



Thèmes abordés : « Problématiques agronomiques, écologiques et environnementales posées par la gestion de la fertilisation azotée des cultures selon la méthode du bilan prévisionnel de fertilisation » ;  
« Pourquoi faut-il remplacer progressivement les engrais azotés de synthèse par de l'azote biologique ? »

En France, depuis les années 1990, la gestion de la fertilisation azotée des cultures, repose principalement sur l'établissement du bilan prévisionnel de fertilisation azotée (équation du bilan de fertilisation azotée), notamment pour les céréales d'hiver.

Afin d'alerter les pouvoirs publics des conséquences écologiques et environnementales liées à la mise en place d'un nouveau processus d'eutrophisation dans les sous-sols cultivés, venant s'ajouter au processus d'eutrophisation des eaux superficielles et des estuaires déjà existant ;

Les explications de compréhension sont données comparativement au degré de précision des différents termes qui composent l'équation du bilan, tels que  $X$  = quantité d'engrais azotée,  $K_2$  = Coefficient de minéralisation de l'humus,  $R_h$  = Valeur du reliquat à la sortie de l'hiver, etc.

L'insuffisance des données liées aux fonctionnements biologique et écologique des sols dans l'équation du bilan est commentée, notamment :

(1) au regard de l'intensité de la minéralisation de la matière organique des sols (coefficient  $K_2$ ), calculée en absence de cultures faisant ainsi une totale abstraction du Priming Effect Rhizosphérique (PER) = effet de stimulation de la minéralisation de la Matière Organique du sol généré par les racines et la prospection racinaire pendant le vivant de la plante.

(2) Le Priming Effect (cité en premier par Jenkinson en 1966), étant un mécanisme global de régulation des populations biologiques et microbiologiques des sols, induit par l'apport de matière organique fraîche ; ce mécanisme est capable à lui seul de modifier de façon significative, la vitesse de minéralisation des matières organiques des sols, et notamment de l'azote organique contenus dans la MO.

(3) Ainsi, il existe un autre Priming Effect ou effet de stimulation de la minéralisation de l'azote organique du sol induit par les engrais azotés minéraux (Westerman et Kurtz, 1973) et/ou les fertilisants organiques (Webster et al, 2005). L'intensité de la stimulation étant fonction des doses d'azote appliquées et du fractionnement des apports réalisés. Or, le Priming Effect initié par les engrais minéraux n'est pas considéré dans l'équation du bilan de fertilisation azotée ;

(4) Il en est de même, à propos du Priming Effet exercé par les racines des couverts végétaux d'interculture non considéré dans l'équation du bilan ;

(5) Tout comme le Priming Effect généré par la restitution et/ou l'incorporation de matière organique fraîche en provenance des couverts végétaux ;

(6) Ou encore le Priming Effect exercé par les vers de terre qui stimulent également la minéralisation de la MO du sol.

Ainsi, si en Agriculture de Conservation des Sols, lorsque le sol est couvert en permanence avec des couverts végétaux, les différents effets de stimulation énumérés ci-dessus (1 à 6) se cumulent, expliquent en partie pourquoi avec moins d'engrais azoté apporté, il est possible d'obtenir le même rendement.

En supplément, dans l'équation du bilan, il est considéré que l'azote de l'engrais  $X$  apporté est utilisé à 100% par les cultures alors qu'en réalité, l'azote de l'engrais n'est utilisé qu'à hauteur de 50 à 60%, notamment pour les céréales d'hiver (Efficacité d'Utilisation de l'Azote de l'engrais = 50-60%).

Néanmoins, si les engrais azotés apportés ne sont effectivement utilisés qu'à 50-60% par les cultures depuis une trentaine d'années qu'ils sont appliqués sur les sols, les agriculteurs ont cependant pu constater une augmentation significative des rendements depuis les trente dernières années.

D'où vient l'azote manquant ? : L'hypothèse selon laquelle la quantité d'azote de l'engrais non absorbée (40 à 50%) par les plantes est en réalité venue d'ailleurs peut raisonnablement être posée.

De fait, la quantité d'azote manquante provient raisonnablement de la (sur)minéralisation de l'azote organique des sols et des sous-sols, plus importante que celle calculée dans l'équation du bilan (Cf. données bibliographiques). Ce constat permet d'expliquer au moins en partie, pourquoi des problèmes de fertilité sont déjà rencontrés dans de nombreux sols de France mais aussi mondialement, notamment pour les sols moyens et/ou de faibles épaisseurs, précisément en raison de l'appauvrissement en azote organique des sols et des sous-sols cultivés engendrés par les engrais azotés. L'absence de considération du priming effect lié aux engrais azotés dans l'équation du bilan azoté trouve ainsi toute sa dimension, à l'origine de l'eutrophisation des sous-sols.

En effet, il a pu être montré expérimentalement que de l'engrais azoté apporté en 1985 (engrais marqué à l'azote 15) pouvait encore être retrouvé en 2013 dans le sol et le sous-sol, soit 30 années après l'apport initial. Cette observation démontre définitivement que si les engrais azotés ne sont en fait que très peu utilisés par les cultures, l'augmentation des rendements est due, pour autre partie à la surminéralisation ou minéralisation accélérée de la MO des sols sous l'influence des engrais azotés de synthèse (Mulvaney *et al*, 2009 ; A.E. Russel *et al*, 2009).

De même, expérimentalement, nous avons pu montrer que la méthode de détermination des reliquats azotés utilisée habituellement (Rh de l'équation, 0-90 cm), ne permettait pas de discriminer l'historique de fertilisation azotée d'une parcelle, contrairement à une autre méthode qui mesure les flux en éléments minéraux du sol par la technique des sondes PRS, « Plant Root Simulation », en mimant l'action de prélèvement en élément nutritifs des racines. Ce constat interroge également sur les quantités d'azote réellement absorbées par la plante comparativement à la valeur du Rh utilisée dans l'équation du bilan.

L'objectif finalisé de l'intervention est de mieux faire comprendre aux agriculteurs l'origine des impacts négatifs des engrais azotés sur les sols et l'environnement afin de mieux y remédier, mais aussi pour les inciter à s'engager dans une démarche de gestion agroécologique des sols cultivés.

Le remplacement progressif des engrais azotés de synthèse par de l'azote biologique produit sur l'exploitation constitue ainsi une alternative aux engrais chimiques, est une voie prometteuse de gestion agroécologique des sols. Les divers processus écologiques agissant sur la performance des systèmes de culture et la fertilité des sols sont présentés et discutés. La découverte récente de l'hydrogène en tant qu'hormone végétale est également analysée au regard de ses effets importants sur la croissance des plantes.

L'hydrogène H<sub>2</sub> étant produit lors de la fixation de l'azote atmosphérique par les légumineuses, l'hypothèse que cette production d'hydrogène permettait d'expliquer une meilleure croissance des cultures associant légumineuses et non légumineuses peu d'ores et déjà être posée.

Une production maximum d'azote biologique sur l'exploitation nécessite parallèlement d'augmenter la productivité en biomasse au moyen de la couverture permanente des sols cultivés et des techniques de semis direct sous couverture végétale. La gestion de l'azote des sols par l'azote organique des légumineuses présente l'avantage d'intégrer du carbone dans le sol en même temps que l'azote, ce qui n'est évidemment pas le cas lorsque l'on utilise des engrais azotés de synthèse.

La restitution et/ou l'incorporation d'une biomasse supplémentaire (couverts végétaux) s'avère néanmoins nécessaire si l'on compte à la fois profiter de la minéralisation des matières organiques fraîches pour la nutrition des cultures et augmenter simultanément le taux en matières organiques des sols.

**PRODUIRE PLUS OU AUTANT, EN CONSOMMANT MOINS.**