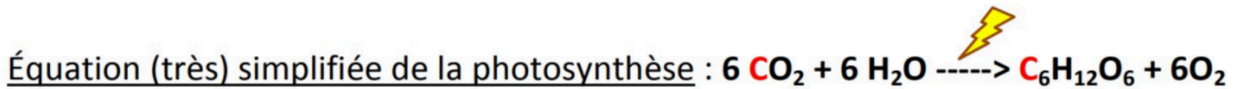


# THÈME : DE LA PLANTE SAUVAGE À LA PLANTE DOMESTIQUÉE

## Chapitre : La plante, productrice de matière organique

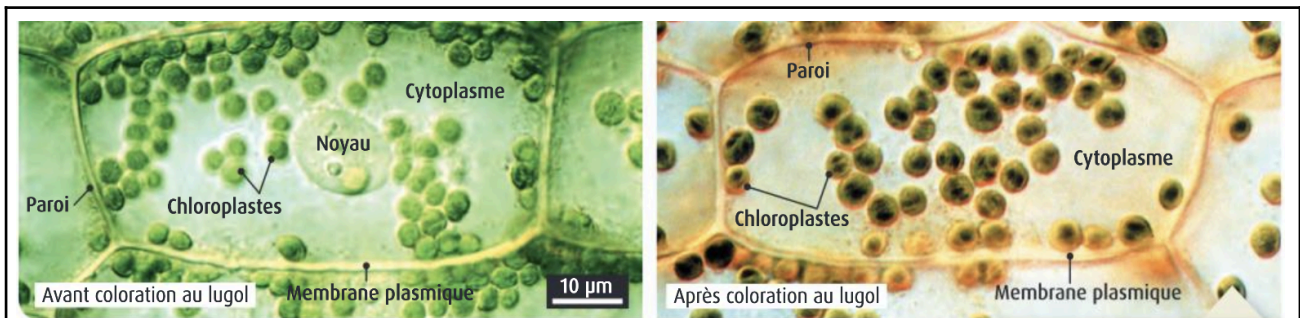
La vie fixée de la plante lui empêche le déplacement pour prélever sa nourriture. Les plantes sont des producteurs primaires puisqu'elles produisent leur propre matière organique uniquement à partir de matière minérale (eau, ions minéraux, CO<sub>2</sub>) qu'elles prélèvent dans leur environnement. Ce sont donc des organismes autotrophes dont la production de matière organique repose sur le métabolisme de la photosynthèse.



**Problématiques :** Quelles sont les étapes de la photosynthèse ? Que deviennent les produits issus de la photosynthèse ?

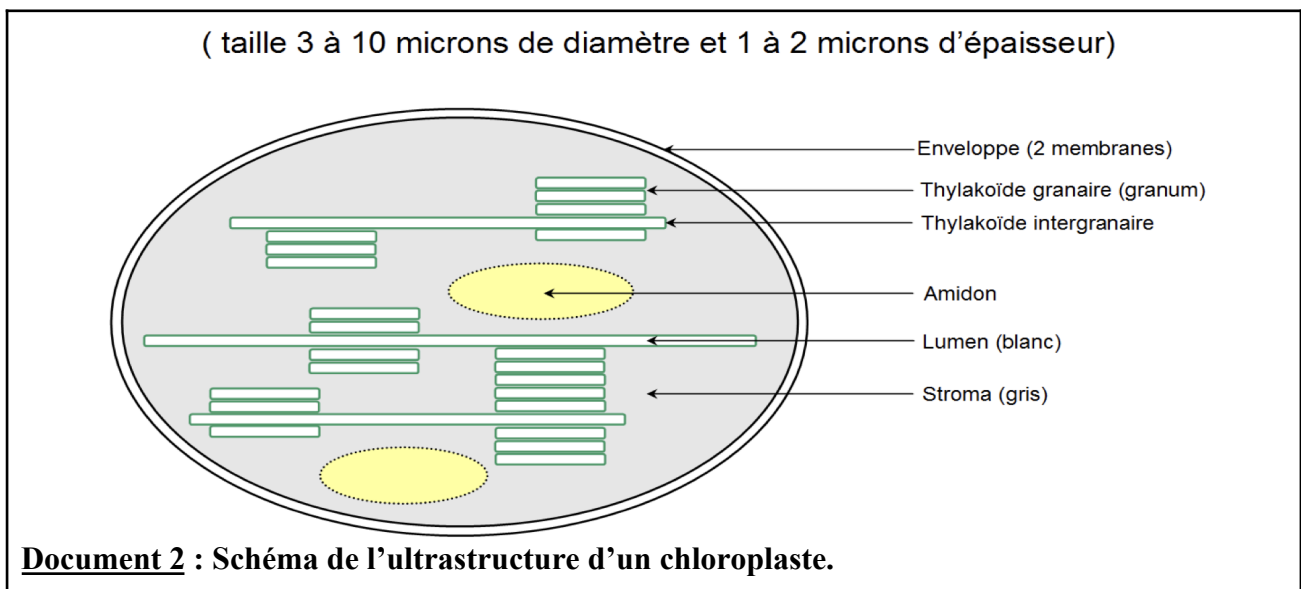
### I. Les structures impliquées de la photosynthèse

#### A) Localisation cellulaire et moléculaire de la photosynthèse



**Document 1 :** Localisation de la production de matière organique dans une cellule de feuille.

Les feuilles constituent les principaux acteurs de la photosynthèse : ce sont des organes photosynthétiques. La localisation de l'amidon dans la feuille (grâce au lugol) montre qu'il s'accumule dans les chloroplastes. On en déduit que le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère passe par les stomates puis les chambres sous-stomatiques et les lacunes du parenchyme lacuneux pour rejoindre les chloroplastes.

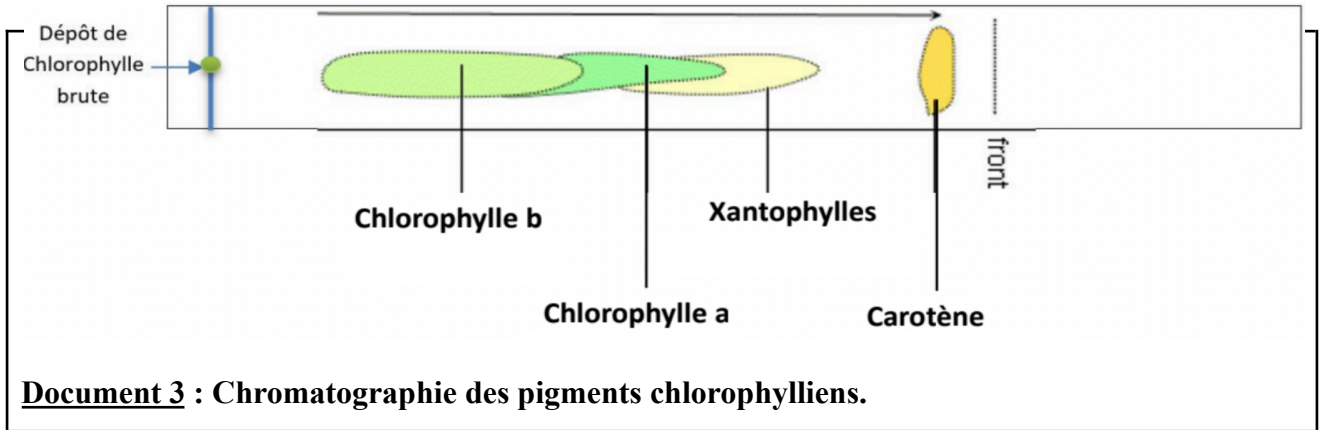


**Document 2 :** Schéma de l'ultrastructure d'un chloroplaste.

Les chloroplastes sont des organites à double membrane issus d'une endosymbiose et qui contiennent des filaments internes : les thylakoïdes. On subdivise l'organisation interne des chloroplastes en 2 compartiments :

- Le lumen (à l'intérieur des thylakoïdes).
- Le stroma (dans le chloroplaste mais en dehors des thylakoïdes).

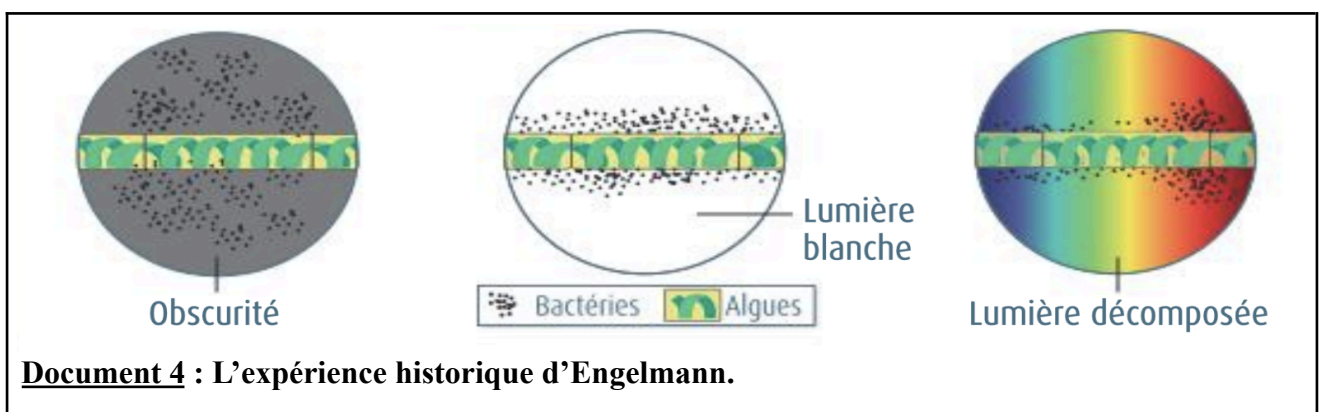
Enfin, au niveau moléculaire, ces thylakoïdes contiennent des pigments.



Un pigment est une molécule qui absorbe certaines longueurs d'onde de la lumière et renvoie les autres (donnant une sensation de couleur). On peut identifier les différents pigments par une chromatographie qui sépare les molécules en fonction de leur affinité pour le solvant. La chromatographie réalisée sur des feuilles vertes montre que les pigments présents sont découpés en 4 familles distinctes :

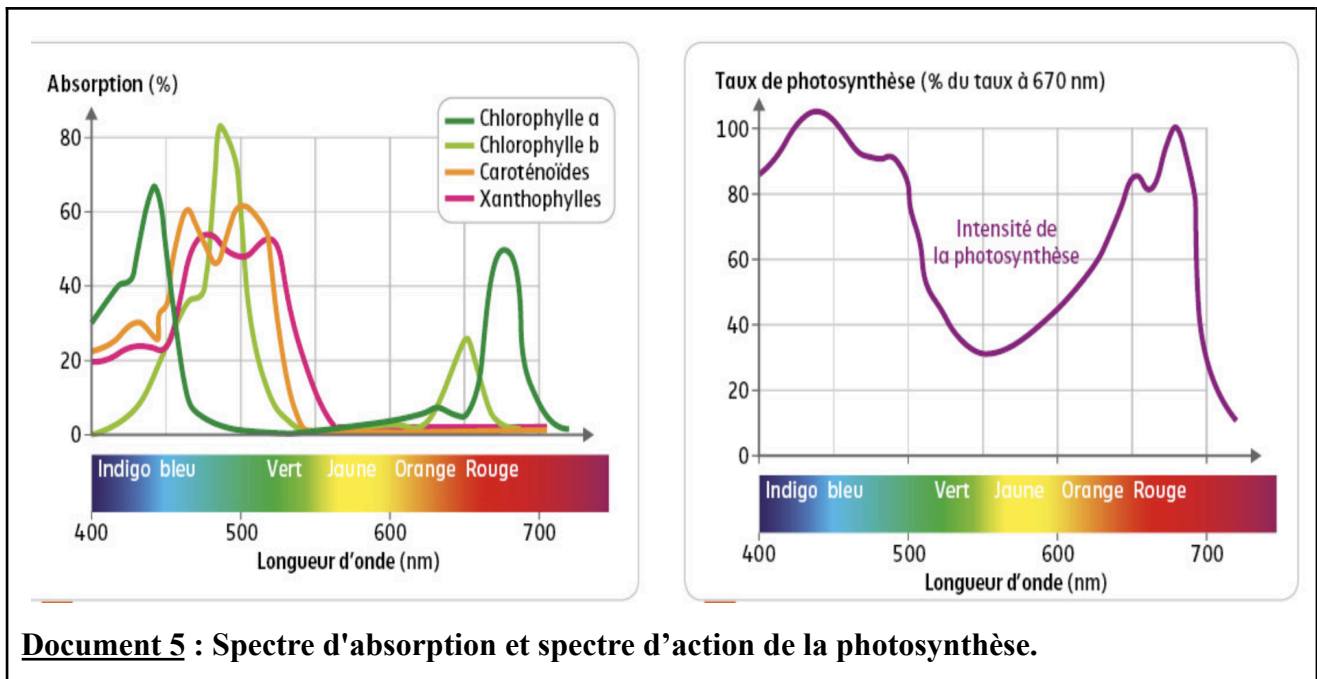
- la chlorophylle b (vert pomme)
- la chlorophylle a (verte émeraude)
- les caroténoïdes (lycopène, carotène, xanthophylle): rouges, orangés et jaunes
- les flavonoïdes (flavones et anthocyanes): jaunes à orangées et violettes à bleues

### B) L'activité des pigments photosynthétiques et la capture de l'énergie lumineuse



En 1884, Teodor Engelmann cherche à savoir si toutes les longueurs d'onde de la lumière visible permettent la réalisation de la photosynthèse. Il place alors une algue verte photosynthétique, la spirogyre, dans une goutte d'eau contenant des bactéries. Ces dernières, réalisant la respiration, sont attirées par les zones où la concentration en dioxygène est maximale. À l'aide d'un prisme, il éclaire les différentes portions du filament de l'algue puis observe la répartition des bactéries.

Il démontre ainsi que la photosynthèse est maximale pour des longueurs d'ondes bien précises. On peut déterminer la longueur d'onde où la photosynthèse est maximale avec un spectre d'absorption qui montre l'intensité de l'absorption lumineuse en fonction de la longueur d'onde, grâce à un spectrophotomètre à main ou un spectroscopie.



Ainsi, les pigments chlorophylliens absorbent les radiations de longueur d'onde de 450- 500 nm (bleu) et 650-700 nm (rouge). Les radiations vertes ne sont pas absorbées et sont renvoyées (couleur verte d'un végétal).

D'autre part, on peut déterminer le rôle de l'absorption en comparant le spectre d'absorption avec le spectre d'action. Ici, il s'agit de mesurer l'activité photosynthétique (production d'O<sub>2</sub>) en fonction de la longueur d'onde. L'efficacité de la photosynthèse dépend de la qualité (longueur d'onde) de la lumière. On remarque que la photosynthèse est active à 400 nm (bleu) et à 650/700 nm (rouge). Ces longueurs d'ondes sont absorbées par les pigments photosynthétiques.

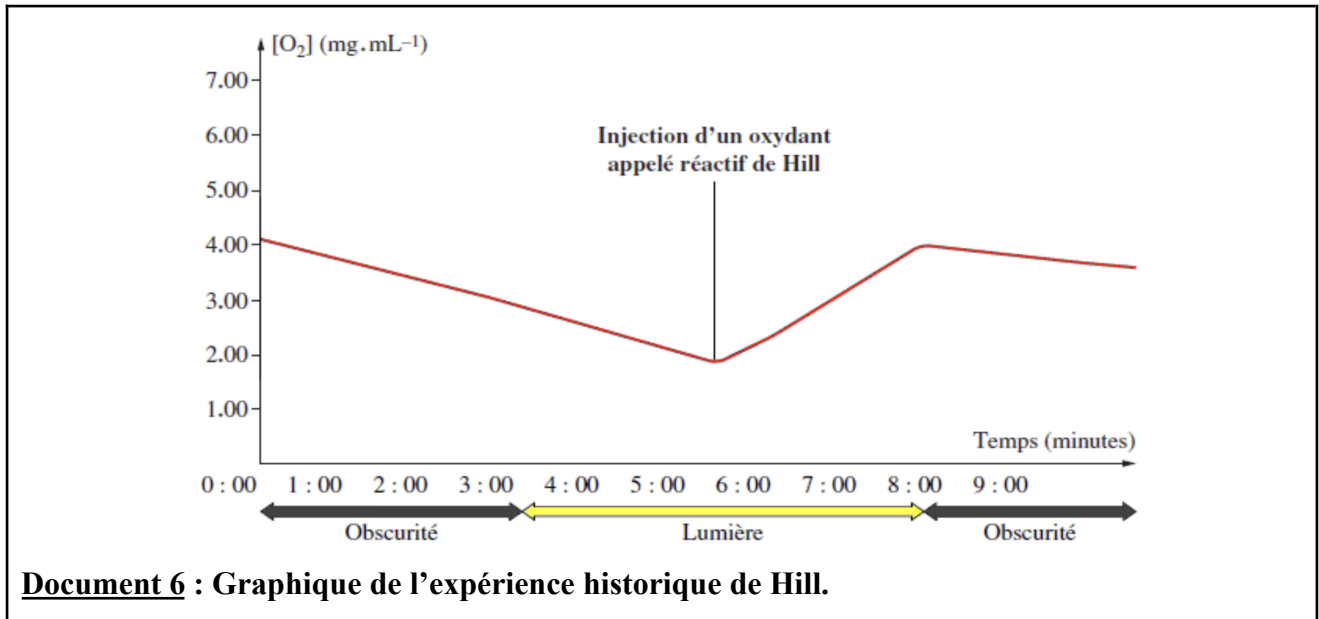
**Bilan : Les plantes sont capables de produire toutes les molécules organiques (glucides, lipides, protéines, acides nucléiques, vitamines...) à partir de molécules minérales (CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O et ions). Ce sont donc des organismes autotrophes.**

**Cette autotrophie nécessite de l'énergie lumineuse et se fait au cours d'un processus complexe, la photosynthèse. 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.**

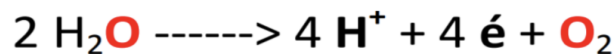
## II. Les processus biochimiques de la photosynthèse

### A) La photolyse de l' $H_2O$ : la phase photochimique de la photosynthèse

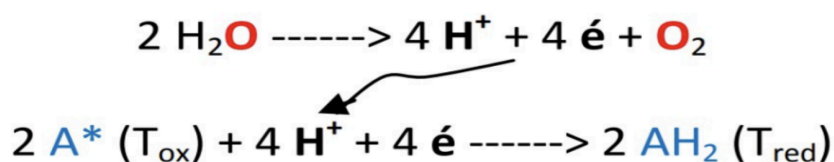


En 1937, Robert Hill constata que des chloroplastes isolés et bien éclairés libèrent du  $O_2$ , à condition qu'un oxydant (un accepteur d'électrons) soit ajouté au milieu. **Cette expérience montre que la photosynthèse s'accompagne de réactions d'oxydoréduction activées par l'énergie lumineuse.**

En 1940, Ruben et Kamen montrent que le marquage de l'oxygène ( $^{18}O$ ) de l'eau ( $H_2O$ ) se retrouve dans le  $O_2$  produit par la photosynthèse. Ceci prouve que le  $CO_2$  ne permet pas la production d' $O_2$  mais aussi que l'oxygène (O) est produit par la destruction (lyse) de l'eau par la lumière : c'est la photolyse de l'eau.



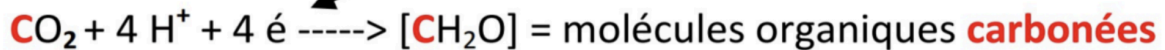
Au niveau moléculaire et atomiques, les pigments chlorophylliens sont enchâssés dans la membrane des thylacoïdes. Lorsqu'une molécule de chlorophylle réagit avec un photon, elle est dans un état dit « excité » et perd des électrons ( $e^-$ ) et des protons ( $H^+$ ). Ces  $e^-$  et  $H^+$  perdus doivent être récupérés pour que la chlorophylle retrouve son état fondamental et puisse à nouveau être excitée par un photon. Les réactions chimiques qui vont se dérouler dans la membrane des thylacoïdes sont donc des réactions d'oxydoréduction couplées. L'expérience de Ruben et Kamen ont montré que l'eau ( $H_2O$ ) joue dans cette phase le rôle de réducteur, elle fournit les électrons et les protons nécessaires à la chlorophylle qui retrouve ainsi son état fondamental pour être à nouveau soumise à l'action des photons de lumière. On parle de photo-oxydation de l'eau (improprement appelée « photolyse de l'eau »). Cependant, dans un système biologique, il ne peut y avoir d' $e^-$  et d' $H^+$  libres. L'expérience de Hill a permis de montrer que les électrons et protons perdus par la chlorophylle étaient pris en charge jusqu'à un accepteur final oxydé ( $A^*$  ou  $Tox$  ;  $T$  = transporteur) qui par là même devient réduit ( $AH_2$  ou  $T_{red}$ ). Ces réactions dites photochimiques peuvent être écrites sous la forme d'une équation bilan :



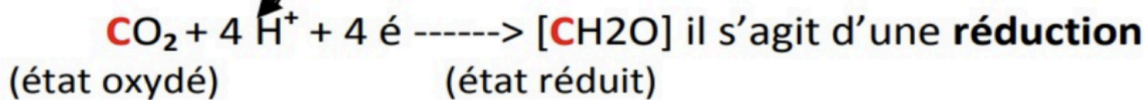
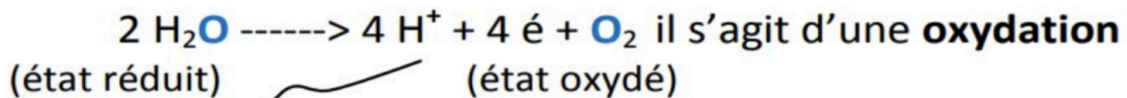
## B) La réduction du $CO_2$ : la phase chimique de la photosynthèse

En 1950, les expériences de Calvin et Benson montrèrent que le marquage du carbone ( $^{14}C$ ) du  $CO_2$  se retrouve dans plusieurs types glucides simples (oses) dont le glucose ( $C_6H_{12}O_6$ ). Globalement, cette expérience nous démontre que la réaction chimique qui permet la production après plusieurs intermédiaires du glucose correspond à une réduction du  $CO_2$ .

Cette réaction de réduction conduit à la synthèse de molécules organiques carbonées intermédiaires (ex: APG, RudiP, glucose). Les différentes réactions chimiques aboutissant à la production de glucose à partir des molécules organiques carbonées intermédiaires portent le nom de Cycle de Calvin. Cette réaction chimique de réduction appartient à la phase chimique car elle ne nécessite pas l'intervention de la lumière (et donc des photons).



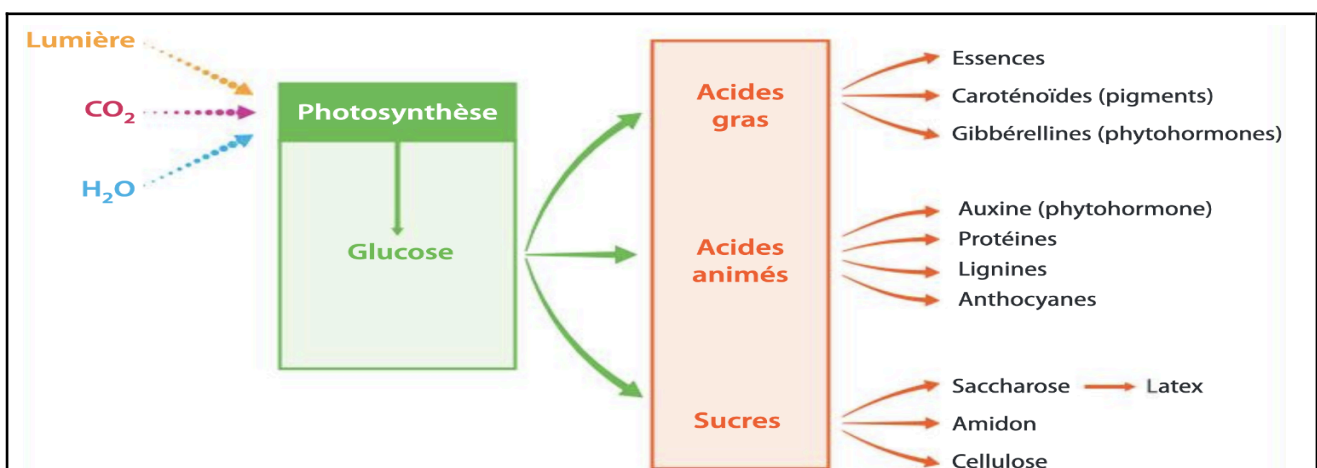
Ainsi, la réaction simplifiée de la photosynthèse peut s'écrire comme 2 réactions d'oxydoréduction couplées.



**Bilan :** La production de matière organique (glucose) correspond à une réduction du dioxyde de carbone en glucose. Cette réduction est couplée à la photolyse de l'eau, qui correspond à une oxydation des molécules d'eau en présence de lumière libérant du dioxygène. Pour ce faire, la photosynthèse nécessite un apport d'énergie qui correspond donc à l'énergie lumineuse captée par les pigments chlorophylliens puis convertie en énergie chimique activant ainsi des réactions d'oxydoréduction.

### III. Les produits de la photosynthèse assurent différentes fonctions

La photosynthèse produit principalement du glucose, on parle de métabolite primaire (premier produit du métabolisme). Néanmoins, celui-ci ne reste pas inutilisé sinon la photosynthèse s'arrêterait. Le glucose est donc transformé en d'autres molécules (lipides, protéines, acides nucléiques comme l'ADN ou l'ARN), constituant les métabolites secondaires. L'ensemble des réactions chimiques permettant le passage du métabolite primaire en métabolite secondaire.


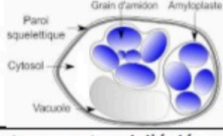





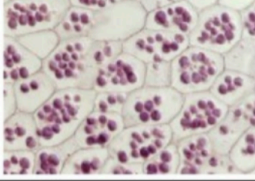



**Document 7 :** Schéma illustrant la diversité des métabolites secondaires de la photosynthèse.

## A) Le transport au sein du végétal

Le glucose produit par la photosynthèse est en partie utilisé dans la feuille, dans le tissu chlorophyllien lui-même. Le reste est donc exporté sous forme de petites molécules solubles comme les acides aminés ou encore sous la forme d'un sucre spécialisé dans le transport : le saccharose. Le transport s'effectue depuis la feuille, constituant un organe source, vers tous les organes de la plante, essentiellement vers les organes non chlorophylliens réalisant la respiration cellulaires (racines, bourgeons, fruits). L'ensemble de ces organes sont donc appelés des organes puits. Le transport du saccharose depuis les organes sources vers les organes puits s'effectue par la sève élaborée. Une fois acheminée dans les différents organes puits, l'équipement enzymatique des cellules permet la synthèse de différentes molécules organiques à partir du saccharose

## B) La mise en réserve de la matière organique

SUBSTANCES		LOCALISATION	organes
LIPIDES	Triglycérides	Sous forme de gouttelettes dans le <b>cytoplasme</b> (oléosomes), dans les <b>chloroplastes</b> chez certaines plantes voire dans des organites spécialisés, les <b>oléoplastes</b> .	Fruits divers : olive – <u>graines</u> : cacahuètes – fruits secs : noix, amandes... 
		<p>Chez les Angiospermes, l'amidon se trouve dans le stroma des chloroplastes sous forme de « grain d'amidon » et dans les organes de réserve dans des organites spécialisés, les <b>amyloplastes</b>.</p> 	<u>Tubercule</u> de pomme de terre – <u>grain</u> de blé - <u>fruit</u> (banane) ... 
GLUCIDES	Saccharose	Forme de transport privilégiée de la <b>sève élaborée</b> . Stockage en grande quantité dans les <b>vacuoles</b> (ex. betterave sucrière)	<u>Tige</u> de la canne à sucre ; <u>racine</u> (hypocotyle) : betterave sucrière... <u>bulbe</u> : oignon... 
	Fructose  Inuline (polymère de fructose)	 Cristaux d'inuline	Fruits divers : poires, raisins...  <u>Tubercule</u> de Dahlia 
PROTÉINES		Sous forme de grains dans la <b>vacuole (grains d'aleurone)</b> Les protéines sont synthétisées dans la vacuole puis celle-ci se fractionne en de multiples vacuoles qui se déshydratent ; les protéines cristallisées constituent les grains d'aleurone. 	<u>Graine</u> : ricin (elle est aussi oléagineuse), haricot...  Graines de ricin <b>ATTENTION : graine toxique !</b>  L'albumen de certaines <b>céréales</b> comme le Blé comprend néanmoins une fraction protéique importante qui constitue le <b>gluten</b> .

### **C) La croissance et le port des plantes**

Les molécules issues de la photosynthèse peuvent également être transformées en molécules plus pérennes (présence à long terme). C'est le cas des molécules de la paroi des cellules végétales, qui participent à la croissance et au port (maintien) des plantes dans le milieu aérien :

- La cellulose est un polymère de glucose, synthétisée grâce à une enzyme : la cellulose synthétase. C'est une fibre résistante mais souple qui est présente autour des cellules en croissance (cellule en division et en élongation) et qui s'agrandit avec le volume de la cellule.
- La lignine est un polymère de molécules hydrophobes résistantes et rigides. Elle s'accumule dans les cellules plus âgées et rigidifie la paroi ce qui contribue au soutien (« maintien »). De plus, la lignine peut s'accumuler pour former des cernes et épaissir les tiges et ainsi former du bois.

### **D) Les interactions avec d'autres espèces**

Les plantes sont des producteurs primaires à l'échelle de l'écosystème et elles s'intègrent donc au sein de nombreuses interactions (prédation, compétition, symbiose ...).

- Les tanins : ce sont des polyphénols issues de la voie de biosynthèse du glucose et qui ont des fonctions répulsives contre les herbivores qui les mangent. À haute dose, ils peuvent même avoir des effets toxiques sur les phytophages (en inhibant les enzymes digestives).
- Les anthocyanes : ce sont des molécules proches des pigments, qui donnent aux pétales des fleurs par exemple, des couleurs vives (roses, rouges, ou violette) qui attirent les insectes pollinisateurs.

**Bilan: 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.**

**Les cellules des plantes possèdent une paroi formée de différents composés organiques assemblés en couches superposées. La cellulose est un polymère de glucose synthétisé chez les jeunes cellules en cours de croissance. 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.**

**Certaines plantes produisent des tanins. Ils sont produits par un précurseur: le glucose. En se liant avec les protéines alimentaires ou avec les enzymes digestives du phytophage, les tanins produisent des précipités aux effets toxiques ou répulsifs. 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 (MOV) et en affichant des couleurs vives. Les fleurs roses, rouges et violettes attirent plus les insectes pollinisateurs grâce à des molécules au sein des vacuoles de leurs cellules: les anthocyanes.**

**Schéma bilan :**

