

LES PRATIQUES DE GESTION OPTIMALES

Gestion du sol



Agriculture et
Agro-alimentaire Canada



Ontario

Ministère de l'Agriculture,
de l'Alimentation et des Affaires rurales



Que sont les pratiques de gestion optimales ou PGO?

- Il s'agit de méthodes éprouvées, pratiques et peu coûteuses qui aident à préserver le sol, l'eau et les autres richesses naturelles dans les régions rurales.

Qui détermine l'admissibilité d'une pratique de gestion optimale?

- Une équipe qui représente les nombreux aspects de l'agriculture et de la propriété de terres rurales en Ontario; elle comprend notamment des agriculteurs, des chercheurs, des gestionnaires de richesses naturelles, du personnel d'organismes de réglementation, du personnel de vulgarisation et des professionnels de l'agro-industrie.

Qu'est-ce que la série « Les pratiques de gestion optimales »?

- Un ensemble de publications innovatrices et primées qui présentent de nombreuses options pouvant être adaptées à vos propres circonstances et préoccupations environnementales.

L'ABC de l'énergie à la ferme

L'ABC du phosphore

Bandes tampons

Cultures horticoles

Drainage des terres cultivées

Élimination des animaux morts

Entreposage, manutention et application des pesticides

Épandage de biosolides d'égouts municipaux sur des terres cultivées

Établissement du couvert forestier

Gestion de l'agroforesterie et de l'habitat

Gestion de l'eau

Gestion de l'habitat du poisson et de la faune

Gestion de l'irrigation

Gestion des éléments nutritifs destinés aux cultures

Gestion des fumiers

Gestion des fumiers de bétail et de volailles

Gestion des terres à bois

Gestion du sol

Gestion intégrée des ennemis des cultures

Grandes cultures

Lutte contre l'érosion du sol à la ferme

Pâturages riverains

Planification de la gestion des éléments nutritifs

Les puits

Réduction des émissions de gaz à effet de serre dans les exploitations d'élevage

Semis direct : les secrets de la réussite

Comment puis-je obtenir un fascicule de la série PGO?

- en ligne – sur le site www.publications.serviceontario.ca
- par téléphone – auprès du Centre d'information de ServiceOntario
Du lundi au vendredi, de 8 h 30 à 17 h
 - 416 326-5300
 - 416 325-3408 (ATS)
 - 1 800 668-9938, sans frais dans l'ensemble du Canada
 - 1 800 268-7095, ATS sans frais dans l'ensemble de l'Ontario
- en personne – dans l'un des centres ServiceOntario de la province ou dans un Centre de ressources du MAAARO.

Table des matières

1 NOTIONS DE BASE

- 1 Introduction
- 2 Formation du sol
- 7 Propriétés physiques du sol
 - 7 ► Texture du sol
 - 9 ► Structure du sol
- 13 ► Matière organique du sol
- 16 ► Eau et air du sol
- 18 ► Température du sol
- 20 Propriétés chimiques du sol
 - 20 ► pH du sol
 - 21 ► Capacité d'échange cationique
 - 22 ► Matière organique du sol
- 23 Propriétés biologiques du sol
 - 24 ► Organismes du sol
 - 25 ► Les vers de terre du sol de l'Ontario
 - 25 ► Les cycles du carbone et de l'azote et le coefficient carbone-azote
 - 26 ► Les organismes du sol et la structure du sol
- 28 Renseignements sur le sol et interprétation des sols

29 MISE EN PRATIQUE

- 30 Structure du sol
- 32 Résolution des problèmes structuraux du sol
 - 32 ► Encroûtement du sol
 - 34 ► Compactage du sol
- 40 Érosion
- 42 Résolution des problèmes d'érosion
 - 42 ► Érosion hydrique
 - 44 ► Érosion éolienne
 - 46 ► Érosion attribuable au travail du sol
- 48 Autres problèmes de gestion du sol
 - 48 ► Sols séchants
 - 50 ► Affaissement
 - 52 ► Champs mouillés (ou naturellement mal drainés)
- 54 Pratiques de gestion optimales du sol
 - 54 ► Bandes tampons
 - 55 ► Cultures couvre-sol
 - 56 ► Rotation des cultures
 - 57 ► Drainage
 - 59 ► Structures de lutte contre l'érosion
 - 60 ► Engrais vert
 - 61 ► Irrigation
 - 62 ► Gestion du fumier
 - 62 ► Autres matières organiques
 - 63 ► Méthodes de travail réduit du sol
 - 65 ► Gestion des résidus
 - 65 ► Culture en bandes alternantes
 - 66 ► Moment opportun pour travailler le sol
 - 67 ► Méthodes de lutte contre le vent
 - 68 ► Brise-vents



NOTIONS DE BASE

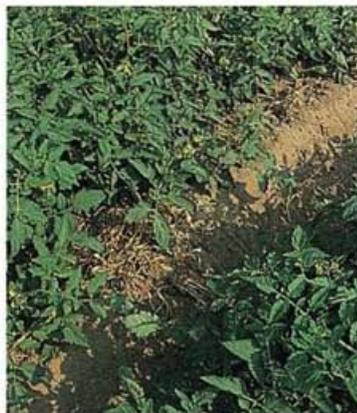
INTRODUCTION

Le sol constitue la base de la production de la plupart des cultures. Si les sols d'une exploitation agricole sont gérés avec soin,

- ▶ les récoltes seront plus régulières, même si les conditions météorologiques ne sont pas favorables
- ▶ le coût des intrants sera moins élevé
- ▶ le sol sera durable dans l'avenir.



Un sol bien géré permet de diminuer le coût des intrants et d'obtenir une production plus économique.



Un sol bien géré produit des récoltes qui résistent mieux aux pressions environnementales comme les conditions météorologiques et à de nombreuses maladies comme le pourridié.



Le sol est le fondement de la production de la plupart des récoltes : il faut le gérer soigneusement!

Les pratiques de gestion optimales décrites dans le présent fascicule lient la gestion du sol à toutes les activités de production de cultures.

Le fascicule traitera des avantages de la gestion du sol pour le drainage, la conservation de l'humidité et les récoltes. Nous examinerons également la façon dont la gestion du sol aide à diminuer le compactage du sol, l'érosion et le ruissellement.

Tout d'abord, un retour sur les notions de base. Cette section donne un aperçu de la science sur laquelle est basée la gestion du sol et explique ce qu'est le sol, comment le sol est fait, ce que sont ses propriétés physiques, chimiques et biologiques, et comment mieux connaître le sol de votre propriété.

Une bonne compréhension du comportement et de la vie du sol vous permettra d'élaborer et de mettre en oeuvre un programme de gestion du sol qui s'avérera utile à long terme.

À partir de ces connaissances de base, la deuxième section, « Mise en pratique », traite des préoccupations concernant le sol des champs et explique les pratiques de gestion optimales à adopter dans une variété de conditions.

Le fascicule fait référence à d'autres fascicules de la série « Les pratiques de gestion optimales ». Nous vous conseillons fortement de les lire pour acquérir une vue d'ensemble.

NOTIONS DE BASE

FACTEURS DE FORMATION DU SOL

Climat	température, précipitations
Matériau d'origine	source, taille
Organismes	végétation, animaux, micro-organismes
Topographie	pente, position sur la pente
Époque	début de la formation du sol, changements climatiques

La façon dont un sol se développe et la vitesse à laquelle il se développe sont déterminées par l'interaction de ces cinq facteurs.

FORMATION DU SOL

Les propriétés des sols actuels correspondent étroitement aux paysages qui ont été formés par la glace des glaciers, l'eau de fonte, les lacs glaciaires et le vent. Les glaciers en mouvement ont broyé les roches en fines particules, mélangeant et déplaçant le sol existant. Les glaciers en retraite ont déposé les matériaux du sol qui étaient dans la glace. L'eau de fonte a déposé le sable et le gravier en couches mixtes. Les lacs formés par l'accumulation de l'eau de fonte ont déposé des lits plats de sable, de limon et d'argile. Des vents forts soufflant sur des terres dénudées et plates ont par ailleurs distribué le sol davantage. Les sols actuels se sont formés à partir de ces dépôts.

ÉTENDUE DE L'ACTIVITÉ GLACIAIRE EN ONTARIO



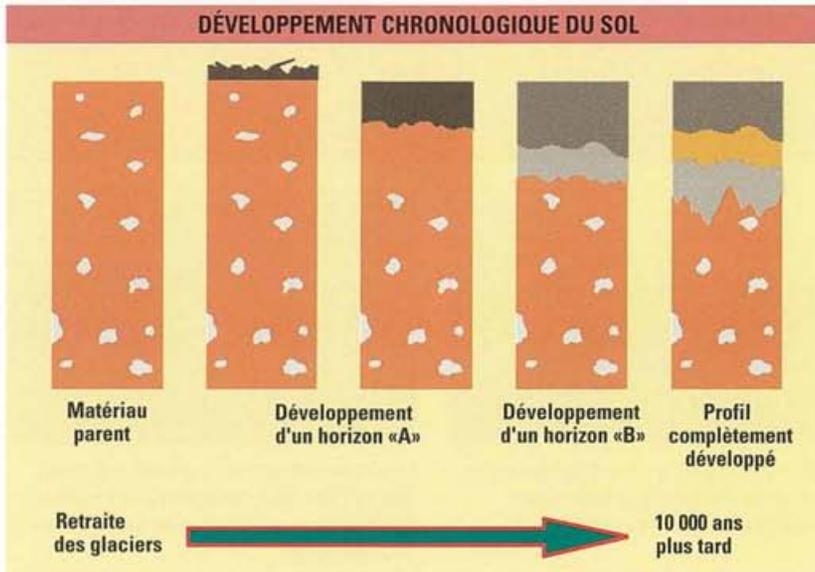
Les sols actuels ont été créés par les matériaux déposés lors de la retraite des glaces il y a 12 000 ans. À l'époque, l'Ontario actuelle était presque entièrement recouverte d'une épaisse couche de glace appelée glaciers.

Bien que la formation du sol se poursuive depuis 12 000 ans, le processus peut facilement être interrompu par les activités humaines. Une multitude de processus physiques, chimiques et biologiques concourent à modifier la roche d'origine ou les roches détritiques.



Au cours des siècles, les forêts de conifères ont aidé les carbonates à se lessiver à partir de ce sol à texture grossière.

NOTIONS DE BASE

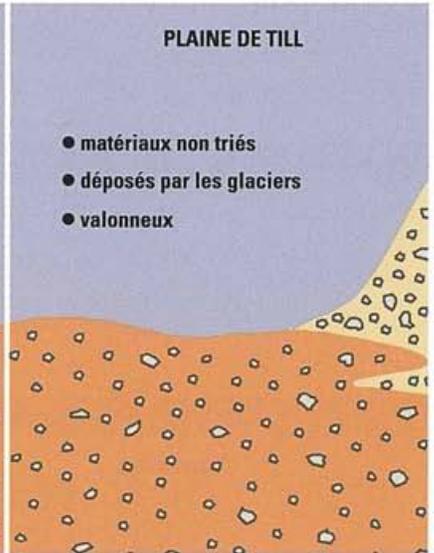
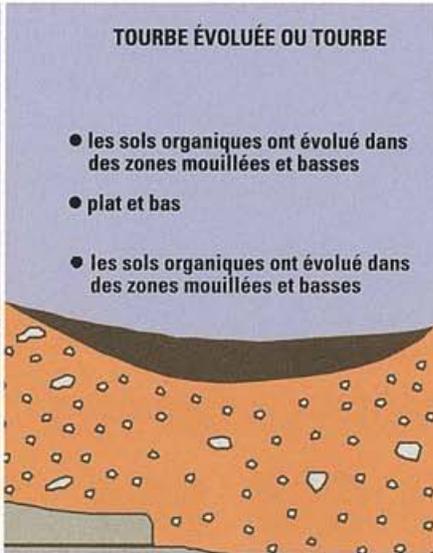
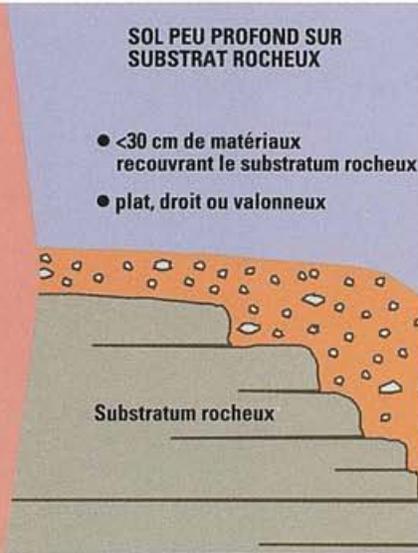


Le développement des sols prend beaucoup de temps. Après la dernière période glaciaire, la végétation s'est établie sur les matériaux parents non altérés. Les racines et les matériaux provenant de plantes mortes se sont graduellement ajoutés à la surface du sol, puis ont été incorporés dans les matériaux parents par les organismes du sol. Les acides dégagés par les racines et la matière organique en décomposition ont contribué au lessivage des particules de calcaire et d'argile dans le sol. Ce processus a donné lieu à la création d'une couche lessivée sous la couche arable et d'une couche enrichie d'argile sous la couche lessivée. Aujourd'hui, les matériaux parents riches en calcaire se trouvent à de 60 à 120 centimètres (2 à 4 pi) sous la surface du sol dans les champs non soumis à l'action de l'érosion.



Les deux prochaines pages illustrent les paysages les plus courants de l'Ontario et les sols qui s'y sont formés. Les limites environnementales et de production sont également mentionnées.

**PAYSAGE
GLACIAIRE
ET TYPES
COMMUNS
DE SOLS DE
L'ONTARIO**



Les sols peu profonds sur substratum rocheux servent souvent de vastes pâturages ou à la gestion forestière dans l'Est de l'Ontario et dans les comtés de Bruce et de Simcoe. (Paysage de Farmington à Carleton-Ouest)



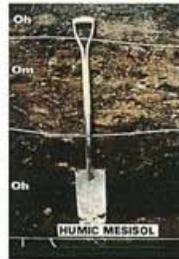
Les sols organiques servent à la production intensive de légumes de grande valeur. (Pelee Marsh, région de Leamington)



La plupart des terres de grande culture du Sud de l'Ontario consistent en des plaines de till valonneuses. (Loam de Guelph, comté de Wellington).



La plupart des sols peu profonds sur substratum rocheux sont trop peu profonds pour la culture et pour l'enracinement des cultures de grande valeur. (Loam de Farmington, comté de Lanark)

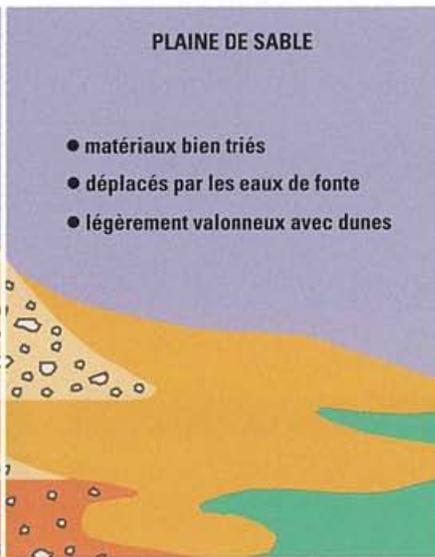
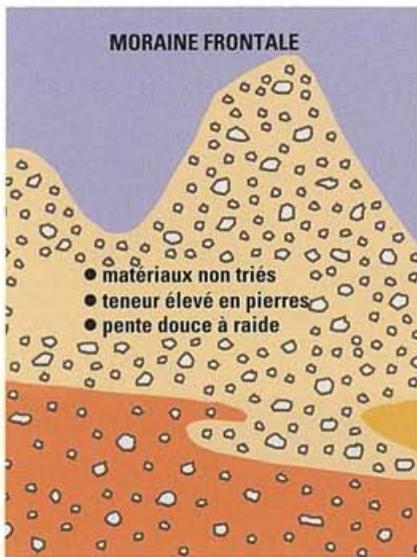


Les sols organiques contiennent naturellement beaucoup d'eau. Le drainage à l'aide de tuyaux est essentiel à une production agricole économique. (Holland Marsh, région de Bradford)



Les plaines de till consistent en des loams profonds au bon drainage interne, ce qui convient à la production de cultures, mais les rends sujettes à l'érosion hydrique. (Loam de Guelph, comté de Wellington).

	SOL PEU PROFOND SUR SUBSTRATUM ROCHEUX	SOLS ORGANIQUES	PLAINES DE TILL
MATÉRIAUX DU SOL	sable ou argile - surtout des loams	mal décomposés (fibreux) très décomposés (humifère)	loams sableux à loams argileux quelques pierres
RISQUE : d'érosion hydrique	élevé	moyen	élevés
d'érosion éolienne	moyen	élevé	moyen
de compactage	moyen	faible	moyen
de compaction de la nappe phréatique	très élevé	élevé	moyen
de ruissellement	élevé	moyen	moyen à élevé



Parce qu'elles sont valonneuses et qu'elles contiennent des pierres, les moraines frontales conviennent parfaitement aux rotations pâturage-fourrage-petits grains ou à la gestion forestière. (Loam de Pike Lake, comté de Grey)



Les fruits, les légumes et les autres cultures horticoles ou spéciales (comme le tabac) sont cultivés dans les plaines de sable. (Sable de Granby du comté de Haldimand-Norfolk)



Grâce au drainage à l'aide de tuyaux, les plaines d'argile sans pierres de l'Ontario servent à cultiver le fourrage et les grandes cultures. (Argile de Napanee du comté de Lennox et Addington)



La grande quantité de pierres et la faible quantité de terre sur les matériaux d'origine altérés et riches en calcaire des sols des moraines frontales les rend impropres à la production continue de cultures. (Loam de Dummer, comté de Peterborough)



Certains sols des plaines de sable, comme celui-ci, contiennent des couches enrichies d'argile à des profondeurs de 50 à 100 cm. Ces couches sont essentielles à l'augmentation de la disponibilité de l'eau pour les cultures de grande valeur. (Sable de Fox, comté de Brant)

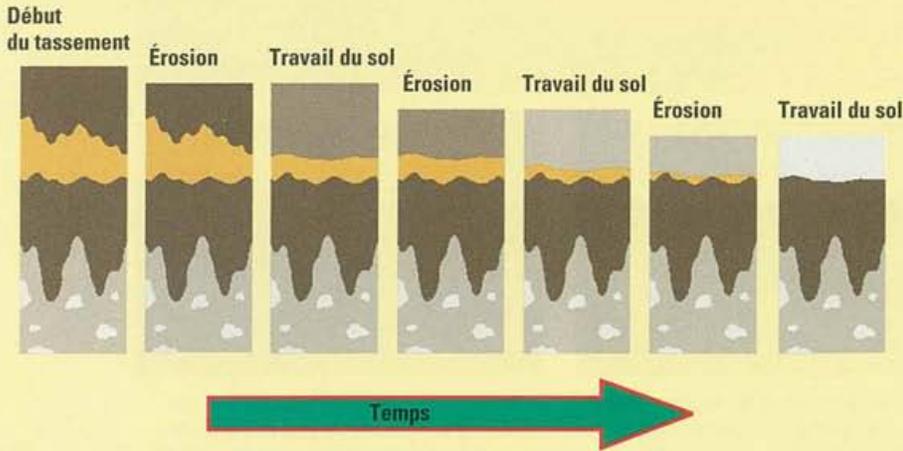


Le sol des plaines argileuses se caractérise par un drainage interne lent et des nappes phréatiques naturellement élevées. Les particules grises et couleur rouille en sont la preuve (Argile de Brookston, comté de Kent)

MORAINES FRONTALES	PLAINES DE SABLE	PLAINES D'ARGILE
loams sableux et loams; beaucoup de pierres et de gravier	sables, loams sableux; sans pierres	argiles, loams argileux, loams limoneux; sans pierres
élevé		
moyen	élevé à très élevé	faible
faible à moyen	faible	faible
élevé	élevé à très élevé	faible
moyen à élevé	faible	faible à moyen

NOTIONS DE BASE

DÉGRADATION CHRONOLOGIQUE DU SOL



Cette illustration montre l'impact de la culture et des travaux aratoires sur les sols. Notez la perte de matière organique (sol plus pâle) attribuable à la dilution de la couche arable avec un sous-sol moins fertile. Si l'érosion se poursuit de manière incontrôlée, le lit de semence est formé de matériaux du sous-sol moins propices à la culture.



Les monticules érodés témoignent de l'impact de l'activité humaine sur les sols.

«Les sols de l'Ontario sont jeunes et assez peu profonds et consistent souvent en une mince couche arable sur un sous-sol dense. Ces sols sont fragiles. La gestion du sol est donc essentielle à leur rentabilité à long terme.»

G.J. Wall,
Agriculture et Agro-alimentaire
Canada

Au cours des dernières années, les êtres humains ont eu et continuent d'exercer le plus d'influence sur le développement du sol, surtout par les pratiques agricoles comme le travail du sol et la production de cultures.

Les travaux aratoires peuvent mener à :

- la destruction de la matière organique qui s'est accumulée dans le sol et à une dilution par mélange avec les horizons inférieurs
 - ▷ la perte de matière organique, ainsi que la spécialisation et la mécanisation de plus en plus importantes de l'agriculture, ont entraîné des problèmes structuraux dans le sol tels que le compactage et l'encroûtement du sol.
- l'érosion
 - ▷ les travaux aratoires dans les régions érodées diluent la couche arable, le sous-sol moins fertile étant amené à la surface par la charrue.

Chaque sol est unique et comporte des caractéristiques acquises progressivement qui empêchent ou favorisent la gestion d'une culture. Tous les sols répondent à une bonne gestion. Lorsque vous connaissez les limites de votre sol, vous êtes en mesure d'élaborer un programme de gestion efficace.

Les caractéristiques du sol, telles que ses propriétés physiques, chimiques et biologiques, dépendent de la formation du sol et influencent aussi la gestion constante du sol.

La section suivante traite des propriétés du sol qui influent sur les choix de production de cultures et la viabilité du milieu.

NOTIONS DE BASE

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DU SOL

Le terme **propriétés physiques** englobe :

- la texture du sol (sable, limon, loam)
- la structure du sol
 - ▷ forme structurale
 - ▷ stabilité et résistance structurales
 - ▷ porosité
 - ▷ densité apparente
- la matière organique
- l'eau et l'air
- la température.

Si vous saisissez bien le rôle de ces éléments et leur interaction, vous comprendrez mieux l'effet considérable qu'ils ont sur la production de cultures.

TEXTURE DU SOL

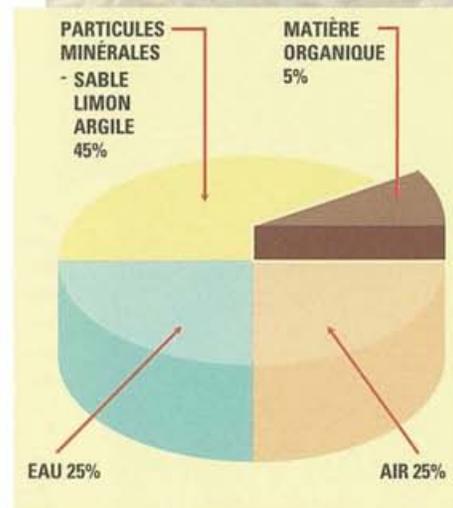
La **texture** signifie :

- le mélange de particules minérales de tailles différentes d'un sol
 - ▷ la taille des particules du sol varie du gravier et des pierres aux particules d'argile très fines.
 - ▷ le pourcentage de sable, de limon et d'argile.

Les particules de sable sont les plus grosses, celles du limon sont plus petites, et celles de l'argile sont les plus petites. La texture de votre sol influence toutes les autres propriétés physiques du sol, y compris le drainage, la capacité de rétention, sa température, l'aération et la structure.

La texture du sol peut être considérée comme étant une propriété inhérente du sol que l'on ne peut pas influencer facilement. Cependant, il vous faut connaître la texture de votre sol et prendre en compte ses limites. (Voir le reste du présent fascicule pour obtenir d'autres renseignements sur la gestion de certains types de sols.)

Il existe deux façons de déterminer la texture du sol : l'examen sur place de la texture, avec les mains, et l'examen en laboratoire à l'aide d'un hydromètre.



Voici une couche arable de loam idéale, aux proportions équilibrées d'air, d'eau, de matières organiques et de composantes minérales. Notez que la proportion minérale du sol s'élève à près de 50 %.



L'examen du sol à la main, sur place, permet de rapidement identifier la texture du sol. La première étape est de déterminer sa teneur en sable. Frottez un peu de terre dans votre main – contient-elle plus ou moins 50 % de sable ?



Si la teneur en sable est inférieure à 50 %, ajoutez de l'eau si nécessaire afin que la terre soit assez mouillée pour être roulée.



Pressez la terre entre votre pouce et le côté de votre index pour former le ruban le plus long possible. Un loam formera seulement un ruban court.



Les sols argileux formeront un ruban beaucoup plus long.

NOTIONS DE BASE

L'examen en laboratoire se base sur le fait que les particules les plus lourdes comme le sable se décantent plus rapidement. Voici un exemple des résultats d'un rapport d'analyse du sol :

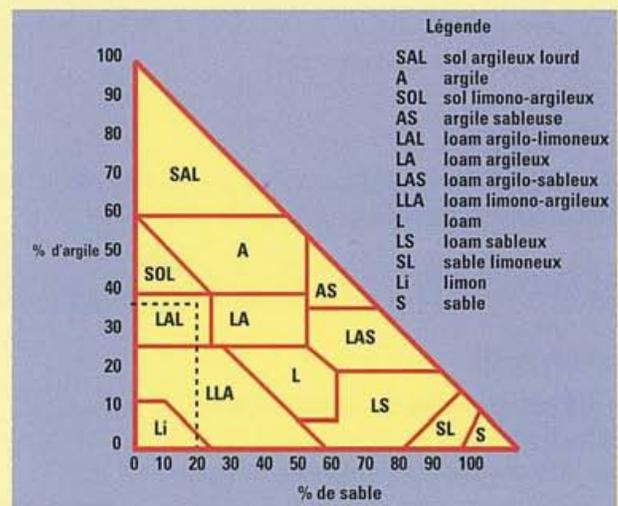
SABLE 18,2% LIMON 44,7% ARGILE 38,0%

Les résultats du laboratoire (c.-à-d. les pourcentages de sable et d'argile) doivent être reportés sur un triangle textural pour déterminer la catégorie de sol.

Pour se servir de la méthode du triangle, commencer par trouver l'un des pourcentages le long de cet axe, puis tracer une ligne perpendiculaire à l'axe. P. ex., argile 38,0 %

Trouver un autre pourcentage sur l'axe opposé, et tracer également une ligne perpendiculaire à l'axe. P. ex., sable 18,2 %

Le point de rencontre des deux lignes constitue la catégorie structurale de ce sol. Voir l'exemple. Loam argileux limoneux.

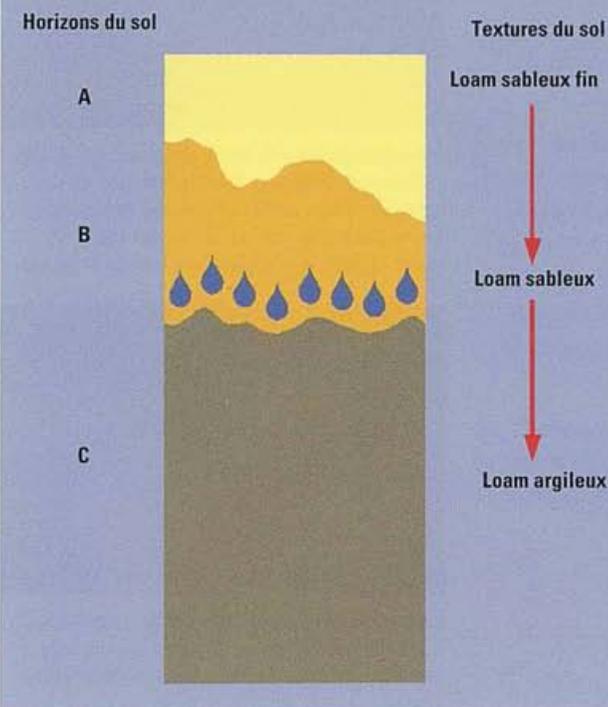


COUCHES TEXTURALES

Dans certains champs, la texture de la surface du sol peut être très variable. Il en est également de même pour le sous-sol. En raison de la façon dont les sols ont été déposés et formés, on rencontre souvent des couches de textures différentes. Cela signifie que le sous-sol peut avoir une texture entièrement différente de celle de la couche arable.

Cela est évident pendant l'installation de drains ou le long des fossés. Consultez le rapport de comté sur le sol.

INFLUENCE DES COUCHES TEXTURALES SUR LE DÉPLACEMENT DE L'EAU



Les couches texturales peuvent jouer un rôle important dans la capacité de drainage et de rétention d'un sol. Les nappes suspendues sont attribuables aux couches texturales, où une couche de sol à texture grossière (comme le loam sableux) repose sur une couche de sol plus fin (loam argileux dans le cas présent). Les sables et les loams sableux de Berrien ressemblent un peu à cela.

NOTIONS DE BASE

STRUCTURE DU SOL

La structure du sol désigne la façon dont les particules texturales (sable, limon et argile) forment des mottes ou agrégats. Les agrégats sont liés par l'argile et la matière organique.

On juge la structure du sol selon sa forme, sa stabilité et sa résistance.

FORME STRUCTURALE

La **forme structurale** se définit par les éléments suivants :

- la taille et la forme des agrégats
- le réseau de pores ou d'espaces vides entre et dans les agrégats.

De nombreux facteurs influent sur la taille et la forme des agrégats du sol. Leur influence s'exerce surtout sur la couche arable, où la structure constitue habituellement un mélange de structures granulaires et à blocs. La structure du sous-sol est plus stable et les agrégats sont habituellement plus gros.

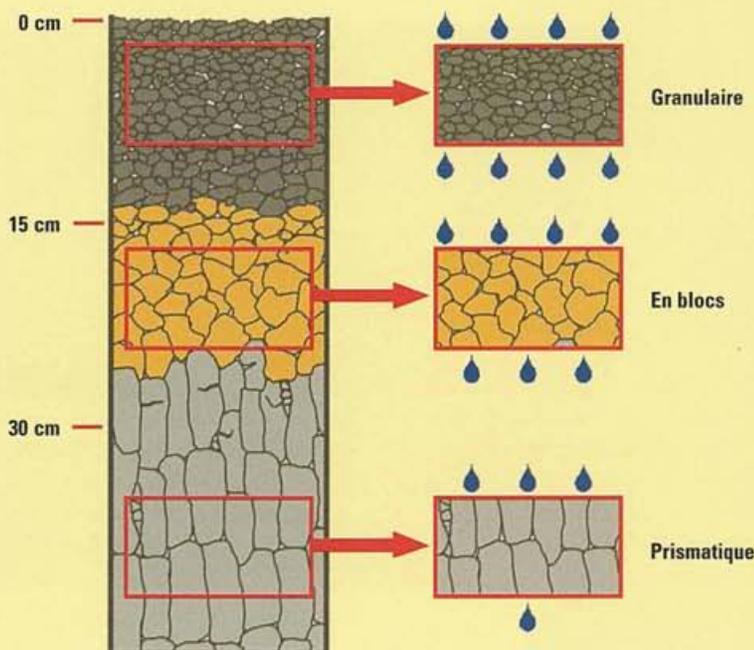
La structure a une incidence sur :

- le drainage
- l'infiltration
- l'aération
- la croissance des racines
- la germination.



L'argile de Brookston est l'un des types (séries) de sols les plus courants du Sud-Ouest de l'Ontario. Cet échantillon vient d'un terrain boisé; notez la forme à fins granules des agrégats.

FORMES STRUCTURALES SELON LA PROFONDEUR ET LE DRAINAGE



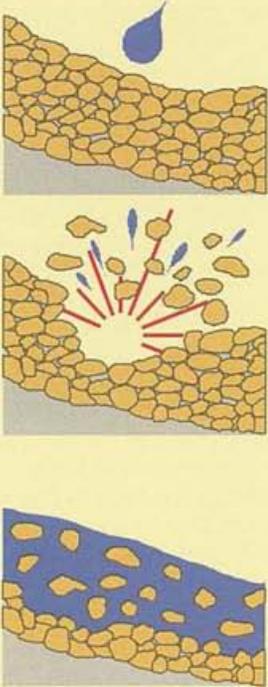
Ce diagramme illustre la façon dont la structure peut changer selon la profondeur dans un loam argileux. Les agrégats à fins granules constituent un lit de semence convenable et permettent à l'air et à l'eau de circuler librement. Les agrégats en blocs se trouvent habituellement juste sous le niveau granulaire et comprennent le reste de la couche arable ou de l'horizon A.

Des structures prismatiques sont présentes dans le sous-sol. Ce sol est habituellement plus dense, si bien que l'eau pénètre dans cette zone plus lentement.

Dans les sols travaillés intensivement, on peut également voir des plaques (voir semelle de pulvérisateur, p. 34). Les plaques ralentissent l'écoulement de l'eau dans le sol.

NOTIONS DE BASE

IMPACT DES GOUTTES DE PLUIE



Les gouttes de pluie peuvent sembler douces à l'homme, mais à la surface du sol, elles peuvent avoir l'effet de petites bombes qui éffritent les agrégats.

STABILITÉ ET SOLIDITÉ STRUCTURALES

Par **stabilité structurale**, on entend :

- la capacité du sol de conserver sa forme structurale lorsqu'il est soumis à des épreuves comme les travaux aratoires, les passages et le climat.

SOL DE CULTURE CONTINUE DE MAÏS



SOL DE TERRAIN BOISÉ



Pour illustrer la stabilité du sol, on a versé de l'eau dans deux boîtes de Petri contenant des agrégats d'argile de Brookston. L'une des boîtes contenait un échantillon de terre d'un terrain boisé (à droite), l'autre de terre d'un champ où on a constamment fait pousser du maïs pendant 30 ans. Le sol où on a cultivé du maïs est instable (c.-à-d. qu'il s'effrite), tandis que le sol du terrain boisé a une consistance très solide.

Voici les facteurs qui ont une incidence sur la formation et la stabilité du sol :

FACTEUR	EFFET
MOUILLAGE ET ASSÈCHEMENT	<ul style="list-style-type: none"> • les fissures profondes qui se forment au cours du temps sec de l'été facilitent l'effritement des mottes et grosses mottes et améliorent le drainage et la croissance des racines dans les sols argileux lourds.
GEL ET DÉGEL	<ul style="list-style-type: none"> • favorisent l'effritement des grosses mottes en petits agrégats convenables à la préparation du lit de semence.
CROISSANCE DES RACINES	<ul style="list-style-type: none"> • les racines pénètrent dans les endroits faibles des gros agrégats et exercent une pression qui élargit les pores existants • les racines et les substances qu'elles secrètent aident les particules du sol à s'agglutiner.
TRAVAUX ARATOIRES	<ul style="list-style-type: none"> • le travail du sol diminue la taille des agrégats.
VERS DE TERRE ET AUTRES FORMES DE VIE DANS LE SOL	<ul style="list-style-type: none"> • la stabilité structurale du sol s'améliore lorsque la couche arable a été digérée par les vers de terre • les champignons et les autres formes de vie dans le sol contribuent à la stabilisation des agrégats du sol.

NOTIONS DE BASE

Les pédologues et les agriculteurs parlent souvent de la résistance du sol. Ils entendent par là :

- la quantité d'énergie requise pour effriter les agrégats ou pour faire pénétrer les instruments aratoires dans le sol.

La résistance du sol dépend de certains facteurs :

FACTEUR	EFFET
QUANTITÉ D'EAU DANS LE SOL	<ul style="list-style-type: none"> • plus le sol s'assèche, plus sa résistance augmente et plus il faut de force pour effriter les agrégats
TEXTURE	<ul style="list-style-type: none"> • les sols à fine texture, plus denses (argiles), s'agglutinent mieux que les sols sableux
STRUCTURE	<ul style="list-style-type: none"> • il est plus facile de travailler de petits agrégats granulaires et fermes que de grandes plaques solides.

Un sol dont la structure est faible est souvent plus compact, ce qui peut empêcher la pénétration des racines et influencer les pratiques aratoires.

POROSITÉ DU SOL

La **porosité du sol** représente le nombre de pores disponibles dans le sol. Les pores sont des espaces entre et dans les agrégats qui contiennent de l'air ou de l'eau.

Les **pores** jouent un rôle crucial dans le déplacement de l'air et de l'eau ainsi que dans la croissance des racines des plantes.

Les pores visibles à l'œil nu permettent l'écoulement de l'eau et le passage des racines, tant qu'ils sont continus ou liés.

Il existe également un réseau de pores plus petits (micropores) qui sont invisibles. Ces pores jouent un rôle important dans l'entreposage d'eau disponible pour les plantes. L'air et l'eau circulent lentement dans ces micropores. Pour la croissance optimale des plantes, il faut un mélange de gros et de petits pores.



Notez les racines et des capillaires qui croissent à la surface de cet agrégat. Lorsque la résistance du sol est trop grande, la racine prend la voie la plus facile.



Les pénétromètres servent à estimer la résistance du sol et à évaluer les diverses réactions aux traitements expérimentaux. Les pénétromètres donnent une bonne estimation si on les utilise correctement; une sonde tubulaire flexible peut également très bien convenir, surtout dans les champs. Voir «Repérage du compactage», page 36.

NOTIONS DE BASE

Une couche arable dans un sol cultivé sans labour a habituellement une densité apparente qui peut être de 20 % supérieure à celle d'une couche arable travaillée par charrue à versoirs.

La densité apparente du sous-sol peut être plus grande, selon la façon dont elle s'est déposée et selon sa texture. Par exemple, la densité du sous-sol d'un loam de Guelph peut atteindre $1,7 \text{ g/cm}^3$.

La recherche en Ontario suggère que l'amélioration apportée à la structure du sol par des récoltes de fourrage pendant trois ans peut être annihilée en une seule année par des récoltes de maïs réalisées au moyen de travaux intensifs du sol.



Les récoltes et le travail du sol affectent la structure du sol. Remarquez la structure granuleuse de ce loam sableux où pousse du foin, et la structure en bloc du même sol où poussent des haricots comestibles.

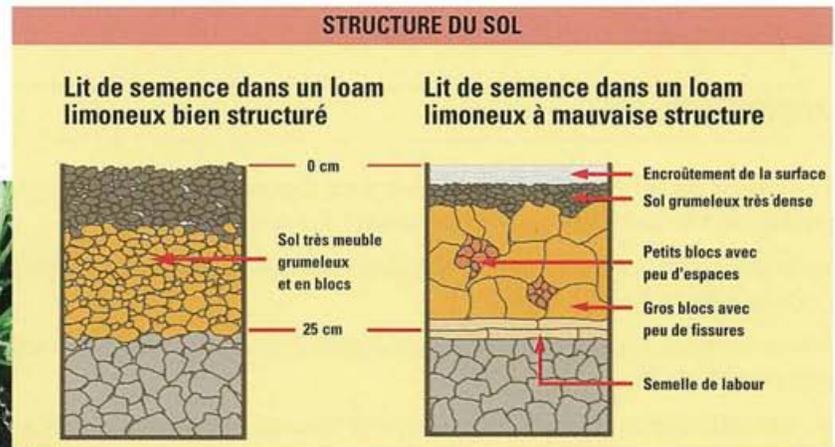
DENSITÉ APPARENTE

On peut estimer la porosité totale en mesurant la densité apparente du sol. La densité apparente est exprimée en grammes de terre par centimètre cube.

Une couche arable dont la densité est de $1,33 \text{ g/cm}^3$ aura une porosité totale de 50 %. Cela signifie que la moitié du volume du sol peut être occupé par l'eau et par l'air. Plus les sols deviennent compacts, plus la densité apparente augmente, ce qui veut dire que la porosité diminue. Par conséquent, le volume d'air et d'eau est beaucoup plus petit.

Le sol est souvent travaillé pour être ameubli ou pour créer une structure dans les sols à faible structure. Le travail du sol «fait gonfler» le sol, c'est-à-dire qu'il augmente l'espace entre les agrégats. Cependant, un travail excessif du sol effrite également les agrégats et augmente le degré de perte de matière organique.

Les agrégats sont modifiés par les travaux aratoires. Les méthodes de semis direct ou de fauche pâture permettent de créer des agrégats stables car les racines demeurent intactes, l'activité biologique augmente, une couverture de résidus protège la surface du sol contre les intempéries et les pores continus comme les trous de vers et d'anciennes racines restent intacts.



Les sols à faible structure peuvent poser deux problèmes communs : le compactage et l'encroûtement. Comparez la structure «idéale» de gauche avec la surface croûtée et la couche arable compacte de droite. Notez les changements de taille et de disposition des agrégats et des pores.

NOTIONS DE BASE

MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL

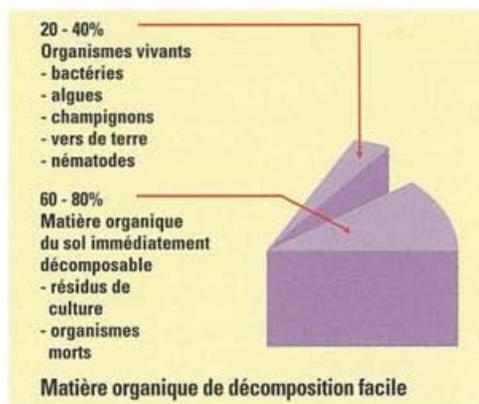
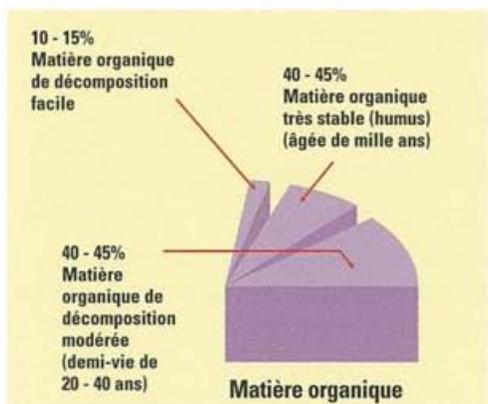
La matière **organique** constitue la composante la plus importante du sol. La matière organique :

- ▶ joue un rôle essentiel dans la rétention de l'humidité et permet aux cultures de survivre à la sécheresse
- ▶ contribue aux propriétés chimiques et biologiques du sol
 - ▷ source et lieu d'échange d'éléments nutritifs
 - ▷ influe sur le sort des pesticides appliqués
- ▶ contribue aux propriétés physiques du sol
 - ▷ la matière organique fournit des substances collantes servant à agglutiner les particules afin qu'elles forment des agrégats stables et donnent une bonne structure au sol.

EFFETS DE LA MATIÈRE ORGANIQUE SUR LES TYPES DE SOL ET LES PROBLÈMES STRUCTURAUX

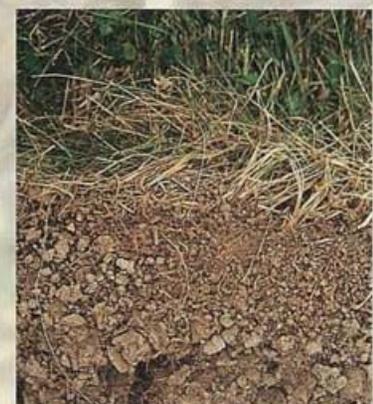
TYPE DE SOL	ENCROÛTEMENT	INFILTRATION/ DRAINAGE	COMPACTAGE	ÉRODABILITÉ	CAPACITÉ DE RÉTENTION
SABLE	■	■	■ ■	■ ■	■ ■ ■
MOYEN (loam)	■ ■	■ ■	■ ■	■ ■ ■	■ ■
ARGILE	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■	■ ■	■

■ diminue ■ augmente



Il est utile d'avoir une connaissance de la matière organique et de ses formes dans le sol lorsque l'on songe à se servir de techniques de gestion du sol. Il existe trois réserves de matière organique dans le sol :

- ▶ Une proportion de 40 % à 45 % est très stable et date de milliers d'années (humus)
- ▶ Une proportion de 40 % à 45 % est assez stable et date de 20 à 40 ans
 - ▷ cette portion est protégée ou contenue dans des mottes de terre et les particules d'argile
- ▶ La proportion de 10 % à 15 % qui reste est constituée de matériaux facilement décomposables et comprend des organismes vivants et morts.



Les systèmes racinaires fibreux et denses favorisent le développement d'agrégats granulaires stables qui permettent la formation du type de lit de semence qui résiste à l'encroûtement. Essayez d'inclure des graminées et du fourrage dans votre rotation.

NOTIONS DE BASE

Le maïs de grande culture laisse plus de résidus dans le sol que toute autre culture -vrai ou faux? Voici les résultats d'une étude récente visant à comparer la structure du sol en présence de maïs de grande culture et de brome.

Des deux cultures, le brome a produit une structure du sol plus stable. Il a également produit 2 fois plus de sécrétions racinaires ou de composés organiques qui lient les particules du sol et alimentent les formes de vie dans le sol.

L'étude a également montré que la matière produite par le brome est de qualité supérieure et attirait davantage les diverses formes de vie dans le sol.

La stabilité et la porosité des agrégats du sol sont directement influencées par la proportion de matière organique. Cela se manifeste par une diminution de l'encroûtement, une meilleure infiltration d'eau et un meilleur drainage, un compactage et une érodabilité moins grands et une plus grande capacité de rétention.

Les cultures et les autres plantes ont des capacités variables d'influencer la formation et la stabilité des agrégats :

- les cultures à long terme aux systèmes racinaires fibreux et denses, comme le fourrage, les graminées et les légumineuses, permettent la formation d'agrégats stables à l'eau
- les cultures en ligne comme le maïs, le soja ou les légumes ont des systèmes racinaires relativement clairsemés.

ACCUMULATION DE MATIÈRE ORGANIQUE (CALCUL)

On mesure la matière organique dans les 15 premiers centimètres du sol, ou dans la couche arable. Cette «tranche hectare/sillon» pèse environ 2 000 000 kilogrammes. 1% de matière organique pèse donc 20 000 kilogrammes.

	Résidus de culture kg/hectare	Plantes couvre-sol communes*	Matière sèche kg/hectare
Fourrage de maïs	5 400 - 7 200	avoine	1 000 - 5 500
Paille de blé	1 800 - 3 600	seigle	1 000 - 4 000
Engrais de trèfle	2 700 - 4 500	radis oléagineux	2 000 - 7 500
Résidus de soja	1 400 - 2 200		

* la production de matière sèche dépend de plusieurs facteurs liés à la croissance des plantes.

Dans le meilleur des cas, une proportion de 20 % seulement de tout résidu se retrouvant dans le sol atteindra la réserve de matière organique. La proportion de 80 % qui reste s'intègre aux organismes vivants, est libérée sous forme de gaz durant la digestion ou ne fait pas encore partie du flux de matières organiques.

Il faut 5 kilogrammes de résidus pour produire 1 kilogramme de matière organique.

$$20\,000 \text{ kg de m.o.} \times \frac{5 \text{ kg de résidus}}{1 \text{ kg de m.o.}} = 100\,000 \text{ kg de résidus (augmentation de m.o. de 1\%)}$$

Il faut donc 100 000 kilogrammes de résidus des cultures pour faire augmenter la proportion de matière organique du sol de 1%. En se basant sur une production de résidus de 5 000 kilogrammes pour faire le calcul ci-dessus :

$$\frac{100\,000 \text{ kg de résidus}}{5\,000 \text{ kg de résidus/an}} = 20 \text{ ans}$$

NOTIONS DE BASE

Il faudrait 20 ans pour faire augmenter la proportion de matière organique de 1% (à condition que le sol ne soit jamais labouré pour accélérer la décomposition). Il ne faut cependant pas perdre espoir! Le processus est lent, mais il est possible de l'accélérer progressivement. L'usage de plantes couvre-sol et de fumier y contribue certainement.

Vous devez donc augmenter ou maintenir la teneur de matière organique de votre sol. Si vous ne faites rien et continuez les cultures, la matière organique disparaîtra deux fois plus vite.

Les niveaux de matière organique varient d'un champ à l'autre selon la texture du sol et la pente. Par exemple :

	ENDROIT	TERRE CULTIVÉE MATIÈRE ORGANIQUE	TERRAIN BOISÉ
SABLE COMTÉ DE MIDDLESEX	Monticule Dépression ou région basse	2,0 % 5,8 %	7,0 % 20,0 %

Comme vous pouvez le constater, l'érosion et les travaux aratoires ont fait fortement diminuer la quantité de matière organique. La dépression (ou zone de dépôt) en a conservé un taux beaucoup plus élevé.

Contrairement au sol sableux dont il est question ci-dessus, les sols argileux renferment habituellement un taux de matière organique plus élevé, probablement en raison de l'aération plus importante et de la perte de matière organique dans les sols sableux.



BOISÉ – 21 % DE MATIÈRE ORGANIQUE



MAÏS CONTINU – 3,8 % DE MATIÈRE ORGANIQUE



GAZON PERMANENT – 7,1 % DE MATIÈRE ORGANIQUE

La gestion et la rotation des cultures ont une influence directe sur le taux de matière organique dans le sol. La rotation des cultures où on a recours à une gamme de cultures, y compris le fourrage et les graminées, permet de maintenir et de faire augmenter les niveaux de matière organique.

Une étude à long terme sur les sols argileux illustre ce cas. La couleur et la structure du sol indiquent le taux de matière organique dans le sol : boisé, 21%, maïs continu labouré, 3,8 %, et gazon permanent, 7,1 %. (La couleur apparemment plus sombre du sol du maïs continu est attribuable à une plus grande humidité du sol au moment où la photo a été prise.)



NOTIONS DE BASE

EAU ET AIR DU SOL

L'eau et l'air du sol jouent un rôle crucial dans la croissance des plantes, comme cette section l'explique.

EAU DU SOL

Lorsque le sol se mouille en raison d'une averse ou de l'irrigation, il atteint tôt ou tard un point où il ne peut plus contenir d'eau, et l'eau excédentaire s'écoule librement. Le degré d'humidité après que le sol s'est drainé est appelé **la capacité au champ**.

Plus les racines des plantes absorbent d'humidité du sol, plus il devient, avec le temps, difficile pour la plante d'absorber plus d'eau et elle commence à flétrir. Le **point de flétrissement permanent** est le taux d'humidité du sol où la plante ne survit pas au flétrissement.

La différence entre la capacité au champ et le point de flétrissement permanent indique **la capacité de rétention disponible** ou l'humidité disponible pour la croissance des plantes.



Les vers de terre sont l'un des premiers signes visibles de l'amélioration du sol grâce à la méthode du semis direct. Les sols conventionnels bien gérés contiennent également de grandes populations de vers de terre. Cependant, dans la méthode du semis direct, les trous des vers demeurent intacts. Ces macropores continus permettent d'améliorer l'infiltration d'eau.

TYPE DE SOL	mm D'EAU DISPONIBLE DANS UN MÈTRE DE SOL	
	CAPACITÉ AU CHAMP	EAU DISPONIBLE POUR LES PLANTES
SABLE	100	75
LOAM LIMONEUX	267	167
LOAM	283	167
LOAM ARGILEUX	317	167
ARGILE	325	117

La disponibilité de l'eau dans le sol varie selon la texture, la structure et la profondeur du sol. Ces concepts sont importants dans la gestion de l'eau pour l'irrigation et peuvent permettre d'expliquer certaines différences de comportement au champ dans des conditions identiques.

NOTIONS DE BASE

Le **drainage** de l'eau dans le sol dépend de la continuité des gros pores et des gros canaux. Le drainage peut être influencé par les couches structurales et les autres couches de perméabilité différente (texture, résidus de culture enfouis).

Pour obtenir d'autres renseignements sur le drainage, consulter le fascicule *Gestion de l'eau* de la série «Les pratiques de gestion optimales». Les fascicules *Grandes cultures*, *Cultures horticoles* et *Gestion de l'irrigation* traitent en détail de la gestion des cultures et des grandes cultures.

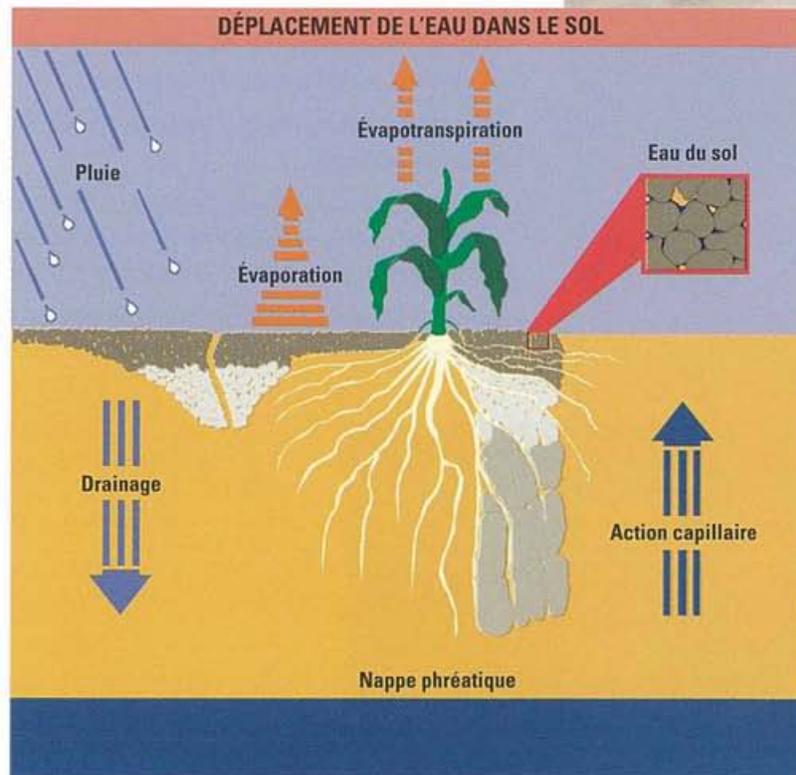
Lorsque l'eau a été drainée, il y a encore un déplacement d'eau appelé **déplacement capillaire de l'eau**. Ce déplacement comprend l'eau attirée vers le haut, à partir de la nappe phréatique, à travers des fissures très étroites et des pores. Le déplacement capillaire de l'eau peut jouer un rôle important par temps sec dans le loam et l'argile.

En Ontario, les **précipitations** au cours des mois froids de la fin de l'automne, de l'hiver et du début du printemps sont plus abondantes que la perte d'humidité attribuable à l'**évaporation** ou à la **transpiration des plantes**. Ce gain net d'humidité remplace l'humidité utilisée au cours de la saison de croissance et renouvelle la nappe phréatique.

Il y a parfois une perte d'humidité au cours de la saison de croissance, habituellement en juillet et en août. Vous pouvez adopter un certain nombre de pratiques de récolte et de méthodes de gestion du sol pour diminuer l'impact de la perte d'humidité. Consultez la section «Sols séchant» à la page 48 pour obtenir plus de renseignements.

L'eau peut également disparaître par l'évaporation du sol mouillé et la transpiration des feuilles des plantes. La transpiration est la principale source de perte d'eau du sol.

Au cours des dernières années, il a été question de se servir de plantes (en particulier de plantes couvre-sol vivantes) comme «bio-pompes» pour absorber l'humidité des sols lourds pour la plantation hâtive. La transpiration est moins grande dans les sols saturés, donc elle est inefficace lorsque le sol est le plus humide. Elle peut cependant assécher un sol qui n'est pas trop humide. Toutes les réponses ne sont pas connues : il s'agit d'une nouvelle technique qui doit être testée davantage.



L'eau se déplace de nombreuses façons dans le sol. L'évaporation et l'évapotranspiration font disparaître l'eau tandis que la pluie renouvelle l'eau dans le sol. L'eau se draine à travers le sol, puis remonte vers la surface par déplacement capillaire.

NOTIONS DE BASE

AIR DU SOL

Par air du sol ou **aération du sol**, on entend :

- la quantité d'air dans le sol et la facilité avec laquelle l'air se déplace.

Les racines et les organismes du sol ont besoin d'oxygène et dégagent du gaz carbonique durant la respiration. Un échange constant d'air et de gaz carbonique dans le sol est nécessaire, sinon il y aura manque d'oxygène et la zone deviendra anaérobie (dépourvue d'oxygène). Les racines des plantes ont besoin d'air pour bien pousser.

L'aération du sol diminue à mesure que la quantité d'eau augmente. Lorsque les pores se remplissent d'eau, l'air est expulsé. L'air se déplace surtout par les macropores.

Les sols à teneur d'argile plus élevée contiennent plus de petits pores et l'air s'y déplace mal. Les sols à teneur d'argile plus élevée contiennent plus de petits pores et l'air s'y déplace mal.



Les conditions anaérobies font cesser la croissance des racines des plantes et peuvent tuer les racines et les plantes entières parce que les bactéries anaérobies produisent des substances toxiques.

TEMPÉRATURE DU SOL

La température du sol correspond à la température de l'air, mais avec un certain délai. Plus le sol est profond, moins la température de l'air influe sur sa température.

Bien que la température de l'air ait une grande incidence sur celle du sol, d'autres facteurs entrent en ligne de compte.

La **teneur en eau** influence la vitesse du changement de température. Il faut plus de chaleur pour réchauffer un sol mouillé qu'un sol sec. L'évaporation se déroule en même temps que le réchauffement, absorbant de la chaleur et gardant le sol frais.

Le **soleil** fait également varier la température du sol. L'ombre, comme celle de nuages, des mauvaises herbes ou des résidus, diminue le transfert d'énergie au sol et à partir du sol.



Les sols foncés absorbent davantage de chaleur; les résidus pâles ont tendance à réfléchir la chaleur, ce qui ralentit le réchauffement du sol.

NOTIONS DE BASE

Le **gel** se produit lorsque la température à la surface du sol tombe sous le point de congélation. La plupart des gels printaniers sont attribuables au refroidissement rapide du sol dans des conditions météorologiques dégagées et calmes. La température de la surface du sol peut être de 4 à 5° C inférieure à celle de l'air à 1,5 mètre au-dessus. L'ampleur du refroidissement à la surface du sol dans ces conditions dépend de la chaleur du sol au départ et de la vitesse à laquelle la chaleur s'échappe du sol.

On voit souvent des cultures endommagées par le gel dans les champs fraîchement cultivés, car le travail du sol crée une zone isolante de terre sèche et «gonflée» à la surface du sol. Cette zone bloque la sortie de la chaleur du sol, ce qui permet à la température de chuter suffisamment pour causer des dommages aux cultures, tandis que les zones adjacentes qui n'ont pas été cultivées ne sont pas endommagées.

Les résidus massifs de cultures font également augmenter les dommages aux récoltes attribuables au gel parce qu'ils isolent le sol et empêchent le dégagement de la chaleur accumulée. Le soleil et la teneur d'eau dans le sol jouent un rôle essentiel dans la détermination de la chaleur accumulée.



Le déchaussement se produit lorsque l'eau gèle dans le sol. Cela peut causer des ravages dans les cultures à racines profondes comme la luzerne. Cependant, le déchaussement peut aider à former la structure du sol et peut effriter les couches compactées peu profondes du sol.



Les sols mouillés ou mal drainés sont appelés «sols froids» parce que le sol met plus de temps à se réchauffer au printemps. Les sols qui s'assèchent rapidement, comme le sable, se réchauffent rapidement, mais ils dégagent de la chaleur plus rapidement et donc peuvent être plus sensibles au gel.



NOTIONS DE BASE

PROPRIÉTÉS CHIMIQUES DU SOL

Pour bien comprendre la gestion du sol, il faut posséder quelques connaissances sur les aspects chimiques du sol, comme le pH, la capacité d'échange cationique et les propriétés chimiques de la matière organique.

Pour une description plus détaillée des propriétés chimiques du sol, voir le fascicule *Gestion des éléments nutritifs* de la série «Les pratiques de gestion optimales».

pH DU SOL

Le **pH** du sol représente le degré d'acidité d'un sol. Le pH est la mesure du nombre d'ions d'hydrogène (H⁺) présents dans le sol.

Le pH est mesuré sur une échelle logarithmique de 0 à 14. Un pH de 7,0 est considéré comme neutre. Plus le chiffre est élevé, moins le sol est acide ou plus il est alcalin; plus le chiffre est bas, plus le sol est acide. Selon l'échelle logarithmique, un pH de 6,0 est dix fois plus acide qu'un pH de 7,0, et un pH de 5,0 est 100 fois plus acide qu'un pH de 7,0.

Le pH du sol influe sur l'efficacité de la croissance d'une culture dans un sol, car il affecte :

- la disponibilité des éléments nutritifs (et leur toxicité possible)
- l'activité des micro-organismes
- l'activité des organismes pathogènes
- les dommages possibles aux cultures causés par certains herbicides.

La plupart des cultures de l'Ontario poussent le mieux dans un sol dont le pH se situe entre 6,0 et 8,0. Les pratiques agricoles ont tendance à faire baisser progressivement le niveau de pH des sols, les rendant plus acides. La baisse de pH est attribuable aux facteurs suivants :

- les cultures et les plantes font disparaître les éléments nutritifs
- le lessivage ou le déplacement de l'eau dans le sol fait disparaître les éléments nutritifs
- la décomposition de la matière organique.
- l'application d'engrais, en particulier les engrais d'ammoniaque appliqués par bandes
- les pluies acides.

Avec le temps, la baisse du pH deviendra assez importante pour affecter la croissance de la culture et la récolte, et des mesures devront être prises pour faire augmenter le pH. Le pH du sol peut être augmenté à l'aide de chaux agricole. La *publication 296* du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario intitulée *Recommandations concernant les grandes cultures en Ontario* renferme les recommandations actuelles sur le chaulage et traite de la qualité de la chaux.

Tous les sols ne deviennent pas acides. Dans les régions au sous-sol alcalin (calcaire), les pratiques aratoires ont tendance à faire augmenter le pH. Cette augmentation est attribuable à la dilution de la couche arable dans le sous-sol, au travail du sol trop profond, à l'érosion causée par le travail du sol et à l'érosion éolienne et hydrique.

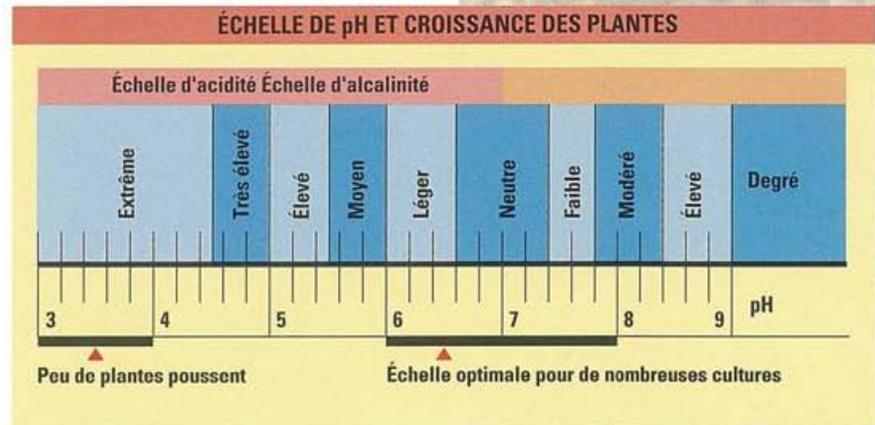


La croissance des cultures est souvent faible dans les sols au pH bas.

NOTIONS DE BASE

Le pH du sol doit être testé régulièrement dans le cadre de votre programme normal de tests du sol. Testez régulièrement le sol des champs auxquels de grandes quantités d'azote sont ajoutées pour surveiller les changements de pH du sol.

Certaines plantes comme les bleuets, les rhododendrons et les châtaigniers ont besoin d'un sol très acide pour leur croissance. Dans certains cas, il peut être nécessaire de diminuer le pH du sol. Par exemple, pour cultiver des bleuets de façon efficace, il faut un pH de 5,0 ou moins. Vous pouvez diminuer le pH en appliquant du soufre en fleur. Cependant, si le pH du sol est élevé (6,5 et plus), cela peut coûter très cher.



CAPACITÉ D'ÉCHANGE CATIONIQUE

La **capacité d'échange cationique** est une mesure de la capacité du sol à retenir certains éléments nutritifs. Cette capacité joue un rôle dans la fertilité du sol.

À mesure que les minéraux du sol sont exposés aux intempéries, des **cations** sont émis dans l'eau et la solution du sol. Les cations sont des éléments à charge positive, tels que le calcium, le magnésium, l'hydrogène et le potassium. Ces cations sont attirés par les surfaces à charge négative de l'argile et d'autres particules de matière organique. Un échange constant de cations se produit entre ces surfaces et l'eau du sol: c'est ce qu'on appelle **l'échange cationique**. Les cations ne sont pas retenus fermement par ces surfaces. L'eau ne peut pas les absorber, mais ils peuvent être absorbés en prenant la place des cations dégagés par les racines des plantes.

Les cations contenus dans la matière organique et la surface de l'argile constituent une réserve d'éléments nutritifs et renouvellent constamment les éléments nutritifs de la solution de l'eau dont les plantes ont besoin.

L'ampleur de la capacité d'échange cationique dépend du genre et du nombre de surfaces auxquelles les cations peuvent s'accrocher. La matière organique comporte un nombre beaucoup plus élevé de lieux propices aux échanges de cations que les particules d'argile.

Une grande capacité d'échange cationique est souhaitable car elle indique que le sol fertile et élastique. Cependant, la capacité d'échange cationique n'est que l'un des indicateurs de la fertilité du sol. C'est la raison pour laquelle le système de recommandations sur la fertilité de l'Ontario n'est pas basé uniquement sur la capacité d'échange cationique.

Une grande capacité d'échange cationique correspond à des niveaux d'argile et de matière organique élevés. **Dans le cas des sols sableux et du loam, il n'est pas facile de changer la teneur en argile. On peut cependant maintenir et améliorer les niveaux de matière organique pour améliorer la capacité d'échange cationique. Suivez les pratiques de gestion optimales concernant la structure du sol et la matière organique.**

NOTIONS DE BASE

Voici des exemples de texture du sol et de capacité d'échange cationique :

TEXTURE DU SOL	% DE MATIÈRE ORGANIQUE	% D'ARGILE	CAPACITÉ D'ÉCHANGE CATIONIQUE cmole (+) kg
SABLE	1,7	7	6,3
LOAM SABLEUX	3,2	13,2	13,7
LOAM	4,9	16,8	20,2
LOAM LIMONEUX	5,4	18,4	24,0
LOAM ARGILEUX	5,5	31,2	27,2
MATIÈRE ORGANIQUE	100	—	100 - 300

REMARQUE: La capacité d'échange cationique d'un sol est exprimée en centimoles de charge positive (+) par kilogramme de sol. Ce qui compte dans le cas présent, ce sont les chiffres relatifs à mesure que la teneur en argile et en matière organique augmente.

MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL

La matière organique du sol constitue une réserve de nombreux éléments nutritifs pour les plantes, parce que :

- elle fournit des lieux d'échange pour les cations comme le potassium et le magnésium
- elle dégage de l'azote en se décomposant
- elle fournit presque tout le manganèse et le bore nécessaires aux cultures tout au long de la saison de croissance.

Si vous avez déjà enlevé une clôture pour élargir un champ, vous saurez que la terre sous la clôture produit une récolte exceptionnelle au cours des premières années de production. Ce phénomène est attribuable à la matière organique, tant au niveau de l'émission d'éléments nutritifs que de la structure du sol.

Les avantages de la matière organique pour la structure du sol, alliés à une plus grande production d'éléments nutritifs, expliquent ces récoltes extraordinaires. Le travail du sol permet de mieux aérer le sol, ce qui fait augmenter la décomposition de la matière organique et l'émission d'une grande quantité d'éléments nutritifs pour appuyer la culture suivante. En fait, avant l'arrivée des engrais commerciaux, de nombreux agriculteurs comptaient sur cette réserve d'éléments nutritifs pour soutenir la production des cultures.

Malheureusement, les travaux aratoires font également diminuer progressivement le taux de matière organique, à tel point qu'il devient difficile de maintenir une bonne structure du sol et qu'il faut ajouter de plus en plus d'engrais.

NOTIONS DE BASE

PROPRIÉTÉS BIOLOGIQUES DU SOL

La structure du sol est fortement influencée par la présence d'animaux et de microbes. Par exemple, la nature chimique et physique du sol change lorsqu'il passe dans les intestins des vers. Les animaux et les microbes du sol peuvent avoir un impact direct sur la disponibilité de certains éléments nutritifs.

Il existe plus d'organismes dans une cuillerée à thé de couche arable que de personnes sur la planète. Les organismes du sol font partie intégrante de la composante organique du sol et contribuent grandement à sa fertilité et à sa structure.

Les résidus de plantes ont en soi peu de valeur dans la forme dans laquelle ils retournent au sol. Les organismes du sol, qu'ils soient grands (macro-organismes) ou petits (micro-organismes), se nourrissent toutefois de ces résidus et les décomposent dans un processus continu.

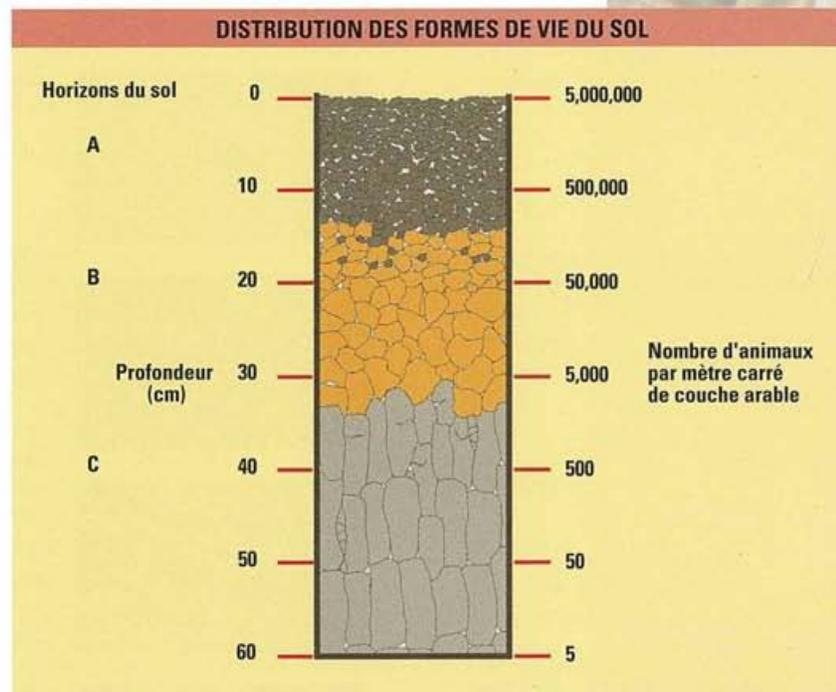
Presque toute la couche arable est passée dans le système digestif des animaux du sol. Bien que l'on puisse penser que les animaux fouisseurs comme les marmottes, les taupes et les musaraignes ont un grand impact sur le sol parce qu'ils sont assez visibles, leur importance est beaucoup moins grande pour les processus du sol que celle des animaux minuscules et des microbes, qui sont beaucoup plus nombreux.

Les organismes vivants du sol se répartissent en deux catégories générales :

- ▶ les micro-organismes
 - ▷ comprennent les champignons, les bactéries, les actinomycètes et les algues
- ▶ les macro-organismes
 - ▷ comprennent les protozoaires, les nématodes, les vers de terre, les arthropodes (insectes, araignées, etc.) et les rongeurs.



Il peut y avoir des milliards de protozoaires (animaux unicellulaires) et de bactéries, des dizaines de millions de nématodes et des centaines de milliers d'acariens dans un mètre carré de couche arable.



Les animaux et les microbes ne sont pas répartis également dans le sol. Leur nombre diminue très rapidement à quelques centimètres de profondeur dans la couche arable et la plupart d'entre eux semblent se regrouper autour des racines des plantes et des tunnels de vers de terre.

NOTIONS DE BASE

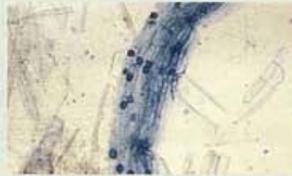
ORGANISMES DU SOL

TYPE

IMPORTANCE

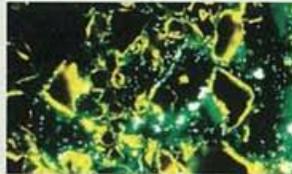
MICRO-ORGANISMES

CHAMPIGNONS



- après les racines des plantes, ils constituent la plus grande quantité de matière vivante dans le sol
- facilitent la disponibilité des éléments nutritifs pour les plantes
- ne tolèrent pas les travaux aratoires intensifs
- participent activement à la décomposition de la matière organique.

BACTÉRIES



- assurent la qualité et la fertilité du sol
- les bactéries fixatrices d'azote jouent un rôle important, particulièrement celles qui sont associées aux légumineuses telles que le soja, les pois, le trèfle et la luzerne.

ACTINO-MYCÈTES



- décomposent la matière organique
- se retrouvent souvent dans les sols séchant à faible pH.

ALGUES



- décomposent la matière organique
- se retrouvent souvent dans les sols mal drainés.

MACRO-ORGANISMES

ARTHROPODES

p. ex. acariens
araignées
et coléoptères



- se nourrissent de bactéries et de champignons ou de matières végétales en décomposition
- contribuent à l'accélération de la décomposition microbienne.

VERS DE TERRE



- creusent beaucoup, créant des macropores et mélangeant le sol
- diminuent la densité apparente
- améliorent l'infiltration de l'air et de l'eau
- améliorent la structure du sol
- augmentent la réserve d'éléments nutritifs.

RONGEURS

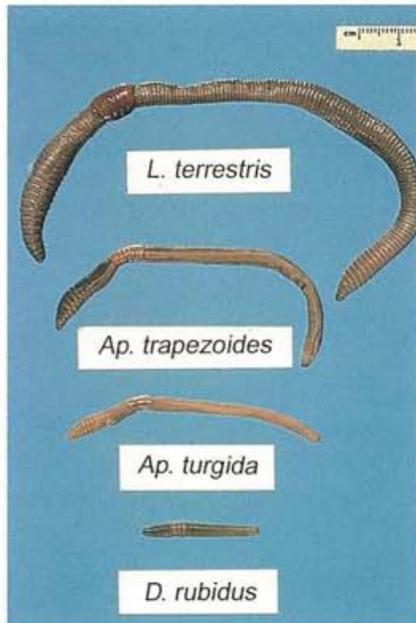
p. ex. souris
marmottes
rats musqués
suisses



- digèrent la matière organique en creusant et se nourrissant dans le sol
- leurs boulettes fécales sont riches en éléments nutritifs comme l'azote, le phosphore et le potassium.

NOTIONS DE BASE

LES VERS DE TERRE DU SOL DE L'ONTARIO



Les petits vers de terre jouent un rôle crucial dans le cycle de la matière organique. Ils vivent dans les 4 à 8 premiers centimètres du sol, tandis que les lombricidés, plus gros, peuvent vivre à 1,2 mètres de profondeur.

Les vers de terre se retrouvent souvent dans les sols à texture fine ou moyenne (argiles et loams), mais rarement dans les sols à texture grossière (sables). On peut le constater dans un paysage de sol où les vers de terre se font rares dans les crêtes sableuses, mais abondants dans les dépressions où s'accumulent le sol fin, la matière organique et l'eau.

L'une des espèces de vers, le **lombricidé** ou **lombric canadien** (*Lumbricus terrestris*), est très courant et reconnu par la plupart des gens. Il s'agit de l'espèce que l'on recueille dans les terrains de golf, les parcs et les pâtures. Chaque année, on en exporte des centaines de millions aux États-Unis comme appâts pour la pêche.

Les populations de vers de terre augmentent radicalement :

- en deux ou trois ans si les champs sont convertis en terres non labourées ou en terres à fourrage
- avec l'épandage régulier de fumier
- ▷ surtout si on a recours aux méthodes de conservation ou de semis direct.

LES CYCLES DU CARBONE ET DE L'AZOTE ET LE COEFFICIENT CARBONE-AZOTE

La plupart des organismes du sol participent à la décomposition des matières végétales (et des autres organismes du sol) à différentes étapes de dégradation, produisant des éléments nutritifs plus disponibles pour les plantes ou des formes plus stables de matière organique.

C'est ce qu'on appelle le **cycle du carbone**. Il s'agit du cycle élémentaire le plus important dans le sol. Il transforme une partie de la croissance annuelle des plantes (résidus de cultures) en matière organique du sol qui peut être recyclée en vue de la croissance d'autres plantes.

VERS DE TERRE ET GOÉLANDS

Des études ont démontré que les goélands sont responsables de la mort de seulement quelque 5 % de vers de terre tandis que le labourage peut tuer jusqu'à 25 % de la population. De nombreux vers attrapés par les goélands sont blessés par le labourage et mourraient de toute façon. Les goélands se nourrissent probablement aussi d'insectes terrestres.

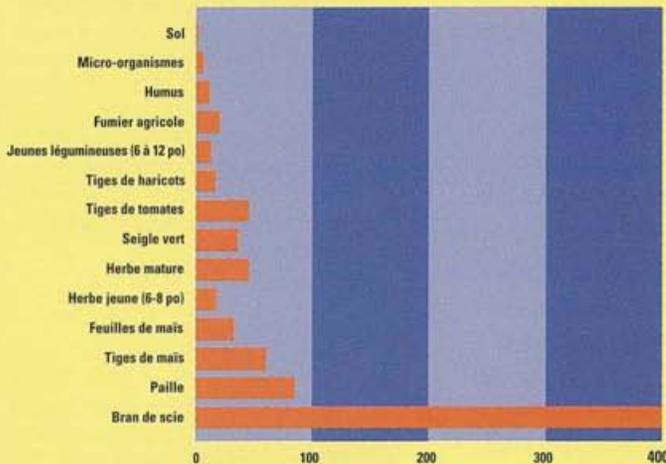
VERS DE TERRE

Quelle est pour vous la valeur des vers de terre? Outre les avantages évidents qu'ils apportent au sol, les vers de terre font l'objet d'un commerce payant. Les personnes qui les ramassent touchent de 15 \$ à 20 \$ par millier, les grossistes touchent de 40 \$ à 50 \$ par millier et les marchands d'appâts gagnent de 1,70 \$ à 2 \$ la douzaine.

Un champ riche en vers de terre peut produire de 100 000 à 150 000 vers par acre par an. Il faut tenir compte de la population de vers lorsqu'on négocie avec les cueilleurs de vers pour éviter de se faire rouler.

NOTIONS DE BASE

COEFFICIENT CARBONE-AZOTE DE MATÉRIaux COMMUNS



L'une des façons de mesurer l'interaction entre le carbone et l'azote est le **coefficient carbone-azote**. Ce chiffre indique la difficulté de la transformation ou de la **décomposition**. En général, la décomposition, comme la croissance des plantes, est limitée par l'azote en raison de la surabondance de matière organique ou du manque d'azote.

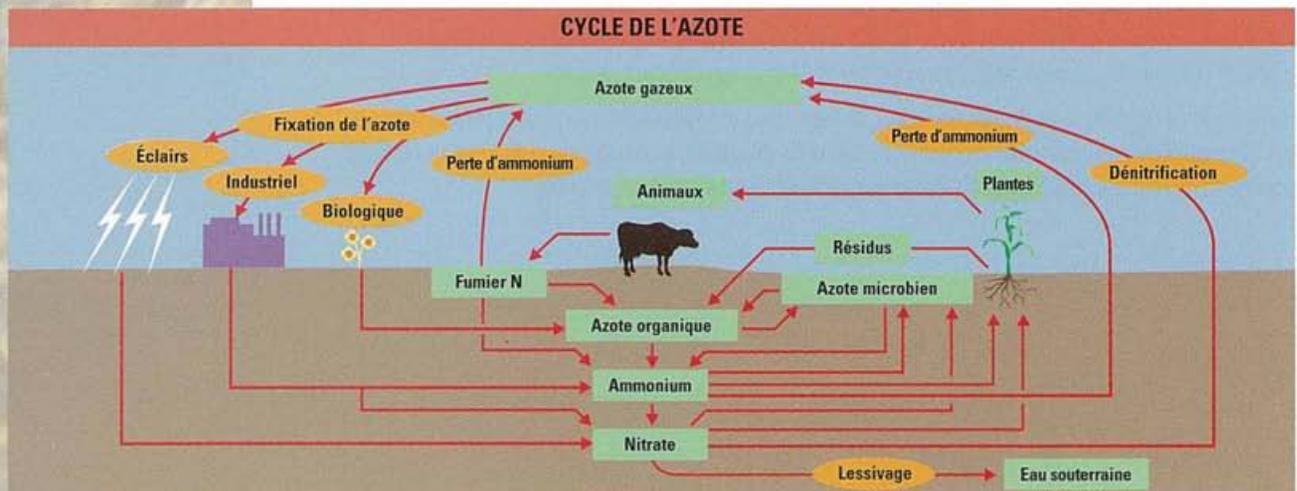
Lorsque le coefficient carbone-azote est très élevé (comme cela peut se produire en présence de résidus de cultures supplémentaires), l'azote est utilisé par les micro-organismes et la culture peut manquer d'azote. Cependant, à mesure que les micro-organismes meurent, l'azote devient disponible pour les micro-organismes ou les cultures.

LES ORGANISMES DU SOL ET LA STRUCTURE DU SOL

L'effet des animaux du sol sur la structure du sol est considérable. La couche arable est essentiellement composée de matières fécales animales de maturité variée. Les animaux du sol avalent la matière organique et les composants minéraux du sol et les mélangent avant de déposer la matière combinée sous forme de boulettes fécales ou d'excréments.

Travaillez moins le sol et ajoutez de la matière organique; vous ferez augmenter les populations d'organismes dans le sol et améliorerez la structure du sol.

Les microbes hautement spécialisés, surtout les bactéries, participent à la transformation de l'azote dans le cycle de l'azote. L'azote est essentiel à la croissance des plantes et à l'activité microbienne. La vitesse de la décomposition est fonction de la disponibilité relative de deux éléments nutritifs clés : le carbone (C) et l'azote (N). (Le cycle des éléments nutritifs est présenté plus en détail dans le fascicule *Gestion des éléments nutritifs* de la série «Les pratiques de gestion optimales».)

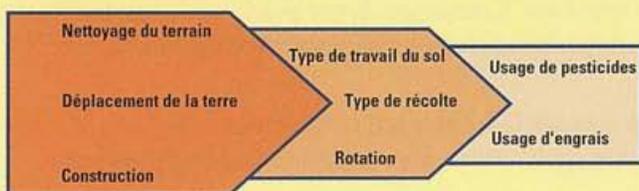


Les éléments nutritifs circulent constamment dans le sol, dans les plantes et dans les animaux. Le cycle de l'azote est un exemple des cycles des éléments nutritifs.

NOTIONS DE BASE

IMPACT DES ACTIVITÉS HUMAINES SUR LES ORGANISMES DU SOL

INFLUENCE DE NOS ACTIVITÉS SUR LES FORMES DE VIE DU SOL

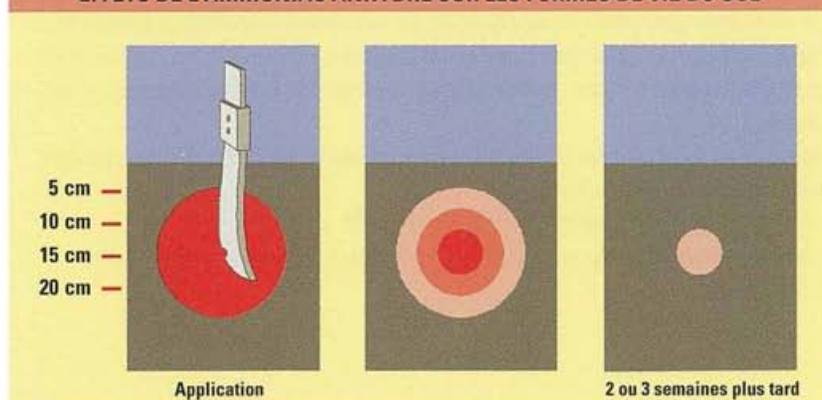


Le travail et le transport du sol ont un effet beaucoup plus grand sur la population de micro-organismes du sol et sur leur diversité que l'usage de pesticides. Pratiquez la rotation des cultures et ajoutez de la matière organique comme du fumier si possible afin d'augmenter l'activité biologique et d'améliorer la qualité du sol.

Les pesticides ont des effets mesurables mais très variés sur les organismes du sol.

TYPE DE PESTICIDE	IMPACT
HERBICIDES	<ul style="list-style-type: none"> peuvent entraîner de fortes diminutions (habituellement temporaires) de nombreux organismes du sol sont moins toxiques que les insecticides pour les animaux du sol.
INSECTICIDES	<ul style="list-style-type: none"> les vers de terre et d'autres organismes peuvent être très sensibles aux insecticides contre les chrysomèles, mais l'effet des pesticides se limite à la zone où ils ont été appliqués.
FONGICIDES	<ul style="list-style-type: none"> diminuent les populations de champignons à court terme (2 à 3 semaines). Les fongicides au bénomyl sont extrêmement toxiques pour les vers de terre et assez toxiques pour les acariens.

EFFETS DE L'AMMONIAC ANHYDRE SUR LES FORMES DE VIE DU SOL



L'ammoniac anhydre détruit les formes de vie dans une petite zone autour de l'applicateur. Les animaux du sol reviennent à cet endroit au cours des semaines suivantes.

MATTES FONGIQUES ET MYCORHIZES À VÉSICULES ET ARBUSCULES

Le rapport symbiotique entre les bactéries et les légumineuses est bien connu. Les chercheurs commencent tout juste à comprendre le rôle des champignons (mycorhizes à vésicules et arbuscules).

Les mycorhizes à vésicules et arbuscules aident les racines des plantes à obtenir des éléments nutritifs du sol en agrandissant la région exploitée par les racines (jusqu'à 10 fois le volume de la région). Les mycorhizes à vésicules et arbuscules jouent un rôle important dans les sols peu fertiles.



Mycorhizes à vésicules et arbuscules dans le maïs, grossis 400 fois.

De nombreux micro-organismes se nourrissent en fait de pesticides : cela constitue la principale façon de décomposer les pesticides.

NOTIONS DE BASE

Les propriétés du sol telles que la texture (en surface et sous celle-ci), la matière organique, le pH, etc. varient grandement au sein d'un champ. Cette variabilité est attribuable à la formation originale du sol, à l'érosion et à la gestion antérieure et actuelle. Les techniques de gestion propres à un endroit ou de précision visent à mesurer et à traiter les différences au sein du champ.



Les propriétés du sol de votre exploitation agricole peuvent être très variées. Souvent, il faut cultiver une terre donnée pendant plusieurs années pour découvrir l'ampleur de sa variabilité. Heureusement, les cartes pédologiques donnent un excellent aperçu des sols de votre région et constituent un bon point de départ pour planifier un système de gestion du sol.

RENSEIGNEMENTS SUR LE SOL ET INTERPRÉTATION DES SOLS

Des cartes du sol sont disponibles pour la plupart des comtés de l'Ontario. Les sols sont cartographiés selon la texture de la couche arable et du sous-sol, leur drainage naturel (avant les travaux aratoires), la pierrosité et d'autres critères. La quantité de détails disponibles est assez limitée et l'expérience que possède l'agriculteur de ses sols est importante. Tenez compte du type et de la variabilité du sol lorsque vous prenez des décisions relatives à la gestion des champs, telles que le labourage, la fertilité, le drainage, etc.

Qu'entend-on par «renseignements sur le sol et interprétation des sols»?

- ▶ «renseignements sur le sol» renvoie aux **cartes** et aux **rapports pédologiques** locaux (de comté ou de district)
- ▶ les cartes pédologiques indiquent l'étendue des types de sols (séries)
- ▶ l'**interprétation des sols** consiste en l'évaluation de la vocation ou des risques des types de sols pour divers usages, p. ex. l'aptitude culturale et les limites pour la gestion du sol, la vocation pour certaines cultures, les risques d'érosion, etc.

Quelle est l'utilité de ces renseignements pour un programme de gestion du sol?

- ▶ les **cartes pédologiques** peuvent contribuer à la planification agricole en indiquant les types de sols que vous avez, leurs propriétés (matériaux, pentes, catégorie de drainage naturel, pierrosité) et l'étendue de ces sols sur votre exploitation agricole ou zone d'intérêt
- ▶ les **rapports pédologiques** et l'**interprétation des sols** peuvent vous permettre d'acquérir des connaissances sur les propriétés des sols que vous possédez, sur les parties cachées du sol (sous-sol et structure géologique), sur les conséquences de ces facteurs sur la gestion du sol et sur les risques environnementaux possibles.

Ces renseignements sont-ils limités?

- ▶ Oui. **L'échelle** – la plupart des cartes pédologiques sont trop générales pour que l'on puisse faire une planification agricole intensive et élaborer un programme de gestion du sol. L'interprétation des sols est basée sur l'expérience et l'observation.

Comment utiliser les renseignements des cartes pédologiques?

- ▶ On peut **repérer la propriété** en se servant du canton, des lots, des concessions et de tout détail évident comme les ruisseaux, les terrains boisés et les édifices pour repérer la propriété
- ▶ On peut se servir de la **liste** des symboles de l'unité de la carte pédologique sur la propriété
- ▶ On peut se servir de la **légende de la carte pédologique** pour chercher le type de sol et les propriétés intéressantes (pente, texture, caractéristiques du sous-sol, drainage naturel), p. ex. l'argile de Brookston
- ▶ **Étude pédologique** : si d'autres renseignements sur les propriétés et l'interprétation du type de sol sont requis, consulter l'étude pédologique

Comment peut-on obtenir des renseignements sur le sol?

- ▶ Communiquez avec le bureau local du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario.

MISE EN PRATIQUE

Les sols sont complexes : de nombreux facteurs influencent leur santé, et les symptômes des problèmes peuvent porter à confusion. Vous devez examiner tous les aspects de ce qui se passe dans vos champs avant de déterminer la nature du problème.

Votre sol est-il en bonne santé?

- ▶ se draine et se réchauffe rapidement au printemps?
- ▶ demeure ouvert et meuble après la plantation c'est-à-dire qu'il ne s'encroûte pas?
- ▶ est sujet à un ruissellement minime, même après les grosses averses?
- ▶ emmagasine bien l'humidité nécessaire aux cultures durant les périodes de sécheresse?
- ▶ résiste à l'érosion et au compactage?
- ▶ fait l'objet d'une rotation de cultures variée?
- ▶ produit constamment des récoltes abondantes de qualité supérieure (sans applications excessives d'éléments nutritifs ou de pesticides)?

Vous avez répondu «oui» à toutes les questions? Félicitations! Vous avez quelques «non»? Vous trouverez d'autres renseignements sur les problèmes courants de gestion qui peuvent avoir un impact sur la santé du sol. Nous examinerons les problèmes suivants de gestion du sol :

- ▶ la structure du sol
- ▶ l'érosion
- ▶ les sols séchants
- ▶ l'affaissement du sol
- ▶ les champs mouillés



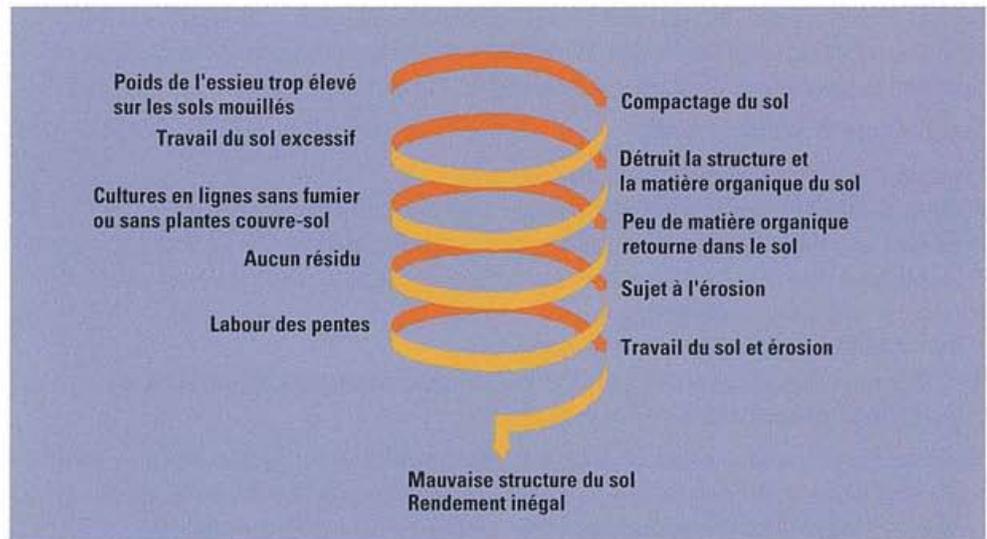
Les arbres fruitiers sont des récoltes à long terme qui prennent parfois plusieurs années pour montrer les effets de problèmes du sol. Avant d'établir un verger, examinez bien votre sol.

Avant de commencer le semis direct, assurez-vous que la fertilité et le pH du sol sont adéquats. Avec le temps, les racines et les résidus de surface contribueront à améliorer la structure du sol.



Tout se ramène à la productivité et la viabilité : si vous prenez bien soin du sol, le sol à son tour prendra soin de vous.

MISE EN PRATIQUE



Une mauvaise gestion du sol entraîne un cercle vicieux. Plus le sol est travaillé et moins le sol récupère de la matière organique, plus la structure du sol et la productivité se détériorent. Progressivement, les niveaux de matière organique du sol diminuent. Lorsque s'ajoutent l'érosion ou le compactage, il devient de plus en plus difficile de remettre des quantités adéquates de matière organique dans le sol. Et le cercle vicieux se poursuit.

STRUCTURE DU SOL

Si votre sol a des problèmes structureux, il est probable qu'il soit sensible aux intempéries ou aux pressions en raison des problèmes de croissance des racines et des problèmes d'exploitation du sol. Un sol bien géré est productif, même dans des conditions de croissance difficiles.

Pour conserver un rendement semblable, on a souvent recours à des solutions à court terme (plus grande quantité d'engrais, meilleurs hybrides, irrigation), même si la mauvaise structure du sol constitue le problème principal.

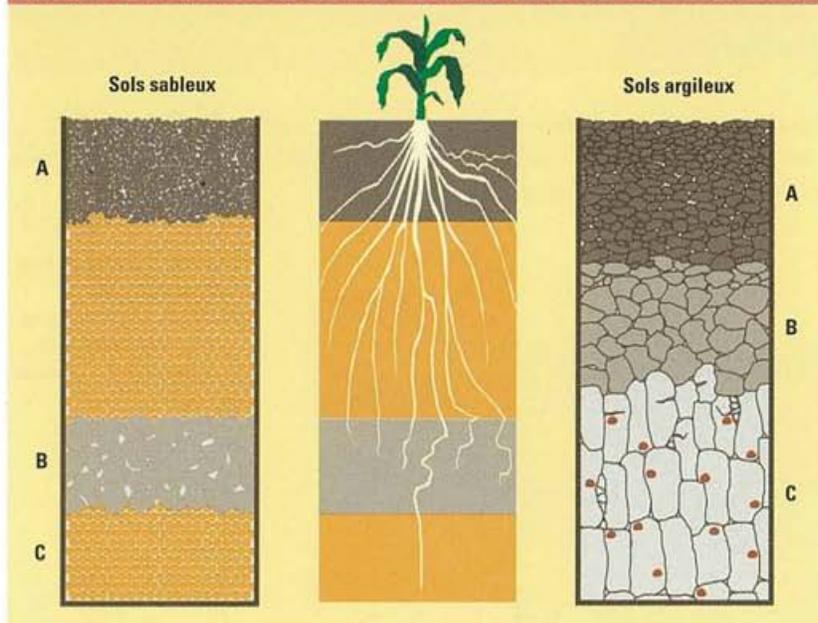
Cinq principaux problèmes de structure se retrouvent dans plusieurs types de sols en Ontario :

- l'encroûtement
- le compactage
- la mauvaise consolidation
- le glaçage
- les couches anaérobies (sans oxygène).

Nous examinerons les deux premiers problèmes en détail car ils sont plus courants et plus complexes que les autres.

MISE EN PRATIQUE

STRUCTURE « IDÉALE » DES SOLS À TEXTURE GROSSIÈRE ET DES SOLS À FINE TEXTURE

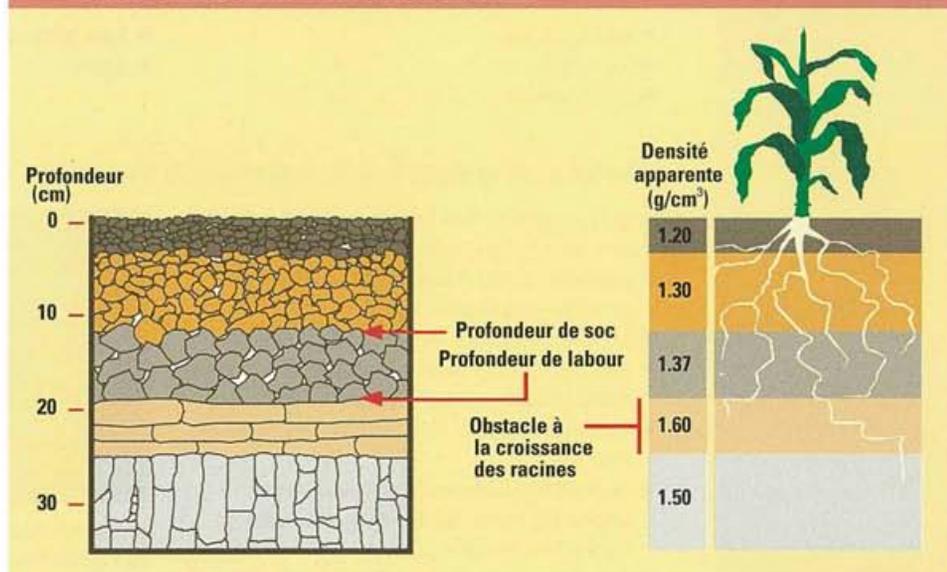


Les sols à structure adéquate posent peu ou pas d'obstacles à la croissance des plantes. Les racines suivent la voie de la moindre résistance.



La méthode du semis direct ne résout pas tous les problèmes de structure du sol. Ce champ que l'on vient de commencer à cultiver par semis direct a désespérément besoin d'un semis direct avec travail de la zone. Regardez la zone d'enracinement; peu de racines poussent plus profondément que la zone travaillée par les coutres.

STRUCTURE COURANTE DES SOLS AGRICOLES



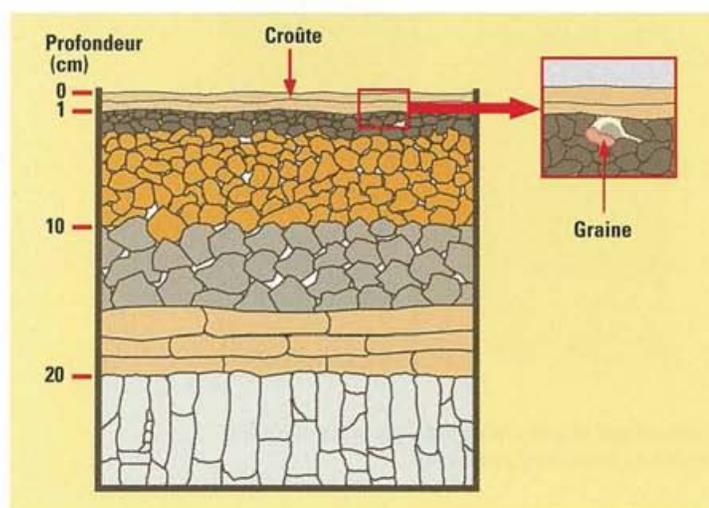
Les sols cultivés en agriculture moderne semblent rarement être les sols idéaux. Le travail du sol, le semis des cultures et les récoltes ont tendance à détruire les agrégats et à créer une couche à plaques ou compactée.

MISE EN PRATIQUE

RÉSOLUTION DES PROBLÈMES STRUCTURAUX DU SOL

ENCROÛTEMENT DU SOL

Lorsqu'un lit de semence surcultivé se mouille et sèche rapidement, une couche de terre solide (de 0,2 centimètre à 5 centimètres d'épaisseur), suffisamment compacte pour empêcher la récolte de lever, se forme. C'est ce qu'on appelle l'encroûtement.



Certains agrégats à fine texture du lit de semence ont formé une plaque de terre solide, ce qui empêche la levée des semis.

TYPES DE SOLS LES PLUS AFFECTÉS

- sables très fins
- loam sableux
- loam limoneux
- loam argileux
- argile.

PRATIQUES DE GESTION À CE JOUR AJOUTANT AU PROBLÈME

- lit de semence cultivé jusqu'à ce qu'il soit très fin, avec jusqu'à 3 passages aratoires
- utilisation du pulvérisateur (il a tendance à pulvériser et à tasser le sol)
- le champ était aplati ou tassé après la plantation
- on n'a pas fait la rotation des cultures ou on a peu utilisé les légumineuses et les graminées
- on n'a pas utilisé de plantes couvre-sol; le sol est resté nu
- on sème régulièrement des cultures qui ne laissent pas beaucoup de résidus (soja, fèves comestibles, tomates, pois)
- il ne reste pas de résidus à la surface du sol après la plantation.



Le travail excessif du sol contribue au problème de l'encroûtement. Le passage répété de l'équipement aratoire pulvérise et tasse le sol, ce qui détruit la stabilité des agrégats du sol.

MISE EN PRATIQUE

SYMPTÔMES DU CHAMP

- ▶ après une pluie abondante, le sol du premier ou des deux premiers centimètres s'agrège pour former une plaque solide
- ▶ l'eau forme une mare à la surface
- ▶ la structure du sol sous la croûte est encore intacte.



SYMPTÔMES DES CULTURES

- ▶ levée de la culture sporadique et tardive
- ▶ croissance lente et arrêtée
- ▶ la base des feuilles se trouve sous la surface du sol.



Dans un sol encroûté, les feuilles de maïs poussent souvent sous la croûte.



Les haricots sont particulièrement vulnérables à l'encroûtement en raison de la levée des cotylédons. Dans les sols qui sont sujets à l'encroûtement, songez à planter les haricots avec un semoir en ligne afin de faciliter la croissance vers le haut.

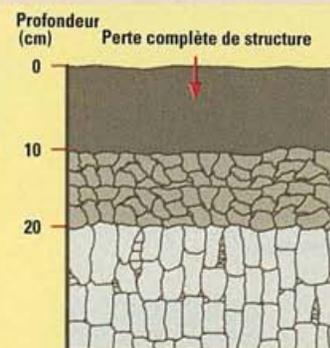
EFFETS DANS LE SOL

- ▶ agrégats du sol trop petits et instables
- ▶ manque de matière organique.

PRATIQUES DE GESTION OPTIMALES

- ▶ diminuez la reprise de labour; ne travaillez pas le sol excessivement
- ▶ ayez recours aux méthodes de travail réduit du sol, de semis direct ou de billonnage pour laisser des résidus de culture en surface
- ▶ faites une bonne rotation des récoltes; incluez les graminées et les légumineuses si possible
- ▶ servez-vous de plantes couvre-sol
- ▶ procédez à la gestion du fumier pour augmenter la matière organique du sol
- ▶ travaillez le sol au bon moment
- ▶ travaillez le sol au taux d'humidité idéal pour empêcher de faire remonter des mottes à la surface; plus il y a de mottes, plus on doit travailler le sol
- ▶ si une croûte s'est formée avant la levée de la culture, utilisez une houe rotative pour briser la croûte. Cette pratique aidera la culture à émerger, bien qu'elle perpétue les problèmes structureux du sol
- ▶ vérifiez la population de plantes
- ▶ replantez en dernier recours
- ▶ une faible pluie aidera la croûte à s'amollir.

AUTRES PROBLÈMES SEMBLABLES

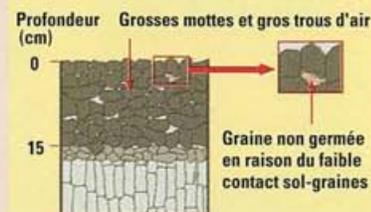


GLAÇAGE

- forme d'encroûtement plus grave, que l'on retrouve habituellement dans les sols à mauvaise structure, après les périodes de pluie abondante du printemps

Types de sols

- loam limoneux
- loam argileux
- argile



MAUVAISE CONSOLIDATION

- le travail du sol mouillé a produit des mottes qui sont trop grosses pour constituer un bon lit de semence; le travail supplémentaire du sol ne permet pas d'effriter les mottes de terre. Le lit de semence est meuble, s'assèche rapidement et fournit un mauvais contact sol-graines.

Types de sols

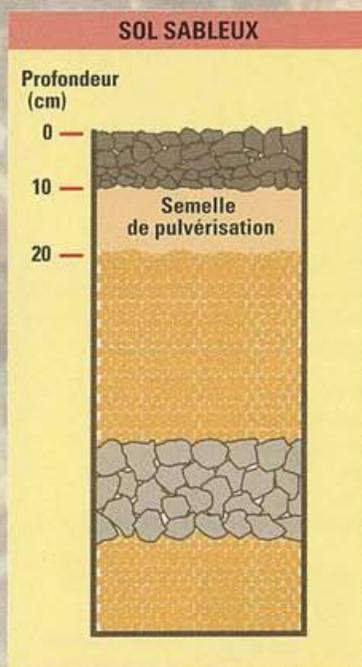
- tous les types de sols, y compris les fumiers organiques

Pratiques de gestion optimale

- un rouleau peut améliorer la situation en brisant les mottes
- travail du sol opportun : retardez le premier passage aratoire jusqu'à ce que la condition du sol soit acceptable.

MISE EN PRATIQUE

Le compactage expose le sol au stress. Les conditions météorologiques extrêmes (trop humide, trop sec) nuisent le plus au rendement des cultures.



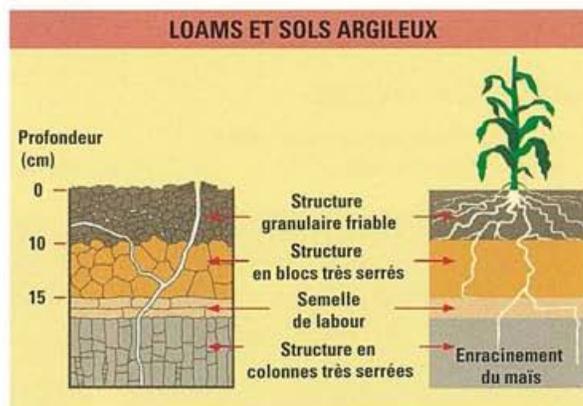
Pour que leur qualité soit assurée, les cultures d'aliments comme les tomates, les pois et le maïs doivent absolument être récoltées à temps, quel que soit l'état du sol. Si les conditions de récolte sont mauvaises, le sol peut subir des dommages considérables.

RÉSOLUTION DES PROBLÈMES STRUCTURAUX DU SOL

COMPACTAGE DU SOL

Le compactage est le processus qui fait augmenter la densité du sol par tassement des particules du sol. Il peut se produire n'importe où dans le profil pédologique, mais survient souvent près de la surface du sol ou à la profondeur du labour. Une bonne gestion peut réduire les effets du compactage sur la structure du sol.

Le compactage peut se produire dans tout type de sol. Les sols sableux comprendront une zone où les particules du sol sont fermement tassées. Les sols à texture plus fine sont souvent de plus en plus denses et résistants. L'épaisseur du compactage dépend du type d'équipement qui a causé le compactage. Les semelles de pulvérisateur se forment au fond de la zone pulvérisée. Les semelles de labour ont tendance à se former un peu plus profondément dans la profondeur de travail.



TYPES DE SOLS LES PLUS AFFECTÉS

- sables
- loams sableux
- loams limoneux, loams
- loams argileux

PRATIQUES DE GESTION À CE JOUR AJOUTANT AU PROBLÈME

- vous êtes le premier à travailler votre terre chaque saison
- la profondeur du travail primaire n'a pas changé depuis longtemps
- le travail du sol se fait sur un sol mouillé, à la profondeur de travail ou plus profondément
- les rotations sont courtes et comprennent peu de plantes fourragères ou céréales
- les cultures spéciales sont cultivées avec de courtes périodes de plantation et de récolte
- le gel ne pénètre pas régulièrement à une profondeur de 15 cm ou plus.

SYMPTÔMES DU CHAMP

- l'eau forme une mare à la surface
- les mares deviennent de plus en plus grosses
- il y a érosion.

SYMPTÔMES DES CULTURES

- la croissance peut être lente, arrêtée et variable, en particulier si les conditions météorologiques sont difficiles
- la récolte peut avoir une carence en divers éléments nutritifs
- les racines ont tendance à pousser de côté ou dans des grands trous ou de grandes fissures
- les racines qui poussent sous la couche compactée sont normales
- le bout des racines est aplati ou gonflé
- la croissance des racines se concentre à la surface des mottes
- les racines ne pénètrent pas également dans le sol.

MISE EN PRATIQUE

EFFETS DANS LE SOL

- ▶ manque de matière organique
- ▶ mauvaise structure du sol
- ▶ agrégats du sol instables
- ▶ faible infiltration d'eau – la diminution de la taille des pores et l'absence de leur continuité réduira le drainage et les capacités de rétention d'un sol
- ▶ les agrégats sont tassés en couches denses
- ▶ les pores du sol sont plus petits
- ▶ l'aération diminue; plus les pores deviennent petits, plus ils se remplissent d'eau. Le sol devient anaérobie, ce qui endommage les racines des plantes.

- ▶ le sol est de plus en plus résistant; les racines poussent uniquement dans les pores d'un diamètre plus grand que celui de la pointe de la racine. La diminution de la croissance des racines a une incidence sur la capacité de la plante d'accumuler de l'eau et des éléments nutritifs, surtout dans de mauvaises conditions de croissance.

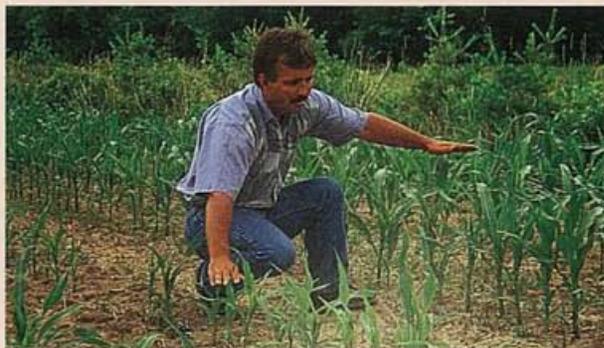
PRATIQUES DE GESTION OPTIMALES

- ▶ faites le labour et les opérations agricoles au moment opportun : ne travaillez pas les champs mouillés; le sol devrait avoir le degré d'humidité adéquat à la profondeur de travail
- ▶ drainage approprié : des tuyaux de drainage devraient être installés dans les champs avec un drainage variable
- ▶ rotations de cultures plus longues qui comprennent des plantes fourragères et des céréales
- ▶ laissez les plantes fourragères en terre pendant plus d'un an
- ▶ assurez-vous que l'équipement de labourage soulève et effrite le sol (chisel à coutres, cultivateur) plutôt que de le pulvériser et de le broyer (pulvérisateur)
- ▶ variez la profondeur de labour pour éviter la formation de semelles de labour
- ▶ contrôlez la circulation
- ▶ limitez la circulation, y compris pour le travail du sol, dans un champ
- ▶ limitez le compactage : installez les pneus de façon à pouvoir créer une longue « empreinte » étroite (pneus radiaux, gros pneus, traces)
- ▶ limitez la charge à moins de cinq tonnes par essieu.



Servez-vous d'une pelle pour examiner les racines des cultures. Ce sol à fine texture pose un problème de gestion dans la plupart des conditions. Les racines à gauche proviennent d'une zone gérée de façon habituelle. Notez le système racinaire restreint et la grosse motte solide qui comprend peu de racines entre le sarcler et la profondeur de labour. La plante de droite provient d'une zone travaillée sans labour. Le problème est attribuable à la culture continue de maïs.

VARIATIONS - COMPACTAGE ATTRIBUABLE À LA CIRCULATION



TYPES DE SOLS

- loam limoneux
- loam argileux
- argile.

SYMPTÔMES

- ornières et traces de pneus laissées lors de la récolte, du labourage ou de la plantation dans le champ et en bordure du champ
- le motif de croissance de la récolte correspond à l'espacement des roues
- plantes hautes ou courtes
- croissance lente et arrêtée
- maturité inégale.

CONSEIL PRATIQUE DE GESTION OPTIMALE

- labourez les traces de pneus ou évitez d'y planter quoi que ce soit. Voir également les pratiques de gestion optimales présentées ailleurs sur cette page-ci.

MISE EN PRATIQUE

Une personne de 170 à 180 livres peut exercer une pression allant jusqu'à 300 livres par pouce carré avec une sonde. Une plante peut exercer une pression de 100 à 250 livres par pouce carré au bout des racines.



Dans les zones compactées, les racines sont aplaties et courtes; les racines et les poils absorbants sont concentrés dans les fissures, le long des agrégats.



Lorsque vous songez à effectuer un sous-solage, il est essentiel de suivre les directives de repérage du compactage pour déterminer l'ampleur et la profondeur du problème. Le sous-solage est une méthode d'ordonnance que l'on doit utiliser avec soin afin d'éviter d'aggraver le problème.

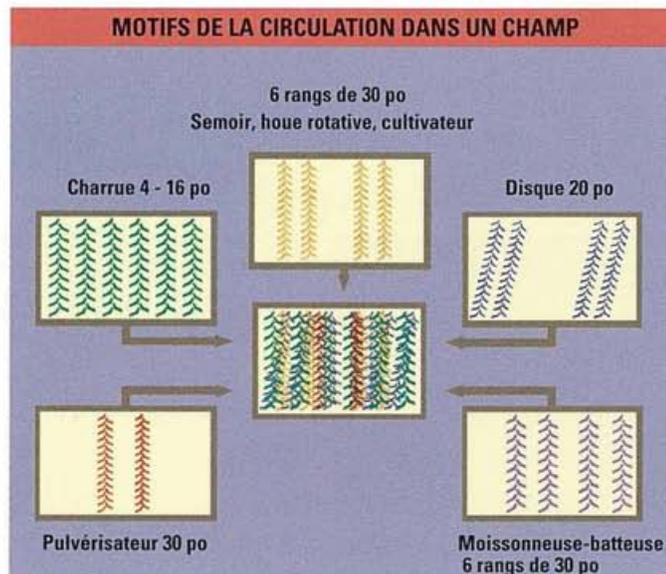
REPÉRAGE DU COMPACTAGE

Vous pouvez facilement repérer le compactage avec des outils peu dispendieux, de la façon suivante :

- identifiez les endroits où sont apparus les symptômes d'un problème de compactage possible
- à l'aide d'une sonde tubulaire ou d'une tige flexible, sondez l'endroit affecté jusqu'à une profondeur de 50 centimètres et comparez ce sol avec celui d'une clôture ou d'un endroit non touché.
- la sonde à drain doit être insérée lentement et à une vitesse régulière dans le sol
 - ▷ gardez les bras légèrement pliés pour servir de jauge de pression afin de mesurer la force requise pour faire pénétrer le bout de la sonde dans le sol
 - ▷ prenez note des profondeurs auxquelles il faut plus de force pour faire pénétrer le bout de la sonde dans le sol. Ces endroits peuvent être des endroits où les racines ne peuvent pas pénétrer.
- à l'aide d'une pelle, déterrez les plantes de l'endroit affecté et examinez les racines. Comparez-les avec celles de plantes saines d'un endroit non affecté. Si l'endroit est compacté, les racines des plantes sont déformées ou restreintes. Les racines peuvent être concentrées dans les premiers pouces du sol.

Remarque : Lorsque vous vous servez d'une sonde pour comparer le compactage entre deux champs, les endroits sondés doivent avoir une quantité semblable d'humidité pour que les résultats puissent être comparés.

ÉLÉMENTS À CONSIDÉRER POUR LE TRAVAIL DU SOL



Quelle proportion du champ est couverte de traces de pneus durant une année? La réponse est souvent 90 pour cent pour les champs à drainage conventionnel. Voici le motif des traces de pneus de tracteur au cours de la préparation traditionnelle du lit de semence. Il s'agit d'une condition idéale où l'équipement est rattaché au tracteur et où le nombre de passages aratoires est assez bas.

MISE EN PRATIQUE

PRÉPARATION DU LIT DE SEMENCE

Le travail du sol joue un rôle essentiel dans la modification de la structure de la couche arable car il brise les gros agrégats en agrégats plus petits qui conviennent aux lits de semence.

Les agrégats situés près de la graine doivent être assez petits pour fournir une humidité favorable à la germination. Il s'agit du **contact sol-graine**.

PRÉPARATION DU LIT DE SEMENCE

	LITS DE SEMENCE MEUBLES	LITS DE SEMENCE FERMEMENT TASSÉS
CAUSE	<ul style="list-style-type: none"> • lits de semence à texture trop fine • lits de semence comprenant trop de mottes 	<ul style="list-style-type: none"> • travail du sol excessif • compactage après la reprise de labour • circulation d'équipement agricole au cours de la saison de croissance
IMPACT SUR LE LIT DE SEMENCE	<ul style="list-style-type: none"> • un lit de semence trop travaillé mène à une structure en bloc • encroûtement après une lourde pluie • sol moins perméable • érosion et ruissellement accrus 	<ul style="list-style-type: none"> • la densité du sol augmente sous la couche arable • le volume de gros pores diminue • le drainage interne et le déplacement d'air sont restreints; la surface peut s'encroûter
IMPACT SUR LA CULTURE	<ul style="list-style-type: none"> • émergence tardive en raison du mauvais contact sol-graine • assèchement possible des cultures 	<ul style="list-style-type: none"> • croissance restreinte des racines • assèchement possible des cultures • flétrissement temporaire



Un lit de semence grossier peut souvent être la cause d'une mauvaise levée. Il y a trop de gros agrégats, ce qui rend le sol très meuble et offre un mauvais contact sol-graine.



Selon des recherches effectuées en Ontario, il semble que les lits de semence devraient comprendre au moins 50 % d'agrégats de 2mm en diamètre ou moins.

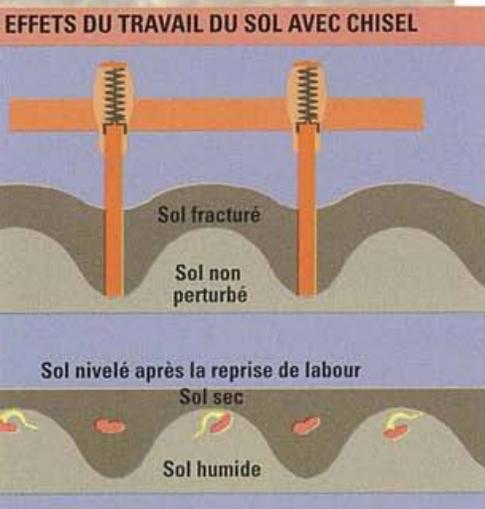
MISE EN PRATIQUE

LE CHISEL

On blâme souvent les chisels et les chisels à coutres pour de nombreux problèmes de culture, comme le faible contrôle des mauvaises herbes et la mauvaise installation d'une culture. On peut retracer l'origine des problèmes jusqu'à l'effet de l'instrument aratoire sur le sol.

Le soc étroit ou vrillé pénètre dans le sol et effrite les agrégats. Si le sol est humide, la dent n'effrite pas complètement le sol, ce qui laisse des bandes de sol mal ameubli entre des sillons de sol meuble. À en juger par la surface du champ, le sol peut sembler entièrement ameubli mais, sous la surface, le sol ressemble à celui de l'illustration dans cette page-ci.

La préparation du lit de semence ne fera qu'égaliser la surface du sol, poussant le sol sec des billons dans les raies. Ce profil à humidité inégale et l'ameublissement du sol peuvent entraîner un faible contrôle des mauvaises herbes et une mauvaise germination des cultures.



PRATIQUE DE GESTION OPTIMALE

- Installez une lame niveleuse derrière l'instrument pour niveler la région labourée et favoriser l'uniformité de l'assèchement.
- Servez-vous de socs en patte d'oie ou d'une combinaison de socs en pattes d'oie et de socs vrillés pour ameublir tout le sol. Faites attention : les dents du soc en patte d'oie peuvent lisser le sol en profondeur dans des conditions mouillées.

Avertissement : l'humidité du sol en profondeur (le niveau de travail le plus pas de l'équipement) est l'élément ayant le plus d'effet sur la réussite d'un système de travail du sol. Évitez les sols mouillés : vérifiez l'humidité du sol en profondeur (voir la page 66).



Les socs vrillés créent des billons de sol intact. Le nivelage lors des semis peut causer un profil d'humidité inégal dans le sol.



Les socs en patte d'oie ameublissent le sol et favorisent un séchage uniforme du sol. Prenez soin de vérifier l'humidité du sol à la profondeur de labour. Les socs en patte d'oie créent un effet de lissage si le sol est mouillé.

MISE EN PRATIQUE

SEMIS DIRECT – QUE SE PASSE-T-IL VRAIMENT DANS LE SOL?

L'expérience, la recherche et l'observation ont montré que les récoltes de blé d'hiver et de soja par la méthode de semis direct sont semblables ou supérieures à celles des champs travaillés selon les méthodes traditionnelles pour tous les types de sols. Cependant, le maïs pose toujours un problème – pourquoi?

On pense que le maïs est affecté par un ensemble de facteurs, y compris la plus grande densité du sol (ce qui rend le développement et la croissance des racines du maïs plus difficiles) et les sols plus froids et plus mouillés au printemps. L'impact de ces facteurs varie selon le type de sol et la gestion précédente. Par exemple, un sol sableux qui a été bien géré produira facilement du maïs par semis direct.

Il existe de nombreuses connaissances sur les outils et la machinerie nécessaires pour le semis direct. Il faut faire encore de nombreuses recherches et apporter de nombreux développements à la gestion du sol et à l'interaction entre la structure d'un sol travaillé sans labour et les plantes. Entre-temps, **si vous utilisez la méthode de semis direct, servez-vous d'une pelle pour surveiller la structure de votre sol!**

Des changements physiques, chimiques et biologiques se produisent dans les sols où l'on a utilisé la méthode de semis direct. Certains de ces changements sont de courte durée, le temps que la méthode tombe en place; d'autres changements durent plus longtemps.

CHANGEMENTS PHYSIQUES

À COURT TERME

- la densité apparente augmente de 10 % à 20 %
- les macropores disparaissent (ils deviennent plus petits)
- l'eau s'infiltré moins

À LONG TERME

- la continuité des pores est plus uniforme
- les sols sont plus froids et plus mouillés en raison de la couverture de résidus
- les agrégats sont plus stables
- les possibilités d'érosion sont moins grandes

La plus grande stabilité des agrégats et la couverture de résidus aident à réduire la possibilité d'érosion. Le ruissellement de surface peut être plus important avec la méthode de semis direct en raison de la diminution de l'infiltration d'eau, mais la couverture de résidus ralentit le déplacement de l'eau. Cela entraîne une précipitation des particules du sol. Au bout du compte, l'eau qui ruisselle est plus propre.

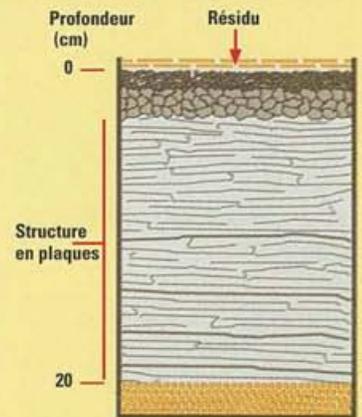
CHANGEMENTS CHIMIQUES

- la matière organique est concentrée près de la surface du sol
- la concentration de phosphore et de potassium près de la surface du sol est plus élevée.

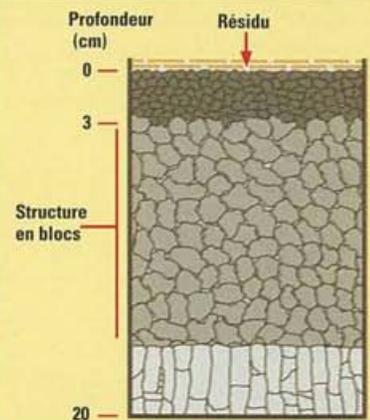
CHANGEMENTS BIOLOGIQUES

- la population de vers de terre et les populations biologiques augmentent considérablement (en particulier les champignons)
- le contenu total de carbone (matière organique) peut augmenter légèrement.

STRUCTURE DES SOLS SABLEUX ET DES LOAMS TRAVAILLÉS SANS LABOUR



STRUCTURE DES SOLS ARGILEUX TRAVAILLÉS SANS LABOUR



La couche de surface connaît une grande activité biologique et produit des agrégats stables qui se brisent facilement sous le couteur pour former un lit de semence fin. Soulevez la couverture de résidus et comparez la surface du sol avec le sol à découvert.

Sous la surface, les sols de texture moyenne ou grossière formeront des plaques, tandis que les sols argileux comprennent une couche granulaire mince sur des agrégats en blocs fins ou moyens. Avec le temps, l'argile prendra une structure définie et les agrégats seront faciles à effriter avec les doigts.

La structure illustrée ici met du temps à se former et peut être subtile.

MISE EN PRATIQUE

ÉROSION

Presque toutes les exploitations agricoles de l'Ontario sont affectées par une forme d'érosion quelconque. L'érosion est un processus naturel; cependant, les pratiques agricoles ont accéléré le rythme de l'érosion au point que la couche arable disparaît plus vite qu'elle ne se renouvelle. La perte de la couche arable sur l'exploitation agricole :

- ▶ diminue la rentabilité des récoltes
- ▶ fait augmenter le coût de production
- ▶ dégrade la couche arable
- ▶ fait augmenter le ruissellement et diminuer l'emménagement d'eau.

Hors de l'exploitation agricole, les sédiments, ou sol érodé, peuvent :

- ▶ faire augmenter le coût de l'entretien des drains et des canaux d'expédition.
- ▶ détruire l'habitat aquatique et gâcher les étendues d'eau réservées aux loisirs
- ▶ contaminer l'eau de surface lorsque le ruissellement entraîne des résidus de pesticides et des éléments nutritifs du sol.

Il existe trois principaux types d'érosion : l'érosion hydrique, l'érosion éolienne et, de façon moins grave, le travail du sol.

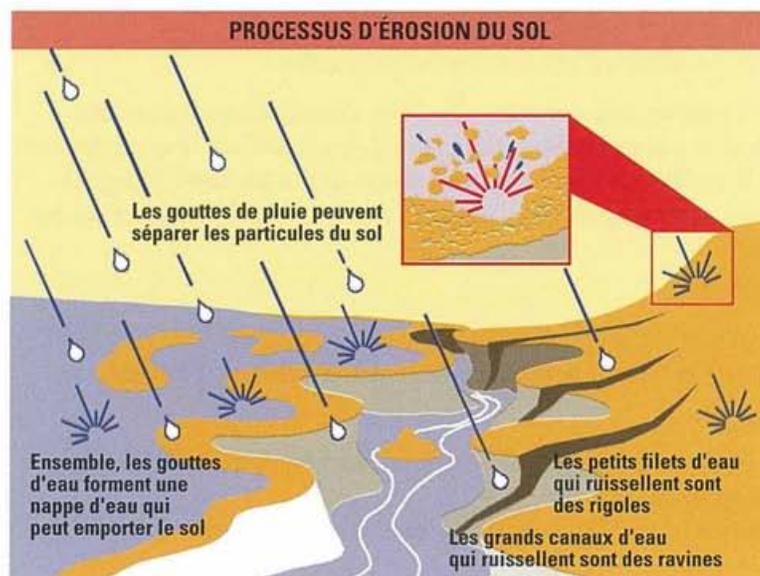
L'eau peut déplacer les particules du sol de leur emplacement d'origine de trois manières : par fractionnement (habituellement par la pluie), par déplacement (habituellement par l'eau) et par dépôt (accumulation de sol érodé).

L'eau entraîne plus que la couche arable. Elle enlève ou redistribue la matière organique, les engrais et les herbicides. Cela peut devenir très onéreux!

Plus le sol s'érode, plus la couche arable s'amincit. Vous remarquerez bientôt que le sous sol est mélangé à la couche arable. Lorsque le sous sol, moins productif, se mélange à la couche arable, la fertilité et le taux de matière organique diminuent et les récoltes peuvent diminuer.



L'érosion hydrique déplace et dépose les particules du sol. Ce champ du comté de Brant illustre certains de ces problèmes; remarquez les pentes érodées et les dépôts dans les régions basses.



MISE EN PRATIQUE

Lorsque les petits agrégats et les grains simples sont érodés, la structure du sol change. Les structures plus grosses en blocs qui sont exposées exigent un travail du sol accru et une gestion plus intensive pour créer un lit de semence acceptable. Avec le temps, l'érosion peut faire disparaître toute la couche arable et laisser uniquement le sous sol. Lorsque cela se produit, vous remarquerez plusieurs problèmes dans vos cultures; vous pourriez ne pas pouvoir faire pousser de récolte à cet endroit.

Le vent peut également nuire à la croissance de la culture. Les particules du sol peuvent se déplacer de trois façons, selon leur taille et la force du vent :

- la **suspension** se produit lorsque de très fines particules du sol sont soulevées très haut dans l'air (ceci constitue une petite partie de la quantité totale de sol emportée par le vent mais elle est la plus évidente)
- la **saltation** se produit lorsque des particules de taille fine ou moyenne sont soulevées à une courte distance du sol et retombent au sol pour déloger d'autres particules
 - ▷ le tourbillonnement et la chute des particules brisent d'autres particules et détruisent les agrégats des surface stables
 - ▷ il s'agit de la forme d'érosion éolienne la plus destructrice et on lui attribue le déplacement de 50 % à 80 % des particules du sol par l'air.
- la **reptation de surface** se produit lorsque des particules plus grosses sont libérées par le rebondissement des autres particules du sol
 - ▷ ces particules sont trop grosses pour être soulevées en l'air par la plupart des vents et doivent rouler sur la surface
 - ▷ on lui attribue 25 % du déplacement du sol par le vent.

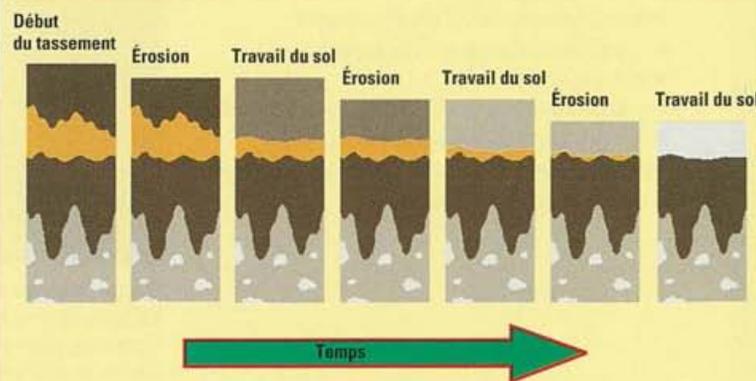
Non seulement l'érosion éolienne déplace-t-elle le sol, mais encore est-elle très néfaste pour les plantes. Les plantes peuvent être soumises au «sablage» des particules du sol transportées par l'air. L'érosion éolienne fait également disparaître la couche arable, la matière organique et les intrants de culture des terres labourables, ce qui peut être très dispendieux. Lorsque le sol se dépose après une tempête de vent, les graines ou les plantes peuvent être enterrées.

Les pertes d'engrais et d'herbicides attribuables à l'érosion hydrique coûtent environ 68 millions de dollars par an aux agriculteurs de l'Ontario.



Les sols organiques sont particulièrement sujets à l'érosion éolienne. Un vent d'une vitesse d'aussi peu que 20 km/h peut commencer à déplacer les sols organiques.

PERTES DE SOL ET DE LA QUALITÉ DU SOL ATTRIBUABLES À L'ÉROSION



L'érosion diminue la fertilité et la productivité d'un sol. Il s'agit d'un cercle vicieux. Plus il y a d'érosion, moins la production est grande, ce qui signifie qu'il y a moins de résidus dans le sol, et que, de ce fait, la surface du sol est moins protégée.

QUELLE EST L'AMPLEUR DE LA PERTE DE COUCHE ARABLE ATTRIBUABLE À L'ÉROSION HYDRIQUE ET À L'ÉROSION ÉOLIENNE?

Certaines régions du Sud-Ouest de l'Ontario perdent chaque année jusqu'à 150 tonnes de couche arable par hectare. Une quantité acceptable emportée par l'érosion serait de 3 tonnes par hectare.

N'oubliez pas qu'il faut des milliers d'années pour que la couche arable se forme, mais elle peut disparaître en quelques décennies à cause de l'érosion.

MISE EN PRATIQUE

RÉSOLUTION DES PROBLÈMES D'ÉROSION

ÉROSION HYDRIQUE

L'érosion hydrique se définit comme le déplacement du sol par l'eau. Lorsque le sol est gorgé d'eau ou que la pluie tombe plus vite que ne peut l'absorber le sol, l'eau (p. ex. la pluie) ruisselle sur la surface.



L'érosion en rigoles suit souvent les cours d'eau naturels et les plans artificiels de faiblesse dans le sol. Deux exemples de cette faiblesse sont indiqués par le marqueur sec et, comme on le voit ici, une dérayure.



Le ravinement se caractérise par une rigole qui est trop large pour être traversée avec l'équipement et que l'on ne peut pas remplir lors des travaux aratoires.

TYPES DE SOLS

- tous les types de sols
- il s'agit d'un problème sérieux pour les loams limoneux, les loams sableux très fins et les loams

- le problème est le plus grave sur les pentes escarpées et irrégulières.

PRATIQUES DE GESTION À CE JOUR

- travail primaire du sol chaque automne
- travail du sol dans le sens de la pente
- cultures en ligne
- peu ou pas de résidus de récolte laissés en surface
- aucune plante couvre-sol n'a été plantée
- un lit de semence à texture fine a été préparé; il peut s'être tassé ou boudiné.



De nombreuses plantes horticoles de grande culture, comme le raisin, sont cultivées en lignes. Le printemps est la période la plus dangereuse pour l'érosion dans les cultures en lignes car le sol entre les lignes est nu, non protégé par le feuillage des cultures.

MISE EN PRATIQUE

SYMPTÔMES DU CHAMP

- ▶ des rigoles ou des entailles se forment à la surface du sol après la pluie ou la fonte des neiges
- ▶ le sol s'est accumulé au pied des pentes ou dans les dépressions
- ▶ au printemps, les sols travaillés à l'automne semblent ruisseler ensemble
- ▶ le talus de fossé est couvert de terre
- ▶ des ravins se sont formés dans le champ et l'équipement aratoire ne peut les remplir
- ▶ la terre des monticules est plus pâle et des pierres sont parfois visibles sur le dessus et les côtés
- ▶ les cultures sont couvertes de terre.

SYMPTÔMES DES CULTURES

- ▶ le développement et le rendement de la récolte varient à travers un champ, les monticules comprenant moins de plantes et des plantes plus petites
- ▶ lors des sécheresses, les cultures des monticules en ressentent les effets avant le reste du champ
- ▶ on voit les graines dans les sillons après une lourde pluie.



Les lourdes pluies et le ruissellement et l'érosion qu'ils ont causée ont réduit le nombre de plants dans ce champ de concombres. Les autres plantes sont en état de choc dans certains endroits du champ en raison du déplacement de l'eau et du sol.



L'érosion hydrique déplace le sol d'un endroit à l'autre. Ici, elle enfouit des fèves soja.

EFFETS DANS LE SOL

- ▶ il y a perte de matière organique
- ▶ le sol s'est déplacé (les agrégats se sont effrités et se sont détachés)
- ▶ il y a perte de couche arable
- ▶ des rigoles ou des ravins se sont formés dans les champs
- ▶ l'infiltration se fait mal et la capacité de rétention diminue
- ▶ le sol s'encroûte et le ruissellement augmente
- ▶ la fertilité diminue dans les régions érodées
- ▶ la fertilité et la quantité de matière organique augmentent dans les dépôts (qui peuvent se trouver à l'extérieur du champ).

PRATIQUES DE GESTION OPTIMALES

- ▶ servez-vous de méthodes de travail réduit du sol; semis direct, labour minimum ou billonnage
- ▶ pratiquez la gestion des résidus; prévoyez de laisser au moins 30% de résidus de culture sur la surface du sol après la plantation
- ▶ faites la rotation des cultures et alternez les cultures en ligne avec la culture dense
- ▶ drainez les champs mouillés
- ▶ construisez des structures de lutte contre l'érosion là où c'est nécessaire
- ▶ pratiquez la culture en bandes alternantes et utilisez des bandes tampons
- ▶ travaillez le sol et plantez les cultures en travers de la pente si possible, ou utilisez une méthode de culture en rangs isohypses.



Les méthodes de travail réduit du sol laissent des résidus à la surface du sol. Les résidus empêchent l'érosion de plusieurs façons : ils interceptent les gouttes de pluie et créent une série de «mini-barrages» qui ralentissent le flot d'eau à travers les champs.

MISE EN PRATIQUE

RÉSOLUTION DES PROBLÈMES D'ÉROSION

ÉROSION ÉOLIENNE

L'érosion éolienne consiste en le déplacement du sol par les courants d'air ou par le vent.

TYPES DE SOLS

- ▶ tous les sols
- ▶ les sables, les loams sableux et les sols organiques y sont le plus sujets.

PRATIQUES DE GESTION À CE JOUR

- ▶ peu ou pas de résidus de culture sont laissés à la surface du sol
- ▶ le travail du sol se fait à l'automne
- ▶ on a recours à de courtes rotations, surtout de cultures en ligne ou de cultures de courte saison, p. ex. les légumes
- ▶ on ne fait pas pousser de plantes couvre-sol ou on les plante trop tard
- ▶ le sol est travaillé jusqu'à ce que le lit de semence soit très fin
- ▶ il peut avoir été boudiné et tassé (ce qui crée une surface plate)
- ▶ les clôtures ont été enlevées.

SYMPTÔMES DU CHAMP

- ▶ la surface du sol semble égale ou ondulée comme du sable de plage
- ▶ les monticules sont de couleur plus pâle
- ▶ durant l'hiver, la neige est brune
- ▶ le sol s'est accumulé du côté de tout obstacle comme les bâtiments, l'équipement, les arbres, les fossés, les routes.

SYMPTÔMES DES CULTURES

- ▶ les semences ou les semis ont été exposés, déplacés ou enterrés
- ▶ les plantes peuvent sembler flétries ou brûlées
- ▶ les tiges et les feuilles portent de petits trous ou des écorchures
- ▶ les tiges peuvent être dépourvues de feuilles
- ▶ la croissance de la culture est lente, arrêtée, inégale
- ▶ la population de plantes peut être inégale.



Ces oignons à repiquer fraîchement plantés ont été exposés à l'action du vent.



L'érosion éolienne peut être très destructive pour les cultures, comme le démontre ce plant de tomate. Les feuilles semblent être brûlées et la plante porte des écorchures causées par les particules du sol. Le passage violent de sable peut réduire les récoltes de tomates de moitié.



L'érosion éolienne peut se produire chaque fois que le sol est nu. La surface du sol peut sembler lisse ou ondulée comme une plage ou, comme on le voit ici, le sol peut s'accumuler du côté d'un obstacle (ici une clôture).

MISE EN PRATIQUE

EFFETS DANS LE SOL

- ▶ fractionnement et déplacement des particules du sol
- ▶ affaissement de toute structure de surface.
- ▶ perte de matière organique
- ▶ perte de fertilité.

PRATIQUES DE GESTION OPTIMALES

- ▶ faites la rotation des cultures
 - ▷ alternez les cultures en ligne avec les cultures denses
- ▶ maintenez et faites augmenter les niveaux de matière organique
 - ▷ incluez les plantes fourragères et les céréales dans la rotation
 - ▷ épandez du fumier (gestion du fumier) ou d'autres matières organiques
- ▶ plantez de l'engrais vert après les cultures de courte saison
- ▶ gardez le sol couvert de plantes couvre-sol
 - ▷ plantez-les dès que possible
 - ▷ assurez-vous que la texture de la surface reste grossière
- ▶ servez-vous de méthodes de travail réduit du sol qui laissent des résidus et une texture de surface grossière
- ▶ essayez de laisser 30% de résidus de surface après la plantation
- ▶ plantez des brise-vent et servez-vous d'autres méthodes de lutte contre le vent comme



Un sol meuble, sec et exposé est sujet à l'érosion éolienne. Les éléments essentiels de prévention sont illustrés ici :

- gardez le sol couvert – seigle comme plante couvre-sol
- gardez la surface du sol grossière – travail au chisel
- diminuez la surface du champ ou interrompez la course du vent – plantez des arbres brise-vent.

- des bandes de seigle d'hiver
- ▶ servez-vous de la culture en bandes alternantes pour ralentir le passage du vent.

TRAITEMENTS D'URGENCE

- ▶ irriguez mais humectez la surface avant les bourrasques (à court terme)
- ▶ épandez du matériel pour couvrir et rendre la surface plus grossière – paille, épis, etc.
 - ▷ cela peut constituer un problème si la récolte se fait mécaniquement, comme pour les tomates
- ▶ créez des rideaux-abris
 - ▷ mettez des clôtures à neige, des charrettes, des bottes de foin, etc. pour diminuer la vitesse du vent. Attention aux écarts car ils peuvent créer une saillie ou canaliser le vent.



On peut utiliser de nombreux matériaux comme les épis de maïs pour contrôler l'érosion éolienne en cas d'urgence. Lorsque vous choisissez les matériaux, tenez compte des problèmes possibles pour la récolte et planifiez de façon à éviter le problème l'année suivante.

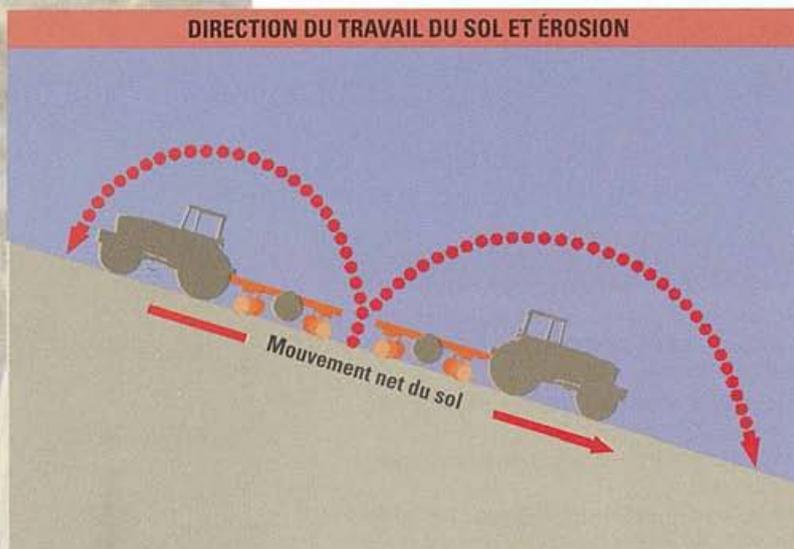


L'irrigation au moment opportun peut aider à diminuer l'érosion éolienne.

MISE EN PRATIQUE

RÉSOLUTION DES PROBLÈMES D'ÉROSION

ÉROSION ATTRIBUABLE AU TRAVAIL DU SOL



Si vous labourez une pente en montant et en descendant, la charrue pousse le sol vers le haut mais la gravité le fait redescendre. Si vous labourez en descendant, la charrue et la gravité poussent toutes deux le sol vers le bas. Le sol descend progressivement la pente. Il y a donc perte nette de sol sur les pentes ou les monticules.

«Le pulvérisateur tandem est probablement l'appareil aratoire causant le plus d'érosion.»

*David A. Lobb,
spécialiste de la conservation du sol*

TYPES DE SOLS

► tous les types de sols

► topographie ondulée la plus courante.

PRATIQUES DE GESTION À CE JOUR

- charrue à versoirs ou chisel à socs vrillés employés pour le travail primaire (tout système aratoire qui tend à repousser la terre)
- le champ est en pente ou vallonneux
- le labourage se fait habituellement de bas en haut et de haut en bas de la pente.



L'érosion attribuable au travail du sol et l'effet diluant de la plus grande profondeur de travail ont exposé le sous-sol blanc de ce champ.

MISE EN PRATIQUE

SYMPTÔMES DU CHAMP

- ▶ le sol des monticules ou des pentes est plus pâle et aride
- ▶ l'érosion éolienne est pire que prévu sur le haut des pentes érodées par le travail du sol
- ▶ une grande quantité de terre s'est accumulée sur les pentes plus basses
- ▶ le sous-sol calcaire peut superposer le sol organique riche dans le bas des pentes.



Si vous labourez dans le sens d'une pente, la gravité déplace plus de terre vers le bas que vers le haut.

On a rapporté une perte de sol allant jusqu'à 2 mètres dans le haut des pentes.

SYMPTÔMES DES CULTURES

- ▶ la croissance des cultures peut être retardée
- ▶ les cultures peuvent ne pas pousser sur les monticules
- ▶ la croissance et le développement des cultures varient grandement à travers le champ
- ▶ les pertes dans les zones érodées sont de l'ordre de 30 % à 50 %.



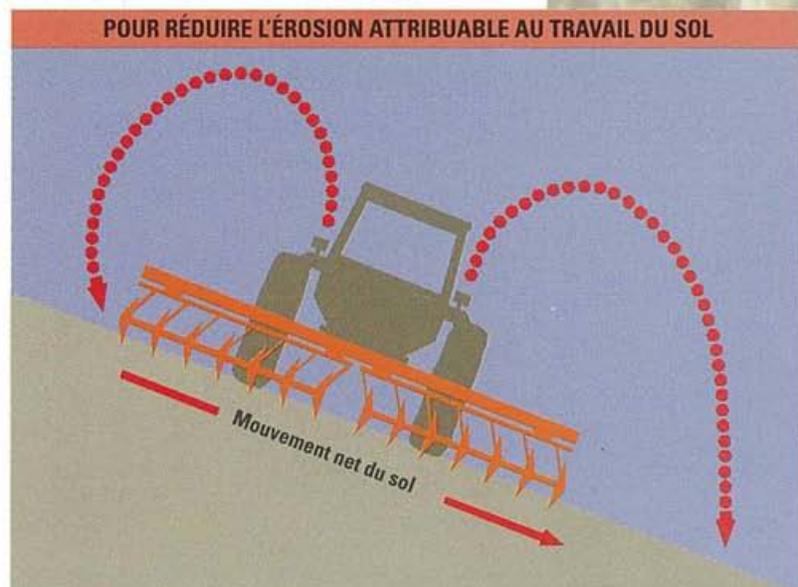
Quel est l'impact de l'exposition du sous-sol sur la production? Voici une photo du même champ au cours de la saison de croissance.

EFFETS DANS LE SOL

- ▶ il y a perte de matière organique dans les pentes
- ▶ le sol se déplace progressivement vers le pied de la pente
- ▶ le sous-sol est travaillé sur les monticules
- ▶ la structure du sol est mauvaise
- ▶ il y a perte de matière organique sur le haut des pentes.

PRATIQUES DE GESTION OPTIMALES

- ▶ si possible, travaillez le sol en travers, et non pas en montant et en descendant la pente
- ▶ servez-vous de méthodes de travail réduit du sol, comme le travail minimum ou le semis direct, sur les terres valonneuses
- ▶ laissez les monticules et le haut des pentes érodés couverts de végétation aussi longtemps que possible pour réduire l'érosion hydrique
- ▶ réduisez la vitesse et la profondeur du travail du sol (voir le manuel d'instructions pour obtenir des recommandations)
- ▶ semez des plantes couvre-sol ou ajoutez d'autres sources de matière organique comme le fumier afin de remettre les sols érodés en état
- ▶ si les pentes et les monticules sont très érodés ou très escarpés, songez à mettre la terre en jachère ou à planter des plantes fourragères permanentes dans ces endroits.



Le travail du sol en travers des pentes réduit le déplacement graduel du sol vers le bas de la pente.

MISE EN PRATIQUE

AUTRES PROBLÈMES DE GESTION DU SOL

Bien que le compactage et l'érosion soient les deux problèmes les plus courants de gestion du sol, il en existe d'autres aussi.

SOLS SÉCHANTS

Les sols séchants ont une faible capacité de rétention en raison du grand nombre de gros pores. Comme on l'indique à la page 11, les gros pores se drainent rapidement, tandis que les pores plus petits retiennent l'eau disponible pour les plantes. Les gros pores sont pleins d'air, ce qui augmente l'oxydation ou la perte de matière organique, diminuant encore la possibilité d'entreposer l'eau.

Grâce à l'irrigation, les sols qui ont tendance à s'assécher peuvent être très productifs. Les cultures légumières de grande valeur poussent bien dans plusieurs de ces sols. Cependant, le faible rendement de matière végétale provenant de la production de légumes n'améliore pas la capacité de rétention des sols séchants.

Lorsque vous examinez le lieu de production pour vérifier sa sécheresse, assurez-vous que les symptômes de manque d'eau ne sont pas attribuables à d'autres facteurs, comme un système racinaire restreint.

TYPES DE SOLS

- sables
- loam sableux.

PRATIQUES DE GESTION À CE JOUR

- rotations incluant la luzerne; on n'utilisait pas de céréales
- on ne laisse pas de résidus de culture en surface.

SYMPTÔMES DU CHAMP

- le sol est habituellement sec et, après la pluie, l'eau s'infiltrerait rapidement dedans.

MISE EN PRATIQUE

SYMPTÔMES DES CULTURES

- ▶ les cultures sont en état de choc et flétries; les feuilles sont incurvées
- ▶ les plantes sont jaunes et ont l'air de manquer d'azote
- ▶ les cultures sont rabougries.



Les symptômes de sécheresse sont très visibles sur le maïs - les plants sont flétris et vert pâle et les feuilles se recroquevillent. De plus, la sécheresse du sol peut ralentir le déplacement et l'absorption d'éléments nutritifs mobiles comme l'azote, qui pénètre dans la plante dans l'eau.

EFFETS DANS LE SOL

- ▶ faible capacité de rétention d'eau
- ▶ manque de matière organique.

PRATIQUES DE GESTION OPTIMALES

- ▶ utilisez des méthodes de travail réduit du sol et pratiquez la gestion des résidus pour créer une couche de résidus qui conservera et retiendra l'humidité
- ▶ plantez des plantes couvre-sol
- ▶ incluez des plantes fourragères dans la rotation des cultures
- ▶ épandez du fumier (gestion du fumier) ou d'autres matières organiques pour faire augmenter la quantité de matière organique du sol et augmenter sa capacité de rétention
- ▶ irriguez les cultures de grande valeur en ayant recours à des systèmes d'horaires d'irrigation pour conserver l'eau
- ▶ adoptez de bonnes pratiques d'irrigation comme l'irrigation en fin d'après midi ou le soir pour diminuer l'évaporation.



Les sols séchants ont tendance à contenir de faibles niveaux de matière organique, à retenir peu d'eau et à avoir une forte tendance au lessivage d'éléments nutritifs. L'application de fumier peut permettre d'augmenter les niveaux de matière organique et de fournir des éléments nutritifs. Par contre, il faut faire attention d'appliquer des quantités raisonnables de fumier, juste avant les semences, afin de réduire les possibilités de lessivage.



MISE EN PRATIQUE

AUTRES PROBLÈMES DE GESTION DU SOL

AFFAISSEMENT

L'affaissement est la baisse graduelle de la surface d'un sol organique ou la diminution de l'épaisseur de la matière organique.

Au cours de centaines d'années, les sols organiques se sont créés à partir des couches de plantes accumulées dans les régions basses et humides. La haute nappe phréatique crée des conditions anaérobies qui ralentissent la décomposition des matières organiques. Cependant, le drainage est essentiel pour produire des cultures légumières de grande valeur.

Lorsque la terre noire d'origine a été drainée et labourée, le processus d'affaissement commence. La matière organique disparaît ou se décompose de nombreuses façons :

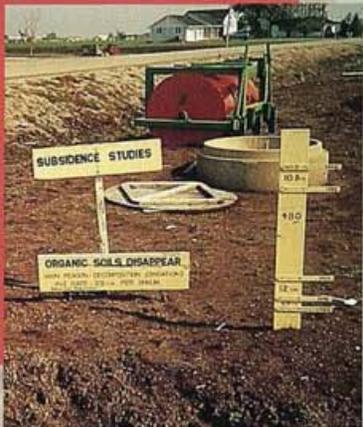
- ▶ par l'érosion éolienne
- ▶ par l'érosion hydrique
- ▶ par l'oxydation biologique
 - ▷ le drainage et le labourage ajoutent de l'air au sol, ce qui accélère la dégradation des matières organiques par les bactéries aérobies.

L'oxydation biologique est la principale cause d'affaissement.

À moins qu'il ne soit géré de façon appropriée, l'affaissement peut réduire rapidement l'épaisseur de matière organique et exposer le sous-sol minéral. Tôt ou tard, la matière organique qui reste est diluée à mesure qu'elle s'intègre au sous-sol minéral. Cela rend le sol moins productif.



Les sols organiques sont très productifs. Cependant, leur durée de productivité peut grandement diminuer si l'épaisseur du sol diminue, dans un processus appelé affaissement.



Des pertes importantes de sol sont attribuables à l'affaissement. Par exemple, à la station de recherche sur le sol organique de Bradford, on a mesuré les pertes suivantes :

1945-1957	1,08 cm/an
1957-1967	4,8 cm/an
1967-1975	1,08 cm/an
1975-1983	0,47 cm/an

Un total de 73,4 cm sur une période de 38 ans.

TYPES DE SOLS

- ▶ sols organiques ou terres noires.



Il est très facile de trop travailler les sols organiques, ce qui accélère l'émission de la matière organique.

MISE EN PRATIQUE

PRATIQUES DE GESTION À CE JOUR

- ▶ sol drainé
- ▶ labourage régulier.

SYMPTÔMES DU CHAMP

- ▶ l'épaisseur de la couche arable diminue
- ▶ le sous-sol est souvent exposé par la charrue
- ▶ les fondations ou les objets enfouis peuvent être exposés.

SYMPTÔMES DES CULTURES

- ▶ des carences d'éléments nutritifs peuvent se produire
- ▶ la récolte peut être moins abondante et de qualité inégale.
- ▶ les pesticides peuvent interagir en raison du changement de pH et des changements dans la matière organique

PRATIQUES DE GESTION OPTIMALES

- ▶ maintenez le niveau de la nappe phréatique pour diminuer l'aération afin de minimiser le taux d'oxydation de la matière organique
 - ▷ si les terres sont en friche, maintenez le niveau de la nappe phréatique aussi près de la surface du sol que possible
 - ▷ pendant la saison des récoltes, maintenez le niveau de la nappe phréatique au niveau maximum pour la culture cultivée
- ▶ ajoutez du cuivre au sol pour ralentir la décomposition ou la perte de matière organique
 - ▷ le cuivre élimine certains enzymes du sol qui décomposent la matière organique
- ▶ plantez des plantes couvre-sol pour garder le sol couvert et y remettre des matières organiques
- ▶ contrôlez l'érosion éolienne et l'érosion hydrique pour éliminer la perte de sol (voir les pages 42 à 45).



Servez-vous de systèmes de contrôle de l'eau pour diminuer l'exposition du sol à l'air.



Les plantes couvre-sol précoces comme l'avoine ou l'orge permettent de diminuer la perte de sol attribuable à l'érosion et ajoutent de la matière organique au sol. Les plantes couvre-sol d'automne et d'hiver constituent une protection et un apport de matière organique précieux.



MISE EN PRATIQUE

AUTRES PROBLÈMES DE GESTION DU SOL

CHAMPS MOUILLÉS (OU NATURELLEMENT MAL DRAINÉS)

Les endroits mouillés sont souvent le symptôme d'autres problèmes comme le compactage. Cependant, certains types de sol, en raison de leur position dans le paysage ou de leur structure et de leur sous-sol, sont naturellement mal drainés.

Si les sols mal drainés sont négligés ou mal gérés, ils peuvent présenter d'autres problèmes :

- ▶ les sols mouillés sont plus sujets aux dommages structuraux en raison du travail du sol et des activités de plantation et de récolte
- ▶ les sols mouillés sont plus froids et, comme ils se réchauffent lentement, les récoltes peuvent être moins abondantes.

TYPES DE SOLS

- ▶ loam limoneux
- ▶ loam argileux
- ▶ argile
- ▶ les sols à taux de matière organique élevé.

PRATIQUES DE GESTION À CE JOUR

- ▶ champs bas cultivés sans drainage
- ▶ cultures continues en ligne, sans rotation, avec des plantes fourragères ou des céréales
- ▶ plus de 3 passages aratoires et préparation d'un lit de semence trop fin.

SYMPTÔMES DU CHAMP

- ▶ il y a de l'eau dans le champ
- ▶ le champ est détrempé au printemps et après le labour d'automne (une épaisse couche de résidus peut avoir été enterrée lors du travail du sol)
- ▶ il y a un suintement évident le long des pentes
- ▶ le champ est plein d'ornières après la récolte
- ▶ le champ met du temps à sécher au printemps.



Les sols mouillés exigent une gestion soigneuse et un travail au moment opportun.



Les sols mouillés produisent souvent un cercle vicieux : le sol mouillé se compacte lors du travail du sol et de la récolte, ce qui réduit le déplacement d'eau. La mauvaise structure du sol laisse le sol mouillé, et le cycle recommence.

MISE EN PRATIQUE

SYMPTÔMES DES CULTURES

- ▶ les cultures sont jaunes ou mortes à certains endroits
- ▶ les plantes sont en état de choc et les dommages attribuables aux insectes et aux maladies sont évidents
- ▶ les cultures à racines profondes qui hivernent dans les champs sont déchaussées
- ▶ la croissance des racines est concentrée à une faible profondeur.



Les cultures tardives sont plus faciles à établir dans les sols mouillés, mais leur survie durant l'hiver peut constituer un problème.



Les sols mouillés exigent que les travaux aux champs se déroulent au bon moment. Notez le compactage et le lissage sur le côté qui se sont produits durant la plantation. Cela a empêché les racines des semis de pousser.

EFFETS DANS LE SOL

- ▶ le sol est toujours mouillé
- ▶ la nappe phréatique est haute
- ▶ il y a très peu d'espaces remplis d'air
- ▶ le sol est frais
- ▶ la structure du sol est mauvaise
- ▶ il y a dénitrification.

PRATIQUES DE GESTION OPTIMALES

- ▶ installez des tuyaux ou des drains de surface
- ▶ cultivez des récoltes mieux adaptées à l'humidité du sol ou des récoltes que l'on plante plus tard durant la saison de croissance comme le soja, le blé d'hiver (la survie durant l'hiver peut varier)
- ▶ traitez les semences
- ▶ utilisez des variétés ayant une résistance ou une tolérance aux maladies
- ▶ utilisez une méthode de travail réduit du sol comme le billonnage, qui créera une zone de sol plus sec pour la croissance des plantes
- ▶ labourez le sol soigneusement pour exposer le sol à l'air et favoriser l'évaporation et le réchauffement du sol
- ▶ faites la rotation des cultures
 - ▷ utilisez des cultures à racines profondes comme la luzerne, le trèfle, etc.
- ▶ favorisez la présence de populations de vers de terre pour le développement des macropores en laissant des résidus sur la surface du sol
- ▶ choisissez le bon moment pour labourer le sol et effectuer les opérations agricoles
 - ▷ minimisez le nombre de labourages pour diminuer le compactage.
- ▶ songez à planter des cultures de pâture ou des arbres.



MISE EN PRATIQUE

PRATIQUES DE GESTION OPTIMALES DU SOL

Il existe souvent plusieurs pratiques de gestion optimales à utiliser seules ou ensemble pour régler un problème de gestion du sol.

Dans cette section, les pratiques de gestion optimales sont expliquées en détail et accompagnées d'une liste de sources d'information.

BANDES TAMPONS

Les bandes tampons sont des bordures permanentes d'herbe autour des champs ou le long des cours d'eau qui aident à diminuer l'écoulement de sol dans les ruisseaux.

Les bandes tampons peuvent :

- ▶ servir de filtre pour ralentir l'eau et attraper des particules de sol
 - ▷ elles devraient mesurer au moins de 3 à 6 mètres pour filtrer efficacement
 - ▷ elles réduisent la quantité de sédiments qui s'écoule dans les fossés et les ruisseaux
- ▶ aider à maintenir la structure des sols dans les endroits où la circulation est intense
 - ▷ elles permettent de faire pousser des cultures au système racinaire solide s'il y a beaucoup de circulation à cet endroit.

Pour obtenir d'autres renseignements sur la conception, les espèces de graminées et la gestion des bandes tampons, consultez la fiche technique du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario sur les bandes tampons qui sera bientôt publiée. Voir aussi les fascicules *Gestion de l'agroforesterie et de l'habitat* et *Grandes cultures* de la série «Les pratiques de gestion optimales».



Les bandes tampons sont de mise le long de tous les cours d'eau et de tous les fossés afin de stabiliser la rive et de diminuer l'érosion. Une bande de 3 à 6 mètres n'exige pas beaucoup de terre de production à l'exploitation agricole moyenne.

MISE EN PRATIQUE

PLANTES COUVRE-SOL

On fait pousser les plantes couvre-sol pour protéger le sol en jachère.

Les plantes couvre-sol :

- ▶ permettent de maintenir la structure du sol
- ▶ ajoutent de la matière organique
- ▶ absorbent les éléments nutritifs en surplus
- ▶ permettent de lutter contre les ennemis des cultures.

Une grande variété d'espèces végétales sont utilisées comme plantes couvre-sol. Lorsque vous choisissez une plante couvre-sol, demandez-vous :

- ▶ quel usage vous voulez en faire
- ▶ comment vous allez la contrôler
- ▶ si elle fournira des éléments nutritifs au sol ou si elle en utilisera
- ▶ quels seront les coûts – semence, contrôle, plantation
- ▶ si son arrière-effet sera de devenir une mauvaise herbe
- ▶ quelle est sa place dans votre système de culture
- ▶ quelles sont les implications en termes d'ennemis des cultures, comme les nématodes.

Consultez la fiche technique du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario intitulée *Les plantes couvre-sol en agriculture durable*, 90 196, Agdex 537. Voir également les fascicules *Cultures horticoles* et *Grandes cultures* de la série «Les pratiques de gestion optimales».



L'avoine est une bonne plante couvre-sol si on la plante tôt. Cependant, plantée tard ou dans des sols à texture très grossière, la récolte d'avoine peut «passer au sablage» pendant l'hiver et disparaître.



Les légumineuses comme le trèfle ont également une grande valeur comme plantes couvre-sol en raison de l'azote qu'elles produisent et de leur structure racinaire différente. Cependant, il vous faudra songer aux mesures de contrôle nécessaires pour ces cultures.

MISE EN PRATIQUE

ROTATION DES CULTURES

La rotation des cultures consiste à alterner les récoltes de plantes fourragère et de céréales avec les cultures en ligne. Les plantes fourragères ou les céréales sont semées en pleine surface, tandis que les cultures en ligne exposent le sol pendant la majeure partie de l'année et y laissent peu de résidus.

Les plantes fourragères et les céréales ont un système racinaire qui améliore la structure du sol et y laisse de la matière organique. De plus, certaines de ces cultures hivernent, ce qui produit un excellent couvre-sol à la fin de l'hiver et au printemps, périodes où l'érosion est le plus susceptible de se produire.

AVANTAGES

- la rotation fait habituellement augmenter la récolte de 5 à 15 %
- les frais diminuent
 - ▷ les cultures de légumineuses peuvent fournir de l'azote aux cultures suivantes
 - ▷ la rotation des cultures vous permet d'utiliser un éventail de produits chimiques, ce qui offre habituellement un meilleur contrôle à moindres frais et diminue la possibilité que les mauvaises herbes de résistent aux herbicides
 - ▷ les cycles de présence des insectes et des maladies sont brisés, p. ex. la première année, on n'a pas besoin de mettre d'insecticide contre le chrysomèle du maïs
 - ▷ la charge de travail est répartie sur une portion plus grande de la saison de croissance, ce qui fait diminuer les risques de dommages aux cultures causés par les intempéries.
 - ▷ les besoins et le moment de travailler le sol font également l'objet d'une rotation

Pour obtenir d'autres renseignements, consultez les fascicules *Cultures horticoles* et *Grandes cultures* de la série «Les pratiques de gestion optimales» et la publication 296 du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario intitulée *Recommandations concernant les grandes cultures en Ontario*.



L'inclusion de céréales et de plantes fourragères dans la rotation des cultures commerciales améliorera la structure du sol. La rotation a autant d'importance dans les champs cultivés sans travail du sol.

MISE EN PRATIQUE

DRAINAGE

Certains sols de l'Ontario sont naturellement bas ou ont des nappes phréatiques élevées et doivent être drainés. Le drainage comporte de nombreux avantages pour les cultures et augmente la valeur des terres agricoles.

La terre peut être drainée de nombreuses façons. Consultez un entrepreneur en drainage expérimenté et titulaire d'un permis pour connaître les méthodes de drainage rentables pour vos champs.



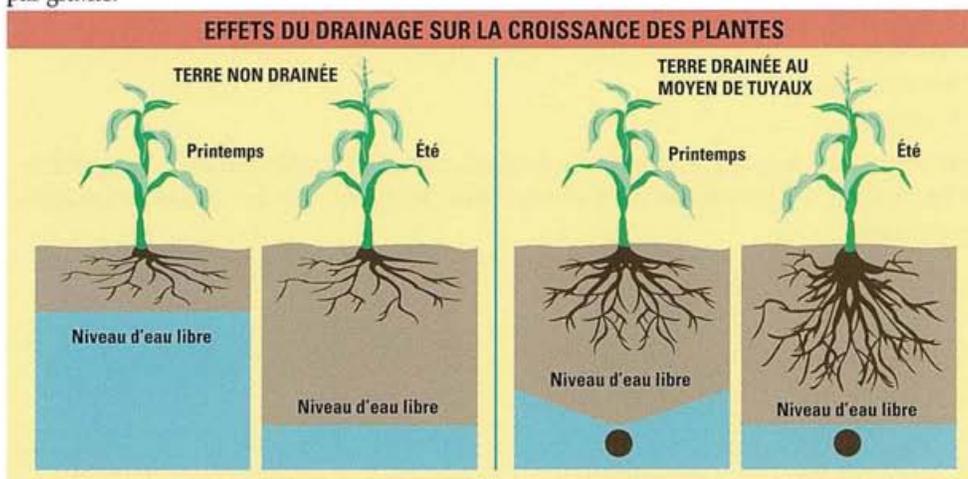
Les drains souterrains éliminent l'excédent d'eau du profil pédologique.

DRAINS SUPERFICIELS

Les drains superficiels font écouler l'eau de surface dans des fossés ouverts peu profonds mais ont un effet limité sur la nappe phréatique. On s'en sert habituellement pour les sols à texture fine (p. ex. argile, loam argileux) où le drainage à l'aide de tuyaux n'a pas l'effet désiré. S'ils sont mal utilisés, ils peuvent causer des problèmes. Les drains superficiels doivent être conçus de manière à diriger l'eau dans une descente empierrée.

DRAINS SOUTERRAINS

Ces drains éliminent l'excédent d'eau dans le profil pédologique. L'eau s'écoule dans les tuyaux par gravité.



Un bon drainage est essentiel à la croissance des plantes. Un mauvais drainage ne permet pas la croissance de racines profondes, ce qui rend les plantes plus sensibles aux dommages causés par la sécheresse et aux carences en éléments nutritifs.

MISE EN PRATIQUE

AVANTAGES

- ▶ réduit le ruissellement en surface de l'eau contaminée
- ▶ réduit le compactage du sol
- ▶ fait augmenter le rendement des récoltes
- ▶ améliore la synchronisation des opérations agricoles
- ▶ peut allonger la saison de croissance
- ▶ peut donner plus de choix pour la rotation
- ▶ peut servir au drainage et peut-être à l'irrigation souterraine.

INCONVÉNIENTS

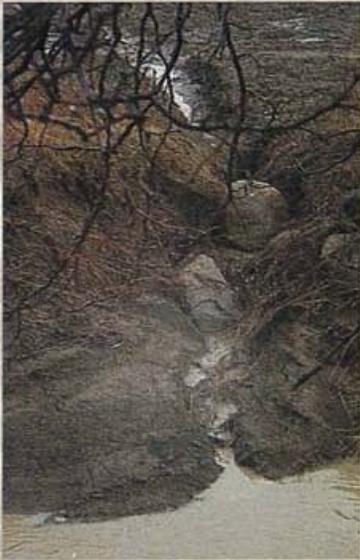
- ▶ peut accroître le risque d'écoulement d'éléments nutritifs dans les cours d'eau par l'intermédiaire des tuyaux
- ▶ peut accroître le risque d'inondation en aval au printemps
- ▶ peut endommager les marécages ou détruire les petits marécages
- ▶ change le débit des eaux souterraines se jetant dans les cours d'eau
- ▶ coût en capital élevé
- ▶ exige un certain entretien.

SOLS ORGANIQUES

Les sols organiques ont un comportement différent de celui des sols minéraux. Leur drainage exige une planification soigneuse pour éviter de trop les drainer. On doit, entre autres, prendre en compte les éléments suivants :

- ▶ l'affaissement
- ▶ le tassement du drain
- ▶ le contrôle de la nappe phréatique
- ▶ le suintement
- ▶ les sources
- ▶ le scellage des drains
- ▶ le pompage.

Pour obtenir plus de renseignements sur le drainage, consultez la publication no 72 du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario intitulée *Manuel des principes de drainage*.



Les systèmes de drainage souterrains à tuyaux doivent être entretenus pour être efficaces.

MISE EN PRATIQUE

STRUCTURES DE LUTTE CONTRE L'ÉROSION

Les structures de lutte contre l'érosion sont des mesures que l'on prend pour aider à contrôler le ruissellement superficiel afin de diminuer l'érosion du sol. Ces mesures comprennent :

- ▶ les bassins de captage (ou risbermes avec puisards)
- ▶ les terrasses
- ▶ les voies d'eau engazonnées
- ▶ la stabilisation des berges des cours d'eau
- ▶ les traverses de bétail et d'équipement.

Ces structures sont habituellement utilisées en combinaison avec des techniques de culture et des méthodes de travail de conservation du sol afin de diminuer l'érosion hydrique.

Certaines de ces structures font appel au génie agricole. Communiquez avec l'office local de protection de la nature (voir les pages blanches de l'annuaire) ou le bureau local du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario.

Consultez la section «Travaux de conservation» du fascicule *Grandes cultures* de la série «Les pratiques de gestion optimales», ainsi que les fiches techniques suivantes :

- ▶ *Grassed Waterways, Agdex 573*
- ▶ *Travaux de lutte contre l'érosion des ravins, Agdex 573*
- ▶ *Bassins de sédimentation et de contrôle du débit, Agdex 751.*



Les chutes font passer l'eau d'un drain de surface dans un fossé en toute sécurité. Il est très important de bien les construire. Assurez-vous que la toile filtrante est placée correctement sous la pierre de taille. Ne vous servez pas de pierres des champs : leur forme arrondie les portera à rouler et à être déplacées par l'eau.



Les pierres placées autour du ponceau aident à stabiliser le remblai du fossé et à empêcher le tourbillonnement de l'eau d'éroder le bord du champ.

MISE EN PRATIQUE

ENGRAIS VERT

L'engrais vert consiste en des récoltes à court terme de plantes couvre-sol que l'on utilise pour couvrir et protéger le sol entre les récoltes, surtout après les récoltes de courte saison comme les pois.

L'engrais vert est cultivé pour le matériel végétal qu'il produit, qui peut retourner dans le sol afin de maintenir les niveaux de matière organique. Il s'agit d'une excellente source alimentaire pour les formes de vie du sol.

Consultez la fiche technique du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario intitulée *Les plantes couvre-sol en agriculture durable*, 90-196, Agdex 537. Voir également les fascicules *Cultures horticoles et Grandes cultures* de la série «Les pratiques de gestion optimales».



Le succès de l'engrais vert dépend énormément de la température.

MISE EN PRATIQUE

IRRIGATION

L'irrigation consiste à ajouter de l'eau aux sols pauvres en humidité pour améliorer la production.

Une quantité adéquate d'humidité diminue les pressions sur les cultures et prévient les maladies. L'irrigation excessive peut entraîner le lessivage des éléments nutritifs et faire augmenter les maladies. Il faut que vous visiez juste lorsque vous planifiez un programme d'irrigation.

L'irrigation doit être effectuée correctement pour être rentable et pour ne pas être nuisible à l'environnement :

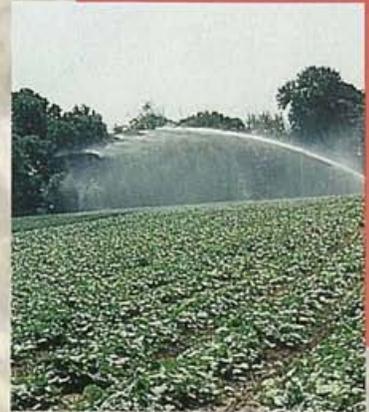
- ▶ connaissez le type de sol et sa capacité de rétention
- ▶ irriguez lorsque cela est essentiel pour la culture, et connaissez la profondeur de croissance des racines des plantes
- ▶ surveillez les prévisions météorologiques
- ▶ servez-vous d'une méthode à calendrier (p. ex. modèle à tensiomètre ou à évapotranspiration)
- ▶ surveillez toujours le système pendant son usage – les bris sont coûteux
- ▶ arrosez lorsque le temps est nuageux et lorsque la vitesse du vent est faible – évitez la chaleur du jour lorsque le taux d'évaporation est élevé
- ▶ obtenez un permis du ministère de l'Environnement et de l'Énergie de l'Ontario si vous tirez plus de 50 000 litres (10 000 gallons) d'eau par jour d'une source d'eau.

Il existe de nombreux types de systèmes d'irrigation. Les principaux types sont l'irrigation par asperseur, l'irrigation goutte à goutte, l'irrigation superficielle ou l'irrigation souterraine. Les méthodes les plus couramment employées en Ontario sont l'irrigation goutte à goutte ou par asperseur. La méthode à choisir dépend de la méthode d'application, de la pente du terrain et de la culture à irriguer.

Pour obtenir plus de renseignements, consultez les fiches techniques suivantes du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario :

- ▶ *Calendrier d'irrigation des cultures fruitières*, 90105, Agdex 210-560
- ▶ *Irrigation du tabac par canon d'arrosage mobile ou à poste fixe*, 93083, Agdex 181/565
- ▶ *Programme d'irrigation des tomates – Méthode du bilan hydrique*, 90049, Agdex 257/560.

Le fascicule *Gestion de l'irrigation* de la série «Les pratiques de gestion optimales» se penche sur tous les systèmes, explique comment établir un calendrier et donne des conseils pratiques.



L'irrigation est souvent nécessaire dans les sols sableux de texture grossière à faible capacité de rétention. L'irrigation est économique uniquement pour les cultures de grande valeur comme le tabac et les cultures légumières et fruitières.



Les nouvelles technologies d'irrigation (comme l'irrigation goutte à goutte) sont plus efficaces, localisent l'humidité près des racines et diminuent les pertes attribuables à l'évaporation.

MISE EN PRATIQUE

GESTION DU FUMIER

L'épandage adéquat de fumier de bétail apporte les avantages suivants au sol :

- il permet de rajouter au sol les éléments nutritifs extraits par les cultures
- il fournit de la matière organique pour nourrir les formes de vie dans le sol, ce qui contribue à améliorer la structure du sol.

Pour plus de renseignements, consultez les fascicules *Gestion des fumiers* et *Gestion des éléments nutritifs* de la série «Les pratiques de gestion optimales», ainsi que les fiches techniques suivantes du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario :

- *Les caractéristiques du fumier*, Agdex 538
- *Dimensions des installations d'entreposage des fumiers*, 83-018, Agdex 400/721, et d'autres fiches techniques.

AUTRES MATIÈRES ORGANIQUES

Les matières comme le compost, les résidus de conserverie, les boues d'épuration et d'autres déchets organiques peuvent aider à former et à maintenir la structure du sol.

Un avertissement cependant : si vous prévoyez vous servir de matière venant de l'extérieur de l'exploitation, vous devez obtenir un permis d'amendement du sol organique du ministère de l'Environnement et de l'Énergie de l'Ontario.

Il est également sage de vous informer sur le contenu réel de la matière organique. Certaines matières peuvent contenir des polluants qui sont nuisibles aux plantes ou aux formes de vie dans le sol.

Consultez le fascicule *Gestion des éléments nutritifs* de la série «Les pratiques de gestion optimales» et communiquez avec le bureau local du ministère de l'Environnement et de l'Énergie de l'Ontario (voir les pages bleues de l'annuaire).



La manipulation soigneuse du fumier de bétail empêchera la pollution et vous permettra de tirer un maximum de profit.



Les déchets de conserverie comme le marc de pomme peuvent aider à améliorer la structure du sol en y ajoutant de la matière organique ainsi que des éléments nutritifs pour les formes de vie du sol.



Assurez-vous de connaître le contenu ou l'origine du matériel composté.

MISE EN PRATIQUE

MÉTHODES DE TRAVAIL RÉDUIT DU SOL

Les méthodes de travail réduit du sol comprennent toute une variété de systèmes aratoires, y compris le semis direct, le billonnage et le labour au chisel ou «déchaumage». Ces méthodes laissent une couche de résidus sur la surface du sol et contribuent à :

- diminuer l'érosion hydrique ou éolienne du sol
- diminuer l'érosion attribuable au travail du sol
- améliorer la structure du sol (progressivement, avec une bonne gestion).

De nombreux changements de gestion sont requis pour que ces méthodes soient efficaces. Pour obtenir plus de renseignements, consultez le fascicule *Grandes cultures* de la série «Les pratiques de gestion optimales».

SEMIS DIRECT

En général, le semis direct consiste à planter des cultures sans autre travail que celui effectué lors de la plantation, c'est-à-dire sans travail primaire ou reprise de labour. Le terme englobe tout un éventail de pratiques agricoles, allant du semis direct avec ou sans travail de la zone jusqu'au sarclage après la plantation par semis direct.

Les méthodes de semis direct peuvent aider à améliorer ou à maintenir la structure du sol.

L'adoption d'un système de semis direct demande du temps, de la planification et de la volonté. La modification de l'équipement de plantation n'est que le point de départ; le semis direct exigera des changements dans la plupart des aspects de la production des cultures.

Pour obtenir d'autres renseignements sur le semis direct, consultez la publication du PAMPA intitulée *L'ABC du semis direct* ainsi que le fascicule *Grandes cultures* et les fiches techniques suivantes du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario :

- *Coutres et roues plombeuses, 90-047*, Agdex 570/740
- *Compatibilité entre les pratiques culturales de conservation et les sols de l'Ontario, 90-198*, Agdex 512
- *L'adaptation du semoir au semis direct, 90-159*, Agdex 100/742.

De plus, des cassettes vidéos sur les méthodes de semis direct sont disponibles à votre bureau local du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario.



La réduction du travail du sol permet également de conserver l'humidité.



Les semoirs pour semis direct sont variés, comprenant 3 coutres ou plus avec déblayeurs de rang ou aucun coutre. La plupart des systèmes déplacent les résidus et effectuent un certain travail du sol.



MISE EN PRATIQUE

BILLONNAGE



Les billons créent un lit de semence plus chaud et plus sec que les méthodes conventionnelles au début du printemps.

Le billonnage est une solution de rechange au semis direct. Cette méthode exige un effort et une mise de fonds initiaux plus grands. Le sarcler façonne les billons au début de l'été. L'année suivante, la culture est plantée directement sur les billons. Lorsque les billons sont formés, on les conserve. Il s'agit d'un système de contrôle de la circulation car on ne passe jamais sur les billons.

Les changements structuraux du sol relativement stable des billons sont très semblables à ceux du sol de la méthode de semis direct. Les résidus sont enlevés au sommet des billons afin de couvrir et de protéger leurs côtés et les raies. Tout comme pour la méthode de semis direct, l'adoption du

billonnage exige une planification et une réflexion.

Pour obtenir d'autres renseignements, consultez le fascicule *Grandes cultures* de la série «Les pratiques de gestion optimales» et les fiches techniques suivantes du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario :

- *Les semoirs sur billon*, 88081, Agdex 516/742
- *Compatibilité entre les pratiques culturales de conservation et les types de sols de l'Ontario*, 90-198, Agdex 512.

De plus, plusieurs cassettes vidéos sont disponibles à votre bureau local du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario.

CONTRÔLE DE LA CIRCULATION

Le contrôle de la circulation consiste à limiter la surface sur laquelle passe l'équipement aratoire afin de prévenir le compactage général. Par exemple, les lignes de tramis dans les cultures de céréales servent à la circulation de la machinerie comme les pulvérisateurs et les applications d'engrais.

Les méthodes de billonnage constituent un bon exemple de contrôle de la circulation. Toute la machinerie passe dans les vallons entre les billons, et non sur les billons eux mêmes. Cela signifie que la culture pousse dans un sol qui n'a pas été tassé par la circulation de la machinerie.

Les méthodes de lits de semence que l'on utilise pour certaines cultures comme les tomates constituent également une forme de contrôle de la circulation.

Pour obtenir d'autres renseignements, consultez la fiche technique du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario intitulée *La compaction du sol*, 88-082, Agdex 510.



Le contrôle de la circulation peut se faire de nombreuses façons : des simples lignes de tramis dans le soja ou les céréales aux zones de circulation permanentes.

MISE EN PRATIQUE

GESTION DES RÉSIDUS

L'augmentation de la quantité de résidus de culture laissés à la surface du sol :

- ▶ protège le sol contre l'érosion
- ▶ améliore la structure du sol
- ▶ ajoute de la matière organique.

Les résidus protègent le sol de deux façons :

- ▶ ils interceptent les gouttes de pluie et diminuent l'impact du vent, ce qui empêche le fractionnement des particules du sol
- ▶ ils créent des milliers de petits barrages et de petits brise-vents à la surface du sol, qui ralentissent le déplacement de l'eau, du vent et du sol à travers le champ.

Les résidus couvre-sol modèrent la température du sol et favorisent l'augmentation des populations de vers de terre, qui représentent un avantage pour la structure du sol.

Pour obtenir d'autres renseignements sur la gestion des résidus, consultez le fascicule *Grandes cultures* de la série «Les pratiques de gestion optimales».

CULTURE EN BANDES ALTERNANTES

La culture en bandes alternantes consiste à varier la largeur des bandes de cultures en ligne avec des plantes fourragères et des céréales. Il existe quatre types de culture en bandes alternantes :

- ▶ la culture en bandes isohypses
- ▶ la culture en bandes en contre-pente
- ▶ la culture en bandes en contre-pente avec bandes tampons
- ▶ la culture en bandes contre le vent.

La méthode que vous choisissez dépend :

- ▶ des cultures qui peuvent pousser dans ce champ
- ▶ du genre d'érosion que vous voulez éliminer
- ▶ de la topographie du champ et du type de sol.

Consultez le fascicule *Grandes cultures* de la série «Les pratiques de gestion optimales». Consultez également la fiche technique du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario intitulée *Strip Cropping for Water Erosion Control*, Agdex 573.



Les résidus ralentissent le déplacement de l'eau, du vent et du sol à travers les champs.



La culture en bandes alternantes est une façon très efficace de réduire ou de prévenir l'érosion. Les bandes alternantes de plantes fourragères ou de céréales couvrent le sol et ralentissent le déplacement de l'eau à travers le champ.

MISE EN PRATIQUE

MOMENT OPPORTUN POUR TRAVAILLER LE SOL

Les sols ne doivent pas être travaillés au printemps avant que les conditions d'humidité de la terre tombent sous la «limite inférieure de plasticité». Il s'agit du point d'humidité minimum où le sol commence à former des flaques d'eau et le point maximum de friabilité du sol. Prenez le temps de vérifier les niveaux d'humidité du sol jusqu'à la profondeur de labour.

À part la méthode expliquée dans la légende ci-dessous, il y a le test de la «balle de golf», où le sol est façonné en boulette que l'on lance d'une main à l'autre (cette méthode convient le mieux aux sols à texture moyenne à grossière). Si la boulette demeure intacte, le sol n'est pas prêt à être travaillé.

Le travail d'un sol mouillé l'endommage. Cela cause souvent un lissage et un compactage. Les grosses mottes de terre qui se forment lors du premier passage sont souvent difficiles à briser lors du travail ultérieur du sol. Un grand nombre de passages peuvent être nécessaires pour préparer le lit de semence qui, malgré tout, peut ne pas fournir un contact sol-graine suffisant.

Pour les **loams limoneux** et les **loams**, un travail du sol superficiel au début du printemps permettra aux couches de surface du sol de sécher plus rapidement. Ce travail doit être fait avec soin pour éviter le compactage.

On doit permettre aux sols à texture fine comme les **argiles** et les **loams argileux** de sécher par eux-mêmes avant de commencer les opérations printanières.

Les **sols à texture grossière** sont sujets à l'érosion éolienne et à l'assèchement extrême; un travail du sol opportun permettra de diminuer leur effet.

Si vous attendez que le sol présente les conditions adéquates d'humidité, vous pouvez prévenir les dommages de longue durée. Si le sol est trop mouillé, un seul passage peut endommager considérablement sa structure.

Il faut des années pour obtenir une bonne structure du sol. Soyez patient, cela vaut la peine!

Consultez la fiche technique du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario intitulée *Tillage for Crop Production on Ontario Soils Principles*, 83-035, Agdex 100/516.



Le sol est-il trop mouillé? L'une des façons de déterminer l'humidité du sol est de le rouler entre ses mains :

- si un rouleau continu ou «boudin» se forme, le sol est trop mouillé pour être travaillé
- si le sol s'effrite lorsque vous le roulez de cette façon, il est prêt à être travaillé.
- À votre avis, ces deux champs sont-ils prêts à être travaillés?

MISE EN PRATIQUE

MÉTHODES DE LUTTE CONTRE LE VENT

On se sert des méthodes de lutte contre le vent pour les cultures horticoles afin de protéger les jeunes plants. Ces méthodes consistent à insérer des bandes de céréales entre les lits ou les lignes de cultures. Ces bandes ralentissent le vent et le déplacement du sol. Les bandes de céréales peuvent également diminuer les dommages causés par les ennemis des cultures et améliorer la température du sol et de l'air au début du printemps.

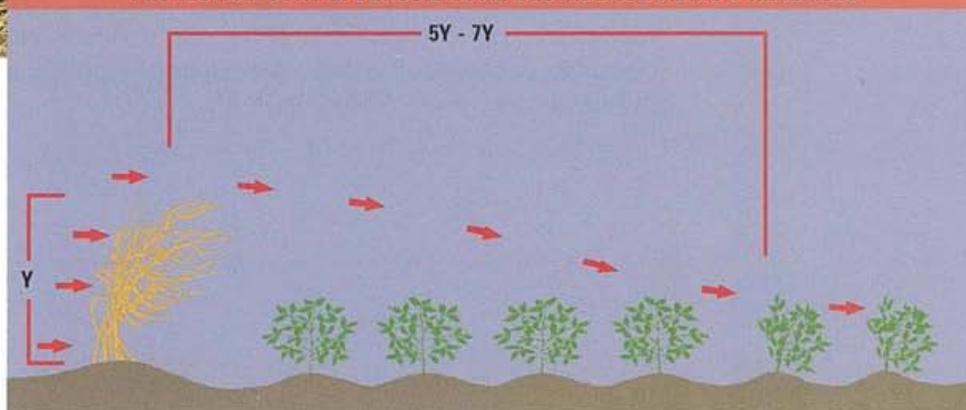
On utilise actuellement de nombreuses méthodes. Pour obtenir d'autres renseignements, consultez le fascicule *Cultures horticoles* de la série «Les pratiques de gestion optimales».



Les rideaux-abris d'herbages sont flexibles et peuvent être adaptés à la plupart des méthodes de culture. Les bandes d'herbages sont particulièrement utiles dans les régions où la valeur élevée des terres empêche l'utilisation d'arbres brise-vent.



PROTECTION CONTRE L'ÉROSION PAR DES RIDEAUX-ABRIS D'HERBAGES



Il existe plusieurs façons de lutter contre le vent. Les rideaux-abris d'herbages offrent une protection semblable à celle des arbres brise-vent. Cependant, l'herbe est plus flexible et peut être couchée par les vents forts, ce qui diminue la surface protégée.

MISE EN PRATIQUE

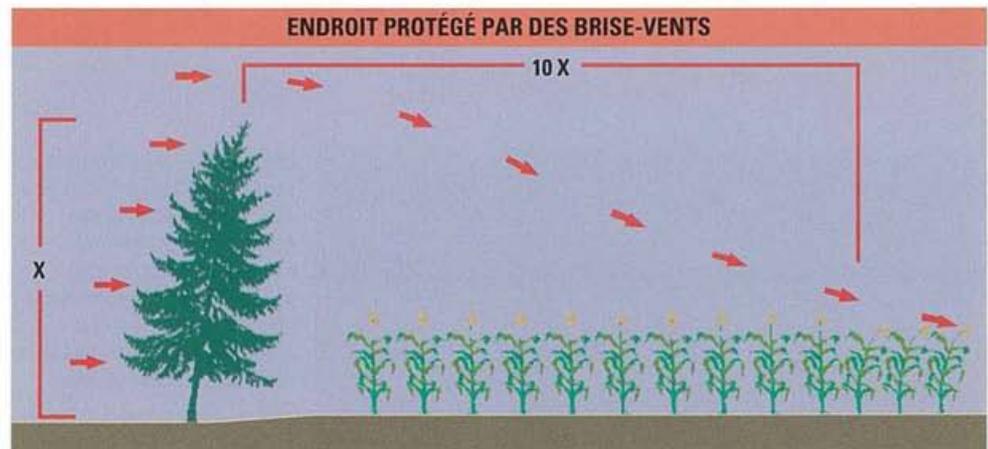
BRISE-VENTS

La plantation d'arbres dans des endroits stratégiques de l'exploitation agricole est bénéfique à la production de cultures car les arbres servent de brise-vent, ce qui :

- ▶ diminue l'érosion éolienne
- ▶ protège les cultures
- ▶ préserve l'humidité du sol, ce qui est particulièrement avantageux pour les sols qui ont tendance à s'assécher.



Les arbres brise-vent peuvent réduire les dommages causés par le vent et améliorer la production de cultures et l'élevage de bétail. Au début de la croissance, il faut replanter des arbres dans les espaces vides du brise-vent afin d'éviter les problèmes.



Le rendement des récoltes peut augmenter de 10% à 20% dans les champs protégés par des arbres brise-vent.

Pour obtenir d'autres renseignements, consultez le fascicule *Gestion de l'agroforesterie et de l'habitat* de la série «Les pratiques de gestion optimales» et la fiche technique du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario intitulée *Plantation et entretien des brise-vents à la ferme*, 90-057, Agdex 572.

Remerciements

Cet ouvrage, financé par Agriculture et Agro-alimentaire Canada dans le cadre du Projet pour un environnement durable, est géré par la Fédération de l'agriculture de l'Ontario et appuyé par le ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario (MAAARO).

Nous tenons à remercier spécialement toutes les personnes qui ont contribué au projet en y apportant leurs compétences et leurs ressources.

Rédacteurs : MAAARO : Doug Aspinall, Lisa Cruickshank, Peter Johnson, Brent Kennedy, Keith Reid, Ted Taylor, Bob Van den Broek, Anne Verhallen, Doug Young; Agriculture et Agro-alimentaire Canada : Don King, Al Tomlin.

Équipe de travail : MAAARO : Anne Verhallen (présidente), Doug Aspinall, Brent Kennedy, Bob Van den Broek, Doug Young; Agriculture et Agro-alimentaire Canada : Brenda Grant, Don King, Al Tomlin; Université de Guelph : Gary Kachanoski.

Coordonnateur technique : MAAARO : Ted Taylor.

Conseillère technique : Kim Bolton.

Comité directeur : Fédération de l'agriculture de l'Ontario : Cecil Bradley; Agriculture et Agro-alimentaire Canada : Mike Hicknell; MAAARO : Ted Taylor.

Coordonnatrice de la rédaction : Alison Lane.

Conception graphique : Neglia Design Inc.

Illustrations : David Rouleau.

Photographie : Outre les auteurs, les personnes suivantes ont fourni des photos publiées dans ce fascicule : MAAARO : Jim Chaput, Adam Hayes, Leslie Huffman, Mary Ruth MacDonald; ministère des Richesses naturelles de l'Ontario; Agriculture et Agro-alimentaire Canada : Gerry Hietkamp, H-J Altemuller FAL Braunschweig.

L'équipe tient particulièrement à souligner l'utilité des publications suivantes:

Davies, D.B., Eagle, D.J. et Finney, J.B. 1972. *Soil Management*. Suffolk: Farming Press Limited.

Vyn, T.J., Daynard, T.B. et Ketcheson, J.W. 1972. *Tillage Practices for Field Crops in Ontario*. Université de Guelph et ministère de l'Énergie de l'Ontario.

Kay, B.D. 1990. Rates of Change of Soil Structure under Different Cropping Systems. *Advances in Soil Sciences* 12:1-52.

Contacts

Les références aux publications pertinentes se trouvent dans la sous-section « Mise en pratique » de ce fascicule. Vous pouvez également contacter votre bureau local du MAAARO. Consultez les pages bleues de l'annuaire téléphonique pour obtenir le numéro du bureau le plus près de chez vous.

Les membres du personnel suivants du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario sont des conseillers ou des spécialistes des sols; Grandes cultures : Keith Reid, Adam Hayes, Doug Aspinall; Horticoles : Anne Verhallen, Maribeth Fitts.

STIPULATION D'EXONÉRATION :

Ce fascicule reflète les opinions des auteurs et rédacteurs participants et son contenu se fonde sur l'information disponible à la date de publication. Il se peut qu'il ne reflète pas les programmes et les politiques des organismes participants. Aucun jugement de valeur n'est posé sur les produits mentionnés dans ces pages.

ISBN : 0-7778-2687-9

Révisé en 1997

Canada