

La

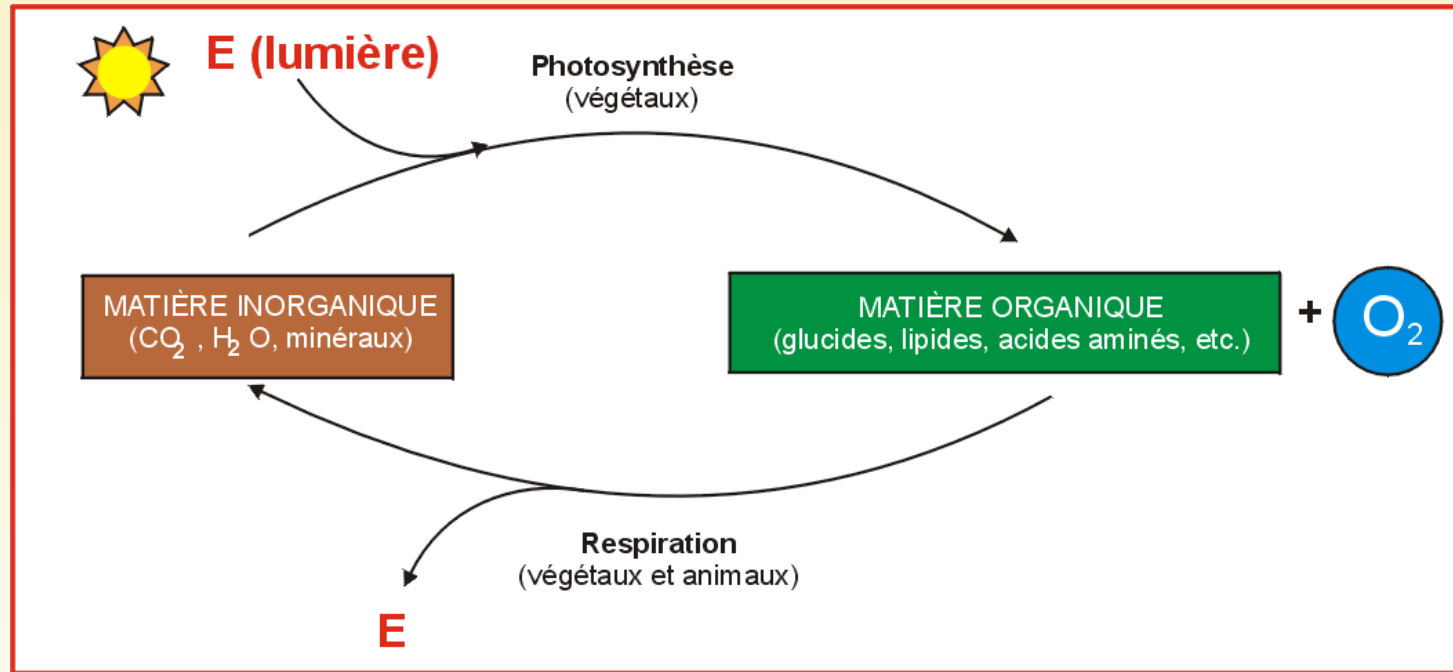
photosynthèse



Pr : SAAYOUN Salaheddine
salaheddinesaayoun@gmail.com

0677652616

1. Photosynthèse et respiration

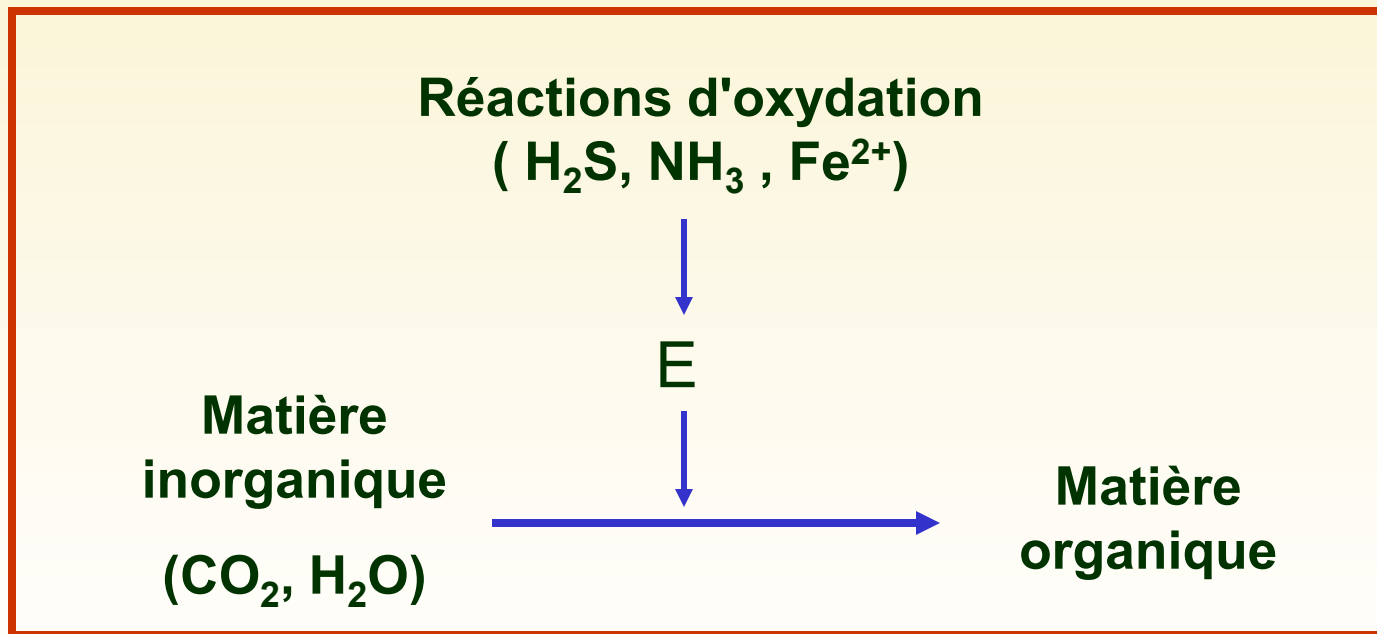


Autotrophes : Photosynthèse et respiration.
Fabriquent leur propre matière organique.

Hétérotrophes : Respiration ou fermentation.
Transforment la matière organique végétale en matière organique animale.

Chimioautotrophes

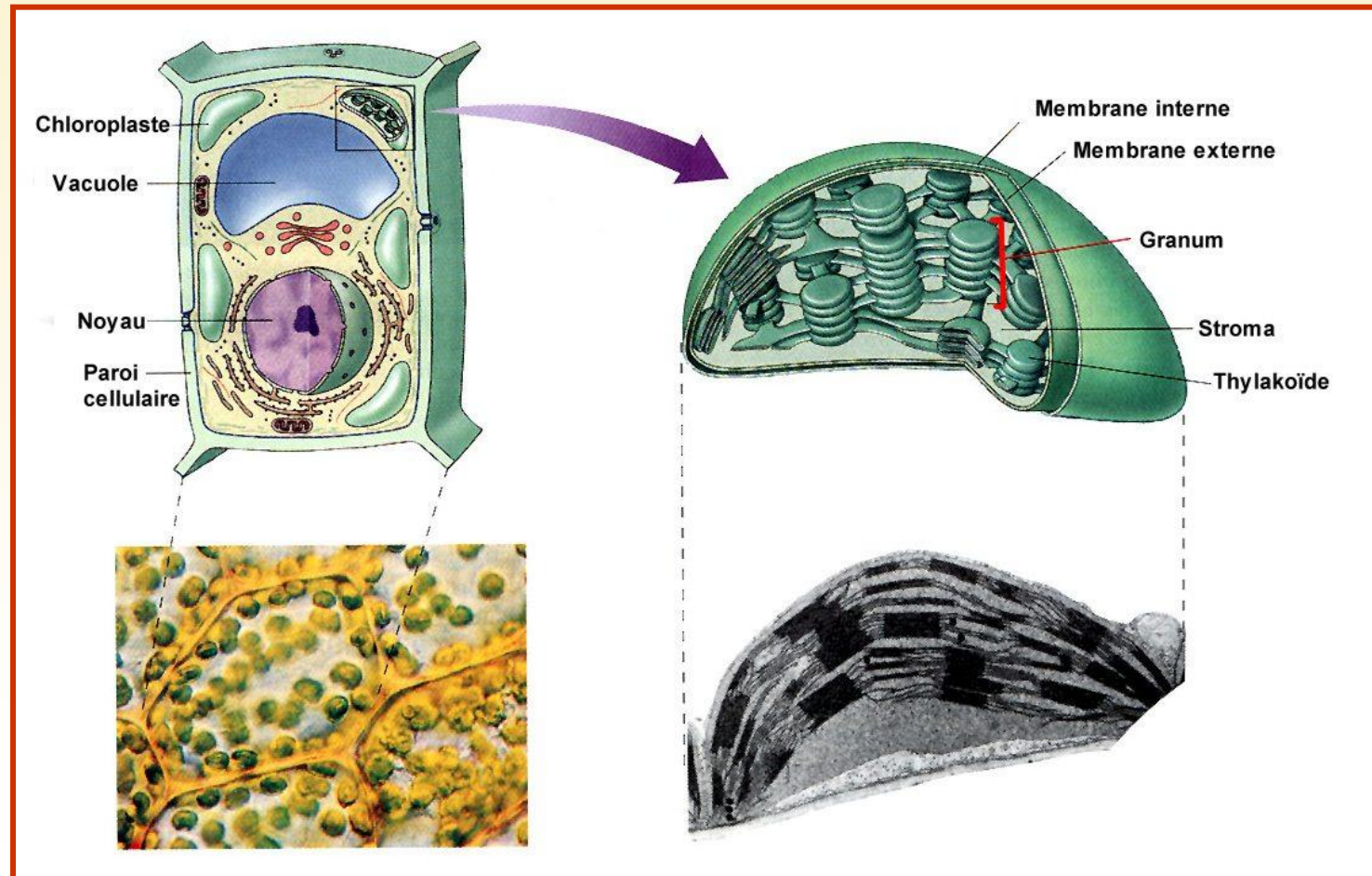
Cas particulier de certaines espèces de bactéries.

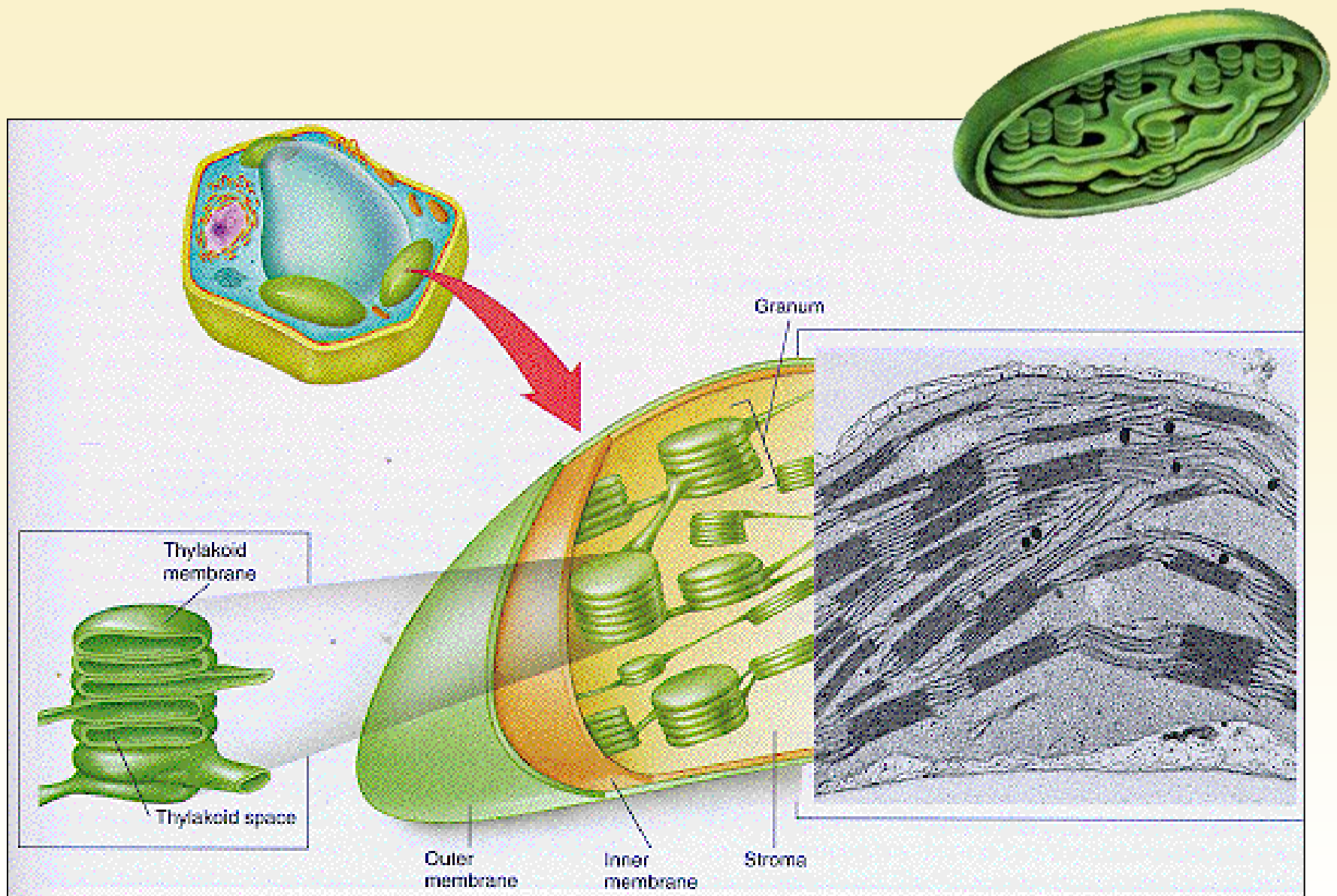


Donc, pas de lumière nécessaire.

2. Les chloroplastes

Responsables de la photosynthèse dans les parties vertes des plantes.





Origine évolutive des chloroplastes et des mitochondries

1 mm² de feuille peut contenir ~ 500,000 chloroplastes.

La membrane des thylakoïdes contient des pigments :

- Chlorophylle a et b (vert)
- Caroténoïdes et xanthophylles (jaune à rouge)

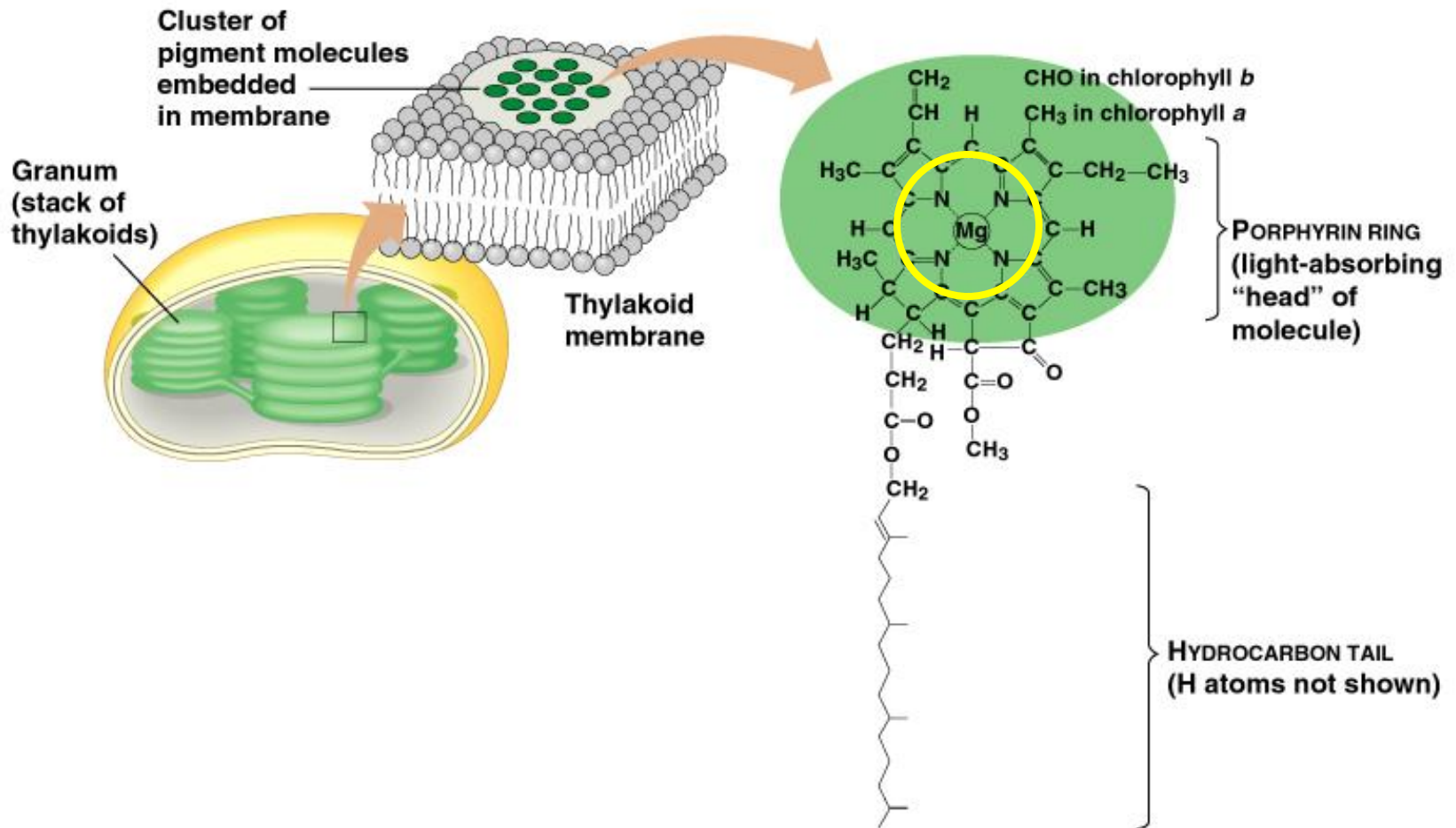
Caroténoïde le plus abondant = **bêta-carotène**

Bêta-carotène → 2 vitamines A

Chaque année, toute la chlorophylle des plantes (~ 300 millions de tonnes) est synthétisée et dégradée environ trois fois.

Si la chlorophylle se dégrade plus vite qu'elle n'est synthétisée, on voit alors apparaître les autres pigments.





©1999 Addison Wesley Longman, Inc.

Chlorophyll

À une certaine époque, on prêtait toutes sortes de vertus à la chlorophylle.



Équation générale de la photosynthèse



Plus précisément :



Plus précisément encore



O₂ Provient de l'eau



Déroulement de la photosynthèse

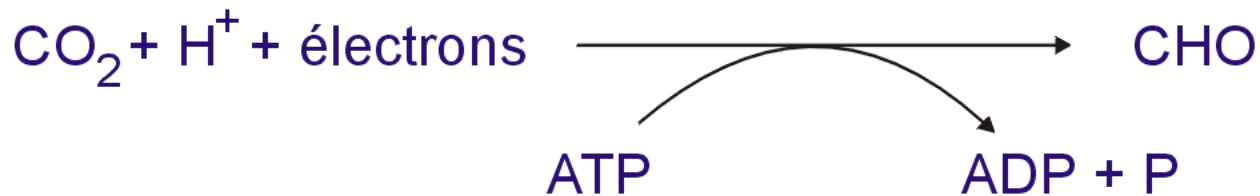
2 phases :

- **Réaction photochimique** : dans la membrane des thylakoïdes

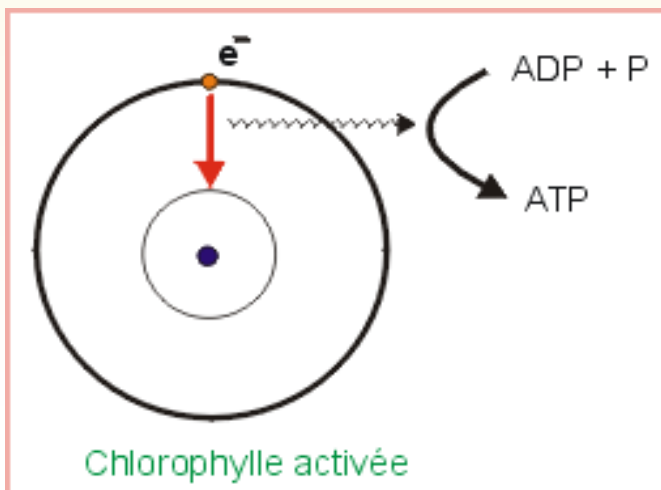
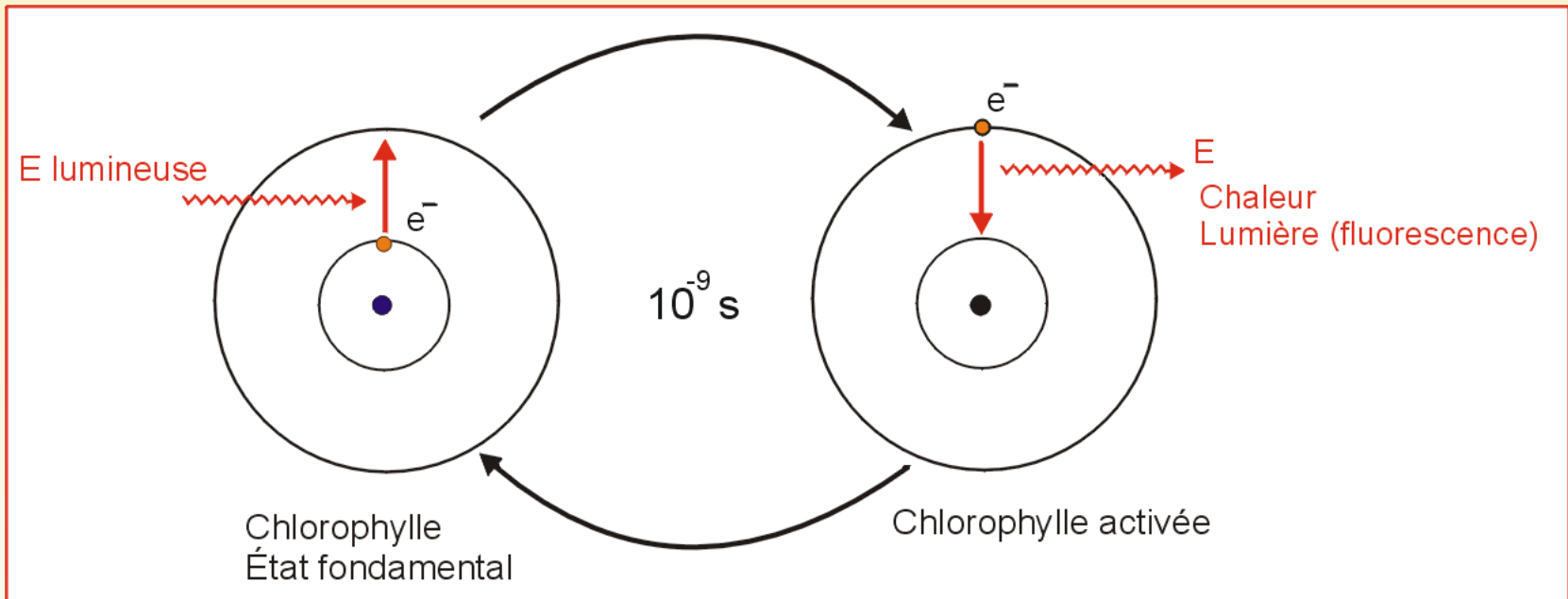
E lumière $\longrightarrow$ E chimique (ATP)

H_2O $\longrightarrow$ $\text{H}^+ + \frac{1}{2} \text{O}_2 + \text{électrons}$

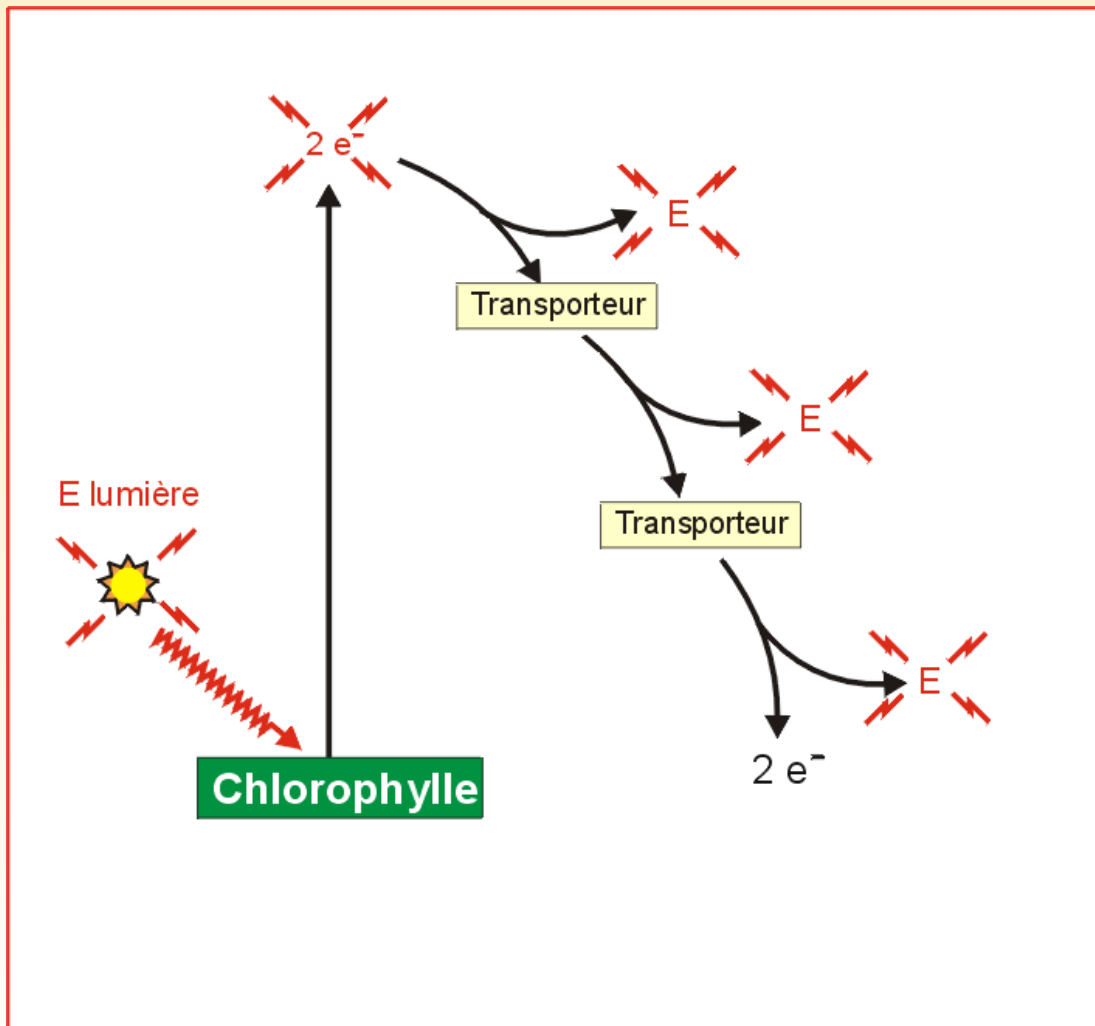
- **Cycle de Calvin** : dans le stroma



3. La réaction photochimique



Dans la réaction photochimique, l'énergie de l'électron sert à transformer l'ADP et P en ATP.



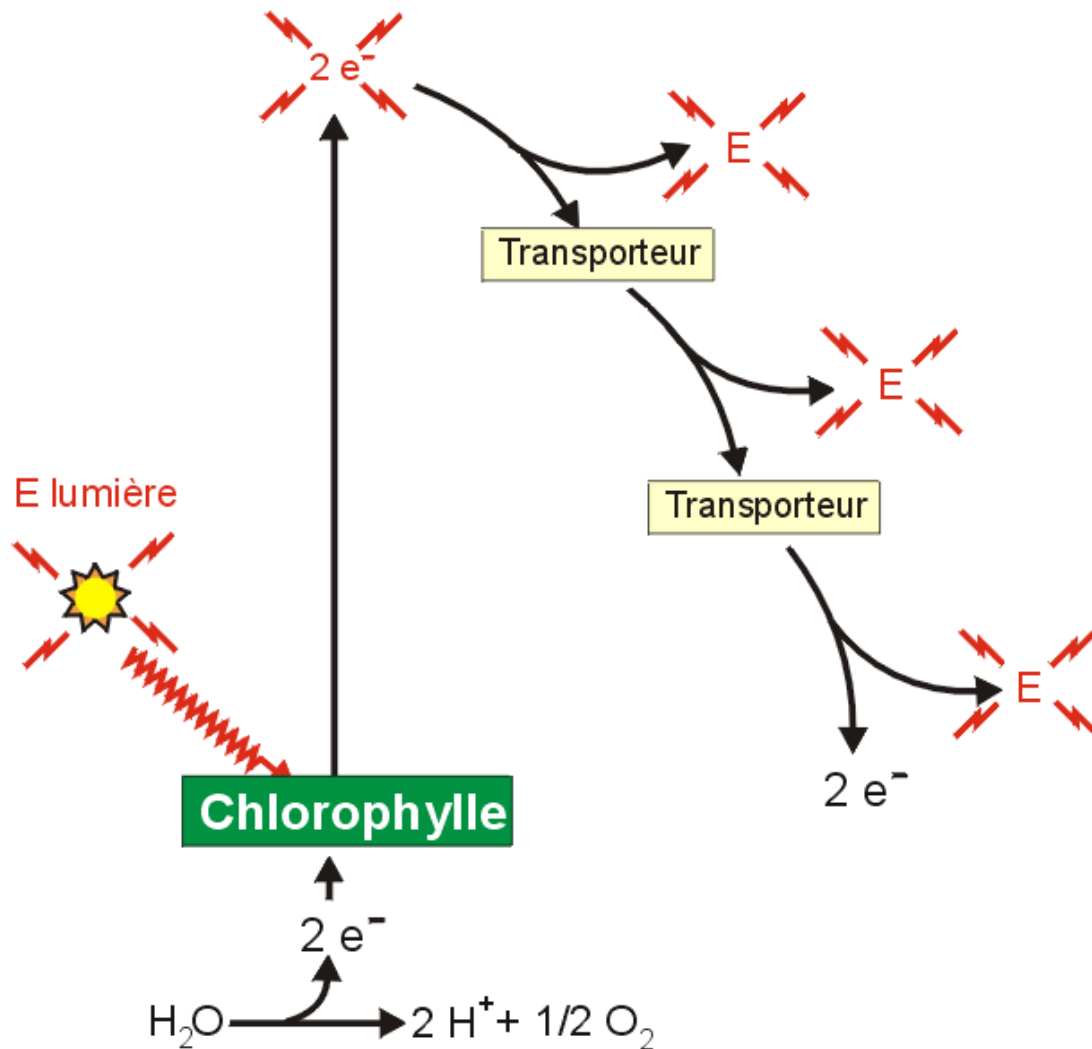
La chlorophylle absorbe la lumière.

Deux électrons sont portés à un niveau d'énergie supérieur.

Chaque électron est capté par des transporteurs situés dans la membrane du thylakoïde.

L'électron passe de transporteur en transporteur.

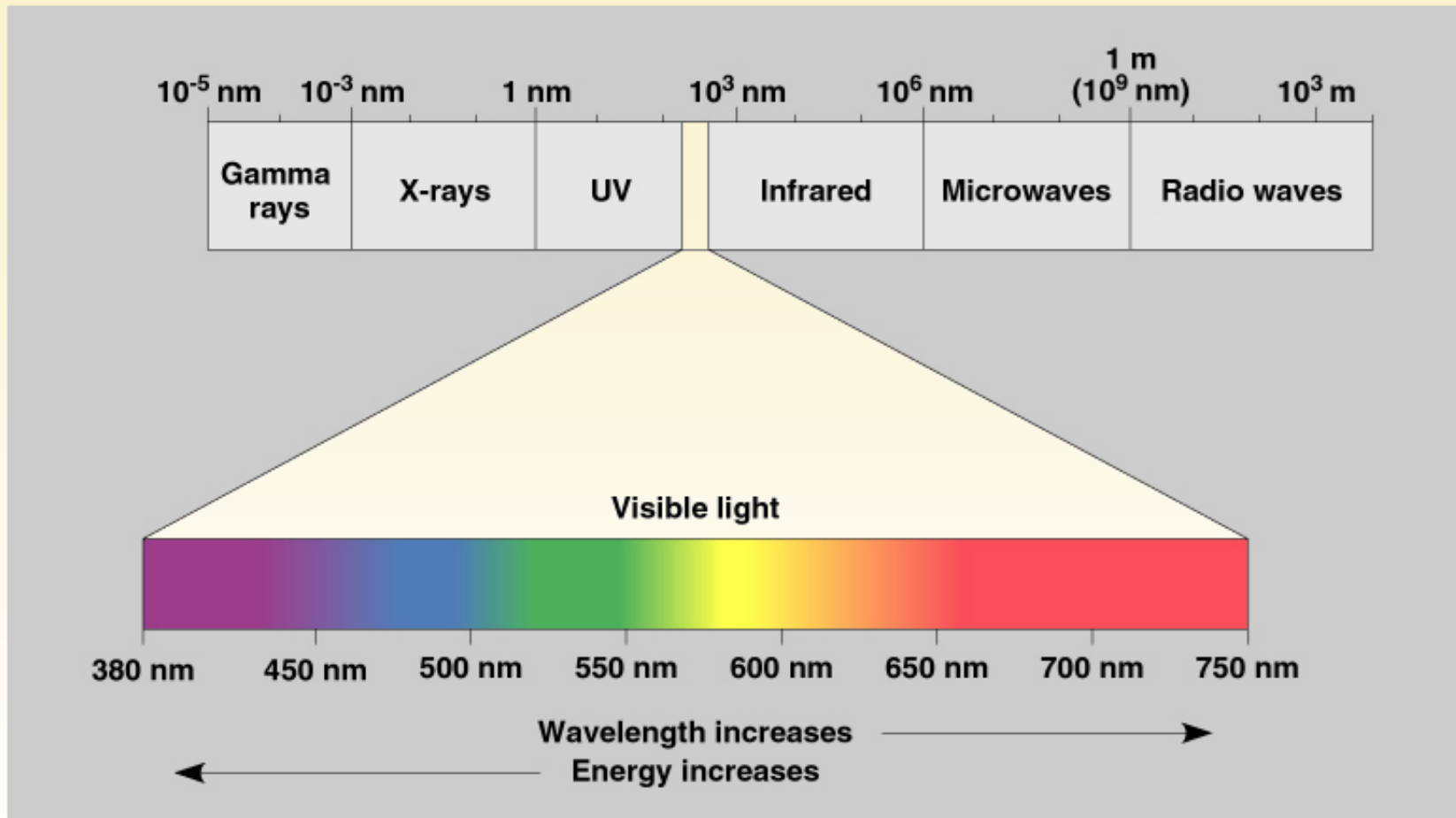
À chaque transfert, l'électron perd de l'énergie.



Les électrons arrachés à la chlorophylle sont remplacés par des électrons arrachés à une molécule d'eau.

En perdant ses électrons, la molécule d'eau se scinde en 2 ions H⁺ et en 1/2 O₂.

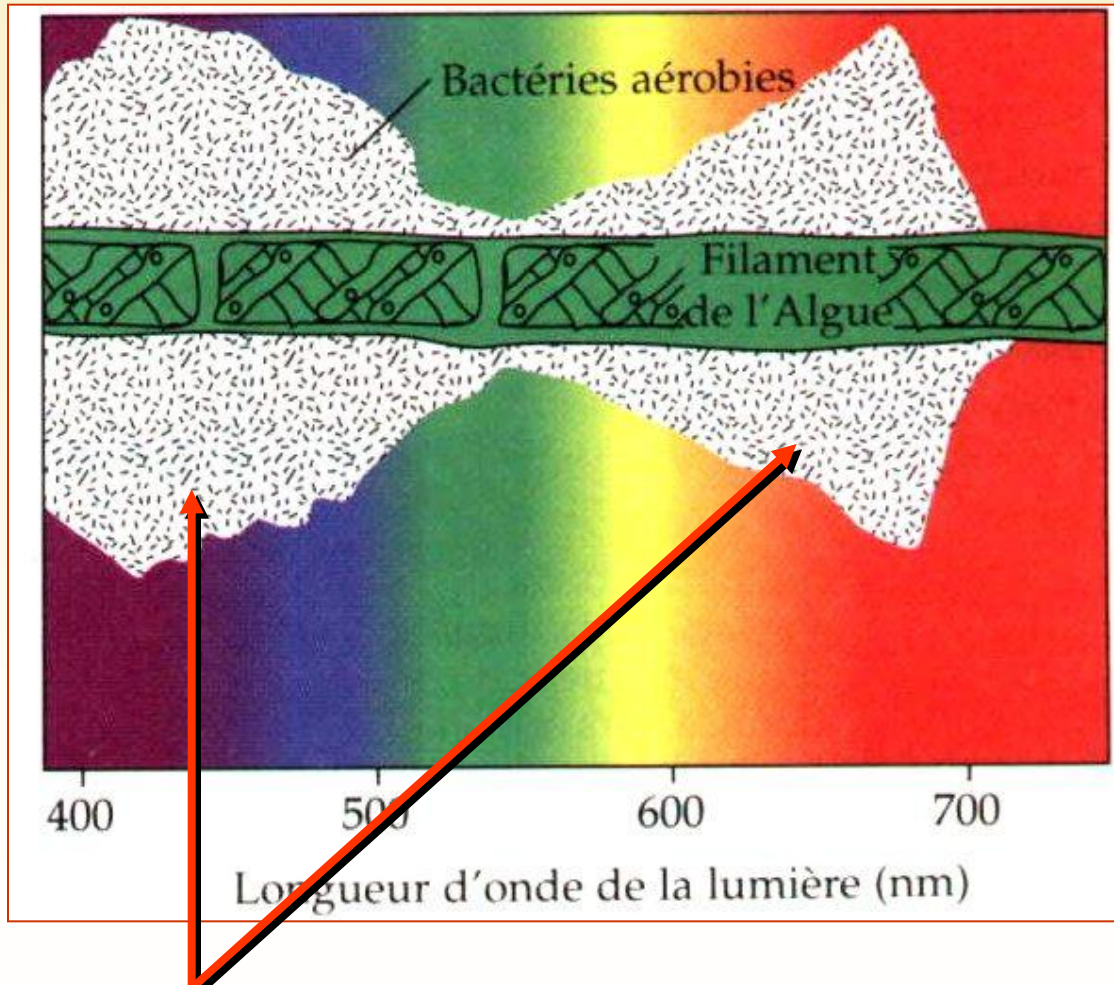
Absorption de la lumière



©1999 Addison Wesley Longman, Inc.

Lumière visible : 380 à 750 nm

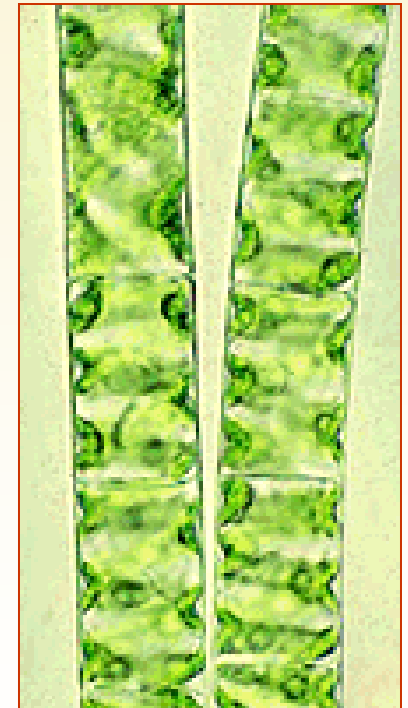
Le rendement de la photosynthèse n'est pas le même à toutes les longueurs d'onde (couleurs)



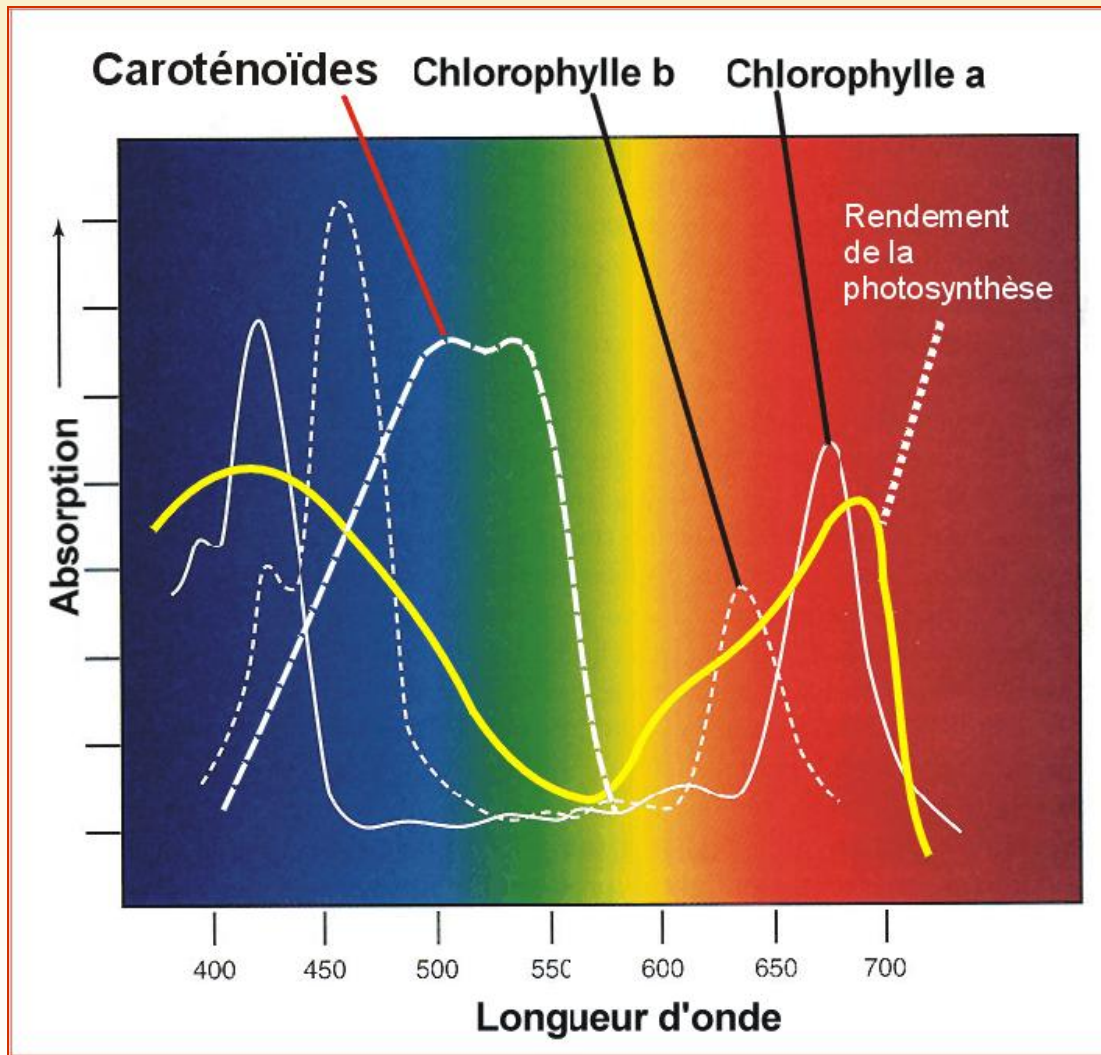
Bactéries attirées par l'oxygène

À lire, cliquez sur le lien

Expérience de
Thomas Engelmann
(années 1880)



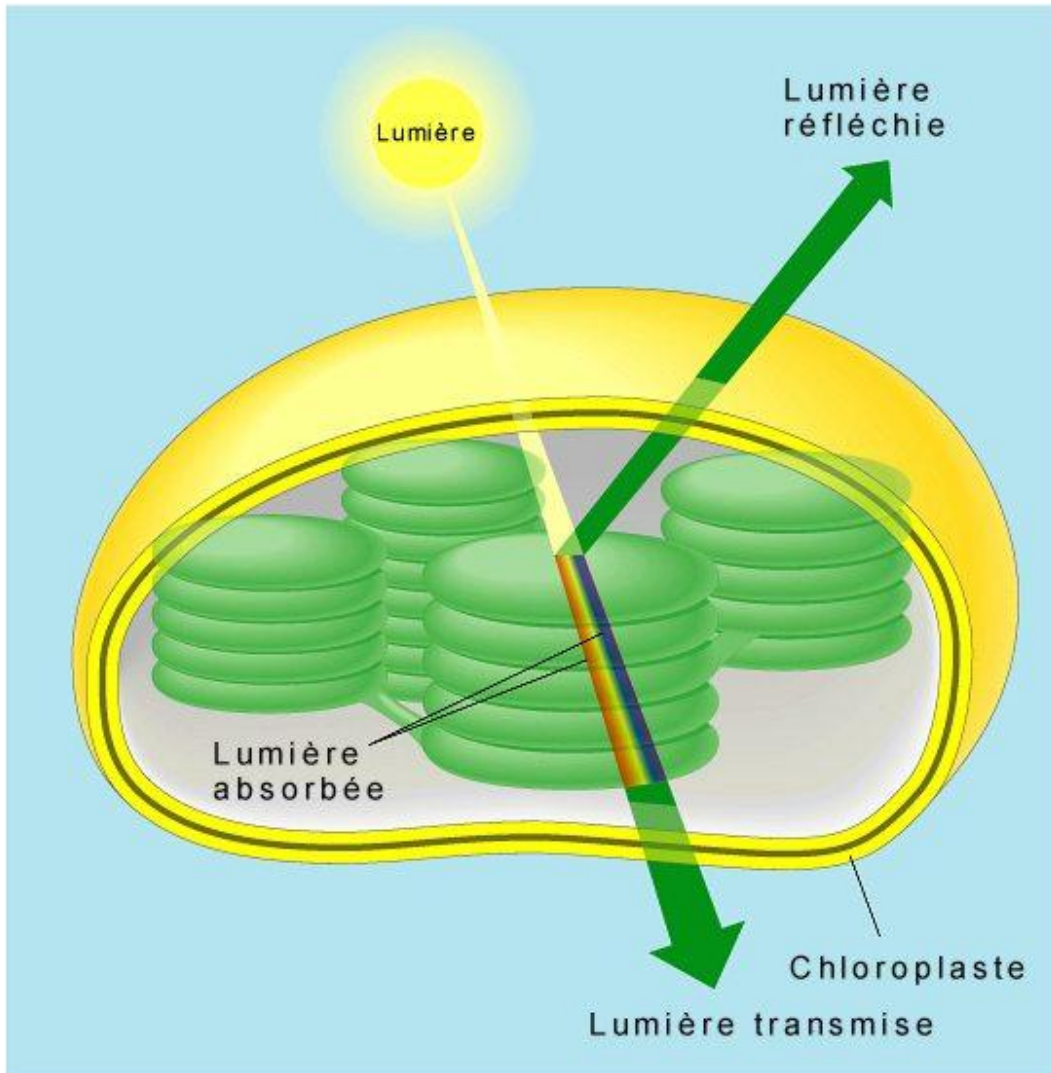
algue
filamenteuse
spirogyre



Les différents pigments n'absorbent pas la lumière de la même façon.

L'énergie absorbée par les pigments accessoires (chlorophylle b, caroténoïdes et xanthophylles) est transmise à la chlorophylle a.

Pourquoi les plantes
sont-elles vertes?

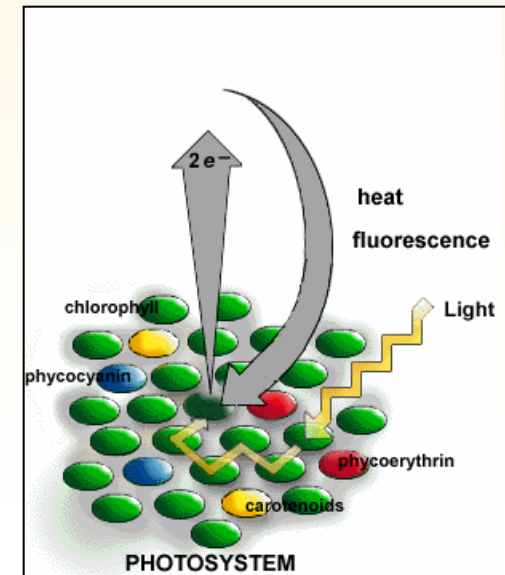
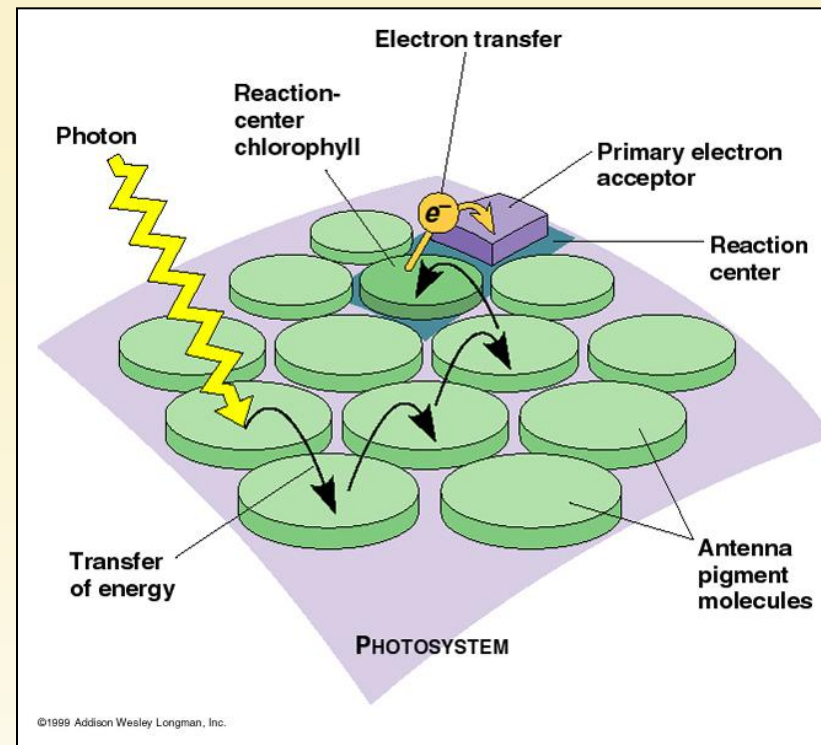


Les molécules de pigments de la membrane du thylacoïde sont associées à des transporteurs d'électrons. L'ensemble forme un **photosystème**.

Dans un photosystème, l'énergie lumineuse peut être absorbée par certains pigments (chlorophylle ou autres pigments) et transmise, sous forme d'électrons excités, à d'autres molécules de pigment.

Les électrons excités sont finalement transmis à deux molécules de chlorophylle a au centre du photosystème.

Un photon doit avoir une longueur d'onde bien précise pour être absorbé par une molécule. Ce système permet à la chlorophylle a d'absorber l'énergie lumineuse de photons qui ont une longueur d'onde qui ne pourrait pas normalement l'exciter.



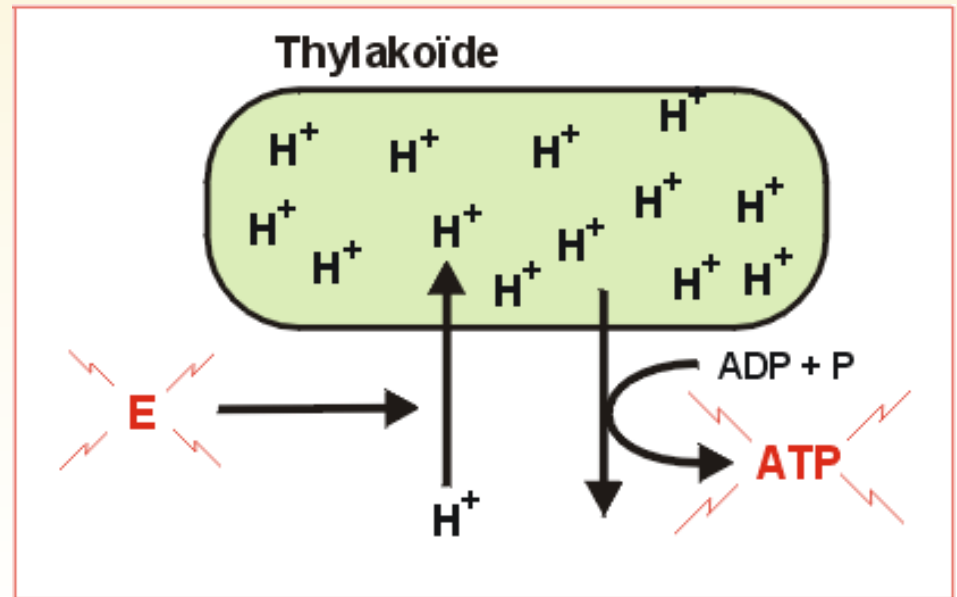
Énergie provenant des électrons sert à activer des pompes à protons. Les ions H^+ sont "pompés" à l'intérieur des thylakoïdes.

=> formation d'un **gradient de concentration** et d'un **gradient électrique**.

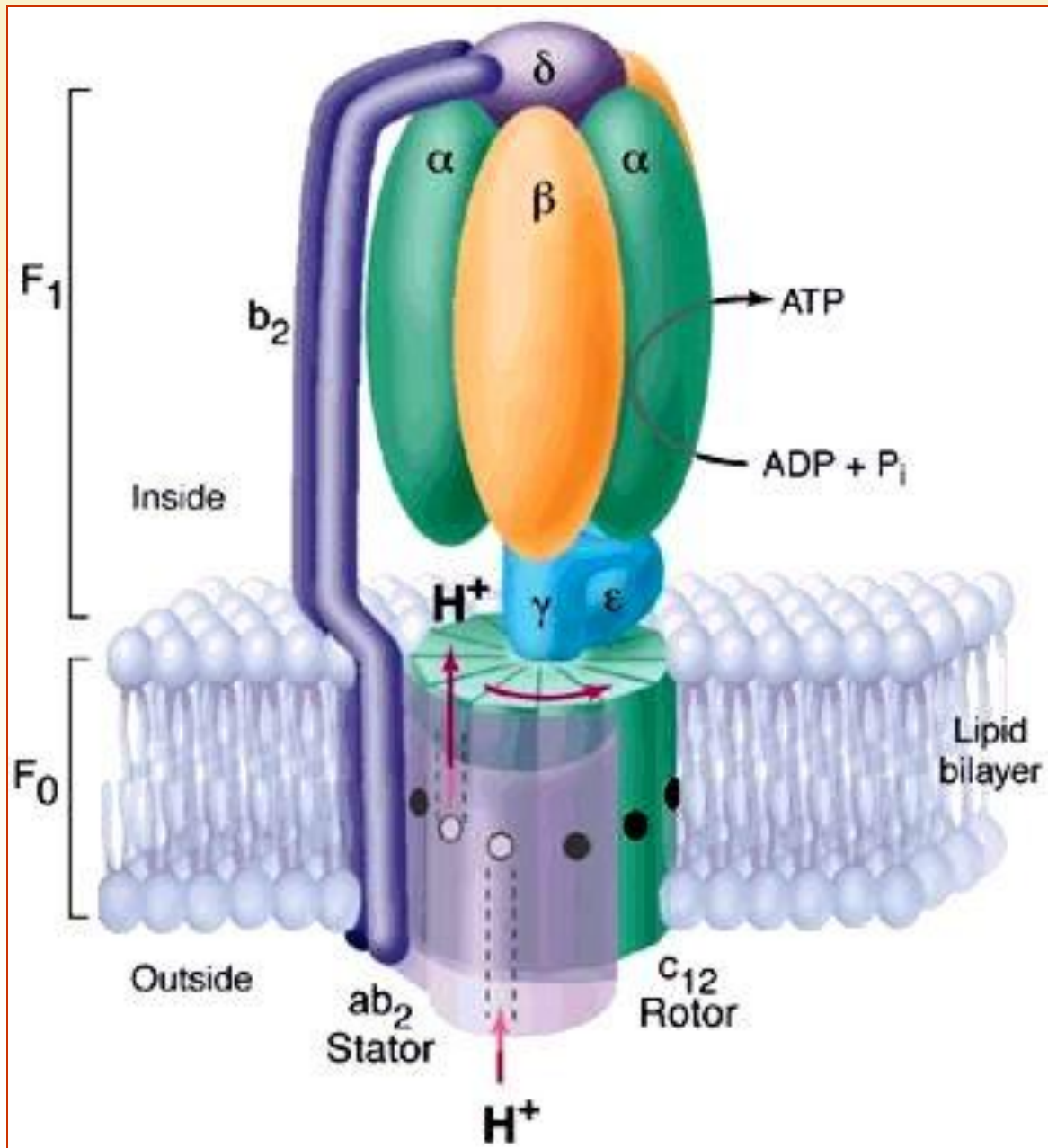
Les H^+ diffusent en suivant leur gradient de concentration et leur gradient électrique.

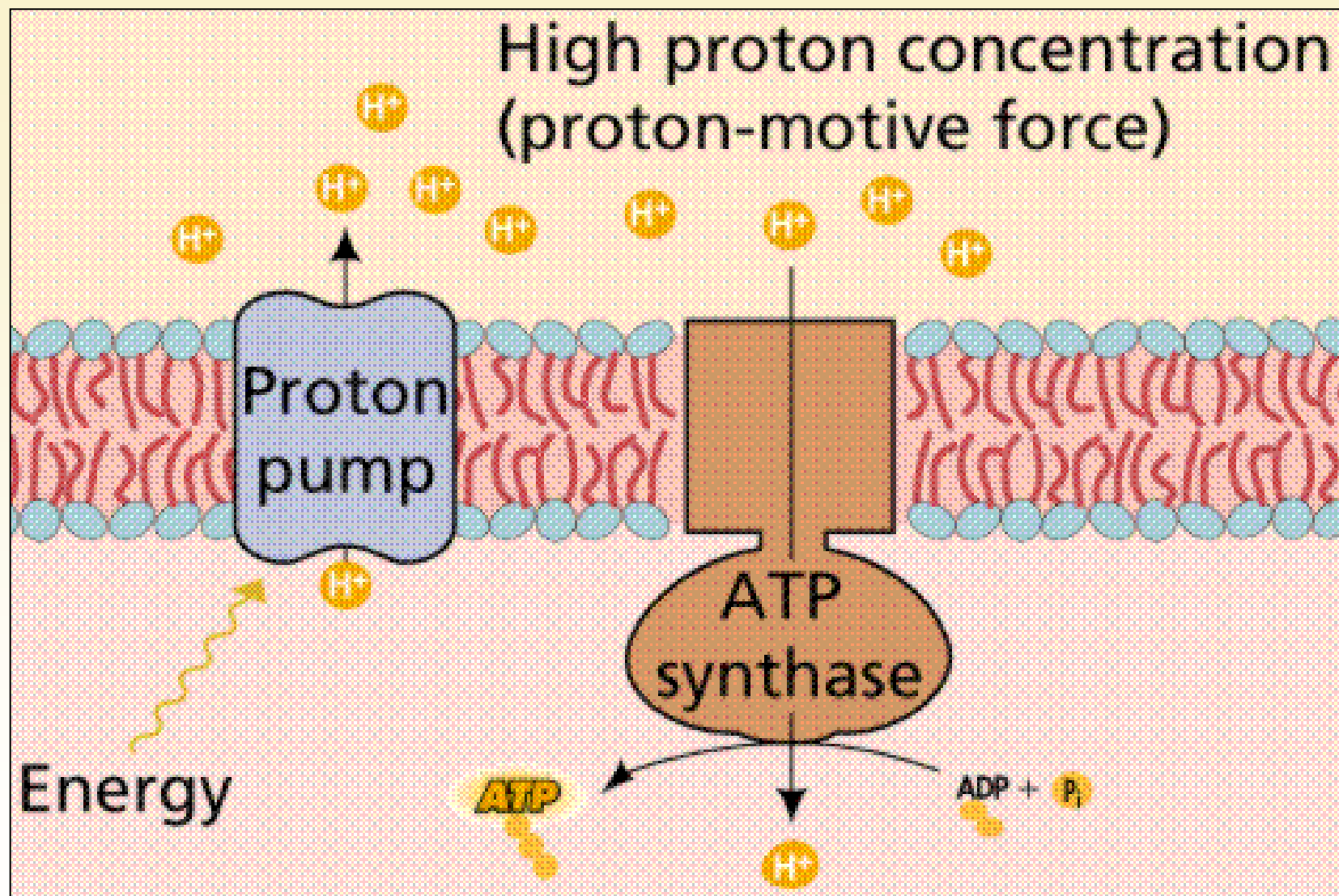
Les ions H^+ passent par des **ATP synthétases**.

→ formation d'ATP à partir d'ADP et de P

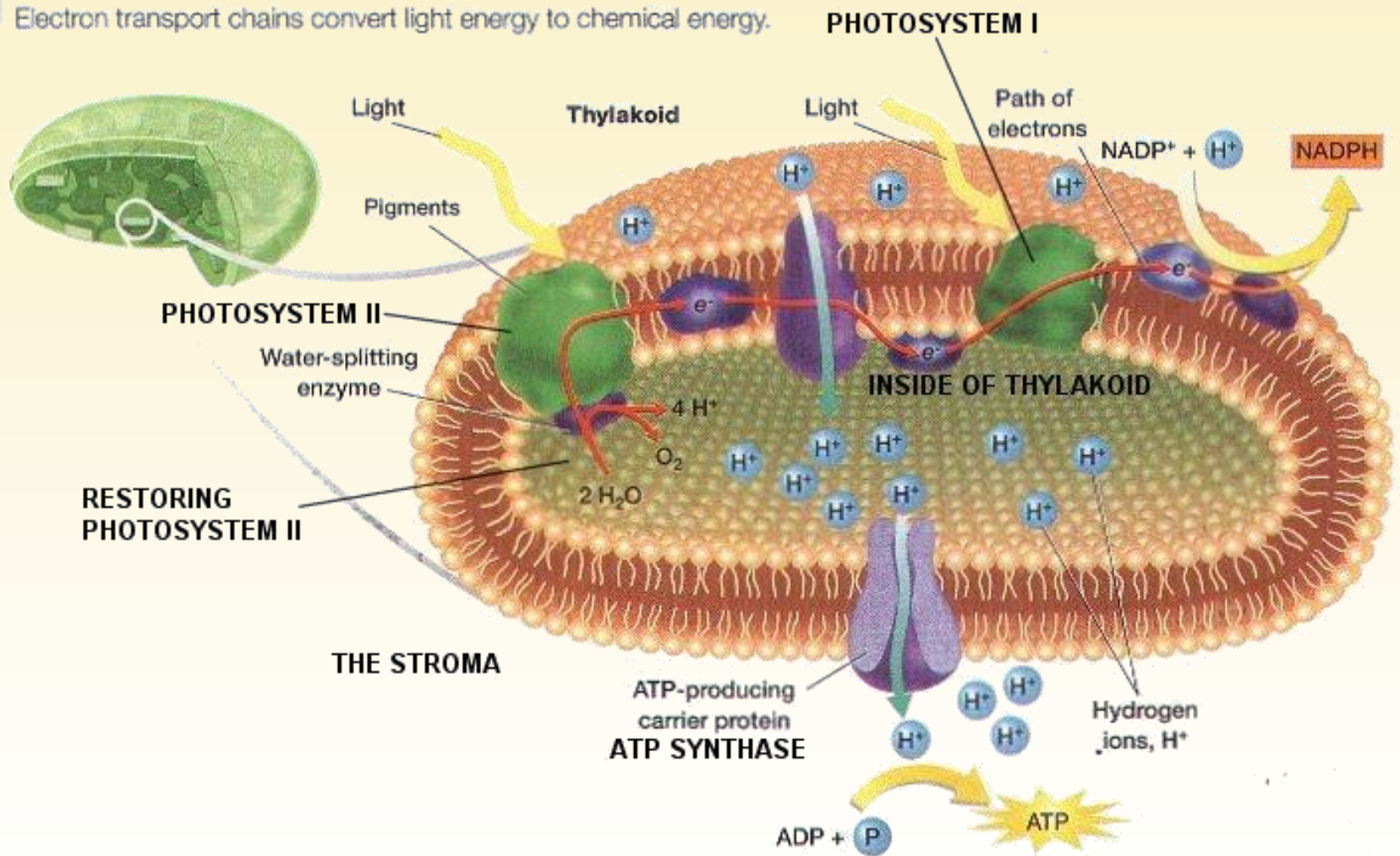


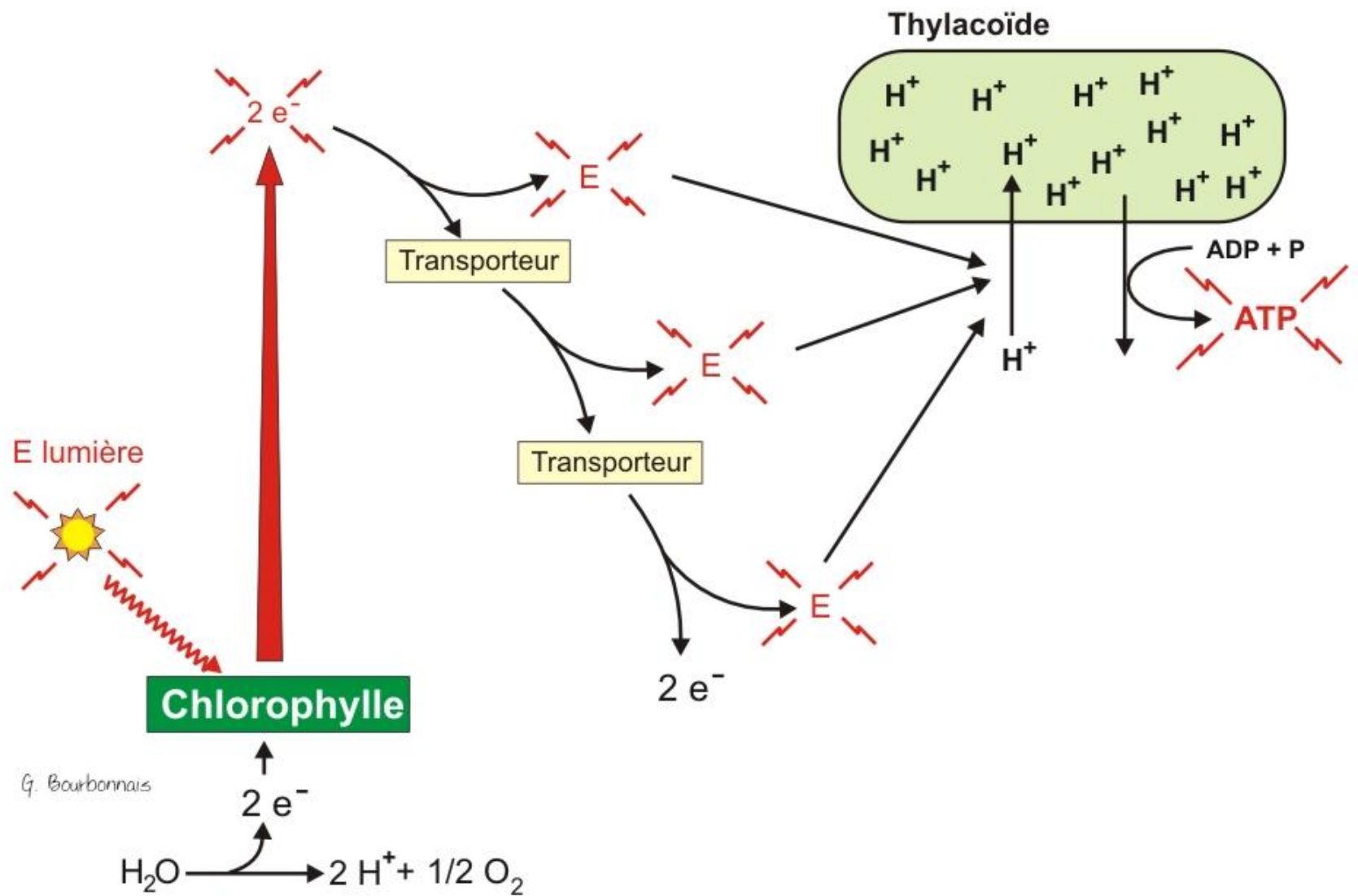
La concentration en H^+ dans le thylakoïde peut devenir 1000 fois supérieure à celle du stroma.





Electron transport chains convert light energy to chemical energy.

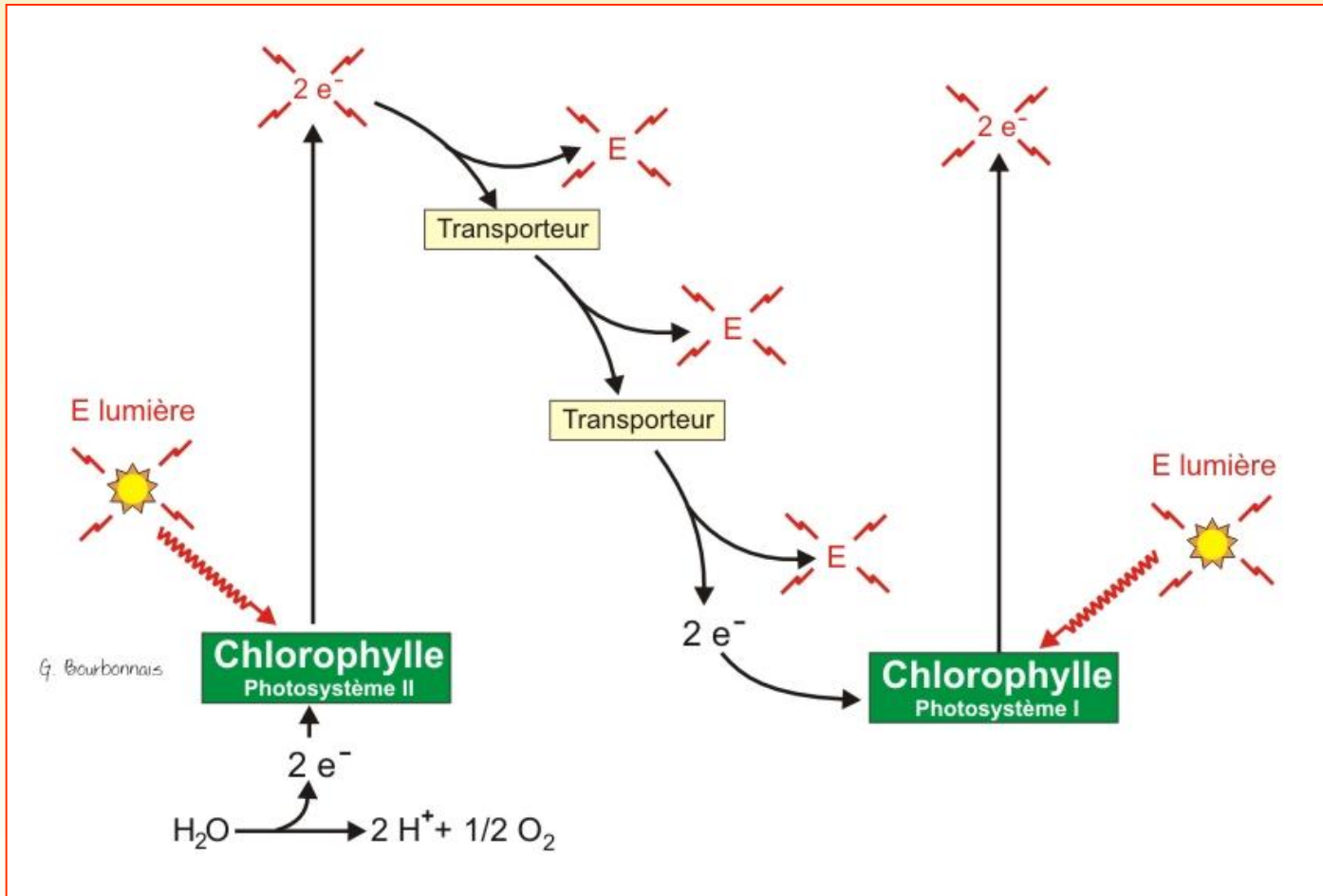




Pour faire du glucose, il faut :

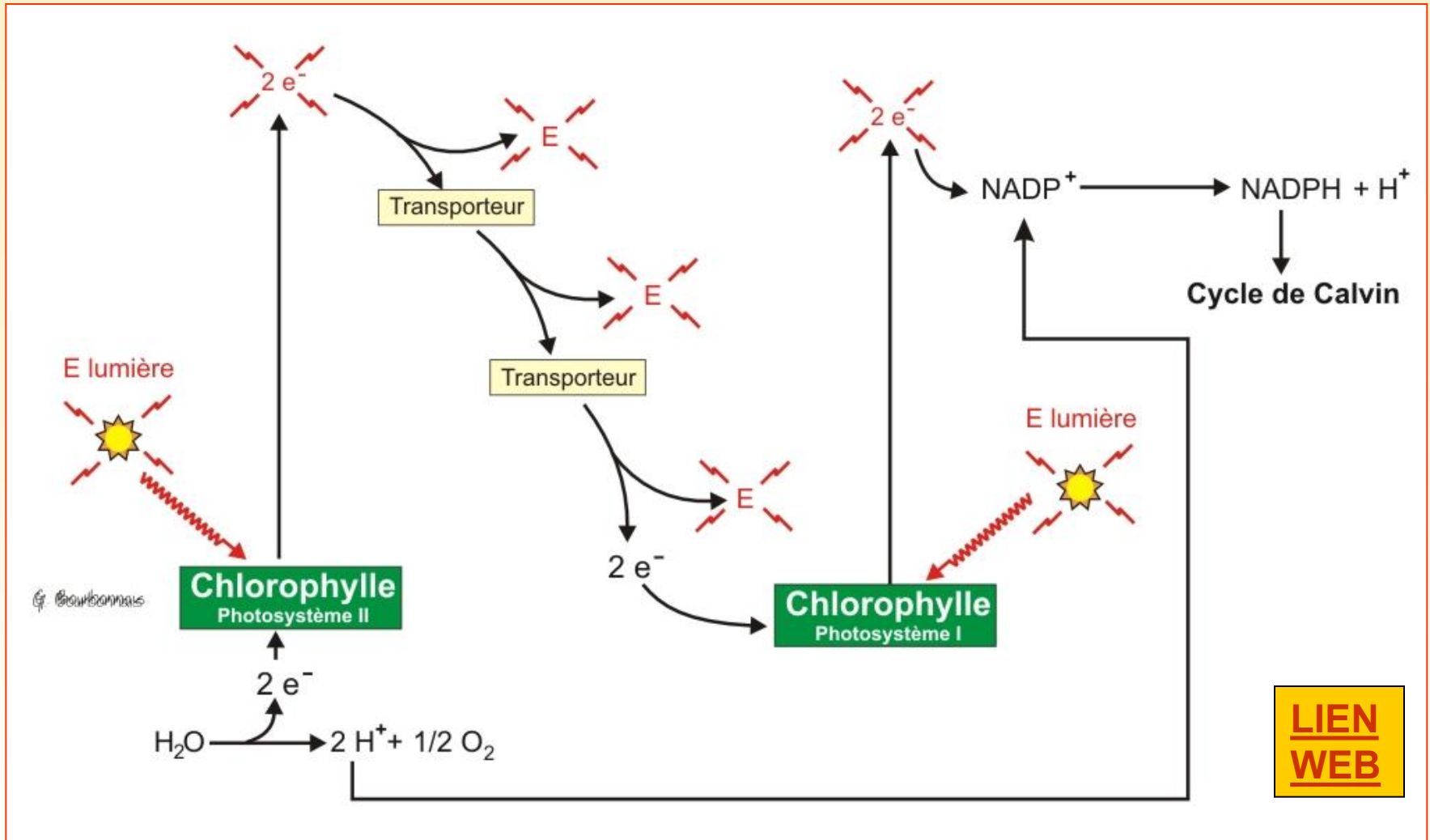
- De l'énergie (ATP)
- Une source de carbone et d'oxygène (CO_2)
- De l'hydrogène (les H^+ qui viennent de l'eau dissociée)
- Des électrons riches en énergie

Les électrons arrachés à l'eau et excités par la lumière ont perdu leur énergie (convertie en ATP). On doit les exciter à nouveau pour qu'ils soient utilisables dans la synthèse du glucose.



Les électrons « épuisés »
sont absorbés par la
molécule de chlorophylle
d'un autre photosystème
(appelé photosystème I).

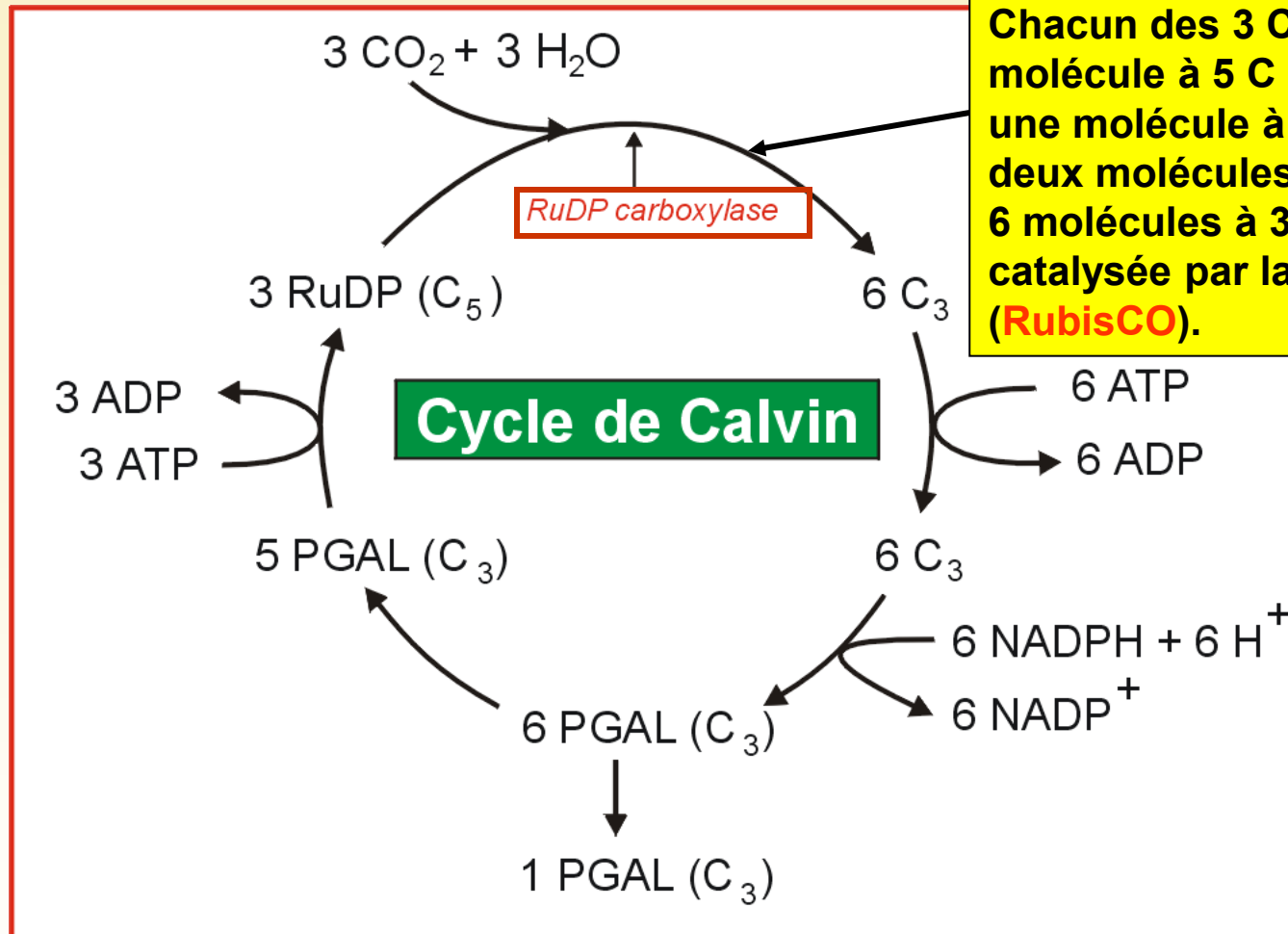
On a découvert le photosystème I avant le II .
C'est pourquoi ils portent ces numéros.



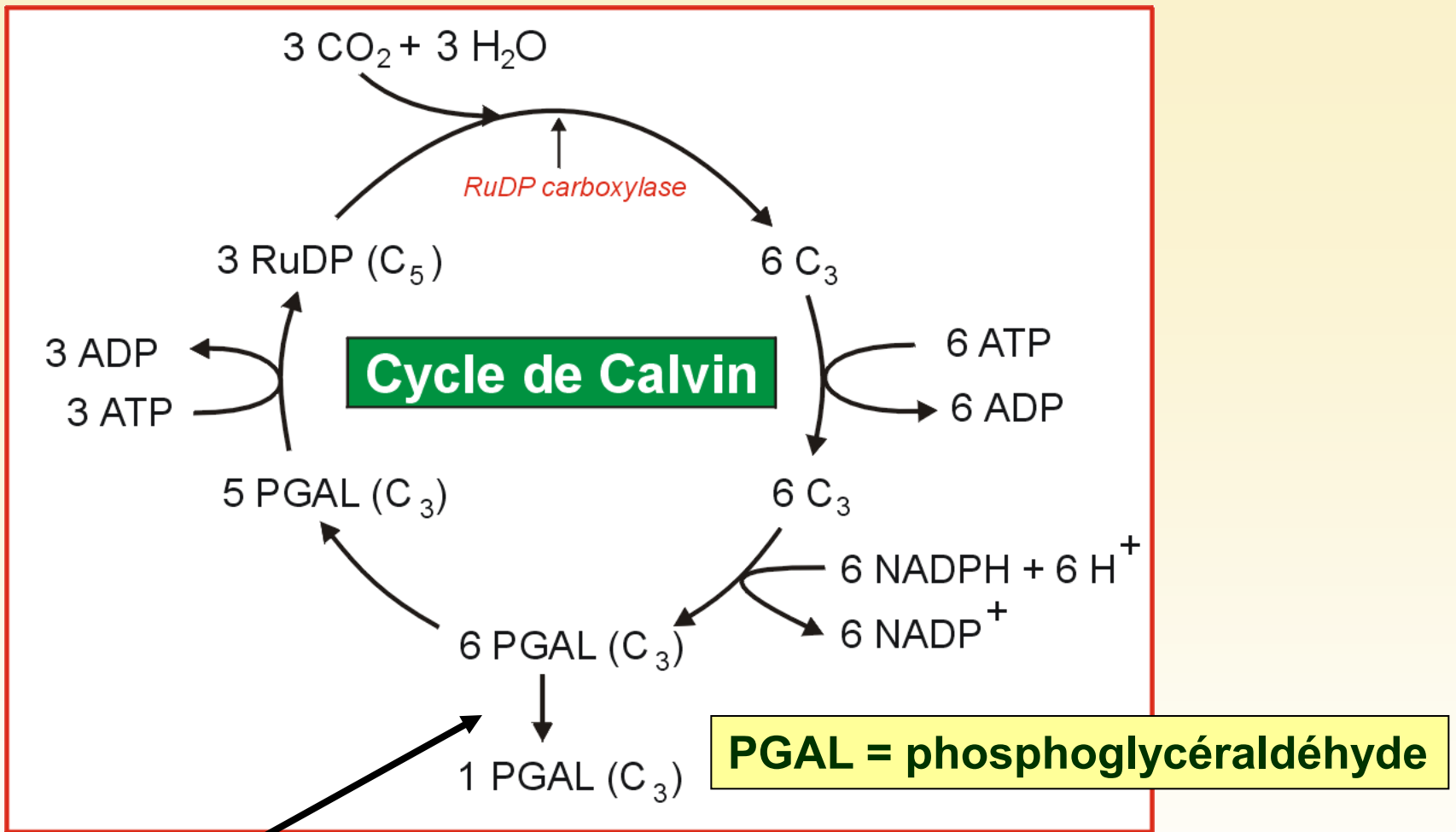
NADP = Nicotinamide adénine
Transporte les H^+ et les électrons provenant de la dissociation de l'eau.

Les ions H^+ provenant de l'eau et les électrons riches en énergie se lient à la molécule de **NADP⁺**.

4. Cycle de Calvin = fixation du carbone

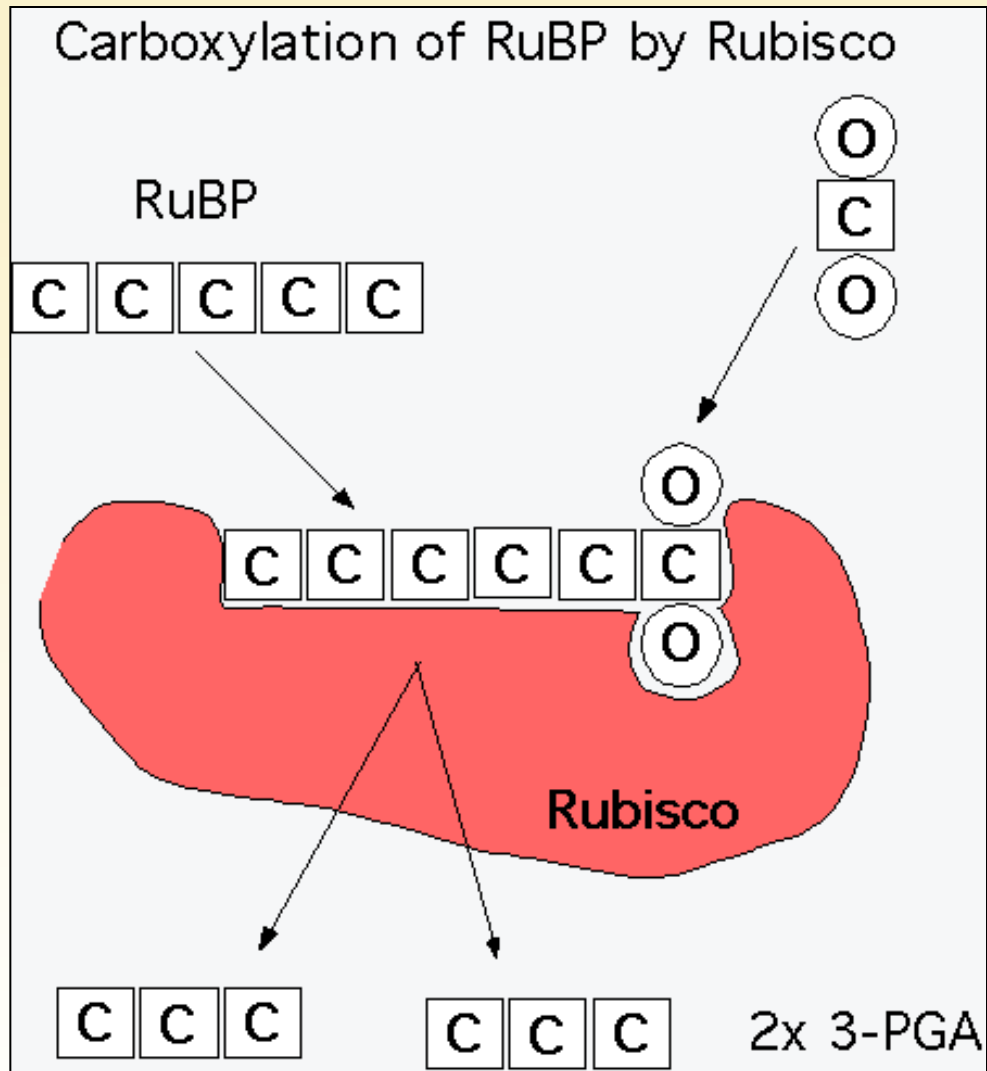


RuDP carboxylase : on dit aussi "**RubisCO**"



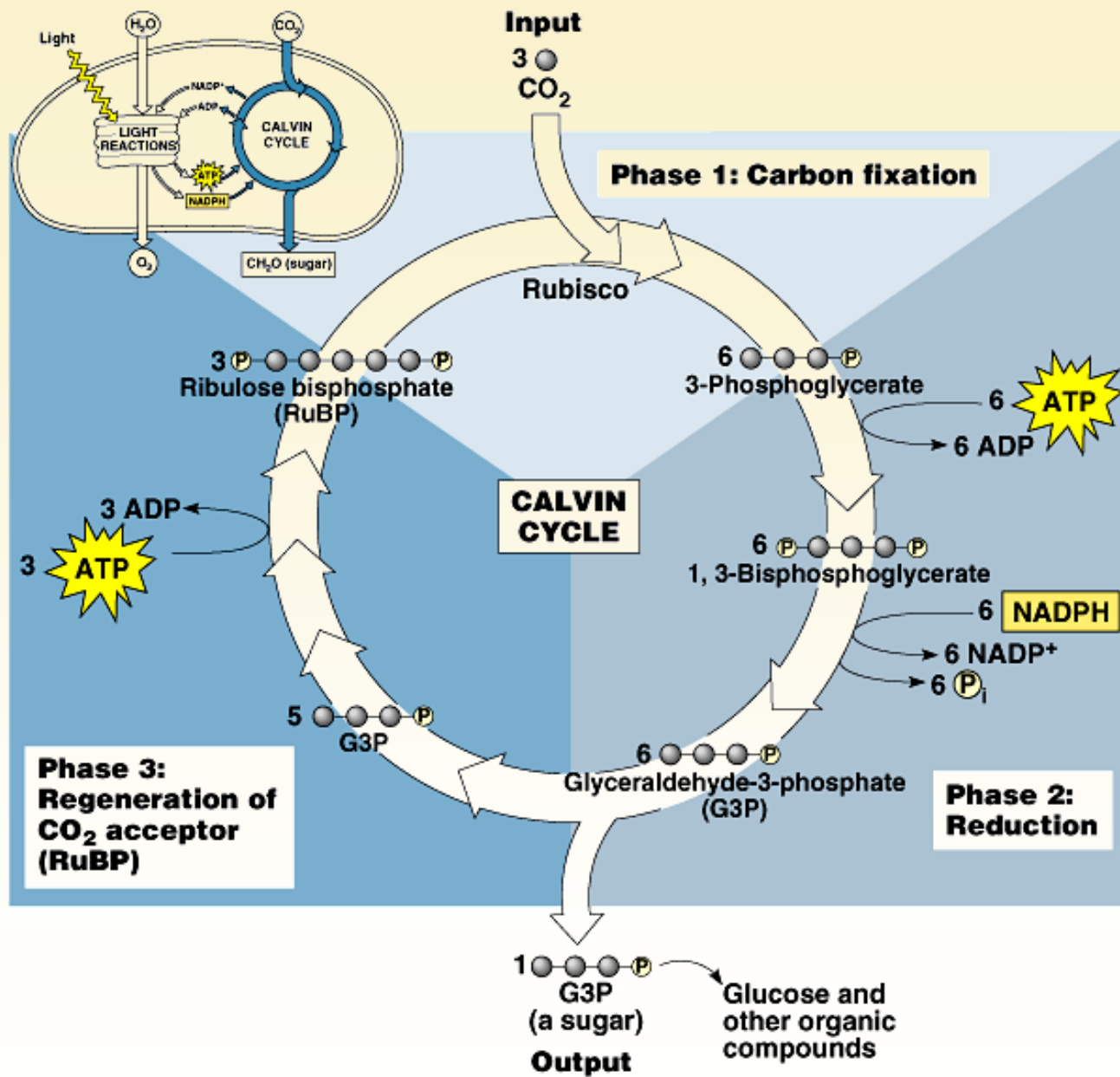
Les 6 molécules à 3 C se transforment en PGAL. Un sort du cycle et les 5 autres continuent dans le cycle . Ils serviront à former 3 molécules de RuDP à 5 C

PGAL $\longrightarrow$ Glucose et autres matières organiques



LIEN
WEB

Rubisco est la protéine la plus abondante de la planète

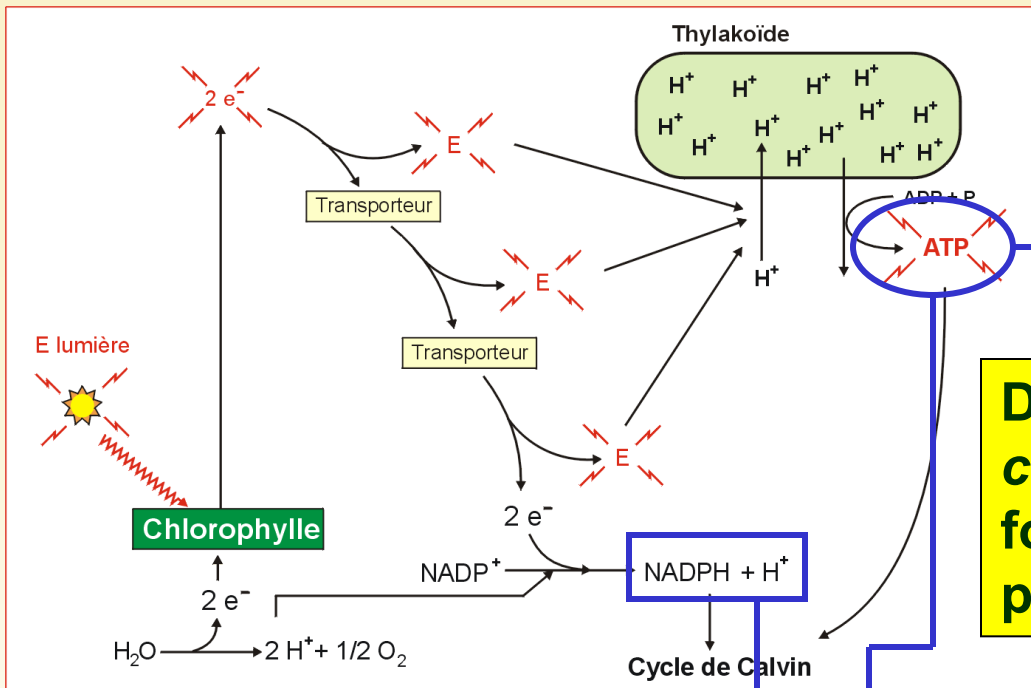


[LIEN
WEB](#)

Pour en savoir plus sur Calvin et son cycle

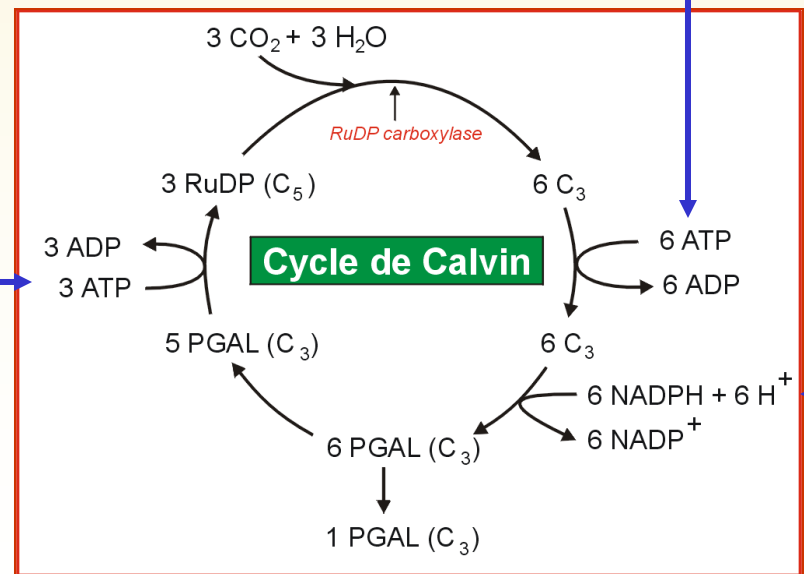


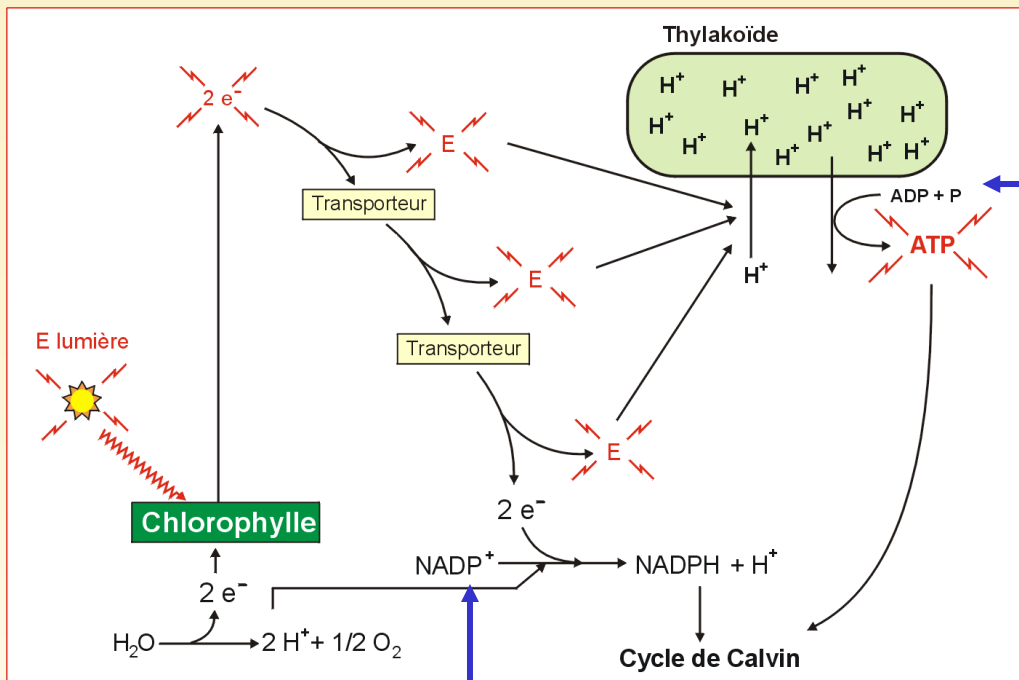
Melvin Calvin (1911-1997)



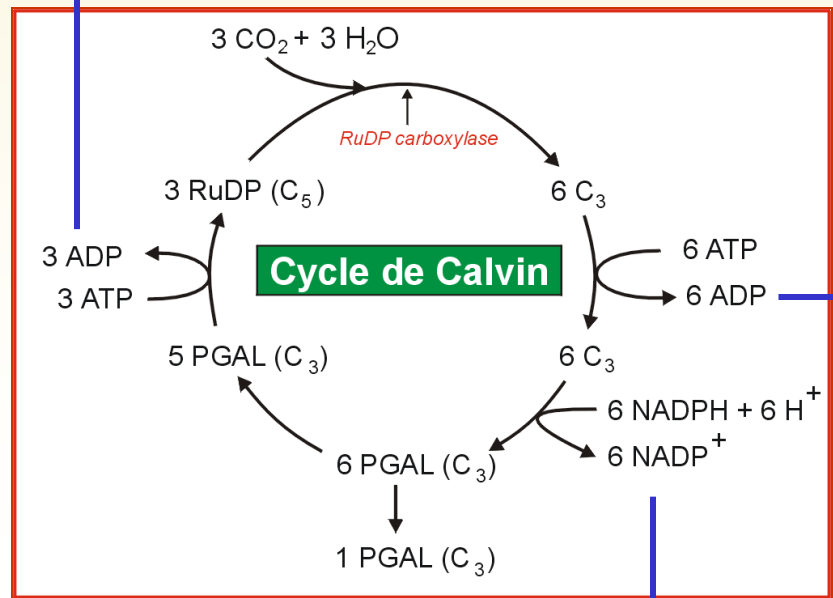
De plus, la *RuDP carboxylase* ne fonctionne qu'en présence de lumière.

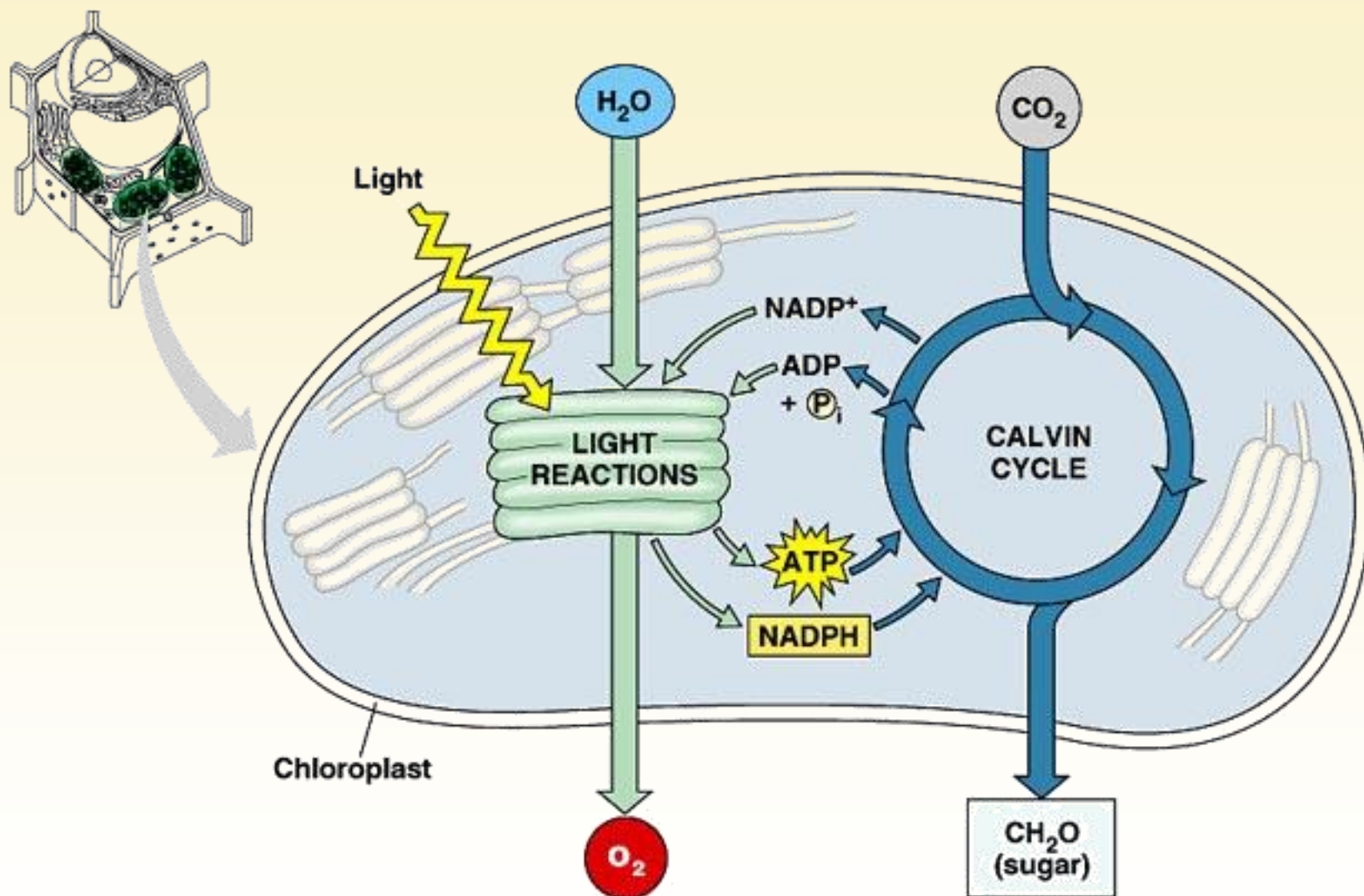
La réaction photochimique est essentielle au cycle de Calvin.





Le cycle de Calvin est essentiel à la phase photochimique





5. Facteurs externes ayant une influence sur la photosynthèse

1. Eau

2. [CO₂]

- $\uparrow [\text{CO}_2] \implies \uparrow \text{photosynthèse}$
- On estime que l'augmentation du taux de CO₂ atmosphérique depuis 1950 (de ~300 à ~350 ppm) aurait contribué à une augmentation de 15% du rendement des récoltes mondiales.
- En serre, le taux de photosynthèse peut augmenter jusqu'à 5 fois si on augmente le taux de CO₂ (dans les serres où le taux de CO₂ est contrôlé, il est maintenu entre 700 ppm et 1000 ppm généralement; le CO₂ devient toxique pour nous autour de 6000 ppm).

3. Température

↑ température ==> ↑ photosynthèse jusqu'à une température limite à partir de laquelle les enzymes commencent à être dénaturées.

4. Lumière

- Intensité
- Alternance lumière / noirceur
- Longueur d'onde (important dans l'eau où la longueur d'onde de la lumière change avec la profondeur).
- Beaucoup d'enzymes du cycle de Calvin ne sont actives qu'en présence de lumière.

6. La photorespiration

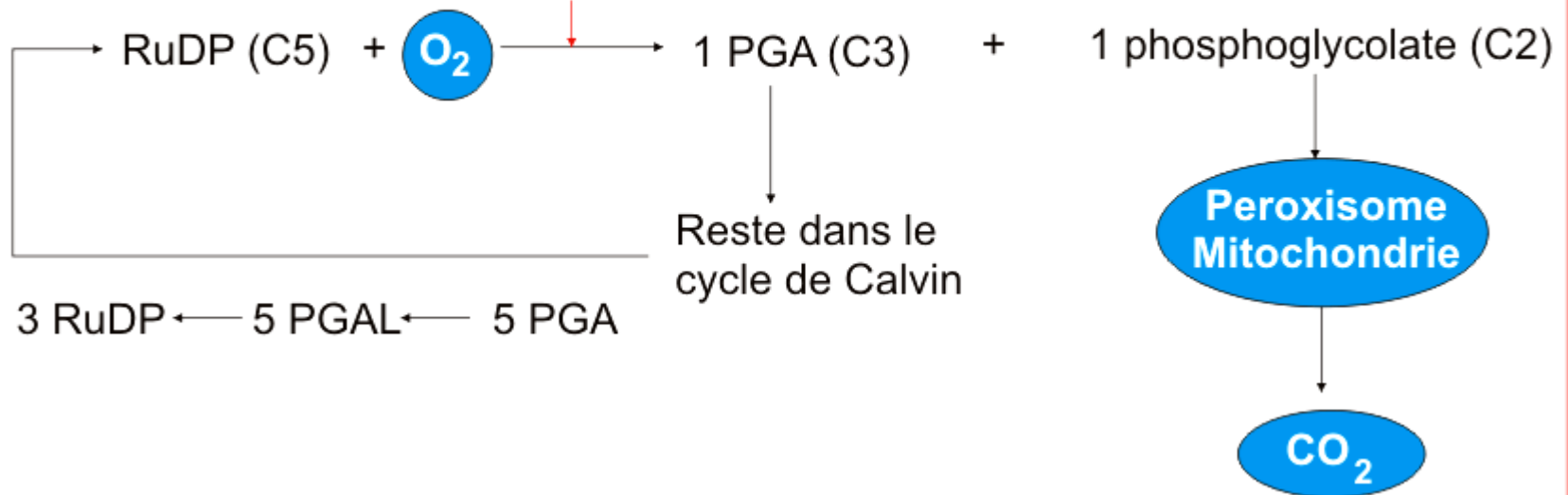
$\uparrow [\text{O}_2] \Rightarrow \downarrow$ photosynthèse (effet *Warburg*)

Fermeture des stomates $\Rightarrow \uparrow [\text{O}_2]$ et $\downarrow [\text{CO}_2]$
 $\Rightarrow \downarrow$ photosynthèse

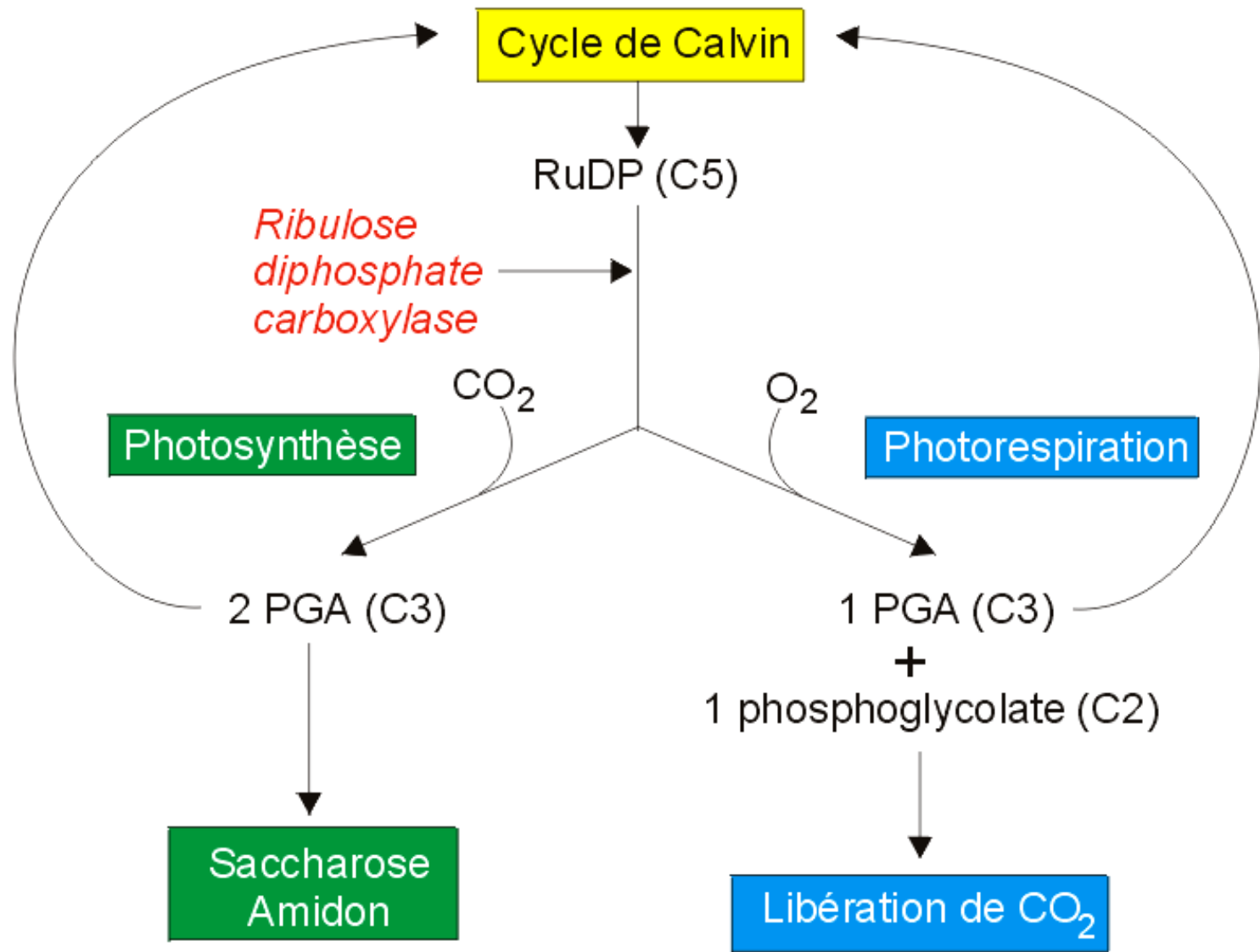
- La *RuDP carboxylase* peut se lier à l'oxygène comme au CO_2 .
- Plus $[\text{O}_2] \uparrow$ plus *RuDP carboxylase* se lie à O_2 plutôt qu'à CO_2 .
 $\Rightarrow$ *RuDP carboxylase* ajoute O_2 au RuDP et non CO_2

Photorespiration

*Ribulose
diphosphate
carboxylase*



DONC pas de fixation du carbone,
pas de formation de glucides. La
photorespiration peut diminuer le
rendement de la photosynthèse de
près de 50%



Pourquoi ce "défaut" de la *RuDP carboxylase* ?

= probablement un vestige de l'époque où l'atmosphère de la planète était pauvre en O_2 et riche en CO_2

Dans ces conditions, pas d'importance si la *RuDP carboxylase* a aussi de l'affinité avec O_2

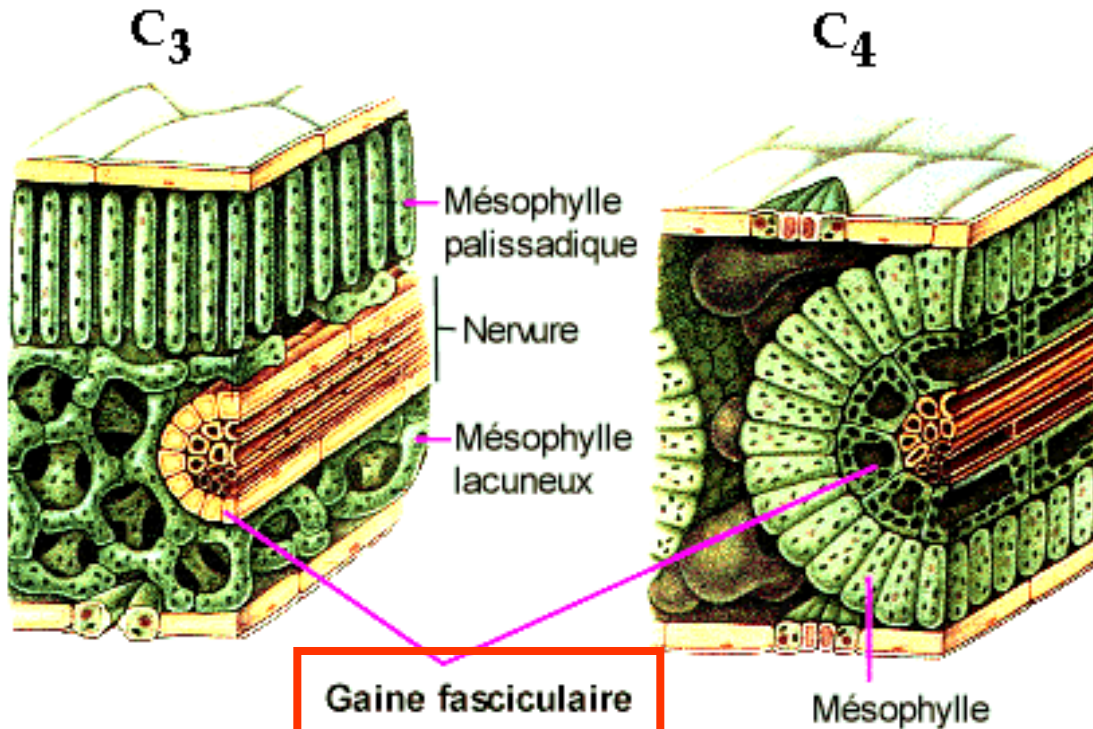
7. Adaptation des plantes à l'aridité

- Plantes au métabolisme C_4
- Plantes au métabolisme CAM



Plantes au métabolisme C_4

Ex. Canne à sucre
et maïs

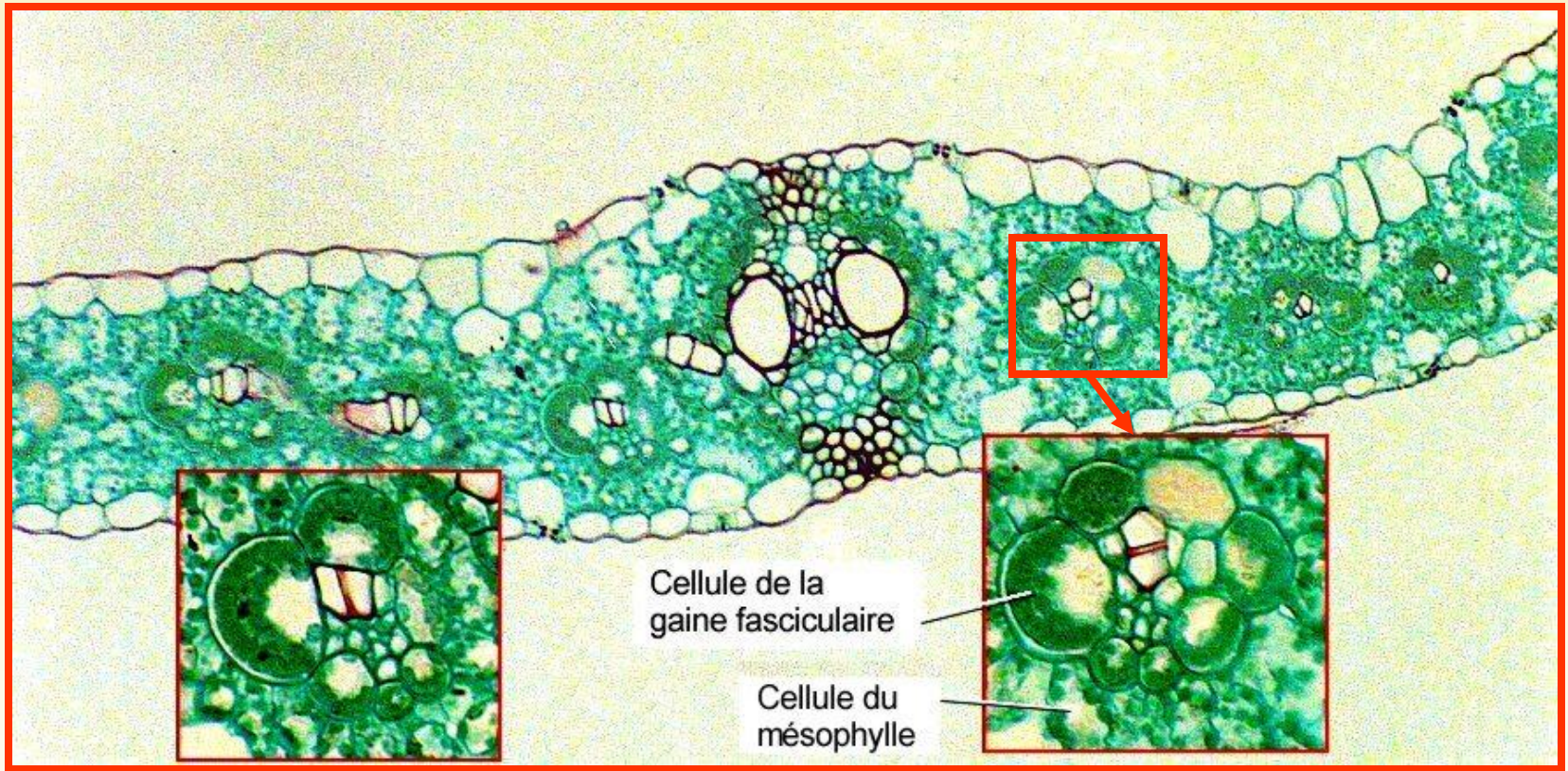


Coupes de feuilles C_3 et C_4

Gaine fasciculaire =
gaine de cellules
entourant les
nervures de la
feuille

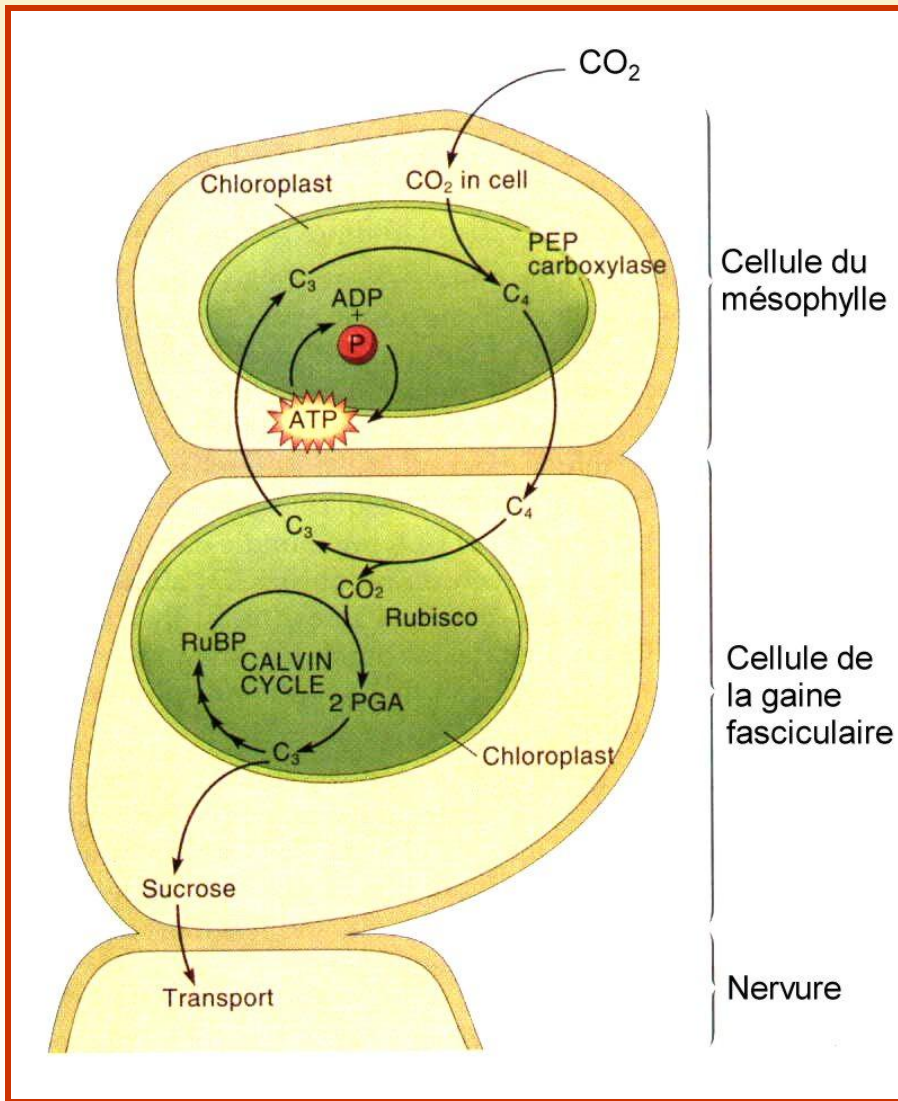
Notez la disposition des cellules de parenchyme (mésophylle) dans la feuille en C_3 et celle en C_4

Notez aussi que les cellules de la gaine fasciculaire des plantes en C_4 ont des chloroplastes



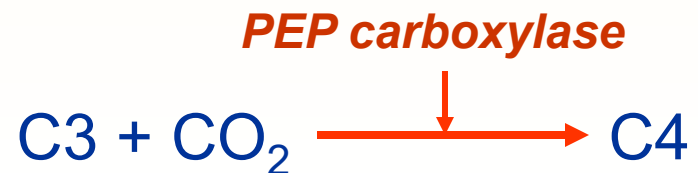
Coupe d'une feuille de maïs (plante au métabolisme C₄)

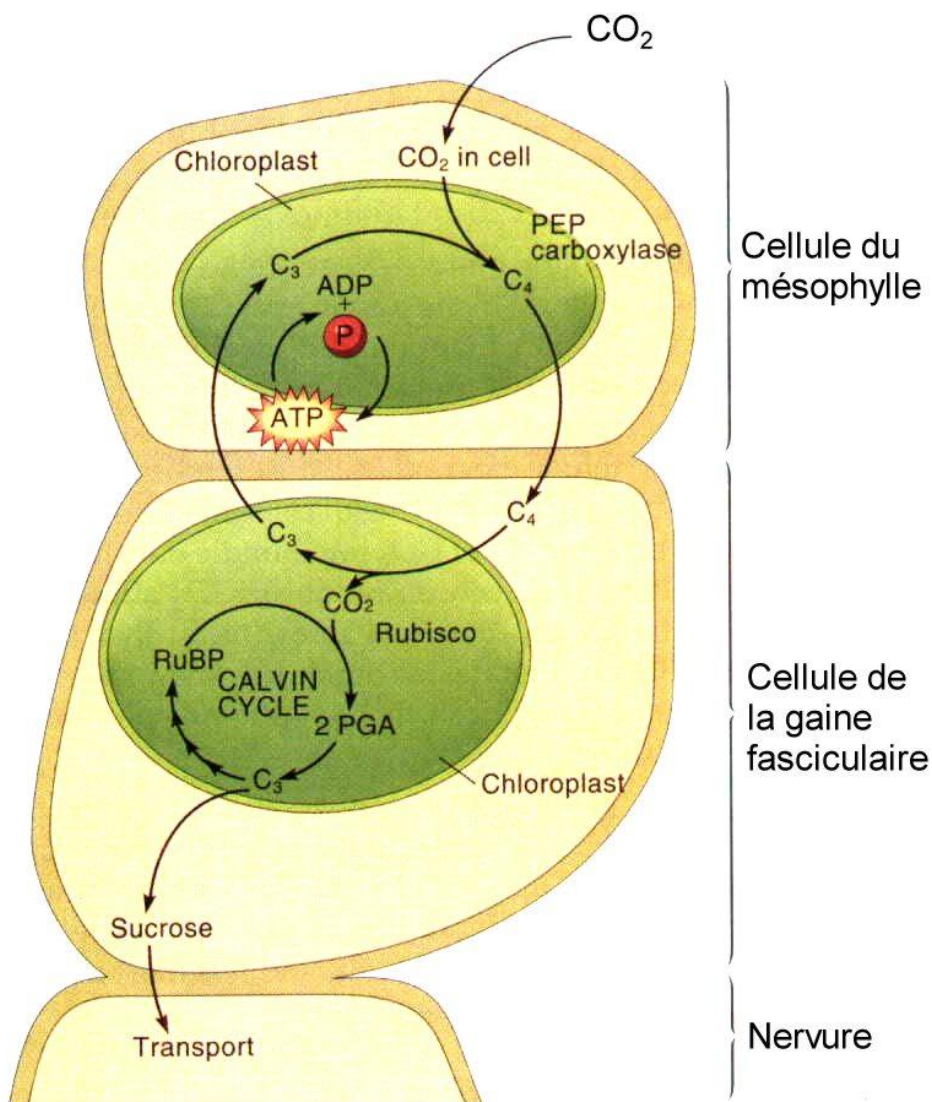
- Cellules du mésophylle n'ont pas les enzymes du cycle de Calvin (pas de RubisCO).
- Ces enzymes sont dans les cellules de la gaine fasciculaire.



1. Le CO_2 pénètre dans la feuille par les stomates.
2. Le CO_2 pénètre dans les **cellules du mésophylle**.
3. Le CO_2 se combine à un composé à 3 C (*acide phosphoénolpyruvique*) pour former un composé à 4 C (*acide oxaloacétique*). La réaction est catalysée par la **PEP carboxylase**.

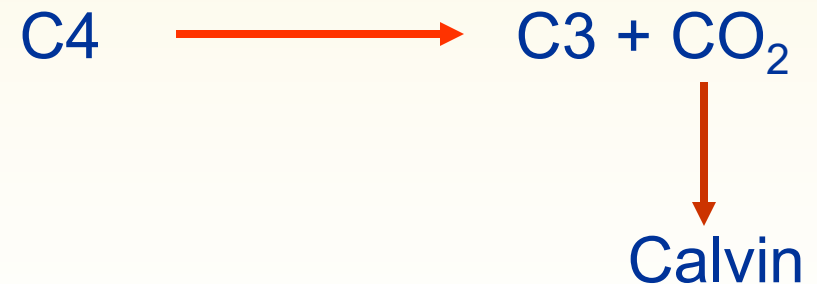
PEP carboxylase ne peut pas se lier à l'oxygène comme la RuDP carboxylase.





4. Le composé à 4C (*acide oxaloacétique*) migre dans les cellules de la **gaine fasciculaire**.

5. Le composé à 4C est converti en un composé à 3 C et en CO₂ qui entre dans le cycle de Calvin.

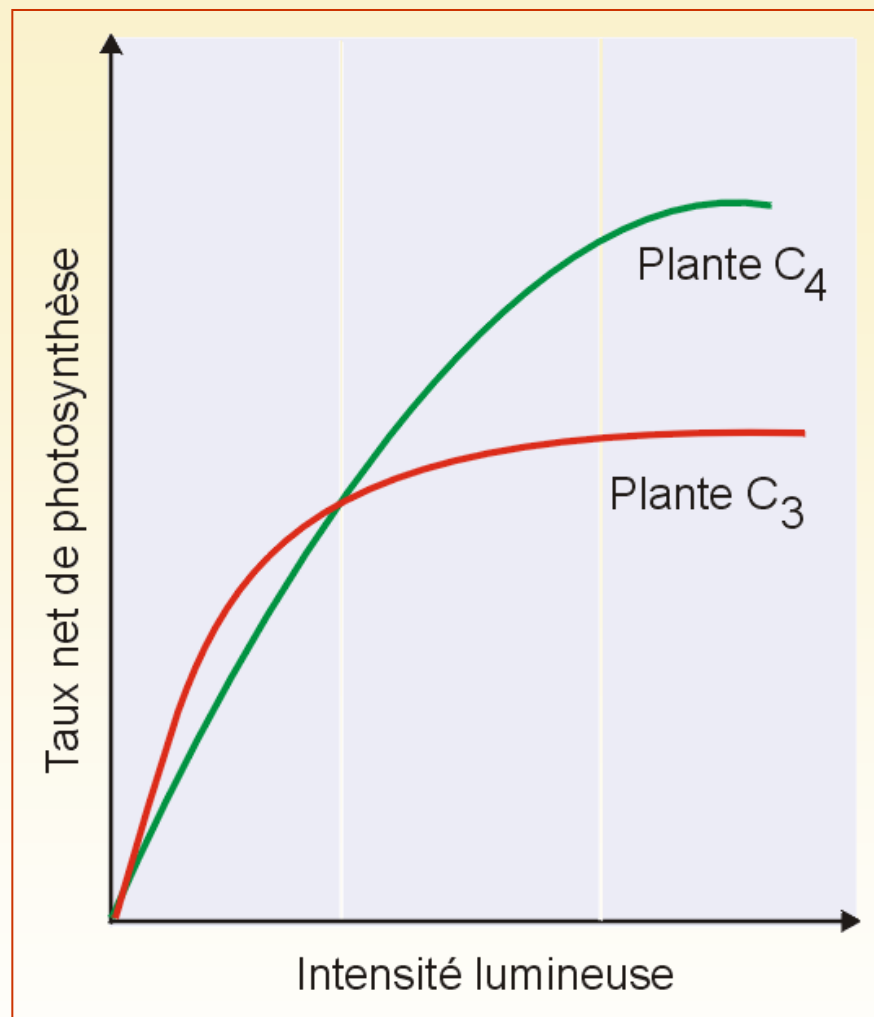
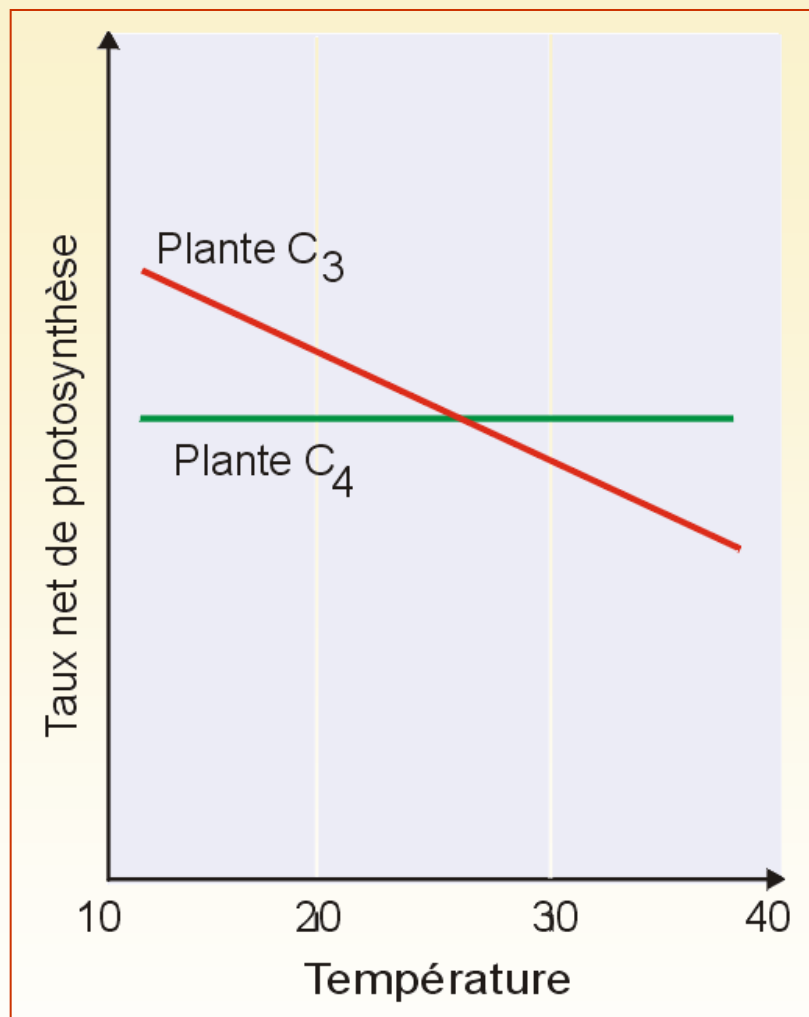


La concentration en CO_2 dans les cellules de la gaine est toujours élevée.

DONC

Très peu de photorespiration.

Le métabolisme C_4 est une adaptation à l'aridité. Même si le taux de photosynthèse est élevé (chaleur, température élevée, lumière abondante) la photorespiration est minimisée.



~ 95% des 260,000 espèces connues de plantes = C_3

~ 5% = C_4

Pourquoi les plantes au métabolisme C_4 ne sont-elles pas plus répandues?

- C_3 : Il faut 18 ATP pour produire un glucose (3 ATP par CO_2)
- C_4 : Il faut 30 ATP pour produire un glucose (5 ATP par CO_2)

Pourquoi les plantes au métabolisme C_4 sont-elles surtout des plantes qui poussent sous des climats chauds et arides?

Plantes au métabolisme CAM

CAM = **C**rassulacean **A**cid **M**etabolism

= métabolisme découvert chez des plantes appartenant à la famille des **Crassulaceae**.

Ce type de métabolisme est présent dans de nombreuses autres familles de plantes (~ 20 familles).

Ex. Cactus, Ananas, Orchidées

Plus répandu que le métabolisme C_4

- Les plantes CAM ouvrent leurs stomates la nuit.
- L'acidité de leurs feuilles augmente la nuit (pH peut baisser jusqu'à 4) et diminue le jour.

La nuit :

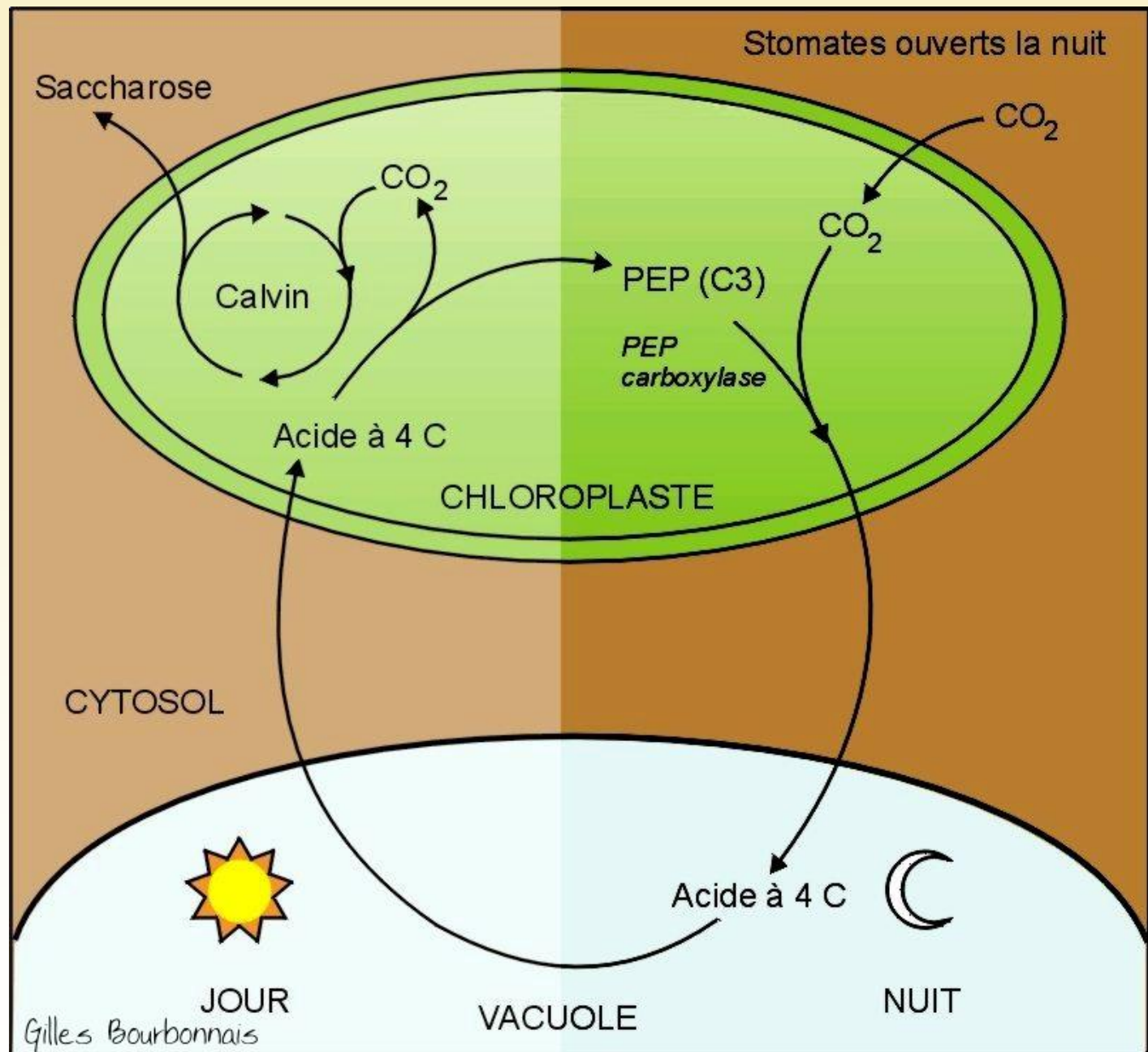
- Ouverture des stomates.
- Absorption de CO_2 .
- CO_2 réagit avec un composé à 3 C pour former un composé acide à 4C (acide malique).



- L'acide malique s'accumule dans les cellules au cours de la nuit (ce qui fait baisser le pH).

Le jour :

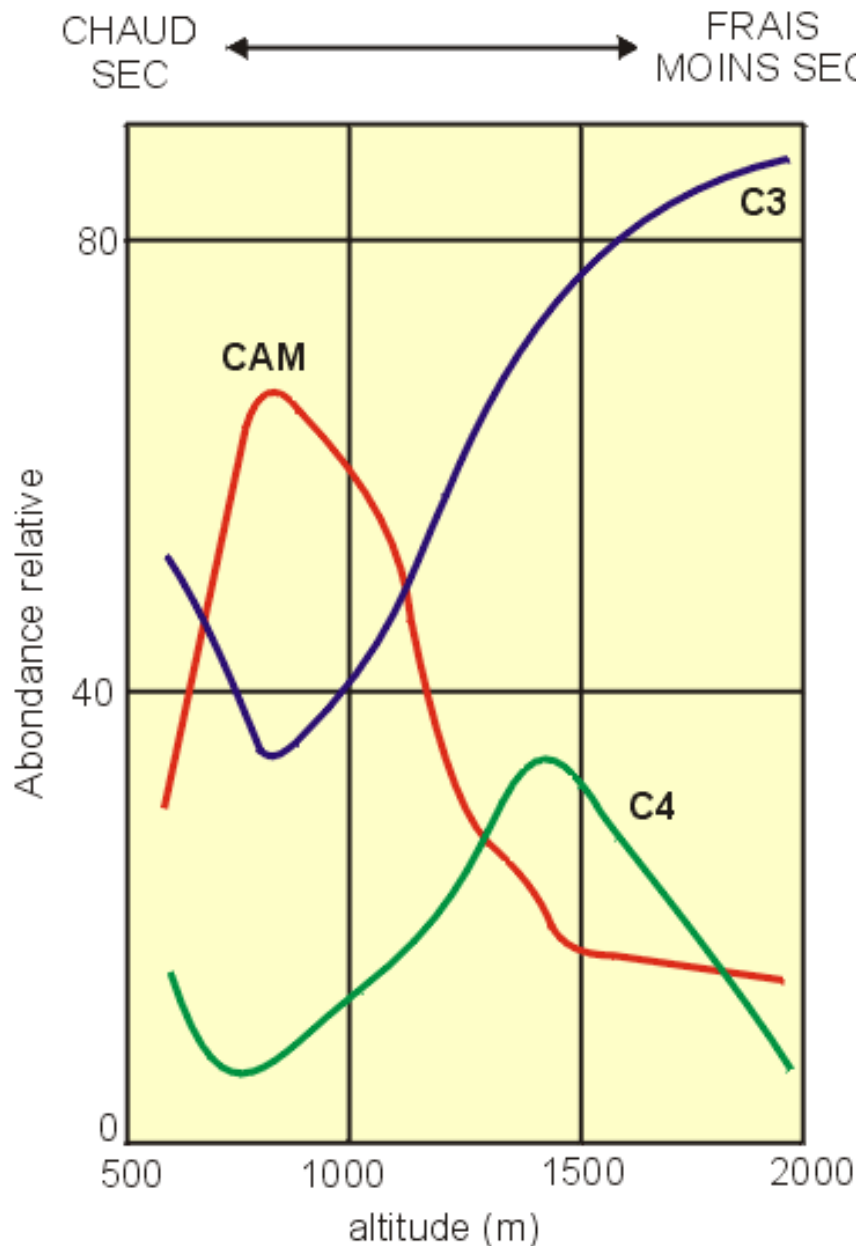
- Les stomates se ferment (ce qui limite les pertes d'eau).
- L'acide malique est converti en un composé à 3C et en CO_2 .



Métabolisme CAM

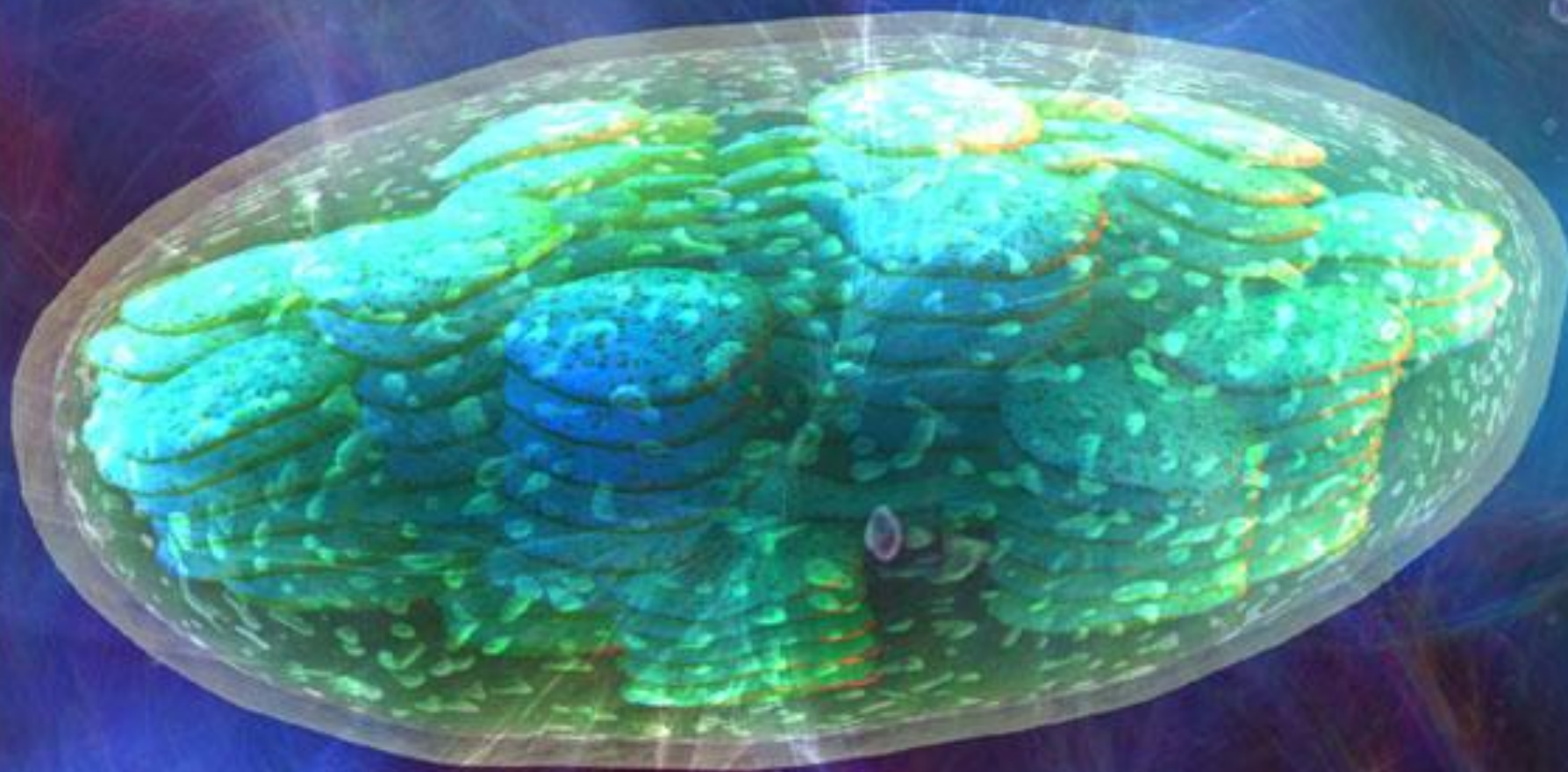
- Chez les plantes C_4 , la photosynthèse se déroule à deux endroits différents de la feuille.
- Chez les plantes CAM, la photosynthèse se déroule à deux moments différents.

Les plantes au métabolisme C_4 et CAM sont particulièrement bien adaptées aux climats chauds et secs. Pourquoi?



Distribution de plantes C3, C4 et CAM dans l'environnement semi-aride du Parc National Big Bend au Texas selon un gradient en température et humidité lié à l'altitude.

Comment expliquez-vous ces courbes?



hybrid

hybrid

FIN