

# Prof SVT 71

## La photosynthèse

### Introduction

Cette synthèse, réalisée par les végétaux chlorophylliens, est une synthèse de molécules organiques à partir de matière uniquement minérale à l'aide de l'énergie lumineuse. Cette entrée d'énergie dans le monde vivant se déroule en plusieurs étapes dans des compartiments spécialisés (ou organites) de la cellule.

## I Généralités sur la photosynthèse

Les végétaux chlorophylliens sont des organismes autotrophes. Un organisme autotrophe est un organisme capable de synthétiser sa propre matière organique à partir de matière minérale.

La couleur verte des plantes est due à la présence de chlorophylle dans les chloroplastes des cellules. La chlorophylle est un pigment photosynthétique qui absorbe les ondes lumineuses bleues et rouges. Elle se trouve dans les chloroplastes des cellules chlorophylliennes de la plante.

Le chloroplaste est un organite photosynthétique de la cellule chlorophyllienne. Il capte les ondes lumineuses nécessaires à la photosynthèse.

La **photosynthèse** est le processus qui confère à la plante son autotrophie. C'est un ensemble de réactions chimiques qui permet la production de matière organique nécessaire au fonctionnement et à la croissance de la plante.

## II. Facteurs nécessaires à la photosynthèse

### 2. Énergie lumineuse

Tout système vivant échange de la matière et de l'énergie avec ce qui l'entoure.

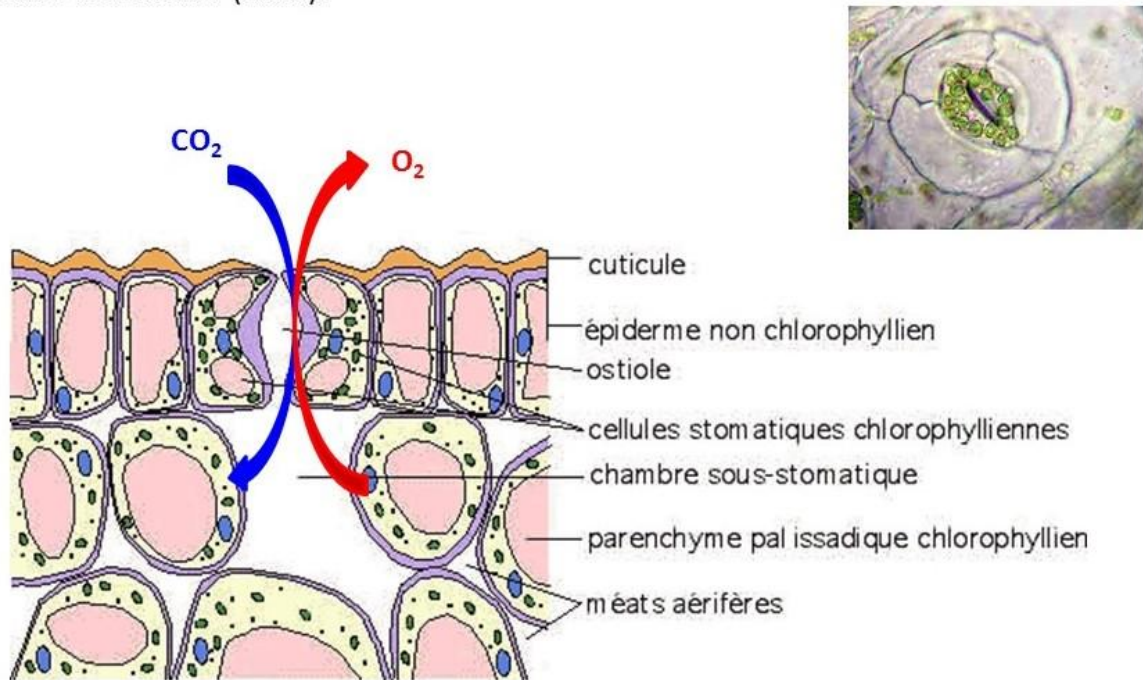
Les végétaux chlorophylliens ont besoin d'énergie lumineuse nécessaire à leur croissance et leur entretien, et aux échanges nécessaires à leur métabolisme. Cette énergie lumineuse est le moteur de presque tous les écosystèmes (quelques rares exceptions sont basés sur la chimiosynthèse comme autour des fumeurs noirs).

### 2. Matières premières minérales

Les végétaux chlorophylliens sont autotrophes : ils ne dépendent pas d'autres êtres vivants car ils se nourrissent de matière minérale. Le  $\text{CO}_2$  pénètre dans les feuilles par les stomates majoritairement présents dans l'épiderme inférieur des feuilles. L'ouverture stomatique ou ostiole s'ouvre en présence de lumière et d'humidité. Le  $\text{CO}_2$  est stocké dans les chambres, puis traverse le parenchyme lacunaire et atteint les cellules chlorophylliennes. Le phytoplancton pompe le  $\text{CO}_2$  sous forme dissoute dans l'eau.

De l'eau et les éléments minéraux (nitrate, phosphate...) qui y sont dissous sont pompés par les racines. Les vaisseaux de sève brute (xylème) les mènent aux feuilles. Le phytoplancton absorbe par sa surface perméable les sels minéraux dissous issus du sous-sol.

Directeur du laboratoire de physiologie végétale, à Cambridge, Blackman avait montré que les échanges gazeux entre les plantes et l'atmosphère se font à travers les pores des feuilles, appelés « stomates » (1895).



<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/gaz/stomate.htm>

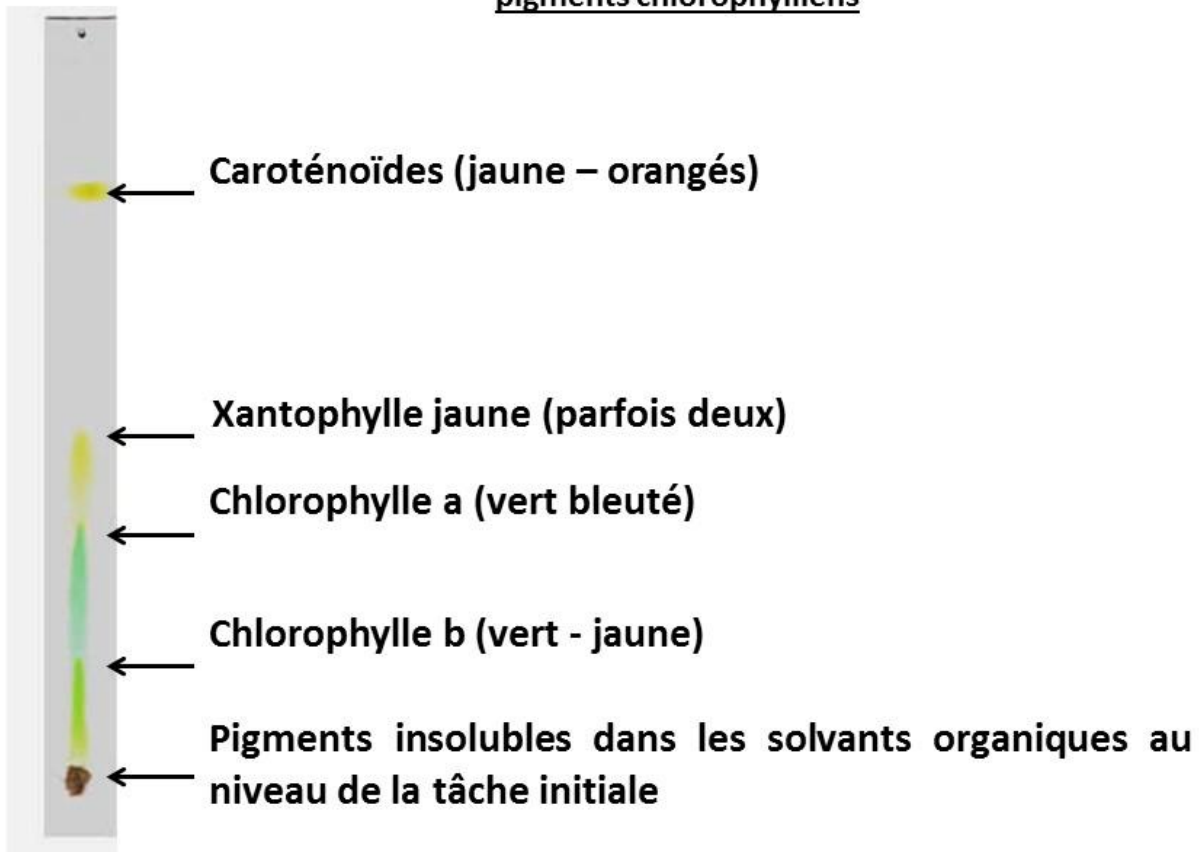


### 3. Pigments photosynthétiques

Une chromatographie d'une goutte de **chlorophylle brute** permet de séparer les différents **pigments photosynthétiques** :

- Les **caroténoïdes** (carotènes et xanthophylles) sont des pigments de couleur jaune orangé.
- Les **chlorophylles a et b** sont des pigments verts. Ces pigments sont organisés en **photosystèmes** à l'intérieur de la membrane des thylakoïdes.

## Résultats de la chromatographie des pigments chlorophylliens



Si on fait traverser un échantillon de chlorophylle brute par de la lumière blanche, on constate que **les pigments absorbent essentiellement les radiations situées aux extrémités du spectre**, c'est-à-dire la lumière rouge et bleue. Il n'y a pas d'absorption de la lumière verte. C'est pourquoi nous voyons les feuilles de couleur verte car elles ressortent de la feuille pour parvenir à notre œil. Ces radiations absorbées sont celles qui sont efficaces

pour la photosynthèse : **spectre d'absorption** et **spectre d'action** ont le même profil.

Le spectre A est celui de la lumière blanche et joue ici le rôle de témoin.

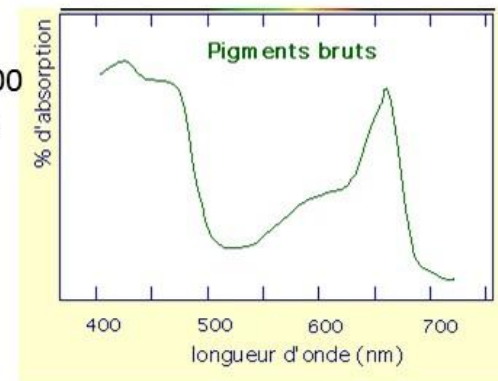


Si on introduit une cuve contenant de la chlorophylle brute de type « a » on peut observer le spectre B.



On constate que les longueurs d'ondes allant de 500 à 700 nm c'est-à-dire les radiations vertes, ne sont quasiment pas absorbées.

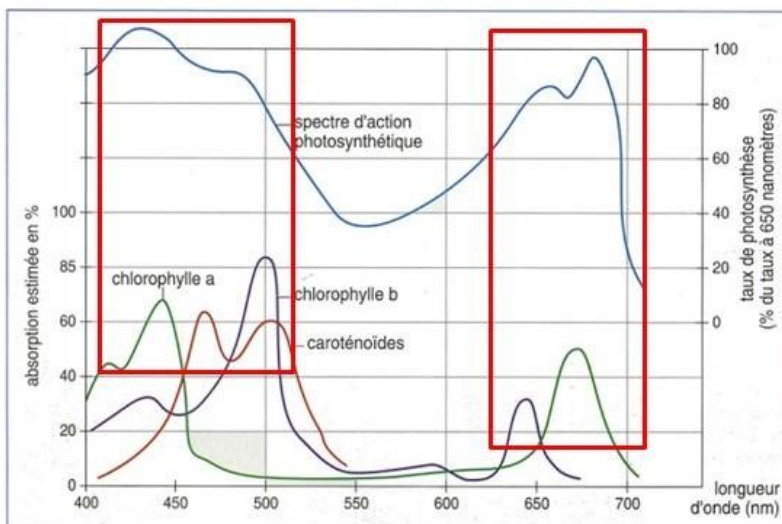
On en déduit que les chlorophylles et les caroténoïdes absorbent les radiations dites « actives » pour la photosynthèse, et qui sont celles en dehors de la gamme de longueurs d'onde visibles comprises entre 500 et 700 nm.



**Spectre d'absorption des pigments bruts**

Ces radiations vertes sont réémises ce qui explique la couleur des feuilles

<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/Photosynthese-cours/04-pigments.htm>



**3 Les différents pigments participent à la photosynthèse et élargissent le spectre d'action.**

Belin, spé, 2012

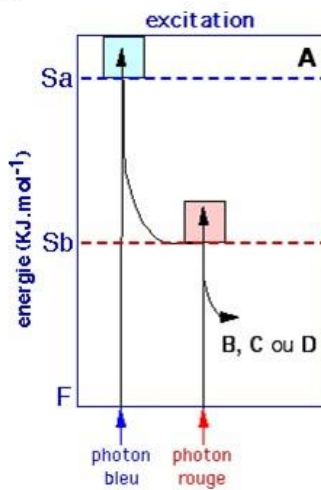
On constate que les pics d'absorption des pigments bruts correspondent aux pics d'activité photosynthétique.

On constate que la chlorophylle « a » semble jouer un rôle prépondérant.

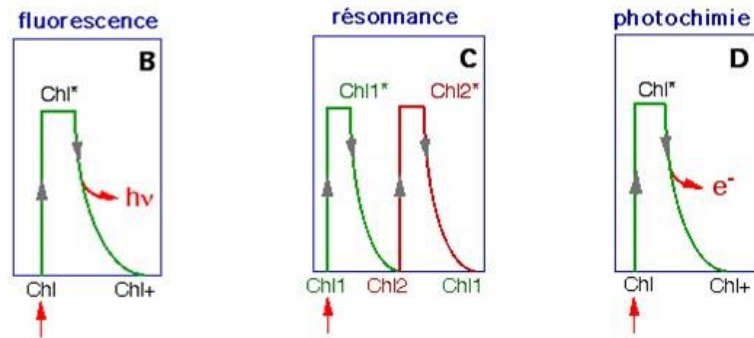
On en déduit que les pigments chlorophylliens et principalement la chlorophylle « a », absorbent l'énergie des photons de certaines longueurs d'ondes de la lumière visible et restituent cette énergie pour réaliser la photosynthèse.

**La chlorophylle excitée peut restituer l'énergie absorbée de plusieurs manières :**

Il existe 2 états excités ( graphique A) de la chlorophylle correspondant à des transitions électroniques provoquées par l'absorption d'un photon qui fait passer un électron de l'état fondamental soit à l'état excité supérieur « Sa », soit à l'état inférieur « Sb » selon l'énergie du photon. « Sa » correspond à l'absorption de photons bleus et « Sb » à l'absorption de photons rouges.



Il existe plusieurs façons B, C ou D pour la molécule de chlorophylle de revenir à l'état fondamental. De l'état « Sa » à « Sb » en émettant de la chaleur, de l'état « Sb » à « F » en :



- En émettant de la lumière ( fluorescence, graphique B)
- En transférant son énergie à une molécule très proche (résonance, graphique C )
- En perdant un électron ( photochimie, graphique D)

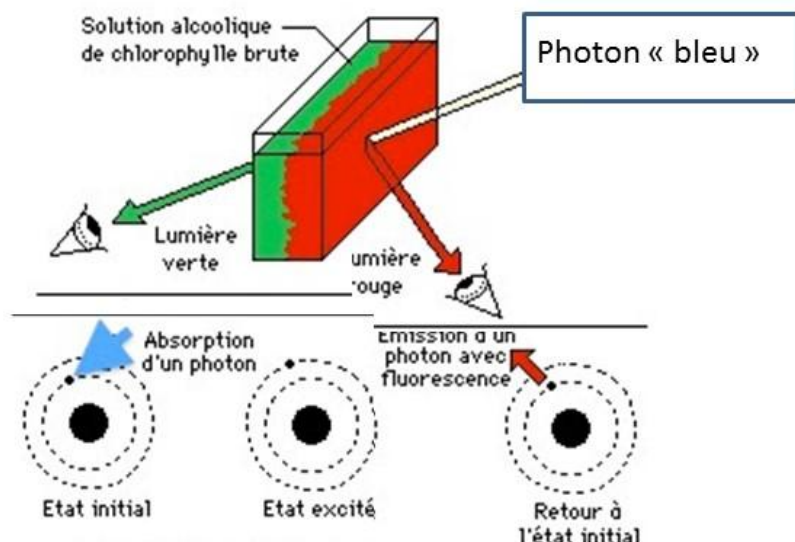


**a. La Fluorescence :** La chlorophylle paraît verte car elle absorbe toutes les longueurs d'ondes exceptées les radiations vertes

Lorsque un photon, correspondant à une longueur d'onde bleue (donc très énergétique) frappe un électron d'un atome de la chlorophylle, celui-ci est excité et change de niveau d'énergie. Il est donc instable.

Il revient donc à son niveau d'énergie initiale en redonnant un photon.

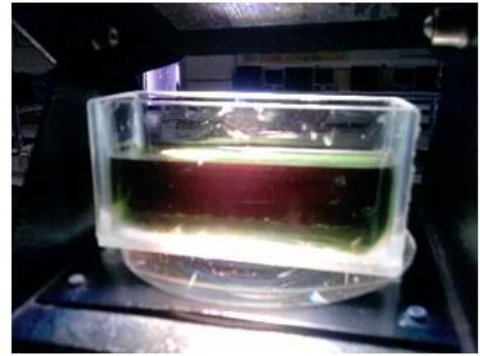
Comme un peu d'énergie a été perdue, le photon émis est moins énergétique et donc d'une longueur d'onde supérieure, c'est à dire dans le rouge. C'est ce qui explique la teinte rouge prise par le chlorophylle.



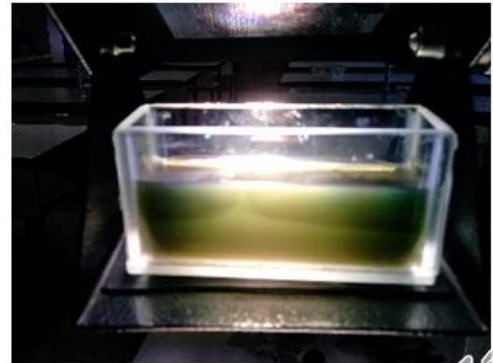


*Bordas, spé,  
2012*

La chlorophylle possède des propriétés de fluorescence



Suspension de chlorophylle éclairée



En présence d'un accepteur d'électron elle revient à son état initial.

**b. La Photochimie :** Les pigments se trouvent dans la membrane des thylakoïdes

Cette membrane possède des « photosystèmes » captant les photons et parmi eux, il y en a un qui contient de la chlorophylle « a ». Une fois excitée pour revenir à l'état d'équilibre, elle perd un électron (photochimie).

L'énergie libérée par la chlorophylle « a » lors de la perte de son électron va permettre d'oxyder la molécule d'eau. L'électron perdu doit être remplacé. Les électrons de l'eau oxydée seront utilisés pour remplacer les électrons perdus.

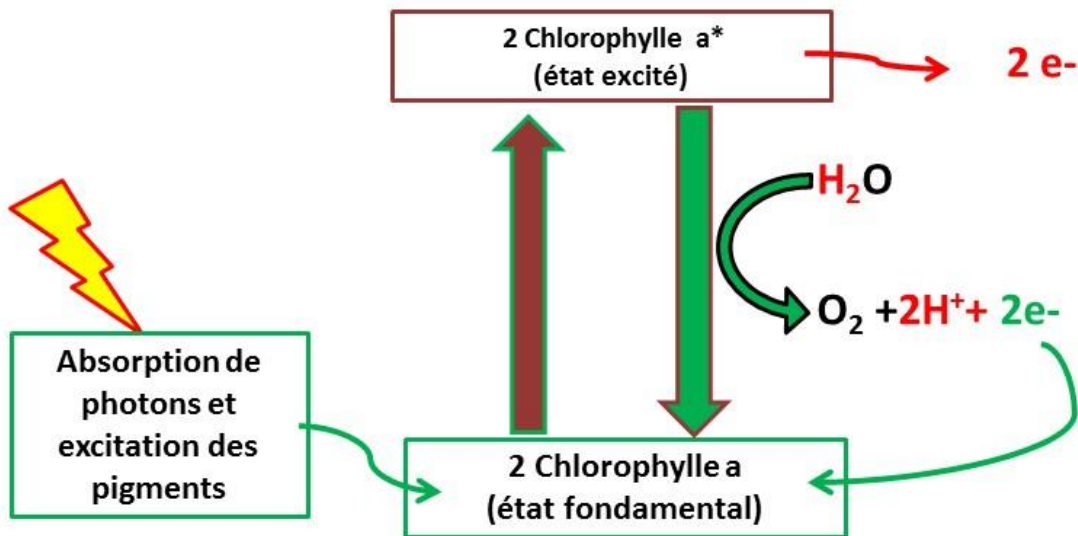


Schéma montrant la conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique par les pigments chlorophylliens au niveau de la membrane des thylakoïdes



#### 4. Rôle clé du chloroplaste

La transformation d'énergie lumineuse en énergie chimique est le rôle de la chlorophylle, molécule présente dans les chloroplastes, organites clé de la photosynthèse. Les cellules chlorophylliennes sont alignées sous l'épiderme supérieur translucide des feuilles. L'activité photosynthétique est proportionnelle à l'intensité lumineuse

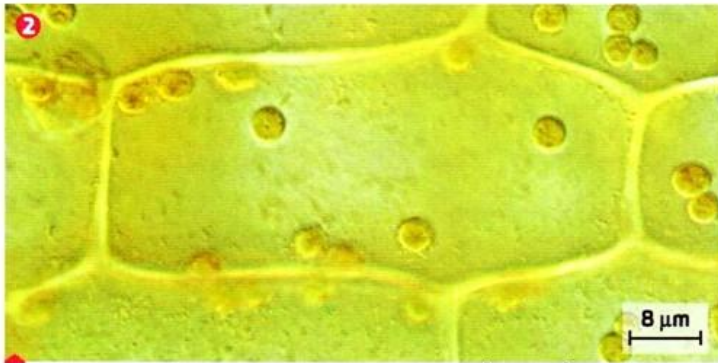


Cellules de feuilles d'élodées préalablement éclairées en présence d'eau iodée

Présence d'amidon (coloration brune en présence d'eau iodée) dans les chloroplastes des cellules éclairées.

La production de sucre ne se fait qu'en présence de lumière.

Le chloroplaste est l'organe clé de la photosynthèse.

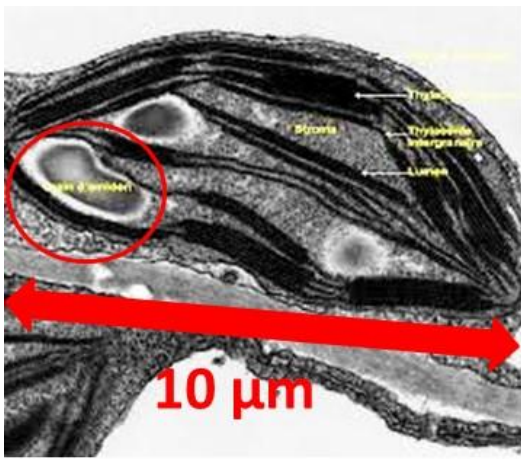


Cellules de feuilles d'élodées maintenues à l'obscurité en présence d'eau iodée

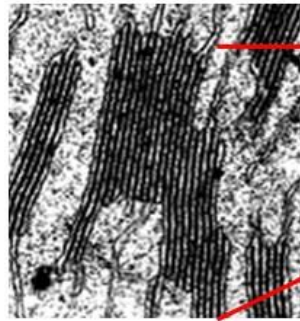
Absence d'amidon dans les chloroplastes des cellules à l'obscurité.



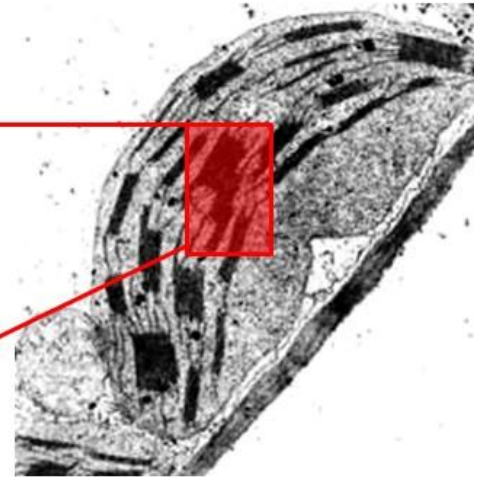




**Après quelques heures à la lumière**



Thylakoïdes empilés = un granum

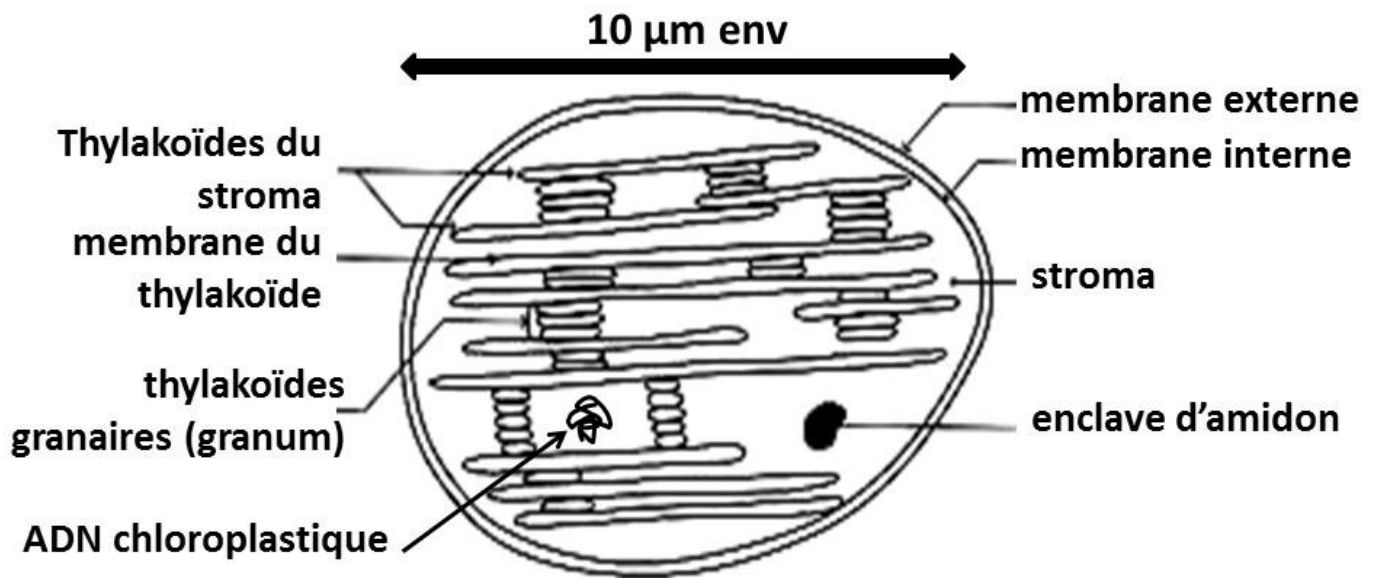


**Après quelques heures à l'obscurité**

## Ultrastructure de chloroplastes au M.E.T (Microscope électronique à transmission)



Les chloroplastes contiennent des « thylakoïdes » regroupés en « grana ». Ils sont le lieu de la réduction photosynthétique du  $\text{CO}_2\text{atm}$ , donc lieu de synthèse de matière organique (où le C est à l'état réduit) à partir de la forme minérale du carbone (où le C est à l'état oxydé).



## Schéma de l'ultrastructure d'un chloroplaste au M.E.T



L'O<sub>2</sub>, déchet de photosynthèse suit le chemin inverse du CO<sub>2</sub> et sort par les ostioles des stomates.  
 La nécessité de la présence d'accepteur de H<sup>+</sup> et de e<sup>-</sup> a été démontrée par la réaction de Hill. ( voir plus loin)

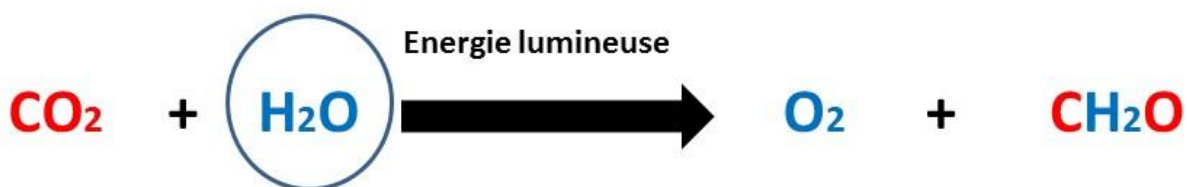
### 5. Équation de la photosynthèse

L'équation de la photosynthèse est la suivante :



Cette équation a des apparences de simplicité mais présente un processus fort complexe.

# Équation bilan de la photosynthèse



Le potentiel redox du couple O<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O est fortement positif.

La forme oxydée est très avide d'électrons et donc très oxydante, **alors que** la forme conjuguée réduite est un mauvais agent réducteur.

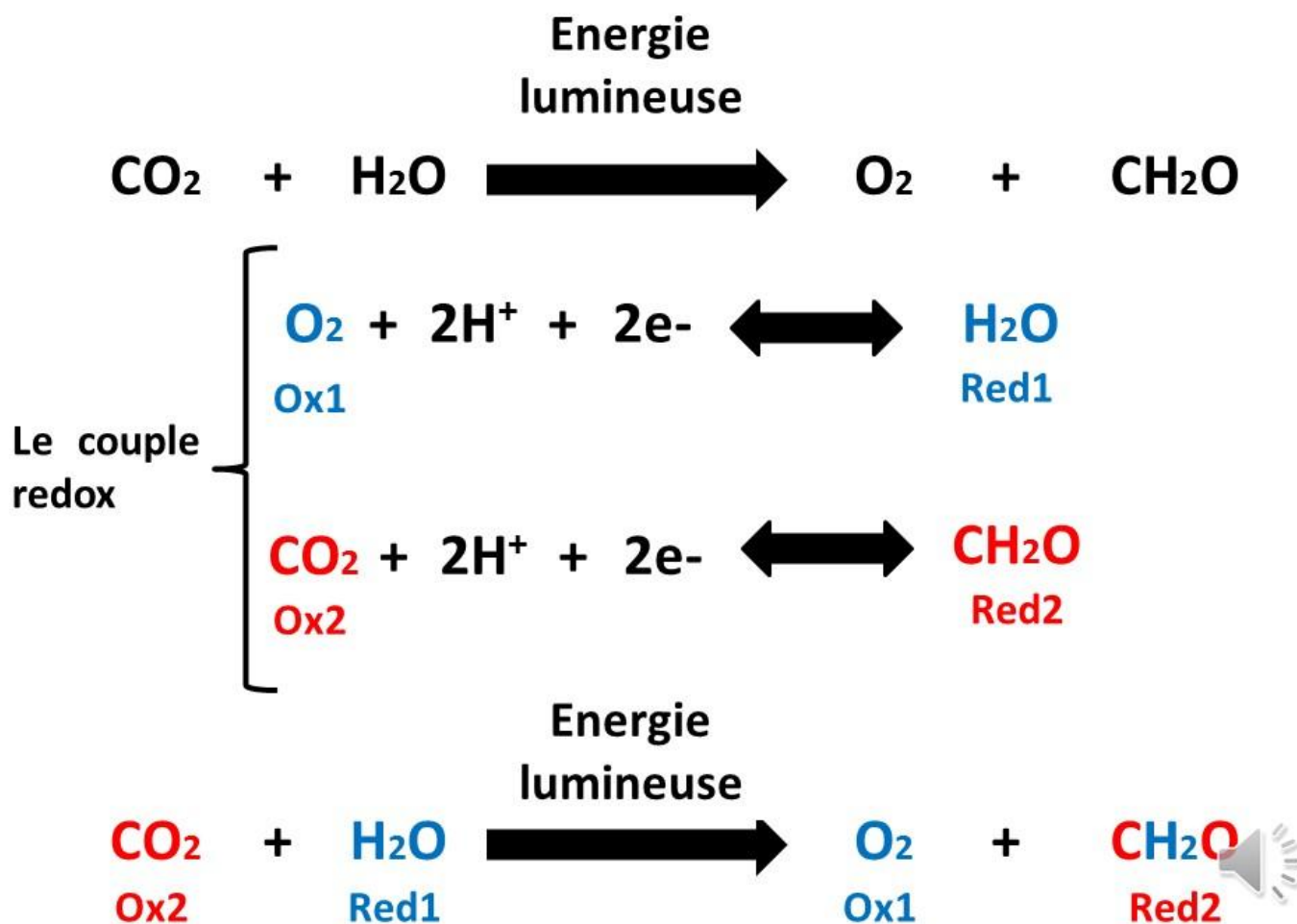


L'équation a donc tendance à aller de la forme oxydée à la forme réduite.

Or dans la photosynthèse elle se fait dans l'autre sens grâce à l'énergie lumineuse

**Rappel :** le potentiel Redox est la mesure de rétention des électrons par une molécule et/ou de la force d'attraction des électrons par une autre molécule. Les électrons peuvent passer d'une molécule à l'autre quand le potentiel Redox de la première est inférieur à celui de la seconde. *Dictionnaire des SVT, Michel Breuil, Nathan 1997*

Les corps dits « oxydants » ont un potentiel positif (ils captent des électrons, ce qui se traduit par une charge électrique négative) ; les corps dits « réducteurs » ont un potentiel négatif (ils cèdent des électrons, d'où une charge électrique positive). Les valeurs caractéristiques des potentiels sont de l'ordre de quelques volts

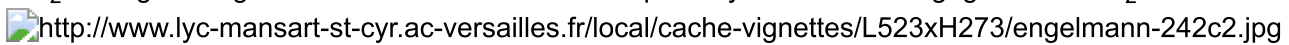


En fait, la photosynthèse est divisée en 2 phases : une **phase photochimique** et une **phase non photochimique**.

### III La phase photochimique

La **phase photochimique**, aussi appelée phase claire, se déroule pendant la **journée**, car elle nécessite l'énergie lumineuse. Elle se déroule dans les **thylakoïdes du chloroplaste** qui contiennent des pigments (chlorophylles a, b, xanthophylles et caroténoïdes) absorbant le bleu et le rouge et réfléchissant le vert.

La comparaison du spectre d'absorption de la lumière par les pigments de la plante et du spectre d'action de la photosynthèse montre que les pigments absorbent l'énergie solaire et la transforment en énergie chimique nécessaire à l'activité photosynthétique. L'expérience d'Engelman montre le regroupement de bactéries avides d'O<sub>2</sub> le long de l'algue là où les cellules réalisent la photosynthèse avec dégagement de O<sub>2</sub>.

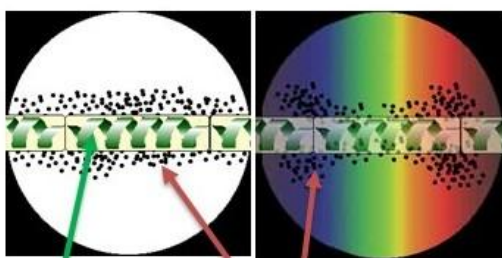


**Timiriazev** a fait pousser des plantes en les éclairant au moyen d'un large spectre, chaque plante étant éclairée par une longueur d'onde donnée. Il a ainsi montré que la photosynthèse était maximum pour les lumières bleues et rouges. Cependant cette expérience est sujette à critiques car on ne connaît pas l'intensité exacte de chaque radiation. Timiriazev ne tenait pas compte non plus de l'énergie de chaque photon.

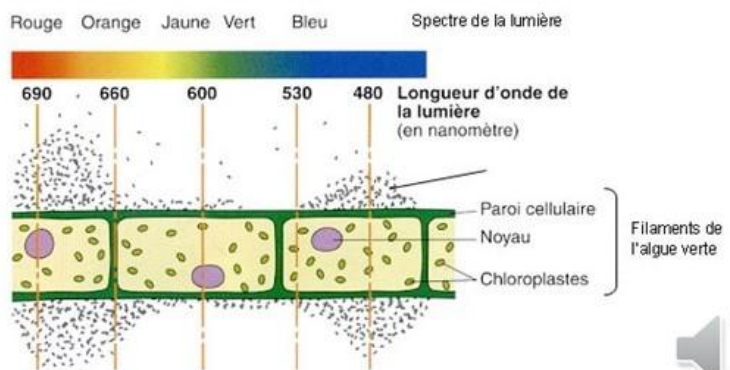
<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/Photosynthese-cours/04-pigments.htm>

**Engelman** a réalisé la même expérience en utilisant une méthode biologique pour la détermination de la photosynthèse.

Il utilise le tactisme positif que présente une bactérie (*Bacterium thermo*) pour l'oxygène. Il observe une algue verte filamenteuse au microscope en l'éclairant par un micro spectre. Les bactéries se rassemblent contre l'algue aux endroits éclairés par les radiations rouges et bleues. Il en déduit que ce sont ces radiations qui sont les plus efficaces pour la production d'oxygène lors de la photosynthèse.



Algue éclairée en lumière blanche puis avec une lumière décomposée. **Bactéries**

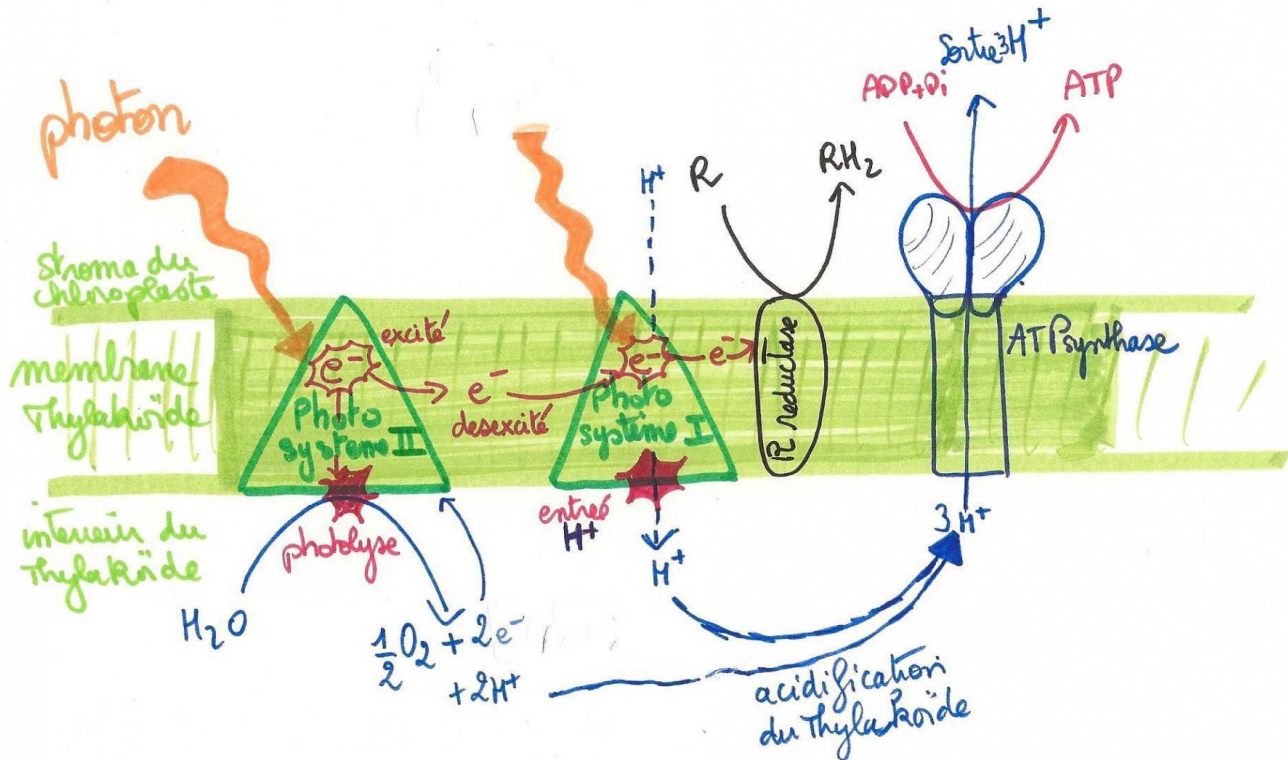


Source : Nathan, Terminale S spécialité 2002



L'accumulation de H<sup>+</sup> dans les thylakoïdes forme ainsi un gradient de pH qui représente une énergie potentielle : le flux de protons ressortant des thylakoïdes au sein des ATPsynthétases donne naissance aux molécules hautement énergiques d'ATP (adénosine triphosphate) à partir d'ADP + Pi (phosphate inorganique). Les H<sup>+</sup> sortant des ATPsynthases sont récupérés dans le stroma par les coenzymes R<sup>+</sup> qui sont alors réduits en RH<sub>2</sub>.

# Chaîne de transport d'électrons dans la membrane thylakoïde

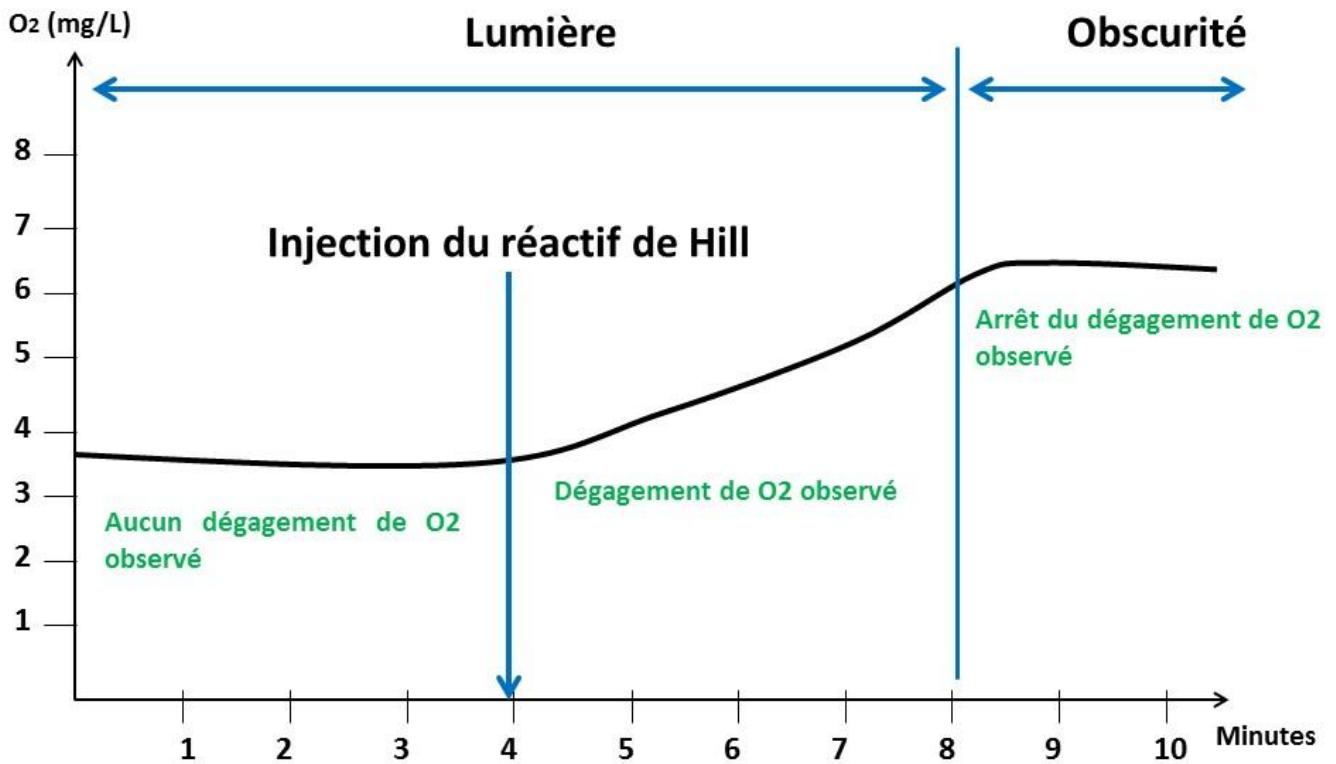


## 1. Principe

- Dans les membranes des thylakoïdes sont enchâssés les photosystèmes, association de molécules, protéines et de pigments photosynthétiques. La transformation d'énergie débute par la capture des photons par les pigments qui captent l'énergie de ces photons. Plus un chloroplaste est éclairé, plus il synthétise de photosystèmes.
- L'énergie des photons lumineux est transmise jusqu'aux molécules de chlorophylle (**Chl**) ; celles-ci vont perdre un électron et passer dans un état oxydé.
- Les électrons arrachés sont « excités » et parcourent toute une chaîne de transporteurs (séries de réactions d'**oxydo-réduction**) jusqu'à un accepteur final **R** qui est réduit en  $RH_2$  : les électrons riches en énergie sont donc mis en réserve dans  $RH_2$ .

*Dans des conditions expérimentales, à partir d'une suspension de chloroplastes, il n'y a libération d' $O_2$  que si on ajoute dans le milieu un accepteur d'électrons ( $Fe^{3+}$ ) : c'est Hill qui le constate dès 1937, d'où le nom donné au « réactif de Hill ». Cette condition expérimentale montre que **ce n'est pas le  $CO_2$  qui joue le rôle d'accepteur d'électrons issus de la photolyse de l'eau***

 <http://www.lyc-mansart-st-cyr.ac-versailles.fr/local/cache-vignettes/L511xH392/PhoHill-c6f4a.gif>



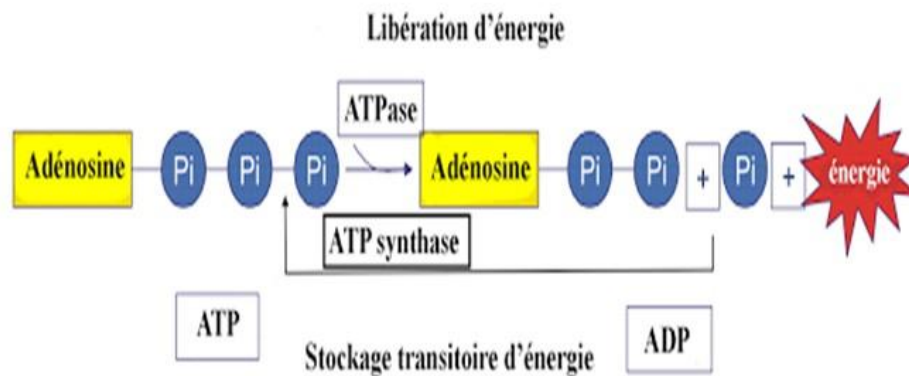
### Evolution de la quantité de O<sub>2</sub> dans une enceinte fermée contenant une suspension de chloroplastes éclatés

On en déduit qu'à la lumière, c'est seulement en présence d'un accepteur d'électrons que l'oxydation de l'eau en O<sub>2</sub> est possible.



- Au cours de ce transfert, il y a formation d'adénosine triphosphate (**ATP**) à partir d'**ADP** (adénosine diphosphate) et d'un **Pi** (phosphate inorganique). Il y a **phosphorylation**. L'ATP est une molécule énergétique.

Comme toute réaction chimique dans une cellule vivante, ces deux réactions sont catalysées par des enzymes, l'ATPase ( qui coupe l'ATP) et l'ATPsynthase ( qui le synthétise, fabrique).

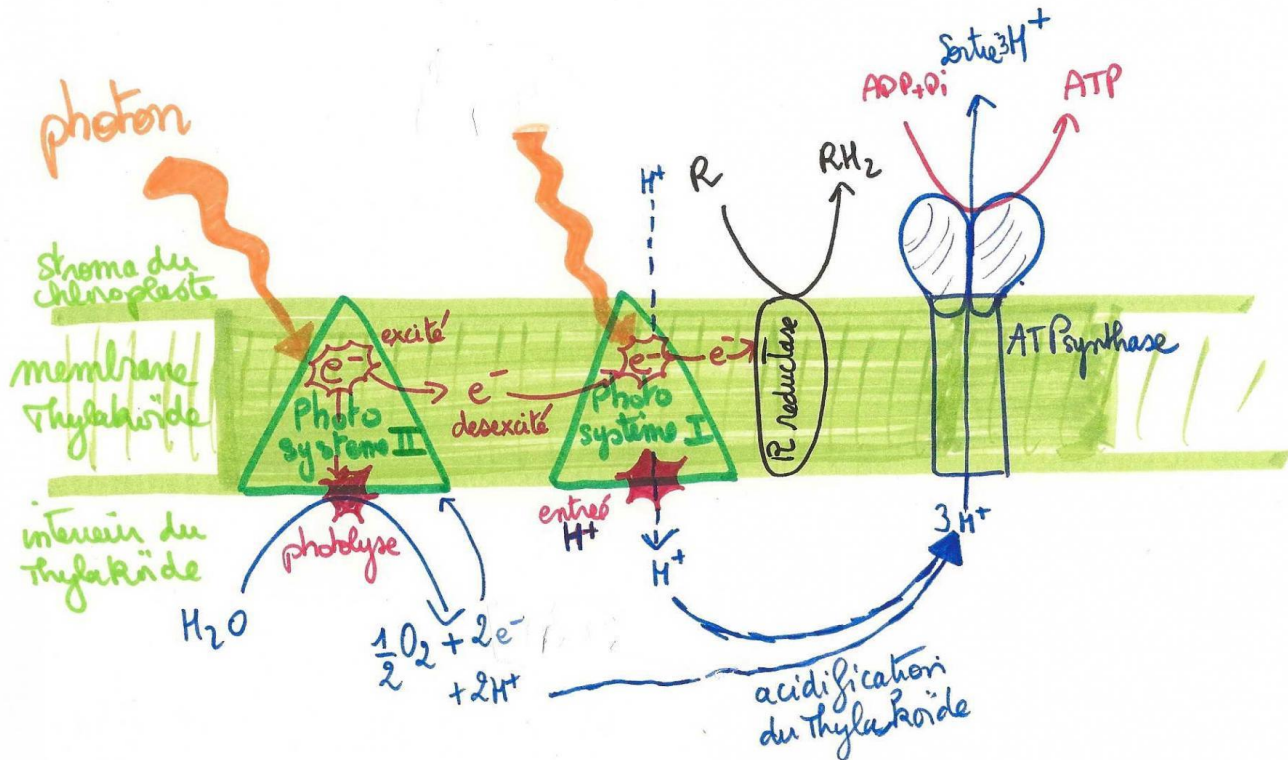


<http://svtmarcq.blogspot.fr/2012/11/la-photosynthese-spe.html>



- Les molécules de Chlorophylle vont chercher à combler les « trous » laissés par les électrons qui ont été « arrachés » : c'est l'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ) qui va céder des électrons et des protons pour régénérer les molécules de Chl. Ce retrait scinde la molécule d'eau et permet la formation et la libération d' $\text{O}_2$  : il y a **photolyse**.

# Chaîne de transport d'électrons dans la membrane thylakéenne



## 2. Bilan de la phase photochimique

$2R \text{ donne } 2RH_2$

$2H_2O \text{ donne } O_2 + 4H^+ + 4e^-$

et

$ADP + P_i \text{ donne } ATP$

<http://e.maxicours.com/img/1/9/4/8/19484.gif>

L'ATP et le  $RH_2$  seront utilisés lors de la seconde phase de la photosynthèse, la phase chimique.

### **En résumé :**

La phase photochimique nécessite :

- De l'énergie lumineuse captée par la chlorophylle
- De l'eau absorbée par les racines
- De l'ADP et du  $P_i$  nécessaires à la formation d'ATP
- Un oxydant nommé R

La chlorophylle capte l'énergie lumineuse, ce qui permet :

- De réduire l'oxydant R en  $RH_2$
- De former un ATP à partir d'un ADP et d'un phosphate inorganique (noté  $P_i$ )
- D'oxyder l'oxygène de l'eau, ce qui entraîne la formation de dioxygène

De la sorte, l'énergie lumineuse est convertie en énergie chimique conservée dans l'ATP et le  $RH_2$ .





# IV. La phase non photochimique ou cycle de Calvin

La **phase chimique**, aussi appelée phase non-photochimique ou phase sombre, ne nécessite pas de lumière : elle se déroule à partir des produits de la phase claire, elle démarre donc peu après le début de celle-ci, et s'arrête peu après sa fin, c'est-à-dire au début de la nuit. Elle se déroule dans le **stroma** du chloroplaste. Les produits de la phase claire sont utilisés lors de la phase sombre pour constituer la matière organique au cours du **cycle de Calvin**. Cette phase chimique se déroule tant qu'il y a des ATP et  $\text{RH}_2$  en réserve.

## 1. Principe

- La fixation de  $\text{CO}_{2\text{atm}}$  se fait sur un accepteur déjà présent dans le stroma, un glucide à 5 atomes de carbone : ribulose 1-5 biphosphate ( $=\text{C}_5\text{P}_2$ ). C'est la formation d'un composé intermédiaire à 6 C.
- Le produit de la fixation est un composé intermédiaire qui se scinde instantanément en 2 molécules à 3 atomes de carbone : le 3-phosphoglycérate (**APG**).
- Chaque molécule de phosphoglycérate reçoit un groupement phosphate supplémentaire pris à l'ATP, le  $\text{RH}_2$  lui cède ses électrons et ses protons et est réoxydé en R : cette réaction d'**oxydo-réduction** permet la formation du triose phosphate (**C3P**).

## 2. Devenir du triose phosphate

- Une partie permet de régénérer le  $\text{C}_5\text{P}_2$  accepteur de  $\text{CO}_2$  (ribulose 1-5 biphosphate de départ) : cette réaction consomme de l'ATP formé en phase claire.
- Une partie permet la synthèse de molécules glucidiques (glucose), puis de protéides et de lipides ultérieurement. La production d'une molécule de glucose  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  nécessite la fixation de 6 molécules de  $\text{CO}_2$ .

### *En résumé :*

Elle nécessite :

- 18 ATP produites par la phase photochimique
- 12  $\text{RH}_2$  produits par la phase photochimique
- 6  $\text{CO}_2$  issu de l'atmosphère

L'ATP et le  $\text{RH}_2$  sont utilisés par le chloroplaste dans le cycle de Calvin. Ce cycle intègre le  $\text{CO}_2$  grâce à l'énergie des ATP et des  $\text{RH}_2$ , ce qui permet à terme la formation de glucose.

Le carbone entre dans cette phase sous forme de  $\text{CO}_2$  et il en ressort sous forme d'un glucide à 3 atomes de carbone : le 3-phosphoglycéraldéhyde ou **C3P** (triose phosphate).

Pour fabriquer une molécule de ce triose phosphate, le cycle doit fixer trois molécules de  $\text{CO}_2$ .

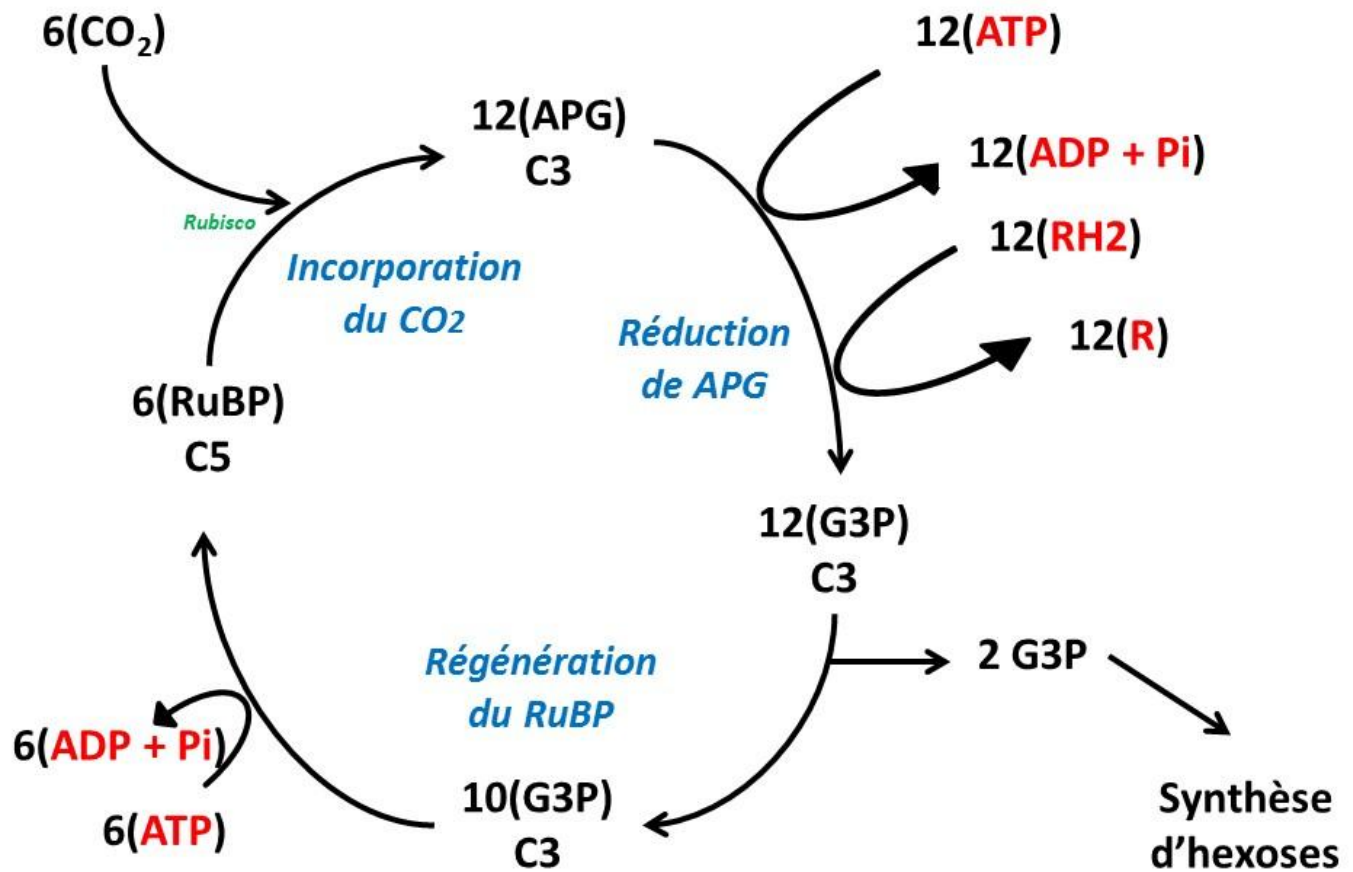


Schéma du cycle de Calvin montrant l'incorporation du CO<sub>2</sub> au cours de la phase chimique/non photochimique de la photosynthèse

### 3. Expériences historiques :

### a. Observations d'Arnon 1958 :

A cette époque, on sait que la fixation de  $\text{CO}_2$  peut se faire sans lumière mais nécessite de l'énergie chimique provenant de l'énergie lumineuse et des ions  $\text{H}^+$  pour fabriquer l'eau.

Il étudie la fixation du  $\text{CO}_2$  radioactif  $^{14}\text{CO}_2$  par des fragments de chloroplastes isolés. Il teste également le rôle de la molécules d'ATP, molécule riche en énergie, et avec l'aide d'un transporteur d'Hydrogène ( $\text{RH}_2$ ). Les résultats sont donnés dans le tableau ci-dessous.

contenu de la suspension	quantité de $^{14}\text{CO}_2$ fixé dans le stroma mesurée en coups par minute
stroma à l'obscurité	4000
stroma à l'obscurité mis en présence de thylacoïdes ayant séjourné précédemment à la lumière	96 000
stroma à l'obscurité mis en présence d'ATP et de transporteurs d'hydrogène réduits ( $\text{RH}_2$ )	97 000

Interprétation :

Très peu de fixation de  $^{14}\text{CO}_2$  dans le stroma

Forte Fixation de  $^{14}\text{CO}_2$  dans diverses molécules organiques

Forte Fixation de  $^{14}\text{CO}_2$  dans diverses molécules organiques

**On constate que le  $\text{CO}_2$  radioactif est fixé si le stroma du chloroplaste est mis en présence de thylakoïdes préalablement éclairés.**

**On constate le même résultat en présence de la molécules d'ATP, molécule riche en énergie, couplée à un transporteur d'Hydrogène ( $\text{RH}_2$ )**

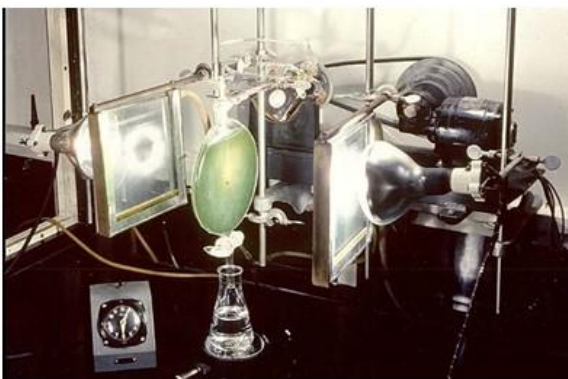
**On en déduit que les thylakoïdes des chloroplastes éclairés sont responsables de la production des molécules d'ATP et des transporteurs d'Hydrogène ( $\text{RH}_2$ ) responsables de la réduction du  $\text{CO}_2$  dans le stroma.**

### b. Expérience de Calvin, Benson et Bassham, 1950 et 1960 :

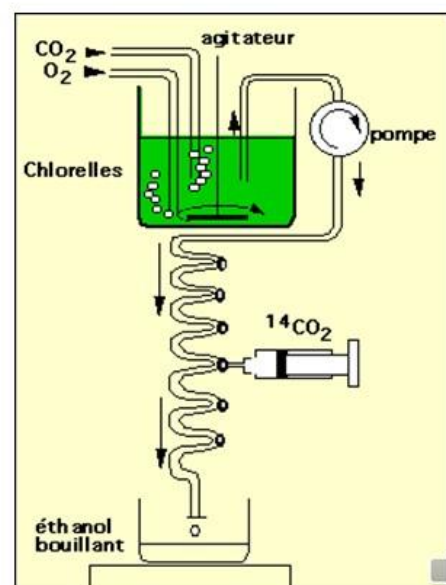
Ces expériences leur ont valu de recevoir le prix NOBEL en 1961.

A l'aide d'un dispositif ingénieux appliqué à des algues vertes unicellulaires (chlorelles) cultivées en conditions optimales pour réaliser la photosynthèse, il est possible de les mettre en contact avec du  $\text{CO}_2$  marqué au carbone 14 pendant un temps connu. A l'issue de ce contact, les algues sont fixées instantanément par de l'éthanol bouillant.

<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/Photosynthese/exp45.html>

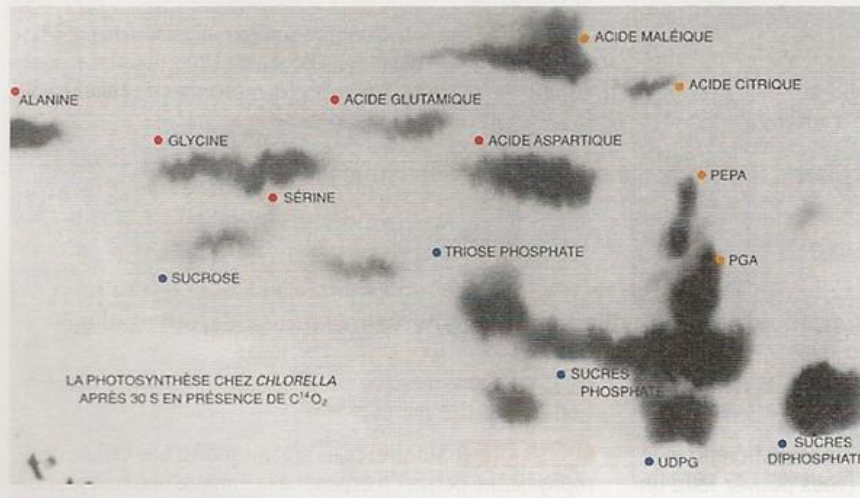


Bordas, spé SVT, 2012



## IDENTIFICATION DES MOLÉCULES OBTENUES

Après 30 secondes de mise en présence des algues avec le  $^{14}\text{CO}_2$ , on réalise une chromatographie de l'échantillon de la culture prélevée : cette technique permet de séparer les constituants du mélange. À l'aide de solvants, on étale les constituants du mélange sur un papier spécial ; le résultat s'appelle un chromatogramme.



Par autoradiographie, on révèle sur du papier photographique toutes les molécules contenant du  $^{14}\text{C}$  radioactif, donc formées à partir du  $^{14}\text{CO}_2$ .

Leur position sur le chromatogramme permet d'identifier les différentes molécules. On observe ici la présence de :

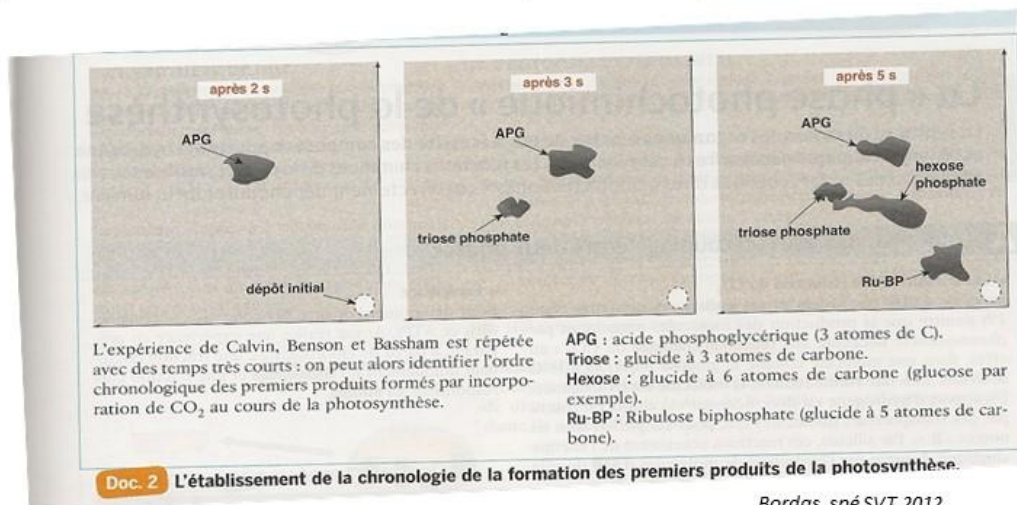
- glucides (●) ;
- acides aminés (●) ;
- acides organiques (●).

Doc. 1 Les expériences de Calvin, Benson et Bassham.

Bordas, spé SVT, 2012



Les chromatographies réalisées sur des chlorelles mises en contact avec le  $\text{CO}_2$  radioactif pendant des temps variés sont recouvertes, à l'obscurité, par une plaque photographique (autoradiographie). La plaque est ensuite révélée. La comparaison avec la chromatographie colorée permet de connaître les substances qui ont incorporé le carbone radioactif.



Bordas, spé SVT, 2012

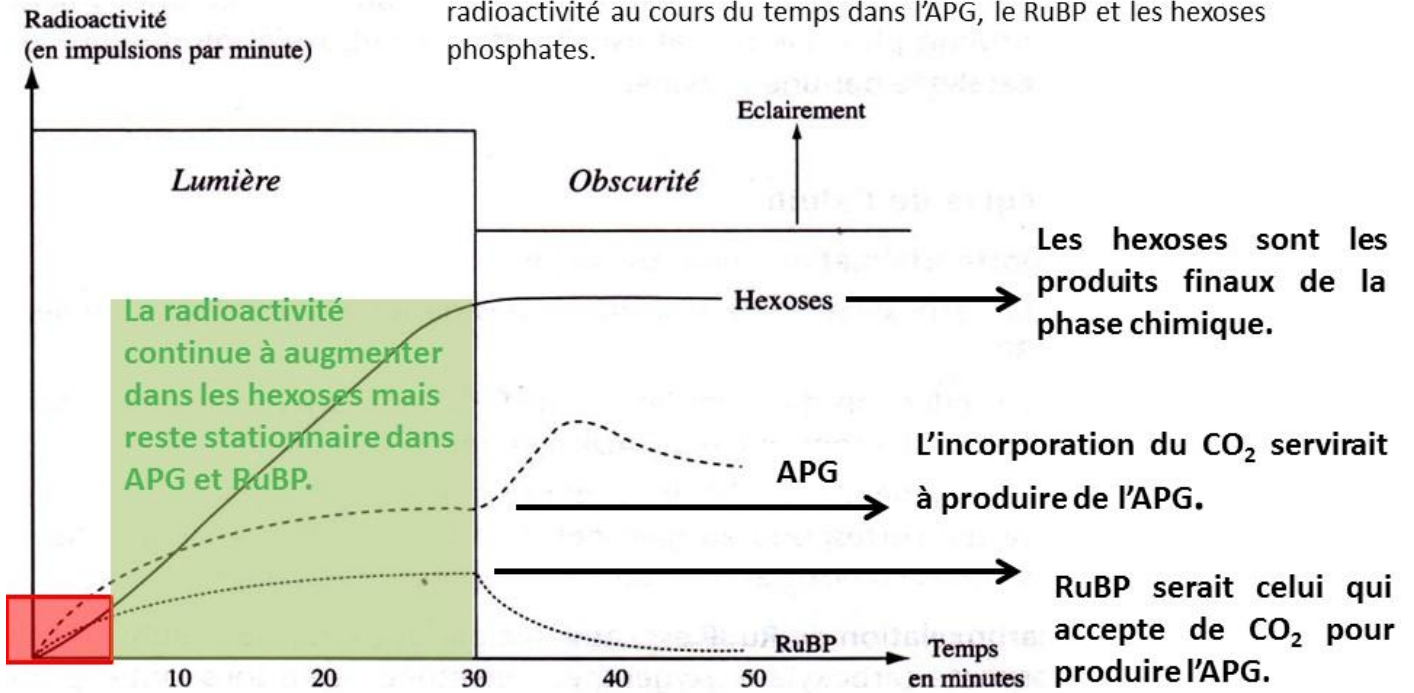
Les résultats montrent que le premier corps formé après seulement 5 secondes est l'acide phosphoglycérique (APG). L'APG est un corps à 3 carbones, d'où la dénomination de photosynthèse en C3. Les corps formés ensuite sont des trioses (sucres à 3C) phosphorylés (possédant du phosphore). Ensuite apparaît le ribulose 1-5 bisphosphate (RUBP), ose à 5 carbones jouant un rôle essentiel dans les premières étapes de la photosynthèse. Plus tardivement, des sucres à 6 carbones (hexoses) apparaissent.

<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/Photosynthese/exp45.html>



### c. Expérience de Massini 1952

La culture des chlorelles à la lumière sous une pression partielle de  $^{14}\text{CO}_2$  de 1%, durant des temps croissants, permet de suivre l'évolution de la radioactivité au cours du temps dans l'APG, le RuBP et les hexoses phosphates.



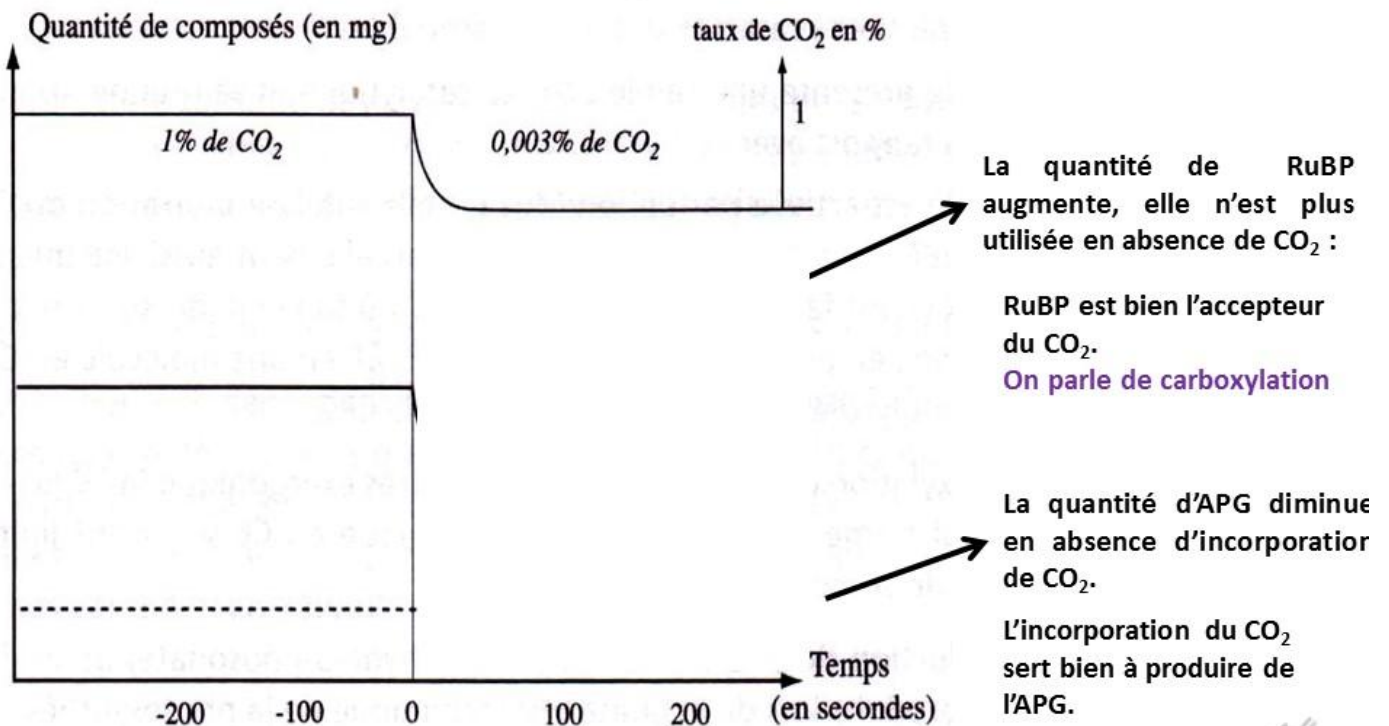
La radioactivité augmente rapidement dans les trois composés

### Résultats de l'expérience de Massini



#### d. Expérience de Wilson 1952

Ici, c'est la pression partielle de  $^{14}\text{CO}_2$  qui est brusquement diminuée de 1% à 0.003%



#### Résultats de l'expérience de Wilson



#### e. Autre Expérience

si l'on place un broyat de chlorelles dans un milieu contenant du  $^{14}\text{CO}_2$ , seule l'addition de RuBP permet d'obtenir de l'APG radioactif.

Le phénomène ne se produit plus si le broyat est chauffé.

La carboxylation du RuBP est donc catalysée par une enzyme : **La Rubisco (Ribulose – biphosphate – carboxylase – oxygénase)**



# IV Bilan de la photosynthèse

Le bilan de la photosynthèse est le suivant :



Soit une molécule organique, le glucose ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ), pour 12 molécules minérales : 6 dioxydes de carbone et 6 molécules d'eau.

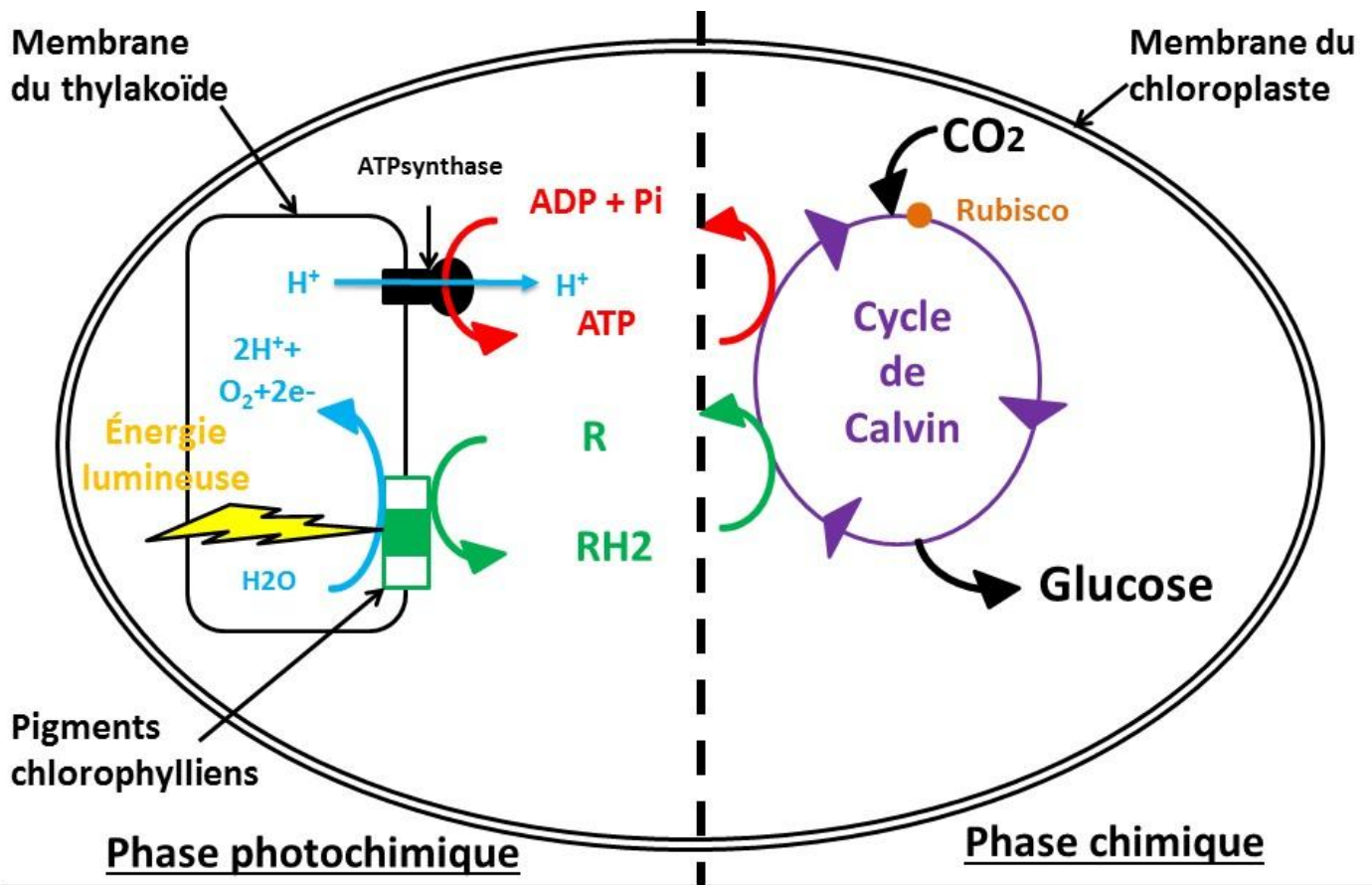
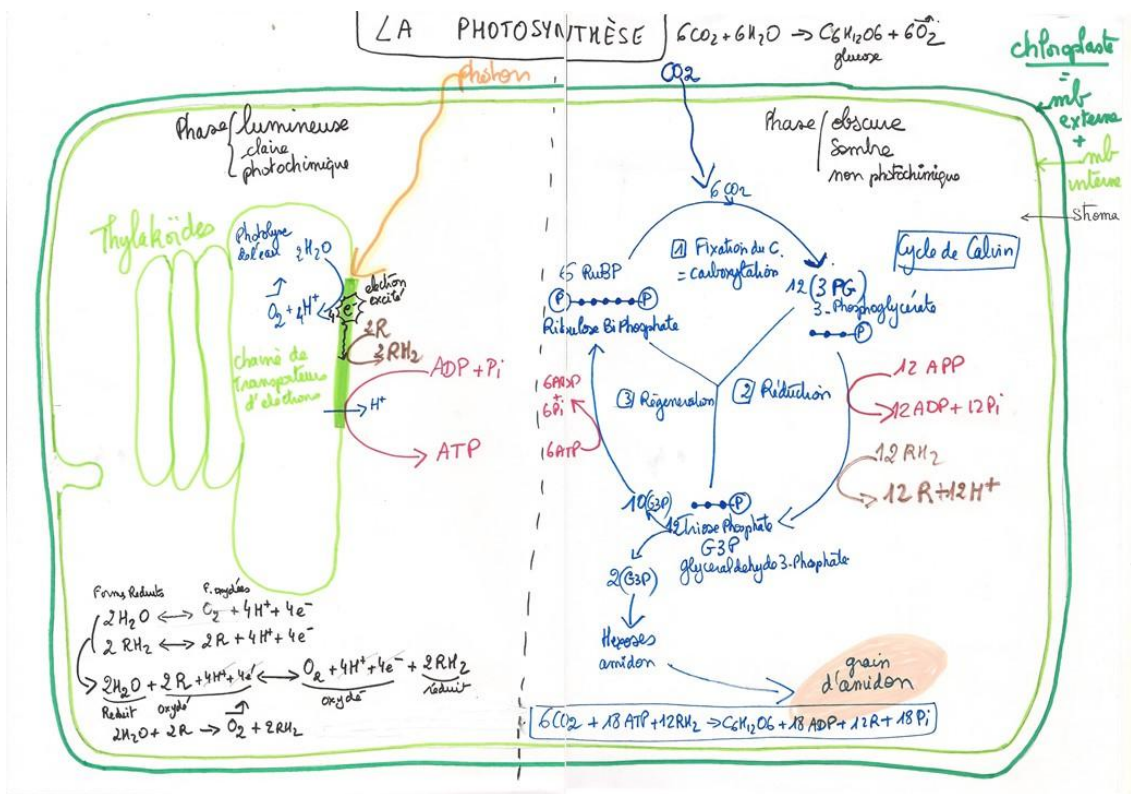
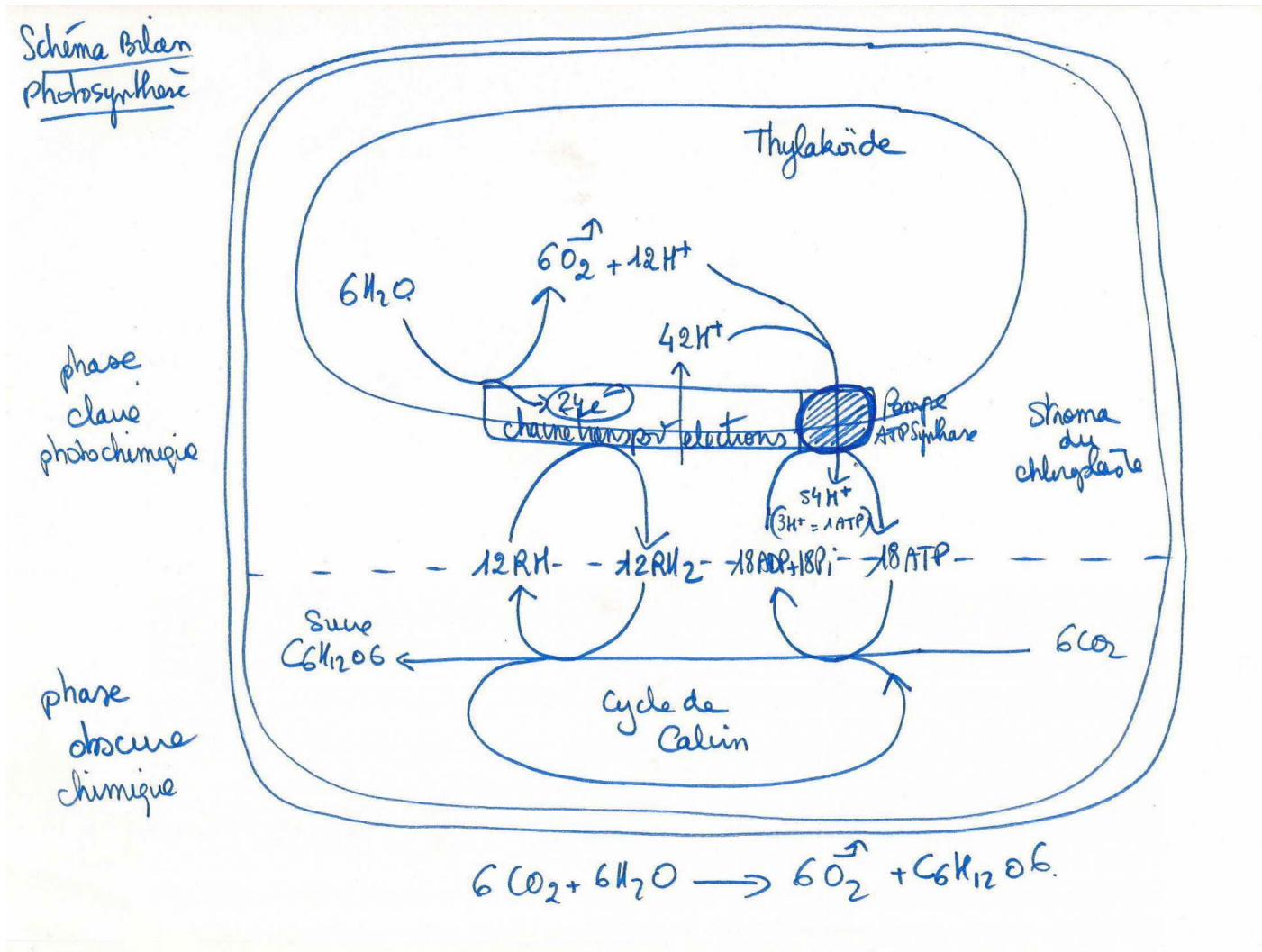


Schéma bilan montrant les mécanismes de la photosynthèse au niveau des chloroplastes des cellules chlorophylliennes à l'origine de la formation de molécules organiques à partir de l'eau du  $\text{CO}_2$  et d'énergie lumineuse.

Schéma bilan complet



**schéma bilan simplifié**



Vidéo sur Youtube



La Photosynthèse Schéma Complet - TS spé SVT



## Diaporama commenté

La photosynthèse partie 1 l'équation TS spé SVT



La photosynthèse partie2 TS spé SVT



La photosynthèse partie 3 TS spé SVT



Terminale S

TS Spécialité

Première ES/L

Première S

Seconde

Méthodologie du LYCEE

Baccalauréat

Brevet des Collèges

Cycle 4 = 5° / 4° / 3°

Cycle 3 = 6°

Méthodologie Collège

Liens