



# PARTAGE

Pour boucler le cycle de l'azote



#2 - avril 2021

# La Gazette

"la gazette de l'azote"



## Légumineuses, une entrée d'azote dans les systèmes : comment ça marche et à quelles conditions ?

L'introduction de légumineuses dans la succession culturale permet de capter l'azote de l'air et donc d'assurer une entrée de l'azote renouvelable dans le système de production et de fournir par la suite de l'azote à l'agrosystème et des protéines dans les produits de la récolte.

Pour bénéficier pleinement des services que peuvent rendre les légumineuses (apport et fourniture d'azote, rupture des cycles des bio-agresseurs, moindre acidification et moindre émission de gaz à effet de serre), il s'agit d'abord de réussir la croissance maximale de la plante et donc d'avoir une nutrition azotée satisfaisante. Or les légumineuses sont capables de compléter ou suppléer l'absorption racinaire d'azote minéral par la fixation symbiotique de l'azote de l'air.

Par rapport à l'assimilation du nitrate, le processus de fixation biologique est plus sensible aux conditions rencontrées selon la combinaison du climat ou des pratiques agricoles. Les cultures annuelles comme le pois et la féverole ont connu des coups de chaud ou de sec ou des excès d'eau lors des deux dernières campagnes. Comment favoriser la bonne expression de cette fonction centrale pour ces cultures ?

### L'implantation est cruciale pour des nodosités fonctionnelles

Avoir une structure aérée pour le lit de semence et un sol bien ré-essuyé sont des conditions essentielles pour l'implantation d'une légumineuse afin d'assurer l'enracinement et l'installation correcte des nodosités, siège de la fixation azotée symbiotique (encadré).

La bonne nutrition azotée des légumineuses repose essentiellement sur des nodosités fonctionnelles. L'alimentation de la culture sera assurée s'il y a un nombre suffisant de nodosités installées lors de la phase végétative d'une culture de légumineuse annuelle.

Pour le cas du pois, pour lequel une courbe de dilution existe, on sait qu'**un indice de nutrition azoté (INN) supérieur à 1 à début de floraison est une condition nécessaire pour atteindre les meilleurs potentiels de rendement.**

Des résultats de premières mesures faites sur les nodosités de pois un peu avant floraison dans des essais de Terres Inovia en 2016 et 2017 (deux années contrastées au niveau climatique) ont souligné une corrélation entre un nombre élevé de nodosités et des rendements également élevés.

### **Fixation symbiotique de l'azote : Comment ça marche ?**

La fixation azotée symbiotique est le processus biologique qui permet de convertir l'azote de l'air ambiant ( $N_2$ ) en azote minéral intermédiaire (azote ammoniacal,  $NH_3$ ) qui est alors assimilable par les organismes vivants pour constituer les molécules organiques (notamment les protéines). Pour la légumineuse, tout part d'un dialogue moléculaire entre la plante hôte qui sécrète des flavonoïdes et des bactéries du sol, du genre *Rhizobium* (ou parfois *Bradyrhizobium*), dont les facteurs Nod sont reconnus par la plante, ce qui déclenche le processus d'infection et la formation de petites excroissances sur les racines : les nodosités. Puis la symbiose se traduit par des échanges réciproques de nutriments entre la plante et le rhizobium hébergé et transformé en bactéroïde dans la nodosité : la plante fournit sucres et énergie et elle bénéficie de l'azote minéral produit par le bactéroïde par fixation de l'air ambiant.



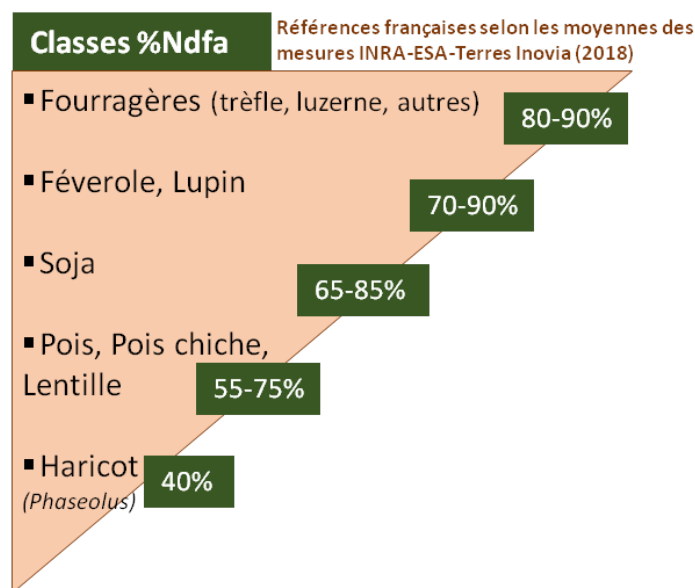
Les bactéries étant en général présentes dans tous les sols français, l'inoculation est inutile sauf pour le cas du soja, où elle est quasi systématique, et elle peut s'avérer nécessaire dans des conditions spécifiques pour certaines espèces comme dans le cas du lupin en sols basique ou la luzerne et le pois chiche en sols acides.

Photo de nodosités sur des racines de féverole. *La souche de rhizobium et la taille des nodosités sont différentes selon les espèces de légumineuses. La couleur rosée des nodosités, bien visible lorsqu'on les coupe en deux, est un signe de bon fonctionnement (présence de leghémoglobine).*

### **La part d'azote fixé différente selon les espèces et modes d'insertion**

L'entrée d'azote renouvelable est variable selon les espèces de légumineuse. En effet le pourcentage de fixation symbiotique par rapport au prélèvement total d'azote (%Ndfa) est une caractéristique intrinsèque de chaque espèce (figure) qui, combinée avec le rendement obtenu, va déterminer la quantité d'azote fixée (QNdfa) qui rentre dans le système. Le haricot a le taux de fixation le plus faible (%Ndfa moyen de 40%) alors que la féverole, le lupin ou le soja ont des taux élevés d'azote fixé (%Ndfa de 65 à 90%). Les pois chiches, lentille et le pois ont un taux de fixation moyen de 55-75%. Le trèfle et la luzerne ont un taux de fixation moyen de 90%.

Le mode de culture a également une influence. Le taux de fixation est en effet plus fort dans le cas des légumineuses en association de culture ; l'autre partenaire utilisant l'azote du sol, cela oblige la légumineuse à renforcer la part d'azote fixé symbiotiquement.



*La part d'azote fixé symbiotiquement par la légumineuse (le reste étant la part issue de l'absorption racinaire de l'azote minéral du sol).*

### **A chaque espèce sa flexibilité entre les deux voies de nutrition**

Au-delà de ces taux moyens par espèce, la part d'azote fixé connaît une plage de variation car elle est fortement réduite, en faveur de l'absorption racinaire, lorsque le sol a une teneur élevée d'azote minéral. Si cette diminution est toujours proportionnelle à la disponibilité en nitrate du sol, les espèces de légumineuses ne connaissent pas la même sensibilité.

Selon une thèse co-financée par Terres Inovia (Guinet 2019), le taux de fixation de l'espèce est réduit de moitié lorsque la teneur en azote minéral du sol au semis passe de 0 à 80 kgN/ha pour le haricot, ou est supérieure à 140 kgN/ha pour le pois et à 280 kgN/ha pour la féverole. A 370kg d'azote minéral dans le sol au semis, la fixation symbiotique est maintenue, respectivement pour la féverole et le lupin, à 45% et 30% de l'ensemble de leur nutrition azotée, alors qu'elle est complètement inhibée pour le reste des espèces (comme le pois ou la lentille ou le haricot). Chez la féverole et le pois, la fixation couvre en majorité les besoins azotés de la plante.

Pour le pois, en condition moyenne française, la proportion d'azote fixée varie entre 50 et 70%, mais peut descendre à 30% dans un sol riche en azote minéral (reliquat à la récolte de la culture précédente de 60-120 kgN/ha), ou dépasser les 80% dans des sols pauvres en nitrates comme des sols sableux peu fertilisés, si les conditions favorables à la fixation sont par ailleurs réunies.

Cependant, en conditions défavorables, pour chaque espèce, des pourcentages de fixation plus faibles que ceux prédits par la disponibilité en nitrate peuvent être observés et peuvent conduire à des situations de carence en azote.

## **Des situations de carence à éviter, un diagnostic à poser**

Les conditions défavorables entraînant notamment un nombre faible de nodosités en début de cycle peuvent être liées à différents facteurs : tassement du sol, présence d'aphanomyces (source de maladie racinaire) ou attaques de sitones, stress hydrique précoce ou excès d'eau, manque de phosphore, pH du sol pour certaines espèces.

Afin d'identifier les facteurs en jeu dans le cas des difficultés rencontrées dans le Grand Est pour le pois et la féverole, les partenaires du projet PARTAGE engagent des diagnostics agronomiques en parcelle agricole sur la base d'un suivi d'un nombre ajustable d'indicateurs en cours de campagne, y compris avec des observations des nodosités. Ce diagnostic sera particulièrement utile pour comprendre a posteriori les facteurs limitants qui ont agi sur les processus d'élaboration du rendement de la culture et ainsi progresser pour la réussite des pois et féveroles selon les contextes. En parallèle les partenaires réfléchissent aux leviers à tester pour assurer une meilleure implantation et renforcer la robustesse de ces cultures d'intérêt pour les filières de protéines végétales et pour la diversification des cultures en bas intrants.

## **Une entrée à valoriser aussi pour le système**

Ainsi, la première condition pour bénéficier de l'azote des légumineuses est d'assurer une bonne nutrition de la plante. Avec une culture de légumineuse réussie, présentant un rendement élevé et une bonne teneur en protéines des graines, l'agriculteur bénéficiera ensuite d'un effet du précédent cultural plus intéressant pour les cultures suivantes, à condition de bien concevoir la succession culturale et les pratiques associées afin d'éviter les pertes par lixiviation et de synchroniser les restitutions d'azote avec les besoins de la culture suivante. En bonus, pour tous, une meilleure qualité de l'air et moins de gaz à effet de serre.

## **Auteurs et références**

*Anne Schneider et Véronique Biarnès, Terres Inovia*

En savoir plus :

<https://www.terresinovia.fr/web/institutionnel/nos-actions/favoriser-les-processus-naturels>

Guinet (2019). Quantification des flux d'azote induits par les cultures de légumineuses et étude de leurs déterminants - Comparaison de 10 espèces de légumineuses à graines, PhD thesis. Université de Bourgogne Franche-Comté.

Schneider et Huyghe (2015) Schneider A., Huyghe C. (2015). Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables. Éditions Quæ, Versailles, 473 pages.