

Christian Roisin  
c.roisin@cra.wallonie.be

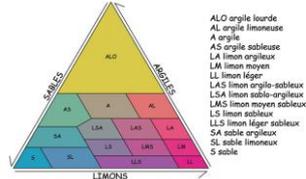
La fertilité physique des sols :  
Structure et état structural,  
Evaluation  
Impact des pratiques agricoles

# Définitions

## Structure

Mode d'assemblage des particules de sol (sables, limons, argiles)

(Echelle : mm)



Texture

Mode d'assemblage des éléments solides (agrégats, mottes)

(Echelle : cm) - Structure grumeleuse, polyédrique, lamellaire



Organisation de la porosité (Echelle : dm)

Microporosité (porosité texturale) et macroporosité (porosité structurale)

Verticale, horizontale ...

Notions en relation avec la dynamique de l'eau



Notions de mécanique des sols : Masse volumique, résistance, cohésion, ...

Notions en relation avec la compaction

# Définitions

## Etat structural

Echelle du profil (globalité de la couche arable) - Echelle : mètre

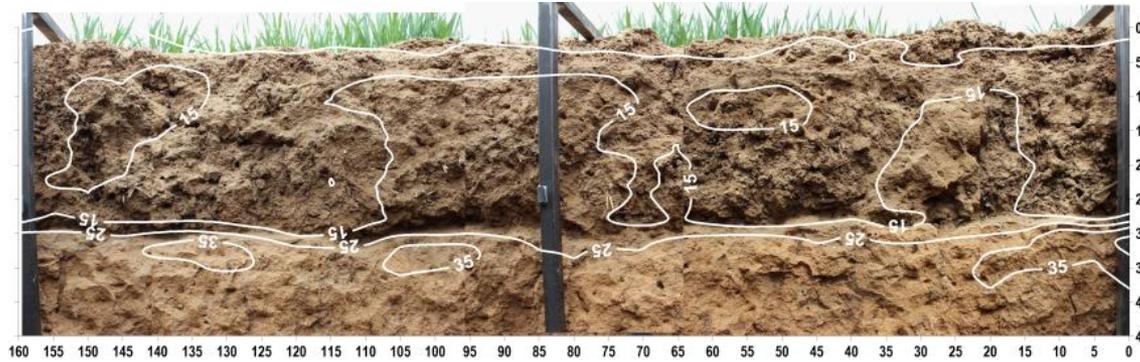


Photo M,Olivier  
[Projet Sol-Résidus]

Notion plus globale qui rend compte de :

- la complexité de l'organisation spatiale des constituants du sol  
(unités structurales : blocs massifs, mottes, agrégats, terre fine, creux, ...)
- la fréquence et la position dans le profil (profondeur) de ces unités structurales
- la stratification du profil et l'aspect des zones d'interface (porosité, continuité, ...)

# Définitions

## Stabilité structurale

Capacité d'un sol à résister à l'action de dégradation par la pluie

### La stabilité structurale dépend

- ✓ de la teneur en argile
  - ✓ de la teneur en matières organiques (humus)
  - ✓ du pH
  - ✓ de l'intensité de l'activité des micro-organismes
- } Colloïdes
- └─> Hyphes et polysaccharides

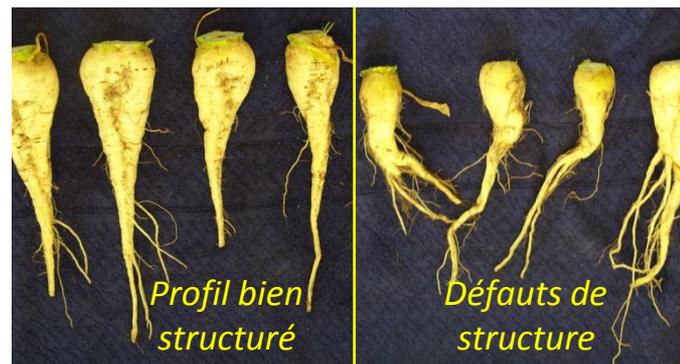
**Il est difficile d'accroître la stabilité structurale d'un sol**

**MAIS**

**il est facile de dégrader la structure d'un sol stable**

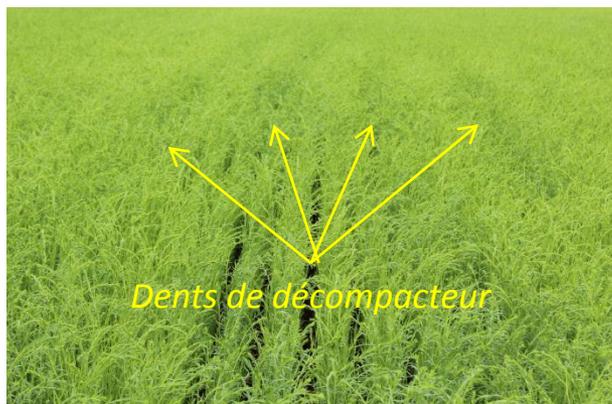
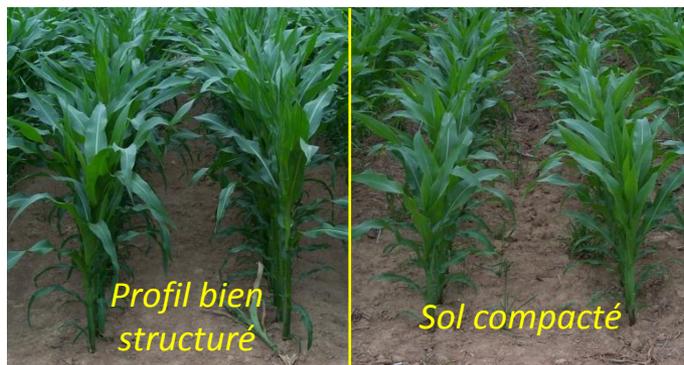
# Impact de l'état structural sur le développement des cultures

## Effet sur le développement racinaire



# Impact de l'état structural sur le développement des cultures

## Effet sur le développement végétatif



# Impact de l'état structural sur l'infiltration de l'eau

Simulation de pluie

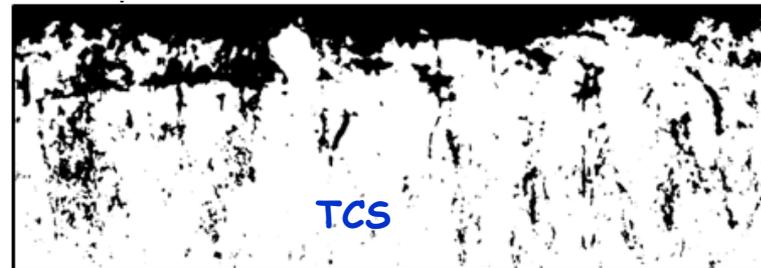


Découpe des profils



[Projet INFOSOL - UCL/CRA-W - 5 ans de TCS]

Passage de roue  
↔  
Visualisation de l'infiltration



Centre wallon de Recherches agronomiques

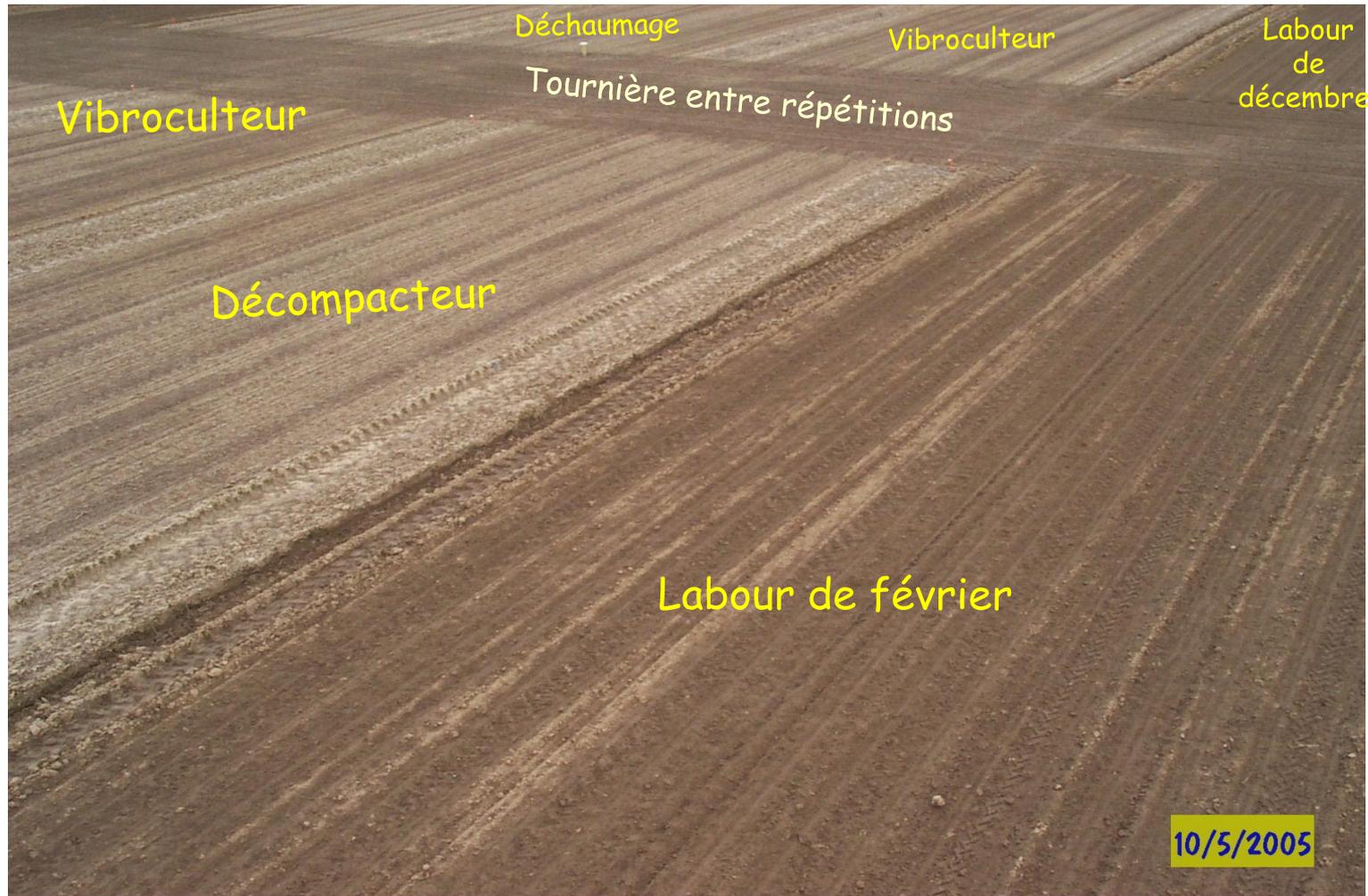


Centre wallon de Recherches agronomiques

Département Agriculture et Milieu naturel – Unité Fertilité des sols et Protection des eaux – Roisin Christian

[www.cra.wallonie.be](http://www.cra.wallonie.be)

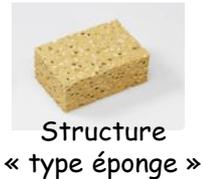
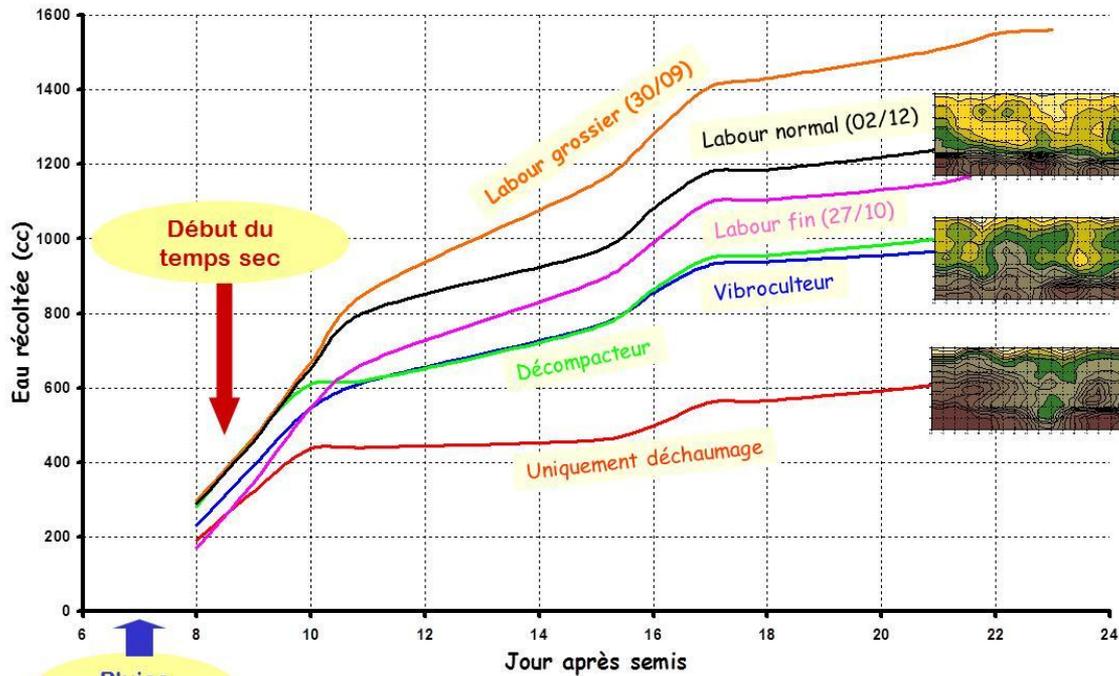
# Impact de l'état structural sur la rétention d'eau et la capillarité



# Impact de l'état structural sur la rétention d'eau et la capillarité



Tests d'évaporation

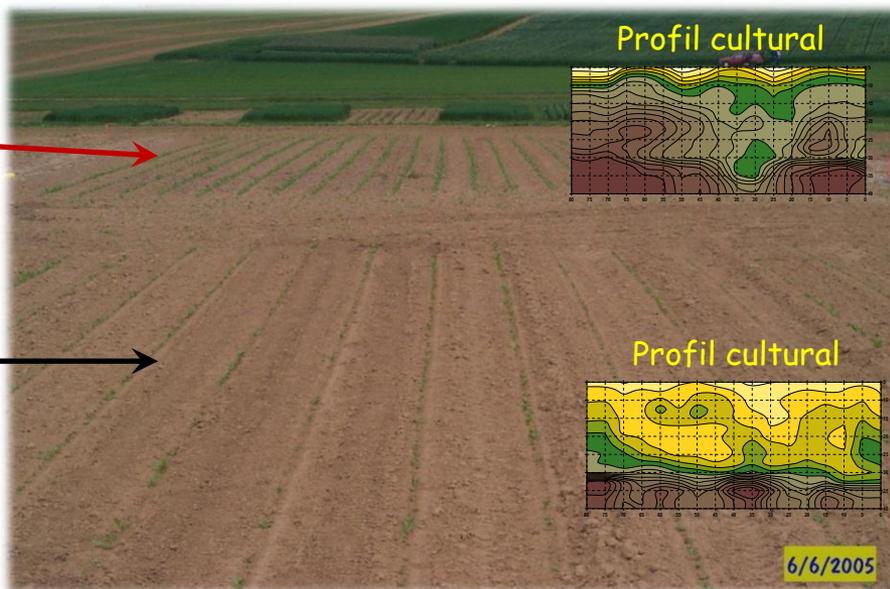


## Retour d'eau vers l'atmosphère par évaporation

[Essai CRA-W - 2005 - 1 an de TCS]

# Impact de l'état structural sur la rétention d'eau et la capillarité

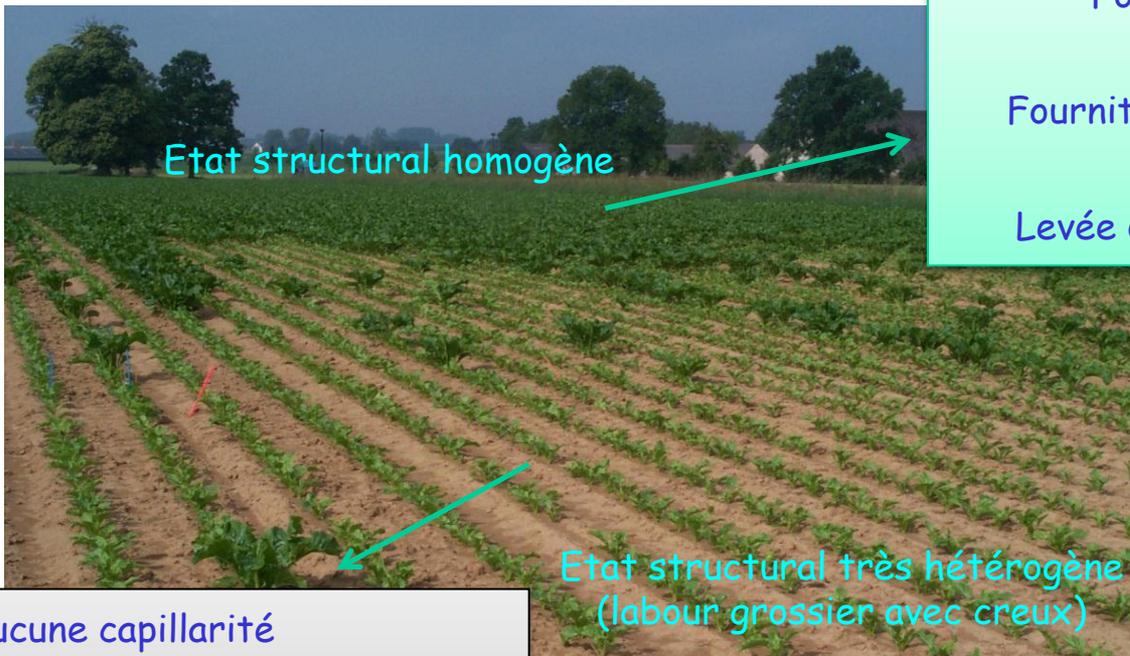
Technique de travail du sol et d'implantation	Surface foliaire
<b>TCS (uniquement déchaumage)</b>	<b>5,3 a</b>
Décompactage	4,8 a
Pseudo-labour superficiel	4,2 b
Labour 08/02 « classique » avec faux semis	1,6 c
Labour 27/10 « type sous-couvert »	1,6 c
Labour 02/12 « classique »	1,6 c
Labour 02/12 « type sous-couvert »	1,5 c
Labour 30/09 « type sous-couvert »	1,5 c
Labour 02/12 « classique » avec faux semis	1,4 c
Labour 08/02 « classique »	1,3 c



## Effet sur le développement d'une culture de chicorée

[Essai CRA-W - 2005 - 1 an de TCS]

# Impact de l'état structural sur la rétention d'eau et la capillarité



Structure  
« type éponge »

Forte capillarité  
↓  
Fourniture d'eau par le sol  
↓  
Levée dès le semis (avril)



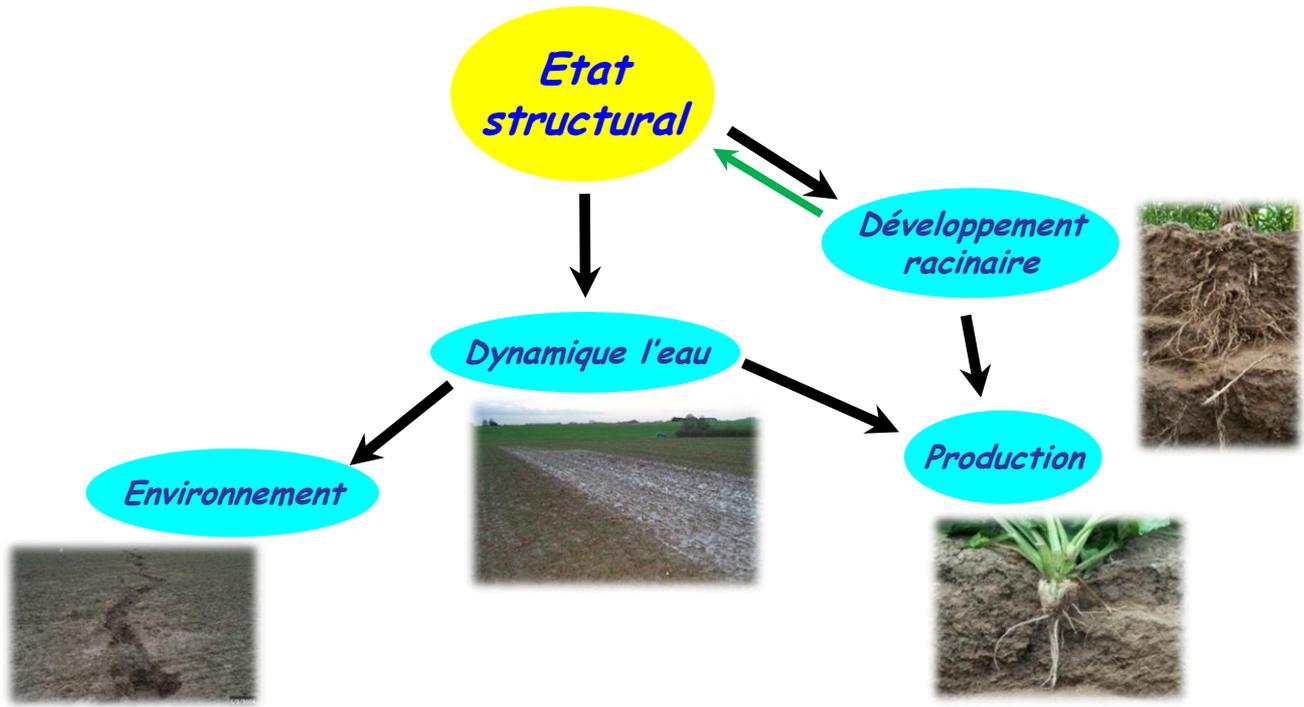
Structure  
« type buvard »

Aucune capillarité  
↓  
Assèchement rapide du lit de semences  
↓  
Levée seulement après les pluies (mai)

Centre wallon de Recherches

# L'état structural du sol est donc déterminant

Question:  
Comment l'apprécier ou le caractériser ?



# Diagnostic de la qualité de l'état structural

## Test de la bêche



Sol en bon état  
(Structure grumeleuse)



Sol Compacté  
(Structure massive et polyédrique)



# Diagnostic de la qualité de l'état structural

## Test de la bêche



Terre meuble + mottes  
→ doute

# Diagnostic de la qualité de l'état structural

## Test de la bêche



Examen de faces de rupture  
→ Porosité visible à l'œil nu  
(macroporosité) ?

# Diagnostic de la qualité de l'état structural

## Méthode du profil cultural



# Diagnostic de la qualité de l'état structural

## Profil cultural : Recherche de fonds de travaux successifs



Marques horizontales liées à des travaux successifs

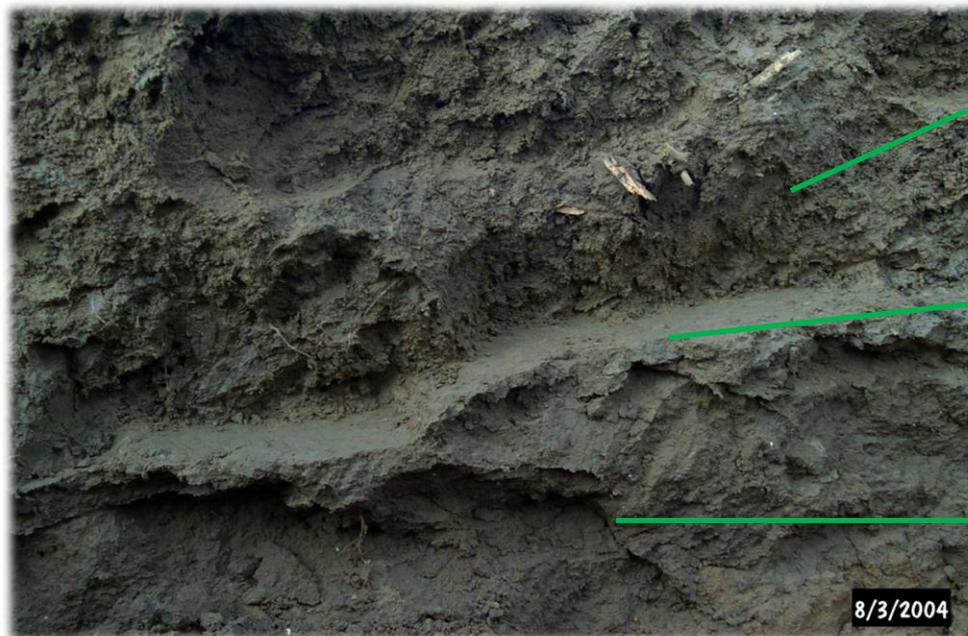
Superposition de fonds de travaux profonds différents



# Diagnostic de la qualité de l'état structural

Examen de l'interface entre les différents horizons

Recherche de lissages éventuels (zones imperméables)



Horizon ameubli

Surface lissée  
créée par le  
frottement d'un  
soc de charrue

Horizon compacté

= Conséquence d'un travail du sol au niveau d'un horizon compacté

# Diagnostic de la qualité de l'état structural

## Caractérisation visuelle et tactile de chaque horizon



Horizon  
homogène et  
poreux



Présence de  
mottes  
compactes

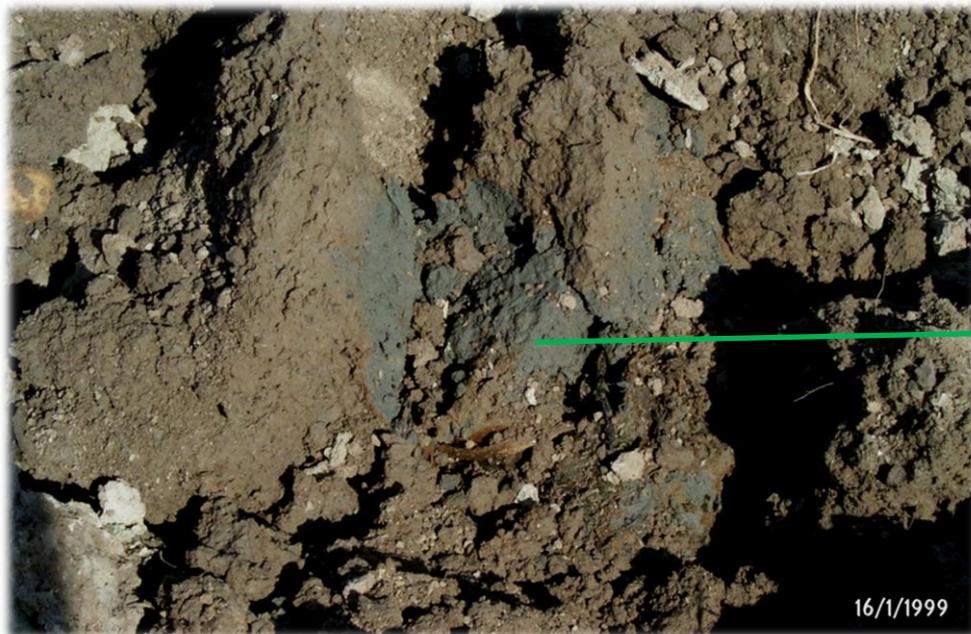


Horizon  
compacté



# Diagnostic de la qualité de l'état structural

## Recherche d'éventuels zones anoxiques



Taches de gley

Fer sous forme  $Fe^{++}$

au lieu de  $Fe^{+++}$

= **Conséquence d'un mauvais mélange des matières organiques  
associé à un mauvais drainage (compaction)**

# Diagnostic de la qualité de l'état structural

## Profil cultural : Examen des différentes couches de sol



**Préparation superficielle**  
(structure très meuble)

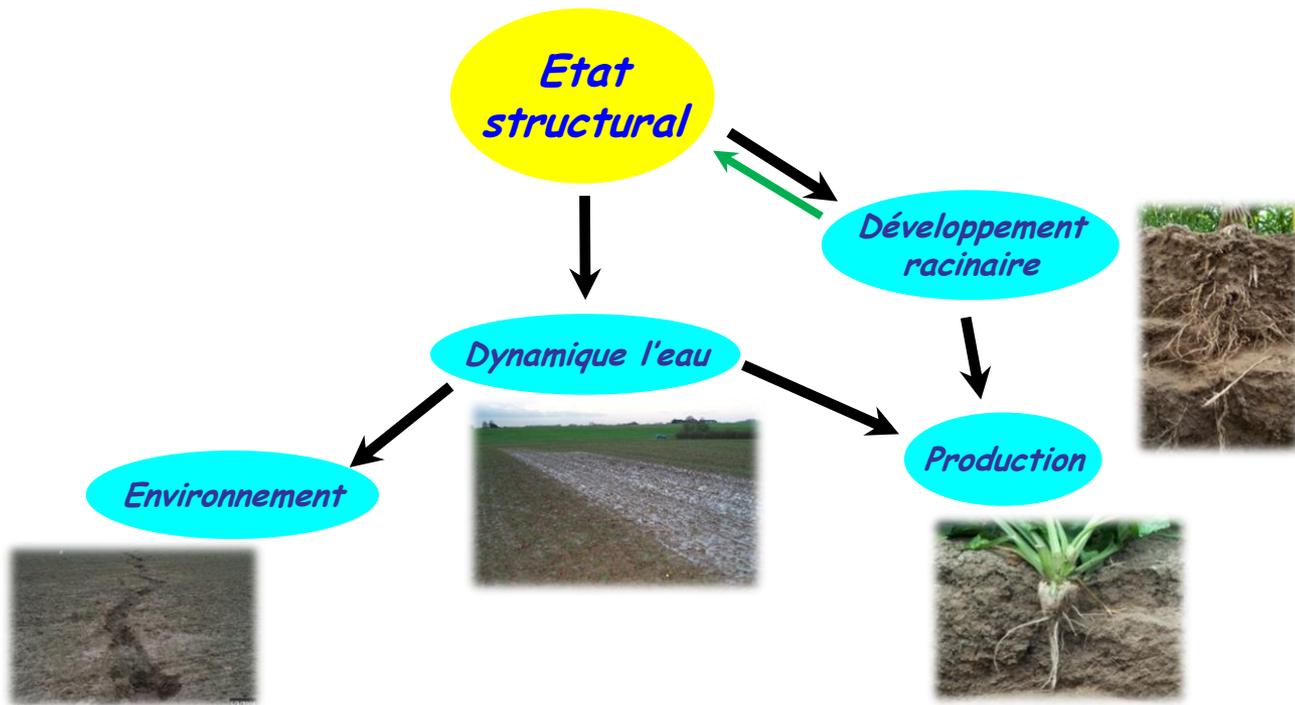
**Horizon travaillé**  
(structure meuble et très poreuse)

**Horizon labouré non repris**  
(structure massive mais poreuse)

**Semelle de labour**  
(structure compacte et absence de macroporosité)

**Sous-sol**  
(structure massive + macroporosité fine mais abondante)

Question:  
Quels sont les facteurs qui conditionnent la qualité de l'état structural d'un sol ?





Type de sol

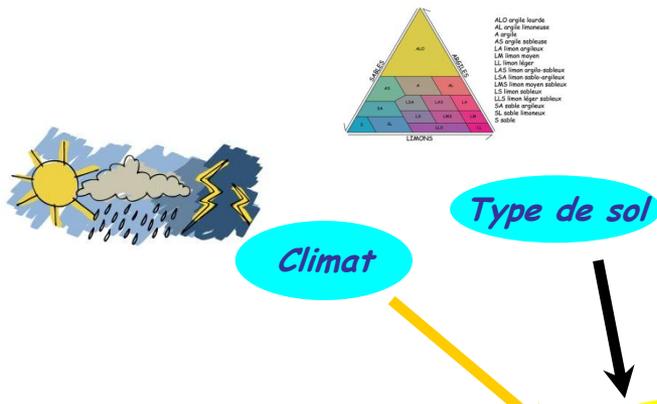
## Sols limoneux Sols à mémoire !

### Sols argileux

- ✓ Sont plus difficiles à travailler (forte cohésion)
- ✓ Possèdent une véritable structure (argile = colloïde)
- ✓ Ont la faculté de se régénérer naturellement (alternances humectation/dessiccation)
- **Demandent à être travaillés plusieurs mois avant plantation ou semis**

### Sols sablonneux

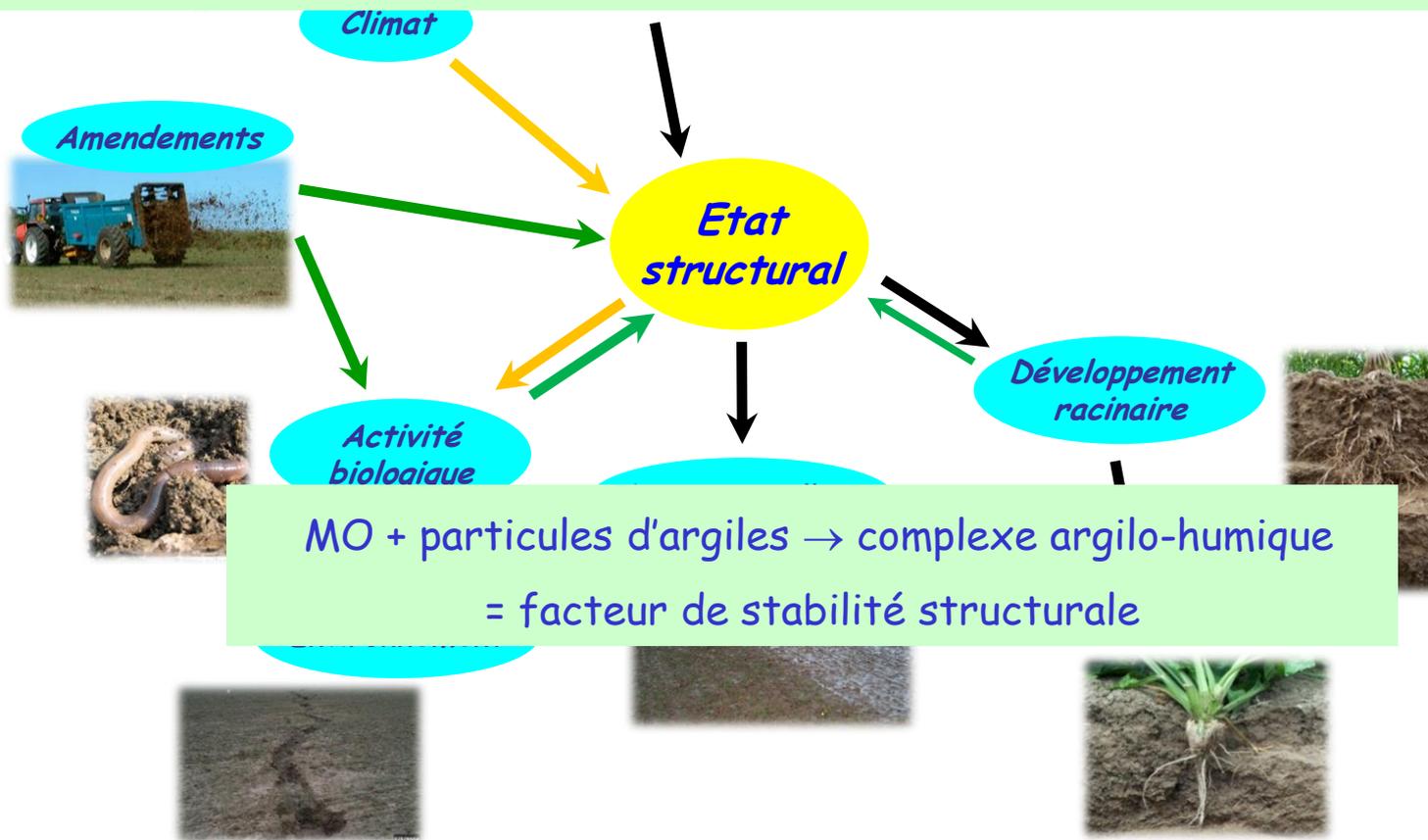
- ✓ Sont faciles à travailler (faible cohésion)
- ✓ Ne possèdent pas de véritable structure et se tassent naturellement
- ✓ Ne sont pas influencés par les agents climatiques
- **Ne doivent être travaillés que peu de temps avant plantation ou semis**

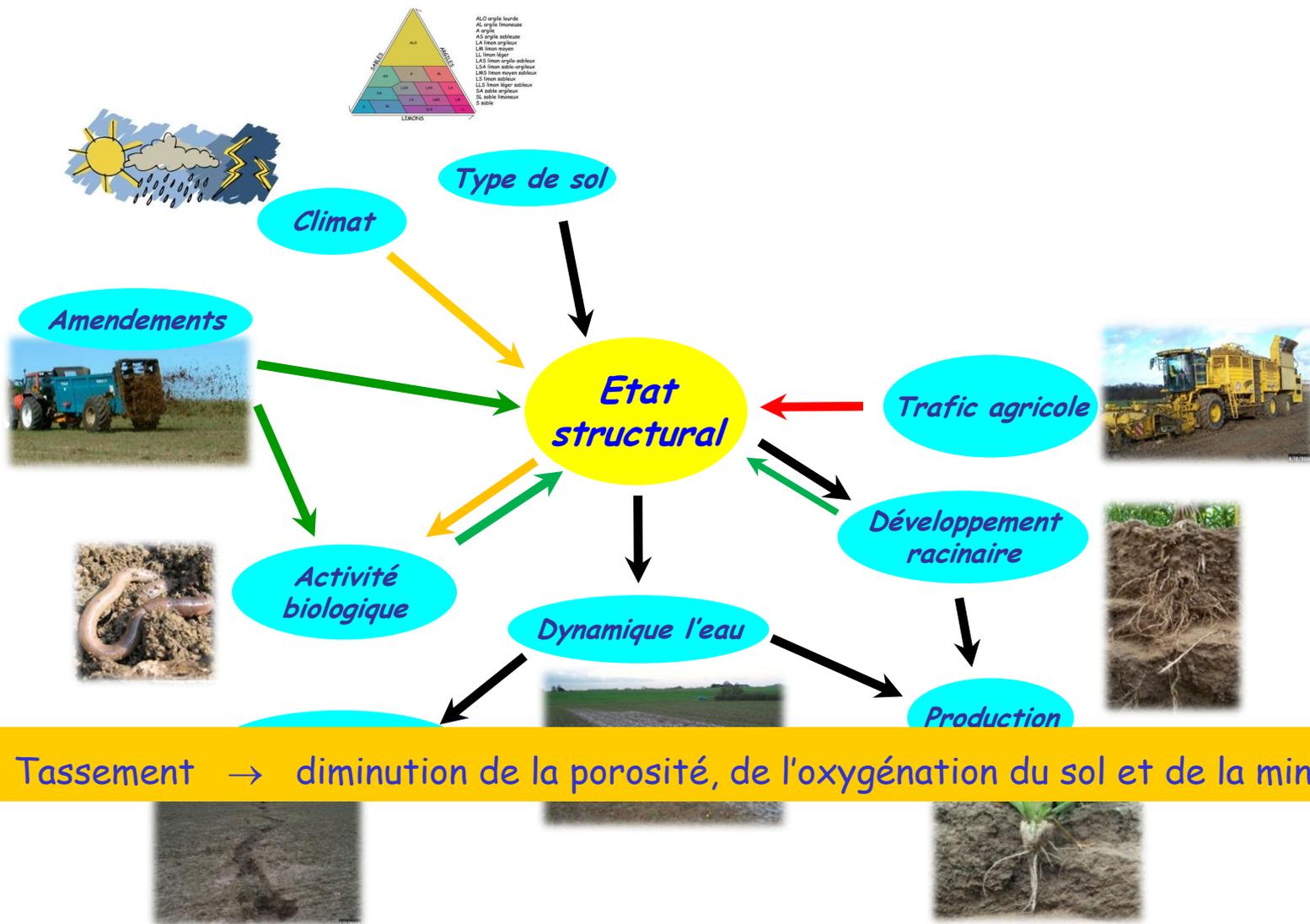


- ✓ Gel → uniquement couche de quelques centimètres
- ✓ Alternances humectation/dessiccation → augmentation de la friabilité
- ✓ Sécheresse prononcée → fissuration profonde (drainage)
- ✓ Irrigation → déstructuration superficielle (glaçage, battance)  
→ migration des particules fines et colmatage du sol

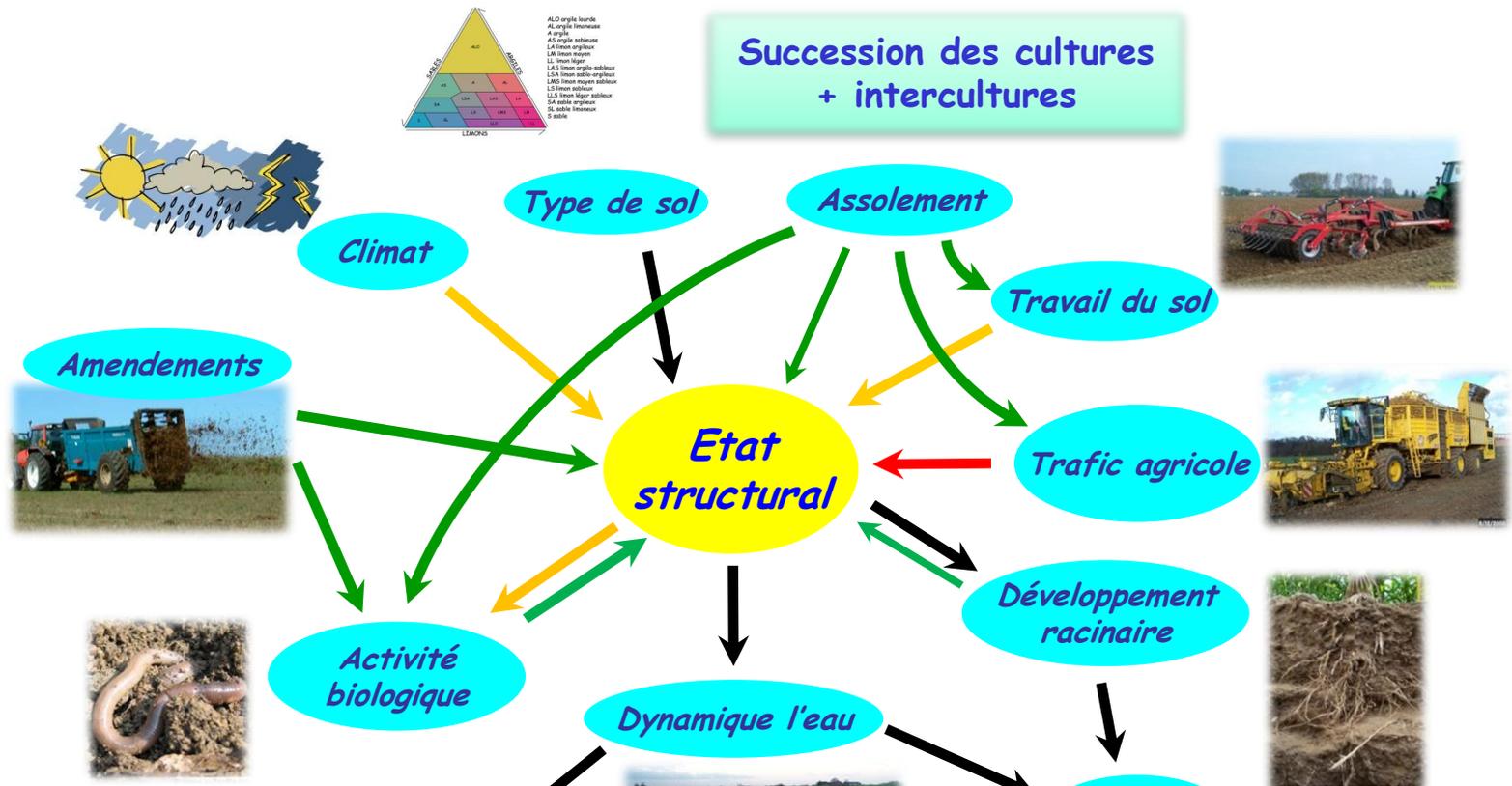


- ✓ Lombrics (Epigés) et larves d'insectes → brassage du sol, aération superficielle
- ✓ Lombrics (Anéciques) → galeries verticales → drainage, aération profonde
- ✓ Champignons → mycélium → agrégation et stabilisation des agrégats
- ✓ Micro-organismes → polysaccharides → stabilisation des agrégats





## Succession des cultures + intercultures



Ameublissement → réchauffement du sol et stimulation de l'activité biologique



# Techniques « de base »

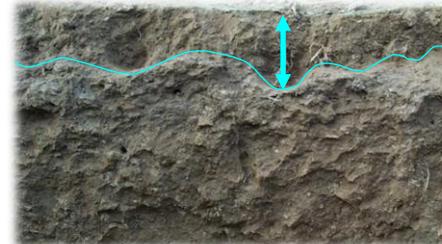
## Labour



25 à 30 cm

- Retournement des horizons et enfouissement sans réel mélange
- Formation d'une semelle souvent accompagnée de lissages

## Travail simplifié TCS



6 à 12 cm

- Travail uniquement de l'horizon superficiel (max.15 cm)
- Fermeture progressive de l'horizon sous-jacent qui devient plus compact

## Semis direct

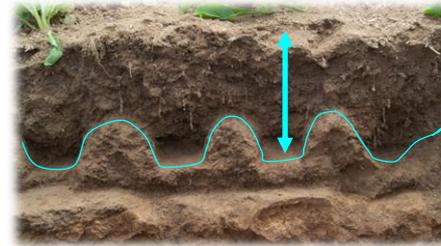


Aucun  
travail  
du sol

- Aucun travail du sol
- Création d'un mulch en surface + fermeture progressive du sol

# Techniques alternatives

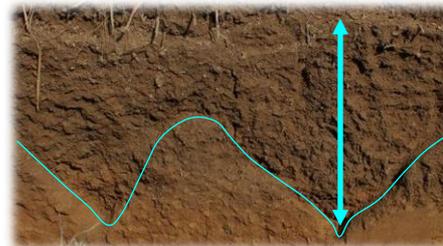
## Pseudo-labour



15 à 30 cm

- Mélange intime de toute la couche travaillée
- Fond en « tôle ondulée » + lissages au niveau des dents

## Décompactage



28 à 35 cm

- Fissuration mais respect des horizons
- Ni enfouissement, ni mélange mais fond en « tôle ondulée »

## Bêchage



15 à 40 cm

- Mélange intime de toute la couche travaillée
- Fond plat sans formation de semelle ou création de lissages

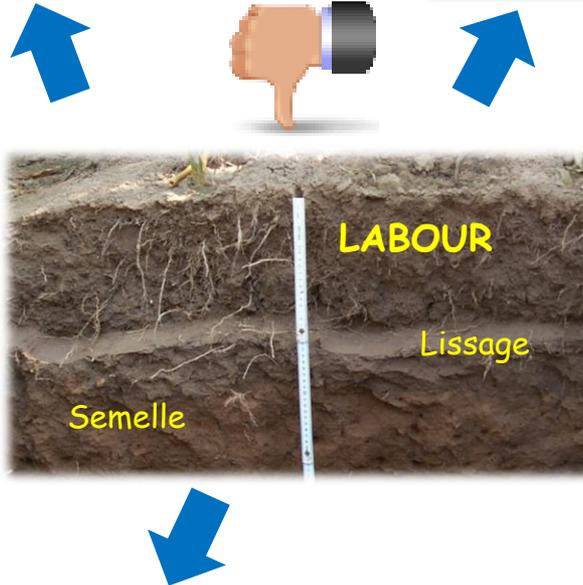
# Thèses généralement admises

## Dilution de la matière organique

- Baisse de la stabilité structurale
- Glaçage, ruissellement et érosion

## Création et entretien d'une semelle de labour

- Frein au développement racinaire
- Obstacle à l'infiltration de l'eau
- Ruissellement et érosion



## Forte perturbation des horizons

- Perturbation des populations lombriciennes (destruction des habitats)
- Modification de l'activité biologique (minéralisation rapide de la MO)
- Diminution de la vie du sol (?)

# Thèses généralement admises

Couverture du sol (résidus végétaux, couvert, mulch)

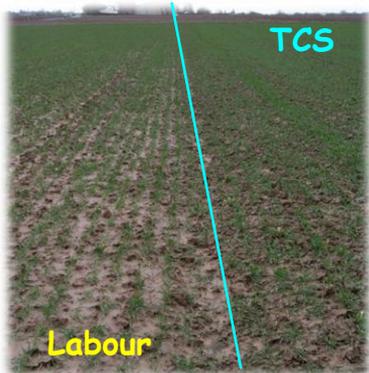
- Diminution de la battance et du ruissellement
- Maintien de la porosité en surface

Stimulation de l'activité biologique

- Multiplication des vers de terre
- Amélioration de la vie du sol
- Amélioration du drainage profond



[Essai CRA-W - 10 ans de TCS]



[Essai CRA-W - 3 ans de TCS]

Augmentation progressive du taux d'humus en surface

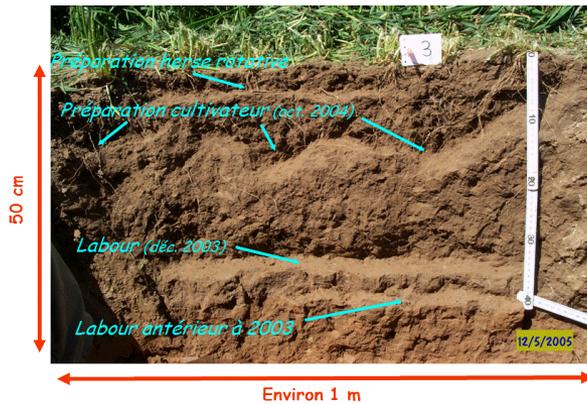
- Augmentation de la stabilité structurale
- Diminution du risque érosif



# Réalité du terrain

Travail simplifié  $\Rightarrow$  absence d'intervention mécanique

$\rightarrow$  entretien de la « mémoire du sol » (sols limoneux particulièrement)



Fonds de travail successifs



Défauts cachés



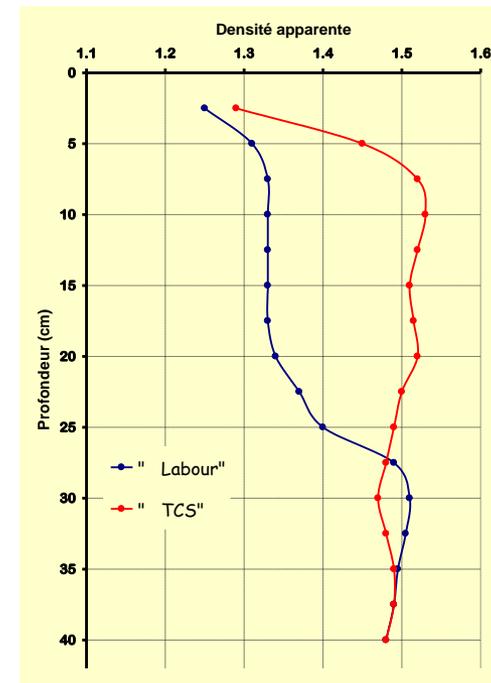
# Réalité du terrain

TCS : Cumul des passages + absence d'intervention mécanique

- Augmentation progressive de la densité de la couche arable
- Diminution de la porosité structurale
- Frein au développement racinaire



[Essai CIPF - 5 ans de TCS]



**Profil de densité**

[Essai CRA-W - 5 ans de TCS]

# Réalité du terrain

Apparition progressive d'une structure en feuillets (Semelle de non-labour)

- Freins au développement vertical des racines
- Moindre exploration du sous-sol



Betteraves



Colza

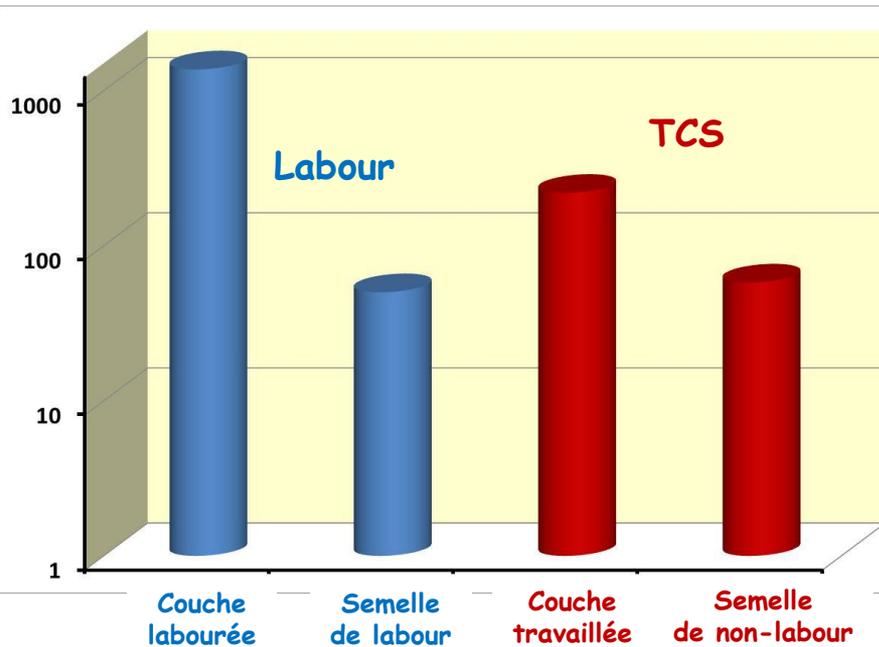
## Structure lamellaire horizontale

[Essais CRA-W - 5 ans de TCS]

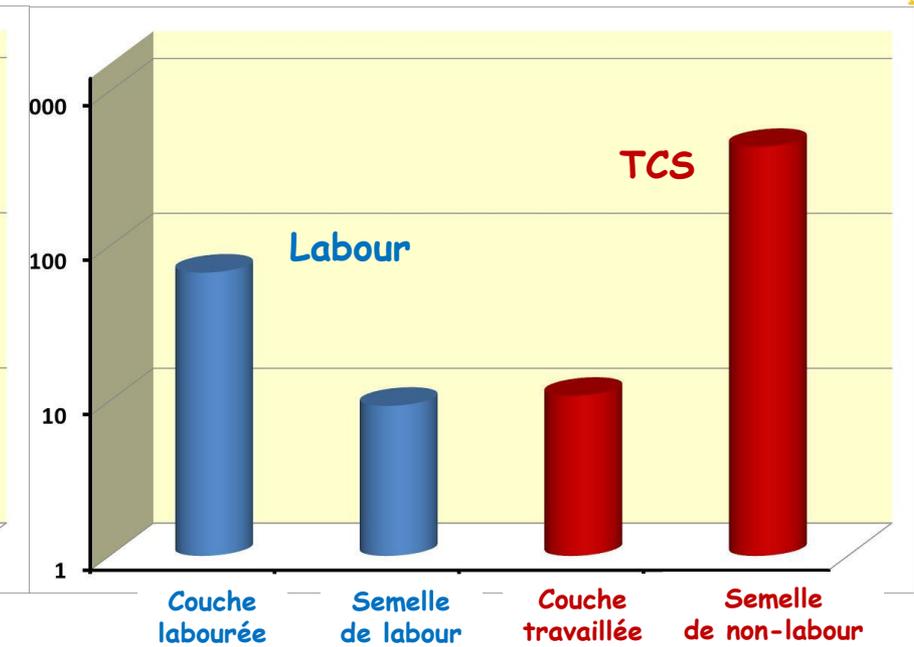
# Réalité du terrain

Apparition progressive d'une structure en feuillets (Semelle de non-labour)

→ Freins à l'infiltration de l'eau (Ecoulements horizontaux importants)



Conductivité hydraulique verticale (cm/jour)



Conductivité hydraulique horizontale (cm/jour)

[Essai CRA-W - 5 ans de TCS - TFE N. Gigot et Thèse E. Beckers, 2011]

# Réalité du terrain

La qualité du résultat d'une opération culturale dépend très fort de l'état structural initial



TCS

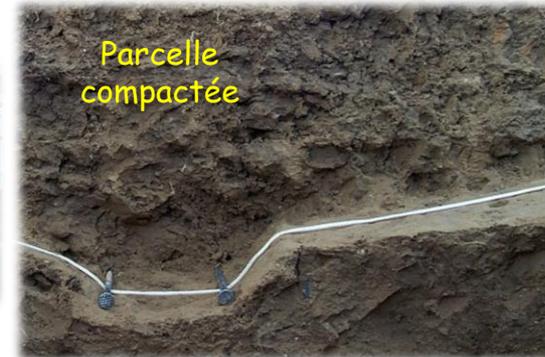
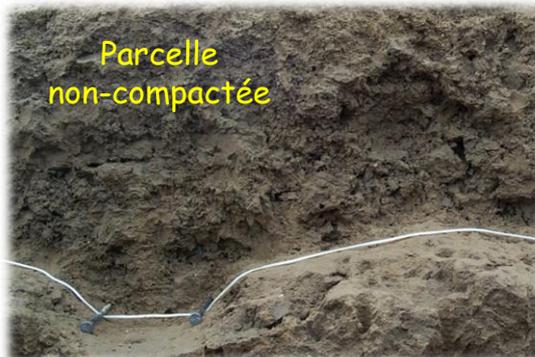


# Réalité du terrain

La qualité du résultat d'une opération culturale dépend très fort de l'état structural initial

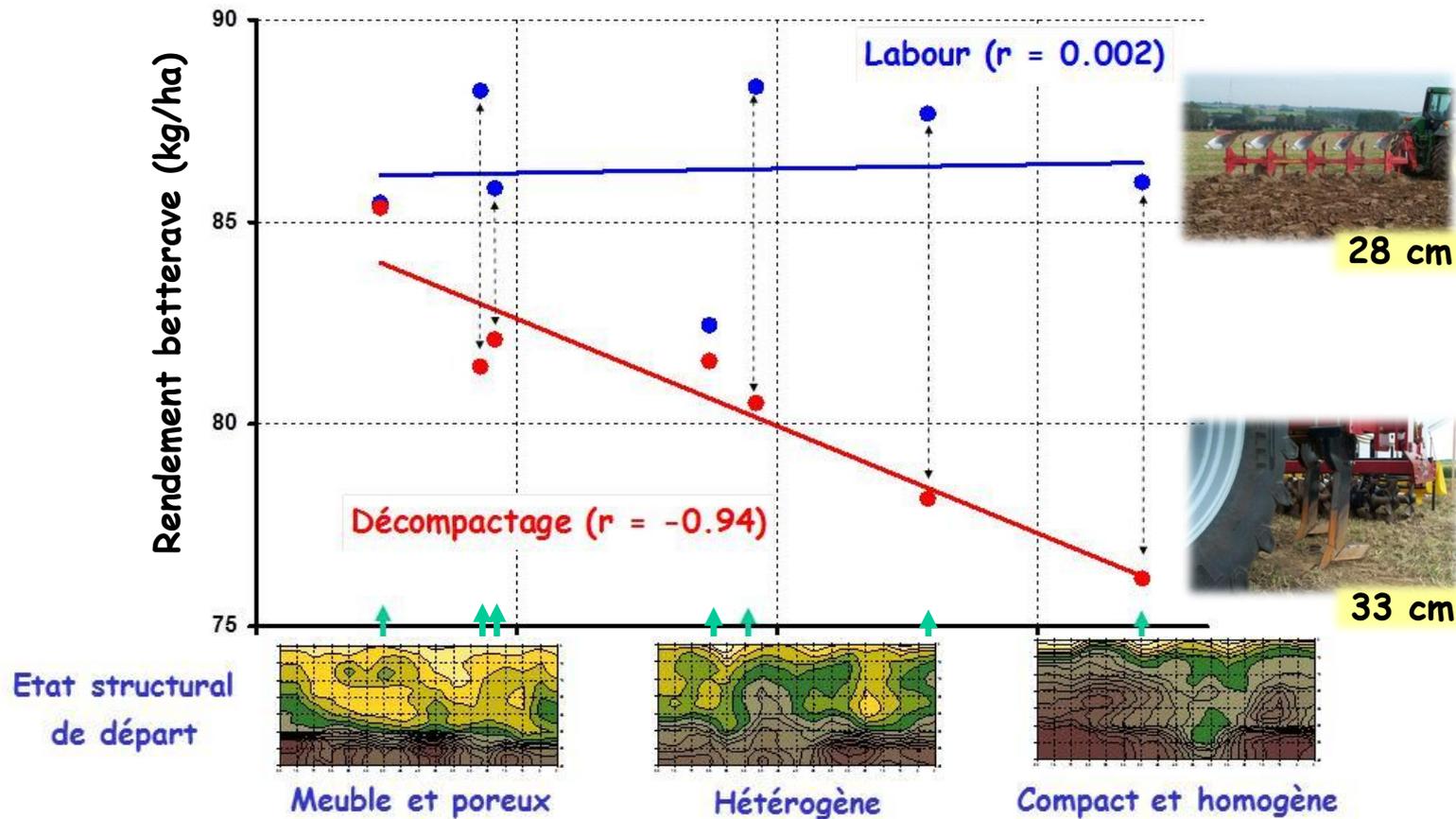


Sol compacté ou trop sec



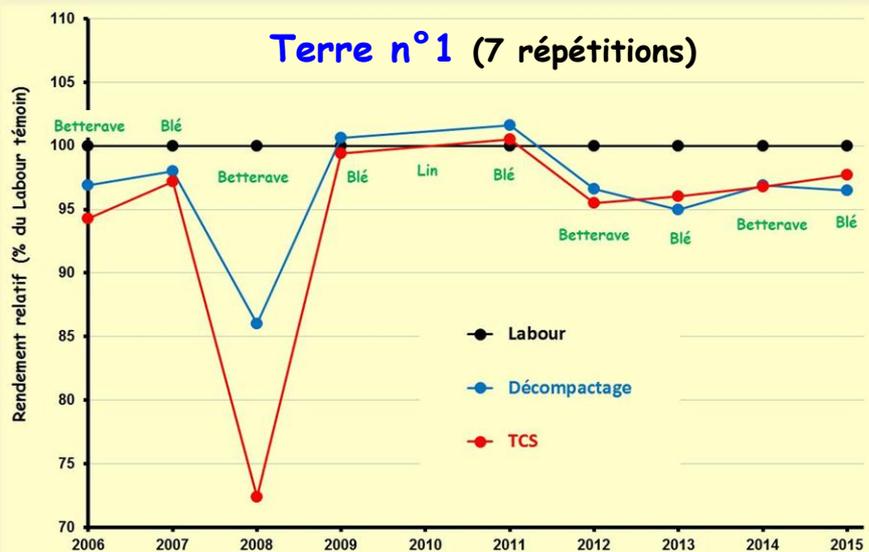
# Réalité du terrain

La qualité du résultat d'une opération culturale dépend très fort de l'état structural initial

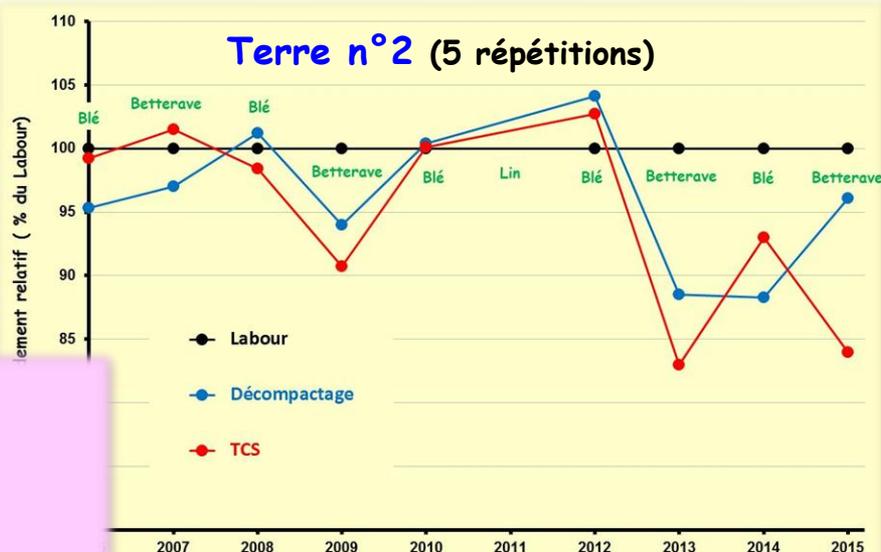


# Réalité du terrain

En fonction de son histoire, chaque terre réagit différemment au non-labour



[Essais CRA-W sur terres agriculteur - Sites de Gentinnes]



Phase de transition avant amélioration  
Restauration progressive de la fertilité  
Mythe ou réalité ?

# Réalité du terrain

En TCS, les facteurs naturels de régénération de la structure  
≠ suffisants pour contrecarrer les tassements (sols limoneux)

L'augmentation de porosité créée par les vers de terre ne compense pas  
la perte de porosité liée aux tassements



**Profil compacté colonisé  
par vers de terre**

[Terre agriculteur - x années de TCS]



## Que faire ?



### Labour permanent

Semelle de labour

Rupture de la structure

Néfaste <> biologique

zones de stabilité, infiltration)



### Labour non permanent

Semelle non-labour

Structure en feuillets

Porosité horizontale

Compaction (mémoire)

**Cesser d'opposer labour et non-labour !**

**Alterner les techniques pour tirer le meilleur parti de chacune d'elles**

# Remarque préliminaire

Il n'est pas nécessaire de cumuler plusieurs années de non-labour pour réduire drastiquement le risque d'érosion (efficacité dès la première année)

→ Alterner labour/non-labour ≠ contradictoire avec lutte contre l'érosion



[Betteraves - Essai CRA-W - 1 an de TCS]



[Betteraves - Essai CRA-W - 1 an de TCS]

Un labour occasionnel, bien positionné, ne réduit pas à néant les effets bénéfiques acquis au cours de la période de non-labour

→ Labourer une fois de temps en temps ≠ contradictoire avec le maintien d'une bonne fertilité biologique



# Exemples de raisonnement

## Rotation biennale « Céréale / Plante sarclée »

Année 1 : **Labour** → Froment → **Créer un état structural optimal**

Interculture : Option 1 : **Décompactage** + CIPAN (fin août - début septembre)

Option 2: **TCS** + CIPAN (fin août - début septembre)

Année 2 : Option 1 : Travail très superficiel, Strip-Till ou SD → **Betterave, Maïs**

→ **Réduction de l'érosion + économie en eau**

Option 2 : Travail très superficiel → **Chicorée**

→ **Réduction de l'érosion + économie en eau + capillarité**

# Exemples de raisonnement

Après Pomme de terre :

→ Etat structural dégradé car « Tamisage de la terre » + charroi lourd

Année 1 : **TCS** + Froment (ou Epeautre) → **Laisser la terre fine en surface**

Année 2 : **Labour** + Escourgeon → **Restructurer la couche arable**

Interculture : Option 1 : **Décompactage** + CIPAN (fin août - début septembre)

Option 2: **TCS** + CIPAN (fin août - début septembre)

Année 3 : Option 1 : Travail très superficiel, Strip-Till ou SD → **Betterave, Maïs**

→ **Réduction de l'érosion + économie en eau**

Option 2 : Travail très superficiel → **Chicorée**

→ **Réduction de l'érosion + économie en eau + capillarité**

-W

Centre wallon de Recherches agronomiques



**Merci  
pour  
votre bonne attention**