

LE FRACTIONNEMENT DES MATIERES ORGANIQUES DU SOL

Au laboratoire : d'après l'INRA de Versailles

- Agitation de 50 g de terre séchée avec 250 ml d'hexamétaphosphate à 1 g/l et des billes d'agate.
- Tamisage à 50 µm sous eau et séchage des fractions à 40°C, puis pesées pour déterminer leur répartition dans le sol.
- Après pesées, broyage des fractions à 315 µm pour dosage du carbone (NF ISO 14235) et de l'azote (NF ISO 13878)

Définition-signification :

L'analyse subdivise la matière organique en 2 compartiments selon des critères granulométriques, auxquels sont associées les notions de stabilité et de fonction.

MO totales du sol	Fonctions
 <p>MO grossières > 50 µm (sables) C/N élevé (12 à 30) : MO jeunes MO libres : facilement minéralisables</p>	<p>COHESIVES (court terme) NUTRITIVES (court terme) ENERGISANTES</p>
<p>MO fines < 50 µm (limons et argiles) C/N faible (< 10) : MO vieilles MO liées : stabilisées</p>	<p>COHESIVES (long terme) NUTRITIVES (long terme)</p>

Éléments d'interprétation :

La matière organique libre / rapide :

- Rôle fertilisant pour les plantes (N, P, Ca...)
- Rôle « nourricier » pour la biologie du sol (faune du sol) qui y puise les éléments énergétiques et nutritifs indispensables à son développement.
- Rôle important de réserve dans les sols sablonneux
- Pourvoyeur d'énergie dans le sol avec un C/N élevé.
- Dégradation rapide (< 12 ans)

C/N de ce compartiment	> 25	Entre 20 et 25	< 20
Disponibilité de l'azote	Immobilisation de N dans les premiers mois de culture	Fonction de la taille du compartiment biomasse microbienne	Disponibilité immédiate pour la plante

La matière organique liée / très lente

- Constitue l'humus stable du sol, essentiellement structurantes et d'échange (CEC humique).
- Dégradation très lente (> 50 ans)
- Contribue à la minéralisation de l'azote, qui reste peu disponible pour les cultures.

Applications agronomiques :

L'analyse compartimentale des MO du sol permet une meilleure visualisation de la qualité de la MO du sol. Le conseil portera sur la gestion de la MO et du travail du sol : quantité et qualité des produits organiques à apporter, enherbement etc. ...

La répartition des fractions de MO permettra le choix du produit organique adapté par rapport à son ISB (Indice de Stabilité Biologique). Si déficit de MO liées, on préférera l'emploi d'un produit à fort ISB. A l'inverse, on utilisera un produit à faible ISB pour stimuler la biomasse du sol, et l'enherbement pourra être également envisagé.

Les rapports C/N expliquent l'origine des MO ainsi que leur état d'évolution biologique (« humification »). Retenons que le rapport C/N des matières organiques va baisser tout au long de leur vie dans le sol.

A retenir :

Objectif	Détermination	Valeurs de références	Diagnostic	Préconisations Agronomiques
Caractériser l'état et le fonctionnement organique du sol	- MO totale, N total, C/Ntotal - MO libre, Nlibre, C/N libre, - MO liée, N lié, C/N lié	- MO libre et MO liée varient avec granulométrie, - Ratio MO libre/MO totale varie de 10% à 80%, en fonction de la granulométrie et du système de culture - C/N : 12 < MO libre < 30 - C/N : MO liée < 10	- Quantité et qualité des MO - Structure de la MO (ratio MOlibre / MOliée)	- Apports Organiques : Quantité et qualité (fort ou faible ISB) - Disponibilité de l'azote, - Enherbement (présence / absence, légumineuses etc...)

LA BIOMASSE MICROBIENNE

Au laboratoire : selon la norme (FD ISO 14240-2)

Aliquote 1



Dosage du carbone organique sur mélange terre fraîche (équivalent à 20 g sur le sec) + solution de K₂SO₄

Aliquote 2



22 h de mise en contact avec des vapeurs de chloroforme puis traitement identique à l'aliquote 1.

La quantité de biomasse (BM) est obtenue par un différentiel de carbone (selon Chaussod, INRA Dijon) exprimé en mg C / kg de terre sèche.

Définition-signification :

La biomasse microbienne représente la quantité de « carbone vivant » contenue dans les microbes du sol, essentiellement bactéries et champignons. Elle constitue un *indicateur précoce* de la dynamique de la matière organique qui réagit vite aux modifications favorables ou défavorables du milieu. Elle est à la fois un *compartiment transformateur* (potentiel de minéralisation du sol) et un *compartiment stock* capable de piéger des éléments comme l'azote (100 mg de BM par kg de terre représente un stock de 45 kg azote/ ha).

L'analyse permet également de déterminer le rapport **BM/Carbone organique du sol**. C'est un paramètre qualitatif important pour apprécier le fonctionnement du sol. Ce paramètre apprécie la qualité nutritionnelle de la matière organique du sol, ainsi que la qualité de l'environnement chimique et physique de la biomasse microbienne.

Éléments d'interprétation :

La biomasse microbienne varie entre 0 et 700 à 800 mg C/kg de terre dans les sols agricoles. Les facteurs de variation de la biomasse microbienne sont la température, l'humidité, l'état énergétique du sol (les réserves en MO, particulièrement les MO facilement dégradables), l'environnement physique (structure et porosité) et chimique (CEC, pH, calcium).

La teneur en **biomasse microbienne** est liée au type de sol, au type de culture et aux techniques culturales

Le **rapport BM/C en %**, varie entre 0 et 5%, habituellement. Les valeurs les plus faibles signalent, pour un type de sol donné :

- un environnement physique défavorable à la vie (compaction, tassement, hydromorphie)
- un environnement chimique défavorable à la vie (pH acide, déficit en calcium, toxicité cuprique, etc. ...),
- plus généralement, un manque ou une mauvaise qualité des restitutions organiques.

Applications agronomiques :

Pour un type de sol donné, des **valeurs élevées de biomasse microbienne** signifient que la fertilité biologique du sol est élevée et donc que les propriétés agronomiques du sol fortement sous la dépendance de la biologie (structuration, porosité, nutrition des plantes, recyclage des matières organiques du sol, état sanitaire) auront les meilleures chance d'être assurées.

A l'inverse, un **faible niveau de biomasse microbienne** signifie de faible capacité biologique pour le sol. La culture nécessitera alors plus de soin, c'est à dire plus d'intrants (mécanique et chimique) pour entretenir les propriétés agronomiques du sol.

A retenir :

Objectif	Détermination	Valeurs de références	Diagnostic	Préconisations Agronomiques
Mesurer la quantité de biomasse microbienne du sol	- BM : mg C microbien/kg terre - Calcul du ratio en % BM/C organique	<p><i>BM</i></p> <p><i>BM/C</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Potentialité biotique du sol - Potentialités minéralisatrices du sol - Qualité et fonctionnement global du sol (qualité des MO et environnement physico-chimique de la BM) 	<ul style="list-style-type: none"> - Apports Organiques : Qualité (fort ou faible ISB) - Travail du sol (décompaction) - Drainage - Equilibre basique - Traitements phytosanitaires (cuivre...)

LA MINÉRALISATION DU CARBONE ET DE L'AZOTE

Au laboratoire :

Incubation de 2 x 40 g de terre sèche ajustée à son humidité équivalente durant 28 jours



Piégeage du C-CO₂ produit par la respiration de la biomasse microbienne par la soude et dosage par acidimétrie de la quantité de carbone potentiellement minéralisable.



Dosage de l'azote minéral (NH₄ et NO₃) en début d'incubation et après 28 jours. La différence entre les 2 teneurs constitue la quantité d'azote potentiellement minéralisable.

Définition-signification :

L'objectif de la mesure est d'estimer les réserves de MO potentiellement dégradables du sol, c'est à dire les réserves énergétiques facilement accessibles à la biologie et la stabilité de la MO, ainsi que l'azote potentiellement disponible pour les plantes.

L'azote minéralisé, obtenue après 28 jours d'étuve dans des conditions standardisées et optimisées pour l'activité biologique permet d'apprécier le potentiel minéralisateur d'azote du sol.

Eléments d'interprétation :

Minéralisation du carbone :

Les valeurs mesurées sont de l'ordre de 0 à 800 mgC-CO₂/kg terre /28 j pour des sols agricoles. Si les valeurs sont faibles (< 200), les réserves énergétiques du sol sont faibles, la biologie a du mal à survivre et à proliférer, et les propriétés biologiques des sols s'effondrent petit à petit. Il faut rapporter des MO facilement dégradables (enherbement, produit organique à faible ISB etc.) pour stimuler la biologie.

L'Indice de Minéralisation du carbone représente la proportion de carbone «actif» pour 100 g de carbone total. En ce sens, ce rapport représente «l'activité» de la MO du sol. Cette indice varie entre 0 et 5% pour les sols agricoles.

Le rapport Carbone minéralisé / Biomasse (ou «Respiration Spécifique») caractérise la capacité respiratoire de la biomasse et précise son fonctionnement. On peut parler de «taux de renouvellement» de la biomasse. Il varie entre 0 et 150 mg C-CO₂ / g C-microbien/ jour.

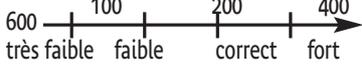
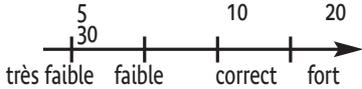
Minéralisation de l'azote

La quantité d'azote minéralisé approche le potentiel minéralisateur d'azote du sol. Une estimation de l'azote fournie annuellement par le sol pour 3500 t/ha est calculée à partir de l'azote potentiellement minéralisable. Cette valeur reste une estimation du potentiel de fourniture d'azote du sol et doit être prise avec prudence.

Le rapport **N minéralisé / N total** permet d'estimer la proportion d'azote du sol réellement disponible pour la plante. Il varie entre 0 et 4%. On peut obtenir des coefficients de minéralisation négatifs. Cela signifie que l'azote minéral est réorganisé dans le sol. L'azote ne se sera plus disponible pour la plante durant les 2 à 3 mois (au minimum) qui suivent le prélèvement (immobilisation par la biomasse microbienne). Il faudra donc l'intégrer dans son itinéraire cultural.

Lors des différents dosages d'azote minéralisé, on distingue l'azote nitrique de l'azote ammoniacal. Habituellement le rapport NH_4/NO_3 est inférieur à 10%. Des valeurs supérieures interrogent sur l'état physique du sol (porosité insuffisante, compaction) ou chimique (état calcique, pH, cuivres, métaux lourds) ou même organique (présence d'une grande quantité de matière organique labile de type animal).

A retenir :

Objectif	Détermination	Valeurs de références	Diagnostic	Préconisations Agronomiques
Mesurer les réserves énergétiques du sol, l'activité de la MO, et la disponibilité de l'azote	<p>C minéralisé : mgC-CO₂ / kg / 28 jours,</p> <p>Indice de Minéralisation du C : C minéralisé / Ctotal*100</p> <p>N minéralisé : mgN-NO₃+NH₄ / kg / 28 j</p> <p>Indice de minéralisation de N : Nminéralisé / N total*100</p>	<p><i>C minéralisé :</i></p>  <p><i>Indice de Minéralisation du C :</i> Correct : 2% < CM% < 3%</p> <p><i>N minéralisé :</i></p>  <p><i>Indice de Minéralisation de N :</i> Correct : 1% < NM% < 2%</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Garde manger du sol - Activité de la MO - Azote potentiellement minéralisable - Disponibilité de l'azote - Fonctionnement de la nitrification 	<ul style="list-style-type: none"> - Apports Organiques : Quantité et qualité (fort ou faible ISB) - Fumure organique ou minérale d'azote, - Entretien du sol, - Equilibre basique, - Phytosanitaires (cuivre)

L'INDICE D'ACTIVITE MICROBIENNE (IAM)

Au laboratoire :



Incubation à 28°C d'un mélange terre fraîche (équivalent à 3 g sur le sec) + phosphate de sodium + FDA.



Dosage de l'absorption lumineuse du surnageant à 490 nm.

Plus l'activité enzymatique du sol est forte, plus la FDA est hydrolysée et libère de la fluoescéine, et plus le surnageant est colorée (jaune fluorescent).

Définition-signification :

L'Indice d'Activité Microbienne (I.A.M.) est un test enzymatique. Celui-ci permet de visualiser le potentiel de dégradation des substrats organiques du sol par certains enzymes, eux-mêmes produit par les micro-organismes du sol. Il introduit donc une **notion d'efficacité biologique** ou de qualité de la biomasse microbienne.

Eléments d'interprétation :

La mesure de l'IAM est une photo à un instant donné de l'activité au champ. Elle est principalement utilisée pour comparer l'activité d'un sol à un instant donné en fonction des pratiques culturales.

L'IAM varie en fonction de :

- la quantité et de la qualité des restitutions organiques,
- du type de sol (pH, CEC, MO totale)
- des modifications de fertilisation
- des variations qualitatives (activités microbiennes, type de microflore) et quantitatives de la BM.

Applications agronomiques :

En cas de faible activité, on doit réactiver le sol par une meilleure gestion de la matière organique ou par l'amélioration des équilibres physico-chimiques du sol.

A retenir :

Objectif	Détermination	Valeurs de références	Diagnostic	Préconisations Agronomiques
Mesurer les activités enzymatiques globales du sol	IAM : A490 / h		- Activités biologiques globales du sol - «Profil cultural» des activités microbiennes	- Réactivation du sol par la gestion de la matière organique ou des équilibres physico-chimiques du sol.