

Cultures intermédiaires

Des légumineuses pour fournir de l'azote au maïs suivant

Dans certains cas, la mise en place d'un couvert intermédiaire peut permettre une économie substantielle d'engrais azoté sur le maïs suivant. C'est ce que montre un essai réalisé par ARVALIS-Institut du végétal sur la campagne 2009-2010, sur un sol filtrant de graviers de la vallée du Rhône.



Lorsque les conditions agrométéorologiques permettent de réussir l'implantation et la destruction, un couvert de légumineuses peut fournir de l'azote au maïs qui suit.

Le coût des engrais azotés et les contraintes réglementaires grandissant, la mise au point de systèmes de cultures moins dépendants des engrais minéraux est devenue une nécessité. Ils doivent permettre à moyen terme de maintenir la compétitivité des exploitations agricoles françaises. Dans le cas du maïs cultivé en rotation, l'introduction d'un couvert intermédiaire à base de légumineuses est sans doute l'une des possibilités les plus prometteuses pour réduire la fertilisation azotée minérale de la culture suivante. C'est ce que montrent les résultats d'un essai réalisé lors de la campagne 2009-2010 sur un sol de graviers profonds très filtrants de la plaine située à proximité de la Station du CREAS¹, à Lyon St Exupéry (69).

Légumineuses, crucifères et graminées en test

L'objectif était de comparer l'influence d'un couvert durant la période d'interculture par rapport au maintien d'un sol nu sur la nutrition azotée du maïs. Plusieurs types de plantes ont été testés : des légumineuses pures (trèfle incarnat, trèfle de Perse, vesce commune de printemps), une crucifère (moutarde blanche), une graminée (avoine de printemps) et deux mélanges contenant des légumineuses. Implantés le 11 août, ces couverts ont été détruits tardivement le 26 février 2010, soit environ un mois et demi avant le semis du maïs réalisé le 14 avril (fiche).

Des conditions climatiques favorables

À part une période de sec lors des semis qui a nécessité une irrigation de 20 mm pour assurer leur levée, le site d'essai a bénéficié de bonnes conditions pluviométriques durant la campagne 2009-2010. Mesuré dans les cases lysimétriques d'un site voisin, le drainage cumulé à 90 cm de profondeur a atteint près de 400 mm sous sol nu. Des températures gélives au cours des mois de décembre et janvier ont toutefois infligé des dégâts aux espèces de couverts les plus fragiles (moutarde blanche notamment). Les conditions agro-climatiques et la destruction tardive ont permis un développement important des couverts (de 2,6 à 4,6 tMS/ha – figure 1). La destruction mécanique puis l'implantation du maïs se sont toutes les deux déroulées correctement. Et les conditions agro-météorologiques favorables pendant la période de croissance de la culture couplées à plusieurs irrigations (300 mm au total) ont permis l'expression d'un fort potentiel.

Des rendements en hausse avec les légumineuses

Dans ce contexte presque idéal, l'expérimentation a pu mettre en évidence le rôle joué par les couverts sur la production de maïs. Ceux à base de légumineuses ont eu un effet très net sur le rendement en grain du maïs suivant en situation non fertilisée, qu'il



Fiche d'identité de l'essai

Type de sol :

- graviers profonds avec 1,32 % de matières organiques ; pHeau = 6,9

Modalités de gestion de l'interculture :

- couverts testés (dose de semis) : sol nu, avoine de printemps (80 kg/ha), moutarde blanche (8 kg/ha), trèfle incarnat (15 kg/ha), trèfle de Perse (15 kg/ha), vesce commune de printemps (50 kg/ha), trèfle incarnat + sorgho fourrager (10+10 kg/ha), avoine de printemps + vesce commune de printemps (35+25 kg/ha)
- couverts semés le 11 août 2009, détruits mécaniquement le 26 février 2010

Modalités de gestion du maïs :

- semis le 14 avril 2010 sur labour du 3 mars 2010 (variété PR35T06 à 84 000 pl/ha)
- récolte en ensilage le 28 septembre 2010
- récolte en grain le 4 novembre 2010

Modalités de fertilisation azotée :

- témoin sans apport d'engrais azoté
- 180 kgN/ha (Ammoniac Anhydre au stade 4 feuilles)

Mesures (dispositif expérimental : split-plot) :

- sur le sol : stock d'azote minéral au semis des couverts, à la destruction des couverts, au semis du maïs, à la récolte du maïs
- sur les couverts : biomasse et teneur en azote des parties aériennes à la destruction
- sur le maïs : rendement ensilage et grain, teneur en azote des parties aériennes au stade ensilage, PMG (Poids de mille grain) et humidité du grain à la récolte.

Les couverts à base de légumineuses plus riches en azote

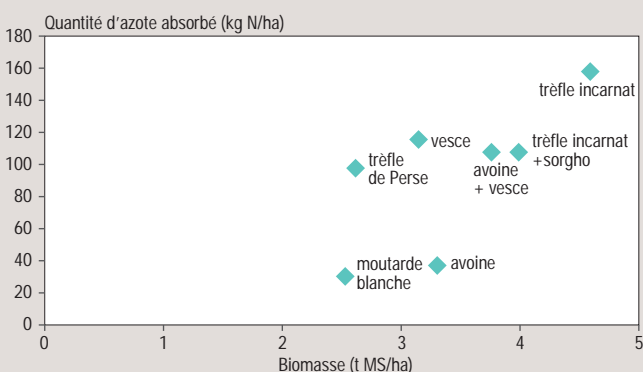


Figure 1 : quantité d'azote absorbé par les couverts en fonction de leur biomasse.

Avec un couvert comprenant des légumineuses, les gains de rendement sur maïs ont avoisiné les 50 q/ha par rapport au cas où le sol restait nu.



Le trèfle incarnat est l'une des légumineuses qui restitue le mieux l'azote au maïs suivant.

quantités d'azote absorbées par le maïs en situation non fertilisée. Deux variables ont été calculées : Effet Rsemis et MrCI (figure 3). Effet Rsemis correspond à l'effet du couvert sur le reliquat d'azote au semis. Il dépend de la quantité d'azote absorbé par le couvert provenant du sol, de la quantité d'azote perdu par lessivage en sol nu et de la 1^{re} phase de minéralisation des résidus du couvert après sa destruction. MrCI correspond à la fourniture d'azote après la mesure du reliquat d'azote au semis, provenant de la seconde partie de la minéralisation du couvert. Son importance est notamment fonction de l'éloignement de la date de destruction du couvert de la date de mesure de reliquat.

60 à 80 kg d'azote/ha fournis par les légumineuses

Les résultats montrent que tous les couverts ont un effet positif ou nul sur Rsemis par rapport au calcul effectué avec un sol nu. C'est le signe d'une situation à fort drainage hivernal, cas des sols très filtrants du site d'essai de Lyon Saint-Exupéry. Les termes MrCI sont pour leur part cohérents avec les quantités d'azote contenues dans les parties aériennes des couverts à destruction : tous ceux à base de légumineuses restituent sous le maïs de

s'agisse de grain ou d'ensilage (figure 2). Les gains ont avoisiné les 50 q/ha par rapport au cas où le sol restait nu. Pourquoi ? Les légumineuses ont fourni un apport d'azote important au maïs cultivé ensuite. Logiquement, l'application d'une fertilisation de 180 kg d'azote par hectare après ces couverts ne fait dans ce cas progresser que modérément le rendement du maïs.

En fait, grâce à la fixation symbiotique du diazote de l'air, les couverts à base de légumineuses contiennent des quantités importantes d'azote dans leurs parties aériennes (environ 100 kgN/ha pour le trèfle de perse jusqu'à presque 160 kgN/ha pour le trèfle incarnat). Ces propriétés se retrouvent également dans les mélanges, qui affichent des performances équivalentes à deux légumineuses pures sur trois. Inversement, l'avoine de printemps et la moutarde blanche ne pouvant compter que sur les ressources en azote minéral du sol, elles présentent des quantités d'azote accumulées beaucoup plus faibles, entre 20 et 40 kgN/ha. En l'occurrence, l'apport de 180 kg d'azote par hectare fait donc pro-

gresser de façon importante le rendement après ce type de couvert.

Un rapport carbone sur azote faible

Atout supplémentaire des couverts à base de légumineuses : ils présentent de faibles rapports carbone sur azote des parties aériennes (C/N). Or c'est le principal critère conditionnant la dynamique de minéralisation d'un couvert après sa destruction. Situés entre 10 et 15, ces rapports laissent entrevoir des dynamiques de relargages rapides de l'azote. *A contrario*, les couverts de non-légumineuses présentent des rapports C/N entre 30 et 35, laissant augurer un assez faible effet de leur décomposition sur la fourniture d'azote minéral au maïs suivant. L'expérimentation a permis de mesurer l'azote fourni par le couvert grâce à l'évaluation des stocks d'azote minéral du sol au semis et à la récolte, ainsi qu'à celle des

Les couverts à base de légumineuses restituent sous le maïs de 60 à 80 kgN/ha, contre 0 à 20 kgN/ha pour les couverts de non-légumineuses.

Des résultats à extrapoler avec prudence

Les résultats présentés dans cet article sont acquis dans un milieu donné et il faut se garder de les extrapoler sans précaution à toutes les situations de production de maïs. En particulier, les couverts se sont correctement développés (irrigation pour assurer une levée estivale généralement difficile à obtenir) et la destruction tardive n'a pas entraîné d'effet négatif sur la croissance précoce du maïs.

Raisonner la fertilisation minérale selon le couvert

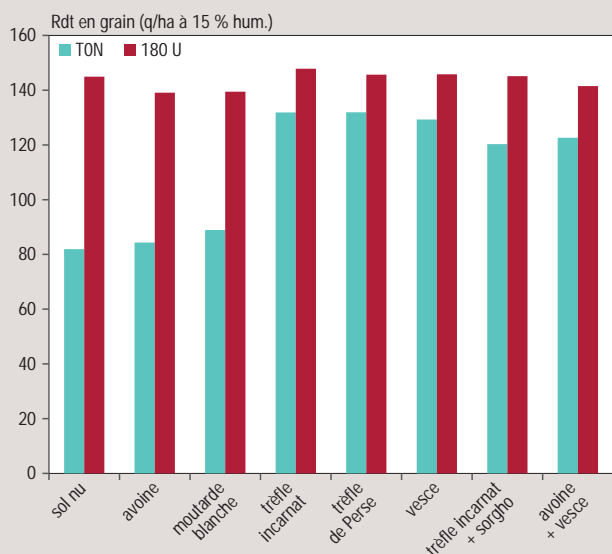


Figure 2 : rendement du maïs grain après chaque modalité de gestion de l'interculture selon 2 régimes de fertilisation azotée (ETR = 6,9 q/ha).

Avoine et moutarde fournissent peu d'azote à la culture suivante

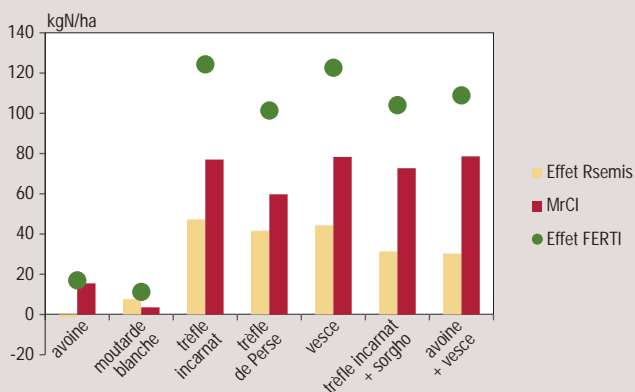


Figure 3 : fournitures d'azote au maïs selon le couvert implanté lors de l'interculture précédente.

Rsemis : reliquat au semis, issu de la minéralisation d'une première partie des plantes du couvert

MrCI : fourniture d'azote après la mesure du reliquat au semis, provenant de la minéralisation d'une seconde partie du couvert

Effet Ferti : somme de Rsemis et MrCI

60 à 80 kgN/ha, contre 0 à 20 kgN/ha pour les couverts de non-légumineuses. La somme de Effet Rsemis et MrCI donne l'effet global du couvert sur les fournitures d'azote au maïs, appelé effet FERTI. Sur cet essai, il a atteint 100 à 120 kg d'azote à l'hectare dans le cas

des couverts de légumineuses pures ou en mélanges contre 10 à 20 kgN/ha pour les non-légumineuses. À ce niveau-là, l'investissement en temps et en semences pour planter un couvert à base de légumineuses commence à trouver un intérêt économique...

La date de destruction: une affaire de compromis

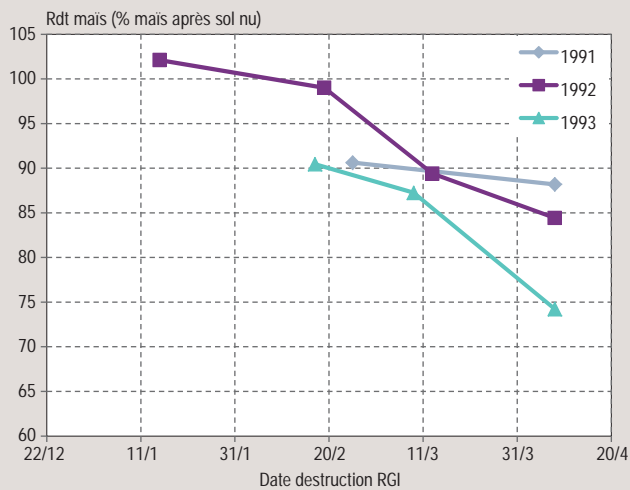


Figure 4 : effet de la date de destruction d'un couvert de RGI sur le rendement du maïs implanté en avril-mai (essais ITCF de Bignan (56) 1991-1993).

Quand l'implantation d'un couvert intermédiaire vise à augmenter la fourniture d'azote à la culture suivante, la date de destruction résulte d'un compromis entre :

- la nécessité de ne pas détruire trop tôt le couvert intermédiaire afin de bénéficier d'une croissance suffisante pour espérer un effet significatif et positionner au mieux les restitutions d'azote par minéralisation vis-à-vis de la phase d'absorption active de la culture suivante.
- la nécessité de ne pas induire d'effets négatifs par une consommation d'eau, voire d'azote, préjudiciable au développement précoce de la culture, ou par des difficultés d'implantation. En système à travail du sol réduit, la gestion de grandes quantités de résidus avant le semis peut poser souci, par exemple.

Des essais (cf. figure 4 pour un exemple) ont permis de déterminer que la date de destruction la plus tardive acceptable avant maïs se situait 1,5 à 2 mois avant le semis, sous réserve que l'implantation n'est pas été handicapée par la quantité de résidus enfouis tardivement.

Un surplus à prendre en compte dans le calcul de la dose d'engrais

Les résultats de cet essai confirment d'autres conclusions issues de dispositifs des années 1990 sur le même site. Dans cette situation agronomique, il semble possible de se servir de couverts intermédiaires à base de légumineuses pour subvenir de façon significative à une partie des besoins en azote du maïs suivant. Bien entendu, ce surplus doit être pris en compte dans le calcul de la dose d'engrais à apporter. Le risque serait sinon de surdoser la fertilisation, avec pour conséquences une perte financière pour l'agriculteur et une augmentation significative du reliquat post-récolte accroissant le risque de lixiviation

du nitrate lors de l'interculture suivante. Le même type d'essai a été reconduit en 2011 pour consolider les références à prendre en compte dans la méthode des bilans dans ce type de situations.

Le surplus d'azote apporté par un couvert de légumineuse doit être pris en compte dans le calcul de la dose d'engrais à apporter.

Cet essai a été conduit avec l'aide de la Chambre d'Agriculture du Rhône et du Centre Régional d'Expérimentation Agricole St Exupéry (CREAS). ■

¹ Centre Régional d'Expérimentation Agricole St Exupéry

La mise en place d'un couvert à base de légumineuses a permis de gagner 50 q/ha de rendement en maïs dans le cas de l'essai mené par ARVALIS-Institut du végétal dans la plaine de Lyon.



Pour en savoir plus

Articles de *Perspectives Agricoles* récents sur le sujet :

- Cohan J.P., Castillon P., 2009. Dossier couverts végétaux - Effets sur le stock d'azote minéral dans le sol : Aptitudes à piéger le nitrate et à contribuer à la nutrition azotée de la culture suivante. *Perspectives Agricoles*, 357 (juin), 30-36.
- Cohan J.P., 2010. Couverts végétaux et fertilisation azotée de la culture suivante : avantage aux légumineuses. *Perspectives Agricoles*, 363 (janvier), 34-39.

Jean-Pierre Cohan

jp.cohan@arvalisinstitutduvegetal.fr

Jean Pauget

j.pauget@arvalisinstitutduvegetal.fr

ARVALIS-Institut du végétal