

Fiche

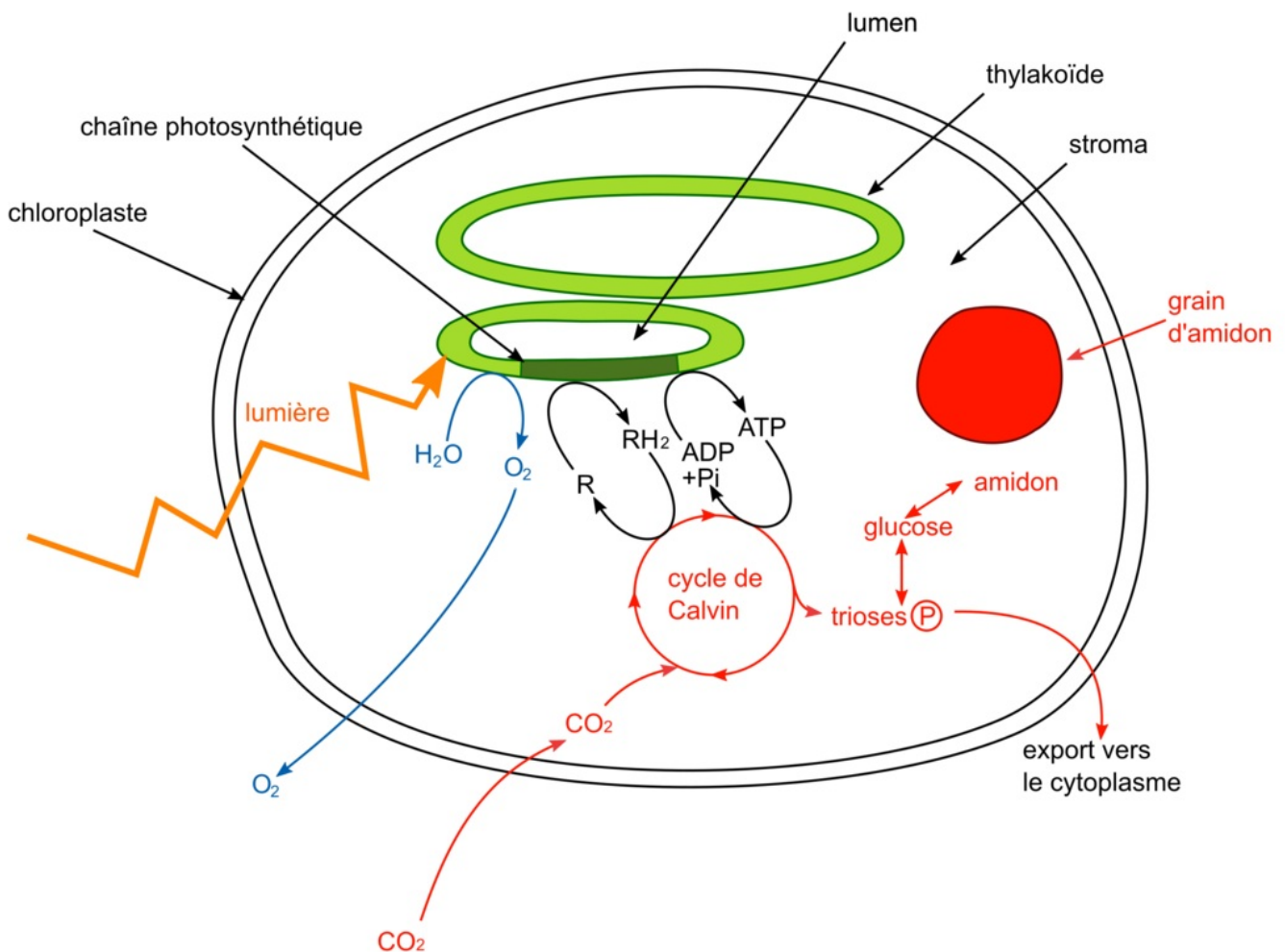
Les plantes chlorophylliennes sont capables de réaliser la photosynthèse, c'est-à-dire la synthèse de matière organique à partir de matière minérale prélevée dans le milieu, en présence d'énergie lumineuse. Comment la plante réalise-t-elle cette synthèse ? Quelles sont les fonctions biologiques des molécules produites à partir de la photosynthèse ?

I. La photosynthèse

L'équation-bilan de la photosynthèse est la suivante : $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2$. Elle a lieu dans les **cellules chlorophylliennes** des parties aériennes de la plante, majoritairement les **feuilles**. Elle se déroule dans un organe intracellulaire spécialisé : le **chloroplaste**. La première phase de la photosynthèse, la **phase photochimique**, a lieu au niveau des **chaînes photosynthétiques**, constituées de **pigments chlorophylliens** associés à des protéines, et localisées dans la membrane des thylakoïdes (structures membranaires en forme de sacs aplatis). L'absorption de la lumière par les pigments chlorophylliens, dont la **chlorophylle**, entraîne des **transferts d'électrons** le long de la chaîne photosynthétique. Ces réactions s'accompagnent de **l'oxydation de l'eau**, ou photolyse de l'eau, qui libère de l' O_2 , selon l'équation-bilan suivante : $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$. Le transfert d'électrons au niveau de la chaîne photosynthétique permet la production, dans le stroma, **d'ATP** (Adénosine Triphosphate, molécule riche en énergie) et de **molécules réduites RH_2** (molécules capables de libérer des électrons).

La seconde phase de la photosynthèse est la **phase chimique** qui a lieu dans le stroma. L'ATP et les RH_2 produits lors de la phase photochimique sont utilisés pour **fixer du CO_2** selon un ensemble de réactions, appelé **cycle de Calvin**, qui permet la synthèse de **molécules organiques**. La première molécule formée à l'issue du cycle de Calvin est un glucide à trois atomes de carbone, un **triose-phosphate**, l'APG (3-phosphoglycérate). Puis, l'association de deux APG permet la synthèse d'un glucide à six atomes de carbone, le **glucose** ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$). Ainsi la phase chimique permet la réduction du CO_2 en carbone organique.

La photosynthèse



✍ Exercice n°1

✍ Exercice n°2

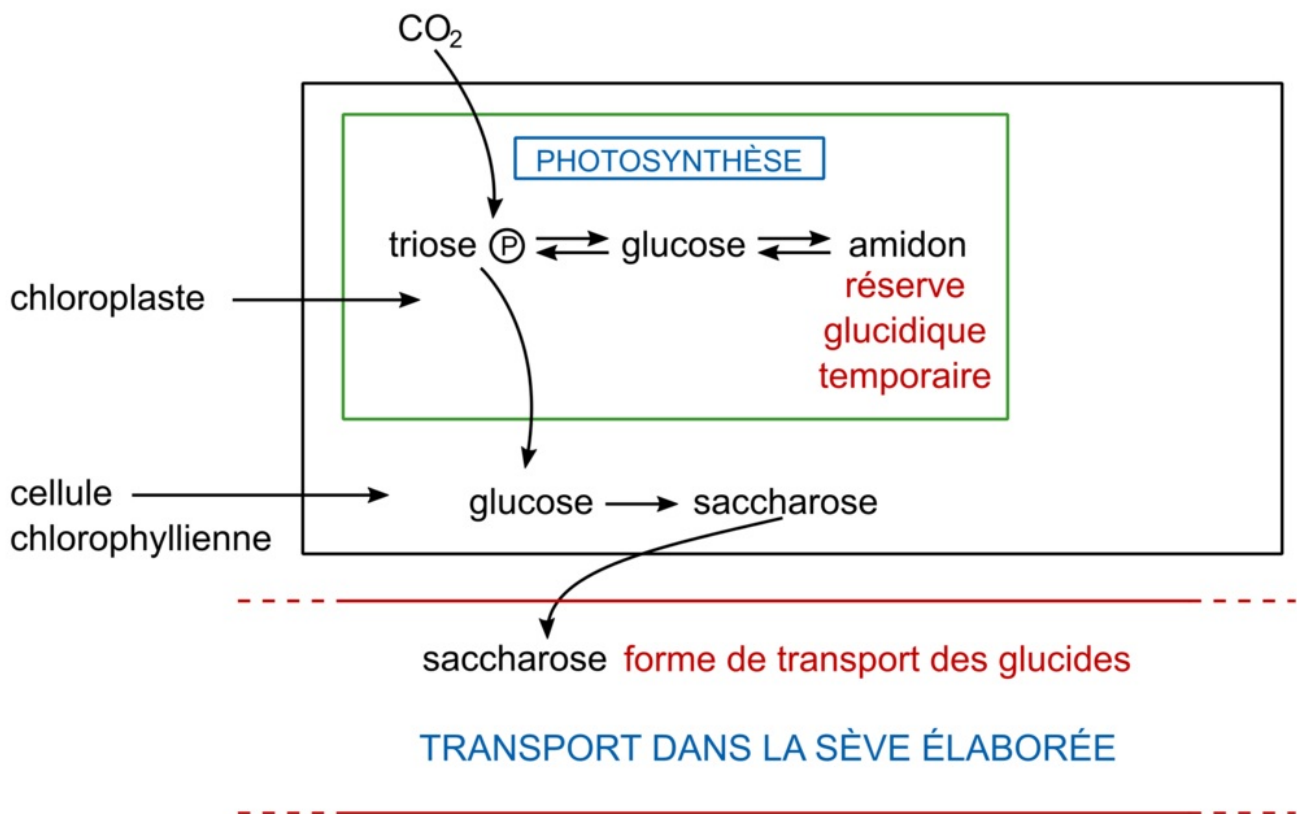
✍ Exercice n°3

✍ Exercice n°4

II. Le devenir des produits de la photosynthèse

La journée, à la lumière, les trioses-phosphates synthétisés lors de la photosynthèse dans le chloroplaste forment du **glucose**, qui est polymérisé en **amidon**. Cet amidon, conservé en **grains** dans le stroma du chloroplaste, constitue la **forme de stockage temporaire** des glucides lorsque les trioses-phosphates sont produits en excès. Certains trioses-phosphates passent également dans le cytoplasme de la cellule chlorophyllienne et forment du glucose puis du **saccharose**, alors exporté hors de la cellule pour rejoindre la **sève élaborée** circulant dans le **phloème**. Le saccharose est la **principale forme de transport des glucides** dans la sève élaborée, permettant ainsi l'alimentation en matière organique des autres cellules de la plante. La nuit, en l'absence de photosynthèse, l'amidon stocké dans le chloroplaste est hydrolysé en trioses-phosphates, qui forment du saccharose circulant dans la sève élaborée : cela permet l'approvisionnement de la plante en continu.

Le devenir des produits de la photosynthèse



Les produits de la photosynthèse présents dans la sève élaborée circulent dans les organes du végétal, où ils sont transformés, sous l'action d'**enzymes**, en molécules assurant différentes fonctions biologiques. Ainsi, le **stockage de la matière organique** s'effectue sous plusieurs formes (glucides, lipides ou protéines) au sein d'**organes spécialisés** dans la mise en réserve, ainsi que dans les **graines** et les **fruits**. Ce stockage permet aux plantes de résister aux conditions défavorables et d'assurer leur reproduction sexuée ou asexuée. Les organes spécialisés dans le stockage des réserves, qui permettent la multiplication asexuée, sont les **rhizomes** (tiges souterraines, comme celles du sceau de Salomon), les **bulbes** (tiges entourées de feuilles modifiées, comme celles de l'oignon) ou encore les **tubercules** (tiges souterraines, comme celles de la pomme de terre). Les cellules de ces organes stockent souvent l'amidon au sein d'un organite intracellulaire, l'**amyloplaste**. Les graines possèdent des réserves en quantité et nature variables selon les espèces, qui sont utilisées par l'embryon lors de la **germination**. Les fruits peuvent également être riches en réserves glucidiques (comme de nombreux fruits de consommation courante tels que la pomme, la poire, le raisin, etc.), ou lipidiques (comme l'olive ou l'avocat). D'autres molécules issues du **métabolisme des produits de la photosynthèse** contribuent à la **croissance** et au **port de la plante**. La **cellulose**, glucide polymère de glucose, est le constituant principal de la **paroi** des cellules végétales et leur confère à la fois la solidité et une certaine élasticité compatible avec leur croissance. La **lignine** regroupe des substances hydrophobes contenant un noyau

aromatique, et imprégnant la paroi des cellules végétales de certains tissus. Cela les rend inextensibles et les rigidifie. Chez les espèces ligneuses, les vaisseaux du xylème responsables du transport de la sève brute dans la plante sont lignifiés, formant le **bois**. La rigidité de ce tissu lui permet d'assurer un rôle de soutien et contribue à la réalisation du port arboré.

D'autres molécules issues du métabolisme des produits de la photosynthèse participent aux **interactions avec d'autres espèces**, notamment animales. Par exemple, les **tanins**, substances aromatiques présentes dans différents tissus végétaux, assurent une **protection contre les parasites** (bactéries ou champignons) ou contre **les prédateurs herbivores**. Ils interagissent en effet avec la salive des herbivores, provoquant un effet astringent désagréable. Un autre exemple est celui des **anthocyanes**, pigments responsables de la coloration rouge à violette de certains fruits (comme le raisin), fleurs et feuilles. Elles participent à des **interactions mutualistes** en attirant des animaux pollinisateurs. Ces pigments protègent aussi la plante des prédateurs herbivores en teintant les feuilles qui miment des feuilles mortes. Ainsi, les produits de la photosynthèse sont métabolisés dans la plante en différentes molécules qui présentent une **grande diversité chimique**.

Notion clé

Chloroplaste

Organite intracellulaire spécifique des cellules chlorophylliennes, le chloroplaste contient une double membrane qui délimite le stroma. Dans celui-ci sont présents des saccules membranaires longs et aplatis, appelés thylakoïdes (ou thylacoïdes). Des empilements de petits thylakoïdes forment les grana (granum au singulier). La membrane des thylakoïdes abrite les chaînes photosynthétiques, constituées de nombreuses protéines (dont la chlorophylle) et souvent associées en complexes. Le stroma contient des grains d'amidon, de l'ADN circulaire, des ribosomes (avec des ARNr ou ARN ribosomiaux), des ARNt (ARN de transfert), et des ARNm (ARN messagers). Les gènes portés par l'ADN chloroplastique permettent la synthèse des ARNt, des ARNr, des protéines ribosomiales et d'une quinzaine d'autres protéines chloroplastiques. Chaque chloroplaste est issu d'un chloroplaste préexistant. Les chloroplastes se divisent lors de l'interphase, indépendamment des divisions de la cellule les abritant. Au niveau des feuilles, les cellules méristématiques contiennent des proplastides (ou plastides indifférenciés), qui se différencient à la lumière en chloroplastes présentant des thylakoïdes et des pigments photosynthétiques. Le chloroplaste, spécialisé dans la photosynthèse, est un organite semi-autonome, dont la présence dans les cellules végétales est le résultat d'une endosymbiose passée d'une cyanobactérie photosynthétique dans une cellule initialement hétérotrophe.

 Exercice n°5

Dates clés

Les grandes étapes de l'étude de la photosynthèse :

1780 : Mise en évidence du rejet d'O₂ par les plantes (Priestley).

1782 : Mise en évidence de l'absorption du CO₂ atmosphérique (Senebier).

1864 : Mise en évidence de la synthèse d'amidon dans les feuilles des plantes (Sachs).

1935 : Hypothèse du couplage de l'oxydation de l'eau avec la réduction du CO₂, grâce à un intermédiaire transporteur d'électrons (Franck).

1937 : Réaction de Hill, confirmant l'hypothèse de Franck.

1961 : Identification des produits formés à partir du CO₂ dans le stroma du chloroplaste (cycle Calvin-Benson-Bassham).

Zoom sur...

Les interactions chimiques entre plantes et animaux

Dans les savanes d'Afrique du Sud, des gazelles appelées koudous se nourrissent des feuilles d'un arbre, *Acacia caffra*. Les chercheurs ont mis en évidence que les acacias étaient capables de produire des tanins au goût amer qui perturbent la digestion des herbivores comme les koudous. À faible dose, ces tanins dissuadent les herbivores de consommer les feuilles d'acacias. Mais dans les années 1980, l'aménagement de parcelles clôturées par les fermiers a modifié la répartition des koudous, qui ont augmenté la prédation de certains acacias. Le taux de tanins des feuilles de ces arbres a augmenté, entraînant la mort des koudous herbivores. De plus, en cas de prédation, les acacias émettent un gaz, l'éthylène, qui déclenche chez les arbres voisins la production de tanin.