

# Effet des pratiques agricoles sur treize activités enzymatiques du sol

## Résultats du programme « Bioindicateurs »

**RIAH Wassila<sup>1</sup>, TRAP Jean<sup>1</sup>, CHEVIRON Nathalie<sup>2</sup>, MOUGIN Christian<sup>2</sup>,  
CRIQUET Steven<sup>3</sup>, HOUOT Sabine<sup>4</sup>, LEGRAS Marc<sup>1</sup>, VIAN Jean François<sup>7</sup>,  
BISPO Antonio<sup>5</sup>, GRAND Cécile<sup>5</sup>, GALSOMIES Laurence<sup>5</sup>, PERES Guenola<sup>6</sup>,  
LAVAL Karine<sup>1</sup>, GATTIN Isabelle<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> : Unité ARGI'TERR laboratoire BioSol, Esitpa, 3 Rue du tronquet, 76134 Mont Saint Aignan.

<sup>2</sup> : Unité PESSAC, INRA de Versailles-Grignon Route de St-Cyr, 78026 Versailles.

<sup>3</sup> : IMEP UMR CNRS 6116 case 452 Marseille Cedex 20.

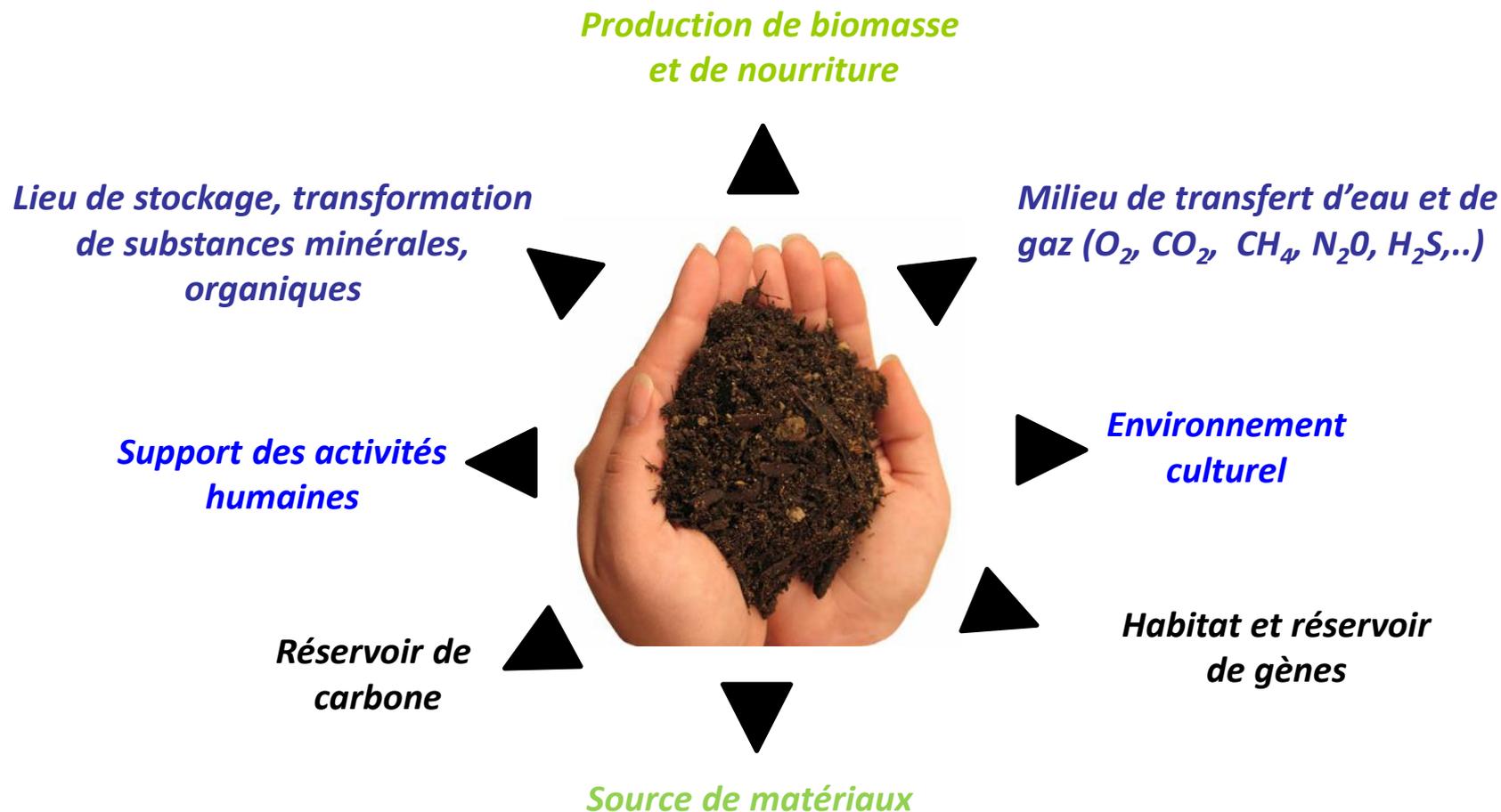
<sup>4</sup> : UMR Environnement et Grandes Cultures, INRA de Versailles-Grignon Route de St-Cyr, 78026 Versailles.

<sup>5</sup> : ADEME, 20 avenue du Grésillé, B.P 90 406, 49 004 ANGERS cedex 01.

<sup>6</sup> : University Rennes 1, UMR CNRS "Ecobio" 6553, Station Biologique, 35380 Paimpont.

<sup>7</sup> : ISARA-Lyon, 23 rue Jean Baldassini, 69364 Lyon cedex 7.

## Le sol fournit de nombreux services écosystémiques



# INTRODUCTION

**Et pourtant, le sol est soumis à de nombreuses pressions**

***Urbanisation***



***Productions agricoles***



***Espaces de loisirs***



***Transports***



**... et subit toute une série de processus de dégradation**



***Erosion***



***Compaction***



***Glissement de terrain***



***Salinisation***



***Contamination***



***Perte de biodiversité***



***Imperméabilisation***



***Perte de matière organique***

**Préserver les fonctions des sols,  
une nécessité pour l'agriculture, l'environnement et les sociétés**



*Élaborer des outils de diagnostic*

*Intégrer des systèmes de surveillance et/ou*

*Développer des procédés de restauration*

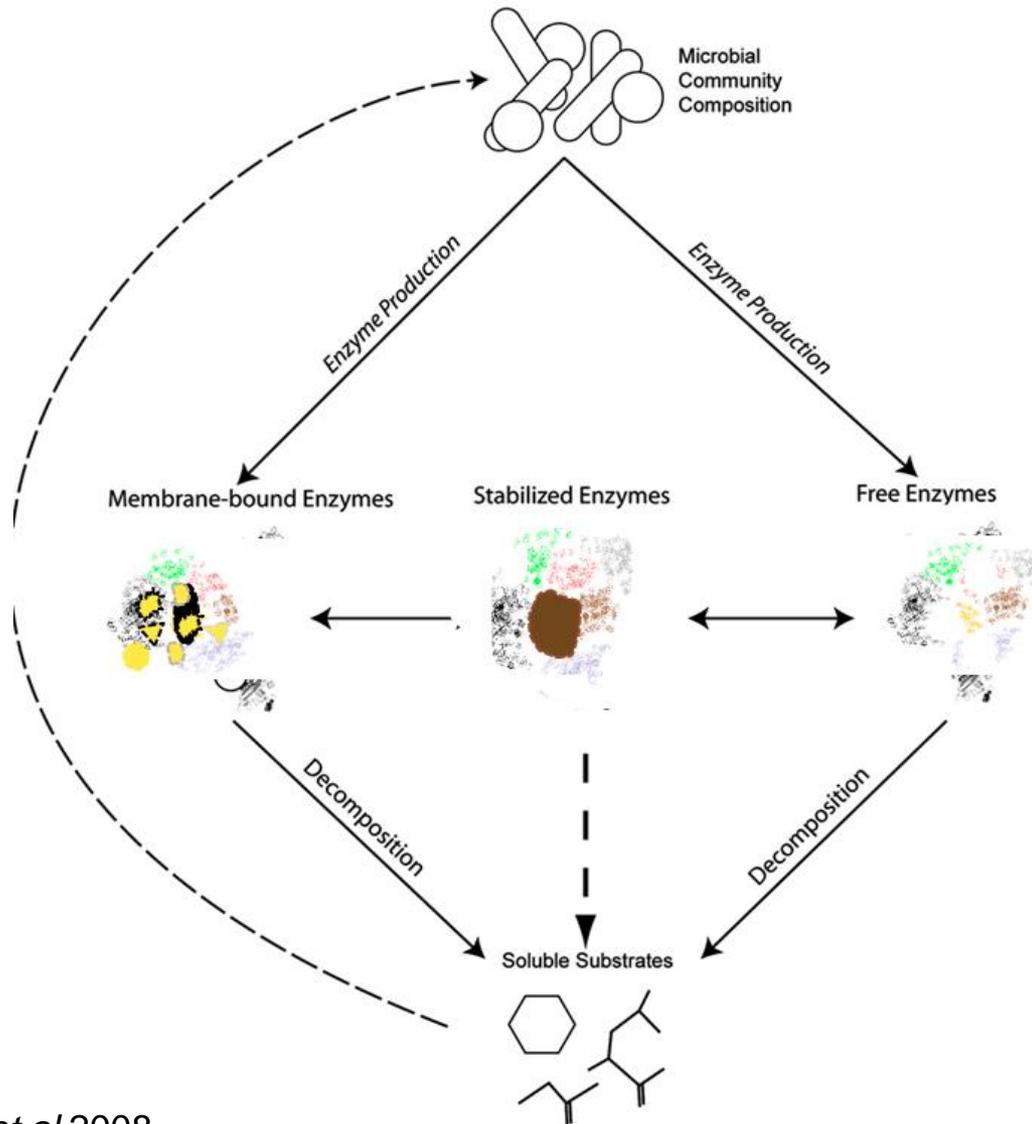
*Prévenir et / ou restaurer pour conserver cette ressource non renouvelable...*

**ADEME** (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie) a initié un programme pour développer des « **bioindicateurs** »

**Vers l'élaboration de bioindicateurs de qualité des sols.....**

# INTRODUCTION

## Les activités enzymatiques dans les sols



- ❖ **Mesurer l'effet des pratiques agricoles sur treize activités enzymatiques du sol**
- ❖ **Identifier les enzymes à fort potentiel d'indication**
- ❖ **Tester des indices multi-enzymatiques d'état des sols disponibles dans la littérature**



Yvetot



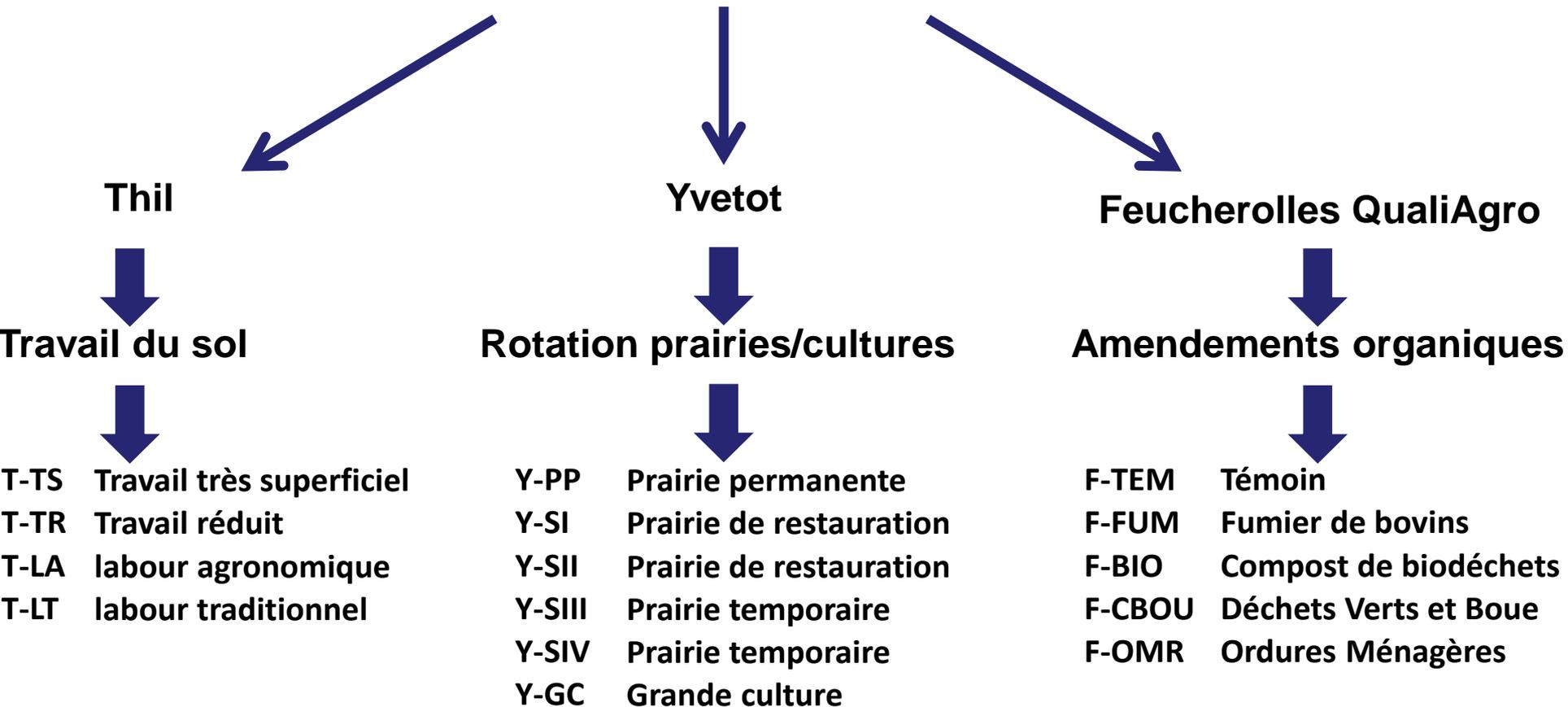
Feucherolles - QualiAgro



Thil

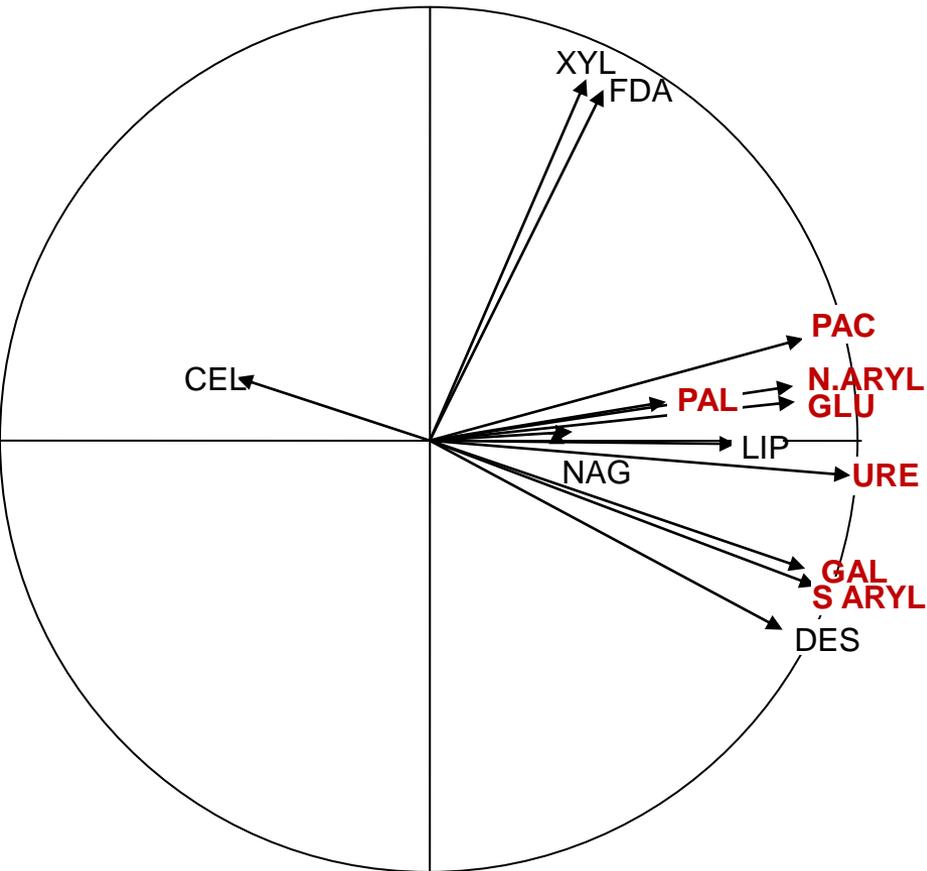


### Les pratiques agricoles

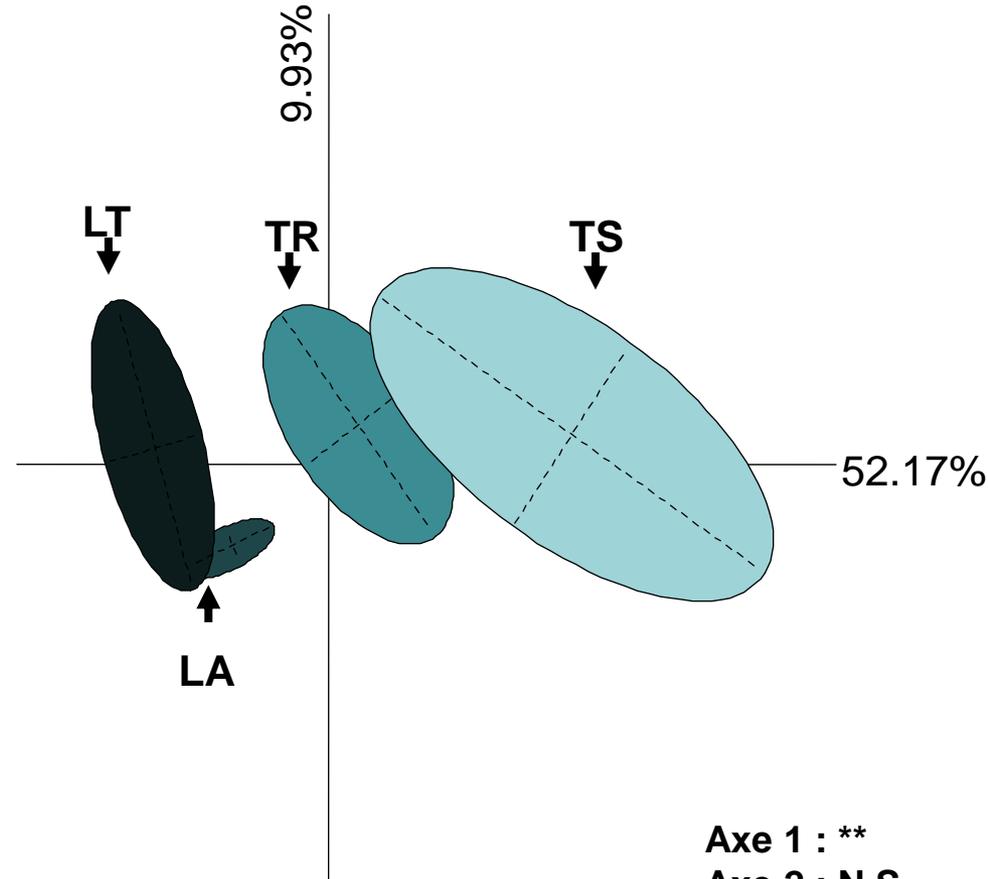


- ❖ **Analyse en composante principale (ACP) sur les activités enzymatiques pour chaque site**
  
- ❖ **Test de Kruskal-Wallis sur les deux premiers axes de chaque ACP**

**Cercle de corrélation**



**Typologie (travail du sol) sur le plan factoriel**

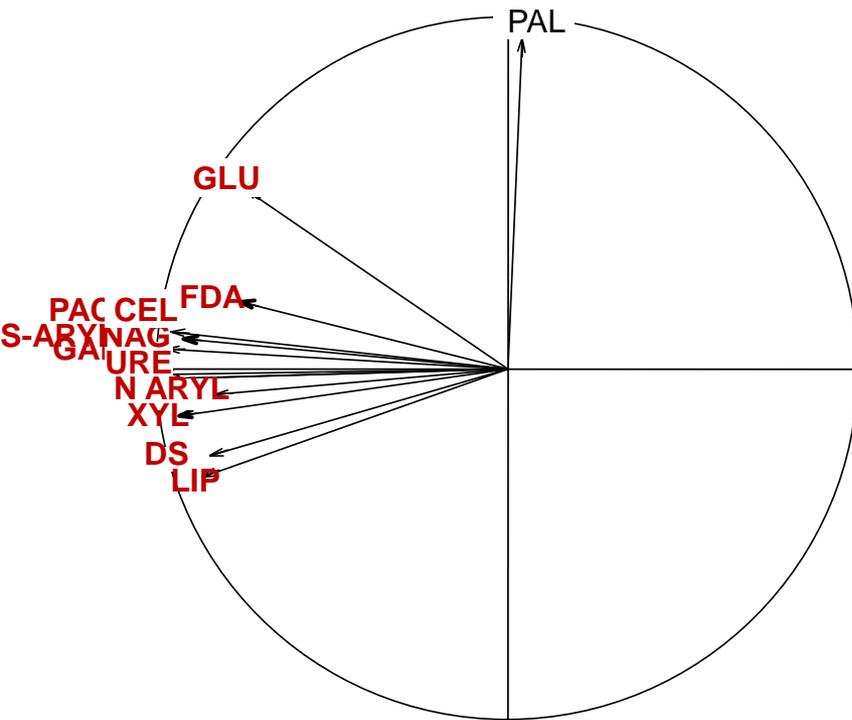


Axe 1 : \*\*  
 Axe 2 : N.S.

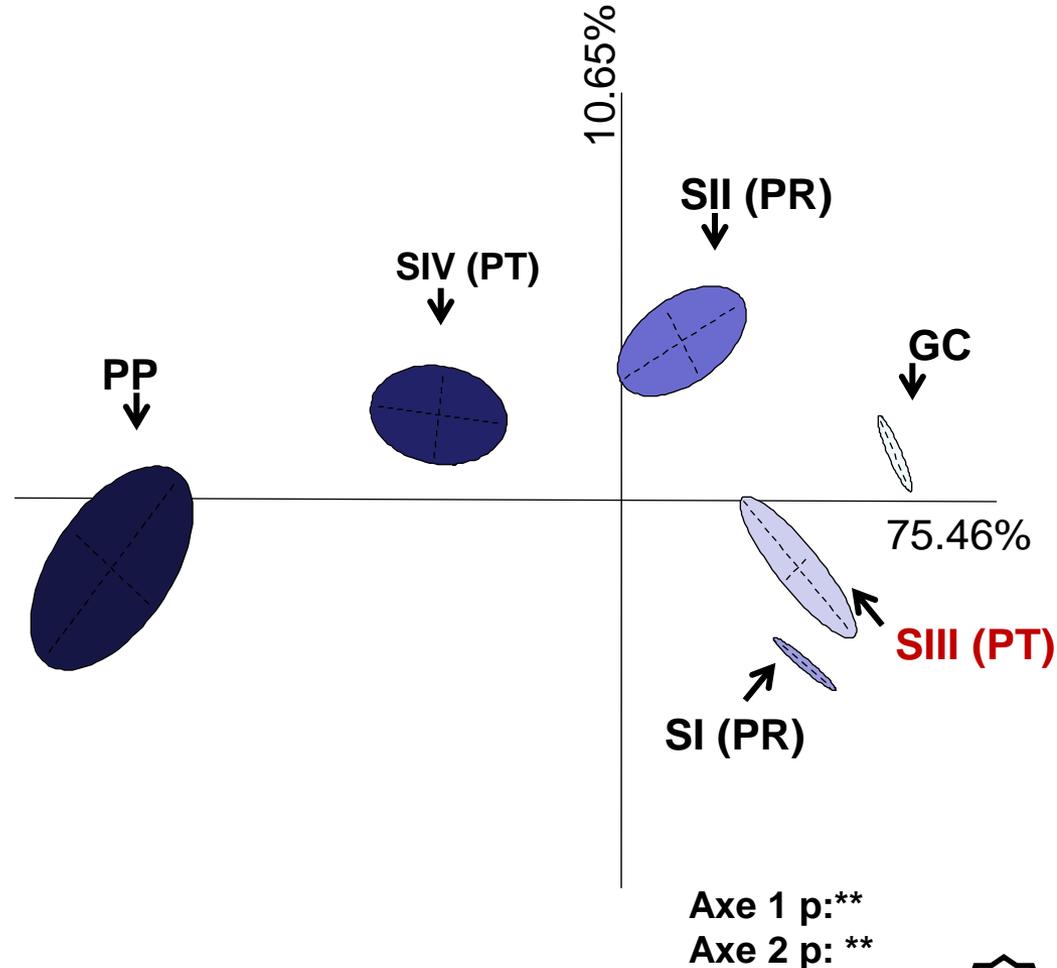
# RESULTATS

## Yvetot : effet des rotations prairies/cultures

Cercle de corrélation



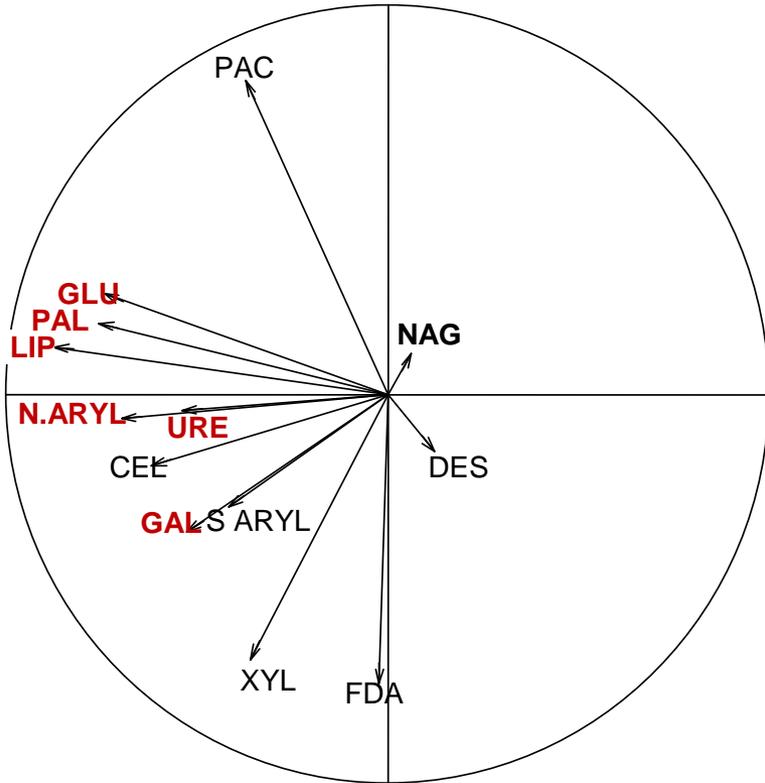
Typologie (rotation prairies/cultures) sur le plan factoriel



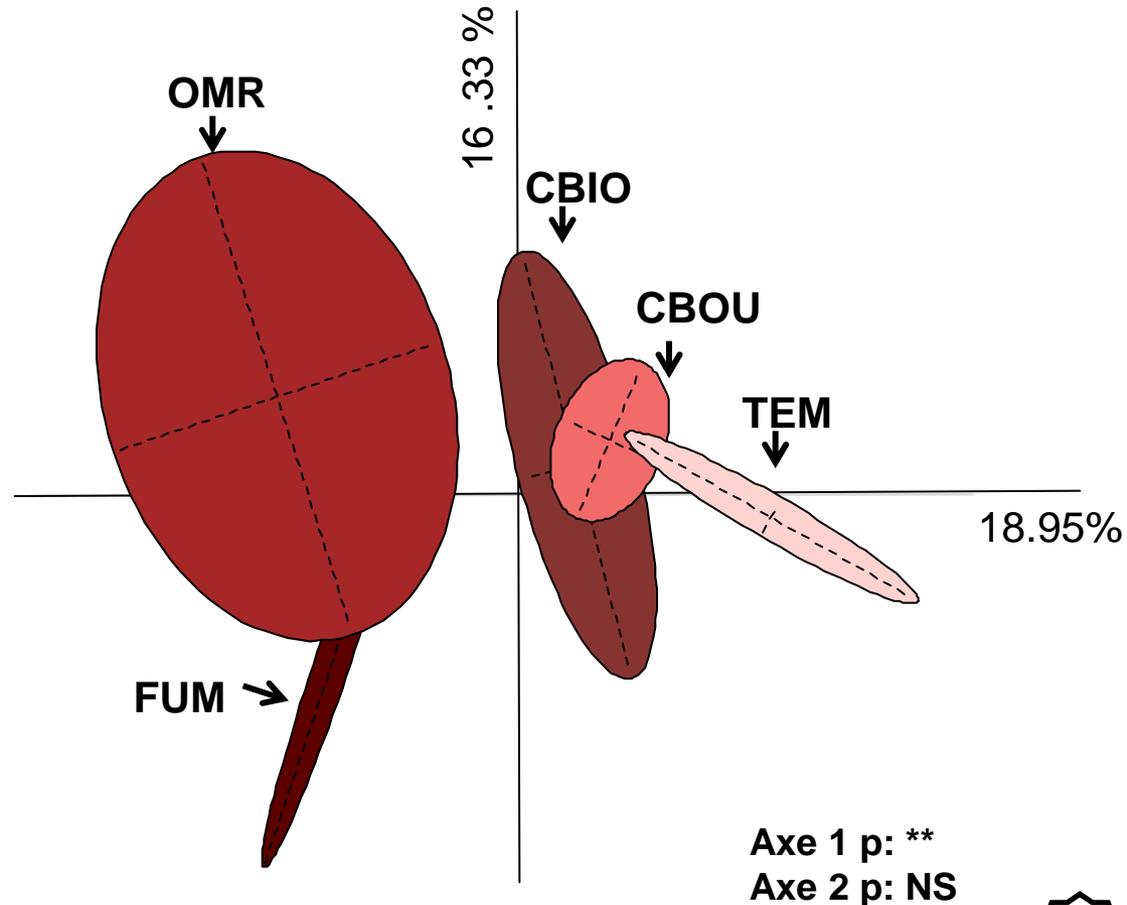
# RESULTATS

## *Feucherolles : effet des amendements organiques*

**Cercle de corrélation**

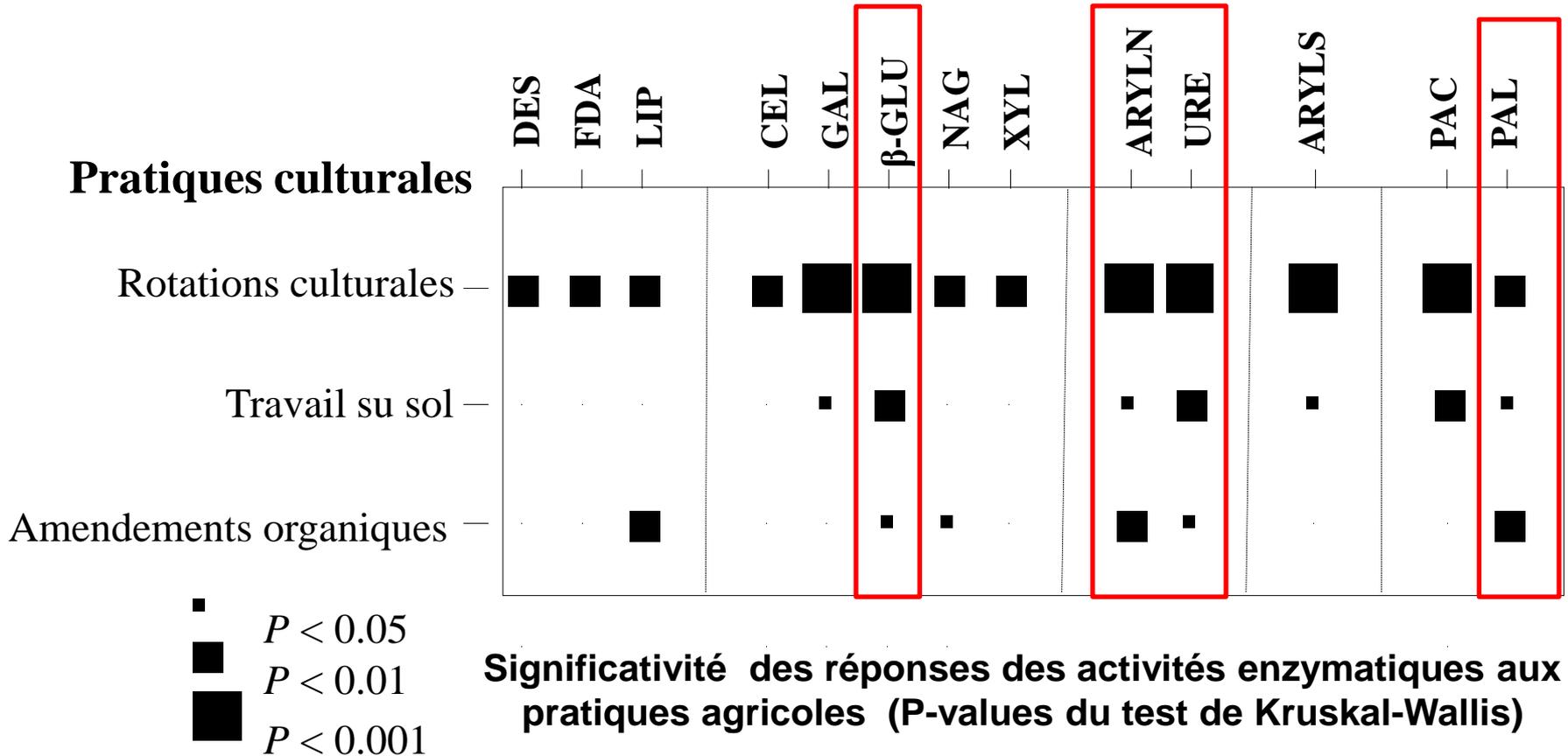


**Typologie (amendements organiques) sur le plan factoriel**



# RESULTATS

## Réponses des activités enzymatiques aux pratiques agricoles



### 1) Alteration index (AI) : Indice proposé par Puglisi et al, 2006

$$AI = 7,87 \text{ B-GLU} - 8,22 (\text{PAC} + \text{PAL}) - 0,49 \text{ URE}$$

Alteration index élevé = sol de mauvaise qualité

### 2) Geometric mean : Indice proposé par Garcia-Ruiz et al, 2008

$$MGea = \sqrt[13]{\text{B-GLU} \times \text{PAC} \times \text{PAL} \times \text{URE} \times \text{DES} \times \text{LIP} \times \text{XYL} \times \text{CEL} \times \text{NAG} \times \text{ARYLN} \times \text{ARYLS} \times \text{FDA} \times \text{GAL}}$$

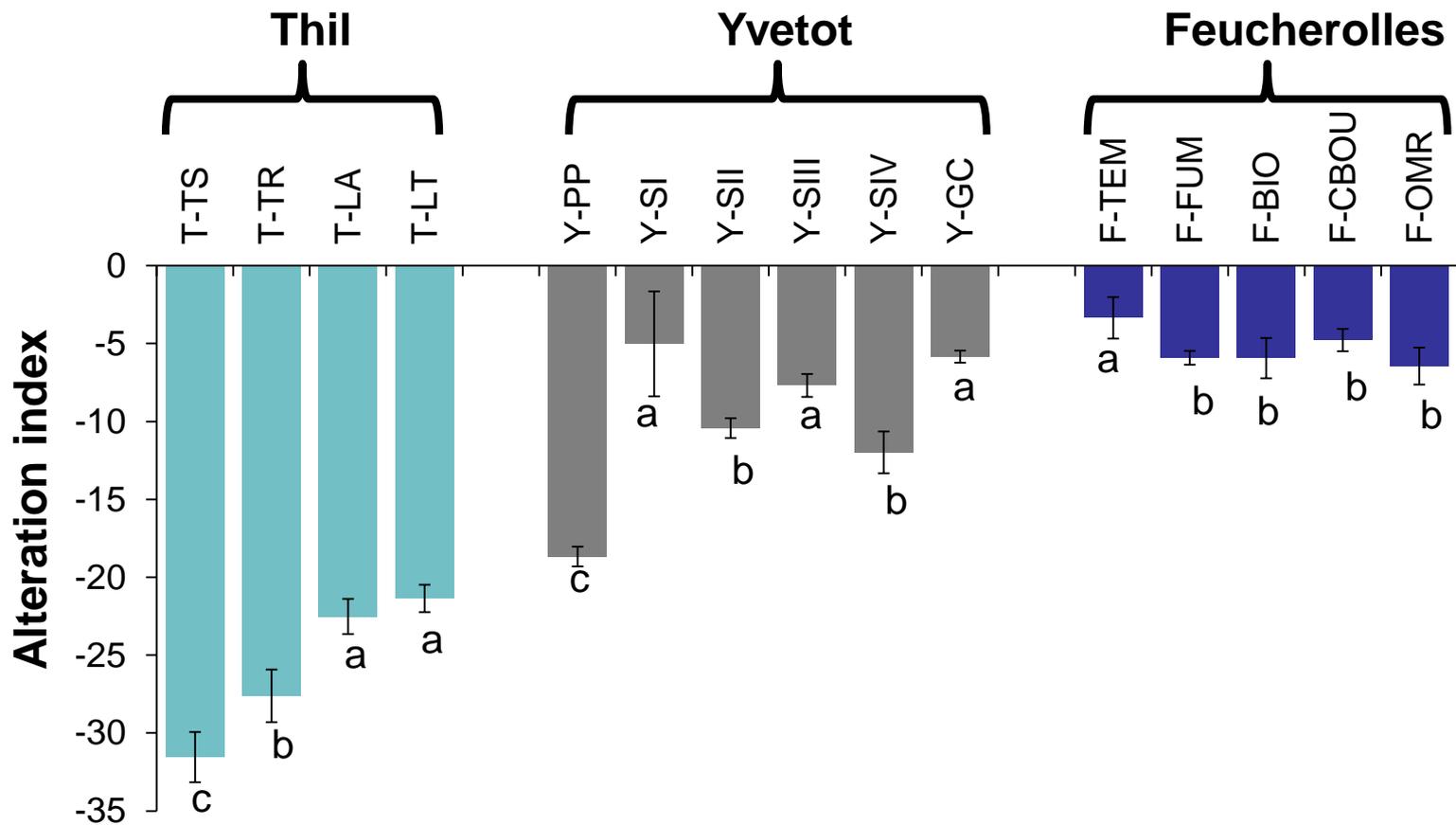
### 3) Organic carbon : Indice proposé par De la Paz Jimenez et al, 2002

$$C \text{ org} = - 0.4008 \text{ ARYLS} + 0.4153 \text{ DES} + 0.4033 \text{ PAC} + 0.4916 \text{ B-GLU}$$

Prediction du carbone organique en g/kg de sol

# RESULTATS

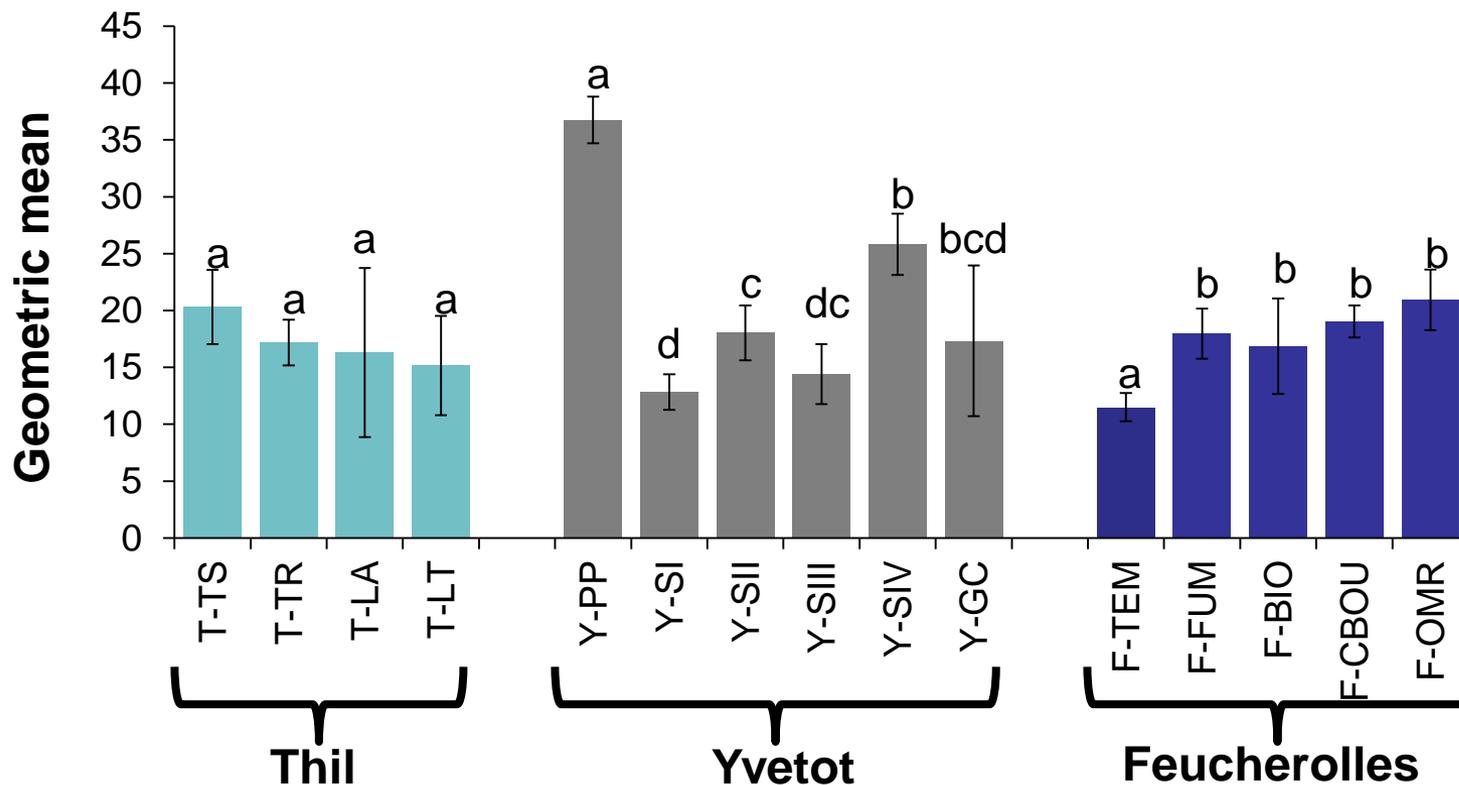
## Validation d'indice multienzymatique : indice de Puglisi



**Alteration index n'est pas assez sensible pour différencier les amendements organiques entre eux**

# RESULTATS

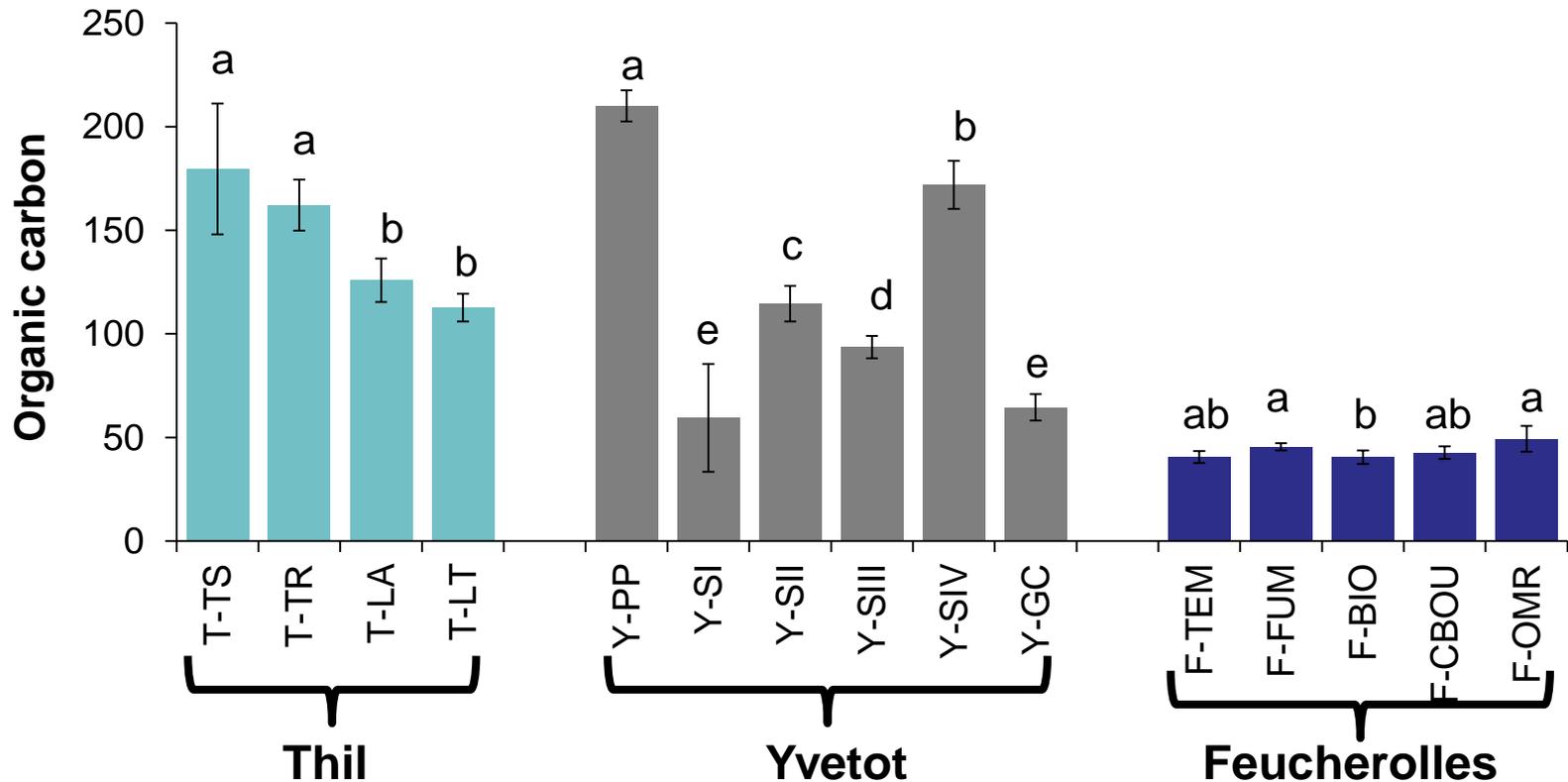
## Validation d'indice multienzymatique : indice de Garcia Ruiz



Geometric means ne différencie pas le travail du sol et les amendements organiques entre eux

# RESULTATS

## Validation d'indice multienzymatique : indice de La Paz Jimenez



**Corg différencie significativement le travail du la labour, les rotations culturales mais pas les amendements organiques**

- ❖ **Effet des pratiques agricoles sur les activités enzymatiques**
  - Les rotations culturales affectent significativement les treize activités enzymatiques étudiées (avec des seuils de significativité différents)
  - Le travail du sol affecte significativement 7 activités enzymatiques
  - Les amendements organiques ont un effet significatif sur 6 activités enzymatiques
  
- ❖ **Activités enzymatiques qui répondent aux 3 pratiques agricoles**
  - **Phosphatase alcaline**
  - **Uréase**
  - **B-glucosidase**
  - **Arylamidase**
  
- ❖ **Dans l'objectif d'un diagnostic de l'état des sols**
  - **Pour des questions spécifiques** : le choix des activités enzymatiques doit être raisonné en fonction de la question agronomique posée
  
  - **Elaborer un indice d'état des sols** basé sur les 4 activités enzymatiques affectées significativement par les 3 pratiques agricoles

**Pour des résultats plus complets**  
**Rendez-vous aux journées techniques**  
**les 16 & 17 octobre 2012**  
**Maison de la Chimie, 28 rue Saint-Dominique, Paris**



16 oct : Bioindicateurs qualité du sol  
17 oct : Phytotechnologies appliquées aux sites pollués



ENSAIA-INPL Nancy

# Merci



IRD Montpellier

Univ. Bordeaux



IRD Bondy



Univ. Franche-Comté



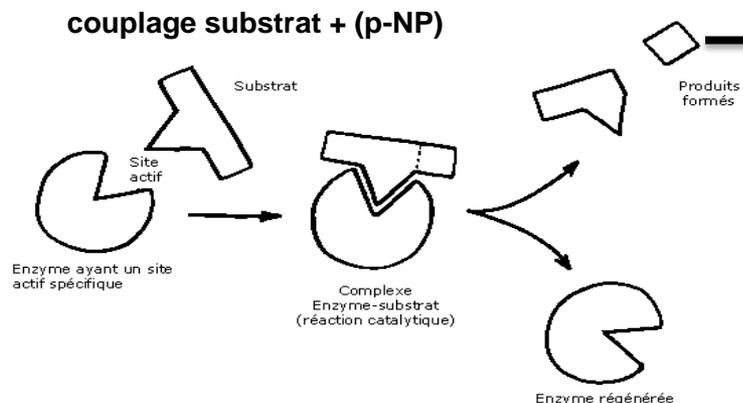
Clermont-ferrand



Exploring the microbial world  
To better protect our environment

INRA Dijon



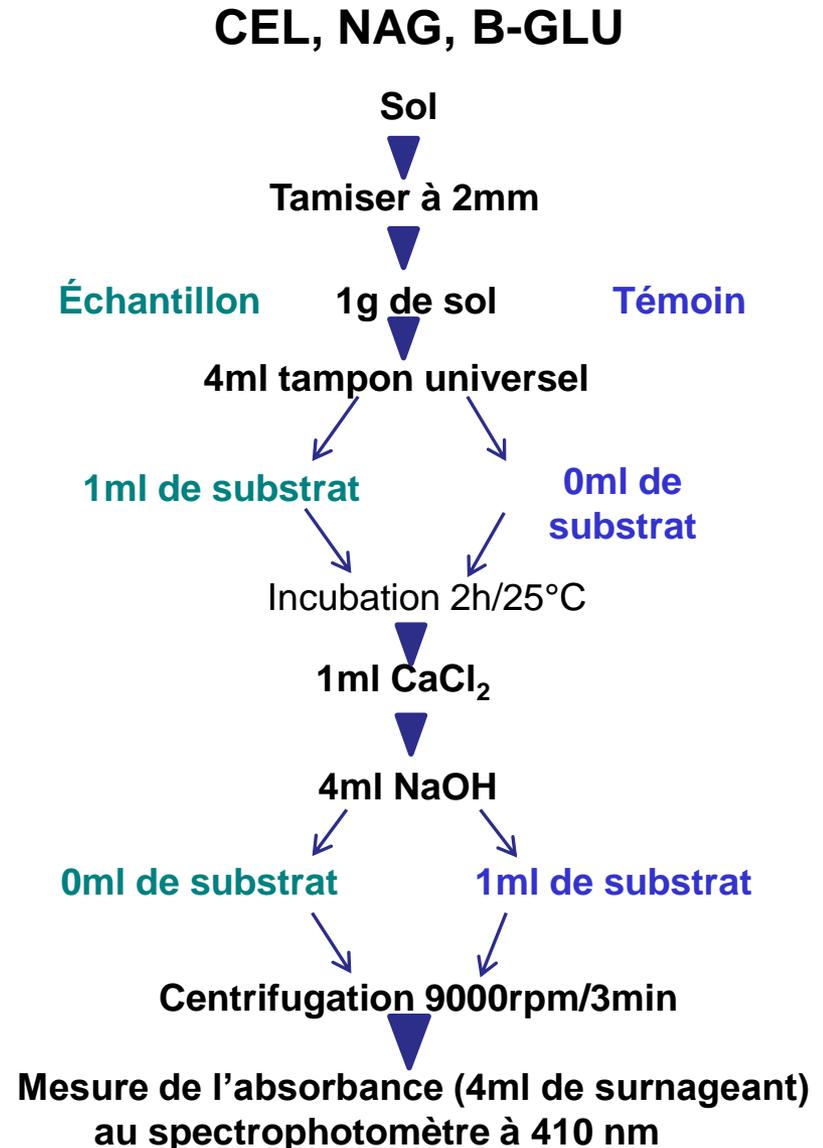
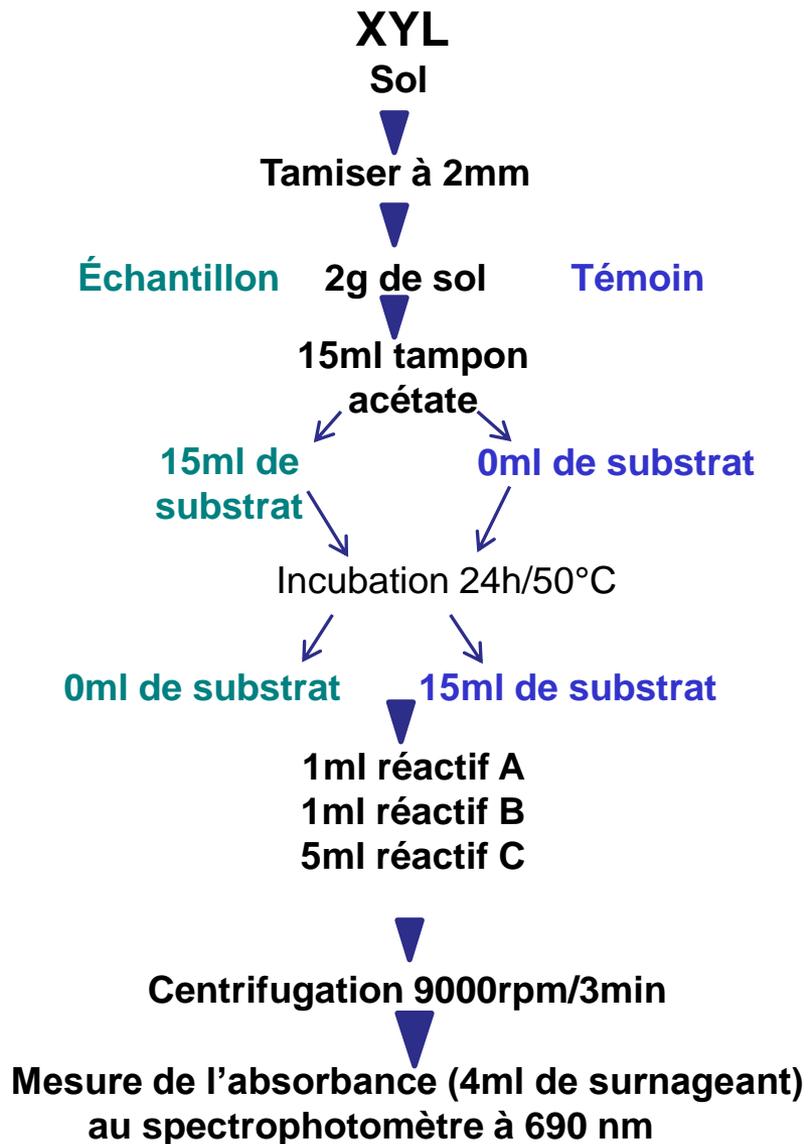


la quantité de (p-NP) libéré dans le sol est directement liée à la quantité de substrat hydrolysé.

Produit de réaction mesuré en spectroscopie pour chaque enzyme

| Enzyme                   | Code  | Produit libéré après réaction |
|--------------------------|-------|-------------------------------|
| Dehydrogenase            | DEH   | 1,3,5-triphényl formazan      |
| Fluorescein diacetate    | FDA   | Fluorescein                   |
| Lipase                   | LIP   | Nitrophenol                   |
| Cellulase                | CEL   | Nitrophenol                   |
| Galactosidase            | GAL   | Nitrophenol                   |
| N-acetyl glucosaminidase | NAG   | Nitrophenol                   |
| Xylanase                 | XYL   | Glucose                       |
| Arylsulfatase            | ARYLS | Nitrophenol                   |
| β-glucosidase            | GLU   | Nitrophenol                   |
| Urease                   | URE   | Ammonium                      |
| Arylamidase              | ARYLN | produit azoté                 |
| Acid phosphatase         | PAC   | Nitrophenol                   |
| Alkaline phosphatase     | PAL   | Nitrophenol                   |

# Protocole de dosage des activités enzymatiques



## Caractéristiques des sols étudiés

| Site                | Plot   | Soil properties               |                               |                               |                                  |                                  |                  |                     |                                  |  |                              |                              |                              |
|---------------------|--------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------|---------------------|----------------------------------|--|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|                     |        | Clay<br>(g.kg <sup>-1</sup> ) | Silt<br>(g.kg <sup>-1</sup> ) | Sand<br>(g.kg <sup>-1</sup> ) | Total C<br>(g.kg <sup>-1</sup> ) | Total N<br>(g.kg <sup>-1</sup> ) | C/N <sub>r</sub> | pH <sub>water</sub> | CEC<br>(cmol+.kg <sup>-1</sup> ) | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>-1</sup><br>(g.kg <sup>-1</sup> ) | Cd<br>(mg.kg <sup>-1</sup> ) | Cr<br>(mg.kg <sup>-1</sup> ) | Cu<br>(mg.kg <sup>-1</sup> ) |
| <b>Thil</b>         | T-ST   | 142                           | 228                           | 630                           | 16                               | 1.5                              | 11               | 8.12                | 9.68                             | 0.18   | 0.21                         | 43.59                        | 10.01                        |
|                     | T-RT   | 136                           | 228                           | 636                           | 14                               | 1.3                              | 10               | 8.20                | 9.11                             | 0.13   | 0.21                         | 44.00                        | 8.80                         |
|                     | T-AT   | 136                           | 224                           | 640                           | 13                               | 1.2                              | 11               | 8.23                | 9.03                             | 0.13   | 0.23                         | 45.99                        | 8.56                         |
|                     | T-CT   | 119                           | 213                           | 668                           | 14                               | 1.0                              | 13               | 8.27                | 7.45                             | 0.12   | 0.20                         | 40.51                        | 8.18                         |
| <b>Yvetot</b>       | Y-PP   | 163                           | 633                           | 204                           | 26                               | 2.5                              | 10               | 5.46                | 8.08                             | 0.13   | 0.20                         | 53.66                        | 13.40                        |
|                     | Y-GI   | 141                           | 665                           | 194                           | 11                               | 1.1                              | 10               | 5.57                | 5.46                             | 0.09   | 0.24                         | 59.76                        | 10.30                        |
|                     | Y-GII  | 126                           | 665                           | 210                           | 14                               | 1.4                              | 10               | 6.04                | 6.92                             | 0.13   | 0.24                         | 49.01                        | 14.40                        |
|                     | Y-GIII | 141                           | 656                           | 203                           | 14                               | 1.4                              | 10               | 6.27                | 7.76                             | 0.15   | 0.22                         | 51.41                        | 14.80                        |
|                     | Y-GIV  | 147                           | 651                           | 202                           | 19                               | 1.8                              | 10               | 5.51                | 7.29                             | 0.19   | 0.21                         | 51.27                        | 13.70                        |
|                     | Y-CC   | 133                           | 671                           | 196                           | 11                               | 1.1                              | 10               | 6.43                | 7.04                             | 0.20   | 0.20                         | 49.00                        | 10.50                        |
|                     | Y-CC   | 133                           | 671                           | 196                           | 11                               | 1.1                              | 10               | 6.43                | 7.04                             | 0.20   | 0.20                         | 49.00                        | 10.50                        |
| <b>Feucherolles</b> | F-CON  | 157                           | 777                           | 66                            | 10                               | 1.0                              | 10               | 6.86                | 8.47                             | 0.13   | 0.21                         | 48.40                        | 11.95                        |
|                     | F-FUM  | 157                           | 776                           | 67                            | 14                               | 1.3                              | 11               | 7.44                | 9.78                             | 0.25   | 0.23                         | 47.08                        | 15.20                        |
|                     | F-BIO  | 161                           | 769                           | 70                            | 15                               | 1.4                              | 10               | 7.83                | 10.65                            | 0.28   | 0.23                         | 45.10                        | 14.23                        |
|                     | F-DVB  | 151                           | 778                           | 71                            | 15                               | 1.5                              | 11               | 7.01                | 9.67                             | 0.57   | 0.23                         | 49.80                        | 16.88                        |
|                     | F-OMR  | 154                           | 776                           | 70                            | 12                               | 1.2                              | 10               | 7.62                | 9.46                             | 0.18   | 0.23                         | 46.83                        | 15.18                        |

Data are means (n=4)