



**HAL**  
open science

# Effet du travail du sol sur sa conductivité hydraulique au voisinage de la saturation et sa masse volumique apparente

Lionel Alletto, Yves Coquet, Jean Roger-Estrade

► **To cite this version:**

Lionel Alletto, Yves Coquet, Jean Roger-Estrade. Effet du travail du sol sur sa conductivité hydraulique au voisinage de la saturation et sa masse volumique apparente. 9ème Journées Nationales de l'Etude des Sols, Apr 2007, Angers, France. hal-03934073

**HAL Id: hal-03934073**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03934073>**

Submitted on 11 Jan 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

*9èmes Journées Nationales d'Etude des Sols – 3-5 avril 2007, Angers*

*Problématique générale de thèse :*

Effets de pratiques de travail du sol et de gestion de l'interculture sur le devenir de l'isoxaflutole (herbicide) en monoculture de maïs irrigué

1/ Volet « Hydrique » : étude des propriétés physiques et hydriques du sol sous les différentes modalités et appréciation des sources de variabilité spatiale (verticale et latérale) et temporelle

2/ Volet « Herbicide » : caractérisation des propriétés de rétention et de dégradation des différents matériaux prélevés sous les différentes modalités

3/ Volet « Modélisation » : représentation de la dynamique de l'eau et de l'herbicide à l'aide du modèle Hydrus (2D/3D)

*9èmes Journées Nationales d'Etude des Sols – 3-5 avril 2007, Angers*

# Effet du travail du sol sur sa conductivité hydraulique au voisinage de la saturation et sa masse volumique apparente

**Lionel Alletto<sup>1,2</sup>, Yves Coquet<sup>2</sup>, Jean Roger-Estrade<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup> Ecole d'ingénieurs de Purpan, Département d'Agronomie, 75, voie du TOEC BP 57611, 31 076 Toulouse cedex 3.*

*lionel.alletto@purpan.fr*

*<sup>2</sup> UMR INRA/AgroParisTech Environnement et Grandes Cultures, BP 01, 78 850 Thiverval-Grignon.*

*Yves.Coquet@agroparistech.fr*

*<sup>3</sup> UMR INRA/AgroParisTech Agronomie, BP 01, 78 850 Thiverval-Grignon.*

*Jean.Roger-Estrade@agroparistech.fr*

**Technique de conservation** (Gebhardt et al., 1985) : toute technique culturale visant à maintenir :

- plus de 30 % de la surface du sol couverte après le semis pour lutter contre l'érosion hydrique,

et / ou

- plus de 1.1 t ha<sup>-1</sup> de résidus en surface après le semis pour lutter contre l'érosion éolienne.

*De très nombreuses variantes de pratiques de travail du sol...*



*Travail superficiel*



*Semis direct*

## 1/ Définitions

**Masse volumique apparente,  $\rho_b$  ( $M L^{-3}$ )** : masse de sol sec contenue dans un volume de sol déterminé.

**Conductivité hydraulique,  $K$  ( $L T^{-1}$ )** : aptitude du milieu poreux à transmettre l'eau qu'il contient pour une **teneur en eau,  $\theta$** , donnée (ou un **potentiel matriciel,  $h$** , donné).

► **Lien entre  $\rho_b$  et  $K$**  : utilisation de la masse volumique apparente,  $\rho_b$ , comme **estimateur de  $K_{Sat}$** ...

avec de nombreuses fonctions de pédotransfert...

$$\text{Campbell (1985) : } K_{Sat} = C \left( \frac{1.3}{\rho_b} \right) e^{(-0.069 \text{argile\%} - 0.037 \text{limon\%})}$$

$$\text{Kenny \& Saxton (1988) : } K_{Sat} = 214.86 \rho_b^{-5.324}$$

$$\text{Blanco-Canqui et al. (2004) : } \text{Log } K_{Sat} = 12.74 - 7.13 \rho_b$$



**Propriétés physiques =  $f$  (Travail du sol)**

**Travail du sol vs.  $\rho_b$  & Travail du sol vs.  $K(h)$** 

*Constat de Klute (1982) : pas de généralisation possible des effets du travail du sol sur  $\rho_b$  et  $K(h)$*

*... 20 ans plus tard, constat de Green et al. (2003) : toujours pas de généralisation possible !*

Mais... utilisation de la méthode du profil cultural (Manichon, 1982) pour prédire  $K(h)$  (Coutadeur et al., 2002)

► **La variabilité spatiale de  $K(h)$  n'est pas aléatoire mais est associée à la variabilité verticale et latérale de la structure des agrégats et de la localisation des matières organiques.**



**Quels peuvent être alors les apports de la méthode de description morphologique du profil cultural dans la compréhension de la variabilité des propriétés physiques et hydriques des sols sous des systèmes de travail du sol contrasté ?**

### 3/ Définition des objectifs de recherche

Quels sont les impacts des conduites culturelles étudiées sur la **masse volumique apparente** ( $\rho_b$ ) et la **conductivité hydraulique au voisinage de la saturation** ( $K(h)$ ) du sol ?

→ *Liens avec les motifs structuraux créés par les outils de travail du sol ?*

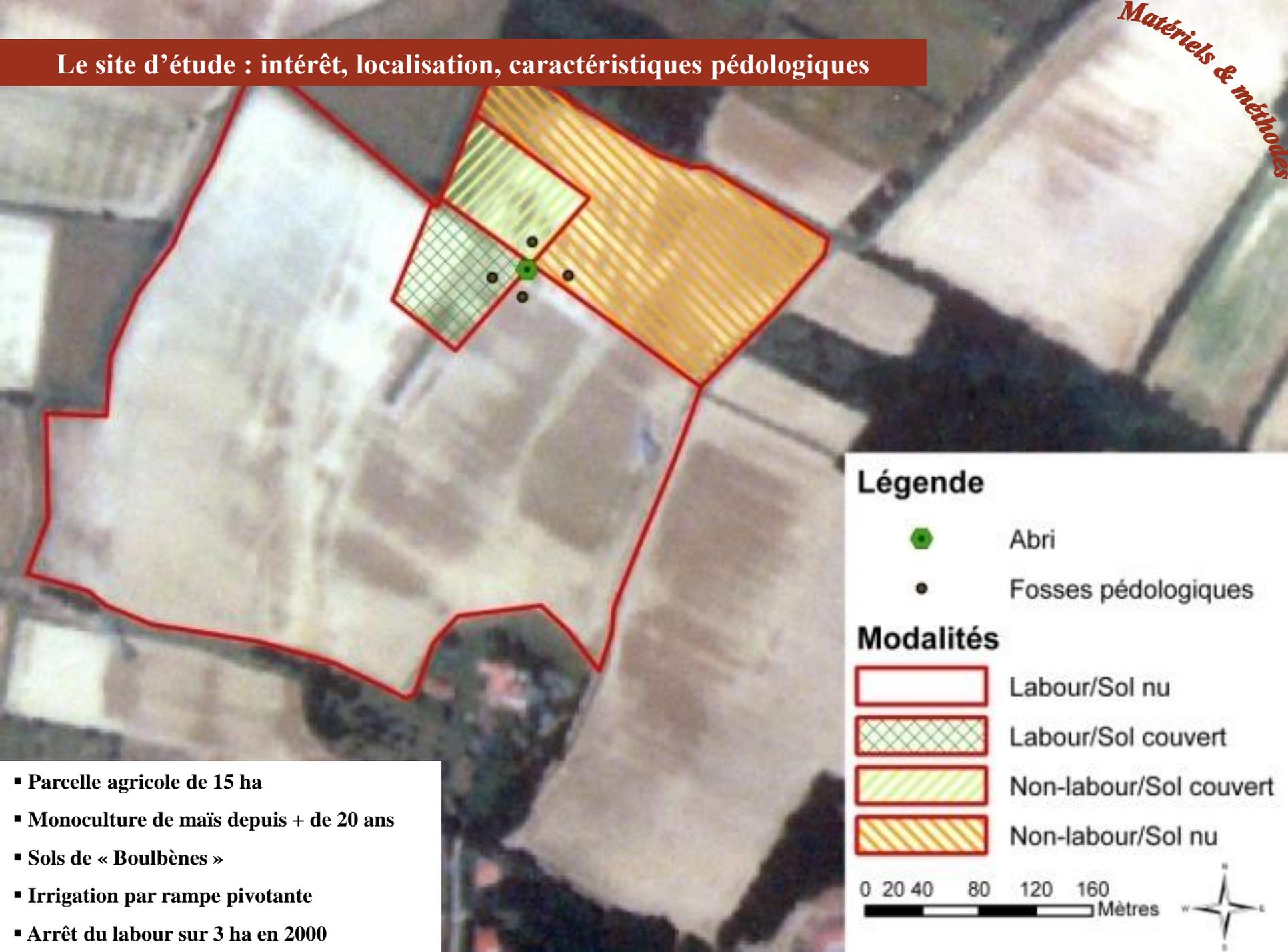
→ *Variabilité verticale et latérale de ces propriétés à l'échelle du profil cultural ?*





## Matériels & Méthodes

## Le site d'étude : intérêt, localisation, caractéristiques pédologiques

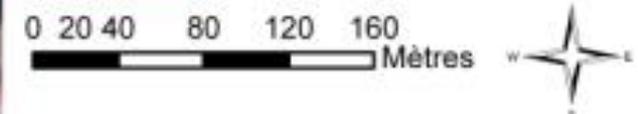


### Légende

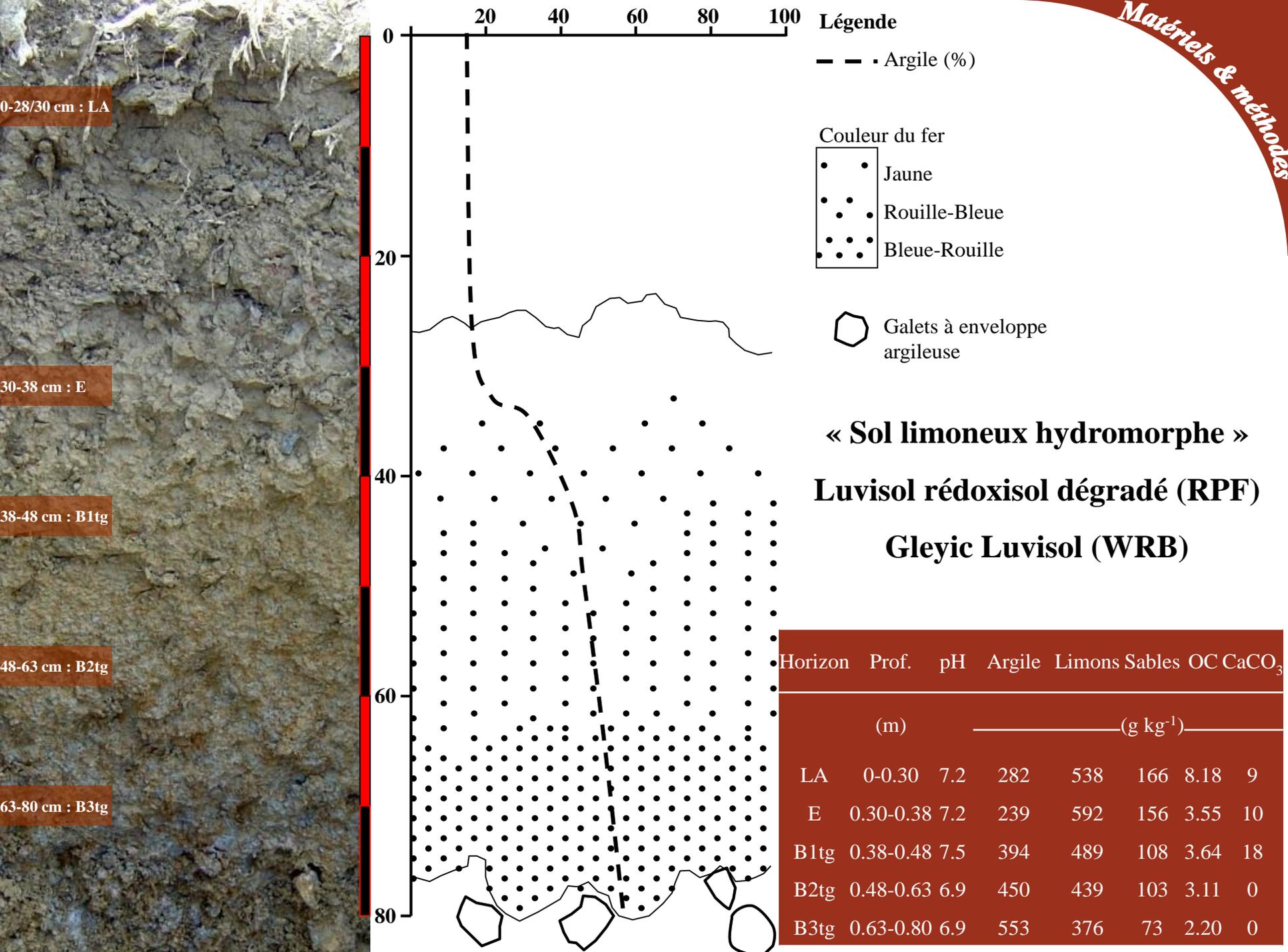
- Abri
- Fosses pédologiques

### Modalités

- Labour/Sol nu
- Labour/Sol couvert
- Non-labour/Sol couvert
- Non-labour/Sol nu



- Parcelle agricole de 15 ha
- Monoculture de maïs depuis + de 20 ans
- Sols de « Boulbènes »
- Irrigation par rampe pivotante
- Arrêt du labour sur 3 ha en 2000



**« Sol limoneux hydromorphe »**  
**Luvisol rédoxisol dégradé (RPF)**  
**Gleyic Luvisol (WRB)**

0-28/30 cm : LA  
 30-38 cm : E  
 38-48 cm : B1tg  
 48-63 cm : B2tg  
 63-80 cm : B3tg

Horizon	Prof.	pH	Argile	Limons	Sables	OC	CaCO <sub>3</sub>
	(m)		—————(g kg <sup>-1</sup> )—————				
LA	0-0.30	7.2	282	538	166	8.18	9
E	0.30-0.38	7.2	239	592	156	3.55	10
B1tg	0.38-0.48	7.5	394	489	108	3.64	18
B2tg	0.48-0.63	6.9	450	439	103	3.11	0
B3tg	0.63-0.80	6.9	553	376	73	2.20	0

# Principales opérations culturales



+



+



Labour à la charrue  
à versoirs

Période : début avril  
Prof. 28-30 cm

Cultivateur +  
rouleau cage

Période : début mai  
Prof. 8 cm

Herse à disques +  
rouleau Packer

Période : début novembre  
Prof. 9-12 cm

Cultivateur + herse  
plate

Période : début mai  
Prof. 8 cm



cm



Technique conventionnelle (CT)

Techniques de conservation (MT)

## Mesures de $\rho_b$ et $K(h)$



1

Ouverture d'une fosse sur chaque modalité de travail du sol :  
L = 3.5 m, h = 0.7 m



2

Description morphologique des faces orientées perpendiculairement au travail du sol et délimitation des compartiments observés (Manichon, 1982 ; Roger-Estrade et al., 2004)

3

Mesures de la masse volumique apparente de chaque compartiment

Mesures de la conductivité hydraulique au voisinage de la saturation à l'aide d'infiltromètres à disques ( $\varnothing$  4 et 8 cm) aux potentiels matriciels  $h$  de -10, -6, -3 et -1 cm (Perroux et White, 1988)

4

Calcul de  $K(h)$  selon la méthode multipotentiel (Wooding, 1968) :

$$q_{\infty}(h) = K_s \exp(\alpha h) \left( 1 + \frac{4}{\pi r \alpha} \right)$$

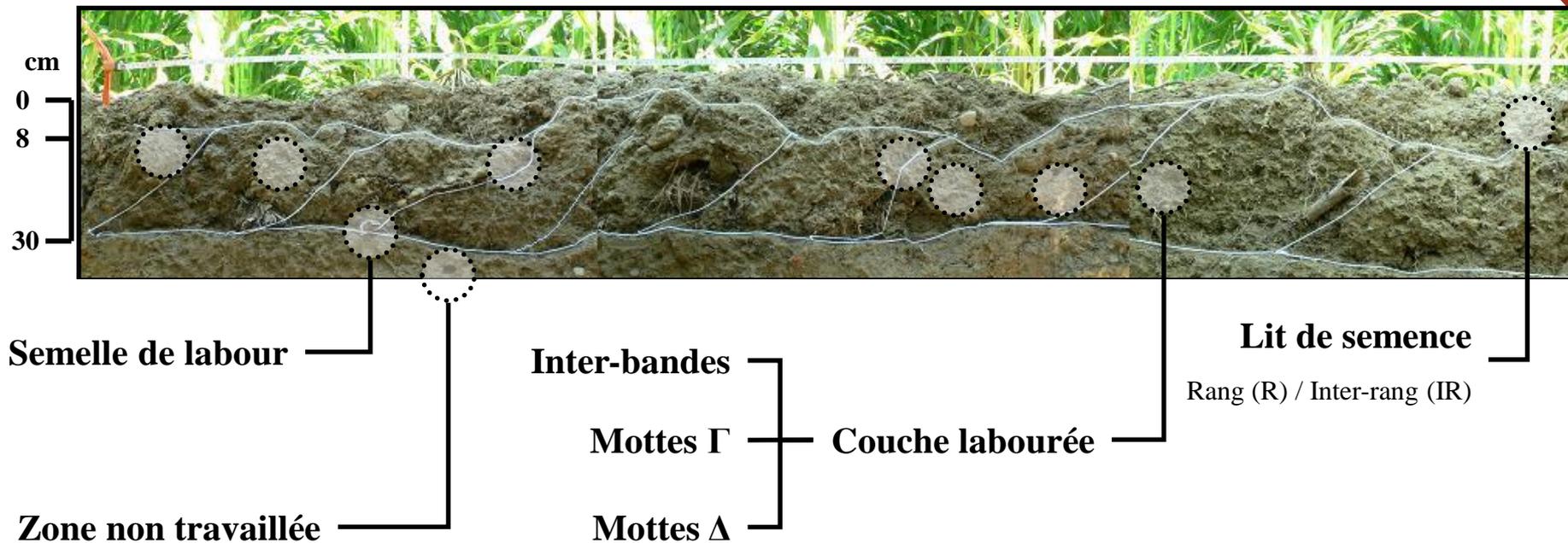
5





## Résultats & Discussion

## Profil culturel en technique conventionnelle (CT)

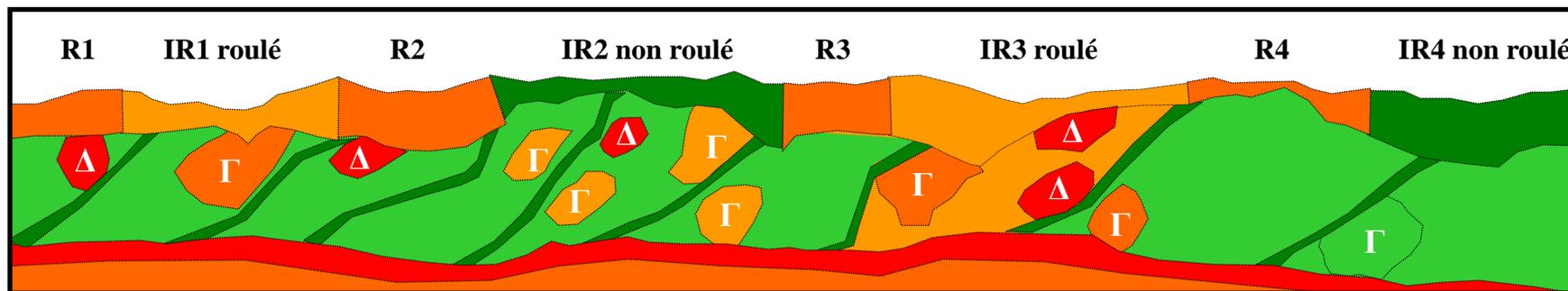


**19 compartiments de sol étudiés**

→ 57 mesures de masse volumique apparente

→ 82 mesures de conductivité hydraulique

Profil cultural en technique conventionnelle (CT) : masse volumique apparente



Valeurs de masse volumique apparente ( $\text{g cm}^{-3}$ )

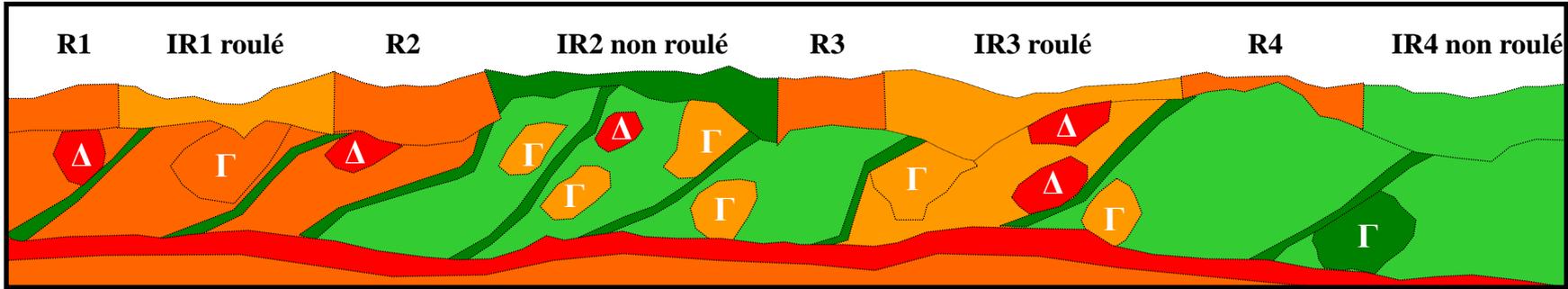


Valeur moyenne de  $\rho_b = 1.38 \text{ g cm}^{-3}$ , CV 12%

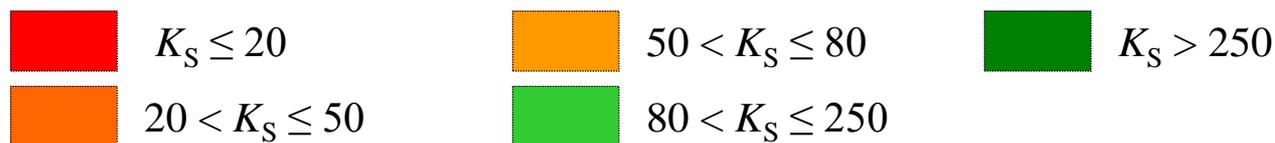
→ Effet significatif du roulage :  $\nearrow \rho_b$  de 15 %

→ Mottes  $\Delta$  et semelle très denses vs. IR non roulés et inter-bandes peu denses

Profil cultural en technique conventionnelle (CT) : Conductivité hydraulique à saturation



Valeurs de conductivité hydraulique à saturation  $K_S$  ( $\text{mm h}^{-1}$ )



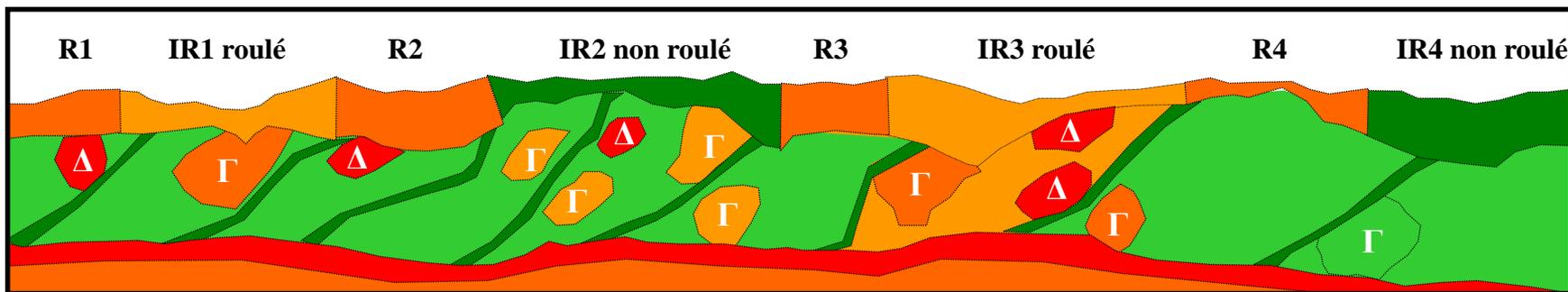
Moyenne géométrique de  $K_S = 68 \text{ mm h}^{-1}$ , CV 140 %

→ Lit de semence : effet du roulage sur  $K_S$  (affecte la macroporosité)

→ Très forte conductivité des inter-bandes de labour = possibilités d'écoulement préférentiel

→ Rupture importante de conductivité sur la semelle de labour = écoulement hypodermique

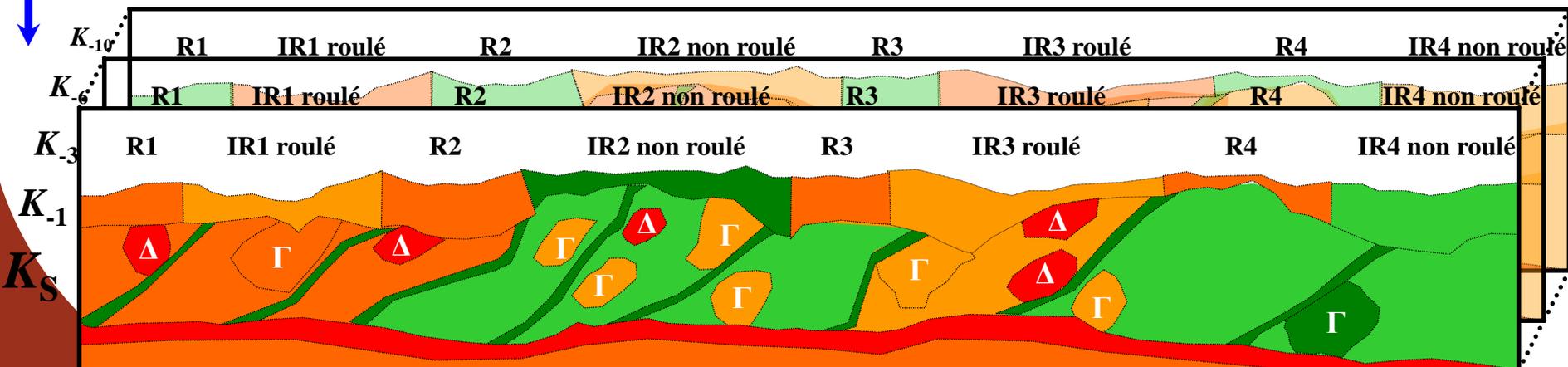
Profil culturel en technique conventionnelle (CT) : corrélations



** $p < 0.01$ * $p < 0.05$	Potentiel matriciel, $h$ (cm)				
	0	-1	-3	-6	-10
$\text{Log}_{10}K(h)$ vs. $\rho_b$	-0.935**	-0.918**	-0.713**	-0.349**	-0.237*

Corrélations

→ Masse volumique apparente : bon estimateur de  $K(h)$



# Profil culturel en technique de conservation (MT)



Zone non travaillée

Zone de type  $\Gamma$  ( $\Gamma_{\text{like}}$ )

Zone de type  $\Delta$  ( $\Delta_{\text{like}}$ )

Galeries de vers –  
Fissures verticales

Ancienne couche labourée

Lit de semence

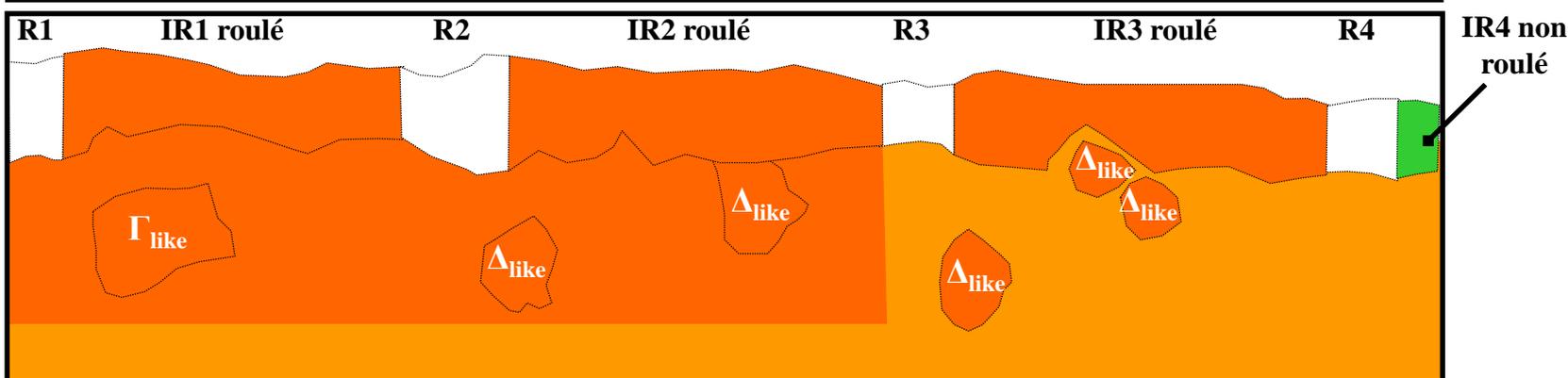
Rang (R) / Inter-rang (IR)

15 compartiments de sol étudiés

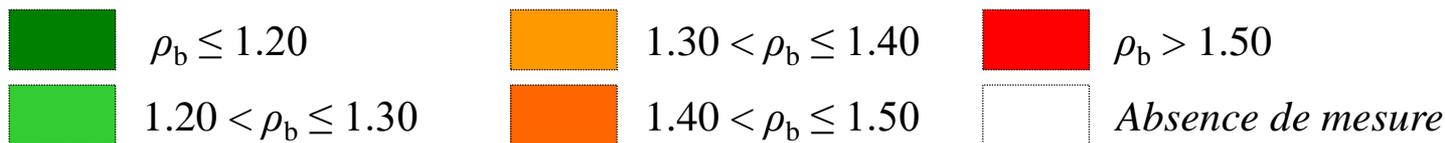
→ 36 mesures de masse volumique apparente

→ 78 mesures de conductivité hydraulique

Profil cultural en technique de conservation (MT) : masse volumique apparente



Valeurs de masse volumique apparente ( $\text{g cm}^{-3}$ )

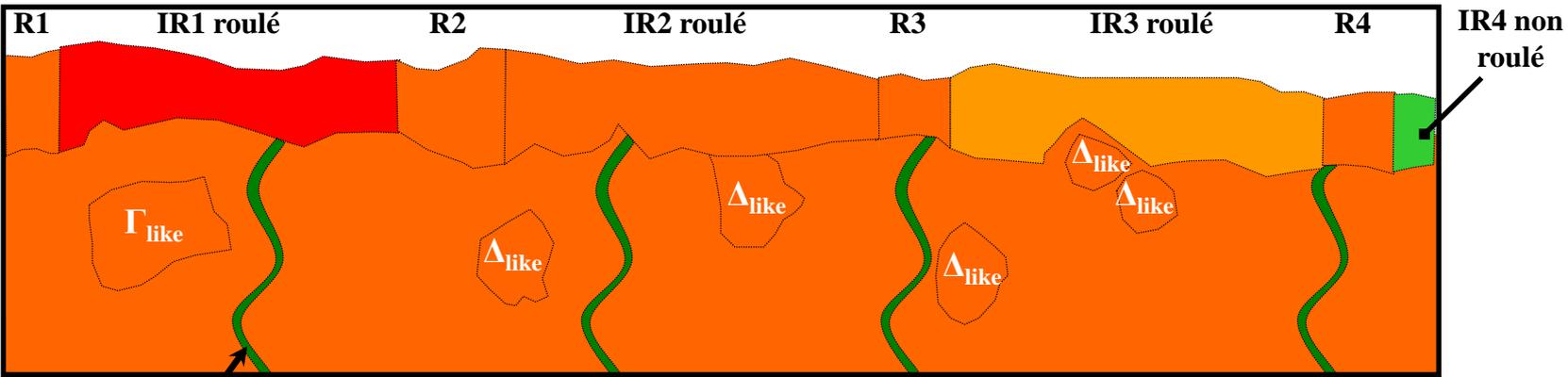


Valeur moyenne de  $\rho_b = 1.42 \text{ g cm}^{-3}$ , CV 6 %

→ Effet significatif du roulage :  $\nearrow \rho_b$  de 15 %

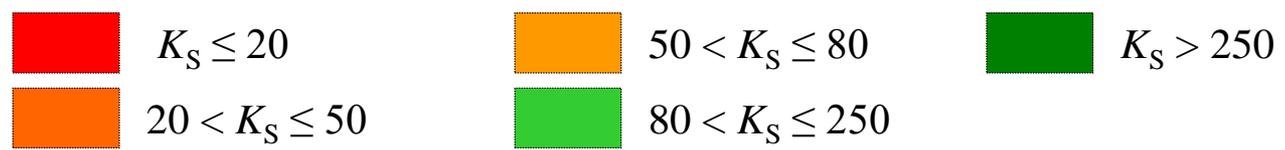
→ Zone anciennement labourée et non travaillée : valeurs homogènes

Profil cultural en technique de conservation (MT) : Conductivité hydraulique à saturation



Galeries de vers ou fissures verticales

Valeurs de conductivité hydraulique à saturation  $K_S$  ( $\text{mm h}^{-1}$ )

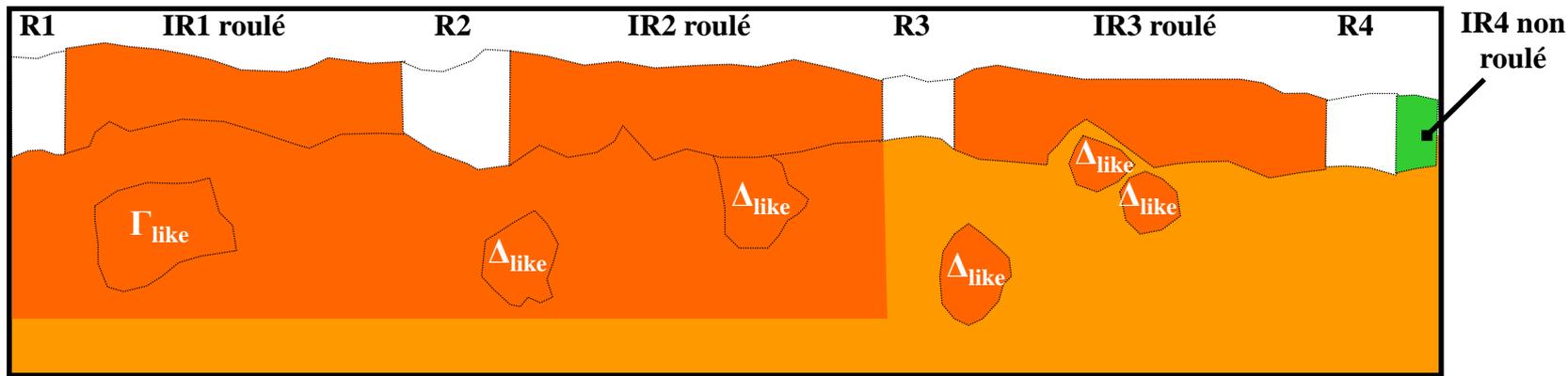


Moyenne géométrique de  $K_S = 41 \text{ mm h}^{-1}$ , CV 150 %

→ Valeurs de  $K_S$  relativement **homogènes** sur le profil

→ Forte conductivité des galeries et fissures (à l'origine du CV) = abondance non évaluée

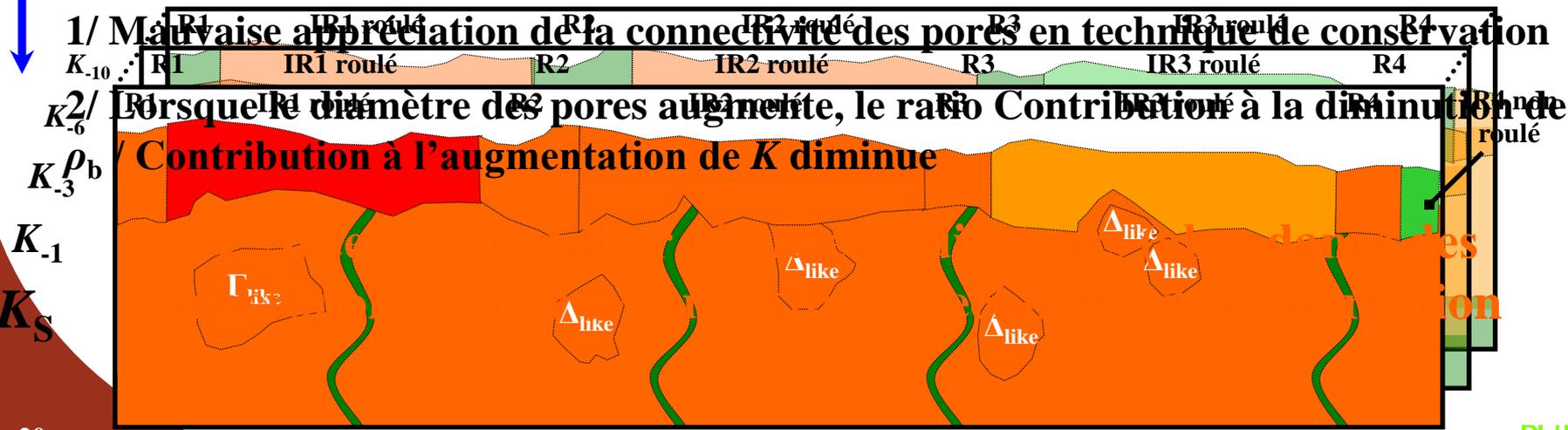
# Profil culturel en technique de conservation (MT) : corrélations



** $p < 0.01$	Potentiel matriciel, $h$ (cm)				
* $p < 0.05$	0	-1	-3	-6	-10
$\text{Log}_{10}K(h)$ vs. $\rho_b$	-0.269	-0.365*	-0.220	0.110	0.227

Corrélations

→ Masse volumique apparente : estimateur non pertinent de  $K(h)$  en technique de conservation



## Comparaison des effets du travail du sol sur $\rho_b$ et $K(h)$

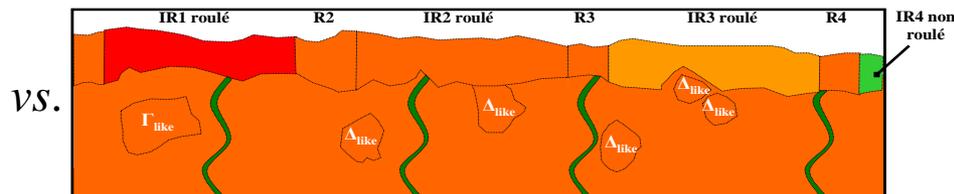
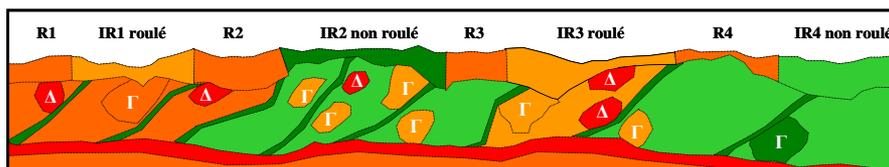
### Lit de semence

→ Valeurs de  $\rho_b$  plus faibles en technique conventionnelle = pas d'effet du mulch de résidus ?

*Mais* : Préparation du lit de semence plus intense en technique conventionnelle = plus fort degré de fragmentation mécanique

### Couche labourée ou anciennement labourée

→ Forte variabilité des propriétés physiques et hydriques en technique conventionnelle vs. Homogénéité en technique de conservation



→ Valeurs de  $\rho_b$  plus faibles et valeurs de  $K_S$  plus importantes en technique conventionnelle  
= création de macroporosité par le travail du sol

→ Dans chaque système : zones de forte conductivité (inter-bandes / galeries-fissures) pouvant permettre un transport rapide de l'eau et des solutés au travers de la partie supérieure du sol (flux préférentiels ?)

## Comparaison des effets du travail du sol sur $\rho_b$ et $K(h)$

### Semelle de labour et Zone non travaillée

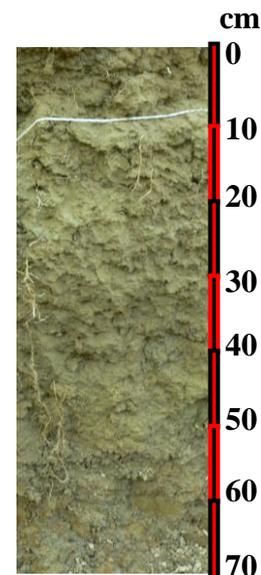
→ Rupture de conductivité entre zone travaillée/zone non travaillée en technique conventionnelle : formation d'une semelle compacte par les labours successifs + compaction du sous-sol

= barrière physique perturbant le développement des racines

→ Disparition de l'ancienne semelle en technique de conservation (5 années) considérée comme une homogénéisation du sol = plus de barrière au développement racinaire



Technique conventionnelle



Technique de conservation

## Conclusion

- 1/ Le travail du sol à la charrue crée de la macroporosité qui permet d'accroître (temporairement ?) la conductivité hydraulique au voisinage de la saturation.
- 2/ Le travail du sol à la charrue est une source importante de variabilité verticale et latérale des propriétés physiques et hydriques de l'horizon de surface. Cette variabilité peut être bien cernée par la méthode du profil cultural.
- 3/ 4 années sans travail du sol profond ont permis un retour à des propriétés du sol « plus homogènes » (à l'échelle d'étude envisagée).
- 4/ De part cette apparente homogénéité, l'appréciation de la conductivité hydraulique par la masse volumique apparente est non pertinente en technique de conservation.

**Toutefois, à ces résultats, il convient d'ajouter une évaluation précise de la variabilité temporelle de ces propriétés hydriques...**

**... pour ne pas sur ou sous-estimer les effets liés au travail du sol  
... mais ceci est une autre histoire !**



**Technique conventionnelle**



**19 juillet 2005**

**270 mm de pluie**

**Technique de conservation**

*Merci de votre attention.*



*Travail réalisé grâce au soutien financier de l'Agence de l'eau Adour-Garonne*

Agence de l'Eau  
Adour Garonne

