

Fertilité à long terme

MATIÈRE ORGANIQUE ET ENTRETIEN DU STOCK D'HUMUS DANS LES SOLS

Il est nécessaire de porter une attention particulière à l'évolution de la teneur en matière organique du sol. Ce paramètre qui agit sur les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du sol est en effet directement lié à sa fertilité. Une exploitation durable des sols impose donc de tenir compte de son évolution à l'échelle de la rotation.



Georges Collaud

Un sol est considéré comme fertile quand il possède l'aptitude à assurer, de façon régulière et répétée, la croissance normale des cultures qu'il supporte et l'obtention de récoltes satisfaisantes. Cette aptitude est la résultante de ses diverses propriétés physiques, chimiques et biologiques, qui facilitent l'approvisionnement des plantes en eau, la mise à disposition des éléments nutritifs et assurent les qualités favorables pour un bon développement des racines. Or la matière organique (MO) influence directement ces trois propriétés et joue de la sorte un rôle essentiel et déterminant vis-à-vis de chacune des fonctions du sol. Mais comment et à quel rythme faut-il restituer au sol de la MO pour entretenir ou même améliorer son stock d'humus?

De la MO à l'humus La MO brute est composée essentiellement de résidus organiques provenant des débris végétaux, de fragments d'animaux et de microorganismes. Elle est formée de liaisons organiques diverses qui, selon leur complexité chimique, opposent plus ou moins de résistance à leur décomposition. Sous l'action des microorganismes du sol, ces MO fraîches évoluent (graphique). Les composés facilement fermentescibles subissent une dégradation rapide, procédé dénommé minéralisation rapide, qui libère des éléments minéraux, du dioxyde de carbone, de l'eau et de la chaleur. Au contraire, les composés difficilement fermentescibles subissent une dégradation lente. Ils sont repris, avant complète transformation dans des synthèses chimiques et biologiques qui les convertissent en humus stable. C'est le processus d'humifica-

tion. L'humus stable représente quantitativement la part la plus importante. Lié à l'argile du sol, il forme le complexe argilo-humique ou complexe absorbant représentant le «réservoir» en éléments nutritifs du sol. Cet humus stable, qui peut s'accumuler sous certaines conditions de milieu, n'est pas définitivement immobilisé. Il subit à son tour de nouvelles transformations lentes et continues; c'est la minéralisation lente qui libère des éléments nutritifs disponibles pour la plante.

Taux optimal de MO du sol

Maintenir un taux idéal de MO et ainsi générer un bon stock d'humus dans ses sols est un objectif sage et prudent que doit poursuivre chaque producteur s'il

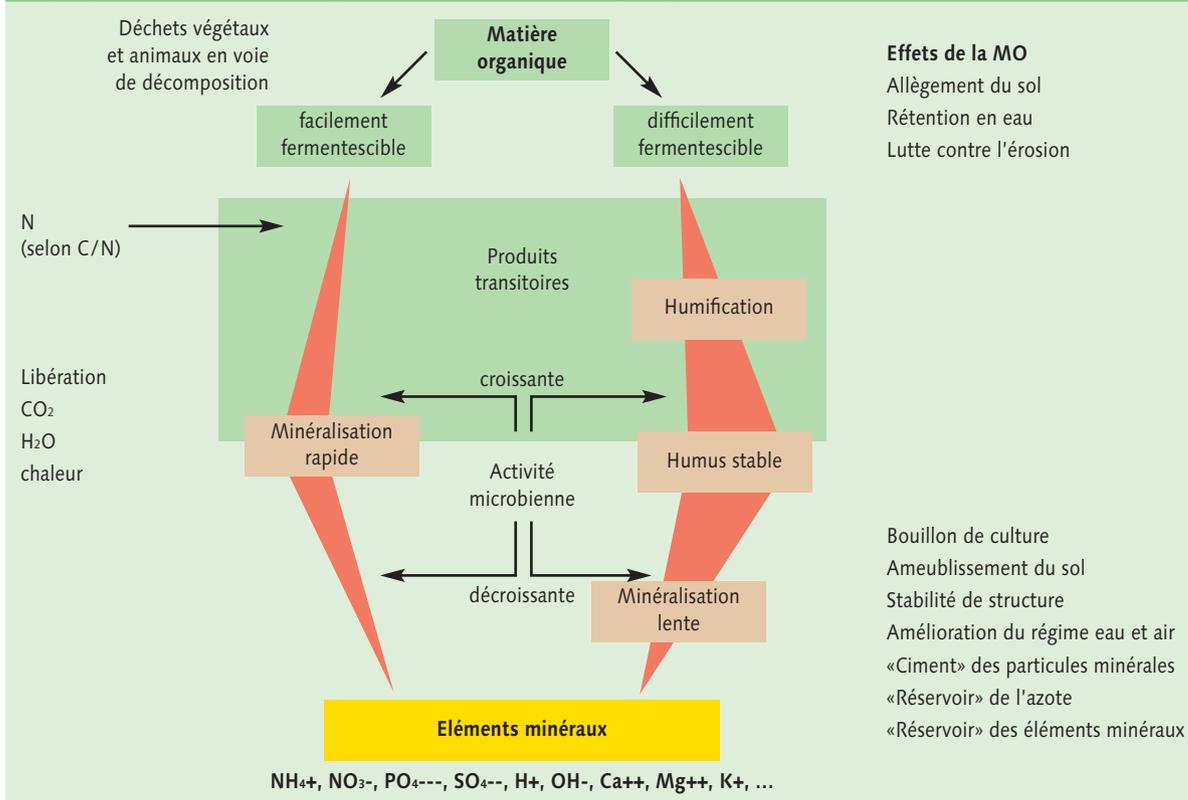
désire éviter des accidents de culture et ménager l'avenir de ses sols. Un faible taux de MO procure de nombreux inconvénients, variables selon les types de sols: par exemple une faible capacité en eau sur sols légers sableux, une mauvaise stabilité structurale et un excès de battance sur sols moyens silteux, des difficultés de travail sur les sols lourds ou encore une mauvaise activité biologique sur les terres calcaires. Il convient donc de rester au-dessus d'une certaine limite de MO pour éviter les problèmes de croissance. A chaque sol correspond une teneur idéale qui est influencée par ses propriétés, par le climat et le mode d'exploitation. Il est difficile de définir cette teneur optimale. Connaître le taux de MO de son sol par une analyse de la terre

Tableau: Teneur en matière organique souhaitable en fonction des différents types de sol:

Sol léger	(<15% d'argile)	1.2 – 2.9% MO
Sol moyen	(15 à 30% d'argile)	1.8 – 3.9% MO
Sol lourd	(> 30% d'argile)	2.5 – 5.9% MO



Graphique: **Schéma de décomposition de la matière organique**



(et non par une estimation visuelle seulement) est le premier objectif que doit se donner l'agriculteur. La comparaison ensuite de ce résultat avec les tables des «Données de base de la fumure des grandes cultures et des herbages» d'Agroscope lui permet d'apprécier cette valeur et d'orienter ses pratiques futures (voir tableau).

Dans la majorité des situations, il est évident qu'un mode d'exploitation qui tend à améliorer la teneur en MO est préférable à celui qui en consomme

trop. Rares sont les cas où des apports exagérés provoquent une trop importante dégradation et une libération d'éléments nutritifs que les plantes ne sont plus en mesure d'assimiler.

Le bilan humique L'établissement d'un bilan humique pour une parcelle donnée a pour objectif de comparer les gains et les pertes d'humus de cette parcelle sur une profondeur définie. Les gains d'humus proviennent des MO restituées ou apportées (résidus des cul-

tures, engrais de ferme, amendements organiques, engrais verts, etc.) alors que les pertes résultent de la minéralisation de l'humus. Reporté sur chacune des parcelles d'une rotation, ce bilan permet d'apprécier l'impact des techniques cultures (gestion des résidus, fréquence des travaux du sol,...) sur l'évolution à long terme du stock d'humus de l'exploitation. Sur une rotation de cultures, le résultat du bilan sera négatif quand le stock de cet humus tend à baisser jusqu'à ce qu'il atteigne un équilibre correspondant à la compensation des pertes par les restitutions. Dans le cas contraire et en présence d'un résultat positif, le stock d'humus aura tendance à s'améliorer en cours de rotation.

En bref La teneur en MO du sol influence les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol et donc aussi sa fertilité. Le maintien d'un niveau idéal de MO dans le sol et la génération d'humus devraient être un objectif poursuivi par tous les agriculteurs. La réalisation d'analyses de sol régulières et l'estimation du bilan humique à l'échelle de la rotation sont les bases d'une exploitation durable des sols. ■

Faut-il restituer ou non la paille du blé? Seul l'établissement d'un bilan humique sur la rotation des cultures peut véritablement répondre à cette question.

Photo G. Collaud

Auteur Georges Collaud, Sol-Conseil, Changins, Rte de Duillier 50, 1260 Nyon 1
 info@sol-conseil.ch
 www.sol-conseil.ch

INFOBOX
 www.ufarevue.ch 11 · 14



Calculer les rendements en humus

MÉTHODE D'ÉVALUATION DU BILAN HUMIQUE La décomposition de l'humus est un phénomène naturel de la vie d'un sol. Elle est liée à l'activité biologique et chimique du sol. Afin de maintenir la fertilité des sols à long terme, il est nécessaire et particulièrement intéressant d'évaluer l'évolution de l'humus stable du sol. La méthode suivante en donne une estimation relativement simple et fiable.



Georges Collaud

La production d'humus stable d'un sol est le résultat de deux activités concurrentes :

la production d'humus par humification: Il s'agit d'un processus d'évolution à rendement variable selon les conditions de décomposition, mais surtout selon la nature des résidus. Ce rendement est exprimé par le coefficient iso-humique K1 (tableau 1). Il se calcule à partir de la quantité de matière organique (MO) sèche concernée.

La destruction de l'humus par minéralisation: Ce processus d'évolution est va-

riable selon les sols. Il s'exprime par le coefficient de minéralisation K2 et se calcule à partir de la quantité d'humus stable du sol (tableau 2). Par minéralisation, il se détruit annuellement 1,5 à 2% du stock d'humus stable en terre cultivée et environ 1% en jachère non travaillée. Le taux de minéralisation est toujours plus élevé sous climat chaud et humide, dans les sols bien aérés à pH neutre ou légèrement alcalin, quand les façons culturales favorisent l'activité biologique. Divers systèmes de calcul informatisés peuvent nuancer la valeur du coefficient K2 selon ces conditions. Dans le cas de notre exemple de calcul qui suit, nous l'avons effectivement nuancé selon la teneur en argile du sol.

Calcul du bilan humique de la culture A titre d'exemple, considérons une culture de blé d'automne suivie d'un engrais vert. Les pailles du blé sont exportées. Les détails des différentes étapes du calcul figurent dans l'encadré 1.

Etape 1: définir les propriétés du sol par une analyse physico-chimique (dont granulométrie et matière organique) et calculer la masse de la terre. Sol moyen sableux composé de 23% d'argile, d'une teneur de 2,2% de matière organique et d'une densité apparente de 1,4. L'échantillon de terre étant prélevé de 0 à 20 cm de profondeur, nous baserons notre calcul sur les 20 premiers centimètres du sol. Ce sol ne possède que de la terre fine, sans aucun caillou, soit 100% de terre fine (ou coefficient 1,0). Dans ce cas, le pourcentage de cailloux déductible de la terre fine n'intervient pas dans le calcul de la masse.

Méthode de calcul du bilan humique annuel d'une parcelle

Etape 1: Volume de terre = profondeur (m) x surface (m²) : 0.20 x 10000 = 2000 m³/ha

Masse de terre fine = vol. de terre (m³/ha) x dens. apparente (t/m³) x vol. terre fine (%) : 2000 x 1.4 x 1.0 = 2800 t/ha

Etape 2: Stock actuel d'humus = masse de terre fine (t/ha) x MO (%) : 2800 x 0.022 = 61.6 t/ha

Etape 3: Perte annuelle d'humus = stock actuel d'humus (t/ha) x K2 (%) : 61.6 x 0.013 = 0.801 t/ha ou 801 kg/ha

Etape 4: Gain d'humus par les chaumes = quantité MS (dt/ha) des chaumes x K1 (%) : 19.1 x 0.15 = 2.86 dt/ha ou 286 kg/ha

Gain d'humus par l'engrais vert = quantité MS (dt/ha) de l'engrais vert x K1 (%) : 30.0 x 0.15 = 4.50 dt/ha ou 450 kg/ha
Total: 286 + 450 = 736 kg/ha

Etape 5: Perte annuelle d'humus : - 801 kg/ha

Gain d'humus par les chaumes et l'engrais vert: 286 + 450 = 736 kg/ha
soit un bilan final de : -801+736 = -65 kg/ha

Etape 2: estimer la richesse actuelle en humus du sol. L'analyse de sol a déterminé la teneur en MO que nous allons assimiler à la valeur en humus. L'analyse de terre définit en fait la teneur en carbone organique du sol. La teneur en MO est obtenue par la relation % C organique x 1,725 = % MO. D'un point de vue agronomique, il serait plus correct de raisonner sur le stock de carbone organique plutôt que sur la MO, mais ce critère est le plus

Tableau 1: **Coefficients iso-humiques K1 de quelques végétaux selon le modèle Héning & Dupuis. Ce coefficient représente la quantité d'humus stable formée par kg de matière organique sèche incorporée au sol.**

Matière restituée	Coefficient K1 - %
Tourbe basse	100
Fumier bien décomposé (6 mois)	50
Fumier peu décomposé (4-5 semaines)	33
Végétaux ligneux	30
Luzerne (feuilles et tiges)	25
Feuilles et collets de betteraves	20-25
Tiges de maïs	18-20
Racines de végétaux annuels	15
Résidus de récoltes (pailles)	15
Engrais vert	12-18

Tableau 2: **Coefficients de minéralisation K2 de quelques types de sol calqués sur le modèle de Héning & Dupuis. Dans notre exemple de calcul, ces coefficients ont été pondérés en fonction de la teneur en argile.**

Type de sol	Coefficient K2 - %
sol léger (< 10% argile)	2.00
sol léger à moyen (10 à 15% argile)	1.75
sol moyen (15 à 25% argile)	1.50
sol moyen à lourd (25 à 30% argile)	1.25
sol lourd (> 30% argile)	1.00

couramment utilisé et nous le maintenons dans notre exemple.

Etape 3: définir les pertes annuelles d'humus par minéralisation. Le coefficient de minéralisation K2 retenu dans cette situation est celui d'un sol moyen nuancé par sa teneur en argile, soit 1,3 %. Une amélioration de la précision de cette valeur peut être obtenue en tenant compte non seulement de la teneur en argile du sol, mais également de la teneur en calcaire total, du mode d'exploitation et de diverses conditions climatiques. Quelques bilans informatisés calculent avec ces critères supplémentaires. Dans notre exemple, nous faisons abstraction de ces notions pour définir le coefficient K2 utilisé.

Etape 4: estimer les gains d'humus restitué par la culture, par les cultures intercalaires et par les amendements organiques. La culture de blé d'automne fournit un rendement de 75 dt/ha de paille. La paille n'est pas restituée au sol, mais nous considérons que les chaumes maintenus sur la parcelle représentent environ le 30 % du rendement en paille, soit 22,5 dt/ha de chaumes à 85 % de matière sèche, ou 19,1 dt/ha MS. La récolte du blé est suivie par la mise en place d'un engrais vert sans légumineuses, dont le rendement de 30 dt/ha MS est restitué au sol.

Etape 5: établir le bilan humique de la parcelle et prendre les décisions d'exploitation qui s'imposent.

Ce bilan est proche de l'équilibre. Toutefois, dans le but de ne pas appauvrir ce sol à long terme, le producteur doit intervenir pour augmenter les restitutions organiques. Si l'exploitation est sans bétail, il serait alors judicieux de restituer la totalité de la paille au lieu de la commercialiser. Si au contraire il s'agit d'une exploitation avec bétail, il est probable qu'une restitution sous forme d'apport de fumier sur une autre culture de la rotation compense cette perte. Seul le bilan humique établi sur la rotation permettra de vérifier cette hypothèse.

Le bilan humique de la rotation s'établit de manière identique à la méthode décrite ci-dessus, mais pour chacune des parcelles et donc chacune des cultures de la rotation. La comparaison entre le cumul des pertes et le cumul

Tableau 3: **Exemple de calcul des pertes et des gains d'humus stable d'une rotation de 6 ans composée de blé d'automne, betterave sucrière, orge d'automne, colza, prairie temporaire, prairie temporaire. Le blé est suivi d'un engrais vert et la culture de colza reçoit du fumier.**

Parcelle	Argile %	MO %	Densité apparente	Masse de terre fine t/ha	Humus actuel t/ha	Coef. K2 %	Perte d'humus kg/ha/an
1	23	2.2	1.4	2800	61.6	1.3	801
2	18	2.0	1.4	2800	56.0	1.4	784
3	14	1.8	1.3	2600	46.8	1.4	655
4	32	3.4	1.4	2800	95.2	1.2	1142
5	26	2.8	1.4	2800	78.4	1.3	1019
6	21	2.4	1.4	2800	67.2	1.3	874
Total							5275
Parcelle	Culture	Produit restitué	Masse fraîche dt/ha	MS du produit %	Masse sèche dt/ha	Coef. K1 %	Gain d'humus kg/ha/an
1	Blé d'automne	chaumes (30 % des pailles)	22.5	85.0	19.1	15	287
1	Engrais vert	toute la biomasse			30.0	15	450
2	Betterave sucrière	feuilles et collets	500.0	15.0	75.0	22	1650
3	Orge	chaumes (30 % des pailles)	18.0	85.0	15.3	15	230
4		apport 200 dt/ha fumier	200.0	17.5	35.0	50	1750
4	Colza d'automne	paille restituée	65.0	85.0	55.3	15	829
5	Prairie temporaire	5 % du rdt. de 80 dt/ha			4.0	12	48
6	Prairie temporaire	5 % du rdt. de 80 dt/ha			4.0	12	48
Total							5292
Bilan (gain/perte)					5292	- 5275	17

Le bilan humique permet de faire le point sur l'incidence de la rotation sur la matière organique du sol.

Photo: www.agrarfoto.com

des gains permet ensuite d'établir le bilan humique de la rotation et de prendre les décisions nécessaires pour le maintien du système d'exploitation ou l'augmentation des quantités de MO à restituer. Un exemple de ce système est présenté sur le tableau 3, pour une rotation de 6 ans comprenant les cultures de blé d'automne, betterave sucrière, orge d'automne, colza, prairie temporaire, prairie temporaire. L'exploitation a du bétail en stabulation libre et restitue son fumier avant la culture de colza. Le résultat final démontre un bilan équilibré. L'actuel principe d'exploitation du sol peut être maintenu sans risque.

La marge d'erreur du bilan humique Il est évident que pour un tel raisonnement, de nombreux chiffres peuvent être remis en question. La profondeur du sol retenue, les valeurs des coefficients K1 et K2 variables selon les propriétés du sol et les conditions climatiques, les restitutions dues aux racines et aux produits extra-racinaires qui n'interviennent pas dans notre calcul ; au-



tant de critères capables de fortement varier le résultat final du bilan. Malgré tout, nous encourageons les producteurs à utiliser le bilan humique pour mieux définir leur mode de restitution et d'apport de la MO. Le fait d'utiliser régulièrement les mêmes pratiques de calcul et les mêmes coefficients réduit déjà sensiblement les marges d'erreur. Le recours au calcul par un bilan humique informatisé, plus complet que notre exemple, améliore encore le résultat final. De toute manière, il sera toujours plus utile de procéder de la sorte plutôt que de ne rien calculer du tout et de naviguer dans le vague!

Auteur Georges Collaud, Sol-Conseil, Changins, Rte de Duillier 50, 1260 Nyon 1
info@sol-conseil.ch
www.sol-conseil.ch

INFOBOX
www.ufarevue.ch 11 · 14