

# Travail du sol et minéralisation du carbone et de l'azote : Les enseignements du dispositif de longue durée de Boigneville

**Bernard NICOLARDOT <sup>1</sup>, Bruno MARY <sup>1</sup>,  
François LAURENT <sup>2</sup>, Jérôme LABREUCHE <sup>2</sup>**



**<sup>1</sup> Unité d'agronomie de Laon-Reims-Mons,  
nicolard@reims.inra.fr; mary@laon.inra.fr**



**<sup>2</sup> Service Conduites et Systèmes de Culture,  
f.laurent@arvalisinstitutduvegetal.fr;  
j.labreuche@arvalisinstitutduvegetal.fr**



8<sup>ème</sup> rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse de terre,  
Blois, 20-21 novembre 2007

# Introduction

**Le travail du sol a des effets sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques :**

- **Propriétés physiques (densité, porosité, structure...)**
- **Propriétés chimiques et biologiques (localisation des restitutions, présence ou pas d'un mulch...)**

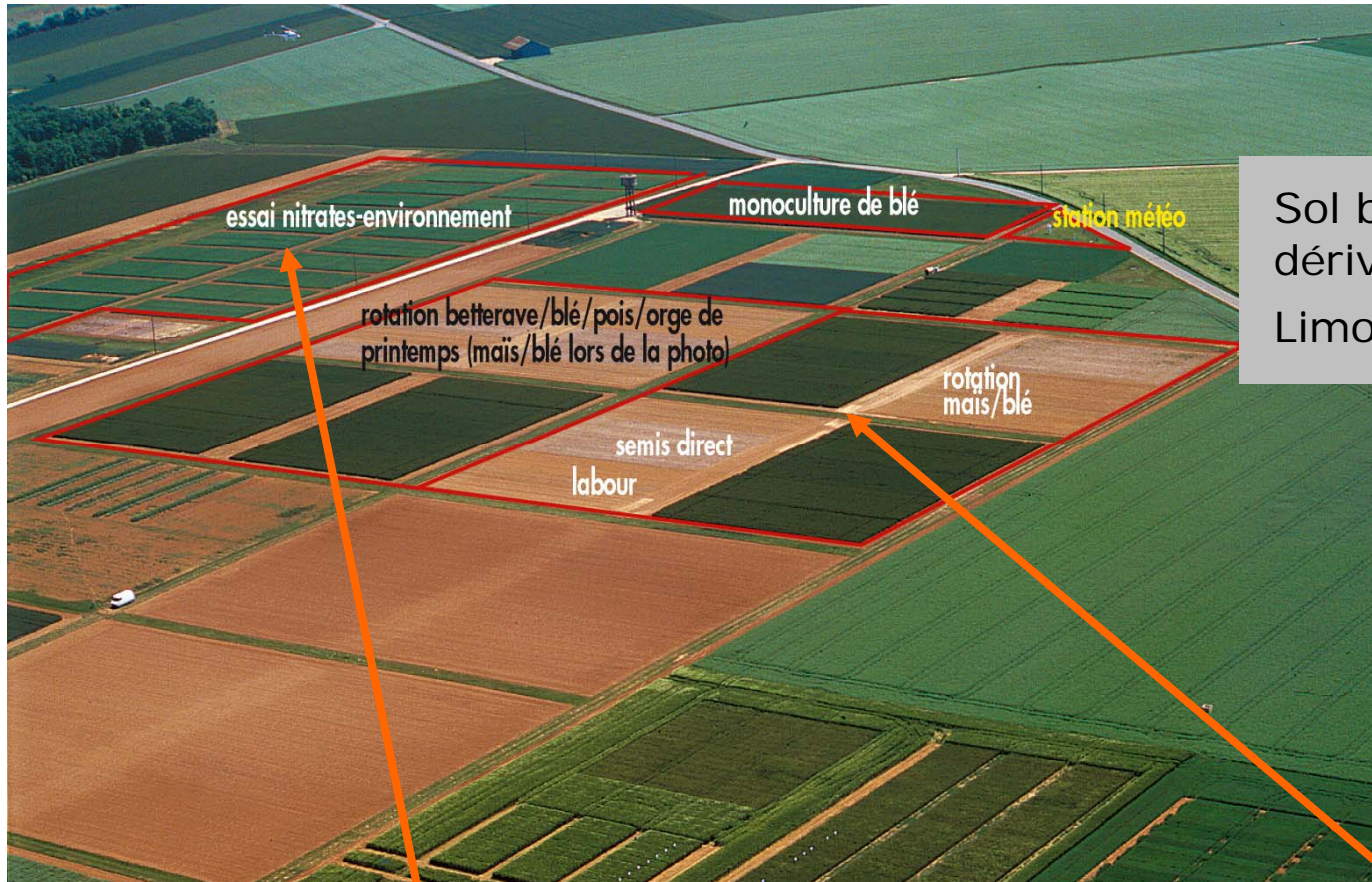
**qui ont des conséquences sur le fonctionnement du sol :**

- **Transferts (solutés, gaz et chaleur)**
- **Activités biologiques (nature, intensité, localisation)**

→ **Objectifs : Effets du travail du sol sur les cycles C et N**

- **Stockage et localisation des MOS**
- **Flux de GES (CO<sub>2</sub> et N<sub>2</sub>O)**
- **Fourniture du sol en azote**

# Les dispositifs expérimentaux à Boigneville (91)



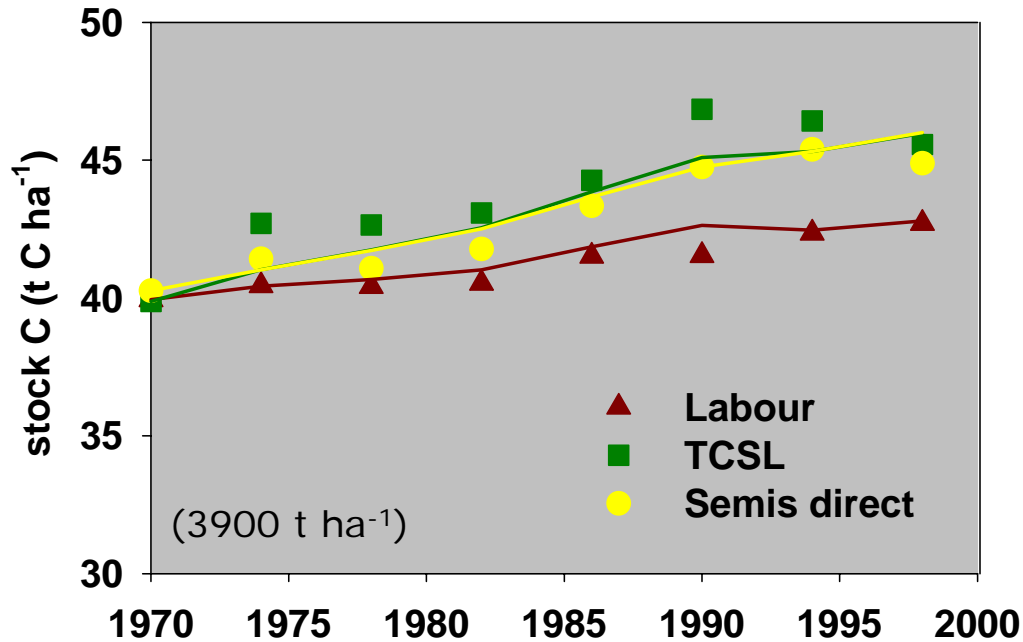
Sol brun calcique profond  
dérivé d'un loess sur cailloux  
Limon argileux en surface

Essai Nitrates-Environnement (1991)  
Pois/Blé/Orge de printemps; 1 sole  
Labour/Semis direct  
Couverture hivernale : Sol Nu/CIPAN

Essai Travail du Sol (1970)  
Rotation Blé/Mais; 2 soles  
Labour/Travail superficiel/ Semis direct  
Maïs irrigué en 97 et à partir de 2000

# Travail du sol et stockage du carbone dans le sol

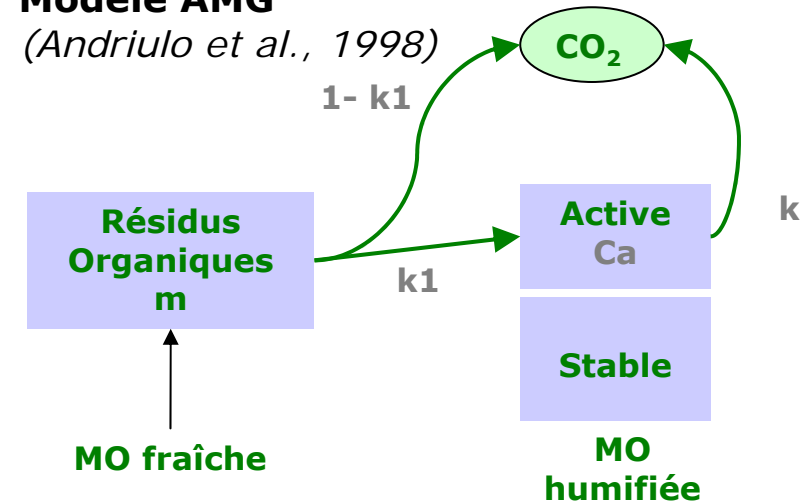
Boigneville (91) avec restitution des pailles



(Thévenet G., Mary B., Wylleman R., 2002)

## Modèle AMG

(Andriulo et al., 1998)

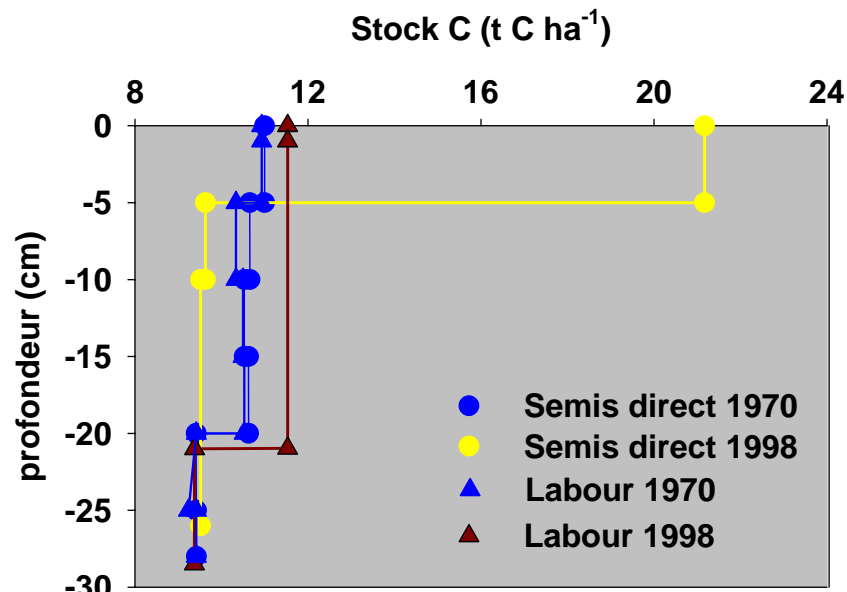


	K1 (an <sup>-1</sup> )	K (an <sup>-1</sup> )
Labour	0.202	0.044
TCSL	0.209	0.034
Semis direct	0.135	0.018

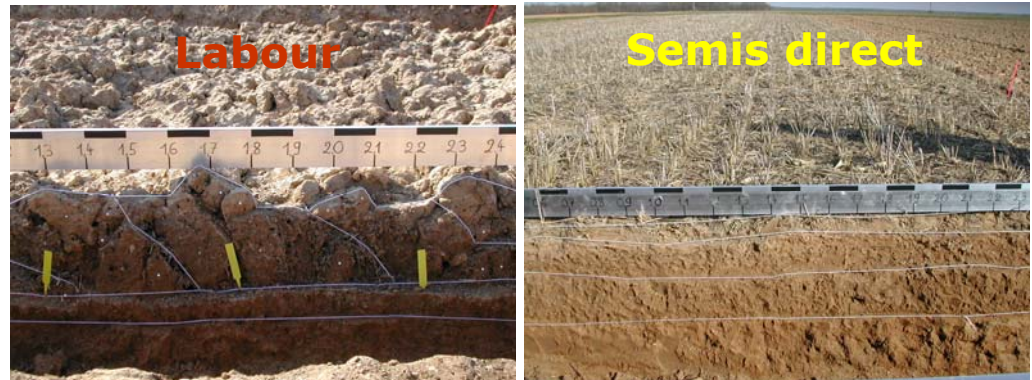
(Fraction active = 33 % C du sol)

- Un stockage de carbone dans toutes les modalités
- Stockage plus marqué en TCSL et semis direct et décroissant avec le temps :
  - 120 à 300 kg/ha/an sur 8 ans; 190 à 270 kg/ha/an sur 20 ans;
  - 100 kg/ha/an sur 28 ans

# Travail du sol et localisation du carbone dans le sol



Boigneville (91) avec restitution des pailles  
(Mary B., INRA Laon)

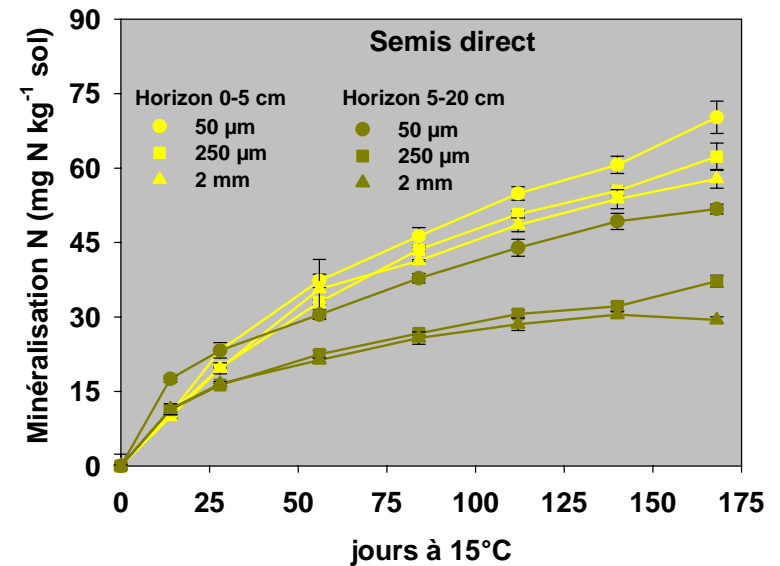
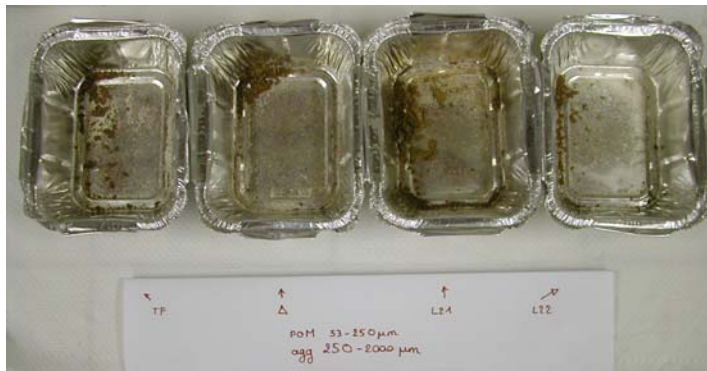
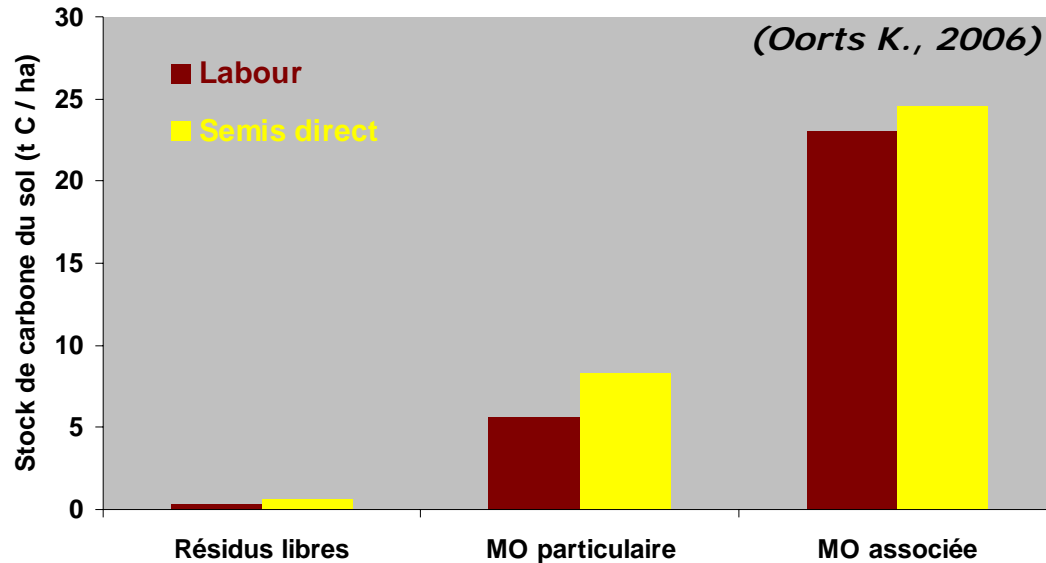


	Labour	Semis direct	
		0-20 cm	0-5 cm
pH	6.0	4.8	6.0
Org C      % MS	1.02	2.33	0.90
Org N      % MS	0.11	0.19	0.09
Biomasse microbienne      % C	1.5	1.5	1.5

(Oorts K., 2006)

- Différentiation des horizons en fonction de la profondeur
- Stockage C plus important en surface pour le semis direct
- Déstockage C en profondeur pour le semis direct

# Travail du sol et nature des MO du sol



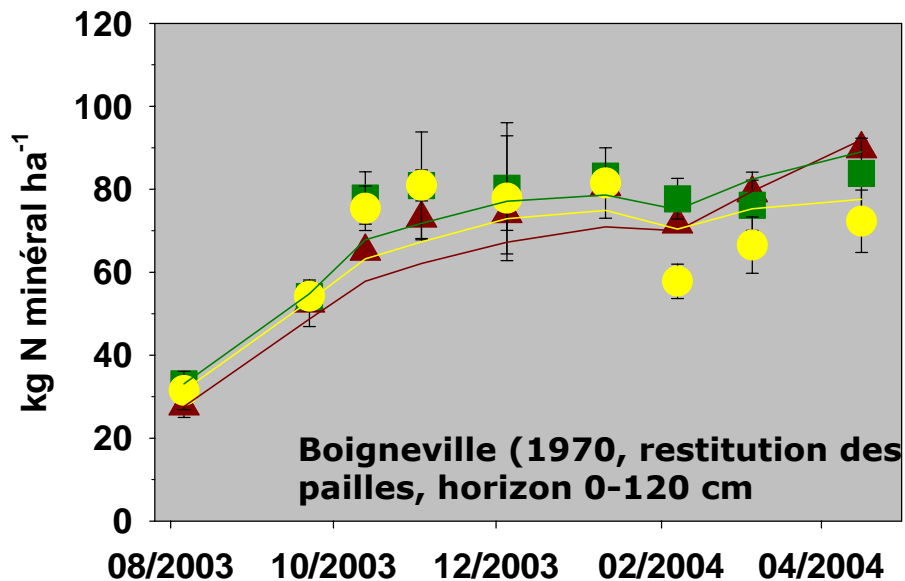
- 2/3 des différences de stocks C entre Labour et Semis direct lié à résidus libres et MOP
- Semis direct : protection physique MO > dans l'horizon 5-20 cm
- Semis direct : protection MO horizon 0-5 cm autre que physique

# Travail du sol et fourniture du sol en azote

Site	Vitesse de minéralisation (kg·N·ha <sup>-1</sup> ·jn <sup>-1</sup> )*		
	Labour	TCSL	Semis-direct
Boigneville (33 ans)	0.60 (0.04)	0.52 (0.10)	0.61 (0.09)
Boigneville (12 ans)			
→ Sans CIPAN	0.64 (0.09)		0.60 (0.07)
→ Avec CIPAN	0.60 (0.02)		0.63 (0.02)

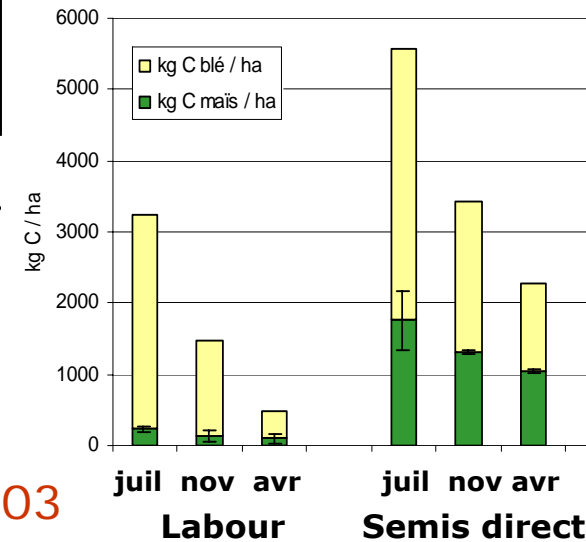
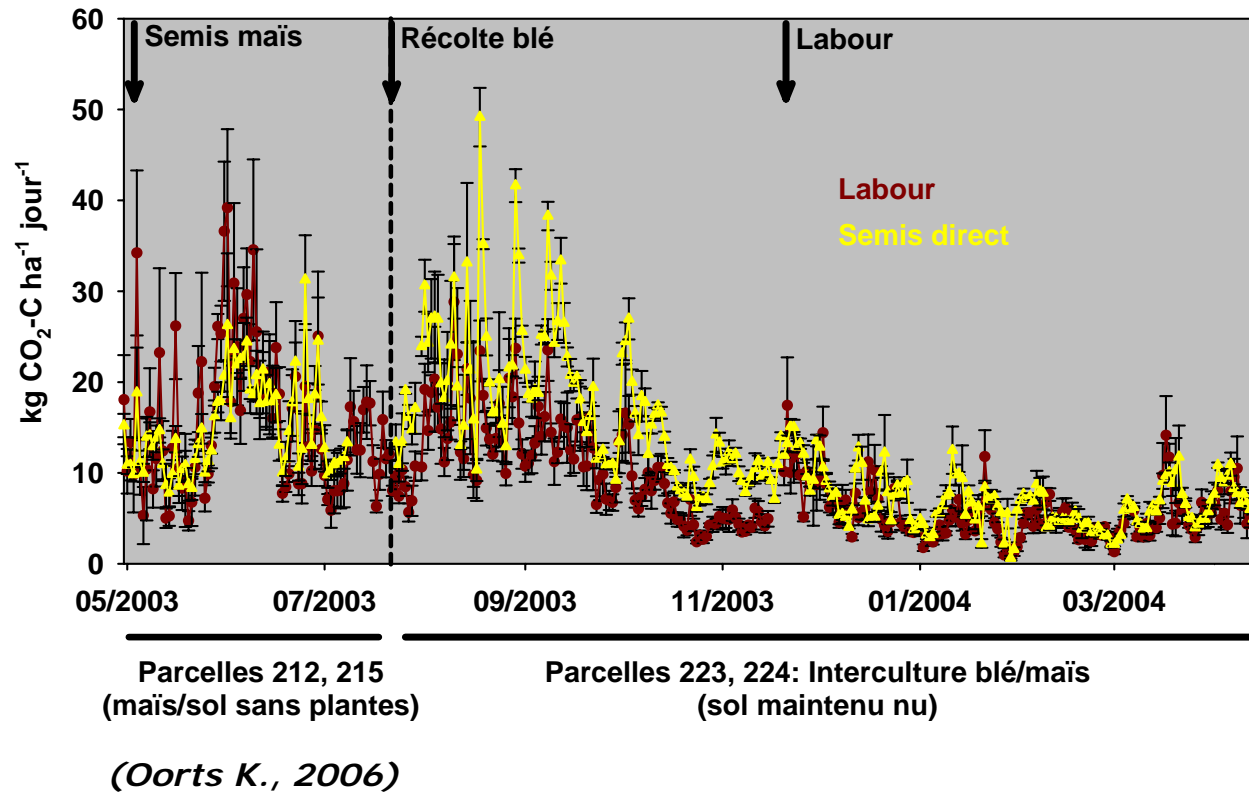


\*jour normalisé à 15°C et à la capacité au champ (Oorts K., 2006)



- Pas de différences entre modalités de travail du sol
- Pas de différences avec ou sans CIPAN

# Travail du sol et émissions de CO<sub>2</sub>

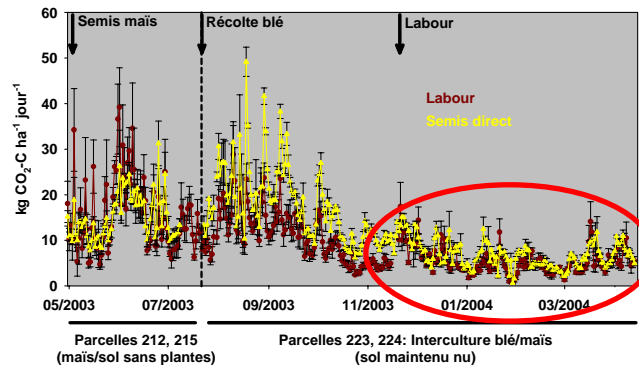


- Pas de différence d'émissions d'avril à juillet 2003
- Emissions > pour semis direct août à novembre 2003
- Pour la totalité de la période de mesure (331 jours) :

$$\text{Labour} = 3160 \pm 269; \text{ Semis direct} = 4064 \pm 138 \text{ kg C ha}^{-1}$$

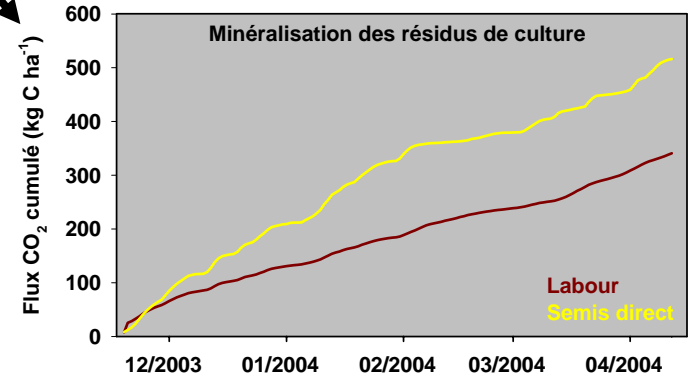
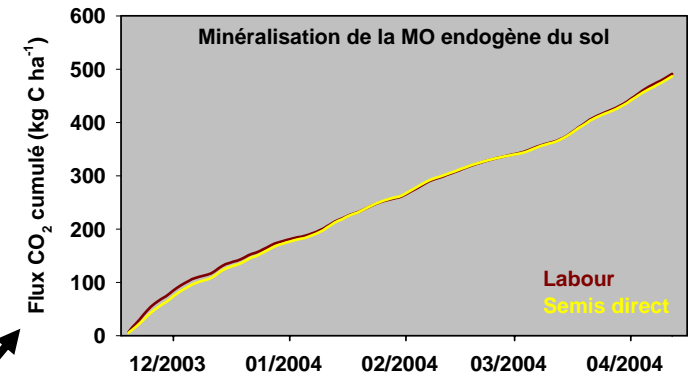


# Travail du sol et émissions de CO<sub>2</sub>



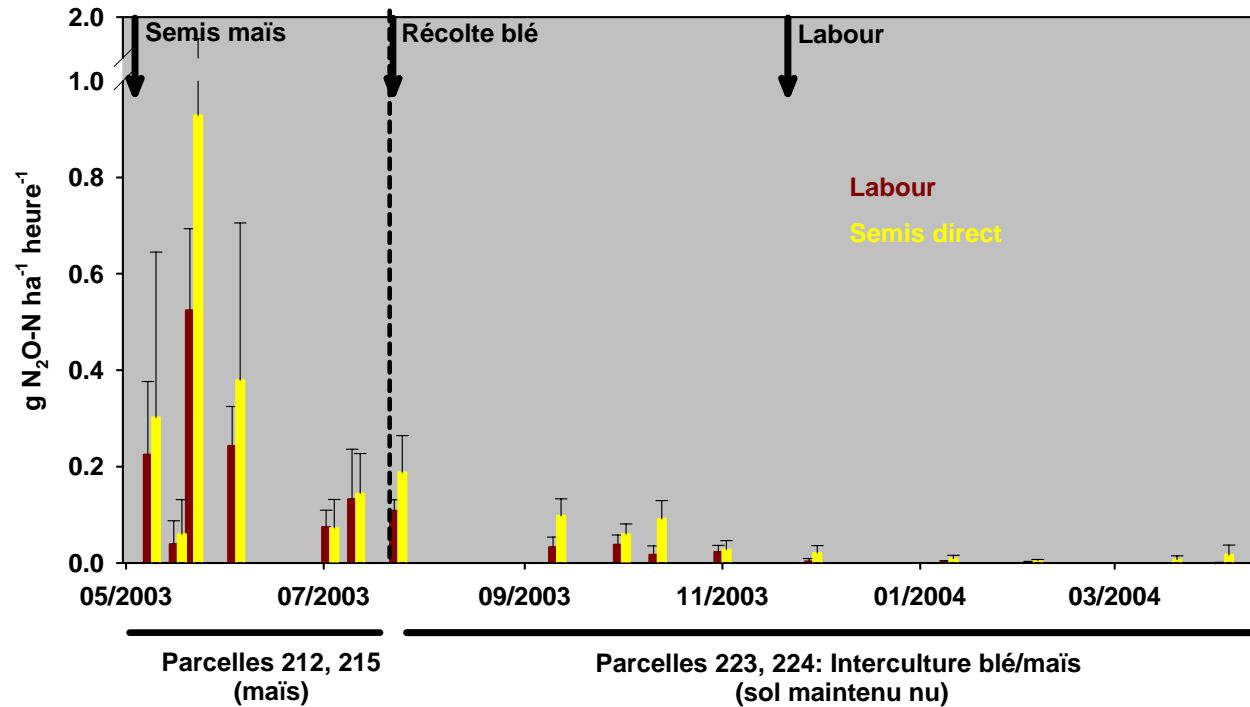
(Oorts K., 2006)

Modèles Pastis  
(Garnier et al., 2003;  
Lafolie, 1993)  
&  
Pastis-Mulch  
(Findeling et al., 2004)



- Emissions liées à la décomposition des MOS comparables
- Différences d'émissions d'août 2003 à avril 2004 liées à la décomposition du mulch de résidu présent dans le semis direct

# Travail du sol et émissions de N<sub>2</sub>O



(Oorts K., 2006)

- Emissions faibles mais plus élevées pour le semis direct  
*Labour = 0.80 ± 0.15; Semis direct = 1.32 ± 0.52 kg N<sub>2</sub>O-N ha<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup>*
- N<sub>2</sub>O émis la plupart du temps au cours de la nitrification

## Travail du sol et émissions de GES

kg CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> an <sup>-1</sup>	Labour	TCSL	Semis direct
Conduite des cultures	-2340	-2223	-2047
Stockage cultures	11133	11169	11089
Stockage sol	363	751	685
Emissions N <sub>2</sub> O	-374	-615	-615
Emissions CH <sub>4</sub>	0	0	0
<b>Bilan GES</b>	<b>8782</b>	<b>9082</b>	<b>9112</b>

*(Labreuche et al., 2007)*

- Bilan positif TCSL et Semis direct par rapport au labour

# Conclusions

- **Le bilan GES est amélioré par la réduction du travail du sol**
- **Stockage de C  $\approx 100 \text{ kg C ha}^{-1}\text{an}^{-1}$  pour une période de 30 ans**
- **Les émissions de  $\text{N}_2\text{O}$  sont plus élevées lors de la réduction du travail du sol**
- **Le stockage de C est partiellement neutralisé par les émissions de  $\text{N}_2\text{O}$**
- **La fourniture d'azote par le sol est comparable entre les différentes modalités de travail du sol**
- **Le carbone du sol stocké suite à la réduction du travail du sol est rapidement dégradé lors du retour au labour**