

NUTRITION DES CULTURES

VALORISER les processus biologiques



Par une meilleure efficacité des leviers d'action, l'agro-écologie vise à accroître l'autonomie des productions végétales vis-à-vis des engrais minéraux. L'introduction de légumineuses, en tant que plantes de service ou cultures principales, et l'épandage des produits résiduels organiques sont à privilégier.

Une nutrition des plantes optimisée assure la double performance technico-économique et environnementale des systèmes de culture. C'est aussi un des leviers de réduction des transferts d'éléments minéraux dans l'environnement. L'augmentation de l'autonomie des exploitations vis-à-vis des engrais de synthèse, par le recours à des sources alternatives d'azote, de phosphore et de potassium, participe à ce double objectif. Par la valorisation des processus biologiques impliqués dans la nutrition des cultures, l'agro-écologie fournit des outils pour introduire de manière plus efficace ces sources alternatives déjà connues par ailleurs. L'agro-écologie a aussi pour ambition d'orienter les pro-

cessus biologiques du sol pour contribuer à une meilleure performance des systèmes de culture.

Envisager de nouvelles adaptations

Grace à leur capacité de fixer l'azote de l'air, les légumineuses apportent de l'azote dans les systèmes de culture. Quand cette fourniture d'azote est bien synchronisée avec les besoins des cultures non légumineuses de la rotation, elle améliore l'autonomie vis-à-vis des engrais de synthèse. L'implantation de couverts intermédiaires à base de légumineuses (pures ou en mélange avec des crucifères ou des graminées) est aujourd'hui de plus en plus courante. De nombreuses expérimentations ont prouvé leur effet positif sur la fourniture d'azote à la culture de printemps suivante (maïs,

orge de printemps, tournesol, betterave...), sans pour autant grever significativement leur intérêt environnemental en tant que piège à nitrate (1). Les freins au développement de cette pratique sont liés soit aux contraintes pouvant nécessiter la destruction précoce du couvert avant qu'il n'atteigne le niveau de croissance nécessaire pour avoir un effet significatif (travail du sol précoce en sols argileux par exemple), soit aux particularités physiologiques des espèces de légumineuses disponibles qui rendent leur croissance difficile dans certaines situations (nécessité de semis estival précoce souvent dans le sec, photopériode décroissante à l'automne...). Pour ces mêmes raisons, leur utilisation est délicate en vue de fournir de l'azote à une culture d'automne. Des adaptations plus inédites d'itinéraires techniques sont ainsi à envisager.

Le colza pour valoriser pleinement l'effet précédent du pois

Le colza, qui présente les particularités d'être semé précocement et d'avoir une bonne capacité à absorber l'azote minéral du sol, est une culture très complémentaire des légumineuses. La succession culturale « pois protéagineux – colza » valorise ainsi l'azote minéral disponible dans le sol après un pois, qui est en moyenne, et sur l'ensemble du profil, 30 kg N/ha plus élevé que celui observé après une céréale à paille (2). Des expérimentations, conduites de 2008 à 2011 par le CETIOM et les Chambres d'Agriculture de la Mayenne, de la Moselle, de la Nièvre et de l'Yonne (3), ont confirmé la complémentarité de ces deux cultures. En moyenne, pour un colza qui suit un pois, l'optimum économique est atteint avec 40 kg N/ha en moins,



par rapport au colza qui suit une céréale à paille, dont 15 kg N/ha proviennent d'une absorption plus élevée durant l'automne et l'hiver (figure 1). Les 25 kg N/ha restants sont probablement le résultat d'une minéralisation de printemps et d'un reliquat d'azote minéral du sol à la sortie de l'hiver plus élevés.

Les légumineuses au service de la nutrition azotée

L'efficacité d'absorption de l'azote du colza à l'automne favorise la fixation d'azote par des légumineuses qui lui seraient associées. Les essais conduits par le CETIOM depuis 4 ans, pour évaluer l'intérêt d'associer des légumineuses gélives (lentille, gesse, fenugrec, féverole, vesces...) au colza, montrent ainsi que la quantité d'azote dans les plantes (colza + légumineuses) est significativement plus élevée par rapport au colza seul. Dans la plupart des conditions, les légumineuses accumulent de 10 à 40 kg N/ha (25 kg N/ha en moyenne), grâce aux conditions favorables à la fixation d'azote et à une durée de croissance suffisamment longue, tandis qu'elles n'exercent que peu ou pas de concurrence sur l'accumulation d'azote par le colza (- 5 kg N/ha en moyenne). Le colza bénéficie au printemps d'une partie de cet azote et/ou d'une amélioration de son exploration racinaire, ce qui permet de réduire les quantités d'azote à apporter. Le reste de supplément d'azote absorbé par l'association alimentera le stock du sol et bénéficiera aux cultures suivantes.

COLZA PRÉCÉDENT POIS : efficacité maximale de l'azote

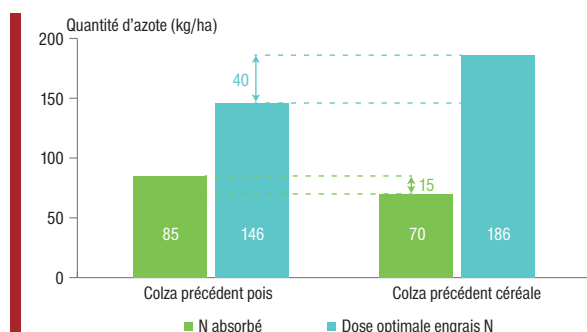


Figure 1 : Comparaison des quantités d'azote absorbé par le colza en sortie hiver et de la dose d'engrais N optimale entre les précédents pois et céréale. La dose d'azote optimale du point technico-économique, déterminée pour une large gamme de prix (200 à 500 €/t graines et 0,50 à 1,25 €/kg N), présente une différence entre les précédents qui est toujours de l'ordre de 40 kg N/ha. Les doses d'engrais présentées dans le graphique correspondent aux hypothèses 400 €/t et 0,75 €/kg N.

De la couverture permanente des sols aux couverts permanents...

Les couverts permanents sont une forme extrême de couverture permanente du sol en combinant non travail du sol (semis-direct), couverts végétaux en interculture et associations de plantes (culture + couvert). Le couvert est une espèce pérenne, en général de la famille des légumineuses (luzerne, trèfle...), qui

est maintenu vivant au moins deux campagnes grâce au semis-direct. Sa régulation est effectuée par des applications d'herbicide à petites doses avant le semis. Le couvert végète sous la culture principale et se développe rapidement dès qu'elle est récoltée grâce à l'exposition à la lumière. La maîtrise de la compétition entre la culture et le couvert est un point capital dans ce type d'itinéraire cultural.

Suite aux premiers essais réalisés en France dans les années 2000, mais non suffisamment maîtrisés dans la plupart des cas, des essais plus récents apportent des résultats favorables.

COUVERT VÉGÉTAL : le trèfle améliore les performances

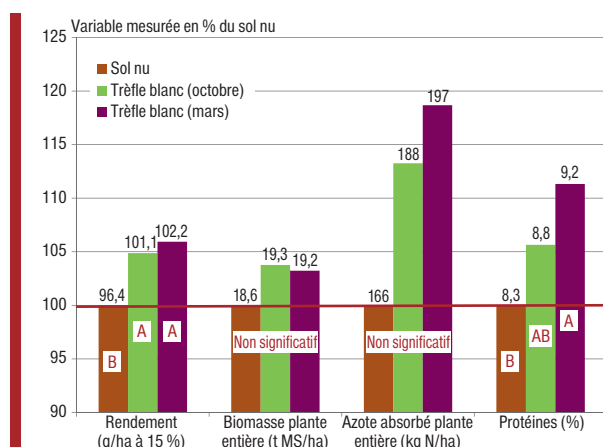


Figure 2 : Performance du blé tendre d'hiver à la récolte 2013 selon le mode de gestion du couvert semi-permanent. Essai ARVALIS - Institut du végétal de Boigneville (91). Lettre = groupe homogène de Newman-Keuls (analyse de variance aux seuils de 5 et 10 %). Étiquettes chiffrées = valeurs absolues des variables mesurées.

...en passant par les couverts semi-permanents

Sur la station expérimentale de Boigneville (91) d'ARVALIS - Institut du végétal, un trèfle blanc a été implanté en même temps qu'un colza à l'été 2011. Les résultats obtenus sur le colza puis sur le blé suivant, implantés en semis-direct, ont été comparés à ceux mesurés en l'absence de trèfle. Le trèfle blanc a été détruit soit en octobre avant le semis du blé, soit en mars de manière involontaire (dose d'herbicide trop forte sur le trèfle initialement destiné à être maintenu vivant). Il en ressort de meilleures performances en présence de trèfle (figure 2). Ce bon résultat est à resituer dans un contexte (2013) où aucun stress hydrique majeur n'a été constaté.

La destruction, volontaire ou non, du couvert dans le blé est une ouverture vers la mise en place de couverts semi-permanents. Installés dans la culture précédente puis laissés en place pendant l'interculture, ils sont

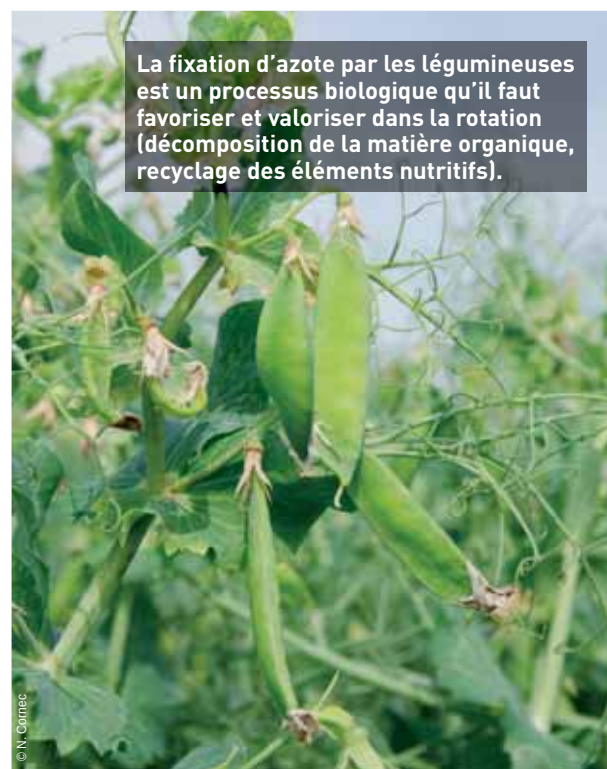
détruits lors de l'implantation de la culture. Cette implantation de couverts par anticipation réduit le risque de créer une concurrence sur la culture.

Gestion conjointe de la fertilisation organique et minérale

La valorisation des produits résiduels organiques (PRO) sur les sols à usage agricole représente un gisement important d'éléments fertilisants. Elle peut contribuer fortement à réduire la dépendance aux engrais et amendements minéraux, ainsi qu'à entretenir les stocks de carbone organique des sols. C'est un des leviers à mobiliser pour préserver les ressources naturelles et mieux « boucler » les cycles du carbone, du phosphore et de l'azote, tout en maintenant un haut niveau de performance productive et économique.

« La valorisation des produits résiduels organiques (PRO) sur les sols à usage agricole représente un gisement important d'éléments fertilisants. »

La fertilisation organique se pratique depuis longtemps dans les zones d'élevage. Elle peut se substituer entièrement à la fertilisation minérale phosphatée ou potassique et à au moins 50 % de la fertilisation azotée minérale. La maîtrise de la fer-



La fixation d'azote par les légumineuses est un processus biologique qu'il faut favoriser et valoriser dans la rotation (décomposition de la matière organique, recyclage des éléments nutritifs).



tilisation azotée organique, conjointement à la fertilisation azotée minérale, s'avère plus difficile que celle d'une fertilisation minérale seule. Sous forme organique, l'azote ne devient disponible pour la culture réceptrice qu'après minéralisation. Des progrès significatifs ont été obtenus ces 15 dernières années dans la prévision de la minéralisation potentielle d'un certain nombre de PRO, à partir d'études de laboratoire. La transposition au champ de ces résultats a été possible grâce à de récents travaux conduits par ARVALIS - Institut du végétal et l'INRA (figure 3). Ces travaux ont débouché sur une typologie des cinétiques de minéralisation mesurées au champ par catégorie de PRO. Ces derniers peuvent désormais être mieux pris en compte dans la gestion de la fertilisation azotée : intégration de la quantité d'azote qu'ils peuvent fournir à la culture réceptrice, d'une part, définition des meilleures périodes d'apport et de complémentarité par la fertilisation minérale, lorsqu'elle est nécessaire, d'autre part.

MINÉRALISATION : la disponibilité azote varie selon la nature de l'apport

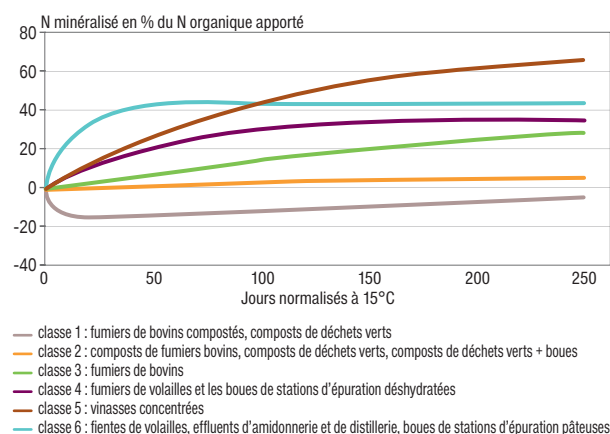


Figure 3 : Cinétiques moyennes de minéralisation de l'azote organique des 6 classes de produits résiduels organiques (ARVALIS - Institut du végétal/INRA, 2008).

L'efficacité agronomique des apports de PRO peut ainsi être maximisée par la connaissance des processus biologiques à l'origine de leur minéralisation, en particulier si ces apports sont accompagnés de pratiques limitant les pertes dans l'environnement (enfouissement rapide pour éviter les pertes d'azote par volatilisation ammoniacale par exemple). Néanmoins, du fait de l'imprécision inhérente aux cinétiques de fourniture d'éléments NPK issus des PRO, la substitution totale des engrais minéraux est sujette à des risques économiques ou environnementaux, sans parler des éventuelles difficultés de disponibilité de ces produits selon les régions.

Optimiser le fonctionnement microbiologique du sol

Le rôle des micro-organismes du sol, longtemps négligé, est aujourd'hui reconnu et à l'origine de services rendus par le sol. C'est le cas du recyclage des éléments nutritifs (azote, phosphore et soufre notamment) dont la biodisponibilité est gouvernée par le fonctionnement biologique du sol. La qualité biologique des sols peut s'évaluer par l'analyse de l'abondance, de l'activité et de la diversité des micro-organismes. Des analyses microbiologiques, pouvant servir d'indicateurs de la qualité biologique des sols, sont déjà proposées, en routine, par des laboratoires d'analyse de terre*. Mais leur utilisation pour un diagnostic de fonctionnement microbiologique du sol et, à terme, pour le pilotage d'itinéraires techniques dans le cadre de l'agro-écologie, reste pour l'instant limitée en raison d'un référencement insuffisant. Des expérimentations au champ sont actuellement conduites pour évaluer l'aptitude de ces indicateurs à révéler les effets de pratiques culturales et mieux quantifier les services liés à la qualité microbiologique du sol. Il s'agit d'élaborer à moyen terme, à l'usage des agriculteurs et de leurs conseillers, une analyse de terre physico-chimique élargie à la microbiologie pour un diagnostic parcellaire, ainsi qu'un système de conseil accompagnant les modifications des pratiques culturales.

*: voir *Perspectives Agricoles* n° 408, février 2014, p 57-60 et article p 56 de ce numéro.

(1) « Cultures intermédiaires : impacts et conduite », ARVALIS Editions, 2014.

(2) Carrouée B., Bourgerais E., Aveline A., 2006, Nitrate leaching related to dry pea in arable crop rotations. In : Grain legumes and the environment : how to assess benefits and impacts ?, 18-19 November 2004, Agroscope FAL Reckenholz, Zurich, Switzerland (Ed. AEP-Paris), 117-124.

(3) Résultats financés par le projet CASDAR PCB, voir *Perspectives Agricoles* n° 368.

Jean-Pierre Cohan - jp.cohan@arvalisinstitutduvegetal.fr

Jérôme Labreuche - j.labreuche@arvalisinstitutduvegetal.fr

Alain Bouthier - a.bouthier@arvalisinstitutduvegetal.fr

ARVALIS - Institut du végétal

Francis Flenet - flenet@cetiom.fr

CETIOM