



**HAL**  
open science

## Le fonctionnement biologique des sols : site Qualiagro données actuelles

Nathalie Cheviron, Isabelle Gattin, Virginie Grondin, Christelle Marraud,  
Wassila Riah, Stéven Criquet, Karine Laval, Christian Mougin

### ► To cite this version:

Nathalie Cheviron, Isabelle Gattin, Virginie Grondin, Christelle Marraud, Wassila Riah, et al.. Le fonctionnement biologique des sols : site Qualiagro données actuelles. Journée scientifique du dispositif Qualiagro, May 2016, Paris, France. hal-01531768

**HAL Id: hal-01531768**

**<https://hal.science/hal-01531768v1>**

Submitted on 30 Mar 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.



HAL Authorization



# Le fonctionnement biologique des sols: Site de QUALIAGRO Données Actuelles

Nathalie Cheviron, Isabelle Gattin, Virginie Grondin, Christelle Marraud, Wassila Riah, Steven Criquet, Karine Laval et Christian Mougin



UMR ECOSYS  
Plateforme Biochem-Env



# Les enzymes du sol

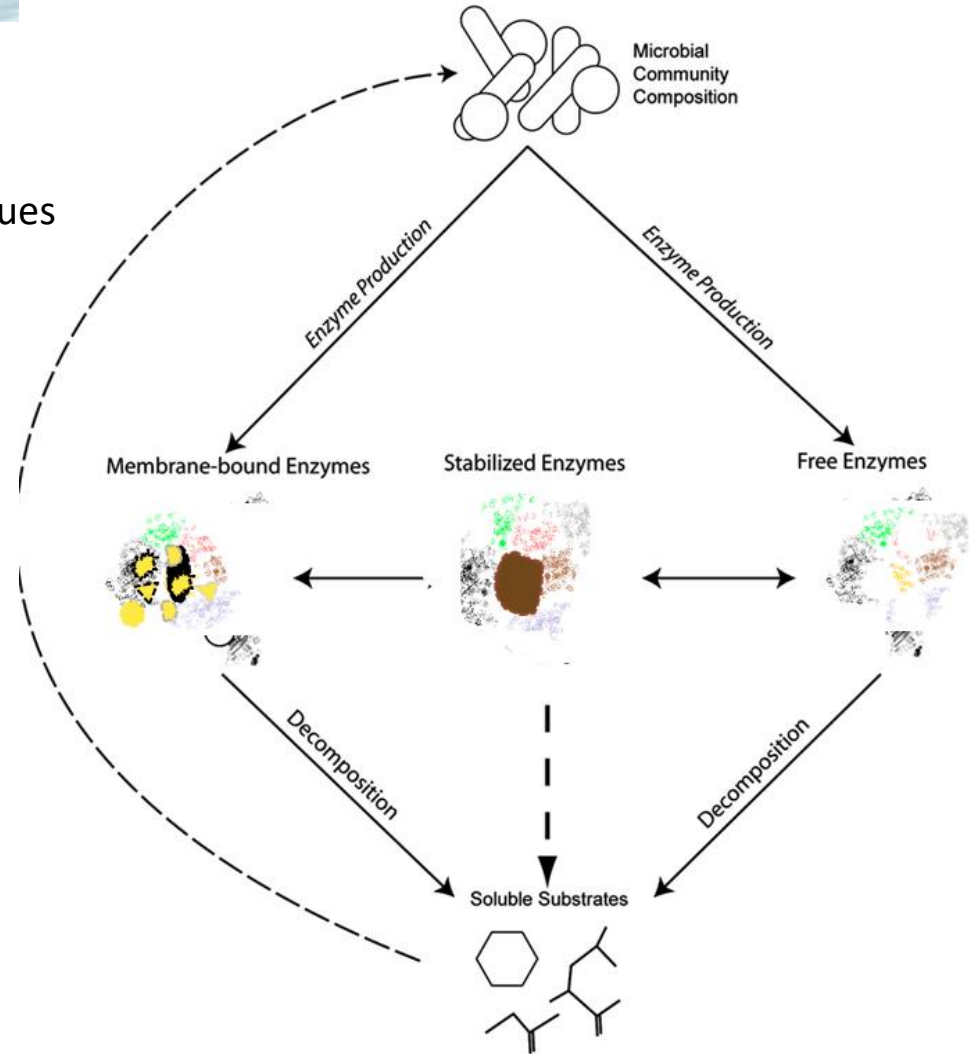
## Que sont les enzymes des sols ?

protéines avec des propriétés catalytiques spécifiques



## Origine des Enzymes des sols

Microorganismes des sols- vivants et morts  
Racines des plantes et résidus de cultures  
Animaux des sols





# Les enzymes du sol



## ❖ Mesures des activités par colorimétrie (1930), fluorescence (1970)

Mesures par fluorescence

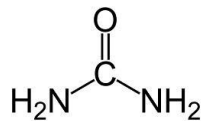
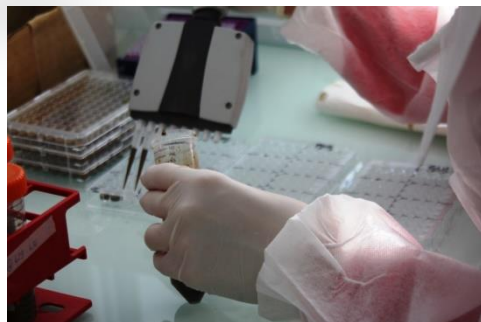
Mesures par colorimétrie

## ❖ Grands développements en lien avec les cycles biogéochimiques CNPS

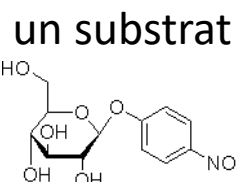
- Décomposition de la matière organique
- Recyclage des nutriments
- Indice de fertilité/qualité des sols
- Indicateurs précoces de changement de fonctionnement des sols (pratiques agricoles, contamination)

# Mesures des indicateurs enzymatiques

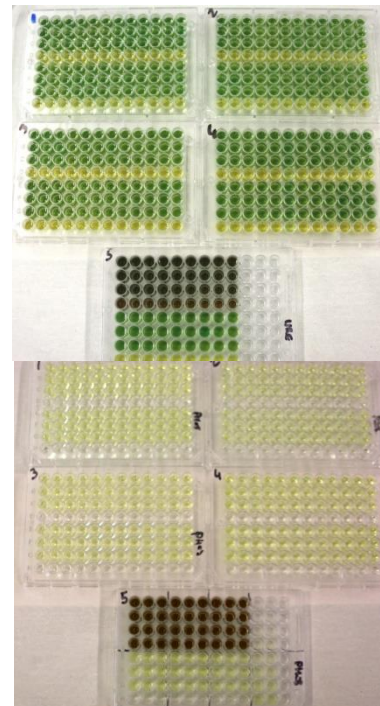
Dépôt des sols



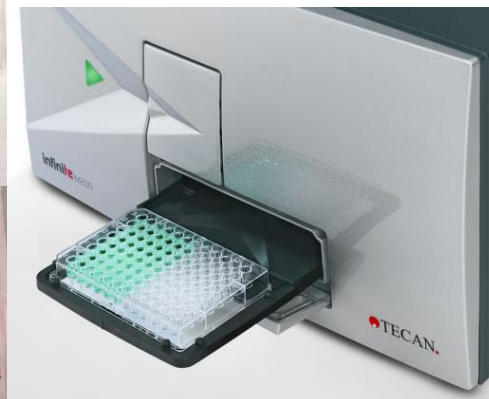
Incubations avec



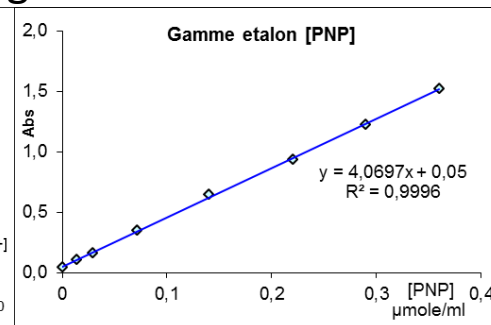
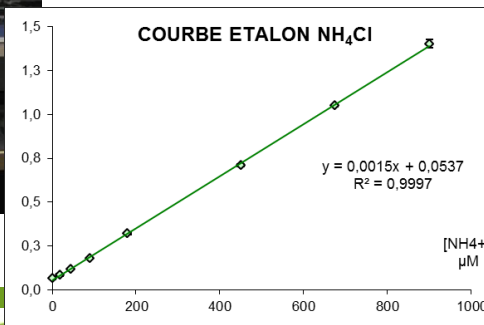
Arrêt de la réaction



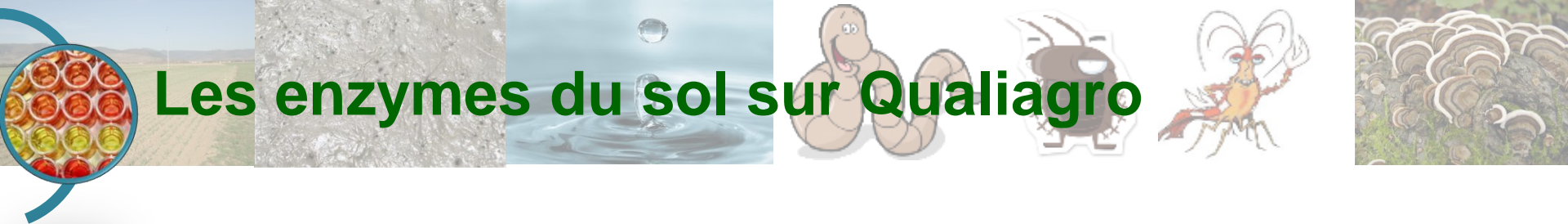
Lecture des plaques



Réalisation des gammes étalons



Calcul de l'activité  
**mU/g sol sec**  
 (nmole de produit formé par min/g sol sec)



# Les enzymes du sol sur Qualiagro

## Projet Bioindicateur 2 (Ademe 2008-2010)

*Esitpa (Rouen) /IMBE (Marseilles/PESSAC (Versailles)*

avril 2009 (6 mois après amendement)

### OBJECTIFS

- Mesurer l'effet des pratiques agricoles
- Identifier des enzymes à fort potentiel d'indication
- Tester des indices multienzymatiques

→ 13 activités enzymatiques suivies (parcelles avec azote)

## Monitoring du site de Qualiagro

*Biochem-Env (depuis 2011) Sept 2011, Avril 2012, Avril, Sept,*

*Oct 2013, Avril 2014, 2015, 2016*

→ 4 activités enzymatiques suivies (40 parcelles)

### OBJECTIFS

- Suivre l'effet temporel de l'apport de PROs
- Mesurer la dynamique d'incorporation de PROs

# Les enzymes du sol: Projet Bioindicateur2

**C**

Carbone

**P**

Phosphore

**N**

Azote

Soufre

**S**

MATIERES ORGANIQUES



LIGNINES-  
+Chitines

POLYSACCHARIDES  
Cellulose/amidon Hemicellulose

COMPOSES METABOLIQUES

Ester de phosphates Protéines Esters de sulfates

*Phénol oxydase*  
**Laccase**  
*MN-peroxydase*  
*Lign Peroxydase*  
*Pyranose 2-Oxydase (2016)*

**Cellulase**  
(endo et exoglucanase)  
*α-Amylase (2016)*

Oligosaccharides

**β-Glucosidase**  
*α-Glucosidase*

Glucose

Glycosides simples

*α-Galactosidase*  
**β-Galactosidase**  
**α/β-Xylanase**  
*Xylosidase (2016)*

Xylose  
Galactose

**Phosphatases**  
**Acides et alcalines**

phosphates

**Arylamidase**  
**Uréase**  
**Aminopeptidase**

Ammonium

**Nitrification**  
(3 étapes)

Nitrates

**dénitrification**  
(4 étapes)  
*Nitrate réductase (2015)*

N<sub>2</sub>

**Arylsulfatase**

Sulfates

**n-ac-glucosaminidase**

METABOLISME GENERAL

**Deshydrogénase**  
Hydrolyse FDA

# Les enzymes du sol: Monitoring

**C**

Carbone

**P**

Phosphore

**N**

Azote

Soufre

**S**

MATIERES ORGANIQUES



LIGNINES-  
+Chitines

POLYSACCHARIDES  
Cellulose/amidon Hemicellulose

COMPOSES METABOLIQUES

Ester de phosphates Protéines Esters de sulfates

*Phénol oxydase*  
*Laccase*  
*Mn-peroxydase*  
*Lign Peroxydase*  
*Pyranose 2-Oxydase (2016)*

*Cellulase*  
(endo et exoglucanase)  
*α-Amylase (2016)*

*α-Galactosidase*  
*β-Galactosidase*  
*α/β-Xylanase*  
*Xylosidase (2016)*

**Phosphatases**

*Arylamidase*  
**Uréase**  
*Aminopeptidase*

**Arylsulfatase**

Dépolymérisation

**β-Glucosidase**  
*α-Glucosidase*

Glucose

Xylose  
Galactose

phosphates

Ammonium

*Nitrification*  
(3 étapes)

Nitrates

*dénitrification*  
(4 étapes)  
*Nitrate réductase (2015)*

N<sub>2</sub>

Sulfates

*n-ac-glucosaminidase*

METABOLISME GENERAL

Deshydrogénase  
Hydrolyse FDA

Wallenstein et Burs, 2011

Shi, 2011

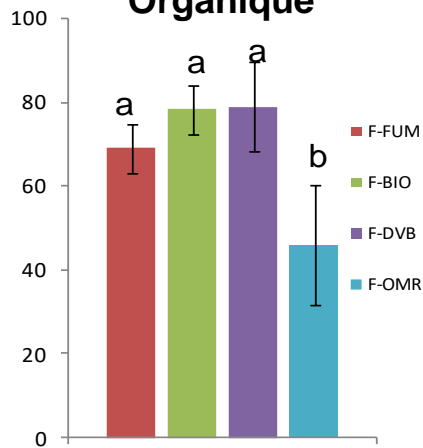
Das and Varma, 2011

Dena and Popova, 2011

# Résultats Bioindicateurs 2



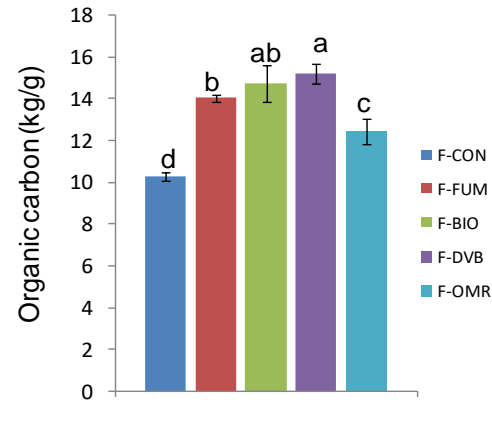
**Indice de stabilité de la Matière Organique**



➤ FUM, BIO et DVB ont le même ISMO

➤ OMR a ISMO inférieur

**Contenu en carbone Organique**



➤ Augmentation du CO pour tous les PRO

➤ **DVB > BIO > FUM > OMR**

## ➔ Effets significatifs de l'apport de PROs sur 6 activités enzymatiques:

$\beta$ -Glucosidase, n-acétyl-glucosaminidase,

Uréase, Arylamidase

Phosphatase alcaline, lipase

# Résultats Bioindicateurs 2



<b>C</b> CARBON CYCLE	EFFET DES PROs	LIEN MATIERE ORGANIQUE	INTERETS
$\beta$ -glucosidase	Réponse très faible et transitoire	NON	Faible pour le monitoring à long terme
N-ac-Glucosaminidase			
<b>N</b> CYCLE AZOTE	EFFET DES PROs	LIEN MATIERE ORGANIQUE	INTERETS
Uréase	↑ activité FUM=DVB=BIO	OUI	Lien fertilisation, pas de réponse différenciée
Arylamidase	BIO < TEM=DVB=FUM < OMR	NON	Activité plus spécifique, définir les liens
<b>P</b> CYCLE PHOSPHORE	EFFET DES PROs	LIEN MATIERE ORGANIQUE	INTERETS
Phosphatase alcaline	OMR=FUM=BIO >DVB> TEM	OUI	Lien avec la biomasse microbienne
Lipase	OMR>FUM=BIO >DVB=TEM	NON	Activité plus spécifique, définir les liens



# Résultats Bioindicateurs 2 Conclusions

- Les activités phosphatase acide, FDA, Déshydrogénase, Cellulase, Galactosidase, Xylanase et Arylsulfatase → pas effet des amendements organiques, 18 mois après l'apport.
- Les amendements organiques semblent avoir des effets transitoires sur les activités  $\beta$ -glucosidase, N-acetyl-glucosaminidase. **L'intérêt de ces enzymes ne semblent être important pour le monitoring à long terme**
- Les activités **Lipase, laccase, arylamidase, urease et phosphatase alcaline** sont impactées par les apports de PROs
- Les activités **Lipase, laccase, arylamidase** sont liées au statut biochimique de la matière organique ou à la composition du carbone organique.
- Les parcelles avec des composts d'ordures ménagères (OMR) ont le contenu en CO et l'ISMO le plus faible et présente les activités enzymatiques les plus fortes (AKP, LIP, GLU, URE and ARYLN) → lien avec la disponibilité de la matière organique

**➔ MISE PLACE D'UN MONITORING POUR SUIVRE DYNAMIQUE INCORPORATION DES PROs**



# Résultats Monitoring: Dynamique de réponse

parcelles avec fertilisation  
P azotée

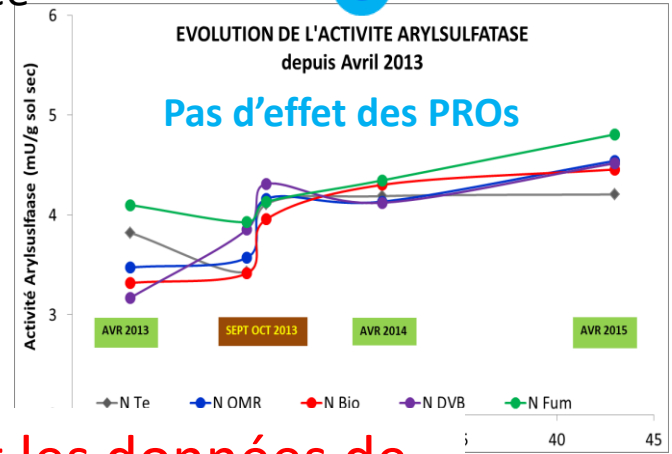
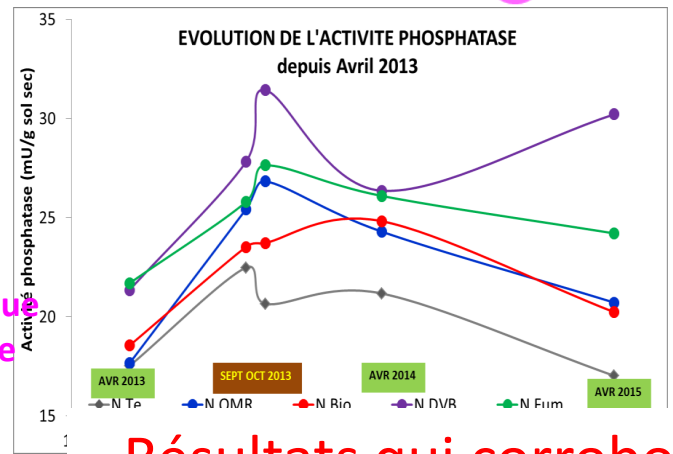
S



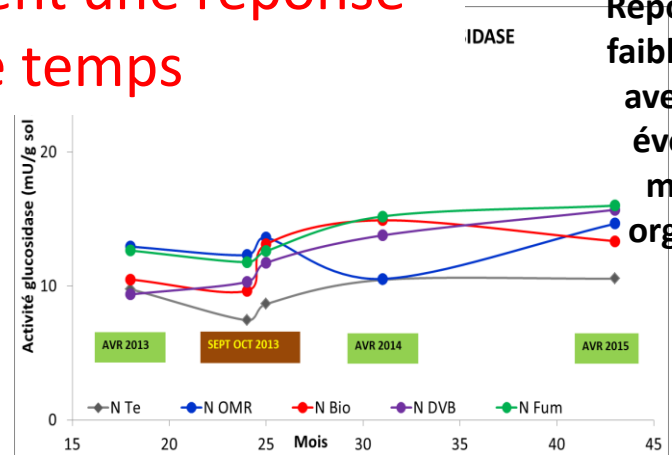
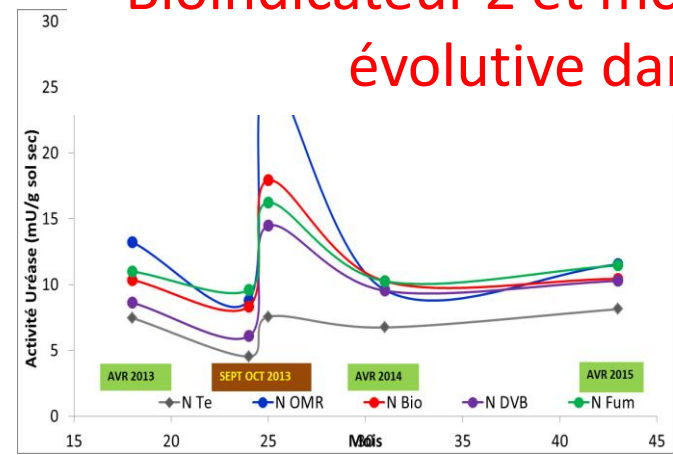
Quali Agro

- BIO
- DVB
- FUM
- OMR

FUM: rapide non soutenue  
DVB: rapide et continue  
OMR: rapide et courte  
BIO: lente



Résultats qui corroborent les données de Bioindicateur 2 et montrent une réponse évolutive dans le temps



Réponse très faible en lien avec faible évolution matière organique

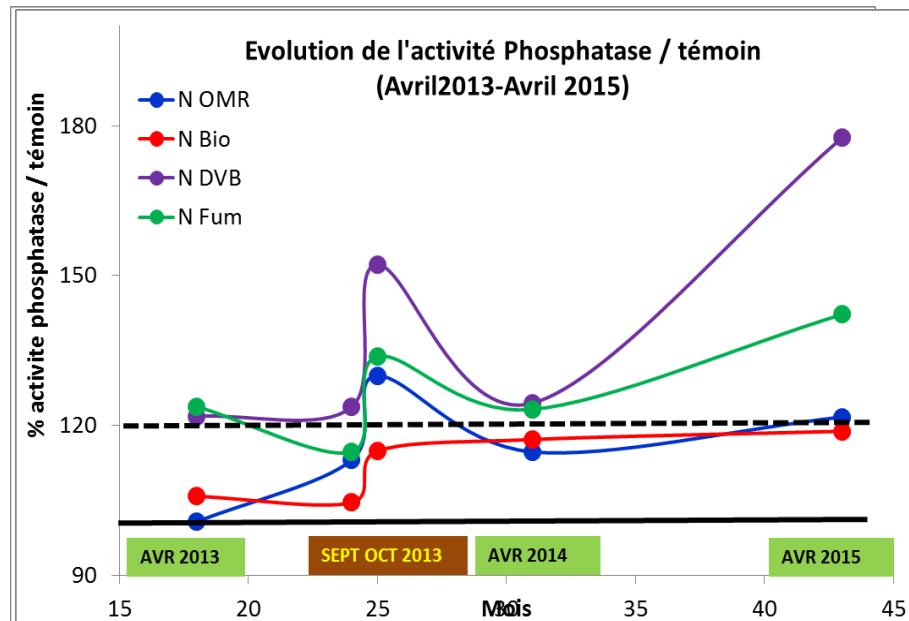
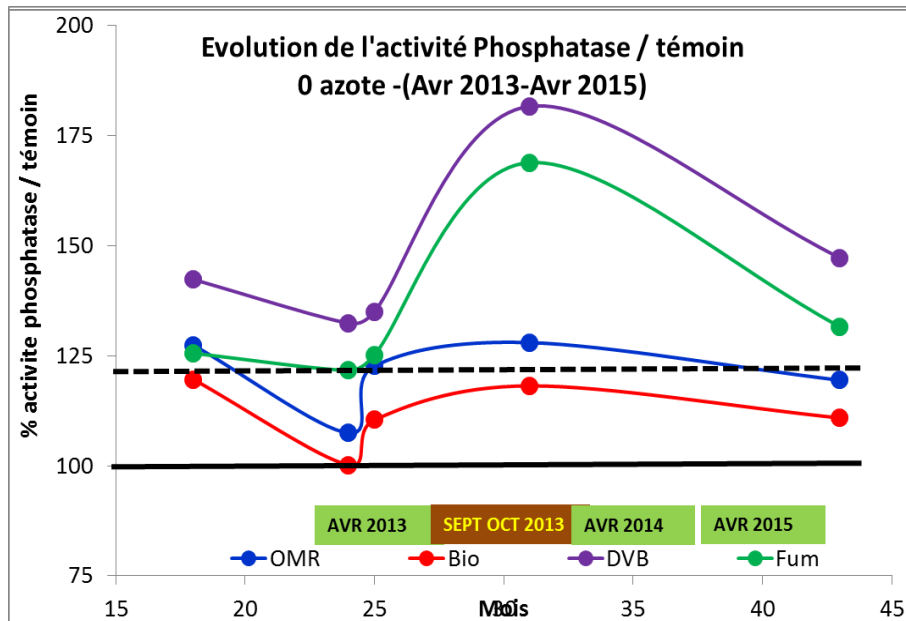
Dynamique  
 OMR > BIO  
 >FUM > DVB

Réponse différenciée très courte

# Résultats Monitoring: Effet Fertilisation



## Effet de la fertilisation sur la dynamique des parcelles



Evolutions différentes selon le PRO et la fertilisation  
DVB > FUM > OMR ≥ BIO



# Résultats Monitoring: Lien matière organique

**P** Cycle du Phosphore

## Données 2014

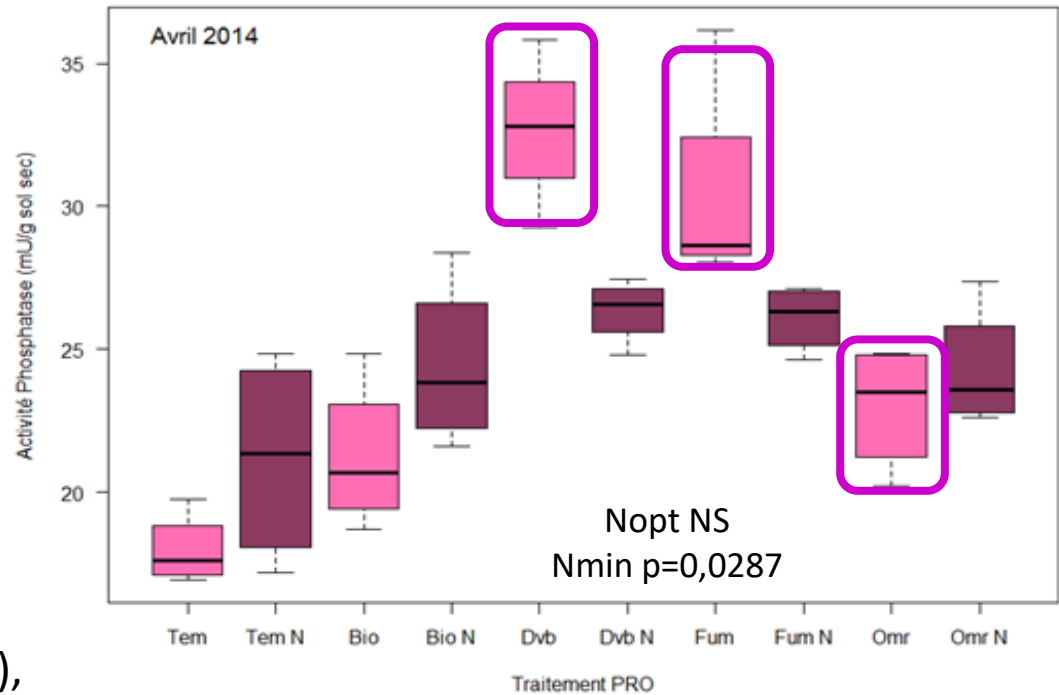
QualiAgro

### Parcelles fertilisées:

Effets non significatif des PROs

### Parcelles non fertilisées:

effet significatif des apports  
DVB>FUM>OMR



**Nopt:** corrélation Po PRO ( $p=0,031$ ),  
Ptot Blé ( $p<0,0001$ )

**Nmin:** corrélation Po PRO ( $p=0,019$ )  
Po Sol ( $p=0,0449$ )

# SITE de QUALIAGRO

## CONCLUSIONS

Effet des PROs: Effets significatifs en lien avec composition des PROs

### DVB

PARCELLES Nmin : Apport ↑ Porg => ↑ activité Phosphatase => ↑ P dans les grains  
Apport ↑ S => ↑ activité Arylsulfatase => ↑ S dans grains

P

S

### FUM

PARCELLES Nmin : Activité Glucosidase et Uréase augmentée  
lien disponibilité de l'azote dans les PROs?  
lien qualité de la matière organique?

N

C

=> Activité des microorganismes => PROs dépendant, et enzyme dépendante  
Fonction de la dégradabilité de la MO

## ANALYSES EN COURS:

liens activités des microorganismes avec:  
les différentes formes d'azote - la qualité de la MO  
le cycle du Phosphore (PROs=> Plantes)=> importance du Porganique

**Merci De votre  
attention**





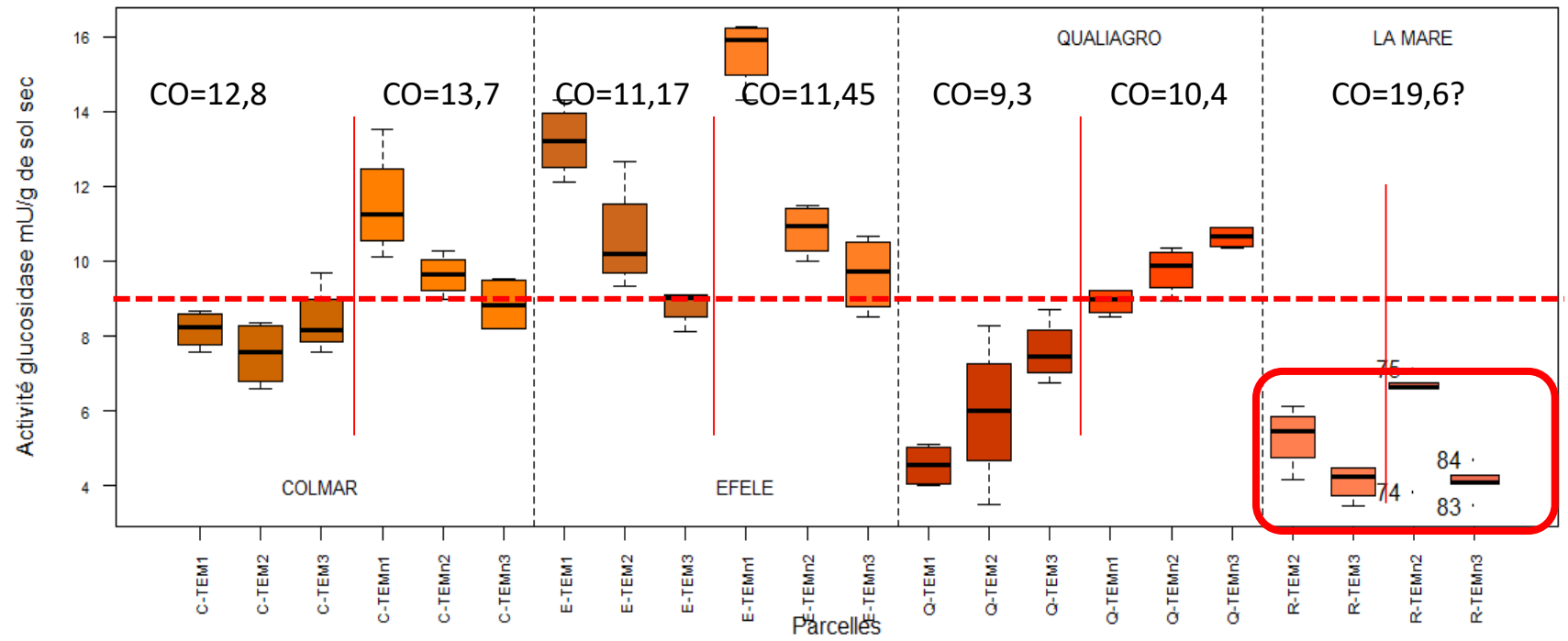
# Suivi des SOERE PRO

## C Cycle du Carbone

CO g/kg

### Suivi de l'activité $\beta$ -Glucosidase

activité b-Glucosidase des parcelles témoin des sites SOERE PRO 2012-2014



Activités hétérogène entre sites  
 Impact Fertilisation différents selon les sites  
 Activité +/- stable selon les sites



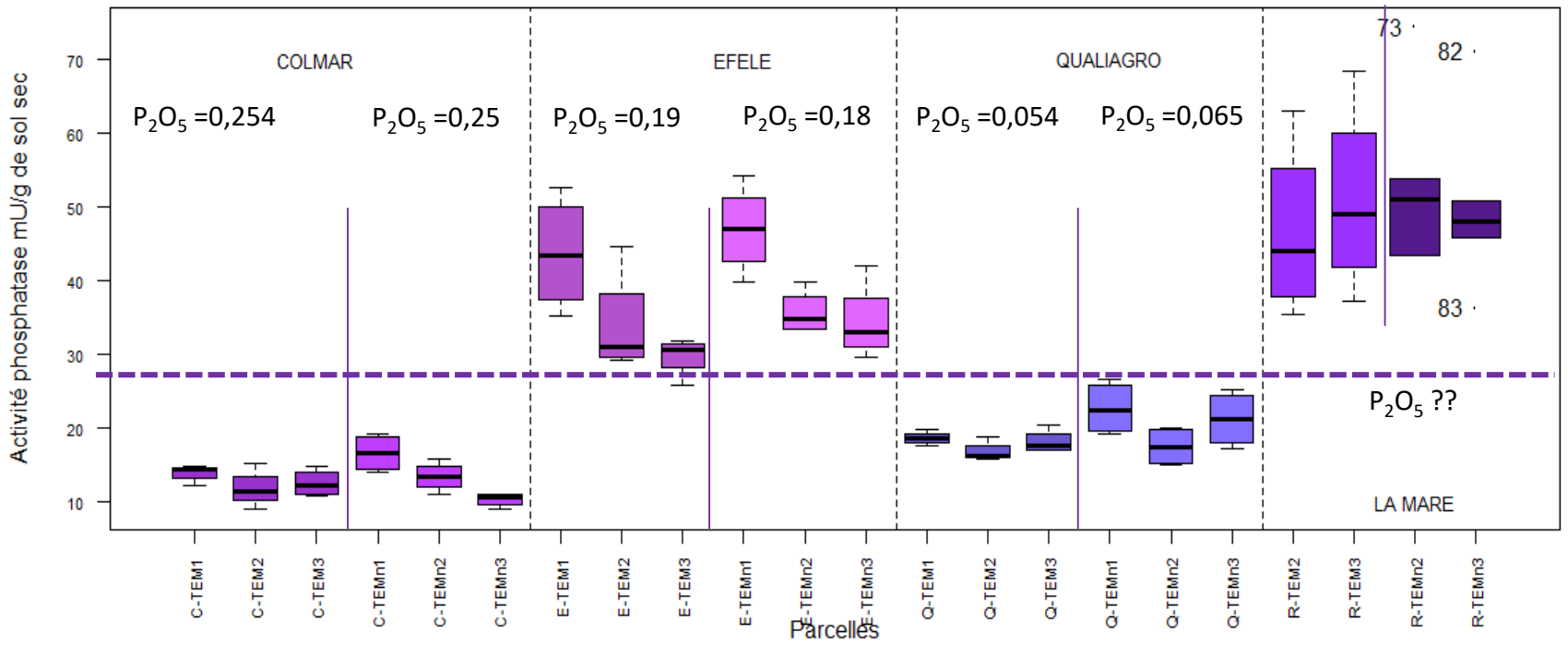
# Suivi des SOERE PRO

## P Cycle du Phosphore

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> g/kg

### Suivi de l'activité Phosphatase

activité Phosphatase des parcelles témoin des sites SOERE PRO 2012-2014



Activités différentes selon les sites

Pas d'impact de la Fertilisation

Activité bien supérieure sur le site de la Mare et Efele



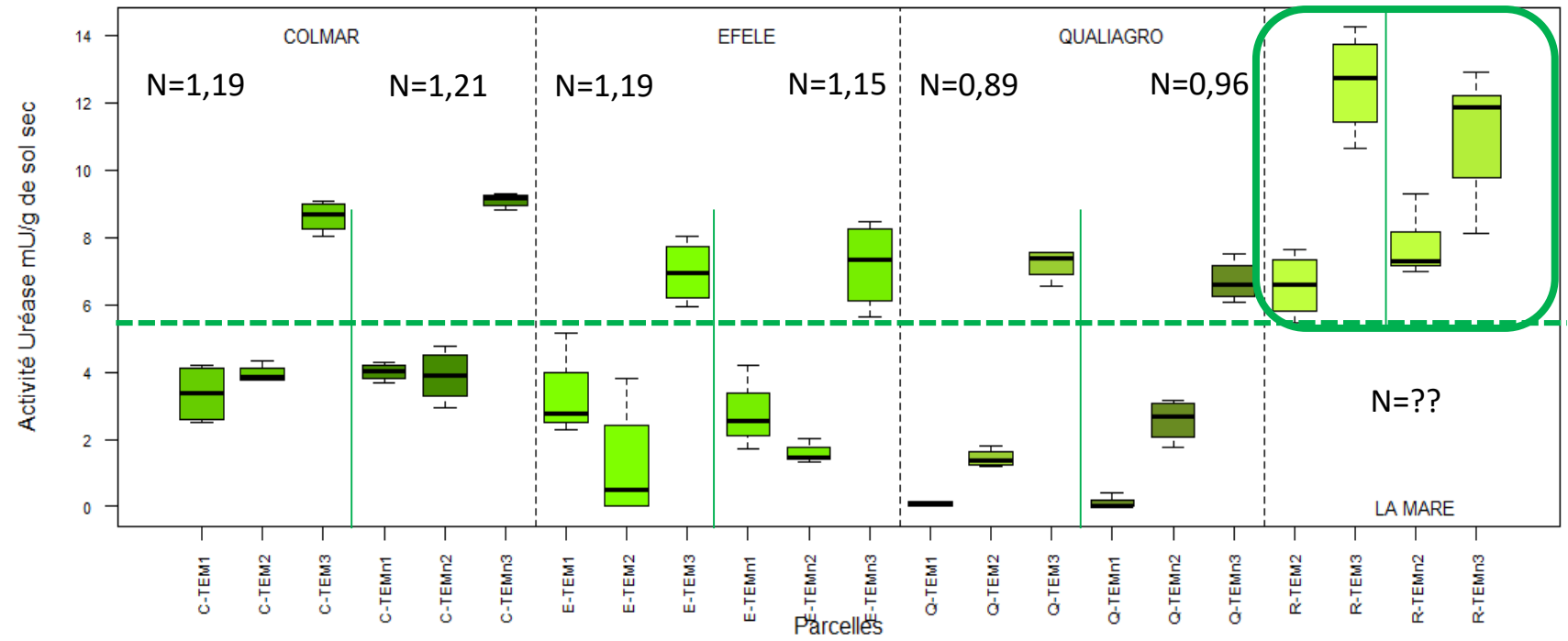
# Suivi des SOERE PRO

## N Cycle de l'azote

N g/kg

### Suivi de l'activité Uréase

activité Uréase des parcelles des sites SOERE PRO 2012-2014



Activités homogène entre 3 sites

Pas d'impact de la Fertilisation selon les sites

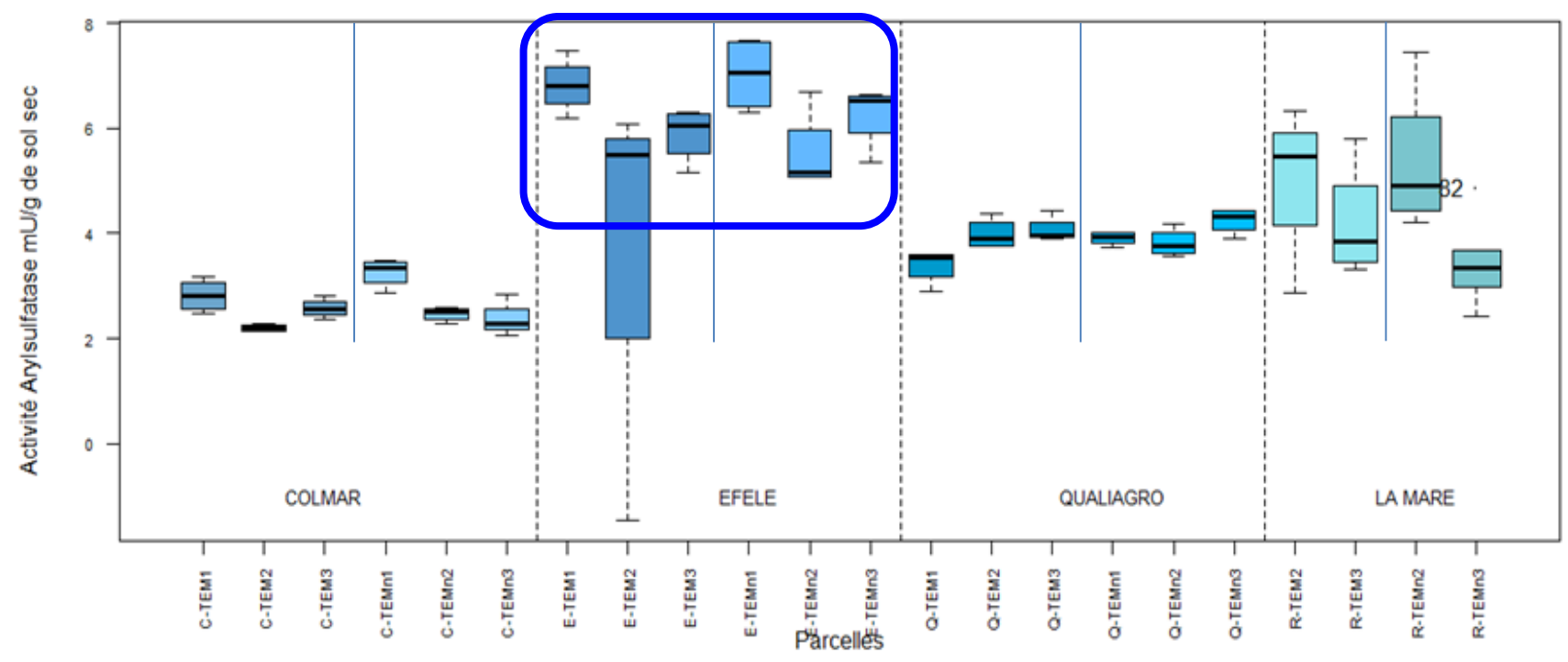
Activité bien supérieure sur le site de la Mare et en 2014



**S** Cycle du Soufre

### Suivi de l'activité Arylsulfatase

activité Arylsulfatase des parcelles témoin des sites SOERE PRO 2012-2014



Activités homogène entre les sites  
Pas d'impact de la Fertilisation

# Mesures des indicateurs enzymatiques

## Points clés de la plateforme **Biochem-Env**

- ✓ Agrément pour recevoir et manipuler des sols étrangers
- ✓ Plateforme robotisée d'analyse biochimique des sols (depuis 2014)
- ✓ En cours de labellisation ISO9001





# Site de QUALIAGRO



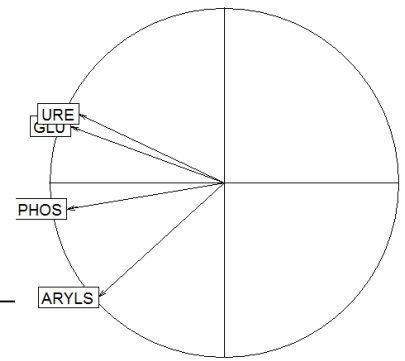
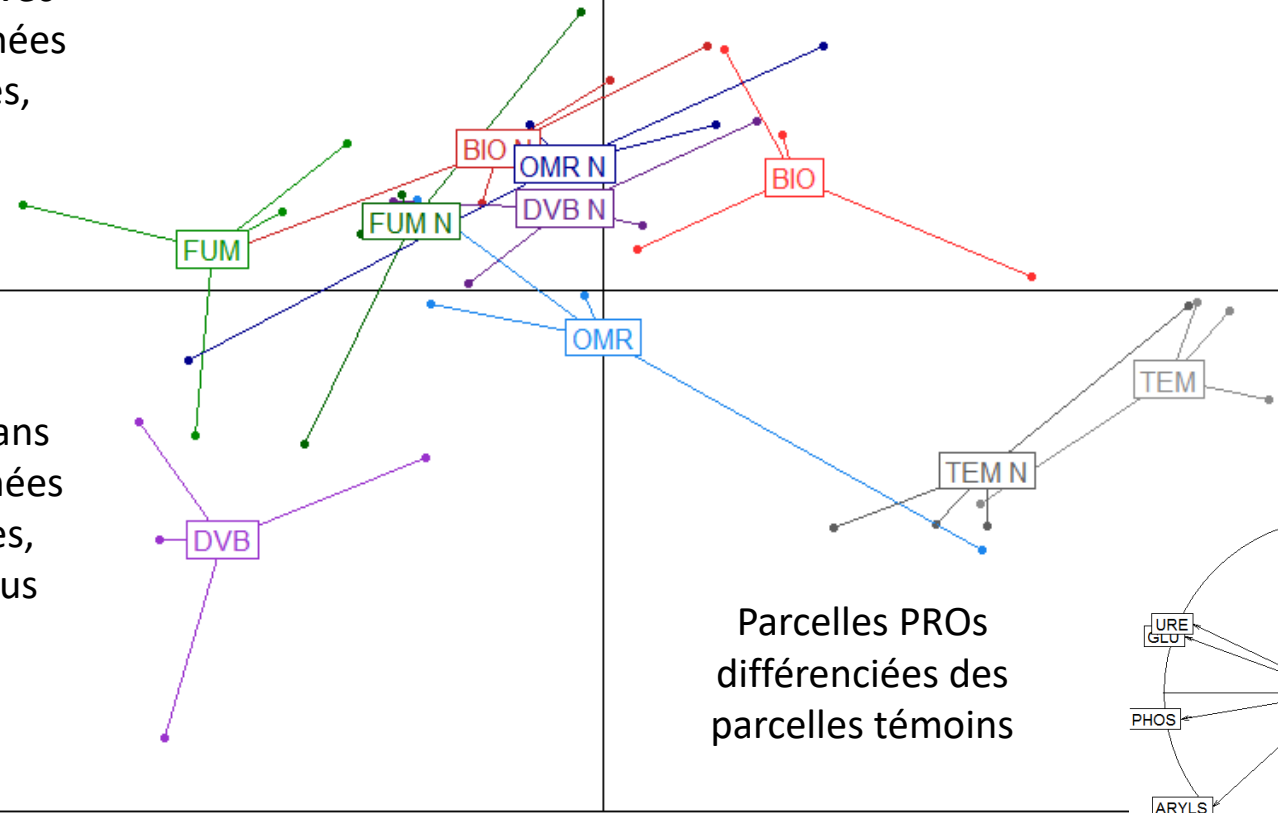
AVRIL 2014

6mois après apport de PROs

Parcelles PROs avec fertilisation, données plus homogènes, intra et inter modalités

Parcelles PROs sans fertilisation, données plus hétérogènes, mais activités plus fortes

Parcelles PROs différenciées des parcelles témoins





# SITE de QUALIAGRO

## S Cycle du Soufre



## P Cycle du Phosphore

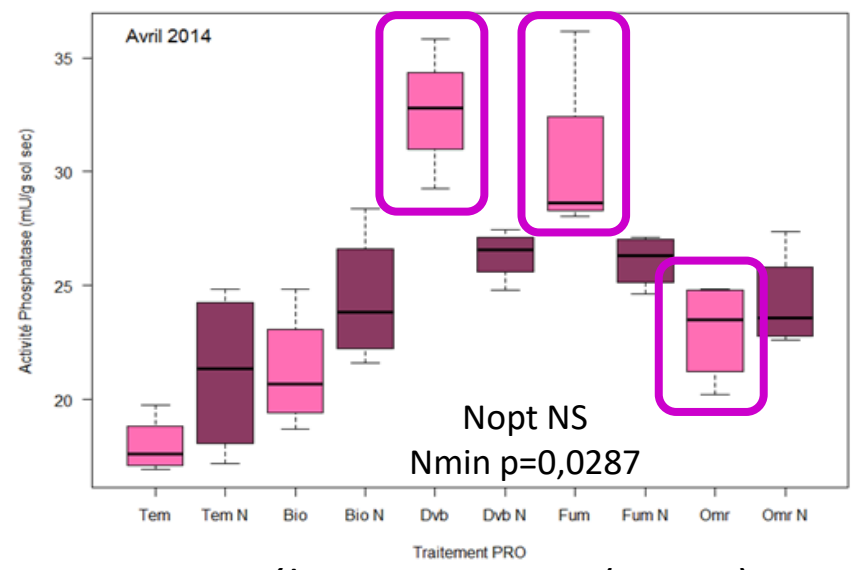
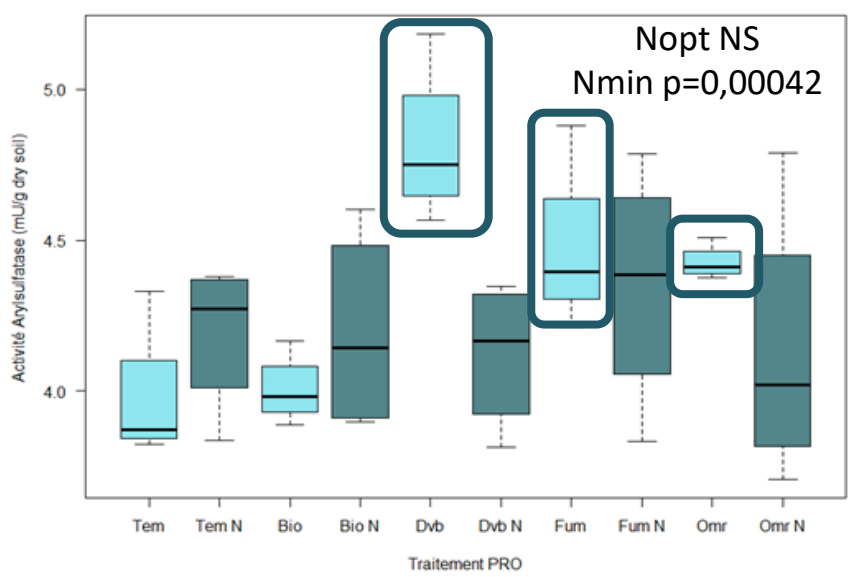
Parcelles fertilisées:  
Pas d'effets des PROs

# 2014

Parcelles fertilisées:  
Effets non signif des PROs

Parcelles non fertilisées:  
effet signif apport DVB > OMR

Parcelles non fertilisées:  
effet signif apport  
DVB > FUM > OMR



**Nmin:** corrélation Spro (p=0,05)

**Nopt:** corrélation Po PRO (p=0,031), Ptot Blé (p<0,0001)

**Nmin:** corrélation Po PRO (p=0,019) .022  
Po Sol (p=0,0449) 28/05/ 2015



# SITE de QUALIAGRO



## C Cycle du Carbone

## N Cycle de l'azote

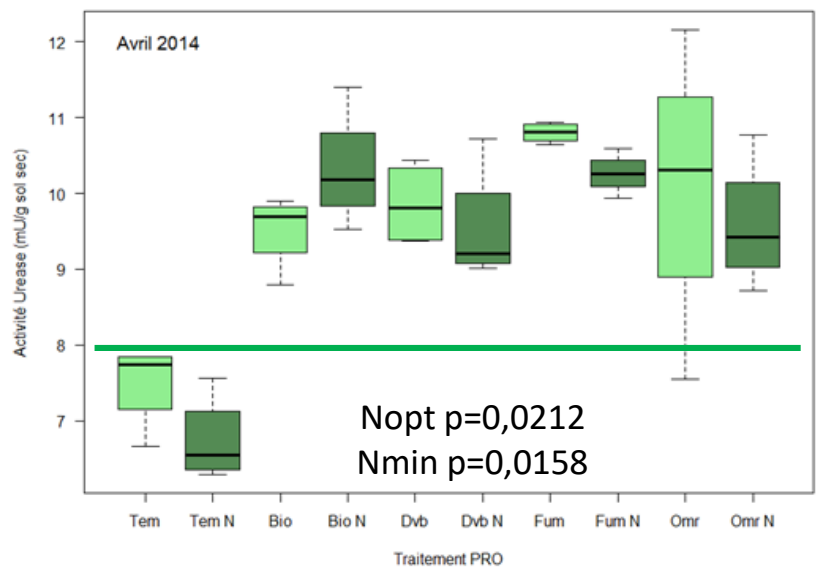
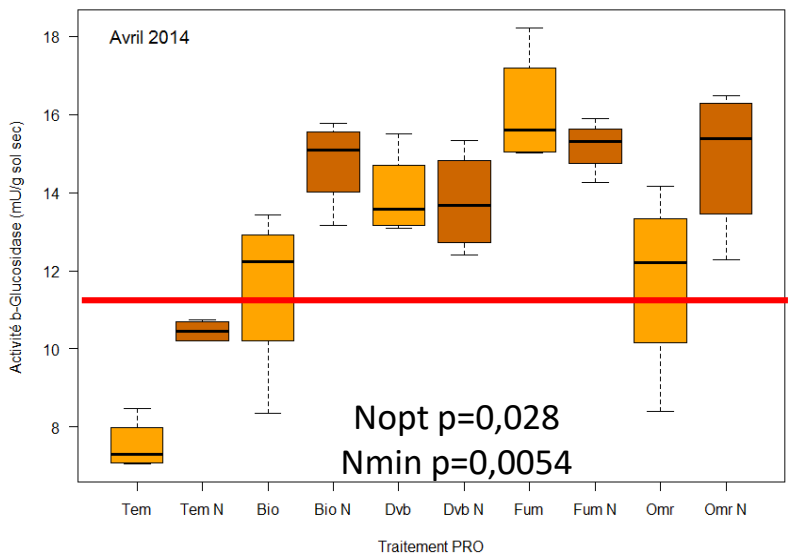
Parcelles fertilisées:  
effet signif apport des PROs

Parcelles fertilisées:  
effet signif apport des PROs

# 2014

Parcelles non fertilisées:  
effet signif apport PROs  
FUM>DVB>BIO=OMR

Parcelles non fertilisées:  
effet signif apport des PROs



Aucune corrélation

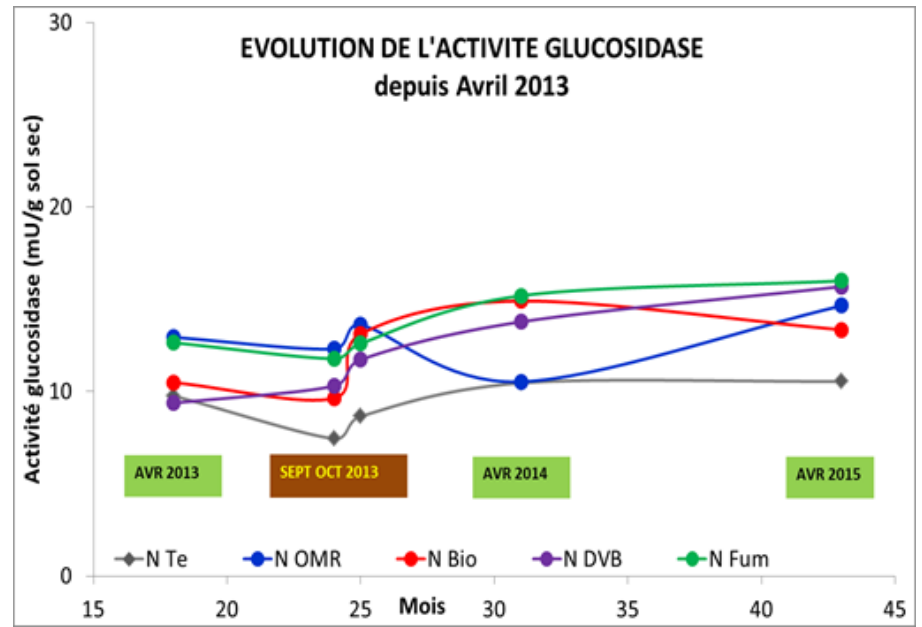
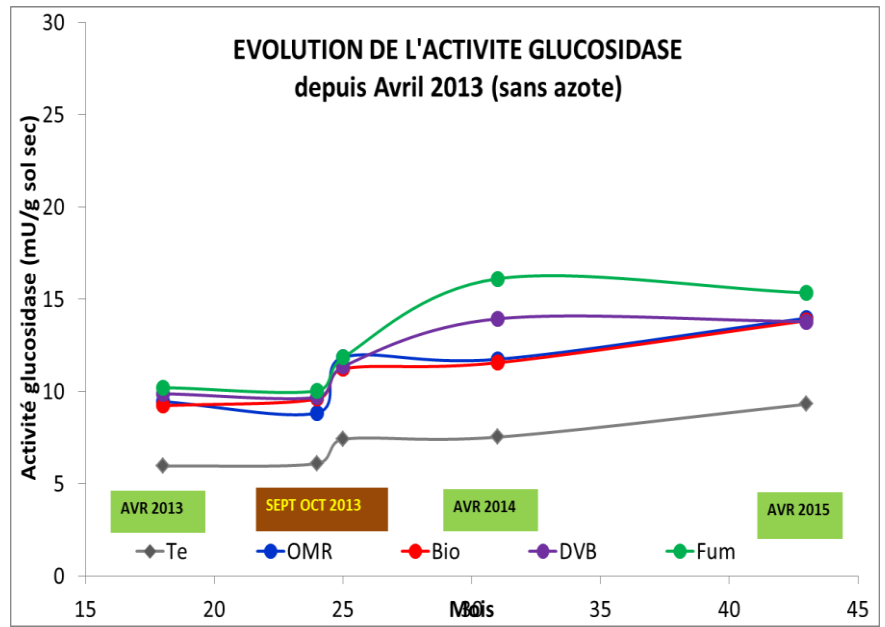
**Nopt:** corrélation NO<sub>3</sub>, Nminé, CEC



# SITE de QUALIAGRO



## Effet de la fertilisation sur la dynamique des parcelles



Activité assez constante  
 Différences plus importantes avec les parcelles témoin sans fertilisation azotée