

INOCULATION DES LÉGUMINEUSES (FABACÉES)

UN COUP DE POUCE À DONNER
dans certaines conditions

Un excès d'azote dans le sol, de calcaire, de cuivre, mais aussi la sécheresse, sont des facteurs qui peuvent empêcher la nodulation.

© M. Mequat - ARVALIS - Institut du végétal

Les légumineuses peuvent s'associer à des bactéries, appelées couramment rhizobium, qui leur donnent la capacité à utiliser l'azote de l'atmosphère. En fonction des conditions du milieu, il peut être nécessaire d'inoculer la plante pour favoriser ce mécanisme. C'est le type de culture, de rotation et de condition pédoclimatique qui orienteront ou non vers cette pratique.

Dans cette symbiose, la bactérie apporte l'équipement enzymatique qui permet la fixation de l'azote atmosphérique, et la plante, l'énergie nécessaire à cette opération via la photosynthèse. Lorsqu'elle est totalement opérationnelle, cette fixation biologique peut couvrir jusqu'à 80 % des besoins en azote de la plante. Mais pour que cet échange puisse être pleinement fonctionnel, certains facteurs limitants de la nodulation

« L'inoculation est nécessaire

lorsque les populations bactériennes spécifiques sont absentes, en nombre insuffisant, ou non efficaces. »

ou de la fixation doivent être levés (excès d'azote minéral, déficit d'alimentation hydrique). Il est également nécessaire que la bactérie spécifique de la culture soit présente en nombre suffisant dans le sol. Certaines situations peuvent donc conduire à une inoculation.

C'est le cas lorsque la plante hôte n'est pas originaire de la zone géographique et que son partenaire microbien est absent. Aussi, lorsque le milieu exerce des contraintes sur la survie des populations

Type	Formulation	Fabricant	Distributeur	Produit	Dose/ha inoculum	Efficacité	Prix en euro/ha
Inoculation sur micro-granulés	Tourbe + micro-granulés	Novozymes	De Sangosse	BIODOZ Soja granulés	400 g tourbe + 10 kg microgranulés	++	33-35
		BASF	Euralis semences	Microgranulés NPPL	400 g tourbe + 10 kg microgranulés	++	33-36
Inoculation sur semences	Tourbe	Novozymes	De Sangosse	BIODOZ Soja stabilisé	400 g	++	23-24
		BASF	Euralis semences	Tourbe NPPL	400 g	++	20-25
	Tourbe + adhésif	BASF	Euralis semences	NPPL force 48	400 g tourbe + 800 ml adhésif	+++	30-35
	Liquide	BASF	Jouffray-Drillaud	RHIZOFLO	400 ml	+++	27-30

Tableau 1 : Techniques d'inoculation pour le rhizobium du soja *Bradyrhizobium japonicum*.

bactériennes spécifiques, leur nombre peut devenir insuffisant et nécessite un apport externe. Enfin, la population de rhizobium spécifique à la culture peut être présente mais d'une efficacité à fixer l'azote considérée comme insuffisante. Dans ce cas, il faudra inoculer avec une nouvelle souche de bactérie capable de rentrer en compétition avec la population autochtone pour former des nodosités.

Soja : l'inoculation n'est pas toujours obligatoire

Originaire d'Asie, le soja fait partie de ces cultures où l'inoculation est souvent nécessaire puisque cette espèce ne dispose pas de rhizobiums naturellement présents dans les sols français. Depuis 1980, une seule souche de *Bradyrhizobium japonicum* G49 est homologuée en France. Mais lorsqu'une parcelle reçoit régulièrement le protéagineux, les populations restantes peuvent survivre à des niveaux satisfaisants (figure 1). Néanmoins, par précaution, la ré-inoculation est conseillée sauf lorsque la culture a un délai de retour inférieur à quatre ans. Les sols très calcaires ou très sableux sont quant à eux peu favorables à la survie de la souche G49 et nécessitent une inoculation systématique.

Féverole et pois : vers un changement de pratique ?

Le rhizobium du pois et de la féverole, *Rhizobium leguminosarum*, est lui présent naturellement dans les sols français. La pratique établie de longue date est l'absence d'inoculation, avec des résultats satisfaisants sur les états de nodulations et de nutrition azotée. Néanmoins, le monde de la recherche tend à reconsidérer la question. Des données ponctuelles suggèrent en effet qu'il pourrait y avoir de légères augmentations de rendement ou de teneurs en protéines des graines après inoculation. Ceci reste à vérifier. De plus, l'émergence des types hiver de ces deux espèces semées plus tôt tend à modifier les conditions de milieu au moment de la formation des nodosités. D'où la question et l'éventualité d'une recherche de partenaires symbiotiques les plus adaptés à ces nouvelles cultures d'hiver. Un travail qui nécessitera plusieurs années.

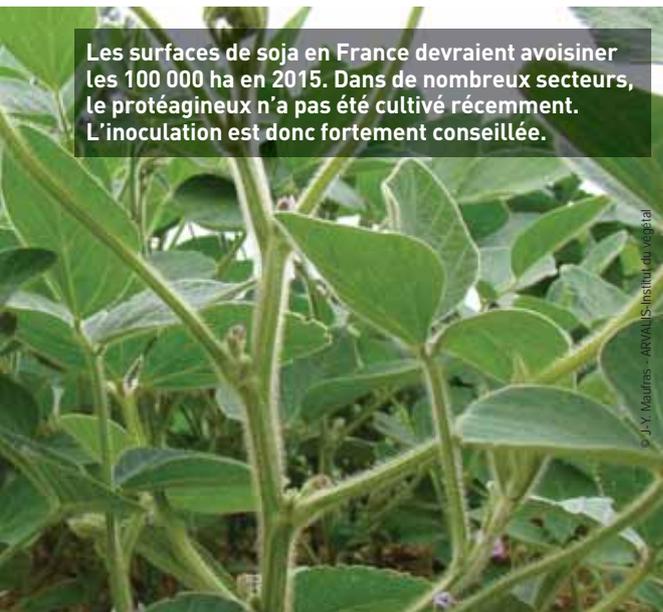
Légumineuses fourragères : des situations très contrastées

La luzerne est la première légumineuse à avoir fait l'objet d'inoculation, dont l'intérêt a été mis en évidence en sols acides ou neutres dès les années 50 et 60. En sol très acide, c'est la condition *sine qua non* d'une bonne implantation de la luzernière, en complément du chaulage. L'INRA a sélectionné et met à disposition des producteurs d'inoculum la souche 2011 de *Sinorhizobium meliloti*. L'institut contrôle les inoculums produits pour cette culture, ainsi que ceux du soja ou du lupin. Sur trèfles blancs et violets, les résultats obtenus en France, en Angleterre ou en Belgique sont cohérents et ne montrent pas de nécessité d'inoculer. Les populations bactériennes sont déjà présentes. Attention toutefois à l'introduction d'espèces exotiques non autochtones qui pourraient nécessiter l'apport d'une bactérie spécifique (cas par exemple du trèfle souterrain).

Lupin : attention aux sols alcalins

Le lupin blanc est originaire de sols acides dans lesquels les populations de *Bradyrhizobium lupini* sont en

Les surfaces de soja en France devraient avoisiner les 100 000 ha en 2015. Dans de nombreux secteurs, le protéagineux n'a pas été cultivé récemment. L'inoculation est donc fortement conseillée.



RÉ-INOCULATION DU SOJA : un diagnostic à réaliser au cas par cas

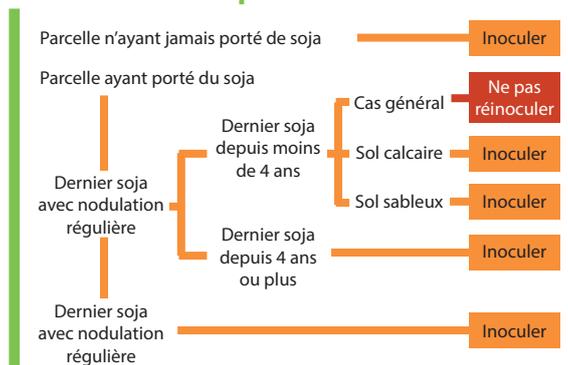


Figure 1 : Stratégie de ré-inoculation du soja en fonction de l'historique de la culture dans la rotation et du type de sol.



L'émergence des pois d'hiver tend à modifier les conditions de milieu au moment de la formation des nodosités. D'où l'éventualité d'une recherche de partenaires symbiotiques les plus adaptés à ces nouvelles conditions.

général présentes et considérées comme suffisantes. Par contre, cette bactérie est absente des sols plus alcalins. Il est donc alors obligatoire de l'inoculer dès que le pH du sol est supérieur à 6. Une seule souche est autorisée en France, la LL13, sélectionnée par l'INRA. Elle est efficace aussi bien sur lupin blanc que sur *L.luteus* (jaune) ou *L.angustifolius* (bleu).

Pois chiche : une plante méditerranéenne

Les populations de rhizobium du pois chiche sont quant à elles assez diverses et se répartissent en plusieurs espèces, avec néanmoins une dominante *Mesorhizobium cicerii* et *Mesorhizobium mediterraneum*. Les résultats obtenus en France et en Italie entre 1988 et 1992 suggèrent que dans les zones méditerranéennes de ces pays, en sols alcalins (largement majoritaires), les populations locales suffisent et l'inoculation n'apporte pas de gain. Par contre, elle apparaît utile dès que le pH descend (< 7). Elle peut également s'avérer nécessaire dans les anciennes zones de vignoble à forte teneur du sol en cuivre. Ces données restent néanmoins fragmentaires. Les interactions variétés x souches n'ont en effet été que très peu explorées. Enfin, en dehors des zones méditerranéennes, les populations de rhizobium capables de s'associer au pois chiche sont très probablement absentes. Néanmoins, les limites géographiques à considérer restent floues et il n'y a encore à ce jour aucun inoculum autorisé à la commercialisation en France pour cette espèce.

Trois modes d'inoculation

Au niveau des techniques d'inoculation, plusieurs options sont possibles (tableau 1). La plus ancienne consiste à enrober les semences, juste avant le semis. L'inoculum est disponible sous forme de tourbe de 400 grammes (pour soja et lupin) ou de 100 grammes pour la luzerne qu'il faut diluer dans un litre d'eau (non

javelisée !). Une autre solution est apparue pour les grosses graines dans les années 80. L'inoculum est mélangé à 10 kg de micro-granulés d'argile distribués dans la ligne de semis. Au début des années 90, l'inoculation liquide directe sur graines a été développée grâce à l'utilisation de liquides adhésifs. L'usage de ce type de produit a été un incontestable progrès. Il sécurise l'opération et fait gagner en souplesse de travail en levant les contraintes de temps entre inoculation et semis. Ces trois modes d'inoculation sont satisfaisants malgré quelques petites différences de résultats.

Vers plus de technologie

Aujourd'hui, la perspective de semences pré-enrobées avec le rhizobium arrive pour le soja. Ce type de technologie est commercialisé au Canada depuis 2009, avec une viabilité revendiquée des bactéries variable selon les fournisseurs. Le cahier des charges pour la réussite d'une telle opération est délicat dans le cas d'une bactérie non sporulante puisque le micro-organisme est soumis à des conditions extrêmes peu favorables à sa survie. Depuis quelques années, des brevets ont été déposés pour utiliser des mélanges de CMC (Carboxyméthyl cellulose) et d'amidon comme base d'enrobage pour la survie du rhizobium mais ne sont pas encore disponibles sur le marché. En parallèle, d'autres voies d'optimisation de la nodulation sont explorées. Les travaux portent en particulier sur la recherche d'une meilleure adéquation entre les génotypes et les populations bactériennes associées. Ils pourraient déboucher vers des co-inoculations de plusieurs micro-organismes différents, ou vers un élargissement de l'offre de souches de rhizobium en fonction des génotypes ou des milieux.

Xavier Pinochet - x.pinochet@terresinovia.fr
Terres Inovia