

# ÉVALUATION DE LA SANTÉ GLOBALE DES SOLS



**Interprétation des résultats associés à l'état de  
santé globale des composantes physiques,  
biologiques et chimiques des sols agricoles**

Mélanie Gauthier, Biologiste, M. Sc.  
Responsable R&D

Michel Champagne, Agronome, B. Sc.  
P.D.G

Septembre 2017

## Table des matières

QU'EST-CE QUE L'ÉVALUATION DE LA SANTÉ GLOBALE DES SOLS? .....	3
LA TEXTURE DU SOL.....	4
LES INDICATEURS PHYSIQUES DU SOL.....	5
LES AGRÉGATS .....	5
LA RÉSERVE EN EAU UTILE (%).....	7
LES INDICATEURS BIOLOGIQUES DU SOL .....	8
LA MATIÈRE ORGANIQUE TOTALE (%).....	8
L'AZOTE POTENTIELLEMENT MINÉRALISABLE ( $\mu\text{g NH}_4^+$ / g SOL / SEMAINE).....	9
LE CARBONE ACTIF (ppm) .....	9
LA RESPIRATION C-CO <sub>2</sub> (ppm).....	11
L'AZOTE LABILE N-NH <sub>3</sub> (kg/ha).....	12
LES INDICATEURS CHIMIQUES.....	13
LE pH .....	13
LE PHOSPHORE (kg/ha), LE POTASSIUM (kg/ha), LE MAGNÉSIUM (kg/ha), LE CALCIUM (kg/ha) ET LES OLIGO-ÉLÉMENTS (ppm) .....	13
LE RAPPORT ET SON INTERPRÉTATION .....	14
ANNEXE.....	15
RÉFÉRENCES.....	17

## QU'EST-CE QUE L'ÉVALUATION DE LA SANTÉ GLOBALE DES SOLS?

Le sol, milieu complexe et dynamique, est une ressource à protéger afin d'assurer la productivité des cultures et la pérennité des écosystèmes agricoles. Il peut être dégradé rapidement par des pratiques agricoles inadéquates. Afin de maintenir ou d'améliorer la santé d'un sol, il importe d'opter pour certaines pratiques agricoles, telles que le travail minimal du sol ou semis direct, l'apport d'amendements organiques et calcaires, les choix raisonnés de rotation des cultures ainsi que l'utilisation de plantes de couverture.

Un sol en santé est en mesure de fonctionner au sein d'un écosystème, de soutenir la productivité des cultures, de maintenir la qualité de l'environnement et de promouvoir la santé des plantes et des animaux<sup>(1)</sup>. En ce sens, il est en mesure de supporter les cultures, non seulement aujourd'hui, mais aussi de manière durable. **L'évaluation de la Santé Globale des Sols (SGS)** permet de caractériser le sol par des indicateurs reliés aux composantes physiques, biologiques et chimiques (Figure 1). Ces indicateurs permettent de mesurer une ou plusieurs propriétés nécessaires au bon fonctionnement du sol.

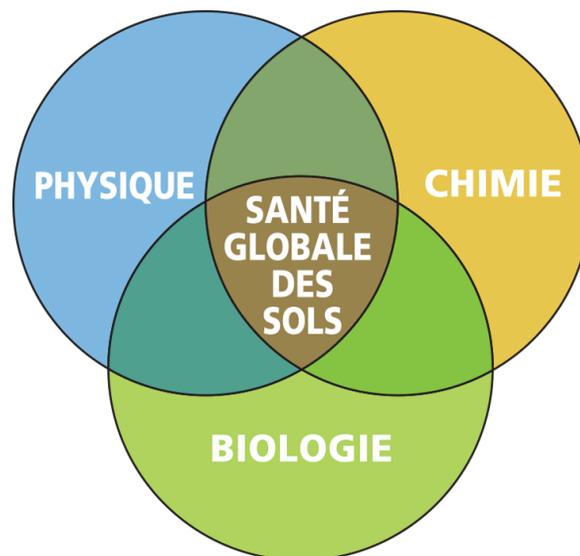


FIGURE 1. L'ÉVALUATION DE LA SANTÉ GLOBALE INTÈGRE LES TROIS COMPOSANTES DES SOLS : LA PHYSIQUE, LA CHIMIE ET LA BIOLOGIE.

En résumé (voir aussi la Figure 2), voici quelques informations et avantages à caractériser ces composantes :

- **Les indicateurs physiques** informent sur les propriétés du sol qui favorisent la prolifération des racines et leurs accès aux éléments nutritifs. Il s'agit de la qualité de la structure, donc de l'agrégation des particules du sol, et de la porosité. Connaître la dynamique physique d'un sol

est d'autant plus importante, puisqu'elle est aussi reliée à des propriétés hydrauliques, comme la perméabilité, le drainage naturel ainsi que la rétention de l'eau.

- **Les indicateurs biologiques** mettent en lumière la nature vivante du sol. Ils permettent d'explorer le niveau d'activité des microorganismes du sol. Le rôle des microorganismes consistent, sommairement, à décomposer la matière organique, former l'humus stable et recycler les éléments nutritifs pour les rendre disponibles aux plantes cultivées. Ils participent aussi au maintien de la structure du sol et réduisent l'incidence des maladies des cultures en raison de leur compétitivité avec les agents pathogènes du sol.
- **Les indicateurs chimiques** se réfèrent à la fertilité des sols. Ce concept qui est déjà bien connu, puisqu'ils guident les interventions agricoles depuis plus d'un demi-siècle. Le premier indicateur chimique en liste à considérer est la mesure de l'acidité ou la basicité du sol, puisque sa valeur a une influence directe sur la qualité de la structure, l'activité et la diversité des microorganismes, ainsi que la disponibilité des éléments nutritifs. Les autres indicateurs chimiques mesurent la richesse et la disponibilité en éléments nutritifs dans le sol nécessaires à la croissance des plantes.

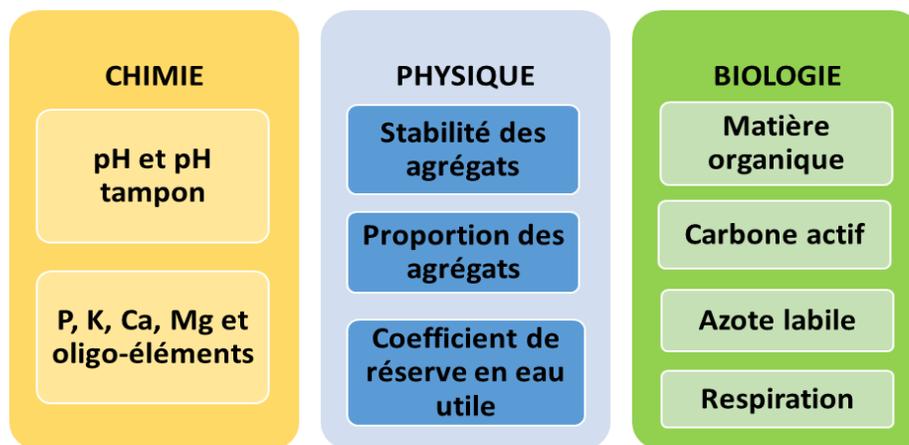
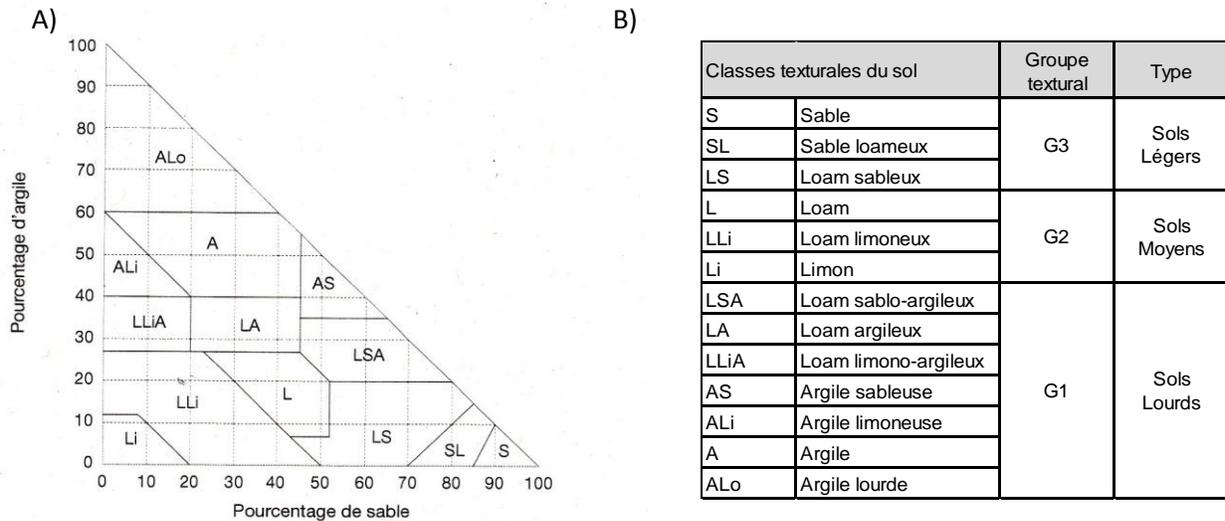


FIGURE 2. LES INDICATEURS POUR MESURER LA SANTÉ GLOBALE DES SOLS.

## LA TEXTURE DU SOL

La texture est définie par le diamètre des particules qui compose le sol. C'est une propriété intrinsèque du sol, ce qui signifie qu'elle ne peut être changée par les pratiques culturales. La texture devrait guider la planification des pratiques culturales, incluant la régie du travail du sol. Elle influence les trois composantes du sol : la physique, la biologie et la chimie. C'est pourquoi sa valeur est nécessaire pour l'interprétation des indicateurs. Les sols sont caractérisés en fonction de 3 groupes : G1, G2 et G3. Le groupe G1 étant les sols qualifiés de *lourds* (ALo, A, Ali, AS, LA, LLiA et LSA), G2

de *moyens* (L, LLi et Li) et G3 de *légers* (LS, SL et S.) (Figure 3 a). La texture mesurée en laboratoire détermine la composition du sol en pourcentage d'argile, de sable et de limon (Figure 3 b). La combinaison de ces trois pourcentages représente une classe texturale (sable, sable loameux, loam sableux, etc).



**FIGURE 3. A) POURCENTAGES D'ARGILE ET DE SABLE DANS CHAQUE CLASSE TEXTURALE (LA COMPOSITION EST COMPLÉTÉE PAR LE LIMON); B) NOMENCLATURE À PARTIR DES CLASSES ET GROUPES TEXTURALES DES SOLS MINÉRAUX AU QUÉBEC.**

## LES INDICATEURS PHYSIQUES DU SOL

### LES AGRÉGATS

Les agrégats sont composés de sable, de limon, d'argile, de matière organique et d'exsudats racinaires regroupés sous forme de grumeaux. L'état des agrégats est directement lié à la qualité de la structure du sol. L'organisation des agrégats détermine aussi la distribution et la dimension des pores dans le sol, donc sa porosité. Les agrégats sont séparés les uns des autres par des liens de moindre résistance que ceux qui lient les particules entre elles<sup>(2)</sup>. Ils sont donc susceptibles de se désagréger, se coller et s'entasser, ce qui réduit la porosité et indique un début de compaction. Les agrégats aident à prévenir le croûtage, le ruissellement et l'érosion. Ils facilitent l'aération, l'infiltration et la rétention d'eau en plus d'améliorer la germination des semences, la santé des racines et des microorganismes du sol.

La structure du sol est liée à sa texture, au climat, à son activité biologique, aux pratiques culturales, dont le travail du sol (Figure 4), la rotation des cultures et les manières d'utiliser la machinerie<sup>(3)</sup>. Les agrégats sont un indicateur de la qualité de la structure d'un sol. En laboratoire, les agrégats testés

sont ceux dont le diamètre se situe entre 0,25 mm et 2 mm puisqu'ils répondent significativement aux pratiques culturales telles que le travail du sol et les rotations<sup>(4)</sup>.



FIGURE 4. ÉVOLUTION DE LA DÉTÉRIORATION DE LA STRUCTURE D'UN SOL LOURD CAUSÉE PAR LE PASSAGE DE LA MACHINERIE ET DU TRAVAIL DU SOL EN CONDITIONS HUMIDES. LA DESTRUCTION DES AGRÉGATS TEND À ENTRAÎNER DES PROBLÈMES DE COMPACTION. SOURCE : ADAPTÉE DU CRAAQ, LES PROFILS DE SOLS AGRONOMIQUES.

### LA STABILITÉ DES AGRÉGATS (%)

Le test de stabilité des agrégats (SA) traduit la capacité du sol à soutenir la structure suite à de forte pluie sur une surface de sol sec. Les sols dont la SA est faible ont tendance à croûter et limiter l'infiltration de l'air et de l'eau. Dans ces circonstances, les sols sont plus difficiles à gérer et ont tendances à rester humides et à se compacter. À long terme, le travail intensif du sol a aussi un impact négatif sur la SA (Figure 4).

Le test de SA évalue la résistance des agrégats (0,25 mm à 2 mm) lorsque le sol est mouillé et frappé par des gouttes de pluie. Le test permet de déterminer le pourcentage d'agrégats entre 0,25 mm et 2 mm d'un sol qui restent intacts lorsque soumis à une forte pluie. Un simulateur de pluie simule un orage en faisant tomber des gouttes de pluie sur un tamis qui contient un poids connu d'agrégats d'un sol. L'exemple de la figure 5 montre l'apparence d'un échantillon de sol après le test de pluie. Le sol testé provient de parcelles expérimentales ayant subies des traitements de travail du sol différents.

### LA PROPORTION D'AGRÉGATS (%)

La proportion d'agrégats (PA) est un indicateur du degré de structure d'un sol. Par exemple, dans un sol sans structure, la PA est faible ou nulle. La PA d'un sol est influencée par sa teneur en argile, les apports en matières organiques fraîches, la présence de cultures de couvertures et l'intensité de l'activité microbienne et du travail du sol. Par conséquent, la PA est souvent plus faible dans les sols ayant une teneur en sable plus élevée. La PA évalue la quantité d'agrégats entre 0,25 mm et 2 mm

d'un sol. Elle est déterminée en séparant les grains de sable grossiers et les débris organiques afin d'obtenir le poids des agrégats d'un sol.



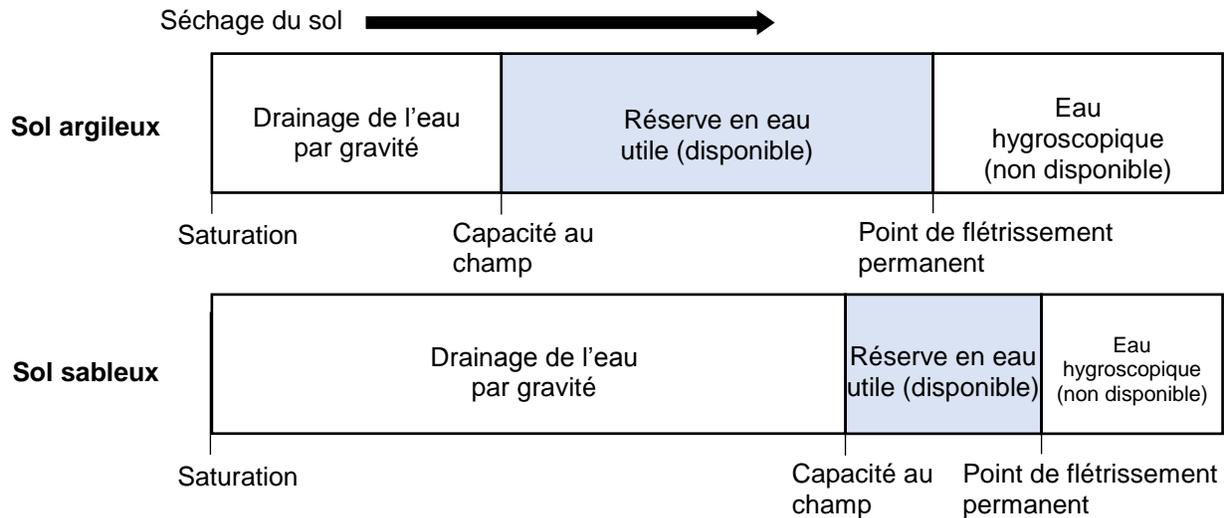
**FIGURE 5: INFLUENCE DU TRAVAIL DU SOL SUR UN ÉCHANTILLON DE SOL PRÉLEVÉ DANS A) UNE PARCELLE LABOURÉE, LA SA EST DE 22% ET B) UNE PARCELLE EN SEMIS DIRECT, LA SA EST DE 72%.**

SOURCE: ADAPTÉE DE CORNELL SOIL HEALTH ASSESSMENT TRAINING MANUAL

## LA RÉSERVE EN EAU UTILE (%)

La réserve en eau utile (RU) d'un sol représente la quantité d'eau que le sol peut absorber et redonner à la plante. En d'autres termes, c'est un indicateur de la capacité du sol à entreposer l'eau. Les sols avec une faible RU ont plus de risque de sécheresse et de diminution de l'efficacité des engrais, ce qui peut avoir des effets néfastes sur le rendement. Les sols à texture grossière (sableuse) retiennent naturellement moins d'eau que les sols à texture fine (argileuse) (Figure 6) en raison du diamètre des particules qui les composent. C'est pourquoi, lors d'une saison plus sèche, les sols sableux sont plus susceptibles de manquer d'eau pour les cultures. Au printemps ou après une forte pluie, ces derniers vont aussi se drainer plus rapidement pour la même raison. La teneur en matière organique influence aussi la RU en augmentant la capacité de rétention en eau d'un sol. L'ajout de matière organique tels que le fumier et le compost est donc suggéré pour augmenter la RU.

La RU est la différence entre l'humidité à la capacité au champ et l'humidité au point de flétrissement permanent (Figure 6). La capacité au champ étant la capacité maximale de rétention en eau du sol et le point de flétrissement, humidité du sol à partir de laquelle la plante ne peut plus prélever d'eau. La valeur de la RU résulte d'un modèle mathématique qui considère plusieurs paramètres du sol tels que la texture et la matière organique. Le résultat de la RU est présenté sous forme d'un pourcentage d'un volume total de sol.



**FIGURE 6: COMPARTIMENTATION DE LA TENEUR EN EAU POUR DEUX TYPES DE SOL. LA FENÊTRE EN BLEU REPRÉSENTE L'EAU QUE LES PLANTES EN CULTURE PEUVENT UTILISER. SOURCE : ADAPTÉE DE CORNELL SOIL HEALTH ASSESSMENT TRAINING MANUAL**

## LES INDICATEURS BIOLOGIQUES DU SOL

### LA MATIÈRE ORGANIQUE TOTALE (%)

La matière organique (MO) représente la fraction du sol qui provient de la décomposition des organismes vivants, végétaux ou animaux. Elle est constituée de trois fractions : 1) la fraction labile ou active, facilement disponible ou minéralisable; 2) la fraction lentement minéralisable et 3) la fraction plus stable, l'humus. La teneur en MO est très importante pour les fonctions biologiques (activité microbienne et minéralisation des composés organiques), physiques (agrégation et rétention en eau) et chimiques du sol (capacité d'échange cationique). Elle varie selon le type de sols, les conditions climatiques et les pratiques culturales. Par conséquent, le choix des pratiques culturales visant la conservation des sols (Annexe) est un bon moyen de maintenir ou d'augmenter la teneur en MO. Par exemple, l'implantation d'une prairie permet d'augmenter l'apport de carbone organique par les racines et réduire les pertes par minéralisation causée par le travail du sol<sup>(2)</sup>. Dans ces conditions, le sol résiste mieux à certaines contraintes telles que la compaction, la sécheresse et les fortes pluies.

La teneur en MO totale est mesurée par la masse perdue lors de l'incinération du sol au four. La valeur est présentée comme un pourcentage de la masse totale du sol.

## L'AZOTE POTENTIELLEMENT MINÉRALISABLE ( $\mu\text{g NH}_4^+ / \text{g SOL} / \text{SEMAINE}$ )

L'azote potentiellement minéralisable (APM) est la capacité de la communauté microbienne du sol à recycler l'azote organique en une forme disponible pour les plantes.

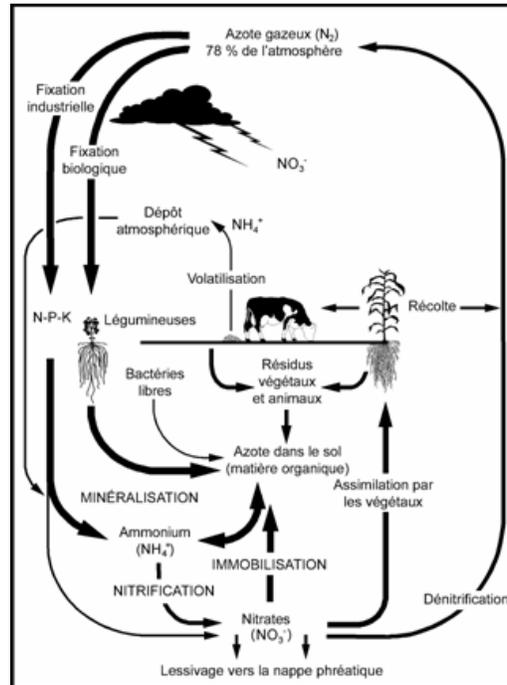


FIGURE 7: FORMES ET TRAJETS DE L'AZOTE À L'INTÉRIEUR DU SYSTÈME DE PRODUCTION AGRICOLE.

SOURCE : [WWW.OMAFRA.GOV.ON.CA/FRENCH/ENGINEER/FACTS/05-074.HTM](http://WWW.OMAFRA.GOV.ON.CA/FRENCH/ENGINEER/FACTS/05-074.HTM)

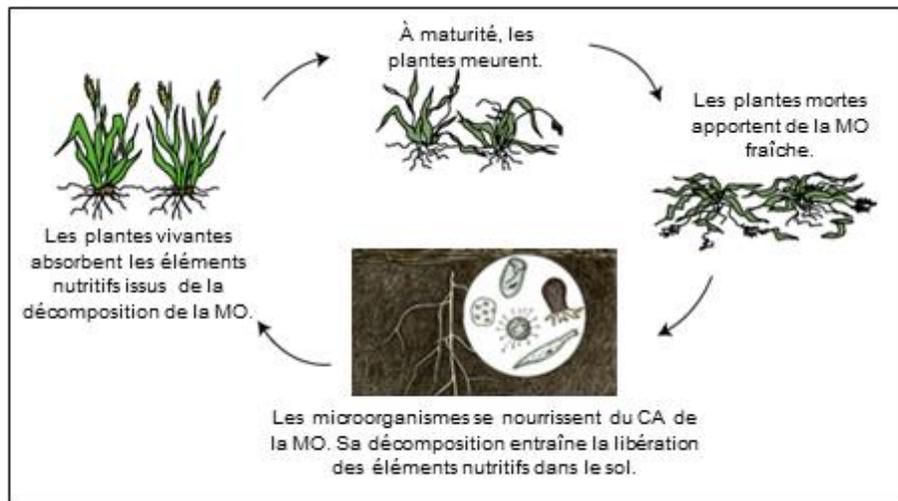
En effet, dans le système de production agricole, l'azote se trouve sous plusieurs formes (Figure 7). Dans le sol, l'azote se retrouve principalement sous forme organique et doit être minéralisé par les microorganismes du sol afin de devenir disponible pour les plantes durant la saison de croissance<sup>(5)</sup>. L'APM indique aussi le niveau de l'activité microbienne du sol puisque les microorganismes utilisent une partie de cet azote pour leurs besoins en protéines.

L'APM évalue la concentration en ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) produit sur une période d'incubation de sept jours qui reflète la capacité du sol à minéraliser l'azote.

## LE CARBONE ACTIF (ppm)

Les microorganismes décomposeurs du sol utilisent le carbone comme source d'énergie. Le carbone actif (CA) est la fraction labile de la matière organique du sol qui est facilement disponible à la communauté microbienne. Tel qu'illustré à la figure 8, le carbone est apporté au sol par les cultures (pailles, tiges, feuilles et racines) et les apports de fumiers, de composts et de matières résiduelles

fertilisantes. La contribution en carbone des racines des plantes est souvent plus importante que celle des tiges. Les graminées et les légumineuses fourragères possèdent la biomasse racinaire la plus importante, suivis par les céréales, le maïs et le soya<sup>(7)</sup>.

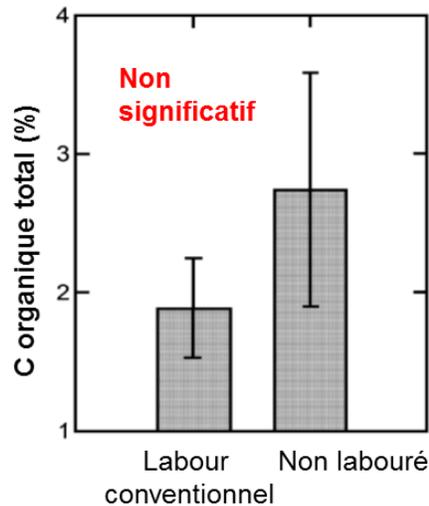


**FIGURE 8: DÉCOMPOSITION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE ET RECYCLAGE DES ÉLÉMENTS NUTRITIFS DU SOL.**  
SOURCE : ADAPTÉE DE THE CORRESPONDANCE SCHOOL OF SCIENCE HORTICULTURE

Le CA est un indicateur très sensible à la dégradation du taux de matière organique. Son dosage permet de détecter rapidement l'impact des changements de pratiques culturales sur la santé du sol, et ce, beaucoup plus tôt que l'évaluation de la teneur en matière organique, comme le démontre la figure 9. On y observe la comparaison de la sensibilité entre les deux méthodes, i.e. les quantifications de la teneur en matière organique totale et du carbone actif. Des échantillons de sol provenant de parcelles expérimentales ayant subies deux traitements (labour conventionnel versus non labouré) ont été analysés. Premièrement en A), la comparaison des résultats de la teneur en matière organique total des deux traitements, ne montre pas de différence significative. À l'opposé, en B) La comparaison du taux de carbone actif des deux traitements montre une différence significative<sup>(8)</sup>. Faire des tests de CA peut s'avérer très utiles pour un producteur qui souhaite reconstruire la matière organique d'un sol par des changements de pratiques culturales.

Le CA est dosé en exposant le sol à une solution de permanganate de potassium qui oxyde la fraction labile (ou active) du carbone du sol, ce qui fait diminuer la couleur pourpre de la solution. Plus la couleur pourpre diminue, plus la concentration de CA est élevée.

A)



B)

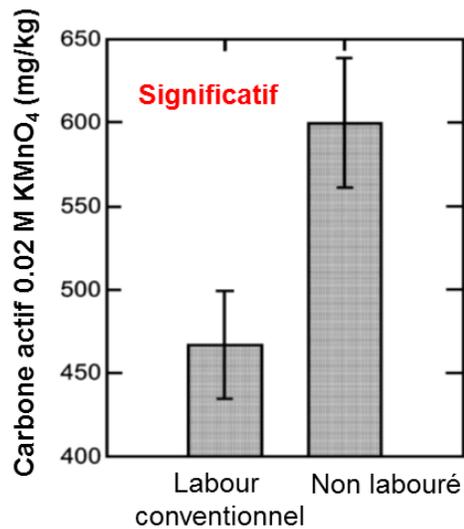
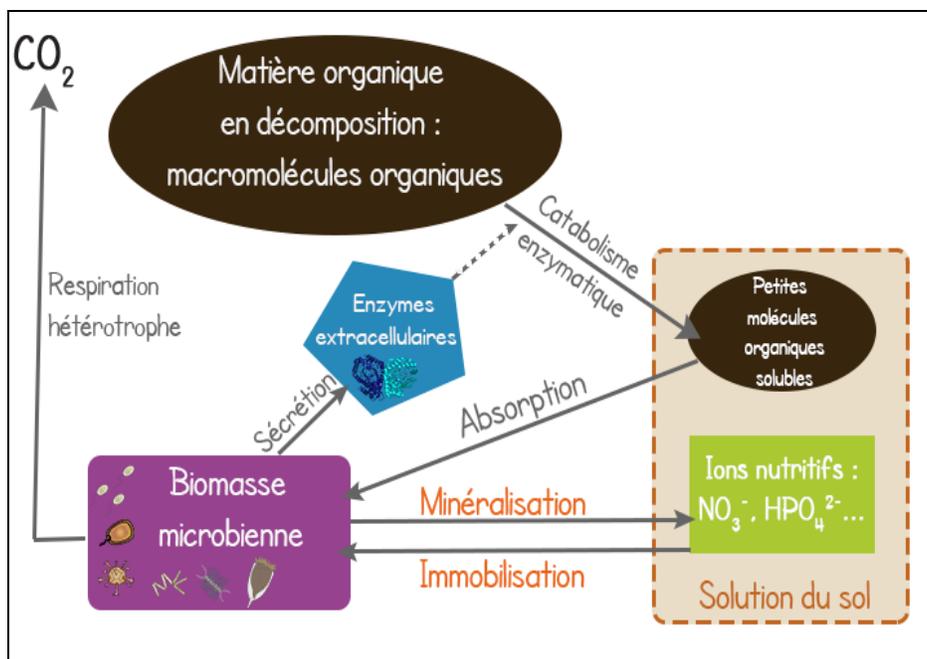


FIGURE 9: COMPARAISON DES MÉTHODES DE QUANTIFICATION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE TOTALE ET DU CARBONE ACTIF. A) L'ANALYSE DES RÉSULTATS DE LA TENEUR EN MATIÈRE ORGANIQUE NE DÉMONTRENT PAS DE DIFFÉRENCE SIGNIFICATIVE ENTRE LES TRAITEMENTS; B) LES RÉSULTATS D'ANALYSE DU TAUX DE CARBONE ACTIF MET EN ÉVIDENCE UNE DIFFÉRENCE SIGNIFICATIVE ENTRE LES TRAITEMENTS. SOURCE : ADAPTÉE DE WEIL ET AL., 2003

## LA RESPIRATION C-CO<sub>2</sub> (ppm)

La respiration est une mesure de l'activité métabolique de la communauté microbienne du sol. Elle représente l'abondance des microorganismes vivants dans le sol qui décomposent les résidus et amendements, produisent des éléments nutritifs utilisables par les plantes et participent à développer la structure. En effet, la présence de microorganismes est nécessaire pour rendre accessible les éléments nutritifs issus de la matière organique. Concernant la structure, les hyphes des champignons et les polysaccharides sécrétés par les bactéries permettent la stabilisation des agrégats. En résumé, l'activité microbienne joue un rôle clé sur la physique, la chimie et la biologie du sol à travers les processus d'accumulation de la matière organique, le recyclage des éléments nutritifs ainsi que sur la stabilisation et la formation des agrégats.

La respiration du sol se mesure par capture et quantification du CO<sub>2</sub>. Le CO<sub>2</sub> est relâché par l'échantillon de sol et absorbée dans un gel coloré sur une sonde de la technologie SOLVITA®. L'absorption du CO<sub>2</sub> change la couleur du gel. La sonde est alors insérée dans un colorimètre et le niveau d'absorbance est associé à une concentration de CO<sub>2</sub>.



**FIGURE 10: LIBÉRATION DU CO<sub>2</sub> PAR LES MICRO-ORGANISMES DU SOL. LEUR PRÉSENCE ET LEUR ACTIVITÉ EST NÉCESSAIRE POUR LA DISPONIBILITÉ DES ÉLÉMENTS NUTRITIFS DANS LE SOL.**

SOURCE: [WWW.UNIVERSALIS.FR/ENCYCLOPEDIE/CYCLES-BIOGEOCHIMIQUES/](http://WWW.UNIVERSALIS.FR/ENCYCLOPEDIE/CYCLES-BIOGEOCHIMIQUES/)

## L'AZOTE LABILE N-NH<sub>3</sub> (kg/ha)

L'azote labile désigne une partie de l'azote du sol emmagasiné dans les molécules organiques de l'humus telles que les acides et sucres aminés et les protéines. Associé aux résidus de matière organique (racines, litière, bactéries, champignons, petits animaux), il constitue un réservoir d'azote potentiellement disponible pour les prochaines cultures. De façon générale, il est un bon indicateur de l'amélioration de l'état de santé des sols. De plus, mesurer l'azote labile permet de prévoir plus efficacement les besoins en fertilisation des cultures.

En laboratoire, l'azote labile est mesuré par l'extraction de l'azote ammoniacal N-NH<sub>3</sub> à l'aide d'une solution basique et fixation dans un gel coloré sur une sonde de la technologie SOLVITA®. La sonde est alors insérée dans un colorimètre et le niveau d'absorbance est associé à une concentration de N-NH<sub>3</sub>.

## LES INDICATEURS CHIMIQUES

Le rapport d'évaluation de la SGS est accompagné du certificat d'analyse de sol standard, traditionnellement utilisé pour évaluer la fertilité d'un sol et élaborer les recommandations en éléments fertilisants. De ce fait, les résultats transmis au conseiller agricole lui permettent de réaliser le Plan Agro-Environnemental de Fertilisation ou PAEF.

### LE pH

Le pH est une mesure de l'acidité ou de la basicité du sol. Il conditionne la plupart des processus chimiques et biologiques et, indirectement, les propriétés physiques qui en dépendent. La disponibilité des éléments nutritifs pour les plantes cultivées peut varier en fonction du pH au point d'entraîner des carences ou de la phytotoxicité<sup>(2)</sup>. Conséquemment, le pH a une incidence majeure sur les rendements. L'intervalle de pH recherché pour la plupart des plantes cultivées se situe entre 6,0 et 7,0, à l'exception des cultures qui ont une meilleure croissance en milieu acide. L'activité des microorganismes du sol ainsi que les agents pathogènes qui affectent les plantes cultivées sont aussi influencés par le pH. Enfin, le pH contribue au maintien de la structure du sol puisqu'il a un impact sur la disponibilité de l'ion calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) nécessaire à la formation du complexe argilo-humique. L'application de chaux ou de matière résiduelle chaulante favorise l'apport de  $\text{Ca}^{2+}$ . Le pH est mesuré avec une électrode et il évalue l'activité chimique des ions hydrogènes.

### LE PHOSPHORE (kg/ha), LE POTASSIUM (kg/ha), LE MAGNÉSIUM (kg/ha), LE CALCIUM (kg/ha) ET LES OLIGO-ÉLÉMENTS (ppm)

Les éléments majeurs (phosphore, potassium, magnésium et calcium) sont les principaux éléments nutritifs utilisés par les plantes. Les oligo-éléments ou éléments mineurs (bore, cuivre, fer, manganèse, molybdène et zinc) sont aussi nécessaires, mais requis en quantité moindre. Afin d'assurer le rendement et la qualité des cultures, ces éléments doivent être présents en quantités suffisantes et sous une forme disponible car ils sont indispensables à la croissance des plantes. Au sein de la plante, ils sont impliqués dans plusieurs processus physiologiques tels que la photosynthèse, la respiration cellulaire, les transferts d'énergie, le stockage des glucides, etc. Pour apporter ou maintenir les éléments nécessaires au développement des plantes en culture, l'apport d'engrais est suggéré. Pour un apport juste d'engrais, il est important de consulter les recommandations émises par le Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec, le conseiller agricole et le certificat d'analyse de sol standard. Pour doser les éléments du sol, ils sont d'abord extraits par la méthode Mehlich III (solution extractive). Un appareil de spectrophotométrie d'émission dans le plasma permet ensuite d'en faire le dosage.

## LE RAPPORT ET SON INTERPRÉTATION

Le rapport d'évaluation de la SGS présente les informations de l'état de santé d'un sol qui provient d'un champ ou d'une zone prédéterminée d'un champ. À cet effet, la surface prélevée doit être relativement uniforme. Le rapport est soumis sur une page et est subdivisé en quatre sections (**Annexe**). La section 1 du rapport est la description et la provenance de l'échantillon. La section 2 indique la composition de la texture\* ainsi que le pourcentage d'humidité de l'échantillon. La section 3 du rapport présente l'indicateur mesuré ou calculé, les valeurs brutes obtenues en laboratoire, l'évaluation sur une échelle entre 0 et 100 ainsi que les problèmes associés à chaque indicateur. Des mots clés apparaissent dans la colonne « Problèmes » lorsque la valeur d'un indicateur n'est pas optimale. De cette façon :

-  → Un code de couleur ROUGE est attribué à une évaluation qui se situe entre 0 et 30. Ceci indique un **problème lié au fonctionnement du sol** qui risquent de limiter les rendements, d'affecter la qualité des cultures et la durabilité de l'équilibre de l'agroécosystème.
-  → Un code de couleur JAUNE est attribué à une évaluation qui se situe entre 30 et 70. Ceci indique que le **fonctionnement du sol n'est pas optimal**. Si ces conditions persistent, la santé du sol et les rendements risquent d'être affectés, surtout si la note se rapproche de 30.
-  → Un code de couleur VERT est attribué à une évaluation qui se situe entre 70 et 100. Ceci indique que le **fonctionnement du sol est optimal ou près de l'optimal**. Il est quand même pertinent de connaître les pratiques culturales qui sont responsables de cette situation afin de les maintenir dans le temps.

Finalement, la section 4 est l'évaluation globale sur 100 de l'échantillon de sol analysé. Cette dernière considère l'ensemble des valeurs des indicateurs afin d'évaluer la santé globale du sol. Toutefois, pour identifier les fonctions du sol qui ne sont pas optimales, il est recommandé de considérer les indicateurs individuellement. Lorsqu'un ou plusieurs indicateurs sont associés à un code de couleur jaune ou rouge, **le tableau de l'annexe de ce document contient une liste de suggestions de pratiques culturales**. Les pratiques culturales peuvent ensuite être appliquées à la ferme selon les recommandations émises par le conseiller agricole.

# ANNEXE



## Évaluation de la Santé Globale des Sols

1	Numéro du champ:	345	<i>Provenance</i>		<i>Échantillons</i>	
	Numéro du lab:	Fictif			Mélanie Gauthier	
	Date de réception:	14 juillet 2017			1642, rue de La Ferme	
	Date du rapport:	4 août 2017			La Pocatière	
	Échantillonné le:	12 juillet 2017			G0R 120	
	Par:	Mélanie Gauthier				

2	Texture en laboratoire	Sable %	49,4	Classe texturale	Groupe textural	Humidité du sol échantillonnage (%)	27,8
		Limon %	32,2				
		Argile %	18,5	Loam	G2	Série de sol	

3	Indicateur	Valeur	Évaluation /100	Problèmes possibles (mots clés)
Physique	Stabilité des agrégats (%) agrégats stables / ag. totaux .25 à 2 mm	57,9	87	
	Proportion d'agrégats (%) agrégats totaux / sol total .25 à 2 mm	67,7	9	Détérioration de la structure: compaction, limite des mouvements de l'eau (infiltration, perméabilité et drainage), porosité
	Réserve en eau utile (%) estimée	11,3	23	Manque d'eau pour la culture (baisse des rendements et de l'efficacité des engrais)
Biologique	Respiration C-CO <sub>2</sub> (ppm)	183	80	
	Azote labile N-NH <sub>3</sub> (kg/ha)	286	60	Risque de difficulté du sol à fournir l'azote aux cultures et aux microorganismes
	Matière organique (%)	6,4	100	
	Carbone actif (ppm) Matière organique labile	674	48	Source d'énergie (nourriture) peu élevée pour les microorganismes
Chimique	pH	6,0	73	
	Phosphore (kg/ha)	271	94	
	Potassium (kg/ha)	319	85	
	Magnésium (kg/ha)	122	32	Risque de diminution de la capacité de photosynthèse et synthèse protéique (décoloration des feuilles)
	Calcium (kg/ha)	3029	47	Risque détérioration de la structure du sol, résistance et soutien des tiges, développement du réseau racinaire

4	Évaluation globale (%)	65	Bon sol avec quelques problèmes à solutionner
---	------------------------	----	---

N.B. La couleur du paramètre Valeur /100 est donnée selon les valeurs suivantes: 0 à 30 % = Rouge, 30 à 70 % = Jaune, > 70 % = Vert



Michel Champagne, agr.

Karin Arseneault, M.Sc. Chimiste

1. Description et provenance de l'échantillon de sol
2. Texture et pourcentage d'humidité de l'échantillon de sol à la réception
3. Résultats des indicateurs et problèmes associés à une faible évaluation
4. Évaluation globale sur 100

Résultats	Suggestions de régie des pratiques culturales			
Indicateurs	Cultures	Travail du sol	Amendements et engrais organiques	Amendements et engrais minéraux
<b>PHYSIQUE</b>				
Faible stabilité et proportion des agrégats	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planter une culture de couverture ou intercalaire (introduire des plantes de familles variées et complémentaires aux autres plantes de la rotation)</li> <li>• Favoriser le maintien d'une couverture du sol durant l'hiver</li> <li>• Incorporer dans les rotations des prairies et des céréales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduire les passages de la machinerie</li> <li>• Réduire le travail du sol (travail superficiel ou semis direct)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajouter du paillis, fumier, du compost ou des résidus municipaux et industriels (bois raméal fragmenté, résidus pâtes et papiers, etc.)</li> <li>• Incorporer ou laisser en surface des résidus de culture (feuilles, brindilles racines mortes)</li> <li>• Incorporer des cultures à biomasse élevée (e.g. rafles ou tiges de maïs)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maintenir un pH optimal par l'ajout de chaux</li> </ul>
Faible réserve en eau utile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planter une culture de couverture ou intercalaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduire le travail du sol (travail superficiel ou semis direct)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajouter de la matière organique stable (humus)</li> <li>• Incorporer des résidus de culture (feuilles, brindilles racines mortes)</li> <li>• Ajouter du paillis</li> </ul>	
<b>BIOLOGIQUE</b>				
Faible teneur en matière organique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planter une culture de couverture ou intercalaire</li> <li>• Incorporer dans les rotations des prairies, céréales, culture avec masse racinaire élevée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduire le travail du sol (travail superficiel ou semis direct)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajouter du paillis, du fumier, du compost ou des résidus municipaux et industriels (bois raméal fragmenté, résidus pâtes et papiers, etc.)</li> <li>• Incorporer des résidus de culture (feuilles, brindilles racines mortes)</li> <li>• Incorporer des cultures à biomasse élevée (e.g. rafles ou tiges de maïs)</li> <li>• Augmenter le taux de matière organique en favorisant des amendements dont le C/N &gt; 25</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maintenir un pH optimal par l'ajout de chaux</li> </ul>
Faible potentiel de minéralisation de l'azote	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planter une culture de couverture ou intercalaire</li> <li>• Incorporer dans les rotations des prairies, légumineuses (trèfles ou luzernes), culture avec masse racinaire élevée</li> <li>• Inoculer les semences des légumineuses</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier le rapport C/N des amendements (paillis, fumier ou compost) et engrais organiques apportés au sol (C/N &lt; 20)</li> <li>• Enfouir les engrais verts (C/N bas) pour favoriser la minéralisation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maintenir un pH entre 6,2 et 6,5 favorable aux microorganismes fixateur d'azote par l'ajout de chaux si nécessaire</li> <li>• Réduire l'usage des produits phytosanitaires pour préserver les microorganismes du sol</li> </ul>
Faible teneur en carbone actif	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planter une culture de couverture ou intercalaire et des engrais verts</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enfouir les engrais verts (C/N bas) pour favoriser la minéralisation</li> <li>• Ajouter du paillis, fumier ou compost.</li> </ul>	
<b>CHIMIQUE</b>				
pH trop acide	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Favoriser l'implantation de cultures adaptées</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajouter des matières résiduelles fertilisantes ou amendements calciques ou magnésiens d'origine industrielle ou municipale (cendres de bois, boues de chaux, etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maintenir un pH optimal par l'ajout de chaux</li> <li>• Éviter l'application d'engrais acidifiants</li> </ul>
pH trop alcalin	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Favoriser l'implantation de cultures adaptées</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajouter des engrais acidifiants</li> </ul>
Faibles teneurs en P, K, Mg, Ca, et éléments mineurs				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consulter les recommandations et les résultats sur le certificat d'analyse de sol</li> </ul>

## RÉFÉRENCES

- 1) Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F., and Stewart, B.A. 1994. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. SSSA Special Publication No. 35. *Soil Science Society of America*, Madison, WI.
- 2) CRAAQ. 2010. Guide référence en fertilisation, 2<sup>e</sup> Édition.
- 3) <http://www.omafra.gov.on.ca/IPM/french/soil-diagnostics/soil-structure.html>. Consulté le 2 juin 2015.
- 4) Moebius, B.N., Harold, V.M., Schindelbeck, R.R., Omololu, J.I., Clune, D.J., and Thies, J.E. 2007. Evaluation of laboratory-measured soil properties as indicators of soil physical quality. *Soil science*, Vol. 172, No. 11.
- 5) Gugino, B.K., Idowu, O.J., Schindelbeck, R.R., Van Es, H.M., Wolfe, D.W., Moebius-Clune, B.N., Thies, J.E., et Abawi, G.S. 2009. *Cornell Soil Health Assessment Training Manual*, 2<sup>e</sup> Édition. Cornell University, Geneva, NY.
- 6) N'Dayegamiye, A. 2007. La contribution en azote du sol reliée à la minéralisation de la matière organique : facteurs climatiques et régions agricoles influençant les taux de minéralisation de l'azote. Colloque sur l'azote.
- 7) Vanasse, Anne. 2014. Rotations et qualité des sols : quels impacts sur les cultures? Conférence INPACQ 2014. Grandes cultures et conservations des sols.
- 8) Weil, R.R., Islam, K.R., Stine, M.A., Gruver, J.B., and Samson-Liebig, S.E. 2003. Estimating active carbon for soil quality assessment: A simplified method for laboratory and field use. *American Journal of Alternative Agriculture*, Vol 18, No 1.
- 9) <https://solvita.com/>