

La dose d'engrais P et K nécessaire pour une culture est-elle proportionnelle à son niveau de production?

P.Castillon¹, P. Denoroy², A. Mollier², L. Jordan-Meille³

¹ ARVALIS Institut du végétal 31450 Bazège

² INRA, UMR1220 TCEM, 71 Avenue Edouard Bourlaux, BP81 F-33883 Villenave d'Ornon

³ ENITAB, UMR1220 TCEM, 71 Avenue Edouard Bourlaux, BP81, F-33883 Villenave d'Ornon

Introduction

Lorsque la disponibilité du phosphore ou du potassium dans le sol ne permet pas une alimentation suffisante des plantes en ces éléments, un apport est nécessaire pour optimiser la conduite des cultures. La quantité d'engrais nécessaire et suffisante pour compléter l'offre du sol est celle qui confère aux plantes un état d'alimentation P et K leur permettant de valoriser au mieux les autres facteurs de production, notamment l'eau et l'azote.

Les méthodes de calcul des doses de P et/ou K nécessaires sont nombreuses et diverses au plan international. Souvent, la dose préconisée est déterminée en fonction du niveau de production espéré. Une telle démarche est-elle fondée? Des acquis récents de la recherche apportent quelques éléments de réponse à cette question.

La carence en P ou K affecte principalement les jeunes plantes

La faible disponibilité de P ou K dans le sol lors de l'implantation des cultures induit généralement des effets sur la croissance foliaire qui se manifestent surtout, voire uniquement, pendant les phases précoces du développement des plantes. Mis en évidence en France pour le maïs (figure 1) et le tournesol (Colomb *et al* 1995), ce fait a également été observé ailleurs sur blé (Rodriguez *et al* 1998, Sato *et al* 1996) sur tournesol (Rodriguez *et al* 1998) et sur pomme de terre (Jenkins *et al* 1999).

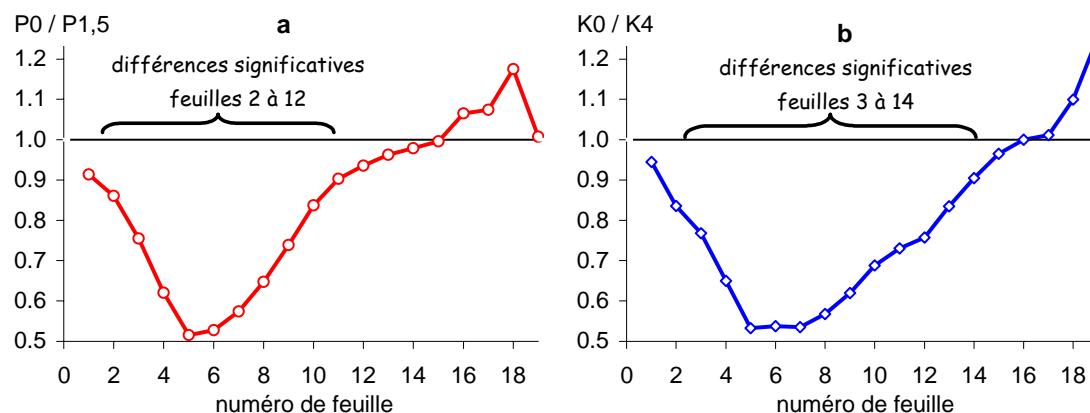


Figure 1. Effet de la carence en phosphore et en potassium sur la surface relative de chaque feuille du maïs (a: Plénet *et al* 2000 I, b: Jordan-Meille et Pellerin 2004) (INRA).

Bien que l'absorption de P et K soit faible pendant cette période juvénile, l'état de nutrition des plantes en ces deux éléments joue un rôle prépondérant sur la croissance foliaire (Assuero *et al* 2004). Or la croissance foliaire conditionne l'assimilation et la répartition des assimilats entre les parties aériennes et les racines (Mollier *et al*, 1999). La croissance de ces dernières en dépend et par conséquent la possibilité d'exploiter les réserves de P et K dans le sol (Mollier *et al*, 2007). En effet, l'absorption de P et K dans la réserve du sol dépend avant tout de la croissance des racines (Bosc *et al* 1981).

En situation de carence P et/ou K, la croissance foliaire est réduite par rapport aux plantes bien alimentées. La quantité d'énergie lumineuse interceptée est de ce fait limitée et l'expansion du système racinaire est ralentie jusqu'à ce que l'indice foliaire optimum soit atteint (figure 2). Les retards de croissance pendant la période "juvénile" peuvent se répercuter sur la phénologie des plantes et sur la production finale (Colomb *et al* 1995, Plénet *et al* 2000 I et II).

Pour de nombreuses cultures, la production dépend surtout des conditions climatiques en fin de cycle, période pendant laquelle les carences nutritionnelles ont peu, ou pas, d'effet direct sur l'interception du rayonnement solaire.

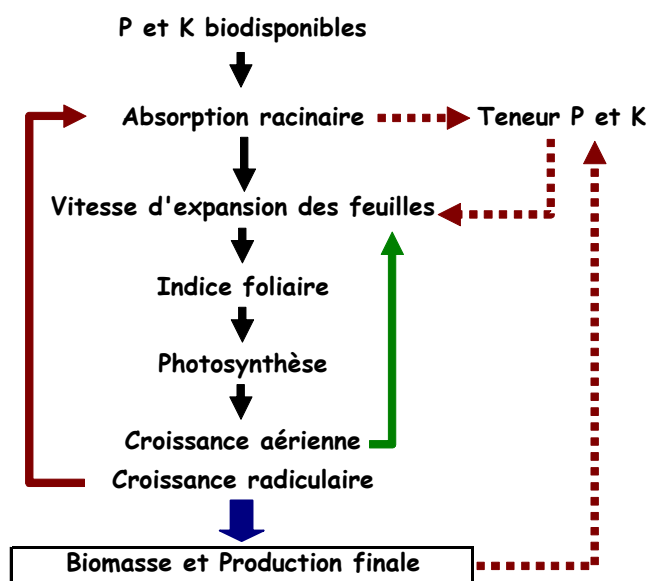


Figure 2 : schéma simplifié du contrôle de la croissance des jeunes plantes par l'alimentation P et K.

L'effet de P et K sur la production finale est déterminé par l'état de nutrition P et K des jeunes plantes

Le rôle déterminant de l'état de nutrition P et K des jeunes plantes pour la production des cultures a été bien montré. Bien que faible eu égard au prélèvement total et à l'exportation par les organes récoltés, c'est l'absorption de P et/ou K au cours des phases précoces du développement qui détermine l'effet de ces éléments sur la production finale. Les quantités de P et K accumulées ultérieurement dans les plantes entières et dans les organes récoltés dépendent principalement des conditions du milieu postérieures à la période de grande sensibilité à la carence en P et K, et semblent peu affectées par l'état de nutrition des plantes au cours de la phase juvénile (tableau 1, figure 3).

Tableau 1 : Cinétique de prélèvement du phosphore par le maïs au cours de son développement et effet sur la production de grain, dans un sol sableux à Tartas (40). Valeurs moyennes de 1995 à 1997. Les régimes P0, P1.5, P3 correspondent à 0, 1.5 et 3 fois les exportations par les grains prévues.

Régimes P (kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹ an ⁻¹)	Production de grain (q ha ⁻¹)	P exporté par les grains (kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹)	P accumulé à maturité (kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹)	Part du phosphore accumulé dans les parties aériennes à maturité, prélevé au cours de chaque phase du développement		
				semis	12 feuilles	floraison
P0 (0)	118	58	71	7 %	51 %	42 %
P1.5 (120)	133	75	108	11%	56 %	33 %
P3 (254)	135	84	145	11 %	60 %	29 %
Part de la variabilité de la production de grain expliquée par le prélèvement de P pour la période considérée				60 % ↑		
				67 % ↑		
				52 % →		

Ces travaux conduisent à concevoir le rôle de la fertilisation P et K comme un complément de l'offre du sol, lorsque celle-ci ne suffit pas, pour assurer aux jeunes plantes une alimentation suffisante pendant la période juvénile de plus grande sensibilité à la carence. Une telle perception du rôle de la fertilisation P et K conduit à considérer que le niveau de fertilisation requis ne dépend que de l'offre initiale du sol, c'est-à-dire de la biodisponibilité de l'élément dans le sol avant fertilisation, et de

"l'exigence" de l'espèce cultivée. Les exportations ou les prélèvements de P et K par les plantes qui sont étroitement liés au niveau de la production finale ne peuvent constituer une base solide pour le calcul des quantités d'engrais nécessaires.

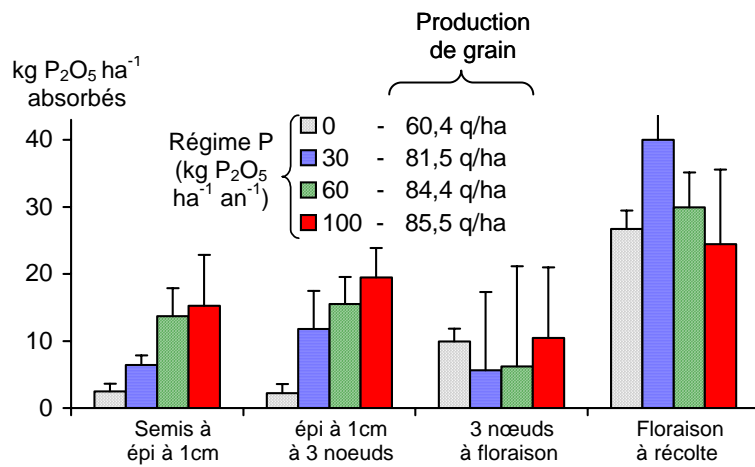


Figure 3. Effet du régime de fertilisation P sur la production de l'Orge d'hiver Orélie et sur l'absorption de phosphore au cours de 4 phases de son développement à Montans (81) dans un sol limono sablo argileux en 2000.

La dose de P ou K nécessaire ne dépend pas du niveau de production de la culture

Par ailleurs de nombreuses expérimentations réalisées en France et à l'étranger (Brennan *et al* 2007, Bolland *et al* 2007) ont montré que la dose de P et K nécessaire pour atteindre la production optimale ne dépend pas du niveau de production des cultures. Ce fait a été observé pour des cultures annuelles et pour des prairies (figure 4).

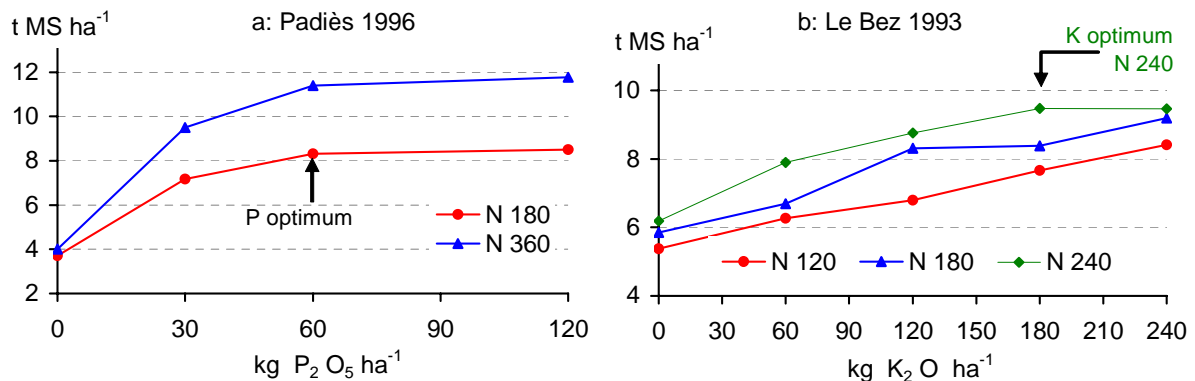


Figure 4. Effet des régimes de fertilisation phosphatée (a) et potassique (b) et du niveau de fertilisation N sur la production annuelle du dactyle dans 2 expérimentations réalisées dans le Tarn. Dans ces deux expérimentations sur prairie de dactyle la dose optimale de P ou K ne dépendait pas du niveau de production permis par les niveaux de fertilisation azotée (120 à 360 kg N ha⁻¹ an⁻¹).

Conclusion

Les acquis récents de la recherche ainsi que les résultats d'expérimentations conduisent à concevoir le rôle de la fertilisation P et K comme le complément nécessaire à l'offre du sol pour conférer aux jeunes plantes une alimentation P et K telle que leur croissance foliaire ne soit pas trop limitée. De celle-ci dépend la croissance du système racinaire, donc la capacité à explorer les réserves du sol, et la préservation du potentiel de production de la variété cultivée. Il n'y a donc pas lieu de moduler l'apport de P et K aux cultures en fonction du niveau de production espéré, mais en fonction:

- du niveau de disponibilité de l'élément dans le sol au cours de la phase juvénile de développement qui correspond à la période de plus grande sensibilité des plantes à la carence

- de "l'exigence" de l'espèce, ou de la variété, cultivée.

Bibliographie

- Assuero S.G., Mollier A., Pellerin S. 2004.* The decrease in growth of phosphorus-deficient maize leaves is related to a lower cell production. *Plant, Cell and Environment* 27: 887-895
- Bolland DA, Guthridge IF 2007.* Determining the phosphorus requirements of intensively grazed dairy pastures in south-western Australia with or without adequate nitrogen fertiliser. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 47: 801-814
- Bosc M, Maertens C 1981.* Rôle de l'accroissement du système racinaire dans l'absorption de divers états du potassium du sol. *Agrochimica* 25: 1-8
- Brennan RF, Bolland DA 2007.* Influence of potassium and nitrogen fertiliser on yield, oil and protein concentration of canola (*Brassica napus* L.) grain harvested in south-western Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 47: 976-983
- Brennan RF, Bolland DA 2007.* Influence fertiliser phosphorus and nitrogen on the concentrations of oil and protein and the grain yield of canola (*Brassica napus* L.) grown in south-western Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 47: 984-991
- Colomb B, Bouniols A, Delpech C 1995.* Effect of various phosphorus availabilities on radiation-use efficiency in sunflower biomass until anthesis. *Journal of Plant Nutrition*, 18:1649-1658
- Colomb B, Kiniry JR, Debaeke P 2000.* Effects of soil phosphorus on field-grown maize (*Zea Mays* L.) leaf development and senescence dynamics. *Agronomy Journal*, 92: 428-435
- Jordan-Meille L, Pellerin S 2004.* Leaf area establishment of a maize (*Zea Mays* L.) field crop under potassium deficiency. *Plant and Soil*, 265: 75-92
- Mollier, A. and Pellerin, S., 1999.* Maize root system growth and development as influenced by phosphorus deficiency. *Journal of Experimental Botany*. 50, 487-497.
- Mollier, A., De Willigen, P., Heinen, M., Morel, C., Schneider, A. and Pellerin, S., 2007.* A two dimensional simulation model of phosphorus uptake including crop growth and P response. *Ecological Modelling* (in press).
- Rodriguez D, Zubillaga MM, Ploshuck EL, Keltjens WG, Goudriaan J, Lavado RS 1998.* Leaf area expansion and assimilate production in sunflower (*Helianthus annuus* L.) growing under low phosphorus conditions. *Plant and Soil*, 202 : 133-147
- Rodriguez D, Pomar MC, Goudriaan J 1998.* Leaf primordia initiation, leaf emergence and tillering in wheat (*triticum aestivum* L.) grown under low-phosphorus conditions. *Plant and Soil*, 202: 149-157
- Plénet D, Etchebest S, Mollier A, Pellerin S. 2000.* I. Growth analysis of maize field crops under phosphorus deficiency. I. Leaf growth. *Plant and Soil*, 223 : 117-130
- Plénet D, Mollier A, Pellerin S 2000.* II. Growth analysis of maize field crops under phosphorus deficiency. II. Radiation use efficiency, biomass accumulation and yield components. *Plant and Soil*, 224:259-272
- Sato A, Otanagi A, Wada M 1996.* Effect of phosphorus content on the emergence of tillers in wheat cultivars. *Japanese Agricultural Research Quarterly*, 30:27-30