

Plus le couvert est développé, plus il stocke une grande quantité d'azote dans ses parties aériennes.

COUVERTS INTERMÉDIAIRES

LES LÉGUMINEUSES confirment leur avantage

© J. Labreuche - ARVALIS-Institut du végétal

Les légumineuses présentent, comme couvert intermédiaire, un avantage certain au regard du cycle de l'azote car elles en fournissent des quantités significatives à la culture suivante tout en constituant un piège à nitrate efficace. ARVALIS l'a confirmé grâce à un essai de 10 ans à Boigneville.

L'insertion d'un couvert intermédiaire dans une rotation modifie la dynamique de l'azote du sol. Elle se traduit par de multiples conséquences à la fois sur la perte de nitrate pendant la période de drainage (lixiviation), sur la fourniture d'azote à la culture suivante et sur le stockage de l'azote organique du sol à long terme. Tous ces effets dépendent de plusieurs facteurs, au premier rang desquels se trouve le type de couvert implanté. Les conditions d'implantation du couvert et les conditions climatiques variables rendent nécessaire d'évaluer les performances des espèces (voire des variétés) sur plusieurs années pour chif-

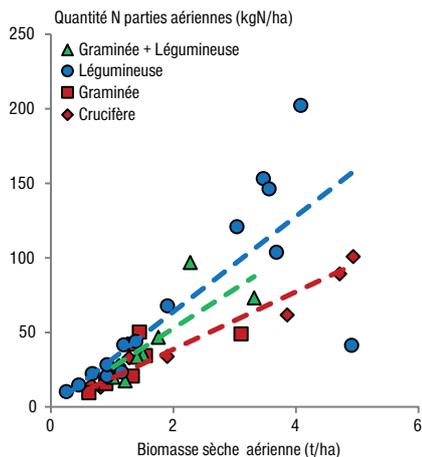
frer leur effet sur la dynamique de l'azote dans la rotation. C'était l'un des objectifs d'un essai implanté sur la station ARVALIS-Institut du végétal de Boigneville (91) de 2004 à 2014. Sur ces dix années, les couverts à base de légumineuses ont montré de sérieux avantages par rapport à un sol nu pendant l'interculture et à des couverts de crucifères ou de graminées.

« **Les légumineuses** exploitent deux sources d'azote, l'azote du sol et l'azote de l'air. »

Fixation symbiotique

La quantité d'azote contenue dans les parties aériennes d'un couvert donné est proportionnelle au niveau de biomasse atteint (*figure 1*). À biomasse équivalente, les légumineuses accumulent plus

ABSORPTION ET FIXATION D'AZOTE : Les légumineuses en tête



Les lignes pointillées représentent les régressions linéaires dont la pente est la teneur en azote des parties aériennes intégrée sur l'ensemble des données : 3,2 % pour les légumineuses ($R^2 = 0,74$), 2,6 % pour le mélange ($R^2=0,74$) et 1,9 % ($R^2=0,90$) pour les non-légumineuses (crucifères et graminées).

Figure 1 : Relation entre la production de biomasse et la quantité d'azote contenu dans les parties aériennes des couverts à leur date de destruction (fin octobre-début novembre). Essai pluriannuel ARVALIS à Boigneville (91), 2006-2014.

d'azote que les non-légumineuses, le mélange légumineuses/non-légumineuses se situant entre les deux. Les ajustements statistiques réalisés permettent de déterminer la teneur en azote (en % de la matière sèche) intégrée sur plusieurs années de chaque type de couvert : 3,2 % pour les légumineuses, 2,6 % pour le mélange et 1,9 % pour les non-légumineuses. Ce résultat est tout à fait logique et corrobore de nombreuses autres études réalisées sur d'autres sites. En effet, en plus de l'absorption racinaire, les légumineuses ont la capacité de fixer l'azote de l'air via les nodosités situées au niveau de leur système racinaire. Elles exploitent donc deux sources d'azote : l'azote du sol et l'azote de l'air. C'est pourquoi elles atteignent une teneur en azote plus élevée que les non-légumineuses qui n'ont que la source d'azote minéral du sol à leur disposition. En raison de la présence des deux familles d'espèces, il est aussi logique de constater le comportement intermédiaire du mélange.

Fournir l'azote à la culture suivante

Encore faut-il vérifier que cette double capacité des légumineuses se traduise sur leur performance d'absorption du nitrate lors de l'interculture (effet CIPAN) et sur leur capacité à engendrer une fourniture d'azote accrue à la culture suivante. Pour cette deuxième propriété, le rapport C/N (rapport entre la teneur en carbone et la teneur en azote du couvert) est un bon indicateur de la dynamique de minéralisation des résidus du couvert après destruction. Plus il est faible, plus la minéralisation

sera rapide et atteindra un taux élevé. Les rapports C/N estimés sont de 20,7, 15,2 et 12,5 respectivement pour les non-légumineuses, les mélanges et les légumineuses pures. Ces résultats laissent présager que la présence de légumineuses dans le couvert augmenterait la fourniture d'azote à la culture suivante.

Un vrai effet CIPAN

La lixiviation du nitrate est, sous l'effet des pluies, l'entraînement vertical de l'azote nitrique présent dans le sol en début de période de drainage. La différence de stock d'azote minéral du sol à cette date, selon qu'un couvert ait été implanté ou que le sol soit resté nu, constitue donc une estimation de l'effet « piège à nitrate » [ou effet « CIPAN »] du couvert en question. La mise en relation de ces effets CIPAN avec les quantités d'azote absorbé par les couverts permet de comparer leurs performances de piégeage de nitrate à quantité équivalente d'azote présente dans les parties aériennes (figure 2). Les légumineuses présentent un effet piège à nitrate significatif. Certes, il est moins important que celui des non-légumineuses, mais il limite cependant la perte du nitrate quand le risque de lixiviation est faible ou moyen. Les mélanges légumineuse/non-légumineuse affichent un effet CIPAN équivalent à celui des non-légumineuses. L'absorption racinaire est privilégiée par les légumineuses quand le sol contient de l'azote minéral car la fixation symbiotique est plus coûteuse du point de vue



La durée de l'essai conduit à Boigneville (91) confirme la pertinence des légumineuses en intercultures.

© N. Comesc - ARVALIS - Institut du végétal



Les couverts à base de légumineuses sont les seuls à fournir de l'azote aux cultures suivantes de façon régulière.

énergétique pour la plante. Ceci explique la capacité d'absorption du nitrate des couverts à base de légumineuses. Le système racinaire des légumineuses est néanmoins moins performant que celui d'une crucifère ou d'une graminée d'où un effet CIPAN de moins grande ampleur pour les légumineuses pures.

Un effet fertilisant à deux composantes

L'implantation, puis la destruction d'un couvert intermédiaire, impacte deux postes de fourni-

tures d'azote à la culture suivante. Tout d'abord, la moindre lixiviation du nitrate, combinée à l'absorption puis la minéralisation d'une partie de l'azote capté suite à la destruction du couvert, modifie le stock d'azote minéral du sol à la sortie de l'hiver, communément désigné par le terme reliquat sortie hiver (RSH). Ce phénomène est désigné comme « Effet RSH ». Après la mesure du RSH, une dernière partie de l'azote organique restitué se minéralise via la décomposition des résidus du couvert. Cela constitue le poste « MrCl » de la méthode du bilan d'azote prévisionnel d'azote minéral du sol entre la sortie hiver et la récolte de la culture suivante détaillée par le Comifer (1).

La somme de ces deux termes représente l'effet « fertilisant » N global du couvert sur la culture suivante. La mise en relation de ces effets avec les quantités d'azote absorbé dans les parties aériennes des couverts fournit trois grandes tendances (figure 3).

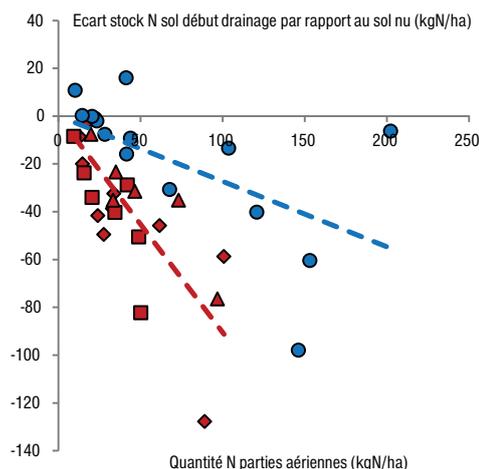
Attention aux effets RSH négatifs

Tout d'abord, certains couverts peuvent engendrer un effet négatif significatif sur la fourniture d'azote à la culture suivante, essentiellement ceux à base de non-légumineuse, qu'elle soit pure ou associée avec une légumineuse. Cela arrive quand l'effet piège à nitrate entraîne une immobilisation

Évaluer les couverts

L'essai de comparaison des couverts, s'est déroulé sur dix ans, de 2004 à 2014, sur un sol limono-argileux en situation de travail du sol superficiel. Il étudie, par rapport à une interculture maintenue en sol nu, les effets annuels et cumulés de différents couverts insérés dans une succession de cultures majoritairement de printemps (orge de printemps, blé dur de printemps 8 années sur 10). Les couverts sont détruits en début de période de drainage (fin octobre, début novembre). À partir de 2006, des mesures des quantités d'azote présentes dans le sol et les plantes à différentes dates clefs sont mises en place. Elles permettent d'évaluer la performance du couvert sur la réduction de la lixiviation du nitrate et sur la fourniture d'azote à la culture succédant au couvert. Trois types de couverts sont évalués sous cet angle : des couverts de non-légumineuse (moutarde blanche et avoine rude), des couverts de légumineuse (vesce du Bengale, vesce commune, lentille noirâtre, trèfle incarnat) et un mélange des deux (avoine rude+vesce).

PIÈGE À NITRATE : les légumineuses aussi



Les lignes pointillées représentent les régressions linéaires dont la pente est indicatrice de l'effet CIPAN des couverts. Les relations calées sur les légumineuses d'une part et sur les couverts de non-légumineuses et les mélanges d'autre part sont différentes au seuil statistique de 5 % (test de Fisher, méthode des modèles emboîtés).

Figure 2 : Relation entre l'écart par rapport à la modalité sol nu de stock d'azote minéral du sol au début de la période de drainage (effet CIPAN) et la quantité d'azote contenu dans les parties aériennes du couvert à sa destruction. Essai pluriannuel ARVALIS à Boigneville (91), 2006-2014.

EFFET FERTILISANT : les légumineuses se démarquent

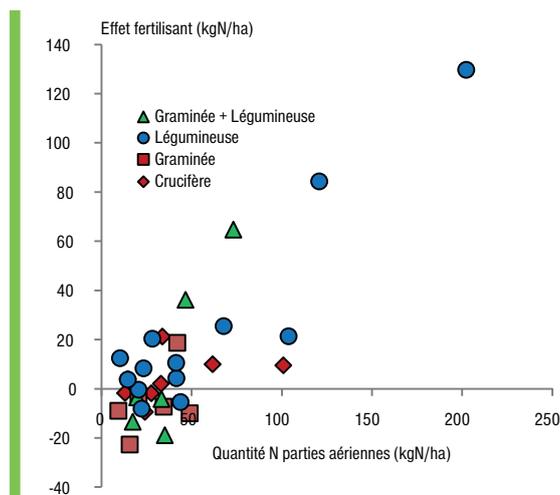


Figure 3 : Relation entre l'effet fertilisant et la quantité d'azote contenu dans les parties aériennes du couvert à sa destruction. Essai pluriannuel ARVALIS à Boigneville (91), 2006-2014. Calcul de l'effet fertilisant réalisé sur la base du bilan de masse de l'azote minéral du sol.

de l'azote du sol (azote capté et non minéralisé rapidement par la suite) plus importante que les pertes par lixiviation effectivement supportées en sol nu. D'où un effet RSH négatif, non totalement compensé par le MrCI généralement positif.

Ensuite, à partir du moment où leur quantité d'azote accumulé est suffisante (au moins 50 kgN/ha), seuls les couverts à base de légumineuses (pures ou en mélanges) sont à même de fournir régulièrement plus de 20 kgN/ha à la culture suivante.

Enfin, seuls les couverts à base de légumineuses pures peuvent accumuler de grandes quantités d'azote ce qui, dans ces cas-là, leur confère un effet fertilisant très important.

Un cumul pluriannuel en faveur des légumineuses

Le cumul pluriannuel des effets « Fertilisant » des différents couverts renseigne sur leur capacité à

constituer un levier pour augmenter l'autonomie des systèmes de culture vis-à-vis de l'emploi des engrais de synthèse. Sur l'essai de Boigneville, le cumul pour les non-légumineuses est de 0 kgN/ha. Ainsi, les quelques années affichant un effet positif, généralement des années à fort drainage, sont compensées par les années à faible drainage entraînant un effet négatif sur la fourniture d'azote à la culture suivante. Le cumul est de 61 kgN/ha et 151 kgN/ha respectivement pour les mélanges et les légumineuses pures. Améliorer efficacement la fourniture d'azote aux cultures de la rotation en valorisant la période d'interculture passe donc par des couverts à base de légumineuses. Le choix entre légumineuse pure ou en mélange doit intégrer la recherche d'un effet CIPAN nécessaire et suffisant selon le risque de lixiviation de la situation agronomique considérée. Attention car, à part des dérogations locales, telles que des exploitations en agriculture biologique dans certaines régions, le 5^e programme d'action de la 5^e Directive Nitrates ne comporte pas d'arrêté régional autorisant les couverts de légumineuses pures.

Et les effets azote à long terme ?

L'implantation de couverts intermédiaires tous les ans sur une longue période engendre des modifications du stock d'azote du sol et de la fourniture d'azote par minéralisation de l'humus. Il s'agit d'« arrières effets » des couverts intermédiaires. Ces aspects seront traités dans un second temps sur l'essai de Boigneville, pour voir s'ils sont perceptibles après 10 ans de différenciation et si la nature du couvert intervient sur ces phénomènes.

(1) COMIFER 2012 - Calcul de la fertilisation azotée - 89p.

Jean-Pierre Cohan - jp.cohan@arvalisinstitutduvegetal.fr
 Jérôme Labreuche - j.labreuche@arvalisinstitutduvegetal.fr
 ARVALIS - Institut du végétal



Même si leur effet CIPAN est moindre que celui des graminées, les légumineuses limitent aussi la perte en nitrate lors de l'interculture