

## Chapitre 5 :

### LA NUTRITION MINERALE

#### A\ Les ions minéraux, nature et importance.

Les éléments macronutritifs : K (2-4), Ca (1-2), Mg (0,1-0,7), S (0,1-0,6), P (0,1-0,5), Na, Cl, Si et Fe.

Les oligo-éléments : Mn, Zn, Cu, B, Mo, Co. On trouve ces éléments au niveau des enzymes avec différentes variations selon les espèces. On trouve le soufre chez les crucifères, le potassium chez les algues, le silicium chez des graminées, les prêles et les fougères. On trouve des variations selon les organes d'une plante. La graine est plus riche en phosphore pauvre en potassium que la plante. Les parties âgées sont plus riches en calcium alors que les parties jeunes sont riches en potassium, phosphore et azote.

#### B\ L'origine des minéraux.

Dans le sol, les ions sont en solution, ils varient selon la nature et le pH du sol. Ils sont, soit à l'état fixé dans le complexe argilo-humique (dans des solutions colloïdales), dans le complexe anionique. Si c'est une fixation par un cation, et si celui-ci est divalent, il fixera l'anion au sol. Si le sol a beaucoup de complexes argilo-humiques, il sera riche. La majorité des ions sont transformés par la plante pour pouvoir être utilisés. On a par exemple, les sulfates réduits au niveau des chloroplastes. Ces ions seront souvent à faibles concentrations. On trouve aussi dans la plante, des ions à concentrations élevées. On observe, chez une plante, une sélectivité pour l'absorption des ions et pour le maintien de la concentration de ces ions.

Dans le complexe argilo-humique, Les ions sont fortement liés : il y a compétition entre la plante et le complexe ionique pour capter des ions, d'où une dépense d'énergie par le végétal.

#### C\ Modalités et mécanismes de l'absorption.

##### 1\ Modalités.

Une fois l'absorption effectuée par les poils absorbants ou les mycorhizes, l'absorption est réalisée dans les cultures de manière spécifique. Par exemple, dans un verger, on fait absorber à une plante des oligo-éléments, l'absorption foliaire de fer par une plante chlorosée est le seul moyen de faire absorber ce fer sur les sols calcaires. Les ions circulent par voie symplastique (dans le cytoplasme) jusqu'au xylème puis ils passent dans la sève brute. Certains ions sont retenus au niveau des parois, comme le calcium, d'autres s'accumulent dans la vacuole sont excrétés. La vacuole est une poubelle ou une réserve.

## 2\ Mécanismes de l'absorption.

L'absorption est sensible à la température et aux inhibiteurs métaboliques ; par exemple, une cellule morte n'absorbe pas. Ils existent plusieurs composantes dans le phénomène de transport des ions et des petites molécules. On trouve trois possibilités de pénétration : la diffusion, le transport passif (diffusion facilitée), le transport actif.

### a\ La simple diffusion.

La membrane cellulaire permet à l'eau et aux molécules non polaires de pénétrer par simple diffusion mais aussi a quelques petites molécules polaires comme l'urée, le glycérol, le  $\text{CO}_2$ , peuvent pénétrer. Ce phénomène de diffusion est exprimé par la loi de Fick.  
 $(DQ/dT) = k.a.\Delta c$  ; k est le coefficient de diffusion, a, la surface de diffusion,  $\Delta c$ , la variation de concentration.

La diffusion tend vers un état d'équilibre pour que le gradient de concentration soit nul. Le transport de petites molécules se fait grâce à des protéines membranaires de deux types. On trouve des protéines porteuses et des canaux protéiques.

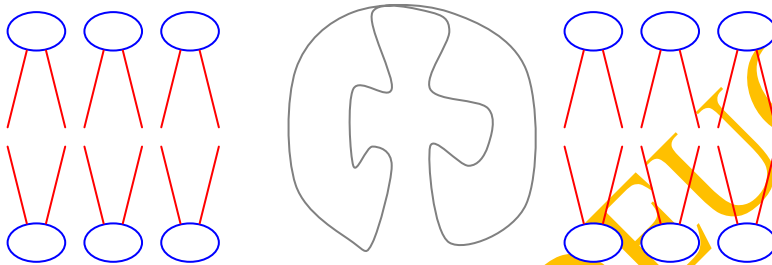


Schéma d'une membrane avec une protéine porteuse.

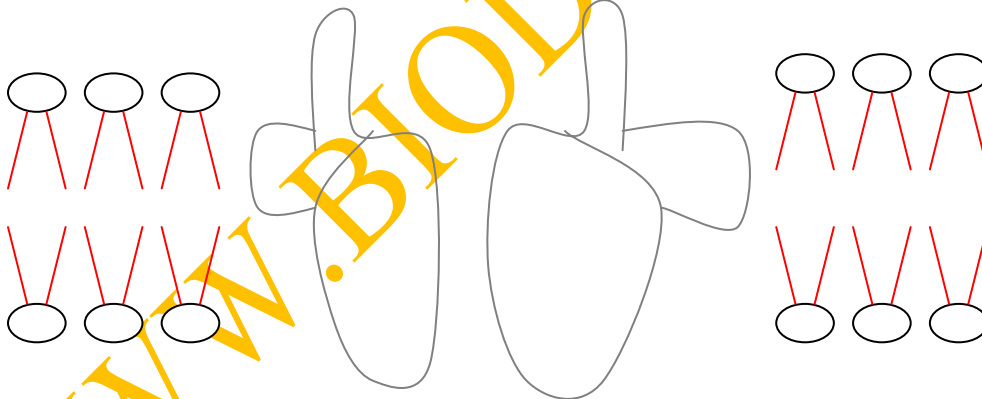


Schéma d'une membrane avec un canal protéique.

### b\ Le transport passif et la diffusion facilitée.

Le transport se fait par des canaux protéiques et par des protéines porteuses. Si la molécule est non chargée, le transport est déterminé par le gradient de concentration. Si cette molécule est chargée, le transport est déterminé par le gradient de concentration et par le gradient électrochimique. On a donc un transport dans le sens du gradient qui entraîne un potentiel de membrane.

Le potentiel électrochimique :

$$\begin{aligned}\Delta\mu &= nF.\Delta E(2-1) + RT\log(c_1/c_2) \text{ (T)} \\ &= nF.\Delta E(2-1) + (RT/F)\log(c_1/c_2) \text{ (V)} \\ \Delta\mu &= \Delta E - 2,3(RT/F) \Delta pH \\ &= \Delta E - 0,06\Delta pH\end{aligned}$$

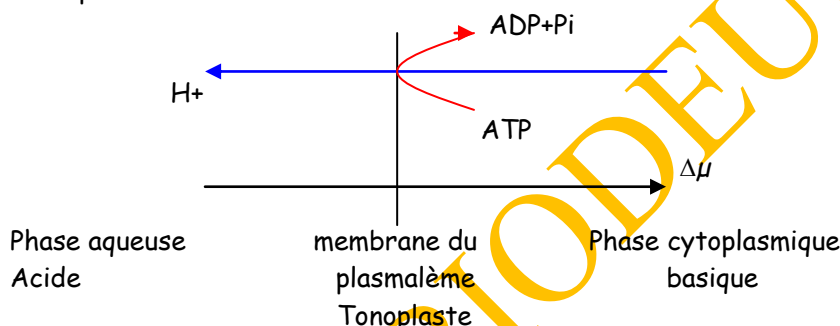
Dans la diffusion facilitée le transport est réalisé dans le sens du gradient.

Le transport des molécules est réalisé par des canaux protéiques, par des protéines porteuses et par perméabilité membranaire. On trouve deux types de protéines porteuses, des protéines qui permettent un transport passif et des protéines qui réalisent ce transport grâce à de l'énergie : c'est un transport actif.

### c\ Mécanisme actif.

Lapicque a mis en évidence le phénomène d'épictèse : c'est une absorption active des ions et des petites molécules.

Une cellule végétale dans une solution hypertonique, concentrée en saccharose est plasmolysée. Au bout d'un certain temps, la cellule redevient turgescente : la cellule rétablit son hypertonie en absorbant des ions (ou des petites molécules) contre le gradient du potentiel électro-chimique. Ce phénomène explique qu'une cellule est capable de concentrer des ions. Ces déplacements nécessitent de l'énergie d'origine chimique, par exemple l'ATP, d'origine physique : le gradient ionique, due aux déplacements d'électrons. Cette énergie permet le fonctionnement des pompes ioniques donc le type le plus représenté est le type des pompes à protons. On trouve deux types de pompes : - des pompes rédox donc la circulation est réalisée grâce à des déplacements d'électrons. Ces pompes produisent de l'ATP. - Des pompes de type ATPase : elles expulsent les protons au niveau de la membrane du plasmalème ou du tonoplaste (transports actifs). Elles utilisent de l'énergie. Le transport des protons par ces ATPases est un transport actif primaire.



Cette émission de protons crée la «force motrice protonique», qui permet à son tour d'énergiser le déplacement d'autres espèces ioniques. On parle de transports actifs secondaires.

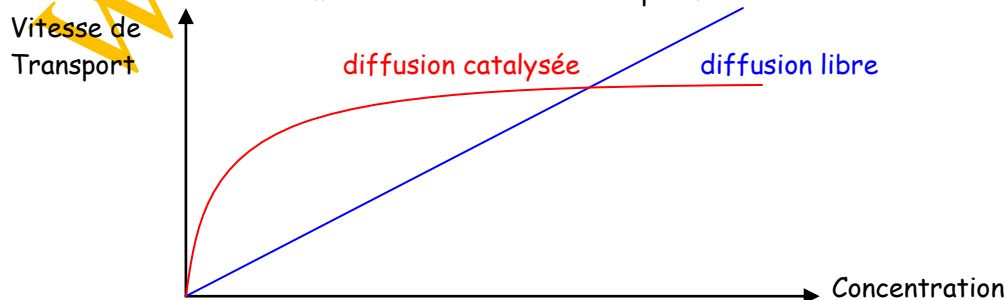
Ce transport actif secondaire se fait dans le sens opposé au gradient, en demandant donc de l'énergie.

S'il y a transport d'un seul soluté, on parle de système uniport.

Si deux solutés traversent dans le même sens, c'est un système symport.

Si les 2 solutés traversent dans un sens différent, c'est un transport antiport.

Courbes de la mesure de vitesse de transport.



## D\ Rôles des ions dans la plante.

### 1\ Rôles physiques.

Les phosphates favorisent l'entrée du magnésium, alors que le calcium freine son entrée. Les ions permettent le maintien de la turgescence, du pH (système tampon), la création de potentiels membranaire qui agissent sur la perméabilité de la membrane.

### 2\ Rôles physiologiques.

Les rôles constitutifs sont tenus par les éléments phosphorylés, comme les phospholipides, les composés phosphorylés, les nucléotides, et les acides nucléiques.

On trouve le soufre dans les acides aminés et dans les protéines.

On trouve le calcium dans les parois où ils forment avec les peptides, des pectates ; dans la vacuole il est sous forme de cristaux d'oxalate de calcium ; dans le cytoplasme il est associé à la calmoduline.

On trouve le fer (Fe) au niveau des hèmes et des cytochromes.

Le calcium se trouve dans les chloroplastes (en formant les plastocyanines) et dans les mitochondries où ils forment les cytochromes oxydases.

On trouve du molybdène dans les nitrate-réductases et dans les nitrogénases.

Le phosphore est en importante quantité pendant la floraison et dans les graines.

Le potassium est impliqué dans le métabolisme des glucides.

Le calcium se trouve le plus souvent dans les lieux de stockage des produits toxiques (en général se sont les vacuoles).

### 3\ Quelques particularités.

#### a\ Le calcium.

Face à la présence du calcium, on trouve deux types de plantes :

- Les calcicoles, qui tolèrent (ou supportent) le calcium. Quand la concentration en calcium va augmenter, le pH va aussi augmenter (solution basique).
- Les calcifuges, qui ne supportent pas le calcium. Leur concentration en Ca diminue en entraînant une diminution du pH (acidification).

Les plantes calcicoles peuvent modifier la composition de leur membrane pour limiter l'entrée de Ca.

#### b\ Le fer.

Sur un sol basique, le fer ne peut pas être absorbé car il précipite.

#### c\ Le sodium.

On trouve des plantes halofuges (qui ne supportent pas le sel) et des plantes halophiles (les halophytes) qui supportent le sel. Ces halophytes poussent dans les eaux saumâtres ou près de la mer (des eaux salées). Soit, elles excluent le sel, soit, elles l'accumulent dans leurs vacuoles ou dans des glandes à sel. Ces plantes ont l'aspect de plantes grasses.