

**CHAPITRE 6 : NUTRITION CARBONNEE****Introduction**

La nutrition carbonée des végétaux fait intervenir un ensemble de réactions métaboliques originales, que l'on ne retrouve que chez quelques bactéries : la photosynthèse.

La photosynthèse est certainement le phénomène métabolique le plus important dans le monde vivant. En effet, les végétaux verts (chlorophylliens) et certaines bactéries synthétisent leur propre matière organique à partir des substances minérales disponibles dans l'air (le dioxyde de carbone) et dans le sol (l'eau et les sels minéraux). Cette synthèse se réalise grâce à l'énergie lumineuse provenant du soleil (inépuisable) au niveau de structures spécialisées (les chloroplastes)

La photosynthèse par les végétaux alimente continuellement la biosphère en carbone sous forme de glucides.

**1. La nutrition carbonée**

Le métabolisme carboné des êtres vivants comprend deux grands groupes de réactions :

- Des réactions dites de catabolisme; réactions de dégradation de molécules organiques préexistantes. Ces réactions fournissent de l'énergie qui sera utilisée pour toutes les réactions de la cellule, en particulier pour les réactions de synthèse.
- Des réactions dites d'anabolisme, réactions de synthèse utilisant de l'énergie. Cette énergie est fournie essentiellement par le catabolisme de molécules, puisées dans le milieu extérieur chez les êtres hétérotrophes. Les végétaux verts autotrophes, sont capables de convertir l'énergie lumineuse en énergie chimique et de réaliser les premières synthèses uniquement à partir de matériaux minéraux (photosynthèse).

## 1. Photosynthèse ou assimilation chlorophyllienne.

L'énergie solaire est utilisée pour oxyder l'eau et réduire le gaz carbonique afin de synthétiser des substances organiques (glucides). Ce phénomène a lieu dans les chloroplastes, un organite spécifique des plantes, au niveau des membranes des thylacoïdes où se situent les photosystèmes I et II et les cytochromes.

### Bilan énergétique de la photosynthèse

Il faut six molécules de dioxyde de carbone et six molécules d'eau pour synthétiser une molécule de glucose, relâchant six molécules de dioxygène, grâce à l'énergie lumineuse.



Mais ce bilan est en fait décomposé en deux étapes successives :

- Les réactions photochimiques (phase claire) :  $12 \text{ H}_2\text{O} + \text{lumière} \rightarrow 6 \text{ O}_2 + \text{énergie chimique (24 H)}$  ;
- Le cycle de Calvin (phase sombre) :  $6 \text{ CO}_2 + \text{énergie chimique (24 H)} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ H}_2\text{O}$ .

## 2. Le chloroplaste

### 2.1. Localisation et types

Selon les espèces, on a de 10 à 100 chloroplastes par cellule (plus ils sont nombreux, plus ils sont petits). L'ensemble des chloroplastes s'appelle le plastidome.

Les chloroplastes sont généralement situés au niveau des feuilles, dans le mésophylle (ensemble de parenchymes palissadiques et lacuneux).

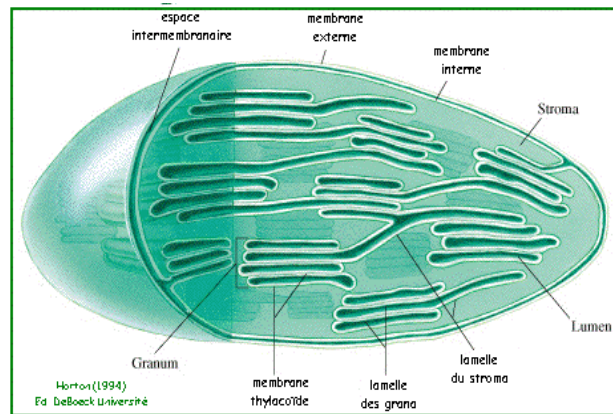
On ne trouve jamais de chloroplastes dans l'épiderme sauf dans les stomates. Ils sont au niveau des pétioles, des tiges herbacées et de certains organes floraux.

Au cours du développement de la plante, des proplastides se différencient en chloroplastes par des voies différentes selon les conditions externes :

- Les chloroplastes matures,
- Les chromoplastes colorés (comme dans les fruits et les fleurs),
- Les leucoplastes où sont stockés des réserves d'amidon, de lipides ou de protéines, ils sont alors respectivement appelés amyloplastides, oléoplastides, ou protéinoplastides.

**2.2. Structure**

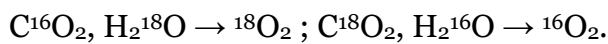
Le chloroplaste est un organite à double membrane, il est composé de grana et stroma, le grana est un ensemble de granum comprenant chacun plusieurs saccules ou thylacoïdes. Le granum peut être constitué de 2 à 100 disques, sont reliés les uns aux autres par des lamelles stromatiques dont l'ensemble forme un réseau continu. Le stroma contient aussi des ribosomes ainsi que de l'ADN circulaire.



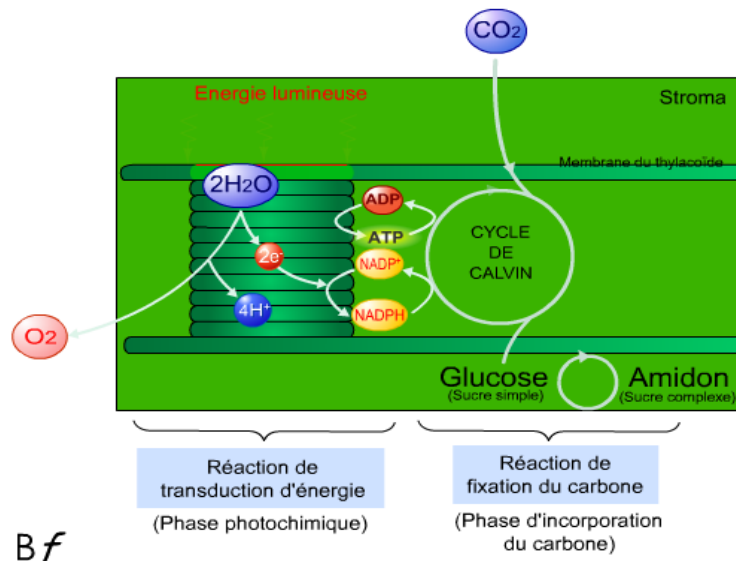
**Figure 43: La structure du chloroplaste**

**3. Les étapes de la photosynthèse**

Il y a deux phases. Une pendant laquelle l'eau est photodissociée (photochimique) et une autre pendant laquelle le CO<sub>2</sub> est incorporé (assimilatrice).



Ce processus est divisé en deux phases, la phase photochimique (ou réactions claires) et la phase biochimique (ou cycle de Calvin).

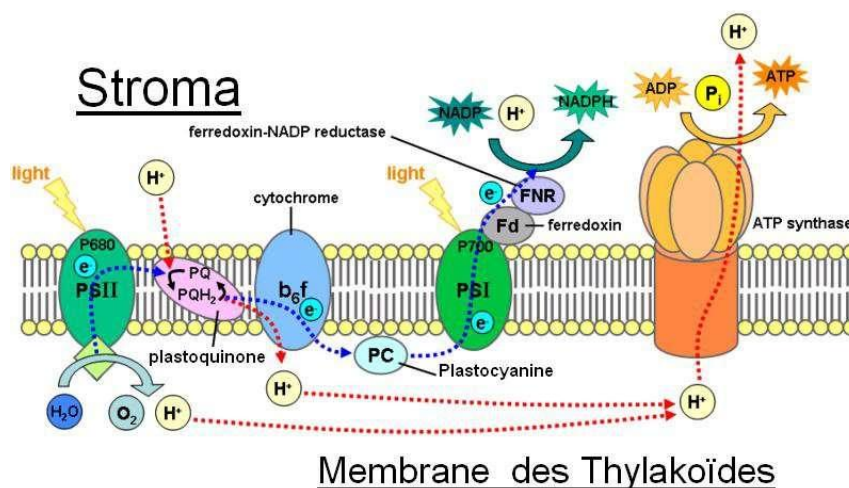


**Figure 44 : Les deux étapes de la photosynthèse**

### 3.1. Phase photochimique (claire)

D'abord, les pigments chlorophylliens associés à des protéines forment des photosystèmes qui absorbent et capturent les photons de la lumière. Ensuite, cette énergie lumineuse est convertie en énergie chimique avec la photo-oxydation de l'eau qui s'accompagne d'un transfert d'électrons et de protons jusqu'à un accepteur final et du dioxygène est produit. Enfin, ces réactions d'oxydoréduction sont couplées avec la production d'ATP (adénosine triphosphate) à partir de phosphate inorganique (Pi) et d'une molécule d'ADP (Adénosine di phosphate).

Au niveau du PSII va s'opérer une étape majeure de la photosynthèse : la **photolyse de l'eau**, donc, les électrons sont tout d'abord fournis par l'eau au photosystème II (PSII), puis par la suite ils sont transmis au photosystème I (PSI) pour que la **NADP réductase** réduise le  $\text{NADP}^+$  en  $\text{NADPH} + \text{H}^+$ .



**Figure 45 : Phase photochimique**

### 3.2. Phase biochimique (sombre)

Cette phase a lieu en même temps que la phase photochimique, mais ne nécessite pas d'énergie lumineuse. La phase biochimique permet de fixer le carbone contenu dans le  $\text{CO}_2$  atmosphérique et le lier aux atomes d'hydrogène des molécules d'eau. L'enzyme Rubisco est la principale enzyme permettant la fixation du carbone dans la matière organique. Le carbone fixé est ensuite transformé en saccharose (sucre) dans le cytoplasme. Le sucre fabriqué descend dans les racines de la plante et est stocké dans les vacuoles des cellules.

## CHAPITRE 6 : nutrition carbonée

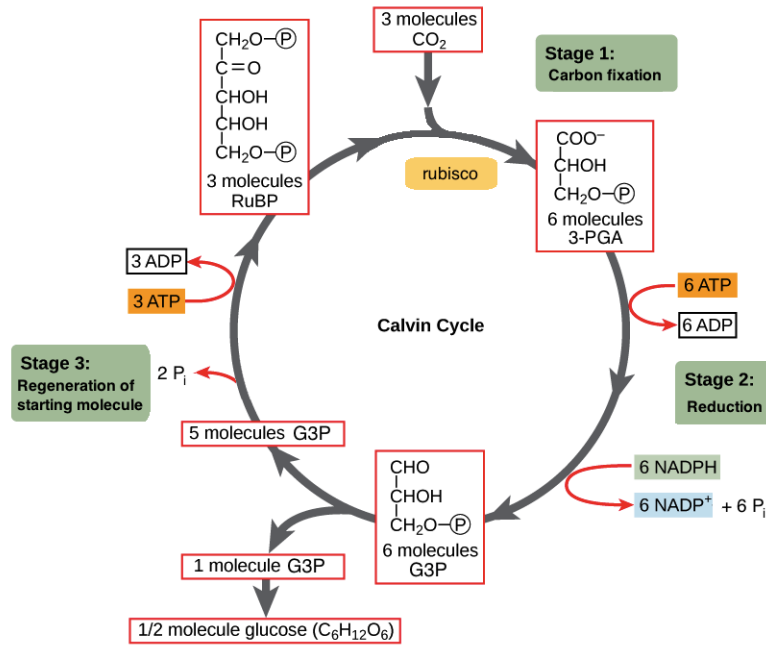


Figure 46 : Phase biochimique

#### 4. Les différents types de fixation du carbone

La majorité des végétaux fonctionnent avec ce mécanisme appelé  $\text{C}_3$ . Pour certaines plantes tropicales ou de zones arides qui doivent limiter leurs pertes d'eau, le mécanisme se nomme  $\text{C}_4$ , car il y a un atome de carbone supplémentaire.

Il y a trois mécanismes connus de fixation du dioxyde de carbone au cours de la photosynthèse :  $\text{C}_3$ ,  $\text{C}_4$  et CAM. Ces trois mécanismes diffèrent par l'efficacité de cette étape. Le mécanisme en  $\text{C}_3$  correspond au mécanisme « de base », c'est celui de 98% des plantes vertes.

Les types en  $\text{C}_4$  et CAM sont plus rares, mais on les trouve dans des espèces connues : le maïs est une plante  $\text{C}_4$ , l'ananas une plante CAM. Ces sont des adaptations au stress hydrique ou à une réduction de disponibilité de  $\text{CO}_2$  pendant la journée.

##### 4.1. Le mécanisme des plantes en $\text{C}_3$

La première des étapes du cycle de Calvin consiste en une carboxylation (fixation d'une molécule de  $\text{CO}_2$ ) sur le ribulose 1,5 bisphosphate, catalysée par la RubisCO, pour donner deux molécules d'un composé à 3 atomes de carbone (Acide 3-phosphoglycérique, APG).

#### 4.2. Le mécanisme des plantes en C<sub>4</sub>

Le métabolisme C<sub>4</sub> dissocie *dans l'espace*, les phases photochimique et non photochimique. Les plantes qui l'utilisent captent le CO<sub>2</sub> atmosphérique, non directement par RubisCO, mais par l'action de la phospho-énol-pyruvate-carboxylase (PEP-carboxylase) qui produit un composé à **quatre** atomes de carbone (un acide dicarboxylique : oxaloacétate, puis malate ou aspartate). Ces réactions ont lieu dans le mésophylle .

#### 4.3. Le mécanisme des plantes CAM (*Crassulacean Acid Metabolism*)

Elles diffèrent des C<sub>4</sub> du fait que la fixation du carbone n'est pas séparée dans l'espace mais dans le temps (nuit/jour). Durant la nuit, lorsque les stomates sont ouverts, un stock de malate est produit, puis stocké dans la vacuole des cellules photosynthétiques. Au cours de la journée, ces malates sont retransformés en dioxyde de carbone et le cycle de Calvin peut s'effectuer, le CO<sub>2</sub> restant disponible pour la photosynthèse malgré la fermeture des stomates. Ainsi les pertes d'eau par transpiration sont limitées. Ce mécanisme est observé notamment chez les Crassulaceae (« plantes grasses », comme le cactus).

Ce mécanisme existe aussi dans des milieux aquatiques, lorsque la disponibilité en CO<sub>2</sub> est réduite pendant la journée (par exemple du fait de la consommation par les plantes).

### 5. Les facteurs de l'environnement et la photosynthèse

#### 5.1. La lumière

La quantité d'éclairement intervient et les plantes comme les sciaphilles (plantes d'ombres) vont accepter un faible éclairement. Les plantes héliophiles vont demander un éclairement plus important. Les plantes d'ombre ont des feuilles peu épaisses avec peu de parenchymes. Toutefois, les chloroplastes sont pourvus de nombreux thylacoïdes qui leur permettent de compenser ce manque de lumière.

Les plantes en C<sub>3</sub> arrivent à saturation au tiers du plein soleil. Les C<sub>4</sub> ne sont pas gênés par une intensité lumineuse maximale. La qualité de la lumière joue un rôle dans l'assimilation. Dans certaines serres, on ajoute certaines radiations pour améliorer les cultures.

**5.2. La teneur en CO<sub>2</sub>.**

La concentration de l'atmosphère en CO<sub>2</sub> est de 0,03%.

Artificiellement, on peut augmenter la teneur en CO<sub>2</sub> jusqu'à 1% (au-dessus, la concentration devient toxique). C'est le principal facteur limitant de la croissance des plantes. A température élevée, les stomates se ferment, empêchant donc l'entrée du CO<sub>2</sub>. Les stomates des plantes sont ouverts le jour et fermés la nuit (inversement pour les CAM)

**5.3. La température.**

La température agit sur les réactions enzymatiques (sur la phase assimilatrice). La réaction photochimique est sensible la lumière alors que les réactions enzymatiques sont sensibles à la température.