

LA TENEUR EN PHOSPHORE DES GRAINS DEPEND FORTEMENT DE L'OFFRE EN PHOSPHATE DU SOL COMMENT FORMALISER CETTE RELATION ?

Pascal DENOROY *pascal.denoroy@bordeaux.inra.fr* INRA UMR ISPA Bordeaux
Centre de Recherche de Bordeaux 71 avenue Edouard Bourlaux 33882 Villenave d'Ornon Cedex
André GAVALAND INRA UE Toulouse Auzeville
Centre de Recherche de Toulouse Auzeville 24 Chemin de Borde Rouge, 31326 Castanet-Tolosan
Christophe MONTAGNIER INRA UE Versailles-Grignon
Centre de Recherche de Versailles-Grignon Rd 10 - Route de Saint-Cyr, 78026 Versailles

La teneur en P des récoltes est un paramètre nécessaire au calcul exact des bilans en P. Le COMIFER a proposé en 2007 des valeurs de références médianes pour ces teneurs. Toutefois, la compilation bibliographique faite lors de ce travail du COMIFER a mis en évidence que les teneurs réelles en P des récoltes varient fortement autour de ces médianes.

Dans le calcul du bilan de P à la parcelle, la teneur des récoltes semble pouvoir varier plus fortement que le rendement (Denoroy *et al.* 2013)

De nombreux travaux (Colomb *et al* 2007, Anthony *et al* 2013, ...) montrent une relation nette entre teneur en P mobile du sol et teneur en P des récoltes, mais de telles références restent rares en France.

Nous avons exploité des résultats d'essais de longue durée, où une large gamme de teneur en P du sol est disponible, pour répondre à ces 2 questions :

- (1) *Existe-t-il une réponse significative de la teneur en P total des récoltes à la teneur en P extractible du sol ? Quel est l'ordre de grandeur de sa variation relativement à la variation du rendement.*
- (2) *Quel modèle statistique simple est le plus performant pour formaliser cette relation ?*

Matériel & méthode

Les essais de longue durée utilisés sont ceux de Grignon-Folleville (78) sur luvisol, couvrant une gamme de P Olsen de 4 à 87 mg P par kg de terre, et celui de Toulouse Auzeville, sur luvisol calcifié couvrant une gamme de P Olsen de 3 à 36 mg P par mg de terre

Dix cultures à graines ont été étudiées, représentant chacune un cas moyen de l'espèce étudiée pour le site considéré. Pour le site de Folleville : blé tendre, blé dur, orge d'hiver, orge de printemps, maïs grain et colza, et pour le site d'Auzeville : blé dur, maïs grain, sorgho grain et tournesol.

Les gammes de variation des teneurs et rendements sont exprimés en indice par rapport aux valeurs moyennes pour le traitement médian P1. Ces indices de teneur et de rendement pour chaque traitement sont classés par le test de comparaison multiple de Tukey (seuil à 5 %).

La relation entre teneur P du grain et offre P du sol est ajustée aux trois modèles suivants :

Modèle logarithmique : $P_{\text{grain}} = a + b * \log(P_{\text{Olsen}})$

Modèle linéaire-plateau :

Si $P_{\text{Olsen}} > \text{seuil}$, $P_{\text{grain}} = \text{plateau}$; sinon $P_{\text{grain}} = \text{plateau} - \text{pente} * (\text{seuil} - P_{\text{Olsen}})$

Modèle Mitscherlich : $P_{\text{grain}} = \text{asymptote} * (1 - \exp(-(P_{\text{Olsen}} - a)/b))$

Dans ces équations, P_{grain} : teneur en P des grains en g P / kg MS ; P_{Olsen} : teneur en P Olsen de la terre en mg P/kg terre ; a, b, seuil, plateau, pente, asymptote : les paramètres des modèles (les paramètres des modèles sont ajustés par la procédure nls du logiciel R).

Résultats et discussion :

La gamme de variation de la teneur des récoltes est le plus souvent supérieure à celle des rendements et la différence entre traitements extrêmes est toujours très significative (une à plusieurs classes de comparaison entre traitements extrêmes). De façon générale, la variation relative de la teneur en P des grains est du même ordre de grandeur que celle du rendement, ce qui conduit à dire que pour calculer des bilans en P à la parcelle, on devrait donc apporter autant de soin à évaluer la teneur minérale des grains que le rendement.

Le modèle de description de la relation entre teneur P des grains et des sols donnant le plus souvent la meilleure adéquation aux données expérimentales est le modèle de Mitscherlich.

Les différences d'ajustement entre modèles restent limitées comme illustré dans les deux situations présentées dans la figure 1.

Mais le modèle logarithmique surestime fortement les teneurs des grains aux teneurs élevées en P du sol et le modèle linéaire-plateau ne rend pas bien compte de l'évolution progressive de la teneur des grains suivant la teneur en P du sol. Ces constats justifient donc également le choix du modèle de Mitscherlich.

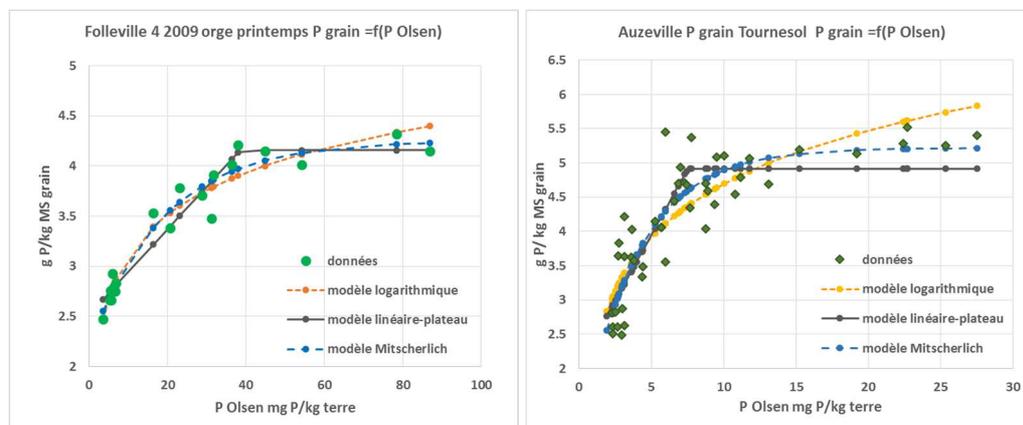


Figure 1 : exemples de réponses de P_{grain} à P_{Olsen} et modèles

Conclusion :

Nos hypothèses de départ sont confirmées dans tous les cas étudiés :

- Sous une large gamme d'offre du sol en P, la teneur en P des grains varie dans un même ordre de grandeur que le rendement.
- L'offre du sol en P est un facteur fortement explicatif de cette variation de teneur.
- Parmi les modèles statistiques pouvant formaliser la relation entre P Olsen du sol et P total des grains l'équation de Mitscherlich semble le plus robuste.

La généralisation de ces constats pour leur intégration dans des outils de pilotage des cultures nécessitera de collecter des données issues d'autres situations, en particulier pour évaluer l'influence et éventuellement intégrer dans le modèle, d'autres facteurs potentiels de variation des teneurs des récoltes : variété, rendement (dilution des minéraux dans la MS), autres facteurs de production (N) ...

Références bibliographiques :

- Anthony PM, Malzer GL, Sparrow SD, Zhang M (2013) Corn and Soybean Grain Phosphorus Content Relationship with Soil Phosphorus, Phosphorus Fertilizer, and Crop Yield. *Commun Soil Sci Plant Anal* 44:1056–1071. doi: 10.1080/00103624.2012.750337
- Colomb B, Debaeke P, Jouany C, Nolot JM (2007) Phosphorus management in low input stockless cropping systems: Crop and soil responses to contrasting P regimes in a 36-year experiment in southern France. *Eur J Agron* 26:154–165. doi: 10.1016/j.eja.2006.09.004
- Denoroy P, Mollier A, Niollet S, Gire C., Barbot C., Plénet D., Morel C., et al (2013) Définir l'optimum agro-environnemental de fertilité phosphatée grâce à un essai de longue durée. COMIFER-GEMAS, 11èmes rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse – COMIFER- GEMAS Poitiers-Futuroscope 20 et 21 novembre 2013