

# AZOTE MINÉRALISABLE : QUELLE MÉTHODE DE MESURE CHOISIR ?

Matthieu Valé - Responsable Scientifique AUREA



L'azote organique sert de source d'énergie aux microorganismes (bactéries et champignons) qui l'utilisent pour leur croissance et leur reproduction. Ils rejettent ensuite les éléments sous forme minérale : azote ammoniacal (N-NH<sub>4</sub>) qui est ensuite transformé en azote nitrique (N-NO<sub>3</sub>), sous l'action des microorganismes.

Cette minéralisation de l'azote organique du sol est un processus biologique sous l'influence des conditions environnementales (principalement la température et l'humidité) mais aussi des caractéristiques biologiques, physiques et chimiques du sol.

La connaissance du potentiel de minéralisation d'un sol permet d'ajuster au plus près la fertilisation azotée, mais renseigne également sur l'activité biologique des micro-organismes.

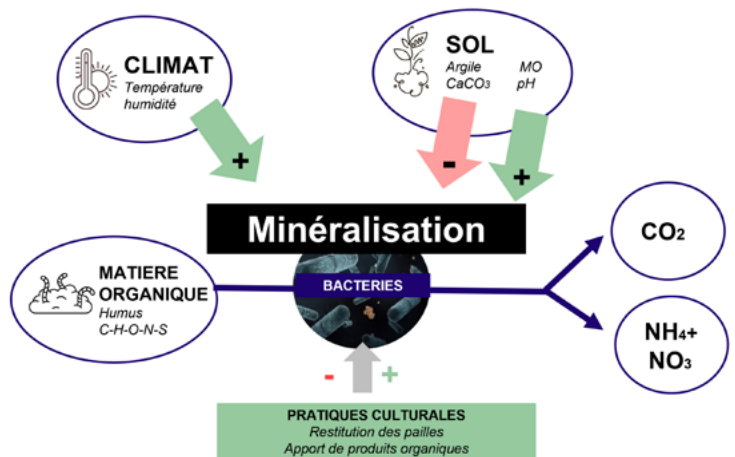
Différentes méthodes existent pour approcher cette fraction d'azote minéralisable à court terme (cycle cultural).

## APPROCHE PAR MODÉLISATION : CALCUL DU K2

La modélisation des effets de ces caractéristiques de sol a permis d'établir l'équation du K<sub>2</sub>, qui est le taux de minéralisation annuelle de la matière organique. Ce modèle, publié il y a près de 40 ans (Rémy et Marin-Lafleche, 1974), a connu de nombreuses évolutions suite aux différents travaux de recherche menés depuis.

Le calcul utilise des résultats de l'analyse de terre (texture ou CEC, calcaire, pH, MO) et des informations du système de culture (fréquence de restitution des résidus de récolte, fréquence et type d'apport de produits organiques).

Paramètres agissant sur le calcul du K<sub>2</sub>



Le taux de minéralisation annuelle (K<sub>2</sub>, aussi appelé IAB sur certains rapports AUREA) est généralement compris entre 0.5 et 2 %. L'azote minéralisable sur l'année peut se calculer en appliquant ce coefficient au stock d'azote organique du sol.

Exemple :

INFORMATIONS SOL		MATIÈRE ORGANIQUE (MO) et AZOTE TOTAL (N)				
Type de sol : ARGILE CALCAIRE MOYEN			Valeur souhaitable	Faible	Moyen	Élevé
Profondeur : Moyen		MO %	3.6	3		
% cailloux : Un peu (10%)		IAB %	0.8	1.5		
Terre fine : 1800T/ha		C/N	7.8	8 à 10		
		N Total %	0.27	0.17		

Stock d'azote organique = terre fine x N total / 100 = 1800 x 0.27 / 100 = 4.86 t/ha

Azote minéralisable sur l'année = stock N x K<sub>2</sub> (ou IAB) x/ 10 = 4.86 x 0.8 x 10 = 39 kg/ha

Cette première approche a le mérite de pouvoir se faire à partir d'une analyse de terre classique. Cependant elle ne permet pas d'avoir une bonne vision de l'activité biologique de minéralisation, ni de voir l'impact de pratiques agricoles agissant sur l'activité biologique (couverts d'interculture, rotation, travail du sol, retournement de prairie, ...). C'est pour cela que différentes méthodes de mesure ont été développées.

## POTENTIEL DE MINÉRALISATION DE L'AZOTE ORGANIQUE

Cette méthode repose sur une incubation d'un échantillon de sol brut tamisé 2 mm à 28 °C, sous contrôle d'humidité, sur une période de 28 jours et à l'obscurité (norme NF EN ISO 14238). La différence entre l'azote minéral dosé après 28 jours d'incubation et celui dosé en début d'incubation constitue la quantité d'azote potentiellement minéralisable. Une estimation de l'azote fourni annuellement peut être calculée à partir du résultat en utilisant le concept de jours normalisés ([Voir la fiche technique](#)).

Cette méthode est robuste, validée par de nombreux essais et expérimentation. Elle est considérée comme la méthode de référence, mais est assez longue et coûteuse. De plus, le travail sur échantillon frais nécessite un prélèvement et une logistique spécifique.

## APM (AZOTE POTENTIELLEMENT MINÉRALISABLE)

La méthode se base sur une double extraction chimique de l'azote ammoniacal, à partir d'un échantillon de sol séché et tamisé à 2mm (Gianello et Bremner, 1986). La première extraction est réalisée en présence d'une solution tampon de phosphate de borate, tandis que la seconde se fait en présence de chlorure de potassium. La différence entre les résultats de ces deux extractions permet de calculer l'indicateur APM. Les valeurs sont généralement comprises entre 5 et 70 mg/kg (Rocca et al, 2013).

Cet indicateur est intégré aujourd'hui dans certains logiciels de plans de fumure (Epiclès, WiUz, Sol-AID) et peut servir à préciser le poste «Fourniture d'azote par le sol» pour le calcul de doses de fertilisation azotée. Bien que l'analyse se fasse sur échantillon séché tamisé (prélèvement et logistique identique à l'analyse de terre classique), la méthode en laboratoire est peu productive. L'indicateur s'est également avéré peu discriminant des pratiques culturales lors de son test dans le projet Microbioterre.

## ABM (AZOTE BIOLOGIQUEMENT MINÉRALISABLE)

L'analyse dérive de la méthode de Waring & Bremner (1964), reprise ensuite par Stanford & Smith (1976). Elle repose sur l'incubation d'un échantillon de sol brut tamisé à 2 mm, en conditions contrôlées (milieu liquide anaérobie pendant 7 jours à 40°C). L'extraction est réalisée avec une solution de KCl. Le dosage de N-NH<sub>4</sub> est ensuite réalisé par colorimétrie en flux continu. La différence entre les teneurs en azote ammoniacal en début et en fin d'incubation permet de calculer l'indicateur ABM. Les valeurs sont généralement comprises entre 5 et 100 mg/kg ([Voir la fiche technique](#)).

L'ABM est un indicateur de l'activité biologique de transformation de l'azote organique du sol et il traduit un potentiel de fourniture en azote minéral. Il s'est avéré très discriminant lors de son test dans le projet Microbioterre. La méthode est robuste et rapide. Par contre, le travail sur échantillon frais nécessite un prélèvement et une logistique spécifique. L'ABM renseigne pour le moment seulement sur un potentiel de fourniture en azote. Cet indicateur n'est en effet pas encore utilisable pour améliorer l'estimation de la fourniture en azote par le sol dans le cadre du bilan azoté. Des travaux sont en cours pour acquérir les références nécessaires.

	Méthode	Norme	Préparation	Simplicité	Rapidité	Coût	Référencement
N minéralisé 28 J	Incubation aérobie 28 jours 28°C	XP U44-163 et NF ISO 14238	Sol brut tamisé 5 mm	--	⌚⌚⌚⌚	€€€€	Méthode de référence en France (Bouthier et al, 2015 ; Déplanche, 2021)
APM (Azote Potentiellement Minéralisable)	Double distillation Kjeldahl partielle (KCl et tampon phosphate borate)	Non (Gianello et Bremner, 1986)	Sol séché tamisé 2 mm	-	⌚⌚	€€	Travaux d'In Vivo (Rocca et al, 2013), Réseau Mh / Sol- AID ( <a href="http://geowww.agrocampus-ouest.fr/web/?page_id=2804">http://geowww.agrocampus-ouest.fr/web/?page_id=2804</a> )
ABM (Azote Biologiquement Minéralisable)	Incubation anaérobie 7 jours 40°C	Non (Keeney & Bremner,1966 ; Schomberg et al., 2009)	Sol brut tamisé 5 mm	++	⌚⌚	€€	Etudes internationales (Clack, 2018 ; Curtin et al, 2017 ; Orcellet et al 2016), réseau Mh, Microbioterre

Les différentes méthodes présentées ont chacune leurs avantages et inconvénients. Le choix s'orientera donc selon le contexte et les objectifs de l'analyse. Par exemple, le potentiel par incubation sera plus pertinent en expérimentation. L'APM se justifiera pour le paramétrage des logiciels de plan de fumure utilisant cet indicateur. L'ABM donnera une indication sur l'activité biologique de minéralisation et, combiné à d'autres indicateurs comme dans les offres Diag Sol et Agro-Eco Sol, permettra d'orienter le choix de pratiques culturales.

**Matthieu Valé**

Responsable Scientifique AUREA

---

#### Bibliographie

Gianello C., Bremner J.M., 1988. Commun. in Soil Sci. Plant Anal. 19 (14) : 1551 – 1568

Microbioterre – Guide d'interprétation à l'analyse des bioindicateurs (juillet 2022) - [lien](#)

NF EN ISO 14238 - Qualité du sol - Méthodes biologiques - Détermination de la minéralisation de l'azote et de la nitrification dans les sols, et de l'influence des produits chimiques sur ces processus, février 2014

Rocca C., Varvoux L. et al, 2013. Com. orale. 11èmes Rencontres du Comifer. Poitiers, 20-21 novembre 2013

Stanford, G., and S.J. Smith. 1976. Estimating potentially mineralizable soil nitrogen from a chemical index of soil nitrogen availability. Soil Sci. 122:71–76.

Waring, S.A., and J.M. Bremner. 1964. Ammonium production in soil under waterlogged conditions as an index of nitrogen availability. Nature 201:951–952.