2ème Session : valeur agronomique des PRO

INRA
Institut National de la Recherche Agronomique

Mission Recyclage Agricole du Haut-Rhin

Valeur fertilisante de PRO : Exemple du phosphore

Christian MOREL, (INRA, TCEM Bordeaux)

Avec la collaboration de A. SCHAUB, N. VALENTIN, S. HOUOT

Le contexte et les enjeux des travaux réalisés sur la valeur phosphatée des PRO

Une gamme très large de produits

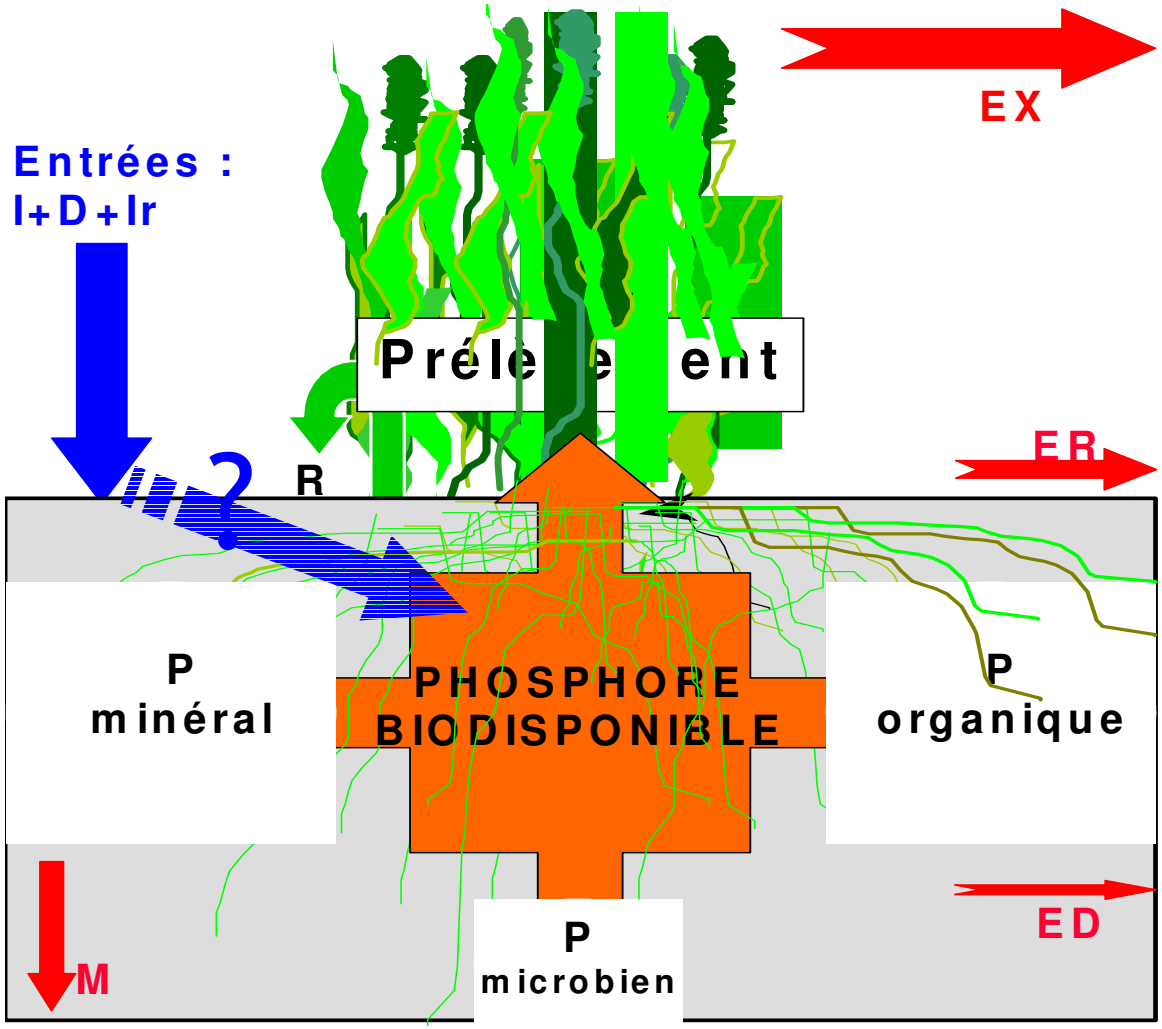
- Boues de station d'épuration : boues urbaines, agro-industrielles
- Composts d'origine urbaine : déchets verts, biodéchets, ordures ménagères, mélanges boues+déchets
- Effluents d'élevage : fumiers, lisiers, litières, produits compostés seul ou en mélange

Le contexte et les enjeux des travaux réalisés sur la valeur phosphatée des PRO

- Diversité et hétérogénéité des PRO épandus en agriculture
- Evolution continuelle des filières, des procédés de traitement
- Manque/absence de références actualisées sur le devenir à long terme du phosphore des produits résiduaires organiques
- Mise au point d'outils de simulation/prévision du fonctionnement du cycle biogéochimique du phosphore des parcelles cultivées pour de gammes larges de PRO×sol

Devenir du phosphore des PRO après épandage

P biodisponible: fraction du P total du sol susceptible de participer à la nutrition des cultures



Objectifs des travaux réalisés sur la biodisponibilité du phosphore des PRO

- Caractériser la disponibilité du phosphore contenu dans différents PRO et identifier les sources de variation (boues chaulées ou non) dans les conditions du champ

- Quantifier ❶les flux de phosphore entrants et sortants à l'échelle de la parcelle et ❷la variation correspondante de stock du P biodisponible après épandage au champ.

- Produire, adapter et calibrer des outils de prédiction et d'aide à la décision

Dispositif d'Ensisheim: présentation

Expérimentation au champ d'Ensisheim: **3 tt ×4 blocs** =12 parcelles
Début: 1995; culture continue de maïs (sauf blé en 2005).
Echantillons de terre prélevés (0-20 cm) **tous les ans**.

3 traitements :

- **témoin minéral** avec fertilisation phosphatée et azotée (TN)
- **BOUE:** 5 années d'épandage (1995, 1998, 2001, 2003, 2004)
- **BCH:** 5 années d'épandage (1995, 1998, 2001, 2003, 2004)

Densité apparente de 1.6 kg/L
soit **3200 tonnes de terre**

Argile %	23
Limon %	46
Sable %	30
MO %	1.8
pHeau	6.0

Dispositif d'Ensisheim : analyses

Analyse 'plante'

- Tous les ans mesure des récoltes et de la teneur en P
- Calcul des exportations de P chaque année
- Calcul du bilan annuel et cumulé

Evaluation du P biodisponible 'terre 0-20 cm'

- Mesure de la concentration des ions phosphates dans la solution de sol après mise en suspension: tous les échantillons (sauf 2005).
- Détermination (1995; 2003) de la quantité d'ions phosphate diffusibles (par traçage isotopique et analyse par dilution isotopique (Fardeau)); calibration de la fonction dynamique
- Extraction Olsen

Composition élémentaire des PRO: résultats

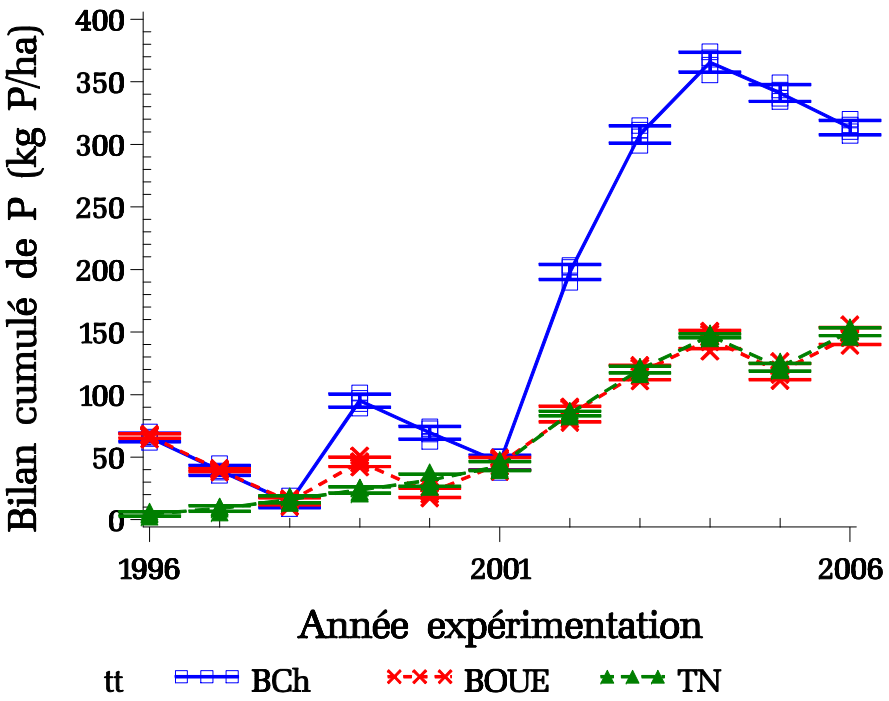
Moyenne 5 épandages (∑85 t brute)

	MS	P	N	N/P	pH	CaO
	%	kg t MS^{-1}				kg t MS^{-1}
BOUE	15.6	21.7	66.9	3.1	7	43
BCH	32.5	21.4	36.4	1.8	10	254

Une même teneur en P; une teneur en azote, protons et calcium variable.

Dispositif d'Ensisheim : résultats

Bilan cumulé de phosphore de 1996 à 2006: $\sum_i$(bilan annuel)$_i$



TN	+150
BOUE	+147
BCH	+313

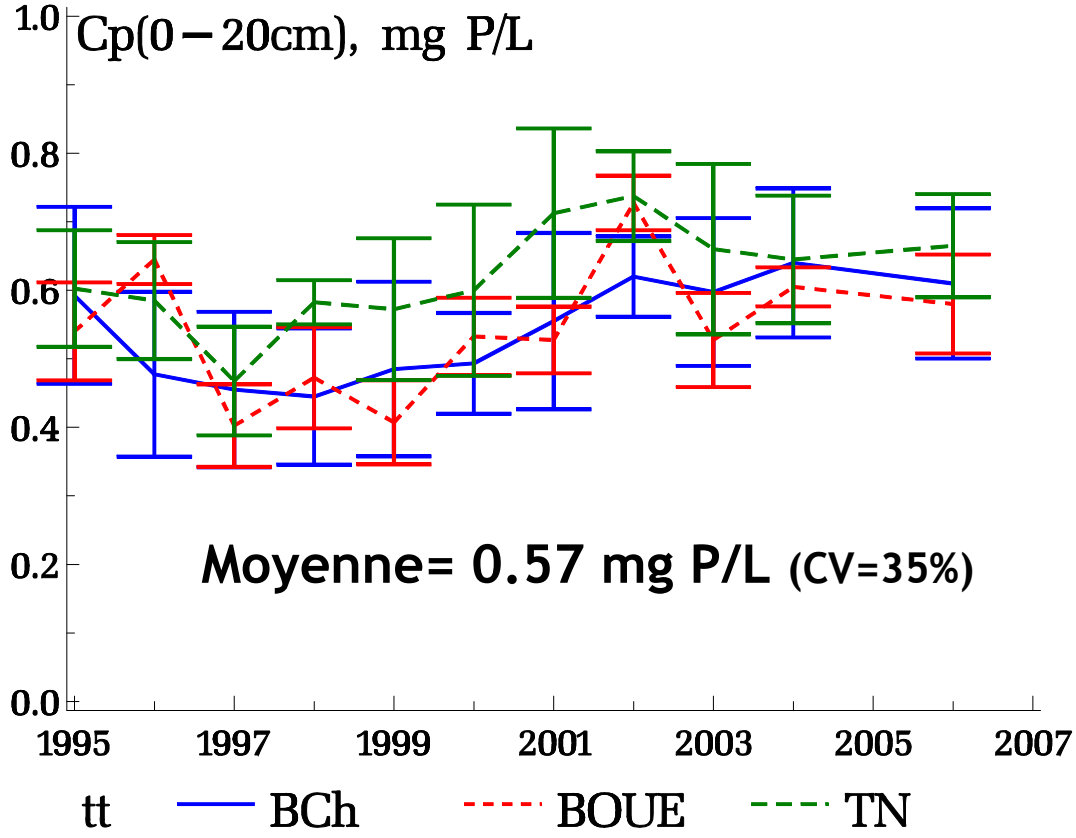
Accumulation de P sur 10 ans: de l'ordre de 10% à 20% du stock de P total (0-20 cm)

Dispositif d'Ensisheim résultats

Résultats: P biodisponible

1/ ions P dissous

Evolution pluriannuelle des ions phosphates dissous



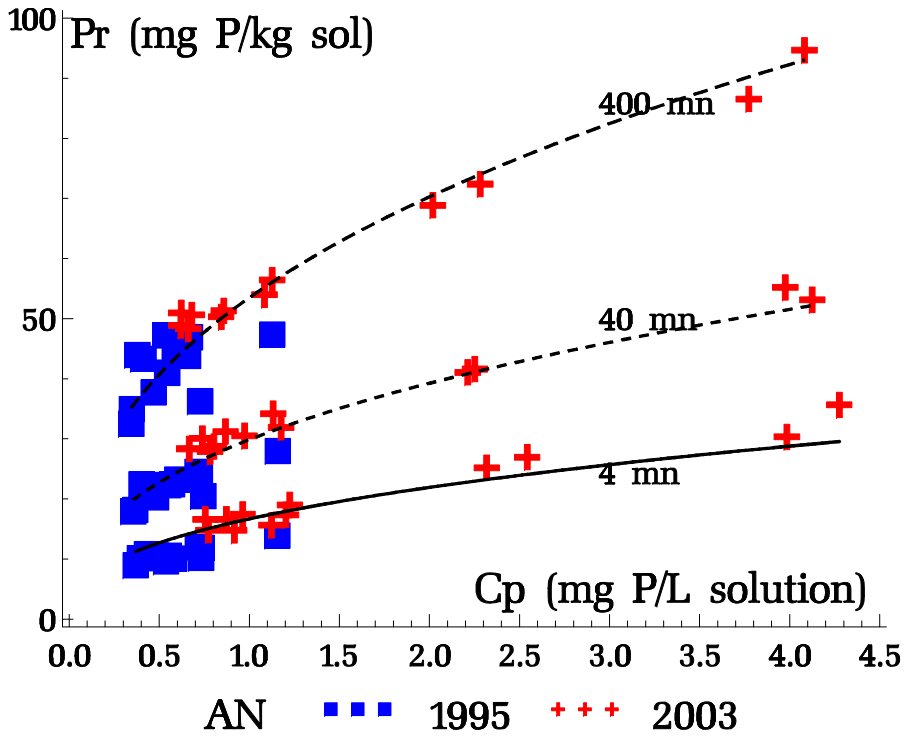
Cp invariant avec année et tt; variabilité spatiale élevée au sein du dispositif

Dispositif d'Ensisheim : résultats

Phosphore biodisponible=

2/ calibration de la dynamique des ions P diffusibles à l'interface solide-solution

Pour 1995, TN et BOUE en 2003



Effet significatif de l'épandage de BCH sur la dynamique des ions phosphates diffusibles

Dispositif d'Ensisheim : résultats

Phosphore biodisponible=
3/ ∑ ions phosphate dissous et diffusibles

Calcul pour chaque parcelle×date d'échantillonnage de la teneur (mg P kg^{-1} sol) en (Q_W+Pr_{1an});

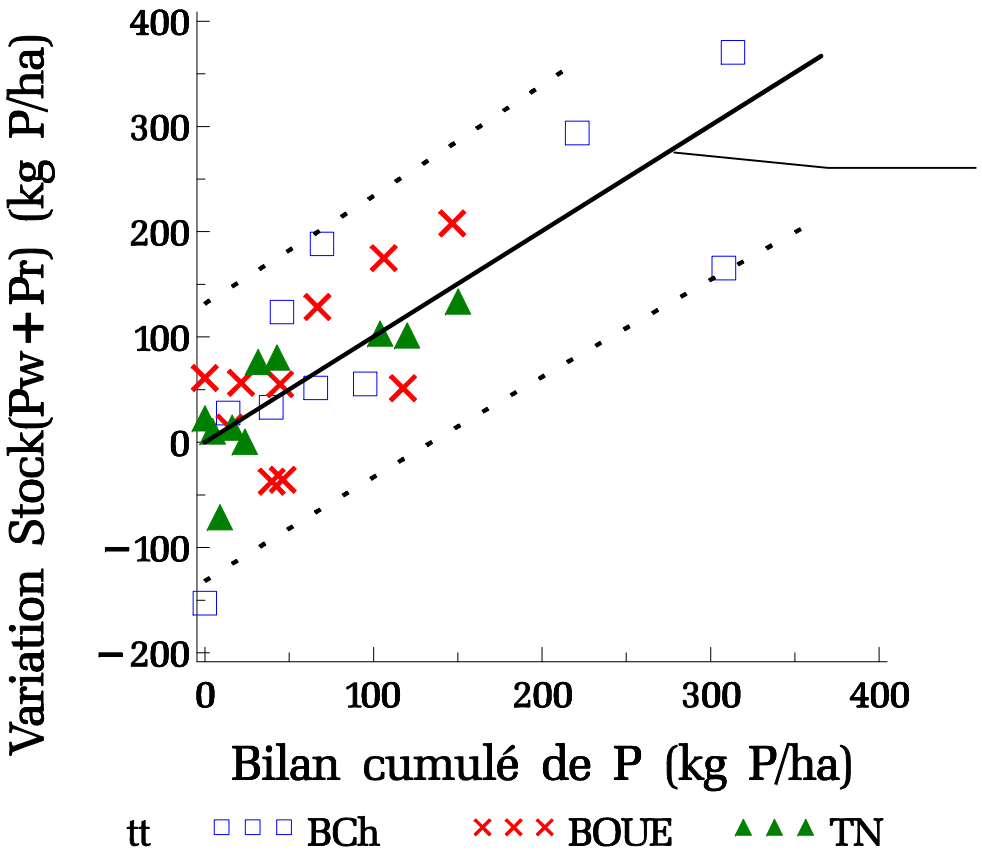
Calcul du stock(Q_W+Pr_{1an}) pour 0-20 cm (kg P ha^{-1})

Détermination pour chaque parcelle de la régression linéaire entre stock (Q_W+Pr_{1an}) vs. Bilan cumulé de P

Analyse parcelle par parcelle des variations de stock en fonction du bilan et comparaison des intrants

Dispositif d'Ensisheim : résultats

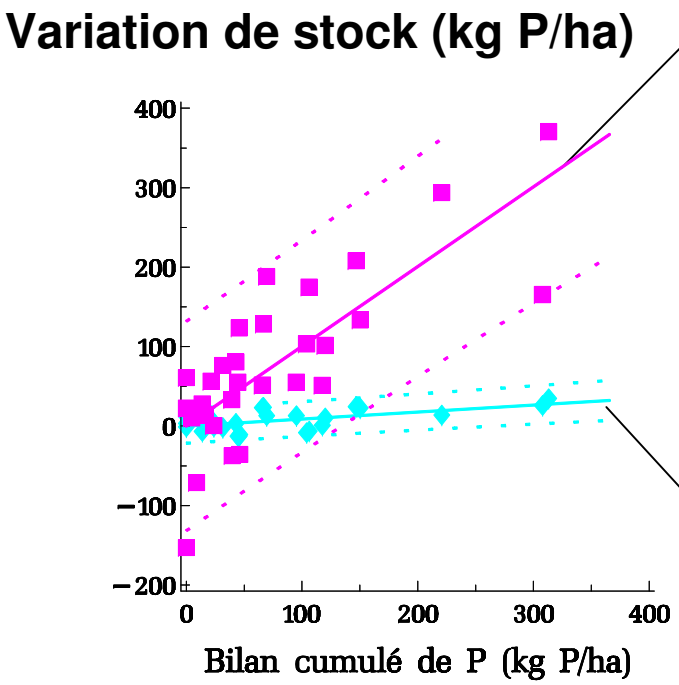
Variation du stock (0-20 cm) d'ions P dissous et diffusibles



y= 1.01x, r^2=0.76
Relation de causalité
Pas de différence entre PRO (BOUE ou BCH) et engrais minéral soluble

VF(P-BCh & P-BOUE) long terme = 100%

Dispositif d'Ensisheim : résultats



Ions P dissous et diffusibles :
$y = 1.01x$, $r^2 = 0.76$

Extraction Olsen :
$y = 0.065x$, $r^2 = 0.28$

VF(P-BCh & P-BOUE)) long terme = 100% ∀ approche méthodologique

dispositif d'Ensisheim : conclusions

Constitution d'une base de données sur la valeur fertilisante **à long terme** du P-PRO: P contenu dans BOUE et BCH = 100% du P minéral soluble

Evaluation d'outils et de méthodes pour caractériser les PRO: Ions P (dissous+diffusibles) = indicateur pertinent d'évaluation de l'évolution pluriannuelle de la disponibilité

Perspectives

Etudier d'autres situations sols×PRO sur la base des mêmes concepts: essai Feucherolles en cours et d'autres à venir

Modélisation quantitative dynamique et simulation sur le long terme du P biodisponible