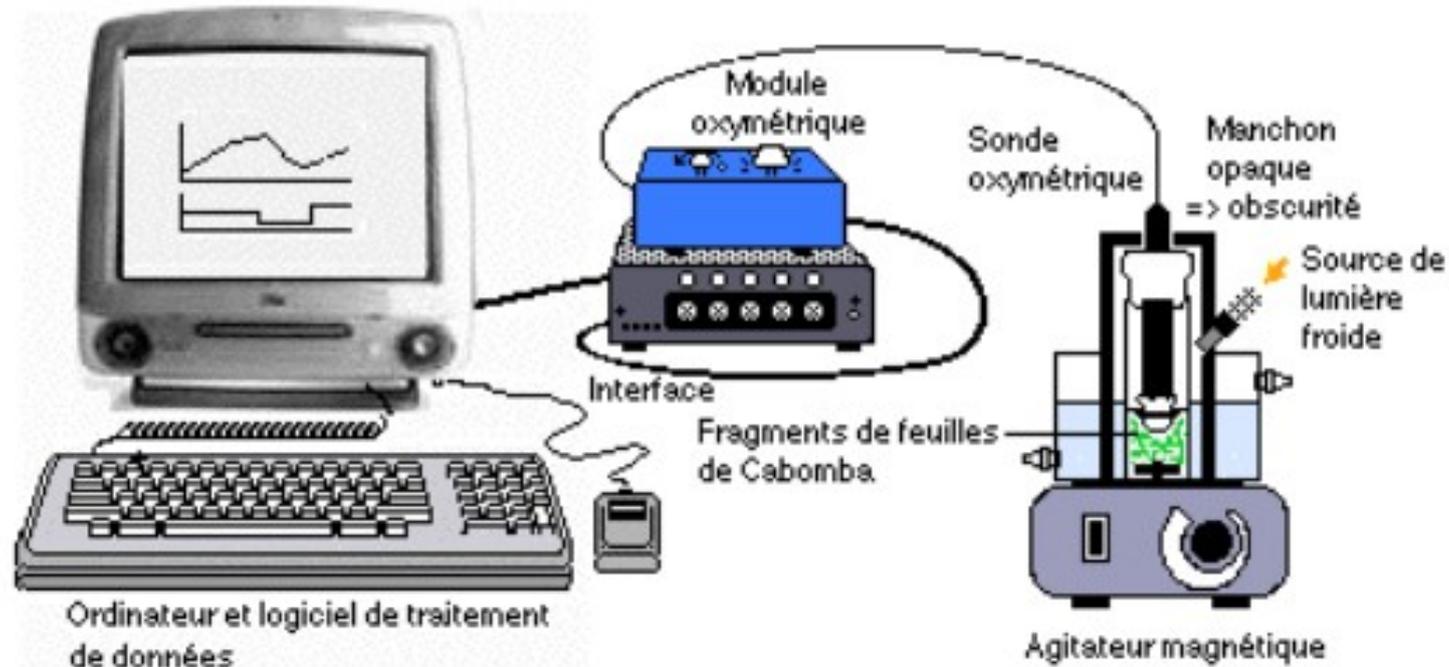


Comment l'énergie lumineuse permet-elle la synthèse de molécules glucidiques ?

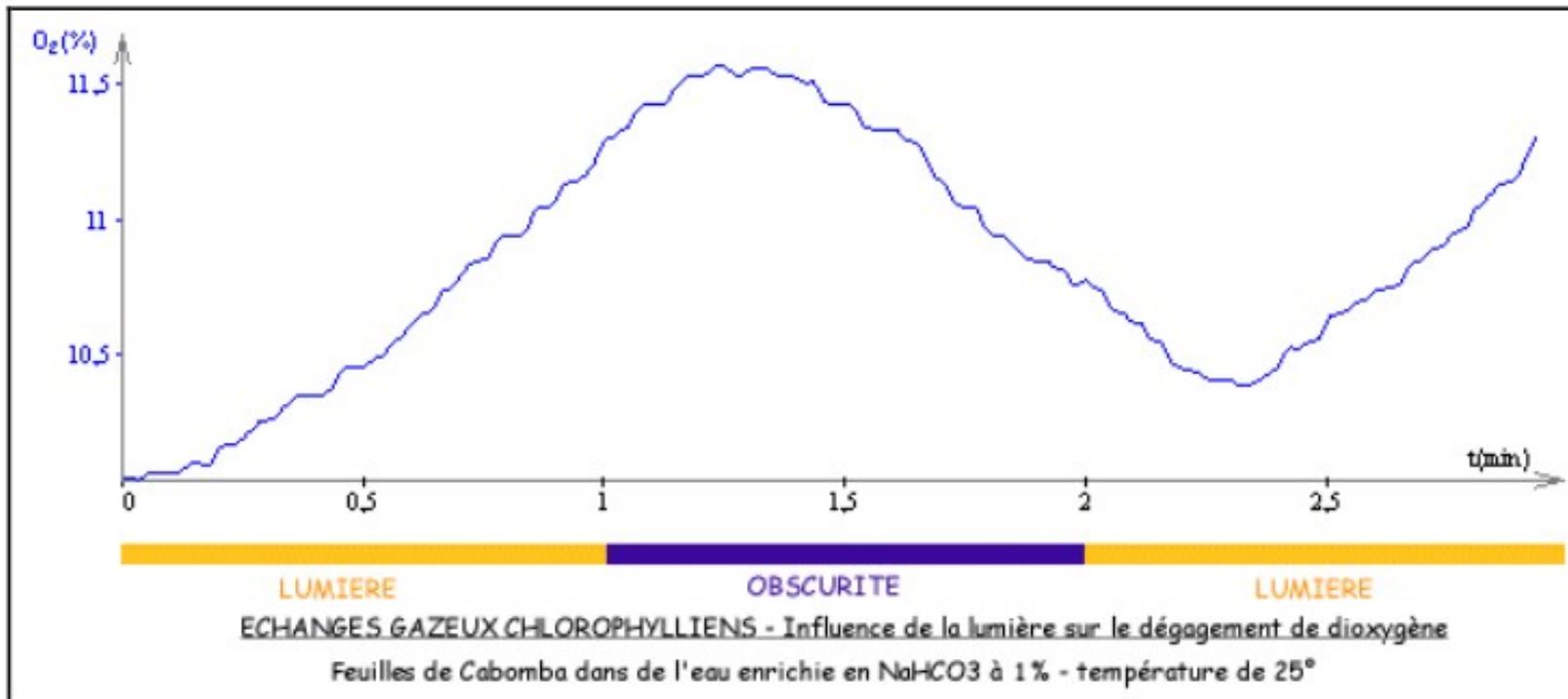
I.b – La photosynthèse, une oxydoréduction activée par la lumière .



MESURE PAR EXAO DU DEGAGEMENT DE DIOXYGENE LORS DE LA PHOTOSYNTHESE

Expérience 1 :

Principe : La cuve du bioréacteur est remplie de chlorelles, algues vertes unicellulaires, ou de fragments de feuilles d'élodée. On effectue une séquence obscurité / lumière / obscurité, en mesurant la concentration en oxygène du milieu.



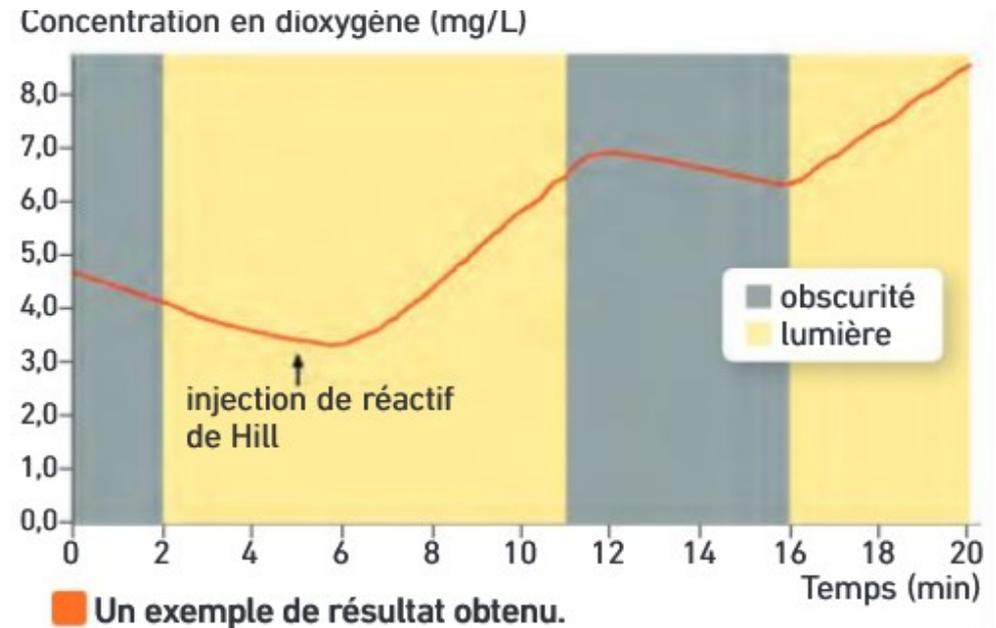
Des feuilles de végétal aquatique ou des algues unicellulaires placées dans un bioréacteur dégagent du O_2 à condition d'être placées à la lumière.

Le dégagement du O_2 est une preuve observable de la photosynthèse.

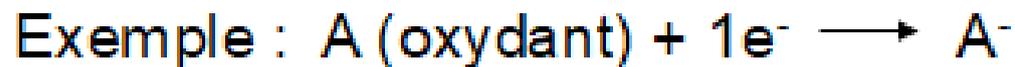
Expérience de Hill

On veut vérifier que la production de dioxygène par les chloroplastes résulte d'une oxydoréduction nécessitant de l'énergie lumineuse.

- Broyer 10 g de feuilles d'épinard dans un mortier réfrigéré contenant 10 à 25 mL de solution tampon* à pH = 6,5.
- Filtrer ce broyat sur gaze et coton hydrophile.
- Vérifier au microscope optique que le filtrat contient des chloroplastes isolés, mais pas de cellules intactes.
- À l'aide d'un dispositif ExAO, suivre la concentration en dioxygène de cette suspension de chloroplastes, en faisant succéder des phases d'obscurité et d'éclairement, en absence puis en présence du réactif de Hill.



Le réactif de Hill contient une molécule oxydante (accepteur d'électrons).



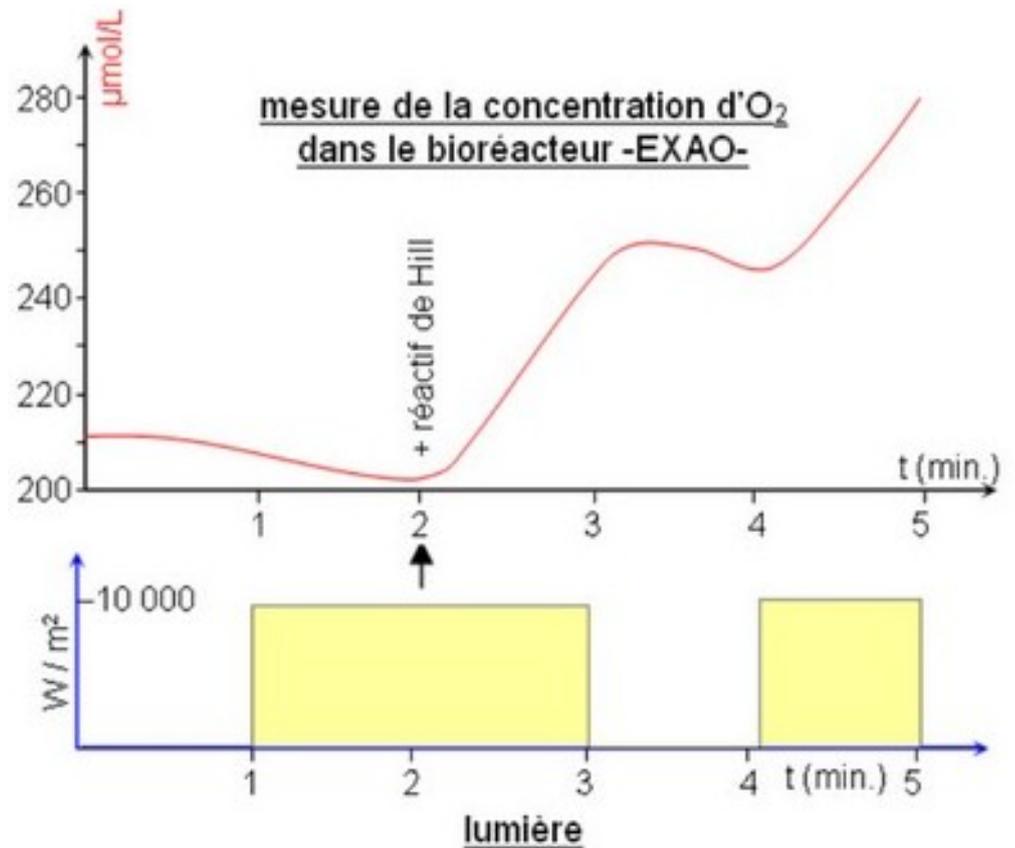
L'expérience de Hill

Dans cette expérience, Robert Hill a utilisé des chloroplastes isolés (extraits des cellules).

On constate que des chloroplastes isolés et bien éclairés ne dégagent pas de O₂.

Pour que le O₂ se dégage, il faut ajouter une molécule oxydante telle que le ferricyanure de potassium dans le milieu.

Un oxydant est une molécule susceptible d'accepter un ou plusieurs électrons



Expérience de Ruben et Kamen

En 1941, les chimistes Ruben et Kamen ont permis de comprendre l'origine du dioxygène produit au cours de la photosynthèse.

Leurs expériences reposent sur le dispositif suivant : Des chlorelles (algues unicellulaires) sont cultivées dans de l'eau enrichie en dioxyde de carbone, et exposées à la lumière.

Le pourcentage de l'isotope ^{18}O est fixé par les expérimentateurs, à la fois dans les molécules d'eau et dans les molécules de dioxyde de carbone.

Expériences	H ₂ O utilisée	CO ₂ utilisé	O ₂ recueilli
1	0,85 %	0,41 %	0,84 %
2	0,85 %	0,55 %	0,85 %
3	0,85 %	0,61 %	0,86 %
4	0,20 %	0,50 %	0,20 %
5	0,20 %	0,40 %	0,20 %

■ Résultats des expériences : teneurs en ^{18}O dans les molécules d'H₂O, de CO₂ et d'O₂.

L'expérience de Ruben et Kammen

Ruben et Kammen montrent que le O₂ produit par la photosynthèse a pour origine la molécule d'eau H₂O car le dioxygène qui se dégage présente la même teneur en O 18 que la molécule d'eau.

Au cours de la photosynthèse, des molécules H₂O sont donc oxydées libérant du O₂ mais aussi des électrons et des protons.

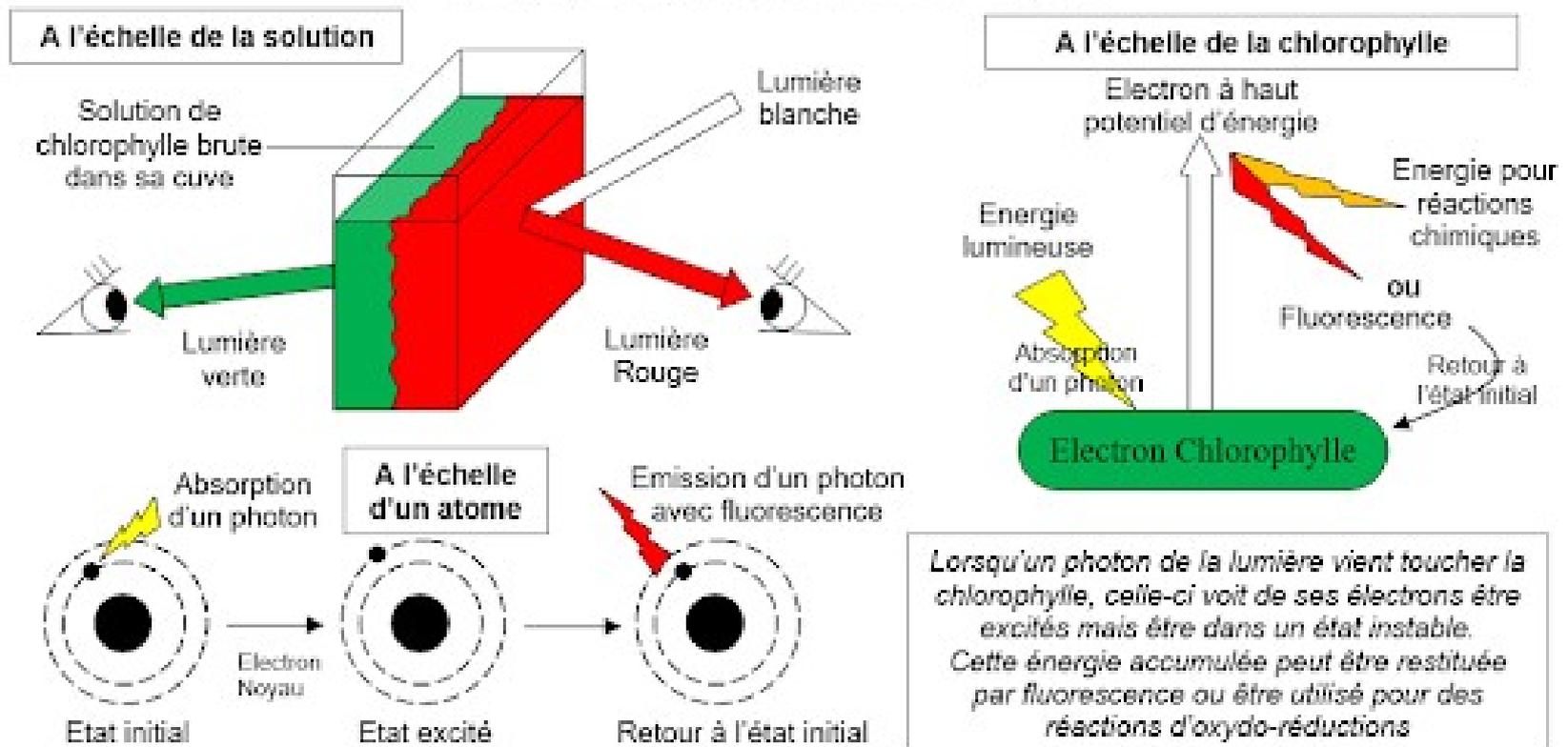
Cette réaction est appelée **photo-oxydation de l'eau** ou **photolyse de l'eau**.



Une molécule est oxydée quand elle perd des électrons
(oxydation = perte d'électrons)

La dissociation de l'eau est une oxydation* qui demande beaucoup d'énergie. Elle permet de scinder la molécule d'eau en hydrogène et oxygène. Elle n'est possible qu'en présence d'un accepteur d'électrons suffisamment puissant. Après avoir été éclairée, la chlorophylle devient une molécule très oxydante, capable de provoquer cette **photolyse de l'eau***.

Une propriété particulière de la chlorophylle



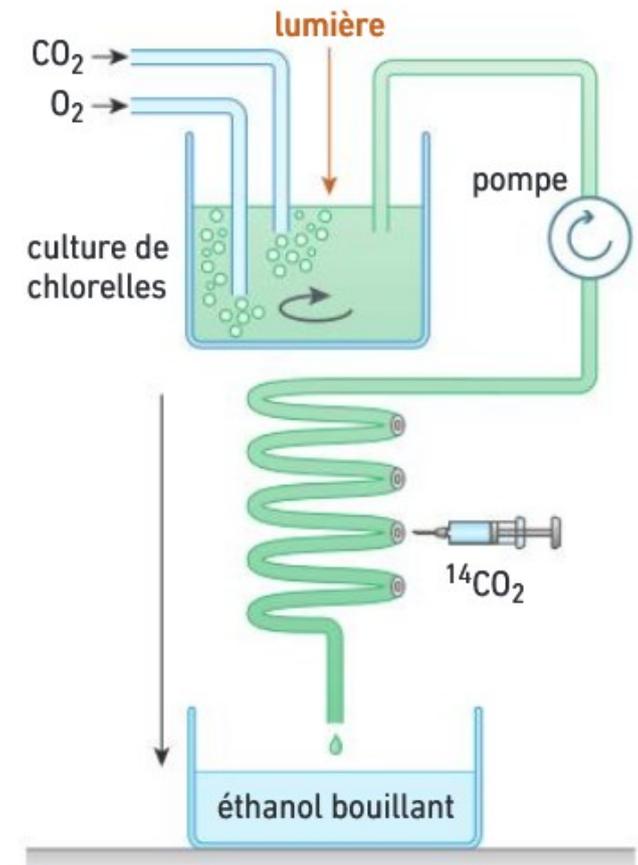
Expérience de Calvin et Benson

Les expériences menées dans les années 1950 par Melvin Calvin et Andrew Benson montrèrent qu'au cours de la photosynthèse le CO_2 participe à des réactions chimiques qui conduisent à la production de glucides simples, dont le glucose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$). Globalement, ces réactions correspondent à une **réduction du CO_2 *** au cours de la photosynthèse.

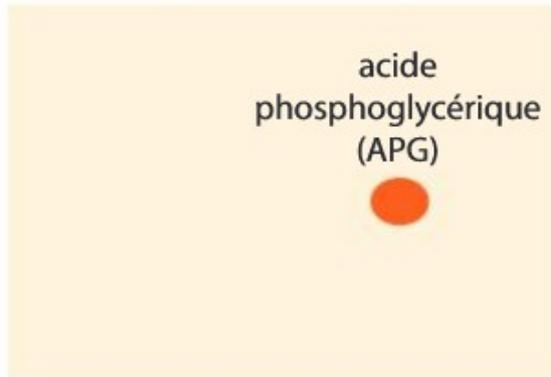
Leurs expériences reposent sur le dispositif suivant :

Des chlorelles (algues unicellulaires) sont cultivées dans des conditions optimales pour la photosynthèse. Le milieu de culture est relié à un serpentin grâce à une pompe qui permet de contrôler le débit et donc la durée de présence des algues dans le serpentin. Le serpentin est conçu pour injecter du $^{14}\text{CO}_2$ à différents endroits. Ceci permet de contrôler la durée de contact entre les algues et le $^{14}\text{CO}_2$. À la sortie du serpentin, les algues tombent dans de l'alcool bouillant, ce qui les tue instantanément.

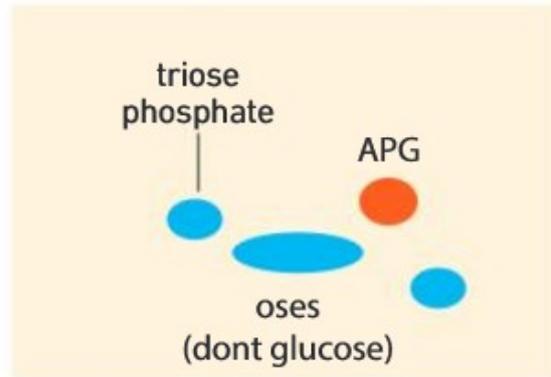
Les molécules organiques sont ensuite extraites des algues, et soumises à une chromatographie bidimensionnelle*. Les molécules contenant du ^{14}C radioactif sont révélées par autoradiographie*. On peut identifier les différentes molécules par comparaison avec une chromatographie réalisée sur des molécules connues.



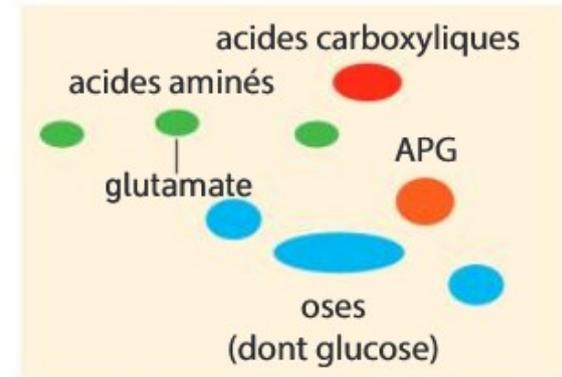
A Dispositif expérimental.



t = 1 s

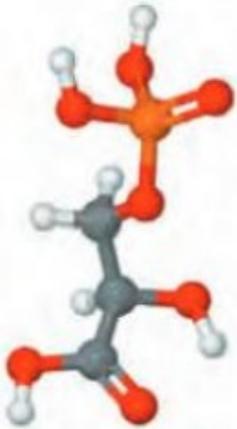


t = 5 s

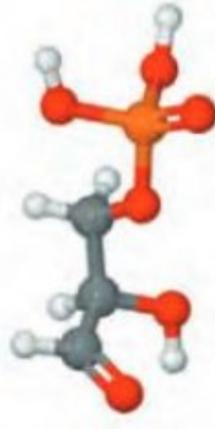


t = 15 s

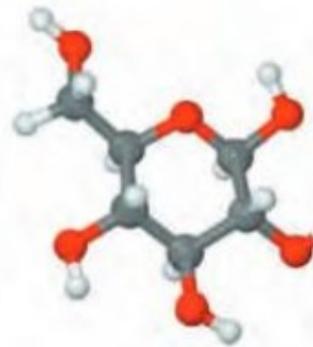
Chromatographies bidimensionnelles (résultats schématisés).



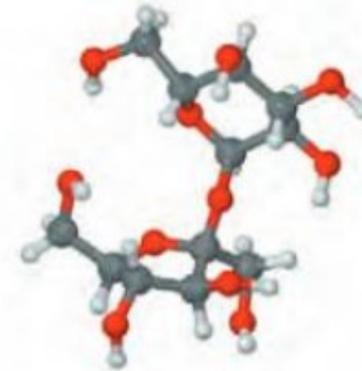
APG : acide phosphoglycérique



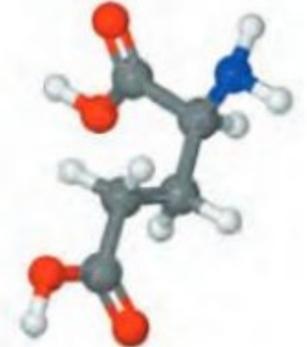
Triose phosphate



Glucose



Saccharose



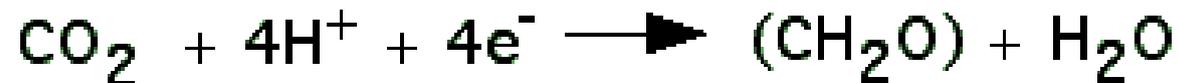
Glutamate

Quelques molécules produites par la réduction du CO₂.

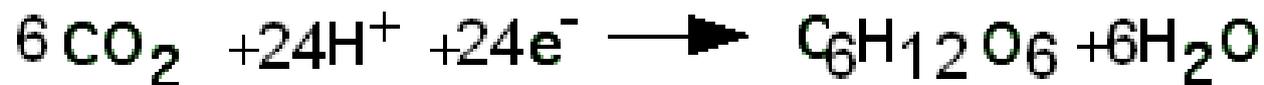
L'expérience de Calvin et Benson

Calvin et Benson montrent que, pendant la photosynthèse, le CO₂ est transformé en diverses molécules glucidiques (glucose et autres sucres solubles) .

Ces réactions correspondent à la **réduction du dioxyde de carbone CO₂**

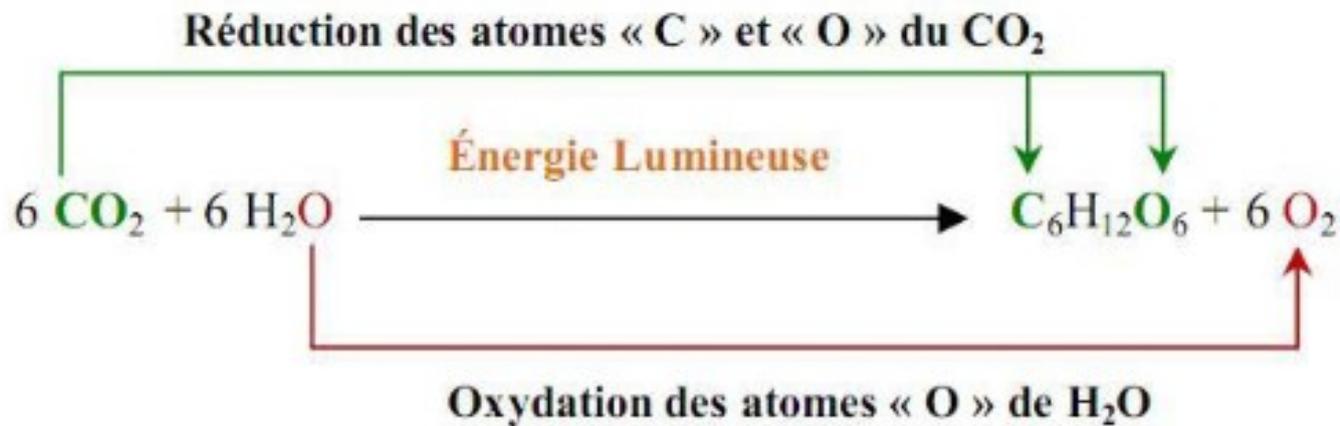


La réduction de 6 CO₂ permet de synthétiser une molécule de glucose C₆H₁₂O₆



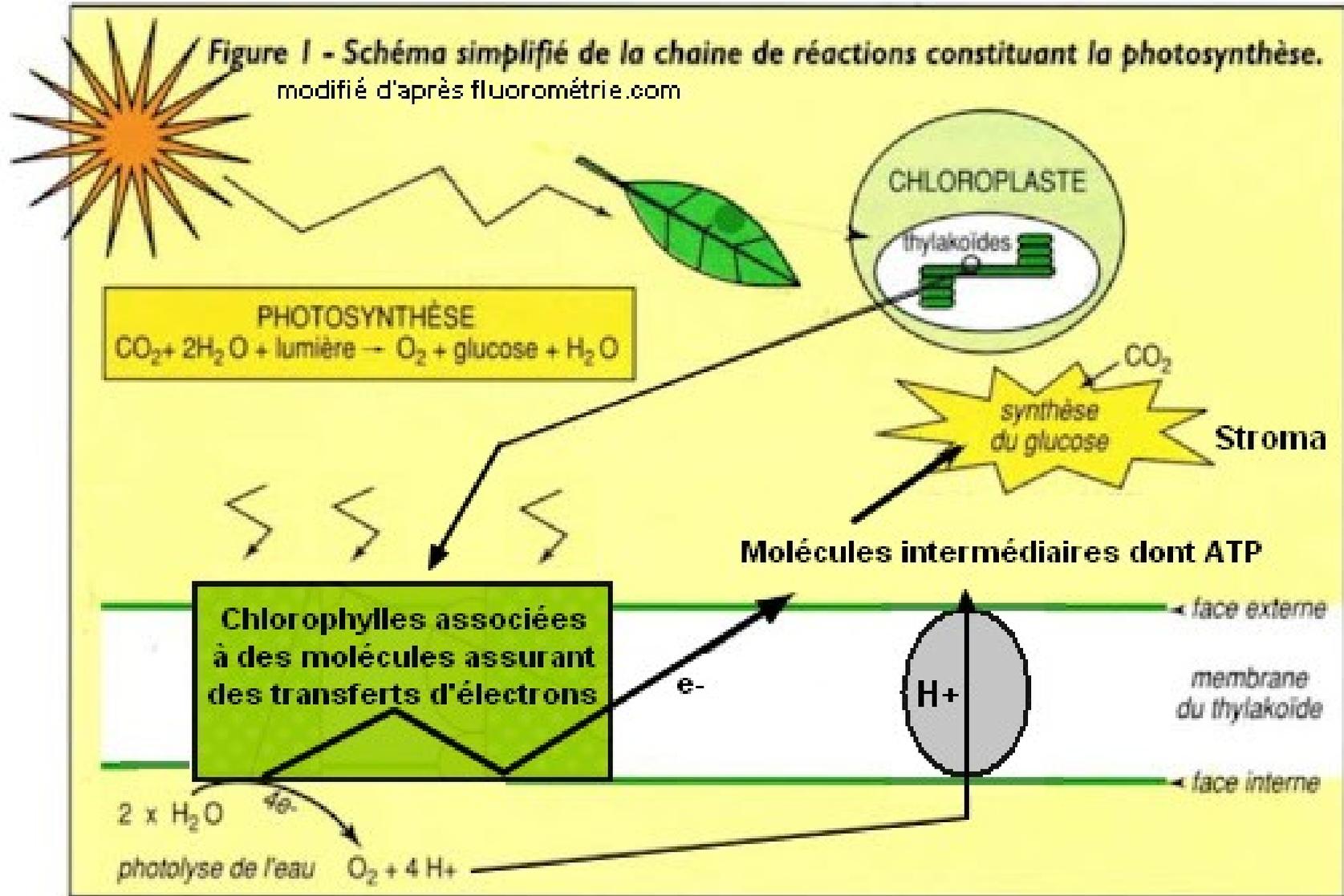
Une molécule est réduite quand elle gagne des électrons
(réduction = gain d'électrons)

Au cours de la photosynthèse, il y a donc un couplage entre l'oxydation de l'eau et la réduction du CO₂. C'est la capture de l'énergie lumineuse par les pigments chlorophylliens qui déclenche l'oxydation de l'eau car la chlorophylle, excitée par la lumière, devient très oxydante.



Équation bilan simplifiée de la photosynthèse.

Figure 1 - Schéma simplifié de la chaîne de réactions constituant la photosynthèse.
modifié d'après fluorométrie.com



Bilan:

L'énergie lumineuse, captée par les pigments chlorophylliens au niveau du chloroplaste, est convertie en énergie chimique utilisable par la plante (synthèse d'intermédiaires énergétiques dont l'ATP faisant intervenir des réactions d'oxydo-réduction). Cette conversion est liée à la photo-oxydation de l'eau qui s'accompagne d'une libération d'O₂. Les intermédiaires énergétiques sont utilisés pour la réduction du CO₂ aboutissant à la production de glucose et d'autres sucres solubles. La réduction du CO₂ nécessite un ensemble de réactions chimiques connu sous le nom de cycle de Calvin.

