

2.1.2 : La plante productrice de matière organique :

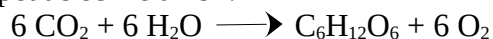
(d'après Bordas, Ed.2020, p.224-227 ; Nathan, Ed.2020, p.192-193 et Belin , Ed.2020, p.237)

I/ La production de matière organique par photosynthèse

1°) Les plantes, des organismes autotrophes :

Les plantes sont capables de produire toutes leurs molécules organiques (glucides, lipides, protides, acides nucléiques, vitamines...) à partir de molécules minérales (dioxyde de carbone prélevé dans l'air entré par les stomates, eau et ions minéraux prélevés dans le sol et transportés grâce à la sève brute) : ce sont des organismes autotrophes. Cette autotrophie nécessite de l'énergie lumineuse et se fait au cours d'un processus complexe, la photosynthèse.

Le glucose (C₆H₁₂O₆) étant l'une des premières molécules organiques produites lors de ce processus, l'équation bilan de la photosynthèse peut s'écrire ainsi :



2°) Les organes chlorophylliens réalisent la photosynthèse :

La présence d'amidon (une forme de stockage du glucose) peut être mise en évidence dans les parties vertes des plantes, seulement si elles ont reçu suffisamment de lumière. Ainsi, la production de matière organique par photosynthèse se fait dans les parties aériennes et vertes de la plante, principalement au niveau des feuilles.

C'est surtout dans leurs parenchymes que se trouvent les cellules chlorophylliennes, pourvues d'organites spécialisés dans la photosynthèse: les chloroplastes. Ils contiennent un ensemble de molécules capables d'absorber l'énergie lumineuse, les pigments chlorophylliens.

Les plantes sont des organismes autotrophes, car elles produisent leur matière organique à partir de matières minérales. Cette production se déroule à la lumière : c'est la photosynthèse.

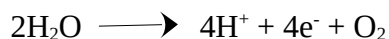
L'énergie lumineuse est captée par des pigments chlorophylliens présents dans des organites spécialisés, les chloroplastes, abondants dans les organes verts des plantes, comme les feuilles.

II/ La photosynthèse, des oxydoréductions activées par la lumière : les processus biochimiques

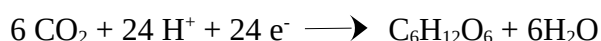
1°) La photosynthèse : des réactions d'oxydoréductions :

En 1937, Robert Hill constata que des chloroplastes isolés et bien éclairés libèrent du dioxygène, à condition qu'un oxydant (un accepteur d'électron) soit ajouté au milieu. Cette expérience montre que la photosynthèse s'accompagne de réactions d'oxydoréduction activées par l'énergie lumineuse.

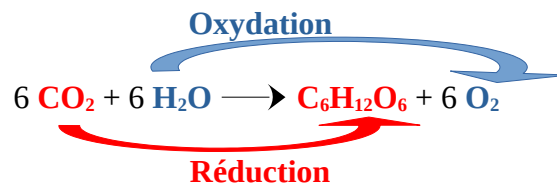
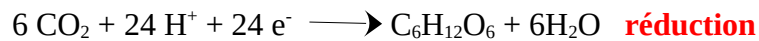
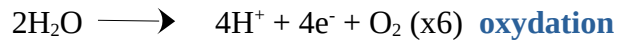
En 1941, Ruben et Kamen au cours d'une série d'expériences montrent que le dioxygène produit lors de la photosynthèse a pour origine la molécule d'eau. Au cours de la photosynthèse, des molécules d'eau sont donc oxydées, libérant du dioxygène mais aussi des protons et des électrons. C'est la photolyse de l'eau :



Les électrons ainsi libérés doivent être captés par une autre molécule, qui sera alors réduite. Les expériences de Calvin et Benson au cours des années 1950 montrent que le dioxyde de carbone est transformé au cours de la photosynthèse en différentes molécules organiques comme des glucides (glucose ou autres sucres solubles) et des acides aminés. À la suite de réactions chimiques complexes, le carbone qui était lié exclusivement à l'oxygène dans le CO₂ se retrouve lié dans les molécules organiques à d'autres carbones et à des hydrogènes. Cela correspond à une réduction du dioxyde de carbone, dont le bilan est le suivant:



La photosynthèse correspond donc à **une réduction de CO₂** en matière organique couplée à **l'oxydation de l'eau**.



2°) Le rôle de la lumière :

La réduction du dioxyde de carbone n'est pas une réaction spontanée : elle nécessite de l'énergie qui est apportée initialement par la lumière. Les cellules chlorophylliennes présentent donc des structures qui permettent de capter cette énergie lumineuse et de la convertir en énergie chimique, nécessaire à la synthèse de la matière organique.

Ces structures sont les pigments chlorophylliens, (xanthophylles, carotènes, chlorophylles a et b) présents au sein des chloroplastes. Sous l'effet de la lumière absorbée par cet ensemble de pigments, des électrons de la chlorophylle a sont portés à un niveau d'énergie supérieur, puis transférés à d'autres molécules. Ainsi l'énergie lumineuse est convertie en énergie chimique. Cette énergie chimique permet in fine de réduire le dioxyde de carbone en matière organique.

La production de matière organique correspond à une réduction du dioxyde de carbone, à l'issue de laquelle le glucose, d'autres sucres solubles et des acides aminés sont produits. Cette réduction est couplée à la photolyse de l'eau, une oxydation des molécules d'eau libérant du dioxygène. Cette réaction n'a lieu qu'en présence de lumière. En effet, la production de matière organique nécessite un apport d'énergie. C'est l'énergie lumineuse captée par les pigments chlorophylliens puis convertie en énergie chimique qui active ces réactions d'oxydoréduction.

III/ Circulation et transformations de la matière organique

Les molécules organiques produites par la photosynthèse sont en partie utilisées par les tissus chlorophylliens eux-mêmes. Le reste est exporté sous forme de petites molécules solubles (acides aminés, sucres) vers tous les organes de la plante, et en particulier vers les organes non chlorophylliens (racines, bourgeons, fruits...) via la sève élaborée.

Ces sucres et ces acides aminés sont alors transformés et permettent la production d'une grande diversité de composés organiques, remplissant de nombreuses fonctions au sein de la plante.

Les produits de la photosynthèse sont distribués via la sève élaborée dans tous les organes de la plante. Des enzymes variées les métabolisent, produisant des molécules très diverses capables d'assurer de nombreuses fonctions au sein de la plante.

IV/ Matière organique, croissance et port de la plante

Les cellules des plantes possèdent une paroi formée de différents composés organiques assemblés en couches superposées (pectines, hémicelluloses et cellulose). La cellulose est un polymère de glucose synthétisé grâce à une enzyme, la cellulose synthase, chez les jeunes cellules en cours de croissance. Leur paroi étant initialement

fine et déformable, ces cellules s'allongent sous l'effet de la pression de turgescence. Exportée du cytoplasme vers la paroi, la cellulose y devient peu à peu le constituant principal et rend alors la paroi de plus en plus épaisse et rigide, finissant par s'opposer à la poursuite de la croissance en longueur.

Certaines cellules imprègnent leurs parois d'autres composés organiques, les lignines. Il s'agit de polymères dont les sous-unités sont issues d'une voie métabolique transformant un acide aminé issu de la photosynthèse (la phénylalanine) grâce à différentes enzymes. L'accumulation de lignine dans la paroi des cellules du xylème les imperméabilise, facilitant la circulation de la sève brute.

La lignine est aussi présente au niveau des cellules du sclérenchyme, un tissu de soutien fréquent chez les plantes herbacées. Chez les plantes dites « ligneuses » un xylème secondaire se forme et s'épaissit année après année dans les organes pérennes (tiges, racines). Ce tissu se lignifie et donne un matériau à la fois léger et rigide, le bois, responsable du port dressé qui permet à certains arbres d'atteindre des tailles de plusieurs dizaines de mètres de haut.

La cellulose est une molécule fibreuse produite dans les zones d'élongation des organes. Elle s'accumule progressivement dans la paroi des cellules végétales, participant au contrôle de leur croissance. La paroi de certaines cellules s'enrichit en lignines et devient très rigide. Elles constituent alors des tissus comme le sclérenchyme ou le bois, qui assurent le soutien et le port de la plante.

V/ Le stockage de la matière organique

En hiver ou lors de longues périodes de sécheresse, certaines plantes perdent leurs feuilles, d'autres perdent leurs parties aériennes, d'autres encore meurent. Des organes sélectionnés au cours de l'évolution permettent de stocker de la matière organique en attendant le retour de conditions plus favorables au développement et à la photosynthèse.

Les plantes herbacées pérennes possèdent des organes souterrains capables d'accumuler des réserves à l'abri des intempéries, comme les bulbes (tulipe, oignon), les tubercules (pomme de terre, carotte), les rhizomes (iris, gingembre). Les réserves dans ces organes sont le plus souvent glucidiques (saccharose de la betterave ou de l'oignon ; amidon stocké dans les amyloplastides de la pomme de terre).

Chez les plantes annuelles, la pérennité est assurée par les graines. Produit de la reproduction sexuée, la graine contient des matières organiques qui nourriront l'embryon, puis la jeune plantule lors de la germination. La nature des réserves au sein des graines diffère selon les espèces. Il peut s'agir de glucides (blé, riz), de lipides (noix, amande) ou encore de protides (pois, lentille).

Beaucoup de plantes possèdent des fruits charnus comestibles, riches en matières organiques (surtout des glucides). Ces fruits sont consommés par des animaux frugivores (certains oiseaux, reptiles, mammifères) ce qui contribue à la dispersion de leurs graines.

Certaines plantes stockent des molécules organiques diverses dans des organes de réserves (bulbes, rhizomes, tubercules) qui leur permettent de résister aux conditions défavorables, ou d'assurer leur reproduction asexuée. Les graines et certains fruits contiennent aussi des réserves qui contribuent au succès de la reproduction sexuée.

VI/ Matière organique et interactions avec d'autres espèces

Au cours de l'évolution des plantes, différentes innovations permettant de limiter l'impact de la prédation ont été sélectionnées. Ainsi, certaines plantes produisent des tanins. Il s'agit de molécules construites par assemblage de plusieurs phénols (petites molécules cycliques). Dans les cellules, les tanins sont produits par une voie de biosynthèse qui a pour précurseur le glucose, et qui implique de nombreuses enzymes. En se liant avec les protéines alimentaires ou avec les enzymes digestives du phytophage, les tanins produisent des précipités aux effets toxiques ou répulsifs, qui limitent la pression de prédation. De plus, les plantes agressées par des phytophages produisent davantage de tanins que les plantes indemnes : elles adaptent leur métabolisme en fonction des agressions qu'elles subissent.

La vie fixée pose aussi le problème du rapprochement des gamètes. De nombreuses fleurs produisent un pollen abondant et un liquide riche en sucres et autres substances nutritives, le nectar. Elles attirent les insectes pollinisateurs en signalant la présence de ces matières comestibles grâce à des molécules organiques volatiles

(parfums) et en affichant des couleurs vives. Par exemple, les fleurs roses, rouges ou violettes contiennent des anthocyanes. Il s'agit d'une famille de molécules fabriquées grâce à une voie de biosynthèse proche de celle des tanins, mais aboutissant à des pigments rouges, bleus ou pourpres, qui sont stockés dans les vacuoles des cellules, et qui rendent les fleurs plus attractives pour les pollinisateurs.

Plantes et phytophages sont en interaction antagoniste. Les tanins sont des molécules qui rendent la plante répulsive voire toxique, et permettent ainsi de limiter la prédation. Des interactions mutualistes avec d'autres êtres vivants existent aussi. Ainsi, les couleurs vives de certaines fleurs contenant des anthocyanes attirent les insectes pollinisateurs, qui s'y nourrissent et participent au transport du pollen.

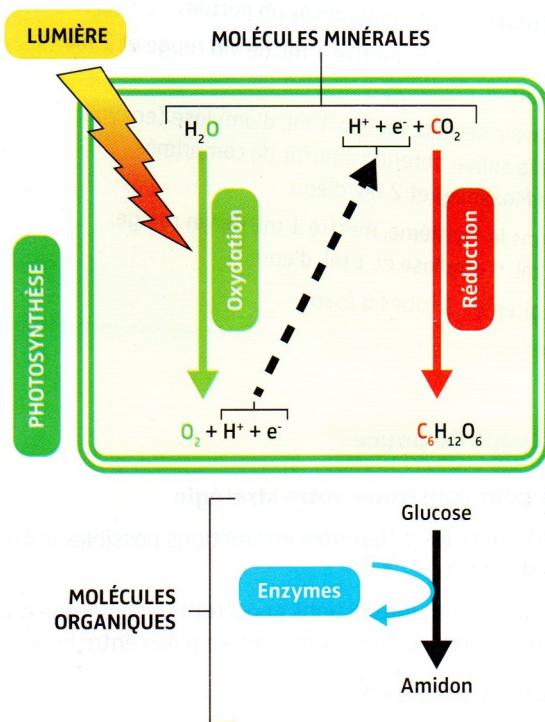


Schéma des principales réactions lors de la photosynthèse
(attention équations non équilibrées)
(Nathan, Ed.2020, p.192)

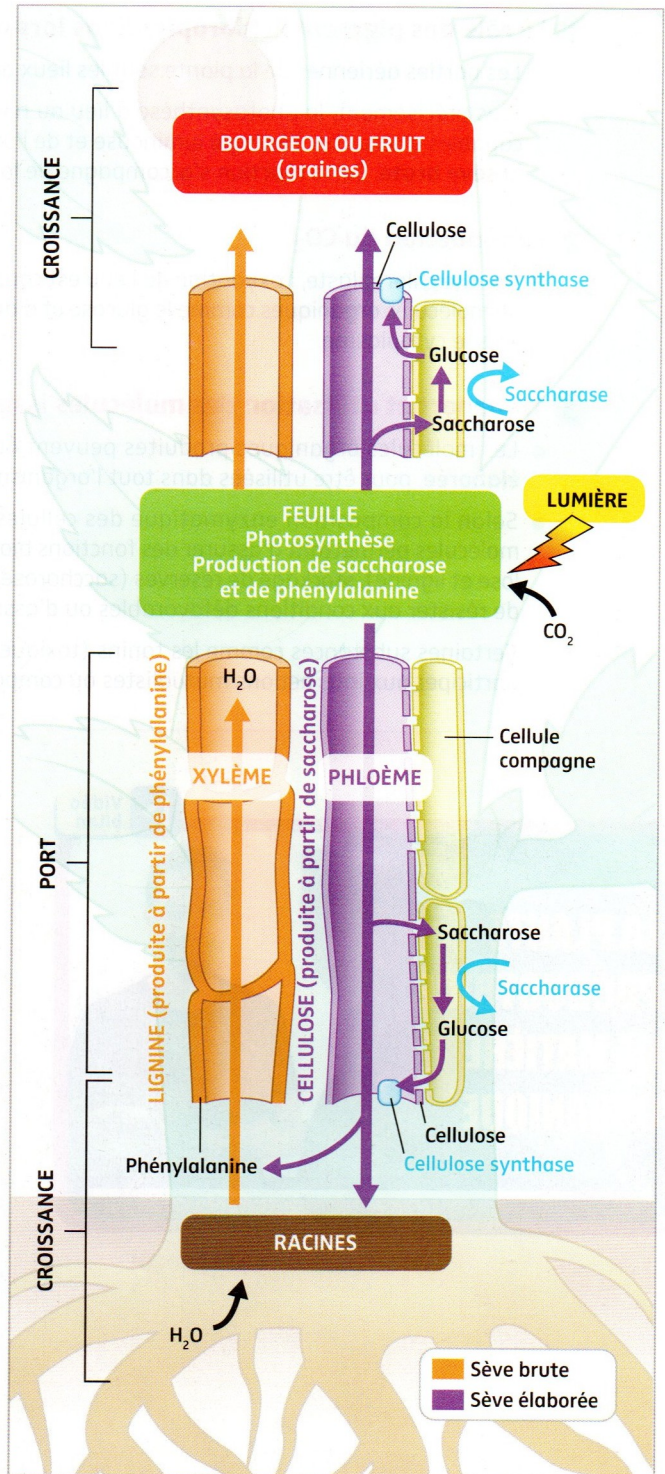
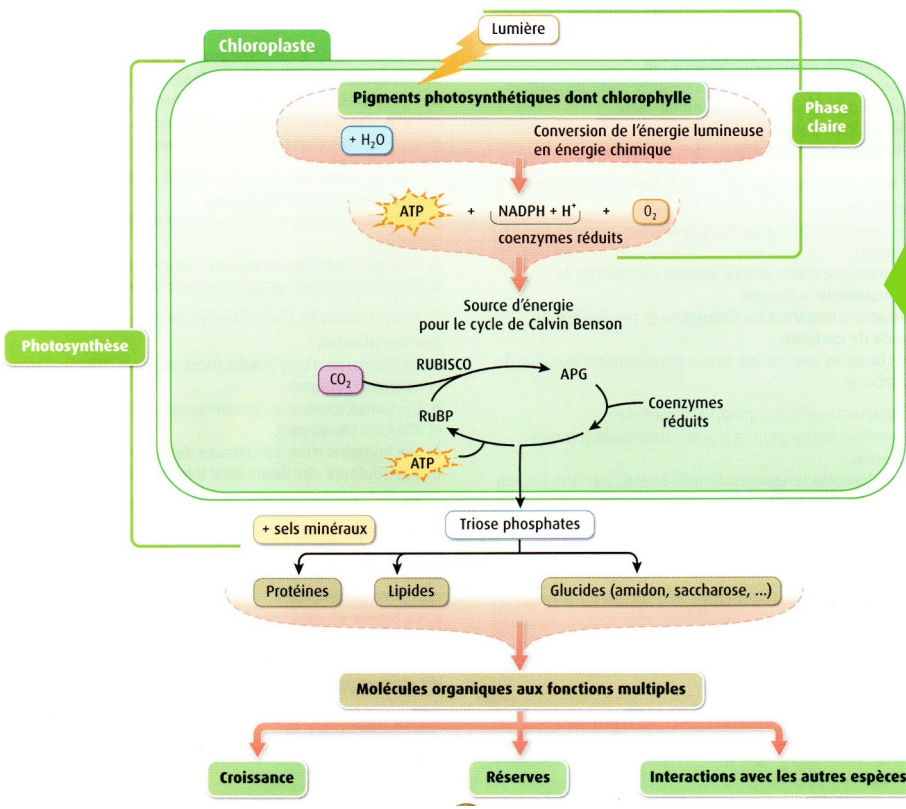
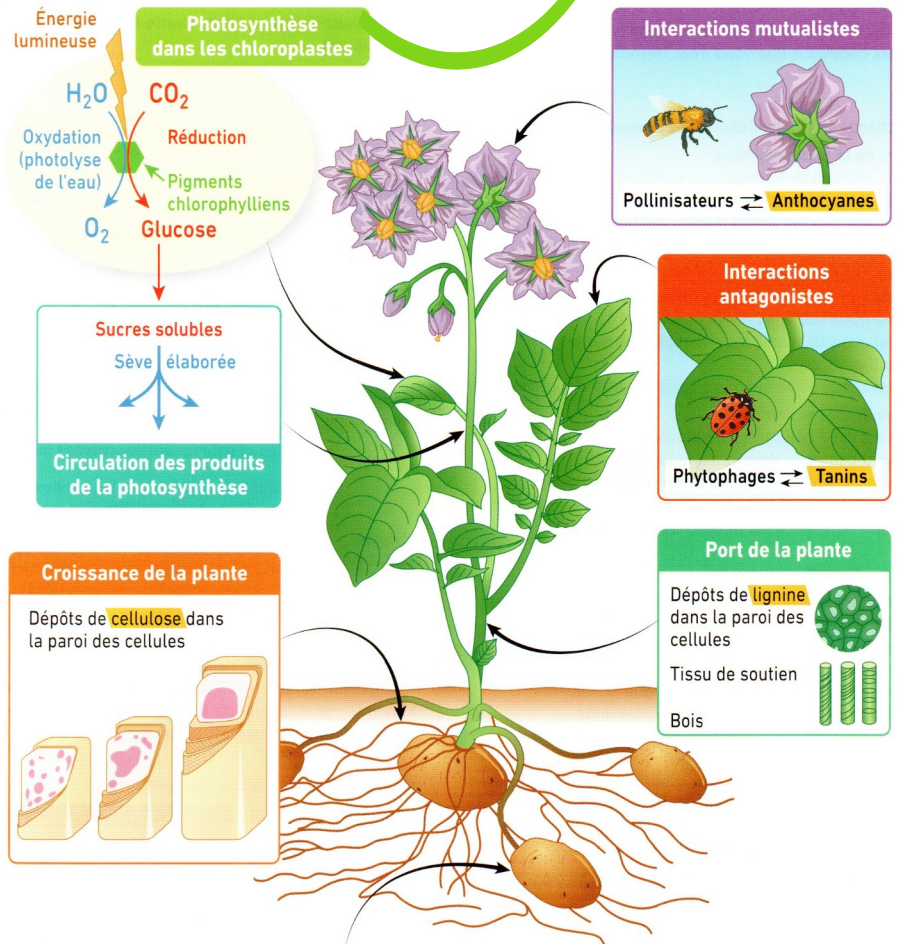


Schéma du transport des molécules issues de la photosynthèse et de leur utilisation pour le port et la croissance du végétal.



Triose phosphates produits de la photosynthèse
(Belin, Ed.2020, p.237)



La plante, productrice de matière organique
(Bordas, Ed.2020, p.227)

