

Chapitre 2.

NUTRITION MINERALE

L'élément nutritif est essentiel (indispensable) à la croissance et au développement de la plante si :

- *Il est impliqué dans des fonctions métaboliques de la plante.*
- *La plante ne peut pas compléter son cycle de vie (croissance et reproduction) sans cet élément.*
- *Aucun autre élément ne peut se substituer à toutes ces fonctions métaboliques.*

1. La composition minérale des végétaux

La composition minérale d'un tissu se détermine sur le résidu sec, après incinération ou minéralisation par voie humide (mélange oxydant acide). Les trois éléments caractéristiques des substances organiques (C, H, O) représentent en masse plus de 90 % du résidu sec (C : de 40 à 50%, O de 42 à 45 %, H de 6 à 7 %). Les autres éléments, dits « éléments minéraux » (car en général tirés des minéraux du sol), sont classés, selon leur importance pondérale, en deux groupes :

- **Les macroéléments**, présents à des taux de l'ordre de quelques p. mille à quelques p. cent (de la matière sèche des tissus, MS) ;

Les macroéléments comprennent : l'azote N (1 à 3% de la matière sèche), le potassium K (2 à 4% en général), le calcium Ca (1 à 2%), le magnésium Mg (0,1 à 0,7%), le soufre S (0,1 à 0,6 %) et le phosphore P (0,1 à 0,5 %).

On peut y adjoindre Na, Cl et Si, qui se rencontrent à des taux très variables suivant les végétaux.

- **Les microéléments** ou **oligoéléments**, à des taux inférieurs à 1 p. mille.

Les oligoéléments comprennent une vingtaine d'éléments :

Fe, Mn, de 0,01 à 1 p. mille de la MS (10 à 1 000 ppm, parties par million) ;

Zn, Cu, B, aux environs de 0,01 p. mille de la MS (10 ppm) ;

Al, Ni, Co, Mo, I, Br, F, à des taux plus faibles encore, de 0,001 à 1ppm ; et, à des taux très variables, mais toujours très faibles, si ce n'est dans des cas particuliers, la plupart des autres éléments minéraux présents dans le sol ou les eaux et qui contaminent les végétaux à leur contact : Li, Pb, Ti, Rb, Cs, Cr, Se, Cd, etc.

Tableau 1 - Teneurs en éléments minéraux des tissus des plantes.

Éléments	Symbole	Concentration dans la MS (%)	Origine
Carbone	C	44	CO ₂ & (HCO ₃ ⁻)
Oxygène	O	43	H ₂ O
Hydrogène	H	6	
Macro-éléments			À partir du sol
Azote	N	1,5	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺
Potassium	K	1	K ⁺
Calcium	Ca	0,5	Ca ²⁺
Magnésium	Mg	0,2	Mg ²⁺
Phosphore	P	0,2	HPO ₄ ²⁻ /H ₂ PO ₄ ⁻
Soufre	S	0,1	SO ₄ ²⁻
Silice	Si	0,1	SiO ₃ ²⁻
Micro-éléments			À partir du sol
Chlorure	Cl	0,01	Cl ⁻
Fer	Fe	0,01	Fe ³⁺
Manganèse	Mn	0,005	Mn ²⁺
Zinc	Zn	0,002	Zn ²⁺
Bore	B	0,002	H ₃ BO ₃
Cuivre	Cu	0,0006	Cu ²⁺
Nickel	Ni	0,00001	Ni ²⁺
Molybdène	Mo	0,00001	MoO ₄ ²⁻

Valeurs moyennes, exprimées en pourcentage par rapport à la matière sèche (MS). Leur origine et les formes disponibles sont indiquées.

2. Méthodes d'étude de la nutrition minérale

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées.

- *Méthode analytique :*

Elle consiste à déterminer la composition en sels minéraux d'une plante ; on procède d'abord, par calcination, à la destruction complète de la matière organique et on analyse ensuite le résidu qui contient les sels minéraux.

Ainsi, dans un verger, des analyses de feuilles permettent d'ajuster les programmes de fertilisation.

- *Méthode synthétique :*

Elle vise à déterminer, par des essais successifs, la composition d'un milieu nutritif artificiel permettant le développement normal d'une plante. C'est grâce à cette méthode que furent mises au point les solutions nutritives utilisées dans les cultures sans sol.

- *Méthode des isotopes radioactifs :*

Cette méthode consiste à remplacer, dans un composé utile à la plante, un élément par son isotope radioactif et à suivre l'absorption de cet isotope grâce à la radioactivité qu'il émet. L'avantage de cette méthode est qu'elle permet aussi d'étudier le cheminement de l'élément dans la plante et de préciser son rôle dans le métabolisme.

3. Les doses utiles

Par l'utilisation de la méthode synthétique, On peut étudier l'action de la concentration d'un ion sur la croissance d'une plante ; on obtient une courbe du type de celle représentée sur la fig. 1.

La courbe présente trois parties :

- une partie croissante correspondant à des concentrations insuffisantes : il y a déficience ou carence en l'élément. Le développement est donc limité.

On distinguera les éléments mobiles dont les carences apparaissent dans les parties anciennes (vieilles feuilles) et les éléments immobiles dont les carences vont se déclarer dans les parties en croissance préférentiellement

- un palier correspondant à une zone de concentrations optimales ; ce palier montre qu'en pratique la dose à utiliser est très inférieure à la dose toxique car, à partir d'un certain seuil, **il y a une consommation de luxe, tout apport supplémentaire constituant un gaspillage sans profit**. Et cela n'a d'intérêt que dans le cas de certaines cultures fourragères.

- une partie décroissante correspondant à des doses toxiques lorsque l'élément est en excès. Notamment par blocage enzymatique

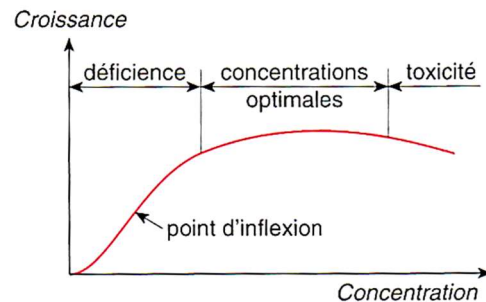


Figure . Forme générale des courbes d'action

Les quantités absorbées varient suivant :

- les éléments
- les espèces et les variétés
- le cycle de végétation
- les interactions entre les éléments

Formes d'absorption

Les éléments minéraux sont absorbés sous forme :

- D'ions:

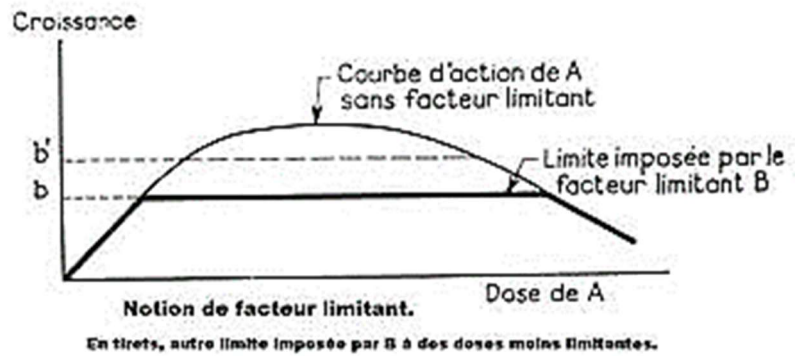
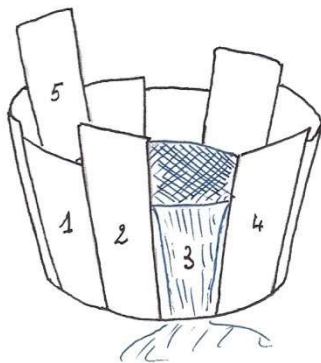
Cations: NH_4^+ , K^+ , Na^+ , H^+ , Ca^{++}

Anions: NO_3^- , Cl^- , PO_4H_2^- , SO_4^-

- Plus rarement de chélats

4. Facteurs limitant :

Rien ne sert d'augmenter la dose d'un élément donné (ou de la réduire si elle est excessive) si la croissance est limitée par l'insuffisance (ou l'excès) d'un autre élément. La présence d'un tel facteur limitant écrête la courbe d'action qui ne peut s'élever au-dessus de la limite permise.



5. Interactions :

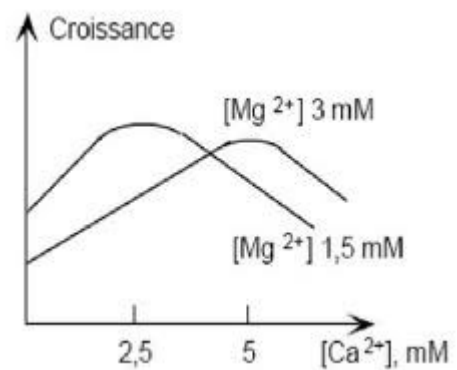
Il existe entre les éléments des interactions qui font que l'action d'un élément est modifiée par la présence d'un autre.

5.1. Synergie :

L'effet de A est amplifié par la présence de B.

Exemples :

- Certains anions Cl^- , NO_3^- etc. facilitent la pénétration de SO_4^{2-}
- Interaction complexe $\text{K}^+/\text{Mg}^{2+}$ et effets sur la courbe d'action



5.2. Antagonisme :

L'effet d'un ion A est atténué par B et pour retrouver cet effet, on doit augmenter la dose de A.

Exemples :

- _ Antagonisme compétitif des sélénates et des arsénates qui utilisent le même mécanisme d'absorption.
- _ Le calcium par son action sur la perméabilité membranaire gêne l'absorption de la plupart des ions, plus marqués avec K, Mg et Fe.
- _ Interaction Ca/Mg et effets sur la courbe d'action.