

BESOINS DE RECHERCHE SUR LA NUTRITION POTASSIQUE DES PLANTES

Lionel JORDAN-MEILLE, ENITA de Bordeaux, UMR INRA/ENITAB TCEM,
1 cours du Général de gaulle, CS 40201, l-jordan@enitab.fr

Les enjeux autour de la nutrition K des cultures

Sous prétexte d'être abondant dans les sols argileux, en réserve importante dans les mines et sans danger pour l'environnement et la santé, la recherche agronomique relègue le potassium (K) très loin derrière le phosphore et l'azote. Pourtant, au niveau mondial, de vastes espaces forestiers et agricoles, essentiellement localisés sur les vieux sols lessivés de l'hémisphère Sud, sont carencés en cet élément au point qu'il accède au statut peu envié de facteur limitant. Le K est l'élément dont le bilan cultural a le plus de mal à se maintenir à l'équilibre, à une échelle globale. La demande mondiale en fertilisants potassique excède une offre qui stagne, faute d'investissements. Conjugués à une spéculation sur les matières premières, les prix des engrais K se situent depuis 2008 à un niveau jamais atteint par le passé. Il est donc fort probable que la fertilité potassique des agrosystèmes et des forêts cultivées reste en deçà d'un optimum, malgré des rôles majeurs sur la physiologie végétale et sur l'atténuation des effets de stress biotiques et abiotiques. Cette communication aborde l'état des connaissances sur la géochimie du K et son rôle en physiologie végétale, puis se penche sur les aspects des connaissances qui font encore débat, voire sur les sujets encore trop peu abordés.

Ce que l'on sait sur le potassium (et que l'on croit simple)

La géochimie du potassium est relativement simple. D'une part, le K n'existe que sous forme minérale dans les sols, d'autre part les compartiments dans lesquels il se trouve ne sont qu'au nombre de quatre : K⁺ dans la solution du sol (< 50 kg K₂O.ha⁻¹), K⁺ adsorbé sur les charges négatives des constituants argileux et organiques ("K échangeable", KE : 300-1600 kg K₂O.ha⁻¹), fixé à l'intérieur des feuillettes argileux issus de la dégradation de minéraux primaires de type micas, feldspaths (3000-11000 kg K₂O.ha⁻¹), ou faisant partie intégrante de la roche mère ("K structural" : 20000-120000 kg K₂O.ha⁻¹). Sous nos climats, le flux de K issus de l'altération de la roche mère est considéré négligeable. Si le compartiment du K fixé participe, parfois à forte proportion, à la nutrition K des plantes, les indicateurs couramment utilisés pour évaluer l'offre du sol en K biodisponible le négligent.

Le rôle du potassium en physiologie végétale est décrit dans de très nombreux ouvrages de référence décrivant. En agissant sur l'activation d'enzymes, le potentiel électrochimique cellulaire et la régulation osmotique, le K est donc indispensable à la photosynthèse, aux processus de transport des solutés au sein de la plante, à la régulation des échanges gazeux, à l'accroissement cellulaire. Son rôle central sur le contrôle de l'état hydrique de la plante fait de lui un élément-clé dans la limitation des effets du stress hydrique et du gel. La moindre sensibilité des plantes face aux attaques de bio-agresseurs seraient liés à son action favorable sur la résistance mécanique des parois cellulaires, sur la baisse des concentrations en sucres solubles dans les feuilles, sur l'activation d'hormones liées aux mécanismes de défense et sur la durée de vie des feuilles (détoxification des radicaux libres).

Les théories qui font encore débat

Participation du potassium fixé à la nutrition des plantes

De nombreux bilans culturaux mettent en évidence la contribution du K fixé à la nutrition des plantes. Cette contribution, déjà significative en condition de fertilité "normale", est largement majoritaire dans les agrosystèmes soumis à une déficience en K. La question de pose encore de savoir si cette contribution est continue ou n'est effective qu'en deçà d'une teneur critique en KE. Quoi qu'il en soit, ce constat remet en cause l'utilisation du KE comme indicateur de fertilité, car il perd toute sensibilité dans les sols où sa valeur atteint un seuil minimum et reflète mal les capacités réelles de ces sols à alimenter les plantes en conditions sub-optimales. Dans un contexte où les sols agricoles et sylvicoles mondiaux sont encore largement déficients en K, et où la baisse des intrants dans les exploitations intensives tend à se généraliser, l'utilisation de l'indicateur KE est donc sujet à caution.

L'altération de la roche-mère : une source de K pas si négligeable que cela ...

Le contexte économique et agricole mondial a récemment relancé l'intérêt de substituer des roches broyées riches en K (Micas, Feldspaths, Néphéline, Phlogopite ...) aux engrais classiques. Les études consistent le plus souvent à réaliser des biotests qui quantifient la propension de ces minéraux primaires à s'altérer dans un milieu humide et soumis à l'activité racinaire. Une compilation des nombreux essais montre des résultats contrastés, en raison de conditions expérimentales très

variables (espèces cultivées, complexes microbiens associés ou non aux essais) et de descriptions trop sommaires des sols supportant le mélange. Les résultats remettent cependant en cause la non prise en compte du flux d'altération des minéraux primaires dans les bilans de K. En outre, l'utilisation (locale) de roches silicatées pourrait représenter une alternative à l'utilisation de sels de K dans des conditions de sols grossiers à faible CEC, pour les régions trop pauvres pour accéder aux sels de K.

Pourquoi certaines plantes ont-elles une meilleure efficacité d'utilisation du K ?

S'il est évident que des plantes ont une meilleure efficacité d'utilisation du K du sol que d'autres (monocotylédones vs dicotylédones), les raisons évoquées pour expliquer ces différences ne sont pas tranchées : architecture, morphologie, densité racinaires. Le rôle de l'activité racinaire et des associations bactériennes (modification du pH, impact sur la concentration en Ca dans la solution du sol) sur la libération du K et l'altération des minéraux fait encore débat. De plus, alors que beaucoup de modèles fonctionnent en considérant les racines comme des "puits" infinis autour desquelles la concentration en K serait nulle, de nombreuses mesures montrent que les capacités d'absorption des plantes (C_{min} et $V_{C_{max}}$, modèle de Michaelis-Menten) peuvent être plus limitantes que l'offre du sol elle-même. Enfin, les possibilités variables de substitution du K par d'autres cations, notamment le Na, peut aussi expliquer des tolérances différentes aux situations carencées.

Réponse intégrée des plantes à la carence en K

Si les conséquences d'une carence en K sont bien décrites à des échelles fines (zones apicale, cellules, surface foliaire), il manque encore une vue d'ensemble à l'échelle de la plante ou du peuplement, basée sur une approche mécaniste. Cette difficulté à intégrer du K dans les modèles génériques de croissance et de développement des plantes tient probablement aux multiples interactions qui existent entre le K et les cations d'une part (des compensations partielles peuvent avoir lieu), et aux différentes stratégies de gestion de l'eau entre les plantes.

Quelles pistes de recherche explorer, et pour quoi faire ?

Au regard des zones d'ombre qui persistent sur la nutrition K des cultures, et du constat que la fertilité K des sols sera longue à restaurer, au niveau mondial, quelques pistes de recherche sont proposées :

- proposer des critères de sélection des plantes basés sur l'efficacité de prélèvement du K.
- rénover globalement les règles de raisonnement de la fertilisation. Pour le diagnostic, mieux caractériser les fractions non échangeables en K du sol qui sont toutefois susceptibles d'être prélevées par les plantes. Des pistes existent quant à la caractérisation du pouvoir tampon des sols, et à l'action des processus rhizosphériques sur la solubilisation des formes *a priori* peu solubles. Les préconisations seraient encore mieux ciblées grâce à une rénovation des classes d'exigences, aujourd'hui établies de manière très empirique.
- Imaginer des systèmes de culture basés sur l'utilisation de pratiques (irrigation, travail du sol ...) et de plantes (utilisées en association, rotation) ou de produits (roches broyées) capables de fournir au système du K fixé et structural.
- Tester la substitution du K par du Na, avec un souci de durabilité physique des systèmes.
- Tester les interactions entre le prélèvement d'eau et de K des cultures, dans un contexte de co-limitation de ressources.
- Modéliser le transfert sol-plante du K dans le but d'évaluer les systèmes de culture proposés, et d'affiner par la voie mécaniste le raisonnement de la fertilisation.
- Proposer aux équipes de recherche qui travaillent sur maladies et ravageurs des cultures de tester explicitement l'effet de la nutrition K dans leurs modalités expérimentales.

L. JORDAN-MEILLE

Maître de Conférences en Agronomie à l'ENITA de Bordeaux, UMR INRA-ENITAB TCEM

Diplômes

1994 Ingénieur du Génie Rural (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse).

1998 Thèse de doctorat de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne et de l'Université Paris VI
« Modes de transfert du P d'origine diffuse dans un bassin versant rural »

Sujets de Recherche et d'Enseignement

Mes activités de recherche portent sur la modélisation du fonctionnement d'une plante soumise à une contrainte sur son alimentation en potassium. Les plantes étudiées sont le maïs et plus récemment le Cotonnier et l'Eucalyptus en raison des conditions défavorables d'alimentation en K des milieux dans lesquels poussent ces deux espèces.

Mes activités d'enseignement portent sur la gestion des intrants en agriculture (eau, minéraux, matières organiques), notamment en lien avec les aspects environnementaux.

