

Energie et cellule vivante.

Le **métabolisme** est l'ensemble des réactions chimiques qui se déroulent dans la cellule. Ces réactions peuvent être des réactions de synthèse ou de dégradation. Dans tous les cas elles mettront en jeu de l'énergie, généralement une consommation pour une synthèse, une libération pour une dégradation.

On étudie les principales voies métaboliques, dans lesquelles intervient le Carbone.

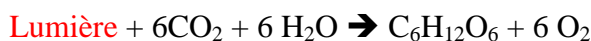
I Photosynthèse dans la cellule chlorophyllienne des végétaux verts

A. Equation de la photosynthèse

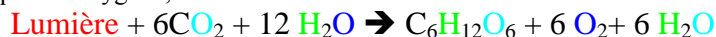
La matière organique est formée de C à l'état réduit. Les chaînes carbonées, avec le plus souvent H, O et parfois N sont la base des composants du vivant.

Un végétal vert va utiliser l'énergie lumineuse pour réaliser cette synthèse, à partir du CO₂, grâce à ses **chloroplastes**. Cette synthèse va produire des glucides et de l'O₂.

Le bilan est le suivant :



qui se décompose en fait, en marquant l'oxygène, en :



Le C est donc réduit au cours de ces réactions. On a une **conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique**

Le chloroplaste est l'organite dans lequel la photosynthèse va se dérouler.

Le chloroplaste est délimité par deux membranes : **membranes interne et externe**, qui délimitent ainsi deux compartiments : **l'espace intermembranaire et le stroma**.

Dans le stroma se trouve un réseau de saccules membranaires : les **thylakoïdes**, qui peuvent s'empiler en grana. Dans les thylakoïdes se trouve un espace intrathylakoïdien.

Le stroma peut contenir des inclusions d'amidon.

B. Les pigments chlorophylliens

Les membranes des thylakoïdes contiennent des **pigments**, associés à des protéines en **photosystèmes**. Ces pigments sont **chlorophylles a et b** (verts), **xanthophylles** (jaunes) et **caroténoïdes** (oranges). Ils absorbent les radiations rouges et bleu-violet, qui sont les radiations efficaces pour la photosynthèse.

La collecte de photons par les photosystèmes constitue l'apport d'énergie initial qui va lancer un système d'oxydo-réduction.

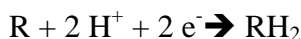
Les pigments chlorophylliens permettent la conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique

C. Etapes de la photosynthèse

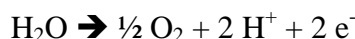
1. La phase photochimique

Elle se déroule donc au niveau de la membrane des thylacoïdes.

La chlorophylle excitée perd un électron pris en charge par une chaîne de transporteur dans la membrane des thylacoïdes jusqu'à un accepteur final soluble noté R, ainsi réduit en RH₂.



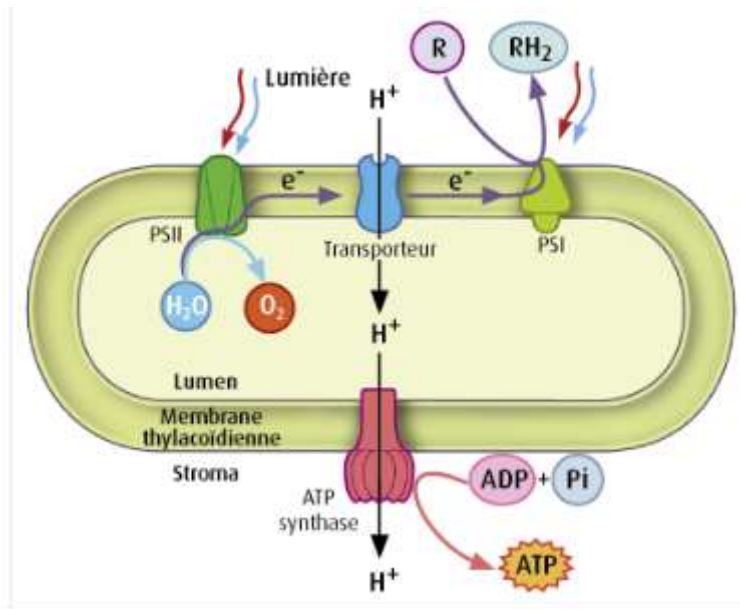
La chlorophylle retrouve son état initial grâce aux électrons issus de l'oxydation de l'eau :



De l'O₂ est donc libéré.

Le transfert d'électrons permet le passage des H⁺ du stroma vers le lumen, ce qui crée un gradient de protons dont l'énergie sera utilisée pour produire de l'ATP

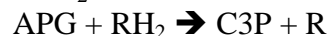




Principales étapes de la phase photochimique

2. La phase non photochimique.

Dans le stroma, le CO_2 est fixé sur le ribulose 1,5 biP (C5P2), qui va se scinder en 2 acides phosphoglycériques APG. Ce composé est ensuite réduit en triose phosphate C3P grâce aux RH_2 issus de la phase photochimique, qui sont ainsi régénérés.



Une partie des C3P va servir à refaire du C5P2 en consommant de l'ATP : on a ainsi un cycle appelé *cycle de Calvin*.

Le reste va servir à faire des glucides (saccharose), qui pourront être stockés dans le chloroplaste (amidon) ou exportés vers le cytoplasme pour servir à la synthèse d'autres glucides mais aussi de l'ensemble des molécules du vivant (lipides, protides, acides nucléiques).

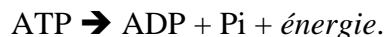
Ces réactions ne nécessitent pas directement de lumière, mais nécessitent RH_2 et ATP, issus de la phase photochimique. Cette dernière nécessite la présence d'un accepteur d' e^- , qui est régénéré par la phase non photochimique.

Les deux phases de la photosynthèse sont donc **couplées**.

III Respiration, fermentation et production d'ATP

L'ATP (Adénosine TriPhosphate) est constituée d'un nucléotide l'adénosine, sur lequel sont accrochés trois groupements phosphates P. La liaison entre ces groupements phosphates est très riche en énergie.

L'utilisation de l'ATP correspond à la rupture de la première de ces liaisons pour en libérer l'énergie, qui pourra être utilisée dans une autre réaction.



A. Production d'ATP en dehors de la cellule chlorophyllienne.

On a vu que de l'ATP était produit au cours de la photosynthèse, mais aussi qu'il était nécessaire dans les cellules non chlorophylliennes.

1. La respiration.

Elle correspond à une oxydation complète de la matière organique, en présence d' O_2 . Elle libère CO_2 et H_2O .



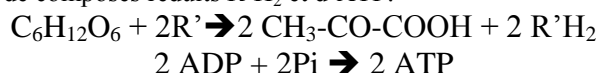
qui se décompose en fait, en marquant l'oxygène, en :



L'énergie libérée servira à la production d'ATP

a. glycolyse :

Elle se déroule dans le cytoplasme : le glucose (C6) est oxydé pour donner 2 pyruvates (C3). Cela s'accompagne de la production de composés réduits $\text{R}'\text{H}_2$ et d'ATP.



Energie et cellule vivante

b. cycle de Krebs :

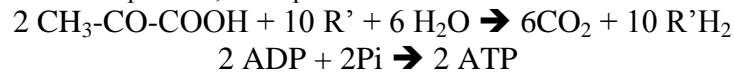
Cette étape se déroule dans la mitochondrie.

La mitochondrie est délimitée par deux membranes : **membranes interne et externe**, qui délimitent ainsi deux compartiments : **l'espace intermembranaire et la matrice mitochondriale**.

La membrane interne présente de nombreuses invaginations : les **crêtes mitochondriales**.

On trouve aussi dans la matrice de l'ADN circulaire et des ribosomes.

Le pyruvate va entrer dans la mitochondrie pour gagner la matrice mitochondriale où il va subir une série de décarboxylations oxydatives : des CO_2 sont enlevés et des $\text{R}'\text{H}_2$ produits, ainsi que de l'ATP.

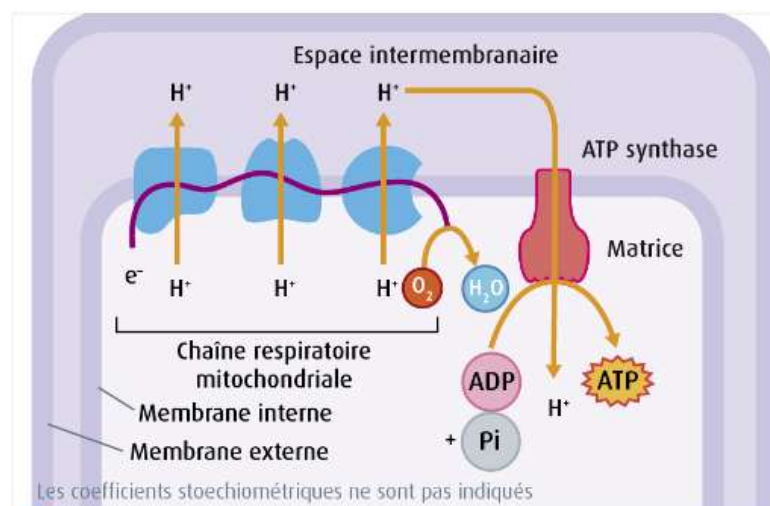
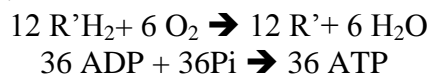


Cette suite de réaction prend la forme d'un cycle car le CO_2 va y entrer en se fixant sur le dernier produit de la chaîne. C'est le cycle de Krebs.

c. Chaîne respiratoire et phosphorylation oxydative :

Cette dernière étape se déroule au niveau des crêtes. Elle va utiliser l'énergie portée par tous les $\text{R}'\text{H}_2$ pour synthétiser de l'ATP. Les $\text{R}'\text{H}_2$ vont libérer les protons et les électrons au niveau de la membrane des crêtes.

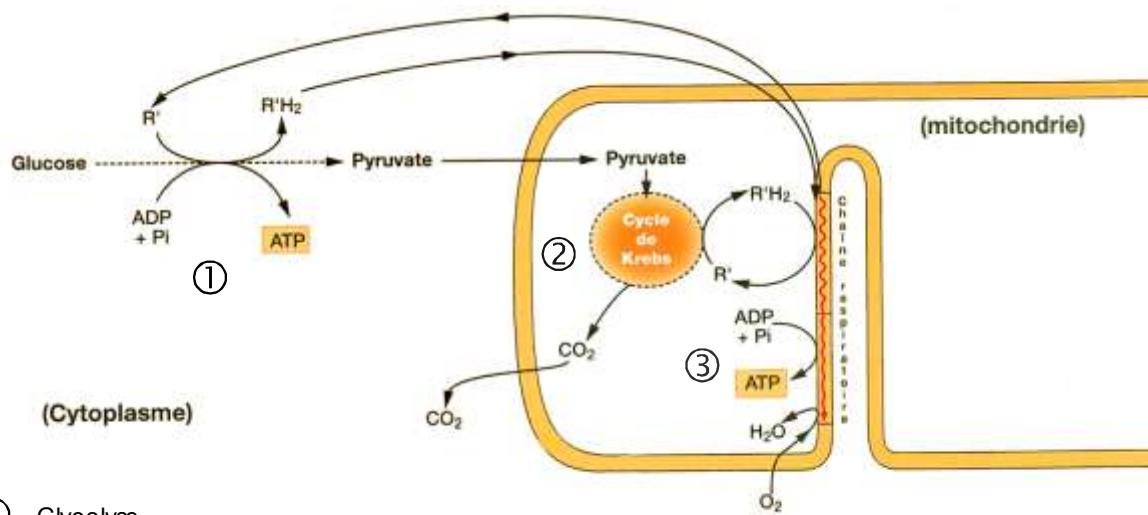
Le passage des e^- par une série de réactions d'oxydation sur des transporteurs formant une **chaîne respiratoire** dans la membrane apporte l'énergie qui permettra la synthèse d'ATP, grâce à une enzyme, l'ATP synthase. Le dioxygène est l'accepteur final des électrons. Ionisé, il se lie aux H^+ pour former H_2O .



Production d'ATP au niveau de la membrane interne mitochondriale

Bilan : étapes de la respiration

Energie et cellule vivante



- ① Glycolyse
- ② Cycle de décarboxylation (cycle de Krebs)
- ③ Phosphorylation oxydative

La respiration.

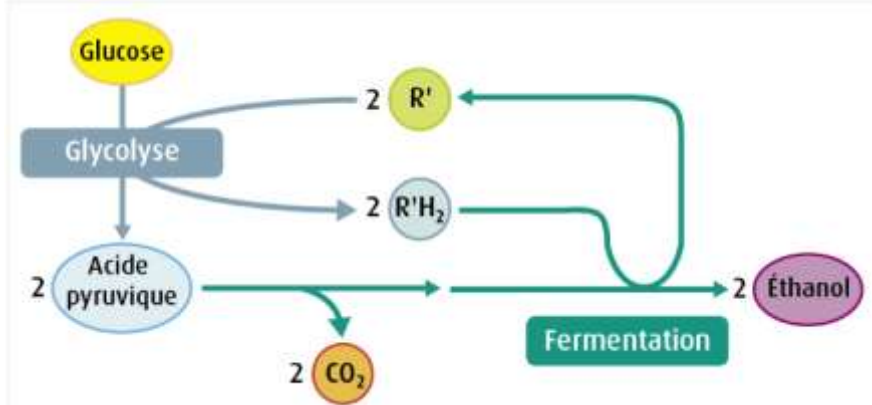
Energie et cellule vivante

2. La fermentation.

En absence d'oxygène (conditions anaérobies), la chaîne respiratoire ne peut fonctionner. Les $R'H_2$ ne sont plus régénérés et le cycle de Krebs s'arrête aussi.

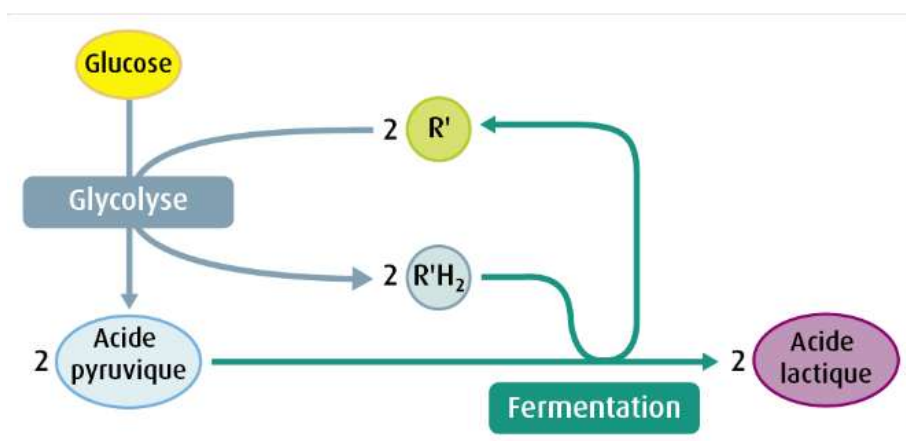
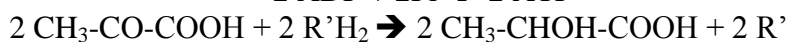
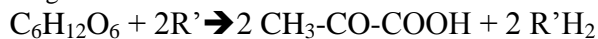
Les $R'H_2$ issus de la glycolyse vont alors être régénérés directement dans le cytoplasme en étant utilisés pour réoxyder le pyruvate. Ce sont des fermentations.

- **fermentation alcoolique** des micro-organismes :



Régénération de l'oxydant R' dans la fermentation alcoolique

- **fermentation lactique** chez les micro-organismes et dans nos cellules musculaires :



Régénération de l'oxydant R' dans la fermentation lactique

La fermentation produit beaucoup moins d'énergie que la respiration : 2 ATP au lieu de 38.

La respiration a ainsi un rendement énergétique de 50% alors que la fermentation alcoolique a un rdt de 2,8%. Mais la fermentation permet la vie dans les milieux sans oxygène.