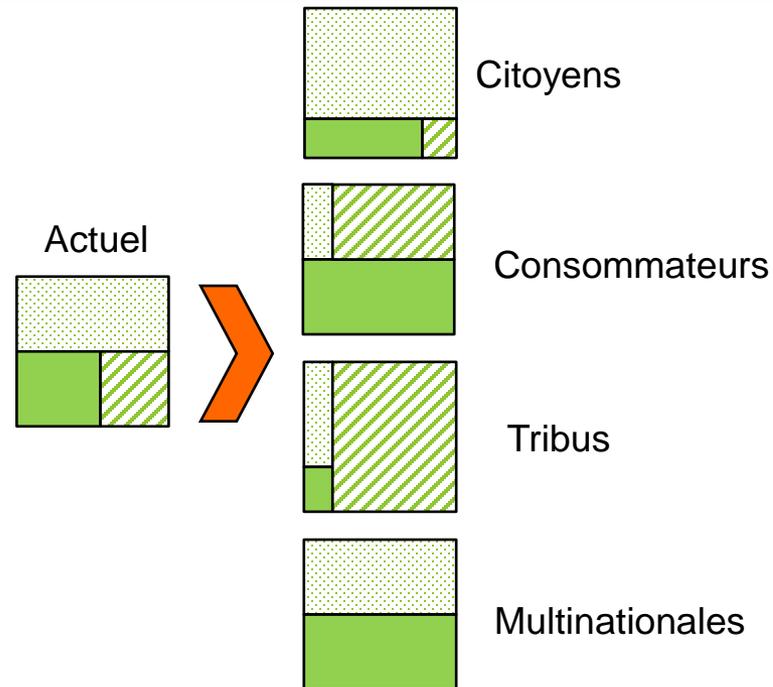
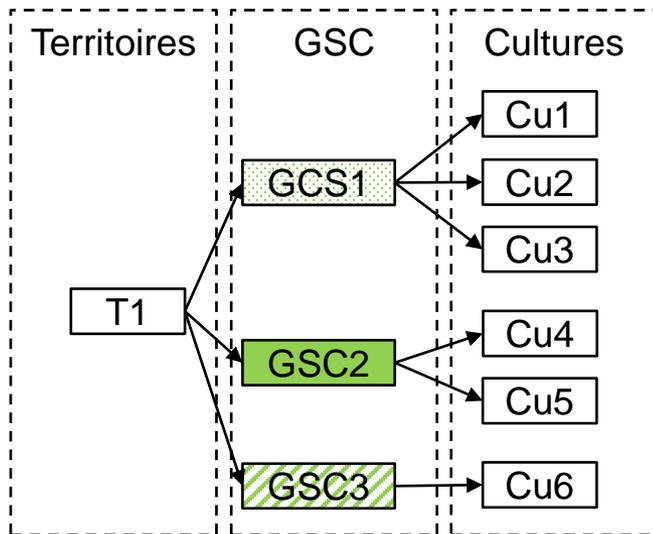
Paul Belleville – INRAE  
paul.belleville@inrae.fr

# De la diversité des légumineuses...

- Le projet LEGVALUE :  
participer au développement des légumineuses en Europe.
- Diversité des...
  - ✓ **produits** récoltés,
  - ✓ **services**/dis-services,
  - ✓ **systèmes** de culture avec légumineuses,
  - ✓ **contextes** de développement
- La création de scénarios contrastés à dire d'experts
- Démarche réalisée dans plusieurs pays d'Europe et régions de France

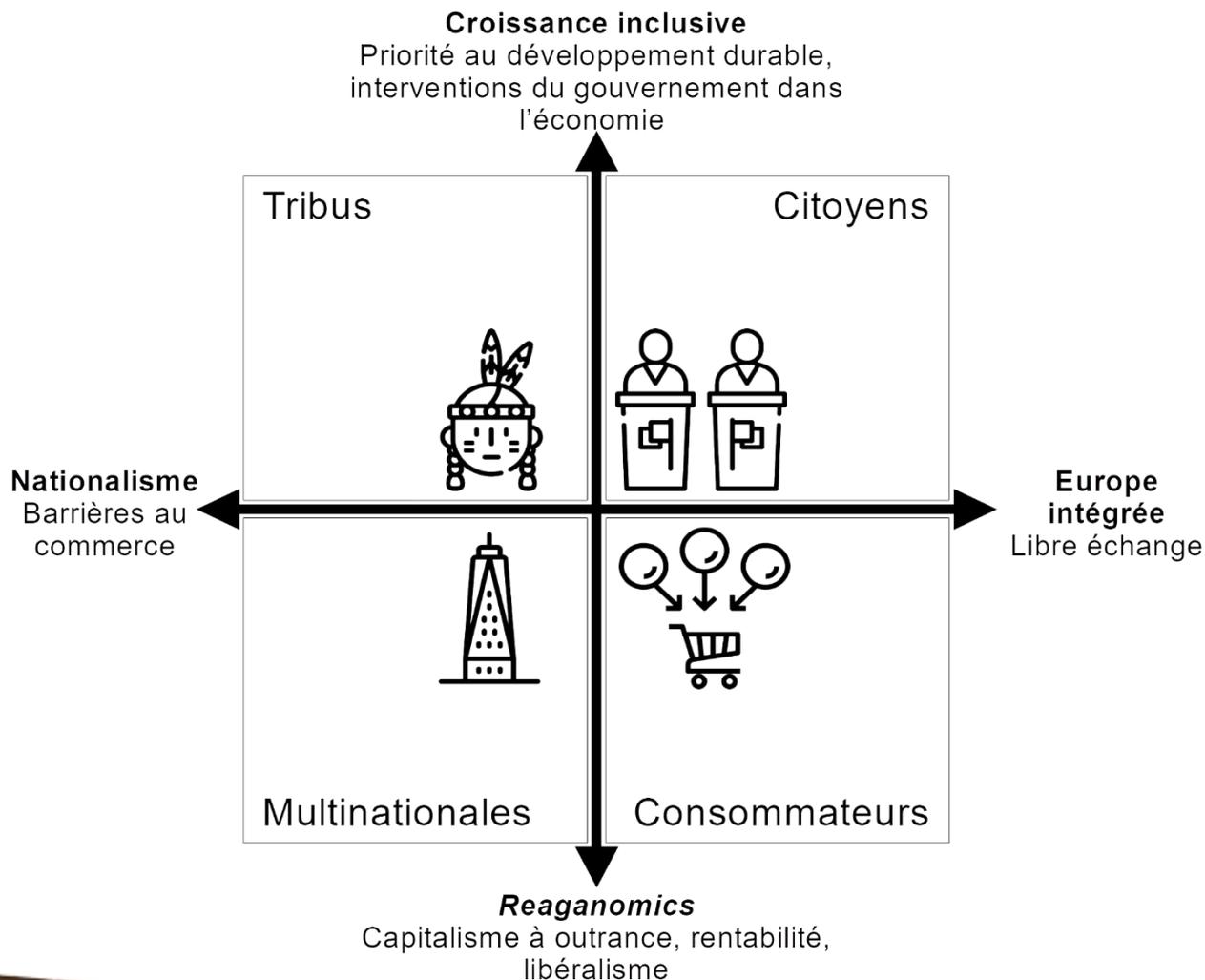


# Vue d'ensemble de la méthode



| Contexte        | Productions | Consommations | Efficiences |
|-----------------|-------------|---------------|-------------|
| Actuel          |             |               |             |
| Citoyens        |             |               |             |
| Consommateurs   |             |               |             |
| Tribus          |             |               |             |
| Multinationales |             |               |             |

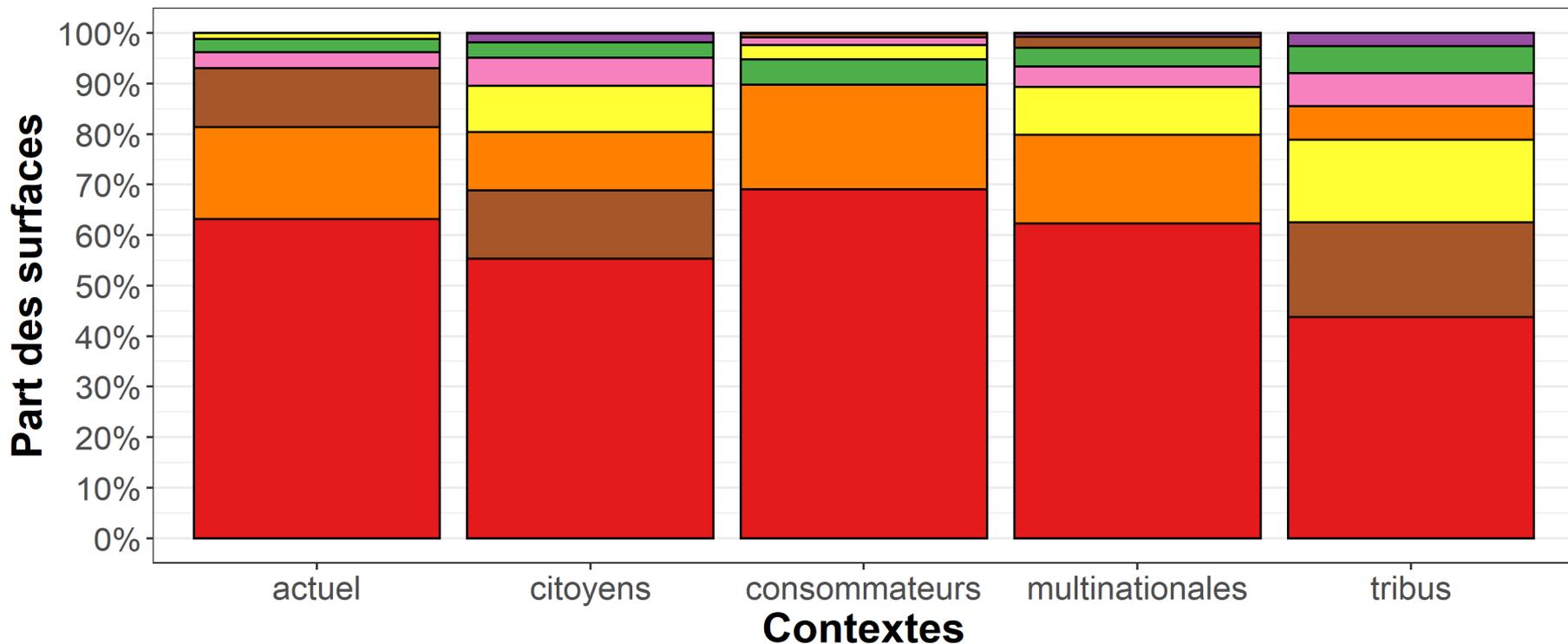
# Les contextes



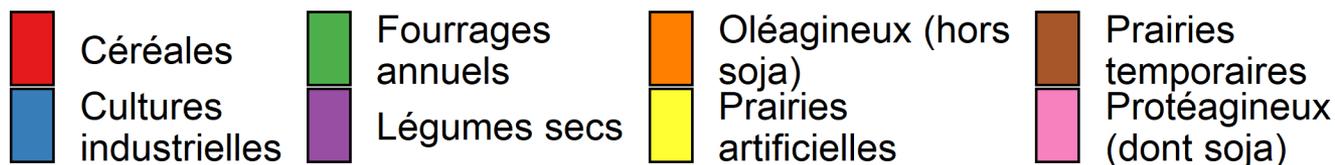
# Les groupes de systèmes de culture

| GSC...  | Légumineuses ? | Existant ? |
|---|----------------|------------|
| ... avec colza et céréales                        | Sans           | Oui        |
| ... avec féverole et céréales                     | Avec           | Oui        |
| ... avec légumineuses fourragères et céréales     | Avec           | Oui        |
| ... avec maïs grain et céréales                   | Sans           | Oui        |
| ... avec pois et céréales                         | Avec           | Oui        |
| ... avec prairies temporaires                     | Avec           | Oui        |
| ... avec tournesol et céréales                    | Sans           | Oui        |
| ... avec associations de cultures                 | Avec           | Oui        |
| ... avec soja et céréales                         | Avec           | Oui        |
| ... adaptation du système conventionnel céréalier | Avec           | Innovant   |
| ... céréalier en AB                               | Avec           | Innovant   |
| ... conventionnel polyculture-élevage laitier     | Avec           | Innovant   |

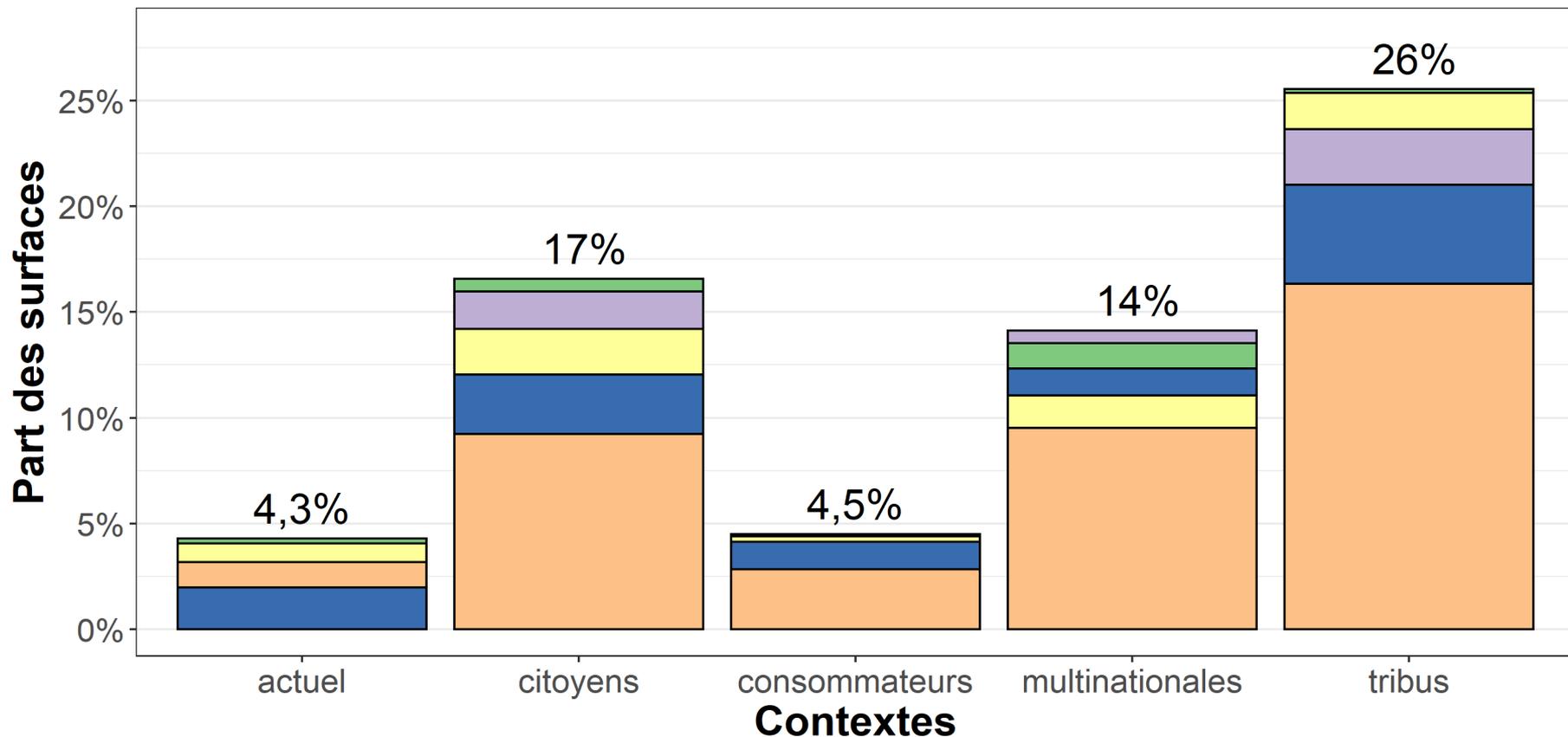
# Assolements et successions



## Cultures



# Place des légumineuses



## Légumineuses

■ Féverole
 ■ Lentille
 ■ Luzerne
 ■ Pois protéagineux
 ■ Soja

# Impacts sur l'azote

| Contextes       | Production d'azote<br>(contenu dans<br>les protéines)<br>(kg/ha/an) | Production de<br>protéines<br>brutes<br>(kg/ha/an) | Engrais<br>minéral azoté<br>consommé<br>(kg/ha/an) | Rapport entre<br>l'azote produit<br>et l'azote<br>consommé |
|-----------------|---|--|--|--|
| actuel          | 130   | 811  | 127  | 1,0  |
| citoyens        | 131   | 818  | 87   | 1,5  |
| consommateurs   | 129   | 803  | 139  | 0,9  |
| multinationales | 134   | 837  | 116  | 1,2  |
| tribus          | 133   | 832  | 48   | 2,8  |

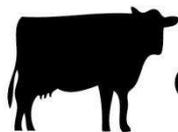
Production d'azote = production de protéines brutes / 6,25

# Conclusion

---

- 4 développements des légumineuses contrastés.
- Pas d'augmentation de la production de protéines
- Mais, **sous certaines conditions**, moins d'azote minéral pour une production équivalente

GO



Proteins

Bourgogne  
Franche-comté

2019-2021

Capitaliser et innover en réseau avec les agriculteurs et leurs partenaires  
vers un pôle de compétences « protéines »  
en Bourgogne - Franche-Comté



UNION EUROPEENNE

REGION  
BOURGOGNE  
FRANCHE  
COMTE

avec le Fonds européen agricole pour le développement rural (FEADER)  
L'Europe investit dans les zones rurales.