

**Les symptômes
de carence en
éléments nutritifs**

KALI AG
POTASSE SA

Préface

En agriculture, le résultat d'exploitation dépend dans une large mesure du niveau des rendements, de leur permanence et de la qualité des produits. Dès que l'un des facteurs de production comme l'oxygène, l'ensoleillement, la température, l'eau, l'un ou l'autre des éléments nutritifs s'écarte de l'optimum, comme en cas de maladie ou d'attaque parasitaire, le rendement et la qualité des produits s'en ressentent et diminuent souvent considérablement.

Un travail important, mais aussi de vastes connaissances et des observations minutieuses sont nécessaires pour assurer aux cultures la croissance la plus harmonieuse possible.

Nous souhaitons que cette petite brochure puisse vous aider à reconnaître les symptômes de carences en éléments nutritifs, pour vous permettre par des mesures appropriées de les guérir.

Potasse SA

Edité par::

KALI AG
POTASSE SA

Murtenstrasse 116

Case postale

CH-3202 Frauenkappelen

Fon +41 (0)31 926 60 00, Fax +41 (0)31 926 60 01

www.potasse.ch info@potasse.ch

Inhalt

Vorwort	3
1. Die Ernährung der Pflanzen	5
2. Die Versorgung der Pflanzen mit Nährstoffen	6
3. Allgemeines über Mangelsymptome	7
4. Funktion der Nährelemente, Mangelsymptome und Gegenmassnahmen	8
4.1. Stickstoff	8
4.2. Phosphor (P) (P ₂ O ₅ = Reinnährstoff)	11
4.3. Kalium (K) (K ₂ O = Reinnährstoff)	14
4.4. Magnesium (Mg)	17
4.5. Calcium (Ca) (CaO=Calciumoxid=Kalkbestandteil)	20
4.6. Eisen (Fe)	22
4.7. Bor (B)	24
4.8. Mangan (Mn)	26
4.9. Schwefel (S)	28
4.10. Molybdän (Mo)	29
4.11. Kupfer (Cu)	30
4.12. Zink (Zn)	31
Literaturnachweise	32

Les éléments nutritifs, les symptômes de carence, les remèdes

1. L'alimentation des plantes

Toute plante a besoin pour vivre d'un apport d'éléments nutritifs. Ceux-ci sont absorbés essentiellement sous forme minérale. On distingue entre les éléments principaux - parmi lesquels on compte l'azote, le phosphore, le potassium, le calcium, le magnésium et le soufre- et les oligo-éléments comme le bore, le fer, le cuivre, le manganèse, le molybdène et le zinc, dont la plante n'a besoin qu'en quantité très faible.

A côté des éléments ci-dessus, indispensables, il existe d'autres éléments, utiles mais non vitaux pour la croissance de la plupart des plantes. On trouve parmi eux le sodium, l'aluminium, le silicium, le chlore et le cobalt.

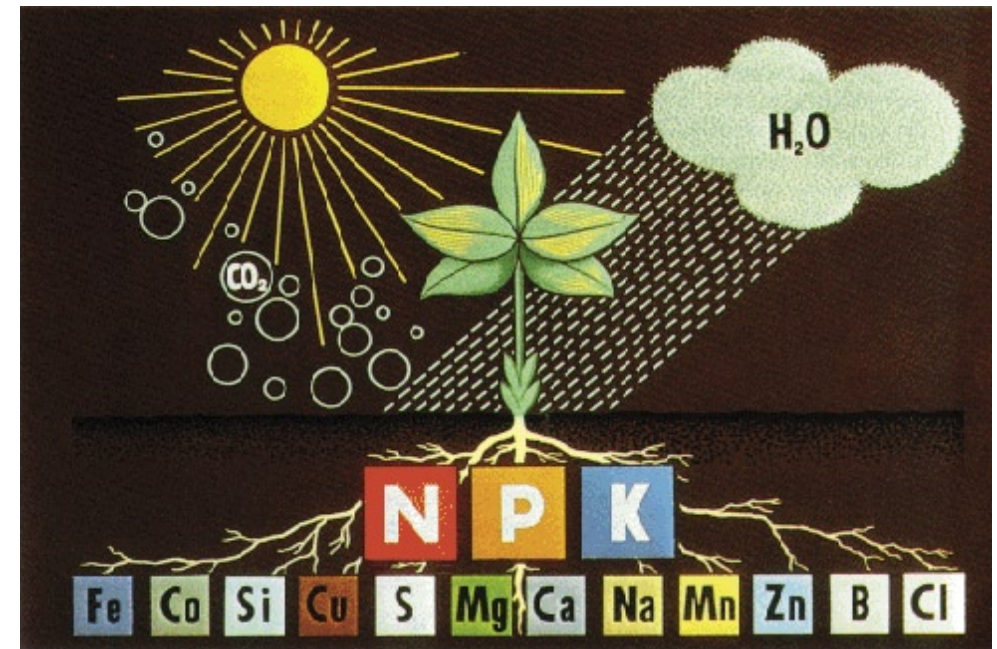


Fig.: Facteurs dont la plante a besoin pour vivre.

Il est possible qu'avec le développement des recherches relatives à la nutrition végétale, certains éléments «utiles» se révèlent «indispensables». Bien que les éléments minéraux mentionnés ci-dessus soient indispensables ou utiles aux plantes, ils peuvent avoir un effet dommageable sur la croissance végétale ou influencer les processus chimiques et biologiques du sol négativement, lorsque leur concentration dépasse certaines limites. Les excès d'éléments minéraux peuvent avoir leur importance dans la pratique; c'est le cas de l'azote (risque de verse, goût imparfait des fruits), du chlore, du bore, du molybdène, de l'aluminium et des métaux lourds.

2. L'approvisionnement des plantes en éléments nutritifs

L'alimentation de la plante en oligo-éléments se fait normalement sans problème à partir des réserves du sol. Dans certaines conditions pédologiques, il est néanmoins possible de voir apparaître une carence en oligo-éléments sur les cultures sensibles. Le risque est surtout grand dans les sols à pH très acide ou alcalin, car les éléments nutritifs peuvent y être fixés, indisponibles. Certaines espèces végétales ont des besoins élevés en un ou plusieurs oligo-éléments (la betterave sucrière est par exemple exigeante en bore), de sorte qu'après de longues années de culture peut apparaître une carence générale.

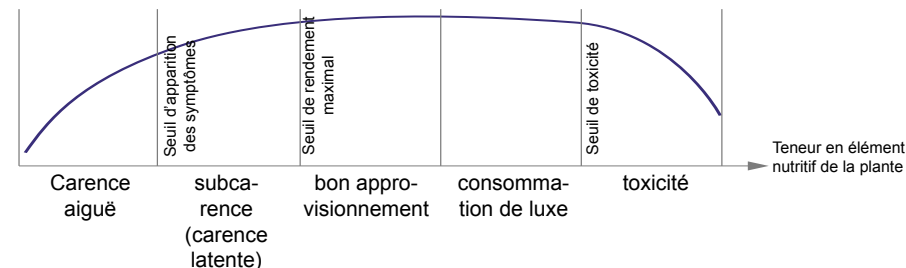
La plante exige les éléments nutritifs principaux en grande quantité; les réserves du sol ne suffisent pas à en garantir la croissance optimale à long terme.

Pour maintenir la fertilité du sol et si nécessaire pour l'améliorer, il est indispensable de lui apporter des éléments nutritifs à partir des engrais organiques et minéraux.

Lorsque les éléments sont disponibles en quantité insuffisante, le rendement et la qualité des produits baissent, même s'il n'apparaît pas encore de signes de carence typiques. Un tel approvisionnement, mauvais, non décelable extérieurement, est appelé carence cachée ou latente, ou encore subcarence. Quand finissent par apparaître les signes de carence, celle-ci, importante, aiguë, provoque une diminution considérable du rendement et de la qualité, même en cas d'intervention immédiate.

L'analyse régulière du sol donnant un aperçu de l'état de ses réserves en éléments nutritifs, constitue un moyen simple et bon marché de contrôler l'approvisionnement des cultures et d'éviter les pertes de rendement.

Relation entre la teneur en élément nutritif de la plante et sa croissance ou son rendement



- carence aiguë :** symptômes de carence visibles, mauvais rendement et qualité médiocre.
- subcarence (carence latente) :** pas de symptômes de carence, rendement diminué, qualité partiellement mauvaise.
- bon approvisionnement :** meilleure croissance et généralement meilleure qualité (optimum).
- consommation de luxe :** bonne croissance, qualité partiellement mauvaise.
- toxicité :** croissance et qualité réduites (excès nocif, par exemple pour les métaux lourds).

3. Généralités sur les symptômes de carence

Les symptômes de carence signalent clairement que l'approvisionnement des plantes en un ou plusieurs éléments nutritifs est très nettement insuffisant. Lorsque un signe de carence apparaît, il convient de prendre très rapidement des mesures de redressement, généralement sous forme d'une fertilisation foliaire ou d'un apport d'engrais au sol. Par des mesures à moyen et long terme, il faut également éliminer la cause de la carence. Les symptômes de carence prennent différentes formes: chloroses (décolorations), nécroses (dépérissements de certaines parties végétales), changements de coloration, croissance tortueuse, ralentie, etc. L'interprétation de ces symptômes n'est généralement pas facile, en particulier quand plusieurs éléments font défaut. Souvent d'autres causes conduisent également à des changements de coloration, à des nécroses partielles, comme par exemple les maladies à virus et à champignons. La recherche de l'origine de ces désordres devient plus aisée lorsqu'elle se base sur l'analyse végétale. Les résultats de cette analyse ne sont malheureusement pas disponibles rapidement, et il est en général urgent de prendre les premières mesures visant à corriger la carence avant de les connaître, pour

éviter une diminution de rendement trop importante. Les résultats d'analyse constituent néanmoins une base précieuse pour l'élimination à long terme des causes de désordres.

4. Fonctions des éléments nutritifs, les symptômes de carence et les remèdes

4.1. Azote (N)

L'azote est un élément fondamental des composés organiques azotés comme les protéines, les vitamines, la chlorophylle, etc.

De plus, l'azote a une certaine action gonflante sur les colloïdes: il augmente la pression dans les cellules

Carence azotée

Lorsque l'alimentation azotée est perturbée, les différents organes des plantes sont plus petits, et les rendements diminués. La carence azotée conduit à une plus faible densité des peuplements (tallage), à une fructification précoce et à une teneur réduite en protéines. Un approvisionnement médiocre ou excessif en N diminue la qualité.

Symptômes: La plante est petite, les feuilles d'abord vert jaunâtres à jaunes deviennent plus ou moins orangées et tombent.

Sols carencés: Sols insuffisamment fertilisés; sols souvent sableux, filtrants, acides ou pauvres en humus.

Remèdes:

- Apport d'azote au sol ou en fertilisation foliaire.
- Drainage des sols trop humides (réduction de la dénitrification).
- Amélioration de la structure du sol.
- Apport supplémentaire d'azote en cas d'enfouissement des pailles (rapport C/ N inférieur à 20).
- Emploi d'engrais verts évitant le lessivage de N en hiver (lorsque les conditions météorologiques de l'automne le permettent).



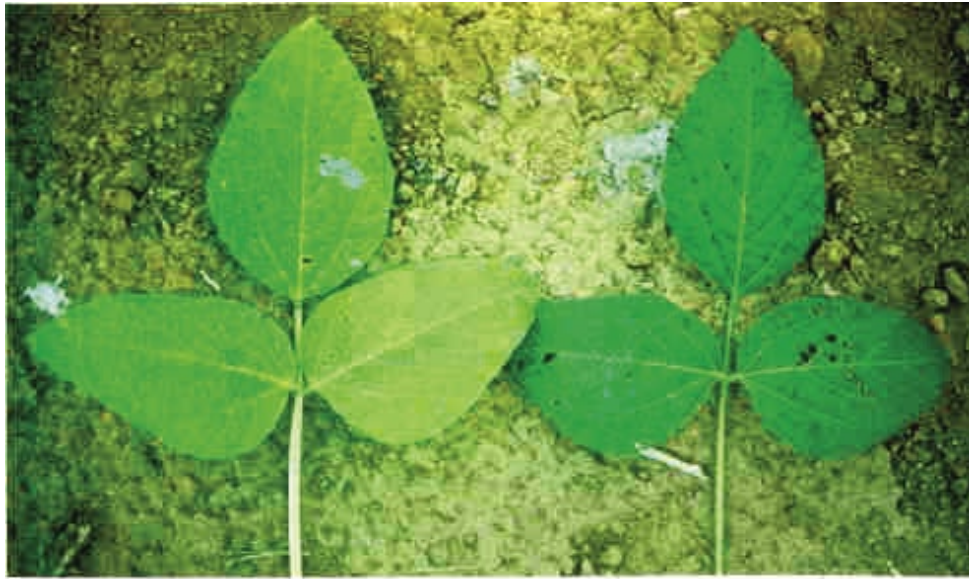
Carence azotée d'une céréale (cliché: W. Bienz, SIL Zollikofen)



Carence azotée du maïs (cliché: Centre d'Etude de l'Azote, Zurich)



Carence azotée du concombre (cliché: Station fédérale de recherches en viticulture, arboriculture fruitière et horticulture, CH-Wädenswil)



Carence azotée du soja (cliché: Centre d'Etude de l'Azote, Zurich)

4.2. Phosphore (P) (P₂O₅ = anhydride phosphorique—«élément pur»)

Le phosphore est un élément important de divers composés comme par exemple les protéines. Il participe à l'activation de composés organiques et agit négativement sur le gonflement des colloïdes.

Carence en P

Les plantes carencées en P ont une croissance ralentie; le développement des racines et la densité des populations (le tallage) sont réduits; la floraison et la maturation sont retardées. Une carence en P provoque une diminution de la production de protéines et de vitamines. La conservation des légumes ainsi que la résistance au gel est moins bonne.

- Symptômes:**
- Les feuilles âgées sont d'abord vert foncé, puis rouge-violet. La tige peut également prendre une couleur rougeâtre. Les plantes sont petites et ont un aspect rigide («port raide»).
 - A un stade ultérieur les feuilles âgées meurent.
- Sols carencés:**
- Sols très acides (pH inférieur à 5,0).
 - Sols alcalins (pH supérieur à 7,5).
 - Sols insuffisamment approvisionnés en P.
- Remèdes:**
- Fertilisation phosphatée adaptée au pH. Scories et phosphates naturels pour les sols acides à neutres et superphosphate pour les sols neutres à alcalins.
 - Amener le sol dans la zone des pH neutre à légèrement acide.



Carence en P du maïs (cliché: K+S, Kassel)



Carence en P de la tomate (cliché: Service d'Information suisse des producteurs de scories, Sursee)



Carence en P du colza (cliché: SCPA, Mulhouse)



Carence en P de la vigne (Cliche: Service d'information Suisse des producteurs de scories, Sursee)

4.3. Kalium (K) (K₂O = oxyde de potassium—«élément pur»)

Le potassium n'est pas un élément constitutif des hydrates de carbone, des lipides ou des protéines, mais il joue le rôle d'activateur de différents enzymes. Il est l'élément le plus important du gonflement des colloïdes permettant ainsi l'augmentation de la pression cellulaire. Le potassium régularise l'économie de l'eau dans la plante et réduit l'évaporation; il en accroît donc la résistance à la sécheresse. Les plantes bien alimentées en K ont des parois cellulaires plus épaisses, ce qui augmente leur résistance à la verse ainsi qu'aux attaques de champignons et d'insectes. Le potassium améliore le rendement de l'assimilation chlorophyllienne et la résistance au gel. Les légumineuses, la pomme de terre, les betteraves, le maïs et l'avoine ont des besoins élevés en K.

Carence en K

Les plantes carencées en potassium ont une production de matière sèche restreinte (hydrates de carbone, protéines); pour les fruits, les légumes, le goût est moins agréable. La résistance à la verse, au gel et à la sécheresse se trouve réduite. La transpiration et la respiration sont plus importantes. Les fruits et légumes se conservent moins bien.

Symptômes:

- Les feuilles sont d'abord vert brunâtre, puis peuvent prendre une coloration rouge brunâtre.
- Une chlorose apparaît et se développe à partir du bord des feuilles âgées, qui rapidement finissent par dépérir.
- Les plantes manquent de turgescence et se flétrissent (port flasque).
- Les feuilles se recourbent ou s'enroulent.

Sols carencés:

- Sols très argileux (fixation).
- Sols sableux ou riches en humus.
- Sols insuffisamment approvisionnés en potassium.

Remèdes:

- Pulvérisation immédiate d'une solution à 2% de sulfate de potassium.
- Enrichissement du sol par apport d'engrais potassiques (très considérable en sols très argileux).
- Apports réguliers de potassium en fonction des exportations.



Carence en K d'une céréale (cliché: K+ S, Kassel)



Carence en K du maïs (cliché: K+S, Kassel)



Carence en K de la pomme de terre (cliché: K+S, Kassel)



Carence en K de la betterave sucrière (cliché: K+S, Kassel)

4.4. Magnésium (Mg)

Le magnésium entre dans la composition de composés organiques essentiels comme la chlorophylle, la phytine, la pectine. C'est aussi un activateur d'enzymes, en particulier de ceux qui sont à l'origine de la protéosynthèse.

Carence en Mg

Chez les plantes carencées en magnésium, la production d'hydrates de carbone est réduite et les amides, qui servent à la protéosynthèse, s'accumulent dans les feuilles. On met en évidence de plus en plus fréquemment des carences magnésiennes, car des quantités non négligeables de magnésium sont exportées par les végétaux et lessivées.

- Symptômes:**
- Herbes de prairie et céréales: entre les nervures des feuilles apparaissent des jaunissements linéaires «en perles».
 - Dicotylédones: les feuilles se décolorent en jaune entre les nervures à partir de la base, puis ces plages brunissent et se nécrosent.
- Sols carencés:**
- Sols à agriculture intensive
 - Exploitations avec peu ou pas d'élevage.
 - Sols légers, acides ou pauvres en calcium.
- Remèdes:**
- Apport de magnésium par la kiesérite.
 - Apport de magnésium par la dolomie (pour les sols à pH inférieur à 6,5).
 - Emploi régulier d'engrais contenant du magnésium (Patentkali, nitrate d'ammoniaque magnésien, Scories-Potassiques, etc.).
 - Pulvérisation foliaire d'EPSO Top, Microtop ou Combitop (Sel d'Epsom - Bittersalz) ou d'autres engrais foliaires magnésiens (uniquement dans le cas de carences aiguës; en général, le rendement est réduit)..



Carence en Mg d'une céréale (cliché: K+S, Kassel, Potasse SA Berne)



Carence en Mg de la pomme de terre (cliché: K+S, Kassel)



Carence en Mg du maïs (cliché: K+S, Kassel, Potasse SA Berne)



Carence en Mg de la betterave sucrière (cliché: K+S, Kassel)

4.5. Calcium (Ca) (CaO=oxyde de calcium, élément de la chaux)

Le calcium est un élément de certains composés importants; il active quelques enzymes et agit négativement sur le gonflement des colloïdes.

Carence en Ca

La croissance des différentes parties d'un végétal carencé en calcium est ralentie. En plein champ, la carence calcique est rare; il est plus fréquent de constater des dommages dus à l'acidité des sols pauvres en chaux.

- Symptômes:**
- Chlorose des feuilles et autres organes les plus jeunes.
 - Bitter-pit des pommes (taches liégeuses amères).

Sols carencés: Sols légers, très acides et pauvres en calcium exposés à un lessivage intense.

- Remèdes:**
- Apport d'amendements calcaires broyés, de dolomie ou d'écumes de défécation.
 - Emploi régulier d'engrais contenant du calcium (Scories-Potassique et amendements Thomas, phosphates naturels, etc.).



Carence en Ca du maïs (cliché: K+S Kassel)



Carence en Ca de la pomme de terre (cliché: K+S, Kassel)

4.6. Fer (Fe)

Le fer est nécessaire à la synthèse de la chlorophylle; de plus, il entre dans la composition de certains enzymes.

Carence en Fe

La carence en fer ralentit la synthèse des hydrates de carbone et des protéines.

Symptômes: Chlorose (décoloration) des jeunes feuilles. En cas de carence aiguë les feuilles deviennent presque blanches et dépérissent. On rencontre des carences en Fe en arboriculture fruitière, dans la culture des petits fruits et en viticulture.

Sols carencés:

- Sols alcalins, riches en calcium, à faible teneur en matière organique, structure défectueuse et économie de l'eau perturbée.
- La carence en fer est renforcée par des apports élevés de phosphore.
- De même, un approvisionnement insuffisant en potassium renforce la carence en Fe.

Remèdes:

- Pulvérisation foliaire immédiate de sulfate, de citrate ou de chélate de Fe.
- Apport de chélates de fer au sol.
- Action sur le pH du sol vers la neutralité ou une faible acidité.
- Amélioration de la teneur du sol en matière organique.



Carence en Fe du maïs (cliché: K+S, Kasse/)



Carence en Fe de la vigne (cliché: Ciba Geigy S.A., Bâle)

4.7. Bore (B)

Le bore entre dans la composition des parois cellulaires et des esters d'hydrates de carbone. Il règle l'action des hormones de croissance et agit négativement sur le gonflement des colloïdes.

Carence en B

La carence en bore se caractérise par une croissance ralentie; les organes les plus jeunes et particulièrement les bourgeons terminaux sont endommagés (pourriture). Des fentes liégeuses apparaissent sur les tiges et les racines.

Symptômes: Chlorose et dépérissement de jeunes feuilles. Pourrissement du bourgeon terminal (pourriture du cœur et pourriture sèche de la betterave sucrière).

Sols carencés:

- Sols très acides (pH inférieur à 5,5).
- Sols alcalins (pH supérieur à 7,5).
- Sols riches en humus et sols sableux.

Remèdes:

- Correction du pH vers la neutralité.
- Apport de bore (borax et engrais contenant du bore).
- Pulvérisation foliaire immédiate d'acide borique.



Carence en B de la betterave sucrière (cliché: K+ S, Kassel)



Carence en B du maïs (cliché: K+S, Kassel)

4.8. Manganèse (Mn)

Le manganèse est un activateur d'enzymes qui participent à la formation de la chlorophylle, à la photosynthèse, à l'élaboration des protéines et de la vitamine C.

Carence en Mn

La carence en manganèse se manifeste par une croissance diminuée et un ralentissement de la synthèse des hydrates de carbone et des protéines.

Symptômes: Céréales, betteraves et fruits: taches sur les feuilles âgées. Pomme de terre et légumineuses: taches sur les jeunes feuilles. Céréales (maladie des taches grises): taches d'un gris sale. Les dicotylédones présentent des taches jaune clair entre les nervures des feuilles. Contrairement aux symptômes de carence en fer, où le tissu entier entre les nervures est jaune clair, on ne voit ici que des taches claires isolées.

Sols carencés: Sols alcalins, riches en humus (tourbières basses carbonatées) et sables très humifères.

Remèdes:

- Tourbières basses et sols alcalins: pulvérisation foliaire et emploi d'engrais acidifiants.
- Sables très humifères: application au sol de sulfate de manganèse (environ 100 kg/ ha).



Carence en Mn d'une céréale (cliché: SCPA, Mulhouse)



Carence en Mn de la pomme de terre (cliché: K+S, Kassel)

4.9. Soufre (S)

Le soufre est un élément constitutif de composés végétaux importants, surtout de protéines. Il a également une action négative sur le gonflement des colloïdes.

Carence en S

En cas de carence en soufre, la synthèse des protéines est perturbée; il y a excès d'hydrates de carbone dans les tissus végétaux. Les parois cellulaires s'épaississent.

Symptômes: Chlorose des nervures foliaires et des feuilles; les nervures sont en général plus claires que les tissus internervaires. Les feuilles sont moins larges et la pousse a un aspect ligneux.

Sols carencés: Sols humides ne recevant que des apports faibles et exposés à des pertes élevées (lessivage 10 à 50 kg S/ha).

Remèdes: Emploi d'engrais contenant du soufre (Korn-Kali, Patentkali, EPSO Top, Microtop, Combitop, Sulfate d'ammoniaque, superphosphate).



Carence en S du colza (cliché: SCPA, Mulhouse)

4.10. Molybdène (Mo)

Le molybdène est un composant de différents enzymes. Lorsque l'apport d'azote se fait sous forme nitrique, la plante a davantage besoin de molybdène. Mo joue un rôle important dans la fixation biologique de l'azote par les bactéries des nodosités des légumineuses et intervient dans le métabolisme du phosphore.

Carence en Mo

La croissance ainsi que la photosynthèse sont diminuées en cas de carence en molybdène; on peut constater une accumulation d'azote nitrique dans la plante.

Symptômes: Les jeunes feuilles chlorosent et se déforment en cuiller. Les différentes espèces de choux et de légumineuses sont particulièrement sensibles à cette carence («cœur serré» du chou).

Sols carencés:

- Sols à bas pH.
- Tourbières hautes.

Remèdes:

- Correction du pH par chaulage.
- Apport de molybdène (uniquement en cas de carence).



Carence en Mo du colza (cliché: SCPA, Mulhouse)

4.11. Cuivre (Cu)

Le cuivre entre dans la composition de différents enzymes responsables de certains processus métaboliques dans la plante. Le cuivre favorise la synthèse des hydrates de carbone et des protéines. Il évite également une dégradation précoce de la chlorophylle: les plantes gardent plus longtemps un aspect vert et juvénile.

CuCarence en

Diminution de la synthèse des hydrates de carbone et des protéines.

Symptômes: Chlorose (décoloration) et blanchissement de la pointe des feuilles. Torsion des jeunes feuilles. L'avoine et l'orge de printemps sont sensibles à la carence cuprique. Sur arbres fruitiers, celle-ci se manifeste par de la chlorose et un port tordu des rameaux terminaux. La carence est renforcée par une situation de stress (par exemple traitements aux hormones de croissance). Chez les bovins, la carence en cuivre se manifeste par la maladie du lécher.

Sols carencés: Sols légers, très humifères (en particulier en période sèche), à pH élevé.

Remèdes:

- Apport généralement assuré par des fongicides contenant du cuivre.
- Abaissement du pH par emploi d'engrais acidifiants.
- Apport au sol ou en pulvérisation foliaire de sulfate de cuivre.



Carence en Cu du maïs et d'une céréale (cliché: SCPA, Mulhouse)

4.12. Zinc (Zn)

Le zinc est un activateur d'enzymes; il favorise la synthèse de la chlorophylle et des hormones de croissance.

Carence en Zn

Réduction de la synthèse des hydrates de carbone et des protéines.

Symptômes: Les symptômes apparaissent en général dans le cas d'un ensoleillement intense. Chlorose des jeunes feuilles. Sur le maïs des raies claires relativement larges sur les feuilles. Le maïs, le tabac et les cultures fruitières sont sensibles à cette carence. En arboriculture fruitière, on note un feuillage clair et de petites feuilles disposées en rosettes.

Sols carencés: Sols à pH élevé, apports élevés de phosphore. La carence en zinc s'observe le plus souvent sur les exploitations cultivant beaucoup de maïs et en arboriculture fruitière.

Remèdes:

- Applications foliaires de sels et de chélates de zinc.
- Abaissement du pH par emploi d'engrais acidifiant.



Carence en Zn du maïs (cliché: SCPA, Mulhouse)

Bibliographie

Bovey R.; Baggiolini M.; Bolay A.; La défense des plantes cultivées,
Bovay E.; Corbaz R.; Mathys G.; Payot, Lausanne 1972.
Meylan A.; Murbach R.; Palet F.;
Savary A.; Trivelli G.

Finck A. Pflanzenernährung in Stichworten,
Hirt, Kiel 1969.

Mengel K. Ernährung und Stoffwechsel der
Pflanze, Fischer, Jena 1968.

Sol-conseil Gekürzte Aufzeichnung der gebräu-
chlichsten Dünger, Sol-conseil,
Nyon 1981.