



## **Rôles des éléments minéraux :**

### **1- L'azote :**

L'azote joue un rôle primordial dans le métabolisme des plantes . En effet , c'est le constituant numéro un des protéines qui sont les composés fondamentaux de la matière vivante . L'excès de N , par temps couvert et froid , entraîne l'accumulation des nitrates dans la plante . L'excès des nitrates dans le tissu végétal est néfaste pour la santé du consommateur (cas des légumes foliacés: laitue , celeri , épinards...) .

### **2- Le potassium :**

Cet élément est très mobile dans la plante et est rapidement distribué dans les différents organes du végétal . Le potassium joue un rôle fondamental dans l'absorption des cations , dans l'accumulation des hydrates des protéines , l'organisation de la cellule , le maintien de la turgescence de la cellule et la régulation de l'économie de l'eau des plantes (régulation des stomates) . Le potassium est un élément de résistance des plantes au gel et à la sécheresse ; c'est un activateur du système enzymatique . Il est essentiel pour le transfert des assimilats vers les organes de réserve (bulbes et tubercules) . Dans toutes les conditions de stress , l'apport de K permet de corriger les perturbations éventuelles .

### **3- Le phosphore :**

Cet élément joue les rôles suivants : transfert d'énergie (ATP) , transmission des caractères héréditaires (acides nucléiques) , photosynthèse et dégradation des glucides . C'est un élément essentiel pour la floraison , la nouaison , la précocité de la production , le grossissement des fruits et la maturation des graines .

### **4- Le calcium :**

C'est un constituant de près de 50 % des cendres de la plante entière et essentiellement des parois cellulaires . Il joue un rôle dans la neutralisation des acides organiques .

### **5- Le magnésium :**

C'est un constituant de la chlorophylle et , par conséquent , il joue un rôle important sur la photosynthèse . Le magnésium active près de 300 processus enzymatiques et en particulier celui lié au métabolisme des hydrates de carbone .. Il agit sur la stabilité de la membrane cellulaire , sur la régulation du transport ionique interne , favorise la synthèse des protéines , des sucres et des lipides , régularise la réduction des nitrates et influence l'absorption et la translocation des phosphates .

### **6- Le soufre :**

C'est un constituant des acides aminés . Il joue un rôle fondamental dans le métabolisme des vitamines . Le soufre est un constituant des produits responsables des odeurs et saveurs de certaines plantes (ail , oignon , chou , haricot...) .

## **7- Les éléments mineurs :**

Ces éléments jouent un rôle déterminant dans le métabolisme de la plante , essentiellement dans les réactions enzymatiques . Leurs rôles spécifiques se présentent comme suit :

\* **Le bore** : + Il intervient au niveau du métabolisme et du transport des glucides.

+ Il joue un rôle important au niveau de la formation et de la fertilité du pollen .

+ Il participe à la synthèse des protéines .

+ Il a un rôle fondamental dans la résistance des parois cellulaires .

+ Il favorise la fixation de N<sub>2</sub> atmosphérique chez les légumineuses .

\* **Le cuivre** : + Stimulation de la germination et de la croissance .

+ Renforcement des parois cellulaires .

+ Catalyseur de la formation d'hormones de croissance .

+ Rôle essentiel dans la nitrification .

\* **Le fer** : + Élément essentiel dans la formation de la chlorophylle .

+ Rôle dans le transport d'oxygène (respiration) .

+ Catalyseur de plusieurs enzymes .

\* **Le manganèse** :

+ Synthèse de la chlorophylle .

+ Rôle dans la résistance au gel .

+ Activateur de la nitrate réductase .

\* **Le molybdène** :

+ Action essentielle dans l'assimilation de l'azote .

+ Indispensable à l'activité nitrate réductase .

+ Indispensable pour les bactéries fixatrices de N<sub>2</sub> pour les légumineuses .

\* **Le Zinc** : + Rôle important dans la formation de plusieurs hormones de croissance .

+ Stimulation de la croissance précoce et du développement des fruits .

## **C- Carences en éléments nutritifs :**

### **1- Eléments majeurs :**

### **a- L'azote :**

L'ensemble de la plante présente une végétation chétive , rabougrie , naine et retardée . Les feuilles sont d'abord vert pâle , jaunâtres , puis elles deviennent jaunes , avec quelques fois des teintes rouges . Les feuilles âgées meurent prématurément . Il y a des perturbations dans la croissance des organes végétatifs de la plante (la pomaison de la laitue se fait mal ou ne se produit pas). En général , il s'agit de carence vraie ; il faut donc la corriger par un apport d'engrais azoté au sol ou par une pulvérisation foliaire à base d'urée , à raison de 2000 l de solution par ha , en solubilisant 0,5 à 2 kg d'urée /hl , soit 4,6 à 18,4 kg N/ha .

### **b- Le potassium :**

La carence en K provoque le raccourcissement des entre-nœuds des tiges , la réduction de la taille de la plante et le jaunissement de la bordure des feuilles . Les jeunes feuilles sont attaquées les premières . Le jaunissement gagne l'intérieur du limbe qui se nécrose . Il y a un net contraste entre les zones chlorotiques du limbe et le vert foncé des zones non chlorotiques . On observe également un enroulement vers le haut du bord des feuilles , ainsi que des colorations anormales (bleu grisâtre) sur oignon. La carence peut être vraie , par manque de l'élément dans le milieu nutritif ou induite par antagonisme avec le magnésium ou le calcium ou par excès d'azote. La correction se fait par un apport de K dans le sol ; la dose doit être déterminée en fonction de la teneur du sol en Ca et Mg . L'apport se fait par épandage au sol , par irrigation fertilisante ou par une pulvérisation foliaire de sulfate de potasse ou de nitrate de potasse , à raison de 0,5 à 1 kg d'engrais par 100 litres d'eau .

### **c- Le phosphore :**

La carence en P provoque la coloration violacée ou rouge intense des feuilles , la réduction de la croissance des plante , le retard de la floraison et la perturbation de la fécondation et de la maturité . La carence peut être vraie ou induite par un pH élevé en sol calcaire , ou un pH de sol trop bas , avec présence d'aluminium , ou un excès d'ions nitrate ou sulfate , un excès de Zinc ou d'autres métaux lourds ou par une température du sol trop basse. La correction se fait par un apport d'acide phosphorique sous-forme de phosphate d'ammoniaque ; l'ion  $\text{NH}_4^+$  favorise l'absorption des ions  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  et  $\text{HPO}_4^{--}$  . En serre , on peut augmenter la température du sol . On peut également faire une pulvérisation foliaire de 0,7 à 1 kg de phosphate d'ammoniaque par 100 l d'eau . On apporte , en général , 2000 l de solution .

### **d- Le Magnésium :**

La carence apparaît sur les feuilles les plus âgées . On observe une décoloration qui commence entre les nervures , allant du blanc au brun rouge ou au jaune selon les cultures . Le processus final aboutit à la nécrose . Les cucurbitacées , l'oignon et la pomme de terre sont très sensibles à cette carence . Celle-ci peut être vraie ou induite par excès de K (particulièrement en condition de jour court ou sombre) , par asphyxie racinaire ou par manque d'eau. La correction se fait par un apport de fumier (qui peut fournir 2 kg Mg/tonne) , par eau de pluie (qui peut fournir 5 kg Mg /ha / an) , ou par amendement de nitrate de chaux et de magnésie (8 % MgO) , scories

(2-5 % MgO) et sulfate de Magnésie (16 % MgO) . Selon les espèces végétales et les rendements obtenus , les besoins des plantes varient de 12 à 85 kg MgO/ha . L'apport se fait par fumier ou engrais . Par pulvérisation foliaire , on apporte 1 à 2 kg de sulfate ou de nitrate de magnésie , en mélange avec 0,5 kg d'urée (ayant un effet synergique pour l'absorption) par 100 l d'eau .

#### **e- Le calcium :**

La carence est rare, sauf en culture sur substrat. Les symptômes de carence sont :

- \* Flétrissement et mort des bourgeons terminaux .
- \* Feuilles petites , s'enroulant en se recourbant à leur extrémité , jaunâtres , devenant brunâtres à rouge et se nécrosant .
- \* Nécrose et mort des fleurs (surtout pour la tomate)
- \* Affaissement des tiges (surtout pour le céleri) .
- \* Sensibilité au botrytis (laitue) .
- \* Nécrose apicale des fruits (tomate) .
- \* Brunissement des racines .

La correction se fait par des amendements calciques (apport de chaux) ; parfois on fait une pulvérisation foliaire à raison de 0,4 % de chlorure anhydre ou de 1 % de nitrate de calcium .

#### **f- Le soufre :**

La croissance est réduite . Les jeunes feuilles deviennent vert pâle à jaunes. Les tiges deviennent rigides et cassantes . La pomme de terre et la Niora présentent de faibles exigences en cet élément (moins de 25 kg/ha) ; l'ail et l'oignon exigent près de 40 kg S/ha . La carence est , en général , vraie . La correction est vite faite en apportant un engrais à base de sulfate . La matière organique présente dans le sol est le premier fournisseur de S (le fumier donne 0,5 kg S/tonne) . Les précipitations atmosphériques fournissent une dizaine de kg de S/ha/an .

### **2- Les carences en oligo-éléments :**

#### **a- Le bore :**

Les bourgeons terminaux , les fleurs et les fruits sont les premiers organes affectés par une carence en B . Les membranes des différents tissus éclatent , provoquant des crevasses rapidement attaquées par des bactéries (pourriture du coeur de betterave rouge) . Les racines se nécrosent à leur extrémité . Le port de la plante peut être bouissonnant . La carence entraîne la stérilité des fleurs et leur coulure . La teneur normale des feuilles de l'oignon est de 30-50 ppm MS . Celle de la pomme de terre est de 40-70 ppm MS . Les cucurbitacées et l'oignon sont sensibles à la carence en bore . Cette carence se situe à partir d'une teneur de 0,3 ppm dans le sol (rapport sol/eau 1/5 pour analyse de laboratoire) pour un pH neutre . Plus le pH du sol est

élevé , plus les valeurs du seuil de la carence sont élevées . Les carences sont induites par un pH trop alcalin , un chaulage excessif , un rapport Ca/B trop élevé dans le sol , un rapport K/B trop élevé dans le sol , une faible luminosité et par la sécheresse . La correction se fait par un apport de fumier (qui apporte 4 g Bore/Tonne) ou d'engrais . Pour apporter un kg de Bore , il faut apporter 8,85 kg de Borax (11,3 % B) ou 7,15 kg de Boracine (14 % B) ou 5,71 kg de Solubor (pentaborate de soude: 17,3 % B) . Les besoins des plantes se situent entre 80 et 200 g B/ha . On corrige la carence en apportant , en général , 25 kg de Borax . Un apport de 50 kg de Borax est jugé excessif (toxicité de B) .

#### **b- Le chlore :**

La carence provoque le ralentissement de la croissance . Elle est très rare sauf en culture sans sol . Les cucurbitacées et les solanacées n'aiment pas des teneurs élevées en chlore dans le sol , contrairement aux légumes foliacées et à la betterave rouge . La correction se fait par un apport de chlorure (de potasse , par exemple) .

#### **c- Le cuivre :**

les symptômes de carence se confondent avec ceux de la carence azotée car le cuivre joue un rôle dans la nitratre réductase . L'oignon et la niora sont très sensibles à une carence en Cu . Les sols bien pourvus contiennent 20 mg de Cu par kg de terre sèche . La carence induite est provoquée par l'alcalinité , l'excès de chaulage , l'excès de Mo , de P et de Zn . Le fumier apporte 3 g Cu/T ; les scories fournissent 13 à 20 g Cu/100 kg . Les besoins des plantes varient de 25 à 100 g Cu/ha . En pulvérisation foliaire , on apporte 100 g d'oxychlorure de cuivre par 100 l d'eau . Le redressement de la fertilité du sol se fait en apportant près de 30 kg de sulfate de cuivre/ha .

#### **d- Le fer :**

Les symptômes de carence apparaissent sur les jeunes feuilles , qui chlorosent entièrement sauf le long des nervures qui restent bien vertes . Les jeunes pousses ont une croissance réduite . La carence en fer est rare sauf chez le fraisier qui est très sensible au manque de fer . Les cucurbitacées , la niora et l'oignon sont sensibles à la carence ferrique . Il s'agit presque toujours de carence induite , rarement une carence vraie . Les causes de la carence sont un sol riche en calcaire actif , un pH de sol trop alcalin , une température trop élevée, un excès de lumière , un excès de métaux lourds et une incorporation de matière organique verte (paille ou engrais vert) . Les besoins des cultures varient de 300 à 2000 g de Fer/ha . Il est recommandé d'amender le sol selon son pH de la manière suivante : chélats de Fer-EDDHA si le pH est alcalin ; Fer-HEDTA si le pH est presque neutre à légèrement alcalin et Fer-EDTA si le pH est neutre à légèrement acide . On peut faire une pulvérisation foliaire à base de nitrate de fer à la dose de 500 g/hl .

#### **e- Le manganèse :**

La carence provoque la décoloration internervaire diffuse sur feuilles âgées. Normalement , la teneur en MS des feuilles se situe entre 16 et 150 ppm ; il y a risque de carence si cette teneur tombe au-dessous de 20 ppm MS . La pomme de

terre , l'oignon , l'ail , le céleri et la betterave sont très sensibles à cette carence ; les cucurbitacées y sont sensibles . Le Mn est lessivable dans le sol ; sa carence peut donc être vraie . Elle peut être induite suite à un surchaulage du sol , une sécheresse excessive ou un pH trop bas du sol . Les sources de Mn sont le fumier (qui fournit 40 g Mn/Tonne) , les scories (donnant 2 à 5 kg Mn/100 kg) , les fongicides (mancozèbe et manèbe) , le sulfate de Mn . Les besoins des plantes se situent entre 160 et 500 g Mn/ha . En cas de carence , on ne conseille pas de faire un apport au sol , il est recommandé de faire une pulvérisation foliaire du sulfate de Mn à raison de 200 g /hl .

#### **f- Le Molybdène :**

La croissance est réduite , le feuillage est vert clair , il y a apparition d'anomalies sur la partie végétative . La matière sèche végétative contient 0,05 à 10 ppm de Mo . La teneur de 0,3 ppm est jugée déficiente chez la laitue . Les cucurbitacées sont très sensibles à cette carence . L'oignon et l'ail y sont sensibles . La carence est , en général , induite par un pH de sol acide . La correction se fait par un apport de fumier (qui peut fournir 0,5 g Mo/tonne) , les scories (3-16 g Mo/100 kg) et la molybdate d'ammonium ou de sodium (1-2 kg/ha) . Par pulvérisation foliaire , on apporte 2 g de molybdate d'ammonium/100 l d'eau . Les besoins des plantes varient de 5 à 20 g Mo/ha .

#### **g- Le Zinc :**

La carence en Zinc provoque la nanification des plantes et leur donne un port en rosette ainsi que de mauvaises nouaisons dues à la perturbation du métabolisme du phosphore . Enfin , on observe de fortes décolorations du feuillage. La teneur normale des plantes est de 5 - 100 ppm MS . Les plantes sensibles sont l'ail , l'oignon , la laitue , la pomme de terre et la tomate . La carence vraie se trouve surtout dans les sols acides . Les sols normaux contiennent 5-50 ppm Zn (Terre sèche) . La carence induite est due à un pH élevé (>7) , au surchaulage , à l'excès de P (antagonisme Zn/P) et par temps froid et humide . La correction se fait par un apport de fumier (qui peut fournir 20 g Zn/tonne) , les fongicides (Zineb , Ziram et mancozèbe) , le sulfate de Zinc (25-75 kg/ha) , le nitrate de Zn (15-70 kg/ha) , les composts et les boues . Les besoins des plantes varient de 50 à 500 g Zn/ha . La solution de la pulvérisation foliaire contient 100 g/hl de Zinc non neutralisé ou 1 kg/hl de Zinc neutralisé .

#### **D- Les toxicités :**

Les toxicités sont dues à des excès d'éléments dans le sol . Ces excès ont pour origines un travail superficiel de sol , concentrant les fumures en surface ou/et un excès de fumures . Les éléments majeurs atteignent rarement le seuil de toxicité . Les oligoéléments qui peuvent être apportés au seuil toxique sont le bore , le chlore le cuivre , le Manganèse et le Zinc . Des métaux lourds peuvent être indirectement apportés dans le compost , par exemple ; se sont le plomb , le mercure et le chrome .

**1- Le bore :** L'oignon tolère l'excès de bore . La pomme de terre et la tomate sont moyennement tolérantes . La niorta et les cucurbitacées sont sensibles à la toxicité borique . La correction se fait en arrêtant les apports de Bore et en cultivant une plante tolérante , absorbant l'excès de B .

**2- Le chlore :** Les bordures des feuilles sont brûlées et tombent par excès de Cl . La salinité augmente aussi . Le remède est le lessivage .

**3- Le cuivre :** Les solanacées sont sensibles . Le remède réside en une élévation du pH du sol , augmentation du taux de la matière organique du sol , arrêt des traitements cupriques et confection de travaux profonds du sol .

**4- Le Manganèse :** Des accidents ont été observés sur cucurbitacées et sur pomme de terre . Les causes de la toxicité sont un pH inférieur à 6 , fumigation du sol , apports de compost et de gadoues , sol asphyxiant , mal drainant et riche en matière organique mal décomposée . Le remède est le lessivage , le chaulage , le drainage et l'arrêt des traitements à base de Mn .

**5- Le Zinc :** La toxicité vient du pH trop acide et de l'égouttage des serres métalliques (solubilisation de Zn et enrichissement excessif du sol en Zn) ; différentes cultures sous serre peuvent être atteintes : tomate , poivron , concombre ... Le remède est le chaulage et la dilution par de forts arrosages (lessivage) .

**6- Les métaux lourds :** La phyto-toxicité se fait par contact direct des métaux lourds sur les racines ou par absorption ; le cadmium , le mercure et le nickel sont extrêmement phytotoxiques . Le remède est la non utilisation des eaux usées , des gadoues , des boues et des déchets de l'industrie . En cas de toxicité , il faut éviter les légumes qui se consomment crus , surtout la tomate et la laitue . Il faut également travailler le sol en profondeur , mélanger les couches de sol et chauler en cas de sol acide .

#### **E- Accidents végétatifs divers :**

Ces accidents sont dûs au pH du sol , à la salinité , un excès ou un manque d'eau , un excès ou un manque d'humidité atmosphérique , un tassement du sol , des déséquilibres ioniques du sol et aux intoxications .

**1- Le pH :** Le pH optimal se situe vers 6,5-7 . Les cucurbitacées craignent l'acidité. La pomme de terre la préfère. Les éléments nutritifs sont les mieux assimilés dans la gamme de pH suivante :

\* Azote pH 6-8

\* Acide phosphorique pH 6,25-7

\* Potasse et soufre pH 6-8,5

\* Ca et Mg pH 7-8,5

\* Fe et Mn pH 4,5-6

\* B , Cu et Zn pH 5-7

\* Mo pH 7-8,5

**2- Salinité :** Un excès de salinité provoque un rabougrissement de la plante et une diminution de la grosseur des fruits; flétrissement, nécrose et mort de la plante. La pomme de terre et les cucurbitacées sont moyennement résistantes à la salinité. Le remède est le lessivage, l'utilisation du goutte à goutte, un labour profond et un apport copieux de matière organique.

### **3- Asphyxie, manque d'eau et autres facteurs :**

L'asphyxie a lieu soit par excès d'eau, faible drainage ou par une mauvaise structure du sol. Il faut travailler le sol par des outils adaptés. Il faut aussi éviter la dessiccation du sol. Une sécheresse accentuée provoque la salinité et, par conséquent, les accidents physiologiques dus à cette salinité. La mauvaise hygrométrie, par excès ou par défaut, provoque la fermeture des stomates et l'arrêt du fonctionnement de la plante. Le déséquilibre ionique des éléments minéraux du sol provoque des carences induites ou des toxicités. Les intoxications ou phytotoxicités, dues à des traitements mal conduits (désherbants, fongicides, insecticides, hormones ...) constituent aussi des anomalies à éviter. Il faut donc se conformer aux prescriptions du fabricant et nettoyer les appareils.

## **II- Dynamique des principaux éléments minéraux dans le sol :**

### **A- Le potassium :**

Le potassium du sol est uniquement sous forme minérale. Il provient soit de la décomposition de la MO et des minéraux du sol, soit des engrais. Une partie de K est fixée entre les feuillets de certaines argiles; elle n'est donc assimilable par les plantes que lorsqu'elle est libérée, soit en solution, soit sur le complexe argilo-humique du sol. K n'est pas aussi mobile dans le sol que N, mais, dans certains sols, K peut être perdu en quantités appréciables par drainage.

### **B- Le phosphore :**

Il est sous trois formes dans le sol:

- \* Forme diffusible: P est lié au complexe argilo-humique par Ca et Mg.
- \* Formes combinées: P est immobilisé, en partie, par les hydroxydes d'Aluminium et de Fer dans les sols acides. Il faut chauler le sol et apporter de l'humus pour le libérer
- \* Formes insolubles: en terre calcaire, l'acide phosphorique donne des phosphates de Ca dont certaines formes sont insolubles.

### **C- L'azote :**

#### **1- Dynamique :**

Il se trouve dans le sol sous forme organique ou minérale. La minéralisation de N-organique se fait par ammonification et nitrification. Cette transformation est effectuée par la microflore du sol. La forme ammoniacale se fixe sur le complexe adsorbant ( $\text{NH}_4^+$ ), une partie peut se volatiliser ( $\text{NH}_3$ ). La forme nitrique est très soluble et donc très disponible pour les plantes, mais facilement lessivable.

#### **2- Conséquence de l'absorption de N sous ses deux formes :**



Lorsque l'azote est apporté sous forme ammoniacale ( $\text{NH}_4^+$  ou  $\text{NH}_3$ ), en sol aéré, à pH neutre à légèrement alcalin, la nitrification est assez rapide (oxydation de  $\text{NH}_3$  en  $\text{NO}_2^-$  par les bactéries Nitrosomonas puis de  $\text{NO}_2^-$  à  $\text{NO}_3^-$  par les bactéries Nitrobacters). Cette nitrification est spontanée et est exergonique, c'est-à-dire elle libère de l'énergie. Une partie de N sous forme ammoniacale peut être directement absorbée par les plantes. Cette partie risque, souvent d'être excessive; c'est ce qu'on appelle «toxicité ammoniacale». L'absorption de  $\text{NH}_4^+$  est souvent passive; elle n'a pas besoin de l'ATP de la plante. Par contre, l'absorption et la réduction de N sous forme de nitrate nécessite de l'énergie de la part de la plante (une molécule de nitrate absorbée et réduite nécessite 15 moles d'ATP). Cette quantité d'énergie est donc considérable. On se demande alors pourquoi les plantes préfèrent-elles la nutrition nitrique, forte exigeante en énergie alors que la nutrition ammoniacale, azote déjà réduit, ne lui coûte pratiquement rien de point de vue énergétique ?

La nécessité de s'adapter à un milieu nutritif où la nitrification est dominante est une réponse qui paraît correcte mais, elle est insuffisante puisqu'en milieu acide et froid, la nitrification est moins importante que l'ammonification; les plantes exigent alors une autre adaptation! Pourtant, même sur ce milieu acide et froid, la nutrition nitrique reste importante. La réponse réside plutôt dans la différence de métabolisme lié au type de nutrition azotée de la plante. En effet, l'absorption d'un ion nitrate est accompagné de l'expulsion d'un ion  $\text{OH}^-$  ou de l'absorption d'un cation afin de rétablir l'équilibre électrostatique du cytoplasme de la cellule. L'absorption de  $\text{NH}_4^+$  est plutôt accompagnée par l'élimination de protons  $\text{H}^+$  à l'extérieur de la plante. La recherche montre que l'expulsion de  $\text{H}^+$  se fait au niveau des racines; le milieu nutritif est alors acidifié par une nutrition ammoniacale. L'azote assimilé à partir de  $\text{NH}_4^+$  migre dans la plante et arrive aux feuilles sous forme organique et non pas minérale. Par contre, l'assimilation de  $\text{NO}_3^-$  se fait, en général, au niveau des feuilles, par la nitrate réductase (selon les espèces). L'élimination de  $\text{OH}^-$  peut se faire, chez certaines espèces, au niveau des racines; le milieu nutritif est alors alcalinisé. Le plus souvent, cette élimination se fait à l'intérieur de la plante (c'est ce qu'on appelle le pH-stat), c'est-à-dire par la synthèse d'acides organiques de genre citrate et malate qui sortent du cytoplasme et s'accumulent dans la vacuole; ce qui provoque la turgescence des cellules et la vigueur des tissus végétatifs). En absence de la nutrition nitrique, cette turgescence est faible; elle est assurée, en partie, par des sels minéraux (c'est ce qu'on appelle épictèse) ou par des acides organiques détournés de leur métabolisme normal (des points de croissance) vers la vacuoles ! Cela explique pourquoi une nutrition ammoniacale seule conduit à une faible production de matière sèche de la plante.

### **III- Conclusion :**

Les notions générales des besoins des plantes en éléments nutritifs ainsi que la connaissance des exportations minérales et des rythmes d'absorption des éléments par les plantes constituent la base de l'élaboration de plans de fumures et de raisonnement des techniques de fertilisation des différentes cultures maraichères. Ces notions concernent aussi bien la physiologie de la plante que la dynamique des ions dans le sol en relation à l'eau d'irrigation et à l'enracinement de la plante. La phase solide du sol constitue une réserve d'éléments susceptibles de passer dans la solution du sol par divers phénomènes d'interface. L'exploitation continue du sol, sans restitution des pertes, réduit donc ses réserves et affecte sa fertilité. La fertilisation consiste alors à restituer au sol ce qu'il a perdu suite aux exportations minérales par les plantes. Les techniques de fertilisation ne se limitent pas aux apports de fumures. Elles visent également à améliorer la structure du sol par un bon drainage, une irrigation bien conduite, des travaux de sol bien conduits appropriés et effectués dans

de bonnes conditions d'humidité du sol. La fertilisation, au sens large du terme, essaie de maintenir ou d'améliorer aussi la capacité de rétention en eau du sol par des apports de matière organique, son potentiel nutritif par des apports de fumures, son pH par le chaulage ou par l'acidification (apport de soufre), sa salinité par le lessivage et sa population microbienne par une bonne aération et un état hydrique convenable et à un niveau satisfaisant. Sans oublier le respect de l'environnement, il faut éviter tout excès d'engrais, particulièrement de nitrate.