

# Evaluation de l'impact écotoxicologique de l'isoproturon associé à l'épandage agricole de boues compostées dans des sols plus ou moins tassés

**Laure Mamy<sup>1</sup>, Laure Vieublé-Gonod<sup>2</sup>,  
Pierre Benoit<sup>2</sup>, Véronique Chaplain<sup>1</sup>,  
Sabine Houot<sup>2</sup>, Christian Mougin<sup>1</sup>, Valérie Pot<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> INRA – PESSAC, Versailles

<sup>2</sup> INRA-AgroParisTech – EGC, Thiverval-Grignon



# Introduction

ALIMENTATION  
AGRICULTURE  
ENVIRONNEMENT



# Introduction (1/2)

---

## Contexte

- Valorisation des PRO (déchets verts, boues, ordures ménagères...) sous forme d'amendements organiques ou fertilisants
- ➔ Par exemple, 60% d'élimination des boues en France (ADEME, 2002)

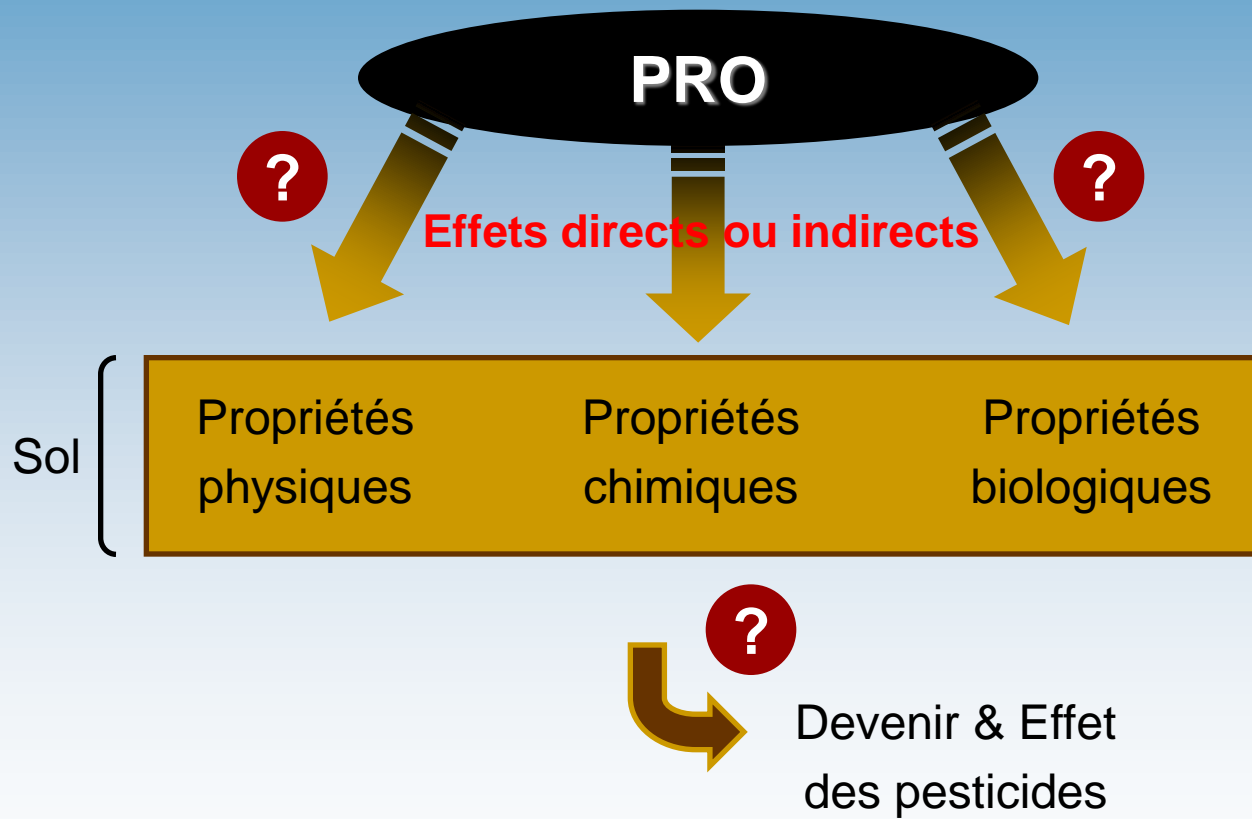


Photographies : Veolia



# Introduction (2/2)

## Contexte



# Objectifs

---

- Etude de l'influence de l'épandage agricole de PRO sur les propriétés physiques (résistance au tassement) des sols
- Etude de la dégradation de l'isoproturon dans des échantillons de sol plus ou moins tassés en présence ou non de PRO
- Etude de l'impact écotoxicologique de l'isoproturon dans des échantillons de sol plus ou moins tassés en présence ou non de PRO



# Matériels & Méthodes

ALIMENTATION  
AGRICULTURE  
ENVIRONNEMENT



# Site expérimental

---

*Feucherolles (78)*

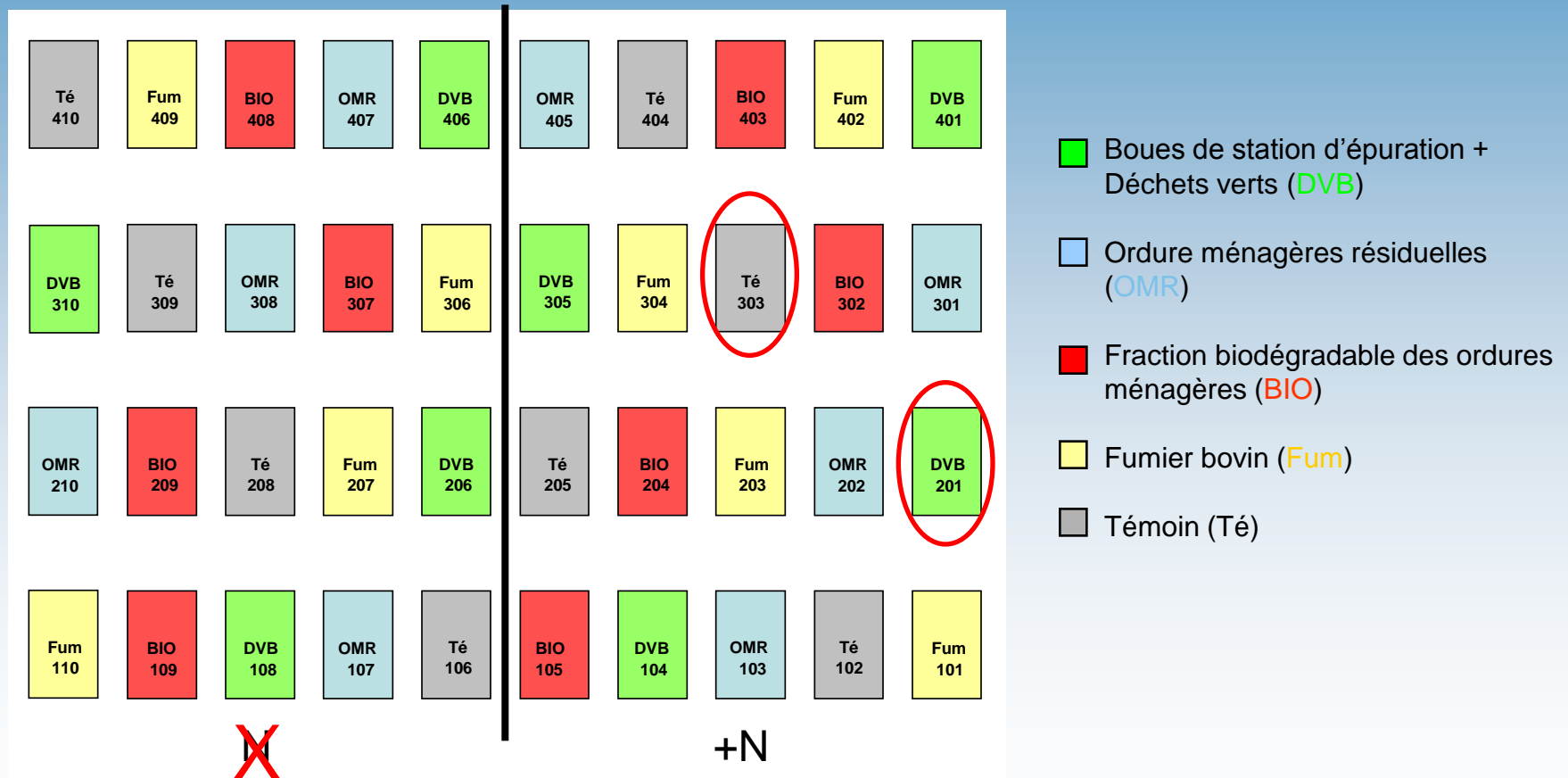


Photographie : G. Bodineau (INRA)

# Site expérimental

## Feucherolles (78)

➔ Depuis 1998, application de différents types de composts tous les 2 ans



Sol : Luvisol rédoxique : argile 17%, limons 76%, sables 7%, CO 9.8 g/kg, pH 6.9



# Prélèvement du sol

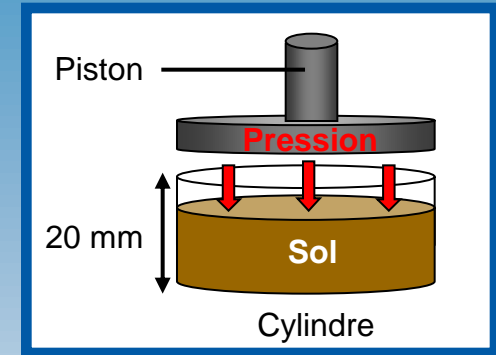
---

- Echantillons de sol non perturbé
- Cylindres de 5 cm de diamètre et 2 cm de hauteur
- Prélèvement dans l'interbande
- > 200 échantillons prélevés



# Préparation des échantillons de sol

- Deux états de tassement : non tassé, fortement tassé
- Tassement manuel
- ➔ Fortement tassé :



Augmentation de la densité =  $0.3 \text{ g cm}^{-3}$ , équivalent au tassement après passage des engins agricoles (Défossez et al., 2003)

Sol témoin :

$\rho = 1.2 - 1.4 \text{ g cm}^{-3}$  ➔ Tassement  $\rho = 1.5 - 1.7 \text{ g cm}^{-3}$

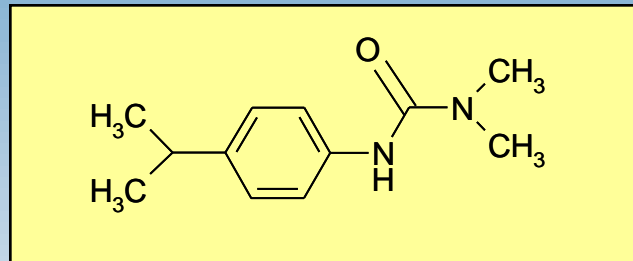
Sol + DVB :

$\rho = 1.1 - 1.2 \text{ g cm}^{-3}$  ➔  $\rho = 1.4 - 1.5 \text{ g cm}^{-3}$

# Pesticide

## Critères de choix

➔ Isoproturon (IPU) : Herbicide (Céréales)



Formule semi-développée de l'isoproturon

$$M = 206.3 \text{ g mol}^{-1}$$

$$S_{\text{H}_2\text{O}} = 70 \text{ mg L}^{-1}$$

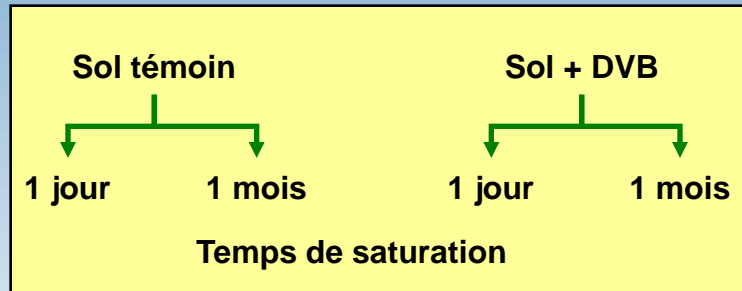
$$P_{\text{vap}} = 3.3 \text{ } \mu\text{Pa}$$

- Utilisé sur le site de Feucherolles
- Transfert vers la nappe suivi depuis 2007
- Fréquence d'utilisation, molécule autorisée
- Détection dans l'eau (IFEN)
- Caractéristiques physico-chimiques

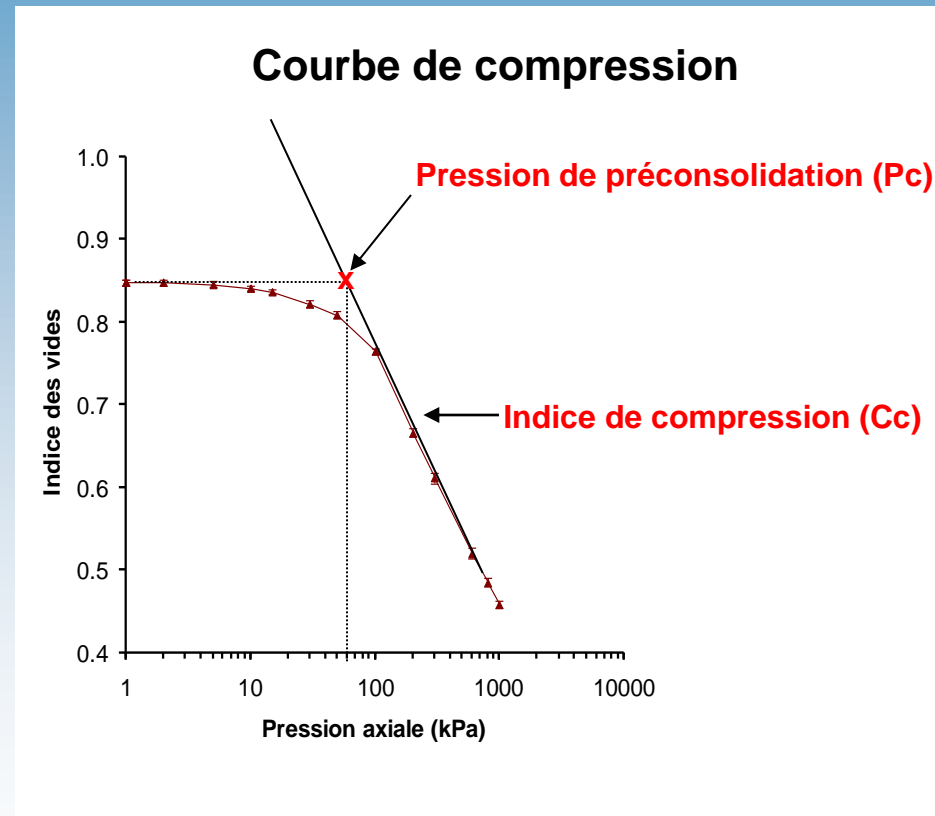
# Effet des PRO sur les propriétés physiques du sol

## Résistance du sol au tassement

- 4 modalités de mesure, sur sol remanié :



- 4 densités initiales
- 4 répétitions / modalité et par densité

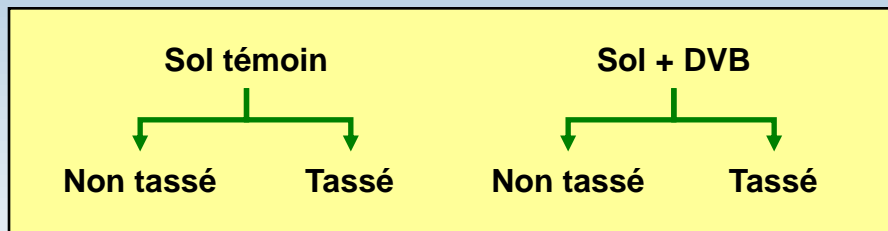


# Etude de la dégradation de l'isoproturon

## *Incubation en conditions contrôlées de laboratoire*

- T = 28°C, Humidité 80% teneur en eau à pF 2.5  
Dose IPU : 0.29 mg / g sol sec ( $\approx 1 \text{ kg ha}^{-1}$ )  
Application à la surface des échantillons

- 4 modalités d'incubation :



- ➔ Cinétiques de minéralisation ( $\text{CO}_2$ ) : 0, 1, 3, 7, 14, 21, 28, 35, 43, 49 jours
- ➔ Quantités extractibles  $\text{CaCl}_2$  et  $\text{CH}_3\text{OH}$  à 0, 7, 49 jours
- ➔ Quantités non-extractibles à 0, 7, 49 jours

- 5 répétitions / modalité / date de mesure

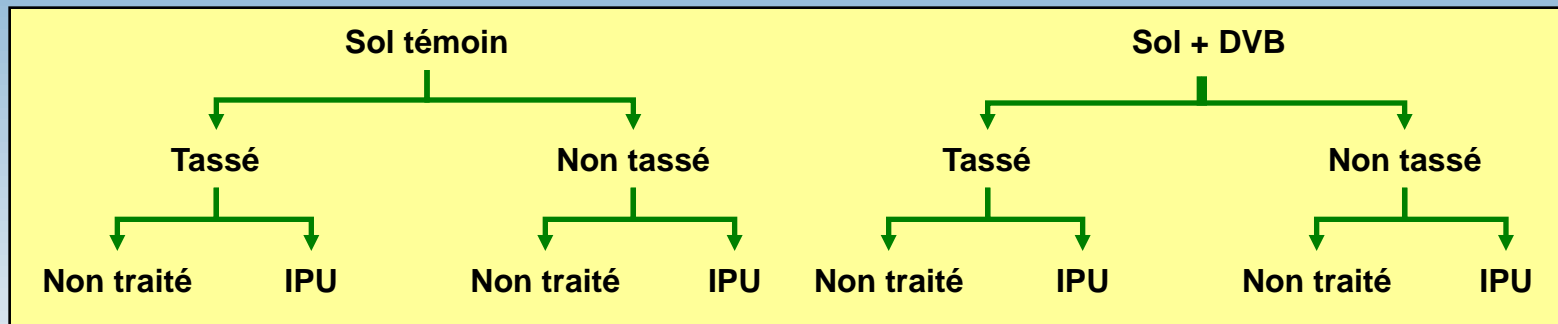
$^{14}\text{C}$ -isoproturon



# Impact écotoxicologique de l'isoproturon

## *Incubation en conditions contrôlées de laboratoire*

- Mêmes conditions que précédemment
- 8 modalités d'incubation :



- ➔ Mesure de deux activités enzymatiques impliquées dans les cycles du C ( $\beta$ -glucosidase) et de N (uréase) à 0, 7 et 60 jours
- 4 répétitions / modalité / date de mesure
- Statistiques : Test de Mann-Whitney (XLStat), seuil 5%



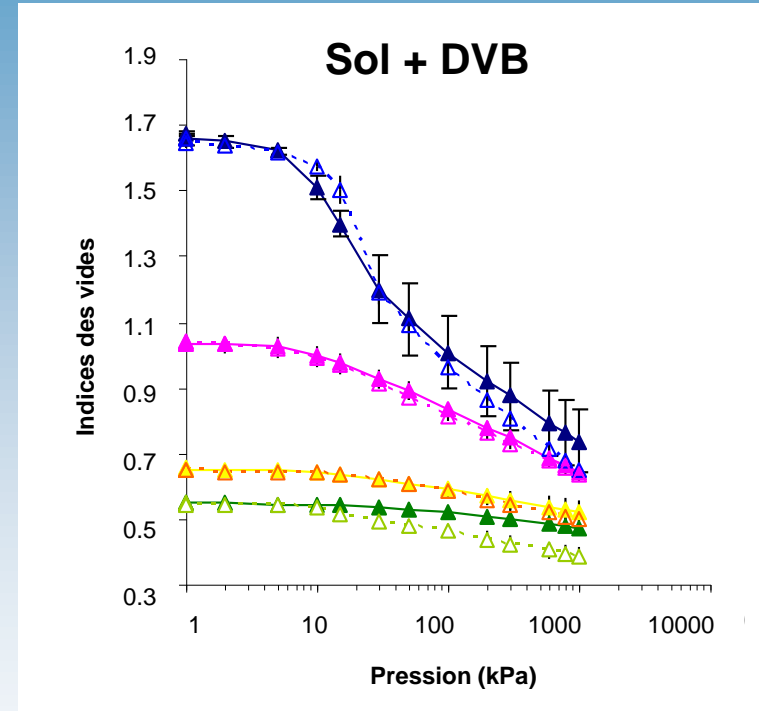
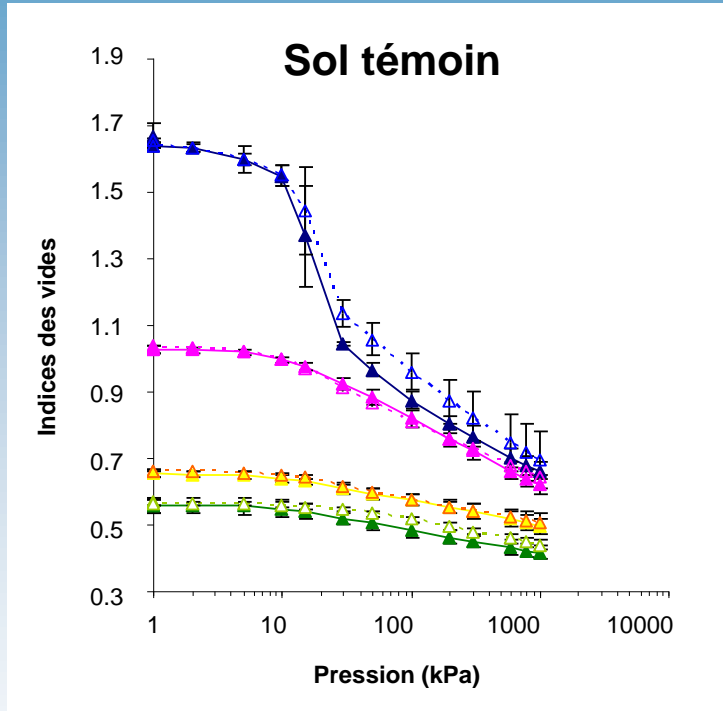
# Résultats

FOOD & NUTRITION  
AGRICULTURE  
ENVIRONMENT

INRA

# Effet des PRO sur les propriétés physiques du sol

## Courbes de compression

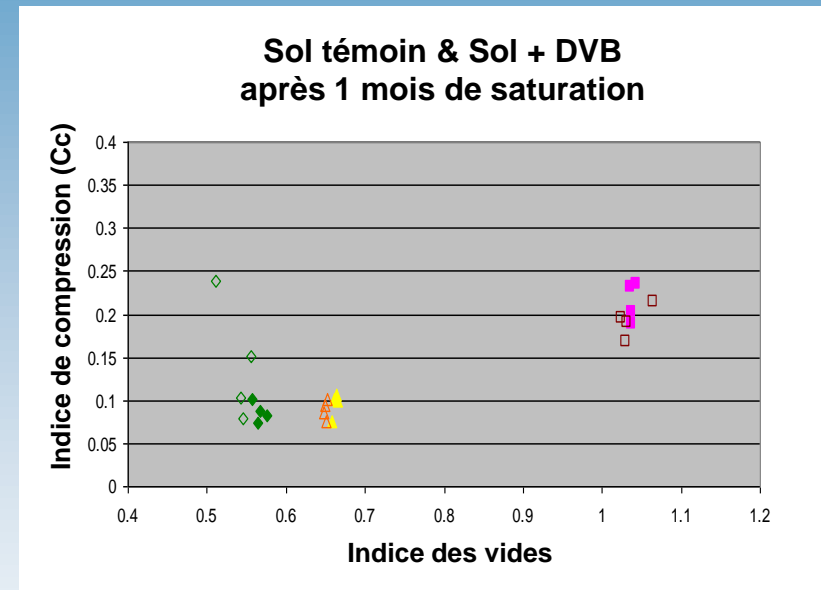
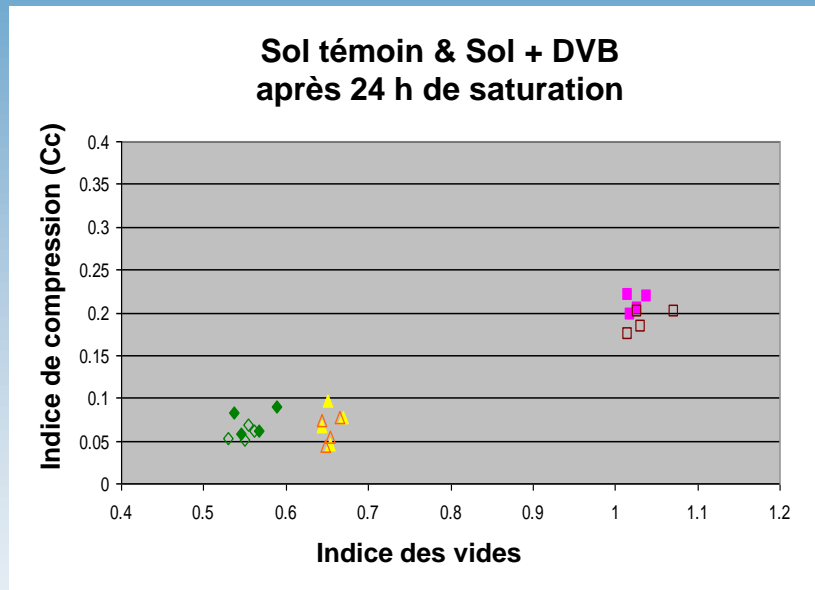


- Durée de saturation modifie la résistance mécanique des sols lorsque  $\rho \geq 1.6$  (cohérent avec des résultats antérieurs, Chaplain et al., 2009)
- L'effet est inversé dans Sol + DVB / Sol témoin



# Effet des PRO sur les propriétés physiques du sol

## Indices de compression



Sol témoin

■  $\rho = 1.3$

▲  $\rho = 1.6$

◆  $\rho = 1.7$

Sol + DVB

□  $\rho = 1.3$

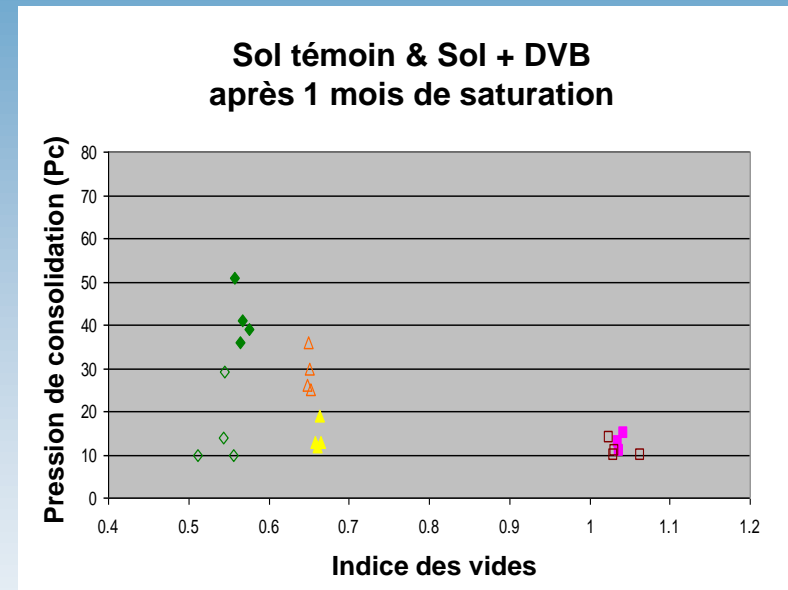
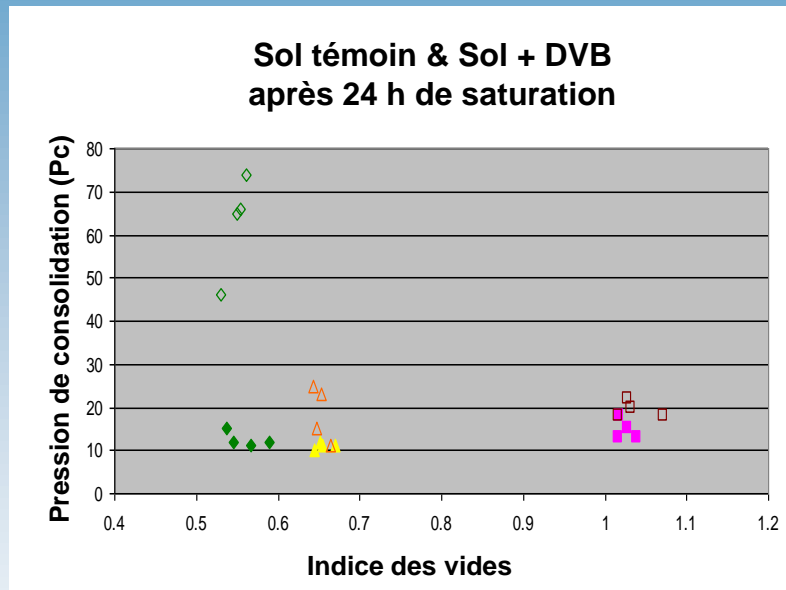
△  $\rho = 1.6$

◇  $\rho = 1.7$

➔ Pas d'effet du compost DVB sur les indices de compression

# Effet des PRO sur les propriétés physiques du sol

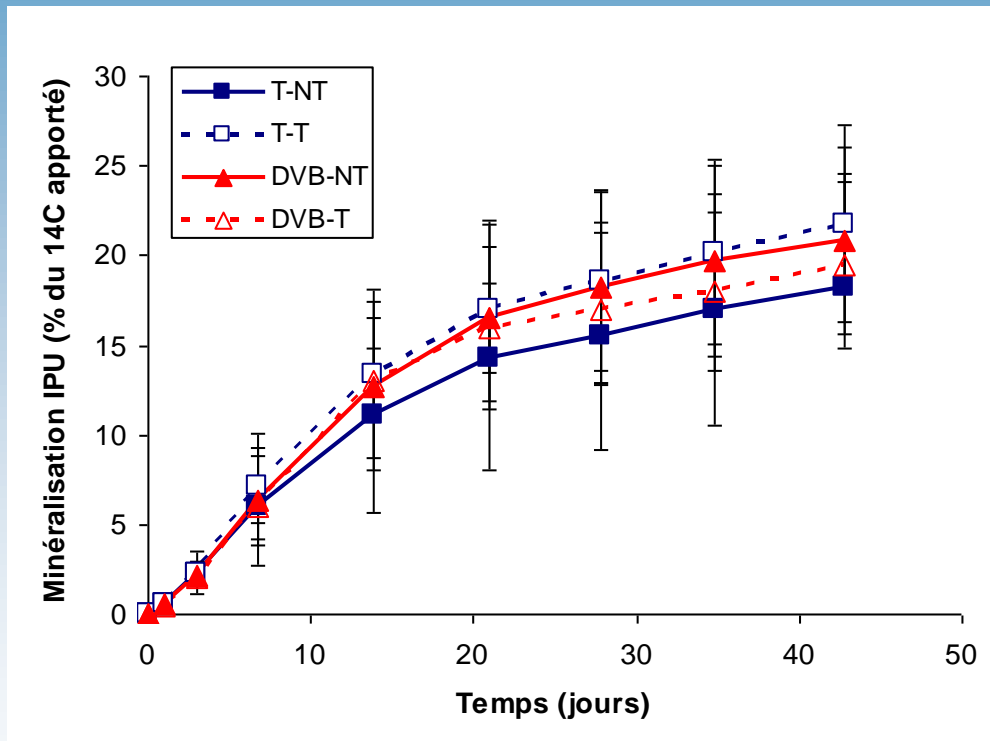
## Pressions de préconsolidation



- Le compost DVB modifie la pression de préconsolidation lorsque  $\rho \geq 1.6$
- Les différences entre Sol témoin et Sol + DVB s'inversent après 1 mois de saturation à  $\rho = 1.7$
- ➔ L'effet du compost sur la résistance mécanique du sol est transitoire

# Etude de la dégradation de l'isoproturon

## Cinétiques de minéralisation de l'isoproturon

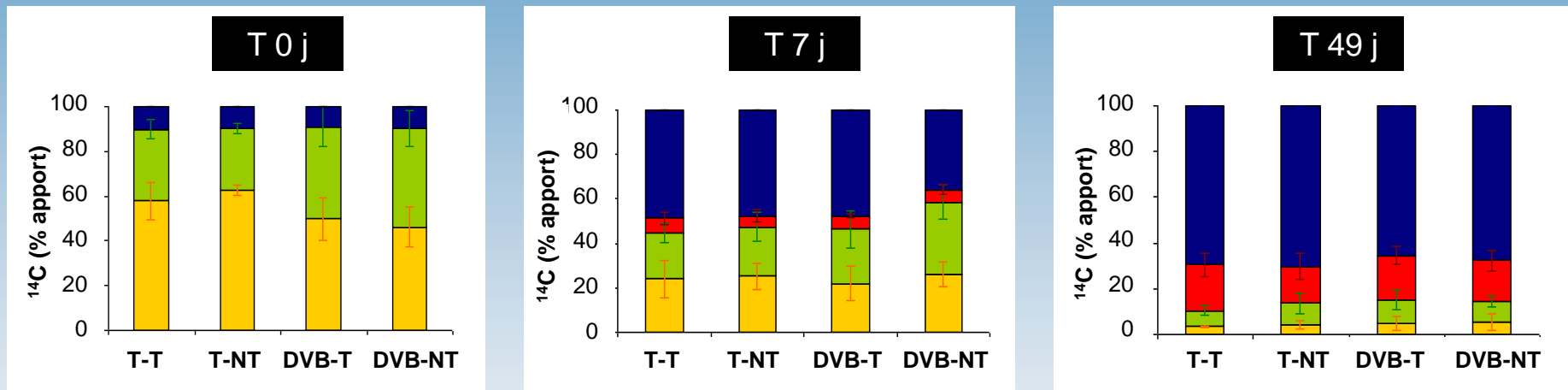


T-T Sol témoin, tassé  
 T-NT Sol témoin, non tassé  
 DVB-T Sol + DVB, tassé  
 DVB-NT Sol + DVB, non tassé

➔ Pas d'effet significatif du compost DVB ni du tassement sur la minéralisation de l'IPU

# Etude de la dégradation de l'isoproturon

## Disponibilité et stabilisation des résidus d'IPU au cours du temps



■ Résidus liés  
 ■ Minéralisé  
 ■ Extractible CH<sub>3</sub>OH  
 ■ Extractible CaCl<sub>2</sub>

T-T Sol témoin, tassé  
 T-NT Sol témoin, non tassé  
 DVB-T Sol + DVB, tassé  
 DVB-NT Sol + DVB, non tassé

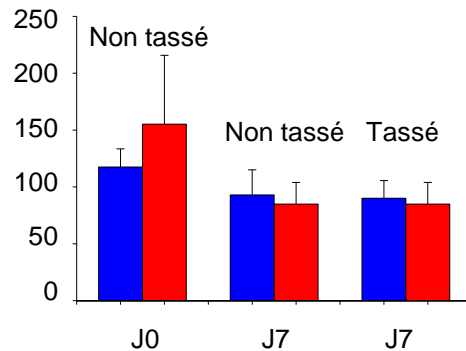
➔ Pas d'effet significatif du compost DVB ni du tassement sur les bilans

# Impact écotoxicologique de l'isoproturon

*Effet du compost DVB sur les activités enzymatiques du sol (sans IPU)*

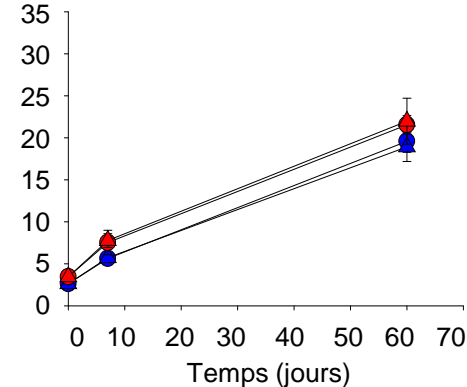
## Beta-glucosidase

$\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{h}^{-1}$



## Uréase

$\mu\text{g NH}_4^+ \text{g}^{-1} \text{h}^{-1}$



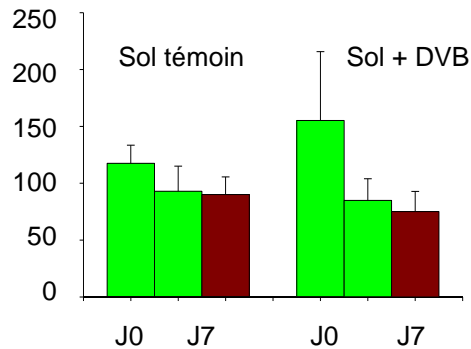
- $\beta$ -glucosidase : Pas d'effet significatif du compost DVB
- Uréase : Effet significatif dans le sol non tassé à J0  
Effet significatif dans le sol tassé à J7

# Impact écotoxicologique de l'isoproturon

*Effet du tassement sur les activités enzymatiques du sol (sans IPU)*

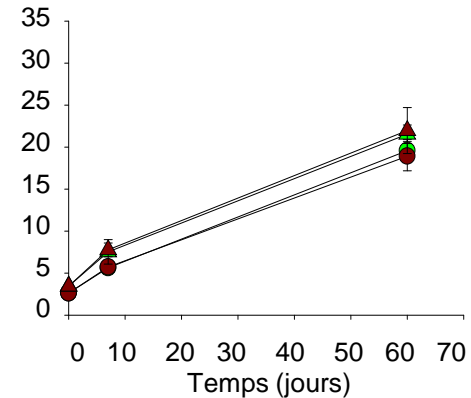
## Beta-glucosidase

$\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{h}^{-1}$



## Uréease

$\mu\text{g NH}_4^+ \text{g}^{-1} \text{h}^{-1}$



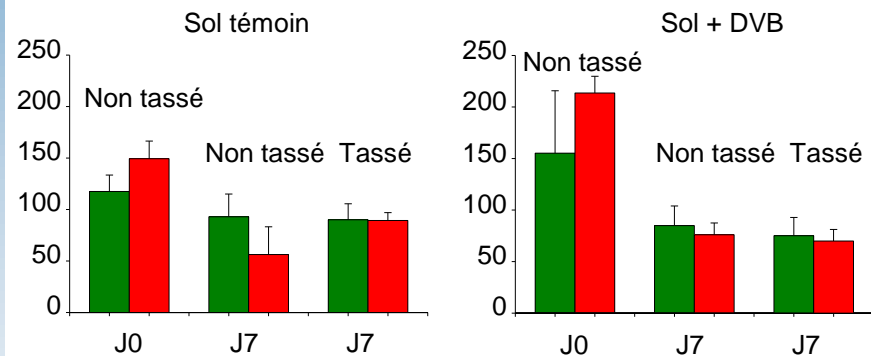
➤ Pas d'effet significatif du tassement sur les activités de la  $\beta$ -glucosidase et de l'uréease

# Impact écotoxicologique de l'isoproturon

## Effet de l'isoproturon sur les activités enzymatiques du sol

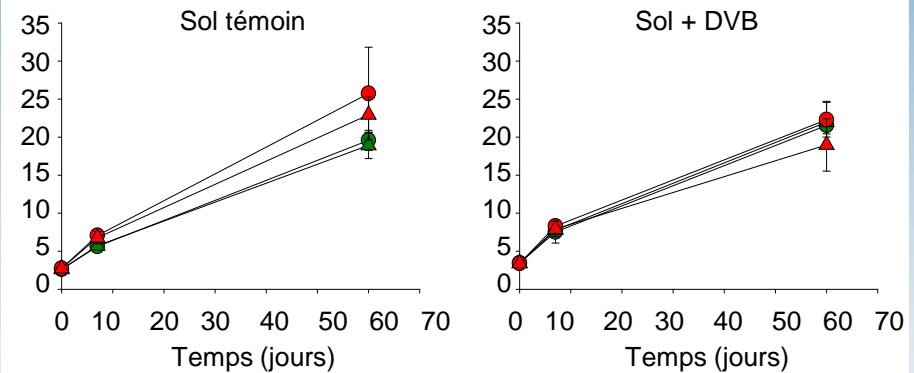
### Beta-glucosidase

$\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ h}^{-1}$



### Uréase

$\mu\text{g NH}_4^+ \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$



■ Sans IPU    ■ Avec IPU

○ Non tassé    △ Tassé

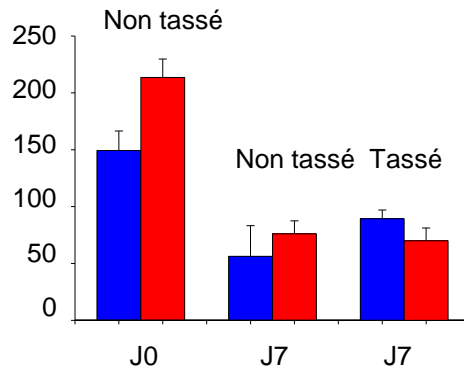
- Pas d'effet significatif de l'isoproturon sur la  $\beta$ -glucosidase et l'uréase
- ➔ Dû à faible écotoxicité de cet herbicide

# Impact écotoxicologique de l'isoproturon

*Effet de l'isoproturon en présence ou non de compost DVB*

## Beta-glucosidase

$\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{h}^{-1}$



■ Sol témoin

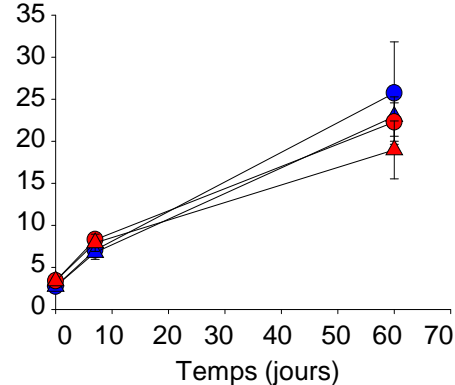
■ Sol + DVB

○ Non tassé

△ Tassé

## Uréase

$\mu\text{g NH}_4^+ \text{g}^{-1} \text{h}^{-1}$



- $\beta$ -glucosidase : Effet significatif du compost DVB, sauf à J7 dans le sol non tassé
- Uréase : Pas d'effet significatif

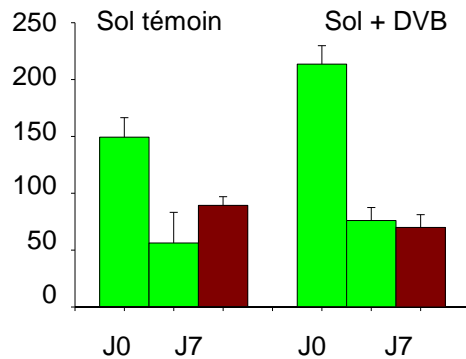


# Impact écotoxicologique de l'isoproturon

## Effet de l'isoproturon dans le sol tassé ou non tassé

### Beta-glucosidase

$\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{h}^{-1}$



■ Non tassé

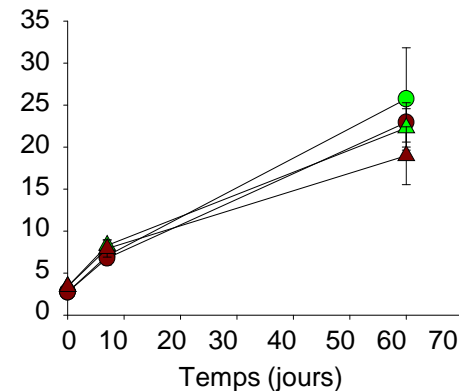
■ Tassé

○ Sol témoin

△ Sol + DVB

### Uréase

$\mu\text{g NH}_4^+ \text{g}^{-1} \text{h}^{-1}$



- $\beta$ -glucosidase : Effet significatif dans le sol témoin mais pas dans le sol + DVB  
Les composts auraient un rôle tampon / Tassement?
- Uréase : Pas d'effet significatif



# Conclusion

ALIMENTATION  
AGRICULTURE  
ENVIRONNEMENT



# Conclusion (1/2)

---

## *Dans les conditions réalistes de notre étude :*

- En conditions saturées, le compost DVB favorise la résistance mécanique du sol à densité élevée, mais cet effet est transitoire → Il n'est pas lié à l'apport de C
- La dégradation de l'IPU n'est pas modifiée par le tassement ni par l'apport des composts DVB
- En général, l'IPU n'a pas d'effet sur les activités enzymatiques mesurées,  $\forall$  tassement ou présence de DVB ➡ Conditions d'expérience non limitantes pour l'activité biologique  
Toutefois, l'activité de la  $\beta$ -glucosidase est modifiée par l'IPU en présence de DVB, mais les DVB semblent aussi amortir l'effet du tassement

# Conclusion (2/2)

---

## *Perspectives*

### **Expérimentations**

- Mesurer la résistance au tassement à pF 2.5 (non saturé)
- Tester d'autres composts
- Réaliser les mesures dans des conditions plus limitantes pour l'activité biologique, notamment à faible teneur en eau

### **Valorisation**

- Publication
- Communications

# Remerciements

---

- FIRE : P. Cellier, J. Garnier, C. Valentin
- G. Bodineau, V. Dumeny (INRA, EGC, Grignon)
- A. Brault, M. Belkacem, G. Delarue, N. Cheviron (INRA, PESSAC, Versailles)

