

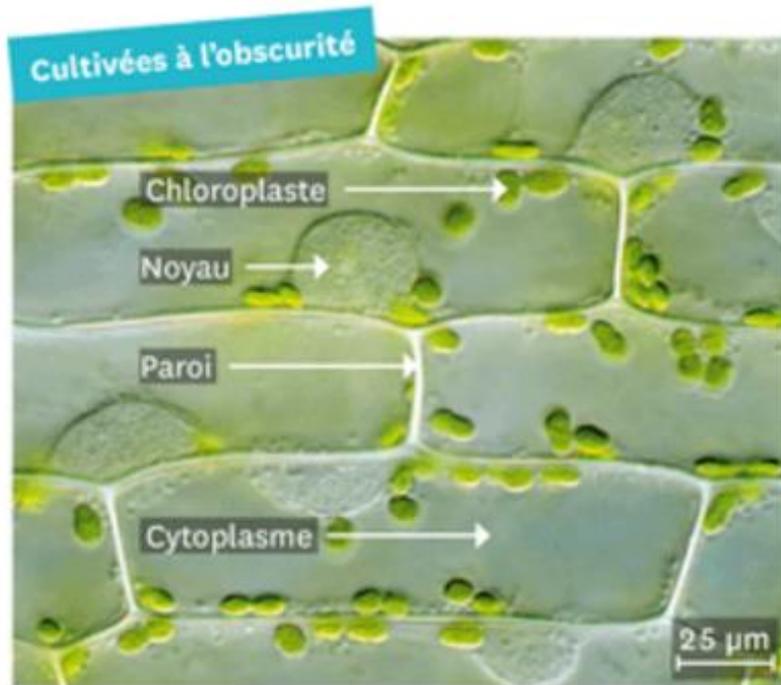
Chapitre A2 La plante, productrice de matière organique



Formuler un problème scientifique

Quelques rappels de seconde et de première ES : Le métabolisme

On cultive des cellules végétales (Elodée), durant 24 h , en présence de dioxyde de carbone à l'obscurité ou à la lumière. On observe au microscope optique les cellules colorées à l'eau iodée.



D'après SVT- Cycle 4

L'observation montre que seuls les chloroplastes sont colorés à l'eau iodée.

L'eau iodée met en évidence la présence de la matière organique (ici l'amidon polymère de glucose).

Les chloroplastes sont les lieux de synthèse de la matière organique.

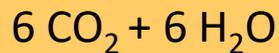
Pour produire sa matière organique (du glucose), la cellule végétale autotrophe a besoin :

- de CO₂ prélevé au niveau des feuilles ;
 - d'eau prélevée au niveau de la racine ;
 - d'énergie lumineuse captée par les chloroplastes des cellules chlorophylliennes.
- } Molécules minérales



Formuler un problème scientifique

L'équation bilan de la photosynthèse est :



Comment les cellules chlorophylliennes produisent leur matière organique (glucose : C₆H₁₂O₆) à partir de molécules minérales (CO₂ et H₂O) et d'énergie lumineuse, via le métabolisme de la photosynthèse ?

Chapitre A2 La plante, productrice de matière organique

I) Les processus biochimiques de la photosynthèse permettant la production de molécules organiques

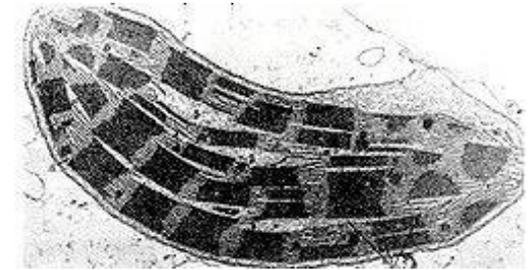
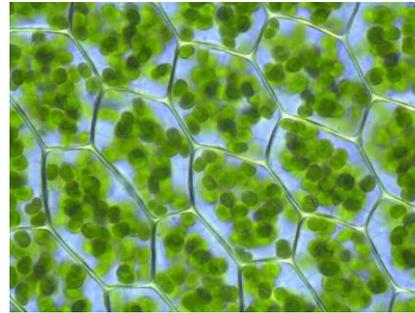
1) Le rôle de la lumière

Un organeite impliqué dans la capture de la lumière : le chloroplaste.

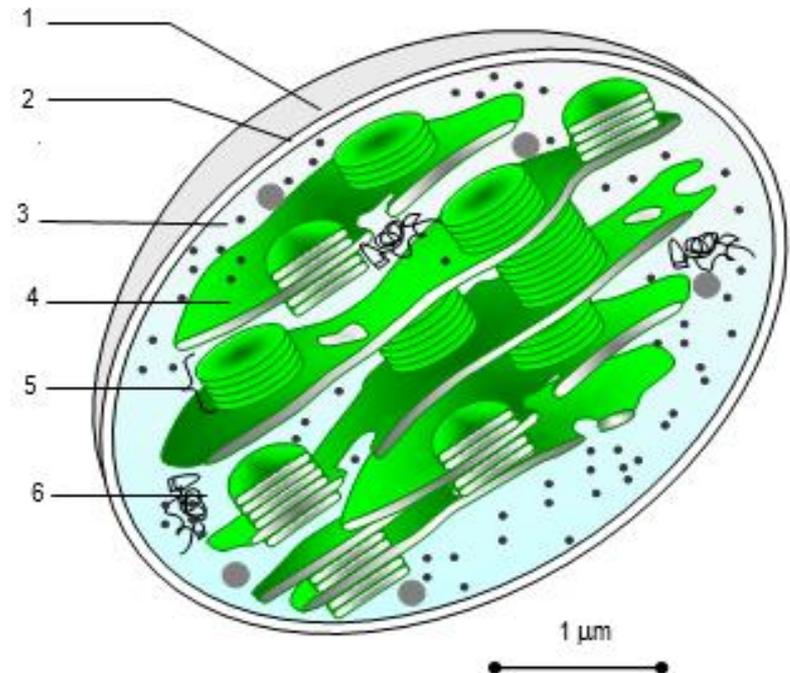
Un chloroplaste est un organeite compartimenté qui contient une membrane externe (1), une membrane interne (2) et des **thylakoïdes** (4), sacs aplatis, qui baignent dans un liquide appelé **stroma** (3). Ces thylakoïdes peuvent être regroupés en empilement ou **grana** (5).

Seules les membranes des thylakoïdes sont de couleur verte et contiennent des **pigments chlorophylliens** de plusieurs sortes.

Les chloroplastes contiennent leur propre ADN (6).



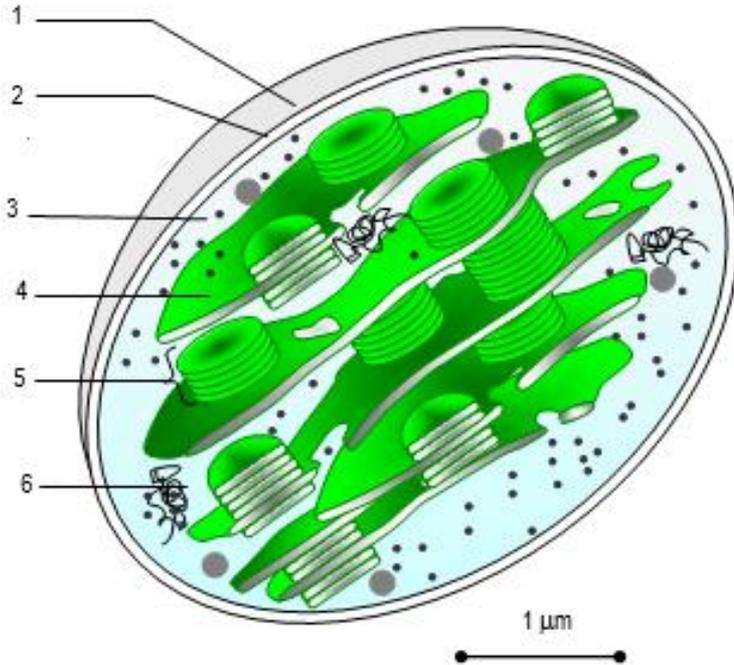
Observation de chloroplastes (MO et MET)



Représentation schématique de l'organisation structurale d'un chloroplaste.

1) Le rôle de la lumière

le chloroplaste, un organe compartimenté pour :



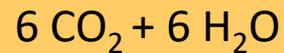
Représentation schématique de l'organisation structurale d'un chloroplaste.

Capter la lumière

Utiliser la molécule d'eau

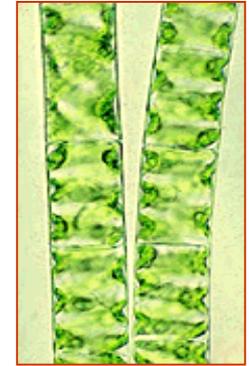
Utiliser la molécule de CO₂

Pour produire des molécules organiques

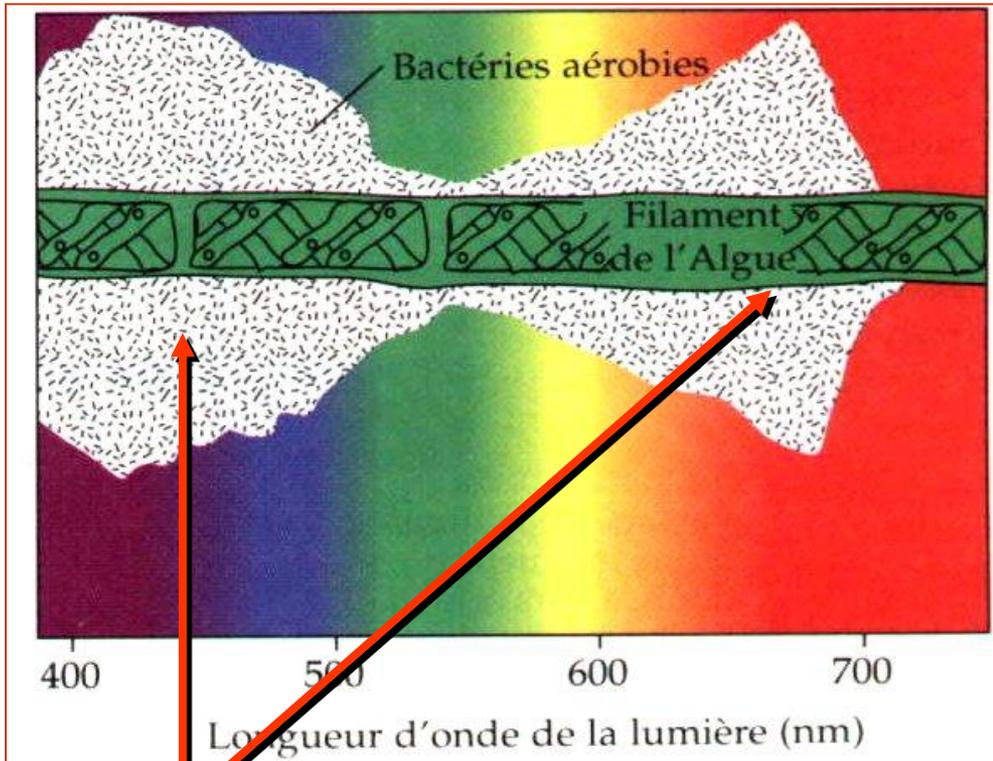


1) Le rôle de la lumière.

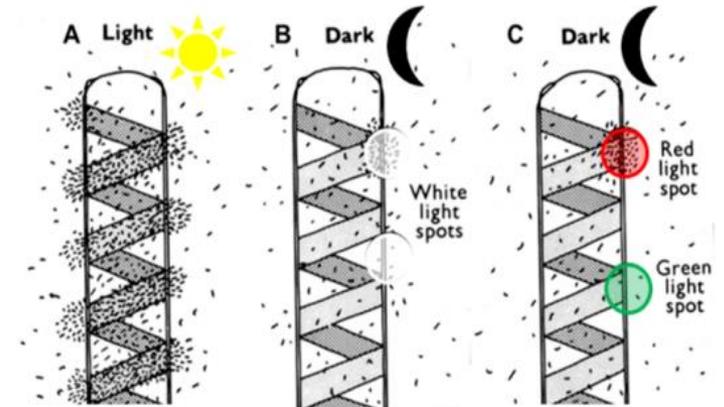
Expérience de Thomas Engelmann (années 1880)



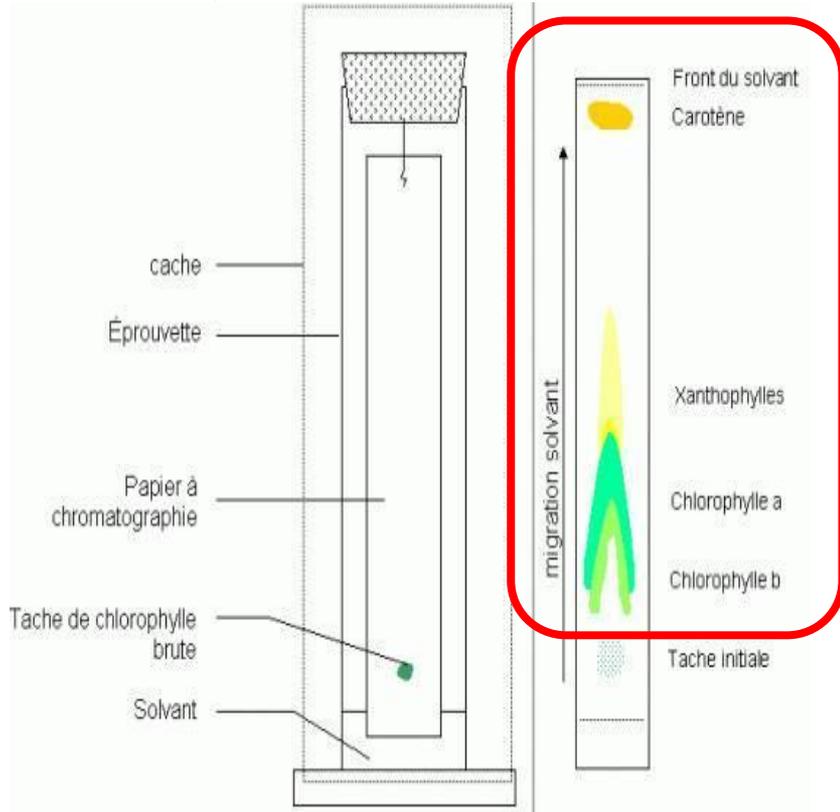
algue filamenteuse
spirogyre



Bactéries attirées par l'oxygène libéré par la photosynthèse avec lumière Violet-bleue et rouge

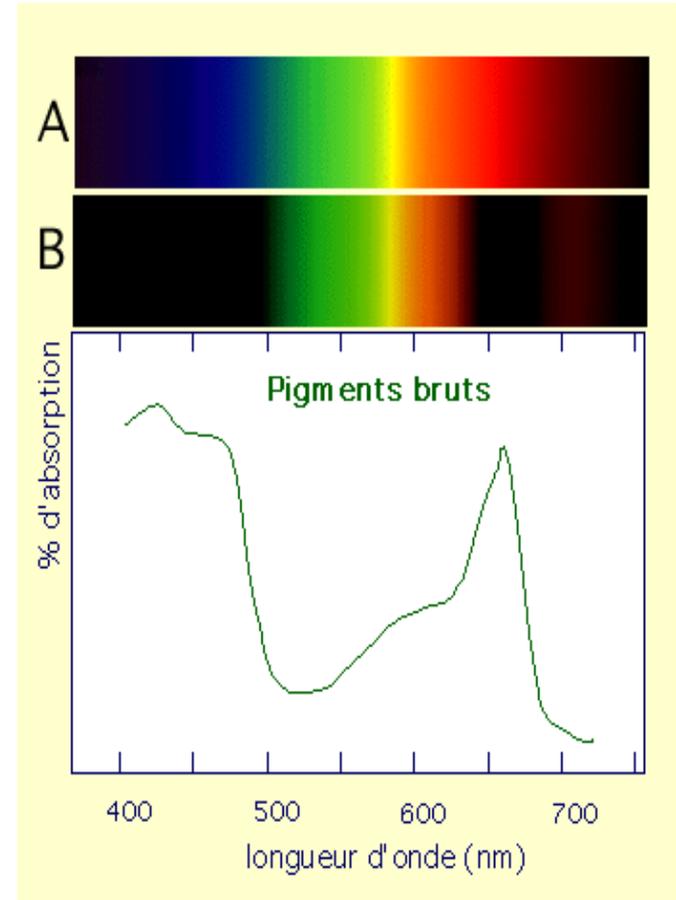


- **Séparation par chromatographie**, des différents **pigments** présents dans les chloroplastes de la feuille.



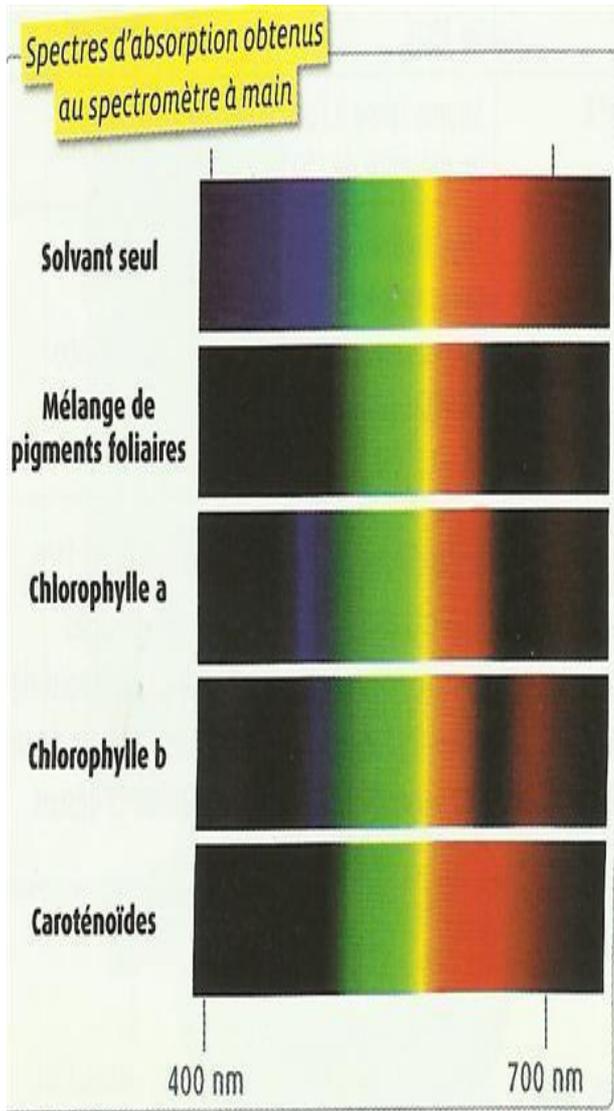
Chlorophylle brute = mélange composé d'un ensemble de molécules capables de capter la lumière : les pigments photosensibles

- **spectre d'absorption** des pigments de la chlorophylle brute:

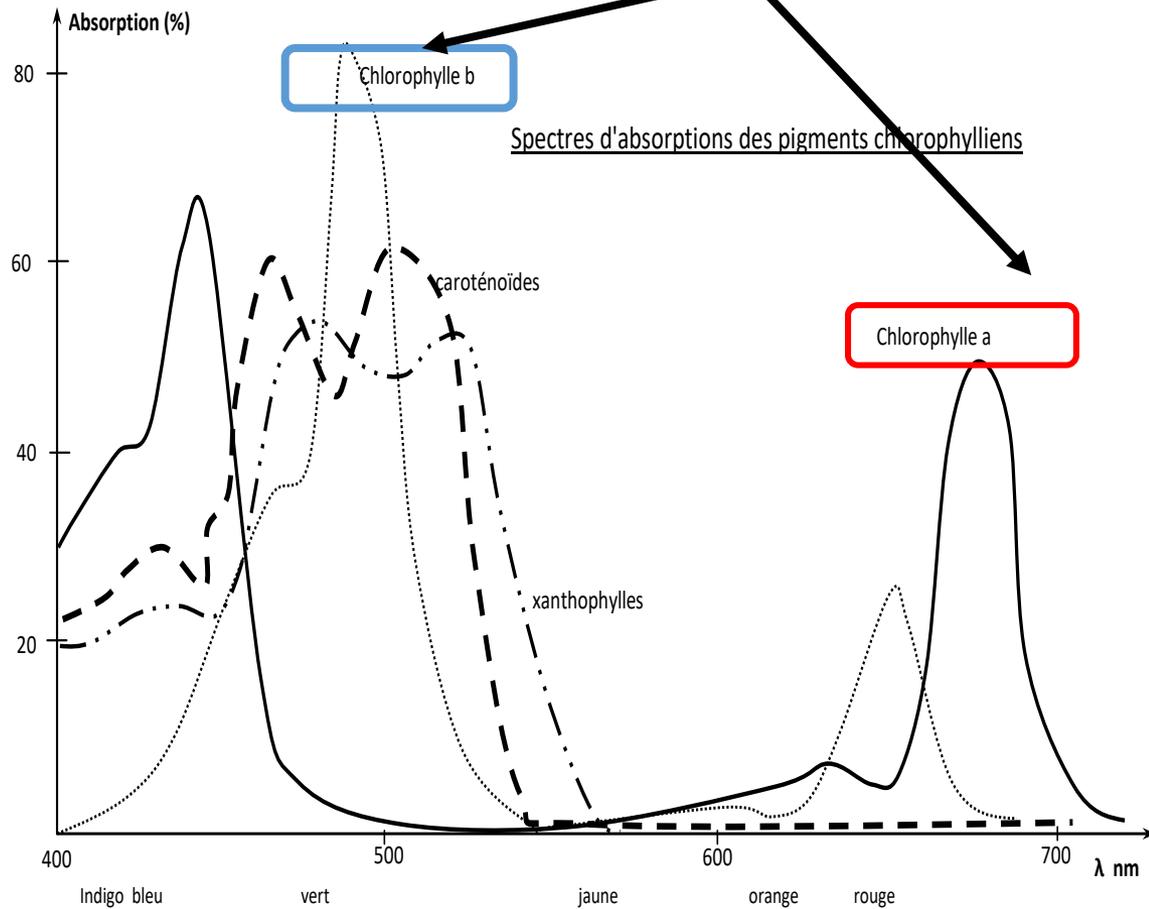


La solution de chlorophylle absorbe préférentiellement les radiations bleues et rouges.

- Comparaison au spectre de chaque pigment isolé



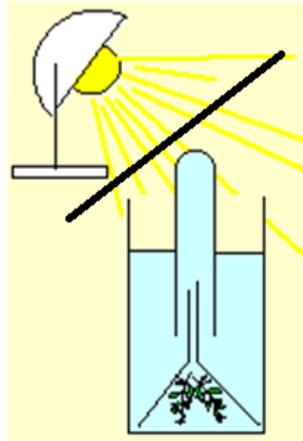
ce sont les chlorophylles a et b qui absorbent le plus dans le bleu et le rouge.



• Détermination du spectre d'action

Il correspond à l'intensité de la photosynthèse effectuée par un organisme photosynthétique, en fonction de la longueur d'onde.

Expérience :

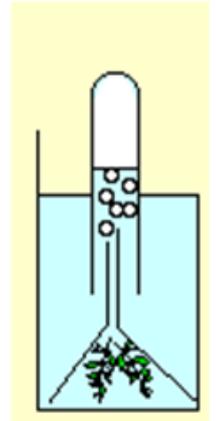


Éclairage avec filtre vert, bleu ou rouge



Mesure de la quantité de O_2 produite par la plante

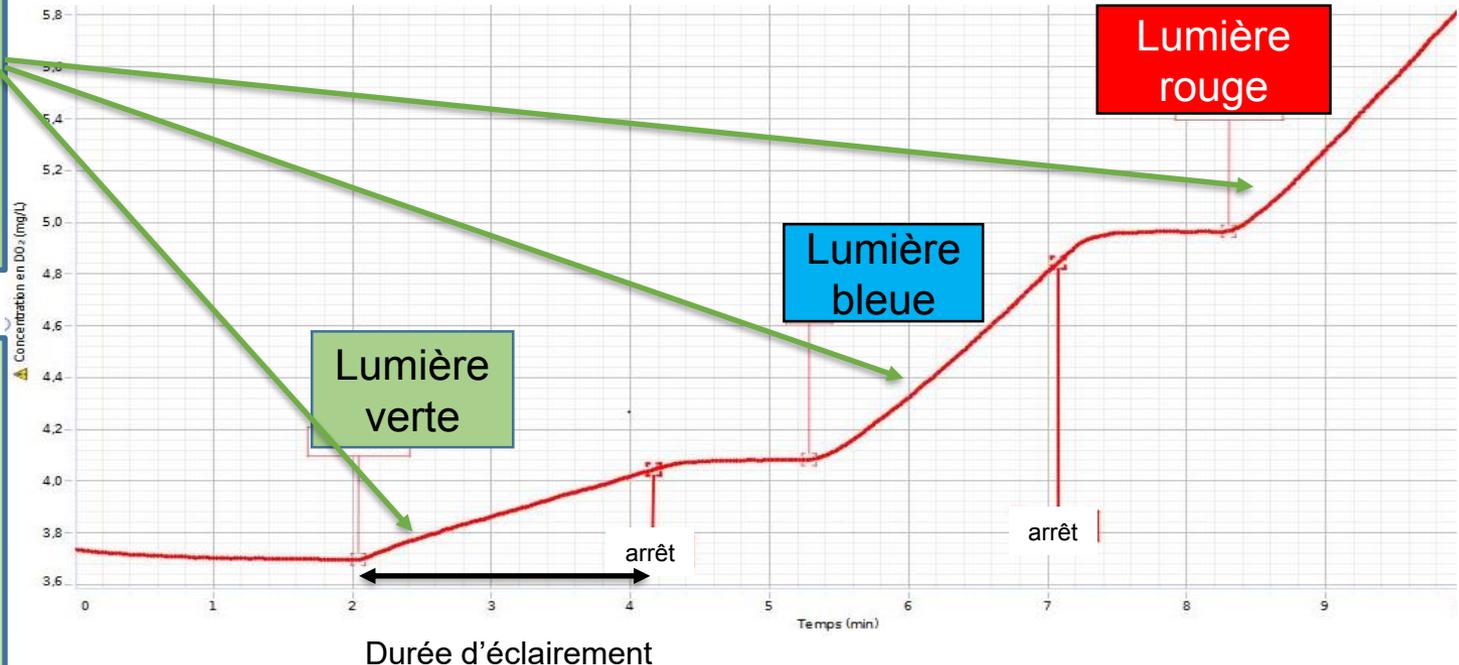
Paramètre pour évaluer l'intensité de la photosynthèse



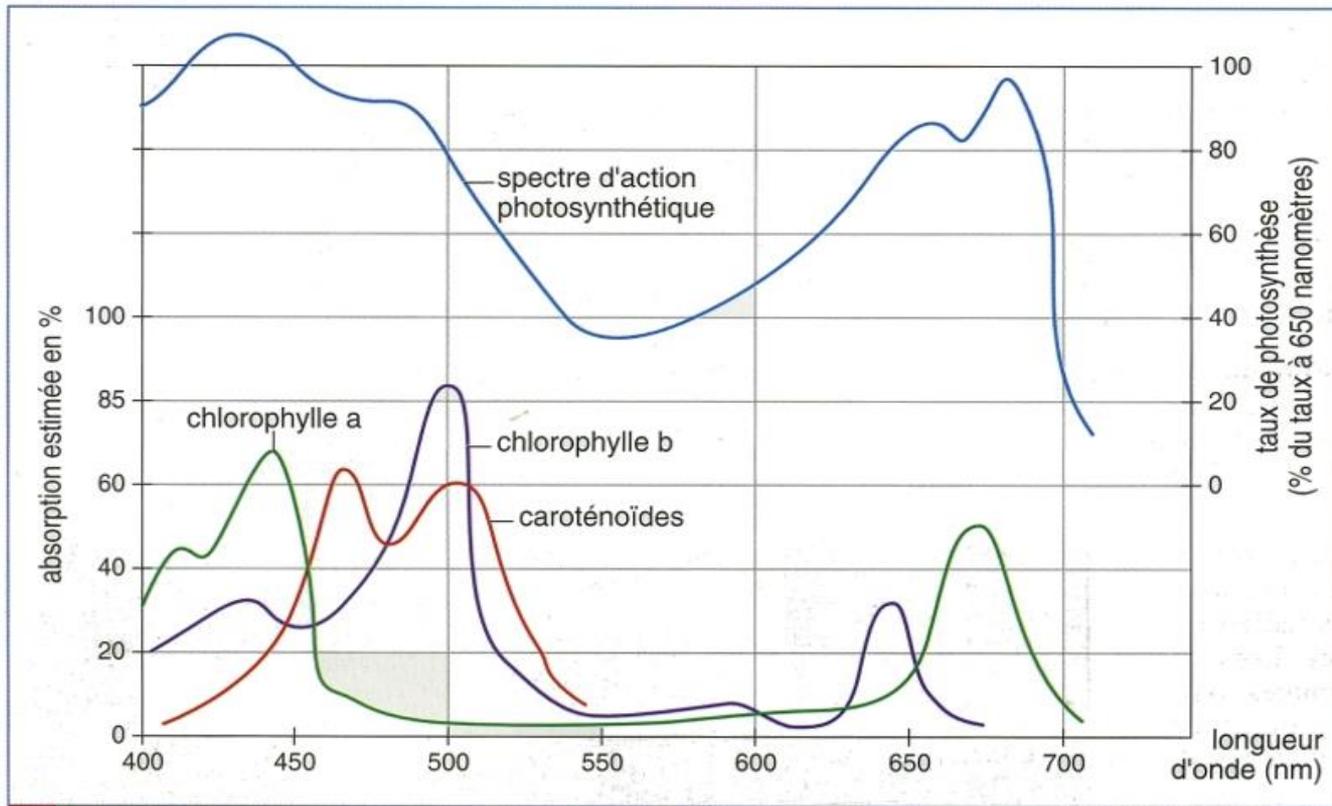
La pente des droites est plus importante lorsque la plante est éclairée avec une lumière bleue et une lumière rouge.

La quantité de dioxygène produite est alors plus importante sous ces éclairagements.

Résultats :



Comparaison du spectre d'action de la photosynthèse et du spectre d'absorption des pigments



Il existe une corrélation entre le spectre d'absorption et le spectre d'action.



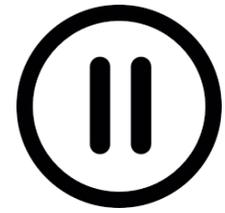
Il existe une relation de causalité entre les deux phénomènes.



L'absorption des radiations bleues et rouges (énergie lumineuse) par les pigments chlorophylliens induit la photosynthèse.

C'est pourquoi on parle de **pigments photosynthétiques**.

- La production de matière organique par la cellule végétale autotrophe nécessite de l'énergie.
- De l'énergie lumineuse est captée par les pigments contenus dans la membrane des thylakoïdes des chloroplastes.
- Seulement certaines longueurs d'ondes sont absorbées par les différents pigments. Ce sont celles qui induisent la photosynthèse : les longueurs d'onde correspondantes à la couleur violet-bleue et rouge.



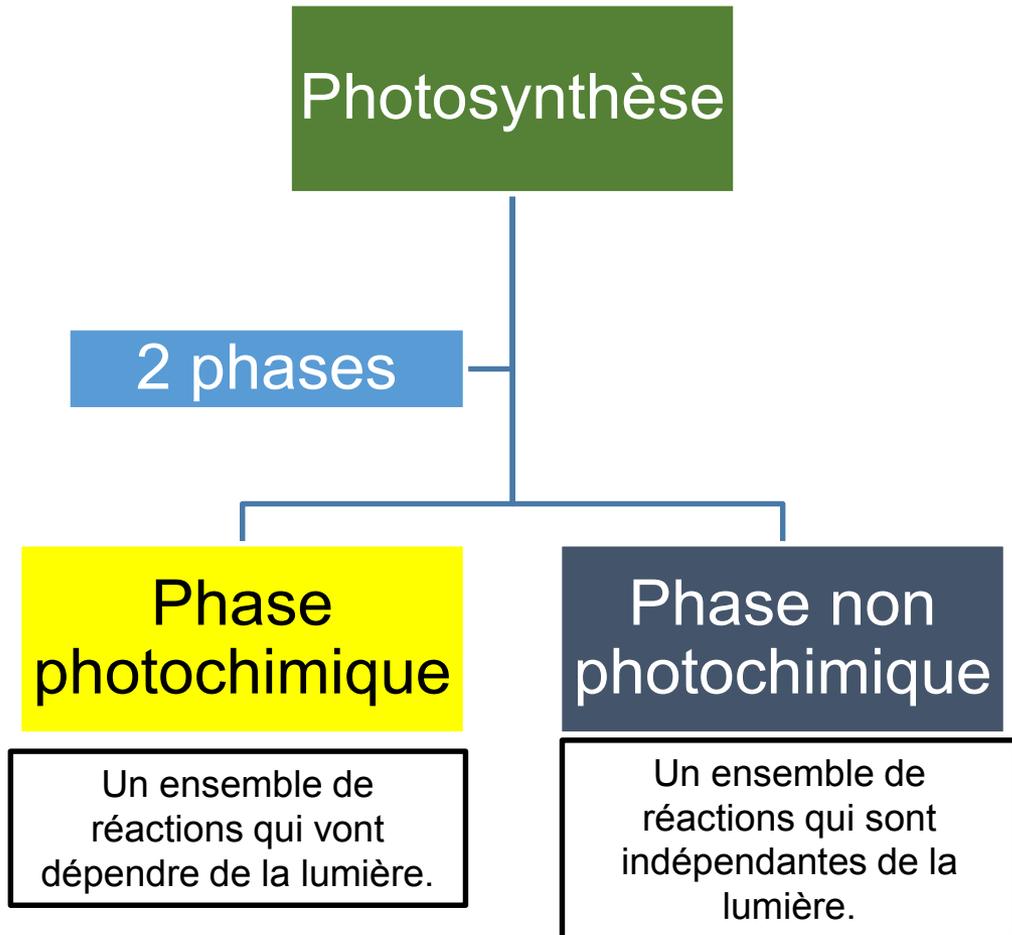
PAUSE



Les cellules végétales ne sont pas capables d'utiliser directement l'énergie lumineuse pour assurer leur métabolisme.

Comment les cellules chlorophylliennes utilisent l'énergie lumineuse pour produire leur matière organique via le métabolisme de la photosynthèse ?

2) Les réactions de la photosynthèse



VOIR TD 3



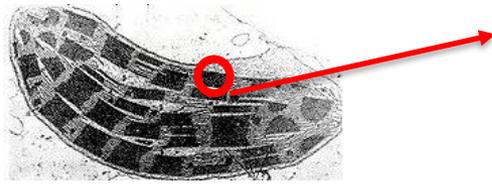
Les réactions chimiques de la phase non photochimique ont besoin d'énergie.



La phase photochimique va engendrer la production d'une « source d'énergie intermédiaire » utilisable lors de la phase non photochimique.

Un schéma pour visualiser ces mécanismes

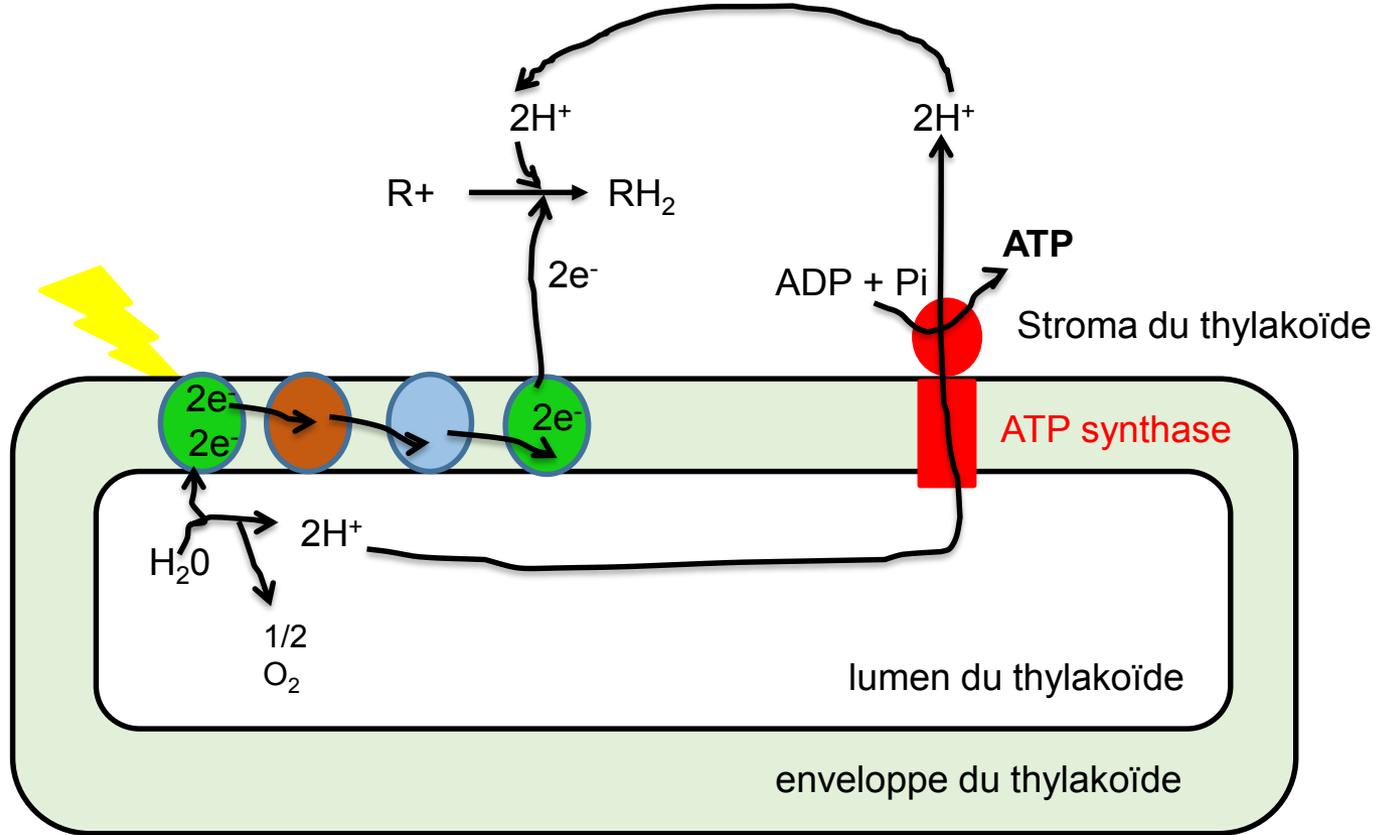
Représentation très schématique des processus se déroulant au sein d'un thylakoïde au cours de la phase photochimique



Le surplus d'énergie issue de la lumière engendre une perte d'électrons de la part de la chlorophylle.

Ces électrons sont transférés de transporteur en transporteur jusqu'à une molécule réceptrice finale.

- La photolyse de l'eau engendre :
- Le transfert d'électrons à la molécule de chlorophylle ;
 - une accumulation dans le lumen de protons (H^+)



Un déchet de ce métabolisme : le dioxygène.

La différence de concentration en H^+ entre le lumen (trop de H^+) et le stroma (moins de H^+) va être à l'origine d'un flux du lumen vers le stroma à travers une molécule membranaire nommée : ATP synthase.

L'énergie issue du flux de H^+ est alors transférée à une molécule nommée ATP

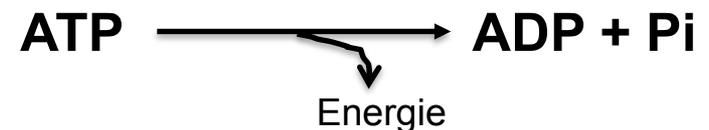
b) La synthèse de matière organique dans le stroma par incorporation du CO₂ atmosphérique

- **ne nécessite pas directement la lumière** mais nécessite la présence de **molécules intermédiaires réduites et ATP** produites lors de l'exposition à la lumière (phase photochimique).

Car la phase chimique est un ensemble de réactions qui nécessite des transferts d'électrons.

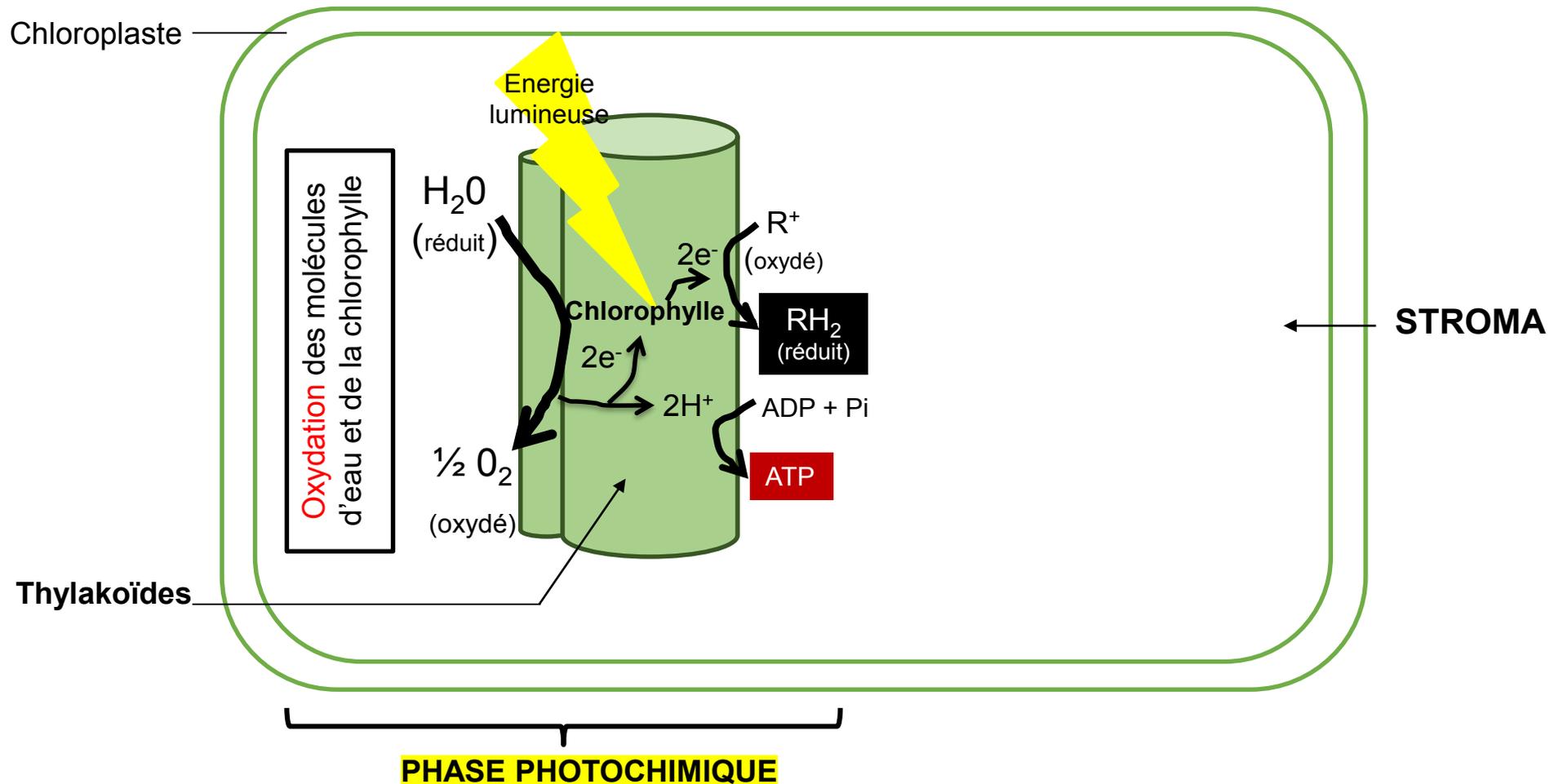
Car la phase chimique est un ensemble de réactions qui nécessite de l'énergie (emmagasinée dans les liaisons de la molécule d'ATP).

Lorsque les liaisons de cette molécule sont rompues, cela engendre une libération d'une grande quantité d'énergie.



La synthèse de matière organique dans le stroma par incorporation du CO₂ atmosphérique

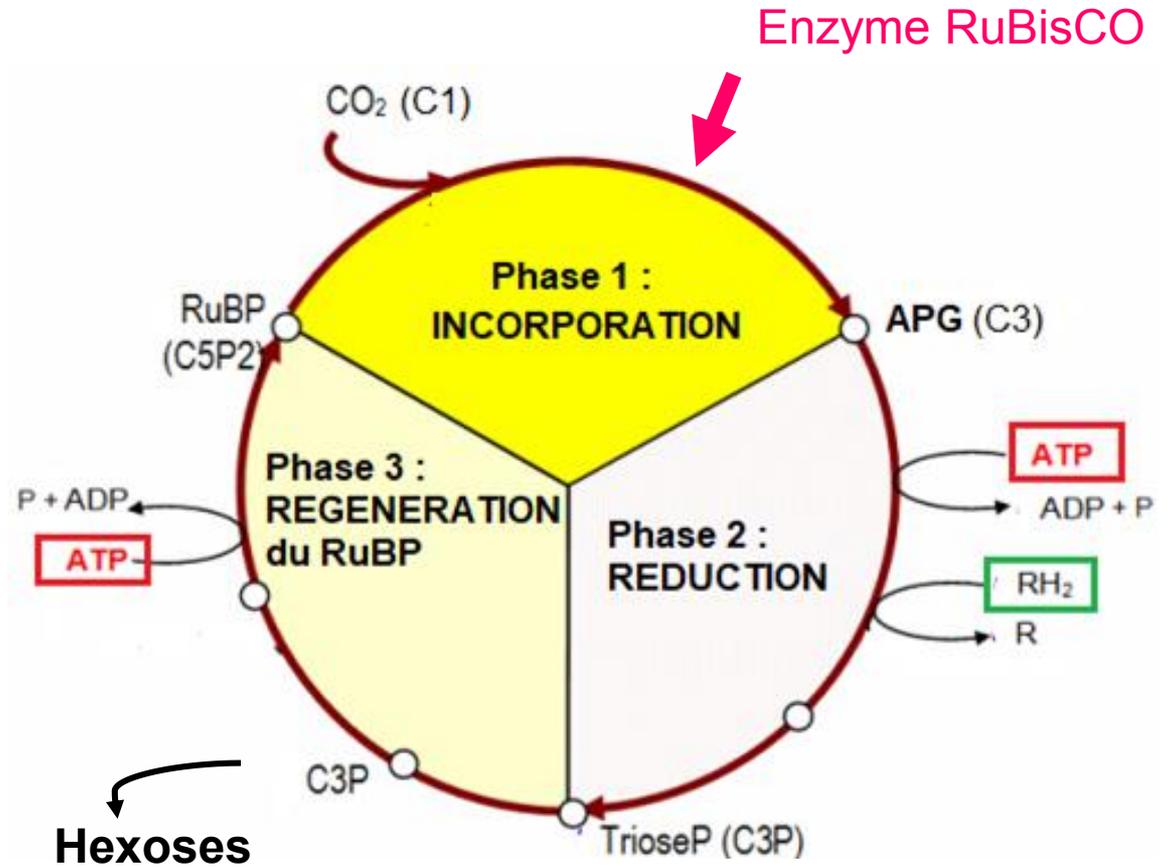
- ne nécessite pas directement la lumière mais nécessite la présence de **molécules intermédiaires réduites et ATP** produites lors de l'exposition à la lumière (phase photochimique).



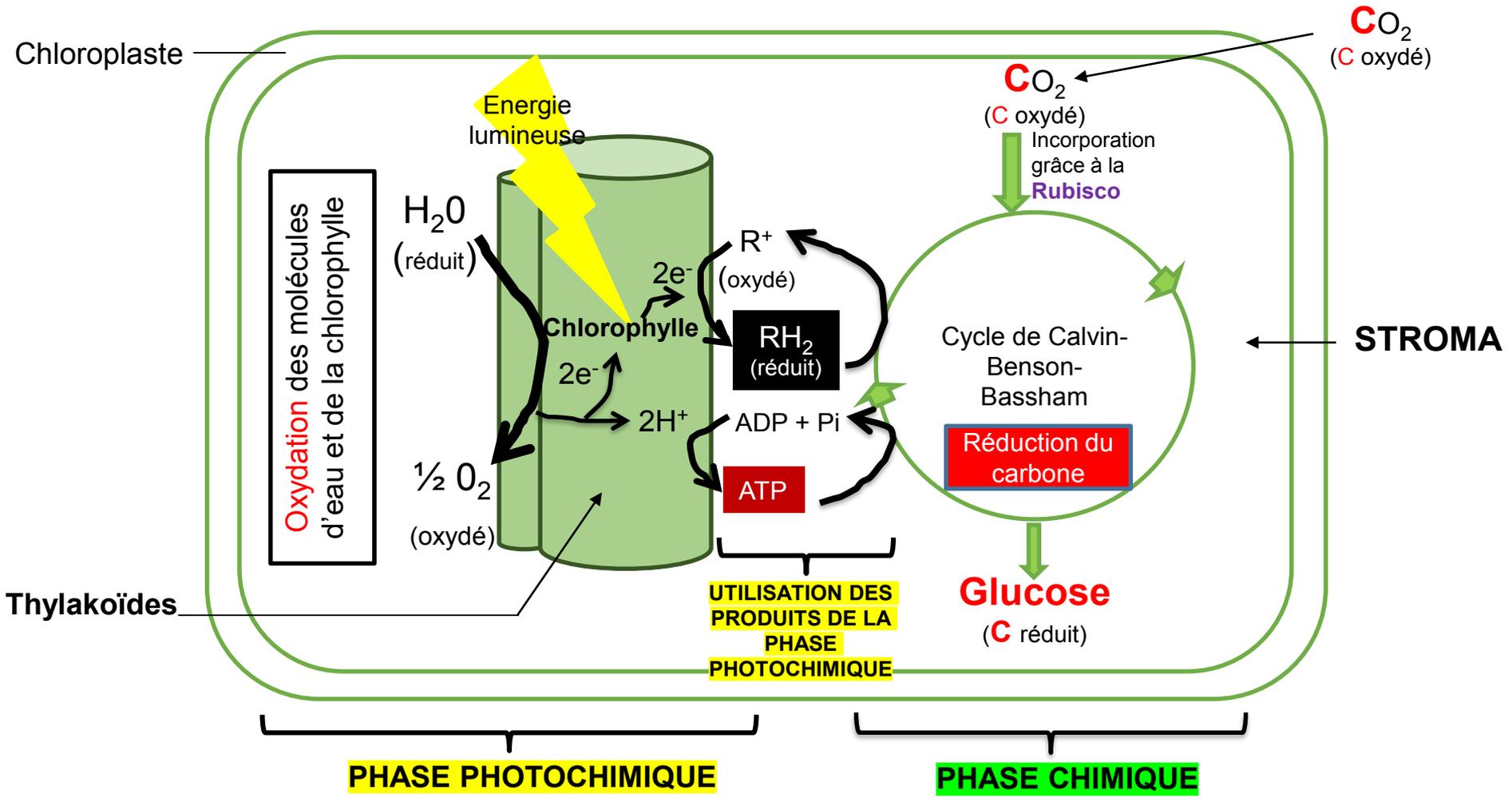
La synthèse de matière organique dans le stroma par incorporation du CO₂ atmosphérique

- implique un cycle de réactions : le cycle de Calvin-Benson-Bassham ainsi que des enzymes, dont la **RuBisCO** (Ribulose Bisphosphate Carboxylase-Oxygénase)

- permet également de régénérer les molécules oxydées et l'ADP essentiels au déroulement de la phase photochimique.



Les principales étapes du cycle de Calvin, Benson et Bassham



Équation générale de la photosynthèse

Précisément :



Plus précisément encore



Plus précisément encore



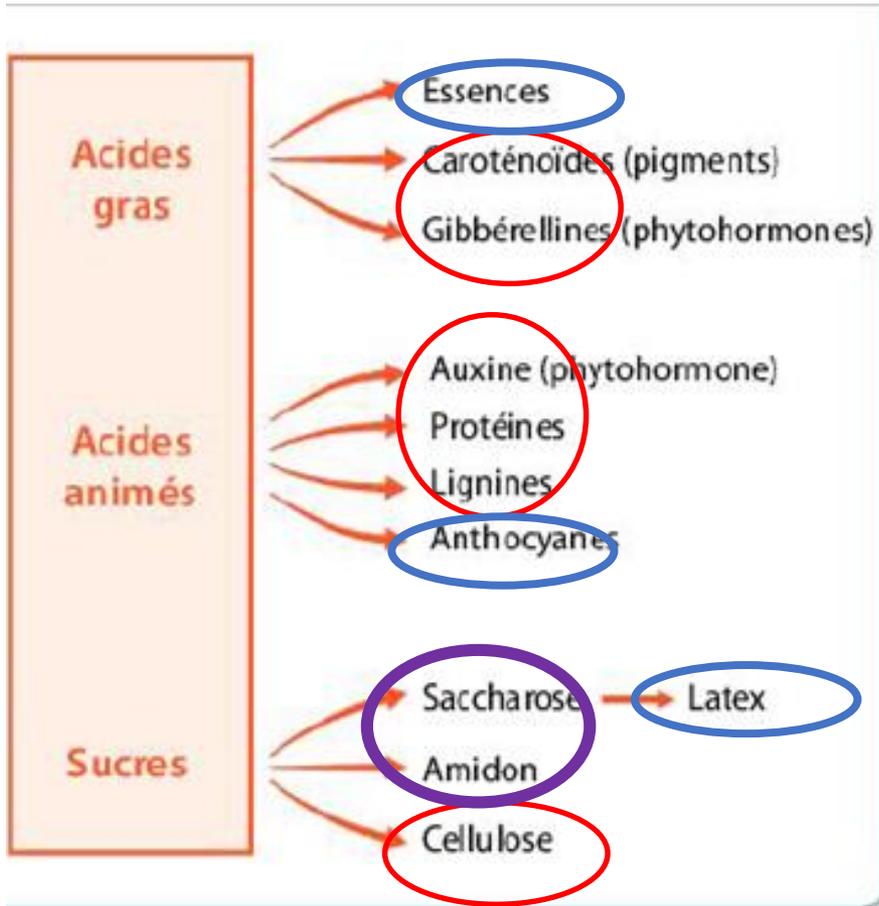
Chapitre A2 La plante, productrice de matière organique

II) Les fonctions biologiques des molécules organiques produites par la photosynthèse



Formuler un problème scientifique

En quoi la production de certaines molécules est une réponse à la vie fixée ?



Une grande diversité de molécules constitue les plantes.

Certaines sont des molécules structurales et/ou fonctionnelles qui permettent l'édifice et/ou le fonctionnement de la plante.

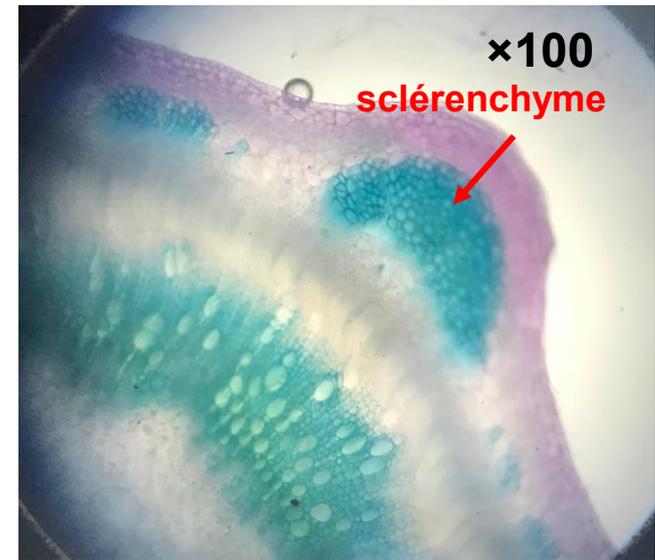
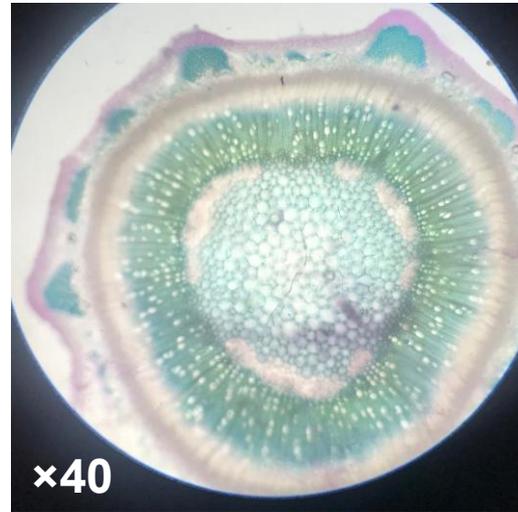
D'autres sont impliquées dans la production de matière et d'énergie.

Certaines molécules jouent des rôles en réponse à la vie fixée.

II) Les fonctions biologiques des produits de la photosynthèse

1) Croissance et maintien

Coupe transversale de tige de Verveine colorée au carmino-vert d'iode comportant des « pointes » de sclérenchyme en périphérie



Le **sclérenchyme** est un tissu de soutien des organes ayant terminé leur croissance. Il est composé d'un ensemble de cellules mortes à parois de **lignine** (molécule), épaisses. La lignine se colore en vert après action du carmin-vert d'iode.



Coupe transversale de tige de sureau colorée au carmino-vert d'iode sans sclérenchyme

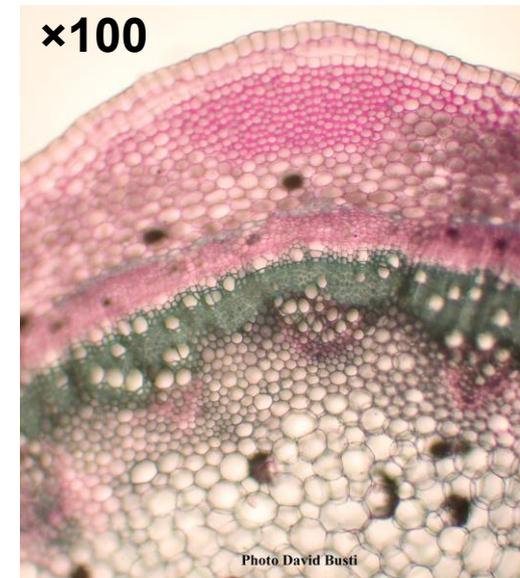


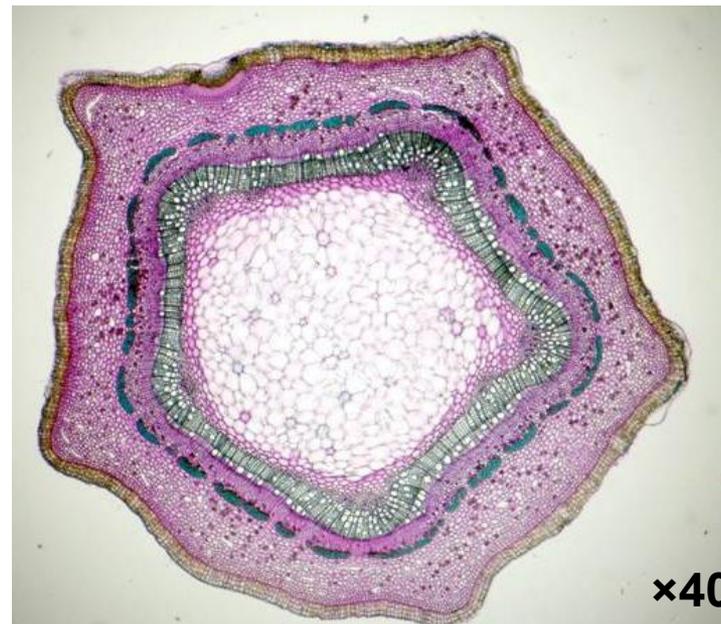
Photo David Busti

Photo David Busti

II) Les fonctions biologiques des produits de la photosynthèse.

1) Croissance et maintien

Coupe transversale de tige de peuplier jeune colorée au carmino-vert d'iode comportant une « ceinture » de sclérenchyme

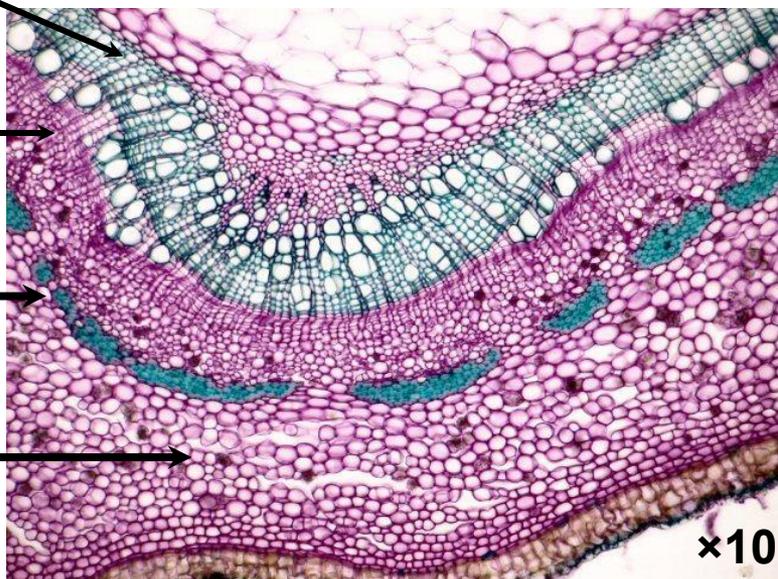


Tissu de xylème
constitué de lignine

Tissu de phloème
constitué de cellulose

Tissu de
sclérenchyme
constitué de lignine

Tissu de parenchyme
constitué de cellulose



Cellulose dans les cellules en
élongation = **maintien et
croissance**

Lignine dans les cellules ayant
terminé leur croissance =
maintien et rigidité



**Adaptation aux contraintes du
milieu atmosphérique et à la vie
fixée**

Livre page 141:
expliquer les
caractéristiques des
mutants cadc et cadd
d'Arabidopsis thaliana

Le gène **cad** semble être impliqué dans la mise en place des tissus de soutien et donc du maintien du port de la plante.

b Croissance de différents plants d'*Arabidopsis thaliana*

Une étude est menée sur des plants d'*Arabidopsis thaliana* présentant diverses mutations de gènes codant pour des enzymes impliqués dans la synthèse des monolignols.

Parmi ces gènes, *F5H* (ferulate 5-hydroxylase), *C4H* (cinnamate 4-hydroxylase) et *cad* (cinnamyl alcool déshydrogenase, dont *cadc* et *cadd*).



① Plant sauvage



② *cadc cadd*



③ *cadc cadd C4H-F5H*

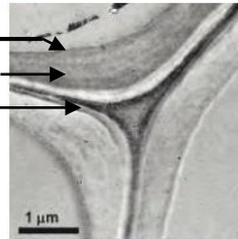
Agrandissement

On sélectionne les informations

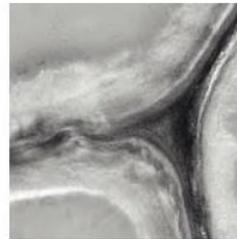
Le double mutant *cadc cadd* présente une taille équivalente au plant sauvage, mais sa tige est molle. Le triple mutant *cadc cadd C4H-F5H* est nain et stérile.

c Ultrastructure de la paroi cellulaire des cellules adjacentes au xylème

Membrane plasmique
 paroi
 Lamelle moyenne



① Plant sauvage



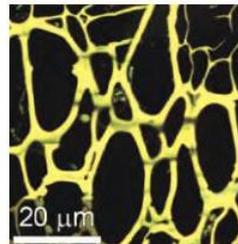
② *cadc cadd*



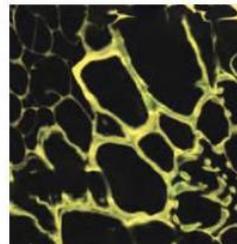
③ *cadc cadd C4H-F5H*

La double mutation du gène engendre une désorganisation de la paroi des cellules.

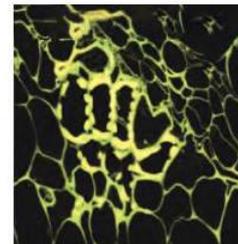
d Structure du tissu vasculaire



① Plant sauvage



② *cadc cadd*



③ *cadc cadd C4H-F5H*

La double mutation du gène engendre une production de lignine perturbée ou absente.

Le gène **cad** est impliqué dans la voie de biosynthèse de la lignine → molécule issue de la transformation de produits de la photosynthèse. Elle permet le maintien et la rigidité de la plante.

2) Stocker la matière organique.

Livre page 150

11 Les produits de la photosynthèse chez une algue

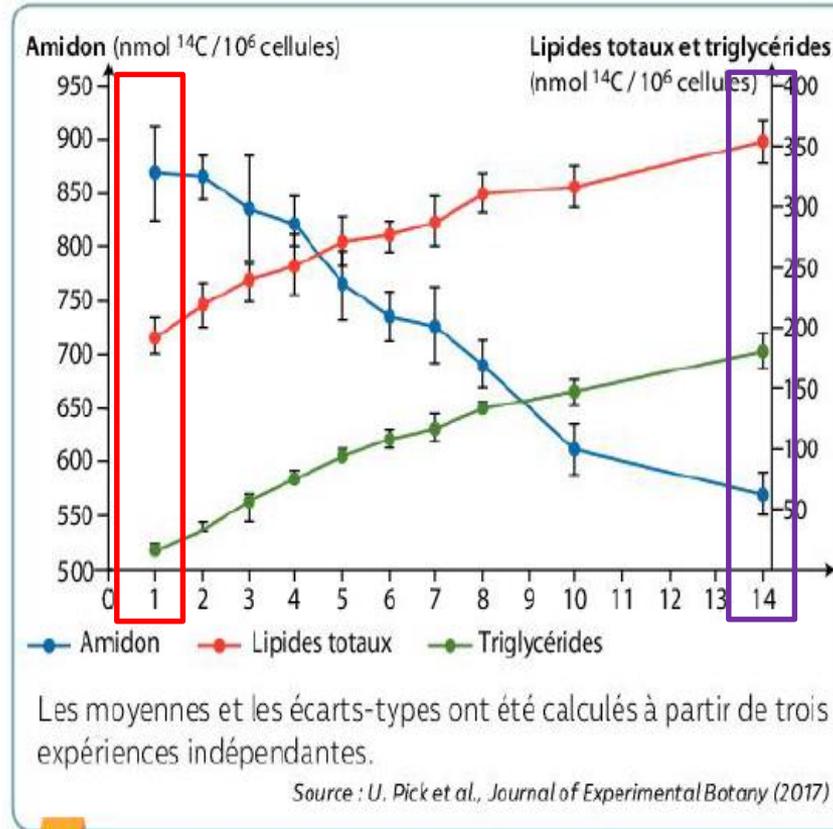
Le glucose résultant de la réduction du CO_2 est en grande partie stocké sous forme d'amidon qui s'organise en grains dans le chloroplaste.

Dans le but d'optimiser la production de triglycérides* par les algues *Dunaliella tertiolecta*, une équipe scientifique souhaite établir les liens entre les biosynthèses des triglycérides, de l'amidon et des autres lipides dans cette algue. Pour cela, ils cultivent l'algue pendant 24h dans un milieu enrichi en ^{14}C , procèdent à plusieurs rinçages avant de les replacer dans un milieu non enrichi en ^{14}C pendant 14 jours. Chaque jour, la teneur en ^{14}C dans différents types de molécules des algues est mesurée.

*constituants principaux des graisses animales et de l'huile végétale.

Saisir des informations, les mettre en relation, raisonner, communiquer

Étudier et interpréter les résultats pour établir des liens entre les biosynthèses.



1 Teneur en ^{14}C dans trois types de molécules au cours du temps

Au départ, c'est la molécule de CO_2 qui est radioactive.



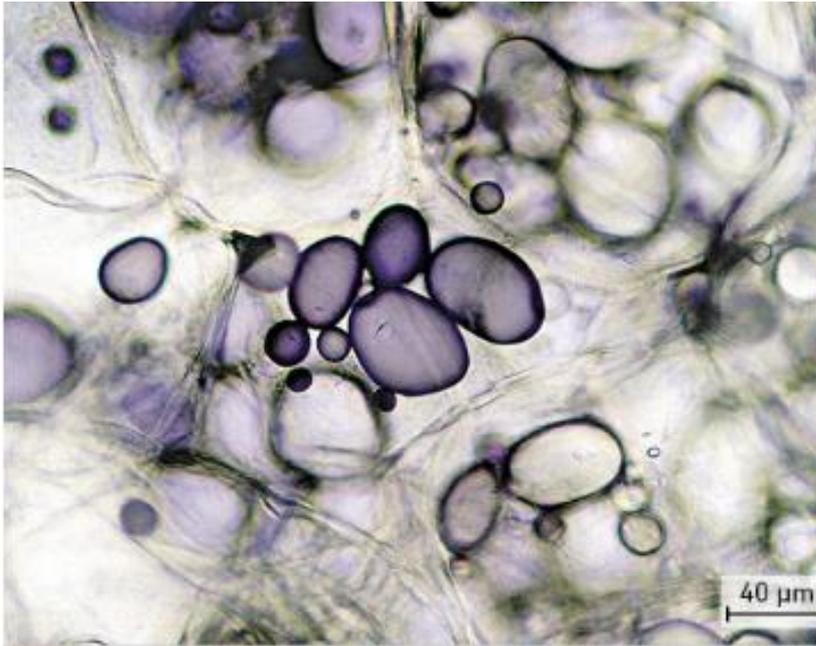
Jour 1, la radioactivité est présente principalement dans l'amidon.

Diminution de la quantité d'amidon dans la cellule et augmentation de la quantité de lipides au cours du temps.

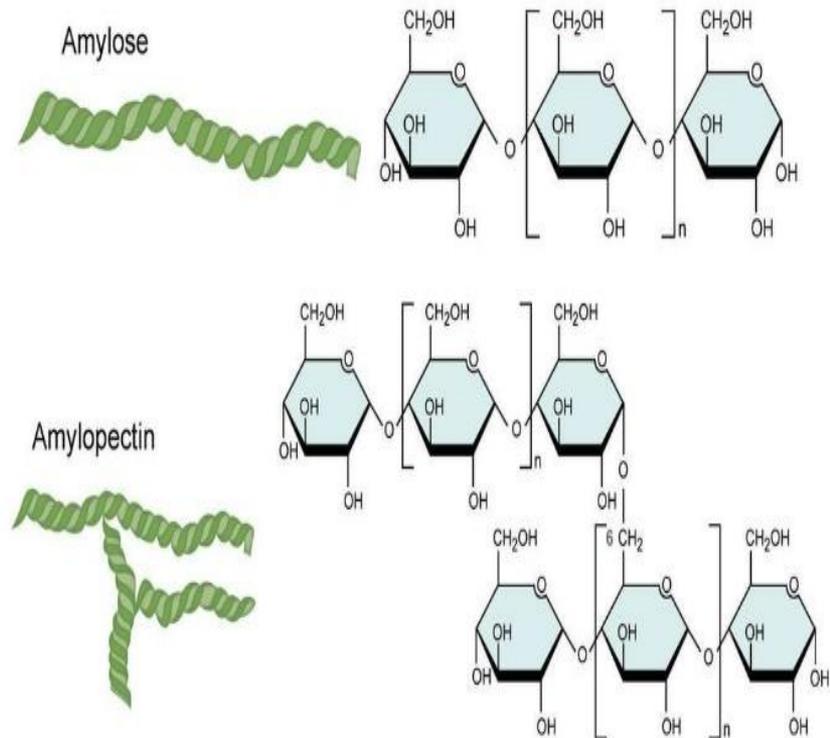
Jour 14, la radioactivité est présente principalement dans les lipides.

La photosynthèse permet la production de glucose à partir de CO_2 qui va être temporairement stocké dans le chloroplaste sous forme d'amidon. Au cours du temps, cet amidon est transformé en molécules utiles pour l'algue, comme les triglycérides.

La molécule d'amidon



Cellules de tubercules de pomme de terre observées au microscope après coloration à l'eau iodée.



<https://www.futura-sciences.com/>

Molécules composant l'amidon

Amidon : fonction de réserve

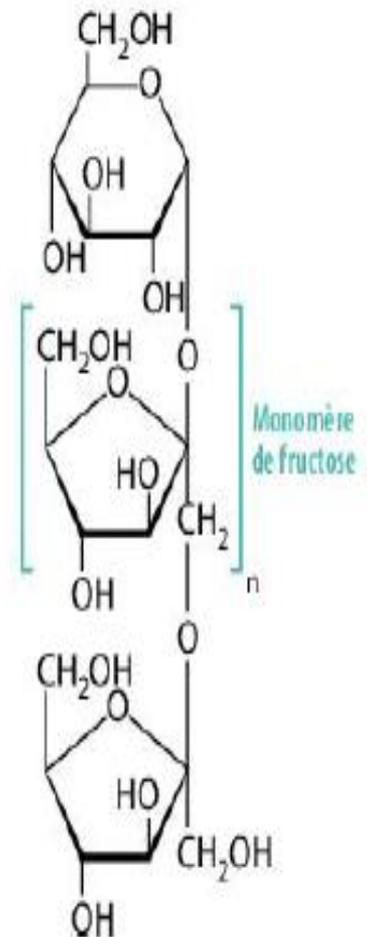
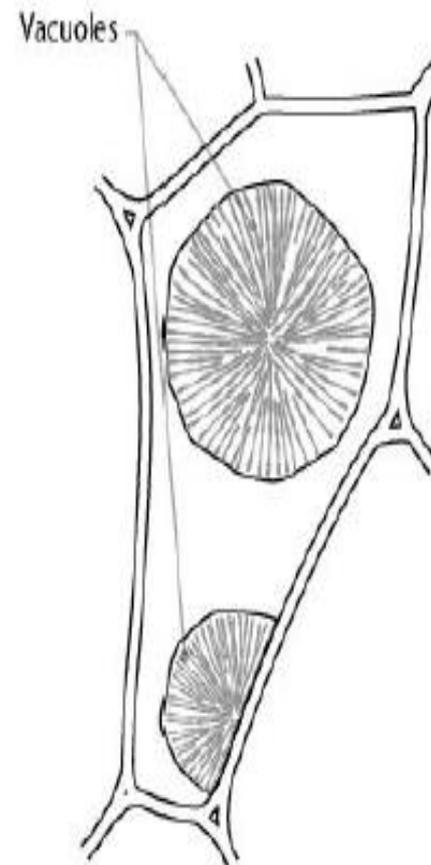
Autre forme de réserves glucidique : l'Inuline

L'inuline, une autre forme de stockage



Le test au Lugol s'avère négatif sur un échantillon de Topinambour ou de tubercule de Dahlia : la molécule de réserve glucidique n'est pas l'amidon mais l'inuline. Cette molécule est stockée dans les vacuoles.

Il est possible de la visualiser en conservant des coupes de Topinambour dans de l'alcool à 80 %. En effet, l'alcool retire l'eau de la vacuole par osmose et l'inuline précipite sous forme de cristaux. Une analyse biochimique a permis d'établir que l'inuline est un polysaccharide composé essentiellement de fructose.

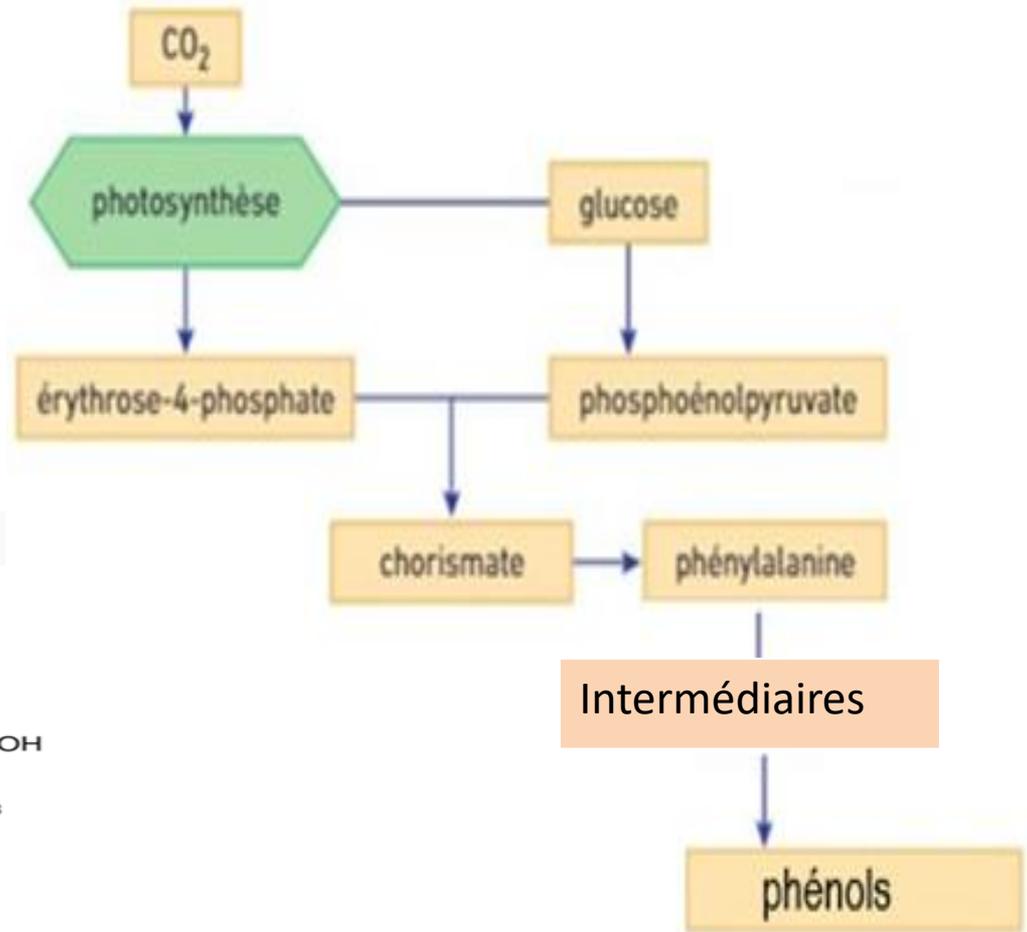
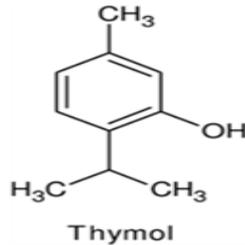
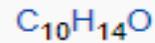


3) Interaction avec d'autres espèces :

❖ La molécule de Thymol



Essences de Thymol de Thym



Thymol : fonction de défense (fongicide)

Synthèse des composés phénoliques

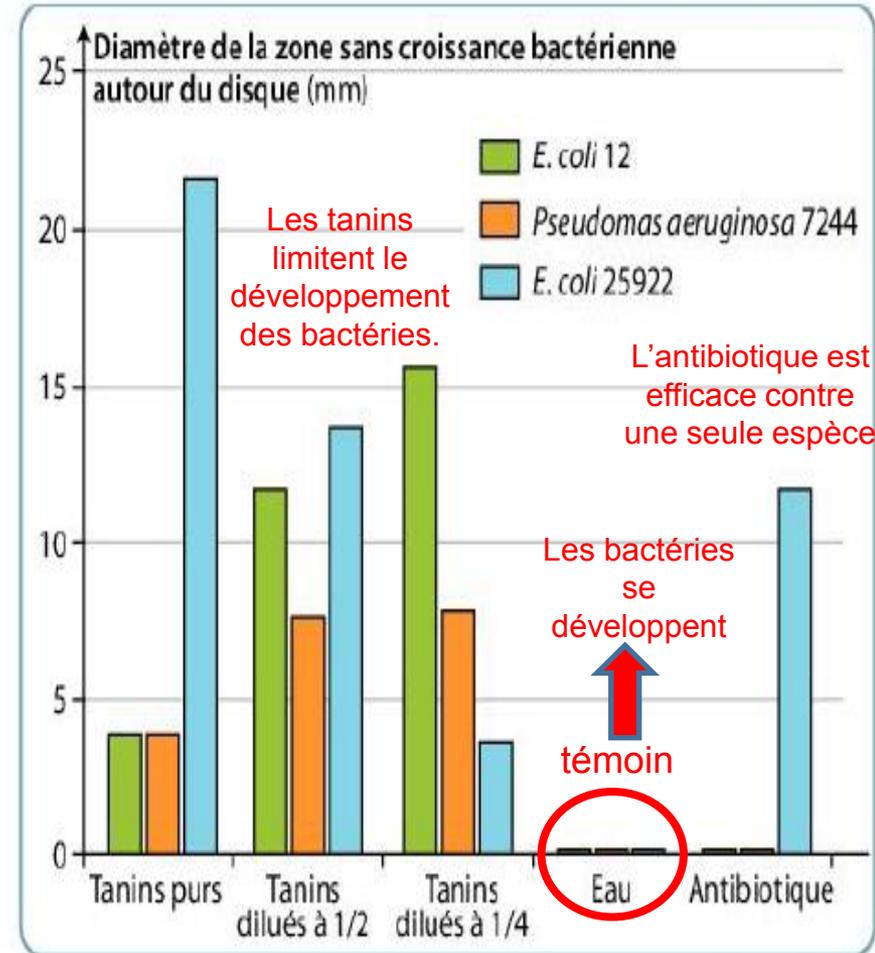
10 Effet de tanins sur quelques souches bactériennes

On souhaite tester les propriétés antibactériennes des tanins de Marrube blanc, une plante herbacée de la famille des Lamiacées. Les tanins des feuilles sont extraits et mis en contact avec différentes souches de bactéries.

La technique de diffusion sur milieu solide utilisée est comparable à celle de l'antibiogramme. Des disques stériles de papier sont plongés dans les produits à tester (tanins purs, tanins dilués à 1/2, tanins dilués au 1/4, antibiotique, eau) puis placés sur une gélose préalablement inoculée avec une souche bactérienne (parmi les 3 testées). Les boîtes sont incubées à une température de 37°C pendant 18 à 24 heures.

Analyser un graphique, interpréter des données expérimentales, communiquer dans un langage scientifiquement correct

Montrer que les tanins de Marrube blanc présentent des propriétés antibactériennes.



L'efficacité des tanins contre une espèce de bactérie dépend de sa concentration dans le milieu.

Source : à venir

5 Comparaison de quelques paramètres sur des feuilles de chêne *Quercus robur*

Des chercheurs ont évalué les dommages causés par divers insectes **phytophages** sur les feuilles de chênes adultes ou jeunes. Ils ont ensuite évalué dans ces feuilles les concentrations en lignine (tissu rigide) et en **tanins**, dérivés secondaires de la photosynthèse connus pour leurs caractéristiques **astringentes**, voire toxiques pour certains insectes.

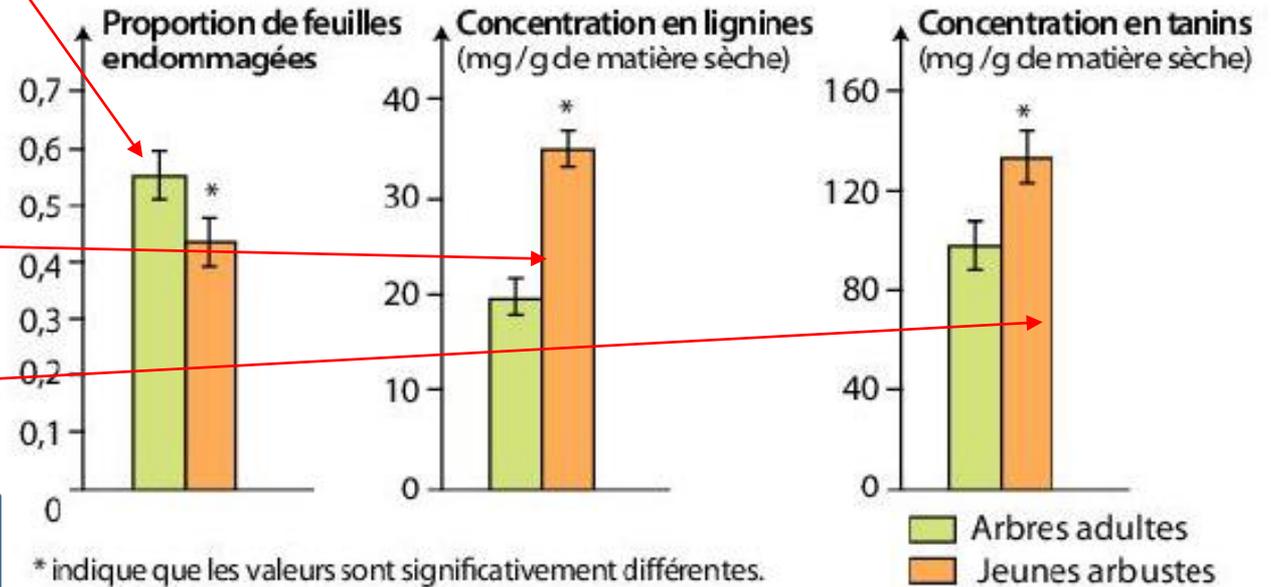
Proportion de feuilles endommagées plus importante chez les arbres adultes que jeunes.

Comment expliquer cela ?

La lignine est plus concentrée chez les feuilles d'arbres jeunes que chez celles des adultes.

Les tanins sont plus concentrés chez les feuilles d'arbres jeunes que chez celles des adultes.

Les tanins sont des molécules issues de la transformation des produits de la photosynthèse. Ils permettent à la plante de se défendre.



Source : Nature

Ne pas oublier de donner des valeurs significatives lors de la comparaison !

3) Interaction avec d'autres espèces :

Les anthocyanes (comme les tanins) appartiennent à la famille des flavonoïdes. Elles résultent de transformations complexes à partir du glucose, reposant sur des enzymes spécifiques. Ce sont des pigments bleus, rouges ou pourpres présents dans beaucoup de fleurs et de fruits (A), mais aussi parfois dans les feuilles et les racines. Elles prennent différentes couleurs en fonction de leur formule (B) mais aussi de paramètres comme le pH.

Quelle est l'origine des anthocyanes?

Les **anthocyanes** sont des molécules qui dérivent des produits de la photosynthèse (glucose). La présence de nombreuses **enzymes** induit la synthèse des anthocyanes à partir d'un produit de la photosynthèse = le glucose.



A Fruits et fleurs riches en anthocyanes.



Les radicaux R peuvent être des hydroxyles (-OH) ou des méthoxyles (-OCH₃). R³ est en général un sucre (glucose par exemple).

B Formule générale des anthocyanes. Selon la nature des radicaux, on distingue six types de pigments, de couleurs différentes.

Expliquer l'un des rôles des anthocyanes

Afin d'étudier les interactions mutualistes* entre plantes et insectes pollinisateurs, des observations et mesures ont été menées sur deux variétés de pétunias :

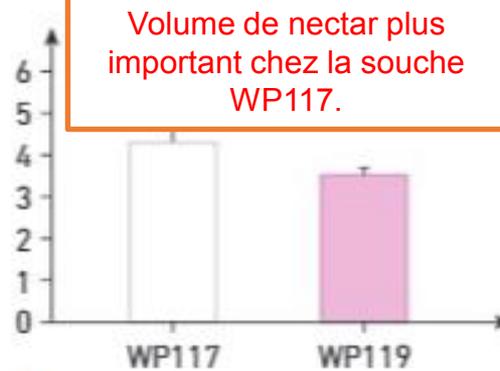


Différence entre les 2 =

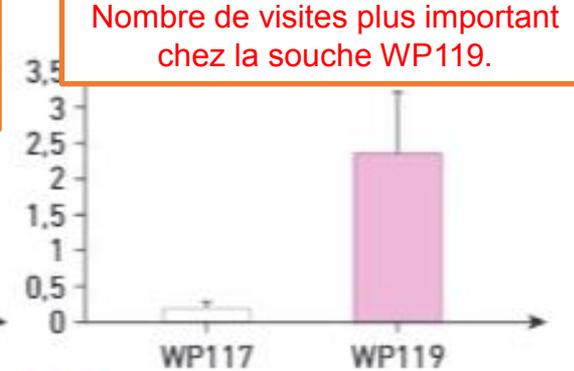
WP117 possède un allèle responsable d'une faible production d'anthocyanes.



WP19 possède un allèle responsable d'une production importante d'anthocyanes.



C Volume de nectar présent dans une fleur (en µL).



D Nombre de visites d'hyménoptères* (par fleur et par heure).



E Gouttelette de nectar (jus sucré produit par la fleur, et dont se nourrissent les insectes).

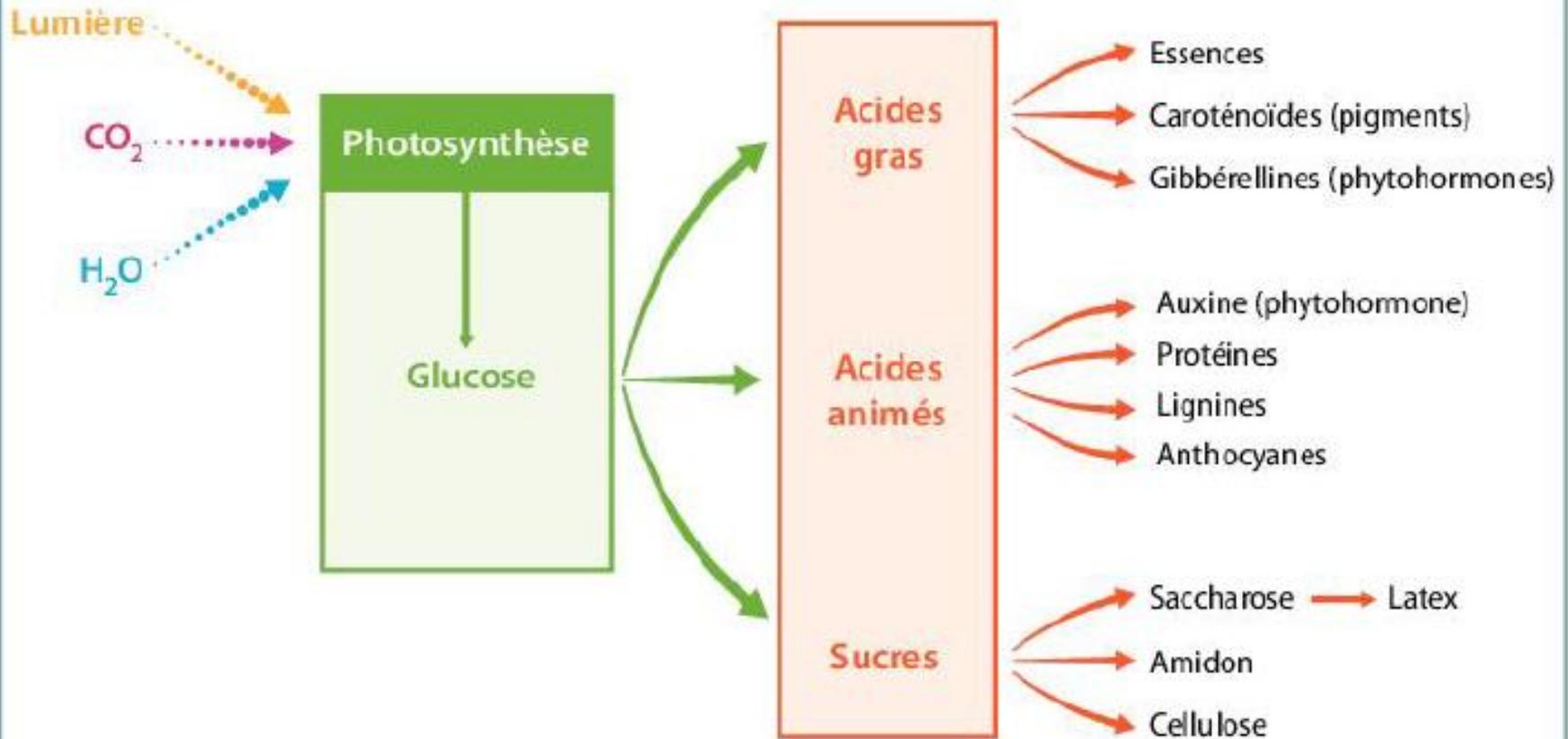


F Les abeilles domestiques ou sauvages sont des hyménoptères.

Les fleurs colorées (riches en anthocyanes) ont un nombre de visites par les hyménoptères + élevé que celles sans anthocyanes

II) Les fonctions biologiques des produits de la photosynthèse.

Diversité des métabolites issus de la photosynthèse



II) Les fonctions biologiques des produits de la photosynthèse.

... qui assurent des fonctions biologiques variées...

Produits de la photosynthèse

Fonctions biologiques

Cellulose



Croissance

Maintien

Lignine



Tanins

Défense contre les herbivores

Anthocyanes



Attraction des insectes (pollinisation)

Lipides, amidon, protéines



Stockage (réserves)

