Les matières organiques des sols : L'élément clé mais fragile pour une gestion durable des sols !

On réduit souvent le sol à sa seule fonction de support à la production agricole mais il remplit également de nombreux autres fonctions : filtrage des eaux, réservoir de biodiversité, écotourisme… Même si l'Union Européenne ne s'est toujours pas mis d'accord sur une Directive cadre « Sols », ces sols doivent être préservés car ils sont non renouvelables à l'échelle des générations humaines. Dans ce cadre, le programme GESSOL2 (GEStion du patrimoine SOL) lancé en 2003 a permis de faire de nombreuses avancées sur l'influence des pratiques agricoles sur la qualité des sols avec comme thème fédérateur des travaux de recherche : les matières organiques des sols (MOS).

Des matières organiques des sols en perpétuel renouvellement !

Les MOS, au sens le plus large, correspondent à l'ensemble des matériaux organiques : organismes vivants et résidus décomposés ou non. Elles sont constituées de 4 éléments principaux : le carbone qui représente plus de 50% de la masse, l'hydrogène, l'oxygène et l'azote. A cela, s'ajoutent des éléments dits secondaires : soufre, phosphore, potassium, calcium… Toutefois, ces MOS se renouvellent continuellement et finalement la quantité et la composition des MOS résultent d'un équilibre entre apports et pertes de MOS. Dans un système cultivé, les principales entrées se font au niveau de la surface par la chute des feuilles, les résidus de culture, les apports de matières organiques exogènes (effluents…) et dans les horizons superficiels, lieux d'activités biologiques intenses. La principale source de matière organique est donc la photosynthèse. Quant aux pertes, elles s'expliquent essentiellement par la biodégradation et la minéralisation par l'activité microbienne et par le lessivage, l'érosion ou les incendies.

La dynamique des MOS est influencée par 3 types de paramètres :

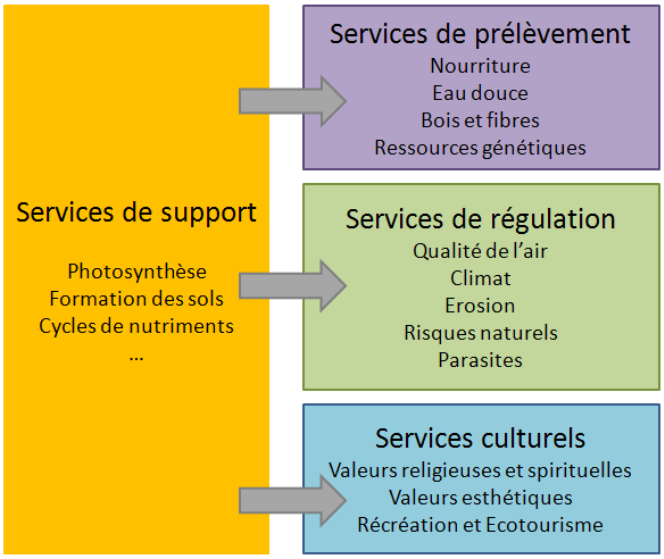
(1) Leur composition biochimique qui joue sur le temps de résidence dans les sols : de quelques mois à quelques années pour la fraction labile et jusqu'à des dizaines voire des milliers d'années pour la fraction stable

(2) Les conditions climatiques principalement température et pluviométrie. Par exemple, à même hygrométrie, une augmentation de température de 10°C diminue les temps de résidence d'un facteur 2 à 3. A l'inverse, dans les sols saturés en eau et donc sans oxygène, les MOS s'accumulent faute de biodégradation.

(3) Les caractéristiques des sols : une porosité importante conduit à une biodégradation plus importante des MOS. A l'inverse, la présence d'argiles « protège » les MOS en formant des agrégats stables. Enfin, les pH acides entrainent un ralentissement de la biodégradation.

Les MOS, un élément clé dans le fonctionnement des sols !

Le sol est bien plus qu'un simple support de cultures. Il assure de nombreux services variés : services de support, services de prélèvement, services de régulation et services culturels (cf. schéma ci-contre).



Les services écosystémiques des sols selon la classification du MEA (2005)
Source Etude et Gestion des Sols Volume 18 numéro 3, 2011

Dans ce fonctionnement, les MOS assurent plusieurs rôles :

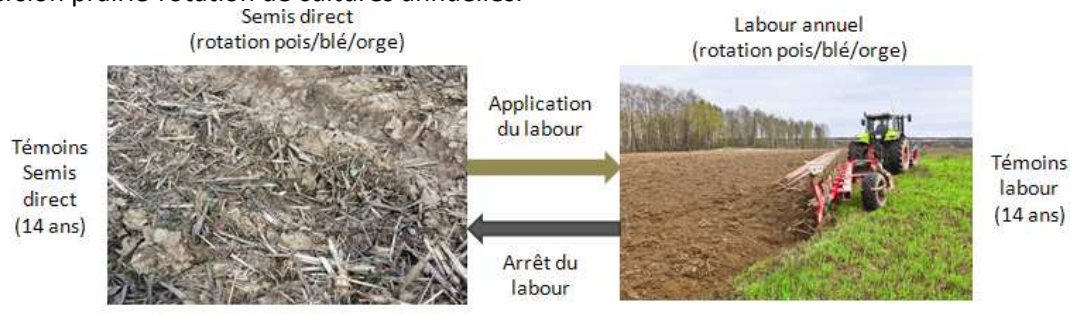
- Stockage et mise à disposition des éléments nutritifs dont les plantes ont besoin ;
- Stimulation de l'activité biologique en tant que source d'énergie et d'éléments nutritifs ;
- Rôle central dans la structuration des sols en participant à leur stabilité, leur perméabilité, leur aération et leur capacité de rétention en eau ;
- Rôle pour les autres compartiments : qualité de l'air par le stockage et l'émission des gaz à effet de serre et qualité des eaux par leurs fortes capacités de rétentions des éléments traces métalliques et des contaminants organiques.

Une perte de MOS se traduit par la dégradation des sols et des fonctions associées. Ainsi, une diminution de MOS peut induire une perte des qualités physiques du sol et de sa capacité à fournir les éléments nutritifs, entraînant une baisse de la production de biomasse et donc une réduction des apports organiques nécessaires au renouvellement des MOS et ainsi de suite. On parle de cercle vicieux de dégradation. Il est également nécessaire de prendre en compte aussi la qualité des MOS car l'effet des MOS sur les fonctions du sol dépend aussi de leur nature biochimique. Par exemple, les polysaccharides, la biomasse microbienne, les substances humiques sont les fractions organiques clé pour la stabilité structurale des sols.

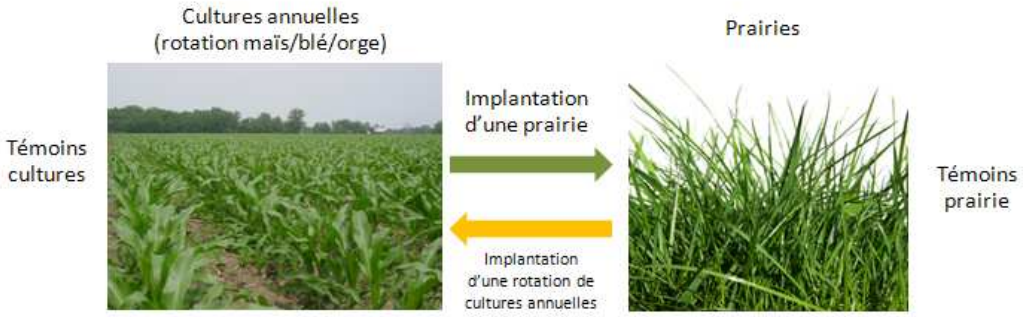
Les agriculteurs disposent de nombreux leviers d'action pour interagir sur les MOS et donc sur les services écosystémiques des sols : mode d'occupation des sols (prairies, cultures annuelles…), choix des espèces cultivées, couverts, apports de matières organiques exogènes, travail du sol.

Impact de changements d'occupation et de gestion des sols sur la dynamique des MOS.

Les principales conclusions présentées sont issus du projet COSMOS-flux (programme GESSOL2) qui avait pour objectif d'étudier la dynamique des éléments et des communautés microbiennes au travers de deux cas d'évolution de la gestion des sols : la conversion labour-non labour et la conversion prairie-rotation de cultures annuelles.



Traitements pour l'étude des changements de mode de travail sur le site de Boigneville (Arvalis)



Traitements pour l'étude de la conversion cultures annuelles/prairie sur le site de Lusignan (INRA)

- **Une forte dissymétrie dans les effets des changements de mode de gestion sur les caractéristiques physico-chimiques et biologique des sols !**

E. ATTARD et al montre qu'on peut clairement distinguer en fonction de l'intensité et de vitesse de réponse des paramètres mesurés deux situations de changements de mode de gestion. Dans le cas du retournement de prairies et de l'application du labour sur une parcelle cultivée en semis direct depuis plusieurs années, des effets rapides et intenses sur la teneur en carbone, la dynamique du carbone et la biomasse microbienne sont mesurés avec une baisse et un retour à des niveaux observés pour les parcelles labourées témoins. Cela s'explique principalement par une forte minéralisation consécutive au travail du sol et par une dilution du carbone sur une profondeur plus importante.

A l'inverse, pour les situations d'installation d'une prairie sur des sols portant auparavant une rotation de cultures annuelles et d'abandon du labour, les effets sont plus progressifs. Ainsi, au bout de 18 mois pour Boigneville et de 24 mois pour Lusignan, aucun changement significatif du carbone organique et des activités microbiennes n'a été observé. Et c'est finalement au bout de 3 ans que les chercheurs ont mis en évidence une augmentation des flux de minéralisation et d'organisation de l'azote dans la couche 0-10cm pour atteindre des valeurs comparables à celles mesurées sous prairie. L'hypothèse avancée pour expliquer ce délai de 3 ans après l'installation de la prairie est la suivante : pendant cette période, la « jeune » prairie met en place son couvert et surtout son système racinaire avec peu d'accumulation de débris organiques morts puis la déposition de débris racinaires s'accélère avec l'âge de la prairie.

- **De nombreuses conséquences pour la gestion des agrosystèmes et des sols !**
  - **Attention aux émissions potentielles de N2O dans les systèmes prairies et semis direct :**

La prairie, comme le semis direct, induit une concentration plus importante de carbone dans les horizons superficiels des sols soit par accumulation des litières racinaires des espèces prairiales soit par décomposition des résidus de culture en surface. Cette distribution du carbone entraîne toute une série de « propriétés » pour ces couches superficielles : augmentation de la quantité de carbone soluble, accroissement de la population microbienne hétérotrophe et de sa respiration… Mais la concentration de la communauté microbienne dont font partie les dénitrifiants associée à un substrat carboné et azoté plus important favorisent l'activité potentielle de dénitrification et donc l'émission de N2O dans ces systèmes. Il est donc important de tenir compte de ce risque potentiel des systèmes prairiaux et en semis direct dans la problématique de séquestration du carbone.

  - **Des effets réversibles plus ou moins rapides des changements de pratiques culturales à prendre en compte pour mettre au point des SDC innovants :**

Les chercheurs ont mis en évidence deux vitesses de réponse aux changements de mode de gestion : (1) un changement rapide des caractéristiques des sols en cas de retour au labour ou de retournement de prairies mais (2) un effet progressif et lent en cas d'arrêt du labour et d'installation de prairies. Ainsi, le pas de temps varie de quelques jours dans le cas d'un retour au labour avec des sols qui retrouvent des caractéristiques proches des sols labourés à au moins 3 ans avant de « bénéficier » des effets de l'installation d'une prairie. La prise en compte de ces vitesses de réaction

sont importantes pour la mise au point de SDC innovants et à haute valeur environnementale. Par exemple, on parle souvent de l'intérêt d'introduire une prairie dans la rotation mais concernant les effets sur les caractéristiques de sol (dynamique de carbone notamment), il faut des prairies de plus de 3 ans et tout retournement entraîne un retour quasi immédiat à des sols proches de ceux en rotation cultures annuelles. Idem pour le labour occasionnel préconisé notamment pour la gestion des adventices qui induit également un retour dès l'année du labour à un sol s'apparentant à un sol labouré.

- **Plus de communautés microbiennes ne signifie pas forcément plus d'activité dans le sol :**

Le projet *Cosmos-Flux* a également étudié le rôle des communautés microbiennes fonctionnelles et le lien avec la diversité et les effectifs de ces communautés en étudiant la nitrification/dénitrification. Dans le cas de la nitrification, les chercheurs ont démontré que cette fonction du sol est très liée à la quantité de la communauté fonctionnelle correspondante car cette fonction est obligatoire pour la survie et la croissance des bactéries. A l'inverse, dans le cas de la dénitrification, cette fonction est facultative et donc est peu liée aux effectifs de la communauté correspondante. Ces travaux montrent surtout l'importance du carbone organique dans le sol en tant que source directe du substrat des microorganismes (communauté nitrifiante) ou support indirect de la communauté considérée (communauté dénitrifiante). Ainsi, même si d'autres facteurs environnementaux (température, humidité…) agissent sur l'intensité du processus de dénitrification, c'est bien le C organique qui est le facteur prépondérant.

Les MOS sont une composante essentielle de l'activité des sols : stabilité structurale, stockage d'éléments nutritifs, stimulation de l'activité biologique. Les résultats du projet Cosmo-Flux sont très importants et mettent en évidence l'importance des interactions entre carbone et azote dans le sol à travers la quantité, la localisation et le devenir des matières organiques. Ils confirment également les effets de certaines pratiques agricoles sur les cycles biogéochimiques. Ainsi, la conversion des sols de prairies en sols de cultures annuelles conduit à une diminution rapide des stocks de carbone. Par ailleurs, le travail du sol joue un rôle important par une action de « déprotection » des MOS vis-à-vis de l'activité biologique. A l'inverse, certaines pratiques contribuent à maintenir voire augmenter les stocks de MOS comme l'apport d'effluents organiques, le semis direct ou l'introduction de prairies. Toutefois, ce projet a montré que les effets de ces dernières sont progressives (min 3 ans pour une prairie pour voir un effet sur la teneur en C organique) et surtout réversibles. Il suffit, par exemple d'un labour occasionnel dans une parcelle en semis direct depuis des années pour ramener les teneurs en C organique à des niveaux de parcelles labourées. Enfin, autre conclusion importante du projet : une forte augmentation des effectifs des communautés microbiennes ne signifie par forcément un meilleur fonctionnement des sols. C'est par exemple le cas pour la dénitrification. Cela pose la question de l'évaluation du bon fonctionnement d'un sol qui ne peut reposer uniquement sur des effectifs de communautés.

Sources :
Le programme GESSOL2 : impact des pratiques agricoles sur les matières organiques et les fonctions des sols. BERNOUX M., CHENU C., BLANCHART E., EGLIN T., BISPO A., BARDY M. et KING D. Etude et gestion des Sols, Volume 18, 2011 pages 137 à 145. http://www.gessol.fr/sites/default/files/bernoux.pdf
Impacts des changements d'occupation et de gestion des sols sur la dynamique des matières organiques, les communautés microbiennes et les flux de carbone et d'azote. ATTARD E., LE ROUX X., LAURENT F., CHABBI A., NICOLARDOT B., RECOUS S. Etude et gestion des Sols, Volume 18, 2011 pages 147 à 159. http://www.gessol.fr/sites/default/files/attard.pdf