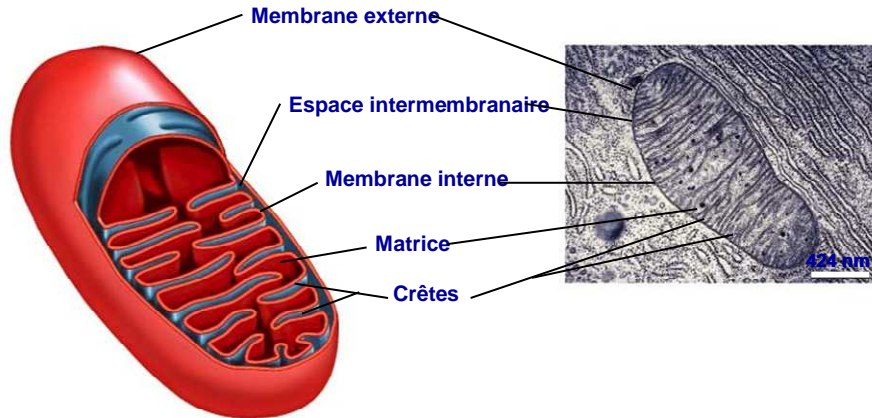


Structure



I. Caractères généraux

Après traitement des cellules au vert de Janus, celui-ci est oxydé spécifiquement par les mitochondries (= centres d'oxydation) qui deviennent colorés en vert. Elles ont généralement la forme de bâtonnets aux extrémités arrondies de diamètre de $0,5\ \mu\text{m}$ et d'une longueur qui peut aller jusqu'à $7\ \mu\text{m}$. Certaines sont des granules de $0,3$ à $0,5\ \mu\text{m}$ ou même des filaments de 2 à $30\ \mu\text{m}$.

Le nombre des mitochondries dépend du type de cellules et de leurs activités (inexistants chez les procaryotes). Elles occupent généralement 10 à 20% du volume totale d'une cellule active et sont souvent localisées près des organites actifs comme le cils et les flagelles.

II. Ultrastructure

1. Les membranes

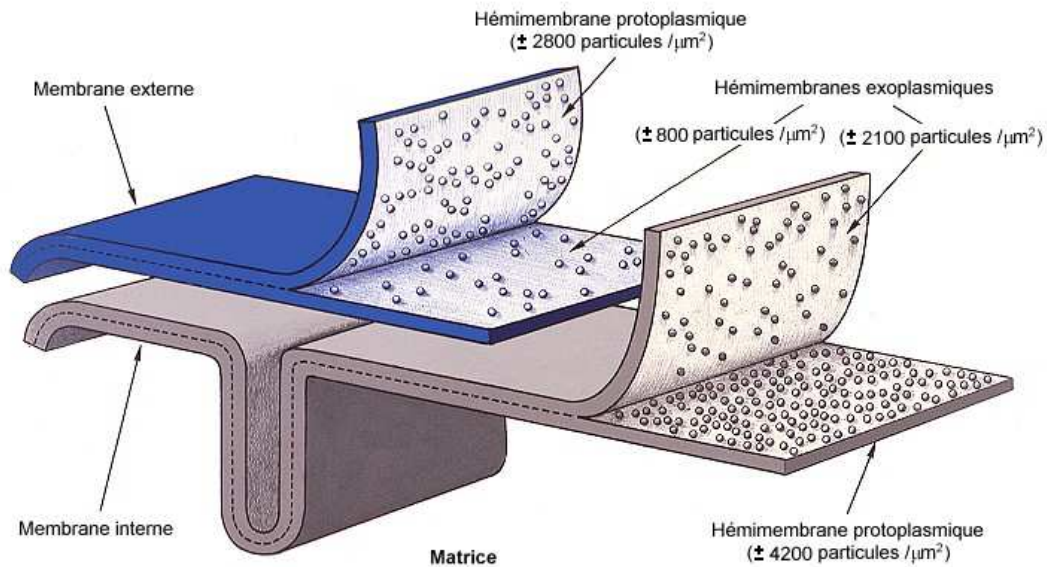
La microscopie électronique a révélé l'existence de deux membranes: une externe de 55 à 60\AA d'épaisseur entourant la mitochondrie, séparée de la membrane interne de même épaisseur, par un espace intermembranaire.

a. Membrane externe: enveloppe la mitochondrie et de structure tripartite (1 feuillet osmiophile entre 2 feuillets osmiophiles). Le feuillet médian est occupé par des particules sphériques dont le diamètre est de 60 à 100\AA , ils sont composés de 60% de protéines et 40% de lipides.

b. Membrane interne: également formée de 3 feuillets, plus riche en protéines (80%) et pauvre en lipides (20%). Elle présente des replis ou crêtes mitochondriales, qui s'enfoncent à l'intérieur de la matrice mitochondriale. La membrane interne apparaît recouverte de particules de diamètre 80 à 100\AA qui sont des macromolécules ayant une activité ATPasique.

2. La matrice mitochondriale

C'est la substance fondamentale délimitée par la membrane interne et compris entre les crêtes mitochondriales. Elle est de nature granuleuse (30 à 50\AA) et riches en cations Ca^{2+} , Mg^{2+} , .. et contient des mitoribosomes (avec de l'ARN) et de l'ADN.



Structure des membranes mitochondriales

D'après E Racker et al., 1969

III. Composition chimique

Les mitochondries sont isolées par les méthodes de fractionnement cellulaire puis leurs composants chimiques sont déterminés (% en poids sec):

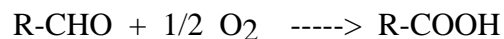
- 65% de protéines: en grande partie des enzymes d'oxydations,
- 30% de phospholipides (lécithines et céphalines),
- Des acides nucléiques (ARN et ADN),
- Des cations et des vitamines (A, B₆, B₁₂, C, ...),
- Nucléotides (ADP, ATP, NAD, FAD),
- Eau: 70% (du poids total).

IV. Rôles et activités physiologiques

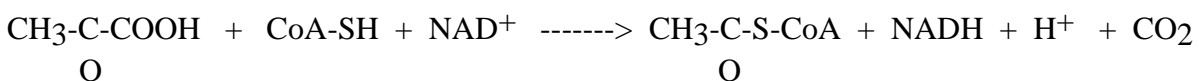
La fonction majeure des mitochondries est la production d'énergie biologique sous forme d'ATP à partir d'ADP et de phosphate inorganique. Dans les cellules animales, 80% des besoins en ATP sont assurés par les mitochondries. Cette synthèse est rendue possible par l'énergie libérée au cours de l'oxydation des substrats par le processus de la respiration cellulaire. Les réactions ayant lieu dans la mitochondrie sont :

1. Oxydoréduction respiratoire

La glycolyse, qui commence dans l'hyaloplasme, peut avoir lieu aussi dans les mitochondries: le glucose est ainsi oxydé en pyruvate ou acide pyruvique puis en eau et CO₂ en présence d'oxygène.



a. Transformation du pyruvate: Le pyruvate se transforme en acétyl CoA dans les mitochondries:



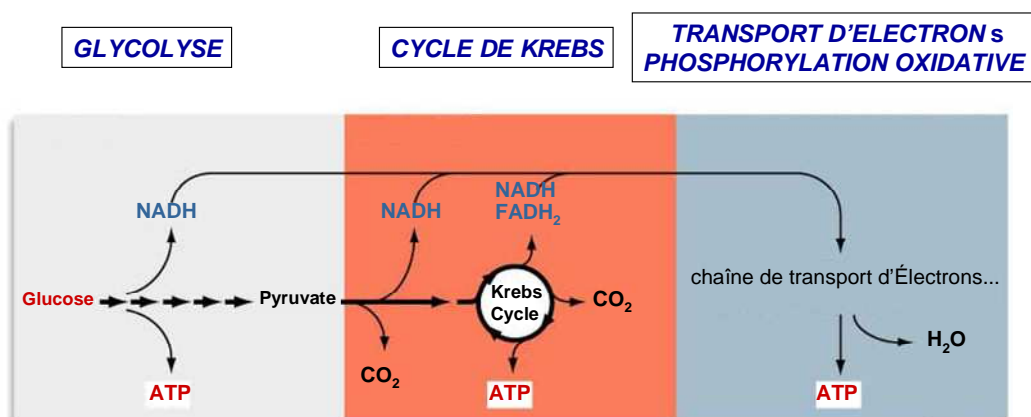
L'acétyl CoA renferme une liaison thioester riche en énergie.

b. Cycle de Krebs: L'acétyl CoA se lie à un substrat à 4C (oxaloacétate) pour former un composé à 6C, l'acide citrique avec libération de 2 molécules de CO₂. Celui-ci est par la suite dégradé dans le cycle de Krebs par des oxydations successives de type déshydrogénase. Il y aura formation de 3 NADH₂, 1 FADH₂ et 1 GTP. Les coenzymes réduits formés pendant ces étapes vont former l'ATP au cours de la chaîne respiratoire. Les enzymes du cycle de Krebs sont localisés dans la matrice mitochondriale.

c. Chaîne respiratoire: Il s'agit d'une chaîne de transporteurs d'électrons et de transporteurs d'H₂ qui permettent en définitive sa combinaison avec l'O₂ fournit à la cellule. Les enzymes qui interviennent entre l'accepteur initial d'H₂ et l'oxygène constituent un ensemble appelé chaîne respiratoire ou chaîne d'oxydoréduction qui sont localisés dans la membrane interne des mitochondries:

le coenzyme NAD⁺ réduit cède l'hydrogène à un coenzyme flavinique FAD, grâce à une déshydrogénase spécifique FMN; le coenzyme FAD fournit les protons H⁺ à l'oxygène, le transfert s'arrête à ce stade. Le passage d'électrons de la flavoprotéine à l'oxygène nécessite l'intervention d'une série de transporteurs appelés les cytochromes. Le coenzyme Q peut intervenir entre la flavoprotéine et les cytochromes.

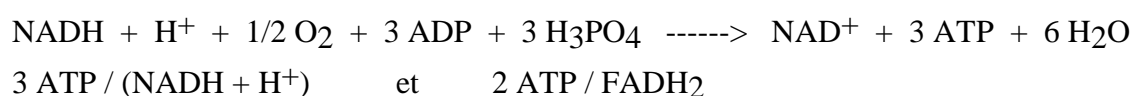
Les trois processus de la respiration cellulaire



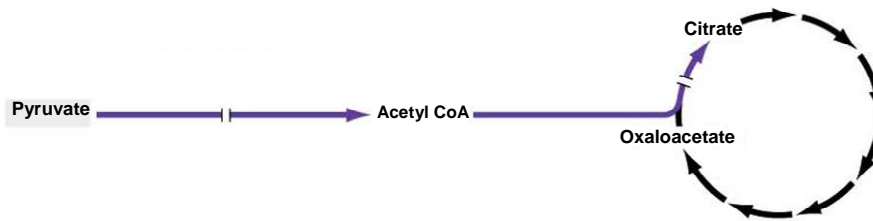
2. Phosphorylation oxydative

C'est la phase de stockage d'énergie sous forme d'ATP. Cette phosphorylation est couplée avec le transfert d'électrons dans la chaîne respiratoire; la synthèse d'ATP se fait par phosphorylation de l'ADP.

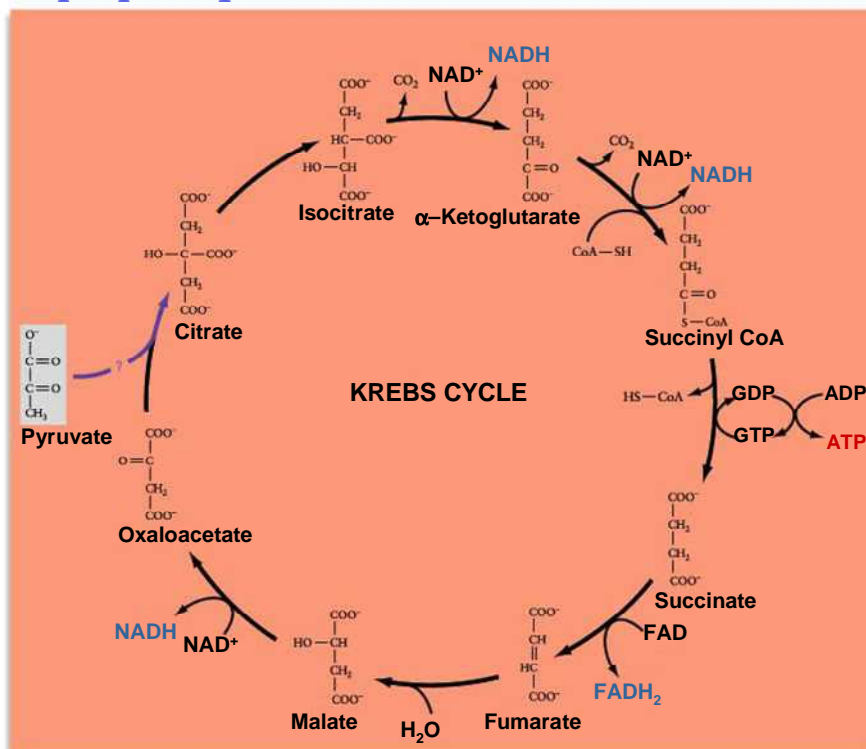
Pendant le transfert des électrons, les protons H⁺ passent dans l'espace intermembranaire qui devient plus acide, les protons reviennent dans la matrice en passant par la base hydrophobe, le pédoncule et la sphère des particules et activent l'ATPase.



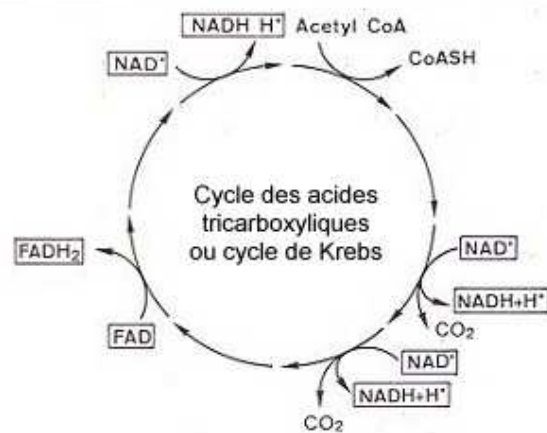
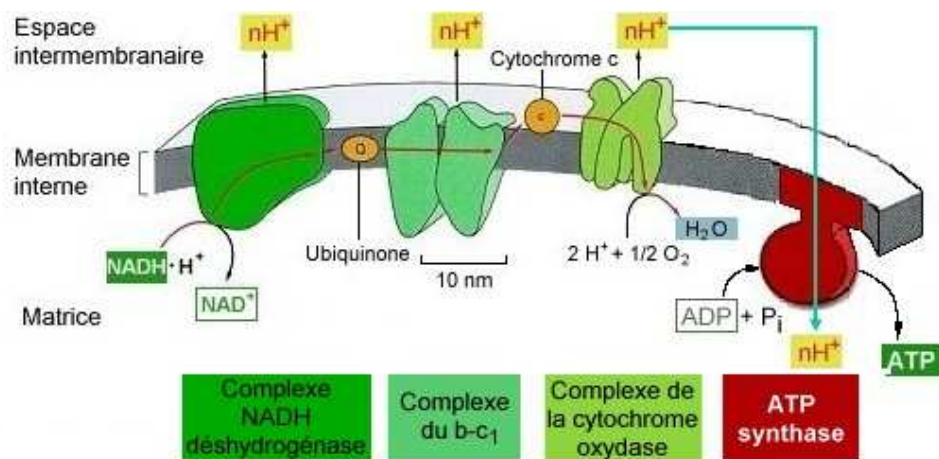
Le Pyruvate est oxydé en acetyl CoA, qui réagit avec De l'oxaloacétate pour commencer le cycle de Krebs.



Krebs propose que les réactions se déroulent en un cycle.



Le métabolisme des macromolécules est lié à la respiration cellulaire: Les stocks de sucres, lipides et protéines peuvent être hydrolysés et utilisés dans la glycolyse et le cycle de Krebs.



Les phosphorylations oxydatives et leur alimentation

V. Matériel génétique des mitochondries

Dans la mitochondrie il y a plusieurs molécules d'ADN circulaires qui codent pour l'ARN ribosomiale, l'ARN de transfert et un certain nombre de protéines de la membrane interne. La mitochondrie est un organe semi-autonome puisqu'il synthétise une partie de ses propres protéines, mais la majorité de ses composants sont codées par l'ADN nucléaire.



I. Introduction

Les chloroplastes sont des organites cytoplasmiques qui caractérisent le règne végétal et font partie d'un ensemble de constituants du métabolisme cellulaire appelés les plastes. Les plastes existent en plusieurs sortes:

* Les **leucoplastes**: incolores et contiennent des réserves:

- Les amyloplastes: réserves d'amidon.
- Les oléoplastes: réserves de lipides.
- Les protéoplastes: réserves des protides.

* Les **chromoplastes**: ils contiennent des pigments caroténoïdes qui donnent une couleur rouge orange ou jaune à certaines fleurs et fruits.

* Les **chloroplastes**: ce sont les plus courants et sont caractérisés par la présence de la chlorophylle, un pigment responsable de la couleur verte de la plupart des végétaux.

II. Structure et composition

Les chloroplastes sont en nombre variable suivant les types cellulaires et sont souvent de forme lenticulaire (de 3 à 10 μm de \varnothing , dans la zone centrale et 1 à 3 μm d'épaisseur).

Chez les végétaux supérieurs: 30 à 50 plastes / cellule: feuille de graminée.

15 à 20 plastes / cellule: feuille de betterave.

Chez les algues inférieures: 1 plaste / cellule, parfois de forme filamenteuse appelée chromatophore.

Les chloroplastes existent dans les tissus verts des fleurs, des fruits et d'autres organes (racines d'aracées: le philodendron). Les tissus contenant les chloroplastes sont des parenchymes et les cellules stomatiques. La composition chimique générale des chloroplastes est: (% du poids sec)

- Protéines: 40 à 55%;
- Lipides: 25 à 35%;
- Chlorophylles: 8%;
- Caroténoïdes: 4,5 %;
- ARN : 2 à 3 %;
- ADN : 0,5 %.

III. Ultrastructure

La microscope électronique a mis en évidence dans le chloroplaste:

a. Une *enveloppe* formée de 2 membranes de 60 Å d'épaisseur chacune et de structure tripartite, séparées par un espace intermembranaire. Sa composition est de 60 % de protéines et 40% de lipides.

b. *Stroma*: substance fondamentale du chloroplaste, transparente et contient des protéines solubles (50 %), des ribosomes et de l'ADN (100 à 300 molécules circulaires d'ADN/plastes).

c. Les thylakoïdes (thylakos = poche): ce sont des sacs membranaires délimitant un espace intrathylakoïde. Les membranes des thylakoïdes se caractérisent par la présence de particules de 75 à 100 Å de \square appelées quantasomes, qui sont des unités fonctionnelles élémentaires de la photosynthèse. Les *thylakoïdes* peuvent être empilées en:

*Thylakoïdes de **granum**: de petite taille et de forme discoïde (nombre: quelques unes à 50).

*Thylakoïdes de **stroma**: allongées et forment un système de tubules communiquant entre eux et reliés aux thylakoïdes granaires.

d. Les *pigments*:

*La **chlorophylle**: ($C_{55}H_{72}O_4N_4Mg$) possède un noyau tétrapyrroliques (hydrophiles) avec un atome de magnésium au centre {dont le rôle n'est pas bien établi} sur lequel est branché une longue chaîne hydrocarbonés.

On distingue 2 types de chlorophylles qui diffèrent par la nature du radical R du pyrrol II.

- Chlorophylle a RII = CH_3

- Chlorophylle b RII = CHO .

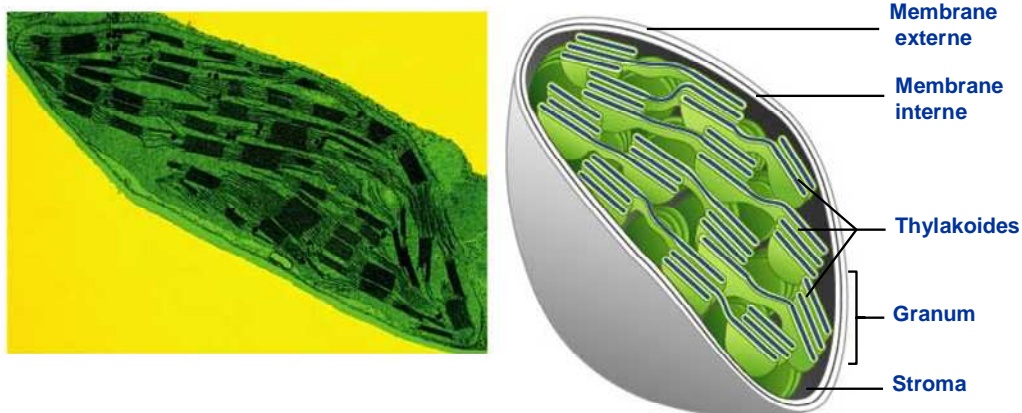
* Les **caroténoïdes**: Ce sont des pigments liposolubles dont la molécule est formée d'une longue chaîne aliphatique avec à chacune de ses extrémités un cycle ionone. On distingue 3 types : \square , β et \square carotènes qui sont des provitamines A (β carotène = 2 vit A; \square et \square carotène = 1 vit A). Ces pigments sont responsables de la couleur des algues rouges et brunes des phototrophes et de la couleur bleu-vert des cyanobactéries.

Les chloroplastes ont besoin de lumière pour survivre. En effet dans l'obscurité total, les membranes des thylakoïdes et la capacité de synthèse des chloroplastes disparaissent, il y a perte de couleur dû à la disparition des molécules de chlorophylles; c'est l'**étiolation**. (la régression des chloroplastes est appelée étioplastie). Mais après une exposition à la lumière, les membranes des thylakoïdes réapparaissent au bout de quelques minutes, les chloroplastes après quelques heures.

Les chloroplastes, découvert au 19^{ème} siècle, sont des organites semi-autonomes grâce à leur matériel génétique. Ils se multiplient par fission, et pendant la division cellulaire, chaque chloroplaste se divise aussi en deux.

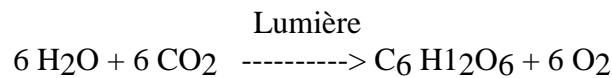
Les chloroplastes

Les chloroplastes sont très structurés, sont des organites riches en membranes.

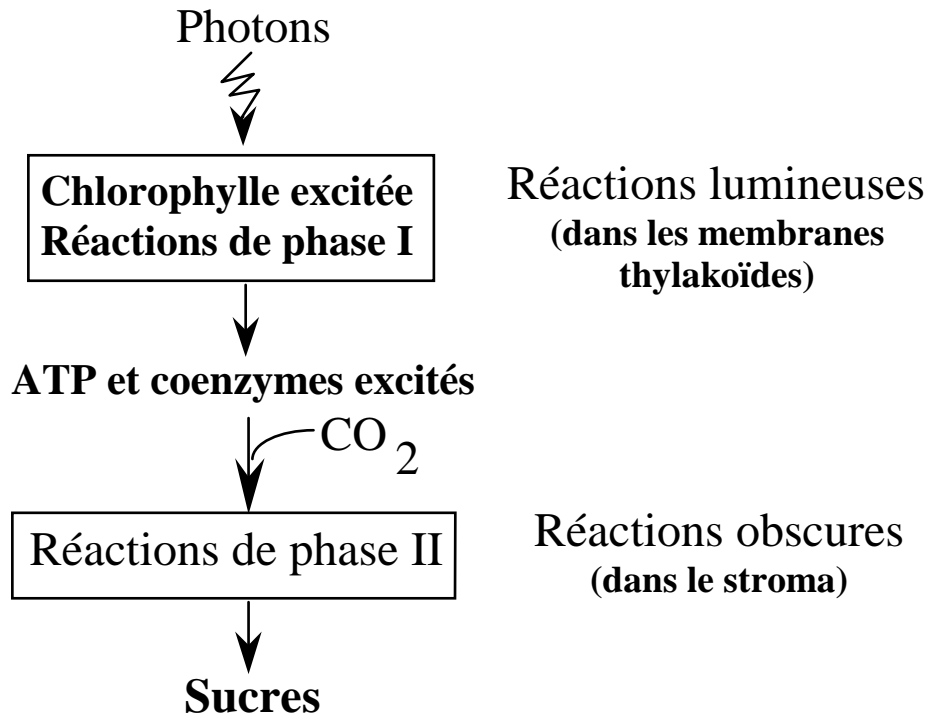


IV. La photosynthèse

Elle se caractérise globalement par la production de glucides à partir du CO₂ avec dégagement d'O₂ en volume égal à celui du CO₂ consommé. L'O₂ dégagé provient de la photolyse de l'eau. L'énergie lumineuse (photons) est captée pour synthétiser les hydrates de carbone après réaction du CO₂ avec les protons issus de l'eau.



La photosynthèse (végétaux et algues) peut se décomposer en 2 ensembles de réactions:



1. Réactions de phase I ou réaction de Hill

Chez les végétaux, l'énergie lumineuse est d'abord captée par la chlorophylle contenue dans les membranes des chloroplastes {absorption des radiations émises dans le bleu-violet et le jaune-rouge, mais pas la lumière verte) alors que chez les organismes phototrophes, se sont les caroténoïdes et les phycobilines qui absorbent la lumière à des longueurs d'onde différentes de celle des chlorophylles.

L'énergie photonique absorbée est captée par une paire d'électrons appartenant de la molécule de la chlorophylle. Les atomes excités sont généralement instables et ont une durée de vie très courte. L'électron excité est transféré depuis la chlorophylle vers une chaîne de transporteurs d'électrons semblable à celle des mitochondries.

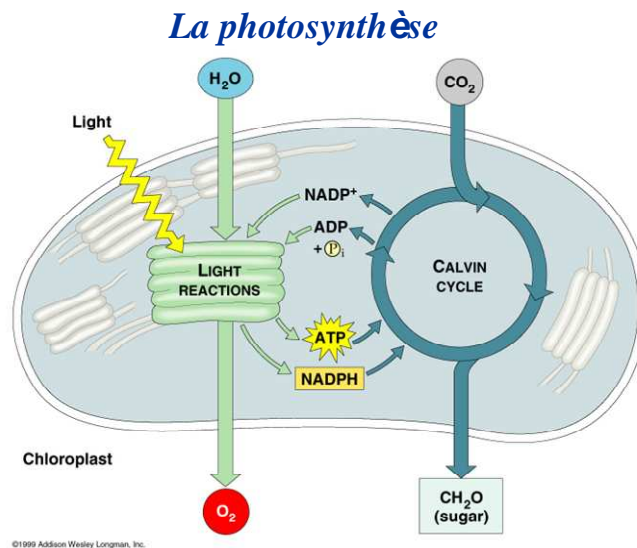
Les électrons passent par paire sur le coenzyme NADP⁺ (nicotinamide adénine dinucléotide phosphate). Au cours de ce transfert, les électrons perdent une partie de leur énergie qu'ils ont gagnée à la suite de l'excitation photonique. Une fraction de cette énergie est utilisée pour la photophosphorylation de l'ADP en ATP. En résumé, les réactions de phase I sont constituées de 2 photosystèmes I et II et d'une chaîne de transporteurs d'électrons.

L'ATP et le NADPH + H⁺ formés par cette phase sont utilisés dans les réactions obscures.

2. Réactions de phase II: Fixation du carbone atmosphérique

Ce sont des réactions lentes qui ont lieu dans le stroma et qui utilisent l'ATP et NADPH + H⁺ comme sources d'énergie et d'électrons pour la synthèse du glucose après fixation du carbone atmosphérique provenant du CO₂.

Les réactions de cette phase est l'étape clé de la photosynthèse. En effet, le NADPH+H⁺ et l'ATP formés au cours de la phase lumineuse sont utilisés pour la réduction du CO₂ réalisé par étapes successives dans un cycle appelé cycle de **Calvin**: le CO₂ se fixe sur un accepteur, le ribulose 1,5 diphosphate pour former un hexose diphosphate instable; ce dernier en présence d'eau donne 2 molécules d'acide 3-phosphoglycérique ou APG grâce à la ribulose 1,5-diphosphate-carboxylase (représente 50% des protéines du chloroplaste). La synthèse de glucose se fait à partir de 2 molécules d'APG selon une série d'étapes successives inverses de la glycolyse, l'amidon est synthétisé par la suite à partir du glucose.



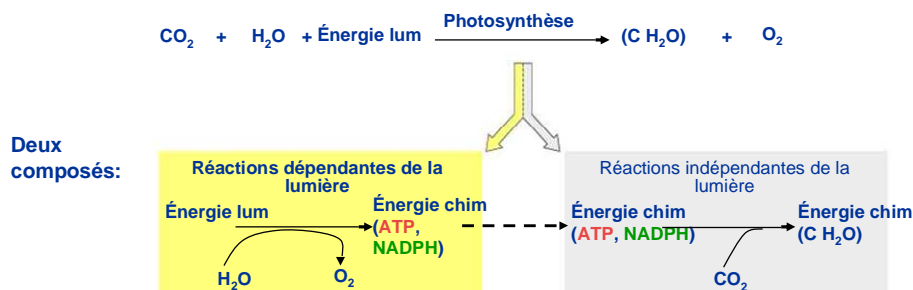
le bilan global de ce cycle est:

- Le ribulose 1,5 diphosphate est régénérée, le cycle peut continuer;
- Chaque fois 6 molécules de CO₂ et 2 molécules intermédiaire à 3C vont donner une molécule de glucose: 1 molécule de CO₂ est fixée à chaque tour du cycle, on aura une molécule de glucose après 6 tours.

Ces réactions sont réalisées en sens inverse lors de la dégradation du glucose qui fournira de l'énergie aux différentes voies métaboliques.

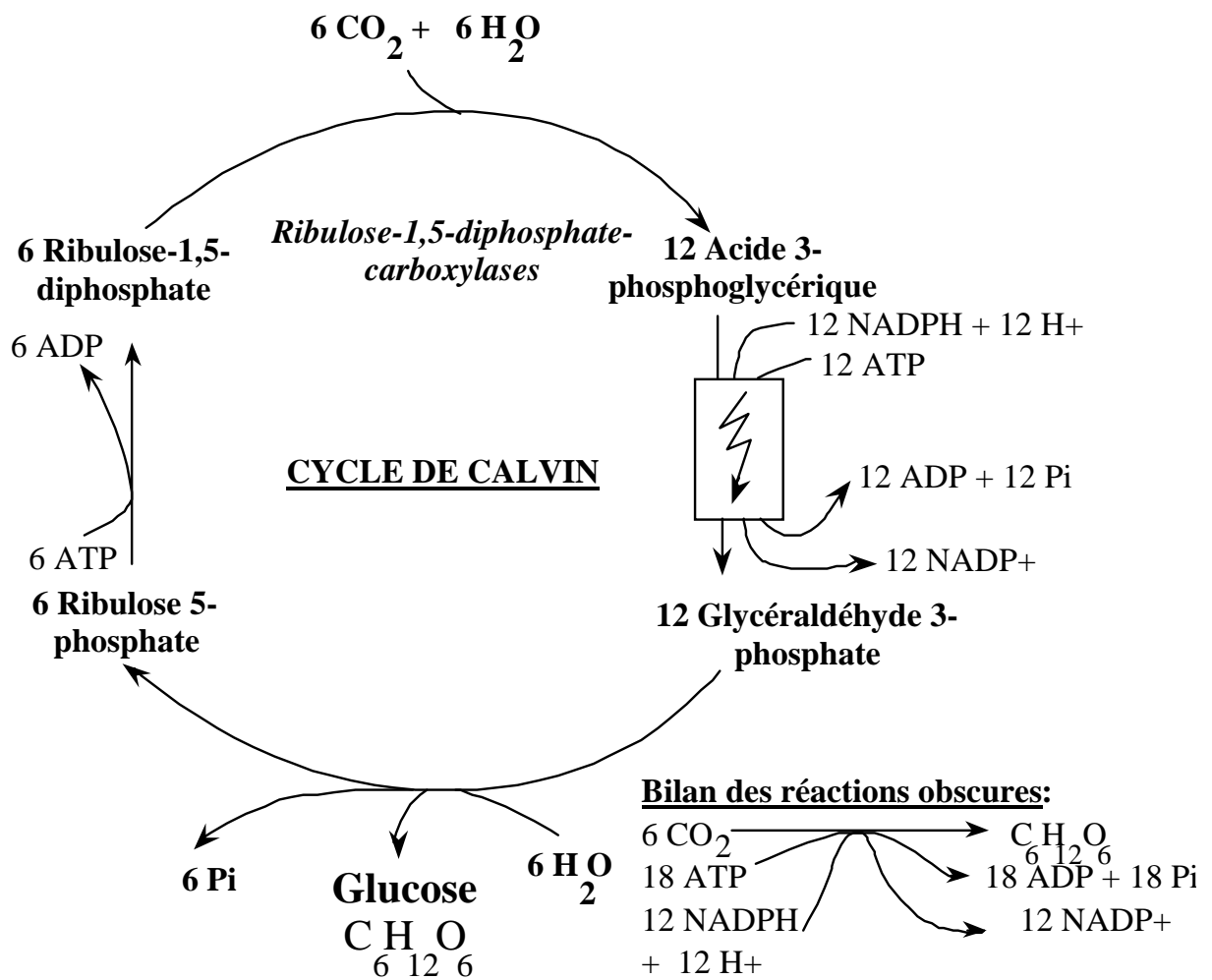
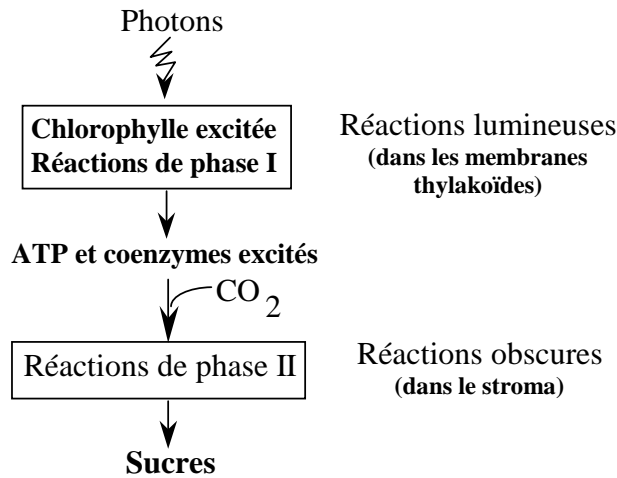
La photosynthèse

Principale réaction dans la photosynthèse:



La photosynthèse

La photosynthèse (végétaux et algues) peut se décomposer en 2 ensembles de réactions: ■



3. Présence de CO₂ et photosynthèse

Dans l'atmosphère il y a 0,03 % de CO₂ qui est une quantité suffisante pour la photosynthèse. Les plantes peuvent assurer la photosynthèse même à un taux de 0,005 % de CO₂ qui est capté par les pores ou stomates de la couche épidermique des feuilles. Quand la température augmente et l'humidité diminue, les stomates sont fermés ce qui entraîne la diminution de l'évaporation et le CO₂ est insuffisant pour réaliser la photosynthèse. Dans ces conditions, l'enzyme catalyse l'interaction de l'O₂ du CO₂ avec le ribulose 1,5 diphosphate. Il y a donc fixation d'O₂ ou **Photorespiration**. Cet enzyme a plus d'affinité pour le CO₂ que pour l'O₂ même si la concentration du CO₂ est > 20.

4. Les phototrophes deviennent chimiotrophes la nuit

Pendant le jour, l'énergie des photons se transforme en énergie chimique (ATP, NADPH), pendant la nuit, les organismes phototrophes dégradent le glucose pour produire l'énergie, ils deviennent chimiotrophes. L'énergie en excès permet la croissance, la reproduction cellulaire et le stockage des réserves d'amidon.