

**Apport de l'essai P de longue durée
de Toulouse Auzeville
pour la gestion du phosphore
à partir des analyses de terre,
dans les systèmes de culture
à bas niveaux d'intrants du sud de la France.**

COLOMB Bruno

UMR 1248 AGIR INRA/ENSAT,
BP 52627 Auzeville, F-31326 Castanet Tolosan,
colomb@toulouse.inra.fr

Références attendues des essais de longue durée pour la gestion du phosphore dans les systèmes de culture

- Réponses productives en fonction des traitements de fertilisation
- Concentrations en P des parties végétales récoltées
- Exportations de P, occasionnées par les récoltes

- Bilan de P annuels et cumulés au cours du temps
- Sens et vitesse d'évolution des indicateurs de l'état de fertilité P du sol

- Relation entre réponse des cultures et les états de fertilités P créés au cours du temps
- Mise en évidence de seuils de fertilité vis-à-vis des performances productives attendues
- Mise en évidence des niveaux d'apports d'engrais compatibles avec le maintien des seuils de fertilité optimum.

Présentation de l'essai P de longue durée INRA Auzeville (31)



Création 1969

Un **essai de fertilisation P** adossé à un dispositif d'étude des **systèmes de cultures** en Midi-Pyrénées, avec plusieurs niveaux d'intensification.

Le choix des cultures et des itinéraires techniques pour l'essai P correspond aux niveaux d'intensification faibles à modérés testés sur le dispositif SdC entre 1969 et 2002.

Un sol alluvial argilo-calcaire profond

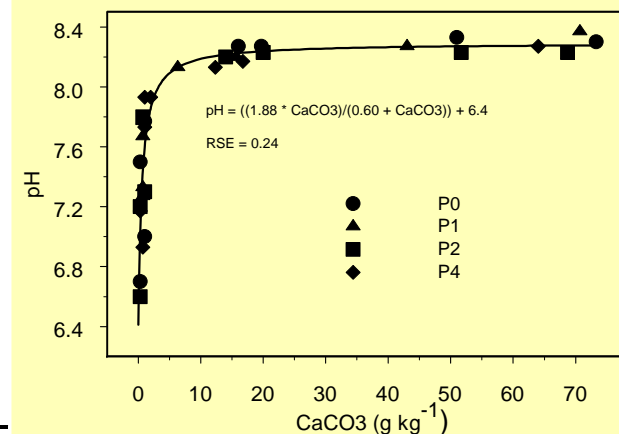
Développé sur molasse (présence de l'horizon BtCa carbonaté entre 0.4m et 1.2 m)

Texture LAS, à teneurs variables en argile (gradient) et CaCO₃.

Structure et stabilité structurale : moyenne à bonne

Réserve utile en eau : ~ 150mm / m

Propriétés du sol	Unités	Min	Moyenne	Max
Argile	g/kg	204	258	302
Limon fin	g/kg	147	168	192
Limon grossier	g/kg	141	167	190
Sable fin	g/kg	170	198	220
Sable grossier	g/kg	84	164	278
CEC	cmol(+)/kg	10,4	15,6	18
CaCO ₃	g/kg	0	17,4	73
pH (sol/eau 1:10)	-	6,6	7,79	8,4
Carbone total	g/100g	0,82	0,9	0,97
Azote total	g/100g	0,101	0,12	0,134
C/N	g/g	6,9	7,6	8,1
Total P	mg/kg	402	546	690
P organique	mg/kg	129	159	197
P Olsen	mg/kg	4,4	6,2	9,2



Cultures pratiquées. Niveaux d'intrants appliqués

- **Cultures pratiquées sur la période 1969-2003**

– Blé	11	50 qx	(moyennes des Ymax observés en P4)
– Maïs	9	84 qx	
– Tournesol	5	31 qx	
– Sorgho	4	63 qx	
– Soja	3	34 qx	
– Féverole	2	34 qx	
– Pois	1	26 qx	
– Colza	1	34 qx	
– Ratio culture été / culture hiver = 1 / 2			
– Ratio légumineuse / non légumineuse à graine = 1 / 8			



- **Conduite :**

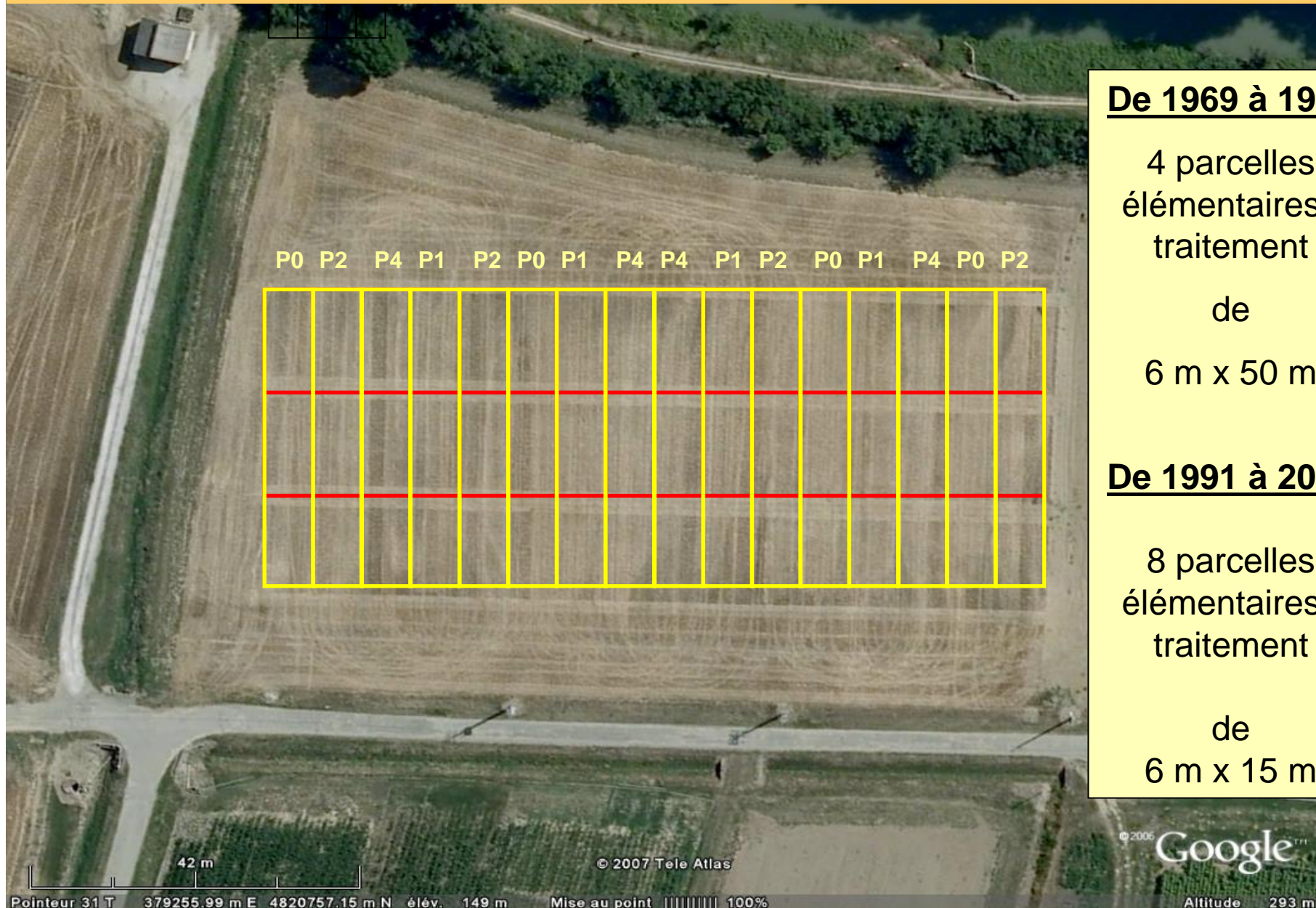
- Irrigation : 7 maïs, 1 soja, 1 tournesol (50 à 80 % de la demande en eau)
 - ☞ **Stress hydrique modéré à fort : 22 cultures sur 36**
- Fertilisation azotée : niveau variable (faible à modéré)
- Fournitures annuelles moyenne du sol en N_NO3 ~ 70 / 80 unités
- Tous résidus de culture enfouis. Pas d'apport d'amendement.

Itinéraires de fertilisation appliqués

- Itinéraire P0 :
 - Aucun apport de P depuis 1969 à 2007
- Itinéraire P1 :
 - 17,5 kg de P / ha /an de 1969 à 1991
 - 11 kg de P / ha /an de 1992 à 2007
- Itinéraire P2 :
 - 35 kg de P / ha /an de 1969 à 1991
 - 22 kg de P / ha /an de 1992 à 2007
- Itinéraire P4 :
 - 70 kg de P / ha /an de 1969 à 1991
 - 22 kg de P / ha /an de 1992 à 1993
 - 33 kg de P / ha /an de 1994 à 2007

A retenir : un changement important dans les niveaux d'apport annuel de P en 1991

Nombre et disposition des parcelles élémentaires / traitement.



De 1969 à 1991

4 parcelles
élémentaires /
traitement

de

6 m x 50 m

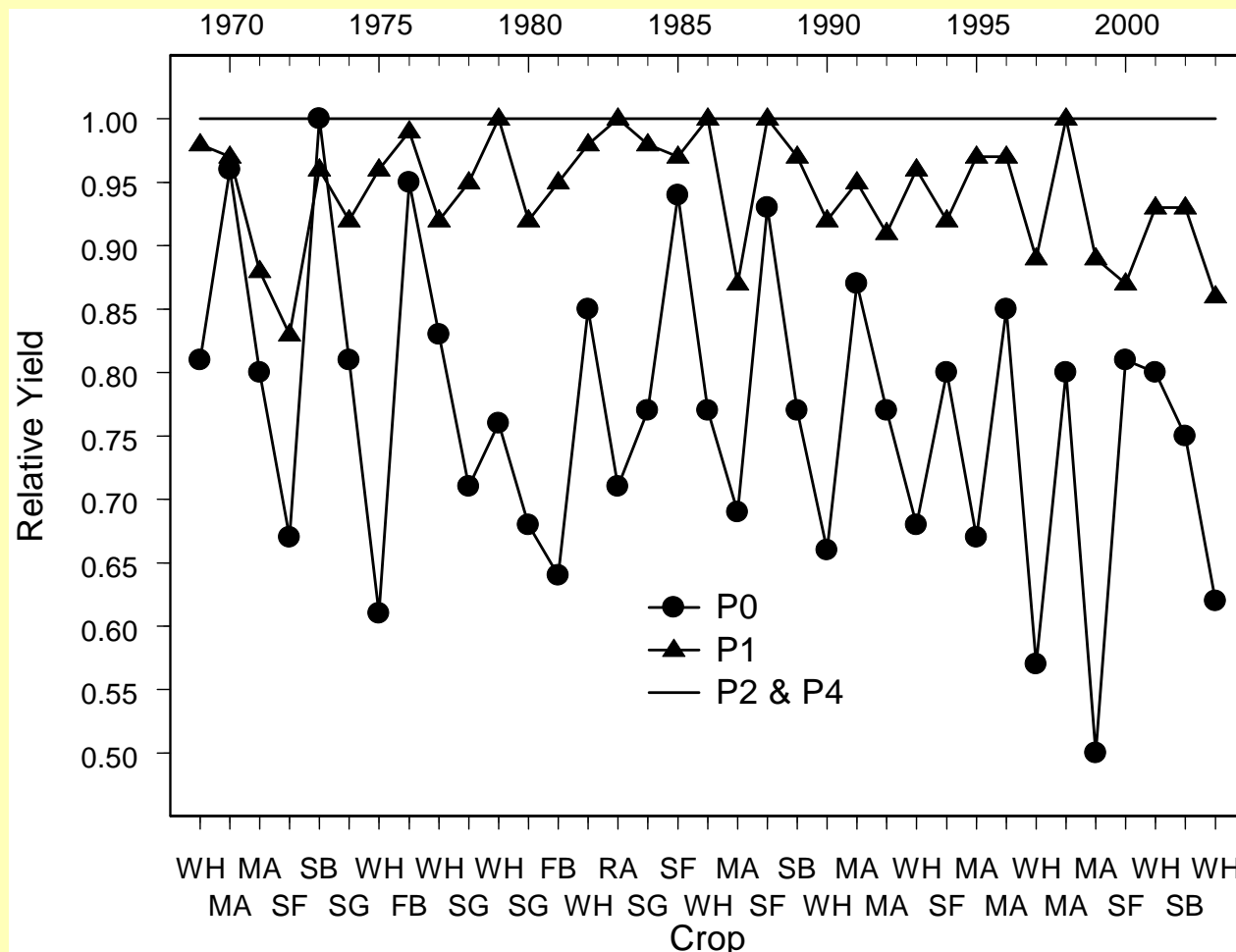
De 1991 à 2007

8 parcelles
élémentaires /
traitement

de

6 m x 15 m

Différenciation de la production en fonction des itinéraires de fertilisation ou non fertilisation (1969-2003)



Ymax observés pour P4, P2 et P1 (hormis 3 années pour P1).

Y P0 significativement plus faibles (hormis 4 années)

Production relative en l'absence de fertilisation

Moyenne générale : 0,77

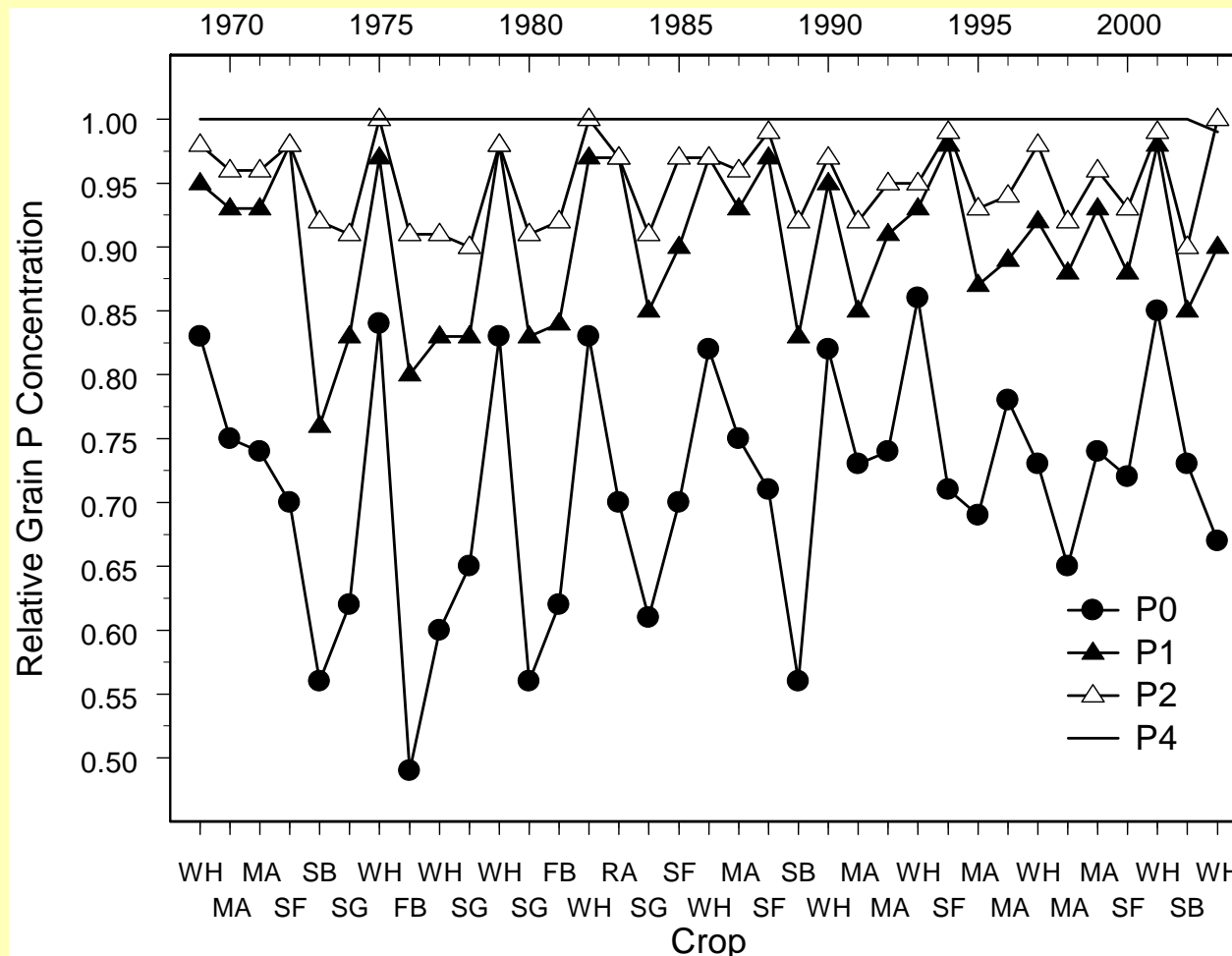
Blé dur : 0,6

Blé tendre, Maïs, Sorgho 0,75

Tournesol : 0,8

Cultures (WH blé; MA maïs; SB soja; FB féverole; RA colza; SF tournesol; SG sorgho).

Différenciation de la concentration en P des grains en fonction des itinéraires de fertilisation ou non fertilisation



Concentration en P des grains maximale (CPGmax) observée en P4.

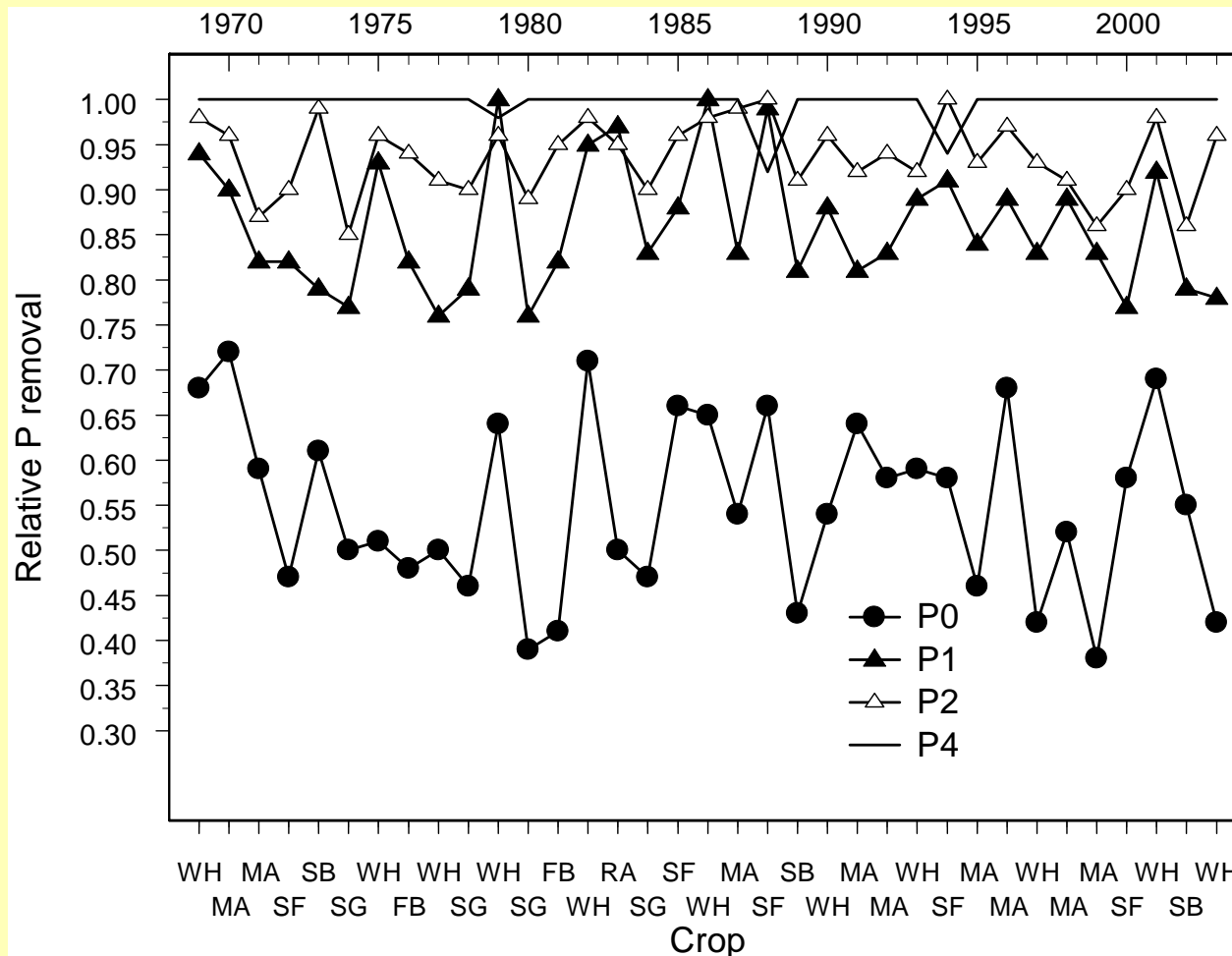
CPG relatives pour les autres traitements :

P2 : 0,9 à 1,0

P1 : 0,75 à 0,97

P0 : 0,5 à 0,85

Différenciation des exportations en P des grains en fonction des itinéraires de fertilisation ou non fertilisation



Exportations de P

(kg P /ha/an)

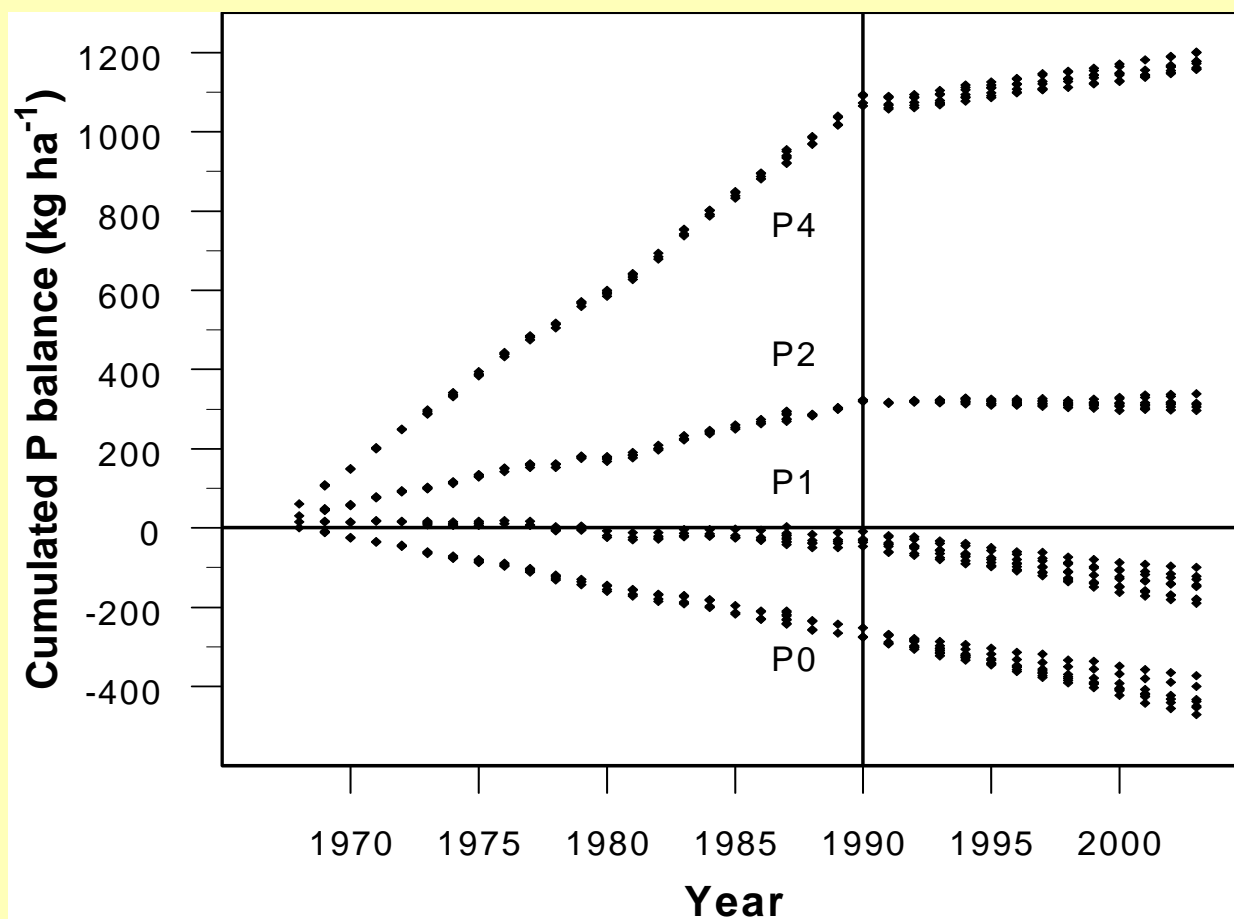
P4 : 21,9

P2 : 20,5
(85 à 100% de P4)

P1 : 18,6
(75 à 100% de P4)

P0 : 11,7
(40 à 75 % de P4)
(53 % en moyenne)

Evolution du bilan de P cumulé au cours du temps



**Bilans cumulés
de P en 2003 :**

(kg P /ha/an)

P4 : + 1180

P2 : + 320

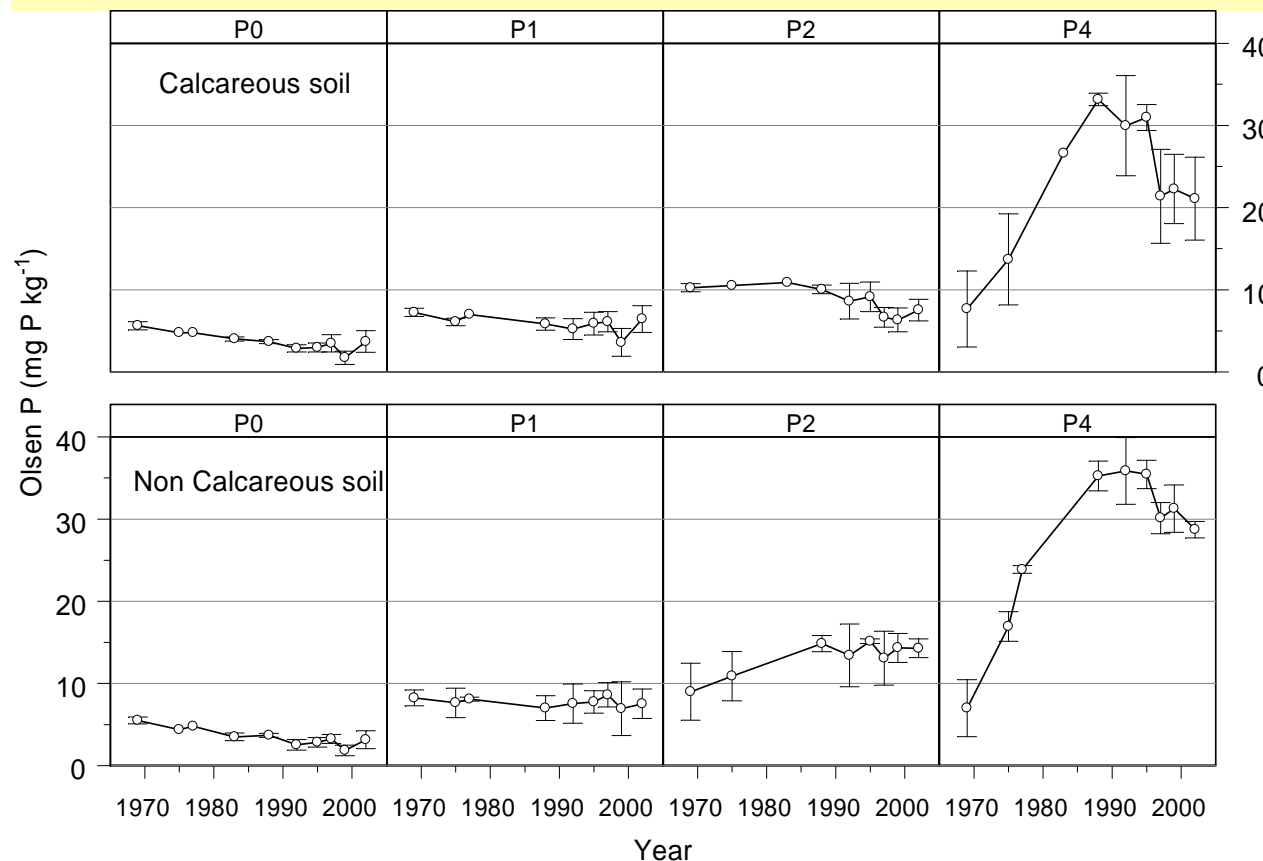
P1 : - 150

P0 : - 432

Evolution de la concentration des sols en P extrait au réactif Olsen (1954)

1/ Les itinéraires de fertilisation ont conduit à des évolutions très différenciées

2/ Les propriétés du sol peuvent influencer sur la vitesse d'évolution



Dans les zones carbonatées :

- Les évolutions positives de P Olsen sont plus lentes
- Les évolutions négatives de P Olsen sont plus rapides

Une évolution du P Olsen f(t) fortement contrastée selon les itinéraires de fertilisation, influencée par les propriétés du sol

Sur la période 1969 à 1991 (régimes d'apport initiaux)

- **Itinéraire P0 :**

- baisse régulière et identique en sols carbonatés et sols non carbonatés

$$\Delta P_{\text{Olsen}} = -0.10 \text{ mg P / kg de terre / an}$$

- **Itinéraire P1 :**

- Maintien du P Olsen en sols non carbonatés
- Légère baisse en sols carbonatés

$$\Delta P_{\text{Olsen}} = -0.065 \text{ mg P / kg de terre / an}$$

- **Itinéraire P2 :**

- Hausse du P Olsen en sols non carbonatés
- Maintien en sols carbonatés

$$\Delta P_{\text{Olsen}} = +0,30 \text{ mg P / kg de terre / an}$$

- **Itinéraire P4 :**

- Hausse du P Olsen en sols non carbonatés
- Hausse du P Olsen en sols carbonatés

$$\Delta P_{\text{Olsen}} = +1,47 \text{ mg P / kg de terre / an}$$

$$\Delta P_{\text{Olsen}} = +1,36 \text{ mg P / kg de terre / an}$$

Une évolution du P Olsen f(t) fortement contrastée selon les itinéraires de fertilisation, influencée par les propriétés du sol

Sur la période 1991 à 2002 (doses d'apport diminuées en P1, P2 et P4)

- **Itinéraire P0 :**

- Maintien du P Olsen en sols carbonatés et sols non carbonatés à un niveau très faible

$$P_{\text{Olsen}} = 3,5 \text{ mg P / kg de terre}$$

- **Itinéraire P1 :**

- Maintien du P Olsen en sols non carbonatés
- Maintien en sols carbonatés

$$P_{\text{Olsen}} = 7,5 \text{ mg P / kg de terre}$$

$$P_{\text{Olsen}} = 6,4 \text{ mg P / kg de terre}$$

- **Itinéraire P2 :**

- Maintien du P Olsen en sols non carbonatés
- baisse en sols carbonatés

$$P_{\text{Olsen}} = 14,3 \text{ mg P / kg de terre}$$

$$\Delta P_{\text{Olsen}} = -0,19 \text{ mg P / kg de terre / an}$$

$$P_{\text{Olsen}} = 7,5 \text{ mg P / kg de terre}$$

- **Itinéraire P4 :**

- baisse du P Olsen en sols non carbonatés
- baisse du P Olsen en sols carbonatés

$$\Delta P_{\text{Olsen}} = -0,76 \text{ mg P / kg de terre / an}$$

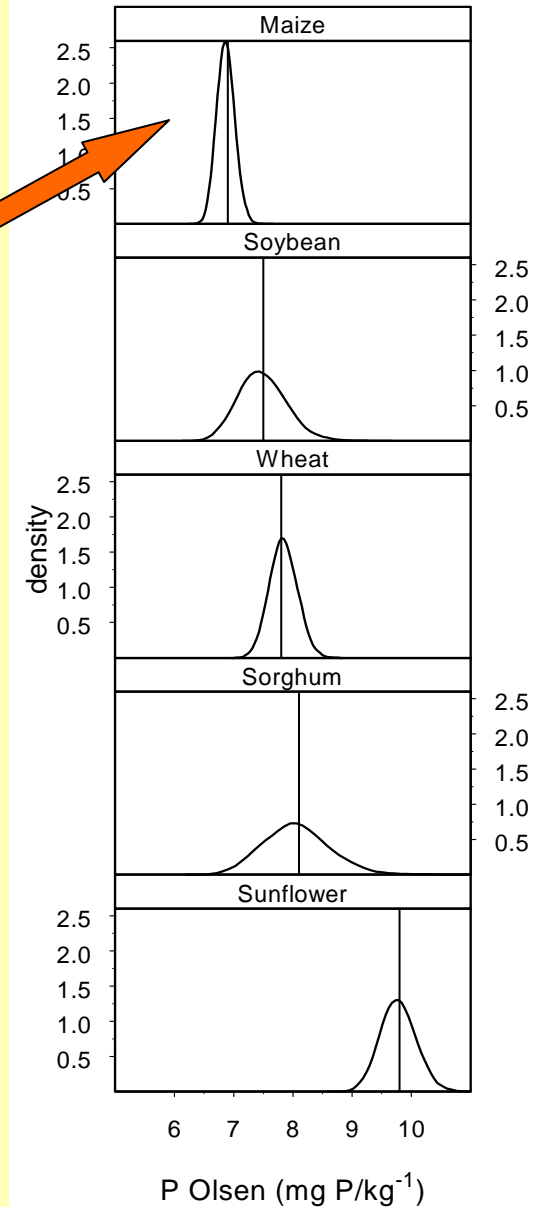
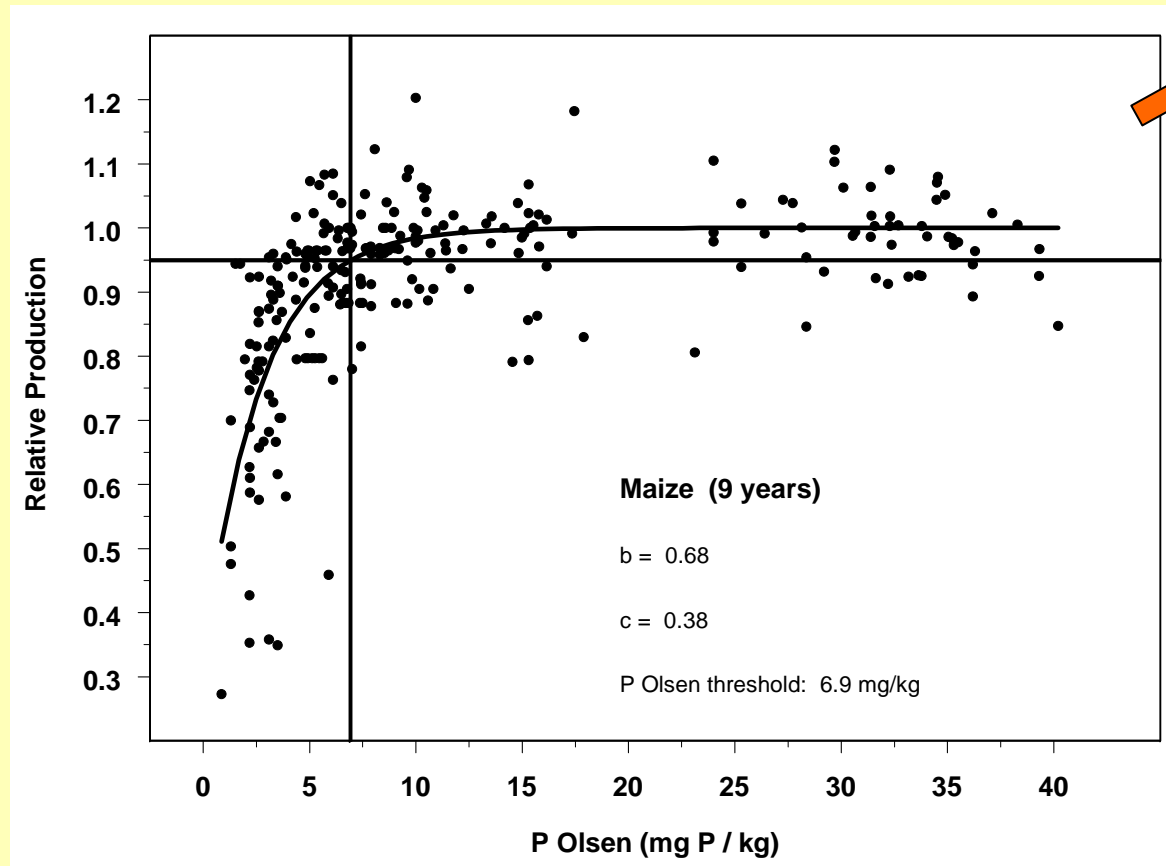
$$P_{\text{Olsen}} = 28,7 \text{ mg P / kg de terre}$$

$$\Delta P_{\text{Olsen}} = -1,06 \text{ mg P / kg de terre / an}$$

$$P_{\text{Olsen}} = 21,1 \text{ mg P / kg de terre}$$

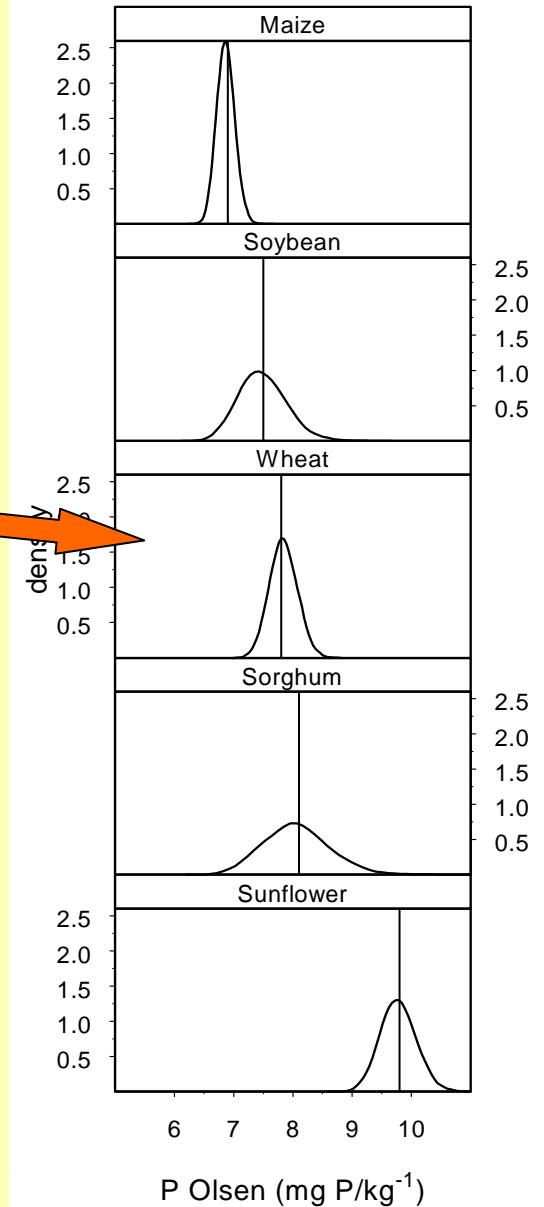
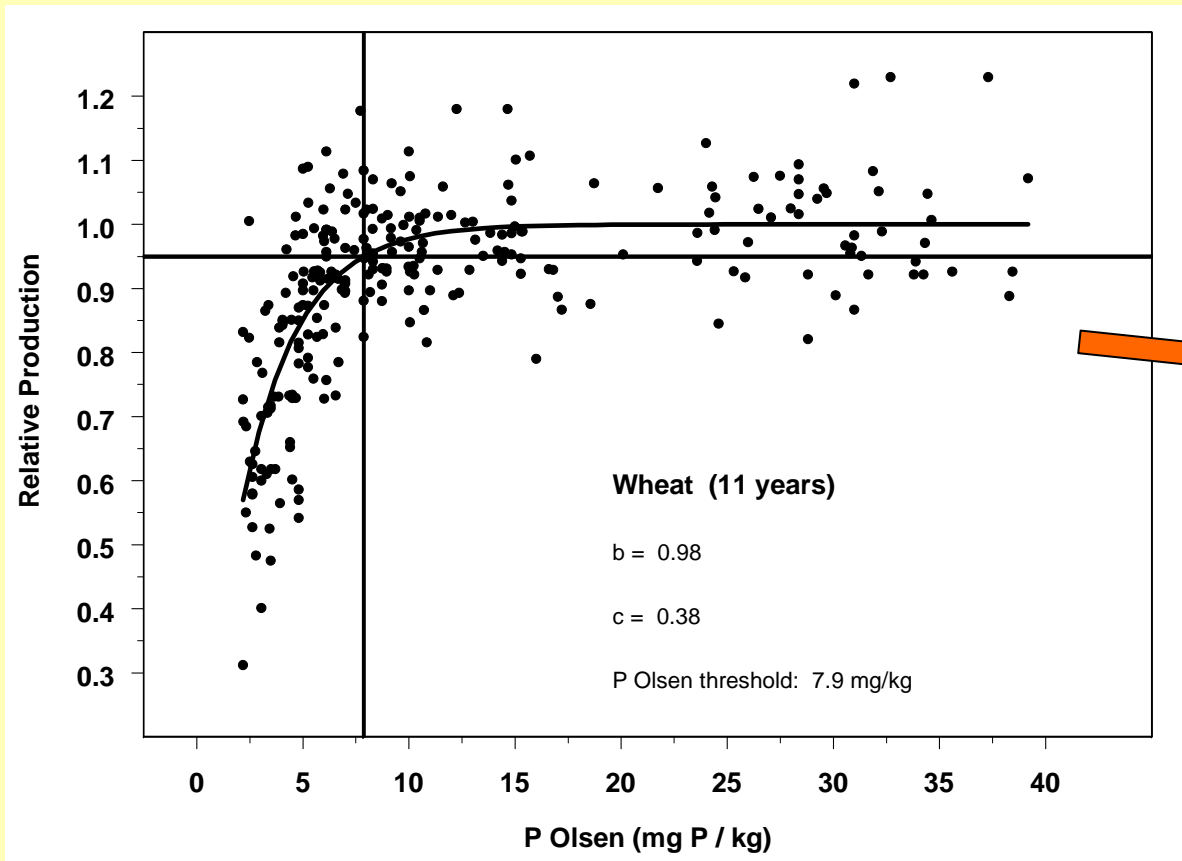
Relation entre la production et la concentration en P Olsen

Teneur seuil pour Maïs (9 années) : 6,9 mg P / kg



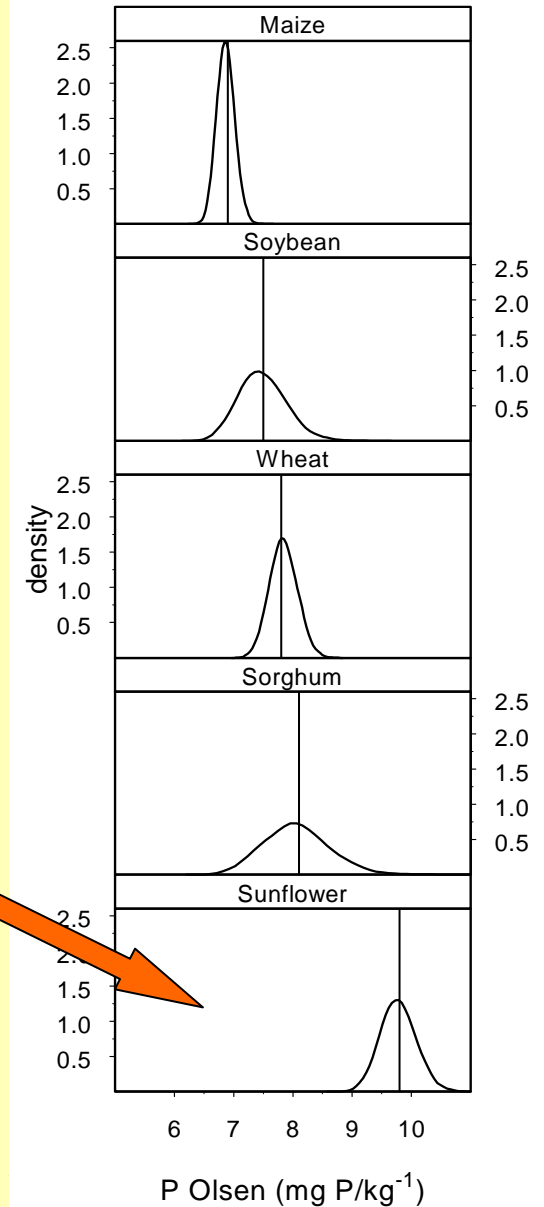
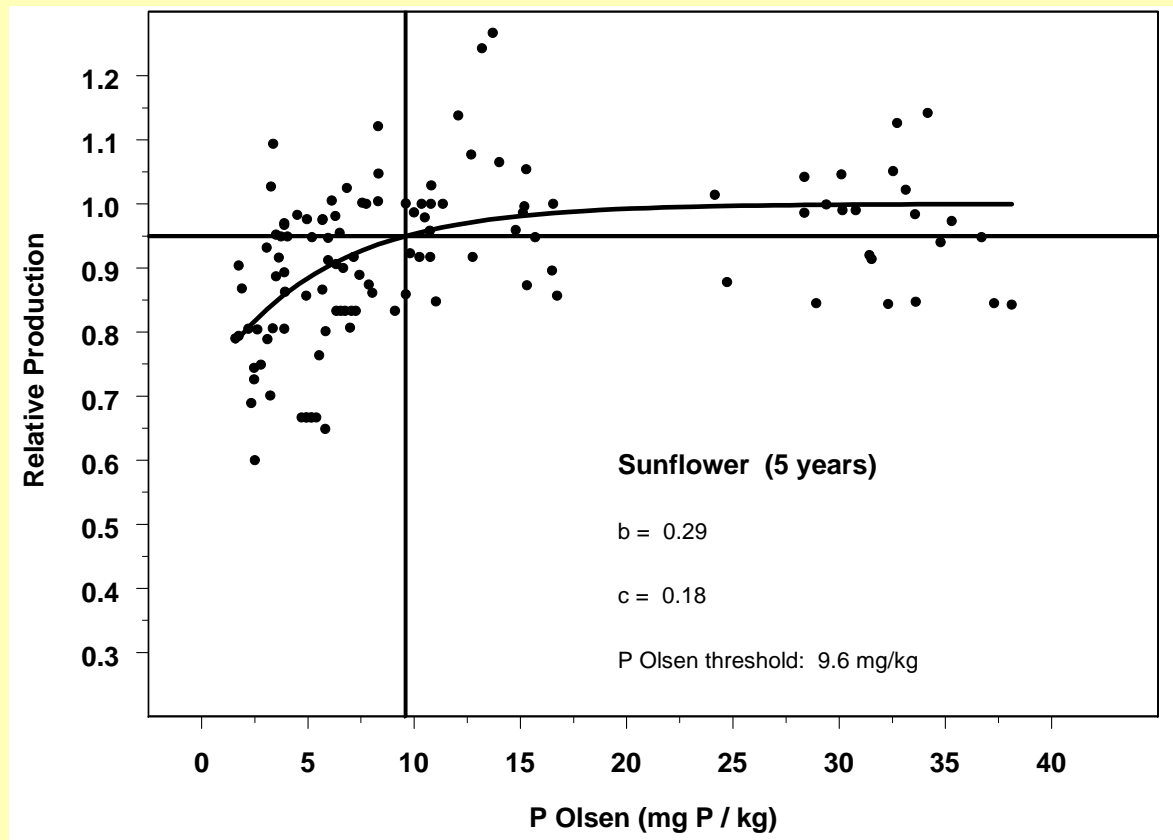
Relation entre la production et la concentration en P Olsen

Teneur seuil pour BLE (11 années) : 7,9 mg P / kg

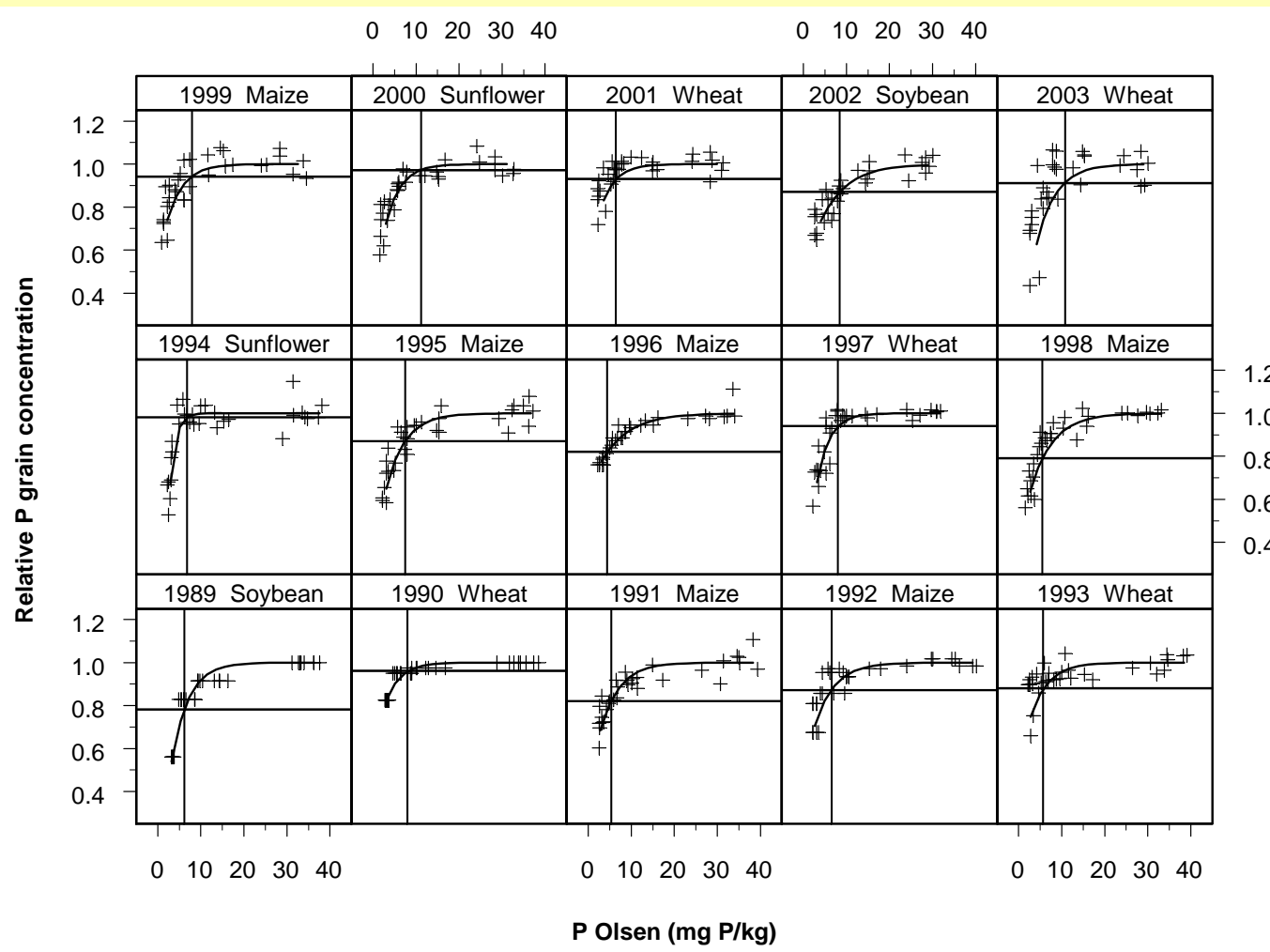


Relation entre la production et la concentration en P Olsen

Teneur seuil pour Tournesol (5 années) : 9,6 mg P / kg



Concentration en P des grains en fonction de la concentration en P Olsen du sol



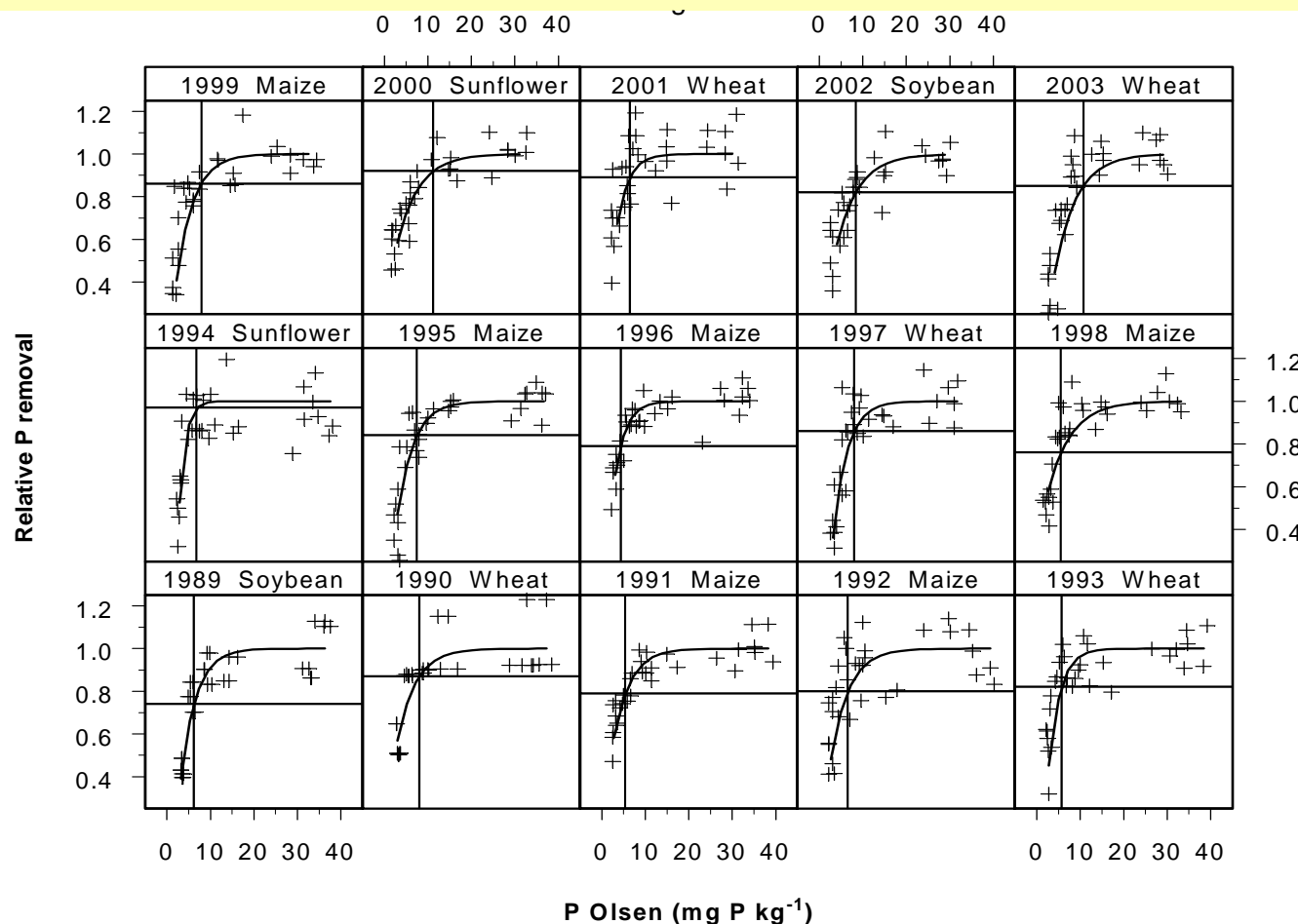
Relation étroite entre les teneurs en P brutes ou relatives et P Olsen.

Le domaine de variation de CPG est de 1 à 2 entre valeurs extrêmes

Bon ajustement des données avec modèle de Mitscherlich
 → Utile pour la prévision

Aux teneurs seuils de P Olsen pour la production, les CPG relatives varient entre 0,8 et 0,95 avec une exception pour le tournesol.

Exportations en P en fonction de la concentration en P Olsen du sol



Bonne relation entre les exportations et P Olsen.

Le domaine de variation des exportations est de 1 à 2,7 entre valeurs extrêmes

Bon ajustement des données avec modèle de Mitscherlich

Aux teneurs seuils de P Olsen **pour la production**, les exportations relatives varient entre 0,75 et 0,95 (exception tournesol).

→ **Enrichir au-delà des seuils augmente les exportations de 5 à 25 %, non associées à une ↗ de la production.**

Conclusions sur l'apport de l'essai P de Toulouse Auzeville pour la gestion de P dans les systèmes de grandes cultures

- Un essai de longue durée simple dans son protocole,
- représentatif des SDC mis en place *sur sols argilo-calcaires alluviaux du Midi-Toulousain, peu ou non irrigués.*
- Ayant produit les références utiles à une gestion économe du P dans ces systèmes, sans que cet élément soit limitant pour la production
 - Teneur seuils en P extractible (réactif Olsen)
 - Niveaux d'apport annuel compatible avec le maintien de ces seuils
 - Risques encourus en cas d'écart à ces apports sur le long terme
- Résultats utiles au débat (ré)ouvert par le groupe PK du COMIFER , sur la nécessité d'adapter les pratiques de fertilisation en fonction du potentiel de production des parcelles.

Merci de votre attention.