



LA CARENCE EN POTASSIUM CHEZ LE SOYA : DIAGNOSTIC ET CORRECTION

Le potassium (K) est un élément essentiel à la croissance des plantes. Entre autres, il joue un rôle important dans la régulation osmotique, il agit comme catalyseur, il est impliqué dans la formation et le mouvement des sucres, et il est aussi impliqué dans la formation de la chlorophylle et de la synthèse des protéines. Il est important pour le développement racinaire des plantes et augmente leur résistance à la sécheresse, à la verse, aux maladies et à certains ravageurs. Une fertilisation adéquate en K favorisera la nodulation et une bonne croissance du soya. Une grande partie du K absorbé par le soya est stockée dans les graines.

Une carence en K peut diminuer substantiellement le potentiel de rendement. Selon Sale et Campbell (1986), en situation de champ, le soya qui croît sur un sol déficient aura moins de rendement en grains, en huile et en protéine. La réduction du rendement en huile serait nettement plus marquée que pour la protéine.

Facteurs pouvant influencer la disponibilité du K

Bien qu'il y ait généralement une grande quantité de K dans les sols argileux contrairement aux sols sableux acides et pauvres en matière organique, seulement une partie de ce K est rapidement assimilable par les plantes. Les plantes prélèvent principalement le potassium de la solution du sol par le processus de diffusion et de flux de masse. Lorsque la concentration du K dans la solution du sol diminue, elle est rééquilibrée par le K rapidement échangeable. Ces formes peuvent à leur tour être rééquilibrées par diffusion du K lentement échangeable ou dit « de réserve ».

Le K de réserve provient des minéraux (vermiculite, feldspaths potassiques, micas) qui constituent principalement la fraction argileuse dans les sols du Québec. L'extractif Melich III dose la somme des formes solubles et rapidement échangeables (facilement disponible à la plante) et non le K de réserve (Simard, 1991). Les formes de réserve peuvent atteindre plus de 6 000 kg/ha dans les sols argileux et de 600 à 800 kg/ha pour les sols sableux (Giroux et Tran, 1991). Le tableau 1 présente les teneurs en K échangeable et de réserve dans diverses séries de sols.

Tableau 1 : Teneurs en potassium échangeable et de réserve dans neuf séries de sols du Québec

Série	Texture	K échangeable (kg/ha)	K-HNO ₃ (réserve, kg/ha)
Saint-Samuel	SL	180	800
Beaurivage	LSg	244	614
Saint-Damase	LS	325	850
Le Bras	LLi	87	674
Woodbridge	L	689	1 402
Chaloupe	L	216	1 066
Sainte-Rosalie	LA	323	2 550
Saint-Urbain	A	520	3 371
Saint-Laurent	LLiA	238	5 741

Sources : Tran et coll., 1987; Giroux et Tran (données non publiées).

La capacité de fixation du K d'un sol (ou son pouvoir tampon) influence sa rapidité à fournir le K aux plantes. Les sols à forte capacité tampon favorisent l'adsorption du K sur les colloïdes, ce qui limitera le K en solution pour l'absorption par la plante. Cette capacité de fixation du K est influencée quant à elle par le taux de saturation en K du sol et son pH. Un taux de saturation faible (inférieur à 1,5 – 2,0 %; K/CEC) et un pH élevé pourraient expliquer en grande partie la forte capacité de fixation en K de certains sols (Giroux et Tran, 1991), pouvant rendre le K moins disponible pour les plantes.

Simard (1991) rapporte que les phénomènes de fixation du K (rétrogradation du K des engrais en des formes lentement disponibles pour la plante) ne sont pas nécessairement défavorables, car ils empêchant le lessivage ou la consommation de luxe. Il faut noter aussi que le K ainsi fixé n'est pas perdu ou rétrogradé pour toujours. La concentration du K dans la solution du sol et les formes rapidement échangeables sont en équilibre avec les phénomènes de fixation et de libération du K fixé qui se produisent simultanément.

Les facteurs suivants peuvent influencer l'absorption du K par les plantes :

- *Croissance des racines.* Les facteurs favorisant une bonne croissance des racines (température et humidité du sol adéquates, bon drainage, plants en santé, etc.) permettent à la plante de mieux exploiter le profil de sol, et donc d'absorber plus de K.
- *Aération du sol.* Un faible niveau d'oxygène dans le sol (ex. : dans un sol compacté) nuit à l'absorption du K par la plante.
- *Humidité du sol.* Un taux d'humidité du sol trop faible ralentit le mouvement du K vers les racines et favorise des formes de K non assimilables. Par contre, un sol saturé en eau aura un mauvais niveau d'oxygénation et causera un développement racinaire limité.
- *Argile et matière organique.* Les sols pauvres en argile ou en matière organique ont généralement des réserves en K moins élevées et des capacités d'échange cationique (CEC) plus faibles. Ils retiennent moins de K et sont donc plus sujets au lessivage. Ces sols peuvent nécessiter des applications plus fréquentes de K. De plus, les sols organiques (terres noires) peuvent être propices aux carences en K, et ce, pour différentes raisons (CEC élevée, faible teneur en eau disponible, etc.).
- *pH du sol et taux de saturation en K.* Comme mentionné précédemment, ces deux facteurs jouent un rôle important dans la disponibilité du K pour les plantes.



Diagnostic et symptômes de la carence en K chez le soya

Dans certaines régions du Québec, particulièrement en sols légers et même dans des sols organiques, la carence en K est parfois observée dans des champs de soya. Les symptômes apparaissent généralement du stade végétatif jusqu'à la fin de la floraison (début du remplissage des gousses), mais particulièrement à partir du début de la floraison. Il est donc important de visiter les champs régulièrement, surtout en juillet. Le soya en début de croissance n'a pas de très grands besoins en K, mais l'absorption du K par le soya augmente rapidement durant sa phase de croissance rapide, soit du stade V8/R1 au stade R7-R8 (voir figure 1).

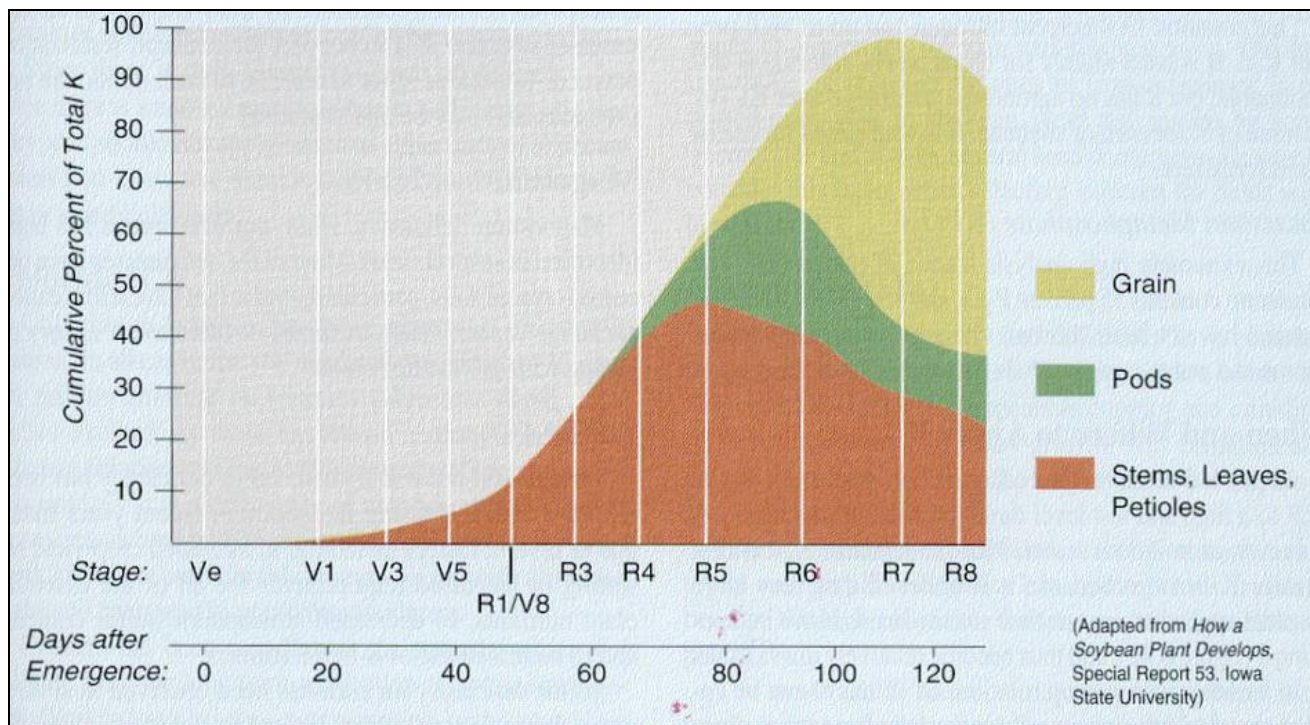


Figure 1 : Absorption du K par le soya selon le stade de croissance.
Source : Hoeft et al., 2000.

À l'échelle d'un champ, la distribution des plantes carencées n'est généralement pas uniforme (zones affectées plus ou moins rondes, parfois avec une variation importante dans la hauteur et la couleur des plants, et ce, sur une courte distance), car le niveau de K dans le sol peut être très variable à l'intérieur d'un même champ (Brunelle et Savoie, 2000). Le K étant mobile dans les plantes, les symptômes de la carence en K apparaissent d'abord sur les plus vieilles feuilles. Par contre, lorsque la carence est sévère chez le soya et que la plante est au stade de remplissage des gousses, il n'est pas rare d'observer les symptômes sur les jeunes feuilles (Sale et Campbell, 1986).

La carence en K se manifeste principalement par une chlorose sur la bordure des folioles en commençant par le bout de celles-ci (voir les photos à la fin de ce document). Les régions chlorosées peuvent se répandre sur plus de la moitié de la surface des folioles, la partie basale restant verte. Lorsque la carence est sévère, les feuilles brunissent, se dessèchent et ont tendance à se courber. Comparativement à des plants sains, les plants de soya carencés en K sont plus petits. Il y a diminution de la nodulation, du nombre de gousses par plant, du nombre de graines par gousses et de la grosseur et du poids des grains. Cela peut mener également à la formation de grains ridés et déformés.



Les symptômes de la carence en K sont assez évidents et permettent à une personne expérimentée de faire un bon diagnostic. Toutefois, il est important de mentionner que les symptômes d'une carence en K chez le soya peuvent ressembler aux symptômes causés par le nématode à kystes du soya. Ils peuvent également ressembler à des symptômes causés par d'autres carences minérales (ex. : chlorose ferrique), des dommages d'herbicides (sels d'amine, sulfonilurées, triazines, etc.) et certaines maladies (ex. : pourriture brune de la tige). Les analyses de sol et de tissus végétaux sont donc d'excellentes façons de confirmer un diagnostic de carence en K. Ces analyses seront d'autant plus utiles si des échantillons sont pris dans des zones apparemment carencées en comparaison avec des échantillons provenant de zones apparemment saines.

Pour des informations précises sur l'échantillonnage des sols et des tissus foliaires et sur l'interprétation des résultats de ces analyses, les références suivantes peuvent être consultées :

- Interprétation des tissus végétaux pour le soya (Reid et Bohner, 2007).
- Comment bien diagnostiquer les problèmes phytosanitaires en cultures de champs (Duval, Gilbert et coll., 2012).
- Le chapitre 8 du Guide de référence en fertilisation du CRAAQ (CRAAQ, 2010). Selon cette référence, la valeur minimale critique (VMC) de K dans le plant de soya est de 1,7 % et la valeur critique d'excès (VCE) est de 2,5 %.

Prévention et correction d'une carence en K

Pour prévenir la carence en K, il est recommandé de fertiliser la culture en fonction de l'analyse de sol et en se référant aux grilles de référence en fertilisation (CRAAQ, 2010). Par exemple, si l'analyse de sol révèle que le champ a moins de 100 kg de K par hectare, la recommandation sera d'appliquer 80 kg de K₂O par hectare. Par contre, si l'analyse montre un niveau de plus de 250 kg de K par hectare, aucune application n'est requise. Pour mieux suivre l'évolution de la teneur en K des sols, Blocker (2009) recommande de toujours échantillonner les sols environ au même moment de l'année et environ dans les mêmes conditions d'humidité.

Comme mentionné précédemment, l'approvisionnement d'une plante en K est influencé par plusieurs facteurs. Si le sol contient suffisamment de K, il est donc plus avantageux de cerner et corriger le problème sous-jacent, si possible, que d'ajouter simplement de l'engrais (Reid et Bohner 2007). Par contre, si une carence en K est confirmée et qu'une intervention rapide s'impose, il est possible de corriger en partie la situation.

Sale et Campbell (1986) rapportent des essais d'apports de K à différentes doses et différents stades d'application après la floraison, sur du soya visiblement carencé en K. Selon ces chercheurs, le soya répond à une fertilisation potassique même aussi tardivement qu'au stade floraison.

En dépit du peu de travaux de recherche disponibles, certains essais au champ (à petite échelle et sans protocole scientifique) permettent de suggérer que le soya répondrait à une application de K à la suite d'un diagnostic fiable de carence. Il serait possible d'atténuer les effets de la carence en appliquant du chlorure de potassium (0-0-60) ou autre source de K granulaire comme le sulfate de potassium et de magnésium (Sul-Po-Mag). Dans certains cas dans les régions du Centre-du-Québec et de la Mauricie (en sols sableux), même avec des applications aussi tardives qu'en fin juillet, des effets positifs ont été observés (plants plus développés, plus de gousses par plant, plus de grains par gousse et plus de rendement).

Un élément qui ressort de ces cas, c'est que dans les zones où les plants étaient visiblement carencés, le niveau de K du sol était inférieur à 100 kg/ha. De façon générale, selon les observations faites dans le cadre de plusieurs essais et diagnostics au champ, les champs avec 100-150 kg K/ha ou moins (moyenne du champ) risquent d'entraîner une carence en K chez le soya. En effet, l'analyse de sol d'un champ constitue une moyenne, donc certaines parties du champ seront plus faibles ou plus riches en K. Le tableau 2 présente les résultats d'analyses de sol de zones carencées en K en comparaison avec des zones apparemment saines.



Tableau 2 : Analyses de sol de cas de carence en K chez le soya au Centre-du-Québec et en Mauricie de 2002 à 2006

Cas no.	Teneur du sol en $K_{\text{Melich III}}$ (kg/ha)	
	Zones du champ visiblement carencées	Zones du champ apparemment non carencées
1	84	462
2	65	105
3	50	160
4	49	122 *
5	60	143

* Analyse de sol de l'ensemble du champ fournie par l'entreprise agricole.

Il serait pertinent que des essais scientifiques soient menés au Québec pour vérifier la réponse d'une application de K à la suite d'un diagnostic de carence dans le soya. Ces essais pourraient également déterminer les formes de K à appliquer, les doses à utiliser, les stades d'application optimaux du soya pour corriger une carence, etc.

Remerciements

La rédaction de ce bulletin d'information n'aurait pas été possible sans la collaboration des personnes suivantes : les producteurs agricoles qui ont accepté de fournir leurs données; Isabelle Hardy et Évelyne Breault, agronomes (Club Yamasol); Sylvie Côté et Stéphanie Veilleux, agronomes (Club agroenvironnemental Lavi-Eau-Champ); Julie Breault, Jules Blanchette, Gérard Gilbert, agronomes (MAPAQ); Gilles Tremblay, agronome (CÉROM).

Photos de symptômes de carence en K chez le soya



Champ de soya fortement carencé en K. Les parcelles délimitées par des drapeaux ont reçu 100 kg de K_2O /ha sous forme de muriate de potasse à la volée, le 1^{er} août 2006. La photo a été prise le 23 août 2006.





Références

- Agri-Growth inc. 1996. Guide to herbicide injury symptoms in soybeans, 4th edition.
- Antoun, H. 1982. Notes de cours « Science du sol SLS-12503 ». Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation, Département des sols, Université Laval.
- Blocker, S.M. 2009. Impacts and correction of potassium deficiency in no-till and strip till soybean and corn production. Kansas State University.
- Bohner, H. 2007. Déficience en potasse dans la culture du soya. MAAARO. http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/field/news/croptalk/2007/ct_0907a5.htm.
- Brunelle, A. et V. Savoie. 2000. Utilisation à la ferme des outils d'information géoréférencés en vue d'une optimisation des intrants et une diminution des pertes environnementales. Projet no. 24-810-255-04069. Entente auxiliaire Canada-Québec pour un environnement durable en agriculture. 46 p.
- Brunelle, A. et A. Vanasse. 2004. Le chaulage des sols. CRAAQ. 41 p.
- Coté, Sylvie. 2002. Ajout de potassium dans un champ de soya carencé. Rapport d'essai du Groupe Lavi-eau-champ inc.
- CRAAQ. 2010. Guide de référence en fertilisation, 2^e édition. 473 p.
- Duval, B. 2006. Communication personnelle. Rapport de suivi de champs : carence en potassium et en manganèse dans le soya.
- Duval, B., G. Gilbert, D. Bernier et D. Ruel. 2012. Comment bien diagnostiquer les problèmes phytosanitaires en cultures de champs? www.agrireseau.qc.ca/Rap/documents/b06gen12.pdf.



- Giroux, M. et T.S. Tran. 1991. Évaluation de la disponibilité du potassium du sol et des engrais en relation avec les propriétés des sols. Service des sols, MAPAQ. Agrosol IV, août 1991.
- Giroux, M. et T.S. Tran. 1994. Étude des facteurs affectant l'évolution des teneurs en P et K des sols agricoles. Agrosol VII, décembre 1994.
- Goos, R.J. 2009. Potassium deficiency symptoms in soybeans reported. North Dakota State University, Extension Service. www.ag.ndsu.edu/news/newsreleases/2009/aug-17-2009/potassium-deficiency-symptoms-in-soybeans-reported/.
- Gordon, W.B. 2006. The use of foliar potassium for soybean production in reduced tillage systems. Kansas State University, Agronomy Field Research Report of Progress 975.
- Hoefl, R.G., E.D. Nafziger, R.R. Johnson, and S.R. Aldrich. 2000. Modern corn and soybean production, 1st edition. 353 p.
- Mallarino, A.P. 2005. Potassium deficiency symptoms in corn and soybean: what can we do about them? Iowa State University. www.ipm.iastate.edu/ipm/icm/2005/6-20/potassium.html.
- McKenzie, R.H. 2003. Soil pH and plant nutrients. Ag-Info Center. Agriculture and Rural Development. Government of Alberta. [www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/agdex6607](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/agdex6607).
- Motovalli P., K. Nelson, G. Stevens, and S. Phurahong. 2005. What about foliar K on soybeans? University of Missouri, Fluid Journal.
- Reid, K. and H. Bohner. 2007. Interprétation des tissus végétaux pour le soya. MAAARO. www.omafr.gov.on.ca/french/crops/facts/soybean_analysis.htm.
- Reid, K. 2009. Pucerons du soya et carence en potassium. MAAARO. www.omafr.gov.on.ca/french/crops/field/news/croppest/2009/13cpo09a4.htm.
- Ruel, Denis. 2004. Communication personnelle. Suivi de carence en potassium dans le soya. Conférence présentée au groupe de relève agricole de Nicolet (ARAN).
- Sale, P.W.G. and L.C. Campbell. 1986. Yield and composition of soybean seed as a function of potassium supply. Plant and Soil 96: 317-325.
- Simard, R.R. 1991. Cours de fertilisation. Méthodes d'analyse et calibration : le potassium. Agriculture et agroalimentaire Canada, Sainte-Foy.

Texte rédigé par :

Brigitte Duval, agronome, Direction régionale du Centre-du-Québec, MAPAQ
Denis Ruel, agronome, Direction régionale du Centre-du-Québec, MAPAQ

Photos :

Brigitte Duval, agronome, Direction régionale du Centre-du-Québec, MAPAQ

LE GROUPE D'EXPERTS EN PROTECTION DES GRANDES CULTURES

Claude Parent, agronome – Avertisseur

Direction de la phytoprotection, MAPAQ

Téléphone : 418 380-2100, poste 3862 – Télécopieur : 418 380-2181

Courriel : Claude.Parent@mapaq.gouv.qc.ca

Édition et mise en page : Bruno Gosselin et Cindy Ouellet, RAP

© *Reproduction intégrale autorisée en mentionnant toujours la source du document*
Réseau d'avertissements phytosanitaires – Bulletin d'information No 11 – grandes cultures – 18 juillet 2012

