

Un sol en santé en maraîchage bio : un incontournable pour réussir

Anne Weill, agr. et Sophie Guimont agr.

Un sol en santé en maraîchage bio : un incontournable pour réussir

1. Introduction
2. Les éléments incontournables pour réussir une production: drainage de surface et sous-terrain
3. Connaitre son sol: le profil de sol
4. Les incontournables de la régie: engrais verts, apport de MO, chaulage
5. Le travail du sol

Introduction: Sols vivants ?

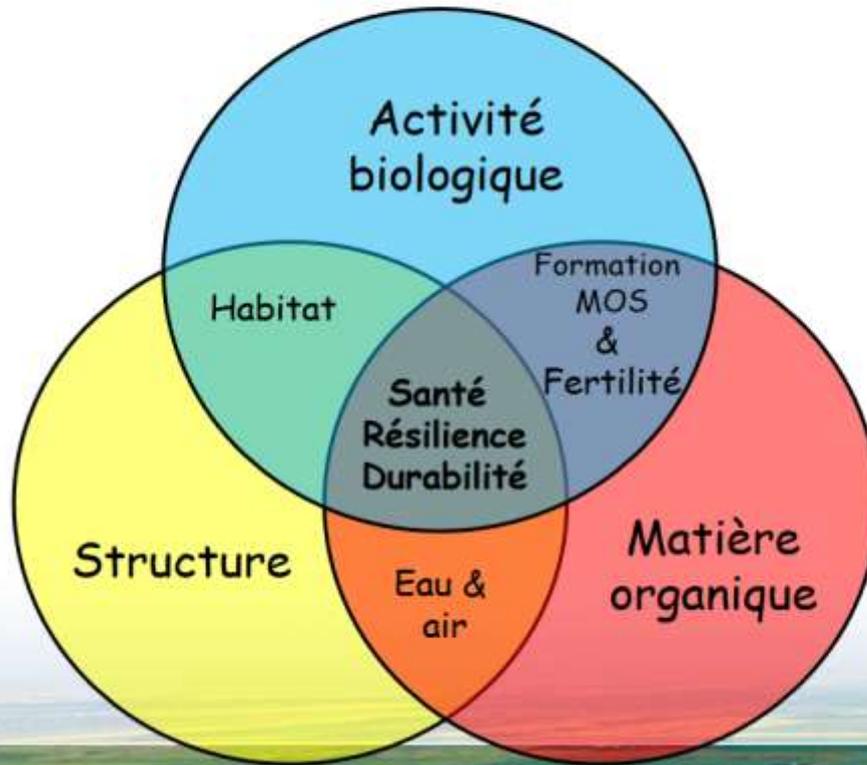
À la base, les sols sont vivants!

Il n'ont pas besoin d'ajouts de micro-organismes, ils en sont remplis!

Ce qui augmente la vie dans le sol:

- L'habitat (Bonne structure de sol)
- Aération (TRAVAIL DE DE SOL, DRAINAGE)
- pH adéquat
- Nourriture (MO à C/N bas, surtout ENGRAIS VERT)

Contexte : les trois piliers de la santé des sols



- Les piliers sont interreliés.
- Une **approche intégrée d'amélioration des trois piliers** est requise pour atteindre une bonne fertilité et résilience de la santé des sols.
- La productivité d'un sol en santé est lié à ses propriétés intrinsèques (granulo, drainage naturel, profondeur, etc)

Présentation au Colloque Bio pour tous en fév. 2023. Formation et fonctions de la matière organique du sol. **Martin Chantigny, PhD**. Centre de recherche et de développement de Québec. Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Trouvez le problème



Trouvez le problème





Un sol en santé en maraîchage bio : un incontournable pour réussir

1. Introduction
- 2. Les éléments incontournables pour réussir une production: drainage de surface et sous-terrain**
3. Connaitre son sol: le profil de sol
4. Les incontournables de la régie: engrais verts, apport de MO, chaulage
5. Le travail du sol

Les éléments incontournables pour réussir une production: drainage de surface et sous-terrain

- Drainage de surface
- Drainage sous-terrain
 - Drainage naturel
 - Besoin en drainage sous-terrain

L'eau doit sortir

- La première chose à regarder: est ce que les fossés sont suffisamment creux et peuvent se vider ?



Drainage de surface

- Observer la topographie – surveiller:
 - Les fossés et cours d'eau
 - Les champs en forme de cuvette
 - Les baissières (parfois peu visibles)
 - La présence de pentes
 - La résurgence de nappe liées à un sous-sol moins perméable
 - La présence d'ornières causées par le passage de la machinerie (indique une couche compacte).

1. Sortir l'eau: fossés, pentes = nivellement

L'eau doit sortir: pente nécessaire vers les fossés et vers un bout du champ; nivellement nécessaire



Faire un plan de nivellement

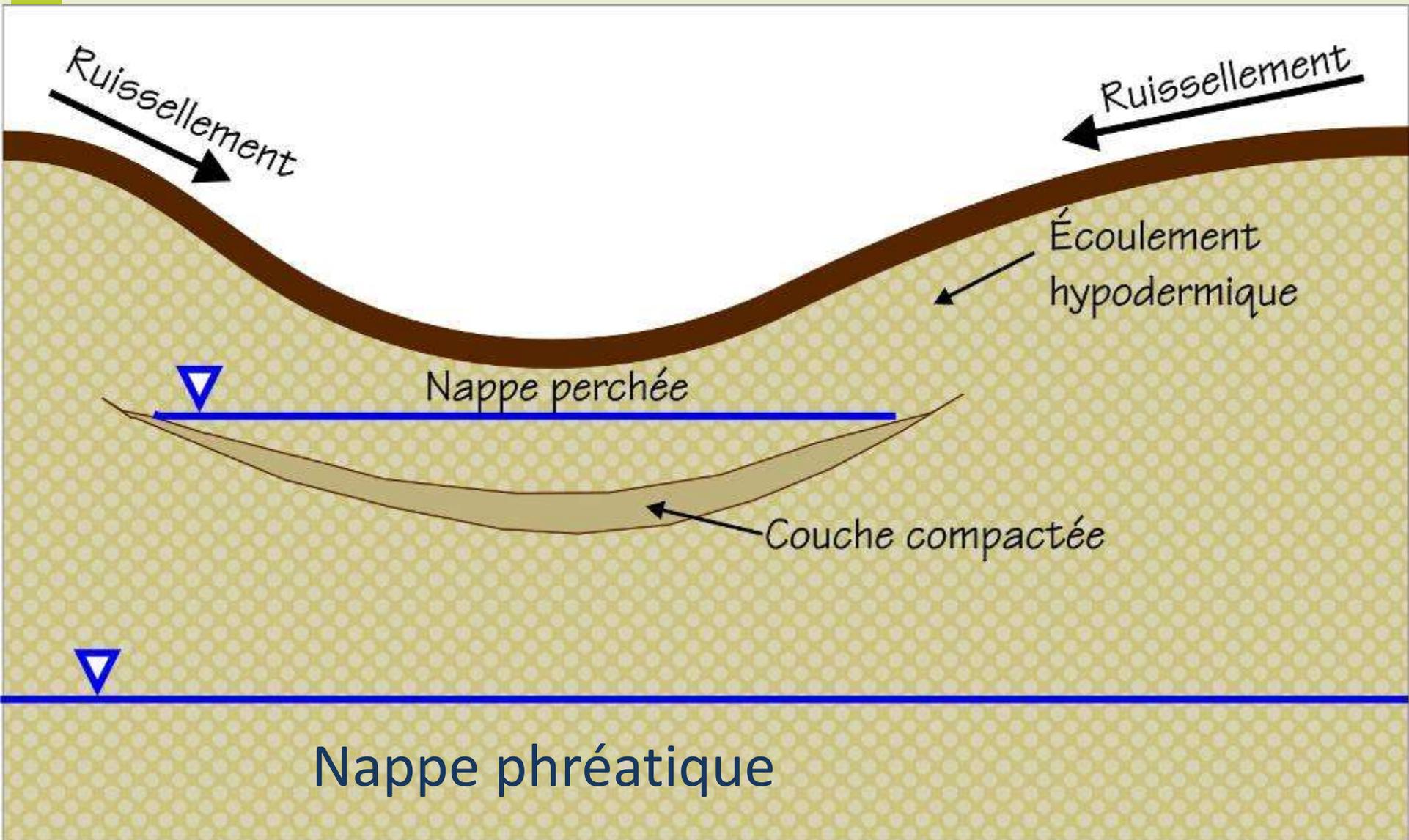
Baissières



Dépression non visible en été - Faire faire la micro-topographie du champ et les cartes d'écoulement de l'eau

Baissière: formation de nappe perchée

(bien distinguer nappe perchée et nappe phréatique)



Nappes perchées souvent indiquées par la couleur

- S'assèchent en été
- Compaction boque l'eau
- Assez sec en-dessous



Si dépression trop grande pour être nivelée

- Puits de d'infiltration (souvent appelé puit de roche)
- Tranchée filtrante

- https://www.agrireseau.net/agro-environnement/documents/TrancheesFiltrantes_FR_web.pdf

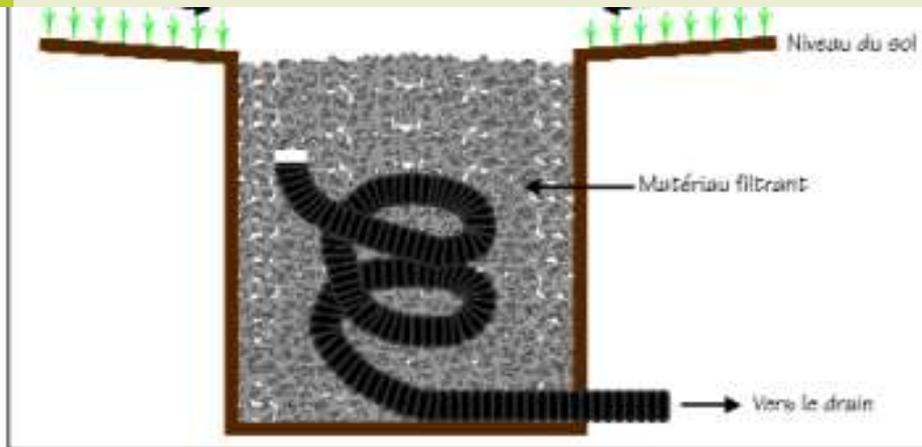
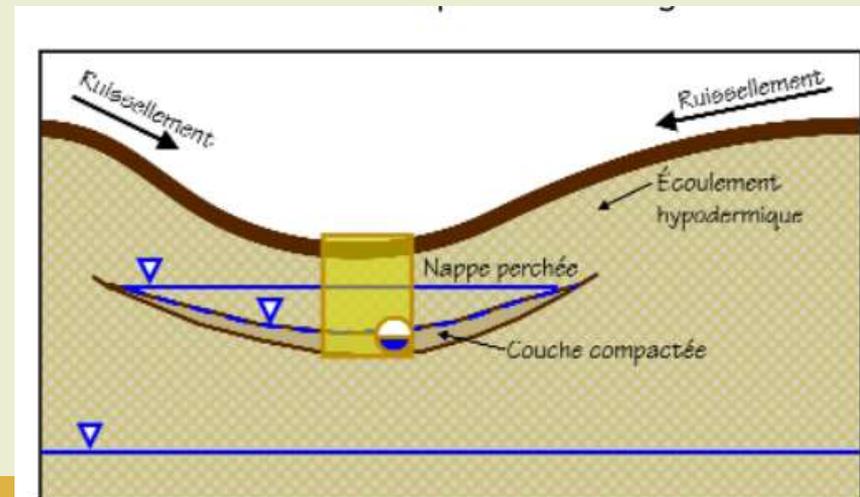


Figure 1 : Puits d'infiltration avec drain en serpentin (pierre ou copeaux)



Adapté de CPVQ (1976)

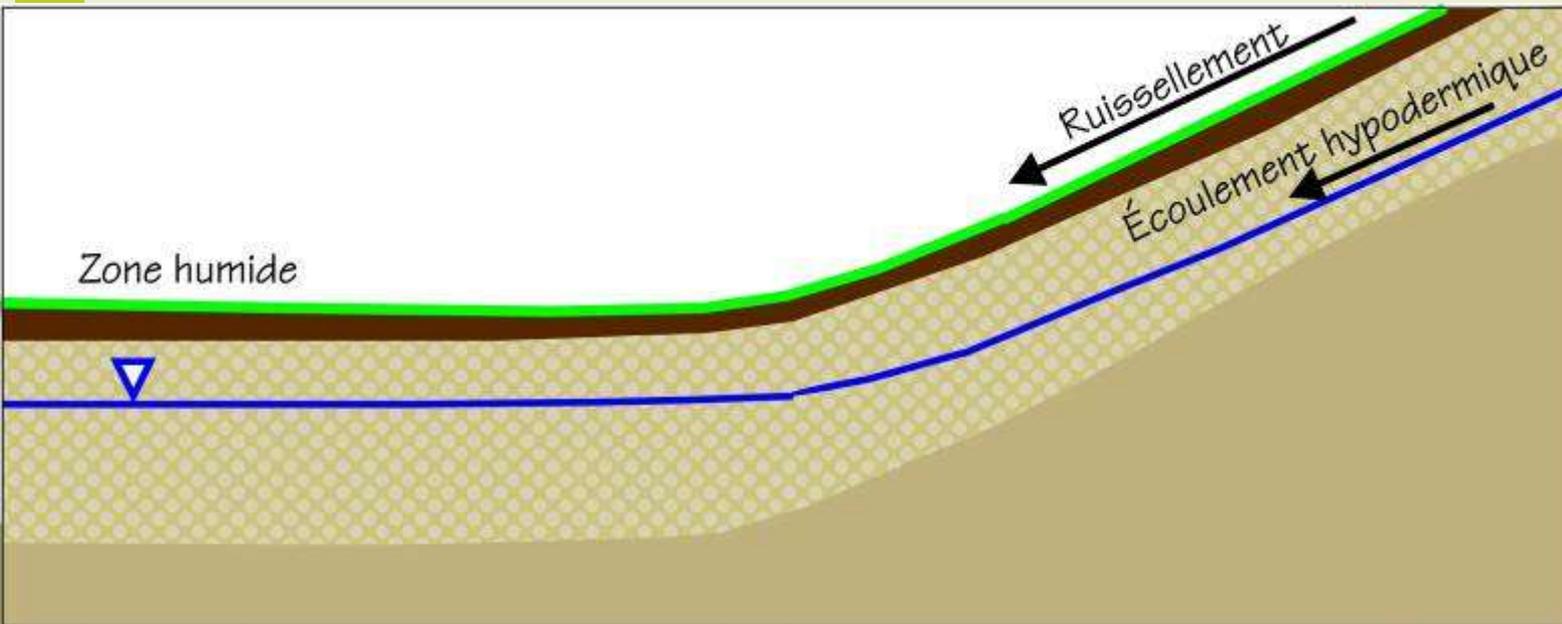
Figure 2 : Tranchée filtrante dans une dépression allongée

2. Pentes: écoulement hypodermique

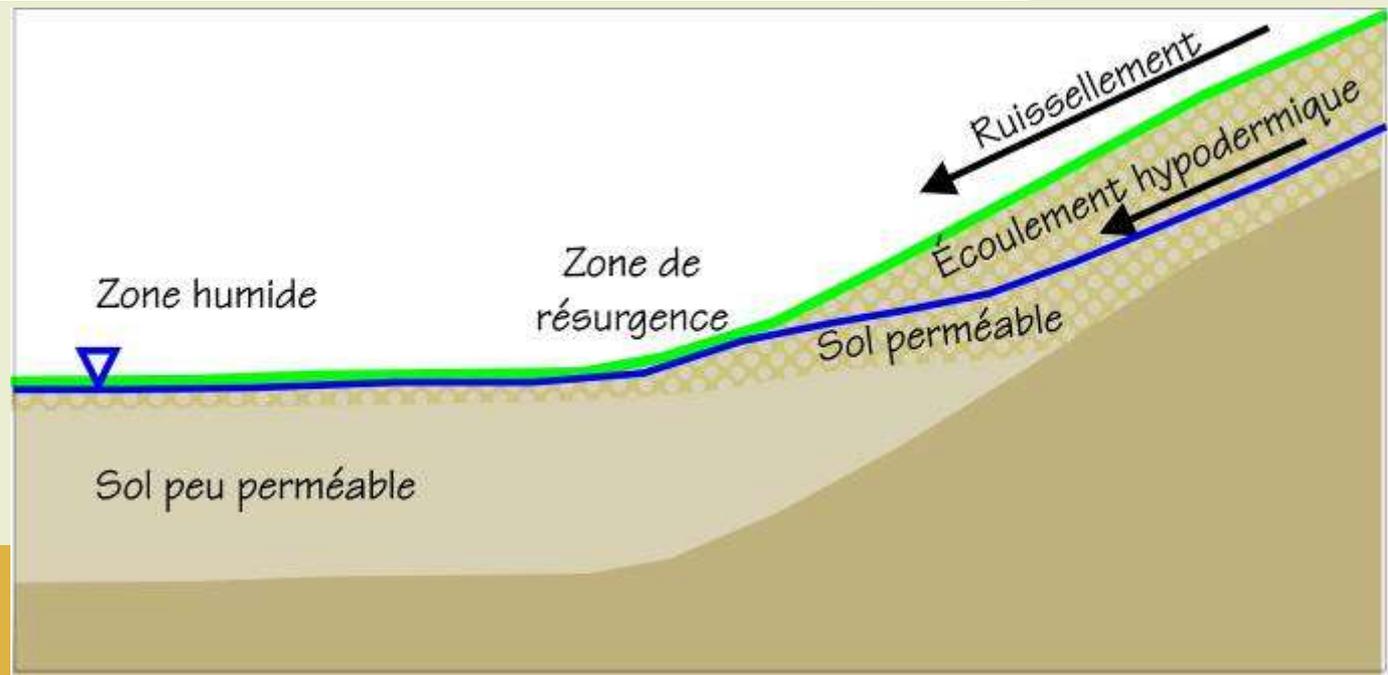
Cultures moins
belles au cassé
de pente;
parfois zone
humide la
majeure partie
du temps



Pentes: écoulement hypodermique

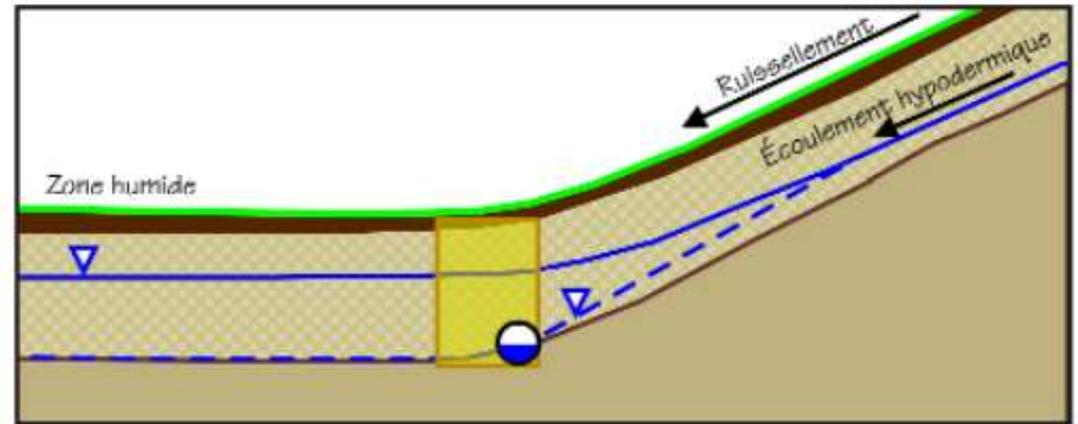


Solutions: drains,
tranchée filtrante



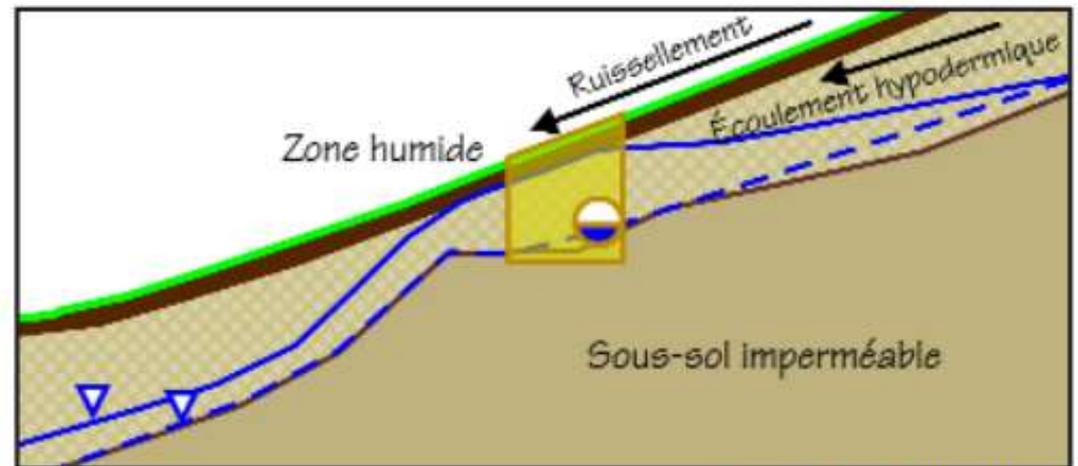
Solutions: tranchées filtrantes; parfois juste un drain

https://www.agrireseau.net/agroenvironnement/documents/TrancheesFiltrantes_FR_web.pdf



Adapté de CPVQ (1976)

Figure 3 : Tranchée filtrante en pied de pente ou dans un replat



Adapté de CPVQ (1976)

Figure 4 : Tranchée filtrante en amont d'une remontée localisée du sous-sol imperméable

Stämpfli, N., R. Beaulieu, M. Guillou et I. Breune. 2007. Avaloir et puisard. Ministère de l'Agriculture des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec et Agriculture et Agroalimentaire Canada.

<http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/>

Stämpfli, N., R. Beaulieu, M. Guillou et I. Breune. 2007. Diagnostic et solutions de problèmes d'érosion au champ et de drainage de surface. Ministère de l'Agriculture des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec et Agriculture et Agroalimentaire Canada.

<http://www.agrireseau.qc.ca/agroenvironnement/>

Défi en maraîchage de petites surfaces

Prévoir les travaux de nivellement, de décompaction et de drainage à l'avance !
Avant l'implantations des parcelles.

Attention à :

- Accès à un fossé ou cours d'eau pour le déversement
- La pente doit être constante, et ce, jusqu'au fossé
- Niveau des fossés et cours d'eau par rapport aux parcelles cultivées

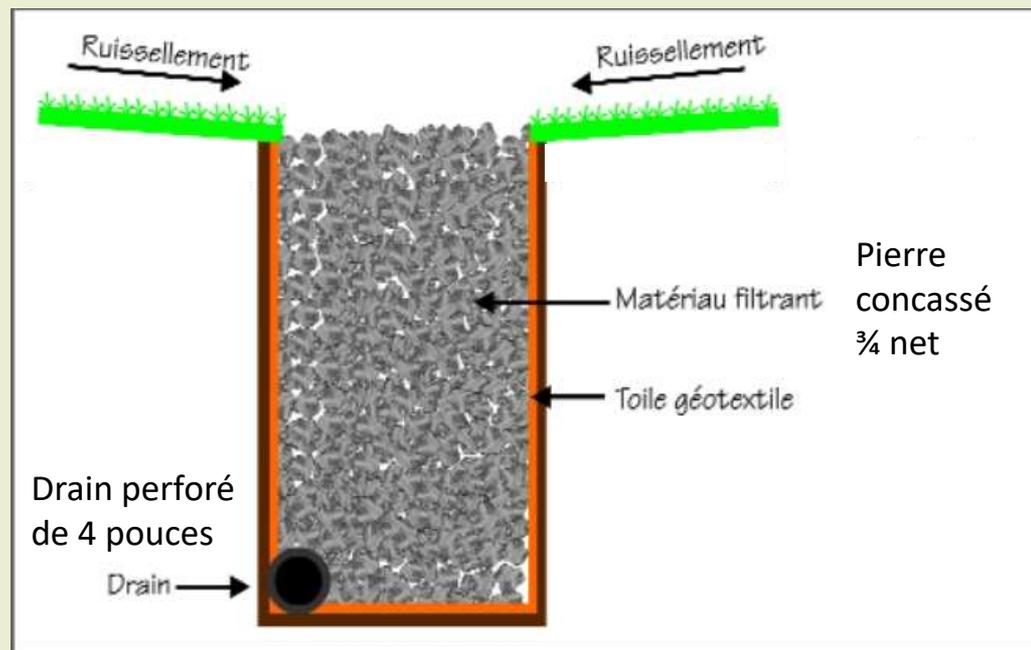


Utilisation de drains (tranchée filtrante) vs fossés

Possibilité de remplacer un fossé par un drain ??

Conditions essentielles :

- Avoir des **pent**es allant vers la tranchée.
- Drain de 4 pouces entre 2 et 3 pieds de profond.
- Recouvrir la tranchée de **Pierre concassée $\frac{3}{4}$ net** (et non du sol !).
- **Géotextile** au fond de la tranchée.
- Pente du drain min 0,1 %



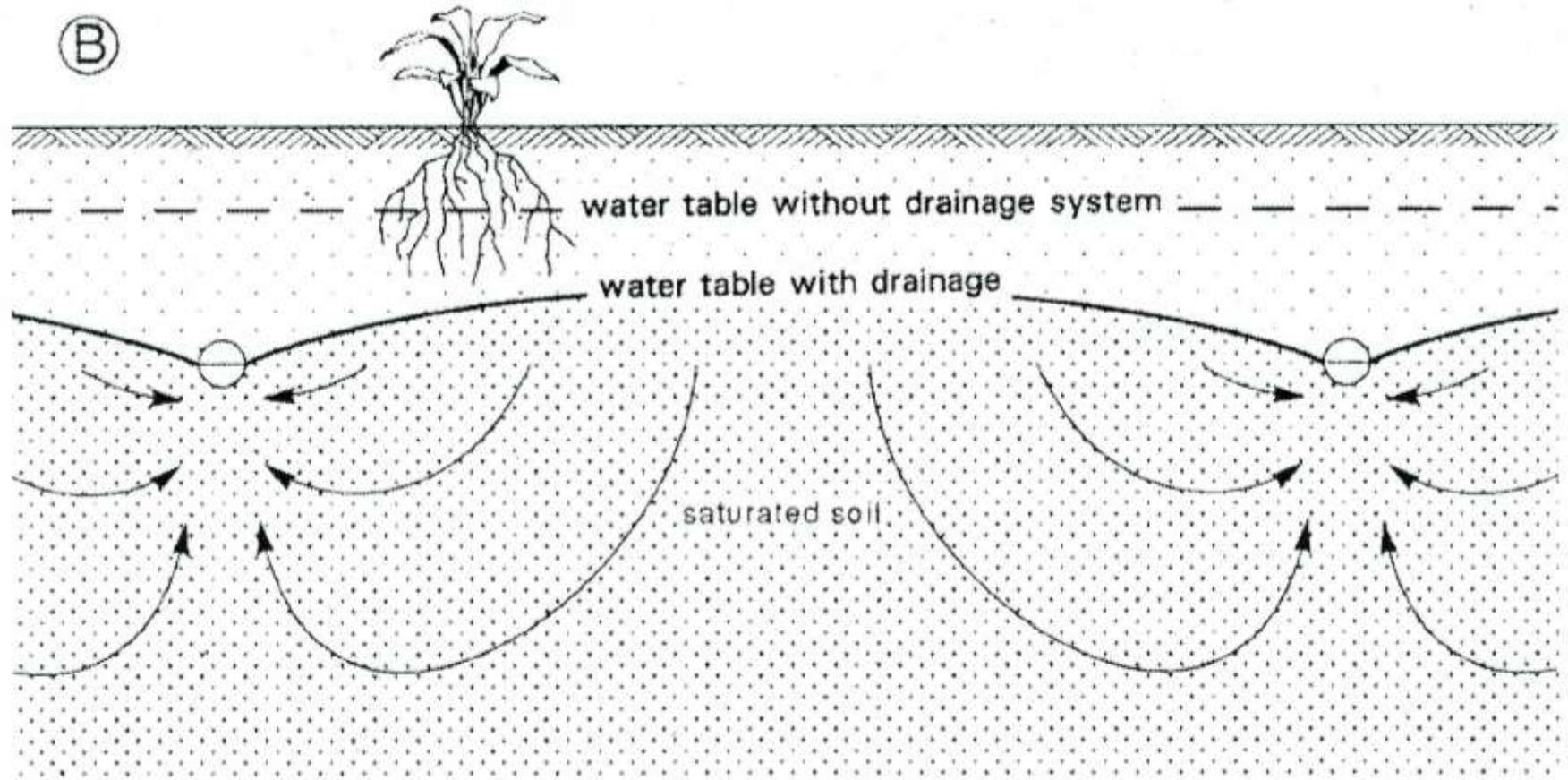
Adapté de : https://www.agrireseau.net/agroenvironnement/documents/TrancheesFiltrantes_FR_web.pdf

Drainage souterrain

- La plupart des sols au Québec sont naturellement mal drainés
 - Soit perméabilité faible
 - Soit zone basse
 - un sol perméable peut être mal drainé
 - Un sol en haut de pente peut être mal drainé

- Pas de drainage, pas de récolte
- C'est la base
- Sinon pas de bonne structure, compaction, pas de rendement
- Pas de cycle biologique, pas de vie dans le sol
- **Encore plus important en agriculture biologique qu'en agriculture conventionnelle**
- **Attention: flaque d'eau: sol compact proche de la surface; ne pas conclure sur le drainage sous-terrain**

(B)



- Le drainage souterrain n'est pas nécessaire dans de rares cas (attention, ne règle pas un mauvais drainage de surface)
- Taux de rabattement de la nappe pour les grandes cultures: 30 cm/jour et pour les légumes: 50 cm/jour



Fertilisation adéquate? Cultures pas belles?

Faire un diagnostic en cas de doute: vérifier les sorties de drains, les drains etc...



Un sol en santé en maraîchage bio : un incontournable pour réussir

1. Introduction
2. Les éléments incontournables pour réussir une production: drainage de surface et sous-terrain
3. **Connaitre son sol: le profil de sol**
4. Les incontournables de la régie: engrais verts, apport de MO, chaulage
5. Le travail du sol

3. Connaitre son sol: le profil de sol

- Identifier les couches de sol
- Reconnaître un sol en santé (vivant)
- Le cycle compaction-décompaction
- Les sols problématiques

Identifier les couches de sol



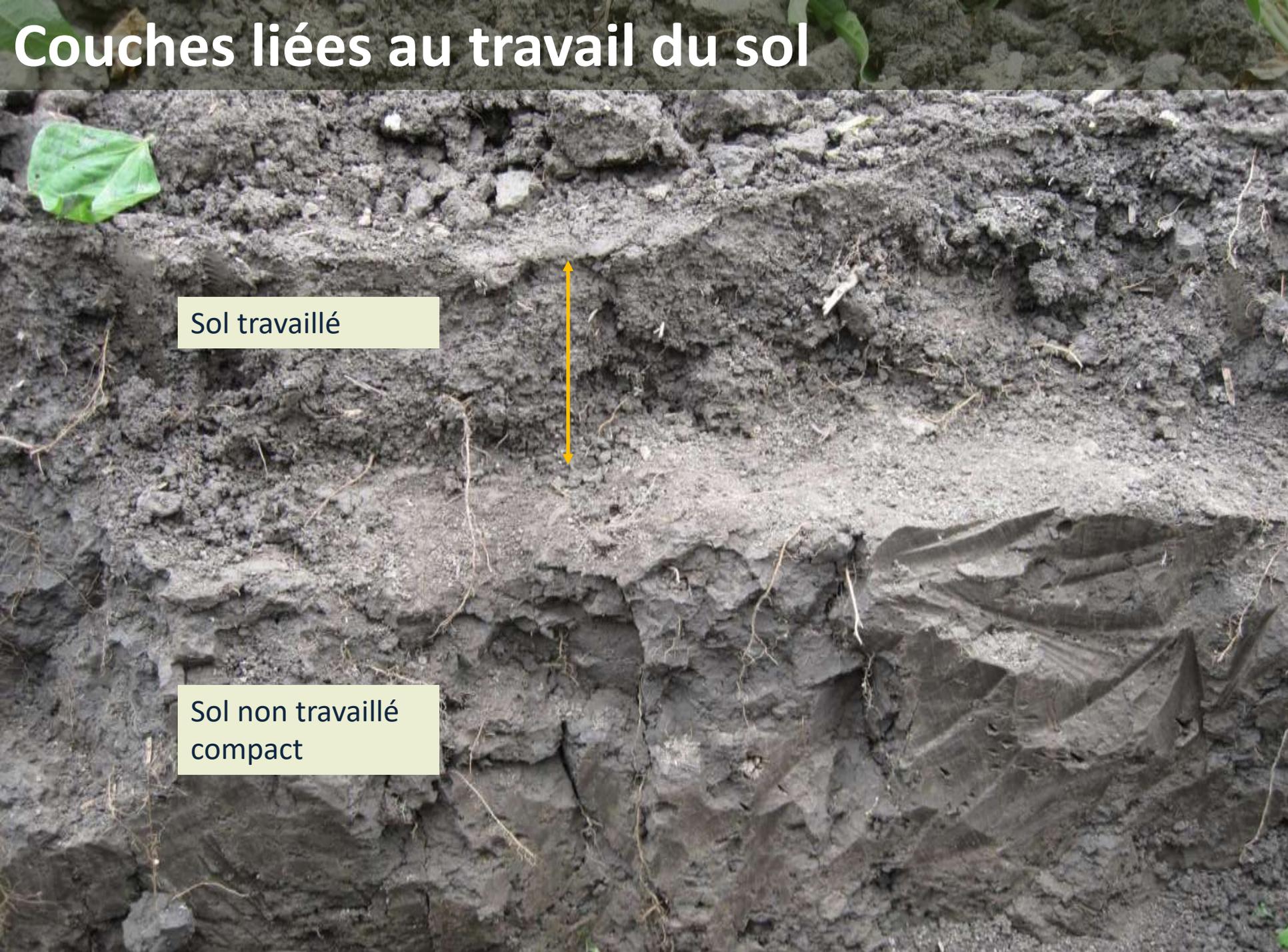
Horizons A, B, C

Sol naturellement mal drainé
Drainé artificiellement et nivelé
Racines descendent

(Sol en très bon état)



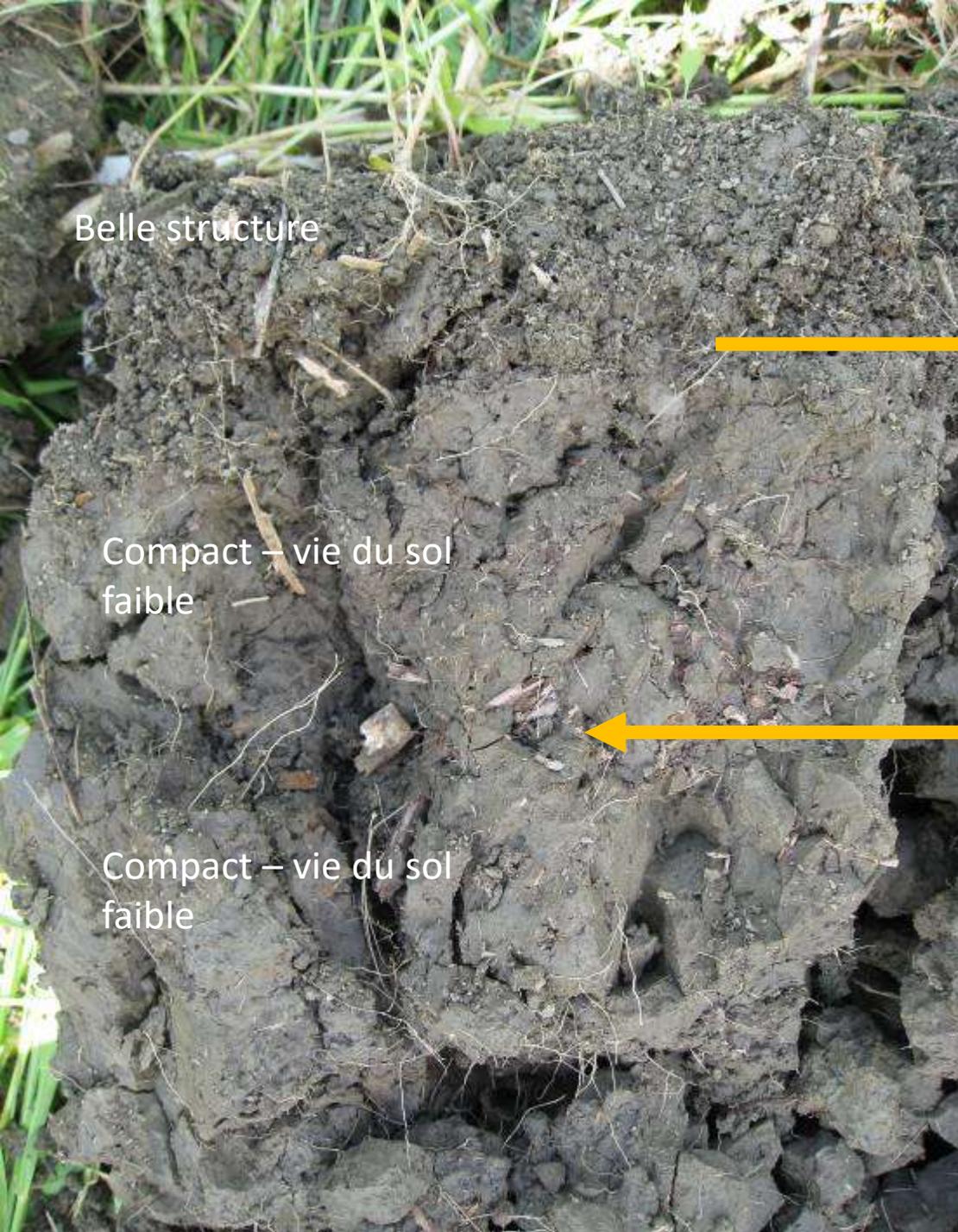
Couches liées au travail du sol



The image shows a vertical cross-section of soil. The top layer is dark, loose, and crumbly, with some plant roots visible. Below this is a lighter, more uniform layer. At the bottom is a dark, dense, and cracked layer. A yellow double-headed arrow points to the boundary between the top and middle layers. A green leaf is visible in the top left corner.

Sol travaillé

Sol non travaillé
compact



Belle structure

Compact – vie du sol
faible

Compact – vie du sol
faible

Évaluation en fonction
du travail du sol

Travail superficiel

Labour non repris

Fond du labour (résidus
visibles)

Transition vers la partie
non affectée par le
travail

3. Connaitre son sol: le profil de sol

- Identifier les couches de sol
- **Reconnaitre un sol en santé (vivant)**
- Le cycle compaction-décompaction
- Les sols problématiques

Un sol en santé et vivant c'est :

- Un sol avec bonne macroporosité d'origine biologique dans l'horizon A (bonne structure, bonne aération)
- Avec une bonne décomposition des résidus (grâce à une bonne aération)
- Des couleurs brun-rouge (signe de présence d'air)
- Avec racines et des vers, c'est encore mieux

- Donc
 - Bien drainé
 - Non compacté

Macroporosité – Les extrêmes : 0/10 ou 10/10?



Les extrêmes : 0/10 ou 10/10?



Les extrêmes : 0/10 ou 10/10?



Bonne décomposition des résidus



Sols aérés = vie dans le sol

Perte de
structure, perte
de porosité,
décomposition
des résidus lente



Sols NON aéré = PAS vie dans le sol

Horizons B et C

- Très peu de matière organique
 - Presque pas de vie = normal
 - Porosité fonction du type de sol et de la compaction
 - Ce n'est pas une porosité d'origine biologique
 - Mais ces horizons doivent être perméables = non compactés

Couleurs

- Les couleurs brunes indiquent une bonne aération
- Les couleurs gris-bleu indiquent un manque d'aération du
 - Au compactage et/ou
 - À un excès d'eau
- Marbrures: Indiquent une fluctuation de la nappe + informant sur l'aération
 - Actuelle ou passée (prudence)



Nappes perchées: Couleur bleue à la base: compaction, manque d'air (présence d'eau qui remplit les pores)



Marbrures: ponctuelles ou diffuses

Marbrures = sol naturellement ma drainé

Ponctuelles: pas d'air là où pas de marbrure

Sable fin naturellement massif

Diffuses = bon signe pour l'aération

Argile naturellement très structurée

Les racines

- Augmentent la vie du sol
- Améliorent la structure du sol et la porosité
- Excellentes indicatrices de la compaction

- Belles cultures = beaucoup de racines

Racines nombreuses : structurent le sol





- Racines bloquées : ne peuvent pas améliorer l'état du sol + limite la croissance des plantes
- Loam

**Sable : aucune porosité sous la zone travaillée,
racines bloquées**



Argile: les
racines
passent dans
les fentes



Les vers de terre

Améliorent le sol et l'infiltration de l'eau (anéciques)

Absence ne veut pas dire mauvaise qualité de sol ou mauvaise activité biologique

Nombre varie beaucoup dans un même champ et au cours de la saison

Nombreux là où il y a de la nourriture

Nombreux quand sol peu travaillé

N'aiment pas le sable

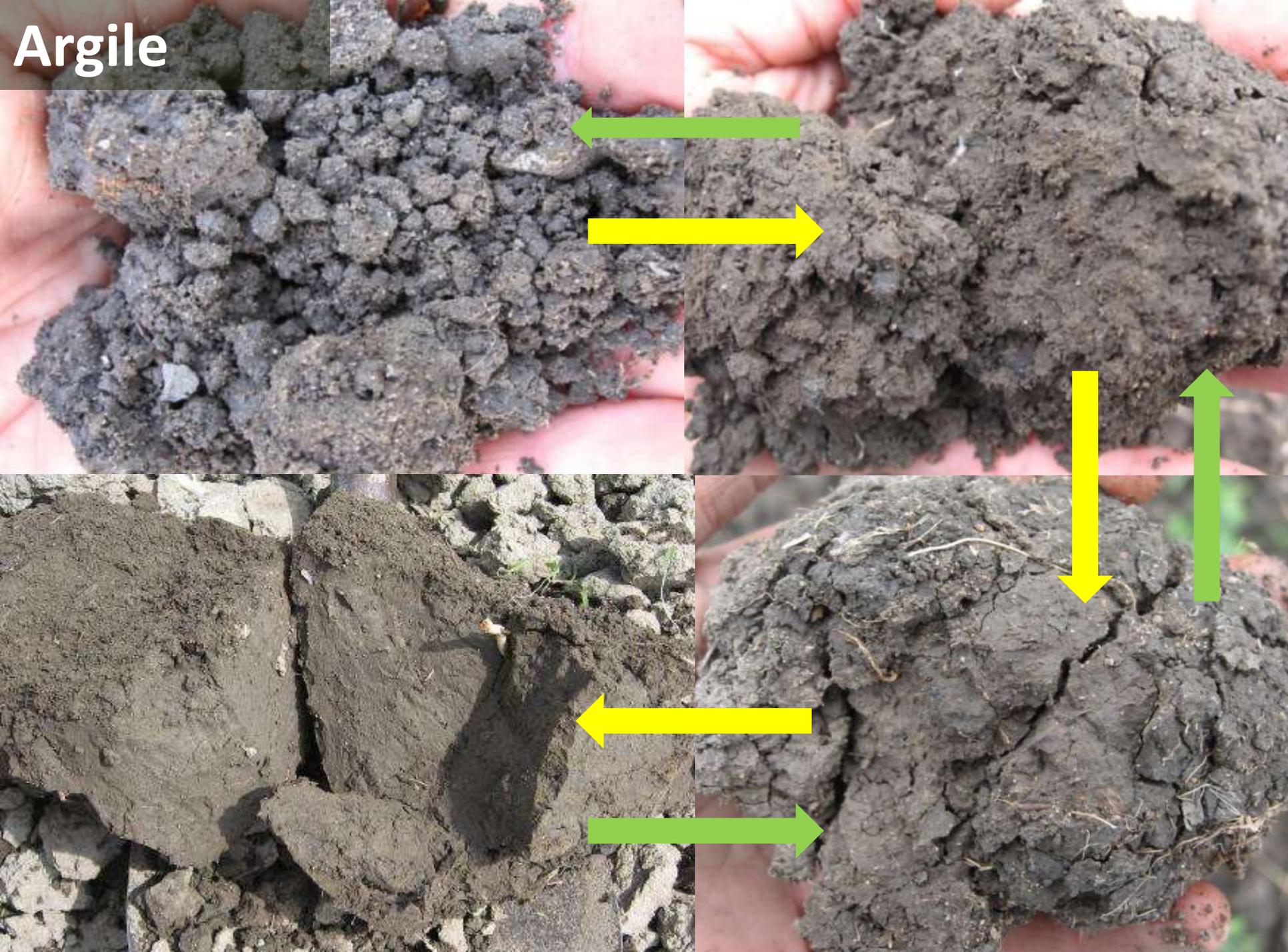


3. Connaitre son sol: le profil de sol

- Identifier les couches de sol
- Reconnaître un sol en santé (vivant)
- **Le cycle compaction-décompaction**
- Les sols problématiques

- Situation normale
- Résultat = fonction de :
 - État du drainage
 - Rotation
 - Méthodes culturales
 - Jugement du/de la producteur/trice
 - Saison

Argile



Restructuration des sols argileux

- Fissuration grâce au gel-dégel, humidité sécheresse – phénomène accéléré par le travail du sol
- Restructuration avec activité biologique quand il y a de l'air
 - QUE FAIRE POUR AVOIR DE L'AIR???...travail de sol



Restructuration avec activité biologique : besoin d'air et de racines



Couche non travaillée : pas de porosité, racines
ne pénètrent pas, amélioration très lente

Sable



Restructuration des sols sableux

- Activité biologique, racines, travail du sol peu agressif
- Structure très fragile
- Sol peut se compacter tout seul ou avec juste un passage de tracteur léger

Drainage souvent en cause lorsque le sol est compacté
On passe quand le sol est trop humide = on compacte



3. Connaitre son sol: le profil de sol

- Identifier les couches de sol
- Reconnaître un sol en santé (vivant)
- Le cycle compaction-décompaction
- **Les sols problématiques**

- **C'est important d'identifier un sol problématique avant de faire l'achat d'une terre agricole**
- La gestion doit être adaptée
 - Tills massifs
 - Couche naturellement massive
 - Sables très fins peu perméables
 - Sols très acides
 - Couches indurées
- Toujours se référer aux cartes pédologiques (Info-sols, IRDA)

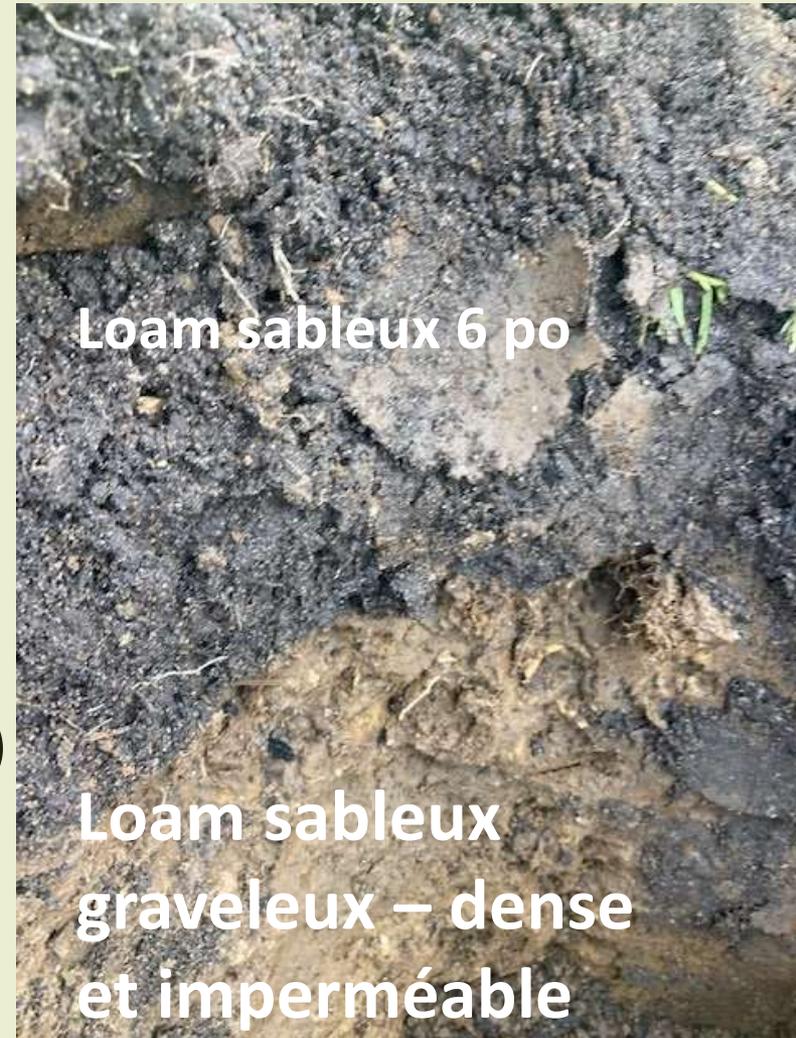
Cas d'un sol naturellement dense

Fréquent chez les sols composés de dépôts glaciaires (tills).

Infiltration de l'eau réduite sous la zone travaillée.

Solutions possibles ?

- Sous-solage ? Possible, mais besoin d'une pente ! Sinon risque de sol gorgé d'eau en permanence (swamp)
- Drainage souterrain? Certains sont trop imperméables – donc **drainage de surface!!!**



Cas : Importation de sol. Attention !!

Ajout d'une terre organique sur un sol argileux ou plus dense

Potentiel d'infiltration d'eau différent entre les couches

- Difficulté d'infiltration de l'eau au-delà de la couche meuble. Drainage affectée.
 - Enracinement paresseux.
- Revoir les solutions possibles.



Sous-sol
argileux
naturellement
massif

drainage de
surface capital



Sable très fin peu perméable sous la couche travaillée





Sous-sol acide



- Photo : Vickie Villard



Couche indurée

Un sol en santé en maraîchage bio : un incontournable pour réussir

1. Introduction
2. Les éléments incontournables pour réussir une production: drainage de surface et sous-terrain
3. Connaitre son sol: le profil de sol
4. **Les incontournables de la régie: engrais verts, apport de MO, chaulage**
5. Le travail du sol

Les engrais verts pour favoriser la santé du sol

Modèle de l'humification:

Résidus carbonés
(paille, copeaux bois,
compost commercial)



Les microorganismes
dégradent les résidus



Humus
MO stable !!



Libération d'azote ?

Nouveau modèle selon Cotrufo et al. 2013:

Résidus azotés
(résidus de culture,
Engrais Vert)



- Colonisation la Mo fraîche par les micro-organismes
- Formation d'agrégat
- Accumulation de N microbien



- Maturation des agrégats suivie d'une fragmentation
- = Mort de micro-organisme et restitution de l'azote disponible

Présentation au Colloque Bio pour tous en fév. 2023. Formation et fonctions de la matière organique du sol. **Martin Chantigny, PhD.** Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Exemple EV sur une ferme maraîchère

Système normal (extensif) : EV pleine saison

Pois semé 25 juillet à 150 kg/ha

Biomasse pris au 30 sept

Jobin, P. et Y. Douville. 1996. Engrais verts et cultures intercalaires.
Ste-Élisabeth-de-Warwick: Centre de développement
d'agrobiologie.

Méthode de l'Oregon, Sullivan et coll. 2019.



EV	Biomasse en Tonne ms/ha	% N	C /N	Apport brut en azote kg N/ha	Azote estimée kg N/ha par la biomasse foliaire
Pois	6,4	4,7	9,1	303	151,7 kg/ha de N (50%)

Exemple EV sur une ferme maraîchère intensive

Systeme intensif: EV fin de saison

Avoine(90)/Pois(10)

Semé mi-sept

Biomasse pris le 31 oct

Jobin, P. et Y. Douville. 1996. Engrais verts et cultures intercalaires. Ste-Élisabeth-de-Warwick: Centre de développement d'agrobiologie.
Méthode de l'Oregon, Sullivan et coll. 2019.



EV	Biomasse en Tonne ms/ha	% N	C /N	Apport brut en azote kg N/ha	Azote estimée kg N/ha selon par la biomasse foliaire
Avoine/ Pois	3,6 T/ha (sur le rang)	2,83	15,7	102	51 kg/ha de N (30-50%)

Les engrais verts pour favoriser la santé du sol

Message à retenir !

Les engrais verts apportent de l'azote aux cultures, OUI MAIS :

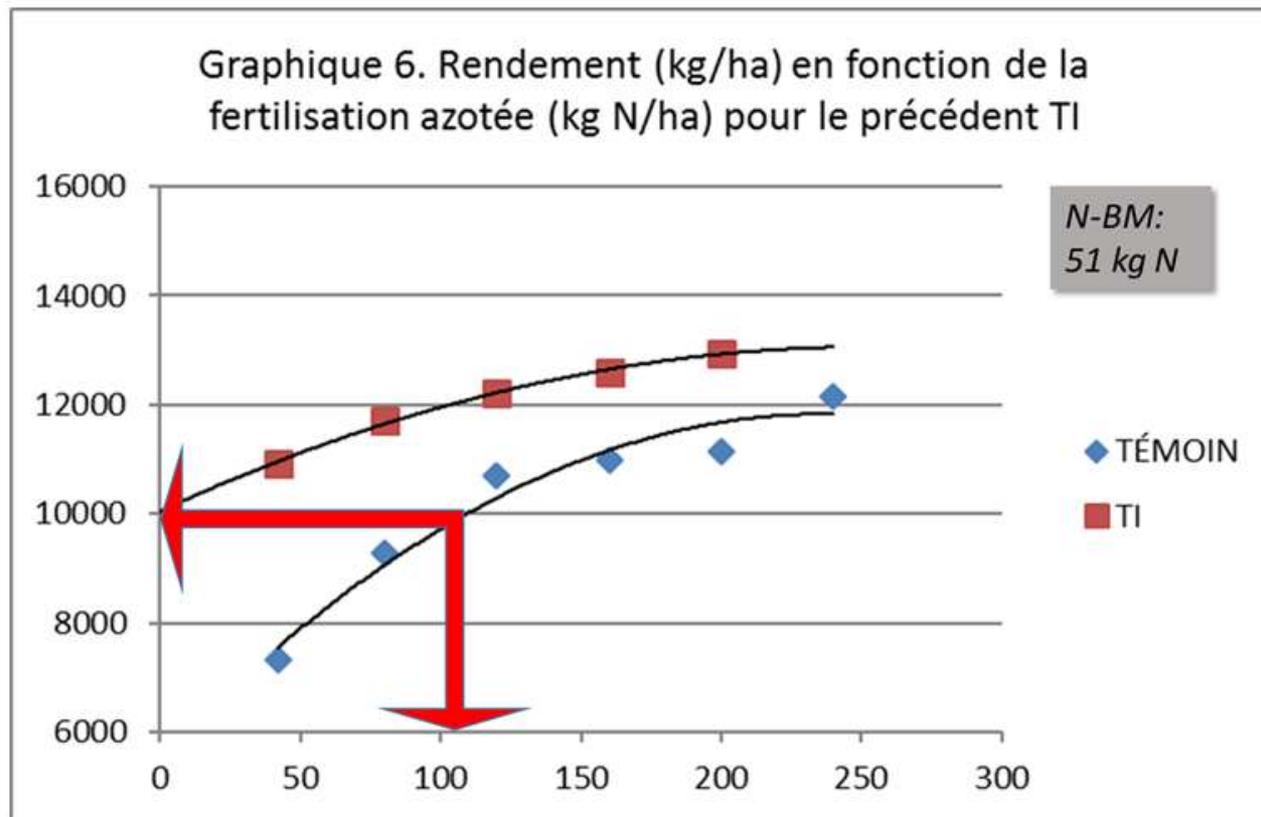
- Nourriture de CHOIX pour les microorganismes: augmentent leur activité
 - Contribuent à la formation de matière organique stable et labile du sol
 - Effet des racines vivantes !!!
- L'augmentation de l'activité des micro-organismes améliorent:
 - La structure du sol (agrégation)
 - L'aération (macropores)
 - Capacité de rétention de l'eau (micropores)

C'est le plus important !

Les engrais verts pour apporter de l'azote

- Grande culture bio:
 - une grande partie de l'azote est apportée par les engrais vert
 - Importation de fumier très limitées par le bilan phosphore (selon le bilan P; 30-40 t/ha tous les 3 ans)
 - Rendements grandement améliorés par les engrais vert (le fumier ne permet pas d'avoir les mêmes rendements)
 - Systèmes plus durables

Avec EV bien gérés: rendements supérieurs

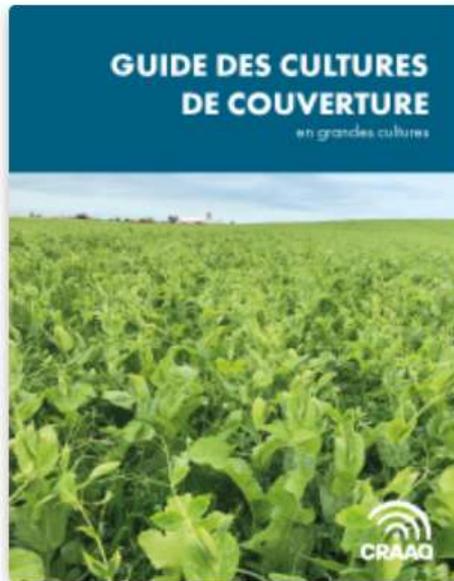


Bérubé et Tremblay (2016). Implantation à la dérobée de légumineuses annuelles dans les céréales pour améliorer la santé des sols et le rendement des cultures. Prime-vert. MAPAQ.

Bien choisir les espèces: définir les objectifs

- Dans quel but?
 - Racines puissantes? Apport de biomasse dans le sol?
 - Apport de N?
 - Contrôle de maladies?





Guide des cultures de couverture en grandes cultures

Éditeur : CRAAQ

Type : Guide

58,95 \$

Quantité ▼

Délai de livraison : 10 jours ouvrables

 **Ajouter au panier**

- <https://www.craaq.qc.ca/Publications-du-CRAAQ/guide-des-cultures-de-couverture-en-grandes-cultures/p/PSOLO109>

Apport de matière organique et chaulage

- Apport de 15-30 t de compost tous les 3 ans environ: bon amendement
 - ATTENTION: 1 po de compost = 250 m³ de compost/ha = 125 t de compost/ha:
 - Pollution importante: à 8 kg de P₂O₅/t cela fait 1000 kg de P₂O₅/ha
 - Les exportations sont souvent moins que 50 kg/ha
 - Compost acheté en grande quantité: si toutes les fermes au Québec faisaient cela:
 - Ce serait impossible de trouver du compost
 - Si fait avec de la tourbe = ressource non renouvelable
 - Il n'y aurait plus d'eau potable!

- Assurer d'avoir un pH au-dessus de 6,5 (Attention aux pH en serre souvent trop élevés).
 - Le calcium contribue à la structuration du sol
 - Sol riche en Mg: chaux calcique
 - Sol pauvre en Mg: chaux magnésienne ou dolomitique

 - Comprendre l'indice de valeur agricole de la chaux!

Un sol en santé en maraîchage bio : un incontournable pour réussir

1. Introduction
2. Les éléments incontournables pour réussir une production: drainage de surface et sous-terrain
3. Connaitre son sol: le profil de sol
4. Les incontournables de la régie: engrais verts, apport de MO, chaulage
5. **Le travail du sol**

Le travail du sol

1. **Faut-il travailler le sol...oui ou non?**
2. Travail profond
3. Travail superficiel
4. Sous-solage

Faut-il travailler le sol...oui et non

- Cela dépend de l'état du sol
- Objectif:
 - Avoir de la vie dans le sol, donc de l'oxygène donc de la porosité
 - Permet la minéralisation de l'azote des EV et compost
 - Avoir des racines qui envahissent facilement le sol, donc de la porosité et de la structuration du sol
- Quand on passe avec de la machinerie on compacte
- Parfois le sol se tasse tout seul

- Le sol doit être meuble en profondeur
- Les racines doivent pouvoir se développer de façon extensive dans les 8 po du haut (pas 4 po)
- Production légumière: nombreux passages
- Sable: le sol peut se compacter encore plus que l'argile!!!



Travail nécessaire



Sol léger en lamelles: problème en maraîchage avec sols sableux si pas de travail profond

Bon état



Compact



Travail pas nécessaire

Si le sol n'est pas compact, c'est mieux d'éviter de travailler le sol (brise les mychorizes)



Le travail du sol

1. Faut-il travailler le sol...oui ou non?
2. **Travail profond**
3. Travail superficiel
4. Sous-solage

Travail du sol – outils et résultats

- Travail profond
 - sur 15-20 cm environ: labour, chisel (cultibutte), disques lourds, rotoculteur
- Travail superficiel
 - sur 5-10 cm environ: herse, disques, rotoculteur
- Travail à de plus grandes profondeurs: sous-solage

Labour:

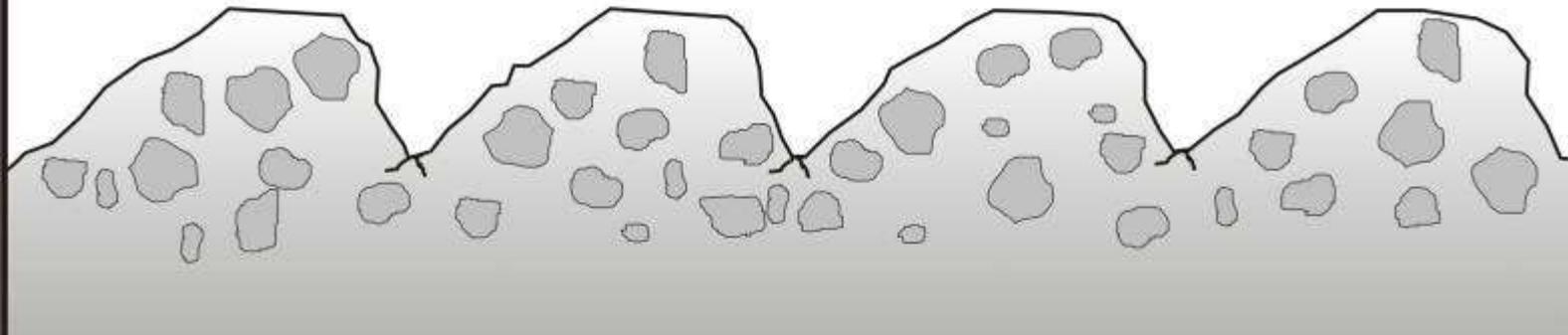
parfois mieux que beaucoup de passage d'un outil à dents ou à disques



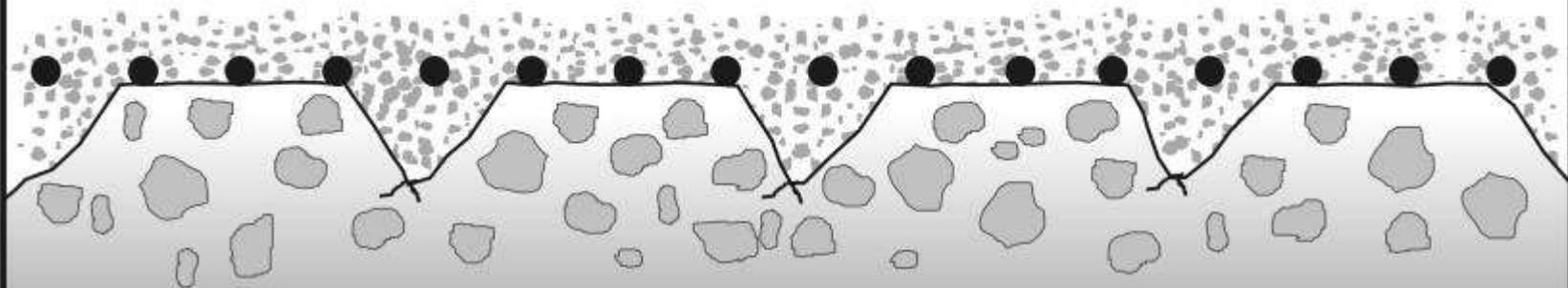
Labour : éviter un travail inégal

Important de faire un
labour dressé
Largeur = 2 * profondeur
16 po, 8 po

Avant hersage



Après hersage



- Chisel:
- pas dans les sols humides



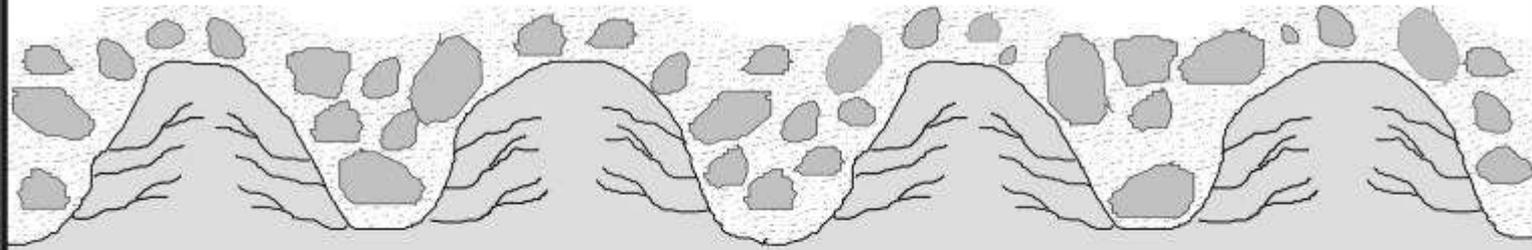
Cultibutte- ameublissement profond



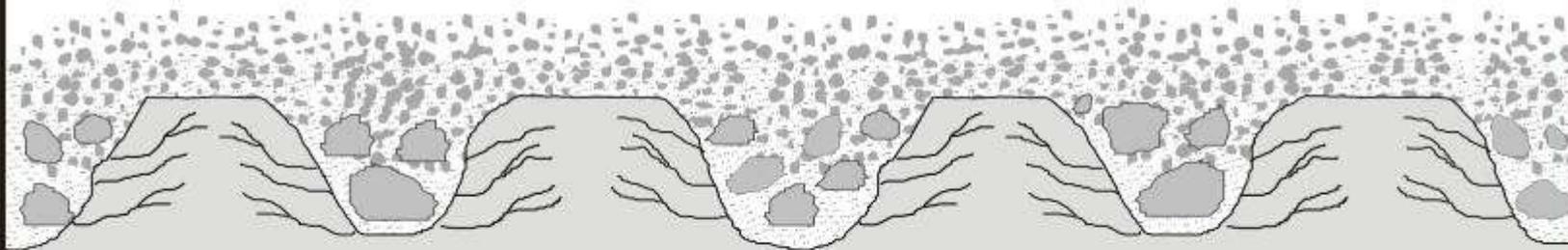
Photo D. La France

- Passage d'un chisel à dents étroites de façon trop superficielle ou dents de chisel trop espacées

Avant hersage



Après hersage



Vérifier le travail réalisé: champ qui semble bien travaillé...





Travail profond – travail superficiel: le rotoculteur

- Rotoculteur (axe horizontal) et rotobutteuse
 - Travail profond (limite de profondeur) – attention à bien travailler
 - Travail superficiel: préparation du lit de semence pour petites semences
 - Lissage possible à la base → sous-solage peut être nécessaire
 - Peut abimer la structure des sol légers (on peut faire de la farine! .. Qui se transforme en béton après une pluie)



Dents plus verticales =
moins de lissage



Culti-butte +Vibro-planche



Rotobutteuse



Vibroculteur -



Rotobutteuse avec travail trop agressif



Le travail du sol

1. Faut-il travailler le sol...oui ou non?
2. Travail profond
3. **Travail superficiel**
4. Sous-solage

Travail superficiel

- Le vibroculteur

- prépare une couche de terre fine sous la surface
- laisse les mottes plus grosses en surface
- laisse plus de résidus en surface
- Ne détruit pas les grosses mauvaises herbes ni les vivaces



- Le cultivateur

Le cultivateur

- Dents plus solides; pattes d'oie qui se croisent
- Vibrent moins donc moins de terre fine
- Peut descendre plus profond
- détruit les grosses mauvaises herbes et les vivaces



Les herse à disques

- enfouit les roches et les résidus
- laisse souvent le sol inégal tendance à pulvériser le sol trop finement : pas adéquat pour un lit de semence régulier
- peut accroître les problèmes de mauvaises herbes vivaces en fractionnant les rhizomes.



Le travail du sol

1. Faut-il travailler le sol...oui ou non?
2. Travail profond
3. Travail superficiel
4. **Sous-solage**

Pourquoi sous-soler?

- Si le sous-sol est très compact
 - Permettre à l'eau de descendre:

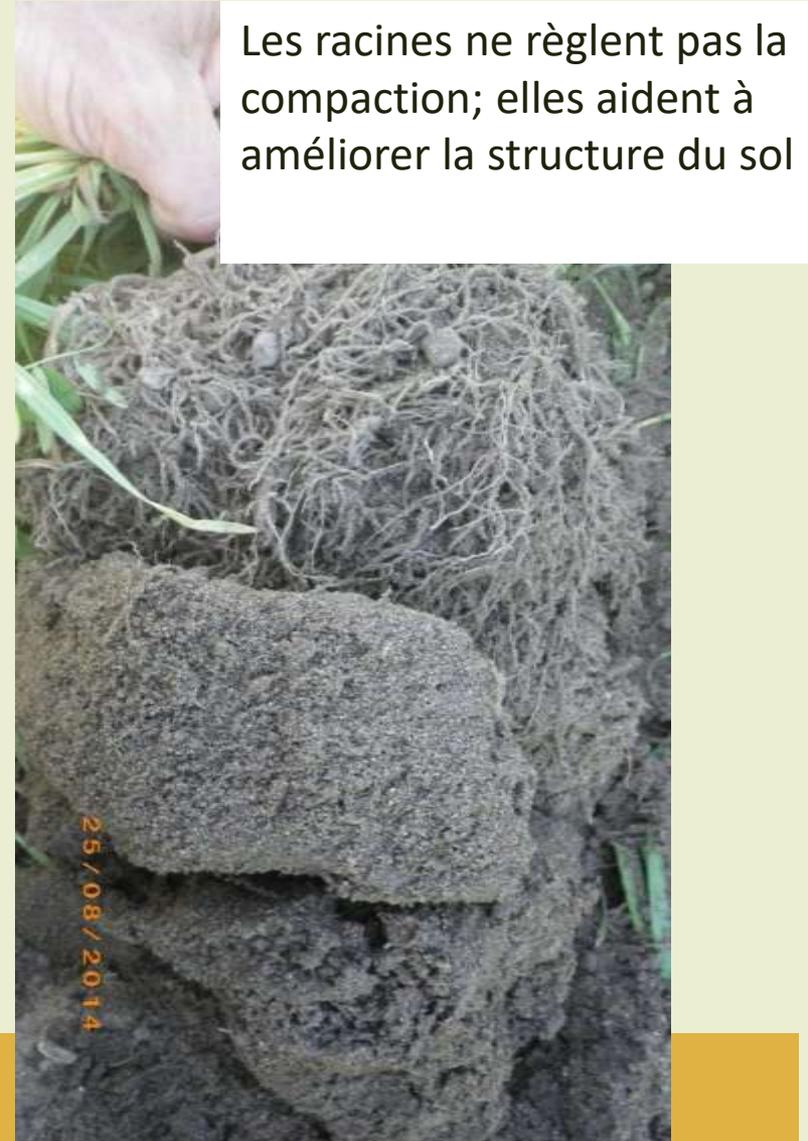
Possible si la couche qui bloque l'eau est:

 - Peu épaisse
 - Peu profonde (moins de 20-25 po)
 - **SINON RISQUE DE PISCINE**

Efficace; élimine la nappe perchée
 - Augmenter la profondeur d'enracinement



Les racines ne remplacent pas le sous-solage mais lui sont complémentaires



- Avant d'avoir recourt au sous-solage
 - il faut s'assurer que le sol soit bien drainé
 - Il faut faire des profils de sol pour savoir où se trouve la compaction et à quelle profondeur sous-soler
 - Attention à ameublir l'ensemble du profil (c'est rarement le cas)

- Regarder ou se trouve la compaction: ce champ a été transformé en piscine avec un sous-solage



Le sous-solage peut être nécessaire pour que les racines envahissent le sol – site argileux



Le sous-solage est nécessaire pour que les racines envahissent le sol – site sableux



Est-ce que le profil est bien ameubli?

Vérifier, vérifier, vérifier, vérifier



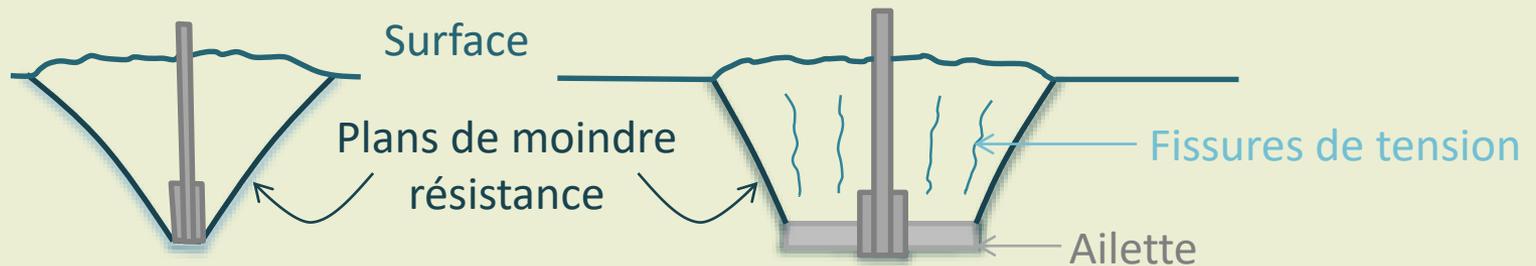
Profil partiellement ameubli:

- Besoin d'ailette
- Ajuster espace entre dents
- Ajuster profondeur

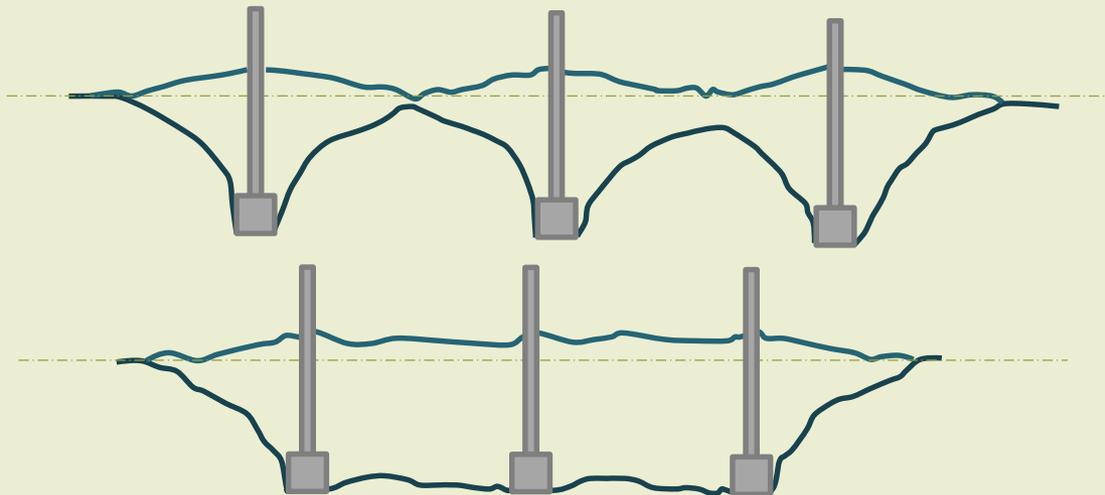


Mettre des ailettes, rapprocher les dents

- Socs à ailettes -> volume de sol ameubli supérieur



- Diminution de l'espacement entre les dents -> uniformisation de la zone ameublie



Sous-soleuse à 1 dent : système de planche permanente



En système de planche permanente, on voit souvent la technique de sous-solage avec une dent

Efficacité limitée !

Surtout si le reste est compact: effet de puit.

Pensez à décompacter uniformément le site avant la mise en place des parcelles.

A vos pelles!



- Weill, 2014. Comprendre et réussir le sous-solage. CETAB+, Victoriaville, 45 p.
www.cetab.org/publications https://cetab.bio/wp-content/uploads/2015/02/weill_2015_bulletin_sous-solage_cetab_2015-03-10.pdf

Les profils de sol agronomiques

Un outil de diagnostic de l'état des sols

Anne Weill, Ph.D., agronome

L'évaluation visuelle de l'état du sol

La méthode du profil de sol agronomique

de l'Université de Québec