Quelle quantité d'azote les légumineuses fixent elles dans l'air ?

Les plantes appartenant à la famille des fabacées (légumineuses) ont la particularité de pouvoir établir une symbiose avec des bactéries du sol (rhizobium). Ces bactéries sont alors internées dans des excroissances racinaires appelée nodules où elles fixent le diazote présent en abondance dans l'air et le rendent disponible à la plante. Cela dit la plante reste en capacité de prélevé l'azote présent dans le sol. Il est difficile de formuler une réponse courte à la question posée, en raison du nombre de paramètres à prendre en compte pour définir le ratio entre la quantité d'azote issue du sol et celle issue de la fixation symbiotique.

A. Une fixation symbiotique coûteuse

La fixation symbiotique est un processus biologique coûteux pour la plante, ainsi, si le sol contient de l'azote minéral en quantité suffisante, les légumineuses privilégieront l'azote minéral disponible dans le sol. La fixation symbiotique prend le relais quand l'azote minéral se raréfie (taux minimal variable selon les espèces et les variétés = facteur génétique). De façon générale, la présence de nitrate dans la solution du sol limite la fixation symbiotique.

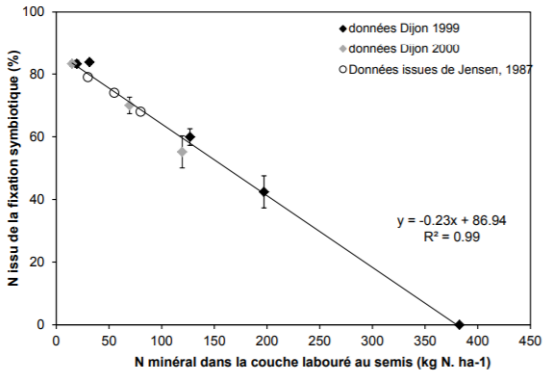

Figure 1 : Relation entre la disponibilité en azote dans le sol lors du semis et la fixation symbiotique par le pois. **La relation indique que la fixation symbiotique est inhibée de façon proportionnelle à la quantité d'azote minéral disponible au semis.** INRA - Voisin A, Cellier P, Jeuffoy M.

B. Variations de la dynamique de fixation symbiotique au cours du cycle

Le prélèvement de l'azote par une légumineuse peut se diviser en **quatre grandes étapes** au cours du cycle de vie de la plante. Cette dynamique, quantifiée sur le pois, est transposable à toutes les légumineuses à graines.

Etape 1 : En début de cycle, les besoins en azote nécessaires à la mise en place de la plantule sont assurés par la semence, l'autonomie étant proportionnelle à la taille de la graine.

Etape 2 : A partir de la levée, l'absorption de nitrates provenant de l'azote minéral dans le sol prend le relais puis diminue au fur et à mesure de l'épuisement du nitrate présent dans le sol. La fixation symbiotique et la mise en place de nodosités démarre dès que les réserves de la graine et les reliquats azotés ne permettent plus de subvenir aux besoins en azote pour la croissance. (Des niveaux d'azote minéral supérieurs à 50 kg.ha environ retardent la mise en place des nodosités chez le pois et limitent la fixation symbiotique.)

Etape 3 : La fixation symbiotique augmente au cours de la phase végétative. Puis, la légumineuse a la capacité de basculer d'une voie à l'autre, en fonction de la disponibilité en azote minéral du sol et des

besoins de la plante, sauf si le fonctionnement des nodosités a été longtemps inhibé (notamment par des stress environnementaux).

Etape 4 : A partir du début du remplissage des graines, la fixation symbiotique décroît : cette baisse est interprétée comme une conséquence de la **compétition pour les nutriments carbonés issus de la photosynthèse qui est exercée par les graines au cours de leur remplissage, aux dépens des nodosités** (dont l'efficience est aussi diminuée par leur vieillissement). **En plus de ce facteur intrinsèque majeur, des facteurs environnementaux défavorables (par exemple des stress hydriques) peuvent contribuer à accélérer la diminution de la fixation symbiotique en fin de cycle.**

Score visuel	Nodules de trèfle
2 (bon)	De nombreux nodules en filets sont visibles sur les racines de trèfle (4-8 par 2 cm), jusqu'à une profondeur de 15-20 cm : beaucoup sont gros (>2 mm). Au moins la moitié d'entre eux ont une nette couleur rose pâle en surface, et l'intérieur rouge vif à marron rouge de leghémoglobine qui coule quand on les coupes et les écrase.
1 (moyen)	Les racines de trèfles ont quelque nodules (1 par 2 cm) jusqu'à une profondeur de 7,5 à 15 cm. Les plus gros nodules sont de taille moyenne (1-2 mm), ont une légère teinte rose pâle à leur surface, et l'intérieur rose à marron clair de leghémoglobine quand on les coupe.
0 (mauvais)	Les racines de trèfle n'ont pas ou peu de nodules, situés dans les premiers 7,5 cm de sol. Les nodules sont petits (< 1mm), ont une surface blanche et peu ou pas de signes de leghémoglobine quand on les coupe.

Figure 2 : Score visuel des nodules de trèfles. Outil terrain pour identifier l'intensité de la fixation symbiotique d'une légumineuse (ici le trèfle). www.alliance-elevage.com

C. L'intérêt des mélanges

En vue des informations fournies ci-dessus il semble possible d'optimiser la fixation de l'azote atmosphérique à travers la composition de la diversité du couvert végétal. **On sait que les graminées ont des systèmes racinaires fibreux plus efficaces pour extraire les nutriments et l'humidité du sol que les légumineuses, qui elles ont un système racinaire pivotant. Par conséquent, dans une association légumineuse - graminée, la graminée utilisera l'azote dans le sol plus efficacement. Le niveau d'azote du sol ainsi diminué, les légumineuses fixeront d'avantage l'azote atmosphérique.** Rappelons également que les crucifères ont cette capacité de capter rapidement l'azote disponible dans le sol. Aussi, même si on encourage la diversification des mélanges en couverture végétale, il convient de garder à l'esprit que certaines légumineuses originaires d'autres continents ne trouverons pas les bactéries symbiotiques nécessaire à la fixation dans nos sols (comme par exemple le soja, qu'il faut inoculer).

La réponse du chercheur - Guillaume Piva

Unité de recherche LEVA (Légumineuse Ecophysiologie Végétale et Agroécologie) ESA Angers Loire

« Bien sûr que c'est très variable. En situation peu riche en azote minéral dans le sol, on peut être à des taux de fixation de 85% environ pour les légumineuses. En revanche si le sol est très riche en azote, il y a un effet inhibiteur de la fixation symbiotique (qui peut descendre à 40% dans ces situations). Cependant nous avons constaté que la féverole est bien moins sensible que d'autres légumineuses à cet effet inhibiteur et est capable de fixer même en situation riche en azote. Attention cependant, la fixation symbiotique décline fortement à partir de floraison. »

Rédaction : Florian Castel & Nicolas Dubreil

***Références principales** : INRA - Voisin A, Cellier P, Jeuffoy M. - Fonctionnement de la symbiose fixatrice de N2 des légumineuses à graines : Impacts Agronomiques et Environnementaux. - Innovations Agronomiques 43 (2015) • www.alliance-elevage.com*