

## AZOTE

# MOINS DE RELIQUATS azotés après un blé de pois



**Après un pois et en l'absence d'une culture intermédiaire, comparativement au blé, le risque de lessivage de nitrate lors du premier automne est accru. Mais des expérimentations au champ récentes démontrent que la quantité de nitrate lessivable dans le sol est moindre lors du second automne après un blé de pois par rapport à un blé de blé.**

**P**endant l'interculture qui suit une légumineuse à graines à récolte estivale, les experts scientifiques et techniques s'accordent à dire que les risques de pertes de nitrate à court terme, en l'absence d'une Culture intermédiaire piège à nitrate (Cipan) sont plus élevés qu'après un blé et aussi élevés qu'après un colza. En moyenne pluriannuelle, ce phénomène est quantifié par un écart entre les reliquats de pois et les reliquats de blé qui oscille entre 0 et +20 kg N/ha après récolte et entre +15 et +30 kg N/ha à l'entrée de l'hiver selon les lieux (analyse de six dispositifs français indépendants dans les années 1990 et 2000). Le projet de recherche et développement « Pois-colza-blé » qui s'est terminé en 2011 (1) a permis de compléter l'étude des flux azotés à court terme et

à moyen terme. Les reliquats dans des systèmes de culture incluant des pois protéagineux, du blé d'hiver et du colza ont été mesurés pendant trois campagnes, sur deux sites, à Grignon dans les Yvelines et à Holnon dans l'Aisne.

### Des reliquats après récolte variables

Les reliquats après récolte, toutes cultures confondues, se sont avérés très variables, allant de 16 à plus de 139 kg d'azote par hectare (N/ha). Outre la variabilité liée à l'année et au type de sol, la culture et le précédent cultural ont eu un impact significatif sur les reliquats azotés, sur les trois campagnes de mesure et les deux sites expérimentaux. Dans l'essai de Grignon, la quantité d'azote minéral dans le sol évaluée juste après la récolte

### En savoir plus

Retrouvez les reliquats azotés après protéagineux sur [www.perspectives-agricoles.com](http://www.perspectives-agricoles.com).

est, en moyenne sur trois ans, quasi identique pour le blé et pour le pois et dans l'essai d'Holnon, l'écart est de + 19 kg/ha. Mais la variabilité est forte d'une année à l'autre : par exemple, à Grignon, l'écart entre pois et blé a varié de -36 kg à +14 kg/ha. La faible pluviométrie rencontrée après l'apport d'engrais sur la céréale, en 2010, ainsi qu'une sous-réalisation des objectifs de rendements, pourraient expliquer les situations où un surplus d'azote a été mesuré après le blé.

« **Les reliquats d'azote minéral après récolte d'un blé de pois** sont apparus significativement plus faibles que ceux d'un blé de blé fertilisé. »

En revanche, les cas où un surplus d'azote est mesuré après pois, comme cela a été observé dans d'autres études, pourraient s'expliquer par l'arrêt plus précoce de l'absorption de l'azote chez le protéagineux, du fait de son cycle plus court.



De plus, le système racinaire moins profond du pois ne lui permet pas de bien explorer le sol au-delà de 80 cm. Ainsi, après une culture de pois, les reliquats se concentrent dans les horizons profonds du sol, ce qui n'est pas le cas pour la céréale. Les mesures réalisées sur les deux sites expérimentaux confirment cette hypothèse, même si les écarts sont plus faibles à Holnon, où les prélèvements de sol ont eu lieu plus tard. L'horizon 60-90 cm contient respectivement 34 % et 19 % du total des reliquats mesurés sur le profil dans le cas du pois contre seulement 14 % et 11 % pour le blé, dans les cas respectivement de Grignon et de Holnon.

## Un surplus d'azote lors du premier automne

Les reliquats mesurés ont montré que la quantité d'azote minéral dans le sol à l'entrée de l'hiver était supérieure après un pois : dans l'essai de Grignon, l'écart par rapport au blé est de 26 kg/ha en moyenne sur trois ans (87 *versus* 61). Ce résultat est cohérent avec les références précédentes, où les écarts allaient de +13 à +28 kg/ha.

Ce phénomène peut s'expliquer en partie par la dynamique de minéralisation des résidus (aériens et souterrains). Contrairement à ce qui est parfois imaginé, les résidus aériens du pois ne contiennent pas, à la récolte, une quantité d'azote supérieure à ceux des céréales et sont sujets à une minéralisation relativement lente car leur ratio C/N est souvent supérieur à 20. Il y a d'abord une organisation nette de l'ensemble des résidus, moins forte toutefois que chez le blé, ce qui conduit à une augmentation de l'azote minéral dans le sol légèrement plus importante au cours de l'automne, et des reliquats plus élevés en pois à l'entrée de l'hiver par rapport au blé.

## Des solutions à court terme

Pour bénéficier de l'azote symbiotique (2) que les protéagineux fournissent au système de culture (*encadré ci-contre*), il faut donc pouvoir gérer ces risques de lessivage au premier automne. Des leviers d'action ont été identifiés : il est nécessaire d'implanter un colza ou une culture intermédiaire après le protéagineux. Grâce à sa demande en azote élevée en automne et ses dates de semis précoces, un colza après un pois limite fortement le reliquat à l'entrée de l'hiver. La



La présence d'une culture comme le pois dans une rotation a plusieurs atouts environnementaux.

## L'azote fixé par les légumineuses réduit les dégâts environnementaux

En dehors des flux de nitrate et des risques d'eutrophisation, la présence d'une culture comme le pois dans une rotation permet d'éviter une série de polluants azotés et réduit très significativement la consommation d'énergie non renouvelable et de gaz à effet de serre liées à la fabrication des engrais. L'absence d'apport d'engrais azoté sur le pois réduit le risque de volatilisation d'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) lors des épandages d'engrais. Cet ammoniac est une source d'acidification des milieux et contribue à la formation de particules fines en se combinant avec les oxydes d'azote. Enfin, les émissions de protoxyde d'azote ( $\text{N}_2\text{O}$ ) (1), gaz à effet de serre très puissant, sont drastiquement réduites en l'absence d'apport d'engrais azoté. C'est ce qu'ont démontré les mesures au champ menées dans le cadre du projet « pois-colza-blé », pendant trois campagnes, sur des sols occupés par plusieurs grandes cultures, dans des conditions pédoclimatiques similaires (2).

(1) Gaz à effet de serre très puissant (son pouvoir de réchauffement global est 310 fois supérieur à celui du  $\text{CO}_2$ ) et le secteur agriculture est responsable de 87 % des émissions de  $\text{N}_2\text{O}$  (191 kt) de la France métropolitaine (hors UCTF) en 2012 d'après le dernier inventaire (Citepa).

(2) Voir Perspectives Agricoles n° 394, pages 37 et suivantes pour plus de détail sur le pois protéagineux et les émissions de protoxyde d'azote.

mise en place d'une culture intermédiaire est une autre solution pour éviter les phénomènes de lixiviation et restituer plus d'azote à la culture suivante.

« Grâce à sa demande en azote élevée en automne et ses dates de semis précoces,

un colza après un pois limite fortement le reliquat à l'entrée de l'hiver. »

## Le risque s'inverse l'année suivante

Qu'en est-il des risques de lessivage à moyen terme, c'est à dire après le blé qui suit un pois ? Le projet « pois-colza-blé » s'est intéressé à cette question rarement traitée. Des résultats danois des années 90 avaient montré une réduction du lessivage après un blé de pois comparé à un blé de blé. Ils sont confirmés par les essais français. Les reliquats d'azote minéral après récolte d'un blé de pois sont apparus significativement plus faibles que ceux d'un blé de blé fertilisé : 24 unités/ha de moins en moyenne sur le site de Grignon et 30 unités/ha sur le site d'Holnon (*figure 1*). Ces différences ont été observées pour chacune des trois années d'expérimentation dans les deux lieux. Ces

résultats sont confortés par le dispositif d'un autre projet (3) qui s'est intéressé aux reliquats post récolte d'un blé non fertilisé qui suivait soit un pois, soit un blé fertilisé, sur trois campagnes. Dans ce cas, en l'absence de fertilisation azotée, même si l'écart est moindre, il existe aussi une réduction significative de 7 unités/ha entre un blé de pois et un blé de blé.

Ces tendances s'expliquent en grande partie par une absorption d'azote plus importante pour le blé suivant un pois. Elles correspondent à près de 80 % des écarts de reliquats observés après récolte entre le blé de pois et le blé de blé. Cela se vérifie sur les trois années d'expérimentation, ainsi qu'en conditions azotées limitantes car en l'absence d'engrais azoté, l'absorption du blé de pois augmente de 88 %. Une moindre incidence des pathogènes racinaires sur le blé suivant un pois pourrait être à l'origine de cette meilleure utilisation de l'azote.

À l'automne, la tendance observée après récolte se maintient : la moyenne des mesures sur le site de Grignon donne une réduction de 18 kg d'azote/ha fin novembre-début décembre. Ainsi, les reliquats à l'entrée de l'hiver sont significativement plus faibles pour un blé qui suit un pois que pour un blé

### APRÈS RÉCOLTE : un blé de pois laisse moins de reliquats qu'un blé de blé

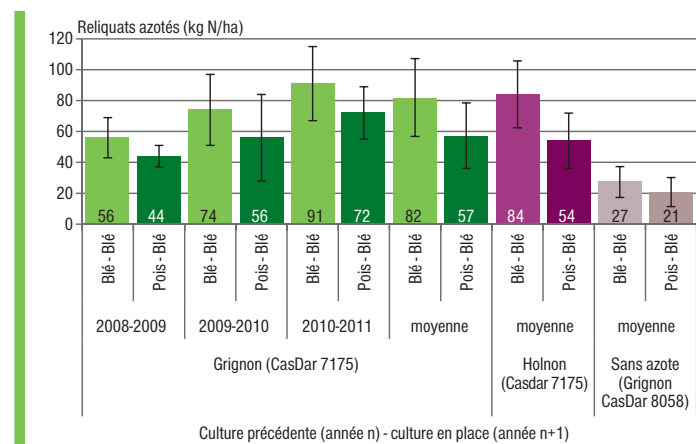


Figure 1 : Reliquats de blé après récolte (kg N/ha) suivant un précédent cultural blé ou pois sur trois sites d'expérimentation (par année pour le premier et en moyenne pluriannuelle pour les trois).

de blé, avec un impact direct sur les quantités d'azote lessivables pendant l'hiver, ce qui inverse la tendance observée l'année de récolte du pois (figure 2).



**RELIQUATS À L'ENTRÉE D'HIVER : la tendance s'inverse entre la première et la seconde année suivant un pois**

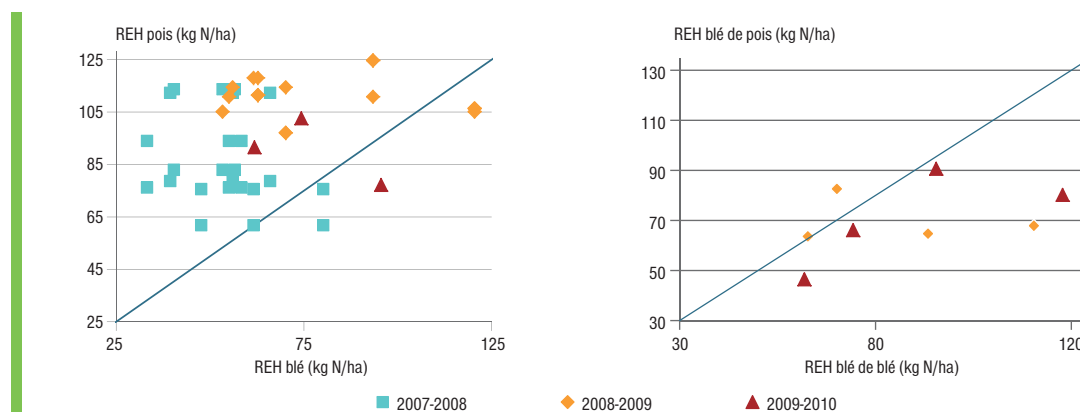


Figure 2 : Reliquats à l'entrée de l'hiver (kg N/ha) suivant une culture de blé ou de pois en année n (à gauche) et suivant un blé avec un précédent cultural blé ou pois en année n +1 (à droite) sur chaque bloc d'expérimentation du dispositif de Grignon du projet « pois-colza-blé ». Les points situés au-dessus de la bissectrice correspondent à des cas où le pois (ou le blé de pois) a plus de reliquats à l'entrée de l'hiver que le blé (ou le blé de blé).

Ces travaux montrent que les risques de fuite en nitrate selon les systèmes de culture doivent être analysés à une échelle pluriannuelle. Malgré des risques de lixiviation accrus en première année, qui sont gérables avec une couverture du sol en interculture, le pois permet de diminuer les reliquats en entrée d'hiver de façon significative dans l'interculture après le blé qui le suit par rapport à un blé suivant un blé. Des simulations sont en cours avec les données accumulées pour mieux quantifier la diminution probable du lessivage à l'échelle de la rotation culturale incluant le pois.

Par ailleurs, pour l'extrapolation à une échelle spatiale plus large, en conditions « agriculteurs », l'inclusion du pois dans la rotation réduit aussi les risques de fuites ponctuelles liées aux apports d'engrais en bordures de champ, zones de manutention ou zones de sol très filtrantes, ainsi que la déposition à distance de nitrate issu

de la volatilisation de l'ammoniac au moment de l'apport. Au global, l'introduction d'une culture de pois avant un blé dans une rotation comportant initialement un blé qui suit une autre céréale peut permettre une diminution des fuites en nitrates et donc des risques d'eutrophisation du milieu.

(1) Projet de recherche et développement « Pois-Colza-Blé » (Casdar 7-175) de 2007 à 2011 impliquant UNIP, CETIOM, ARVALIS-Institut du végétal, chambres d'agriculture 28, 53, 57, 58, 89, INRA, ESA, ART-Zurich.

(2) Azote issu du N<sub>2</sub> atmosphérique par la fixation azotée symbiotique  
 (3) Projet de recherche et développement « Associations céréale-légumineuse » (Casdar 8058) coordonné par l'ESA avec 25 partenaires de 2009 à 2012.

Anne Schneider - a.schneider@unip.fr

Benoît Carrouée - UNIP

Marie-Hélène Jeuffroy -

Marie-Helene.Jeuffroy@grignon.inra.fr

Damien Beillouin et Elise Pelzer - INRA UMR Agronomie