

# LA LUZERNE ET LE BORE

## Table des matières

- [Généralités](#)
  - [Rôle du bore](#)
  - [Sources et disponibilité dans le sol](#)
  - [Besoins de la plante](#)
- [Carence](#)
  - [Causes de carence](#)
  - [Symptômes de carence](#)
  - [Effet sur la qualité et la quantité de la récolte](#)
- [Fertilisation borique](#)
  - [Bilan](#)
  - [Sources de bore](#)
  - [Doses à appliquer](#)
  - [Risque de surfertilisation](#)
- [Bibliographie](#)

---

*par Jean Duval, agr., M.Sc.*

*août 1995*

# LA LUZERNE ET LE BORE

## GÉNÉRALITÉS

Le bore est un des minéraux essentiels à la croissance des végétaux. Parnes (1990) considère le bore comme l'oligo-élément le plus susceptible d'être en carence dans les sols du Canada et des États-Unis. Certaines plantes, les *Brassica* et les légumineuses entre autres, ont des besoins plus élevés en bore que la majorité des plantes cultivées.

La luzerne est sans doute l'une des plus exigeantes en cet élément car la disponibilité du bore a un effet certain sur la qualité et les rendements de la luzerne.

## Rôle du bore

Contrairement aux autres oligo-éléments, le bore ne joue pas un rôle de catalyseur dans la plante. Certaines études récentes indiquent qu'il agirait possiblement comme une hormone ou servirait du moins à la synthèse des phytohormones.

Les rôles reconnus du bore chez les végétaux sont:

- - **La translocation des sucres**: Le sujet a été particulièrement étudié pour la betterave à sucre qui est aussi une plante exigeante en bore;
- - **La formation des parois et tissus**: Comme pour l'ossature chez les animaux, le bore travaille en pair avec le calcium pour constituer les tissus végétaux. Le bore, chez les animaux comme chez les plantes, est responsable de la souplesse des structures. On utilise d'ailleurs le bore dans les alliages métalliques destinés aux avions justement pour donner plus de souplesse aux structures tout en gardant la solidité.
- - **La reproduction végétale**: Le bore aurait aussi un rôle à jouer dans la reproduction végétale.

Parallèlement à son rôle chez les plantes, le bore est nécessaire aux bactéries fixatrices d'azote (*Rhizobiums*) et aux mycorrhizes.

## Sources et disponibilités dans le sol

La matière organique (les colloïdes humiques) est la principale source de bore dans la plupart des sols agricoles (Russell, 1973). Le bore est minéralisé lors de la décomposition de la matière organique. Il se retrouve aussi associé à la fraction argileuse du sol sous forme de borosilicates. Dans ce cas, il n'est libéré que lentement. En solution dans le sol, le bore est présent sous forme d'ion négatif comme les nitrates. Cela en fait le plus mobile des oligo-éléments.

Les sols formés de sédiments marins, par exemple les sols argileux de la vallée du St-Laurent, contiennent en général plus de bore que d'autres types de sols. Les sols riches en tourmaline sont bien pourvus en bore, mais ce bore n'est pas disponible aux plantes. Ainsi, le contenu en bore total du sol n'est pas nécessairement un bon indicateur du bore qui peut être rendu disponible aux plantes par la minéralisation.

Dans un sol en santé, la minéralisation du bore contenu dans l'argile et la matière organique suffit dans la plupart des cas à combler les besoins des cultures. Il y a toutefois des exceptions, entre autres lorsqu'on cultive des plantes exigeantes en bore comme la luzerne ou que l'on cultive sur des sols pauvres en argile et en matière organique.

### **Facteurs affectant la disponibilité du bore**

**Activité biologique:** La disponibilité du bore dépend directement de l'activité biologique du sol. Toute condition qui défavorise l'activité biologique (ex.: sécheresse, inondation) peut provoquer des carences passagères.

**Température:** L'absorption du bore par la plante dépend de la température, qui elle affecte l'activité biologique.

**pH:** La disponibilité du bore dépend du pH. Un pH neutre (=7) est le moins désirable. Pour un même niveau de bore mesuré à l'analyse, le bore sera plus soluble en sol léger et acide que lourd et chaulé. Le bore est solubilisé plus rapidement en sol acide (pH=5.5), si bien qu'il est facilement lessivé dans ces conditions.

**Matière organique:** La matière organique influence la mobilité et la disponibilité du bore, surtout en sol acide. Dans les sols sableux et pauvre en matière organique, le bore est plus vite utilisé et lessivé.

### **Besoins de la plante**

Il est connu depuis longtemps que l'analyse foliaire est un meilleur indicateur de la capacité du sol à libérer du bore que l'analyse de sol (Ouellette et Lachance, 1954).

#### **Analyse foliaire**

Quand on échantillonne la luzerne pour procéder à l'analyse foliaire du bore, il est important de ne prendre que la partie supérieure du plant. En effet, le bore n'est pas

également distribué dans le plant de luzerne. En ordre décroissant de concentration de bore, on retrouve: les feuilles du bas, les feuilles du haut, les bouts de tiges, le haut des tiges et le bas des tiges. De plus, souvent les premières feuilles ont poussé dans des conditions normales d'humidité et les plus jeunes en période de sécheresse. Bolton (1962) recommande donc de faire l'analyse foliaire à partir du méristème (tissus jeune) plutôt que de la plante entière.

Les niveaux acceptables à l'analyse foliaire varient de 20 à 80 ppm. En temps normal, un niveau de plus de 20 ppm est considéré comme suffisant dans le tiers supérieur (CPVQ, 1989). Une concentration se situant entre 10 et 20 ppm indique une situation à corriger bien qu'en temps de sécheresse, une analyse inférieure à 30 ppm puisse aussi indiquer une carence. Ouellette et Lachance (1954) n'ont pas observé de signes visuels de carence au-dessous de 15 ppm.

### **Analyse de sol**

Il existe plusieurs façons d'analyser le bore dans le sol. La précision des analyses fait cependant défaut quand les concentrations sont faibles. L'analyse du B total n'est pas un bon indicateur de la disponibilité de l'élément. La méthode employée par les laboratoires d'analyses de sol du MAPAQ (Mehlich 3) donne le bore assimilable en solution.

Une concentration de 0,35 ppm en solution dans le sol constitue un minimum absolu pour la luzerne. Un niveau de 0,8-0,9 ppm serait plus qu'il n'en faut selon Bear et Wallace (1950). En pratique, les sols lourds doivent avoir plus de bore que les sols légers pour éviter une carence.

## **CARENCE**

### **Causes de carence**

#### **Interaction avec d'autres éléments**

La possibilité d'une carence en bore ne dépend pas seulement de la concentration de bore en solution dans le sol mais aussi de la concentration des autres éléments. Le bore interagit surtout avec le potassium, le zinc, le calcium et le phosphore.

**Potassium:** Il existe une relation étroite entre le potassium et le bore dans la nutrition des plantes. Les deux éléments agiraient tous deux au niveau de la perméabilité cellulaire. Bien que cette relation soit complexe, on peut la résumer en disant que des hautes doses de potassium accroissent l'effet d'une déficience ou d'un excès de bore (El-Kholi et Hamdy, 1977). Il est donc important de ne pas dépasser les besoins physiologiques de la luzerne en potassium pour éviter de créer une carence en bore<sup>(1)</sup>.

**Zinc:** Lorsque l'on fertilise avec du bore, il faut s'assurer que le taux de zinc soit adéquat.

**Calcium:** comme dit précédemment, un chaulage excessif peut entraîner une carence en bore. Inversement, on peut atténuer les risques d'un excès de bore (par exemple, si on veut cultiver une céréale alors qu'il y a eu application de bore importante l'année précédente) en chaulant. Gupta et MacLeod (1977) ont toutefois voulu éclaircir la question de savoir si c'était le calcium ou les carbonates contenus dans la chaux qui nuisaient à l'assimilation du bore. En comparant le gypse (sulfate de calcium) et la chaux (carbonate de calcium), ils ont pu constater que ce sont les carbonates (et donc l'élévation du pH) plutôt que la disponibilité du calcium qui nuisent à l'assimilation du bore dans un sol qui en contient peu. La même chose est vraie pour le magnésium et la chaux dolomitique.

### Autres causes

D'autres causes de carence possibles sont: un appauvrissement du sol; un pH acide ou neutre; un taux de matière organique très élevé (fixation) ou très bas; des sols inondés (mauvaise activité biologique).

### **Symptômes de carence**

Les symptômes généraux d'une carence en bore pour toutes les plantes sont la décoloration des feuilles (feuillage bleu-vert souvent), le développement anormal des

points de croissance (ramification anormale des tiges, formation d'une rosette) et un retard de croissance. Chez les arbres fruitiers, il y a mauvaise formation des fruits.

### **Symptômes spécifiques à la luzerne**

Dans le cas de la luzerne, la carence en bore cause une «maladie» appelée jaunissure de la luzerne (*alfalfa yellow* en anglais ou *yellow top*). Les premiers symptômes en sont la déformation des bourgeons terminaux, une chlorose ou jaunissement marquée du feuillage accompagnée parfois d'un rougissement. Dans les cas graves, il y a raccourcissement des entrenœuds, formation de rosettes sur les points de croissance, flétrissement du point de croissance et la floraison est affectée.

Il ne faut pas confondre les carences en bore des dommages dûs aux cicadelles. Dans le cas des cicadelles, l'ensemble du feuillage est affecté tandis que pour le bore, les nouvelles pousses seulement sont affectées et l'on peut observer des rosettes.

### **Sécheresse**

L'effet d'une carence en bore sur la luzerne ressemble à celui d'une sécheresse. Il y a en fait un lien entre la sécheresse et le bore. Les symptômes d'une carence en bore peuvent apparaître pendant une période de sécheresse et disparaître avec le retour d'un taux d'humidité plus favorable dans le sol. En pareil cas, on pourra observer que les premières feuilles des plants ont une apparence normale tandis que celles qui ont poussées pendant la sécheresse auront un aspect carencé.

Deux raisons expliquent que les carences en bore puissent apparaître et disparaître ainsi:

- - Pendant une période de sécheresse, l'activité biologique du sol ralentit. Il y a donc moins de bore mis en disponibilité.
- - En temps de sécheresse, la luzerne va surtout puiser en profondeur dans le sol. Or, le contenu du sous-sol en bore en solution est en général assez faible.

### **Plantes indicatrices**

Un champ de luzerne ou de trèfle dans lequel on retrouve beaucoup de chou-gras (*Chenopodium album*) ou de moutarde sauvage (*Sinapis arvensis*) peut indiquer une carence en bore et/ou en manganèse selon Voisin (1960). En effet, ces deux plantes ont des besoins en bore très restreints et poussent donc en abondance où le sol est carencé.

## Effet sur la quantité et la qualité de la récolte

L'effet du bore et de la fertilisation boratée sur le rendement peut être important ou non selon le type de sol et son niveau d'humidité. Dionne et Pesant (1978) ont rapporté au Québec des rendements décuplés sur un loam Greensboro dans des conditions sèches ou très sèches mais peu ou pas d'augmentation sur un argile Ste-Rosalie dans les mêmes conditions avec des doses de 1,5 ppm de bore. Dans des conditions normales d'humidité, les rendements étaient quadruplés dans le loam mais non affectés dans l'argile. Gupta (1971) n'a pas obtenu de rendement supérieur pour la luzerne au-delà de 0,5 ppm ajouté à un loam sablo-argileux contenant déjà 0,5 ppm de bore assimilable. L'effet d'une carence légère affecte peu le rendement mais va affecter la qualité de la récolte. D'une part, la maturité est retardée et il y a perte de feuillage, ce qui diminue la qualité du fourrage. D'autre part, le niveau de bore affecte la qualité des protéines. Sheldon *et al.* (1951) ont démontré que le contenu en l'acide aminé tryptophane double lorsque la concentration de bore passe de 0,22 à 1,08 ppm. Parnes (1990) associe aussi un taux plus bas de carotène dans le feuillage de la luzerne à une carence en bore.

## FERTILISATION BORIQUE

Comme pour la plupart des oligo-éléments, et encore plus pour le bore, la différence entre le seuil de carence et le seuil d'excès n'est pas très grande. Aussi, la fertilisation borique doit se faire de façon prudente.

### Bilan

Le bilan borique, qui est constitué des pertes (exportations et pertes par lessivage) et des gains en bore (minéralisation, fertilisation), ne peut malheureusement être comptabilisé avec précision. La quantité de bore exportée annuellement par une récolte de luzerne normale varie de 100 à 400 g/ha. Un très gros rendement de luzerne peut prélevé jusqu'à 500 à 700 g/ha/an de bore (Lanyon *et al.*, 1988). Les pertes par lessivage varient selon la texture de sol et les précipitations. On peut considérer de 100

à 200 g/ha/an selon le Larousse agricole (1980). Les pertes annuelles seraient donc de l'ordre de 200 à 900 g/ha/an.

Les gains provenant de la minéralisation de la matière organique sont difficiles à évaluer et varient selon les sols. S'il y a retour du bore par application de fumier, on peut considérer environ 15 g de bore/tonne de fumier de bovin soit environ 600 g/ha provenant d'une application de 40 t/ha. Dans les régions maritimes (eau salée), on peut compter un apport supplémentaire des pluies d'un peu plus d'une dizaine de grammes/ha de bore.

## **Sources de bore**

Les besoins de fertilisation en bore peuvent être comblés à partir de quelques sources seulement. En agriculture biologique, le borax est une source approuvée par les cahiers de charge de façon générale. Il s'agit d'une source de provenance naturelle, d'un produit miné.

Le bore peut être enfoui dans le sol (borax et boracine) ou appliqué en pulvérisation foliaire (pentaborate de soude). Bolton (1962) recommande idéalement d'appliquer du borax lorsque la luzerne est dormante ou juste après une coupe. L'application peut toutefois se faire en n'importe quel temps pourvu que le feuillage soit sec. Si le semis de luzerne se fait avec plante-abri de graminées (avoine, orge), il est préférable d'attendre la récolte de la plante-abri avant d'appliquer le bore. La dose de bore adéquate pour la luzerne pourrait en effet être toxique pour les céréales.

**Tableau 1** - Contenu en bore et en acide borique de quelques fertilisants



Nom	Contenu en bore (%B)	Contenu en acide borique (%B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
Borax (borate de soude)	10,6-11,3	34-44
Boracine (borate agricole)	14,5	45,0
Solubor(pentaborate de soude)	19,0	59,0
Cendres de bois	0,03	
Nitrate du Chili (de soude)	0,04	
Fumier de vache, cheval	0,015 (14-18 g/tonne de fumier frais)	
de mouton	0,01 (9 g/tonne de fumier frais)	
de porc, poulet de chair	0,04 (36 g/tonne de fumier frais)	
de poudeuse	0,06 (55 g/tonne de fumier frais)	
Algues (varech)	0,02-0,05	
Foin de légumineuses	jusqu'à 0,25 (2,2 kg/tonne)	

## Doses

La dose et la fréquence d'application dépendent des précipitations, de la texture et du pH du sol. Dans les régions où les précipitations sont plus importantes, les doses à appliquer doivent être supérieures. Ainsi, dans les Maritimes, Gupta (1971) recommande en moyenne 2 kg de bore/ha(2) tous les deux ans pour les luzernières (1 à 3 kg/ha). En sol léger, on préférera une application de 1 à 2 kg/ha tous les ans, et en sol argileux, 1 à 2 kg/ha tous les trois ans.

Le tableau suivant donne des recommandations pour le Québec selon le pH du sol et l'analyse de sol (Mehlich 3). Il faut rappeler que l'analyse foliaire est un meilleur indicateur que l'analyse de sol de la capacité du sol à fournir le bore.

Bore à l'analyse de sol (ppm)    Dose à appliquer (kg de bore/ha)

	pH <6.8	pH >6.8
0,6	1,6	2,0
0,6-1,2	1,3	1,5
1,2-1,7	1,0	1,0
1,7-2,2	0,5	0,5

2,2 et plus

0

0

## Danger de surfertilisation

Les risques de surfertilisation sont élevés avec le bore. Les risques encourus ne sont pas tellement pour la luzerne car cette plante tolère jusqu'à 150-200 ppm (CPVQ, 1989) et même 300 ppm (Pendias et Pendias, 1992) en solution sans montrer de symptômes de toxicité. A de tels niveaux, la luzerne a toutefois tendance à perdre des feuilles, ce qui diminue les rendements. Les risques sont surtout pour les graminées qui suivent dans la rotation. Ouellette (1958) n'a pas observé d'accumulation en sol sableux avec des apports de 45 kg/ha de borax (5 kg de bore/ha).

Des sources d'excès de bore possibles sont les boues de station d'épuration des eaux usées et les cendres de station thermique au charbon (qu'on ne retrouve pas ici). Les risques d'excès se rencontre peu dans nos régions à cause des précipitations abondantes. Les risques sont plus élevés dans: les régions arides et semi-arides; les régions où l'eau d'irrigation est riche en bore; les céréales et le coton. Le soya serait aussi sensible aux hautes doses de bore (Lombin et Bates, 1982). La matière organique aurait un certain effet palliatif sur la toxicité par le bore.

## BIBLIOGRAPHIE

- Bear, F.E. et A. Wallace. 1950. Alfalfa. Its mineral requirement and chemical composition. New Jersey Agricultural Experiment Station Bulletin n748, 32 pages.
- Bolton, J.L. 1962. Alfalfa: Botany, Cultivation and Utilization. Interscience Publ., New York. 474 pages.
- C.P.V.Q. 1989. Plantes fourragères. Culture. 2ème édition. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Québec. 249 pages.
- Dionne, J.L. et A.R. Pesant. 1978. Effets des doses de bore, des régimes hydriques et du pH des sols sur les rendements de la luzerne et du lotier et sur l'assimilabilité du bore. Canadian Journal of Soil Science, 58:369-379.

El-Kholi, A.F. et A.A. Hamdy. 1977. Boron potassium interrelationship in alfalfa plants. Egyptian Journal of Soil Science, 17(1):87-97.

Gupta, U.C. 1971. Boron requirements of alfalfa, red clover, brussels sprouts and cauliflower grown under greenhouse conditions. Canadian Journal of Soil Science, 112:280-281.

Gupta, U.C. et J.A. MacLeod. 1977. Influence of calcium and magnesium sources on boron uptake and yield of alfalfa and rutabagas as related to soil pH. Soil Science, 124(5):279-284.

Kabata-Pendias, A. et H. Pendias. 1992. Trace elements in soils and plants. 2ème édition. CRC Press, Boca Raton, Floride. 365 pages.

Lambert, D.H., H. Cole Jr et D.E. Baker. 1980. The role of boron in plant response to mycorrhizal infection. Plant and Soil, 57:431-438.

Lanyon, L.E. et W.K. Griffith. 1988. Nutrition and fertilizer use. pages 333 à 372 *In* Hanson, A.A. (éditeur). 1988. Alfalfa and alfalfa improvement. Agronomy Series n29. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.

Larousse Agricole. 1981. Éditions Larousse, Paris. 1208 pages.

Lombin, G.L. et T.E. Bates. 1982. Comparative responses of peanuts, alfalfa, and soybeans to varying rates of boron and manganese on two calcareous Ontario soils. Canadian Journal of Soil Science, 62:1-9.

Miller, D.A. et R.K. Smith. 1977. Influence of boron on other chemical elements in alfalfa. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 8(6):465-478.

Ouellette, G.J. et R.O. Lachance. 1954. Soil and plant analysis as means of diagnosing boron deficiency in alfalfa in Quebec. Canadian Journal of Agricultural Science, 43:494-503.

Ouellette, G.J. 1958. Persistence of borax in sandy soils. Canadian Journal of Soil Science, 38:77-84.

Parnes, R. 1990. Fertile soil. AgAccess, Davis, Californie. 190 pages.

Pendias, A.K. et H.K. Pendias. 1992. Trace elements in soils and plants. CRC Press, Boca Raton, Floride. 365 pages.

Plank, C.O. et D.C. Martens. 1974. Boron availability as influenced by application of fly ash to soil. Soil Science Society of America Proceedings, 38:974-977.

Rhykerd, C.L. et C.J. Overdahl. 1972. Nitrogen and fertilizer use. pages 437 à 465 /n Hanson, C.H. (éditeur). 1972. Alfalfa Science and Technology. Agronomy Series n15. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. 812 pages.

Russell, E.W. 1973. Soil conditions and plant growth. Longman, Londres. 849 pages.

Sheldon, V.L., W.M.G. Blue et W.A. Albrecht. 1951. Biosynthesis of amino acids according to soil fertility. I. Tryptophane in forage crops. *Plant and Soil*, 3:33.

Smith, R.K., D.A. Miller et E.J. Armbrust. 1974. Effect of boron on alfalfa weevil oviposition. *Journal of Economic Entomology*, 67:130.

Voisin, A. 1960. Dynamique des herbages.

1. <sup>1</sup> Voir les nouvelles grilles de fertilisation du CPVQ pour les doses de potassium recommandées selon la richesse du sol.

2. <sup>2</sup> 1 kg de bore = 9 à 10 kg de borax

#### MISE-EN-GARDE

Ce document a pour but de faire la synthèse de l'information scientifique et populaire disponible sur le sujet traité, dans une perspective d'agriculture biologique. Il ne s'agit donc pas de recommandations ou d'un guide de production.

© *Reproduction interdite sans autorisation*

© 1995 *Projet pour une agriculture écologique*. Tous droits réservés.