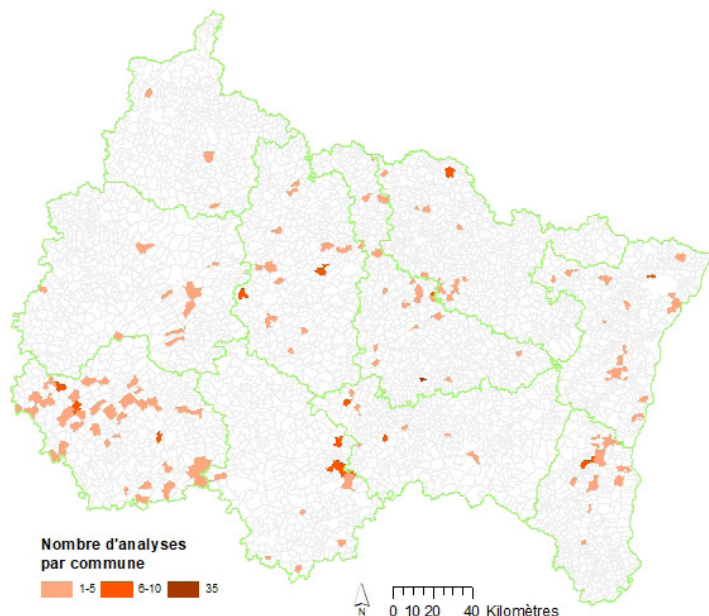


Etat organique des sols agricoles : bilan de 430 analyses dans le Grand Est



Le fonctionnement **biologique** des sols agricoles peut être évalué par des **diagnostics de terrain et des analyses de laboratoire**. La capitalisation de ces analyses permet d'avoir un aperçu de l'état organique des sols agricoles de la région. Cette plaquette actualise les résultats présentés dans un document de 2019 et le complète par l'exploration de deux **facteurs influençant le fonctionnement biologique** : les caractéristiques intrinsèques du sol et l'occupation du sol.

Les résultats sont issus de 430 échantillons analysés à la demande d'agriculteurs, ou pour des comparaisons de pratiques, ou suivre des expérimentations... La densité des prélèvements et la représentativité des résultats varient d'un département à l'autre. Les échantillons ont été prélevés de 2014 à 2022 dans la région Grand Est.



Caractérisations physique, chimique et biologique des sols

ANALYSES (Laboratoire : Celesta Lab¹)

RENSEIGNEMENTS SUR LES MICRO-ORGANISMES DU SOL

Analyses « organiques »

- teneur en carbone organique (Corg)
 - fractionnement granulométrique de la matière organique (MO) des sols entre la fraction liée et fraction libre
 - teneurs en Corg et N (azote total) des fractions de la MO
 - biomasse microbienne (BM)
 - potentiels de minéralisation Corg et N
- Leur nourriture (quantité et qualité)
- Leur abondance
- Leur activité

Analyses physico-chimiques

- pH eau, calcaire total (CaCO₃)
 - granulométrie (proportions d'argiles, limons et sables)
 - capacité d'échange cationique (CEC), cations échangeables
- Leur habitat

Les résultats sont exprimés par rapport au kg ou aux 100g de Terre Sèche (TS).

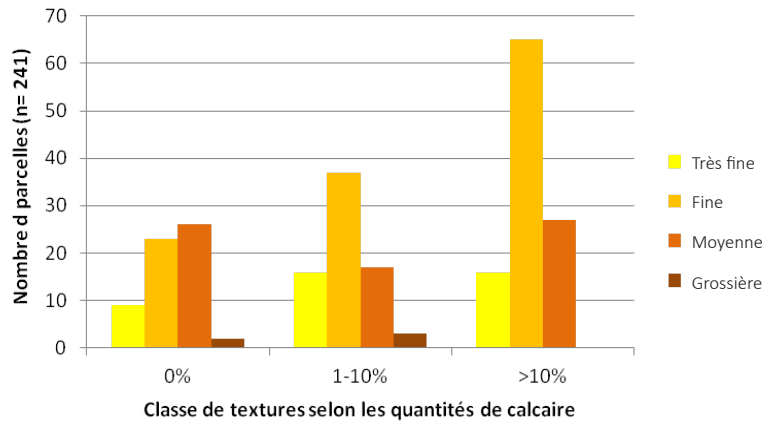
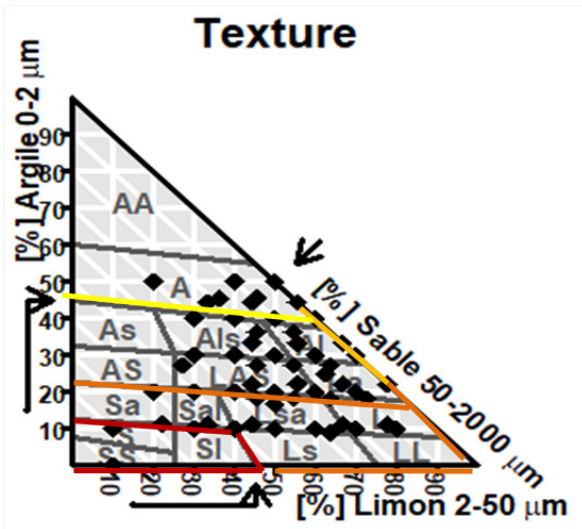
Les échantillons ont été soumis à des analyses plus ou moins complètes. Le nombre d'analyses (n) est indiqué pour chaque graphique.

¹ ZA Mas des Cavaliers, 154 rue Georges Guynemer, 34130 MAUGUIO. Tél : 04 67 20 10 90

Le sol comme habitat d'organismes vivants : caractéristiques physiques et chimiques du sol

Connaître le type de sol est important pour pouvoir faire la part entre les effets de sol et ceux des pratiques agricoles sur le compartiment organique. Pour un diagnostic d'une parcelle, il est préférable de compléter cette analyse par une observation sur le terrain. Caractéristiques disponibles pour ce lot d'analyses **physiques** : **granulométrie**, **chimiques** : **pH**, **CaCO₃**, **CEC**, **teneurs en MO**, **N total**.

La texture et la teneur en calcaire sont les caractéristiques du sol ayant le plus d'influence sur le fonctionnement biologique. En effet, les argiles s'associent aux matières organiques et les protègent de la minéralisation.



Résultats : 257 analyses granulométriques, des textures variées, plutôt argileuses: 70% de sols à texture fine ou très fines

Résultats : 241 parcelles analysées pour le calcaire total, 45% de sols calcaires, 30% de sols peu calcaires (<10% de CaCO₃), et 25% de sols non calcaires ; le pH des sols est compris entre 5.7 et 8.5.

Les échantillons prélevés représentent une diversité de sols, dominée par :

des sols limono-argilo-sableux, très calcaires, sur craie



des sols argilo-limoneux, de pH neutre à alcalin

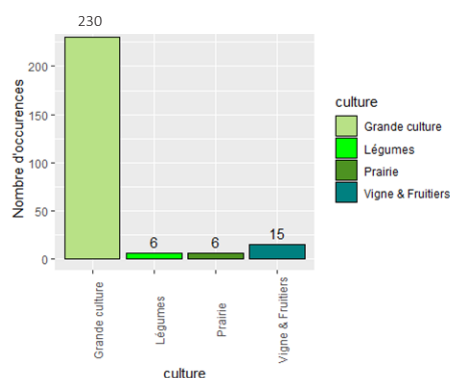


et des sols limoneux, de pH acide à neutre



Un grand nombre de sols du Grand Est sont absents ou peu présents dans cette base d'analyses.

Occupation du sol



L'usage du sol implique des pratiques qui représentent des contraintes anthropiques pour les organismes vivant dans le sol.

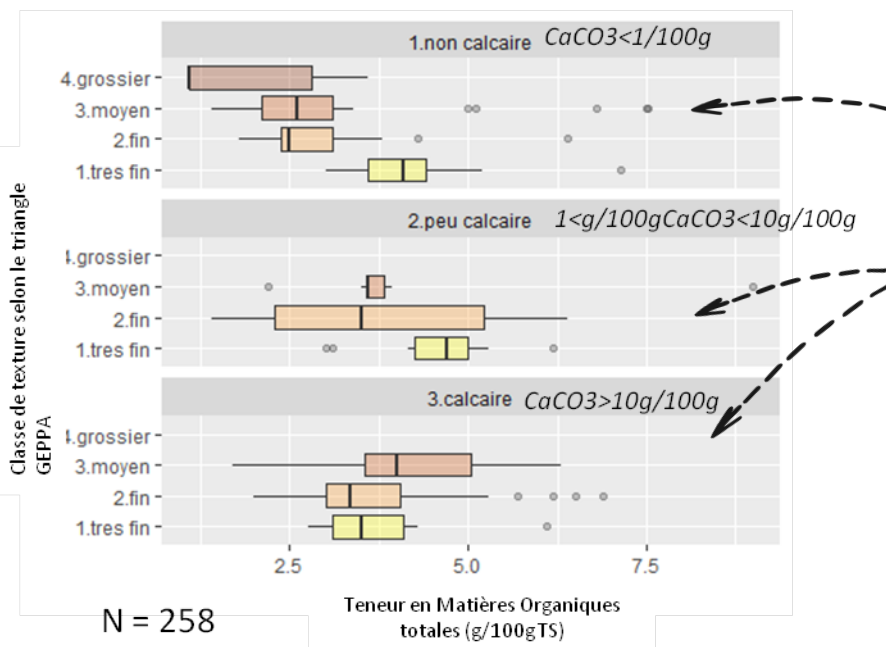
Résultats : 90% des parcelles analysées en Grandes Cultures ; les autres usages sont trop peu représentés pour que les résultats soient réellement significatifs.

Au sein des parcelles en Grandes Cultures, trop peu d'informations disponibles sur le travail du sol pour en tirer des références.

Les matières organiques du sol : nourriture des organismes du sol

Les **Matières Organiques (MO)** sont généralement exprimées en « %, » comme une proportion. En réalité il ne s'agit pas d'un pourcentage mais d'un **pooids de MO pour 100 grammes de terre sèche**. Les mesures sont donc ici exprimées en « g/100g », comme les autres éléments , le calcaire CaCO₃ par exemple.

Quantités des Matières Organiques



la teneur en MO est généralement corrélée à la teneur en Argile. Cette relation est bien visible dans les échantillons « non calcaires ».

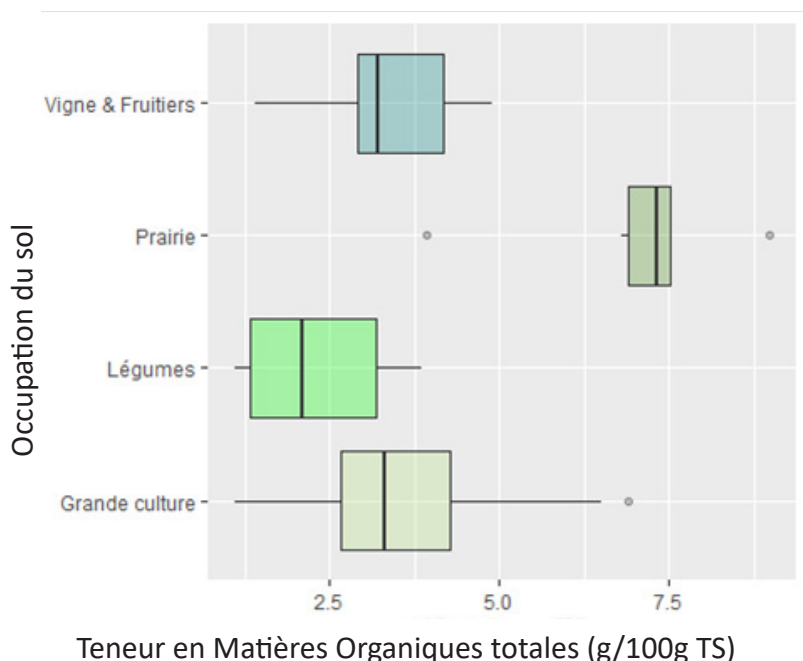
Dans ce lot d'analyses, lorsqu'il y a du calcaire, la relation entre texture et MO ne s'exprime pas. Cela peut s'expliquer par la protection chimique des MO par le calcaire.

La teneur médiane des parcelles échantillonnées est de 3.3 g/100g ce qui est assez élevé. 13 parcelles ont des teneurs <2g/100g , ce sont principalement des textures grossières ou moyennes. Dans les sols plus argileux, des teneurs <2g/100g doivent alerter et nécessitent probablement un changement de pratiques pour restaurer le capital organique du sol.

Teneur en MO (g/100g)	Alsace (N = 11003 analyses)	Lorraine (N = 2411 analyses)	Champagne-Ardenne (N = 49221 analyses)
1^{er} quartile	1,9	2,6	2,6
Médiane	2,2	3,3	2,9
Moyenne	2,6	3,6	3,1
3^{ème} quartile	2,8	4,0	3,6

Dans les sols contenant peu d'argile les matières organiques se minéralisent vite et il peut être difficile de maintenir des teneurs élevées.

Pour comparaison, les valeurs mesurées entre 2010 et 2014 de la BDAT sont présentées ci-contre.

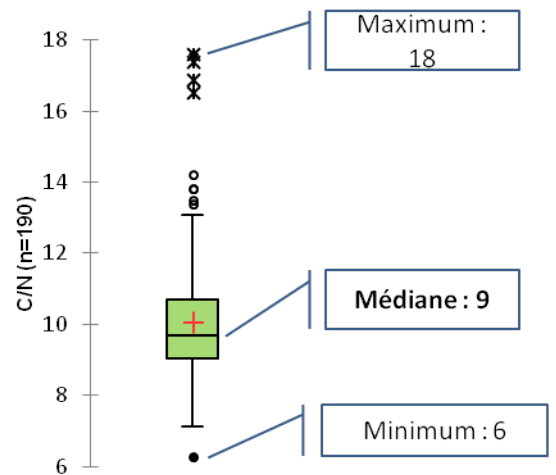


Résultats : Dans ce lot d'analyses, l'usage du sol se reflète également dans les teneurs en MO. Comme à l'échelle nationale, prairies > cultures > maraichage. La moyenne des teneurs en MO des cultures est de 3.5g/100g de TS.

Qualités des Matières Organiques (C/N)

La caractéristique mesurée habituellement sur les MO pour les qualifier est le **ratio C/N**. Cette mesure donne une indication sur la disponibilité de la MO et de N. Il est recommandé que le C/N soit **compris entre 8 et 12**. Si le C/N < 8 alors le sol consomme trop sa MO ; s'il est > 12 alors N n'est pas disponible et les « faims d'azote » sont probables.

Résultats : Dans ce lot d'analyses, 7 parcelles ont un C/N < 8 et 19 parcelles ont un C/N > 12. Le C/N est équilibré dans 85% des parcelles.



Qualités des MO du sol (fractionnement)

Au-delà des quantités et du C/N, l'analyse qualitative des Matières Organiques permet d'identifier les pratiques à adopter pour éventuellement rééquilibrer ce compartiment. Le **fractionnement granulométrique** (par taille de particule) des MO sépare la **MO « libre »** (taille des particules comprise entre 2mm et 0.05mm) et la **MO « liée »** (taille des particules < 0.05mm).

La **MO « liée »** est associée à la phase minérale, elle participe à la stabilité de la structure du sol et à sa fertilité sur le long terme. Son renouvellement s'étale sur plusieurs dizaines d'années voire plus ; pour cela, on l'appelle **aussi MO « lente » ou MO « stable »**. La **MO « libre »** n'est pas associée à la phase minérale. Elle est la source de nourriture et donc d'énergie des organismes du sol. Elle est plus « jeune » que la MO liée ; on l'appelle aussi **MO « rapide »**.

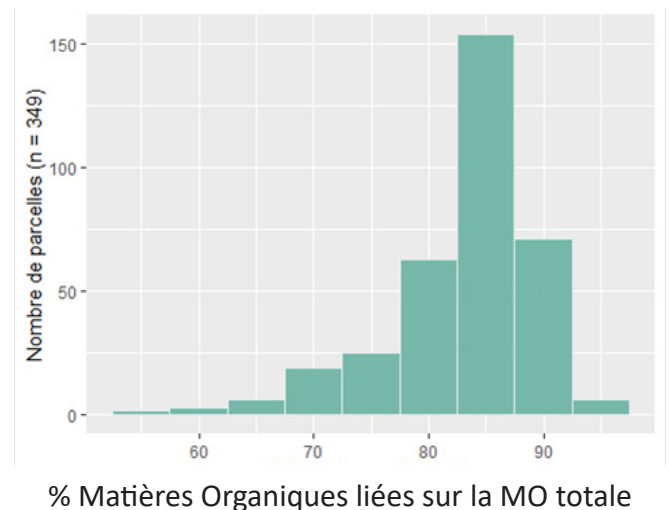
La répartition entre MO lente et MO rapide dépend essentiellement de la texture et de la teneur en calcaire du sol.

Sur des sols à texture grossière, la MO stable représente 60 à 70% de la MO totale. Dans les sols argileux, elle peut représenter jusqu'à 85% de la MO totale.

Résultats : La moitié des parcelles échantillonnées contient plus de 85% de MO liée. Dans ces parcelles, la fraction rapide (et jeune) n'a pas été suffisamment renouvelée les dernières années, le stock de MO risque de diminuer progressivement.

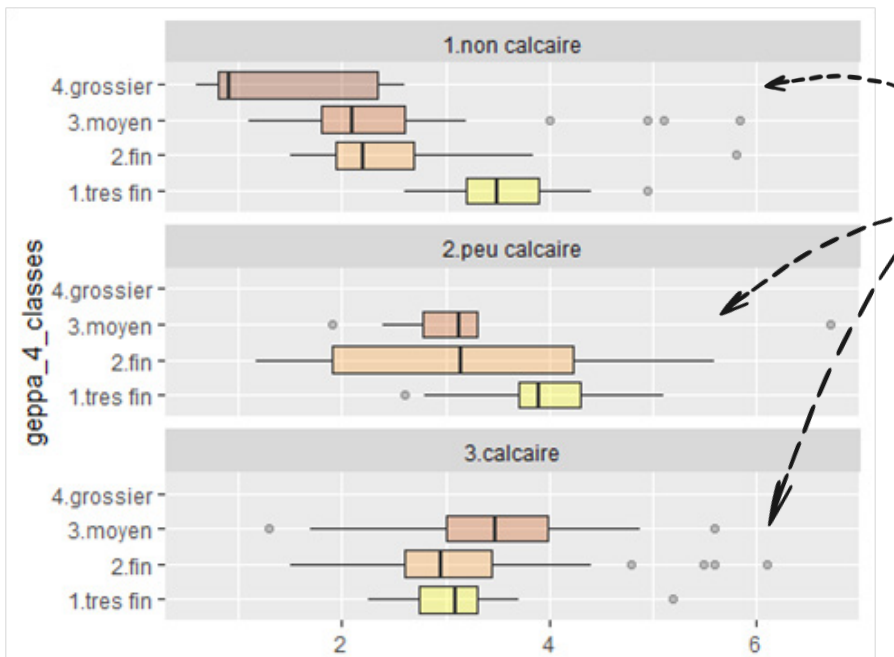
Les teneurs en MO du sol évoluent généralement assez lentement puisque la majorité (la MO stable) a un temps de renouvellement de plusieurs décennies. De ce fait, il faut attendre généralement 5 ou 10 ans pour renouveler l'analyse du fractionnement des MO après un changement de pratiques ou pour un suivi.

Augmenter les teneurs en MO prend beaucoup de temps. A l'inverse, lorsqu'on favorise la minéralisation par un travail du sol fréquent ou en que l'on vient de retourner les prairies, les teneurs diminuent rapidement en général.



L'abondance des microorganismes est une mesure plus réactive que celle des fractions des MO : l'effet d'un changement de pratiques est visible plus rapidement après un changement de pratiques.

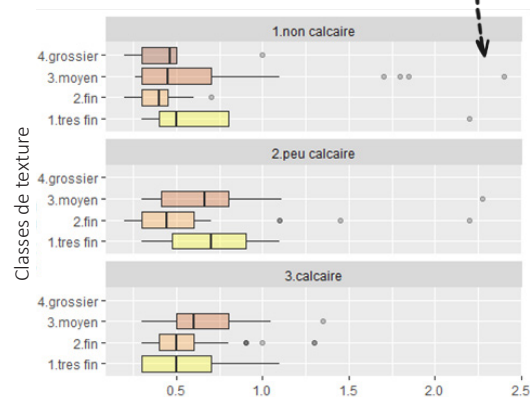
Quel que soit l'usage du sol, il est important que la **part de MO libre soit importante pour assurer la stabilité des quantités de MO dans le sol dans le temps**. Selon l'usage, le niveau souhaitable est différent. Les leviers pour améliorer la répartition des fractions organiques, sont les apports de MO exogènes, les restitutions de paille, l'ajout de couverts dans la rotation.



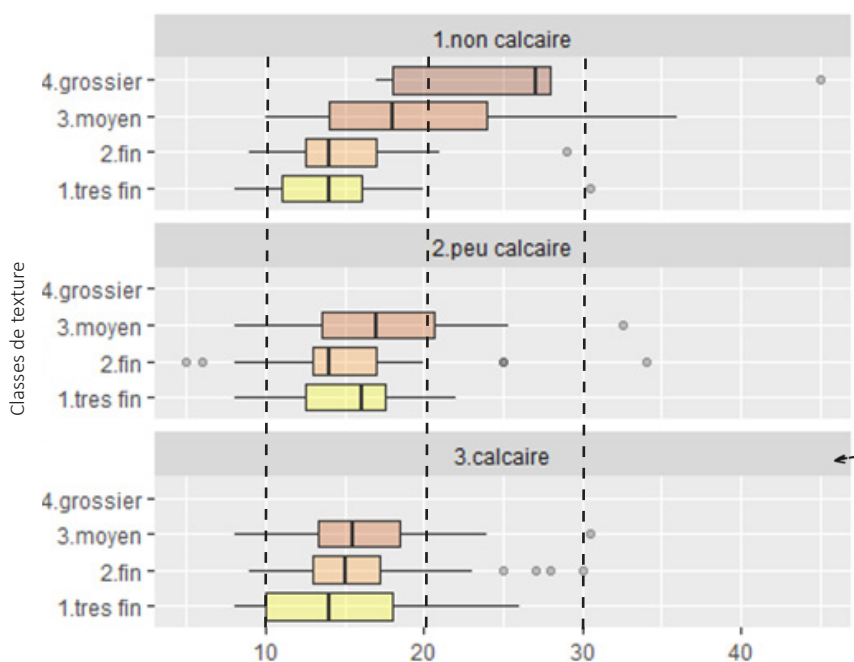
Teneur en Matières Organiques liées
(taille des particules comprise entre 2mm et 0.05mm; g/100g TS)

Les **MO liées** suivent les mêmes tendances que pour la MO totale : du fait de leurs associations avec les argiles, dans les sols non calcaires, elles sont abondantes dans les sols argileux et moins dans les sols à texture moyenne ou grossière. Dans les sols calcaires de ce lot d'analyses, leur quantité est indépendante de la texture.

A l'inverse, les quantités de **MO libres** sont indépendantes des textures et des teneurs en calcaire et plutôt héritées de l'historique des pratiques.



Teneur en Matières Organiques libres
(taille des particules inférieure à 0.05mm ; g/100g TS)



% Matières Organiques libres/ MO totale

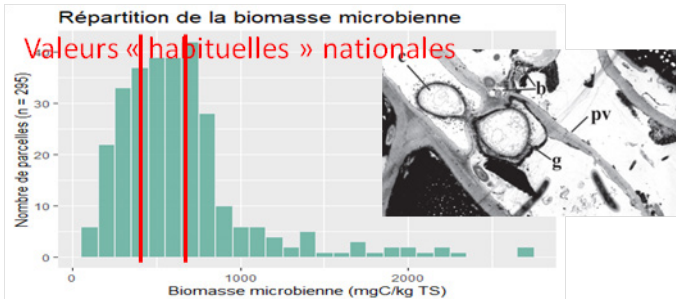
Résultats : Dans les sols à texture grossière ou moyenne, la fraction de la MO libre représente 15 à 30% de la MO totale. Dans les sols à texture fine ou très fine et dans les sols calcaires, cette MO libre représente 10 à 20% de la MO totale.

Dans les sols à texture grossière, il est nécessaire de veiller aux apports de MO fraîches tout en faisant attention aux quantités pour éviter le lessivage : des apports fréquents en quantité raisonnable plutôt que des apports massifs peu fréquents. Ce raisonnement doit être adapté selon la Capacité d'Echange Cationique du sol.

Le C/N peut aussi être déterminé sur les fractions liées et libres des MO, pour bien caractériser ces fractions et préciser les leviers d'action. Par exemple définir si le compost à apporter doit être plus ou moins mûr, ou la proportion de légumineuses nécessaires dans un couvert.

Abondance des micro-organismes

La transformation des matières organiques qui tombent au sol est effectuée par les organismes du sol au travers des chaînes trophiques de cet écosystème. Les **micro-organismes** sont des éléments clés de ces chaînes trophiques et donc de la **minéralisation et de l'humification**. Leur abondance peut être mesurée pour évaluer le fonctionnement biologique d'un sol par la mesure de « **Biomasse Microbienne** » (BM). Cette mesure agrège les bactéries et les champignons. Elle est exprimée en quantité de Carbone microbien pour un poids de terre sèche (mgC/kg TS). Cette abondance varie entre 100 et 3000 mgC/kg TS.



La photographie prise au microscope à transmission électronique montre des champignons (c) et bactéries (b) digérant une paroi végétale (pv) dans une tourbière. Plusieurs types de MO sont visibles : du végétal mort, des micro-organismes vivants et des composés en cours de décomposition, granules issus de la digestion (g).

Résultats : des biomasses microbiennes supérieures à 370 mgC/kg pour 75 % des analyses (n=286) : ces sols sont bien pourvus en micro-organismes.

Une quinzaine de parcelles avec des activités biologiques inférieures à 200 mgC/kg nécessitent de comprendre ces faibles valeurs qui risquent de pénaliser à terme les parcelles. Elle correspondent, pour partie, à des teneurs en MO faibles.

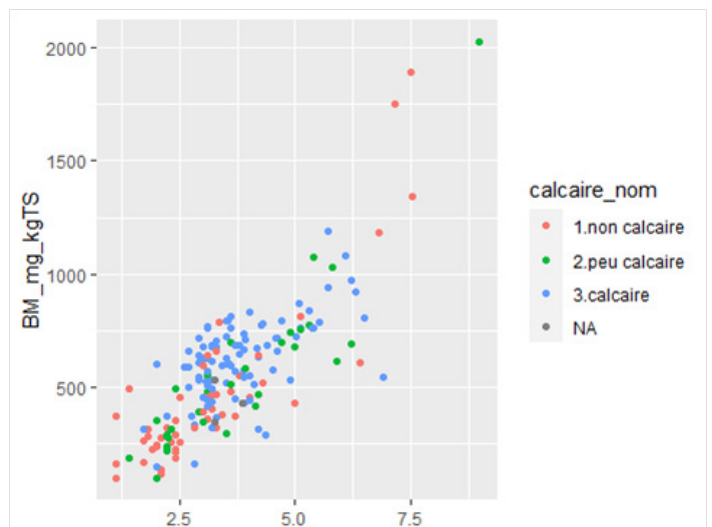
Résultats : l'abondance des microorganismes du sol est liée à l'abondance de leur nourriture, et donc, à la teneur en matières organiques. En revanche, dans ce lot d'analyse, le CaCO_3 n'a pas d'effet sur la BM.

L'abondance des micro-organismes est aussi liée à la texture. La structure des argiles permet aux micro-organismes de s'abriter et d'être protégés de leurs prédateurs.

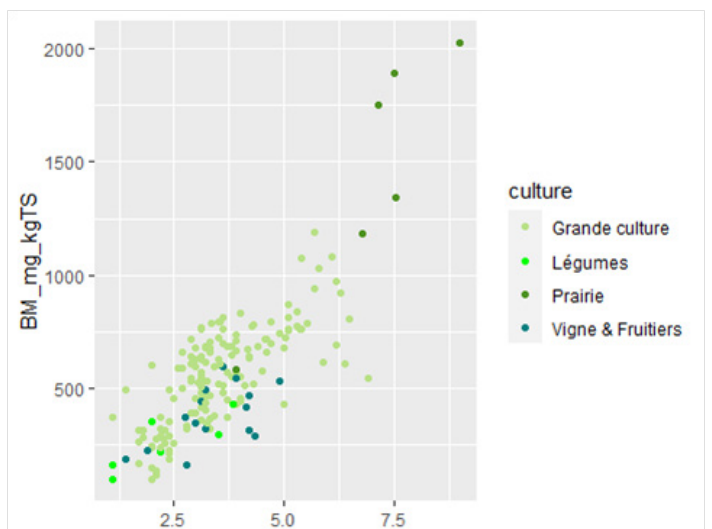
L'état physique du sol (son aération ou au contraire son tassement) ainsi que l'état chimique conditionnent les communautés microbiennes mais pas nécessairement les abondances de ces organismes.

Les pratiques récentes affectent à la fois l'abondance et la composition des communautés microbiennes. Ces communautés réagissent plus rapidement à un changement d'état du sol que les compartiments de MO.

Résultats : dans ce lot d'analyses, les prairies ont à la fois des quantités de MO et de BM plus élevées que les autres usages du sol. Les cultures maraichères et les cultures pérennes ont des abondances de micro-organismes plus faibles que les grandes cultures pour une même quantité de MO.



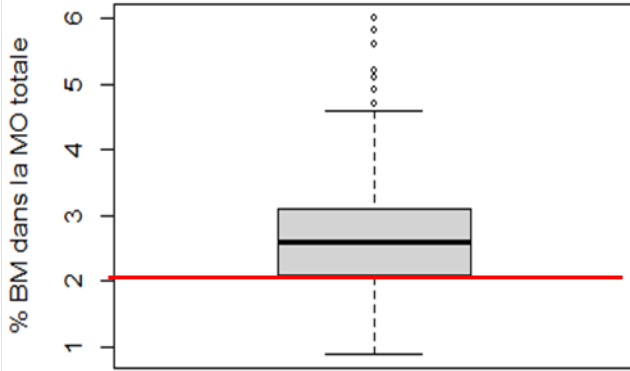
Teneur en Matières Organiques totales (g/100g TS)



Teneur en Matières Organiques totales (g/100g TS)

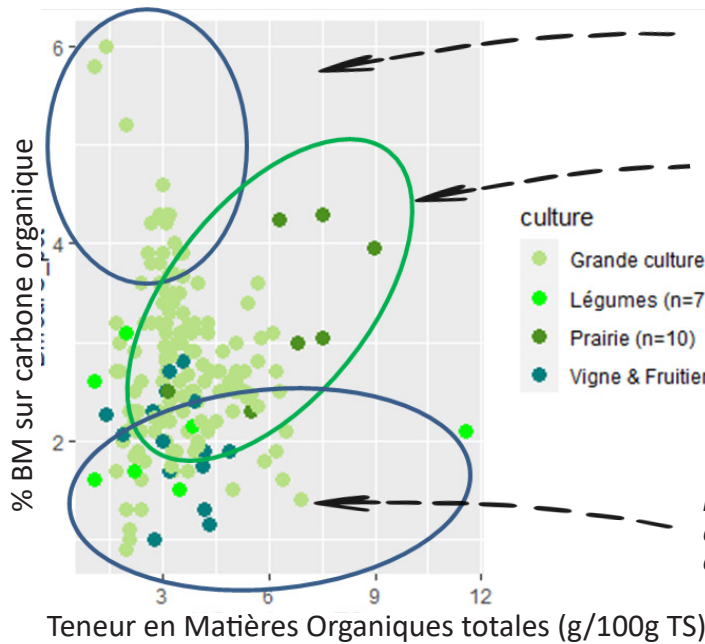
L'abondance de micro-organismes (BM) est mesurée en **quantité de Carbone microbien**. Cette quantité représente entre **1 et 5% du Carbone organique du sol**, ce qui s'exprime en « BM/C ». Dans un sol équilibré, ce ratio est autour de 2 à 3 %. Ce ratio indique si la population de microorganismes est bien adaptée aux quantités de MO disponibles. Il n'est pas corrélé à la teneur en MO totale ni aux fractions de MO. Si le ratio est trop faible, il est nécessaire de vérifier les conditions physiques et chimiques du sol (tassement, acidification). S'il est trop haut, il faut fournir de la MO au sol.

Part de la Biomasse microbienne dans la MO



Résultats : dans la moitié des parcelles analysées, le carbone des micro-organismes représente 2 à 3 % de la matière organique. Ces sols sont bien équilibrés. L'autre moitié nécessite probablement des corrections.

Valeur minimale souhaitable en grandes cultures (2 %)

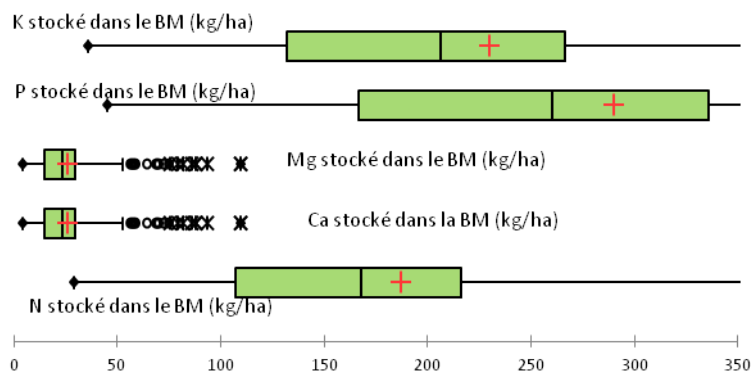


Résultats : BM/C élevé et teneur en MO faibles = MO efficace mais risque de minéralisation excessive et baisse teneur en MO s'il n'y a pas d'apports réguliers.

Résultats : BM/C élevé et teneur en MO élevées = bon équilibre, entretenir la situation.

Résultats : BM/C faible et teneur en MO variable = faibles quantités et MO trop ancienne, ou blocage par une autre caractéristique du sol.

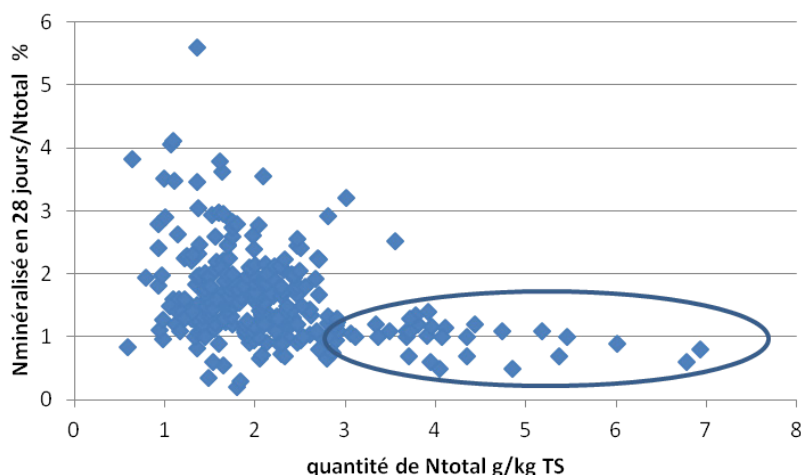
Quelques éléments minéraux stockés dans la biomasse microbienne (BM)



La biomasse microbienne stocke temporairement puis libère des éléments d'intérêt pour les plantes.

Activité minéralisatrice des micro-organismes

Les organismes peuvent être abondants, mais peu actifs, ou inversement. L'idéal est d'avoir une population microbienne bien active et des matières organiques adaptées pour que la minéralisation fournisse durablement des éléments pour les plantes. Le **potentiel de minéralisation de l'azote** est un indicateur de cette activité et notamment, de la capacité des organismes à fournir de l'azote minéral aux plantes sur 4 mois.



Résultats : Dans les cas où le N minéralisé est faible par rapport à la quantité de Ntotal, il faut identifier le frein à la minéralisation.

Résultats : Ce N minéralisé représente pour ce lot d'analyse entre 14 et 365 U d'azote, avec une moyenne à 122 U.

Le ratio N minéralisé en 28 jours sur N total indique si l'azote du sol est bien valorisé.

L'azote minéralisé est disponible dans les deux ans suivant l'analyse.

Les analyses du fonctionnement organo-biologique du sol donnent des renseignements précieux pour diagnostiquer les équilibres du sol et identifier correctement les leviers à utiliser pour corriger d'éventuels déséquilibres. Ces analyses viennent compléter des observations régulières sur le terrain. L'observation du sol dans les parcelles est en effet l'outil le plus facile d'accès pour vérifier la fertilité des sols et il peut révéler des problèmes qui se retrouvent aussi dans les analyses.

Compléments d'informations en vidéo :



Contactes Chambres d'agriculture

ANIMATRICE SOLS GRAND EST

Sophie Maillant : 06.29.27.26.32 - sophie.maillant@grandest.chambagri.fr

ALSACE

Christophe BARBOT - 06.74.56.45.75
Conseiller spécialisé mission déchets et matières organiques
christophe.barbot@alsace.chambagri.fr

ARDENNES

Nicolas BLASZCZYK - 06.23.38.78.45
Conseiller Sol et DEPHY
nicolas.blaszczyk@ardenne.chambagri.fr

HAUTE-MARNE

Frédéric BERHAUT - 06.14.13.62.97
Conseiller Agriculture Biologiques
fberhaut@haute-marne.chambagri.fr

MARNE

Cassandra GAUDNIK - 06.15.79.74.94
Chargée d'études Recherche et Développement
cassandra.gaudnik@marne.chambagri.fr
Sylvain DUTHOIT - 06.07.36.41.23
Conseiller de développement
sylvain.duthoit@marne.chambagri.fr

MEURTHE-ET-MOSELLE

Frédéric ARNAUD - 06.82.69.83.34
Conseiller Agronomie - Environnement
frederic.arnaud@meurthe-et-moselle.chambagri.fr

MEUSE

Lorine COLIN - 06.72.28.90.97
Conseillère productions végétales
lorine.colin@meuse.chambagri.fr

MOSELLE

Xavier PIQUARD - 06.46.52.33.15
Conseiller Agronomie - Environnement
xavier.piquard@moselle.chambagri.fr

VOSGES

Amélie LAUMOND - 06.88.01.95.45
Conseillère spécialisée
amelie.laumont@vosges.chambagri.fr

GRAND EST

Sophie MAILLANT - 06.29.27.26.32
Chargé de mission sol et agronomie
sophie.maillant@grandest.chambagri.fr

www.grandest.chambre-agriculture.fr

