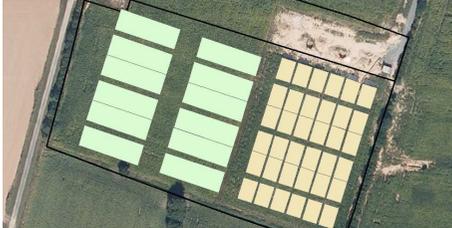


Assemblée générale du SOERE PRO

*Mardi 24 novembre 2015
INRA de Colmar*





Assemblée générale du SOERE PRO

Mardi 24 novembre 2015, INRA de Colmar



Impacts de l'épandage de composts urbains sur le cycle du P dans



Lauverjon R, Mollier A, Houot S, Mercier V,
Michaud A, Rampon JN, Morel C



- ❑ Le 1^{er} gisement de phosphore en France =PRO; mais sous-exploité
- ❑ Dans un contexte de raréfaction du P-fossile(=matières premières pour la production d'engrais minéraux) le recyclage du P des PRO est une alternative intéressante. Mais, le P des PRO peut-il se substituer au P-engrais?
- ❑ Grande diversité des produits organiques épandus en agriculture; évolution continue des filières et des procédés de traitement
- ❑ Les références sur la VFP% à long terme sont rares; quelques chiffres pour des boues de STEP, des engrais de ferme mais pas de valeurs pour des composts urbains
- ❑ Accumulation possible de P si les apports sont raisonnés sur la base du C ou de N

Analyser le fonctionnement du cycle du P dans QualiAgro, implanté sur un sol de limon décarbonaté (pH=7)

- Quantifier :
 - ① les flux entrants et sortants de P à l'échelle de la parcelle et
 - ② la dynamique associée des stocks de P-total, P-organique, P-disponible pour les plantes après épandages des différents types de PRO
- Confronter la variation par unité de bilan des stocks de P-total, P-organique et P-phytodisponible du traitement témoin et des PRO pour analyser/apprécier leur disponibilité
- Suivre l'évolution pluriannuelle des propriétés du sol

Dispositif QualiAgro: présentation



5 traitements :

- Témoin sans fertilisation phosphatée (TEM)
- Fumier de bovins (FUM)
- Déchets verts + boue (DVB)
- Biodéchet (BIOD)
- Ordures ménagères résiduelles (OMR)

5 tt × 4 blocs × 2N (opt ou fai) = 40 parcelles

6 années d'épandage 4t/ha/2ans (1998, 2000, 2002, 2004, 2006, 2007 et 2009)

Début: 1998: rotation maïs (cannes restituées) - blé (paille ôtée) (orge en 2007 (paille ôtée))

Echantillons de terre prélevés tous les 2 ans (0-28 cm): 1998, 2000, 2002, 2004, 2006, 2007, 2009 et 2011 (avant épandage) = 13 campagnes

Densité apparente déterminée régulièrement

Analyses 'PRO'

- Composition élémentaire
- Flux entrant de P

Analyses 'sol'

- P-total (LAS-INRA-Arras); P-organique; P-inorganique (= Ptotal – Porg.)
- P-disponible: Concentration des ions phosphate dans la solution du sol et capacité de réapprovisionnement du sol ; extraction chimique Olsen
- calcul stocks et mise en relation avec bilan cumulé de P
- Propriétés physico-chimiques
- Densité apparente déterminée régulièrement

Analyses 'plante'

- Tous les ans, mesure des récoltes et de la teneur en P (USRAVE)
- Calcul exportations P chaque année (y compris résidus s'il y a lieu)
- Calcul du bilan annuel et cumulé de P à l'échelle de la parcelle

Caractéristique P des produits



Moyenne 8 épandages 1998, 2000, 2002, 2004, 2006, 2007, 2009 et 2011 (Damar et al. 2015)

	P-total	P-org.	P-org.
	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	%
FUM	5.5 (±1.1)	1.9 (±0.5)	36%
DVB	13.0 (±3.7)	2.2 (±0.7)	16%
OMR	3.5 (±0.8)	0.3 (±0.2)	9%
BIOD	4.8 (±1.7)	0.3 (±0.2)	7%

Flux annuels entrant et sortant



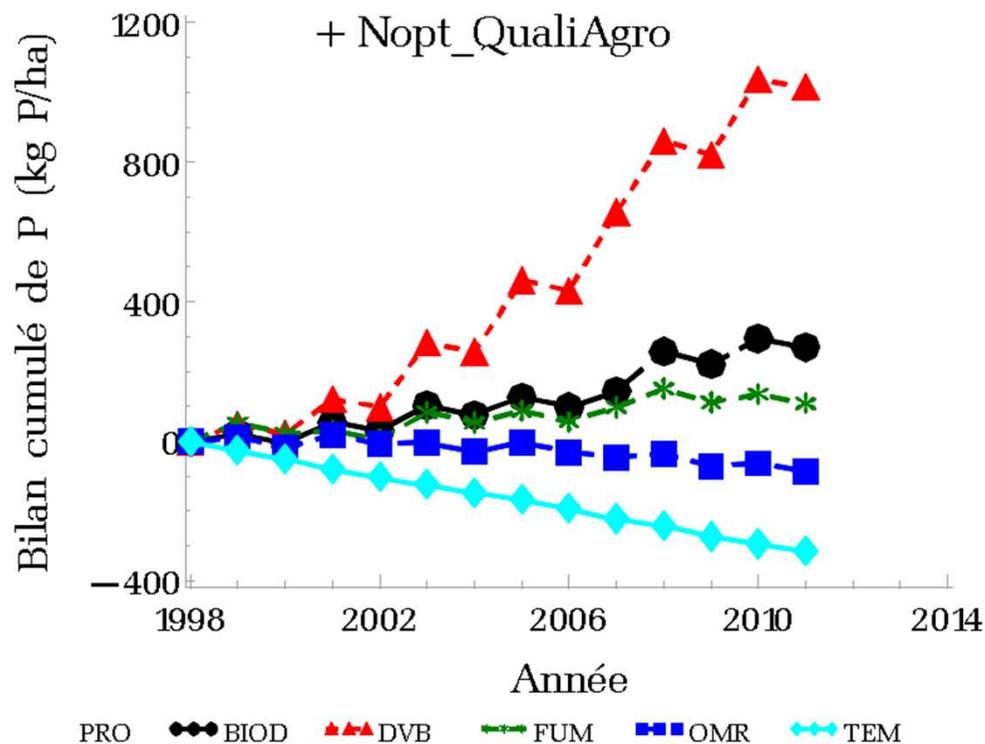
Flux entrant de P = épandage des PRO

Flux sortant de P = exportation récolte

Moyenne sur
13 années
(1998 à 2011)

+Nopt	Apport P	Exportation
	kg P ha ⁻¹ an ⁻¹	
TEM	0	-23
Fumier	+30	-26
DVB	+76	-25
Biodéchet	+32	-25
OMR	+16	-25

Bilan cumulé du P apporté et exporté

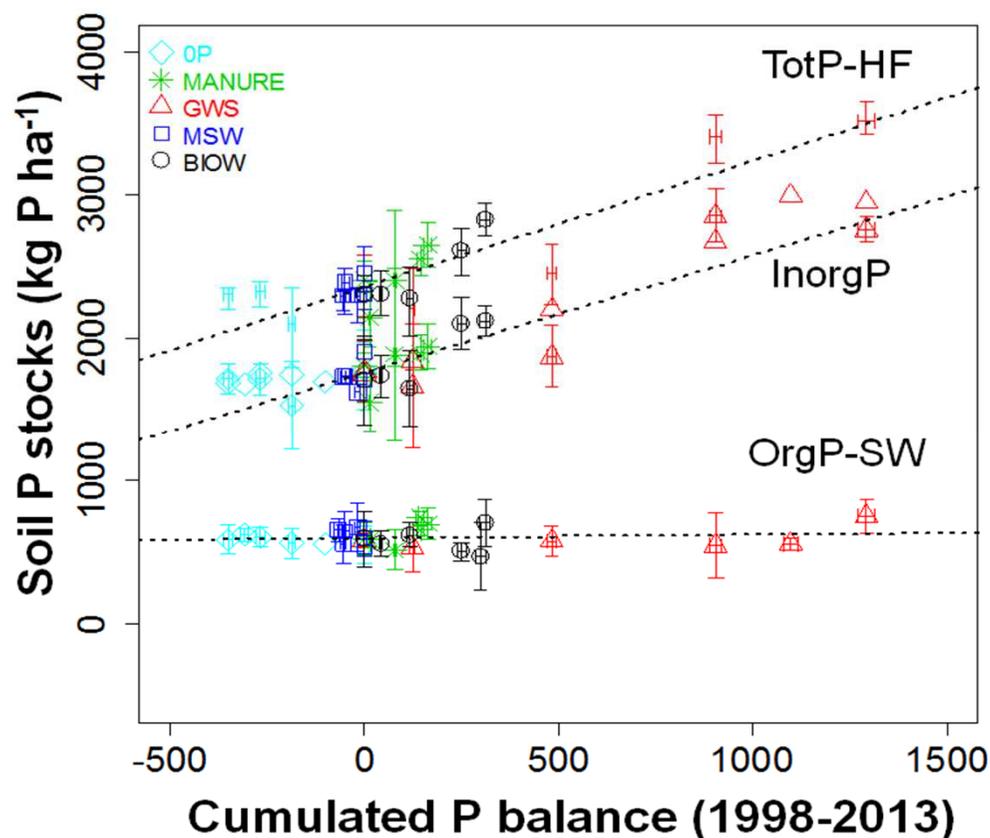


	+Nopt	+Nfai
DVB	+1015	+1069
BIOD	+270	+335
FUM	+109	+187
OMR	-86	-37
TEM	-315	-217

Le bilan cumulé de P varie beaucoup suivant les produits: très excédentaire avec DVB, proche de zéro pour OMR.

Effet S de la fertilisation azotée minérale sur bilan P.

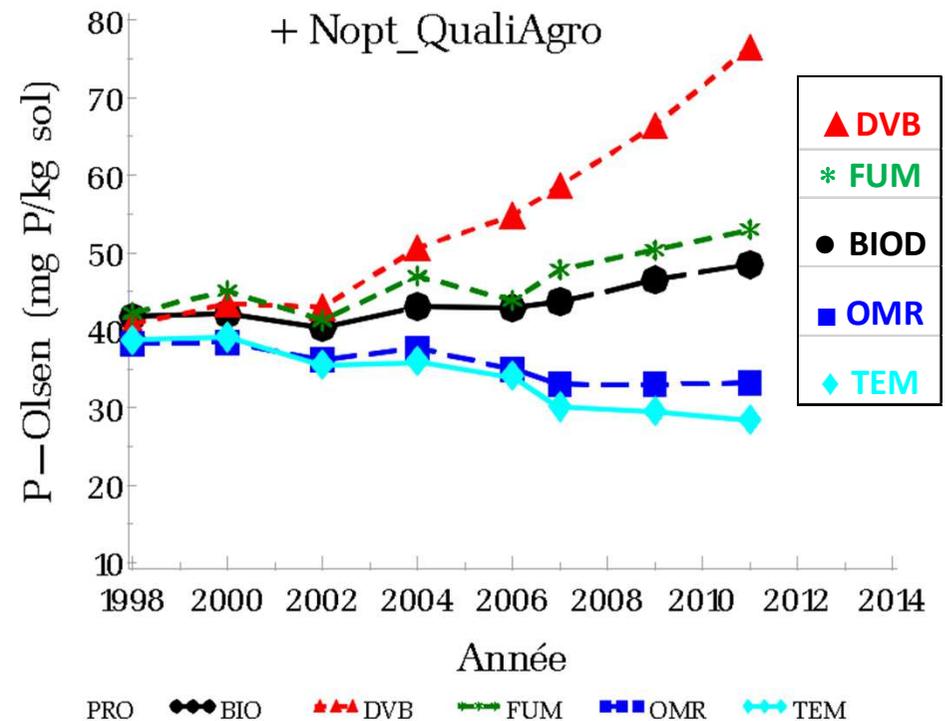
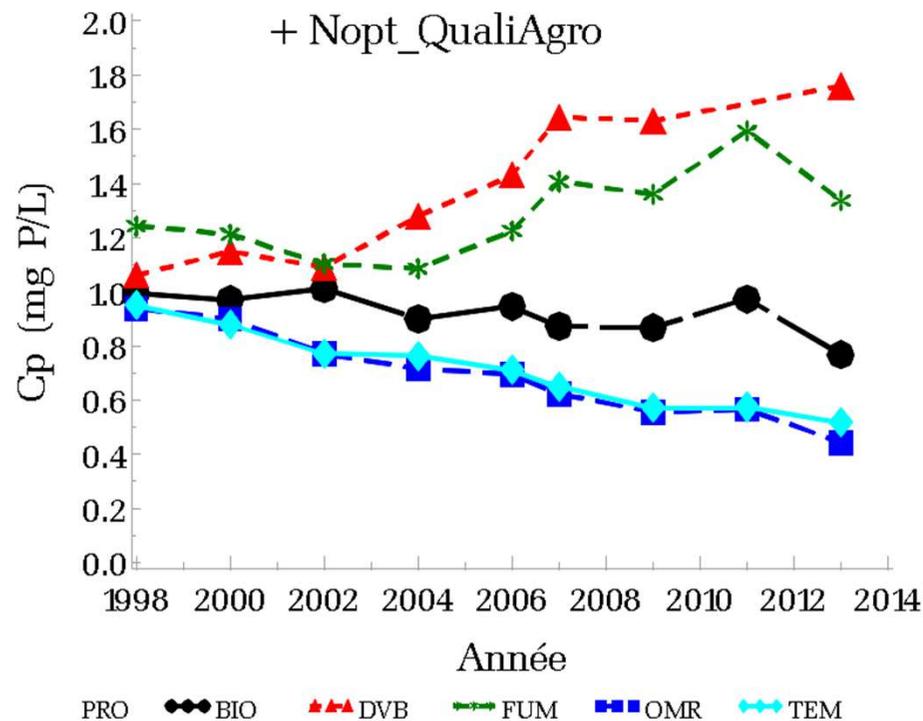
Dynamique du P-total et P-organique du sol



Δ Stock(Ptotal) 0-28cm = 90% bilan

Effet bilan sur Pinorganique uniquement; Porganique ne varie pas S

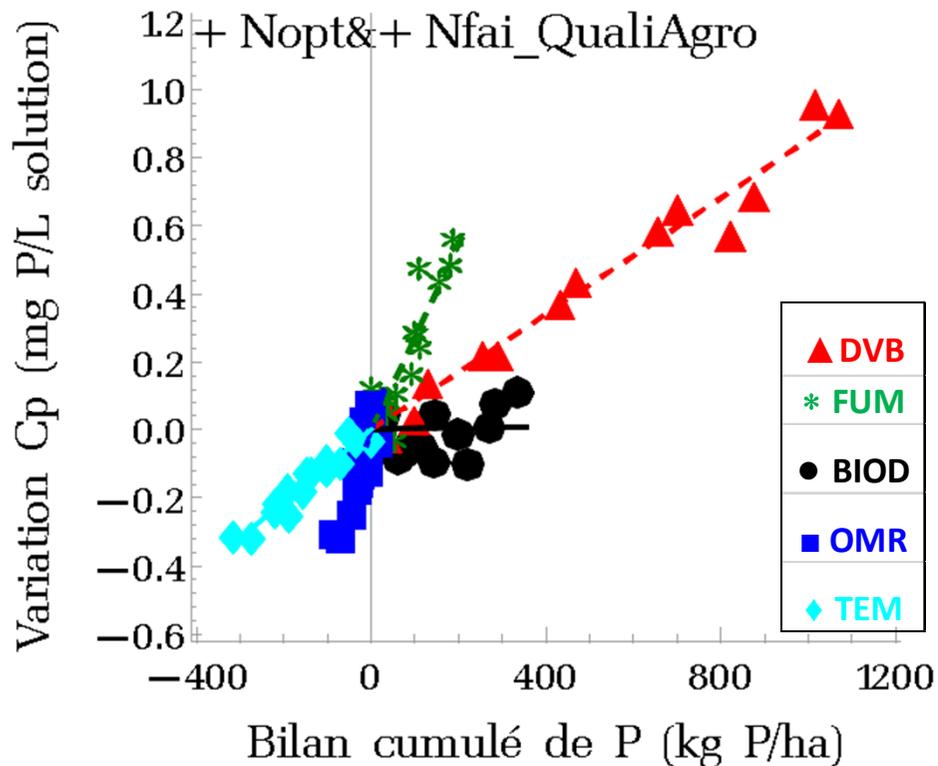
Evolution pluriannuelle du P disponible



Niveau initial de P élevé; Effet S avant tout épandage;
 Evolutions différentes suivant produits mais classement similaire pour les
 2 indicateurs
 Idem pour +Nfai_QualiAgro

Relation entre ΔC_p et bilan cumulé de P

Période 1998-2011 (avant épandage)



PRO ●●● BIOD ▲▲▲ DVB *** FUM ■■■ OMR ◆◆◆ TEM

1. Effet sur C_p proportionnel au bilan P (sauf BIOD)
2. Effet S sur dynamique C_p vs. Bilan P: la pente varie /TEM

2 explications possibles:

- I) modifications de la répartition des ions P entre les 2 phases et
- II) disponibilité/spéciation du P apporté dans les PRO

Transfert ions P à l'interface solide-solution



Modifications de la répartition des ions P à l'interface solide/solution

	Cp	Pr-1j	Pr-1s	Pr-1m	Pr-1an	Δ /TEM
	mgP/L	mgP/kg				%
TEM	0.5	32	49	67	115	
DVB	0.5	46	73	104	190	+65%
BIOD	0.5	42	63	87	148	+29%
OMR	0.5	44	70	97	174	+52%
FUM	0.5	39	60	83	144	+25%

Augmentation de la réserve en ions P (à mêmes Cp et durée) par rapport au **TEM** dans l'ordre **DVB** > **OMR** > **BIOD**=**FUM** associée aux modifications de propriétés tel que: pH, MO, CEC, Ca-échang.

QualiAgro: modifications propriétés du sol



En 2011, pas d'effet 8 épandages sur texture (5 fractions) ni sur teneurs Fe-et Al-oxalate (oxyhydroxides de fer et d'aluminium)

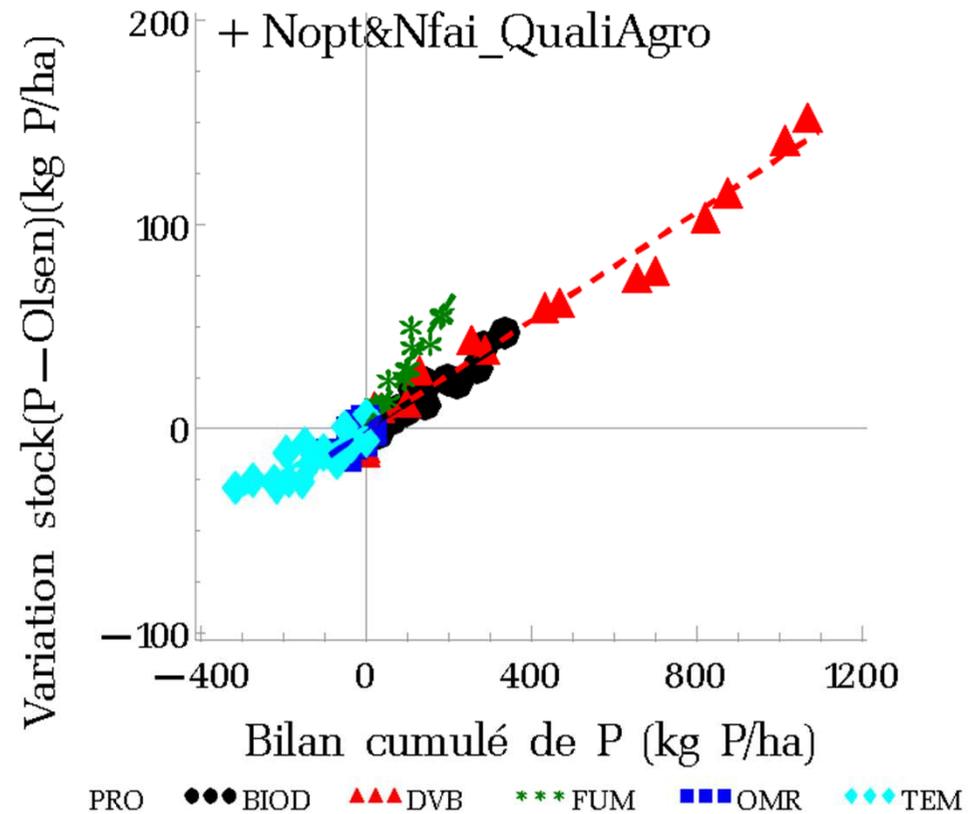
Mais effet net sur:

		TEM	DVB	OMR	BIOD	FUM
pHeau		6.7	6.9	7.5	7.8	7.3
Corg	g kg ⁻¹	10.4	15.6	12.8	15.2	14.4
CEC-cob	cmol+ kg ⁻¹	8.4	10.1	9.9	11.3	10.2
Ca-échang.	cmol+ kg ⁻¹	8.3	9.6	9.9	11.0	9.0
K-échang.	cmol+ kg ⁻¹	0.3	0.47	0.38	0.68	0.95

QualiAgro: Δ stock(P-Olsen) vs. Bilan P



1999 à 2011



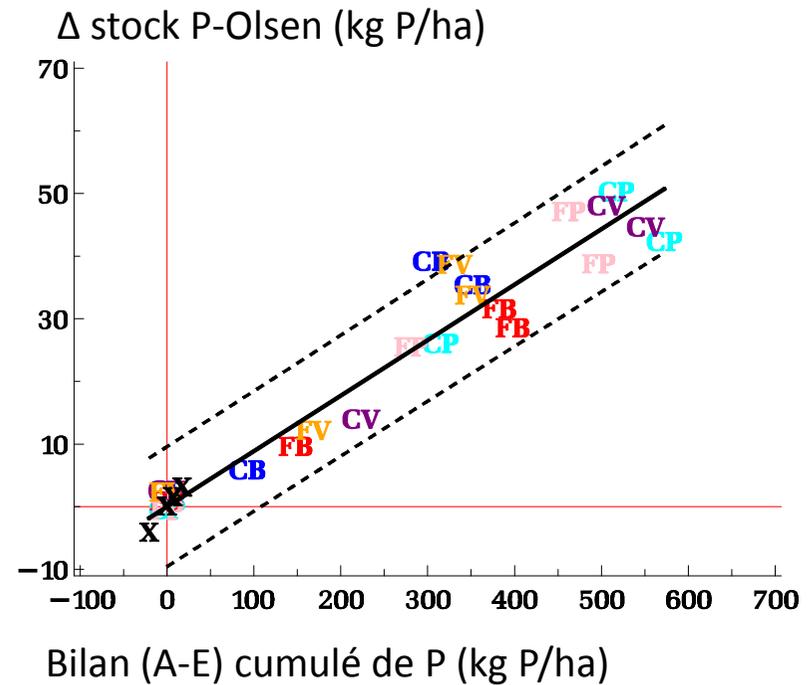
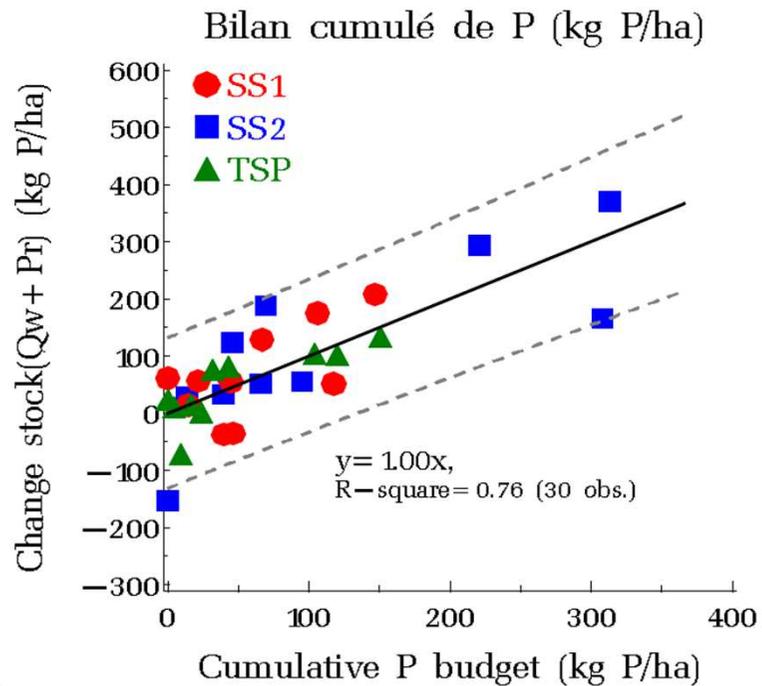
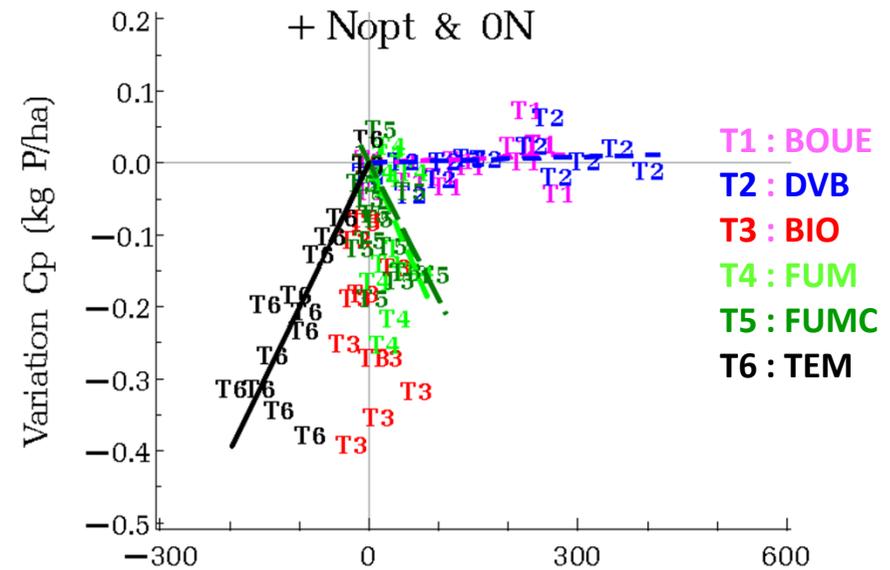
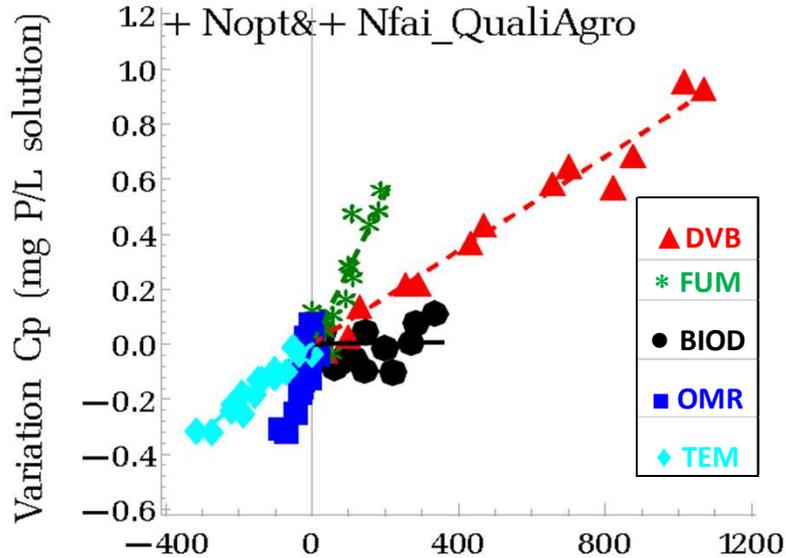
Ajouter du texte

Cycle du P dans QualiAgro: conclusions



- ❑ Dans le sol limoneux et neutre (non carbonaté) de QualiAgro, le P-PRO est une source efficace de P pour les cultures.
- ❑ L'effet sur C_p dépend du PRO et de la quantité épandue de P: proportionnelle au bilan pour DVB, FUM et OMR mais invariante avec le bilan pour BIOD.
- ❑ Avec P-Olsen, disponibilité \pm équivalente au P du sol pour DVB, OMR, BIOD.

Cycle du P dans SOERE-PRO: bilan



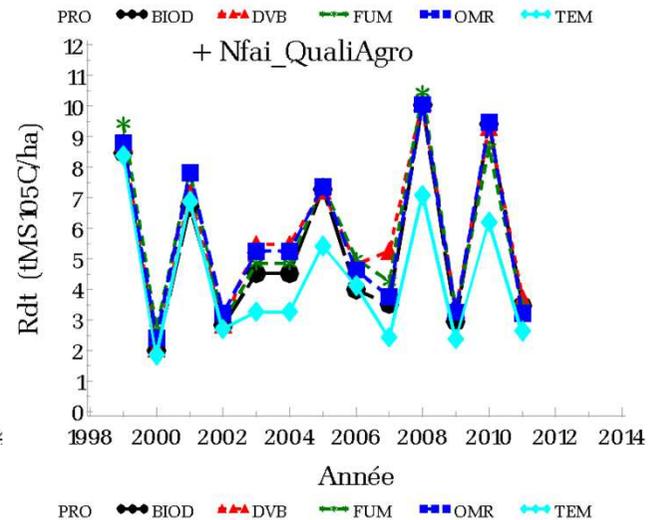
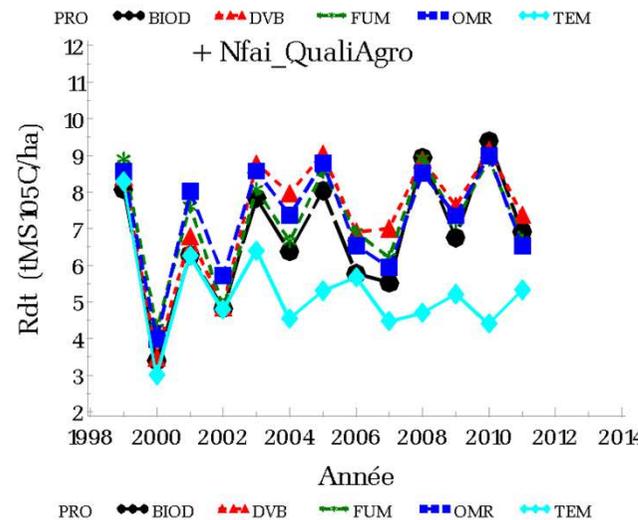
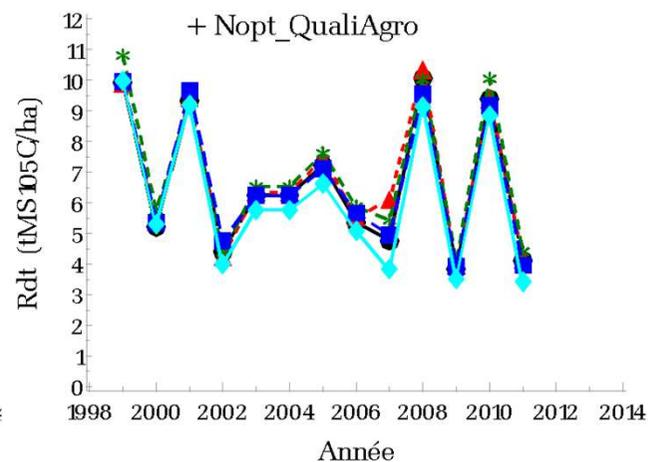
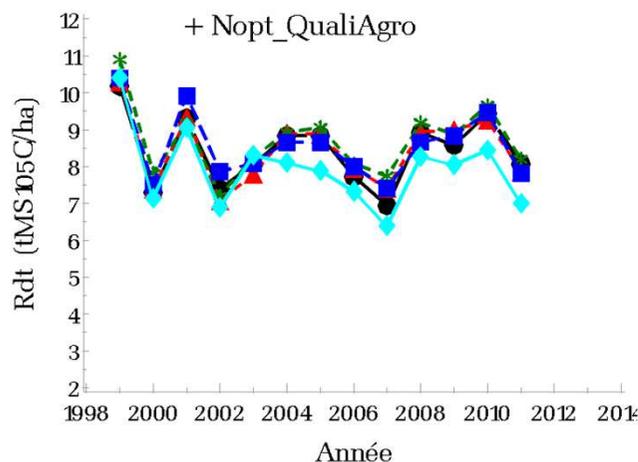
Ajouter du texte

Ajouter du texte

QualiAgro: rendements grains et résidus



1999 à 2011

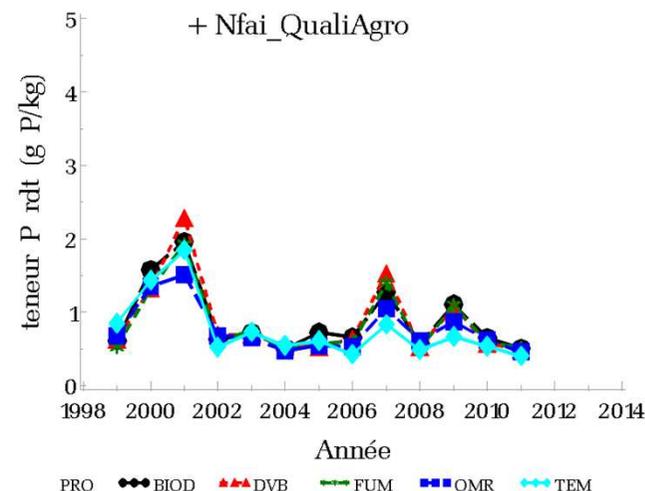
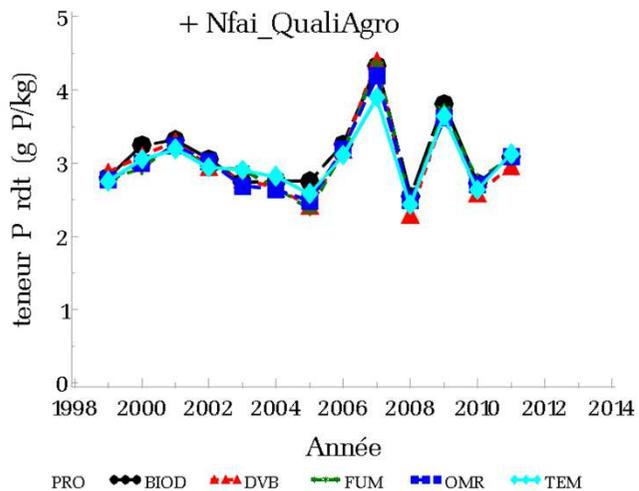
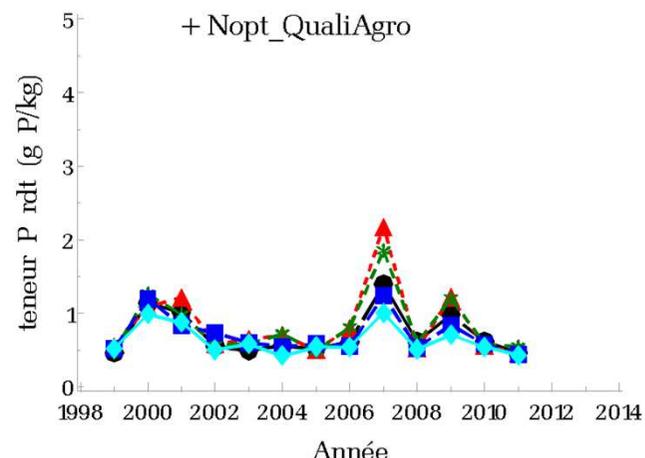
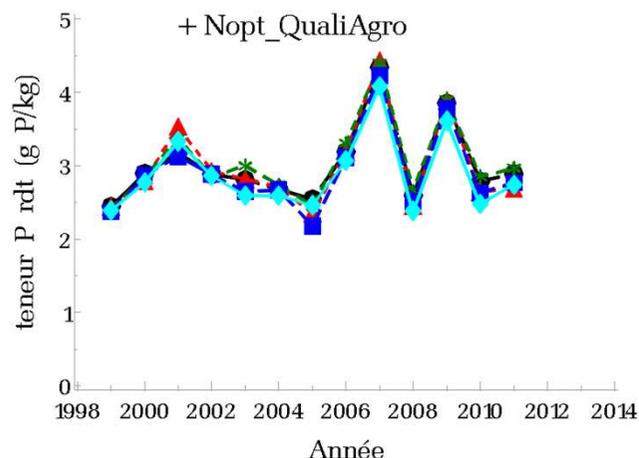


Ajouter du texte

QualiAgro: Teneur P grain et résidus



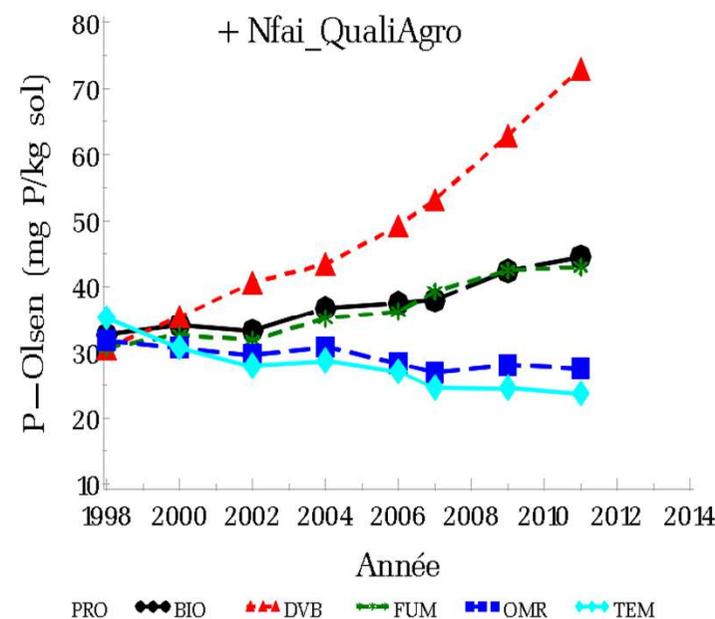
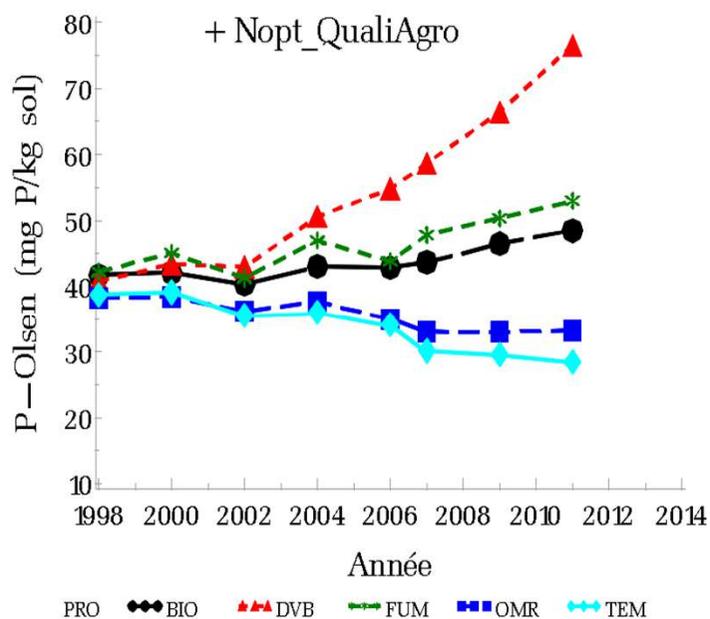
1999 à 2011



Ajouter du texte

Ajouter du texte

QualiAgro: évolution pluriannuelle P-Olsen



Ajouter du texte

Spéciation du P des PRO de QualiAgro

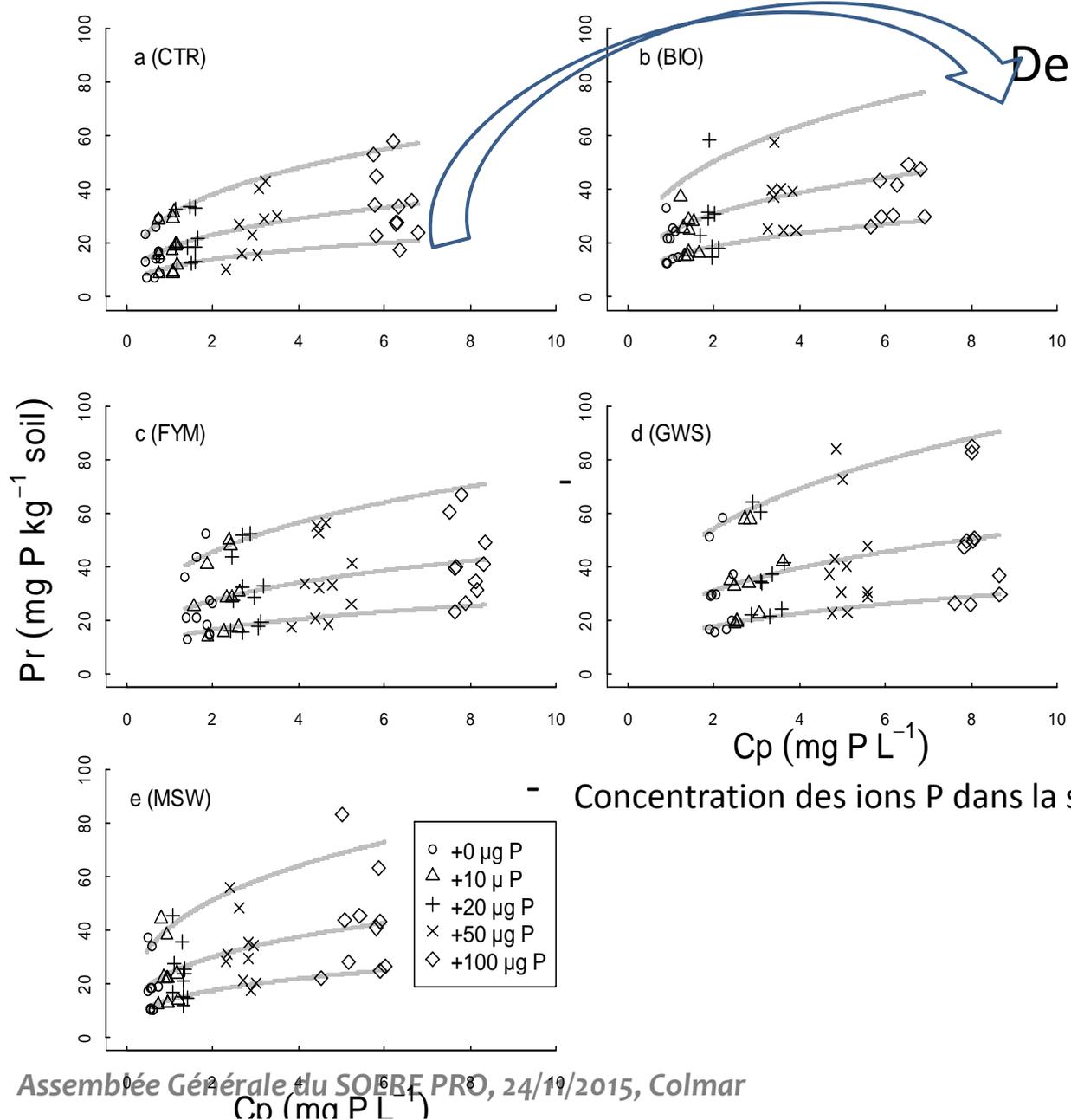


Explication : présence de P-Ca insolubles dans BIOD

	Formule	pKs	Solubilité (g/L)
phosphate monocalcique	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	1.1	~18
phosphate bicalcique dihydraté	$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	6.6	~0.088
octacalcium phosphate	$\text{Ca}_8(\text{HPO}_4)_2(\text{PO}_4)_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	97	~0.0081
tricalcium phosphate	$\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	29	~0.0025
amorphous calcium phosphate	$\text{Ca}_x\text{H}_y(\text{PO}_4)_z \cdot n\text{H}_2\text{O}$	33	~0.0005
hydroxyapatite (HA)	$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$	117	~0.0003
fluoroapatite (FA)	$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$	120	~0.0002

Pas (encore) d'analyses des formes de P des PRO épandus. Mais dans la littérature (Grigatti et al., 2015; Hashimoto et al. 2014; Frossard et al. 2002), ACP et apatite ont été détectés dans des biodéchets. A pH=7, la solubilité de ces composés est plus faible que celle du P dans ce sol calcaire.

Transfert des ions PO_4 à l'interface solide-solution



Description mathématique:

$$Pr = vCp^w t^p$$



Calcul des valeurs de Pr pour toutes valeurs de Cp et de t

Ajouter du texte

Paramètres	TEM	DVB	OMR	BIO	FUM
v	8.2* (0.7)	10.0 (0.7)	10.2 (0.9)	11.0 (0.7)	9.8 (0.9)
w	0.33 (0.03)	0.35 (0.03)	0.32 (0.03)	0.34 (0.03)	0.31 (0.04)
p	0.22 (0.02)	0.24* (0.01)	0.23 (0.02)	0.22 (0.01)	0.22 (0.01)
Obs.	71	91	72	70	77
R ²	0.96	0.97	0.95	0.97	0.95

QualiAgro: paramètre v vs. CEC

