



# Comment évaluer la biodisponibilité du phosphore pour les plantes

Linères M. et Morel C.

INRA, UMR TCEM, Centre de Recherches de Bordeaux  
33883 Villenave d'Ornon



## ***INTRODUCTION***

- Ressources en phosphore limitées
- Possibilité de recyclage de produits résiduels contenant du P
- Dans un contexte de raisonnement de la fertilisation, nécessité de bien évaluer la biodisponibilité
- Avoir toujours la même référence, engrais minéral soluble dans l'eau, pour intégrer la valeur fertilisante phosphatée du produit (VFP) dans le raisonnement de la fertilisation
- Quelques résultats acquis dans le domaine des produits résiduels organiques



## ***LES DIFFÉRENTES ÉTAPES :***

Mesure de la biodisponibilité en conditions contrôlées :

- valeur fertilisante à court terme
- dans un système (sol+fertilisant+plante)
- en référence à un engrais minéral soluble

Mesure de la biodisponibilité au champ :

- valeur fertilisante à long terme
- essais pluriannuels

Peut-on simplifier le système d'étude ?

- pas de plante
- en laboratoire
- toujours un engrais minéral soluble de référence



## COMPOSITION DES PRODUITS EXPÉRIMENTÉS

La teneur en phosphore total est très variable.  
Les formes prédominantes sont minérales

Moyenne générale de **80 boues urbaines** : **19,9 ( $\pm 10,2$ )** g P/kg MS  
chaulage et compostage ↘ digestion ↗

**Composts** (ordures ménagères et/ou déchets verts) : environ **3** g P/kg MS

### Engrais de ferme :

fumiers de bovins et de porcins : **6 à 18** g P/kg MS

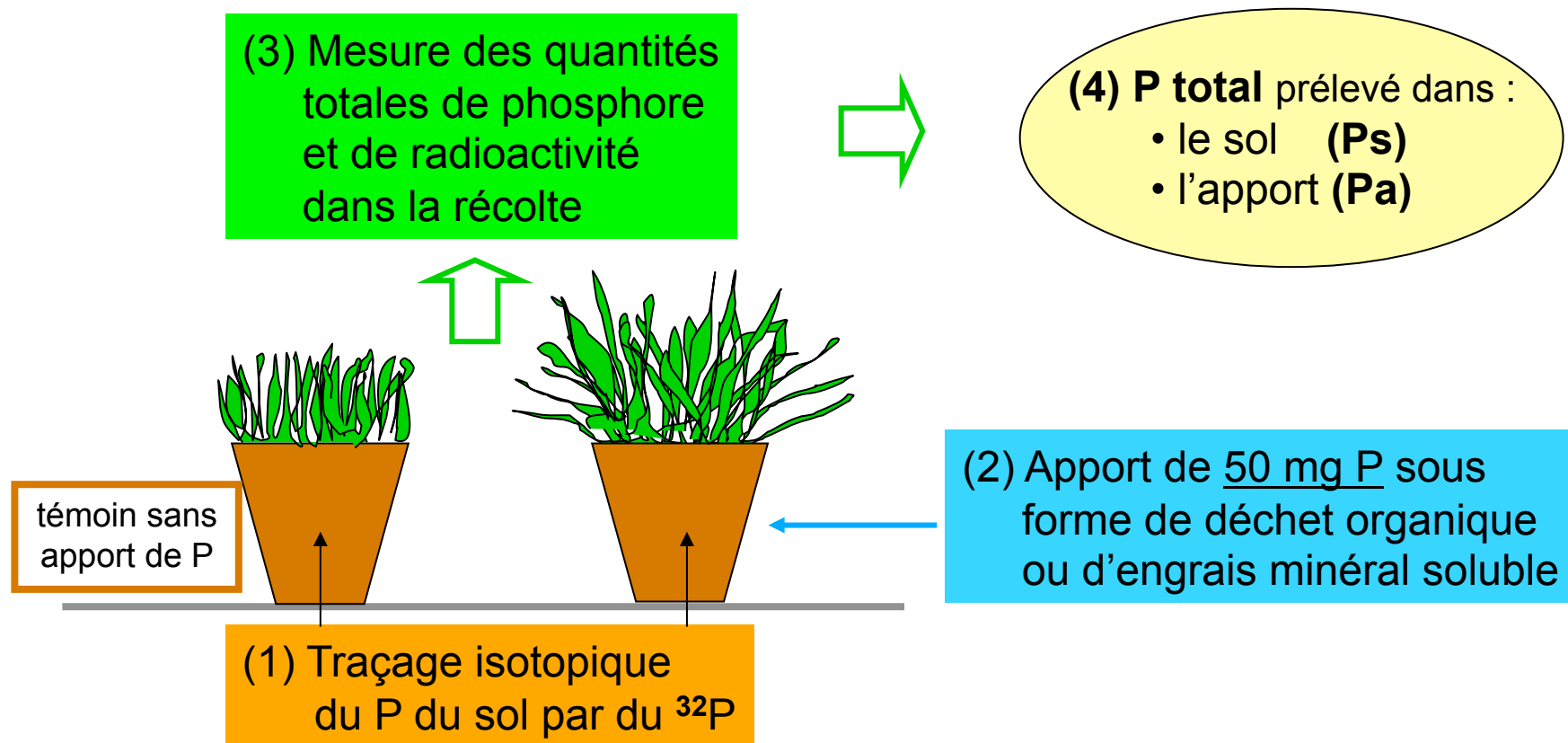
lisiers porcs traités en station d'épuration : **26 à 31** g P/kg MS



## MESURE DE LA BIODISPONIBILITÉ EN CONDITIONS CONTRÔLÉES :

Cultures de ray-grass en pots pendant 3 à 4 mois – 4 coupes

Traitements : sol témoin; sol + produit organique; sol + engrais minéral soluble





## Mesure de la biodisponibilité en conditions contrôlées

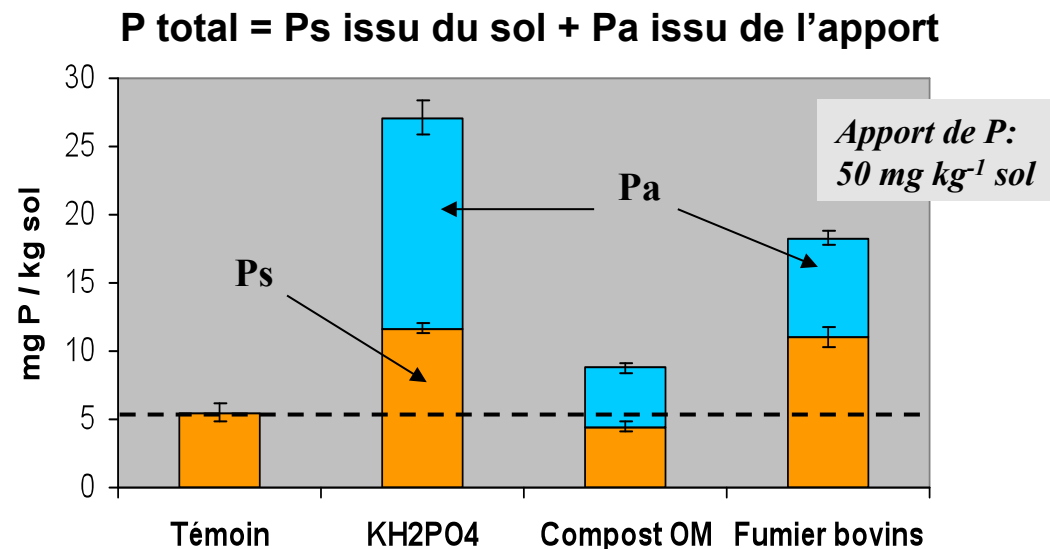
### Méthode :

Cultures de ray-grass en pots pendant 3 à 4 mois – 4 coupes – 5 répétitions/traitement

Marquage du P du sol par du  $^{32}\text{P}$  – fertilisation complète sauf P

Mesure des quantités totales de P et de radioactivité dans les parties aériennes

- Pa n'est pas obtenu par simple soustraction entre les valeurs de P total.
- Des facteurs autres que la biodisponibilité de P peuvent diminuer ou augmenter le prélèvement de Ps.
- En conditions défavorables, le prélèvement de Ptotal et Pa est faible.



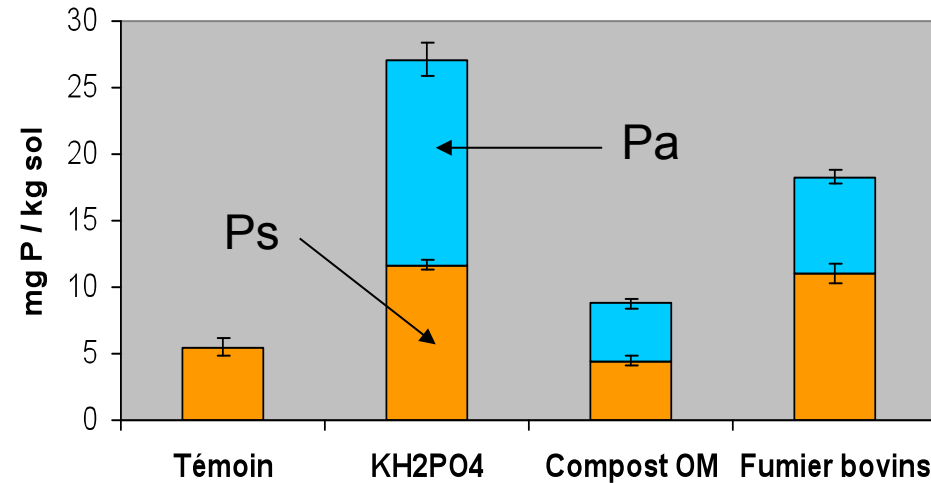


## Mesure de la biodisponibilité en conditions contrôlées

Indicateur de biodisponibilité : Pdff

Contribution du P du produit organique au prélèvement total de phosphore par la plante

$$Pdff = 100 \times \frac{Pa}{P \text{ total}}$$



57%      49%      40%



Valeur fertilisante phosphatée

$$VFP = 100 \times \frac{Pdff_{\text{produit organique}}}{Pdff_{\text{engrais soluble}}}$$

100%      86%      70%



## Mesure de la biodisponibilité en conditions contrôlées

PRODUITS	TRAITEMENTS	VFP (%)
<b>Phosphate minéral soluble dans l'eau</b>		<b>100</b>
Boues de STEP	biologique (18)	<b>92 ± 16</b>
	physico-chimique (6)	<b>88 ± 5</b>
	digestion (16)	<b>71 ± 20</b>
	compostage (5)	<b>73 ± 18</b>
O.M. grises	compostage (2)	<b>84</b>
Biodéchets	compostage	<b>54</b>
Fumiers bovins (4)		<b>76 ± 8</b>
Litières porcs (5)	sur paille ou copeaux	<b>99 ± 8</b>
Lisiers porcs	refus de tamisage (2)	<b>86 ± 2</b>
	boues (2)	<b>97 ± 5</b>
Déjections volailles (2)		<b>87 ± 15</b>





## **VALEUR FERTILISANTE A LONG TERME : essais au champ**

- Essais pluriannuels : 3 ans minimum; 5 à 10 ans
  - 1 traitement sol témoin non fertilisé (objectif : bilan négatif)
  - 1 traitement de référence engrais soluble
  - 1 ou plusieurs trait. du produit testé : doses d'apport
- Plusieurs points de mesure de la biodisponibilité de P dans le sol : (dates x doses)
- Etablissement du bilan cultural de l'essai :
  - Flux d'entrée et de sortie de P à l'échelle de la parcelle
  - Bilans annuel et cumulé des entrées et sorties de P
- **Variations du stock de P biodisponible en fonction du bilan**



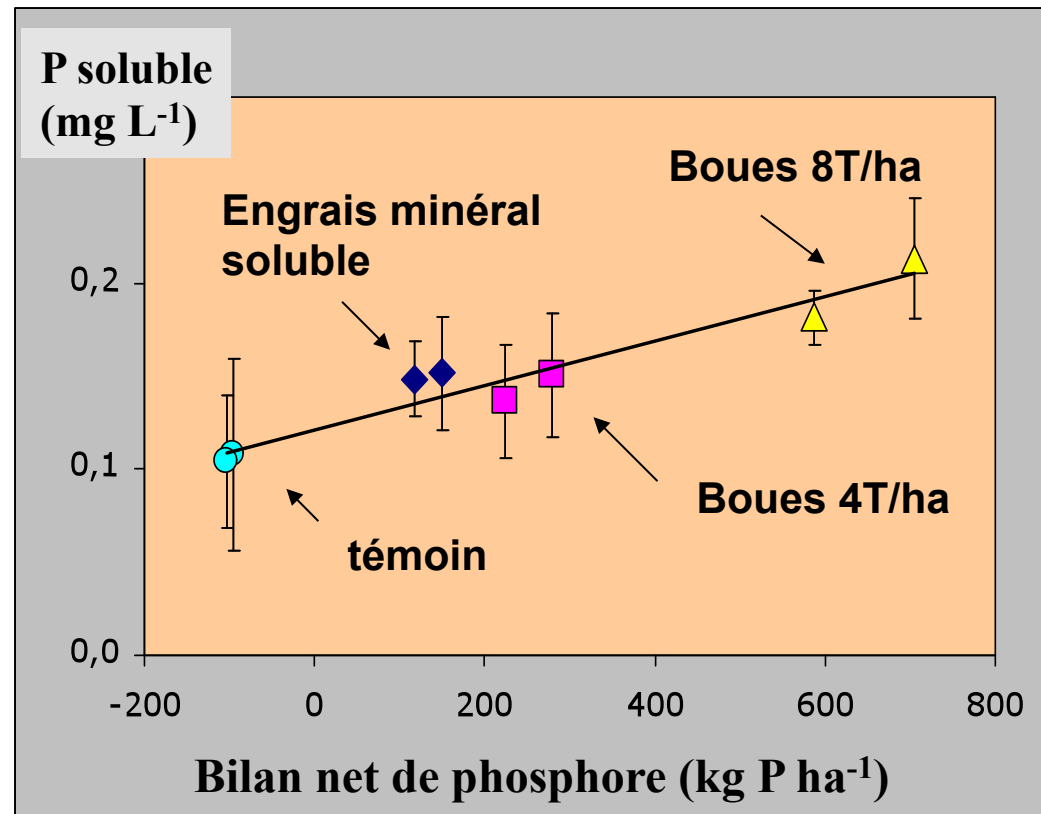
## Exemple de l'essai boues d'UMEA après 16 et 19 années d'expérimentation

	Apport kg/ha/an	Solubilité mg/L	Mobilité mg/kg
Témoin	0	0,104	50
TSP	18	0,152	58
Boue 4T/ha	24	0,151	58
Boue 8T/ha	48	0,213	67

Quelle que soit la nature de l'apport

$$Pr = 7.4 C_p^{0.41} t^{0.39}$$

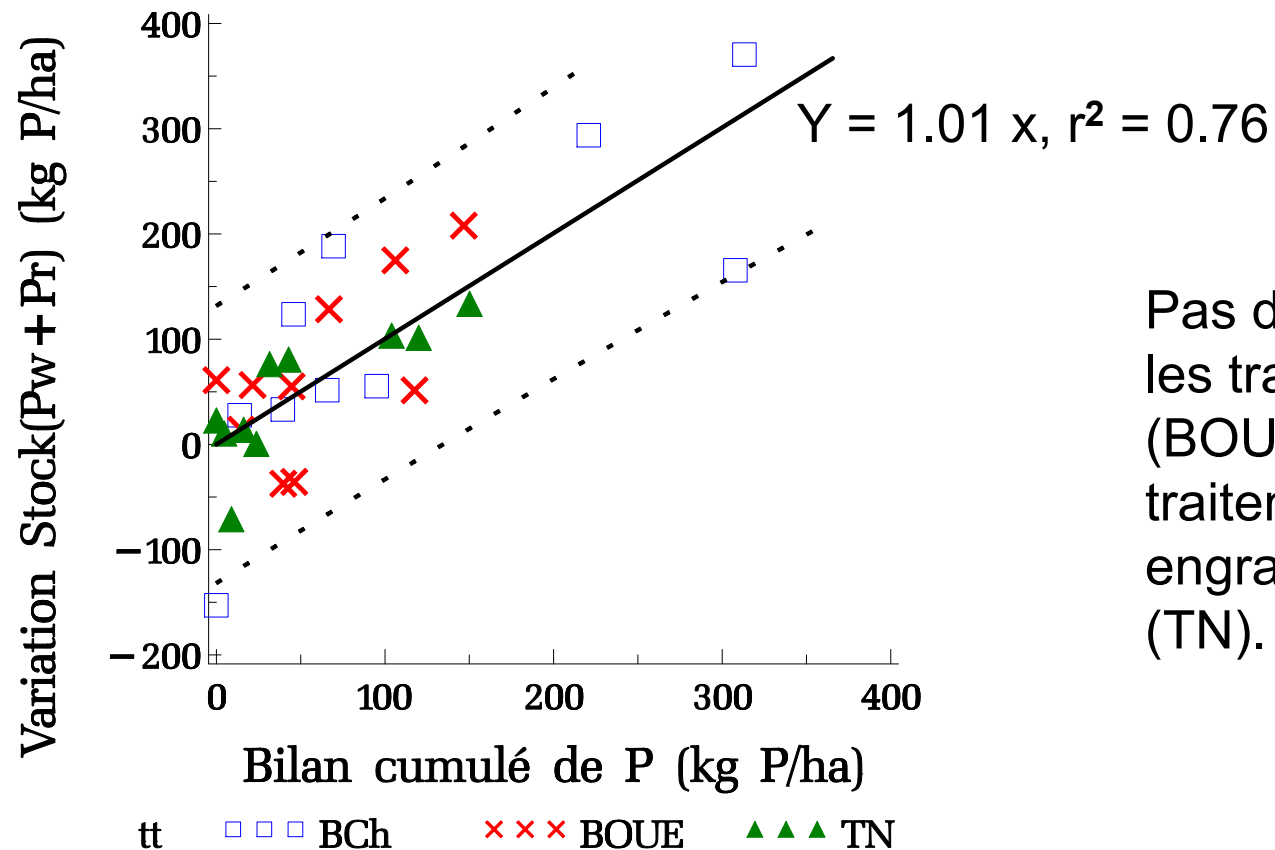
(72 obs.,  $r^2=0.99$ )



A même bilan, la biodisponibilité du P des boues est équivalente à celle de l'engrais minéral soluble.



## Exemple du dispositif boues d'Ensisheim après 11 années d'expérimentation



Pas de différence entre les traitements boues (BOUE et Bch) et le traitement de référence engrais minéral soluble (TN).



## **ETUDE DE LA MOBILITÉ DE P PAR INCUBATION**

### **Objectif :**

Etablir une corrélation entre la contribution du P du produit à l'alimentation de la plante ( $P_{dff}$ ) et l'augmentation de la mobilité de P après l'apport d'un produit organique dans le même sol

### **Méthode :**

Apport de 50 mg P par kg sol sous forme de produit organique ou de TSP

Incubations de 28 jours en conditions standard

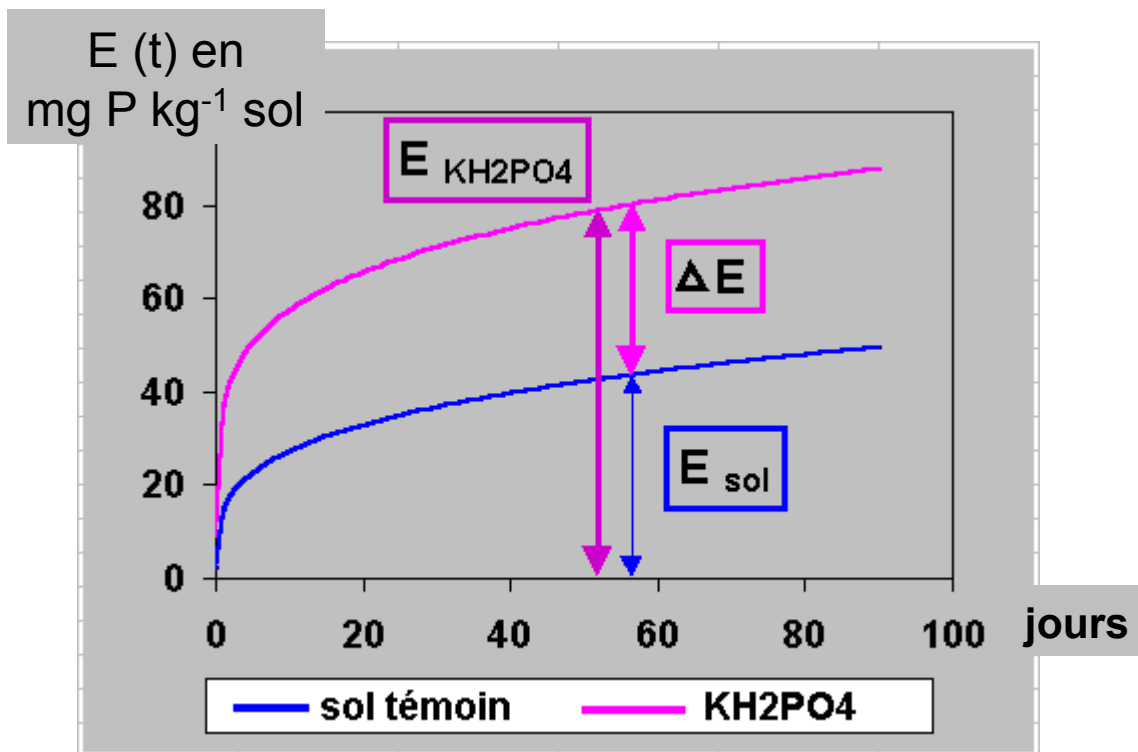
En fin d'incubation, mesure des quantités  $E(t)$  d'ions phosphate isotopiquement échangeables dans le sol et les mélanges (sol+produit) et (sol+TSP)



## Mesure de la mobilité du P par incubation

E comprend les ions phosphate en solution et les ions phosphate de la phase solide du sol susceptibles de passer en solution.

La quantité E augmente avec le temps selon le modèle :  $E_t = Qw \times [m \times (t + m^{1/n})^n]$

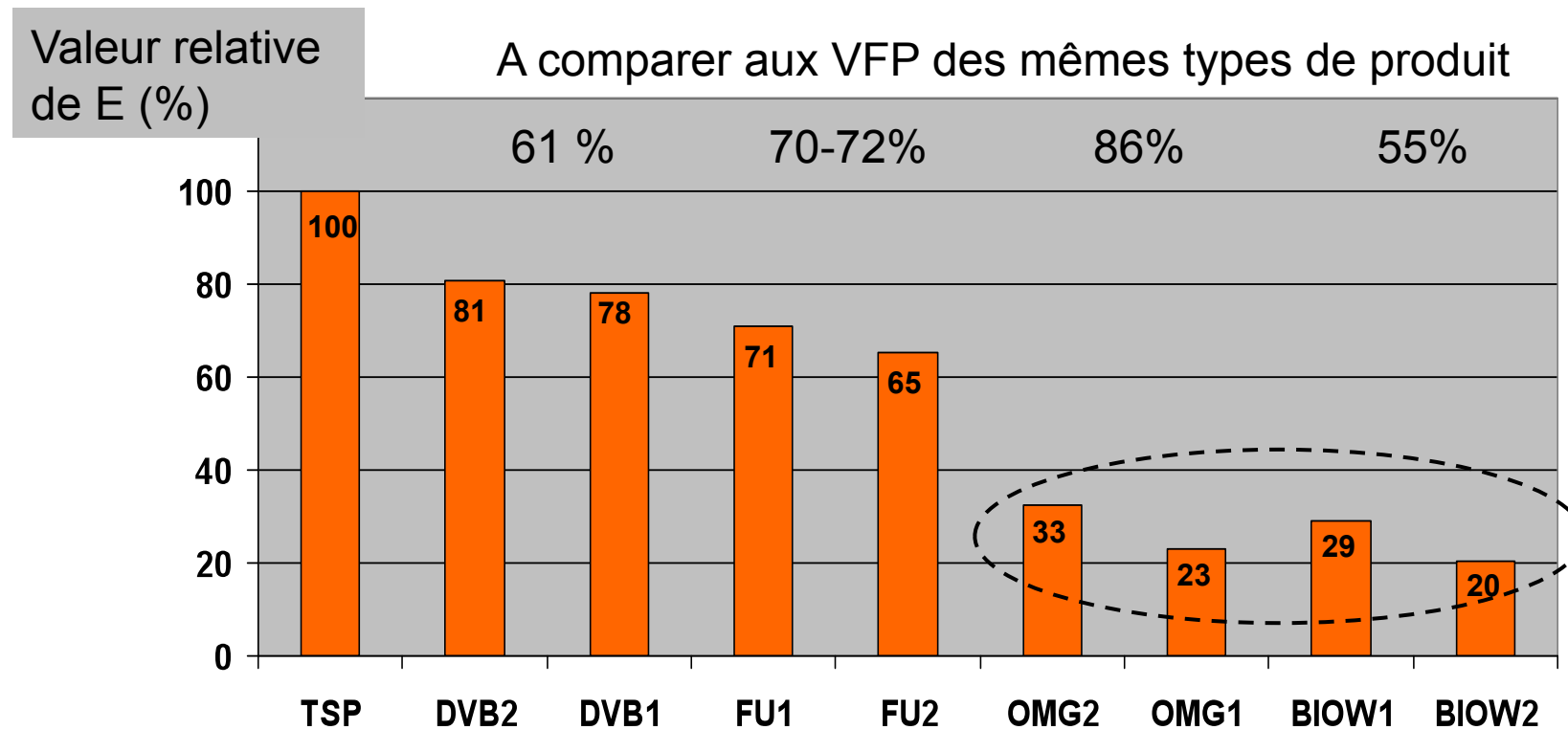


Indicateur de mobilité  
du P de l'engrais :

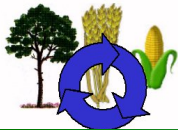
$$\frac{\Delta E}{E_{total}} \times 100$$



## Mesure de la mobilité du P par incubation



DVB1 et DVB2 : composts de boue; FU1 et FU2 : fumiers de bovins – OMG1 et OMG2 : composts d'ordures ménagères – BIOW1 et BIOW2 : composts de biodéchets



## **Conclusions**

### **Biodisponibilité à court terme :**

Des résultats, mais surtout dans le domaine des déchets organiques.

Equivalence entre la biodisponibilité du P de nombreux déchets organiques et celle d'une forme minérale soluble de phosphore.

La plupart des boues d'épuration et des produits d'origine porcine doivent être considérés comme des engrais phosphatés.

Certains traitements (compostage, digestion) diminuent la biodisponibilité du P.

Dans le cas de produits minéraux, une méthode ne nécessitant pas l'utilisation de l'isotope radioactif  $^{32}\text{P}$  est envisageable (courbes de réponse à des doses croissantes de P)



## **Conclusions**

### **Essais de plein champ**

Peu de données, peu de protocoles adaptés à l'étude du phosphore.

Lorsque la VFP est  $> 80\%$  et dans le cas d'apports répétés sur une même parcelle, prendre en compte la totalité du P apportée

### **Tests de laboratoire**

Des écarts parfois importants entre VFP et mesure de mobilité sans plante dans le cas de produits organiques rapidement dégradables.

Ces tests devraient être facilement applicables à des produits minéraux