

## CHAPITRE 5 : NUTRITION MINERALE

### Introduction

La sève brute est composée d'eau, de sels minéraux dissociés en ions ( $\text{PO}_4$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ , Ca, Mg, K, Na), d'oligoéléments et de micro substances organiques assimilables. À l'instar des autres êtres vivants, les plantes se nourrissent à la fois pour se procurer de l'énergie et pour se procurer les matériaux nécessaires à sa construction. Comme les animaux, les plantes ont besoin de deux types d'éléments nutritionnels : les macroéléments et les oligoéléments.

### 1. Définition

Les principaux éléments minéraux dont la plante a besoin pour sa croissance sont dits essentiels et sont classés, selon les quantités absorbées, en macroéléments principaux : azote(N), phosphore(P), potassium(K) ; et secondaires: calcium(Ca), magnésium(Mg), soufre(S), sodium(Na), et en microéléments comme le fer, le cuivre, le molybdène...

Une représentation typique de la croissance d'une plante présente un palier optimal entre l'insuffisance pour les faibles concentrations et l'excès pour les fortes concentrations. L'insuffisance peut se traduire par des carences et l'excès par des toxicités. La carence se manifeste par une limitation de croissance, se traduisant par des baisses de rendement.

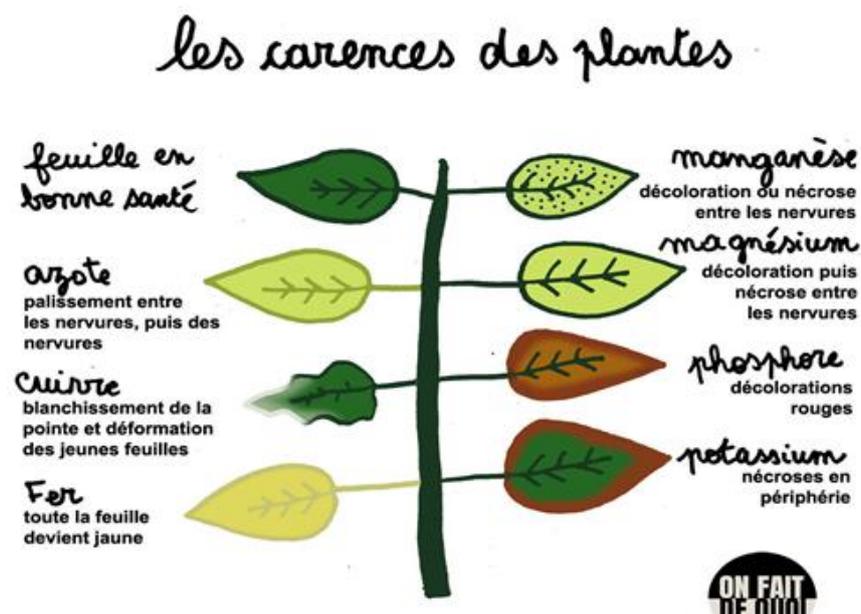


Figure 42 : Les différentes carences en minéraux

## 2. Les éléments majeurs ou macroéléments

Dans le monde végétal, on distingue 9 éléments principaux indispensables à la plante. Ces éléments sont le Carbone (C), l'Hydrogène (H), l'Oxygène (O), l'Azote (N), le Phosphore (P), le Potassium (K) mais également le Calcium (Ca), le Magnésium (Mg) et le Soufre (S) qui sont souvent classés comme éléments secondaires aussi important.

Les trois premiers (C,H,O) sont apportés directement par le dioxyde de carbone et l'eau, on ne doit dès lors pas se préoccuper de leur apport excepté dans les serres où on peut les facteurs de croissance.

### 2.1. L'azote

L'azote est le principal constituant des molécules essentielles à la construction des cellules végétales. Les acides nucléiques (ARN, ADN), les acides aminés, les nucléotides, les coenzymes et la chlorophylle ont besoin d'azote pour se former. Le taux de protéines des fruits est intimement lié à l'abondance d'azote dans le sol.

Les principaux signes de carences en azote :

- Une Chlorose apparaît tout d'abord sur les plus anciennes feuilles et très vite sur les plus jeunes. Les feuilles deviennent vert-jaunâtre suivit d'une couleur orangée qui s'ajoute à la chlorose. Finalement on observe la chute des feuilles.

L'excès d'humidité est une des causes principales de la disparition de l'azote.

Pour **éviter** les lessivages et enrichir le sol en azote, aérez le sol, reformez la couche d'humus (grande source d'azote), cultivez des engrais verts

### 2.2. Le potassium

Cet élément nutritif intervient dans l'ouverture des stomates. Le potassium permet la circulation des sels minéraux dans les tissus végétaux par le phénomène de l'osmose. Le phosphore réduit la transpiration des plantes et leur confère une plus grande résistance à la sécheresse.

Une carence en potassium se traduit par un développement retardé, le port des plantes devient mou, la bordure des feuilles varie du jaune au brun, le limbe se couvre de taches brunes. Chez les fruitiers, les feuilles les plus anciennes se crispent.

Pour enrichir le sol en potasse, effectuez des apports de matière organique, comme le compost (en se décomposant, elle libère du potassium disponible)

### 2.3. Le phosphore

On le retrouve dans les acides nucléiques, les chloroplastes et les protéines du noyau. Il est présent dans les molécules énergétiques que sont l'ATP (adénosine triphosphate) et l'ADP (adénosine diphosphate).

Les signes visibles de carence : la plante reste petite et raide. La pointe des feuilles se colore en vert foncé ou en pourpre, la floraison est retardée voire nulle, et les fruits sont rares, de petit calibre et acides.

Des amendements humiques (compost, fumier, engrais verts) permettent de corriger le pH, de pourvoir le sol en phosphore assimilable et d'alléger et drainer le sol.

### 2.4. Le calcium

Le calcium joue un rôle primordial au niveau des parois cellulaires. En cimentant les parois cellulaires, les unes aux autres, le calcium assure leur cohésion. Il intervient dans la perméabilité de la membrane en facilitant le transport de certaines substances et en bloquant celui d'autres substances. Le calcium intervient également dans l'élongation des racines.

Une carence en calcium se manifeste tout d'abord sur les grandes feuilles les plus âgées. La carence en calcium se reconnaît à l'apparition de taches brunes/ jaunâtres souvent entourées d'un bord brun prononcé, et c'est la croissance qui est inhibée.

Des fertilisants calciques peuvent être appliqués durant la semence, ou sur l'appareil foliaire pour corriger ce manque.

### 2.5. Le magnésium

Le magnésium joue un rôle important dans la photosynthèse car il est l'atome central de la chlorophylle, il est l'activateur de nombreuses enzymes dont deux enzymes critiques à savoir la ribulobiphosphate carboxylase (RuBisCO) et la phosphoenolpyruvate carboxylase (PEPC).

Une carence en magnésium se traduit généralement par une chlorose des nervures principales des feuilles âgées.

## **2.6. Le soufre**

Le soufre est un élément constitutif des acides aminés que sont la cystine, la cystéine et la méthionine. Chez les légumineuses, le soufre intervient dans la formation des nodules nécessaire à la fixation de l'azote atmosphérique. Le soufre permet aux plantes de résister aux pathologies. Il intervient dans la croissance des végétaux et dans la formation des fruits. En cas de carence en soufre, les feuilles des plantes prennent une couleur vert-pâle.

## **3. Les micronutriments ou oligoéléments**

Quoique présents en faible quantités, les micronutriments ou oligoéléments n'en demeurent pas moins indispensables. A leur nombre, on retrouve : le chlore, le cuivre, le bore, le molybdène, le fer, le manganèse, le zinc et le nickel.

### **3.1. Le fer**

Le fer est indispensable pour la production de la chlorophylle. Il est l'élément indispensable à la production des cytochromes (pigments) et de la nitrogénase (enzyme). Le sol devient déficient en fer si le pH n'est pas compris entre 5 et 6,5.

Une carence en fer se traduit par une chlorose ou un brunissement du pétiole des feuilles, alors que les nervures demeurent vertes.

Les excès de calcium, de phosphore et de cuivre sont également des facteurs bloquants, de même que l'humidité et le froid.

### **3.2. Le zinc**

Le zinc est l'activateur de nombreuses enzymes. Cet oligoélément intervient dans la synthèse de la chlorophylle. Une carence en zinc se manifeste généralement par une chlorose et un retard de croissance.

### **3.3. Le bore**

Cet oligoélément intervient dans le transport des hydrates de carbone produits lors de la photosynthèse. Il joue également un rôle dans la régulation des processus métaboliques, comme l'utilisation de calcium, la synthèse des acides nucléiques et assure l'intégrité de la membrane plasmique.

### 3.4. Le cuivre

Le cuivre est l'activateur et le constituant des enzymes liées aux réactions d'oxydoréductions dans les cellules végétales. Le brunissement des pointes des feuilles et la chlorose sont généralement les symptômes d'une carence en cuivre.

### 3.5. Le nickel

Ce minéral est le constituant essentiel d'enzymes impliquées dans l'absorption de l'azote. Les plantes souffrant d'une carence en azote présentent des nécroses sur les pointes de leurs feuilles.

### 3.6. Le molybdène

Cet élément intervient dans la métabolisation de l'azote et la réduction des nitrates. Les plants n'ont besoin que de quantités infimes de molybdènes (moins de 50 grammes par hectare). Les carences en molybdènes ne s'observent généralement que sur des sols très acides. La chute des vieilles feuilles associée à un retard de croissance est un symptôme de carence en molybdène.

### 3.7. Le chlore

Le chlore est nécessaire à l'osmose et à l'équilibre ionique au niveau des cellules végétales. Il joue également un rôle dans les processus photosynthétiques. Des taches nécrotiques blanches sur les bordures des feuilles peuvent témoigner d'une carence en chlore.

## 4. Interactions entre éléments minéraux

Il existe entre les éléments minéraux des interactions qui font que l'action de l'un est modifiée par la présence d'un autre. On parle de synergie entre deux éléments quand l'effet de l'un est amplifié par la présence de l'autre. On parle d'antagonisme quand l'effet de l'un est atténué par la présence de l'autre. Le nitrate  $\text{NO}_3^-$  facilite par exemple l'absorption du potassium  $\text{K}^+$ . En revanche, une absorption importante de potassium  $\text{K}^+$  entrave l'absorption de magnésium  $\text{Mg}^{2+}$ . Les antagonismes  $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$  sont également bien connus.

Chapitre 5 : Nutrition minérale

Antagonismes et synergies

Antagonismes	Synergies
K / Mg, Ca, Na, B	K / NO <sub>3</sub>
P / Cu, Zn	
N / Cu	N / P
Mg / Fe, Zn, Mn	
Ca / Mg, oligos (effet pH)	
Fe / Mn	

Cause	Effet	
	Perturbe l'assimilation de: (antagonisme):	Favorise l'assimilation de: (synergie):
<b>Concentration élevée de:</b>		
NH <sub>4</sub> (Ammonium)	Ca, Mg, K	P, SO <sub>4</sub> (Sulfate)
NO <sub>3</sub> (Nitrate)	P	Ca, Mg, Mn, K
Ca (Calcium)	Mg, Fe, B, Mn	
K (Potasse)	Ca, Mg, NH <sub>4</sub> (Ammonium), B	NO <sub>3</sub> (Nitrate)
Mg (Magnésium)	Ca	P
Mn (Manganèse)	Mg, Fe, Zn, NH <sub>4</sub> (Ammonium)	
Cl (Chlore)	P, NO <sub>3</sub> (Nitrate)	Ca
Na (Sodium)	Ca	P
P (Phosphore)	Fe (Ca, B, Cu)	Zn
Cu (Cuivre)	Fe, B	
SO <sub>4</sub> (Sulfate)	Mo	Ca
Zn (Zinc)	P	
<b>Alimentation optimale en:</b>		
B (Bore)		K, Ca, P
Ca (Calcium)		K (Effet Viets)
<b>Carence en:</b>		
B (Bore)	K, Mg, P (= „Accumulation des hydrates de carbone“)	
Ca (Calcium)	K	

Chapitre 5 : Nutrition minérale



Carence en azote



Carence en potassium



Carence en calcium



Carence en fer

