

# 8. Gestion assurant la santé du sol

La gestion des sols fait partie intégrante de tout système de production culturale. Même en ayant recours aux meilleures pratiques culturales, il n'est pas certain qu'on obtiendra toujours une récolte satisfaisante dans un champ où la gestion des sols laisse à désirer. Gérer en assurant la santé du sol est le seul moyen de veiller à ce que les champs aient un rendement économique maximal en continu, en particulier les années où les conditions météorologiques sont difficiles. Comme pour le matériel acheté qui nécessite un entretien régulier, il faut protéger le sol de l'érosion et y ajouter de la matière organique pour alimenter les organismes présents dans le sol et favoriser le recyclage des éléments nutritifs.

Ce chapitre indique comment :

- assurer et préserver la santé du sol;
- prévenir la dégradation du sol;
- évaluer les composantes d'un sol sain.

Les concepts et les exemples qui permettront d'améliorer la connaissance de la santé du sol, d'évaluer la santé actuelle du sol et d'exposer les principes fondamentaux du maintien de la productivité économique des cultures seront illustrés en fonction du contexte en Ontario.

## Les sols sains sont productifs

La santé du sol est souvent décrite comme la capacité du sol à assurer la croissance des cultures sans se dégrader ou nuire à l'environnement. Elle est évaluée au moyen d'indicateurs physiques (stabilité des agrégats, capacité de rétention de l'eau disponible, structure du sol, compactage du sol), chimiques (teneurs en éléments nutritifs, pH du sol) et biologiques (matière organique du sol, respiration microbienne, présence d'organismes vivants dans le sol). En bref, un sol sain :

- présente une bonne structure, est peu compacté et résiste à l'encroûtement;
- se draine bien, favorise la circulation de l'eau, et retient bien l'eau;
- présente un pH ainsi qu'une teneur en éléments nutritifs et en matière organique optimaux;
- résiste à l'érosion éolienne et hydrique ainsi qu'à l'érosion causée par le travail du sol;

- contient des vers de terre en abondance;
- dégage une bonne odeur;
- décompose rapidement les résidus;
- favorise la levée de jeunes pousses et la croissance des racines;
- produit une culture dont la couleur et la croissance sont uniformes;

La plupart des caractéristiques d'un sol sain sont associées directement ou indirectement à la matière organique du sol.

## Bonne gestion des sols

Le bon moyen de préserver la santé et la productivité du sol varie d'une exploitation agricole à l'autre, tout comme les combinaisons de cultures et les types de sol. Certains producteurs travaillent peu le sol, beaucoup font une bonne rotation, et d'autres épandent du fumier et d'autres matières organiques pour améliorer le sol. Un sol bien géré est un sol fertile, non compacté et dont la bonne structure l'empêche de s'encroûter. C'est un sol où l'air peut s'infiltrer et l'eau peut s'introduire et circuler. Son rendement économique est meilleur, car les rendements sont systématiquement plus élevés même si les intrants sont réduits.

### Une gestion globale

La cinquième génération à s'occuper de l'exploitation familiale s'efforce de garder le sol en excellent état pour la génération suivante.

#### Stratégie

- Rotation de sept cultures (grandes cultures, horticulture et cultures couvre-sol comme le trèfle rouge).
- Épandage de fumier et de compost en vue d'augmenter la teneur en matière organique.
- Travail réduit du sol pour épandre du fumier et gérer des cultures laissant beaucoup de résidus.

#### Résultat

- Grâce à la gestion minutieuse de tous les aspects liés au sol, les champs sont productifs et ont des rendements de 12 t/ha (190 bo/ac) pour le maïs, et ce, sans utilisation d'engrais azotés commerciaux.

### Éloigner la machinerie des racines

Ce gagnant d'un défi lié au rendement du maïs attribue sa victoire à son système de gestion du sol.

#### Stratégie

- Culture en semis direct conjuguée à un nombre limité de passages de la machinerie.
  - La machinerie ne passe pas dans les rangs, ce qui limite le compactage.
  - Les cultures en semis direct réduisent la perturbation et la perte d'humidité des loams sableux.
  - Les grands volumes de résidus de culture alimentent les vers de terre et les organismes présents dans le sol.
  - La prolifération des mycorhizes dans les sols non perturbés améliore l'absorption du phosphore et de l'eau.

#### Résultat

- Grâce à un meilleur recyclage des éléments nutritifs, à une capacité accrue de rétention de l'eau et au dégagement de la zone des racines, les champs ont un rendement élevé, et ce, malgré une réduction des intrants.

### Les animaux : un plus pour la santé du sol

Cette ferme laitière est une championne de la diversité.

#### Stratégie

- Le fumier des vaches laitières procure des éléments nutritifs et de la matière organique.
- On prolonge et diversifie la rotation en y intégrant des cultures fourragères.
- Les cultures fourragères contribuent à maintenir ou à améliorer la teneur en matière organique.
- Toutes les cultures se font en semis direct pour préserver la santé du sol et la diversité des organismes qui y vivent.

#### Résultat

- Les pratiques de gestion du sol rapportent en améliorant les rendements et la capacité d'adaptation lorsque les conditions météorologiques sont difficiles.

### Comment créer un sol sain

Une gestion efficace de la matière organique du sol est fondamentale pour la santé du sol. On distingue trois types de matière organique : la matière organique

active, la matière modérément stable et la matière très stable. Consulter à ce sujet la section *Importance de la matière organique*. C'est sur la matière organique active que la gestion a le plus d'effet. Les réserves de matière organique dans le sol fluctuent sans cesse. Si l'apport de matière organique dans le sol est supérieur aux pertes, la teneur en matière organique du sol augmente. Lorsque les pertes excèdent les gains, les quantités de matière organique diminuent.

Le sol et sa gestion font partie du système global de production culturale. Le sol constitue aussi un pilier de l'écosystème agricole. Tout changement apporté au fil des ans au système de production culturale a des effets à long terme sur tous les autres systèmes. Si l'on prend des mesures pour améliorer la qualité du sol, il faut tenir compte de ces changements et de la façon dont ils pourraient influencer d'autres composantes du système de production culturale.

### Rotation des cultures

La rotation des cultures fait partie intégrante de toute production culturale. Son principal avantage est de faire augmenter les rendements. Une rotation des cultures bien planifiée :

- contribue à maintenir ou à améliorer la structure du sol et la teneur en matière organique;
- protège le sol contre l'érosion;
- améliore la capacité du sol à s'adapter à des conditions météorologiques extrêmes;
- permet de récupérer l'azote résiduel provenant des légumineuses;
- facilite la lutte contre les insectes et les maladies;
- réduit la pression exercée par les mauvaises herbes;
- étale la charge de travail.

Toute rotation des cultures repose sur la règle de base suivante : la même culture ne devrait jamais se succéder à elle-même. La monoculture mènera au développement de maladies et à la prolifération des insectes nuisibles à cette culture, et fera réduire les rendements. Plus la même culture est semée souvent dans un champ, plus les répercussions seront importantes. Par exemple, il est de plus en plus courant de cultiver le soya deux années de suite et plus. Il se peut que la plus grande conséquence de plusieurs années successives de cultures de soya ait été d'accélérer la propagation du nématode à kyste du soya (NKS). Pour en savoir plus et obtenir de l'information sur les baisses de rendement potentielles, voir la section *Nématode à kyste du soya* du chapitre 16, *Maladies*

*des grandes cultures*. Le nombre croissant d'années de culture du soya dans la rotation augmente également la sensibilité à l'érosion des sols de l'Ontario. Le tableau 8-1, *Effets du travail du sol et de la rotation sur le rendement du soya*, indique le rendement moyen du soya lorsqu'on utilise le semis direct à long terme et la méthode traditionnelle de travail du sol. Le tableau 8-2, *Effet de la rotation des cultures et du travail du sol sur le rendement du maïs*, montre quant à lui le rendement moyen du maïs lorsqu'on utilise le semis direct à long terme (établi en 1995) et la méthode traditionnelle de travail du sol.

Dans les rotations de maïs et de soya, la structure des sols peut se révéler pire que celle des sols de monoculture de maïs. Par exemple, l'érosion qui suit un orage intense en juin à la première année de la culture de maïs suivant deux années de soya est souvent deux fois plus importante qu'après la culture de maïs, ou de blé contre-ensemencé de trèfle rouge ou de la luzerne. Une structure du sol relativement médiocre après deux ans de culture de soya augmente non seulement la sensibilité à l'érosion, mais réduit aussi la porosité du sol (la capacité du sol à laisser l'eau de pluie s'infiltrer). Cette infiltration réduite augmente à son tour le risque d'érosion, de formation de flaques d'eau et de manque d'humidité dans le sol, autant de problèmes pouvant nuire au rendement, surtout les années où les conditions météorologiques sont difficiles.

La rotation des cultures atteint son efficacité maximale lorsque les producteurs font succéder des cultures de familles différentes. Les deux familles principales sont les graminées (monocotylédones) – qui comprennent les graminées fourragères, les céréales et le maïs – et les latifoliées (dicotylédones), comme le soya, le haricot blanc, la luzerne et le canola.

### La rotation des cultures permet de stabiliser le rendement pendant les années difficiles

Quand elle est diversifiée, la rotation des cultures augmente les rendements, de même que les effets de la rotation. Selon une étude sur des essais à long terme de méthodes de travail du sol et de rotations menés à Elora, en Ontario, une bonne rotation améliore considérablement les rendements pendant les périodes de croissance sèches et humides. La figure 8-1, *Effets sur le rendement de la rotation des cultures et de la monoculture de maïs au cours des années où les précipitations sont supérieures ou inférieures à la moyenne*, montre le rendement supérieur que procurent trois rotations comparativement à la monoculture de maïs de 1984 à 2012. Les barres ombragées indiquent l'écart de rendement, et la ligne, la variation des précipitations. Les années où les précipitations étaient faibles, les rendements des rotations étaient souvent supérieurs de plus de 700 kg/ha (630 lb/ac) à ceux de la monoculture, et lorsque les précipitations étaient élevées, les gains dépassaient souvent les 400 kg/ha (360 lb/ac).

**Tableau 8-1 – Effets du travail du sol et de la rotation sur le rendement du soya**

Rendement moyen du soya cultivé en semis direct à long terme (établi en 1995) dans des sols travaillés traditionnellement dans le cadre d'une rotation des cultures sur un loam argileux Brookston à Ridgetown, en Ontario, de 2009 à 2014.

Un écart de moins de 0,27 t/ha (4 bo/ac) entre deux méthodes de travail du sol est sans importance sur le plan statistique.

**LÉGENDE :** tr = contre-ensemencé de trèfle rouge

Rotation des cultures	Méthode de travail du sol		Moyenne entre les deux méthodes
	Traditionnelle	Semis direct	
Monoculture de soya	3,74 t/ha (55,6 bo/ac)	4,06 t/ha (60,3 bo/ac)	3,90 t/ha (58,0 bo/ac)
Maïs et soya	3,87 t/ha (57,6 bo/ac)	4,14 t/ha (61,5 bo/ac)	4,01 t/ha (59,6 bo/ac)
Blé d'automne et soya	4,35 t/ha (64,7 bo/ac)	4,55 t/ha (67,6 bo/ac)	4,45 t/ha (66,2 bo/ac)
Blé d'automne (tr) et soya	4,49 t/ha (66,8 bo/ac)	4,34 t/ha (64,6 bo/ac)	4,42 t/ha (65,7 bo/ac)
Blé d'automne, soya et maïs	4,37 t/ha (65,0 bo/ac)	4,42 t/ha (65,7 bo/ac)	4,40 t/ha (65,4 bo/ac)
Blé d'automne (tr), soya et maïs	4,51 t/ha (67,0 bo/ac)	4,31 t/ha (64,1 bo/ac)	4,41 t/ha (65,6 bo/ac)
<b>Moyenne des différentes rotations des cultures</b>	<b>4,22 t/ha (62,8 bo/ac)</b>	<b>4,30 t/ha (64,0 bo/ac)</b>	<b>4,26 t/ha (63,4 bo/ac)</b>

**Tableau 8-2 – Effet de la rotation des cultures et du travail du sol sur le rendement du maïs**

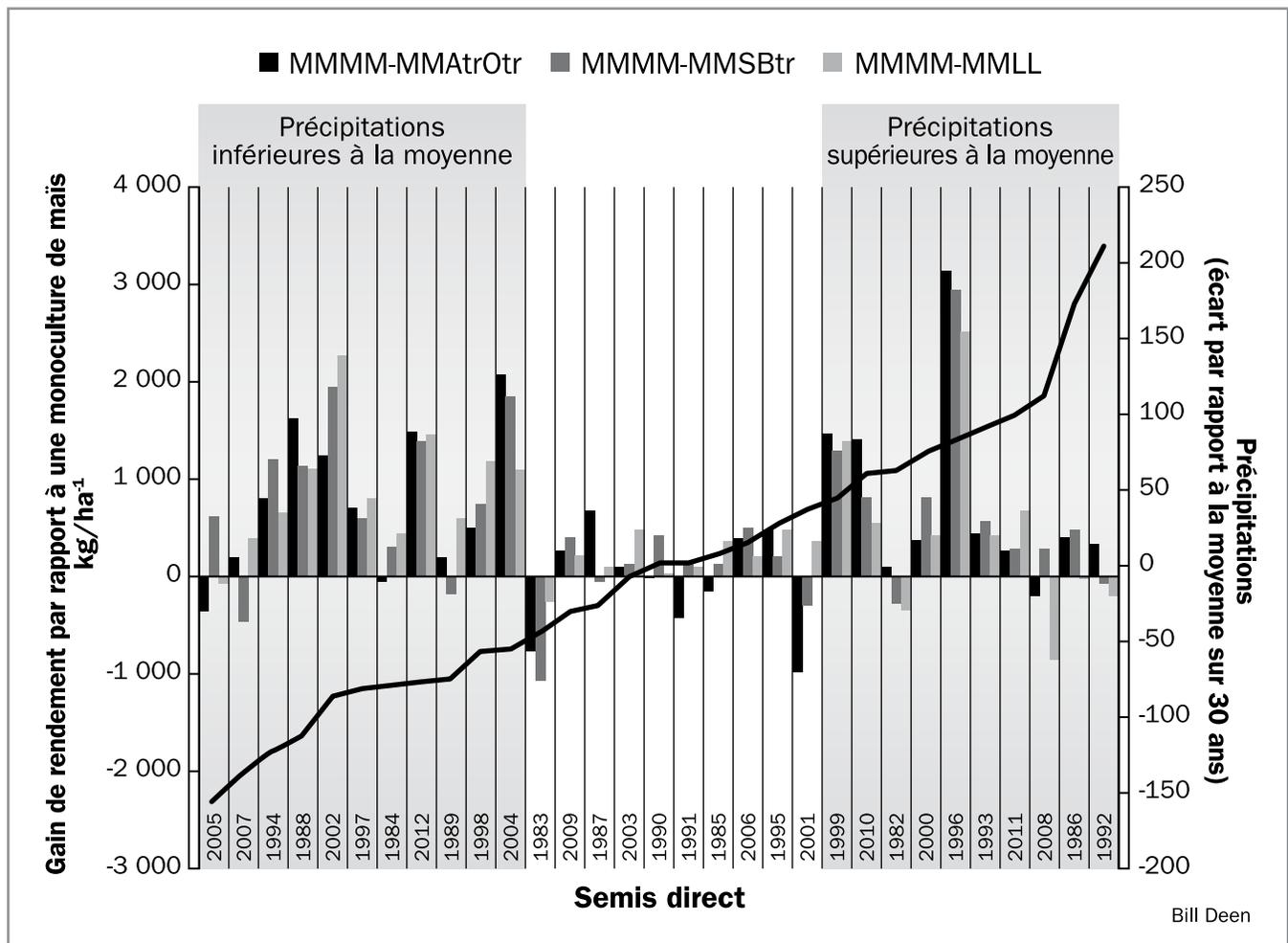
Rendement moyen du maïs cultivé en semis direct à long terme (établi en 1995) dans des sols travaillés traditionnellement et ayant une teneur en azote de 120 et 180 kg/ha dans le cadre d'une rotation des cultures sur un loam argileux Brookston à Ridgetown, en Ontario, de 2010 à 2014.

Un écart de moins de 0,38 t/ha (6 bo/ac) entre deux méthodes de travail du sol est sans importance sur le plan statistique.

**LÉGENDE :** tr = contre-ensemencé de trèfle rouge

Rotation des cultures	Méthode de travail du sol		Moyenne entre les deux méthodes
	Traditionnelle	Semis direct	
Monoculture de maïs	9,48 t/ha (151 bo/ac)	8,35 t/ha (133 bo/ac)	8,91 t/ha (142 bo/ac)
Maïs et soya	9,10 t/ha (145 bo/ac)	10,17 t/ha (162 bo/ac)	9,63 t/ha (153 bo/ac)
Blé d'automne, soya et maïs	10,61 t/ha (169 bo/ac)	10,86 t/ha (173 bo/ac)	10,73 t/ha (171 bo/ac)
Blé d'automne (tr), soya et maïs	11,67 t/ha (186 bo/ac)	11,30 t/ha (180 bo/ac)	11,49 t/ha (183 bo/ac)
<b>Moyenne des différentes rotations des cultures</b>	<b>10,22 t/ha (162,8 bo/ac)</b>	<b>10,17 t/ha (162,0 bo/ac)</b>	<b>11,65 t/ha (185,6 bo/ac)</b>

Source : D. Hooker, Université de Guelph, campus de Ridgetown.



### Avantages d'une rotation diversifiée (blé ou cultures couvre-sol)

- Qualité et stabilité des rendements, en particulier en cas d'humidité extrême.
- Augmentation de la séquestration de carbone et réduction des émissions de gaz à effet de serre.
- Le blé d'automne est une culture couvre-sol et un créneau potentiel.
- Possibilité accrue d'éliminer la biomasse de manière viable.
- Utilisation plus efficace des ressources (p. ex. azote).
- Augmentation de la rentabilité.

### La rotation des cultures augmente la teneur en matière organique du sol

Une rotation des cultures diversifiée augmente la quantité de carbone (matière organique) présente dans le sol. Dans les parcelles cultivées en rotation à long terme au Centre de recherches d'Elora de l'Université de Guelph, il y avait beaucoup plus de carbone dans le sol lorsque les rotations étaient plus complexes, en particulier quand des cultures couvre-sol comme le trèfle rouge et des plantes vivaces étaient intégrées. Voir à ce sujet la figure 8-2, *Effet d'une rotation à long terme sur la teneur en carbone du sol*.

Les systèmes racinaires fasciculés des céréales et des plantes fourragères (y compris le trèfle rouge) sont excellents pour la structure du sol. Des études ont démontré que les avantages d'inclure du blé, surtout du blé avec du trèfle rouge, peuvent se poursuivre au-delà de l'année suivante. Le blé contre-ensemencé de trèfle rouge a généré un gain moyen du rendement du maïs de 0,54 t/ha (8 bo/ac) comparativement à des rotations triennales sans trèfle rouge.

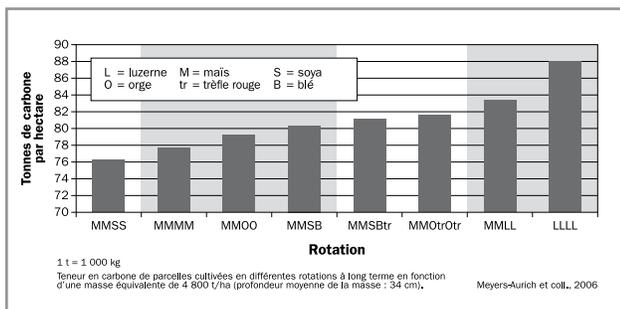


Figure 8-2 – Effet d'une rotation à long terme sur la teneur en carbone du sol

### La rotation des cultures augmente la productivité et le recyclage des éléments nutritifs

Selon une étude de près de 20 ans sur la rotation des cultures et le travail du sol, la rotation des cultures augmente substantiellement la productivité et le recyclage des éléments nutritifs, comme il est indiqué à la figure 8-3, *Effet de l'azote et de la santé du sol sur le rendement du maïs*. La présence d'azote pouvant être minéralisé est un indicateur de la capacité de la flore microbienne du sol à transformer (minéraliser) l'azote provenant de résidus organiques complexes en ammonium biodisponible.

Les cultures couvre-sol jouent un rôle important dans les rotations des cultures et peuvent s'y intégrer de différentes manières. Le moyen le plus facile de les inclure est de les faire succéder à des cultures de blé d'automne ou d'autres céréales, de haricots secs comestibles, de maïs à ensilage et d'autres plantes à récolte hâtive. On étudie actuellement la possibilité d'intégrer des cultures couvre-sol aux cultures de maïs.

L'application mobile *Cash Cropper*, disponible à l'adresse [gfo.ca/apps](http://gfo.ca/apps), permet aux producteurs de comparer la rentabilité nette et les besoins en engrais de différentes rotations des cultures. Cette application est alimentée par plus de 30 années de données tirées d'études menées par l'Université de Guelph touchant à l'effet de différentes rotations sur le rendement des cultures. Elle se fonde sur les valeurs de rendement par défaut des registres d'assurance-récolte de l'Ontario et sur les coûts de production par défaut du MAAARO.

Au moment de choisir des cultures, il faut tenir compte de toutes les facettes économiques de la rotation plutôt que d'une seule culture. Consulter la publication 60F du MAAARO, *Budgets de grandes*

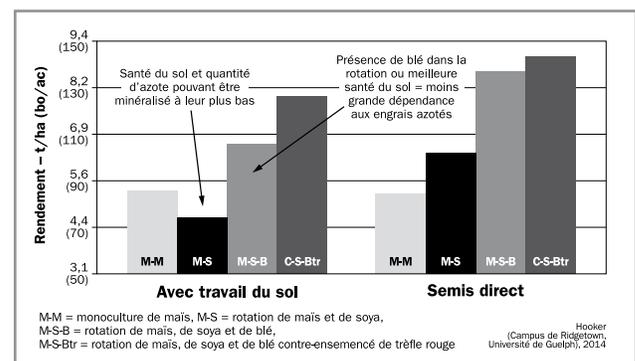


Figure 8-3 – Effet de l'azote et de la santé du sol sur le rendement du maïs

*cultures*, pour obtenir des estimations des coûts, ou visiter le site Web du MAAARO à l'adresse [omafra.gov.on.ca/french/busdev/agbusdev.html](http://omafra.gov.on.ca/french/busdev/agbusdev.html).

Il faut être conscient de tout problème potentiel d'insectes ou de maladies qui pourrait toucher les cultures plus tard dans la rotation. Les cultures couvre-sol intégrées à la rotation peuvent aussi avoir une incidence positive ou négative sur les maladies et les ravageurs. Pour de plus amples renseignements, consulter les sections sur les différentes cultures couvre-sol, ou les chapitres 15, *Insectes et animaux nuisibles aux grandes cultures*, ou 16, *Maladies des grandes cultures*.

### Cultures couvre-sol

L'utilisation de cultures couvre-sol améliore la santé du sol. Des adeptes de longue date du semis direct ont constaté que l'ajout de cultures couvre-sol dans leur rotation permettait d'introduire beaucoup plus de carbone dans le sol.

Il faudrait envisager l'utilisation de cultures couvre-sol dans le cadre d'une rotation globale. Ces cultures jouent un rôle dans l'entretien régulier du sol, en particulier dans les sols légers à faible teneur en matière organique, ou dans les champs où l'intervalle entre les rotations est court et où l'apport de résidus de culture ou de fumier est faible. Les cultures couvre-sol peuvent contribuer à protéger adéquatement le sol hors de la saison de croissance et après les semis, ce qui aide à éviter que le sol se retrouve dans les cours d'eau. Pour sélectionner la culture couvre-sol qui convient le mieux, il faut déterminer à l'avance son utilité et ses avantages potentiels. Le tableau 8-3 *Cultures couvre-sol recommandées selon leur fonction* montre diverses raisons d'inclure des cultures couvre-sol dans une rotation et dresse la liste de cultures potentielles en fonction de leur utilité.

**Tableau 8-3 – Cultures couvre-sol recommandées selon leur fonction**

Fonction de la culture couvre-sol	Cultures couvre-sol recommandées
Production d'azote	Légumineuses : trèfle rouge et autres sortes de trèfle, luzerne, pois, vesce.
Récupération d'azote	Prélèvement à l'automne : radis oléagineux et autres brassicacées, avoine, orge. Prélèvement en hiver et au printemps : seigle, blé d'automne.
Élimination des mauvaises herbes	Plantes à croissance rapide qui donnent de l'ombrage : radis oléagineux et autres brassicacées, seigle d'automne, sarrasin.
Amélioration de la structure du sol	Plantes au système racinaire fasciculé : avoine, orge, seigle, blé, triticales, ray-grass ou trèfle.
Réduction de la compaction	Les racines de la plupart des cultures couvre-sol contribueront à réduire la compaction. Compaction modérée : radis. Si le sol est très compacté, il faut des plantes aux racines pivotantes vigoureuses et denses qui croissent avec le temps : luzerne, mélilot.
Apport de biomasse dans le sol	Semis d'automne : céréales de printemps, radis oléagineux. Semis d'été : millet, sorgho, sorgho herbacé, sorgho-Soudan.
Protection contre l'érosion (éolienne et hydrique)	La plupart des cultures couvre-sol, une fois bien établies : seigle d'automne, blé d'automne, ray-grass, céréales de printemps semées tôt.
Culture fourragère d'urgence	Automne : avoine, orge, blé, seigle, brassicacées fourragères. Été : millet, sorgho, sorgho herbacé, sorgho-Soudan. Voir le tableau 3-2 pour davantage de plantes fourragères annuelles.
Élimination des nématodes	Moutarde Cutlass, sorgho-Soudan (Sordan 79, Trudan 8,) millet perlé (CFPM 101), souci (Crackerjack, Creole), radis oléagineux (Adagio, Colonel). Ce ne sont pas toutes les cultures couvre-sol qui peuvent éliminer les populations de nématodes; certaines sont des plantes-hôtes. Il existe des interactions précises entre le type de couvre-sol et l'espèce de nématode. Pour être plus efficaces, les cultures couvre-sol doivent être exemptes de mauvaises herbes et peuvent exiger certaines méthodes d'entretien.

## Choix d'une culture couvre-sol

Il existe souvent plusieurs choix de cultures couvre-sol pour un objectif donné. Il faut choisir la ou les cultures les mieux adaptées aux besoins de l'exploitation et au style de gestion utilisé. Le tableau 8-4, *Choix d'une culture couvre-sol*, présente les facteurs dont il faut tenir compte quand on sélectionne une culture couvre-sol. Consulter aussi l'outil de sélection de la division ontarienne du Midwest Cover Crop Council à l'adresse <http://mccc.msu.edu/selector-tool/>.

## Caractéristiques des cultures couvre-sol

On trouvera au tableau 8-5, *Caractéristiques des cultures couvre-sol cultivées en Ontario*, des renseignements sur les cultures couvre-sol les plus cultivées. Pour plus de renseignements sur certaines graminées ou légumineuses utilisées comme couvre-sol, voir le chapitre 3, *Cultures fourragères*. Beaucoup de cultures couvre-sol peuvent aussi être utilisées dans les pâturages, souvent pour prolonger leur utilisation pendant l'hiver ou pour servir de fourrages d'urgence en cas de sécheresse. Voir la publication 19F, *La culture des pâturages*, pour connaître les possibilités d'utilisation dans les pâturages, les précautions à prendre et des renseignements précis concernant chaque culture couvre-sol.

**Tableau 8-4 – Choix d'une culture couvre-sol**

Points à considérer	Remarques
Caractéristiques de croissance	Quelle est la croissance requise? <ul style="list-style-type: none"> <li>• Croissance vigoureuse à la fin de l'automne</li> <li>• Croissance rapide au début du printemps</li> </ul> Faut-il un système racinaire profond?
Survie hivernale	La culture couvre-sol doit-elle survivre à l'hiver? La culture couvre-sol convient-elle au type de sol et au calendrier de production si elle est détruite par le gel et asséchée à l'arrivée du printemps?
Mesures de contrôle possibles	La culture couvre-sol peut-elle se transformer en mauvaise herbe? Comment la maîtriser? Quels choix s'offrent pour la maîtriser?
Sensibilité aux herbicides	Dans quelle mesure la culture couvre-sol est-elle sensible aux résidus d'herbicides appliqués sur les autres cultures de la rotation?
Coût et disponibilité de la semence	Quel est le coût de la semence? Cette dernière est-elle disponible?
Établissement	Quelle est la meilleure façon d'effectuer les semis? Faut-il du matériel différent pour planter la culture couvre-sol? La culture est-elle facile à implanter? Peut-elle couvrir densément le sol?
Gestion des éléments nutritifs	La culture couvre-sol produit-elle de l'azote, ou a-t-elle besoin d'azote pour bien croître? Quand la culture couvre-sol libérera-t-elle de l'azote? Ce moment concorde-t-il avec les besoins de la culture suivante? La culture couvre-sol est-elle efficace pour capter l'azote dans le sol?
Lutte contre les ravageurs	À quelle famille appartient la culture couvre-sol? Appartient-elle à la même famille que d'autres cultures de la rotation? Peut-elle amener des problèmes de ravageurs?

**Tableau 8-5 – Caractéristiques des cultures couvre-sol cultivées en Ontario**

<b>LÉGENDE : F = fixation P = prélèvement</b>									
<b>Espèce</b>	<b>Taux de semis<sup>3</sup></b>	<b>Moment habituel des semis</b>	<b>Température minimale de germination</b>	<b>Azote<sup>1</sup></b>	<b>Survie hivernale</b>	<b>Amélioration de la structure du sol</b>	<b>Élimination des mauvaises herbes</b>	<b>Croissance</b>	<b>Racines</b>
<b>Graminées</b>									
Céréales de printemps	30 à 90 kg/ha	Mi-août à sept.	9 °C	P	Détruites par le gel intense	Bonne	Bonne	Très rapide	Fasciculées
Blé d'automne	60 à 120 kg/ha	Sept. et oct.	3 °C	P	Très bonne	Bonne	Bonne	Rapide	Fasciculées
Seigle d'automne	60 à 120 kg/ha	Sept. et oct.	1 °C	P	Très bonne	Très bonne	Très bonne	Très rapide	Fasciculées
Sorgho-Soudan	15 à 25 kg/ha	Juin à août	18 °C	P	Détruit par le gel	Bonne	Bonne/moyenne	Très rapide	Robustes Fasciculées
Millet perlé	9 à 20 kg/ha	Juin à août	18 °C	P	Détruit par le gel	Bonne	Bonne/moyenne	Rapide	Robustes Fasciculées
Ray-grass	12 à 25 kg/ha	Avril et mai ou août et début sept.	4,5 °C	P	L'annuel et l'Italien survivent en partie; le vivace survit.	Très bonne	Moyenne/faible	Lent à s'établir	Fasciculées
<b>Dicotylédones légumineuses</b>									
Vesce velue	20 à 30 kg/ha	Août	15,6 °C	F/P	Oui	Bonne	Moyenne/faible	Lent à s'établir	Pivotantes, et racines secondaires fasciculées
Trèfle rouge	8 à 10 kg/ha	Mars et avril	5 °C	F/P	Oui	Bonne	Moyenne	Lent à s'établir	Pivotantes faibles Fasciculées
Mélicot	8 à 10 kg/ha	Mars et avril	5,5 °C	F/P	Oui	Bonne	Moyenne	Lent à s'établir	Pivotantes robustes
Soya	40 à 50 kg/ha	Août	8 °C	F/P	Détruit par le gel	Faible	Bonne/moyenne	Rapide	Pivotantes
Trèfle incarnat	8 à 10 kg/ha	Mai à août	6 °C	F/P	Ne survit pas toujours à l'hiver	Bonne	Moyenne	Lent à s'établir	Fasciculées
Pois des champs	40 à 100 kg/ha	Août	5 °C	F/P	Détruits par le gel intense	Faible	Bonne/moyenne	Rapide	Pivotantes faibles Fasciculées
<b>Dicotylédones non légumineuses</b>									
Sarrasin	50 à 60 kg/ha	Juin à août	10 °C	P	Détruit par le premier gel	Faible	Très bonne	Rapide	Pivotantes faibles Fasciculées
Radis	3 à 10 kg/ha (selon le type et la méthode de semis)	Mi-août à début septembre	7 °C	P	Détruit par le gel intense	Moyenne	Très bonne	Rapide	Pivotantes moyennes <sup>2</sup>

Suite à la page suivante

Suite de la page précédente

**Tableau 8-5** – Caractéristiques des cultures couvre-sol cultivées en Ontario

LÉGENDE : F = fixation      P = prélèvement									
Espèce	Taux de semis <sup>3</sup>	Moment habituel des semis	Température minimale de germination	Azote <sup>1</sup>	Survie hivernale	Amélioration de la structure du sol	Élimination des mauvaises herbes	Croissance	Racines
Autres brassicacées, comme le radis fourrager	Selon les espèces	Mi-août à début sept.	5 à 7 °C	P	Selon les espèces; beaucoup sont détruites par le gel intense	Moyenne	Très bonne	Rapide	Pivotantes moyennes
100 kg/ha = 90 lb/ac									
<p><sup>1</sup> Le radis et autres brassicacées, le sarrasin et les graminées ne fixent pas l'azote atmosphérique, mais captent l'azote du sol et du fumier. Les cultures couvre-sol qui ne survivent pas à l'hiver libèrent souvent la majeure partie de l'azote qu'elles ont capté avant que le maïs puisse l'absorber.</p> <p><sup>2</sup> On a signalé que ses racines obstruaient les drains agricoles.</p> <p><sup>3</sup> Il faut ajuster le taux de semis en fonction de l'utilité de la culture couvre-sol (p. ex. érosion, alimentation animale) et de la date des semis (c.-à-d. augmenter le taux de semis plus tardivement à l'automne pour assurer une protection adéquate du sol).</p>									

**Graminées**

Les graminées ont des racines fines et fasciculées, bien adaptées pour retenir le sol en place et en améliorer la structure. Les espèces de graminées qui conviennent comme culture couvre-sol ont une croissance rapide et sont relativement faciles à détruire, que ce soit par des moyens chimiques ou mécaniques ou par le gel. Les graminées ne fixent pas l'azote atmosphérique, mais peuvent absorber d'importantes quantités d'azote tirées du sol.

**Céréales de printemps**

Les céréales de printemps conviennent bien aux semis effectués au milieu ou à la fin de l'été. Dans des conditions de croissance favorables, ce sont les céréales de printemps qui produisent la plus grande quantité de biomasse; elles sont donc des plantes de choix pour l'alimentation animale ou les cultures couvre-sol. Une fois bien établies, les céréales de printemps sont relativement tolérantes au gel. Elles peuvent avoir une croissance décevante si elles sont établies passé la mi-septembre.

**Céréales d'automne**

Les céréales d'automne sont des cultures couvre-sol très polyvalentes. On peut les semer en été, et elles vont taller et demeurer végétatives, car elles ont besoin d'une vernalisation (période de froid) avant la reproduction; on peut aussi les semer à l'automne comme culture couvre-sol. Les céréales d'automne survivent généralement bien à l'hiver et offrent une protection contre l'érosion hivernale et printanière. Ces

graminées peuvent servir de brise-vent au printemps ou de paillis, ou être fauchées tôt en vue de réduire au minimum les résidus au moment de la plantation.

**Graminées de saison chaude**

Les graminées de saison chaude comme le sorgho et le millet conviennent mieux aux semis en sols plus chauds, effectués à la fin juin, en juillet et au début d'août. Elles sont très sensibles au gel. Les racines sont très ramifiées, et les parties aériennes, luxuriantes. Il faudra tondre ces graminées afin de garder les tiges souples et prévenir l'épiaison. Il faut éviter de les tondre plus court que 15 cm (6 po) afin de permettre la repousse. Il pourrait être nécessaire d'ajouter une certaine quantité d'azote pour optimiser la croissance.

**Dicotylédones légumineuses**

Les cultures couvre-sol de légumineuses peuvent fixer l'azote atmosphérique et fournir ainsi de l'azote à la culture suivante. Les légumineuses vont assimiler l'azote résiduel du sol ou l'azote du fumier. Leur efficacité à prélever l'azote du sol équivaut à 80 % de celle des dicotylédones non légumineuses. La quantité d'azote qu'elles fixent varie selon les espèces. En général, toutefois, plus les parties aériennes de la plante sont développées, plus elle fixe d'azote. Certaines espèces de légumineuses, comme la luzerne et le mélilot, ont des racines pivotantes vigoureuses qui peuvent réduire la compaction du sous-sol, mais uniquement après plus d'une année de croissance.

Le trèfle rouge est un bon exemple de culture couvre-sol peu coûteuse ayant de multiples utilités :

- Son apport en azote peut atteindre 82 kg/ha (75 lb/ac) pour la culture de maïs subséquente.
- 75 % des racines fasciculées se trouvent à une profondeur que la charrue peut atteindre.
- Le volume des racines est de quatre à six fois plus élevé quand l'enfouissement est reporté du 1<sup>er</sup> septembre au 15 octobre.

### **Dicotylédones non légumineuses**

Les dicotylédones non légumineuses ne peuvent pas fixer l'azote atmosphérique, mais elles peuvent en prélever de grandes quantités du sol. La plupart d'entre elles ne résistent pas à l'hiver; il n'est donc pas nécessaire normalement d'avoir recours à des méthodes de contrôle additionnelles. On ne doit pas les laisser monter en graines, puisque les repousses peuvent entraîner d'importants problèmes de mauvaises herbes.

### **Mélanges de cultures couvre-sol**

Les mélanges de cultures couvre-sol gagnent en popularité, car ils permettent de diversifier les caractéristiques de croissance et les systèmes racinaires, et augmentent la probabilité que des cultures couvre-sol poussent dans l'ensemble du champ. Même s'il existe des mélanges commerciaux, il est facile de créer des mélanges de cultures couvre-sol soi-même. Pour ce faire, il faut :

- tenir compte des caractéristiques de croissance et de la vitesse d'établissement et de croissance des cultures couvre-sol (p. ex. le sarrasin pourrait ne pas convenir à un mélange de cultures qui se développeront sur plus de cinq ou six semaines en raison des caractéristiques de sa floraison et de sa germination);
- envisager au départ de créer des mélanges simples de deux, trois ou six espèces;
- fixer la proportion des différentes espèces dans le mélange (pour déterminer le taux de semis d'une culture couvre-sol, il faut diviser le taux de semis de cette culture par le nombre d'espèces dans le mélange. Il faut ensuite apporter des ajustements en fonction de la concurrence qu'exercent les espèces. Par exemple, comme le radis et l'avoine exercent une grande concurrence, des taux de 2,2 à 3,4 kg/ha (2 à 3 lb/ac) pour le radis, et de 22 à 45 kg/ha (20 à 40 lb/ac) pour l'avoine conviennent mieux dans les mélanges;

- connaître les différences dans la taille des semences pour savoir si celles-ci passeront dans le matériel de semis, ainsi que les probabilités de ségrégation des semences;
- tenir compte du prix des semences, qui peut augmenter rapidement pour des mélanges de cultures couvre-sol variées;
- gérer la rémanence des herbicides appliqués sur la culture précédente, et établir les mesures nécessaires pour contrôler la culture couvre-sol prévue.

### **Nouvelles cultures couvre-sol**

Chaque année, de nouvelles cultures couvre-sol sont mises à l'essai. Ces espèces proviennent souvent de différentes régions du globe et ne sont pas nécessairement adaptées aux conditions de croissance de l'Ontario. Pour en savoir plus sur les nouvelles cultures couvre-sol et celles couramment utilisées, visiter le site Web du MAAARO à l'adresse [ontario.ca/cultures](http://ontario.ca/cultures), ou celui du Midwest Cover Crop Council au [www.mccc.msu.edu](http://www.mccc.msu.edu).

### **Taux de semis**

Il existe de nombreuses recommandations au sujet des taux de semis. Au moment de choisir un taux, on doit tenir compte des points suivants :

- Les taux de semis des cultures couvre-sol varient en fonction de la texture du sol et du système de gestion des cultures.
- Souvent, un taux de semis inférieur donne de meilleurs résultats.
- Il faut augmenter le taux de semis des cultures pour l'alimentation animale et la protection contre l'érosion et lorsque les semis sont faits après la mi-octobre.
- On doit ajuster le taux de semis en fonction des résultats des années précédentes.

Voir le tableau 8-5, *Caractéristiques des cultures couvre-sol cultivées en Ontario*, qui présente le taux de semis de nombreuses cultures couvre-sol couramment utilisées.

### **Plantation des cultures couvre-sol**

Les cultures couvre-sol peuvent être semées de différentes manières. Attention toutefois : il faut prendre en compte la mise en place des semences, le moment de la plantation et l'état du sol pour réussir les semis. La création de biomasse, en particulier par la croissance des racines, est un objectif important des cultures couvre-sol. Les cultures à récolte hâtive,

comme le blé, les haricots secs comestibles et les légumes, se combinent très bien aux cultures couvre-sol. Le sol est souvent sec en début de saison, mais un semis hâtif permet aux cultures couvre-sol de croître au maximum. L'utilisation d'un semoir assure une bonne mise en place des semences et un bon contact entre la semence et le sol, ce qui favorise une levée et une croissance plus rapides. Le semis à la volée est une autre option qui fonctionne, mais son efficacité dépend davantage des conditions météorologiques. On met actuellement à l'essai le semis sous couvert avec certaines cultures couvre-sol mélangées au maïs et au soya, mais les conditions météorologiques influent grandement sur l'établissement et la croissance.

### **Incidence des herbicides sur les cultures couvre-sol**

Certaines cultures couvre-sol sont sensibles aux résidus d'herbicides, lesquels peuvent nuire à leur croissance. Il faut vérifier les risques de rémanence des herbicides avant d'effectuer les semis, surtout lorsqu'on prévoit semer ce type de culture sous couvert avec une culture sur pied comme le maïs.

### **Gestion et élimination**

La préparation d'un plan d'élimination est tout aussi importante que la sélection du bon type de culture couvre-sol. Bon nombre des cultures couvre-sol courantes, comme l'avoine et le radis, ne survivront pas à l'hiver. Dans le cas de cultures comme les céréales de printemps, il est possible de labourer ou de travailler légèrement le sol pour limiter leur croissance végétative et veiller à ce que les autres plantes demeurent végétatives. Il faudra prévoir un plan pour limiter rapidement au printemps la croissance des cultures couvre-sol rustiques, comme le seigle, le blé d'automne et dans la plupart des cas le ray-grass annuel.

Lorsqu'on sème une culture couvre-sol au printemps, il faut :

- tenir compte de la rapidité à laquelle la plante mourra une fois que des mesures de contrôle ont été appliquées;
- savoir qu'une culture couvre-sol puisera de l'humidité dans le sol jusqu'à sa mort, ce qui peut être bénéfique par temps humide, mais causer des problèmes en période sèche;

- évaluer le volume des résidus présents à la surface au printemps; une couche épaisse de résidus peut contribuer à préserver l'humidité d'un sol sableux tout au long de la saison, mais pourrait maintenir un loam argileux trop humide;
- semer quand l'état du sol s'y prête; si les semis sont faits dans un sol trop humide, le sillon pourrait se fissurer en période sèche;
- planter lorsque la température du sol est suffisamment chaude pour la germination, et éviter de semer trop profondément;
- modifier le semoir pour assurer un bon contact entre la semence et le sol et bien fermer la raie;
- travailler le sol par bandes superficiellement pour bien placer les semences tout en préservant une couche protectrice sur le sol.

### **Réduction du travail du sol**

On travaille le sol pour diverses raisons, notamment pour lutter contre les mauvaises herbes, niveler le sol, enfouir les résidus des cultures, incorporer les engrais et le fumier et préparer les lits de semences. La découverte des herbicides a grandement réduit la nécessité de sarcler le sol (sauf en production biologique). Par ailleurs, l'invention de matériel permettant de semer dans les résidus fait en sorte qu'il est possible de planter des cultures en travaillant peu ou pas le sol. De manière générale, un sol travaillé en majeure partie au printemps sera moins vulnérable à l'érosion que s'il est travaillé à l'automne. Il vaut mieux travailler le sol juste assez pour atteindre ses objectifs, ce qui contribuera à maintenir le sol en place et à prévenir les déversements dans les cours d'eau et les rivières à proximité.

Si toutes les composantes de la production sont prises en compte, la méthode de travail du sol gagnera en efficacité. Un étalement uniforme des résidus et de la paille au moment de la récolte améliorera le travail du sol et les semis. Plus la rotation des cultures est bonne, plus le travail réduit du sol sera efficace. L'adaptation du semoir, autrement que par l'ajout de coutres ou de tasse-résidus, améliorera grandement la mise en place des semences.

**Pour plus d'information à ce sujet, voir la rubrique sur le travail du sol correspondant à chacune des cultures décrites dans la présente publication.**

### Toujours couvrir au moins 30 % du sol

Il faut investir dans la productivité de l'exploitation. Pour protéger le sol de l'érosion, on doit couvrir au moins 30 % du sol au moyen de cultures, de résidus ou de cultures couvre-sol, et ce, tout au long de l'année. Si on couvre au moins 50 % du sol à l'aide de résidus à l'automne, il est plus probable qu'au moins 30 % du sol sera couvert après les semis. Les résidus doivent être suffisamment larges pour intercepter une goutte de pluie. Le couvre-sol ralentira aussi la circulation de l'eau, prévenant ainsi le détachement des particules du sol. Divers instruments et cultures permettent d'atteindre cet objectif.



**Photo 8-1** – Un sol couvert à 30 % toute l'année est mieux protégé

### **Semis direct, travail par bandes en profondeur et travail par bandes superficiel**

Le semis direct constitue la meilleure méthode pour laisser des résidus protecteurs à la surface. Cette technique présente aussi le plus grand potentiel de réduction des coûts de travail du sol, quoiqu'il faille lutter contre les mauvaises herbes dans presque tous les cas au moyen d'un herbicide appliqué en présemis. Il y a de nombreux moyens, à la fois dans la conception d'origine et dans les modifications possibles, d'adapter les semoirs de précision ou les semoirs à grains au semis direct.

En Ontario, l'expression « semis direct » signifie généralement que les semis sont effectués dans un champ non travaillé, à l'aide d'un ouvre-sillon ou d'un coutre aligné avec l'ouvre-sillon. Les semis effectués au printemps dans un sol qui a été travaillé à l'automne et qui est prêt à être ensemencé ne sont pas du semis direct.

Habituellement, le travail du sol par bandes en profondeur s'effectue avec deux ou trois coutres à l'avant de l'ouvre-sillon et de l'injecteur d'engrais; on peut aussi utiliser des tasse-résidus.

Pour le travail par bandes superficiel, on a recours à une barre porte-outil avec des coutres à l'avant, suivis de dents, de coutres ou de disques. Cette technique peut être utilisée à l'automne et au printemps pour préparer les lits de semences. La plupart du temps, le travail du sol par bandes superficiel se fait à une profondeur de 10 à 15 cm (4 à 6 po). Le travail par bandes superficiel est un autre moyen de gérer les résidus de culture, ce qui permet au sol de se réchauffer plus vite au printemps tout en laissant une couche de résidus protecteurs entre les rangs. On peut épandre des engrais tout en travaillant le sol de cette façon.

La réussite des semis directs dépend souvent d'une quantité de facteurs autres que la configuration des instruments. Le drainage du sol et la rotation des cultures, par exemple, influent grandement sur le rendement des cultures en semis direct. C'est avec la culture du maïs que le travail réduit présente le plus de défis. Les différentes méthodes de travail du sol sont décrites plus en détail au chapitre 1, *Maïs*. Pour en savoir plus sur ces systèmes, consulter la publication du MAAARO *Les pratiques de gestion optimales : Semis direct – les secrets de la réussite*.

### **Travail du sol vertical**

Pour travailler le sol verticalement (peu en profondeur), on emploie des coutres de différentes formes et configurations. Ce travail est exécuté à l'automne et au printemps et consiste à hacher et tailler les résidus pour les incorporer légèrement au sol et ainsi favoriser leur décomposition. Cette pratique peut réduire la quantité de résidus dans laquelle un producteur doit semer, et aider le sol à se réchauffer plus rapidement au printemps. Idéalement, on limitera le nombre de passages pour que le sol soit couvert à plus de 30 % de résidus après les semis.

### **Disques**

Les disques, comme le chisel, laissent plus de résidus à la surface que la charrue à socs. L'emploi de disques lorsque le sol est détrempe peut causer un effet de compactage. Des passages trop fréquents vont broyer les agrégats du sol et faire augmenter les pertes de matière organique et le risque d'encroûtement. Un semoir bien réglé pour semer dans un sol recouvert

d'une certaine quantité de résidus dans un lit de semence plus rugueux peut contribuer à réduire le nombre de passages requis pour le travail superficiel du sol, peu importe la méthode employée.

### Chisel

Le chisel laisse plus de résidus à la surface que la charrue à socs, mais la quantité variera en fonction de sa configuration, du volume de résidus de culture à gérer et de l'ampleur du travail du sol superficiel à exécuter. Toutefois, il faut savoir que le labour effectué au moyen du chisel avec dents vrillées produit un sol billonné, ce qui permet de lutter contre l'érosion, mais il faudra peut-être plus de passages de la machinerie au printemps, et le degré d'humidité des lits de semence pourrait varier. Voici des moyens de remédier à ces problèmes :

- Utilisation de socs bineurs sur la totalité ou une partie du chisel.
- Ajout d'une lame niveleuse ou de herse à l'arrière du chisel.
- Travail superficiel du sol au printemps.

Le chisel peut aussi servir à intégrer du fumier uniformément dans le sol.

Il peut causer autant d'érosion (déplacement du sol vers le bas d'une pente) que la charrue à socs sur les terrains en pente.

### Charrue à socs

Sur le plan de la qualité du sol, l'utilisation de la charrue à socs représente la méthode la moins souhaitable de travailler le sol, car peu de résidus sont laissés à la surface; de plus, le sol devant être retravaillé plusieurs fois, cette technique exige beaucoup d'énergie et beaucoup plus d'efforts que le semis direct et de nombreuses autres méthodes de travail réduit du sol. Le labour et le travail superficiel du sol broient les agrégats, ce qui rend le sol plus vulnérable à l'encroûtement et à l'érosion. La charrue déplace une grande quantité de sol, ce qui accentue l'érosion et diminue la couche arable sur les terrains en pente. Lorsqu'on a recours à la charrue à socs, il faut ajuster les socs de manière à ce que la terre soit déposée sur le côté et essayer de laisser des résidus à la surface. On doit en outre réduire le plus possible le nombre de passages additionnels afin de diminuer la fragmentation des agrégats.

### Gestion de la fertilisation

Un sol sain aura des teneurs en éléments nutritifs et un pH propices à la croissance des cultures. Pour de l'information sur l'échantillonnage du sol et des tissus végétaux, ainsi que sur les moyens de suppléer les carences, voir le chapitre 9, Fertilité du sol et éléments nutritifs.

### Épandage de matières organiques (résidus)

L'épandage de matières organiques a pour but d'accroître la teneur en matière organique du sol et d'y ajouter des éléments nutritifs. Les sols bien aérés, comme les sols sableux, décomposent rapidement les résidus, ce qui y rend plus difficile l'augmentation de la matière organique. Les sols riches en argile, quant à eux, décomposent plus lentement les résidus; il en faut donc moins pour maintenir ou augmenter la teneur en matière organique.

Pour optimiser les avantages et protéger l'environnement, il faut réfléchir à la méthode d'épandage de matières organiques.

L'apport de différents types de résidus, notamment sous forme de fumier, de résidus de culture, de composts, de cultures couvre-sol ou de biosolides, favorise la diversité des organismes présents dans le sol. Les sols ayant une teneur adéquate en matière organique sont plus productifs, ont des agrégats plus stables, et recyclent mieux les éléments nutritifs. Le tableau 8-6, *Teneur en matière organique de sols de différentes textures*, indique, comme son titre le dit, la teneur en matière organique de sols de différentes textures. Les producteurs doivent tenter d'atteindre au moins une « bonne » teneur en matière organique dans leurs champs.

**Tableau 8-6** – Teneur en matière organique de sols de différentes textures

Texture	Très bonne	Bonne	Moyenne	Faible
Sable	3,1 % +	2,1 à 3,0 %	1,2 à 2,0 %	< 1,1 %
Loam sableux	3,6 % +	2,6 à 3,5 %	1,6 à 2,5 %	< 1,5 %
Loam	4,1 % +	3,1 à 4,0 %	2,1 à 3,0 %	< 2,0 %
Loam argileux	4,6 % +	3,6 à 4,5 %	2,6 à 3,5 %	< 2,5 %
Argile	4,6 % +	3,6 à 4,5 %	2,6 à 3,5 %	< 2,5 %

Il faut faire preuve de prudence lors de l'épandage de matières organiques pour éviter de contaminer les eaux de surface.

### Fumier

Le fumier de bétail constitue une excellente source de matière organique pour le sol. L'épandage de fumier comporte aussi d'autres avantages, notamment la diversification des organismes dans le sol, une intensification de leur activité et une amélioration de la structure. Voir à ce sujet le tableau 8-7, *Effets de l'apport de fumier pendant 11 ans sur la teneur en matière organique*.

Voici certains points dont il faut tenir compte lorsqu'on ajoute de la matière organique sous forme de fumier :

- Le fumier apporte non seulement de la matière organique, mais aussi des éléments nutritifs. Se référer aux renseignements fournis au tableau 9-10, *Quantités habituelles d'azote, de phosphate et de potasse biodisponibles selon la source d'éléments nutritifs organiques*, afin d'éviter d'épandre trop d'éléments nutritifs, qui pourraient se perdre dans l'environnement.
- La teneur en matière organique du fumier varie selon sa composition. Habituellement, l'apport de matières solides du fumier solide est supérieur à celui du fumier liquide. Le fumier solide de bovins (ruminants) contiendra davantage de litière que le fumier liquide. Voir la liste des types de fumier courants et leur teneur en matière sèche au tableau 9-10.
- La dose d'épandage a également un effet sur la quantité de matière organique ajoutée au sol.
- Les fumiers solides contiennent normalement plus de lignine (fourrages et litière), ce qui aura un effet à plus long terme sur la matière organique que le fumier liquide ou exempt de litière. Le type de litière (paille ou copeaux de bois) influera lui aussi sur la teneur en matière organique.
- Il faut épandre le fumier en évitant de compacter le sol.

**Tableau 8-7** – Effets de l'apport de fumier pendant 11 ans sur la teneur en matière organique

La teneur initiale en matière organique était de 5,2 %. L'étude a été réalisée dans une monoculture de maïs à ensilage, en sol argileux, et le fumier provenait de bovins laitiers. L'épandage a également amélioré le degré d'agrégation du sol et la quantité de pores.

	Dose d'épandage (par année)			
	Nulle	22 t/ha (10 t. c./ ac)	45 t/ha (20 t. c./ ac)	67 t/ha (30 t. c./ ac)
Matière organique	4,3 %	4,8 %	5,2 %	5,5 %

Source : *Building Soils for Better Crops*, 3<sup>e</sup> version, 2009. (Magdoff) SARE Outreach ([www.sare.org](http://www.sare.org)).

On traite de la teneur en éléments nutritifs du fumier à la section *Gestion des fumiers* du chapitre 9, *Fertilité et éléments nutritifs*.

### Compost

La matière organique peut aussi être ajoutée sous forme de compost. Le compost consiste en un mélange de déchets; ainsi, la quantité d'éléments nutritifs biodisponibles qu'il contient varie. Le compost de feuilles et de résidus de jardin sera relativement pauvre en éléments nutritifs biodisponibles, tandis que le compost de déchets alimentaires, tout comme le fumier de volailles composté, sera plus riche. Pour que les micro-organismes décomposent en partie la matière organique, il faut un taux d'humidité et un ratio carbone-azote précis; les composants de la matière organique intégrée au sol sont, par conséquent, plus résistants que ceux du fumier frais. Les micro-organismes présents dans le sol utilisent ces composants de manière à ce que le recyclage des éléments nutritifs dans le sol libère des éléments nutritifs pour les cultures pendant une longue période.

Le compost, combiné à l'épandage de résidus organiques frais (fumier ou cultures couvre-sol), stimulera la formation de composants (appelés glomaline) liant les agrégats. Le compost ne devrait pas être l'unique source de matière organique du sol, car les résidus frais sont eux aussi bénéfiques. Ces derniers stimulent davantage que le compost la formation des substances qui retiennent les agrégats ensemble. Tout comme dans le cas du fumier, il est important de réduire au minimum le compactage au moment de l'épandage et d'éviter les apports excessifs d'éléments nutritifs.

Le compostage du fumier et d'autres matières :

- aide à stabiliser les éléments nutritifs;
- réduit les quantités à épandre (diminution potentielle de 30 à 60 %);
- donne un produit final qui dégage une meilleure odeur.

### **Autres matières organiques**

#### **Biosolides d'épuration**

Comme les fumiers, les biosolides constituent une source de matière organique et d'éléments nutritifs pour les exploitations agricoles. En tant que matière réglementée, les biosolides d'épuration doivent être conformes à certaines normes environnementales en matière de qualité, de salubrité alimentaire et de santé humaine. On peut se procurer des biosolides d'épuration pour épandage sur des terres agricoles dans bon nombre de régions de la province. Les doses d'épandage se fondent sur les résultats des analyses de sol pour le champ en question ainsi que sur les besoins de la culture en éléments nutritifs. La quantité de matière organique épandue dépend des doses utilisées et du type de biosolide.

Comme pour toute activité effectuée sur une terre agricole, il faut s'assurer avant d'épandre des biosolides d'épuration que le sol est en mesure de les recevoir afin d'éviter le compactage. Il faut travailler de concert avec la personne chargée de l'épandage pour que celui-ci soit réalisé à un moment qui cadre avec les pratiques de production culturale.

#### **Autres matières de source agricole et non agricole**

Plusieurs autres sortes de matières organiques peuvent être épandues sur les sols en vue d'accroître leur teneur en matière organique. Il est utile de connaître la teneur en matière sèche et en éléments nutritifs (p. ex. oligo-éléments et sel) des produits à épandre pour déterminer les doses d'épandage et avoir une idée de la quantité de matière organique qui est ajoutée. Il est également important de connaître le ratio carbone-azote de la matière afin d'évaluer les effets potentiels de cet apport sur la disponibilité de l'azote. Lorsqu'on calcule la dose d'épandage, on doit tenir compte de la quantité réelle de matière ajoutée et des répercussions de cet apport sur le reste du système cultural.

#### **Ratio carbone-azote**

En épandant un amendement organique, on ajoute au sol des éléments nutritifs et de la matière organique, laquelle est composée à environ 60 % de carbone

organique. Le ratio carbone-azote est la proportion de carbone organique par rapport à l'azote qui se trouve dans du fumier ou une matière organique.

L'azote sert de nourriture aux micro-organismes présents dans le sol quand ils décomposent le carbone. Une fois leur travail accompli, ils meurent et se décomposent. L'azote qu'ils avaient absorbé retourne alors dans le sol et devient disponible pour les plantes. C'est ce qu'on appelle l'« azote organique » du fumier et d'autres matières organiques. La durée de ce processus dépend du ratio carbone-azote dans la matière. Le reste de l'azote que contient l'amendement est de l'« azote ammoniacal », soit l'azote biodisponible pour les plantes quand on épand du fumier ou d'autres matières organiques dans un champ.

Une matière organique ayant un ratio carbone-azote inférieur à 20:1 est considérée comme idéale pour une production culturale. Lorsqu'il n'y a pas assez d'azote dans une matière organique pour décomposer le carbone, les micro-organismes en retirent du sol. Quand le ratio carbone-azote est supérieur à 25:1, une culture qui dépend de l'azote du sol, comme le maïs, peut en manquer. Le tableau 8-8, *Ratio carbone-azote de différentes matières organiques*, indique le ratio carbone-azote de différentes matières courantes.

**Tableau 8-8 – Ratio carbone-azote de différentes matières organiques**

<b>Matière</b>	<b>Fourchette du ratio</b>
Micro-organismes du sol	4:1 à 9:1
Matière organique du sol	10:1 à 12:1
Fumier solide de bovins	20:1 (un peu de litière) à 40:1 (beaucoup de litière)
Fumier de chevaux	27:1 (litière de paille) 60:1 (litière de bran de scie)
Fumier solide de volailles	5:1 (pondeuses) 10:1 (poulets à griller et dindes)
Fumier liquide de porcs	< 8:1
Fumier liquide de bovins laitiers	15:1
Résidus de légumineuses	20:1 à 30:1
Tiges de maïs	80:1
Paille de blé	80:1
Bran de scie	500:1
Biosolides de pâtes et papiers	25:1 (azote ajouté pendant la fabrication) à 200:1 (peu ou pas d'azote ajouté)

Source : MAAARO et Organic Field Crop Handbook, 2<sup>e</sup> édition, 2001.

### Combien de matière organique un épandage de matière organique apporte-t-il?

On peut épandre des matières organiques pour maintenir ou augmenter la teneur en matière organique du sol. La rotation de cultures de maïs, de soya et de blé d'automne, ou une rotation de cultures fourragères vivaces, permettra d'améliorer la teneur en matière organique, sauf si les résidus d'au moins deux des cultures (maïs, soya ou blé) sont enlevés, ou si le sol est trop travaillé. Les cultures laissant peu de résidus, comme le soya, les haricots secs comestibles et le canola, n'apportent pas assez de matière organique au sol pour en maintenir la teneur en matière organique.

Alors, quelle quantité de matière organique un épandage de compost apporte-t-il? Voici un exemple de calcul :

L'ajout de 15 t. c./ac de compost  
(ratio carbone-azote = 15:1; azote = 35 lb/t. c.)

**Azote x ratio carbone-azote x dose x pourcentage de matière organique stable**  
 = 35 lb d'azote par t. c. x (15 lb de carbone pour chaque livre d'azote)  
 x 15 x 20 % de matière organique stable  
 = 35 x 15 x 15 x 0,20  
 = Apport de 1 575 lb/ac de carbone stable  
 = Hausse de 0,08 % de la teneur en matière organique du sol.

Il faudrait un épandage annuel pendant 13 ans pour augmenter la teneur en matière organique du sol de 1 %. Si l'épandage se faisait une fois aux trois ans dans le cadre d'une rotation de cultures de maïs, de soya et de blé, où la rotation apporterait environ 1 000 lb/acre de matière organique, il faudrait environ 24 ans pour obtenir une hausse de 1 %.

### Points à considérer avant d'incorporer des matières organiques

Faut-il incorporer les matières?

- Incorporer les matières qui dégagent une odeur sans délai ou le plus tôt possible.
- Incorporer les matières qui contiennent de l'azote ammoniacal dès que possible, afin de réduire les pertes d'azote.
- La réglementation sur la gestion des éléments nutritifs peut exiger l'incorporation des matières.
- Incorporer les matières riches en éléments nutritifs qui sont épandues sur les terrains en pente ou sur les plaines inondables, afin de prévenir les pertes.
- Laisser à la surface du sol les matières qui ne répondent pas aux critères décrits plus haut, afin de protéger le sol. Les vers de terre et les autres organismes du sol vont contribuer à décomposer et à incorporer ces matières.

### À quel point doit-on incorporer la matière organique dans le sol?

- L'incorporation de matières organiques accompagnée d'un travail excessif du sol expose ce dernier à l'érosion et réduit ou élimine les avantages associés à l'amendement.
- Un travail minimal du sol suffit pour incorporer la plupart des matières organiques. Il est habituellement préférable d'incorporer une partie des matières et de laisser le reste à la surface.
- L'incorporation par retournement du sol au moyen d'une charrue à socs laisse une couche de matière organique à la profondeur du labour qui ne se décomposera pas rapidement et peut nuire à la circulation de l'eau dans le sol.

### Prévention de la dégradation du sol

Avec la mécanisation grandissante de l'agriculture, la réduction des intervalles entre les rotations et l'intensification de ces dernières, la santé de bon nombre de sols en Ontario s'est détériorée depuis quatre ou cinq décennies. Le sol est vulnérable à la dégradation, laquelle consiste habituellement en de l'érosion conjuguée à une baisse de la teneur en matière organique. Les sols dégradés entrent souvent

## Les gaz à effet de serre et l'agriculture

Les gaz à effet de serre sont des gaz atmosphériques qui réfléchissent l'énergie thermique dégagée par la Terre. Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>) et l'oxyde de diazote (N<sub>2</sub>O) sont les trois gaz à effet de serre associés à l'agriculture. Diverses pratiques peuvent libérer ces gaz dans l'atmosphère.

On entend par séquestration de carbone le stockage de carbone dans le sol.

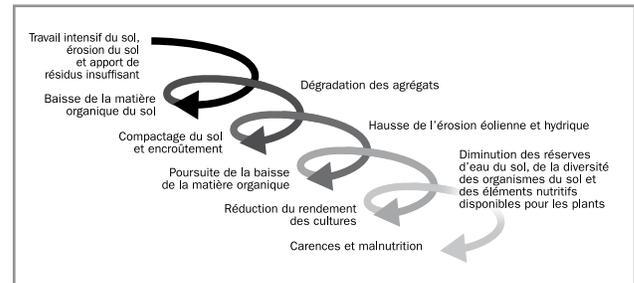
- Les pratiques comme de bonnes rotations des cultures, le semis direct, le travail réduit du sol, la plantation d'arbres et l'ajout de matière organique permettent d'augmenter la teneur en carbone du sol.
- Le travail intensif du sol accélère la perte de carbone.
- En réduisant l'utilisation d'énergie, on diminue la quantité de CO<sub>2</sub> libéré dans l'atmosphère.

Le méthane libéré dans l'atmosphère provient des ruminants, du fumier, des installations d'entreposage de fumier et du sol.

L'oxyde de diazote, quant à lui, provient des installations d'entreposage de fumier et de la dénitrification du sol.

- L'amélioration du drainage et la réduction de la quantité d'azote dans le sol après la récolte permettent de diminuer les émissions de N<sub>2</sub>O.

dans un cercle vicieux, comme il est indiqué à la figure 8-4, *Cercle vicieux de la dégradation du sol*. L'érosion accentue la perte de la couche arable, ce qui diminue par ricochet la quantité d'éléments nutritifs dans le sol. Le sol perdu entraîne avec lui des éléments nutritifs, et la fertilité de la couche arable s'en trouve réduite. Du sol moins fertile provenant des couches inférieures est amené graduellement à la surface par les labours. Au fur et à mesure que la teneur en matière organique du sol diminue, ce dernier devient moins résistant à l'érosion. Le sol devient également plus vulnérable au compactage. Et plus le sol devient compact, plus il perd de sa porosité, c'est-à-dire que l'air et l'eau ne peuvent plus y circuler autant. Il s'ensuit un accroissement du ruissellement qui aggrave l'érosion. La teneur en matière organique continue de diminuer, et le sol est de moins en moins en mesure de retenir l'eau. Le cycle se poursuit, intensifiant le cercle vicieux de la dégradation du sol.



**Figure 8-4** – Cercle vicieux de la dégradation du sol

## Érosion du sol

L'érosion du sol constitue une grave menace pour la productivité des sols. Il est vrai que l'érosion des sols est un phénomène naturel, mais les pratiques culturales en ont tout de même accéléré le rythme. Dans les champs cultivés, l'érosion se manifeste par le détachement et le déplacement des particules de sol à l'intérieur du champ ainsi que vers l'extérieur de ce dernier. Elle a diverses conséquences, notamment :

- une perte de la couche arable;
- une baisse des rendements (pouvant atteindre 50 %);
- une hausse des coûts de production;
- une augmentation du ruissellement et une réduction des réserves d'eau dans le sol.

Le saviez-vous? Une t. c./ac de couche arable perdue sous l'action de l'érosion – l'épaisseur d'une feuille de papier – contient environ 1,8 kg (4 lb) d'azote biodisponible, 0,7 kg (1,5 lb) de phosphore et 2,3 kg (5 lb) de potasse.

Les changements climatiques risquent d'accroître l'érosion éolienne et hydrique. Des hivers chauds, où la température oscille fréquemment, pourraient réduire le couvert de neige, laissant les sols à découvert plus longtemps entre les cultures. Les sols secs et dénudés sont plus vulnérables à l'érosion éolienne. Comme on prévoit que les orages seront plus fréquents et intenses, l'érosion hydrique risque d'être plus importante.

### Types d'érosion du sol

On distingue trois types d'érosion du sol : l'érosion hydrique, l'érosion éolienne et l'érosion causée par le travail du sol.

1. L'érosion hydrique est le résultat de particules de sol non protégées qui se détachent et se déplacent sous l'action de l'eau. En voici quelques formes courantes : érosion en nappe, sédimentation, érosion en rigoles, ravinement et érosion des berges. On peut utiliser la version 2 de l'équation universelle révisée des pertes en terre (RUSLE2) pour estimer le rythme à long terme auquel le sol est érodé par la pluie et la fonte des neiges sur les terrains en pente de l'exploitation agricole. Pour en savoir plus, visiter le site [ontario.ca/omafra](http://ontario.ca/omafra) et chercher *RUSLE2 pour application en Ontario*.
2. L'érosion éolienne est occasionnée par le détachement et le déplacement de particules provoqués par les courants aériens ou le vent.
3. L'érosion causée par le travail du sol se produit lorsque le matériel utilisé soulève les particules et que ces dernières sont entraînées par gravité vers le bas des pentes. **Elle compte pour environ 80 % de l'érosion dans un champ cultivé.** En utilisant des instruments aratoires qui déplacent une grande quantité de sol, comme la charrue à socs ou le chisel, dans des champs en pente, un producteur peut enlever une grande partie de la couche arable du haut des pentes pendant sa vie.

### Pratiques de prévention ou de réduction de l'érosion du sol

Il existe plusieurs moyens de prévenir ou de réduire l'érosion du sol, notamment les suivants.

- Travailler moins le sol et laisser les résidus de culture à la surface.
- Semer des cultures couvre-sol pour protéger le sol.
- Améliorer les rotations des cultures en y intégrant des plantes vivaces si possible.
- Augmenter la teneur en matière organique en épandant du fumier ou d'autres amendements organiques.
- Utiliser le semis direct dans les pentes.

### Pratiques réduisant l'érosion hydrique

- Installer des structures de lutte contre l'érosion : bassins de sédimentation et de rétention des eaux, zones tampons, entrées de surface, voies d'eau gazonnées, terrasses de déviation, consolidation des berges, etc.
- Limiter l'érosion des berges au moyen de zones tampons et de diverses structures de lutte contre l'érosion.

### Pratiques réduisant l'érosion éolienne

- Brise-vent végétaux.
- Bandes coupe-vent.
- Couche de résidus (surtout l'hiver).

### Pratiques réduisant l'érosion causée par le travail du sol dans les terrains en pente

- Éviter d'utiliser des instruments qui déplacent une grande quantité de sol, comme la charrue à socs ou le chisel.
- Travailler le sol moins rapidement si possible.
- Configurer le matériel de manière à déplacer une moins grande quantité de sol.
- Travailler le sol moins profondément.

Pour de plus amples renseignements, consulter les publications du MAAARO *Les pratiques de gestion optimales : Gestion du sol*, *Les pratiques de gestion optimales : Grandes cultures* et *Les pratiques de gestion optimales : Lutte contre l'érosion du sol à la ferme*.

### Compactage du sol

Le compactage du sol est défini comme l'augmentation de la densité apparente du sol et la réduction de son espace poral. Ce phénomène résulte de l'écrasement des particules du sol sous l'impact des gouttes de pluie ou sous le poids de la machinerie ou des animaux. L'emploi de matériel lourd, tel que des tracteurs, des moissonneuses-batteuses et d'autres instruments, en particulier pendant le travail du sol au printemps, peut compacter le sol quelle que soit la méthode de travail du sol utilisée. Le compactage du sol peut réduire les rendements de 40 %, selon la gravité du problème et les conditions présentes au cours des périodes de croissance suivantes.

Une mauvaise gestion des sols (travail excessif du sol et teneur en matière organique réduite) entraîne la détérioration de leur structure et l'instabilité des agrégats. Ces effets se traduisent par une augmentation du compactage et une réduction de l'aération du sol et de la rétention de l'eau, ce qui peut nuire à la biologie du sol. Une quantité moindre de pores de taille moyenne à grosse réduit l'espace dans le sol disponible pour l'air et l'eau ainsi que pour les organismes qui ont besoin de pores plus gros. On distingue trois types de compactage du sol : l'encroûtement (en surface), le compactage des semelles de labour et le compactage du sous-sol (en profondeur). Voir le tableau 8-9, *Types de compactage du sol*, pour en avoir la description.

### **Pratiques de prévention ou de réduction de la compaction du sol**

Le recours à une ou plusieurs des pratiques suivantes contribuera à réduire ou à prévenir la compaction du sol.

- Planifier en vue de travailler le sol et de faire les travaux dans les champs au bon moment : éviter les champs humides, car le sol doit présenter un taux d'humidité adéquat à la profondeur où il est travaillé.
- Bien drainer les champs : installer des drains agricoles offrant des niveaux de drainage variés.
- Effectuer une rotation des cultures plus longue, et y inclure des cultures céréalières ou fourragères.
- Intégrer des cultures fourragères et les laisser dans la rotation plus d'un an.
- Utiliser le matériel de travail du sol approprié : s'assurer qu'il soulève et morcèle le sol (chisel à coutres, cultivateur) au lieu de l'écraser et de le broyer (disque).
- Travailler le sol à différentes profondeurs pour éviter la formation de semelles de labour.
- Limiter la circulation de la machinerie dans le champ, y compris pour le travail du sol, et la contrôler si possible (p. ex. voies permanentes).
- Limiter le compactage : créer une empreinte longue et étroite en configurant les pneus à cette fin (p. ex. pneus radiaux, pneus larges, roues doubles, chenilles, pression des pneus plus faible).
- Réduire la charge par essieu à moins de cinq tonnes.

Les sols riches en matière organique qui ont un bon drainage interne et une bonne structure sont moins vulnérables au compactage. Pour en savoir plus, visiter le site Web du MAAARO à l'adresse [ontario.ca/cultures](http://ontario.ca/cultures).

**Tableau 8-9 – Types de compactage du sol**

<b>Cause</b>	<b>Effet</b>
<b>Encroûtement</b>	
Les particules de sol non protégées se dispersent sous l'action des gouttes de pluie et forment une fine couche dense à la surface.	Ce type de compactage favorise grandement le ruissellement et l'érosion hydrique. La surface devient étanche, ce qui réduit l'infiltration d'eau. Lorsque le sol est sec, une croûte dure se forme, ce qui risque de retarder ou d'empêcher la germination.
<b>Compactage de la semelle de labour</b>	
Le sol est érodé. Il est pauvre en matière organique. Le passage de machinerie lourde compacte le sol.	La couche est très dense, ce qui réduit l'infiltration de l'eau et la porosité du sol. La croissance racinaire peut être limitée.
<b>Compactage du sous-sol</b>	
La pression exercée par les disques ou la charrue sur le sol, sous la semelle de labour, entraîne le compactage du sous-sol. La pression exercée par la machinerie lourde dont le poids est mal réparti provoque aussi le compactage du sol.	L'écoulement de l'eau à travers la couche compactée est restreint. Il y aura peu de croissance racinaire dans la couche compactée, voire aucune.

### **Santé du sol : évaluer pour gérer**

Au fil du temps, la méthode de gestion a une incidence sur la santé du sol. L'évaluation de la santé du sol dans chacun des champs et l'adoption de mesures pour la maintenir ou l'améliorer sont un gage de productivité. La préservation de la santé du sol est un processus de longue haleine. Certaines pratiques de gestion seront bénéfiques, et d'autres, nuisibles. Les changements peuvent s'opérer relativement lentement, ou rapidement. Comment peut-on évaluer l'influence des pratiques de gestion passées et actuelles sur le sol? Certaines pratiques sont faciles et relativement peu coûteuses à mettre en place, alors que d'autres exigent plus d'efforts et de détermination. Voici des caractéristiques des sols ainsi que des moyens simples de les évaluer.

### **Évaluation de la santé du sol**

#### **Structure du sol** **Importance**

L'eau circule facilement à travers un sol qui présente une bonne structure, car il est très poreux (les espaces d'air sont abondants). Les racines peuvent facilement

y pénétrer. Les sols dont la couche arable possède une mauvaise structure vont s'encroûter, ce qui réduit la levée et la circulation de l'eau dans le sol.

### Évaluation

On peut évaluer la structure du sol en la comparant aux profils décrits à la section *Structure du sol*, ou en employant la méthode présentée ci-dessous.

- À l'aide d'une pelle, bêcher une motte de terre de la largeur de la pelle à environ 15 cm (6 po) de profondeur (voir photo 8-2a).
- Soulever la motte avec la pelle.
- Lever la pelle jusqu'à hauteur de taille et laisser tomber la motte.
- Comparer la fragmentation du sol aux agrégats de loam argileux montré sur les photos plus bas : bonne condition (photo 8-2b), condition moyenne (photo 8-2c) et mauvaise condition (photo 8-2d).



**Photo 8-2a** – Motte de terre soulevée



**Photo 8-2b** – Bonne condition



**Photo 8-2c** – Condition moyenne



**Photo 8-2d** – Mauvaise condition

### Compaction du sol Importance

La compaction diminue la taille des pores du sol, limitant ainsi la circulation de l'air et de l'eau. Elle restreint aussi la croissance des racines, ce qui réduit la capacité des plantes à absorber l'eau et les éléments nutritifs.

### Évaluation

- Repérer les zones d'un champ susceptibles de présenter des problèmes de compaction.
- Attendre un moment où le sol est humide (quelques jours après une bonne averse).

- Enfoncer une sonde à tuyau ou une tige flexible dans la zone affectée, à une profondeur de 50 cm (20 po). Refaire l'exercice en bordure du champ ou dans une zone non affectée et comparer les résultats.
- Introduire lentement la tige dans le sol à un rythme constant.
- Évaluer la force nécessaire pour pousser la tige dans le sol les bras légèrement pliés (voir photo 8-3a).
- Noter à quelle profondeur il devient nécessaire d'intensifier la pression pour enfoncer davantage l'extrémité de la tige dans le sol. Ce sont peut-être des zones que les racines ne peuvent pas pénétrer.
- Avec une pelle, déterrer des plantes dans la zone affectée et en examiner les racines.
- Comparer les racines à celles de plants sains d'une zone non affectée. Dans la zone compactée, les plants auront des racines difformes ou frêles (voir photo 8-3b). Le système racinaire peut être concentré dans les 10 à 20 premiers centimètres (4 à 8 po) du sol.

**Note :** Il faut que les taux d'humidité soient similaires dans les zones où l'on mesure la compaction pour que l'on puisse comparer les résultats.



**Photo 8-3a** – Repérer les zones d'un champ susceptibles de présenter des problèmes de compaction au moyen d'une sonde à tuyau ou d'une tige flexible



**Photo 8-3b** – Effets de la compaction sur la croissance des racines

### Matière organique du sol Importance

La matière organique joue un rôle majeur dans la structure, le recyclage des éléments nutritifs et la capacité de rétention de l'eau du sol, et peut donc avoir des répercussions importantes sur le développement des cultures.

### Évaluation

- Les échantillons de sol prélevés pour analyser les éléments nutritifs à une profondeur de 15 cm (6 po) peuvent aussi servir pour l'analyse de la matière organique.
- Prélever des échantillons conformément aux instructions données à la section *Analyse de sol* du chapitre 9, *Fertilité et éléments nutritifs*, ou dans des zones problématiques du champ.
- On peut aussi faire analyser des échantillons de sol prélevés en bordure de champ ou dans les boisés à des fins de comparaison.

### Couleur du sol Importance

La couleur de la surface du sol (pour un même taux d'humidité) est un indicateur visuel de la teneur en matière organique du sol. La présence de terre plus pâle sur les côtés d'une butte dans un champ peut signaler une diminution de la couche arable en raison de l'érosion causée par le travail du sol. La photo 8-4 montre des buttes de couleur plus pâle en raison de l'érosion causée par le travail du sol, un problème qui se traduit souvent par une faible croissance des cultures. Le sol travaillé sous la couche arable se mélange au sous-sol contenant moins de matière organique, d'où la couleur plus pâle de la terre à ces endroits.



**Photo 8-4** – L'érosion causée par le travail du sol apparaît sous forme de buttes de couleur pâle et se traduit souvent par une faible croissance des cultures

### Évaluation

- Vérifier si la couleur du sol dans le champ est relativement uniforme.
- En général, plus le sol est foncé, plus sa teneur en matière organique est élevée (au même taux d'humidité).

- Les secteurs d'un champ qui étaient anciennement des zones humides seront habituellement plus foncés, car la matière organique y était plus abondante avant qu'ils soient drainés.

### Biologie du sol Importance

Les organismes présents dans le sol alimentent la décomposition des résidus et le recyclage des éléments nutritifs et stabilisent la matière organique (par la formation d'agrégats). Les gros pores créés par de grands organismes favorisent la circulation de l'eau dans le sol, et la matière organique joue un rôle déterminant dans la formation de la structure du sol. Un sol dépourvu d'organismes vivants ne sera pas productif.

### Évaluation

- Compter le nombre de gros orifices créés par les vers de terre (voir les amoncellements sur la photo 8-5a) dans un mètre carré. On peut conclure que le sol contient une bonne population de vers de terre lorsqu'on dénombre 10 orifices ou plus par mètre carré.
- On peut estimer la population de petits vers de terre en défaisant une pelletée de terre. Les vers de terre contribuent à structurer le sol et influencent la circulation de l'eau (voir photos 8-5a et 8-5b). L'odeur du sol peut également être un indicateur d'une saine biologie du sol : une douce odeur d'humus est un bon signe, ce qui n'est pas le cas d'une odeur de marécage.



**Photo 8-5a** – Amoncellement créé par un ver de terre



**Photo 8-5b** – Les vers de terre contribuent à structurer le sol et influencent la circulation de l'eau dans le sol

### Drainage Importance

La capacité du sol à se drainer peut influencer sur le calendrier de travail au champ, l'érosion hydrique, la croissance des racines, le risque de compactage du sol et la quantité d'air présente dans le sol.

**Évaluation**

- Au printemps, examiner le champ afin de savoir s'il se draine rapidement et si le sol est réchauffé et prêt à être travaillé.
- Observer la culture pour déterminer si un excès d'humidité réduit les rendements, sauf durant les années humides.

**Capacité de rétention de l'eau****Importance**

La capacité de rétention de l'eau correspond à la capacité du sol à fournir l'humidité nécessaire à la croissance des cultures. Les plantes cultivées dans des sols retenant bien l'eau supporteront mieux un stress hydrique en période sèche.

**Évaluation**

- Vérifier si le sol garde bien son humidité.
- Observer les cultures pour voir si les plantes perdent de leur vigueur durant les épisodes de sécheresse modérée.

**Développement de la culture****Importance**

Si le manque de vigueur de la culture n'est pas attribuable aux insectes nuisibles, aux maladies, aux mauvaises herbes, aux conditions météorologiques ou à d'autres circonstances, il peut alors s'agir d'un problème lié au sol.

**Évaluation**

- Examiner la culture au champ, surtout avant le stade de reproduction. Tenter de repérer les différences dans les stades de croissance et les couleurs.
- La culture devrait être vert foncé, et la croissance, rapide et relativement uniforme.
- Des cartes de rendement sont également des indicateurs valables des différences dans le rythme de développement des plantes à l'intérieur d'un champ.

**Croissance des racines****Importance**

Une faible croissance racinaire qui n'est pas causée par des insectes ou des maladies est probablement attribuable à un problème de sol. Les racines se ramifient largement dans le sol, à la recherche d'eau et d'éléments nutritifs essentiels à la croissance des plantes.

**Évaluation**

- Bêcher soigneusement pour extirper les racines de plantes.
- Vérifier si les racines sont réparties de manière uniforme.
- Les racines blanches sont vivantes.
- Les racines vont croître vers le bas et à un angle de la base de la plante, plus ou moins en droite ligne.
- Les racines qui bifurquent soudainement se sont probablement heurtées à une zone compactée.
- Le compactage du sol freine aussi la croissance des racines; le système racinaire s'en trouve restreint ou alors il se développe plus près de la surface (voir photos 8-6a et 8-6b).



**Photo 8-6a et 8-6b** – Les racines se ramifient largement dans le sol, à la recherche d'eau et d'éléments nutritifs essentiels à la croissance des plantes

**Teneur en éléments nutritifs****Importance**

Une teneur satisfaisante en éléments nutritifs ainsi qu'un pH adéquat sont essentiels à la bonne croissance des cultures. Il est très important de faire analyser le sol pour vérifier ces caractéristiques et pouvoir prendre les mesures qui s'imposent.

**Évaluation**

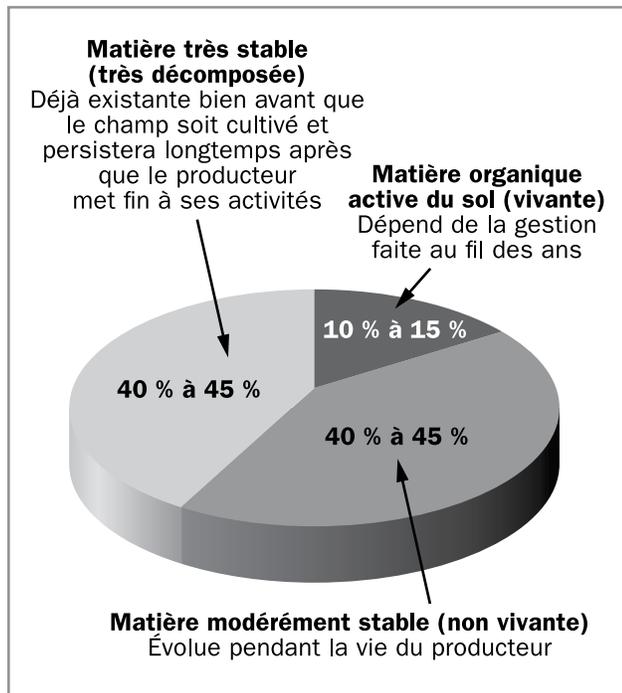
Pour de l'information sur l'échantillonnage du sol et des tissus végétaux, ainsi que sur les moyens de suppléer les carences, voir le chapitre 9, *Fertilité du sol et éléments nutritifs*.

**Fondements de la gestion du sol****Importance de la matière organique**

La matière organique du sol ne représente qu'une très petite partie du sol, mais elle y joue un rôle déterminant. L'obtention et le maintien d'une teneur adéquate en matière organique comportent plusieurs avantages, notamment :

- un gain de rendement et une meilleure santé des cultures;
- une tolérance accrue des cultures à la sécheresse et à d'autres stress, comme les insectes et les maladies;
- une réduction des besoins d'engrais commerciaux et de chaux.

On distingue trois types de réservoirs de matière organique dans le sol, comme l'illustre la figure 8-5, *Réservoirs de matière organique du sol.*



**Figure 8-5** – Réservoirs de matière organique du sol

#### **Matière organique active du sol (vivante ou non vivante depuis peu)**

- Exemples de matières vivantes : bactéries, champignons, algues, racines de plantes, insectes, vers de terre. Elles favorisent la décomposition des résidus et du fumier.
- Elle fournit des éléments nutritifs ainsi que des composés qui facilitent la formation des agrégats.
- Les matières non vivantes depuis peu comprennent les organismes morts, les fumiers qui viennent d'être épandus, les vieilles racines de plantes et les résidus de culture.
- Elle alimente les organismes du sol.

#### **Matière organique modérément stable (non vivante)**

- Matières organiques récemment décomposées.

#### **Matière organique très stable (très décomposée)**

- Matières parfois désignées sous le nom d'humus.
- Activité pratiquement figée; elle fait partie intégrante du sol.
- Ces matières s'accrochent à certains éléments nutritifs et se libèrent graduellement.
- Elles peuvent diminuer les problèmes de drainage ou de compaction.
- Elles peuvent améliorer la capacité de rétention de l'eau dans les sols sableux.

#### **Rôle de la matière organique**

La matière organique joue un rôle déterminant pour un grand nombre de propriétés du sol ainsi que dans la croissance des cultures. Ses fonctions sont toutes aussi importantes les unes que les autres. La matière organique :

- influe directement ou indirectement sur la disponibilité des éléments nutritifs puisés dans le sol et joue un rôle important dans le recyclage de beaucoup d'éléments nutritifs;
- améliore la capacité d'échange cationique (CEC) du sol qui adhère alors davantage aux ions positifs comme le calcium, le potassium et le magnésium, ce qui les rend assimilables par la culture (cette propriété est particulièrement importante dans les loams et les sols sableux qui contiennent peu d'argile pour fournir les charges négatives capables de fixer les cations);
- forme des acides organiques complexes au cours de la décomposition des matières organiques; ces acides se fixent aussi aux éléments nutritifs et contribuent à garder le fer, le zinc et le manganèse sous forme chélatée ou assimilable;
- peut exercer un effet tampon sur le pH du sol en modérant les variations rapides de pH;
- assombrit la couleur du sol, ce qui accélère son réchauffement au printemps;
- contribue à stocker le carbone (le sol contient quatre fois plus de carbone que les plantes);
- accumule l'azote (presque tout l'azote du sol est sous forme organique; les bactéries et les champignons transforment l'azote organique en nitrate et en ammonium, et ces formes d'azote peuvent être utilisées par les plantes);
- contribue au cycle de l'eau en gardant le sol meuble et poreux, ce qui assure une meilleure pénétration de l'eau dans le sol (l'infiltration contribue davantage que le ruissellement à restaurer l'humidité du sol par temps sec, et à réapprovisionner la nappe phréatique. Le processus accroît en retour la quantité

d'eau accessible aux cultures par le sol, puisque ce dernier est en mesure d'en stocker davantage et que le volume du système racinaire augmente. Parallèlement, le drainage de l'excès d'eau dans le sol est amélioré);

- rehausse la porosité en améliorant la structure du sol, qui laisse ainsi l'air passer plus facilement.

Des données indiquent aussi que la matière organique contribue à empêcher le phosphore de se transformer en éléments non assimilables par les plantes.

## Biologie du sol

Un sol sain est un milieu bien vivant. Les organismes qui s'y trouvent contribuent de très près à la santé du sol et des plantes. Le sol contient notamment des bactéries, des champignons, des algues, des protozoaires, des nématodes, des vers de terre et des insectes (fourmis, coléoptères, mille-pattes, etc.). Il abrite aussi des animaux de plus grande taille (taupes, lapins, serpents, etc.) et contient des racines.

Les organismes du sol jouent plusieurs rôles d'importance :

- Ils participent à la décomposition des résidus organiques et à leur incorporation dans le sol : à mesure que les matières organiques se décomposent, les éléments nutritifs deviennent disponibles aux plantes, et de l'humus et les agrégats du sol se forment.
- Ils créent des passages qui facilitent l'infiltration de l'eau et améliorent l'aération du sol.
- Ils contribuent à enfouir les résidus de surface plus profondément dans le sol.
- Ils participent à la fixation de l'azote.
- Ils contribuent à lutter contre les ennemis des cultures, comme les mauvaises herbes, les insectes nuisibles, les nématodes et les maladies.
- Ils stimulent la croissance racinaire grâce à des substances qu'ils sécrètent.

## Structure du sol

Un sol bien structuré est propice à la croissance des cultures. Il est poreux et l'eau peut y pénétrer facilement au lieu de ruisseler à la surface. L'eau est alors plus disponible pour les plantes et cause moins d'érosion. Un sol poreux permet à l'oxygène de circuler entre le sol et les racines et facilite l'élimination du dioxyde de carbone, ce qui améliore la croissance des racines.

La formation des sols et de leur structure est étroitement liée à l'action des cycles de gel-dégel et des cycles sec/humide, à la croissance des racines, au travail du sol et à l'activité des animaux et des micro-organismes qui s'y trouvent.

La matière organique active du sol, les résidus en décomposition et la biologie du sol jouent tous un rôle majeur dans la formation et le maintien de la structure du sol. La structure représente le mode d'assemblage des particules du sol avec l'argile, l'humus et les substances agglutinantes sécrétées par les organismes vivants et en décomposition. Pour qu'un sol conserve une bonne structure, c'est-à-dire qu'il présente un bon degré d'agrégation, il faut un approvisionnement continu de matière organique, de racines de plantes vivantes et d'organismes du sol.

Les photos ci-dessous montrent les types de structure du sol que l'on trouve habituellement en Ontario.

### Structure granulaire

- Le sol se fragmente en petits agrégats ou grumeaux (voir photo 8-7).
- On trouve habituellement ce type de structure en surface.
- Il s'agit de la structure idéale pour la couche arable.
- Cette structure est associée à une très bonne capacité de rétention de l'eau et à une abondance de pores; elle favorise également la circulation de l'eau et la croissance des racines.



Photo 8-7 – Structure granulaire

### Structure lamellaire

- Les particules de sol s'agrègent en lamelles horizontales relativement fines (voir photo 8-8).
- Ce type de structure s'observe souvent dans les premiers 8 cm (3 po) des sols travaillés en semis direct depuis longtemps.
- Le passage des coutres dans le champ broie les lamelles, et la structure va devenir granulaire avec le temps.
- On peut observer ce type de structure dans les couches de sol compactées.



Photo 8-8 – Structure lamellaire

### Structure anguleuse

- Les agrégats du sol sont de forme cubique ou irrégulière (voir photo 8-9).
- On trouve couramment ce type de structure dans la couche B du sol.
- Cette structure est propice à la croissance des racines et à une bonne aération.



Photo 8-9 – Structure anguleuse

### Structure colonnaire ou prismatique

- Les particules de sol sont reliées entre elles de manière à former des prismes ou des piliers verticaux (voir photo 8-10).
- On trouve généralement cette structure dans la couche C des sols riches en argile.
- Les sections verticales entre les agrégats permettent la croissance des racines et la circulation de l'eau.



Photo 8-10 – Structure colonnaire ou prismatique

### Absence de structure

Structure particulière : le sol se fragmente en particules individuelles (p. ex. sols sableux contenant peu de matière organique).

- Les sols sans structure ou ayant une mauvaise structure ont tendance à former une croûte, surtout s'ils contiennent beaucoup d'argile.
- Cette structure offre peu de résistance à l'érosion éolienne et hydrique.
- Structure compacte : le sol se fragmente en grosses mottes (voir photo 8-11).
- Les sols qui présentent cette structure sont compactés, les pores y sont peu nombreux, et la croissance des racines y est restreinte tout comme la circulation de l'eau.



**Photo 8-11** – Absence de structure

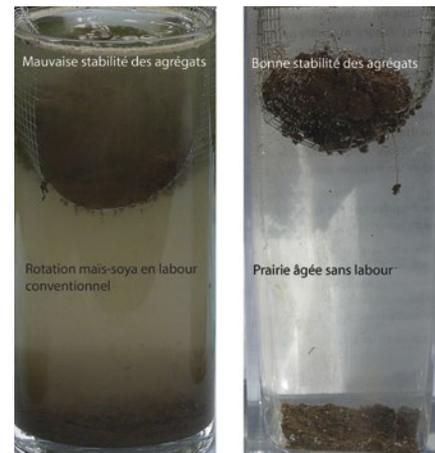
Différentes pratiques de gestion du sol nuisent à la structure du sol :

- Un travail du sol excessif détruit la structure du sol.
- Le travail du sol, conjugué à de mauvaises rotations et à un faible apport en matière organique, fait diminuer la teneur en matière organique, qui joue un rôle déterminant dans la formation de la structure du sol.
- Les pratiques compactant le sol, comme la circulation de lourdes charges, peuvent aussi nuire à la structure du sol.
- Les sols ayant une mauvaise structure s'agrègent en grosses mottes qui contiennent peu des pores nécessaires à la croissance des racines, à l'infiltration de l'eau et à la circulation de l'air.
- Les sols ayant une mauvaise structure s'encroûtent facilement, ce qui peut gêner la levée des plants, réduire considérablement l'infiltration de l'eau et accentuer le ruissellement.

### Stabilité des agrégats

La stabilité des agrégats est la mesure dans laquelle les agrégats du sol restent ensemble lorsqu'ils sont humides et frappés par la pluie. Voir à ce sujet la photo 8-12, *Démonstration de la stabilité des agrégats dans une bonne et une mauvaise rotation des cultures*. Les sols dont les agrégats sont stables :

- ont une meilleure structure;
- résistent à l'érosion éolienne et hydrique;
- ne se compactent pas;
- ne devraient pas s'encroûter après une forte averse.



**Photo 8-12** – Démonstration de la stabilité des agrégats dans une bonne et une mauvaise rotation des cultures

## Qualité et genèse du sol

### Qualité du sol

La qualité du sol est la capacité inhérente du sol à faire pousser des cultures. Elle dépend de plusieurs facteurs, comme la profondeur du sol au-dessus du substratum rocheux, la texture, la présence de pierres, et la profondeur de la couche arable. Par exemple, sans irrigation, un sol très sableux ne sera peut-être pas très productif. De même, un champ où il n'y a que 30 cm (1 pi) de terre au-dessus du substratum rocheux aura une capacité limitée à retenir l'humidité et à fournir des éléments nutritifs à une culture. Dans ces deux cas, il n'y a pas grand-chose à faire pour améliorer la productivité. Par contre, un loam qui a une couche arable profonde exempte de pierres peut être très productif et considéré comme un sol de grande qualité. Les cartes de l'Inventaire des terres du Canada montrent la productivité et les restrictions associées aux sols (p. ex. topographie, présence de pierres). Consulter à ce sujet [ontario.ca/agricartes](http://ontario.ca/agricartes).

### Formation du sol

En Ontario, les propriétés des sols sont étroitement associées aux reliefs formés par la glace des glaciers, les eaux de fonte, les lacs glaciaires et le vent. Les glaciers se sont déplacés à travers toute la province, broyant le roc en fines particules, puis mélangeant et déplaçant le sol qui s'y trouvait. En se retirant, ils ont laissé sur

place des composants du sol qui se trouvaient dans la glace. Le sable et le gravier contenus dans l'eau de fonte se sont empilés en couches minces, et des lits plats de sable, de limon et d'argile se sont déposés dans les lacs formés par l'accumulation de l'eau de fonte. Des vents forts soufflant sur les terres dénudées et plates ont par ailleurs transporté au loin les particules de sol. Tous ces dépôts sont à l'origine de nos sols actuels.

À certains endroits, la couche arable est très rapprochée du substratum rocheux; on trouve aussi de la tourbe ou des terres noires, des plaines de till, des moraines terminales, des plaines de sable et des plaines d'argile. Pour obtenir des renseignements supplémentaires et des photos de ces reliefs, voir la publication du MAAARO *Les pratiques de gestion optimales : Gestion du sol*. Visiter aussi la page sur la gestion du sol sur le site Web du MAAARO à l'adresse [ontario.ca/cultures](http://ontario.ca/cultures).

### Champs de l'exploitation agricole

Le sol peut être pareil dans tous les champs de l'exploitation, ou se composer de différentes unités cartographiques de sol. Il peut être utile de savoir quel type de sol se trouve dans un champ en particulier. Le moyen le plus facile de le savoir est de faire une recherche sur une carte des sols, comme celles qu'offre Service Ontario. Beaucoup de cartes des sols sont accompagnées d'un rapport qui fournit de plus amples renseignements sur lesdits sols. Il est aussi possible de déterminer le type de sol en consultant le site [ontario.ca/agricartes](http://ontario.ca/agricartes).

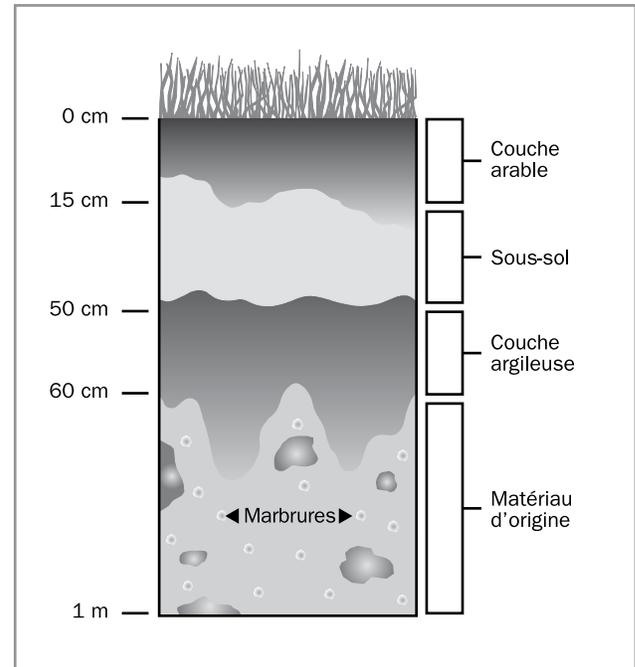
Les capteurs de rendement ont permis aux producteurs de voir à quel point la variabilité des caractéristiques du sol pouvait influencer sur les rendements. Consulter à ce sujet le chapitre 11, *Agriculture de précision*.

### Variabilité des sols

En Ontario, la composition du sol varie grandement à cause de l'effet de raclement et de mélange attribuable au mouvement des glaciers. Pendant la fonte des glaciers, le vent et l'eau ont contribué avec le temps à une plus grande différenciation des sols. À certains endroits, la couche arable est très rapprochée du substratum rocheux, alors qu'ailleurs, elle compte plus de 100 m (328 pi) de profondeur. La profondeur de la couche arable varie en raison de la diversité des conditions de la formation des sols. Ces derniers diffèrent d'une région et d'une exploitation à l'autre, et même à l'intérieur d'un même champ. Voir la coupe transversale et les variations dans la profondeur des couches du sol présentées à la figure 8-6, *Variabilité des*

*couches dans le sol*. Cette variabilité naturelle s'observe souvent sur de très courtes distances.

Les producteurs agricoles sont conscients depuis des années de cette variabilité des couches du sol et tentent d'améliorer les parcelles moins productives.



**Figure 8-6** – Variabilité des couches dans le sol