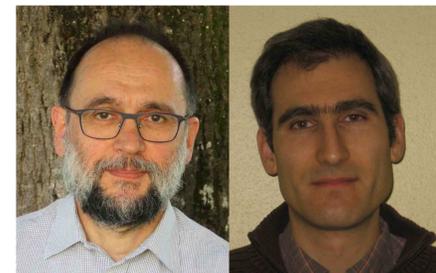


PASCAL DENOROY UMR ISPA BORDEAUX correspondant : pascal.denoroy@inra.fr
CHRISTOPHE MONTAGNIER UE VERSAILLES GRIGNON

L'analyse de terre pour évaluer l'offre du sol en phosphore s'effectue habituellement sur un échantillon prélevé sur la profondeur de travail du sol (le labour en général). Pourtant, les cultures s'enracinent bien plus profondément (Pierret et al, 2016), ce qui induit la question de l'intérêt de tenir compte de la disponibilité en P des horizons plus profonds pour bien évaluer la réponse potentielle des cultures (Kautz et al, 2013). Nous avons abordé cette question en exploitant les données issues d'essais de longue durée où des bilan P contrastés entre traitements ont conduit à des gammes de teneurs assez larges dans l'horizon de surface et parfois aussi dans des horizons plus profonds.



Matériel & méthode

Nous avons étudié la réponse du rendement de cultures à l'offre du sol estimée soit seulement dans l'horizon labouré, soit dans cet horizon et l'horizon inférieur. Pour approfondir la question, nous avons de même comparé la réponse des cultures aux offres du sol mesurées dans les deux horizons les plus superficiels (labour et sous-labour) et un troisième horizon plus profond encore.

L'offre en P du sol est estimée par sa teneur en P extrait par la méthode Olsen.

S'il s'avérait que la prise en compte de l'offre en P du sol sous l'horizon labouré améliore sensiblement la détermination du rendement à partir des teneurs en P extractible des horizons du sol, on pourrait conclure qu'il y a un intérêt à se préoccuper de connaître l'offre en P sous l'horizon labouré.

Le tableau 1 décrit les situations expérimentales exploitées. Pour traiter les données de façon homogène entre essais, on a exprimé les rendements en indices pour chaque année : l'indice de rendement (IR) de chaque parcelle expérimentale est son rendement rapporté au rendement moyen des parcelles du traitement le plus fertilisé.

Les années pour lesquelles les rendements ne semblaient pas liés au traitement P ont été exclues de l'étude pour éviter la confusion avec d'autres facteurs limitants.

La réponse des IR à l'offre du sol est formalisée par un modèle de Mitscherlich additif :

$$\text{Indice de rendement} = h_1 * (1 - \exp(-(P_{\text{Olsen1}} - a_1)/b_1)) + h_2 * (1 - \exp(-(P_{\text{Olsen2}} - a_2)/b_2)) + h_3 * (1 - \exp(-(P_{\text{Olsen3}} - a_3)/b_3))$$

Les paramètres h_x , a_x , b_x sont relatifs à chaque horizon : 1 = horizon labouré, 2 et 3 = horizons inférieurs successifs. Les variables P_{Olsen_x} représentent l'analyse P Olsen pour chaque horizon.

Le modèle est ajusté pour chaque jeu de données, avec 1, 2 ou 3 horizons, pour chaque culture de chaque site, puis pour l'ensemble des réalisations d'une même culture dans un même site. Les paramètres sont ajustés simultanément par une procédure d'ajustement non-linéaire. Quand seul l'horizon labouré est considéré, h_1 est fixé à 1.

Un premier indicateur de l'intérêt de la prise en compte des horizons sous labour est le rapport des coefficients de détermination (R^2) obtenus avec chaque modèle :

$$R^2 \text{ modèle «complet»} / R^2 \text{ modèle «réduit»} \quad (\text{pour 3 horizons vs 2 ou 2 vs 1})$$

Ce rapport a été calculé pour chaque culture et globalement par site.

Mais pour estimer si ce progrès est significatif nous comparons la qualité relative de 2 modèles (horizon 1 vs horizons 1&2 ; horizons 1&2 vs horizons 1&2&3) pour le même jeu de données par la valeur F :

$$F = \frac{(SCR_r - SCR_c) / (nvc - nvr)}{SCR_c / (n - nvc - 1)}$$

Avec SCR_c = somme du carré des résiduels du modèle «complet» (comprenant le plus d'horizons) et nvc nombre de variables (analyses P) de ce modèle, SCR_r et nvr = *idem* pour le modèle «réduit» (comprenant le moins d'horizons) ; n = nombre de données (parcelles expérimentales).

F doit correspondre à une distribution F de Snedecor avec $(nvc - nvr)$ et $(n - nvc - 1)$ degrés de liberté. Nous avons testé si le F calculé dépassait la valeur limite à 5% de probabilité de la distribution théorique, ce qui indiquerait une différence significative entre le modèle le plus simple et le plus compliqué.

Conclusion :

Sur la base de ces trois essais en contexte de grande culture, il apparaît peu utile d'ajouter la prise en compte de la disponibilité en P sous l'horizon de surface (ici 25 cm) pour évaluer le potentiel de production permis par le P, et ce même en situation de faible offre du sol en surface. Toutefois, ces résultats acquis dans un nombre limité de sites doivent encore être validés dans davantage de situations pour une conclusion plus robuste

Références Bibliographiques

- Alain Pierret, Jean-Luc Maeght, Corentin Clément, Jean-Pierre Montoro, Christian Hartmann and Santimaitree Gonkhamdee, 2016, *Understanding deep roots and their functions in ecosystems: an advocacy for more unconventional research*, Annals of Botany 118: 621-635
- Timo Kautz, Wulf Amelung, Frank Ewert, Thomas Gaiser, Rainer Horn, Reinhold Jahn, Mathieu Javaux, Andreas Kemna, Yakov Kuzyakov, Jean-Charles Munch, Stefan Pätzold, Stephan Peth, Heinrich W. Scherer, Michael Schlöter, Heike Schneider, Jan Vanderborght, Doris Vetterlein, Achim Walter, Guido L.B. Wiesenberger, Ulrich Köpke, 2013, *Nutrient acquisition from arable subsoils in temperate climates: A review*, Soil Biology & Biochemistry, 57, 1003-1022

Tableau 1: Situations expérimentales étudiées et principaux résultats

Site	Carcarès Ste Croix (40)	Pierroton-Cestas (33)	Folleville Grignon (78)
Latitude	N 43° 51' 54"	N 44° 44' 30"	N 48° 50' 30"
Longitude	O 0° 43' 45 "	O 0° 46' 59 "	E 1° 56' 12 "
Type de sol	arenosol	podzol	luvisol
Texture (GEPPA)	sable	sable	limon
Horizons étudiés (cm)	0-25 ; 28-40 ; 40-60	0-25 ; 25-50 ; 50-75	0-25 ; 25-50 ; 50-75
Nombre de traitements	3	5	5
Nombre de répétitions	4	4	4
Gammes de P_{Olsen} couvertes (mg P/kg)			
Horizon supérieur	15 - 83	2 - 74	3 - 94
Horizon interm.	13 - 63	1 - 67	3 - 48
Horizon inférieur	4 - 46	1 - 38	2 - 9
Cultures (nombre)	Maïs grain (17)	Maïs grain (14)	Maïs grain (1) Escourgeon (2) Colza (1) Betterave (1) Orge printemps (1)
Moyenne & (écart-type) des rapport des R^2 Par culture			
• 2 horizons vs 1	1,10 (0,13)	1,20 (0,46)	1,46 (0,88)
• 3 horizons vs 2	1,05 (0,09)	1,16 (0,36)	1,03 (0,03)
Par site			
• 2 horizons vs 1.	1,20	1,01	1,03
• 3 horizons vs 2	1,08	1,00	ND
Nombre et % de cultures avec F > seuil à 5% de proba			
• 1 horizon vs 2.	4 (19 %)	2 (14 %)	1 (17 %)
• 2 horizons vs 3	0 (0 %)	1 (7 %)	0 (0 %)

Résultats et discussion :

Le rapport des coefficients de détermination (**encadré jaune dans le tableau 1**) montre un gain relatif courant de l'ordre de 10 à 20 % (sauf quelques valeurs exceptionnelles) quand on passe de 1 à 2 horizons, et de seulement quelques % en considérant le 3ème horizon, mais avec une très forte variations entre années (cf. écart-types).

Le rapport F calculé pour chaque culture est assez rarement au-dessus du seuil qui conduirait à conclure à l'utilité d'un modèle plus compliqué (considérant un plus grand nombre d'horizons de sol) : cf. **encadré bleu** dans le tableau 1.

Mais si on considère ensemble toutes les répétitions d'une culture dans un même site, le modèle de réponse à deux horizons s'avère plus performant que celui qui ne considère que l'horizon de surface à Carcarès et Pierroton, non à Folleville.