

Le potassium, remède contre la sécheresse ?

Martineau E. Jordan-Meille L. Domec JC.

Problématique : le potassium au secours de l'adaptation aux changements climatiques ?

Alors que la recherche sur la nutrition en potassium (K) des plantes demeurerait atone depuis plusieurs décennies, correspondant en France avec la fermeture des Mines de Potasses d'Alsace, le contexte de changement global, vu notamment sous l'angle des risques de stress hydriques, l'a sorti de sa léthargie (Cakmak 2010, Römheld et Kirkby 2010). En effet, le K est désormais aussi connu comme un élément-phare dans l'étude des interactions avec l'alimentation hydrique des cultures, du fait de sa très forte concentration et mobilité dans les plantes. Il participe ainsi à la turgescence des cellules en croissance, maintient leur teneur en eau à des niveaux élevés, et occupe une place de premier ordre dans la régulation stomatique (Arquero et al. 2006, Benlloch et al. 2008). D'autres fonctions moins connues, telles que celles stimulant la croissance racinaire ou améliorant la durée de vie des feuilles par neutralisation des radicaux libres, renforcent l'intérêt des études croisant alimentation potassique et hydrique (Cakmak 2005). Les résultats récurrents (Grzebisz et al. 2013, Almeida Silva et al. 2013) sur ce sujet s'accordent largement autour d'un effet positif du K sur l'efficacité d'utilisation de l'eau (WUE), c'est-à-dire la capacité des plantes à consommer moins d'eau par unité de carbone fixée. Dès lors, les auteurs préconisent l'apport de K pour minimiser les effets d'un stress hydrique, voire limiter les pertes en eau des peuplements végétaux. Les méthodes de mesure sont souvent peu intégratives (par exemple échanges gazeux sur des portions de feuilles) et les conditions expérimentales sont souvent assez éloignées de l'échelle de la parcelle cultivée, et se déroulent rarement sur la durée d'un cycle entier de végétation.

Objectifs: comprendre en quoi le K facilite la résistance / tolérance / évitement au stress hydrique

L'objectif global de nos travaux est d'éclaircir et d'approfondir les résultats de l'effet de la nutrition potassique sur la gestion des flux d'eau par le maïs (*Zea mays*). Plus précisément, nous nous pencherons sur l'effet d'une carence en K sur des plantes stressées en eau (dans quelle mesure la carence en K est-elle un facteur aggravant du stress hydrique ?). Nous chercherons à analyser la réponse physiologique des plantes stressées en eau mais ayant reçu une dose accrue de K (y a-t-il une atténuation des effets de la sécheresse par le K, et si oui, grâce à quel mécanisme ?).

Matériel et méthodes : un test en grandeur réel s'appuyant sur un été particulièrement sec

Pour répondre à ces questions, des expérimentations ont été mises en place sur un essai de fertilisation de longue durée (1994 - 2015) sur le site expérimental de l'INRA de Cestas-Pierroton (33), deux années consécutives (2014-2015). Ces expérimentations en grandeur nature faisaient suite à des expérimentations en conditions contrôlées, sous serre. L'avantage d'une telle expérimentation en grandeur réelle est de permettre d'acquérir des valeurs de rendements et de pouvoir directement valoriser une partie des résultats auprès des professionnels. Sur l'essai, trois niveaux d'offre en K (carence : 22ppm K, normal : 31ppm K et surfertilisé : 69ppm de K sur l'horizon 0-50cm) ont été utilisés et croisés avec et deux régimes hydriques, grâce au pilotage par une rampe d'irrigation (eau non limitante vs eau limitante). Il y a deux répétitions. La plupart des résultats présentés concerneront l'année 2015 en raison des conditions propices à l'expression de la sécheresse qui ont eu lieu. L'environnement physique de la culture est mesuré par une station météorologique et des sondes d'humidités situées sur tout le profil racinaires, servent à caractériser le statut hydrique du sol et à évaluer la consommation en eau des plantes. Concernant la réponse des plantes. Les mesures réalisées portent à la fois sur des variables de croissance et de développement (croissance foliaire et ses composantes, rythme d'apparition et de sénescence des organes, dates de floraison) et sur des variables de fonctionnement physiologiques telles que celles touchant aux échanges gazeux. Des indicateurs de fonctionnement global, tels que le rendement final ou l'efficacité d'utilisation de l'eau, permettront de synthétiser le résultat des interactions entre une alimentation minérale et hydrique.



Résultats : effet du stress hydrique, effets du K, effets croisés

Afin d'isoler les effets du «stress hydrique» de l'alimentation en K, on considère d'abord uniquement les plantes des parcelles correctement pourvues en K. Sur ces parcelles, on observe que le stress hydrique s'accompagne de symptômes liés au développement (rythme d'émission des feuilles et floraison retardés, diminution du nombre total de feuilles), à la croissance (moindre surface foliaire verte essentiellement liée à une vitesse d'élongation plus faible et une sénescence plus précoce, hauteur des plantes réduite) et au fonctionnement physiologique des plantes (diminution de la conductance stomatique), aboutissant à une nette diminution de biomasse végétative (données de récolte en cours d'acquisition). L'effet de la sécheresse sur l'efficacité d'utilisation de l'eau diffère selon la méthode de mesure (effets positifs uniquement sur le long terme). Enfin, on observe un net enroulement des feuilles lorsque les conditions atmosphériques deviennent également séchantes.

A l'inverse, si l'on s'intéresse aux seuls effets du K (en ne considérant que les plantes des parcelles bien alimentées en eau), on observe que seuls les critères liés à la croissance sont très significativement concernés (surface foliaire et ses composantes, hauteur), le niveau de nutrition en K n'intervenant pas sur le taux de photosynthèse des feuilles vertes (mesures instantanées), mais se réduisant en revanche proportionnellement à l'extension des symptômes de stress K.

Dès lors, que se passe-t-il lorsqu'une plante stressée hydriquement manque aussi de K ? Pour les cas les plus fréquents, on n'observe qu'une addition d'effets, par exemple la diminution de surface foliaire correspond à la somme des effets eau et K; idem avec la hauteur des plantes. Parfois, les effets du stress K sont gommés par les effets liés au stress hydrique (mesures des rendements en 2014). C'est une forme d'interaction «positive» dans le sens où les effets font moins que s'additionner. Une forme d'interaction négative pourrait concerner une tendance à un enroulement moins rapide et efficace des feuilles des plantes mal alimentées en K.

Mais alors, que fait la po... tasse ?

Reste enfin à traiter du cas où l'apport de K réduit significativement les symptômes du stress hydrique. Le résultat le plus saillant concerne la valeur de la conductance stomatique, mesurée en continu sur une journée, qui montre un effondrement de celle-ci sur les plantes qui manquent d'eau, à des valeurs deux fois plus basses que les plantes qui manquent aussi de K. On peut y voir là l'effet d'une meilleure régulation stomatique : préserver l'eau au risque de ne plus pousser. Pour une alimentation en eau correcte, aucun effet du K n'était décelable. Cet effet de régulation stomatique, croisé avec l'effet physique du K sur l'enroulement des feuilles, peut permettre d'apporter des arguments en faveur de l'utilisation du K pour stopper l'utilisation de l'eau en conditions hydriques très limitantes. D'un autre côté, l'effet très positif du K sur la croissance foliaire pourrait, malgré ses capacités à limiter les pertes, provoquer aussi une mort prématurée, pour cause de surface évaporante trop importante. Nous n'avons pas pu vérifier cette hypothèse, notre stratégie d'irrigation étant menée de manière à éviter la perte des plantes ... Il reste encore à mesurer le rendement, dont on pourra aussi déduire l'efficacité d'utilisation de l'eau, variable-clé des futures stratégies de conduite des systèmes de cultures soumis à des contraintes de ressource en eau.

Elsa MARTINEAU



INRA - UMR ISPA - Bordeaux Science Agro

Thèse de doctorat (2013-2016) sur «Le rôle joué par le potassium et le magnésium dans l'adaptation au stress hydrique du maïs (en France) et de la canne à sucre (au Brésil). Conséquences en termes de fonctionnement global de ces agrosystèmes.»

elsa.martineau@bordeaux.inra.fr

Co-auteurs: Lionel Jordan-Meille et Jean-Christophe Domec, Enseignants-chercheurs à Bordeaux Sciences Agro (UMR ISPA - Bordeaux Science Agro), en Agronomie, écophysologie des plantes annuelles et des arbres.