

La prévention des carences en éléments mineurs et secondaires en sol organique

par Mario Leblanc, agronome

On connaît tous la grande importance de la fertilisation avec les trois éléments majeurs que sont l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K). Toutes les cultures ont besoin de ces trois éléments pour atteindre leur plein potentiel de rendement. Cependant, il y a beaucoup d'autres éléments impliqués dans le développement normal des cultures. Parmi ces éléments on retrouve les éléments secondaires soit le calcium (Ca), le magnésium (Mg) et le soufre (S), et les éléments mineurs soit le Bore (B), le Cuivre (Cu), le Fer (Fe), le manganèse (Mn), le molybdène (Mo) et le Zinc (Zn).

Les éléments secondaires se distinguent des éléments majeurs par le fait que les plantes en ont besoin en moins grande quantité. En pratique, on n'a pas besoin d'en appliquer aussi fréquemment que les éléments majeurs. Pour leur part, les éléments mineurs ne sont requis qu'en très faible quantité. Habituellement, on parle de grammes à l'hectare plutôt que de kilos à l'hectare. Les quantités sur les analyses de sol sont exprimées en ppm ou « partie par millions ». Dans le cas des sols organiques, un ppm équivaut à 1 g d'élément dans environ 1 000 000 de cm³ (ou 1 m³ de sol sec).

Même si ces éléments ne sont requis par la plante qu'en faible quantité, il y joue des rôles essentiels. Les légumes en particulier sont très exigeants en éléments secondaires et mineurs. Une carence au niveau d'un de ces éléments peut entraîner la perte complète de la récolte. Les légumes atteints montrent habituellement des symptômes qui font en sorte qu'ils sont invendables.

Compte tenu des enjeux, la prévention des carences en éléments mineurs et secondaires doit donc faire partie des préoccupations de tout producteur.

Les facteurs à l'origine des carences

Le contenu du sol

Contrairement aux sols minéraux qui contiennent habituellement une bonne base en éléments secondaires et mineurs, les sols organiques nouvellement mis en production sont généralement pauvres en ces éléments. Ces sols ont été formés à l'origine par

l'accumulation de débris de plantes de marais; des plantes qui exigent peu d'éléments nutritifs pour leur croissance.

Les principaux éléments secondaires et mineurs déficients dans nos sols organiques sont le calcium, le magnésium, le bore et le cuivre. Les autres éléments sont plus rarement déficients. Les sols organiques jeunes doivent être fortement amendés dès le départ et par la suite leur contenu doit être vérifié régulièrement surtout durant les premières années.

Le pH du sol

Les sols organiques nouvellement défrichés possèdent un pH se situant autour de 3.5 – 4.5. Ces pH sont beaucoup trop faibles pour permettre la croissance de la majorité des cultures. Ces sols doivent donc obligatoirement être chaulés afin de remonter leur pH à un niveau acceptable.

En ajoutant de la chaux aux sols organiques, on règle en même temps deux problèmes :

- Premièrement, on augmente le contenu en calcium du sol. Cet élément secondaire est fortement déficient dans les sols organiques jeunes alors qu'il est nécessaire en grande quantité pour soutenir la croissance des cultures maraîchères.
- Deuxièmement, et c'est là l'effet direct de l'ajustement du pH, on augmente la disponibilité de la majorité des éléments minéraux nécessaires pour la croissance des cultures.

La Figure 1 permet de visualiser l'influence du pH sur la disponibilité des éléments nutritifs en sol organique.

Pour comprendre cette figure, il faut d'abord savoir que les éléments minéraux se retrouvent dans le sol sous différentes formes chimiques et que ces éléments ne peuvent être absorbés par la plante que s'ils sont une forme chimique particulière. La capacité de la plante à absorber un élément ne dépend donc pas seulement du contenu du sol mais aussi de la forme chimique sous laquelle se retrouve cet élément. Or, le pH influence directement la quantité relative des différentes formes chimiques dans le sol. Donc, dans la figure 1, plus la bande qui représente l'élément est large, plus cet élément se retrouve en quantité élevée sous la forme chimique assimilable par la plante.

La figure 1 permet aussi de voir que chaque élément minéral a son propre comportement. Par exemple, le manganèse est plus disponible pour la plante à un pH faible alors que le molybdène au contraire l'est plus à un pH élevé. L'observation de cette figure permet également de constater que globalement c'est à un pH se situant entre 5.0 et 6.0 que l'on obtient en moyenne le meilleur niveau de disponibilité de l'ensemble des éléments nutritifs.

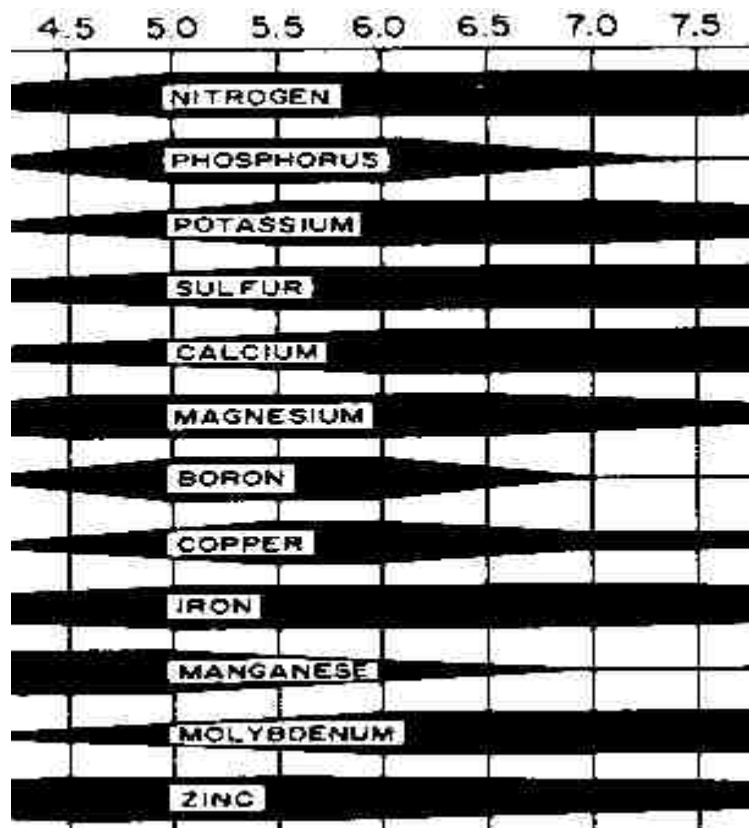


Figure 1 : Influence du pH sur la disponibilité des éléments minéraux en sol organique Source : R.E. Lucas et J.F. Davis, Relationships between pH values of organic soil and availability of plant nutrients, Soil Science 92 :177-182 (1961)

L'équilibre entre les éléments

L'excès d'un élément dans le sol peut induire une carence au niveau d'un autre élément. En général, la carence s'explique par le fait que l'élément en excès réduit l'absorption de l'autre élément au niveau racinaire ou nuit à son transport à l'intérieur de la plante.

Plusieurs interactions de ce type existent entre les éléments fertilisants (majeurs, secondaires et mineurs). Pour éviter les problèmes, on doit chercher à maintenir un équilibre. C'est pourquoi, en plus de corriger les manques, il faut aussi éviter les excès. À ce titre, le respect des doses recommandées est très important.

L'interaction entre éléments nutritifs la plus souvent mentionnée a trait à l'équilibre entre le calcium, le magnésium et le phosphore. Pour éviter les problèmes, on cherche à obtenir un rapport de 10 : 1 : 1 entre ces éléments sur l'analyse de sol (quantités en kg/ha).

Ce sont des cas très rare, mais il peut aussi arrivé qu'un élément soit présent en si grande quantité qu'il devienne toxique pour la croissance de la plante.

L'environnement

Plusieurs facteurs d 'ordre climatique peuvent prédisposer les cultures à développer des carences et ce même si le contenu du sol et le pH sont adéquats. Les phénomènes impliqués sont complexes et les explications apportées n'ont pas toujours été vérifiées scientifiquement. Les deux principaux facteurs reconnus pour pouvoir induire des carences sont le froid et la sécheresse.

Le froid aurait pour principal effet de ralentir la décomposition de la matière organique. Cette décomposition, aussi appelée minéralisation est effectuée par les micro-organismes du sol dont l'activité est bien entendu dépendante de la température. La minéralisation permet la libération dans le sol de toute la gamme des éléments nutritifs qui composent la matière organique ou qui sont fixés sur celle-ci. Ainsi lorsque le sol est chaud les plantes disposent d'une beaucoup plus grande quantité d'éléments nutritifs facilement assimilables que lorsque le sol est froid.

La sécheresse, pour sa part, peut agir à divers niveaux. D'abord, elle réduit la disponibilité des éléments nutritifs qui normalement sont dissous dans l'eau du sol. Ensuite, en retardant la croissance des racines, elle empêche la plante d'aller chercher les éléments nutritifs disponibles plus loin dans le sol. On sait aussi que des éléments comme le calcium et le bore ne sont absorbés que par de très jeunes racines; tout arrêt de croissance des racines nuit donc à l'approvisionnement de la plante en ces éléments.

En pratique, on ne peut intervenir sur les températures de sol en champ mais il est possible d'irriguer en période sèche. L'irrigation bien gérée est donc un outil de prévention très précieux.

Les exigences de la culture

Chaque culture a ses propres besoins en ce qui a trait aux éléments mineurs. Pour un élément donné, certaines cultures semblent indifférentes au contenu de sol alors que d'autres présentent des gains de croissance ou de qualité marqués. Le Tableau 1 présente la réponse relative des différentes cultures aux applications d'éléments mineurs en sol pauvre. Les cultures qui réagissent fréquemment aux apports ont donc besoin d'une grande quantité de l'élément pour leur croissance et sont donc plus sensibles aux carences.

Les cultures diffèrent aussi quant à leurs exigences au niveau du pH. Le tableau 2 présente les pH généralement recommandés pour les principaux légumes cultivés en sol organique. Ces recommandations ne sont cependant pas des vérités absolues. Chaque sol est différent. C'est pourquoi, les rendements peuvent parfois être excellents même si le pH est en dehors des normes alors que, dans d'autres cas, des problèmes peuvent survenir même si le pH recommandé est respecté.

Tableau 1 : Réponse relative des légumes aux apports d'éléments mineurs

Légume	Bore	Cuivre	Fer	Manga- nèse	Molyb- dène	Zinc
Betterave	+++	+++	+++	+++	+++	++
Brocoli	+++	++	+++	++	+++	
Carotte	++	++		++	+	+
Céleri	+++	++		++	+	
Chou	++	++	++	++	++	+
Chou-fleur	+++	++	+++	++	+++	
Épinard	++	+++	+++	+++	+++	+++
Haricot	+	+	+++	+++	++	+++
Laitue	++	+++		+++	+++	++
Maïs sucré	++	++	++	+++	+	+++
Navet	+++	++		++	++	
Oignon	+	+++		+++	+++	+++
Pois	+	+		+++	++	+
Pomme de terre	+	+		+++	+	++
Radis	++	++		+++	++	++

Adapté de: M. L. Vitosh, D.D. Warncke, et R. E. Lucas, *Secondary and Micronutrients for Vegetables and Field Crops*, Michigan Extension Bulletin E-486 (1994). Légende: +++ = réponse fréquente à l'ajout de l'élément mineur lorsque sa concentration dans les sol est faible, ++ = réponse occasionnelle à l'ajout de cet élément, + = réponse peu fréquente même lorsque le sol est pauvre en cet élément.

Tableau 2 : pH généralement recommandés pour les principales cultures en sol organique

Culture	pH recommandés	pH optimal
Carotte	5.2 à 6.0	5.6
Céleri	5.6 à 6.2	6.0
Laitue	5.3 à 5.8	5.6
Oignon	5.3 à 5.8	5.6
Pomme de terre	5.0 à 5.6	5.2
Radis	5.0 à 6.0	5.6
En général	5.2 à 6.0	

Données provenant de références diverses

Comment gérer les éléments secondaires et mineurs ?

Les paragraphes suivants présentent les informations de base concernant le suivi de chacun des éléments secondaires et mineurs en sol organique. On y explique comment se comporte l'élément dans le sol, les facteurs principaux qui affectent sa disponibilité, les méthodes d'apport aux cultures, etc.

Calcium : Le besoin en calcium des cultures est habituellement comblé par les applications de chaux qui sont effectuées pour corriger le pH. Sur un sol convenablement chaulé, les carences en calcium dépendent donc rarement du contenu du sol. Pourtant, les problèmes reliés au calcium sont fréquents. La brûlure marginale (tipburn) dans la laitue et le cœur noir dans le céleri sont attribuables à un manque de calcium. Divers facteurs environnementaux influençant l'absorption du calcium et son déplacement à l'intérieur de la plante sont impliqués. L'humidité du sol joue un rôle important car souvent le développement des symptômes suit une période de sécheresse. Le maintien d'un niveau excessif de potassium dans le sol et un sol froid peuvent aussi nuire à l'absorption du calcium. On peut prévenir cette carence en irriguant bien les champs en période sèche et en pulvérisant du calcium sur le feuillage lors des poussées de croissance.

Magnésium: Sur les nouvelles terres, on doit viser un contenu du sol minimum de 220 kg/ha. Par la suite, le contenu du sol en magnésium doit évoluer en même temps que celui du calcium de façon à ce que le ratio entre ces deux éléments (Ca/Mg) demeure égal ou inférieur à 10 dans l'analyse(kg/ha). Un excès de potassium peut aussi nuire à l'absorption du magnésium, c'est pourquoi certains critères comparant les niveaux de magnésium et de potassium à l'analyse ont aussi été établis. Si le pH doit être corrigé, ce sont les chaux magnésiennes ou dolomitiques qui représentent la source de magnésium la plus économique. Par contre, les chaux qui contiennent du magnésium sont plus lentes à modifier le pH et leur magnésium n'est pas immédiatement disponible. Les autres sources sont le sulpomag et le sulfate de magnésium (sel d'Epsom). En cas de carence, le magnésium peut être appliqué au feuillage sous forme de sel d'Epsom. Les cultures les plus sensibles sont le céleri, le maïs sucré et la pomme de terre. Certaines variétés de céleri sont peu efficaces à extraire le magnésium du sol et vont nécessiter des pulvérisations foliaires régulières même si le contenu du sol est adéquat.

Soufre : Ce type de carence n'a pas été observé en sol organique. Le soufre est un des constituants de la matière organique et il est souvent présent dans les fertilisants (sulfates). De plus, sous nos conditions, les pluies acides en apportent continuellement aux plantes.

Bore: Le bore est le seul élément mineur qui peut être lessivé. Des apports réguliers sont donc essentiels. Les doses recommandées varient de 1,0 à 3,0 kg/ha et dépendent de l'analyse de sol et de la culture. Les doses doivent aussi être ajustées à la hausse lorsque le pH dépasse 6.0 en raison de la baisse de disponibilité observée à pH élevé. Les engrais boratés (Borax ou Solubor) sont appliqués à la volée, seul ou en mélange avec l'engrais. Comme pour le calcium, l'absorption du bore est fortement

affectée lorsque le sol devient sec. Les besoins de la plante au niveau de ces deux éléments sont d'ailleurs intimement liés ; quand la plante a besoin de beaucoup de calcium (croissance active), elle a aussi besoin de beaucoup de bore. Des pulvérisations foliaires sont souvent effectuées lorsque les plantes sont jeunes et quand des conditions favorables aux carences surviennent par la suite. Le bore peut potentiellement être toxique pour certaines cultures comme les haricots, le maïs et les céréales. Sous nos conditions de tels cas semblent cependant très rares. Cette toxicité n'a jamais été notée sur les céréales utilisées en plante abri et comme couvre-sol en sol organique.

Cuivre: Le cuivre est un élément fortement déficient sur les nouvelles terres noires. Par contre, il se fixe facilement sur la matière organique et les prélèvements de la culture sont minimes. Le cuivre s'accumule dans le sol d'année en année au fur et à mesure des applications. En plus d'influencer la croissance, le cuivre joue aussi un rôle très important en terre noire : il freine la décomposition de la matière organique de sorte que l'affaissement est beaucoup ralenti. Sur les nouvelles terres, on recommande d'en appliquer de 7 à 14 kg/ha dès la première année. Par la suite, les recommandations varient selon les références consultées ; certains recommandent de faire des applications en fonction du contenu du sol et du besoin de la culture alors que d'autres suggèrent de continuer d'ajouter des doses élevées durant les premières années. Dans tous les cas, on indique que, lorsqu'un sol a reçu un total de 40 à 45 kg/ha de cuivre, on peut cesser d'en ajouter. Ce sol dispose alors d'une banque de cuivre quasi inépuisable et est très bien protégé contre l'affaissement. Sur les nouvelles terres noires, même si on a appliqué du cuivre au sol, des traitements foliaires sont souvent nécessaires. On peut utiliser du sulfate de cuivre ou des chélats.

Fer: Le contenu en fer (Fe) des sols organiques québécois est en général relativement élevé. Les carences observées seraient la plupart du temps le résultat d'interactions avec d'autres éléments mineurs sur des sols à pH faible. Un sol frais et humide favoriserait aussi cette carence. Lorsque des symptômes apparaissent, le fer est apporté au feuillage des cultures sous forme de chélats.

Manganèse: La disponibilité du manganèse est très fortement reliée au pH. Elle est à son maximum lorsque le pH est bas et des carences ne sont à craindre que si le pH devient égal ou supérieur à 5.8. Les autres facteurs reconnus pour favoriser les carences sont les températures froides de même qu'un sol sec. À pH élevé, les applications au sol faites à la volée sont inutiles étant donné que le manganèse est rapidement fixé sur la matière organique. Dans ce cas, on peut prévenir efficacement les carences de deux façons, soit en apportant le manganèse (sulfate de manganèse) en bande avec les autres engrais à la plantation, soit en effectuant des pulvérisations foliaires (sulfate de manganèse ou chélat). L'efficacité des apports en bande est reliée à l'effet acidifiant de l'engrais et à la concentration élevée du manganèse immédiatement dans la zone d'établissement des premières racines. Les fongicides à base de mancozèbe contiennent aussi du manganèse. Bien que leur contenu soit trop faible pour corriger des carences marquées, ces fongicides représentent une source d'appoint intéressante. En résumé, c'est donc avant tout en évitant de surchauffer les sols au-delà des pH recommandés que l'on prévient le mieux les carences en

manganèse. Sous nos conditions, on recommande de suivre de près les champs dont les pH sont élevés et au besoin de faire des traitements foliaires correctifs.

Molybdène: La quantité de molybdène requise pour la croissance est extrêmement faible. Comme dans le cas du manganèse, la disponibilité de cet élément est très fortement reliée au pH mais c'est, au contraire, lorsque le pH est élevé que le molybdène devient le plus disponible. On ne devrait se préoccuper du molybdène que si les pH sont acides et, en général, on parle d'un pH de 5.3 ou moins. Le risque de carence est accru si le sol contient du fer ou de l'aluminium en quantité élevée. La meilleure façon de prévenir les carences c'est d'abord par un chaulage approprié des sols. Il faut particulièrement surveiller les cultures sensibles plantées sur des nouvelles terres peu décomposées. Des traitements foliaires au molybdate de sodium sont efficaces pour corriger et prévenir les carences. Sur une culture dont le feuillage est lisse, comme l'oignon, l'addition d'un surfactant non-ionique (collant) améliore l'efficacité. Des traitements de semence au molybdate de sodium peuvent aussi favoriser une levée plus uniforme et rapide des semis en particulier si le pH est inférieur à 5.

Zinc: Les carences en zinc sont relativement rares. Le contenu du sol est habituellement bon et les pH supérieurs à 6.7, qui diminuent la disponibilité du zinc, sont rarement atteints. Sous nos conditions, les carences observées sont davantage reliées aux périodes de temps froid, humide et nuageux. Les excès de phosphore augmentent aussi le risque. Le phosphore en excès dans la sève de la plante aurait pour effet de nuire au transport du zinc des racines vers les feuilles. Lorsque des symptômes apparaissent, on recommande d'effectuer des pulvérisations foliaires sous forme de sulfate, d'oxysulfate ou de chélats de zinc. Les fongicides à base de mancozèbe et de zinèbe apportent aussi une certaine quantité de zinc aux cultures.

Comment prévenir les carences ?

Par un chaulage au bon moment et bien dosé

- Le pH des sols diminue graduellement avec le temps. Il faut vérifier le pH des champs régulièrement et apporter rapidement les correctifs requis.
- La prise des échantillons de sol pour vérifier le pH devrait être effectuée après le labour. En raison de l'affaissement des sols organiques, une certaine quantité du sol acide sous-jacent est ramenée en surface dès qu'on travaille le sol en profondeur.
- Appliquez la chaux le plus tôt possible de façon à ce qu'elle ait le temps de faire effet avant l'implantation de la culture. La chaux agricole réagit lentement avec le sol ; il faut patienter au moins 6 mois avant de noter une variation significative du pH.
- Un épandage uniforme de la chaux sur tout le champ et son enfouissement à une profondeur régulière correspondant à la profondeur d'enracinement de la culture

sont des points essentiels à respecter. La chaux doit aussi être bien mélangées avec le sol. Ceci est extrêmement important si des doses élevées sont appliquées.

- Appliquez les doses de chaux agricole recommandées selon l'analyse. À moyen terme, l'application d'une dose excessive de chaux fera augmenter le pH au-delà des recommandations et vous risquer d'induire des carences au niveau d'éléments comme le manganèse, le bore et le zinc. Si c'est le cas, il vous faudra vivre avec ce problème durant les quelques années qui seront nécessaire pour que le pH redescende naturellement.
- Pour ramener le pH et le contenu en calcium des terres noires nouvellement défrichées à des valeurs acceptables, il faut appliquer d'importantes quantités de chaux. On recommande habituellement au Québec d'appliquer au maximum 7 T/ha de chaux agricole par année si la chaux est enfouie à 20 cm et 10 T/ha si elle est incorporée à 30 cm. Au Michigan, on suggère plutôt une dose maximale de 17 T/ha pour 20 cm d'enfouissement et 25 T/ha pour 30 cm. L'utilisation de dose de chaux aussi élevées représente un risque. Pour prévenir les problèmes, la dose d'épandage, la profondeur d'enfouissement et le mélange avec le sol doivent être le plus uniforme possible. Suivez de très près, les cultures qui seront plantées dans ces champs durant les premières années.
- L'incorporation superficielle de chaux hydratée (200 à 300 kg/ha) avant le semis ou la plantation peut aider à augmenter rapidement le pH en début de saison. Cette pratique est recommandable sur les terres dont le pH est encore trop acide pour la culture et dont les applications précédentes de chaux agricole n'ont pas encore eu le temps d'agir. On sait que la chaux agricole a besoin d'un temps de réaction d'au moins 6 mois avant que le pH soit modifié de façon significative (2 à 3 ans pour un effet complet).

Par une gestion précise des fertilisants

- Faites analyser vos sols régulièrement, au minimum à tous les 3 ans et ajoutez-y toujours l'analyse pour les éléments mineurs. Les nouvelles terres devraient être vérifiées à chaque année pendant au moins 3 ans de façon à en suivre précisément l'évolution. Les zones présentant des problèmes particuliers de croissance devraient être échantillonnées séparément du reste du champ. Il est préférable de prendre les échantillons après le labour et si possible au printemps. En raison de l'affaissement, une certaine quantité du sol sous-jacent moins riche est ramenée en surface par le labour. Du côté des éléments mineurs, le bore étant lessivable, le contenu du sol mesuré à l'automne ne sera probablement plus valable au printemps.
- Respectez les doses de fertilisants recommandées suite à votre analyse de sol et appliquez les le plus uniformément possible sur vos champs. L'excès d'un élément peut nuire à l'absorption d'un autre élément et provoquer une carence. Les éléments mineurs appliqués en trop grande quantité peuvent aussi, sous certaines conditions, devenir toxiques.

- Plusieurs des ingrédients fertilisants de base qui servent à la préparation des formules d'engrais ont un effet acidifiant sur le sol. Cet effet n'est évidemment pas souhaitable lorsque le pH du sol est déjà en deçà du pH minimum recommandé. Dans ce cas, il pourrait être avantageux d'utiliser des bases d'engrais ne possédant pas cet effet acidifiant. Votre fournisseur d'engrais devrait être en mesure de vous conseiller à ce sujet.

Par une gestion adéquate des sols et de l'eau

- Les racines constituent la porte d'entrée naturelle des éléments fertilisants dans la plante. Tous les facteurs favorables à une saine croissance des racines favoriseront donc la nutrition de la plante. Au départ, un sol bien préparé, meuble et bien drainé demeure une recette gagnante. Très souvent, les fluctuations de la nappe d'eau qui surviennent suite aux « coups d'eau » endommagent le système racinaire des plants. Des carences combinant parfois plus d'un élément apparaissent souvent par la suite.
- Pour certains éléments dont la disponibilité est affectée par l'humidité du sol (ex : calcium et bore), c'est l'irrigation (aspersion ou contrôle de nappe) qui représente la meilleure prévention.

En appliquant des fertilisants foliaires au bon moment

Les éléments secondaires et mineurs sont facilement absorbés par le feuillage des plantes. Cette porte d'entrée devient extrêmement utile lorsque des facteurs comme un sol sec ou un pH inadéquat rendent les éléments du sol non disponibles. Les pulvérisations foliaires peuvent aussi bien être utilisées pour la prévention que pour la correction des carences.

Cependant, ces applications, bien que peu coûteuses en produits, représentent tout de même des frais de pulvérisations considérables. Des pulvérisations préventives faites sans discernement entraînent des coûts qui risquent de ne jamais être récupérés en rendement supplémentaire. Du point de vue agronomique et environnemental, il est aussi tout à fait injustifié d'ajouter aux champs des produits dont les cultures n'auront pas besoin.

Les pulvérisations préventives ne sont justifiées que dans les cas suivants :

- Les conditions climatiques sont favorables à l'apparition d'une carence qui risque d'entraîner des pertes considérables. Le calcium et le bore entrent dans cette catégorie.
- Le contenu du sol et le pH sont trop bas pour la culture. Sur les nouvelles terres noires, malgré les applications au sol, des applications foliaires de cuivre et de molybdène sont souvent requises.

- Les champs concernés ont un pH élevé et, par le passé, des symptômes de carences sont survenus malgré un contenu du sol adéquat. Le manganèse et le zinc présentent fréquemment ce type de carence relié au pH.
- Des « coups d'eau » ont entraînés une hausse prolongée de la nappe d'eau de sorte que les racines ont été endommagées. L'utilisation d'un fertilisant foliaire contenant un mélange d'éléments mineurs et un peu d'azote est souvent utile dans ce cas pour aider la plante à se rétablir.
- La variété cultivée est reconnue pour absorber difficilement cet élément via le sol. Certaines variétés de céleri, par exemple, doivent recevoir régulièrement des traitements foliaires en magnésium.

Dans tous les autres cas, des applications foliaires ne devraient être faites que si des symptômes surviennent. Les précautions à prendre sont les suivantes :

- Surveillez vos champs de près de façon à dépister rapidement les carences. Celles-ci sont toujours plus faciles à corriger lorsque les plants sont jeunes. Surveillez particulièrement les champs dont le pH ne sont pas adéquats. Les nouvelles terres doivent aussi être suivies de près en raison de leur manque d'uniformité.
- Assurez-vous de bien identifier l'élément carencé. Pour ce faire, l'avis d'un expert est souvent requis. L'identification d'une carence peut parfois nécessiter plusieurs outils : les symptômes visuels, l'analyse de sol (pH et contenu du sol) et l'analyse foliaire.
- Dans le cas d'une carence provoquée par des températures fraîches, il arrive souvent que la carence se résorbe d'elle-même dès le retour aux températures normales. Si la carence est légère et qu'on prévoit un réchauffement à court terme, il est peut probable que les coûts de pulvérisation seront récupérés par un accroissement de rendement.

Les points à respecter pour que les pulvérisations soient efficaces et sans danger pour la culture sont les suivants :

- Les doses appliquées doivent être précises. Les excès peuvent rapidement devenir toxiques. Il faut parfois faire 2 ou 3 pulvérisations à petite dose pour corriger une carence. Respectez l'intervalle recommandé entre les traitements.
- Les pulvérisations faites le matin ou en fin de journée sont généralement plus efficaces. Le produit appliqué doit sécher lentement pour avoir le temps d'être absorbé. On recommande de mélanger de l'urée avec certains produits. Celle-ci permet de ralentir l'assèchement du produit sur le feuillage.

- Les pulvérisations doivent bien mouiller tout le feuillage. Sur les cultures qui possèdent un feuillage lisse (ex : oignon), on aurait avantage à ajouter un collant.
- Les éléments secondaires et mineurs peuvent être mélangés avec plusieurs insecticides et fongicides. Vérifiez l'étiquette des produits et consultez votre fournisseur. En cas de doute, faites un test sur une petite superficie.

Conclusion

Le monde des éléments secondaires et mineurs est relativement complexe. Par contre, les méthodes permettant de prévenir les carences sont dans l'ensemble faciles à appliquer. Le respect des recommandations (pH et fertilisation) et la précision au niveau des opérations sont des points qui reviennent régulièrement. Les pulvérisations foliaires représentent aussi un outil de prévention et de correction très utile à condition de s'en servir judicieusement.

Pour les sols organiques, nous avons par contre au Québec un problème en ce qui concerne les recommandations pour les applications d'éléments mineurs au sol. Il n'y a pas de grilles de recommandation disponibles faisant référence aux analyses de sol. Ces grilles existent ailleurs mais elles sont difficilement applicables ici compte tenu que la méthode d'analyse que nous utilisons est différente. L'établissement d'un guide de recommandation valable pour nos sols serait donc un outil de référence très utile.

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation
118, rue Lemieux, Saint-Rémi, J0L 2L0
Téléphone : (450) 454-2210, poste 229 – Télécopieur : (450) 454-7959
Courriel : mario.leblanc@agr.gouv.qc.ca