

Gestion de la matière organique

Module 3

Introduction	1
Un rôle à bien connaître	2
Structure du sol	2
Protection contre l'érosion	2
Rétention en eau et drainage	2
Réserve en éléments nutritifs	3
Comment savoir si un sol contient suffisamment de matière organique ?	3
Comment maintenir et améliorer la teneur en matière organique des sols ?	4
Réduire les pertes par minéralisation	4
Augmenter les apports de matière organique	5
Le bilan humique: un outil prévisionnel utile!	7
Pour en savoir plus	10

Introduction

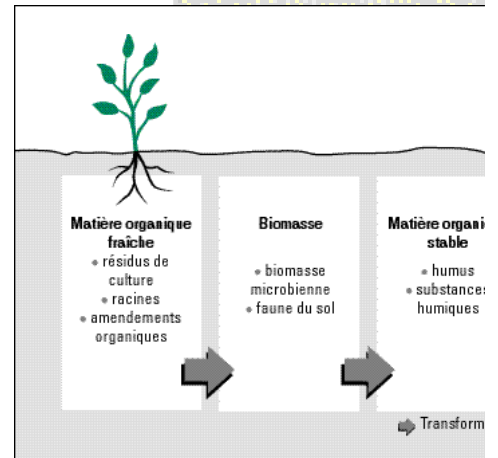
La matière organique joue un rôle majeur relativement à la conservation des sols. Elle a des effets positifs en particulier sur l'activité biologique, la structure, la rétention en eau, le drainage et la réserve en éléments nutritifs du sol. Son influence se répercute également sur la productivité et la rentabilité des cultures. **La matière organique contribue à préserver cet actif important qu'est le sol** pour les fermes de grandes cultures. Il est donc important de s'en préoccuper et de la protéger !

Ce module contient des renseignements aidant à établir si la gestion de la matière organique des sols sur la ferme est adéquate. Il présente également les mesures à envisager pour remédier à l'appauvrissement du sol en matière organique.

La matière organique contient:

- de la **matière vivante** (ex. : microorganismes, insectes, racines vivantes);
- des **résidus organiques frais** (résidus de culture, engrais de ferme, racines mortes, etc.);
- des **résidus organiques en décomposition**;
- de l'**humus** (partie stable).

La matière organique stable (humus), produit final de la décomposition, représente habituellement **70 à 90%** de la matière organique.



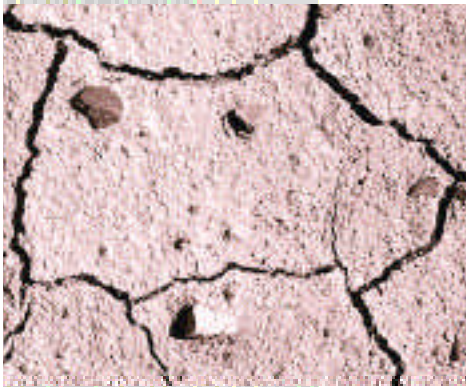
Cycle de la matière organique

Denis Angers, AAC



Ce sol, composé d'agrégats stables et comportant des résidus en surface, est moins sensible à l'érosion et à la formation d'une croûte de «battance»

Aubert Michaud, IRDA



Ce sol, composé de fines particules et comportant peu de résidus en surface, est propice à l'érosion et à la formation d'une croûte de «battance»

Denis Angers, AAC

Un rôle à bien connaître

La matière organique influence de diverses façons les propriétés biologiques, chimiques et physiques des sols. Les processus impliqués sont parfois très complexes. Bien que sommaire, l'information qui suit permet de constater à quel point ce constituant du sol joue un rôle important en production végétale.

Structure du sol⁽¹⁾

La matière organique cimente entre elles les particules minérales du sol et contribue à la **stabilisation des agrégats**. Une agrégation stable procure une **bonne structure** au sol et le rend moins compact, plus meuble et plus perméable à l'eau et à l'air (grâce à une porosité plus élevée). Cela crée un environnement favorable à la croissance du système racinaire des cultures et à l'activité biologique du sol. Les sols comportant des agrégats stables sont par ailleurs moins exposés à l'érosion, à la formation d'une croûte (croûte de «battance») et aux problèmes qui peuvent suivre, par exemple une émergence plus difficile et moins uniforme des semis.

Les agrégats stables **se brisent plus difficilement** sous l'impact des **gouttelettes de pluie** ou sous l'effet de **pressions** comme celles produites par les outils de travail du sol ou le poids de la machinerie.

Protection contre l'érosion⁽¹⁾

La **stabilisation des agrégats** par la matière organique contribue à réduire les risques d'érosion hydrique et d'érosion éolienne des sols ; comme ils sont de plus grande taille que les particules de sol individuelles, les agrégats stables sont **plus difficiles à déplacer** par l'eau de ruissellement et par le vent. L'eau de surface s'infiltré également mieux entre les agrégats qu'entre les fines particules. Elle s'avère donc **moins sujette au ruissellement**, ce qui diminue son potentiel d'érosion.

Le maintien de **résidus de culture** à la surface du sol contribue également à réduire les risques d'érosion par l'eau et le vent. Cela atténue le martelage des gouttes de pluie et protège le sol de l'énergie du vent. Les résidus agissent aussi comme des petits barrages retenant les particules de sol et ralentissant la vitesse du ruissellement. Pour en savoir plus à ce sujet, référez-vous aux **modules 1 et 2**.

Rétention en eau et drainage

La matière organique agit comme une éponge et peut absorber plusieurs fois son poids en eau. Elle augmente ainsi la **capacité de rétention en eau** dessous. En période de **sécheresse**, cela favorise le maintien dans le sol d'une plus grande réserve en eau utile. Cet effet peut être particulièrement bénéfique pour les sols sableux. Dans le cas de certains sols, l'augmentation de la capacité de rétention en eau peut par ailleurs ralentir quelque peu leur **vitesse d'assèchement et de réchauffement au printemps**. Ce dernier impact est cependant rarement important et ne constitue habituellement pas un problème. Le maintien d'un **paillis de résidus** de culture à la surface du sol peut par contre avoir un impact plus appréciable (voir le **module 2** pour en savoir plus à ce sujet).

1. Référez-vous aussi aux **modules 1 et 2** pour obtenir d'autres renseignements sur la stabilisation des agrégats, la structure du sol et l'érosion et la gestion des résidus de culture.

En favorisant la formation d'agrégats stables et le développement d'une porosité plus importante, la matière organique contribue à accroître l'**infiltration** et le **drainage** de l'eau dans le sol.

Réserve en éléments nutritifs

La décomposition biologique de la matière organique peut libérer des quantités appréciables d'**azote** ainsi que d'**autres éléments nutritifs**. La matière organique stable augmente également la **capacité d'échange cationique** (C.E.C.). Elle a en fait une action comparable à celle d'un aimant et contribue à la fixation de certains éléments nutritifs comportant une charge positive (cations) (ex. : azote ammoniacal, potassium, magnésium, calcium). Sous l'effet de processus chimiques, ces éléments peuvent être libérés et rendus disponibles aux plantes.

La **matière organique fraîche** ou peu décomposée stimule l'activité microbienne. C'est cependant la **matière organique stable** qui a le plus d'influence sur les propriétés du sol, notamment par sa contribution à la formation des agrégats et ses effets sur la capacité d'échange cationique.

Comment savoir si un sol contient suffisamment de matière organique ?

L'**analyse de la teneur en matière organique du sol** est habituellement utilisée pour déterminer le niveau de richesse du sol en matière organique. On considère habituellement les pourcentages suivants :

Évitez d'échantillonner le sol peu de temps après l'avoir amendé avec de la matière organique. Vous risquez de **surestimer** sa teneur en matière organique.

Pourcentage de matière organique	Niveau de richesse
2% et moins	pauvre
2 à 5%	moyen
+ de 5%	riche

Certains **indices** * peuvent également aider à **identifier les sols pauvres** en matière organique :

- la présence d'une faible agrégation (le sol comporte beaucoup de fines particules et peu d'agrégats – cet indice ne s'applique pas aux sols sableux) ;
- la présence d'une structure massive (le sol est compact et difficile à fragmenter) ;

* Dans certains cas, les problèmes apparaissant dans cette liste peuvent être associés à d'autres facteurs que le manque de matière organique.

- l'apparition rapide chez les cultures de symptômes de stress hydrique en période de sécheresse ;
- la formation fréquente d'une croûte en surface à la suite de précipitations de pluie (croûte de « battance ») ;
- la présence d'érosion par l'eau ou le vent ;
- des besoins de fertilisation élevés pour maintenir les rendements (en azote particulièrement).

Comment maintenir et améliorer la teneur en matière organique des sols ?

Deux approches permettent de maintenir ou d'augmenter la teneur en matière organique des sols :

1. réduire les pertes associées à une minéralisation trop rapide de la matière organique ;
2. augmenter les apports de matière organique.

Mieux vaut prévenir que guérir...

Il est beaucoup plus facile et rentable de préserver la matière organique déjà présente dans le sol. Le rehaussement de la teneur en matière organique des sols déjà appauvris est un **processus lent** pouvant exiger de nombreuses années.

Réduire les pertes par minéralisation

Le travail du sol est la pratique culturale qui a le plus d'influence sur la minéralisation de la matière organique. Lorsqu'il est **trop intensif**, il en accélère le processus. Le travail du sol favorise en effet l'**aération** du sol et accroît l'**activité des microorganismes** participant à la minéralisation de la matière organique. Il peut également rendre le sol plus susceptible aux pertes de matière organique par le biais d'une **érosion accrue**⁽²⁾.

Les **correctifs suivants** sont à envisager lorsque le travail du sol favorise une minéralisation trop intense de la matière organique :

- labourer moins profondément⁽³⁾ ;
- limiter le nombre de passages avec les instruments de travail secondaire⁽³⁾ ;
- remplacer le labour par le travail réduit, la culture sur billons ou le semis direct⁽³⁾.

2. Pour en savoir plus à ce sujet, consultez les [modules 1 et 2](#).

3. Pour obtenir plus d'information sur ces pratiques, référez-vous au [module 2](#).

Profondeur du travail du sol versus matière organique

En travail conventionnel, **un travail du sol profond dilue la matière organique**. L'enfouissement trop profond des résidus de culture et des amendements organiques ralentit également leur transformation en matière organique stable. Il est donc important de ne pas labourer trop profondément. Pour en savoir plus à ce sujet, voyez le [module 2](#).

Augmenter les apports de matière organique

Il est possible d'augmenter les apports de matière organique en modifiant certaines pratiques culturales ou en ayant recours à divers types d'amendement. Les différentes possibilités apparaissent dans les tableaux 1 et 2.

Tableau 1. PRATIQUES CULTURALES PERMETTANT D'ACCROÎTRE LES APPORTS EN MATIÈRE ORGANIQUE

Type d'intervention	Explication
Optimiser la régie de culture pour favoriser l'obtention d'une quantité élevée de résidus.	Les résidus de culture constituent une source importante de matière organique. L'optimisation de la régie (fertilité, drainage, lutte aux mauvaises herbes, rotation adéquate, etc.) favorise à la fois de bons rendements et le retour au sol d'une quantité élevée de résidus.
Intégrer à la rotation des cultures produisant des quantités importantes de résidus.	Des estimations de la quantité de résidus retournés au sol par différentes cultures apparaissent à l' annexe A .
Employer des engrais organiques comme source de fertilisation.	Lorsque cela est possible, employer des engrais organiques comme source de fertilisation. Privilégier les matières ayant un bon potentiel de formation de matière organique stable. Voir le tableau 2 pour obtenir des renseignements à ce sujet.
Laisser la paille des céréales au champ.	La paille des céréales constitue une excellente source de matière organique. Au lieu de la récolter, on peut ainsi la laisser au sol ^(a) .
Cultiver des engrais verts^(b).	Sous nos conditions, les engrais verts ensemencés en fin de saison produisent habituellement peu de matière organique stable. En protégeant le sol, les engrais verts contribuent toutefois à réduire les pertes de matière organique par érosion.

a) Il est parfois plus rentable pour le producteur de vendre la paille et d'avoir recours à des amendements organiques équivalents lorsque ces derniers sont disponibles.

b) Voir le [module 6](#) pour en savoir plus sur cette pratique.



Tableau 2. PRINCIPAUX AMENDEMENTS ORGANIQUES

Type d'amendement	Explication
Fumiers et lisiers	Le potentiel de formation de matière organique stable des fumiers est supérieur à celui des lisiers. Il s'accroît généralement avec la quantité de litière contenue dans ceux-ci.
Composts	Le compost est en quelque sorte de la matière organique (fumiers, lisiers, résidus municipaux, résidus industriels, bois raméaux fragmentés, etc.) déjà transformée en matière organique stable ou partiellement stabilisée. Lorsqu'on emploie du compost, il est important de bien connaître ses caractéristiques ^{a)} .
Résidus municipaux et industriels	<p>Plusieurs types de matières organiques ne provenant pas de la ferme peuvent servir à amender les sols en matière organique, notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> • les résidus de l'industrie des pâtes et papiers (ex. : boues primaires et boues de désencrage); • les résidus de l'industrie du bois (ex. : sciures); • les bois raméaux fragmentés (BRF) obtenus à la suite de l'élagage des arbres; • les boues d'épuration des eaux usées municipales (surtout celles sous forme solide). <p>Le potentiel de formation de matière organique stable varie d'un type de résidu à un autre. Il est particulièrement élevé pour les résidus de l'industrie du bois et des pâtes et papiers. Certains de ces résidus comportent cependant un rapport C/N élevé (parfois > 100) et peuvent conduire à l'immobilisation microbienne de l'azote du sol (voir l'encadré suivant).</p> <p>La valorisation de la plupart des résidus organiques ne provenant pas de la ferme requiert l'obtention d'un certificat d'autorisation du ministère de l'Environnement du Québec et doit être réalisée selon des exigences précises. Il est recommandé d'avoir recours à un spécialiste lorsqu'on envisage de les utiliser.</p>

a) Pour en savoir plus sur les caractéristiques à considérer, consultez les normes du Bureau de normalisation du Québec (BNQ, 1997).

Immobilisation microbienne de l'azote

L'immobilisation microbienne de l'azote se produit lorsque les microorganismes doivent utiliser beaucoup d'azote du sol pour décomposer les résidus organiques. On reconnaît généralement que cela peut survenir lorsque le rapport carbone/azote (rapport C/N) des résidus est **supérieur à 30***. La quantité d'azote immobilisé s'accroît avec l'augmentation du rapport C/N et des quantités de résidus apportés au sol.

L'utilisation de l'azote du sol par les microorganismes au moment où la culture en a besoin peut mener à une **carence pour les plantes**. Il est donc important d'assurer une fertilisation azotée suffisante lorsque le risque est présent. Si le phénomène survient à un autre moment, il peut par contre **contribuer à réduire les pertes d'azote par lessivage**, ce qui s'avère intéressant au plan environnemental.

* Il s'agit d'un seuil général. Dans les faits, cela dépend de la nature du carbone présent dans les résidus. Ce seuil peut atteindre des valeurs de l'ordre de 40 à 70 dans le cas de certains résidus moins facilement décomposables.

Le bilan humique : un outil prévisionnel utile !

Le bilan humique du sol est une méthode permettant d'**estimer** et de comparer les **apports** en matière organique de différente nature (résidus de culture, engrais de ferme, autres amendements organiques) et les **pertes** liées à sa minéralisation microbienne. L'approche peut être utilisée à l'échelle du champ ou de l'ensemble de la ferme. La méthode est avant tout **approximative**. Elle s'avère néanmoins très utile pour prédire l'**évolution future** de la teneur en matière organique du sol en fonction des pratiques culturales projetées. Le bilan humique permet en particulier d'identifier les situations susceptibles de mener à un appauvrissement du sol en matière organique. Il aide également à mettre en place une **régie des sols et des cultures** favorable au **maintien** ou à l'**amélioration** de la teneur en matière organique du sol.

Un **exemple concret** du bilan humique est présenté au tableau 3. On y vise avant tout à mieux faire connaître et comprendre l'approche. L'objectif poursuivi n'est cependant pas de fournir tous les renseignements nécessaires à sa réalisation. L'élaboration du bilan humique s'avère un exercice relativement complexe et demande une bonne expertise. **Si vous envisagez l'emploi de cet outil sur votre ferme, il est indispensable de consulter un spécialiste.**

À utiliser avec discernement !

Comme il est basé sur des estimations théoriques, **la précision du bilan humique demeure limitée**. La production et la décomposition de la matière organique sont influencées par de nombreux facteurs (ex. : caractéristiques de la source de matière organique, intensité de l'activité microbienne, conditions climatiques, fertilité, drainage, etc.). Certains de ces facteurs sont parfois difficiles à cerner parce qu'ils ont été peu étudiés. En outre, les estimations réalisées dans le cadre du bilan humique sont souvent basées sur des **données non validées sous les conditions québécoises**.

Ainsi, le bilan humique n'est pas une méthode exacte et infaillible. Toutefois, c'est une des seules façons qui existent actuellement pour établir une stratégie de gestion à long terme de la matière organique.

Tableau 3. EXEMPLE D'UN BILAN HUMIQUE APPLIQUÉ À L'ÉCHELLE D'UN CHAMP

DONNÉES DE BASE				
Superficie du champ: 1 ha				
Teneur en matière organique: 3,1 % (échantillon de sol prélevé à l'automne 1998)				
Texture du sol: sableuse				
Travail du sol: labour sur une profondeur de 17 cm				
Densité apparente du sol: 1,4 tonne/m ³ (voir la note a)				
RÉSERVE INITIALE DU SOL EN MATIÈRE ORGANIQUE (AUTOMNE 1998)				
À une profondeur de 17 cm, le volume de sol représente 1 700 m ³ pour une superficie de 1 ha (10 000 m ² /ha × 0,17 m × 1 ha). En considérant sa densité apparente, ce volume a un poids de 2 380 tonnes (1 700 m ³ × 1,4 tonne/m ³). Comme la teneur en matière organique du sol est de 3,1 %, sa réserve totale en matière organique est donc de 73,8 tonnes (2 380 tonnes × 3,1 %).				
ÉVOLUTION PROBABLE DE LA RÉSERVE DU SOLEIN MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL				
Année	Culture et amendements organiques apportés	Calcul des apports et des pertes (tonnes)		État de la réserve du sol (tonnes)
1999		Réserve initiale (début de saison)		73,8
1999	Maïs-grain Aucun amendement organique	Apports	Résidus de culture ^(b)	+ 1,2
		Pertes	Minéralisation ^(c)	- 1,7
		Bilan		73,3
2000	Maïs-grain 30 tonnes/ha de fumier pailleux appliqué l'automne précédent	Apports	Résidus de culture ^(b)	+ 1,2
			Fumier pailleux ^(d)	+ 1,9
		Pertes	Minéralisation ^(c)	- 1,7
Bilan		74,7		
2001	Soya Aucun amendement organique	Apports	Résidus de culture ^(b)	+ 0,8
		Pertes	Minéralisation ^(c)	- 1,7
		Bilan		73,8
2002	Céréales de printemps (paille récoltée) Aucun amendement organique	Apports	Résidus de culture ^(b)	+ 1,2
		Pertes	Minéralisation ^(c)	- 1,7
		Bilan		73,3
2003	Maïs-grain Aucun amendement organique	Apports	Résidus de culture ^(b)	+ 1,2
		Pertes	Minéralisation ^(c)	- 1,7
		Bilan		72,8
2004	Maïs-grain Aucun amendement organique	Apports	Résidus de culture ^(b)	+ 1,2
		Pertes	Minéralisation ^(c)	- 1,6
		Bilan		72,4
<p>a) La densité apparente des sols québécois varie habituellement entre 1,0 tonne/m³ (sols argileux) et 1,4 tonne/m³ (sols sableux).</p> <p>b) La quantité de matière organique apportée par les résidus de culture a été calculée en utilisant les valeurs présentées à l'annexe A. Par exemple, selon l'annexe A, les résidus de culture du maïs-grain retournent environ 1,2 tonne/ha de matière organique (1 170 kg/ha) annuellement en présence de bons rendements. Un apport total de 1,2 tonne a donc été considéré pour la superficie totale du champ (1 ha).</p> <p>c) Pour établir les pertes par minéralisation, on assume que 90% de la matière organique est de la matière organique stable (humus). Un taux annuel de minéralisation de 2,5% a par ailleurs été considéré. Cette valeur provient de l'annexe C. Par exemple, pour une réserve en matière organique de 73,8 tonnes, la perte annuelle par minéralisation a été établie à 1,7 tonne (73,8 × 90% × 2,5%).</p> <p>d) La quantité de matière organique apportée par le fumier a été calculée en utilisant les valeurs présentées à l'annexe B. Par exemple, selon l'annexe B, le fumier pailleux conduit à un apport d'environ 0,0625 tonne de matière organique par tonne de matière fraîche par an. Une dose d'épandage de 30 tonnes/ha apporte ainsi au total 1,9 tonne de matière organique pour l'ensemble du champ de 1 ha (30 × 0,0625 × 1).</p>				

Dans l'exemple du tableau 3, la réserve du sol en matière organique devrait se maintenir ou ne diminuer que très légèrement entre 1999 et 2004. Par conséquent, la régie de culture projetée ne permettra probablement pas d'augmenter de façon appréciable la teneur en matière organique du sol pendant les 5 années considérées. Cela vaut également pour les années suivantes si la rotation des cultures et les apports en fumier demeurent les mêmes.

Le bilan humique de l'exemple du tableau 3 montre par ailleurs le rôle important de l'apport de fumier pour maintenir ou enrichir le sol en matière organique. S'il n'y avait aucun épandage de fumier entre 1999 et 2004, la réserve en matière organique pourrait passer de 73,8 tonnes 70,5 tonnes pendant cette période. En maintenant la même rotation des cultures pendant 20 ans, on estime que la réserve en matière organique pourrait s'abaisser à 60,6 tonnes si aucun fumier ou autre amendement n'était apporté. Cela signifie que la teneur en matière organique du sol pourrait passer de 3,1% à environ 2,5% sur une période de 20 ans. Dans la situation présentée au tableau 3, le bilan humique s'avère donc très utile. L'approche met en effet en évidence l'importance de privilégier l'apport de fumiers ou d'autres sources d'amendements organiques pour maintenir ou augmenter la teneur en matière organique du sol. Il est à noter que la diminution de l'intensité du travail du sol et d'autres mesures présentées dans le tableau 1 peuvent également contribuer à améliorer la situation.

Puisque le bilan humique est basé sur des estimations et se veut avant tout prévisionnel, **il est essentiel au fil des ans de procéder régulièrement à la réalisation d'analyses de sol** pour suivre l'évolution de la matière organique. Pour savoir comment procéder adéquatement à l'analyse des sols, référez-vous au [module 4](#).



Pour en savoir plus

RÉDACTION

Pierre Chouinard, agronome, M. Sc., ENVIROSOL, Drummondville

Daniel Massicotte, agronome, ENVIROSOL, Drummondville

COLLABORATION

Marc Hébert, agronome, M. Sc., Service de l'assainissement agricole et des activités de compostage, ministère de l'Environnement du Québec, Québec

Marc Laverdière, agronome, Ph. D., professeur, Département des sols et de génie agro-alimentaire, Université Laval, Québec

RÉVISION

Denis Angers, chercheur scientifique, Centre de recherche sur les sols et les grandes cultures, Agriculture et Agro-alimentaire Canada, Sainte-Foy

Richard Beaulieu, agronome, M. Sc., ministère de l'Environnement du Québec, Québec

Éric Dehandschutter, Fédération des producteurs de cultures commerciales du Québec, Saint-Césaire

Georges Lamarre, ingénieur, agronome, Bureau des renseignements agricoles, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Sainte-Martine

Richard Laroche, Direction de l'environnement et du développement durable, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Québec

Guy Mehuys, agronome, Ph. D., Département des sciences des ressources naturelles, Campus Macdonald – Université McGill, Sainte-Anne-de-Bellevue

Odette Ménard, ingénieure, agronome, Direction régionale Montérégie-Est, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Saint-Hyacinthe

Victor Savoie, agronome, Bureau des renseignements agricoles, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Nicolet

GESTION DE PROJET MAPAQ

Bruno Gosselin, agronome, Direction régionale de Québec, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Québec

Mario Lapointe, agronome, Direction de l'environnement et du développement durable, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Québec

ÉDITION

Aude Tousignant, ingénieure forestière, Sillery

SECRÉTAIRE À L'ÉDITION

Jocelyne Drolet, Conseil des productions végétales du Québec inc., Québec

GESTION DU

MATÉRIEL VISUEL

Chantal Turbis, agronome, Conseil des productions végétales du Québec inc., Québec

MONTAGE

Marc Brazeau, infographiste
Compélec

COORDINATION DU PROJET

Jacynte Lareau, agronome, M. Sc., Conseil des productions végétales du Québec inc., Québec

- ▶ **BAUDER, J.** 1999. When is organic matter built up or used up? Montana State University, Communications Services. 4 p. (texte publié sur le WEB à l'adresse <http://www.montana.edu/wwwpb/ag/baudr178.html>)
- ▶ **BUREAU DE NORMALISATION DU QUÉBEC.** 1997. Norme nationale du Canada : Amendements organiques - Composts (CA/BNQ 0413-200). Bureau de normalisation du Québec. 25 p.
- ▶ **CLÉMENT, M.** 1989. Valeurs comparatives du fumier et du lisier en production laitière. Terre de chez-nous, semaine du 14 septembre 1989. p. 47.
- ▶ **COMITÉ DES RÉFÉRENCES ÉCONOMIQUES EN AGRICULTURE DU QUÉBEC.** 1999. Fumier de ferme: production. Comité des références économiques en agriculture du Québec (CRÉAQ). GÉAGRI inc., AGDEX 538/400.27. 6 p.
- ▶ **CONSEIL DES PRODUCTIONS VÉGÉTALES DU QUÉBEC inc.** 1986. La dégradation des sols agricoles : causes, effets, prévention et correction. Conseil des productions végétales du Québec, bulletin technique n° 13. 148 p.
- ▶ **CONSEIL DES PRODUCTIONS VÉGÉTALES DU QUÉBEC inc.** 1991. Cahier de conférences du Colloque sur les amendements organiques et la productivité du sol. Conseil des productions végétales du Québec. 117 p.
- ▶ **CONSEIL DES PRODUCTIONS VÉGÉTALES DU QUÉBEC inc.** 1992. Gestion de la matière organique. Conseil des productions végétales du Québec. 34 p.
- ▶ **DOUCET, R.** 1992. La science agricole : climat, sols et productions végétales du Québec, Éditions Berger, Eastman, Québec, p. 75-84.
- ▶ **LAVERDIÈRE, M.R.** 1994. Pratiques agronomiques de conservation des sols : biologie du sol, amendements organiques et autres pratiques agronomiques de conservation des sols. Module n° 8, section 4 du cours « Gestion des sols » (SLS-19510), Département des sols, Faculté des sciences, de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, Québec (Québec). 164 p.
- ▶ **LEMAY, M.** 1994. Pomme de terre : pour une gestion optimale des ressources. Syndicat des producteurs de pommes de terre de la région de Québec. 50 p.
- ▶ **SACHS, P.** 1999. Humus: still a mystery. 10 p. Texte publié sur le site WEB de Northeast Organic Farming Association, à l'adresse: http://users.ids.net/~nofari/tnf_hums.htm
- ▶ **SASKATCHEWAN CENTER FOR SOILS RESEARCH.** 1999. Soil organic matter. 3 p. Texte publié sur le WEB à l'adresse: http://www.ag.usask.ca/departments/scsr/departement/outreach/dlcourses/soils/soilman/soilman_om.html
- ▶ **SOLTNER, D.** 1988. Les bases de la production végétale, Tome 1: Le sol et son amélioration, 16^e édition. 467 p.
- ▶ **SOLTNER, D.** 1996. Les bases de la production végétale, Tome 1: Le sol et son amélioration, 21^e édition. 464 p.
- ▶ **TABI, M., L. TARDIF, D. CARRIER, G. LAFLAMME et M. ROMPRÉ.** 1990. Inventaire des problèmes de dégradation des sols agricoles du Québec. Service des sols, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Rapport synthèse. 71 p.

**Annexe A. APPORT ANNUEL DE MATIÈRE ORGANIQUE STABLE (HUMUS)
PAR LES RÉSIDUS DE DIFFÉRENTES CULTURES
POUR DES RENDEMENTS CLASSÉS « BONS »^(a)**

Culture	Coefficient d'humification K_1 ^(b)	Quantité moyenne de matière sèche apportée au sol (« bons rendements ») (tonnes/ha)	Apport de matière organique stable (kg/ha)
Luzernière (par an)	0,20	3,0	600
Luzernière retournée	0,17	5,0	850
Prairie (par an)	0,15	5,0	750
Prairie retournée	0,15	8,0	1 200
Céréales d'hiver			
Paille	0,15	4,0	600
Racines + chaumes	0,15	2,5	375
Total		7,5	1 120
Céréales de printemps			
Paille	0,15	3,0	450
Racines + chaumes	0,15	2,5	375
Total		5,5	835
Mais-grain			
Tiges et rafles	0,12	6,0	720
Racines	0,15	3,0	450
Total		9,0	1 170
Soya (estimation)^(c)			
Total	0,17	4,5	765
Colza			
Parties aériennes	0,15	6,0	900
Racines	0,15	2,5	370
Total		8,5	1 270
Engrais vert jeune			
Parties aériennes	0,05	4,0	200
Racines	0,15	1,0	150
Total		5,0	350
Engrais vert avancé			
Parties aériennes	0,08	5,0	400
Racines	0,15	1,5	225
Total		6,5	625

a) À l'exception du soya, les données apparaissant dans cette annexe sont tirées de Laverdière (1994). Il s'agit de données européennes présentées par Soltner (1988). **Ces valeurs sont approximatives et ne sont fournies qu'à titre indicatif.** D'autres données peuvent également exister.

b) Le coefficient d'humification K_1 (ou coefficient isohumique K_1) est une valeur théorique qui permet d'estimer la quantité de matière organique stable produite annuellement par une source de matière organique. Il est établi à la suite de travaux de recherche réalisés dans des conditions précises, souvent représentatives de la moyenne des sols. **Il existe peu de données provenant d'essais réalisés sous les conditions québécoises.**

c) L'apport annuel de matière organique stable par les résidus de soya a été estimé par les auteurs de ce module. Comme le soya est une légumineuse, le coefficient K_1 de la luzernière retournée (0,17) a été utilisé. La quantité moyenne de matière sèche apportée au sol par le soya, soit 4,5 tonnes/ha, a par ailleurs été établie en considérant un rendement moyen en grain de 3 tonnes/ha et un indice de récolte de 1,5 tonne de résidus par tonne de grain récoltée. L'indice de récolte a été tiré du **tableau 1** apparaissant dans le **feuillelet 2-E**.

**Annexe B. APPORT ANNUEL DE MATIÈRE ORGANIQUE STABLE (HUMUS)
PAR DIFFÉRENTS AMENDEMENTS ORGANIQUES^(a)**

Amendement	Coefficient d'humification K_1 ^(b)	Matière organique sèche (%)	Apport de matière organique stable (kg/tonne de matière fraîche)
Fumier bien décomposé	0,50	20	100
Fumier moyennement décomposé	0,40	22	88
Fumier pailleux	0,25	25	62,5
Paille sèche	0,15	85	128
Boues de station d'épuration	0,20	20	40
Lisier de bovin	0,20	7	14

a) À l'exception du lisier de bovin, toutes les valeurs ont été tirées de Soltner (1996). Il s'agit de données européennes. Les données pour le lisier de bovin proviennent de Clément (1989), cité par Laverdière (1994). **Toutes les valeurs de l'annexe B sont approximatives et ne sont fournies qu'à titre indicatif.** D'autres données peuvent également exister.

b) Le coefficient d'humification K_1 (ou coefficient isohumique K_i) est une valeur théorique qui permet d'estimer la quantité de matière organique stable produite annuellement par une source de matière organique. Il est établi à la suite de travaux de recherche réalisés dans des conditions précises, souvent représentatives de la moyenne des sols. **Il existe peu de données provenant d'essais réalisés sous les conditions québécoises.**

Annexe C. TAUX ANNUEL MOYEN DE MINÉRALISATION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE STABLE (HUMUS) EN FONCTION DE LA TEXTURE DU SOL^(a, b)

Texture du sol	Coefficient de minéralisation K_2 ^(c) (%/année)
Sableux	2,5
Sableux-limoneux	2,0
Sableux-argileux, limoneux, argilo-sableux	1,2 - 1,5
Argileux	1,0

a) Tiré de Soltner (1996). Il s'agit de données européennes. **Ces valeurs sont approximatives et ne sont fournies qu'à titre indicatif.** D'autres données peuvent également exister.

b) Taux valables pour des sols non calcaires et contenant moins de 15 % de CaCO_3 .

c) Le coefficient de minéralisation K_2 est une valeur théorique qui permet d'estimer la quantité de matière organique stable (humus) que le sol perd annuellement sous l'effet de l'action microbienne. Il est établi à la suite de travaux de recherche réalisés dans des conditions précises, souvent représentatives de la moyenne des sols. **Il existe cependant peu de données provenant d'essais réalisés sous les conditions québécoises.**