

## TD 04 La nutrition minérale

La physiologie végétale C'est l'étude des mécanismes qui régissent le fonctionnement et le développement des végétaux. Elle se divise en deux grandes parties :

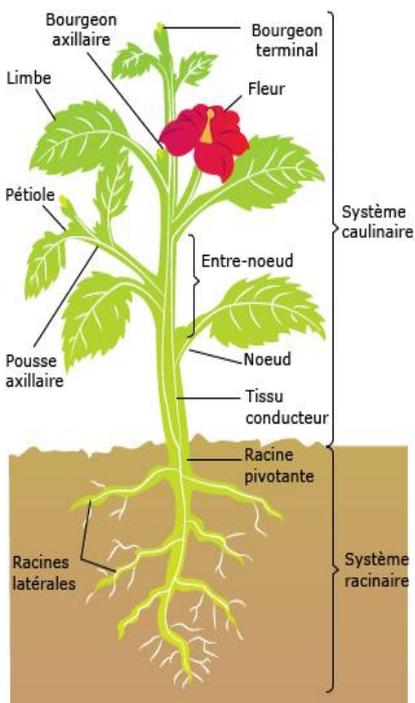
- ✓ Nutrition et métabolisme : qui se résument par
  - L'acquisition des éléments indispensables à la vie
  - La transformation de ces éléments et leur intégration dans la matière organique (dans la biomasse)
- ✓ Croissance et développement : Mécanismes pour le passage de la graine de l'état de vie ralentie à l'état reproducteur (cycle de développement).

### I- Notions de base :

#### Organisation d'un végétal

##### Morphologie d'une plante commune

Nous nous intéressons aux **Angiospermes** qui sont les **plantes à fleurs** produisant des **fruits**. Ces plantes ont une **vie fixée** et ont développé au cours de l'évolution **fleurs et fruits** (contenant les graines) pour assurer leur **reproduction** et surtout la **dissémination** (dispersion) des **graines**, **pérennisant** ainsi leur espèce et la **colonisation** des milieux. La plupart de ces plantes sont **terrestres** ; elles ont privilégié, au cours de l'évolution, le développement d'un **système racinaire** (souterrain ou aérien) et d'un **système caulinaire** (aérien) qui comprend tiges, feuilles et fleurs.

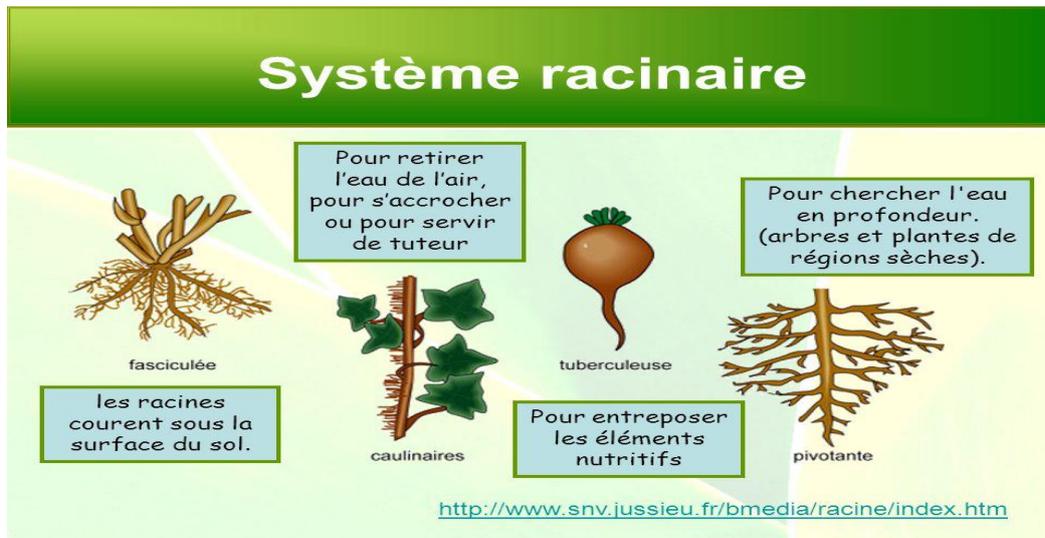


**Figure 01 :**

Morphologie simplifiée d'une plante.

## Les types de racines

Le système racinaire permet l'interface avec le sol



### a. Les différents types de racine

Il existe 2 types de racines :

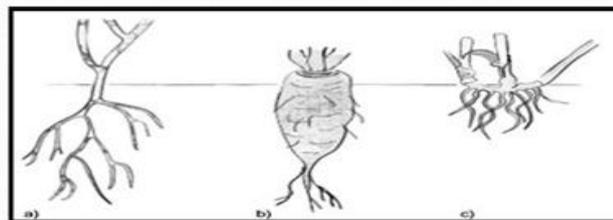
#### • les racines pivotantes

- une large racine verticale se ramifiant en de nombreuses racines secondaires ;
- permet de fixer solidement la plante au sol et de supporter ainsi l'action du vent, de la gravité ou encore du ruissellement de l'eau.

#### • les racines fasciculées

- composées de plusieurs racines identiques qui se développent à quelques centimètres de la surface du sol ;
- permet à la plante une bonne fixation dans le sol (protégeant également ce dernier de l'érosion) ;
- permet à la plante de disposer d'une grande surface de contact et d'échange avec le sol.

On distingue différents types de systèmes racinaires :



- a) pivotante (Giroflée)
- b) tubéreuse (Carotte)
- c) fasciculée (Blé)

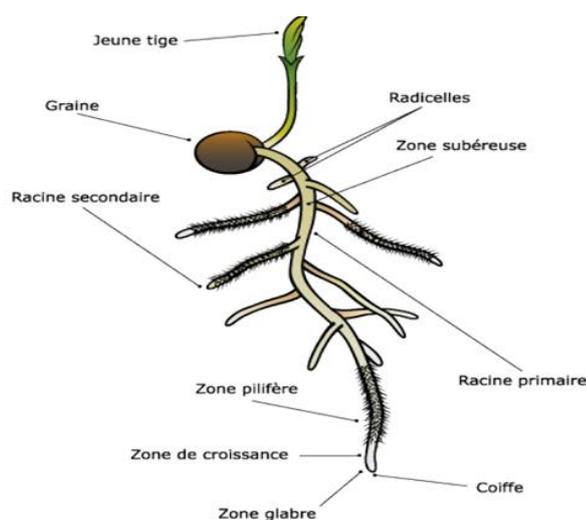
Sur la racine principale et ses ramifications on peut reconnaître à partir de l'extrémité distale:

**1– la coiffe**, sorte de capuchon recouvrant le point végétatif de la racine, mais dont la présence n'est pas obligatoire;

**2– la zone sub-terminale lisse**, siège de la croissance en longueur;

**3– la zone pilifère**, garnie de poils absorbants, qui caractérise tous les végétaux dont les racines plongent dans la terre.

**4– la zone des ramifications** au niveau de la quelle apparaissent des racines secondaires ayant les mêmes caractéristiques que la racine principale.



**Figure 02 : Différentes parties du système racinaire**

### Rôles des racines

- ✓ Les racines permettent donc de **fixer solidement et durablement la plante au sol**.
- ✓ Elles possèdent un autre rôle majeur en **interface avec le sol**.

À l'extrémité des racines se trouvent des **poils absorbants** qui puisent **l'eau et les sels minéraux** dans le sol, indispensables au **développement de la plante**.

- ✓ **l'accumulation de réserves**.
- ✓ **support d'associations symbiotiques**
- ✓ **création de sol**.
- ✓ **communication**.

## II- La Nutrition Minérale

### Les besoins nutritifs des végétaux :

Les plantes ont besoin de 16 éléments nutritifs essentiels. Parmi ceux-ci, on retrouve le carbone (C), l'oxygène (O), et l'hydrogène (H) qui sont extraits de l'eau et de l'air. Les éléments restants sont puisés dans le sol. On les divise en éléments primaires (majeurs), secondaires et mineurs (oligo-éléments).

Ces les racines des plantes puisent dans le sol des minéraux indispensables à leur croissance et à leur développement. Du point de vue quantitatif, on distingue les macronutriments qui comprennent les minéraux consommés en grande quantité, tandis que les micronutriments comprennent des minéraux consommés en quantité de l'ordre du microgramme.

Macro-éléments	Azote	N	100 - 300 kg/ha
	Potassium	K	100 - 400 kg/ha
	Calcium	Ca	40 - 200 kg/ha
	Phosphore	P	20 - 50 kg/ha
	Soufre	S	10 - 40 kg/ha
	Magnésium	Mg	10 - 30 kg/ha
Micro-éléments	Fer	Fe	1000 - 2000 g/ha
	Manganèse	Mn	150 - 700 g/ha
	Zinc	Zn	100 - 300 g/ha
	Bore	B	80 - 200 g/ha
	Cuivre	Cu	25 - 100 g/ha
	Molybdène	Mo	5 - 20 g/ha

Figure 01 : Besoins en macro et microéléments pour diverses cultures annuelles

### I - Les macronutriments ou macroéléments

Ce groupe est constitué des minéraux les plus abondants dans les cellules végétales. Au nombre de ces minéraux, on retrouve : l'azote, le potassium, le phosphore, le calcium, le magnésium et le soufre.

#### 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.

#### 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. De ce fait, il contribue à l'équilibre ionique au niveau des cellules. Il sert également d'activateur à un certain nombre d'enzymes.

#### 3. Le phosphore

Le phosphore est présent dans de nombreuses molécules indispensables à la vie. 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). Le phosphore a donc un rôle énergétique, plastique et génétique au niveau des cellules végétales.

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 fonctionnement de certaines enzymes telles que la calmoduline nécessite la présence de calcium. Le calcium intervient également dans l'élongation des racines.

### **5. Le magnésium**

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

### **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.

## **II. Les micronutriments ou oligoéléments**

Quoique présents en faible quantités, les micronutriments ou oligo-nutriments 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.

### **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). Il est rare que les sols soient déficients en fer. Mais cet élément peut être indisponible pour les plantes si le pH n'est pas compris entre 5 et 6,5.

### **2. Le zinc**

De nombreuses enzymes végétales incluent dans leur composition des atomes de zinc. Le zinc est également l'activateur de nombreuses enzymes. Cet oligoélément intervient dans la synthèse de la chlorophylle.

### **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. L'utilisation de calcium, de même que la synthèse des acides nucléiques, requière la présence de bore. Le bore assure l'intégrité de la membrane plasmique.

#### 4. Le cuivre

Le cuivre est l'activateur et le constituant des enzymes liées aux réactions d'oxydoréductions dans les cellules végétales.

#### 5. Le nickel

Ce minéral est le constituant essentiel d'enzymes jouant un rôle clé dans l'organisme. Au nombre de ces enzymes, on retrouve les enzymes impliquées dans l'absorption de l'azote.

#### 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).

#### 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.

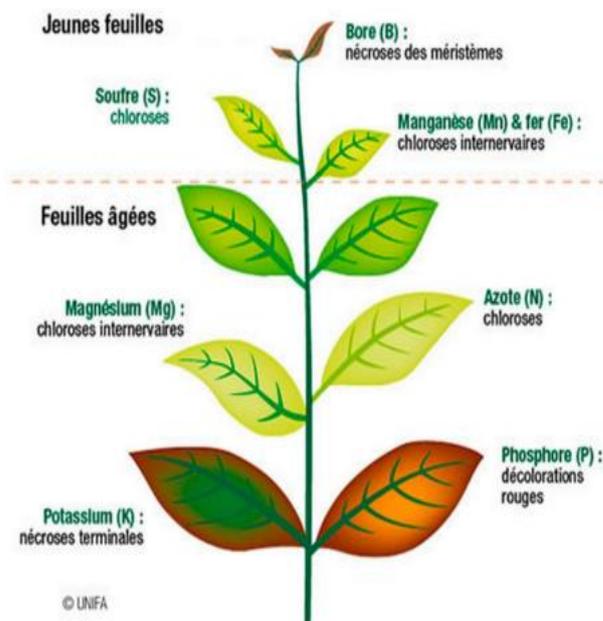


Figure 07 : Les différentes carences des minéraux chez les plantes

**Tableau des besoins des plantes en minéraux**

<i>Éléments</i>	<i>Symboles chimiques</i>	<i>Fonctions</i>	<i>Signes de carence</i>	<i>Signes d'un excès</i>
<b>Macro-éléments</b>				
Azote	<b>N</b>	Constituant de la chlorophylle, vitamines, ADN, etc.	Les plantes deviennent vert pâle, les feuilles âgées jaunissent	Croissance exagérée
Potassium	<b>K</b>	Maintient de l'organisation cellulaire	Taches brunes sur les feuilles, croissance diminuée	Les feuilles deviennent plus pâles et se couvrent de taches sombres
Calcium	<b>Ca</b>	Croissance et solidité de la membrane cellulaire	Chute prématurée des feuilles et des fleurs	Diminue la solubilité de certains éléments, donc carence
Phosphore	<b>P</b>	Constituant ADN, protéines, enzymes, etc.	Les feuilles deviennent vert sombre ou vert pourpré	Jaunissement et brunissement des extrémités des feuilles, puis chute
Magnésium	<b>Mg</b>	Constituant de la chlorophylle, production d'énergie	Les feuilles s'enroulent et jaunissent	Croissance exagérée des tiges et des racines, diminution de la floraison
Soufre	<b>S</b>	Constituant de plusieurs enzymes	Les jeunes feuilles deviennent jaunes en premier	Les feuilles sont vert bleuâtre et se courbent vers l'intérieur
<b>Oligo-éléments</b>				
Fer	<b>Fe</b>	Formation de la chlorophylle	Jaunissement des Feuilles	<b>Rarement toxique</b>
Chlore	<b>Cl</b>	Intervient dans la photosynthèse	Jaunissement des feuilles de la tomate	Le tabac donne des cendres noirâtres
Manganèse	<b>Mn</b>	Formation de la chlorophylle	Jaunissement des jeunes feuilles, puis chute	Induit une carence en fer, donc jaunissement des feuilles
Bore	<b>B</b>	Important dans la croissance	Maladies physiologiques (ex. : craquelure des branches de céleri, taches brunes sur le chou-fleur)	Jaunissement des côtés de la feuille, puis chute
Zinc	<b>Zn</b>	Active un grand nombre d'enzymes	Croissance irrégulière, feuilles rabougries	Jaunissement des feuilles, mort des bourgeons, les