

La minéralisation de l'humus

Le socle des fournitures d'azote par le sol

Le raisonnement de la fertilisation azotée implique une estimation correcte des différentes fournitures d'azote par le sol afin de calculer la dose d'azote à apporter sous forme d'engrais (minéral ou organique). Parmi les différents postes de fournitures, l'azote issu de la minéralisation de l'humus présente les quantités les plus importantes et les plus variables.



© R. Legère, ARVALIS - Institut du végétal

L'azote est présent dans le sol essentiellement sous forme organique, c'est-à-dire dans des molécules complexes incluses dans des matériaux vivants ou inertes. Dans la couche de surface (jusqu'à 30 cm de profondeur), les quantités peuvent varier de 2 à 10 t N/ha. On distingue plusieurs natures de matières organiques.

- La matière organique humifiée ou « *humus* ». Elle représente plus de 90 % des quantités d'azote organique présentes dans le sol.
- L'ensemble des microorganismes ou « *biomasse microbienne* ». Elle renferme environ 7 % de l'azote organique présent dans le sol.
- La matière organique en phase de dégradation issue des résidus végétaux et des apports exogènes de produits organiques. On y trouve près de 2 % de l'azote organique du sol.

La quantité d'azote organique du sol évolue avec le régime de restitutions du système de culture.

La vie microbienne d'un sol est au cœur des processus d'humification et de minéralisation.

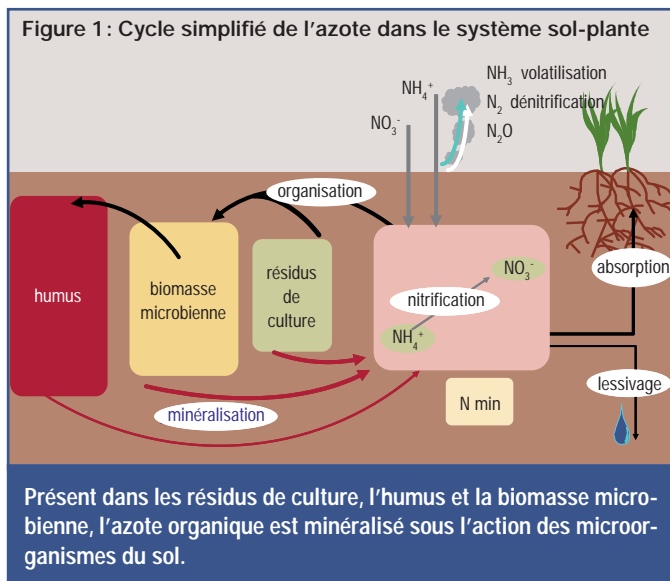
Des résidus de culture aux éléments minéraux

L'humus est alimenté par la dégradation des résidus végétaux et des produits organiques sous l'action des microorganismes du sol. Ce processus d'humification est sous la dépendance de nombreux facteurs parmi lesquels on peut citer la température et l'humidité du sol ainsi que la nature du résidu ou du produit organique considéré. Les mesures de teneurs en azote organique réalisées dans les laboratoires d'analyses de terre sont basées sur une mesure de la teneur en azote total après élimination des matières organiques macroscopiques (résidus végétaux par exemple). Ainsi, étant donné sa prédominance, on peut considérer qu'une mesure de teneur en azote total est avant tout une mesure de teneur en azote organique humifié.

Minéralisation de l'humus et fournitures d'éléments PK

Outre les quantités présentes dans les résidus de culture ou les produits organiques apportés, le phosphore et le potassium se trouvent sous de nombreuses formes dans le sol : minérale en solution, minérale complexée avec d'autres éléments pour le P ou liée aux feuillets d'argile pour le K et sous forme organique au sein de l'humus. La minéralisation de l'humus sous l'action des microorganismes libère du P et K dans la solution du sol. Néanmoins, l'humus est moins riche en PK qu'en N. En l'occurrence, les quantités de P et K ainsi libérées ne rentrent pas vraiment en compte dans la comptabilisation des fournitures PK pour la culture. À titre d'exemple, dans un sol ayant un taux de matière organique de 2 % et un rapport C/P de 100, les fournitures de P par la minéralisation de l'humus sont estimées à 20 kg/ha/an de P_2O_5 .

Parallèlement au processus d'humification, l'humus est soumis à un phénomène de dégradation sous l'action des microorganismes. Ils y puisent les éléments nécessaires à leur constitution et à leur besoin énergétique. Cette dégradation transfère aussi des éléments (carbone, azote, phosphore, potassium...) de la phase organique



vers la phase minérale : c'est le processus de minéralisation (figure 1). La compréhension et la prévision de ce phénomène sont d'une importance capitale pour prévoir l'évolution du taux de matière organique et la fourniture en éléments minéraux pour la culture (azote principalement, phosphore et potassium de façon secondaire).

Les déterminants de la minéralisation de l'azote

La minéralisation de l'azote organique issu de l'humus du sol est une des sources d'azote minéral pour les cultures. Elle entre en compte dans la comptabilisation des fournitures du sol dans le calcul du bilan azoté. Les quantités d'azote disponibles à l'issue de la minéralisation de l'humus dépendent de quatre facteurs.

- **La quantité d'azote organique du sol**, directement reliée à son taux de matières organiques. Cette quantité peut être mesurée lors d'une analyse de sol. Cette variable évolue dans le temps, comme le taux de matières organiques, en fonction du régime de restitu-

tion organique du système de culture. Il est donc nécessaire de la mesurer régulièrement (tous les 5/7 ans). La totalité de l'azote organique du sol n'est pas facilement minéralisable. La part facilement dégradable est difficile à prévoir avec précision dans l'état actuel des connaissances, mais on sait qu'elle est susceptible de varier en fonction de la nature des restitutions organiques.

- **Le coefficient de minéralisation de l'azote organique.** Il dépend des caractéristiques du sol (granulométrie, teneur en carbonate de calcium...). En tendance, les sols fortement argileux ou fortement calcaire

Tout l'azote organique de l'humus n'est pas minéralisable.

comptent parmi les sols les moins « minéralisants ».

- **La température du sol.** Le processus de minéralisation est directement lié à l'action des

microorganismes, elle-même dépendante de la température qui gouverne les réactions biochimiques mises en jeu. La température est particulièrement limitante lors de la phase hivernale pour ne plus vraiment être un facteur limitant au printemps.

- **L'humidité du sol.** Comme pour la température, les pro-

L'humus représente 90 % de l'azote organique du sol. La teneur en azote total mesurée en laboratoire est souvent synonyme de teneur en azote organique humifié.

cessus microbiens nécessitent une humidité relative minimale pour se dérouler. Ce facteur peut devenir en partie limitant en pleine phase de croissance de la culture en l'absence de pluie : l'horizon de surface s'assèche à la fois sous l'action de l'évaporation de l'eau du sol et de la transpiration de la plante.

Estimation dans les outils de calculs de dose d'azote

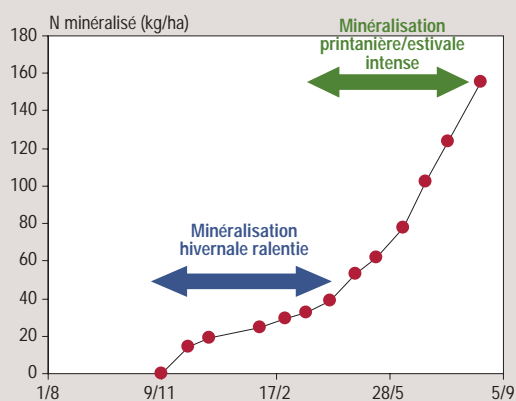
La plupart des outils de calculs de dose d'azote déterminent les fournitures d'azote par minéralisation de l'humus à partir de modèles prenant en compte les quatre critères décrits précédemment, la plupart du temps à partir de références météorologiques moyennes locales. Une nouvelle génération d'outils commence à être diffusée, permettant la prise en compte



des conditions météorologiques spécifiques de l'année. Ces outils de bilan dynamique permettront sans doute à l'avenir d'assurer un conseil de dose d'azote plus précis. ■

Jean-Pierre Cohan
ARVALIS-Institut du végétal
jp.cohan@arvalisinstitutduvegetal.fr

Figure 2: Variations saisonnières de la minéralisation de l'humus. Essai ARVALIS « sol nu » de Templeux-La-Fosse (80) - 2004-2005/Limon argilo-sableux calcaire (pHeau = 8,4; teneur en azote organique sur 30 cm = 1,80 g/kg)



Les conditions pédo-climatiques (température et humidité de la couche de sol en surface) au printemps favorisent l'activité biologique du sol et expliquent l'accroissement de la minéralisation de l'humus à cette période.