

## Soufre, magnésium et oligo-éléments

# Comment détecter et traiter les carences sur maïs ?

**En plus des trois éléments majeurs (N, P et K) mobilisés à raison de quelques dizaines de kilos par hectare, d'autres éléments nutritifs sont indispensables au maïs pour assurer sa croissance et son développement. Les méso-éléments (soufre et magnésium) et les oligo-éléments (cuivre, manganèse, zinc...) sont certes puisés en moindre quantité dans le sol, mais les carences parfois observées peuvent être fortement dommageables pour la production. Nous faisons ici le point sur la démarche à adopter pour les détecter et les produits et doses à utiliser pour les corriger.**

## De l'hypothèse au diagnostic de carence

### Les questions clés à se poser

**Les symptômes de carence sont spécifiques pour chaque élément, mais ils peuvent être confondus ou masqués par d'autres facteurs. C'est pourquoi une observation précise et méthodique de la parcelle et des plantes est nécessaire pour bien identifier la cause des symptômes observés.**

Que ce soit au niveau des zones atteintes dans la parcelle ou des organes touchés sur la plante, les carences se manifestent par des symptômes qui permettent le plus souvent de les distinguer des autres accidents de nature parasitaire, climatique, physiologique ou liés à des causes diverses d'intoxication.

Un bon diagnostic repose sur une démarche logique qui implique d'abord d'envisager toutes les hypothèses possibles sans tirer de conclusion hâtive. La démarche procède d'une succession ordonnée de questions permettant d'aboutir à la bonne hypothèse.

**Quelle est la forme des zones affectées dans la parcelle ?**

Pour observer la répartition des symptômes dans la parcelle, il est préférable, dans

la mesure du possible, de prendre de la hauteur. Une carence affecte rarement la totalité d'une parcelle. Elle apparaît toujours par foyers ou taches irréguliers, plus ou moins grands, répartis au hasard dans la parcelle. Un contour rectiligne des taches peut correspondre à une ancienne limite entre deux anciennes parcelles réunies, mais au passé différent.

**ATTENTION :** la répartition des symptômes par



Pierre Castillon

p.castillon@arvalisinstitutduvegetal.fr

ARVALIS – Institut du végétal

foyers peut également être attribuée à :

- des ravageurs aériens: les zones atteintes sont de petite taille, mais nombreuses et les zones protégées du vent sont les plus touchées;
- des ravageurs du sol: les zones atteintes progressent dans le temps.

En cas de symptômes sur toute la parcelle il y a lieu d'envisager plutôt l'hypothèse d'une phytotoxicité ou d'un accident climatique.

### Quel est l'état des racines ?

Après l'ensemble de la parcelle, il faut examiner les plantes au niveau de tous les organes et, en particulier, des racines, dont l'état détermine l'aptitude des plantes à prélever l'eau et les éléments nutritifs dans le sol. Un profil cultural rapide sur les zones atteintes et les zones saines peut aider à orienter le diagnostic. Certaines carences peuvent être induites ou renforcées par un enracinement limité, par un tassement excessif du sol ou au contraire par un sol trop aéré.

### Quelle est l'histoire récente de la parcelle ?

Le passé récent de fertilisation ou d'amendement a son importance. Par exemple, les blocages d'oligo-éléments liés à une augmentation trop importante du pH

sont parmi les cas de carences les plus fréquents. Il est intéressant de savoir si des symptômes ont été observés sur d'autres espèces de la rotation.

Les apports d'engrais liquides, les traitements phytosanitaires (herbicides notamment) peuvent provoquer des modifications du feuillage parfois proches des symptômes de carence. Dans ce cas, seul est atteint l'étage des feuilles les plus jeunes au moment de l'intervention.

### Quel était le climat des jours précédents ?

La sécheresse, le froid et le vent sont susceptibles de provoquer des nécroses ou des dégâts mécaniques sur le feuillage.

### Quel est l'état sanitaire de la plante ?

L'hypothèse d'un accident sanitaire (maladies ou ravageurs) doit être examinée avant de conclure à une carence.

Lorsque le diagnostic a abouti à une carence il faut ensuite déterminer l'élément nutritif en cause. Pour cela, une observation précise des organes touchés et de la nature des symptômes s'impose.

**Les symptômes caractéristiques des carences permettent de les distinguer des autres accidents.**



## Soufre

### Un risque de carence qui tendrait à augmenter

**Cette carence peut toucher toutes les régions. Son développement s'explique par l'emploi d'engrais dont le soufre est absent ou peu présent et par des retombées atmosphériques qui n'ont cessé de diminuer depuis 30 ans.**

#### Situations à risque

Elle concerne principalement les terres filtrantes peu profondes ou caillouteuses (limons caillouteux, sables...). Dans ces sols où le sulfate est rapidement « lessivé », la carence en soufre est plus ou moins grave selon la pluviosité de l'hiver et selon la fréquence des apports de soufre par les engrais minéraux et/ou organiques.



La dernière feuille présente une décoloration internervaire.

#### Symptômes caractéristiques

Comme pour toutes les carences, elle se manifeste par des zones aux contours irréguliers au sein desquelles la teinte claire ou même jaune domine. Les symptômes concernent plus particulièrement la dernière feuille apparue qui présente d'abord une décoloration internervaire, puis devient entièrement pâle voire jaune.

#### Correction de la carence

Dans les situations à risques, un apport de 25 à 50 kg/ha de  $SO_3$  selon la gravité de la situation est nécessaire. L'apport de l'engrais sulfaté correcteur (sulfate d'ammonium, de magnésium, de calcium ou de potassium ou soufre micronisé) doit être réalisé dès qu'apparaissent les symptômes si ceux-ci sont graves, ou au moment de l'apport principal d'azote dans tous les milieux à risque qu'il y ait ou non des symptômes bien distincts.

# Magnésium

## Un élément rarement absent

**Cette carence peu répandue provoque des baisses de production variables, mais souvent faibles.**

### Situations à risque

- Les sols lessivés, notamment les limons hydromorphes;
- Les sols sableux: sables de Sologne et des Landes;
- Certains sols calcaires: Champagne crayeuse.

### Symptômes caractéristiques

Les symptômes caractéristiques de cette carence concernent en premier les feuilles les plus âgées (à la base des plantes). Elles présentent sur toute la longueur des feuilles des décolorations internervaires sous forme de ponctuations bien visibles à contre-jour. Dans les cas graves, les feuilles âgées se nécrosent et meurent.

### Analyses de terre et de plante

L'analyse de terre constitue l'outil privilégié pour détecter le risque de carence qui prévaut lorsque la teneur du sol est égale ou inférieure à 50 mg MgO échangeable/kg dans les sols limoneux ou argileux et inférieure ou égale à 30 mg MgO échangeable/kg pour les sols sableux. Des fertilisations potassiques très élevées ou la grande richesse naturelle du sol en potassium (> 300 mg K<sub>2</sub>O échangeable/kg dans les sols limoneux et > 600 K<sub>2</sub>O échangeable/kg dans les terres de groix des Charentes par exemple) accentuent le risque de carence en magnésium. Dans ce cas, elle peut se manifester dans les sols dont la teneur est inférieure à 70 mg MgO échangeable/kg.

Une teneur en magnésium inférieure à 0,10 % dans le limbe de la feuille de l'épi à la floraison du maïs confirme l'existence d'une carence en cet élément.



**En cas de carence en magnésium, les feuilles les plus âgées présentent des décolorations internervaires.**

### Correction de la carence

Pour les sols carencés peu acides, l'apport régulier avant chaque culture de 30 à 50 kg/ha MgO/ha avec des engrais magnésiens sous forme de sulfate (kiesérite), chlorure, nitrate ou silicate constitue la règle afin de prévenir tout risque de carence. Pour les sols acides justifiant des apports d'amendements basiques, l'emploi d'amendements calco-magnésiens (dolomies, chaux magnésiennes...) permet d'élever ou maintenir la teneur du sol au-dessus du seuil de risque de carence.

En cas d'intervention tardive pour corriger une carence déclarée, la pulvérisation sur le feuillage de sulfate de magnésium dit « technique » (16 % MgO) à raison de 10 kg MgO/ha dilués dans environ 200 litres d'eau pour éviter les brûlures permet une correction rapide de la carence.

**Des fertilisations potassiques très élevées accentuent le risque de carence en magnésium.**



## Zinc

### La carence la plus fréquente chez le maïs

**Le maïs est sensible aux carences en zinc, qui sont détectables grâce à l'analyse de terre et le diagnostic foliaire.**

#### Situations à risque

Le maïs est très sensible à la carence en zinc qui, de ce fait, est assez répandue. Une faible teneur en zinc disponible dans le sol, un pH trop élevé pour les sols originellement acides et une trop forte disponibilité du phosphore, corollaire en général d'apports excessifs de P sont les conditions qui déterminent les risques de carence en zinc pour le maïs. Le diagnostic à partir de l'analyse de terre prend en considération la teneur en zinc du sol et son pH. Le seuil diagnostique retenu pour caractériser le risque de carence varie selon la méthode d'extraction. Ainsi pour une extraction avec de l'EDTA, on considère que l'apport préventif de zinc se justifie lorsque la teneur du sol est inférieure à 1 ou 2 mg Zn/kg selon que le pH eau est inférieur ou supérieur à 6,2.

Le diagnostic foliaire réalisé à la floraison du maïs permet de confirmer l'existence ou non de l'état de carence du maïs selon que la teneur de la feuille de l'épi est inférieure ou supérieure à 15 mg Zn/kg.

#### Symptômes caractéristiques

Les symptômes de carence peuvent apparaître très tôt en raison de la faible disponibilité du zinc dans le sol, ou parce que son absorption est perturbée par un sol trop froid ou encore une alimentation phosphorique pléthorique. Le symptôme caractéristique se traduit par l'apparition sur les feuilles âgées de larges bandes vert pâle à blanchâtre de part et d'autre de la nervure centrale. En outre, la base de la feuille incomplètement déployée présente également une teinte anormalement pâle.

Lorsqu'ils sont induits par des conditions de sol momentanément défavorables à l'absorption du zinc, ces symptômes sont fugaces et sans conséquence pour la production du maïs.

**Une carence en zinc se caractérise par de larges bandes vert pâle à blanchâtre sur les feuilles âgées.**



**Les symptômes de carence en zinc peuvent apparaître très tôt en raison de la faible disponibilité de l'élément dans le sol.**

#### Correction de la carence

La carence en zinc peut être corrigée par des apports au sol ou en pulvérisation sur le feuillage. La première solution, qui consiste à épandre 4 à 6 kg de zinc/ha peu de temps avant ou au moment du semis (engrais localisé contenant Zn), permet d'éviter le risque de carence pendant 3 à 4 ans. Cette solution est à privilégier lorsque le maïs est fréquemment présent dans la rotation. La pulvérisation de zinc sur le feuillage à raison de 500 à 600 g Zn/ha permet de corriger efficacement des carences modérées qui apparaissent en cours de végétation.

Moyennant le respect des doses préconisées ci-dessus, l'efficacité des formes de zinc (chélates, sulfate, nitrate, oxydes...) est sensiblement la même.

Qu'il soit apporté au sol ou appliqué sur le feuillage, un apport de zinc ne doit pas contenir de cuivre, car la présence de l'un annule l'efficacité de l'autre et aggrave même parfois la carence pour l'élément concerné.



# Manganèse

## Une carence souvent provoquée

**Bien que présent en abondance, le manganèse est parfois rendu indisponible par les conditions de sol.**

### Situations à risque

Le manganèse est un élément présent en abondance dans tous les sols, mais parfois sous des formes très peu disponibles pour les plantes en raison des conditions de sol. Le pH et les conditions d'oxydo-réduction sont celles qui influencent le plus sa disponibilité. Les carences observées sont de ce fait pour l'essentiel la conséquence d'un pH trop élevé dans des sols originellement acides ou des sols très aérés dans lesquels le manganèse est oxydé, et par conséquent très peu soluble. Cela explique que dans les zones carencées, les plantes soient les plus vertes et poussent le mieux là où le sol est tassé (passages de roues par exemple). C'est la raison aussi pour laquelle des apports au sol sont peu efficaces car le manganèse est rapidement transformé sous une forme peu disponible pour les plantes. Cette carence est rencontrée dans différentes régions françaises après des chaulages excessifs, sur des sols très humifères, ou secs et très aérés.

### Symptômes caractéristiques

Les symptômes peuvent apparaître à tous les stades. Une carence modérée se traduit par une couleur pâle de l'ensemble des feuilles. Puis des raies uniformes vert jaune se forment entre les nervures et évoluent en longues raies blanches. Dans le cas de carence sévère, celles-ci évoluent vers des taches nécrotiques dans la partie médiane des feuilles. Des entre-nœuds courts, les feuilles allongées et ondulées à port retombant sont des symptômes complémentaires spécifiques de cette carence.



Les symptômes d'une carence en manganèse peuvent apparaître à tous les stades.



Une carence modérée en manganèse se traduit par une couleur pâle de toutes les feuilles.

### Correction de la carence

Lorsqu'elle résulte d'un pH trop élevé, la carence peut être atténuée par l'emploi d'engrais azotés ammoniacaux acidifiants (phosphate ou sulfate d'ammonium). Dans le cas de carences sévères, cela ne peut toutefois suffire et l'apport de manganèse est nécessaire. L'efficacité des apports au sol est très limitée voire nulle. La correction des carences implique donc des apports de manganèse pulvérisé sur le feuillage. Dans le cas d'une carence modérée qui n'apparaît qu'assez tardivement, la pulvérisation d'environ 1 kg Mn/ha entre 12 et 13 feuilles assure une correction satisfaisante. Si la carence est sévère avec apparition très précoce des symptômes, deux apports sur le feuillage s'imposent. Le premier entre 4 et 6 feuilles avec environ 600 g Mn/ha, dont la pulvérisation doit être dirigée sur les rangs. Le second, voire un troisième si les symptômes se maintiennent, entre 10 feuilles et le stade limite de passage, avec environ 1 kg Mn/ha. Les différentes formes commercialisées (sels minéraux ou chélates) présentent la même efficacité à condition que la quantité de manganèse apporté soit suffisante.

## Cuivre

### Une carence peu fréquente et souvent cachée

**Peu fréquente et rarement observée, la déficience en cuivre peut néanmoins se manifester chez le maïs et engendrer des pertes sensibles de production y compris en l'absence de symptômes caractéristiques.**

#### Situations à risque

Rencontrée surtout dans les sols sableux ou riches en matière organique, la carence en cuivre peut apparaître aussi dans les sols peu pourvus en cet élément ou après le chaulage excessif des sols originellement acides élevant leur pH eau au-dessus de 6,5.

L'analyse de terre reste le moyen de diagnostic le plus fiable de la carence en cuivre dont le risque est à prendre en considération lorsque le rapport Cu EDTA (mg/kg) / matière organique (%) est inférieur à 0,5.

#### Symptômes caractéristiques

Les symptômes caractéristiques de la carence en cuivre ne se manifestent que dans les sols dont la disponibilité en cet élément est très faible et/ou lorsque la semence provient de plantes carencées en cuivre.

Les premiers symptômes se traduisent par un jaunissement des jeunes feuilles qui émergent et dont l'extrémité est nécrosée. Par la suite, elles peuvent présenter des stries jaunes et les jeunes feuilles demeurent attachées par leurs extrémités. Ce dernier symptôme dénommé « anse de panier » — bien que rarement observé — est caractéristique de la carence en cuivre.



Le symptôme « anse de panier » est caractéristique d'une carence en cuivre.

#### Correction de la carence

La carence en cuivre peut être corrigée par des apports de produits cupriques au sol ou en pulvérisation foliaire. Au sol, l'apport de 5 à 6 kg de Cu/ha est efficace pendant plusieurs années (5 à 8 ans selon la nature du sol). En pulvérisation foliaire, une application de 300 g Cu/ha dirigée sur le rang, entre 6 et 10 feuilles, suffit pour corriger la carence.

Qu'ils soient apportés au sol ou en pulvérisation foliaire, les engrais cupriques sont tous d'efficacité équivalente.

Qu'il soit apporté au sol ou appliqué sur le feuillage, un apport de cuivre ne doit jamais contenir de zinc car la présence de l'un annule l'efficacité de l'autre et aggrave même parfois la carence pour l'élément concerné. Dans les cas rares de risque de carence à la fois en cuivre et en zinc, les apports de chaque élément doivent être dissociés. Il est alors préférable d'apporter le zinc au sol avant le semis et le cuivre en pulvérisation sur le feuillage.

**Les premiers symptômes d'une carence en cuivre se traduisent par un jaunissement des jeunes feuilles dont l'extrémité est nécrosée.**