

# Les profils de sol, un outil incontournable pour mieux gérer ses sols en grandes cultures



Ce qui fait la différence entre 9 t/ha de MG et 6 t/ha



Ce qui fait la différence....



**Ce qui fait la différence...suite**



# Plan de la conférence

- Mise en contexte
- Belles cultures, belles racines...
- Au champ: compaction-décompaction
- Évaluer la situation: le profil de sol
- Sols problématiques
- Drainage

# 1. Mise en contexte

3 fermes, 3 rotations, 3 gestions de sol,  
3 fertilisations

Et...

des résultats très différents

# Ferme 1

- Grandes cultures
- Travail du sol réduit
- Rotation simple
- Beaucoup de fumier – 15 t/ha de fumier de poulet
- Rendement de maïs: 6 t/ha

(Besoin du maïs 170 kg of N – fumier de poulet 30 kg/t de N – fumier de vache 5 kg/t de N)

Racines bloquées en surface – sol lourd





Racines bloquées en surface – sol léger





# Ferme 2

- Grande culture
- Travail réduit
- Rotation: maïs – soya – blé avec engrais vert
- Peu de fumier: 3 t/ha de fumier de volaille
- rendement: 9 t/ha (essai sans fumier: même rendement)





# Ferme 3

- Grande culture
- Travail du sol conventionnel
- Rotation: Maïs – soya - orge – seigle et vesce velue comme engrais vert
- Peu de fumier: 3 t/ha de fumier de volaille
- Rendement: 9 t/ha (essai sans fumier: même rendement)



# Rendements et fertilisation

Quand les chiffres ne fonctionnent pas

<b>Ferme</b>	<b>N fumier*</b>	<b>N engrais vert (3.5% N, 50% disponible)</b>	<b>Total</b>
<b>1 6t/ha</b>	total N: 600 kg; disponible: 300 kg	0 kg	300 kg
<b>2 9 t/ha</b>	total N: 90 kg; disponible : 45 kg	4 t/ha disponible : 70 kg	115 kg
<b>3 9 t/ha</b>	total N: 90 kg; disponible : 45 kg	5 t/ha disponible : 87 kg	132kg
<b>9 t/ha</b>	Essai: 0 kg	5 t/ha disponible : 87 kg	87 kg

- Les analyses de sol expliquent rarement l'origine des problèmes de mauvaise croissance; il faut regarder ce qui se passe dans le sol
- En général: cultures pas belles, racines pas belles



- **2. Que disent les racines?**

- **état des racines ??? Belles? Pas belles? Et pourquoi?**

# Bonnes conditions de croissance

- racines nombreuses explorant un grand volume de sol

**Bonnes conditions de croissance : racines nombreuses explorant un grand volume de sol**



**Sol en bon état = porosité = racines partout**



# Mauvaises conditions de croissance - cas des sols lourds

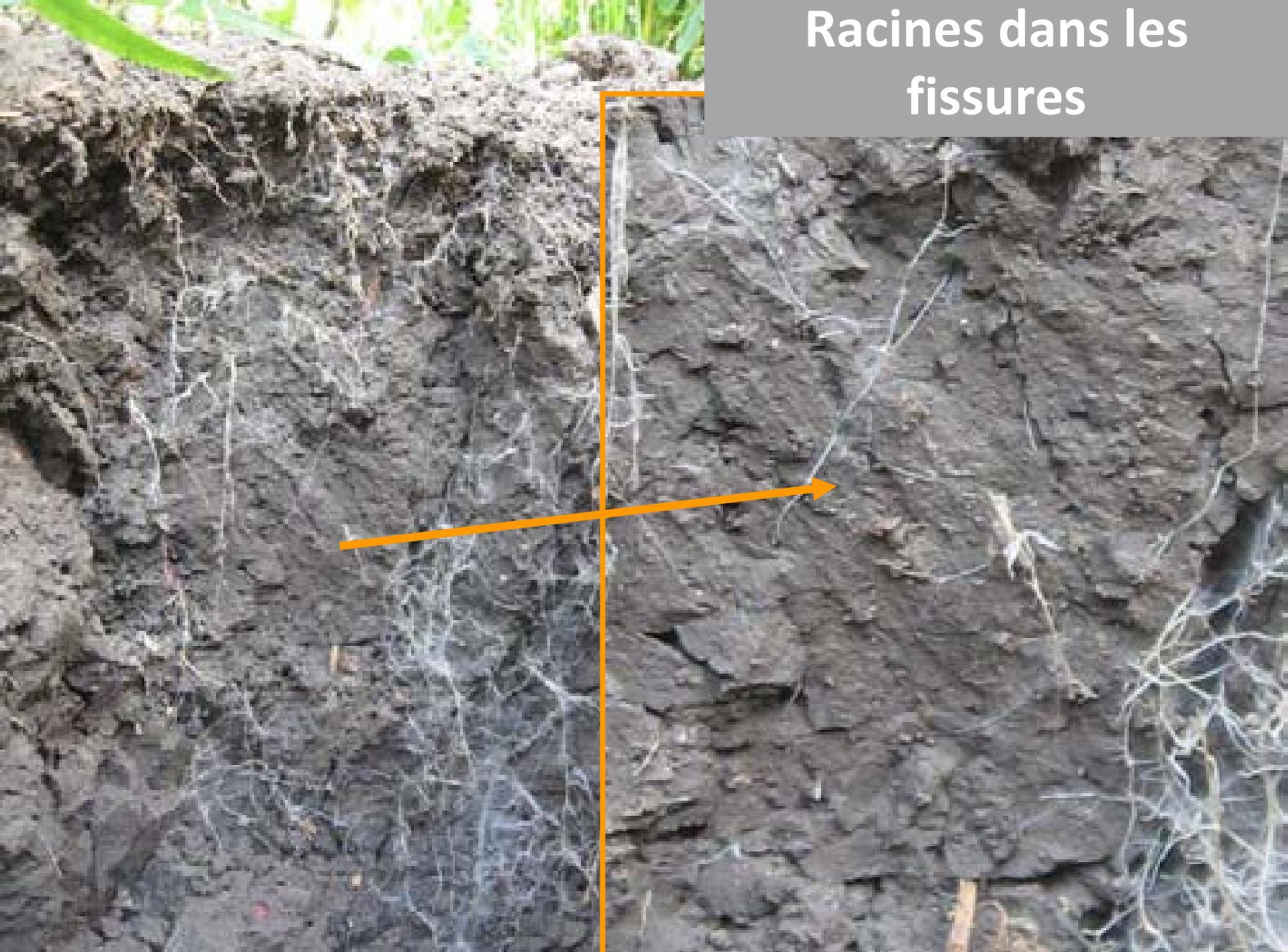
- Quand le sol est compact,
  - Les racines sont peu nombreuses et/ou
  - Les racines sont bloquées et/ou
  - Les racines sont dans les fentes et/ou
  - Les racines sont déformées

Argiles: racines peu nombreuses





Racines dans les  
fissures



Racines dans  
les fissures:  
Les racines  
passent là  
ou il y a de la  
porosité.

Ce ne sont  
pas des  
marteaux  
piqueurs.





**Racines dans une fissure**

# Déformations



# Mauvaises conditions de croissance - cas des sols légers

- Les racines sont peu nombreuses et/ou
- Les racines sont bloquées
- Les racines sont entre des lamelles de sol



- Loam: Racines bloquées: faible développement des plantes, besoin de beaucoup d'engrais

**Sable: aucune porosité, racines bloquées**





**Racines bloquées – sol léger**

**Sable:**  
aucune  
porosité,  
racines  
bloquées



- Faible développement des racines, faible croissance des cultures, mauvais rendement:
  - Majorité des cas: compaction: faire un profil de sol pour localiser le problème
  - Majorité des cas: compaction liée au drainage

# 3. Au champ: compaction-décompaction

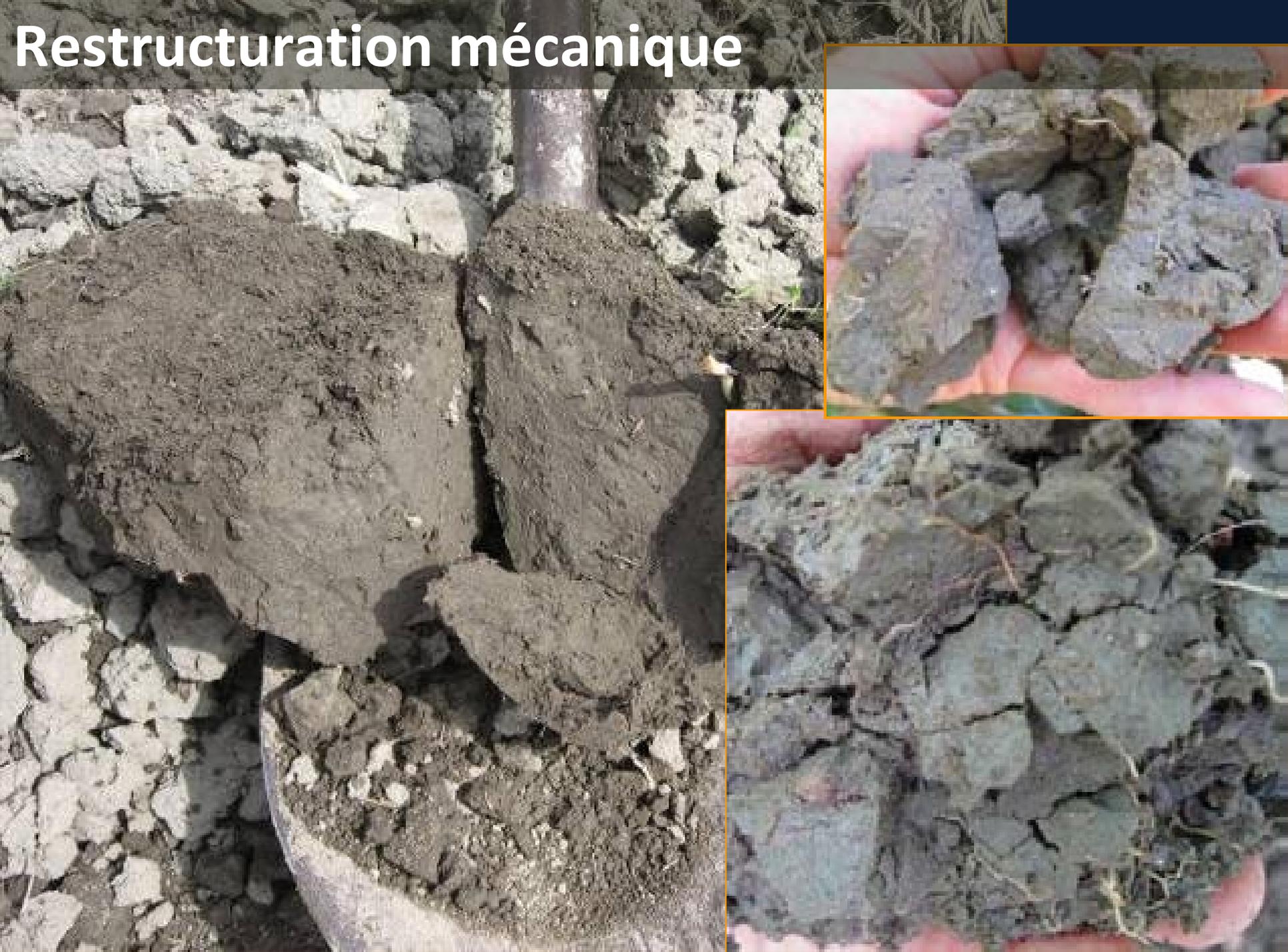
- Situation normale
- Résultat (gravité de la compaction) = fonction de:
  - État du drainage
  - Rotation
  - Méthodes culturales
  - Jugement du producteur
  - Saison

Argile



- Restructuration des sols argileux:
  - Mécanique: faire des fissures, aérer
  - Biologique: avec de l'air et des racines = activité biologique

# Restructuration mécanique



**Restructuration biologique dans la couche  
vibro: air, racines = activité bio = structuration  
et porosité**



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

# Exemple de compaction: passage d'épandeur



Sable



- Restructuration des sols sableux:
  - avec de l'air et des racines = activité biologique
  - Attention à faire un travail du sol peu agressif
  - Structure très fragile
  - Peu d'activité biologique: sol peut se compacter tout seul ou avec juste un passage de tracteur léger

**Exemple de  
compaction:  
passage passages  
de tracteurs dans  
l'entre-rang**



## 4. Évaluer la situation: le profil de sol



# Étapes avant de faire le profil

- Vérifier l'historique du champ
  - Cultures: rendements , régularité de la levée, conditions de récolte, uniformité de la croissance, rotation
  - Égouttement: drainage souterrain, écartement des drains..
  - Travail du sol
  - Date des épandages de fumier
  - Obtenir plan de drainage, cartes des sols...

- Observer la topographie – surveiller:
  - Les champs en forme de cuvette
  - Les dépressions à peine visibles et très larges
  - 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.



- Aussi observer:
  - La surface du champ (érosion, mottes, croute de battance...)
  - L'aspect général de la culture
  - Repérer les zones où la culture pousse mal
- Vérifier l'état des fossés et cours d'eau

# Ou creuser?

- Fonction du but recherché: diagnostiquer les problèmes de rendements? De drainage?
  - Endroit représentatif du champ: éviter bords de champ, entrées
  - Endroits à problèmes: cassure de pente, zones basses...
  - Faire plusieurs profils

# Quand creuser

- Argiles: printemps, été, automne
- Sables: quand racines sont développées
- Diagnostic de problème de drainage: tôt au printemps, après une pluie importante; mieux: piézomètres



# Comment creuser



# Les observations à faire et interprétations

- Les couches de sol
- (Évaluation de la texture)
- Évaluation de la structure
- Évaluation de l'aération
- Évaluation de l'activité biologique
- Évaluation de l'état des racines



Travail superficiel

Labour non repris

Fond du labour (résidus  
visibles)

Transition vers la partie  
non affectée par le  
travail

Travail profond



Travail superficiel



# Travail superficiel



Couche - épaisseur (variable)	Caractéristiques générales
Travail superficiel 5 à 7 cm	<i>Structure souvent en bon état.</i>
Travail profond non repris 15 cm	<i>Structure en bon état sauf en cas de passages en conditions humides au printemps.</i>
Transition 5 à 30 cm	<i>Structure souvent compacte à cause d'une accumulation de compaction due aux passages d'équipements lourds</i>
Zone non affectée par les passages de machinerie 30 à 60 cm	<i>Structure en bon état. En général, on creuse le profil jusqu'à cette zone.</i>
Zone plus profonde (nappe d'eau)	<i>Sol généralement non structuré (aspect massif).</i>

- Les couches de sol
- Évaluation de la structure
- Évaluation de l'aération
- Évaluation de l'activité biologique
- Évaluation de l'état des racines

# Évaluation de la structure – méthode

- Pelletée de terre (aspect des mottes, agrégats)



# Mottes



agrégats



# Exemple 1: Sol lourd compacté



1. Séparer doucement les éléments structuraux



Motte lisse

2. Observer une motte et l'écraser légèrement



Peu de petits agrégats

3. Observer les agrégats

# Exemple 2: Sol lourd en bon état



# Exemple 3: Sol léger

Bon état



Compact



# Grille visuelle d'évaluation du compactage

- Pour sols lourds
- Pour sols moyens et légers (peu fiable – regarder les racines)



# Observation de la structure sur l'ensemble du profil

- Prélever un peu de sol de chaque couche
- Examiner la structure



Structure ... bonne, pas bonne?

# Sols labourés





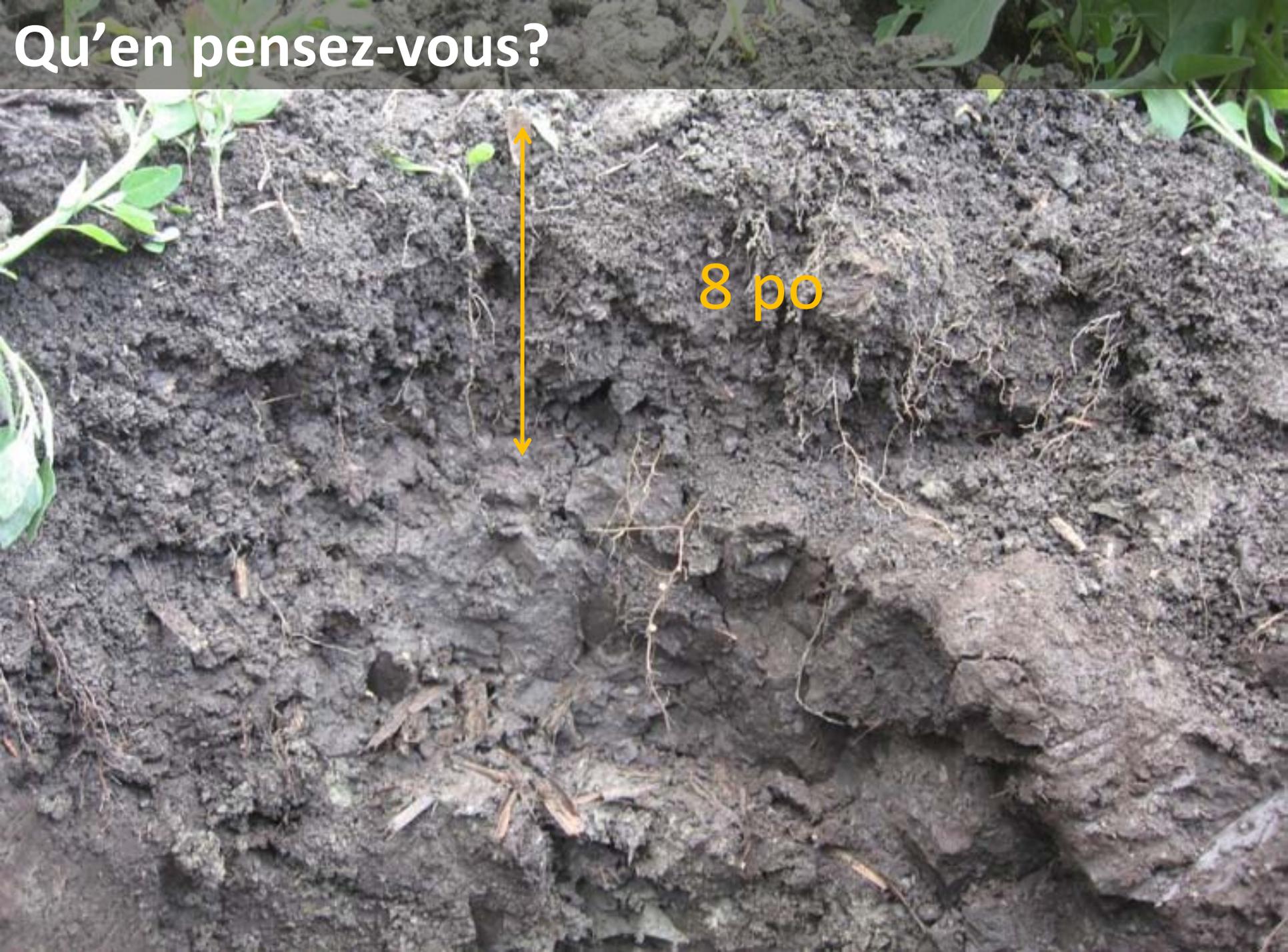
**Semis  
direct**



Passage  
d'épandeur



Qu'en pensez-vous?



# stabilité



- Les couches de sol
- Évaluation de la structure
- Évaluation de l'aération: couleur
- Évaluation de l'activité biologique
- Évaluation de l'état des racines

# 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
  - Actuelle ou passée (prudence)



# Teinte gris-bleu dans un sol compact



# Teinte gris-bleu à la base du labour



Teinte gris-bleu dans un sol  
longtemps saturé en eau



Couche massive qui bloque  
l'eau



Nappe d'eau trop haute

# Marbrures: ponctuelles ou diffuses



Sable fin massif



Argile très structurée

- Les couches de sol
- Évaluation de la structure
- Évaluation de l'aération
- Évaluation de l'activité biologique
- Évaluation de l'état des racines

Critère 1: Vitesse de décomposition des résidus (vérifier type et âge)

Fumier mal décomposé  
en sol compact







## Critère 2: observation de la macroporosité d'origine biologique

Élevée



Faible





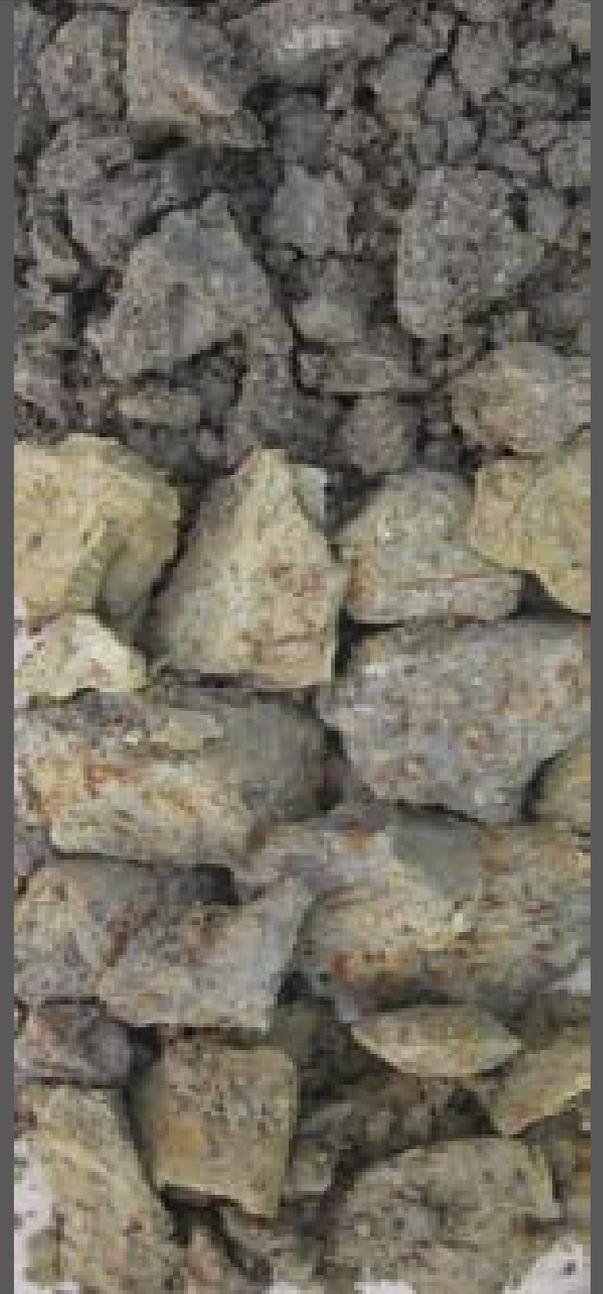
Critère 3: Vers - capacité de régénération du sol;  
nombreux là où nourriture, moins de travail du  
sol

- Les couches de sol
- Évaluation de la structure
- Évaluation de l'aération
- Évaluation de l'activité biologique
- Évaluation de l'état des racines

# 5. Sols problématiques

- Tills massifs
- Couche naturellement massive
- Sables très fins peu perméables
- Sols très acides
- Couches indurées

# Sous-sol naturellement massif: till





- Tills:  
évaluation de  
la structure  
difficile



Couche  
naturellement  
massive



Couche  
naturellement  
massive





Sous-sol acide



- Photo Vickie Villard



Couche indurée

# Conclusions sur l'état du sol

- Sol en bon état
- Sol avec compaction:
  - Manque d'aération, présence d'eau
  - Manque d'activité biologique (relié aux facteurs précédents)
  - Mauvais développement des racines (relié aux facteurs précédents sauf cas particulier)
- Cas particulier

COMPACTION SOUVENT RELIÉE AU DRAINAGE

# 5. Drainage



- La plupart des sols au Québec sont naturellement mal drainés
- Un mauvais drainage naturel est lié:
  - À la position du champ: zone basse, bas de pente
  - OU à la faible perméabilité du sol, en particulier le sous-sol
- Donc:
  - un sol perméable peut être mal drainé
  - Un sol en haut de pente peut être mal drainé
  - De façon générale les sols sableux ou argileux sont souvent mal drainés

- Drainage de surface
  - Baissières
  - Écoulement hypodermique
  - Pentes inadéquates
- Drainage souterrain

# Drainage de surface

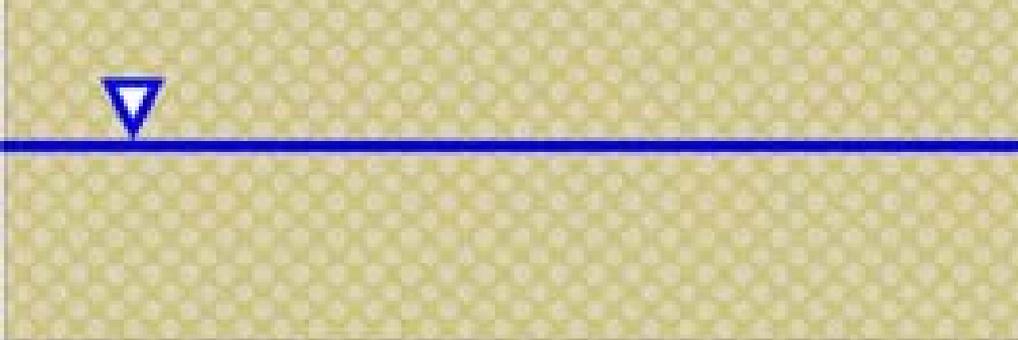
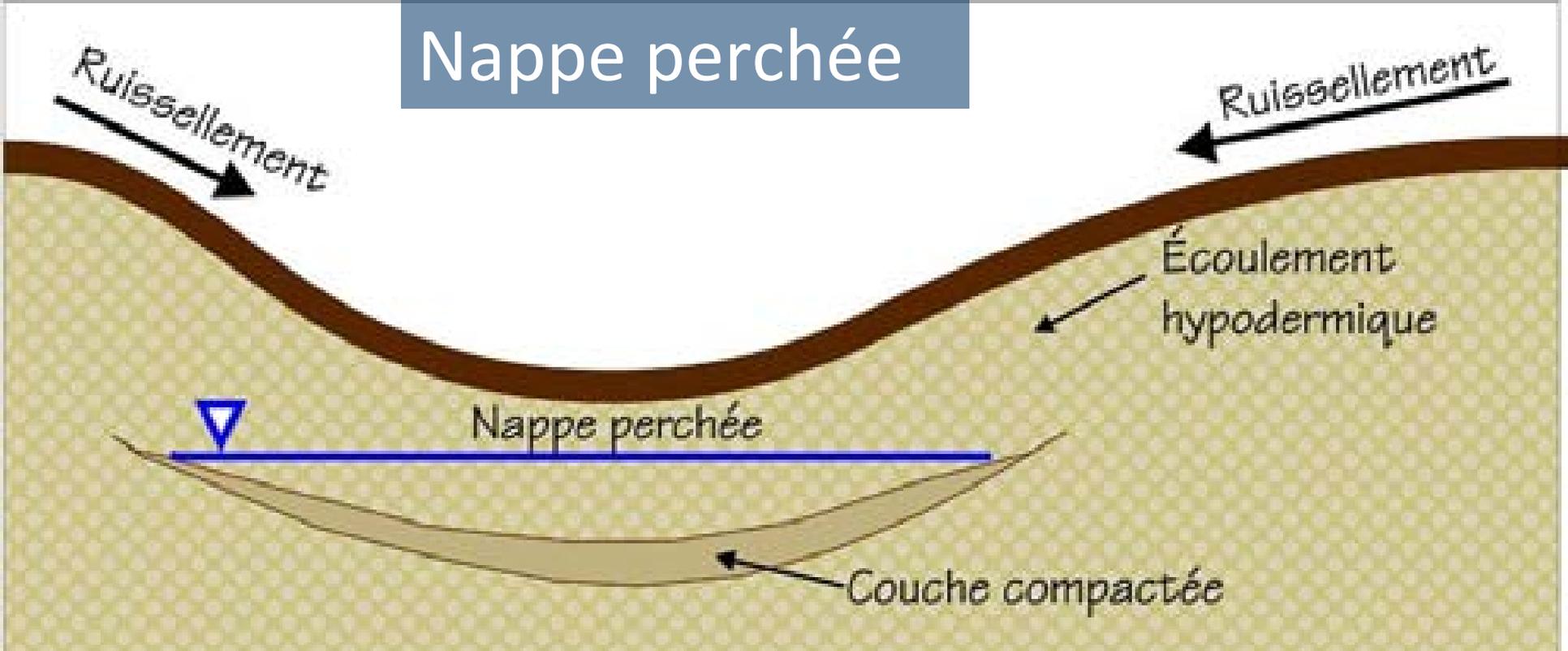
## Baïssières







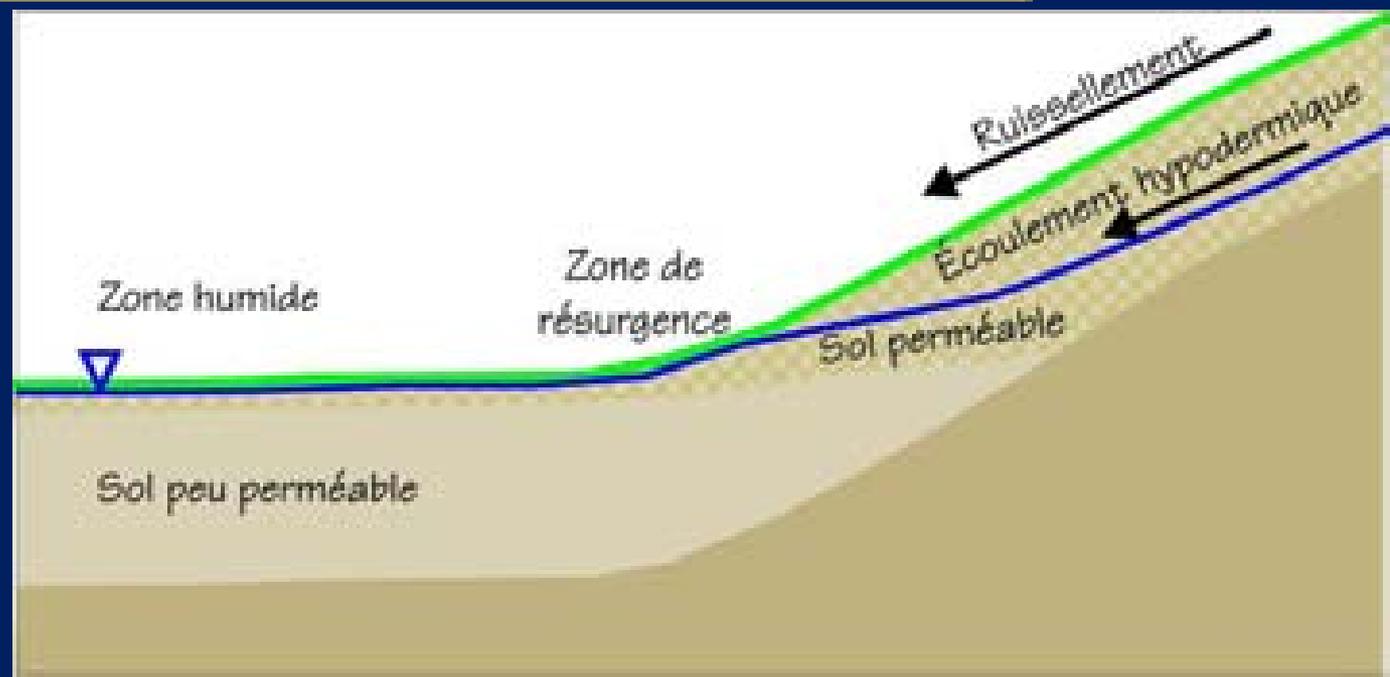
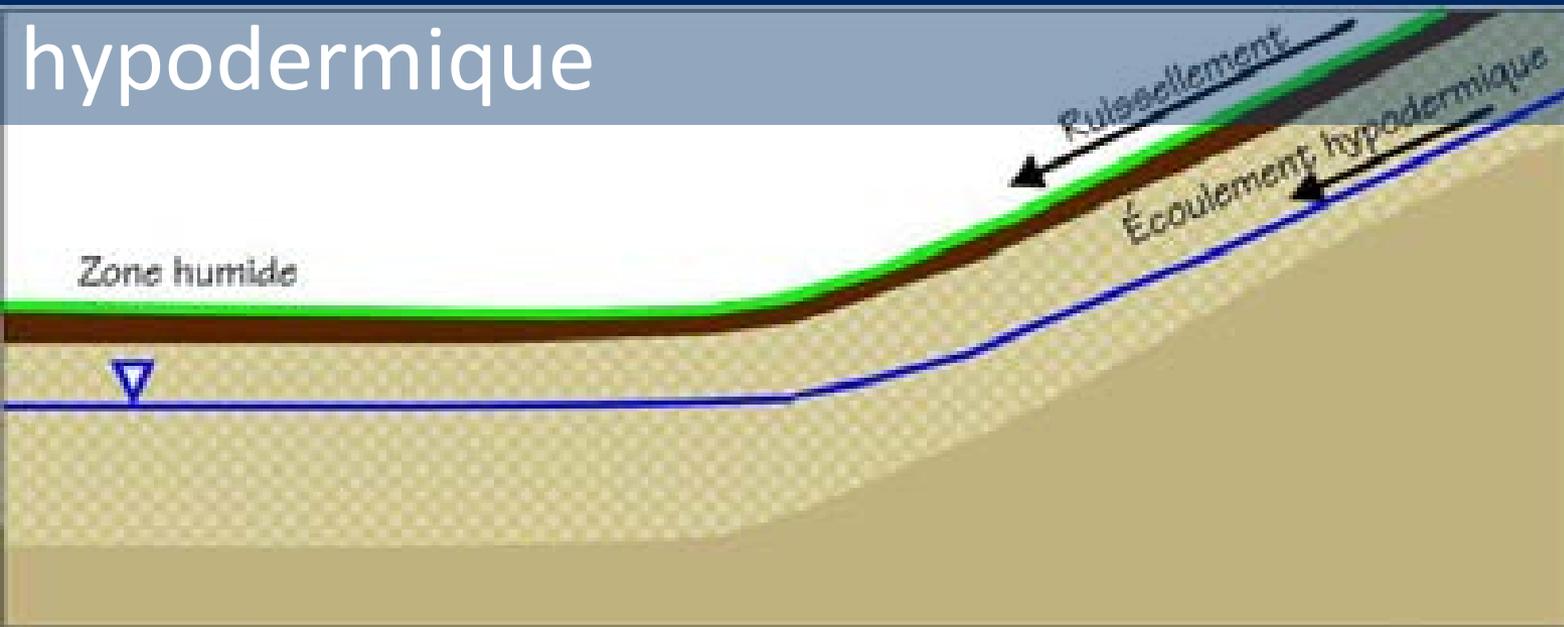
# Nappe perchée



# Nappe perchée



# Drainage de surface: écoulement hypodermique





# Solutions

- Baissières:
  - Nivelage si peu de terre à déplacer; préserver l'horizon A
  - Puits de roche
  - Avaloir
- Écoulement hypodermique: drains, tranchée filtrante
- Voir les fiches sur agri-réseau

- 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. Diagnostique 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/>

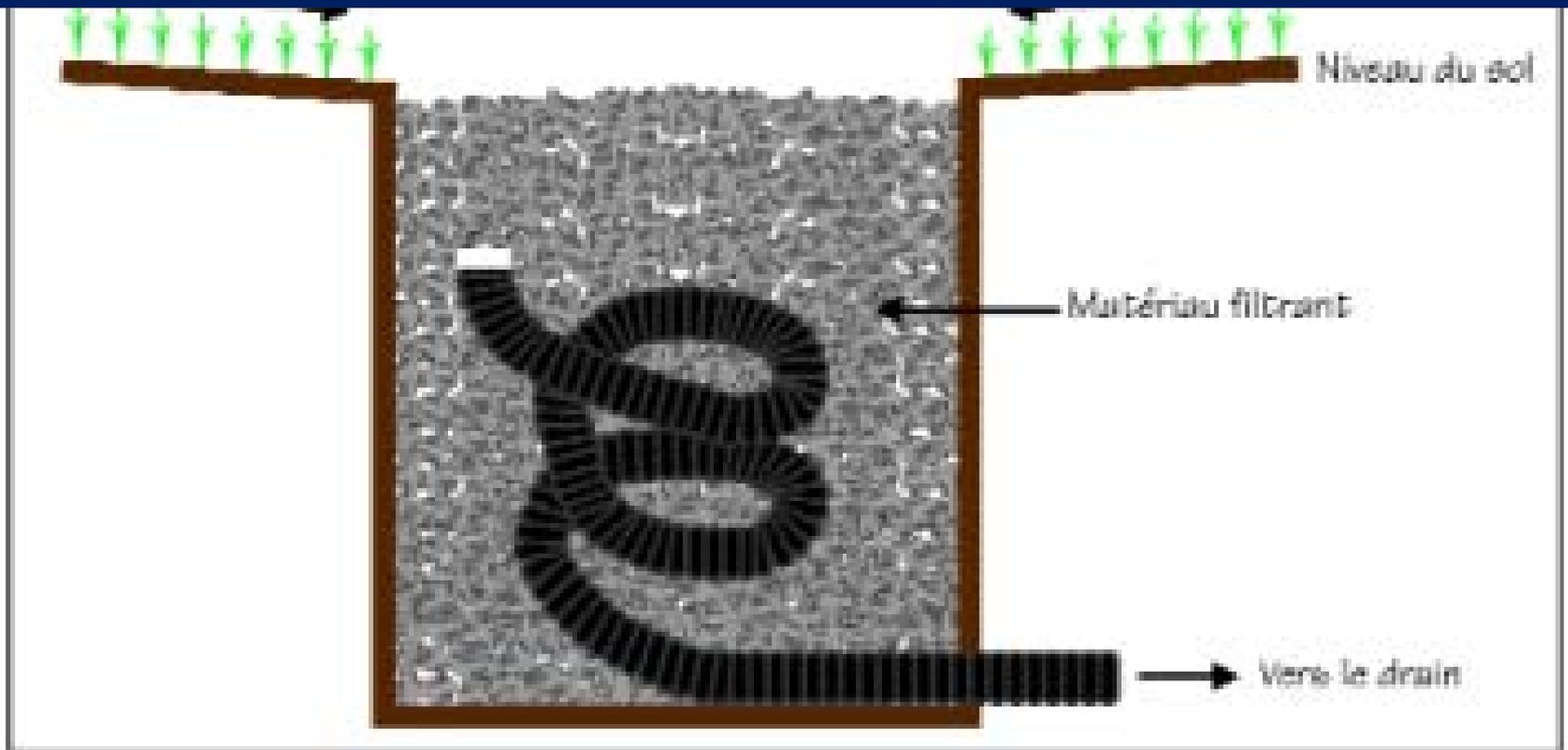


Figure 1 : Puits d'infiltration avec drain en serpent (pierre ou copeaux)

- Source: Stampfli et al. 2007



# Drainage souterrain

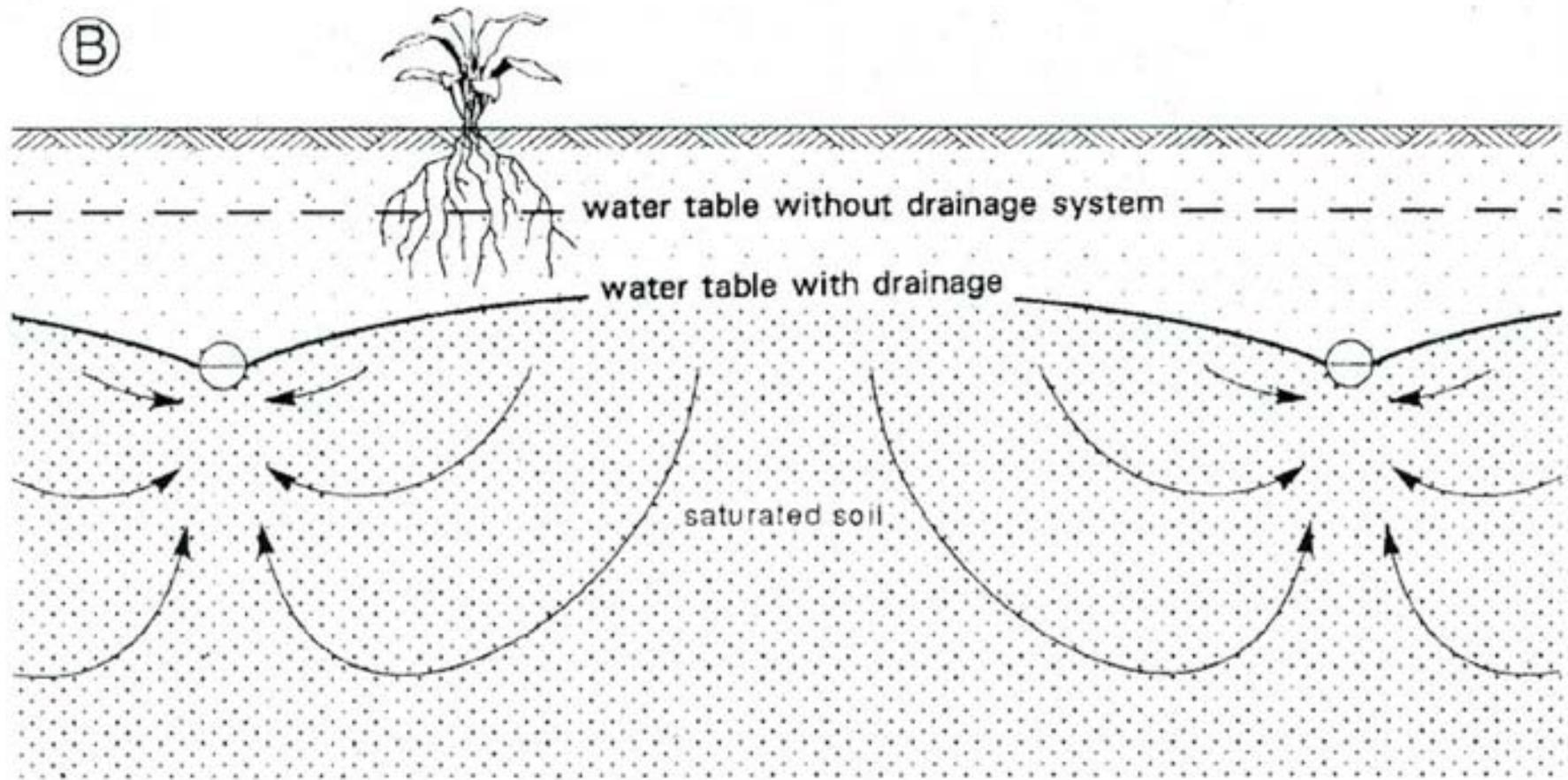
- Le drainage souterrain n'est pas nécessaire dans de rares cas
- Taux de rabattement de la nappes pour les grandes cultures: 30 cm/jour et pour les légumes: 50 cm/jour

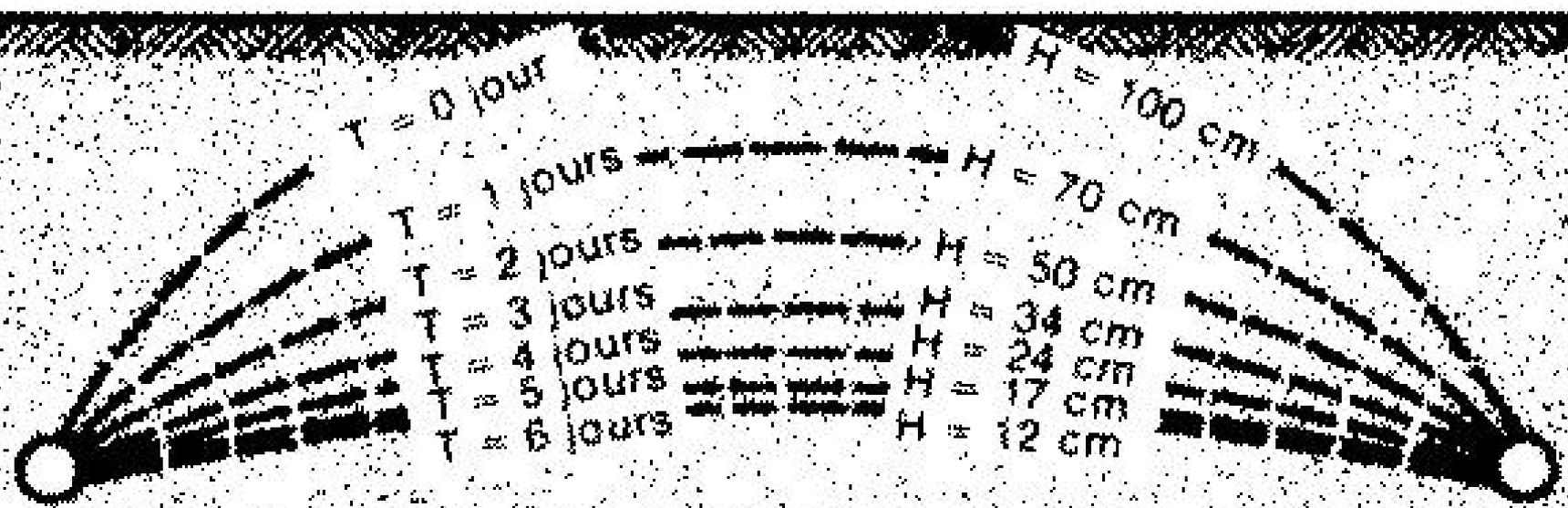
Perméabilité	Exemple de type de sol	Espacement entre les drains (m)	Profondeur des drains (m)
Très faible	Argile compacte sans structure, loam argileux compact	7-13	0,8-1,0
Faible	Argile, argile limoneuse, limon sableux	8-15	0,9-1,1
Moyenne	Limon, argile bien structurée	11-18	1,0-1,2
Élevée	Sable ou gravier	14-28	1,0-1,3 <sup>1</sup>

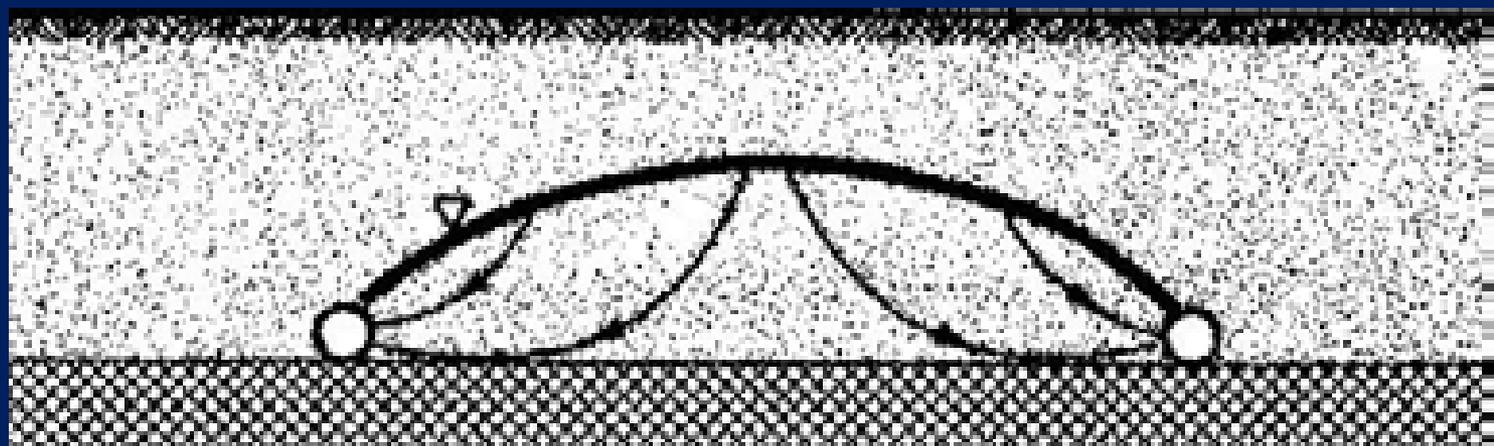
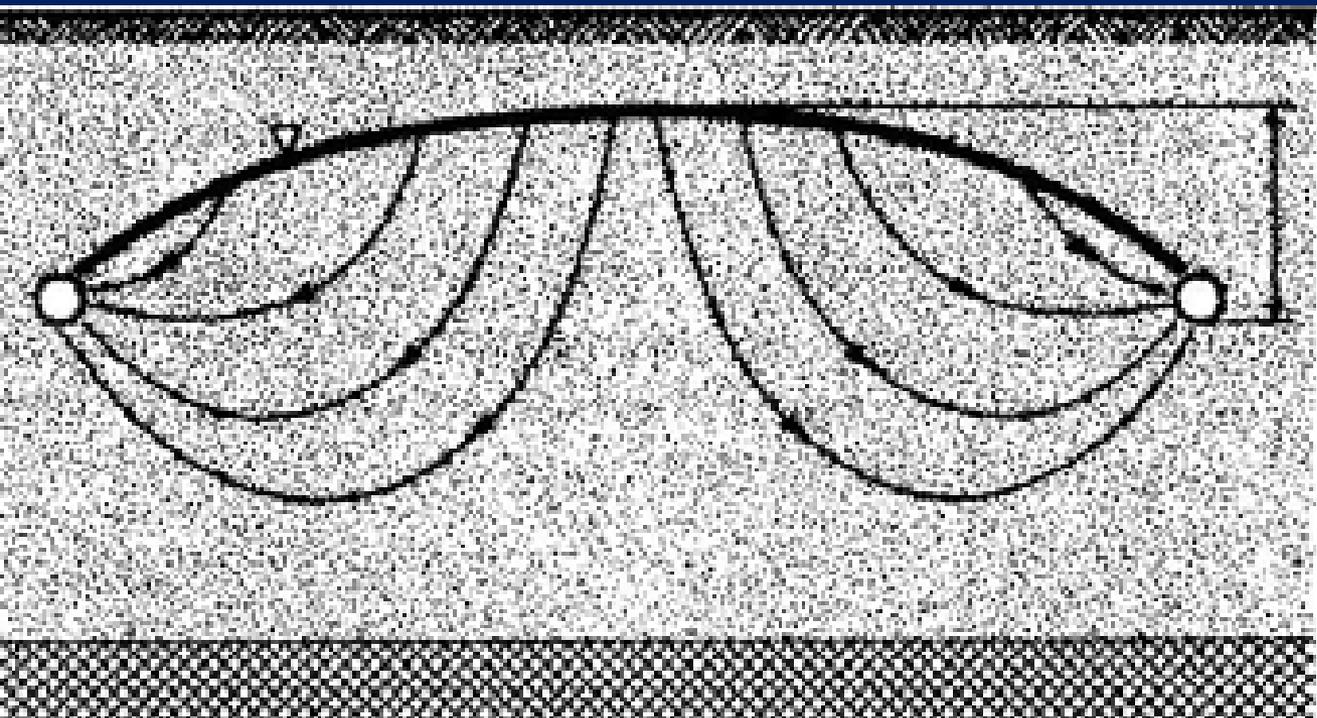
Source : Beaulieu *et al.* 2005.



(B)















- Pour en savoir plus:

# 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

à l'appui de la planification de l'agroenvironnement

 Clubs **conseils**  
en agroenvironnement



Centre de recherches en agriculture  
et agroalimentaires du Québec

Merci