

La plante, productrice de matière organique

Cours

Sommaire

I Les caractéristiques de la photosynthèse

- A L'étude expérimentale de la photosynthèse
- B La localisation de la photosynthèse
- C Le bilan fonctionnel de la photosynthèse

II Les deux phases de la photosynthèse

- A La première phase de la photosynthèse : les réactions photochimiques
- B La seconde phase de la photosynthèse : les réactions non photochimiques

III Les produits de la photosynthèse et leur utilisation

- A Les produits de la photosynthèse
- B L'utilisation des produits de la photosynthèse
 1. La croissance et le port de la plante
 2. Les interactions mutualistes ou compétitives avec d'autres espèces
 3. Le stockage de la matière organique

RÉSUMÉ

Grâce à la photosynthèse, les végétaux fabriquent de la matière organique qui enrichit la sève brute pour devenir de la sève élaborée. Ce phénomène se déroule dans les chloroplastes, organites spécialisés contenant des pigments absorbant la lumière. Les produits de la photosynthèse sont exportés hors des feuilles et distribués à l'ensemble du végétal pour être consommés ou stockés.

I Les caractéristiques de la photosynthèse

L'étude expérimentale permet de montrer que les végétaux sont capables de synthétiser de la matière organique grâce à la photosynthèse. Cette matière organique s'élabore à partir de matière minérale et d'énergie lumineuse grâce à des organites spécialisés, les chloroplastes. Un bilan fonctionnel de la photosynthèse peut être dressé.

A L'étude expérimentale de la photosynthèse

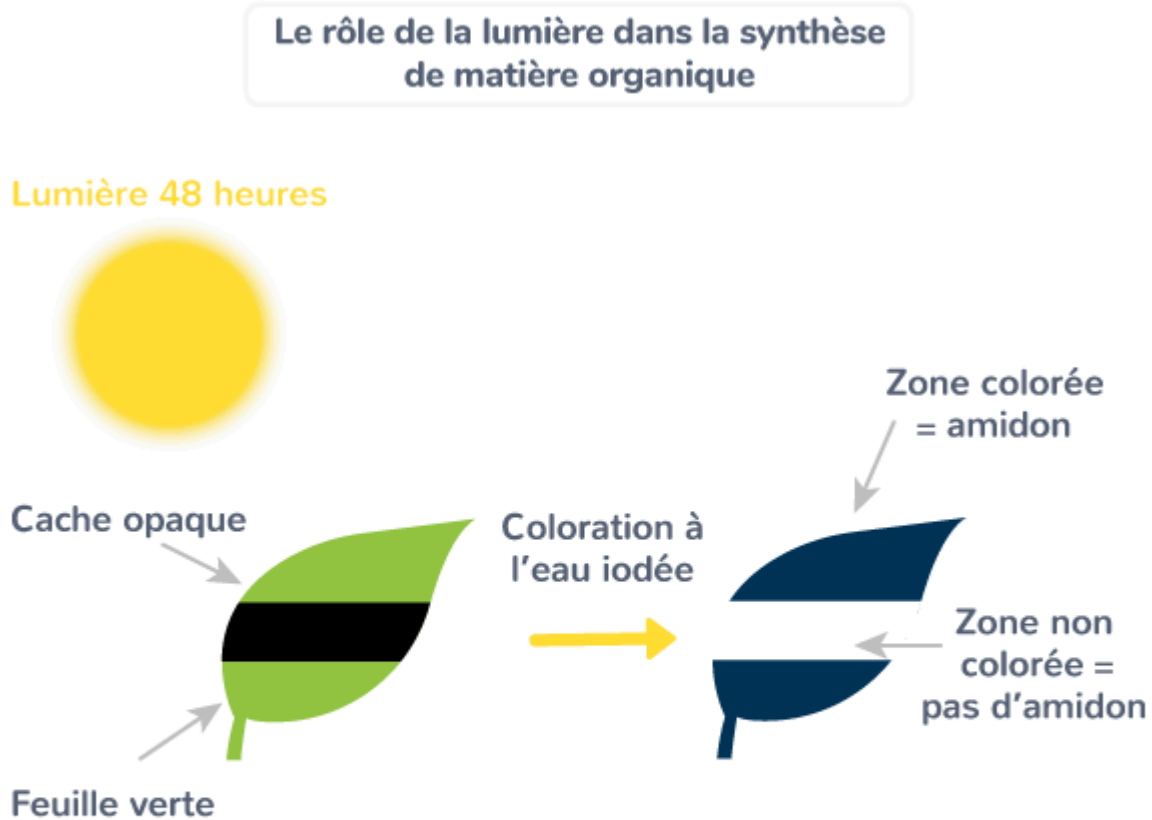
Le phénomène de photosynthèse peut être mis en évidence par des expériences de comparaison « sève brute »/« sève élaborée ». Diverses mesures et analyses permettent de montrer la synthèse de matière

organique.

Des tissus conducteurs de sève existent chez les végétaux. Ces tissus constituent des vaisseaux qui contiennent de la sève brute ou de la sève élaborée.

La sève élaborée se distingue de la sève brute par la présence de molécules organiques qui ont été ajoutées au niveau des feuilles. Les feuilles sont les lieux de fabrication de cette matière organique.

Des expériences menées avec des feuilles de végétaux verts dont une partie est cachée, confirment ce rôle de synthèse de matière organique. Cette synthèse nécessite de la lumière, c'est-à-dire de l'énergie.

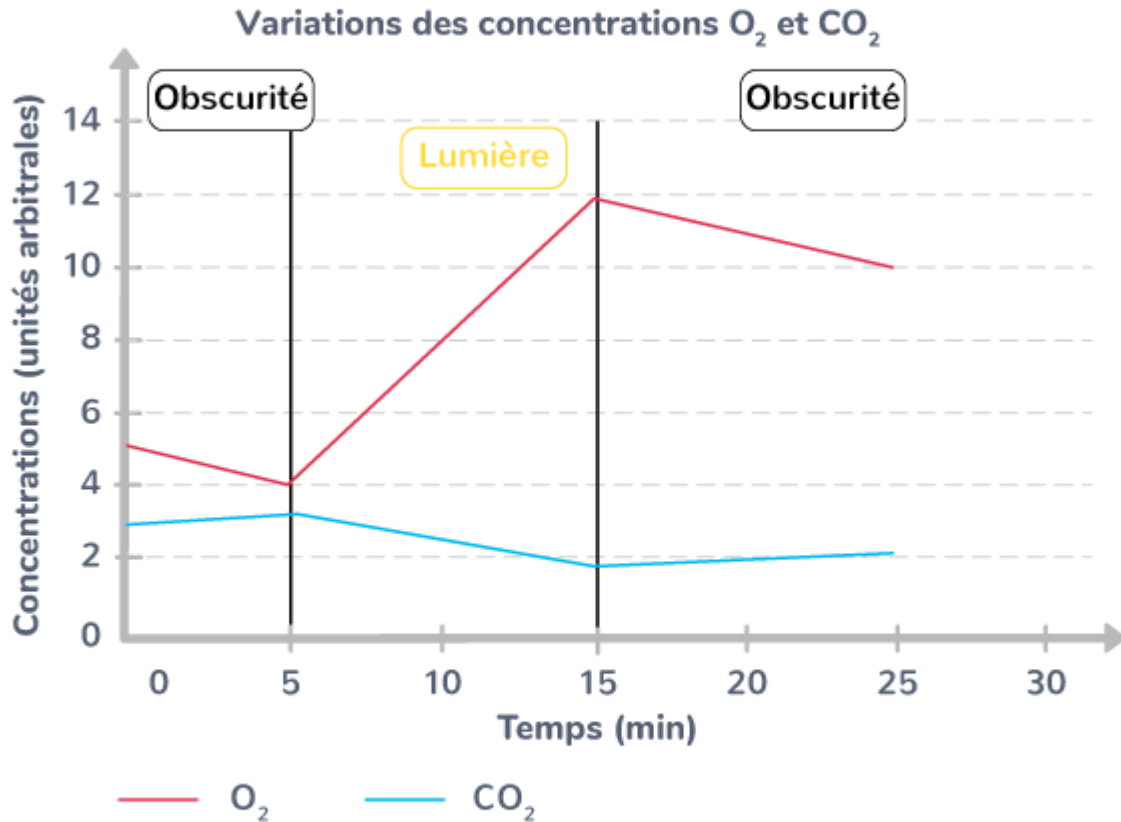


Une partie de la feuille est masquée par un cache opaque. Après coloration à l'eau iodée, la présence d'amidon est mise en évidence dans les parties éclairées, alors que les parties restées à l'obscurité en sont dépourvues.



Il y a fabrication de matière organique en présence de lumière : c'est la photosynthèse.

Des mesures réalisées en ExAO (expérimentation assistée par ordinateur) permettent de suivre l'évolution des taux de CO_2 et d' O_2 dans une enceinte contenant des fragments végétaux, éclairés ou non.



Outre la respiration (de 0 à 5 min et de 15 à 25 min), productrice de CO_2 et consommatrice d' O_2 , un phénomène se manifeste en présence de lumière (de 5 à 15 min), consommant du CO_2 et produisant de l' O_2 : la photosynthèse.



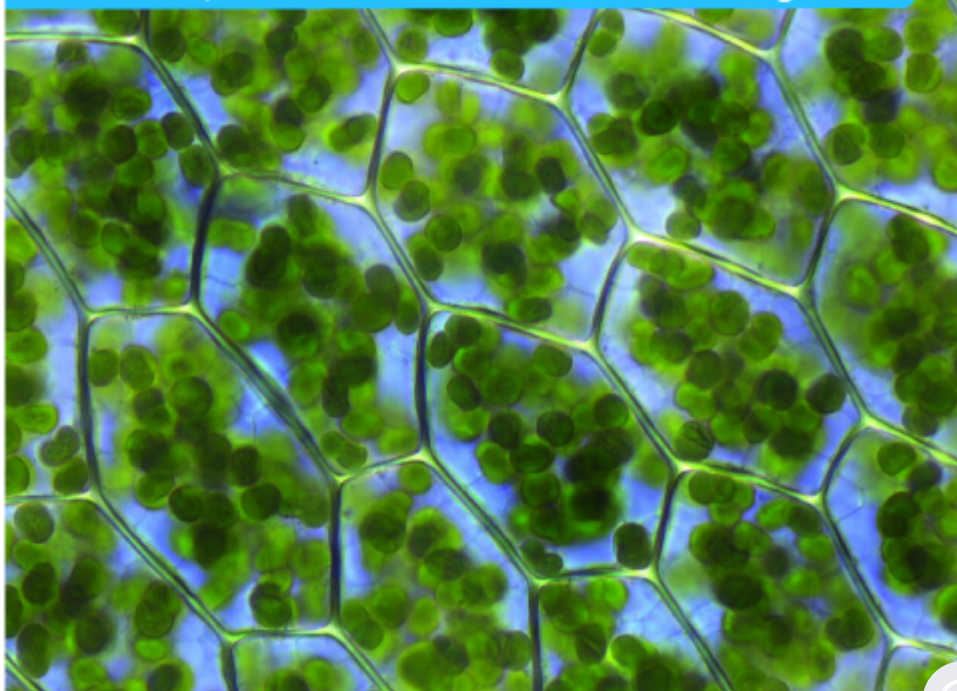
La photosynthèse est un mécanisme propre aux végétaux. Elle permet la synthèse de matière organique à partir de matière minérale, en utilisant la lumière comme source d'énergie.

B La localisation de la photosynthèse

La photosynthèse se déroule dans des organites spécialisés des cellules végétales : les chloroplastes. Ceux-ci contiennent les pigments chlorophylliens absorbant l'énergie lumineuse. Les chloroplastes sont des organites semi-autonomes.

Lorsqu'un végétal est placé à l'obscurité durant plusieurs jours, ses feuilles blanchissent et il perd sa capacité à réaliser la photosynthèse. La photosynthèse est donc dépendante de la coloration verte. Cette coloration est liée à la présence d'organites végétaux, localisés dans les cellules chlorophylliennes : les chloroplastes.

Des chloroplastes (verts) dans les cellules végétales



© Wikimedia Commons

Les chloroplastes sont des organites ovoïdes de quelques micromètres de longueur. L'observation en microscopie électronique montre qu'ils sont limités par une double membrane et composés de thylakoïdes.

Un chloroplaste observé en microscopie électronique

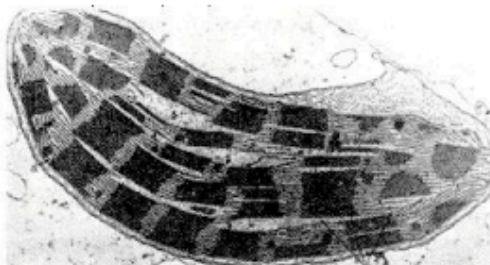
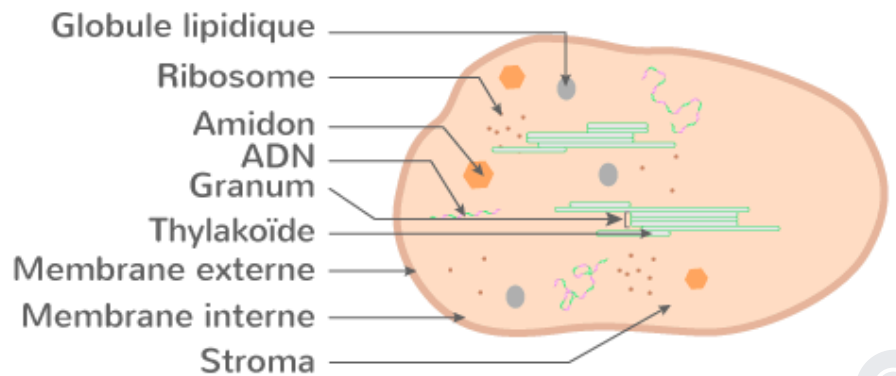


Schéma explicatif



© Wikimedia Commons

PROPRIÉTÉ

Les chloroplastes sont des organites semi-autonomes, c'est-à-dire qu'ils sont aptes à fabriquer eux-mêmes une partie de leurs protéines et à se diviser indépendamment du reste de la cellule.

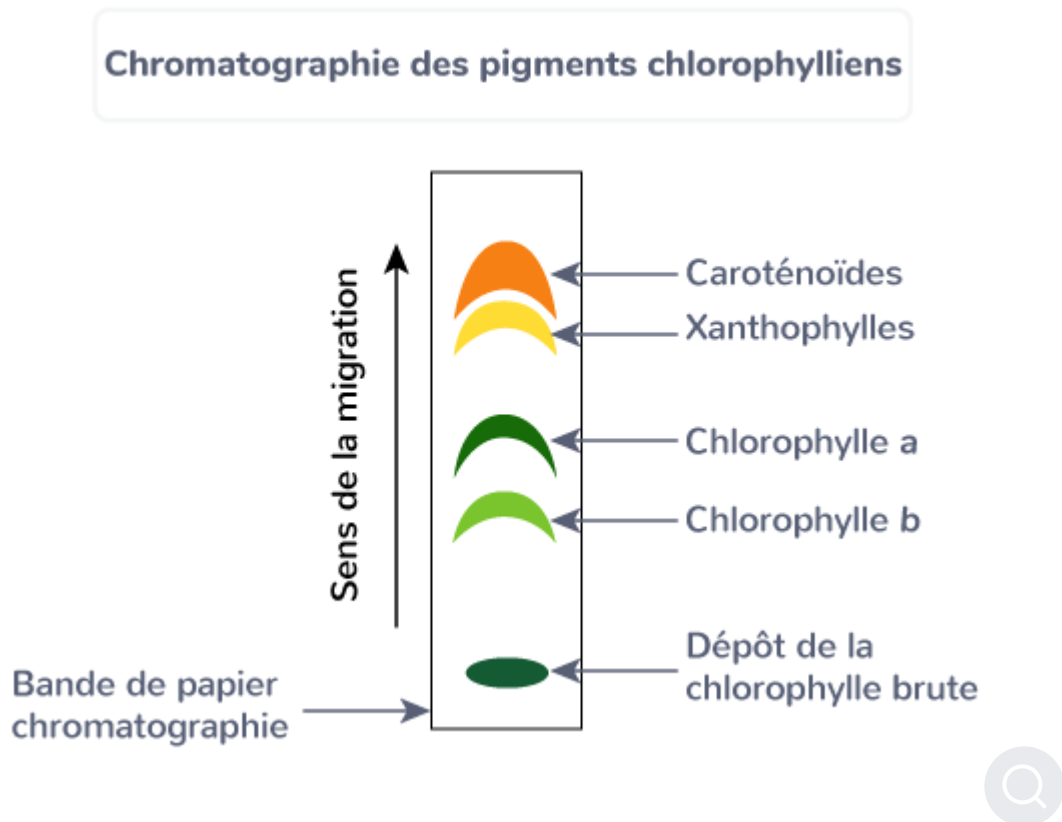
Une cellule placée à l'obscurité voit la plus grande partie de ses chloroplastes disparaître. Lorsqu'elle est mise à nouveau à la lumière, le nombre de chloroplastes augmente, par multiplication des chloroplastes encore présents.

Les pigments contenus dans la membrane des thylakoïdes sont des pigments chlorophylliens. Le broyage de feuilles vertes conduit à l'extraction de pigments nommés chlorophylle brute.

DÉFINITION

Pigments chlorophylliens

Les pigments chlorophylliens sont des molécules de la membrane des thylakoïdes pouvant absorber certaines radiations lumineuses au sein des feuilles. Ces pigments convertissent l'énergie lumineuse en énergie chimique.

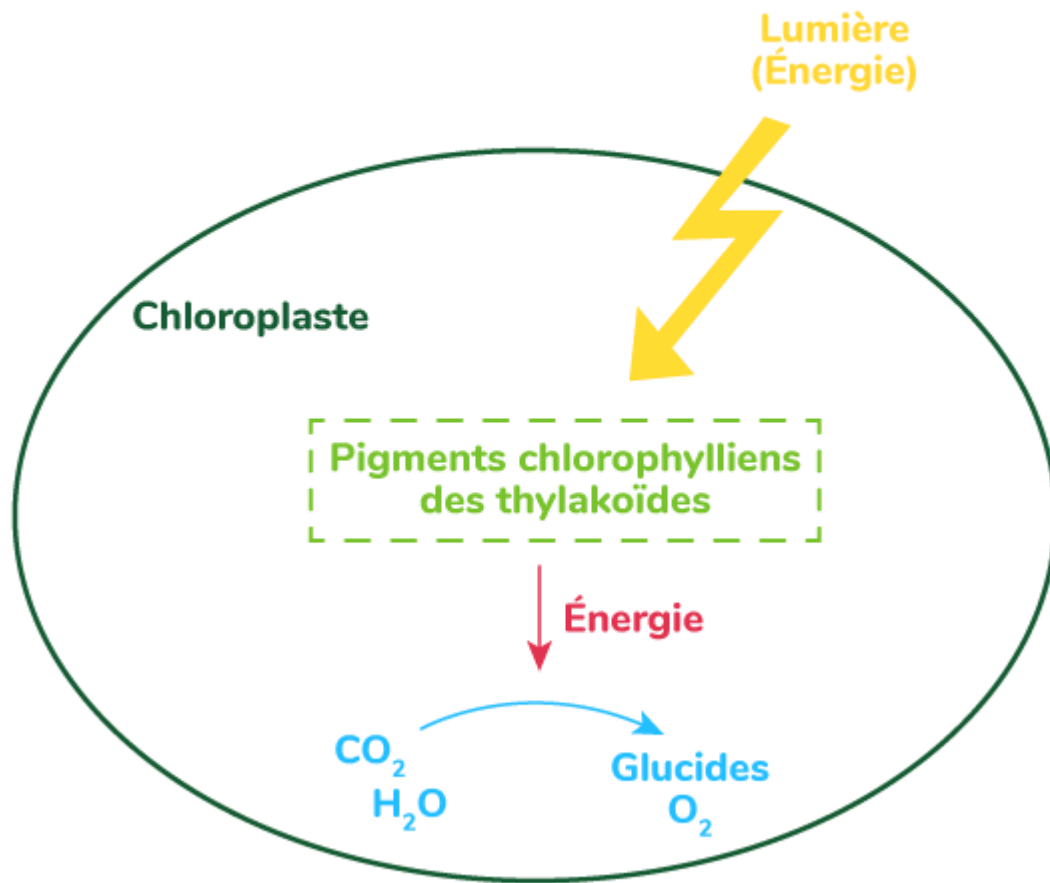


C Le bilan fonctionnel de la photosynthèse

Sous l'action de la lumière captée par les pigments chlorophylliens, la photosynthèse transforme du dioxyde de carbone et de l'eau en glucose, dioxygène et chaleur.

Des expériences permettent de montrer que, lors de la photosynthèse, il se produit également une consommation d'eau. Cela permet de former des molécules organiques telles que des glucides. Pour cela, un apport d'énergie est indispensable. Ce sont les pigments contenus dans la membrane des thylakoïdes des chloroplastes qui permettent la conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique.

Une vue d'ensemble de la photosynthèse



II Les deux phases de la photosynthèse

La photosynthèse se fait en deux grandes phases :

- La première phase permet de capturer l'énergie lumineuse, d'effectuer la photolyse de l'eau et de former des produits intermédiaires : ce sont des réactions photochimiques.
- La seconde phase assure la production de glucides par la réduction du CO_2 : il s'agit de réactions non photochimiques.

A La première phase de la photosynthèse : les réactions photochimiques

La première phase de la photosynthèse est constituée de réactions photochimiques. L'énergie lumineuse est captée par des pigments chlorophylliens qui absorbent les radiations correspondant au rouge et au bleu. Cette énergie permet la photolyse de l'eau, entraînant le rejet de dioxygène. Les protons de l'eau sont pris en charge par des transporteurs.

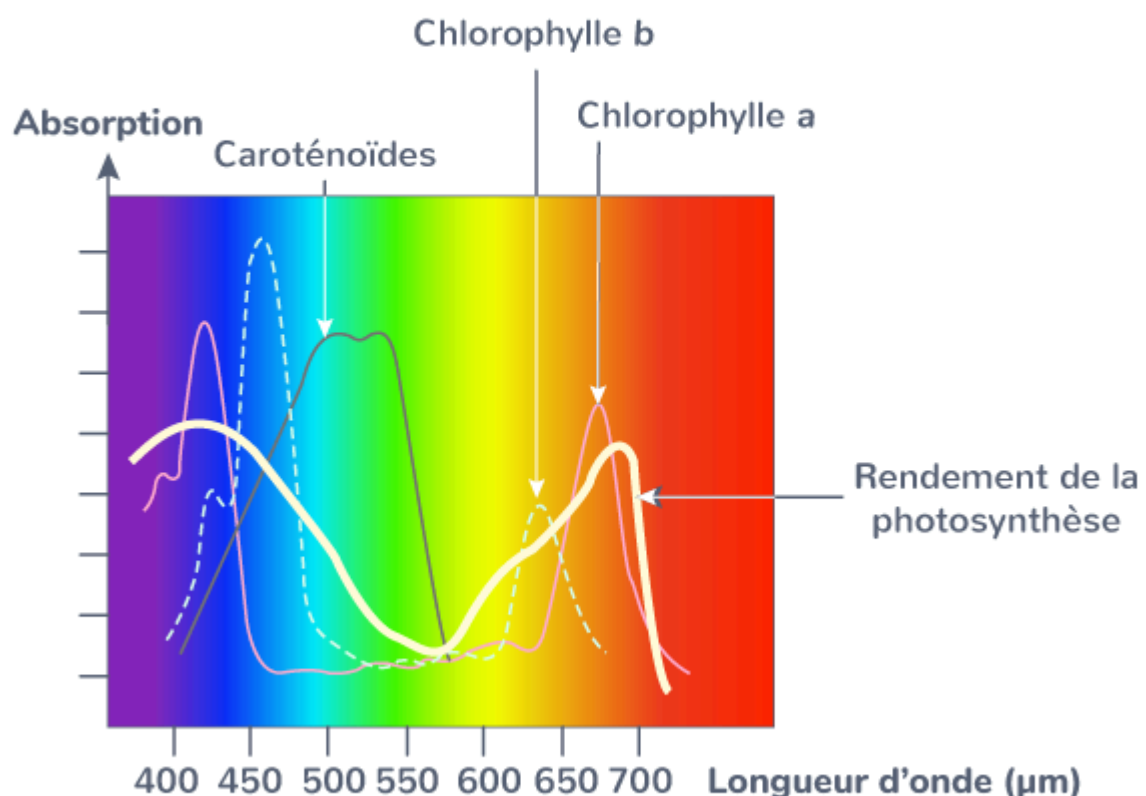
Les réactions photochimiques de la photosynthèse se déroulent au niveau de la membrane des thylakoïdes, c'est-à-dire là où sont présents des pigments chlorophylliens.

Les pigments chlorophylliens absorbent des radiations de la lumière blanche dont les longueurs d'onde correspondent au bleu (420-450 nm) et au rouge (680-720 nm).

Lorsqu'une feuille contenant ces pigments est éclairée avec de la lumière blanche, les radiations « bleu » et « rouge » sont absorbées, alors que le reste des radiations est réfléchi. La feuille rejette donc les radiations correspondant à l'ensemble vert-jaune-orange et apparaît de couleur verte.

L'étude de l'intensité de la photosynthèse à diverses longueurs d'onde (spectre d'action) montre un parallélisme entre l'absorption de la lumière et le phénomène de photosynthèse.

Spectre d'absorption et spectre d'action (rendement) des pigments chlorophylliens



L'énergie lumineuse absorbée par les pigments de la membrane des thylakoïdes conduit à différents phénomènes :

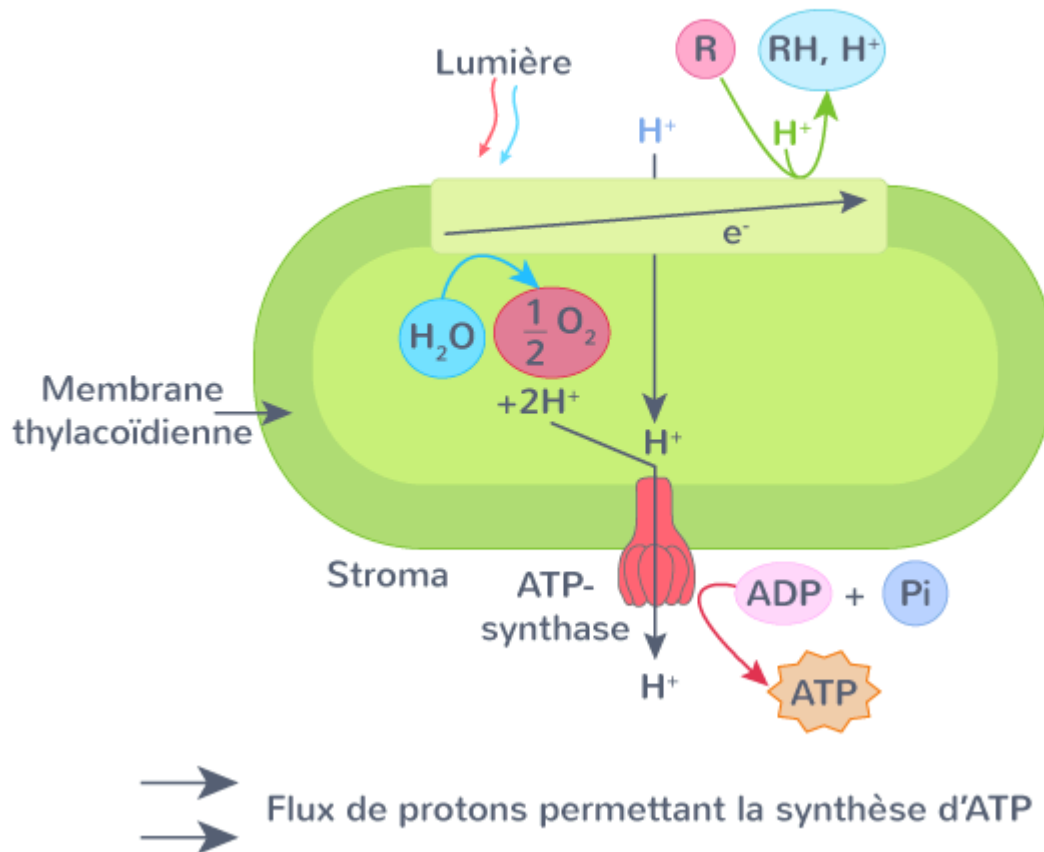
- transfert d'électrons sur des chaînes d'oxydoréduction. Les électrons sont pris en charge par des transporteurs ;
- synthèse d'ATP à partir d'ADP et de phosphate ;
- photolyse de l'eau dont le bilan est : $2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$.

DÉFINITION

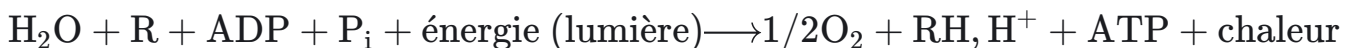
Photolyse de l'eau

La photolyse de l'eau est la destruction par la lumière des molécules d'eau au niveau des chaînes de transport d'électrons des membranes des thylakoïdes. Ces électrons permettent de reconstituer les pigments chlorophylliens. Ce phénomène libère du dioxygène.

Les réactions photochimiques



Le bilan des réactions photochimiques est :



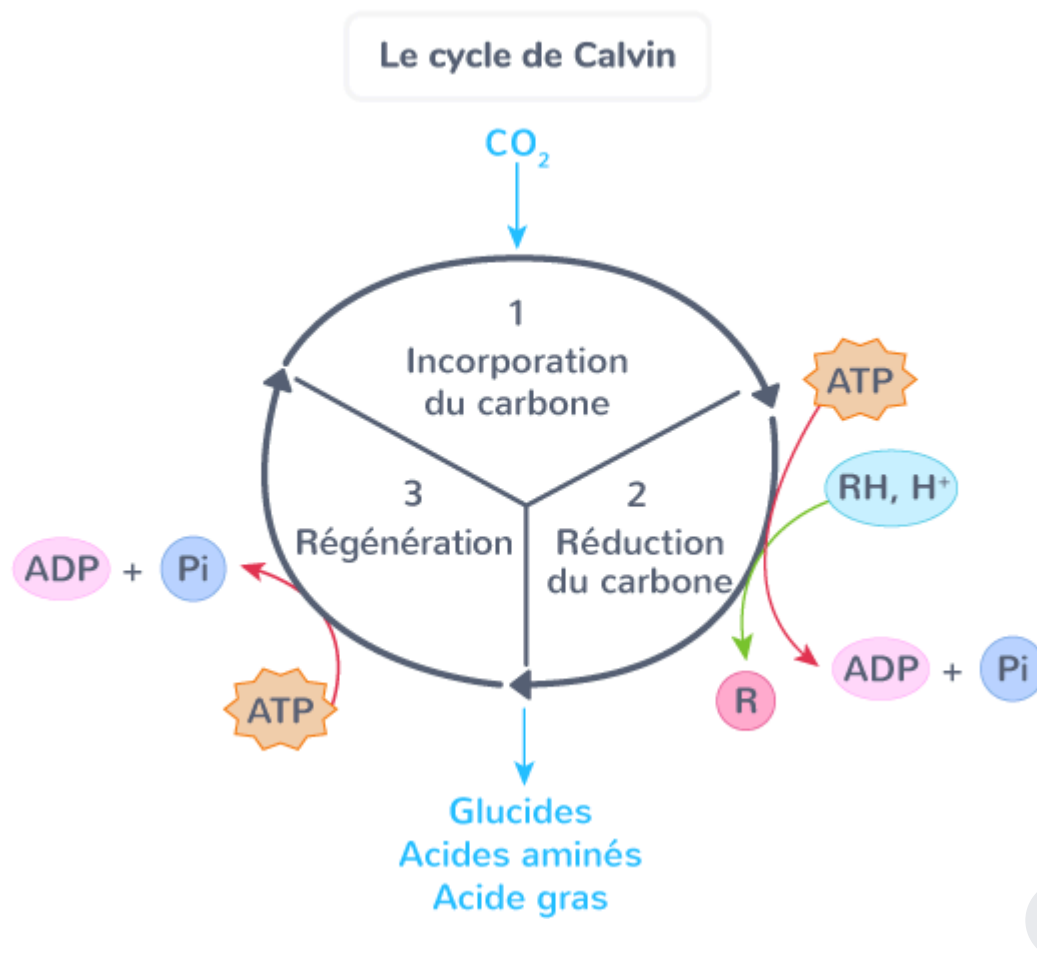
B La seconde phase de la photosynthèse : les réactions non photochimiques

La seconde phase de la photosynthèse est constituée de réactions non photochimiques. Ces réactions se déroulent dans le stroma des chloroplastes. Les protons pris en charge par les transporteurs dans les réactions photochimiques servent à réduire le CO_2 . Cela permet la synthèse de matière organique dont des glucides tels que le glucose.

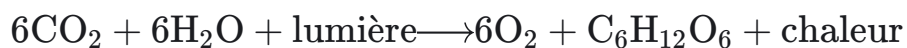
La deuxième phase des réactions photosynthétiques se déroule dans le stroma.

Le carbone du CO_2 absorbé par les végétaux est incorporé dans la matière organique au cours de réactions constituant le cycle de Calvin. Il se produit une fixation du carbone sur une molécule organique. Les molécules issues de ce phénomène subissent alors une réduction grâce à l'apport d'électrons par les transporteurs générés par les réactions photodépendantes.

Une partie des molécules réduites formées permet la reconstitution de la molécule organique initiale, alors qu'une autre partie est utilisée pour la synthèse de glucose. Ces réactions utilisent l'ATP synthétisée au cours des réactions photodépendantes.



Le bilan final de l'ensemble des réactions de la photosynthèse est :



III Les produits de la photosynthèse et leur utilisation

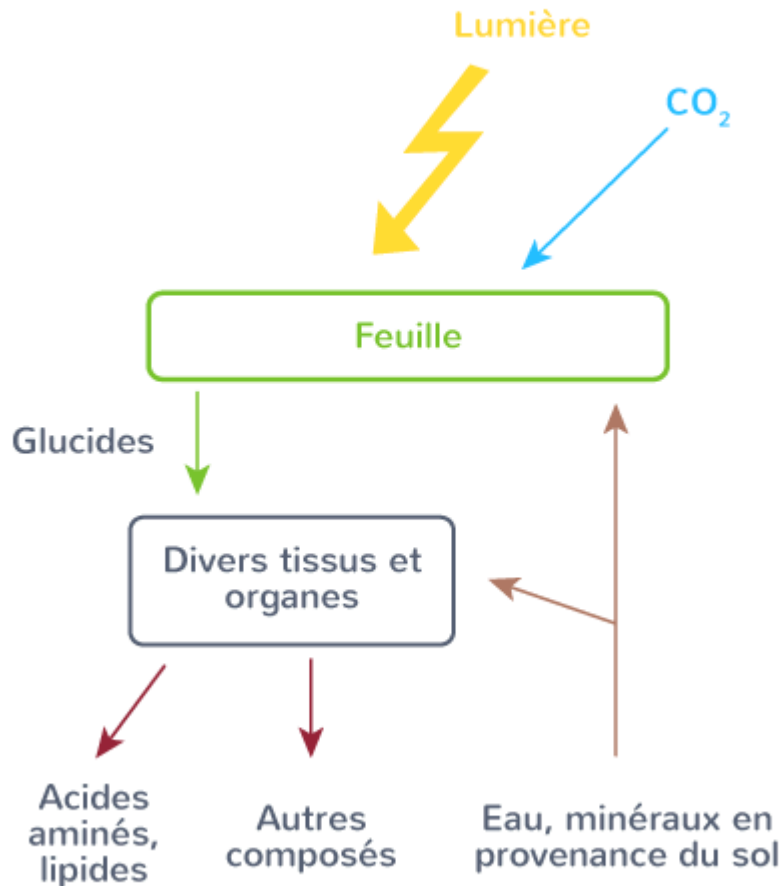
Les glucides qui résultent de la photosynthèse sont transformés en différents produits qui permettent d'assurer les différentes fonctions biologiques de la plante.

A Les produits de la photosynthèse

Les glucides, produits de la photosynthèse, sont exportés hors de la feuille et distribués aux organes utilisateurs, par les tissus conducteurs de sève élaborée. La synthèse d'autres composés peut alors se produire grâce à des enzymes variées.

Les glucides fabriqués dans les cellules des feuilles sont exportés hors de leur lieu de synthèse par la circulation de la sève élaborée dans les vaisseaux du phloème. Les glucides sont distribués à tous les organes végétaux qui les utilisent pour divers usages.

Exportation et devenir des produits de la photosynthèse



B L'utilisation des produits de la photosynthèse

La matière organique produite lors de la photosynthèse est utilisée pour la croissance et le port de la plante. Elle peut également être stockée. Enfin, elle sert dans les interactions mutualistes ou compétitives avec d'autres espèces.

1. La croissance et le port de la plante

La cellulose et la lignine sont des produits de la photosynthèse. Elles sont utilisées pour la croissance et le port de la plante.

La cellulose est un polymère de glucose. Elle est fabriquée directement à partir de ce sucre.

EXEMPLE



© Wikimedia Commons

La lignine est un composé polyphénolique (formé plusieurs cycles phénols).

La pectine est une protéine qui sert de ciment entre les cellules et assure leur jonction.

Les molécules de cellulose, de lignine et de pectine sont toutes synthétisées à partir des produits de la photosynthèse. Ce sont des éléments architecturaux des végétaux :

- La cellulose et la pectine forment les parois cellulosiques.
- La lignine est un constituant essentiel du bois.

Lorsque le végétal est en croissance, une quantité importante des matériaux issus de la photosynthèse doit donc être convertie en ces molécules structurales.

2. Les interactions mutualistes ou compétitives avec d'autres espèces

Les anthocyanes et les tanins, autres produits de la photosynthèse, sont utilisés dans les interactions mutualistes ou compétitives de la plante avec d'autres espèces.

Au sein des écosystèmes, les végétaux sont en interaction avec d'autres êtres vivants. Il existe :

- des relations trophiques (de type proie/prédateur) ;
- des relations de compétition pour accéder à des ressources comme la lumière ou l'eau ;
- des relations de parasitisme (certaines plantes parasitent d'autres plantes et leur dérobent une partie de leurs ressources) ;
- des relations mutualistes au sein desquelles les partenaires trouvent un bénéfice réciproque.

Des molécules répulsives, toxiques, permettent d'éliminer ou d'éloigner les parasites ou les compétiteurs.

EXEMPLE

Les tanins sont des molécules élaborées par les plantes, présentes dans divers tissus (écorce, fruits, etc.), et qui assurent une protection vis-à-vis des parasites et des prédateurs.

Des molécules attractives permettent d'établir des associations mutualistes ou symbiotiques avec d'autres individus.

EXEMPLE

Les anthocyanes sont des pigments présents dans les fleurs, les fruits, les feuilles. Ils participent à l'attractivité des fleurs et des fruits et jouent un rôle dans les mécanismes de pollinisation et de dispersion des graines. Ils entrent également en jeu dans la répulsion que peuvent éprouver certains herbivores face à divers végétaux (la couleur sert alors, en quelque sorte, de signal de prévention).

3. Le stockage de la matière organique

Certains produits de la photosynthèse (glucides, protéines et lipides) sont stockés sous forme de réserves dans différents organes. La plante utilise ces produits lors de conditions défavorables ou lors de la reproduction.

Les produits de la photosynthèse fabriqués dans les feuilles sont transportés dans divers organes utilisateurs (bourgeons, racines, tubercules, graines, etc.) pour y être stockés. Le stockage de la matière organique permet aux végétaux de disposer de réserves pour passer l'hiver ou fournir une source d'énergie à leurs descendants.

Les glucides constituent une réserve d'énergie pour les premiers stades de la germination et permettent au végétal de passer la « mauvaise saison », au cours de laquelle la photosynthèse est diminuée, voire nulle.

EXEMPLE

Les tubercules peuvent stocker de l'amidon ou de l'inuline.

Stockage de glucides dans les tubercules



Amidon (polymère de glucose)
dans la pomme de terre



Inuline (polymère de fructose)
dans le topinambour

© Wikimedia Commons



Les protéines, présentes dans les graines, sont une source de matériaux bâtisseurs au moment de la reprise de croissance du végétal.

Les lipides stockés dans les graines sont une source considérable d'énergie lors de la germination. Ces lipides peuvent d'ailleurs être extraits en quantités importantes et utilisés comme huiles végétales (tournesol, olive, ricin, etc.).