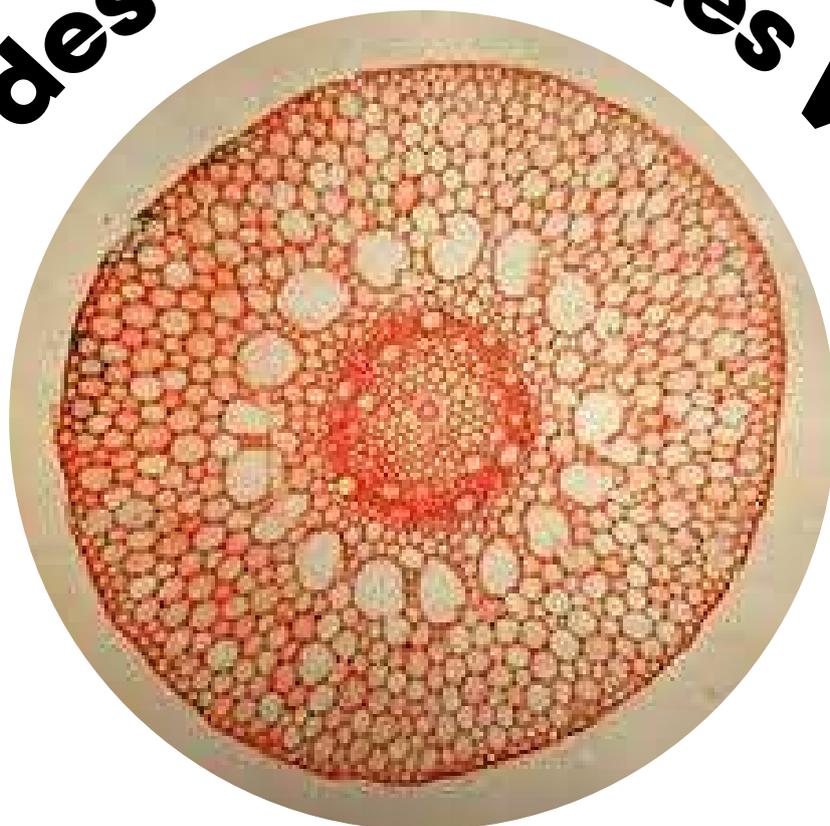


# Biologie des Organismes Végétaux



SCIENCES DE LA  
VIE ET DE LA TERRE



## Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



## Etudier



Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



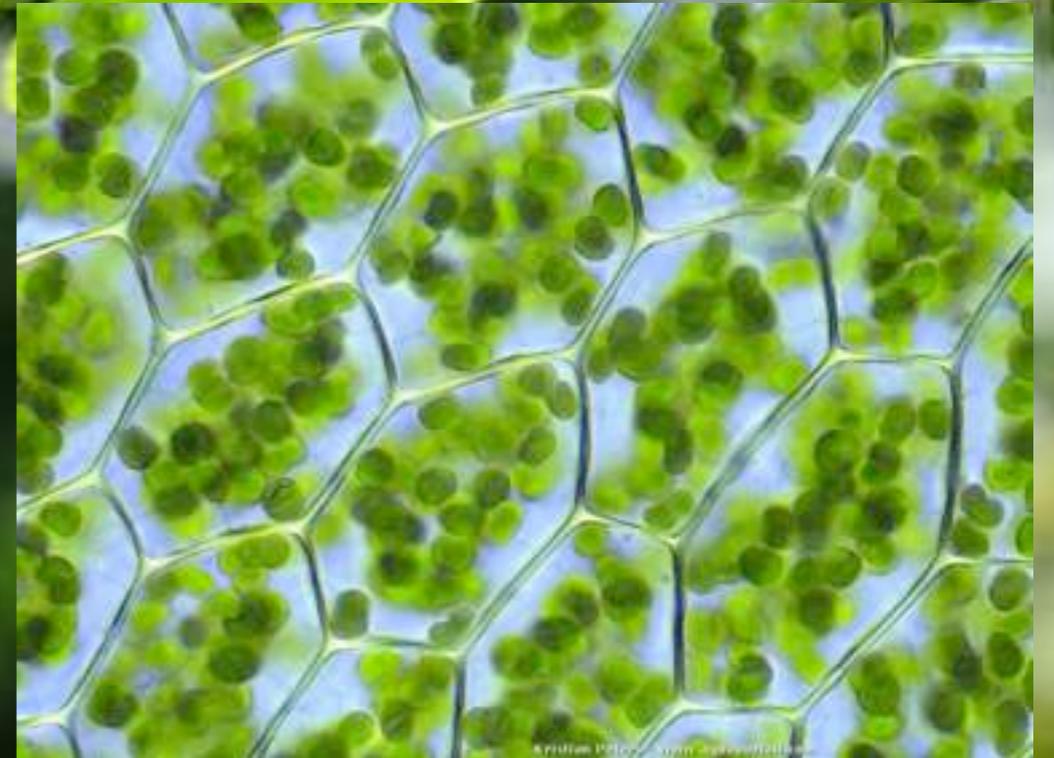
## Emploi



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE

# Le chloroplaste

Pr. Boutaina BELQAT



# Les plastes

- Les plastes sont des *organites* cytoplasmiques *caractéristiques* des *cellules végétales*. Certains sont colorés:

- les chloroplastes

qui renferment en abondance

des pigments verts ou chlorophylle,  
reponsable de la *photosynthèse*.

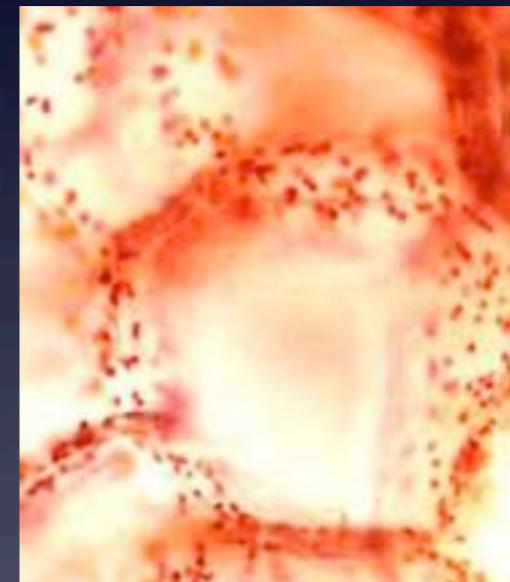
- les chromoplastes

qui renferment des pigments

de nature variables

autres que la chlorophylle et

notamment des caroténoïdes.



# Leucoplastes

= catégorie de plastes non pigmentés (incolores).

- Localisation dans les racines et dans les tissus non photosynthétiques.

- Pouvant se spécialiser pour stocker des réserves de :

- amidon = amyloplastes

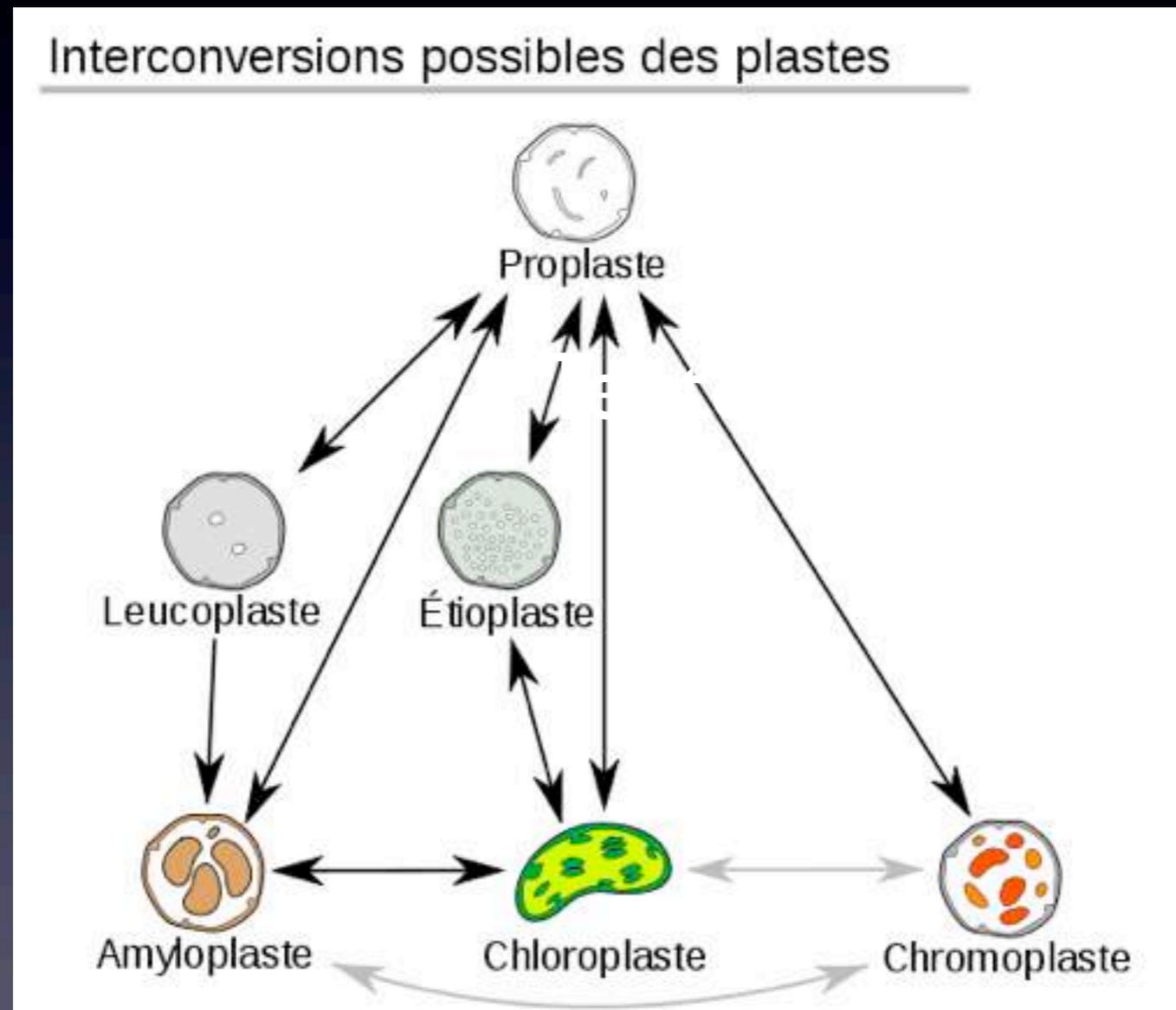
- lipides = oléoplastes

- protéines = protéinoplastes.

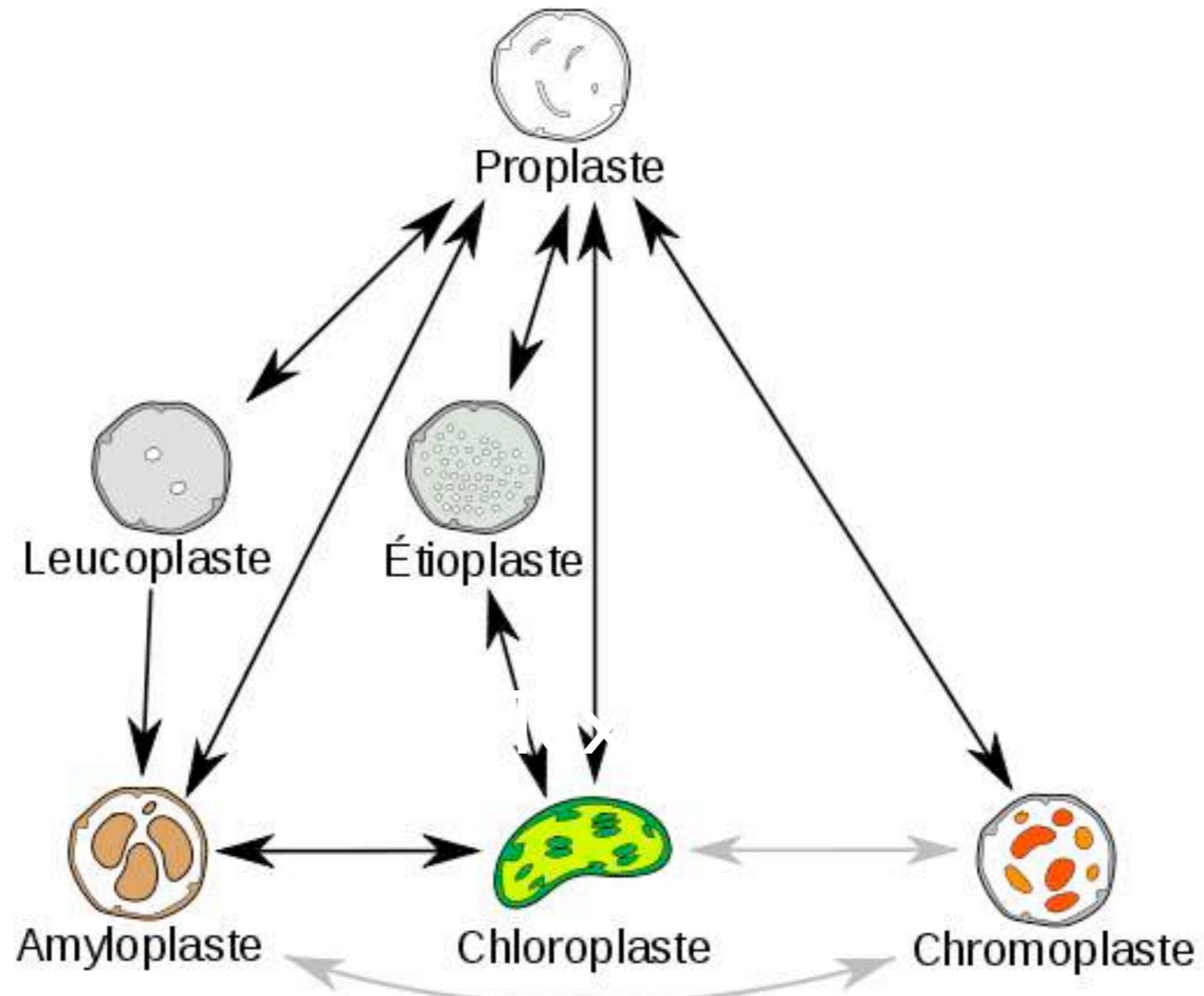


Les plastes ne sont pas totalement indépendants les uns des autres.

Il se produit des transformations morphologiques et fonctionnelles d'un type de plastes à un autre suivant l'état de différenciation de la cellule et les conditions extérieures qui affectent l'organe de la plante.



# Interconversions possibles des plastides



Agrandir

# Le chloroplaste

- Les chloroplastes sont des plastes qui doivent leur couleur verte à la chlorophylle.
- Ils sont le siège des phénomènes de photosynthèse = processus permettant aux végétaux verts d'effectuer la conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique.

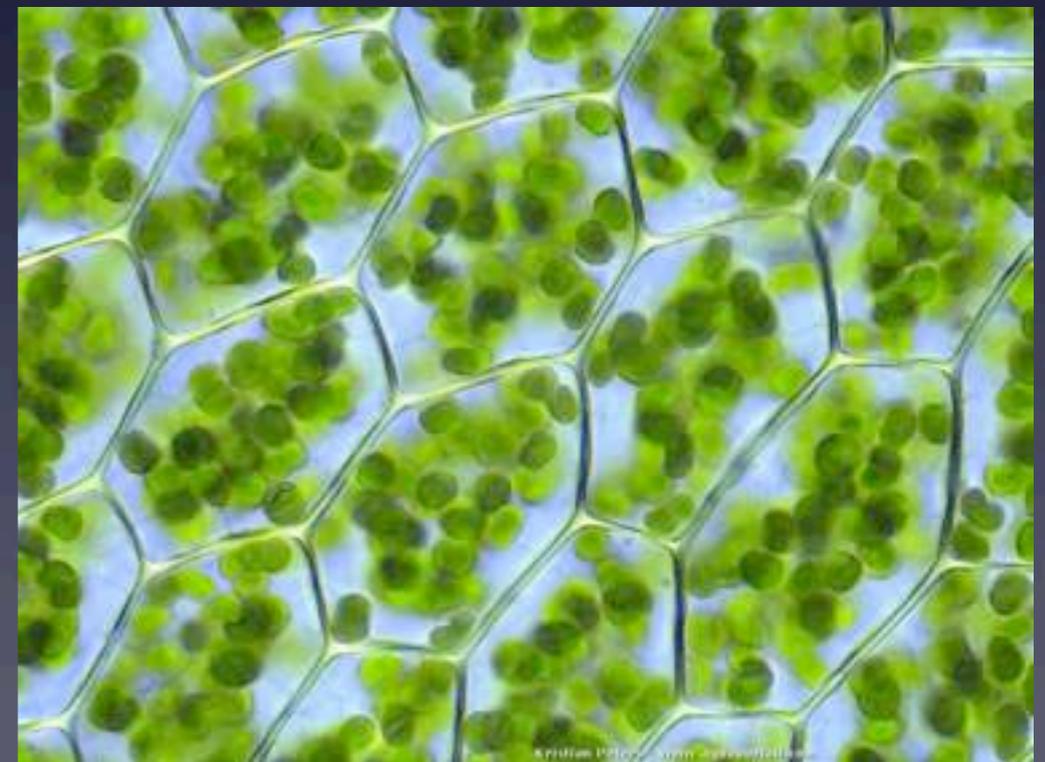
# I-1- Structure des chloroplastes

- Microscope photonique : forme souvent lenticulaire, de 3 à 10 $\mu\text{m}$  de diamètre et de 1 à 2  $\mu\text{m}$  d'épaisseur.
- Formés de minuscules granules verts, les grana.
- Nombre par cellule, fixé génétiquement (30 - 50).
- Existents dans les tissus verts des fleurs, des fruits, des tiges jeunes et des feuilles.

Le parenchyme chlorophyllien



• Cellules chlorophylliennes



# I-2- Ultrastructure

- Microscope électronique:
- Enveloppe composée de deux membranes:
  - Membrane plastidiale externe
  - Membrane plastidiale interne.
- Intérieur comprenant un ensemble de membranes photosynthétiques disposées en sacs aplatis = thylakoïdes ou lamelles.

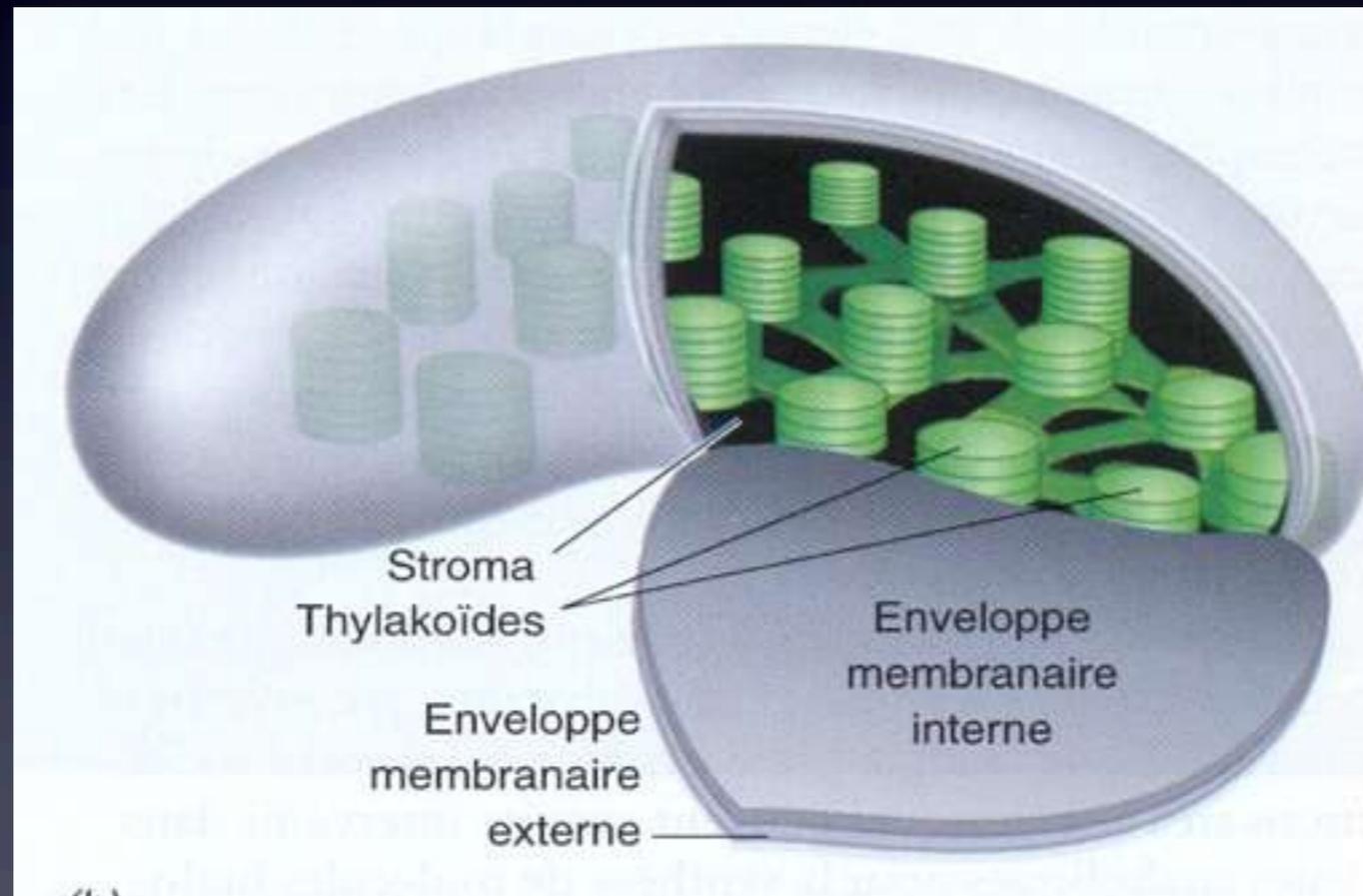


Figure 1. Dessin schématique d'un chloroplaste montrant la double membrane externe et les membranes thylakoïdales.

## I-2- Ultrastructure

- Certains thylakoïdes s'empilent pour former des grana.
- Stroma = Solution riche en protéines qui baigne les thylakoïdes dans le chloroplaste.
- Lamelles d'un chloroplaste en continuité, entourant et délimitant une cavité unique.

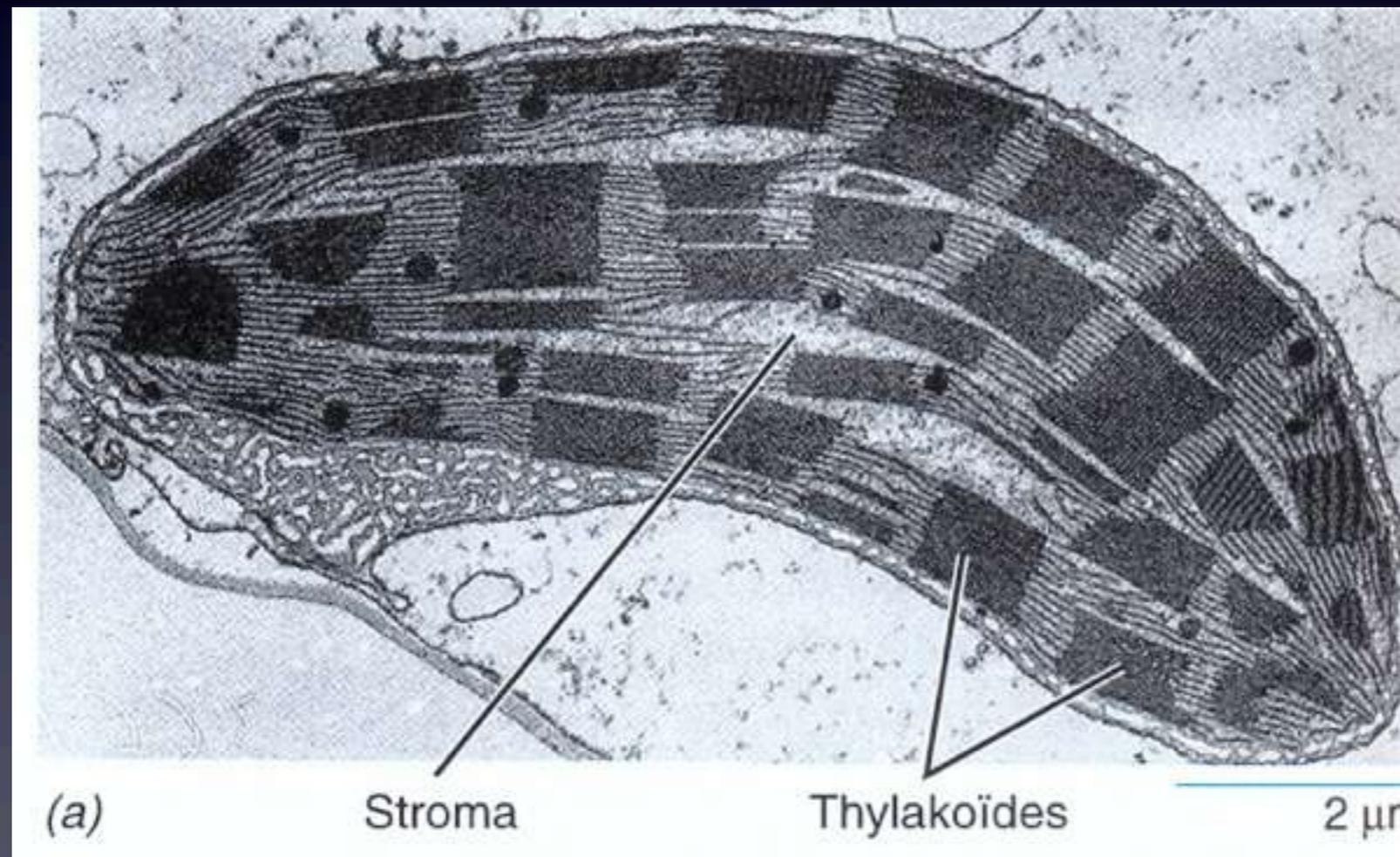
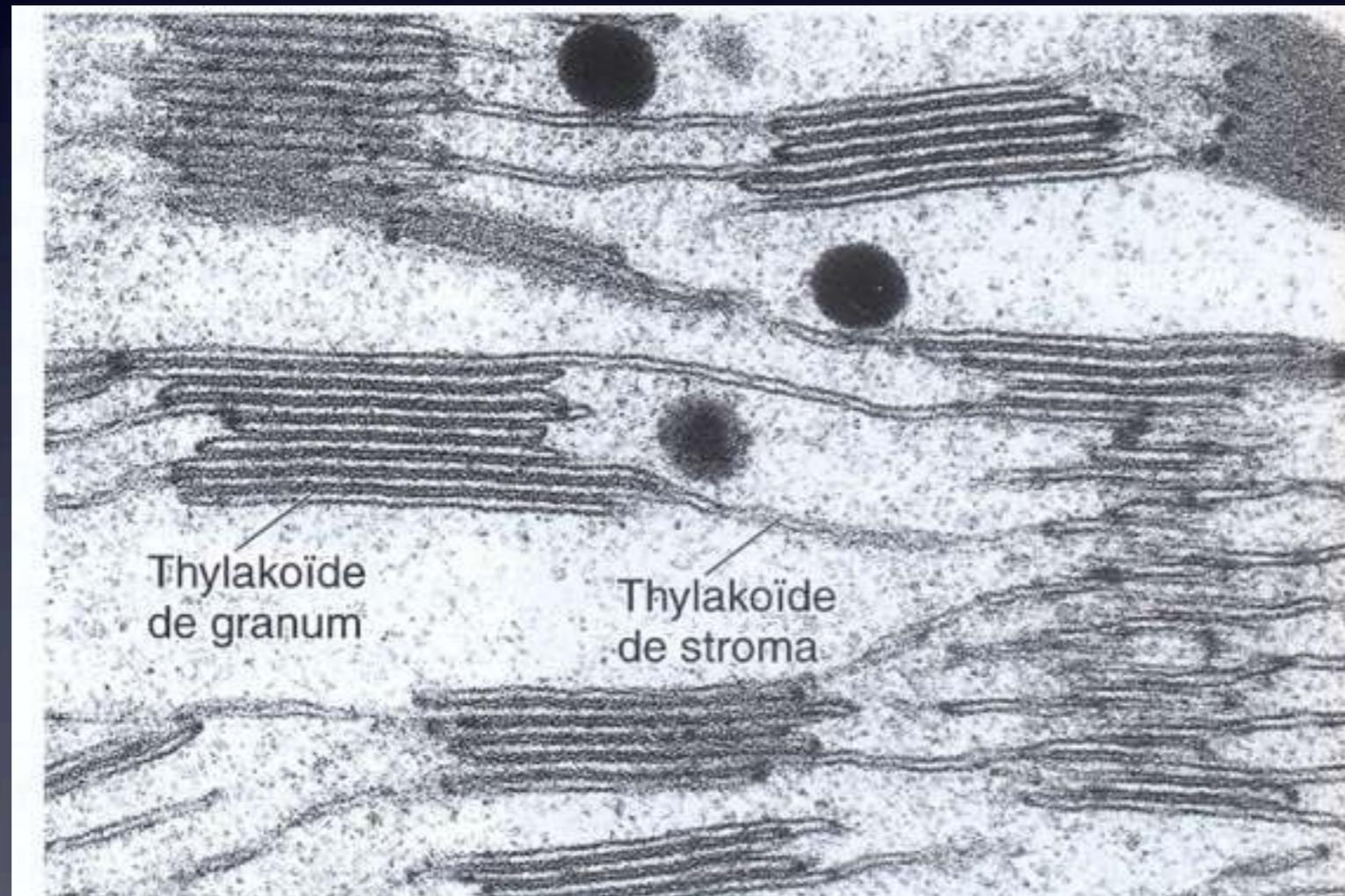


Figure 2. Structure interne d'un chloroplaste. Micrographie électronique d'un *chloroplaste*.

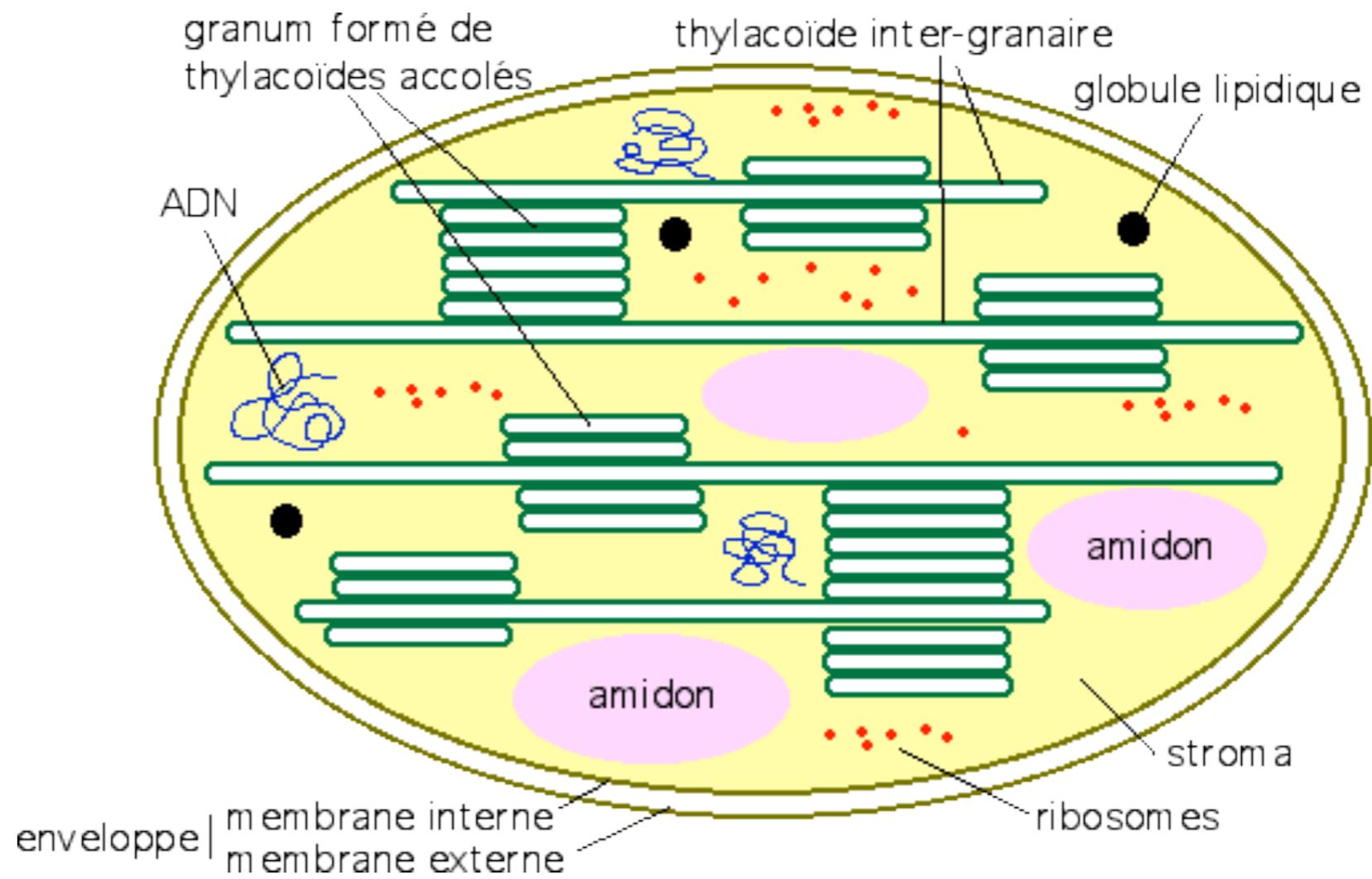
La *membrane interne* est disposée en piles de *thylakoïdes* physiquement séparés de la *membrane externe* (Lester K. Shumway)

## I-2- Ultrastructure

- Certains thylakoïdes s'empilent pour former des grana.
- Stroma = Solution riche en protéines qui baigne les thylakoïdes dans le chloroplaste.
- Lamelles d'un chloroplaste en continuité, entourant et délimitant une cavité unique.



Protéines	40% à 35% du poids sec
Lipides	25% à 35% du poids sec
Chlorophylles	8% du poids sec
Caroténoïdes	4,5% du poids sec
ADN	0,5% du poids sec
ARN	2 à 3% du poids sec



# 1-4-Les pigments photosynthétiques



- Pigments = molécules qui absorbent certaines longueurs d'onde particulières de la lumière; ils apparaissent donc colorés.
- Deux types toujours présents dans les chloroplastes: les chlorophylles et les caroténoïdes.
- Les chloroplastes sont verts parce qu'ils contiennent la chlorophylle = pigment qui réfléchit et transmet la lumière verte, mais qui absorbe les autres couleurs.

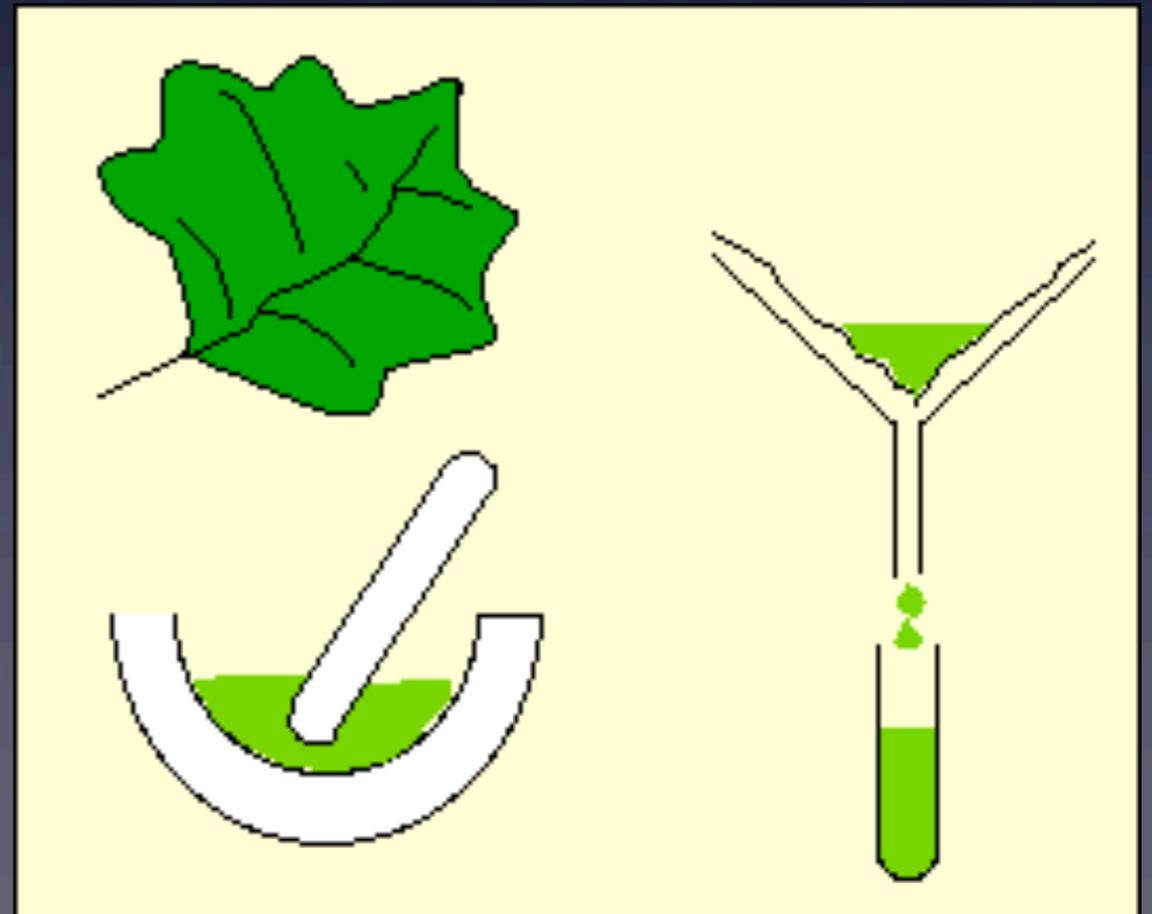
# ● 1 - Extraction et séparation des pigments

- Les chlorophylles et les caroténoïdes sont liposolubles (solubles dans des solvants de nature lipidique) et peuvent donc être séparés.

## Extraction des pigments bruts

- La feuille est broyée dans de l'alcool absolu ou de l'acétone.
- Les pigments solubles dans les solvants organiques sont extraits.
- Après filtration (élimination des débris cellulaires): obtention d'une solution brute de pigments.

# ● Séparation des différents pigments de la solution brute.



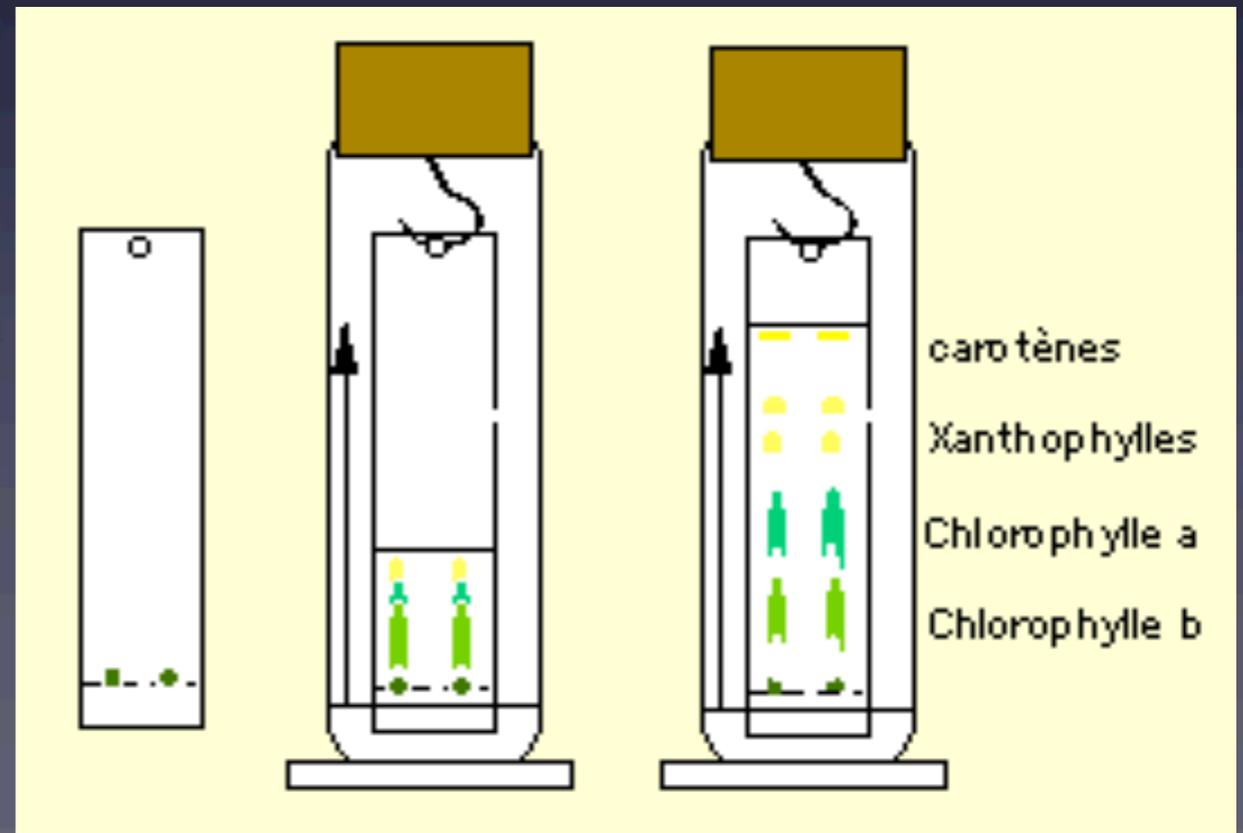
# ● Chromatographie sur papier (méthode qualitative)

- Dépôt d'une goutte de pigments bruts sur une feuille de papier.
- Mise en place de la feuille de papier dans un réceptif hermétique rempli d'un solvant approprié.
- Le solvant monte dans la feuille par capillarité en entraînant les pigments de manière différentielle selon leur affinité avec le solvant.

On peut distinguer ainsi deux catégories principales de pigments :

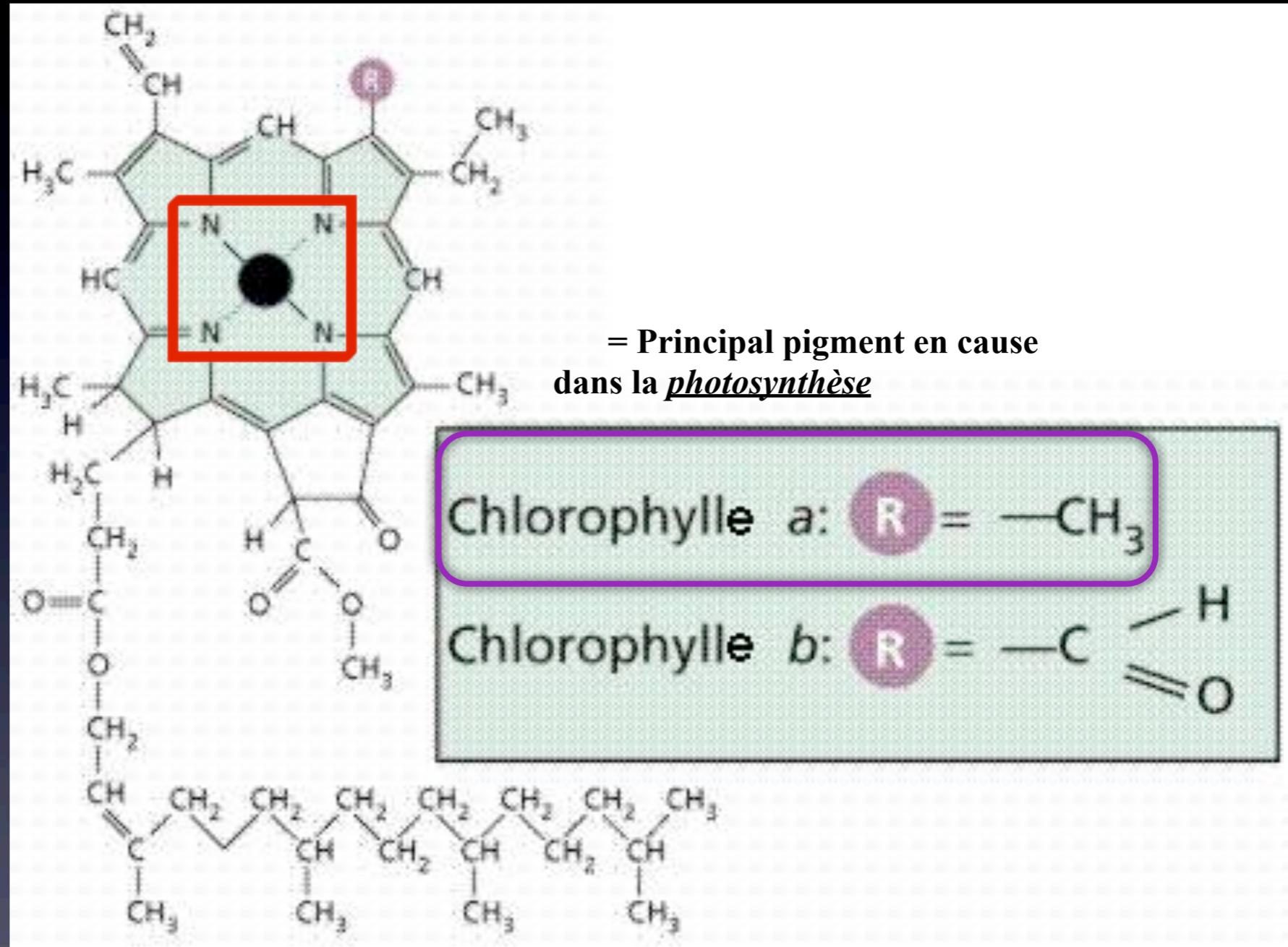
● les chlorophylles

● les caroténoïdes



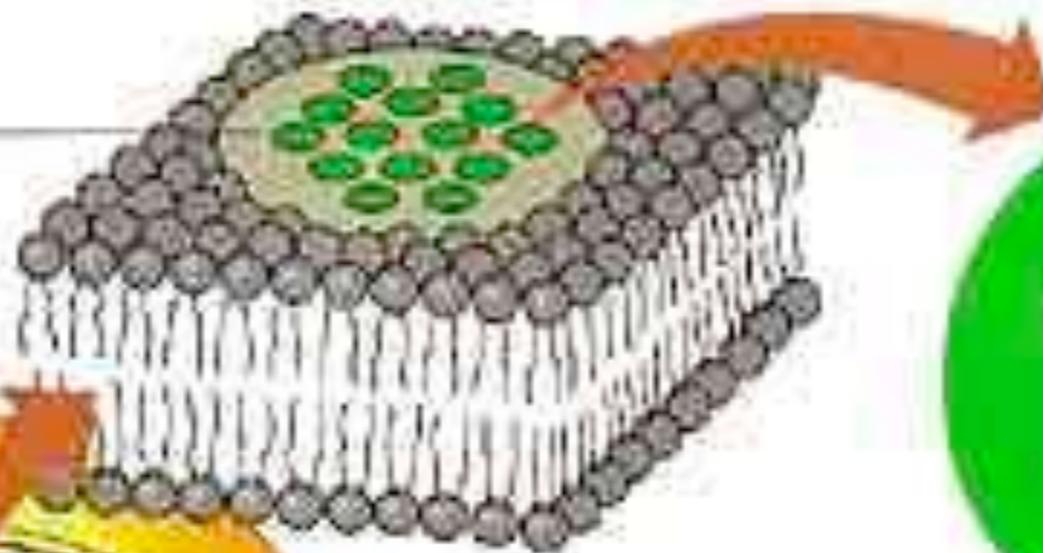
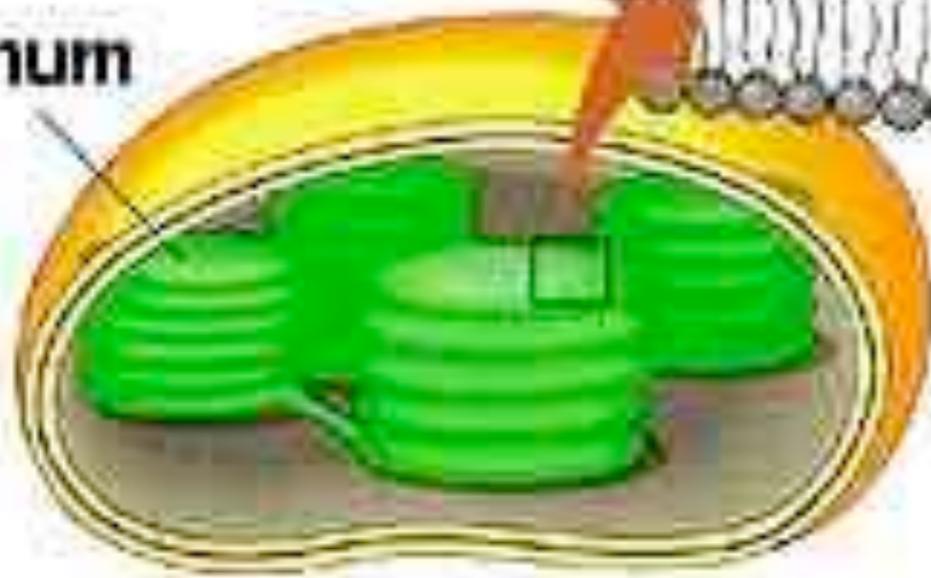
# I-4-1- La chlorophylle

- Deux parties distinctes:
- **Noyau complexe (tétrapyrrolique)** ayant un ion ( $Mg^{2+}$ ) central = **site actif** (Energie lumineuse piégée) = **Hydrophile**
- «**Queue**» **apolaire**.
- **Chlorophylle** : **bipolaire**.

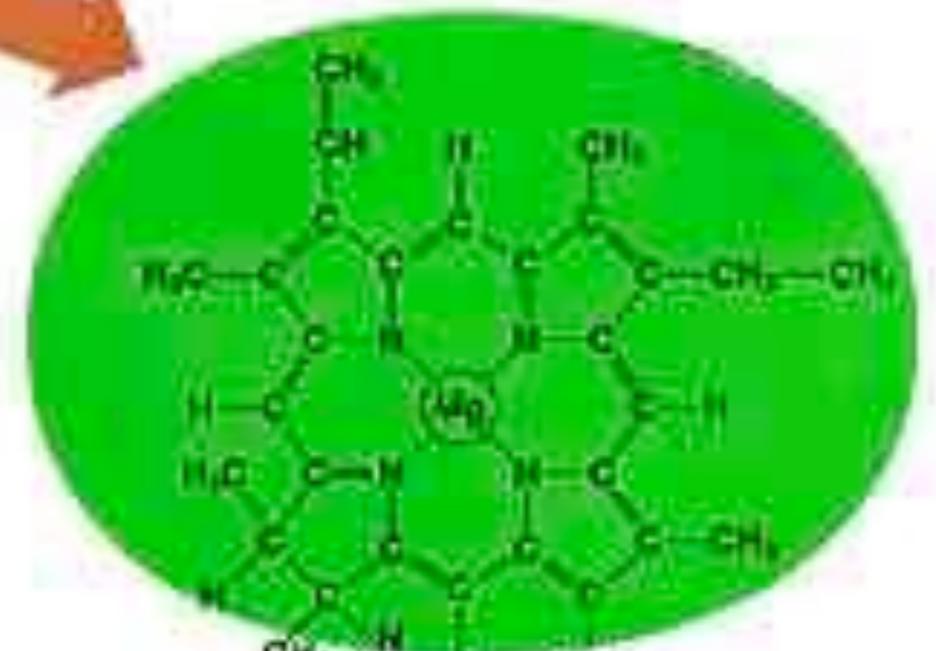


Molécules de chlorophylle incluses dans la membrane

Granum



Membrane du thylakoïde



chlorophylle



## I-4-2- Les caroténoïdes

- Pigments présents chez toutes les plantes vertes = groupe important de pigments accessoires.

= pigments jaunes et oranges qui absorbent la lumière verte.

- Coloration masquée par celle de la chlorophylle.



# I-5- Systèmes photochimiques

- Seule la **chlorophylle a** peut convertir l'énergie lumineuse en énergie chimique. Les autres pigments absorbent aussi la lumière mais cèdent leur énergie à la *chlorophylle a*.

La chlorophylle forme deux complexes avec les *membranes des thylakoïdes*:

- Le complexe chlorophylle aI, qui absorbe directement les radiations de longueur d'onde supérieure à 680 nm (rouge).
- Le complexe chlorophylle aII, qui absorbe directement l'énergie mais reçoit aussi de l'énergie absorbée par les autres pigments (*chlorophylle b* et *caroténoïdes*) à une longueur d'onde inférieure à 680 nm.

Quand la lumière frappe un photosystème, n'importe quel pigment excité transmet l'énergie à la molécule de chlorophylle a du *photosystème I* ou *II*.

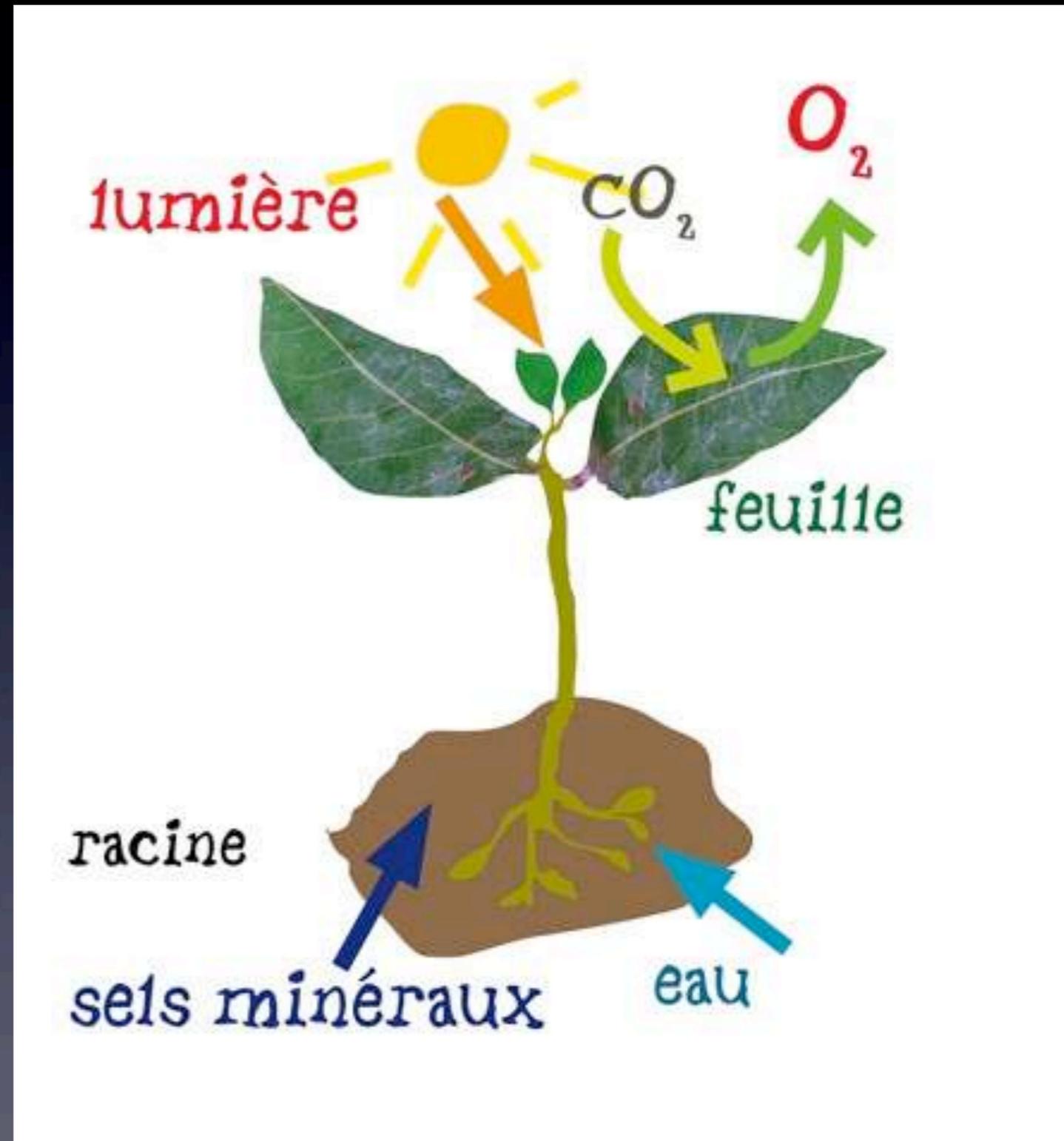
# I-6- Fonction physiologique : la photosynthèse

- **Photosynthèse** = l'ensemble des phénomènes qui participent à l'**élaboration des glucides** chez les **végétaux verts**.
- Grâce **aux pigments** et surtout à la **chlorophylle a**, le **chloroplaste absorbe l'énergie lumineuse** et la **transforme en énergie chimique (ATP)**.
- L'**ATP** servira par la suite à la **synthèse de nouveaux sucres** qui pourront être stockés sous forme d'**amidon**.

# Photosynthèse

- Cinq facteurs nécessaires:
  - Lumière
  - Dioxyde de carbone
  - Eau
  - Chlorophylle
  - Enzymes

Les végétaux sont autotrophes: ils synthétisent leur propre matière organique à partir de substances minérales qu'ils puisent dans le sol ou dans le milieu aquatique (eau et sels minéraux).

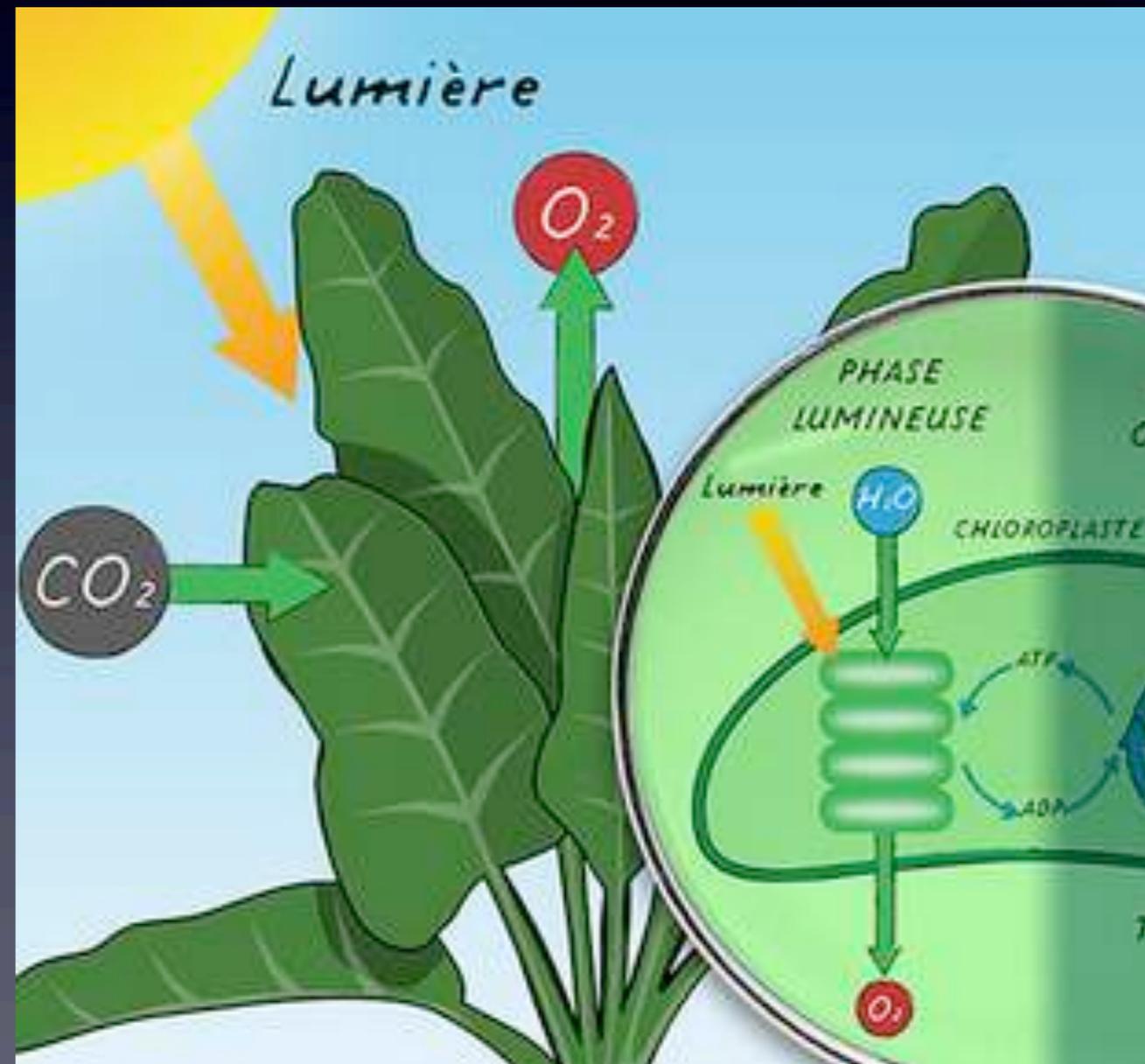


# Formule générale de la photosynthèse



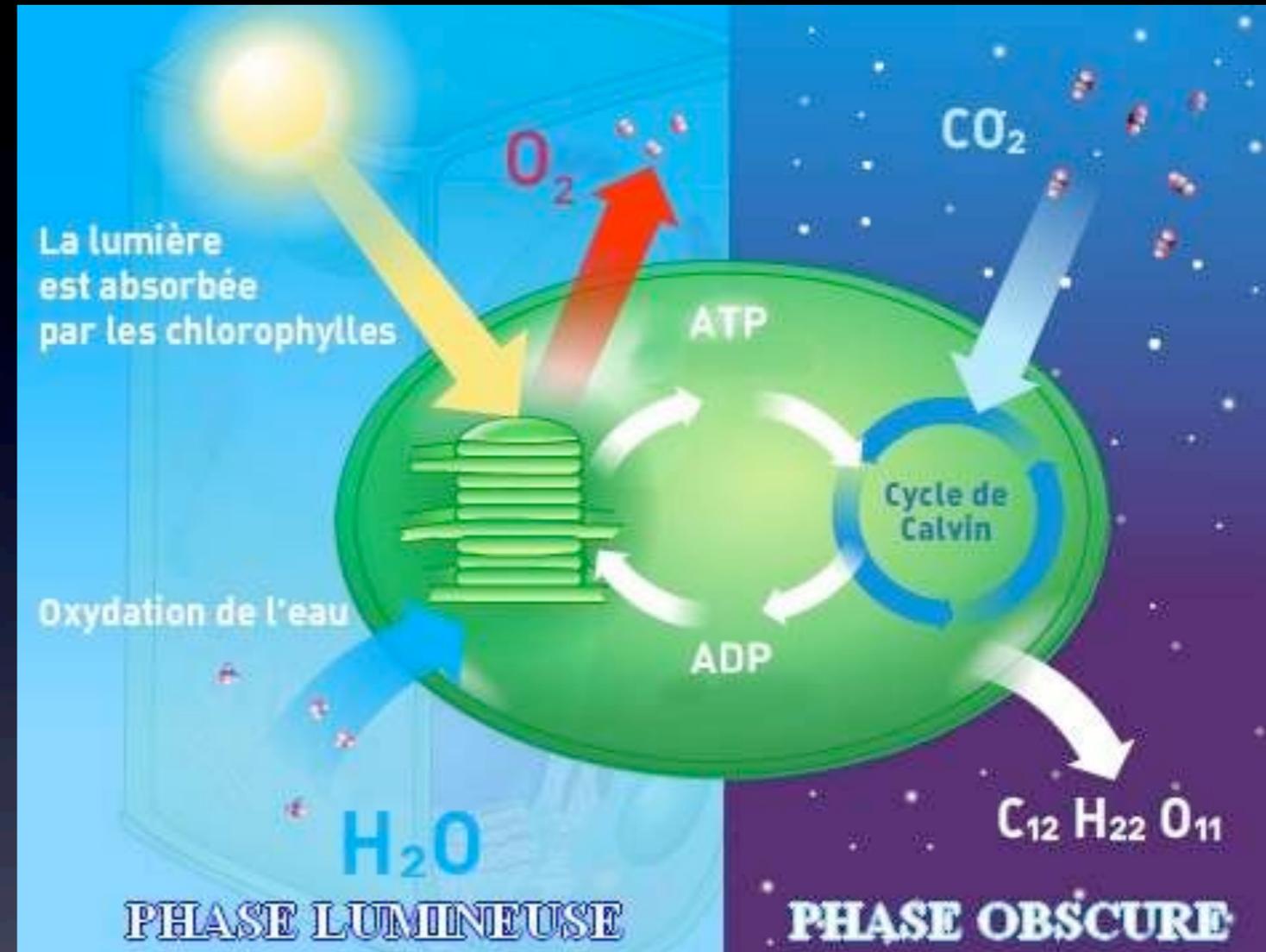
Deux périodes successives:

- Phase lumineuse
- Phase obscure.



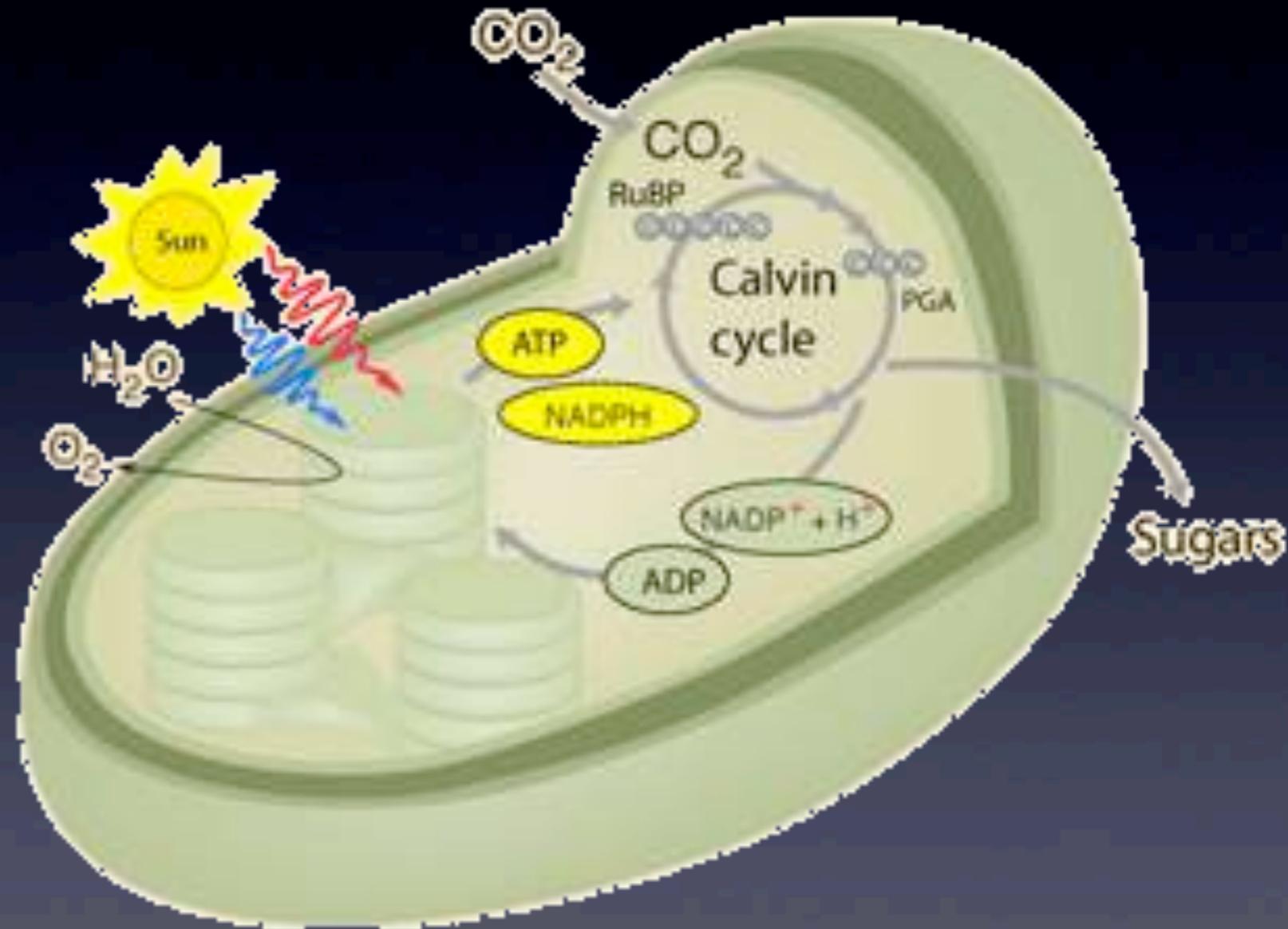
# 1- Phase lumineuse :

- Au niveau des grana.
- Conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique.
- Oxydation de l'eau apportée à la plante et production d'oxygène.
- Apparition, par phosphorylation, de l'ATP et de la NADPH<sub>2</sub> qui seront utilisés pour la réduction du gaz carbonique au cours de la phase obscure.



## 2- La phase obscure (cycle de Calvin)

- Stroma.
- Réduction de l' $O_2$  absorbé, grâce au NADPH<sub>2</sub> et à l'ATP formés au cours de la phase lumineuse.
- Réduction du  $CO_2$
- Elaboration des glucides.



# 1. Phase lumineuse (réactions photochimiques)

- La phase lumineuse regroupe les phénomènes qui dépendent directement de la lumière.
- Les *réactions photochimiques* incluent les étapes de la photosynthèse qui *convertissent l'énergie solaire en énergie chimique*.
- La **lumière** est émise sous forme de particules appelées **photons**.
- Chaque photon possède une quantité déterminée d'énergie.
- Ainsi, dans toute réaction photochimique, le processus primaire est l'absorption d'un photon par une molécule réagissante.

## 1.1. Photolyse de l'eau et réduction de NADP<sup>+</sup>

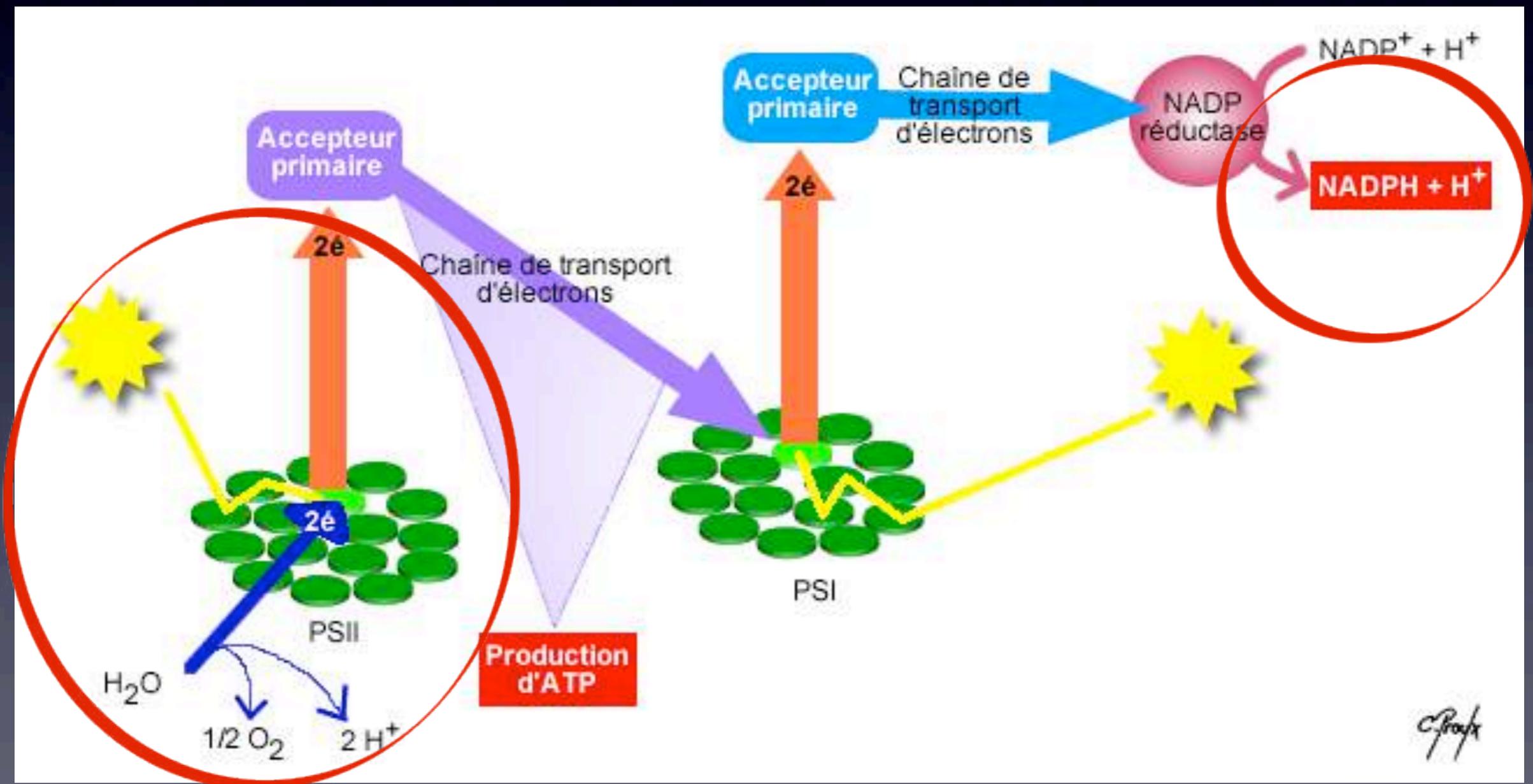
- La lumière absorbée par la chlorophylle déclenche un transfert d'électrons et de protons de l'eau vers un accepteur, le *NADP*, qui stocke temporairement les électrons riches en énergie.
- La molécule d'eau se trouve scindée suivant la réaction:



La paire d'électrons et les deux protons ( $2e + 2\text{H}^+$ ) sont éventuellement acceptés par le  $\text{NADP}^+$  qu'ils réduisent :

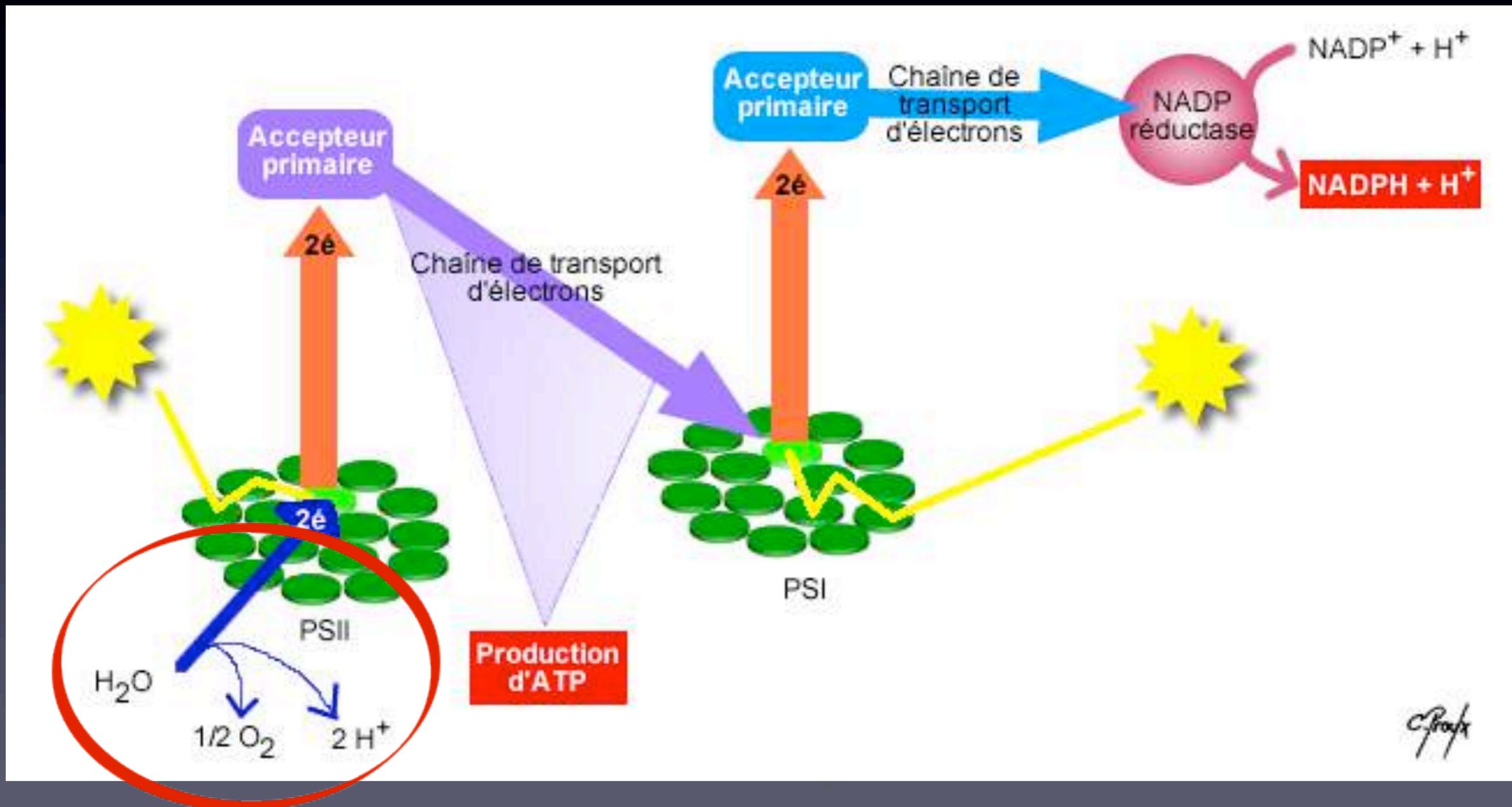
## 1.1. Photolyse de l'eau et réduction de NADP<sup>+</sup>

- La **lumière** absorbée par la **chlorophylle** déclenche un **transfert d'électrons** et de **protons de l'eau** vers un **accepteur**, le **NADP**, qui **stocke temporairement les électrons riches en énergie**.



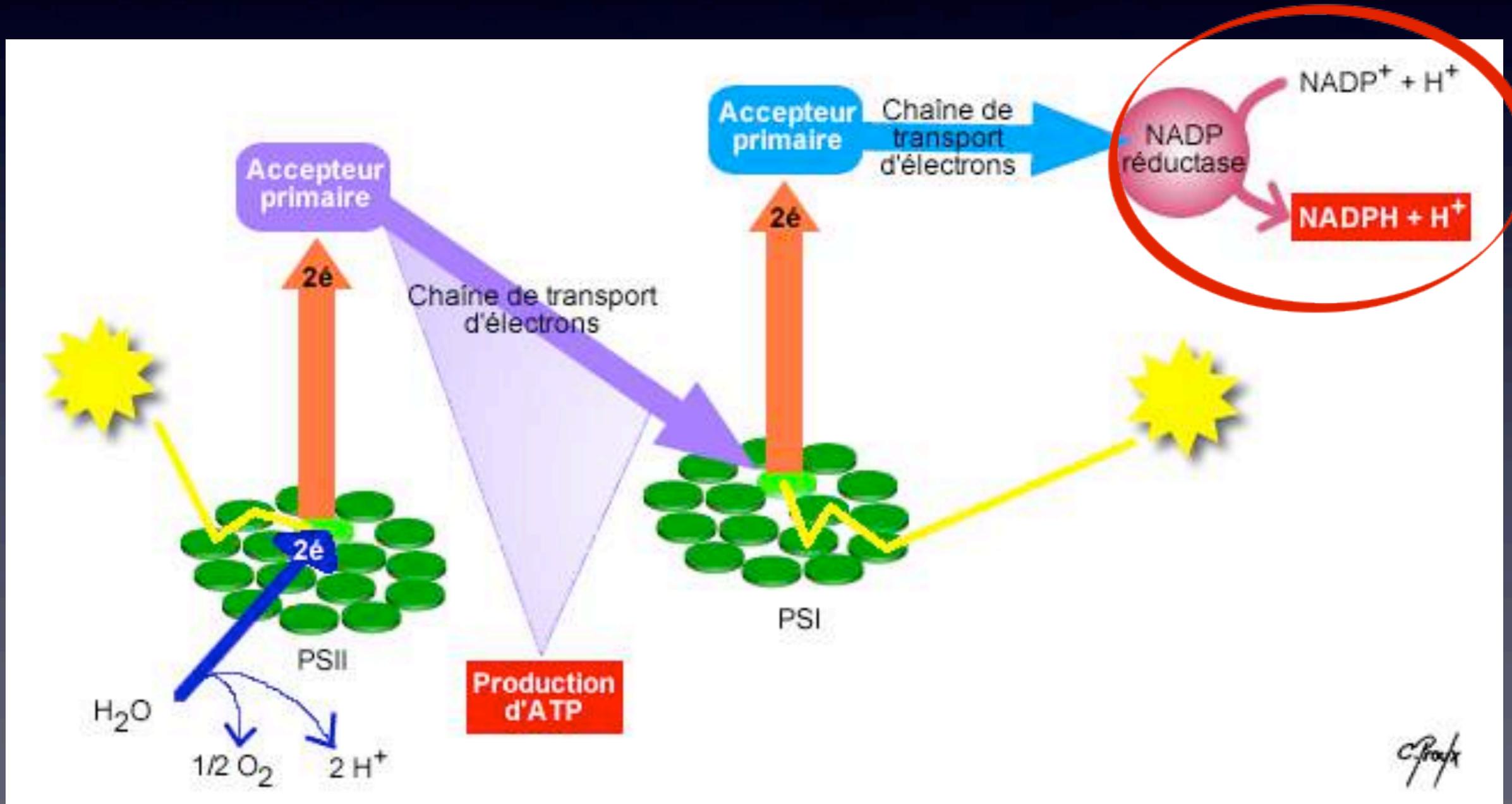
C. Profix

- La molécule d'eau se trouve scindée suivant la réaction:  
 $H_2O \longrightarrow 2H^+ + 2\text{électrons} + 1/2O_2$



C. Profx

- La paire d'électrons et les deux protons ( $2e^- + 2H^+$ ) sont éventuellement acceptés par le  $NADP^+$  qu'ils réduisent :



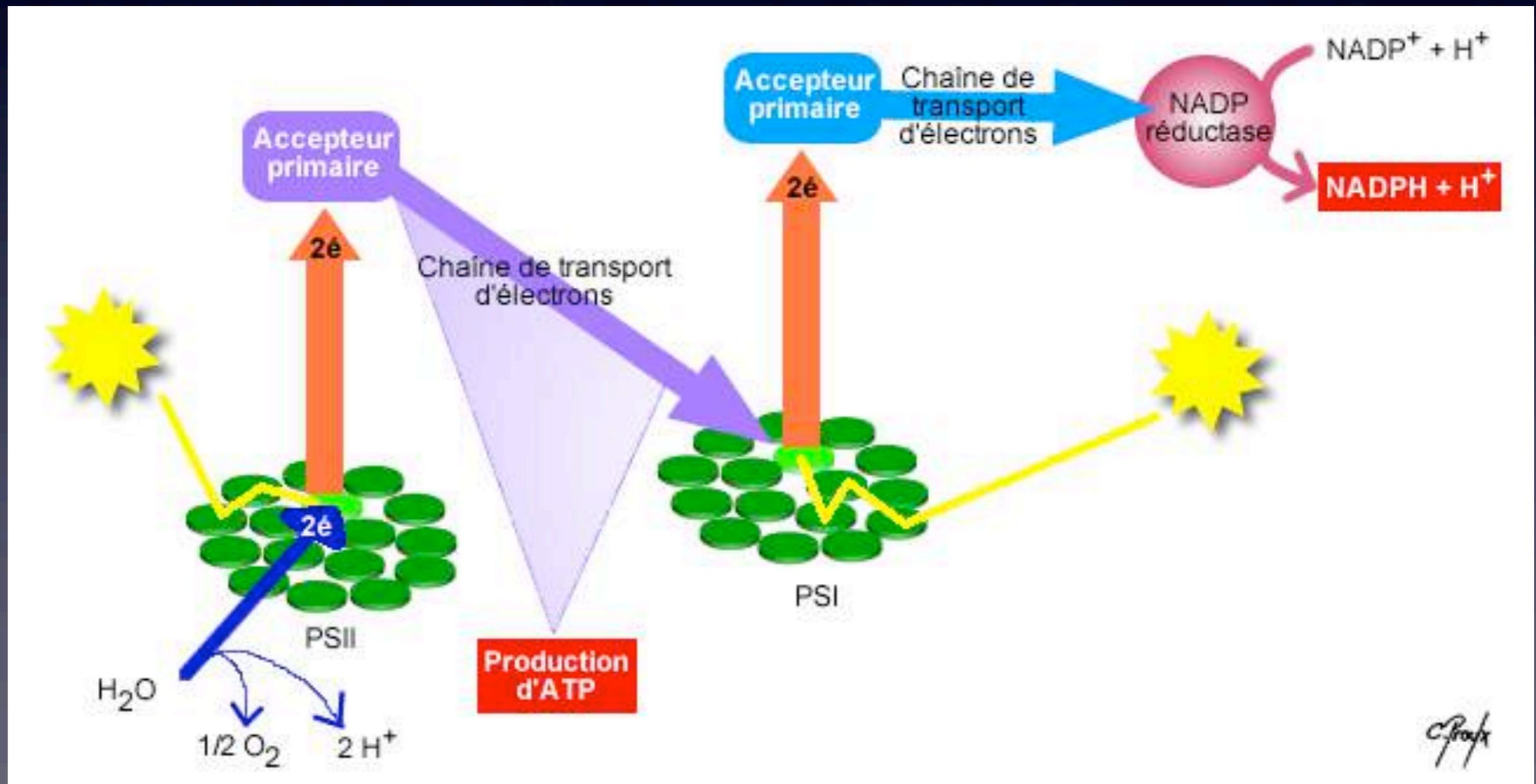
## 1.2. Captation de l'énergie lumineuse par les pigments et photophosphorylation

- Sous l'effet de l'énergie lumineuse, la chlorophylle a (sous ses deux formes PSI, PSII) émet un électron riche en énergie qui quitte la molécule et est recueilli par la chaîne de transporteurs d'électrons, nommée "chaîne photosynthétique" qui capte les électrons et les amène successivement jusqu'à la surface externe de la membrane des thylakoïdes.
- La chaîne photosynthétique accumule des protons dans les cavités des thylakoïdes pour former un réservoir de protons.

Ensuite, l'énergie emmagasinée dans le réservoir de protons est utilisée par l'ATP-synthétase pour catalyser la formation d'ATP. Ce processus s'appelle la *photophosphorylation*. Le transport des électrons excités peut se faire selon deux trajets : *cyclique* ou *non cyclique*.

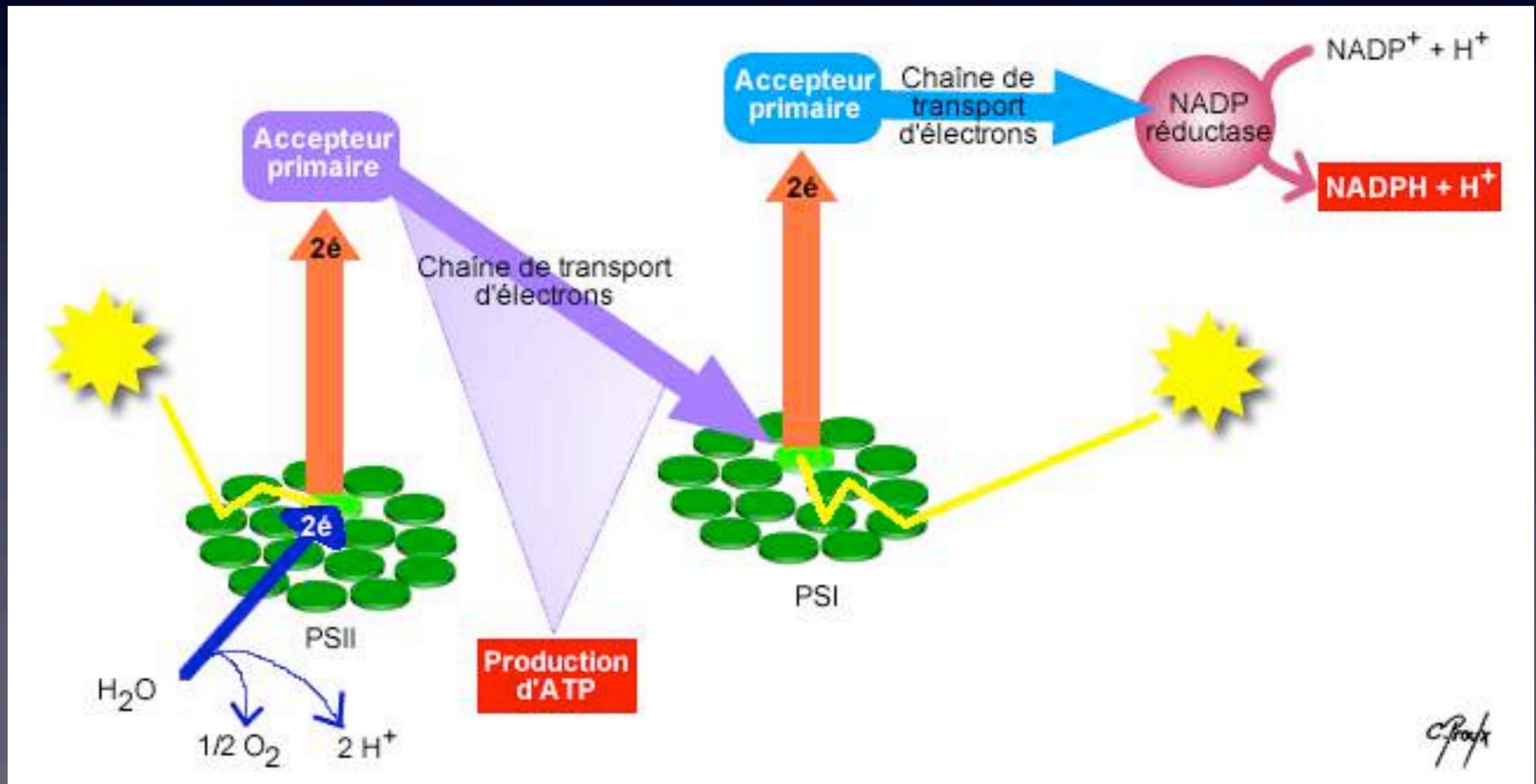
## 1.2. Captation de l'énergie lumineuse par les pigments et photophosphorylation

- Sous l'effet de l'énergie lumineuse, la chlorophylle a (sous ses deux formes PSI, PSII) émet un électron riche en énergie qui quitte la molécule et est recueilli par la chaîne de transporteurs d'électrons, nommée "**chaîne photosynthétique**" qui capte les électrons et les amène successivement jusqu'à la surface externe de la membrane des thylakoïdes.



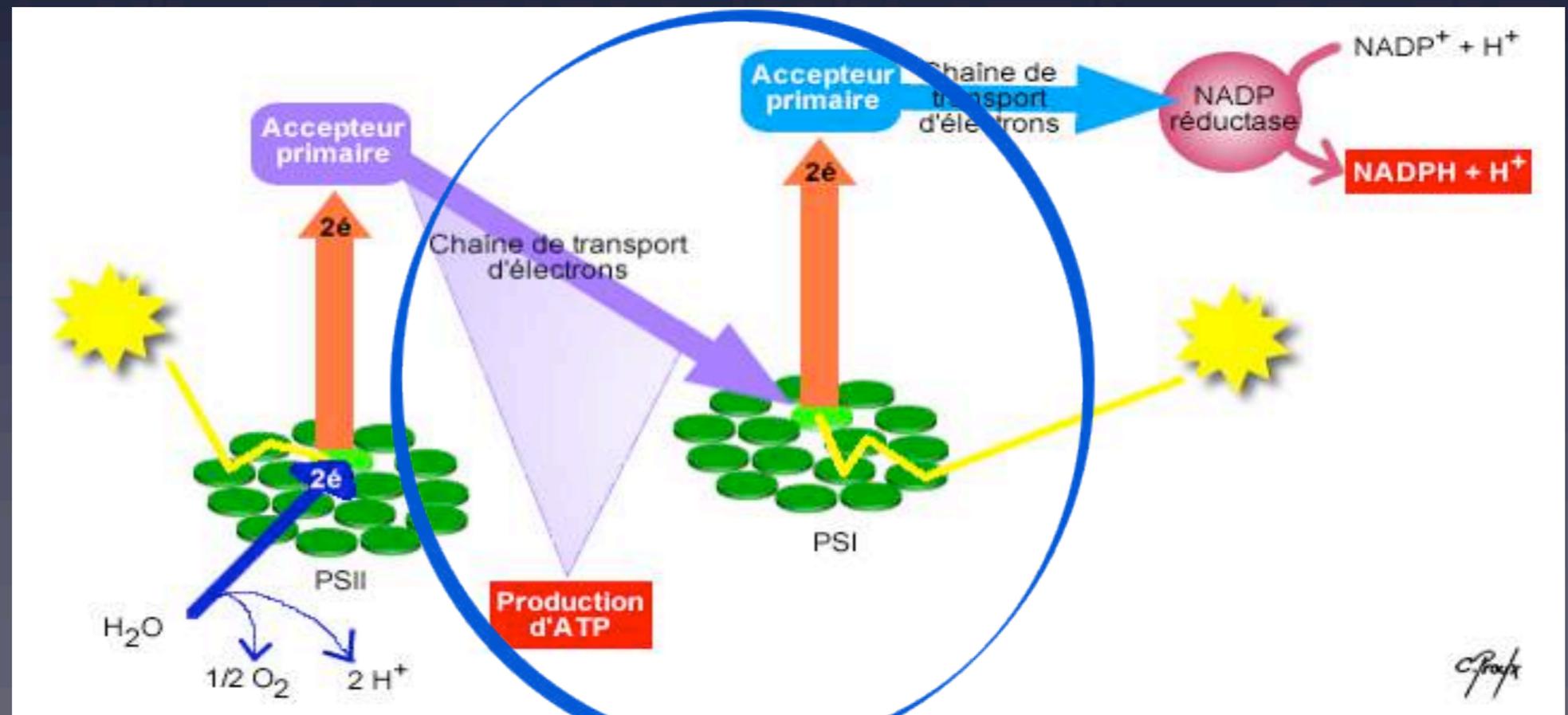
- La chaîne photosynthétique accumule des protons dans les cavités des thylakoïdes pour former un réservoir de protons.

Ensuite, l'énergie emmagasinée dans le réservoir de protons est utilisée par l'ATP-synthétase pour catalyser la formation d'ATP. Ce processus s'appelle la **photophosphorylation**. Le transport des électrons excités peut se faire selon deux trajets : cyclique ou non cyclique.



## 1.2.1. Transport cyclique d'électrons

- Le transport cyclique d'électrons est le trajet le plus simple. Il ne fait intervenir que le photosystème I et n'engendre que de l'ATP; il ne produit ni  $\text{NADPH} + \text{H}^+$  ni oxygène.
- Cette voie est dite cyclique parce que les électrons excités qui quittent la chlorophylle du photosystème I finissent par y revenir.



## 1.2.2. Transport non cyclique d'électrons

- Fait intervenir les **2 photosystèmes I et II** et il s'établit un **courant continu** **d'électrons** entre l'**eau** et le **NADP<sup>+</sup>**.
- Les électrons éjectés du **photosystème II** se font remplacer par des électrons retirés de l'eau.
- Les **électrons excités** du **photosystème II** descendent une **chaîne de transport d'électrons** jusqu'au **photosystème I**, en fournissant *l'énergie nécessaire à la synthèse d'ATP.*
- L'excitation du **photosystème I** propulse des électrons riches en énergie qui rejoignent le **NADP<sup>+</sup>** et le réduisent en **NADPH + H<sup>+</sup>**.
- La production d'ATP au cours du transport non cyclique d'électrons est appelée **photophosphorylation non cyclique**. Les produits nets du transport non cyclique d'électrons sont l'ATP, le NADPH + H<sup>+</sup> et l'oxygène qui diffuse à l'extérieur de la cellule puis de la plante.

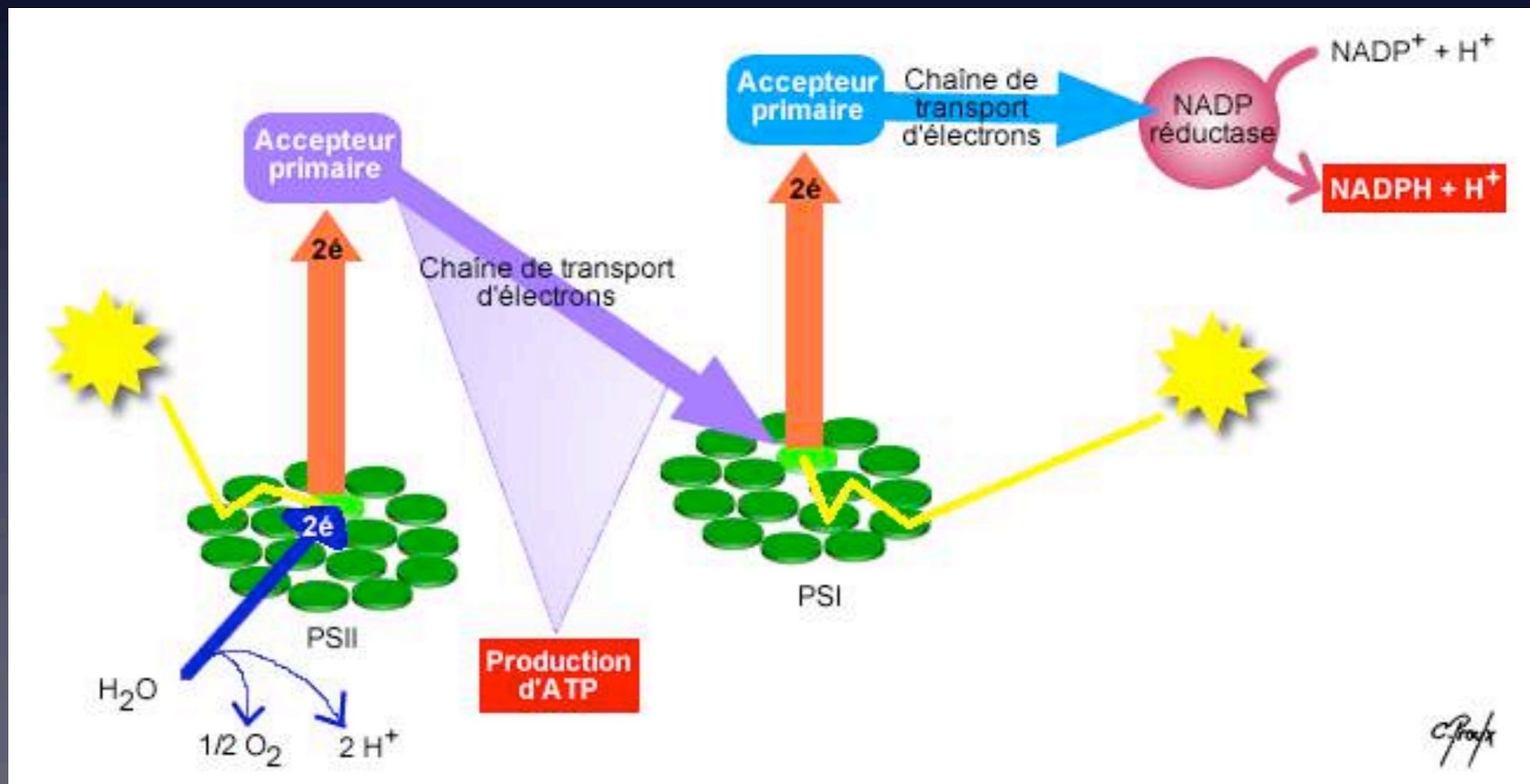
- L'énergie lumineuse provoque l'excitation et le départ d'un électron d'une molécule de chlorophylle du photosystème II.

- Pour compenser cette perte, ce dernier récupère un électron à partir de la photolyse de la molécule d'eau:



- Il y a production d'O<sub>2</sub>, d'ATP et de NADPH et H<sup>+</sup>.

- C'est donc l'eau qui est le donneur d'électron et le NADP<sup>+</sup> qui est l'accepteur final;



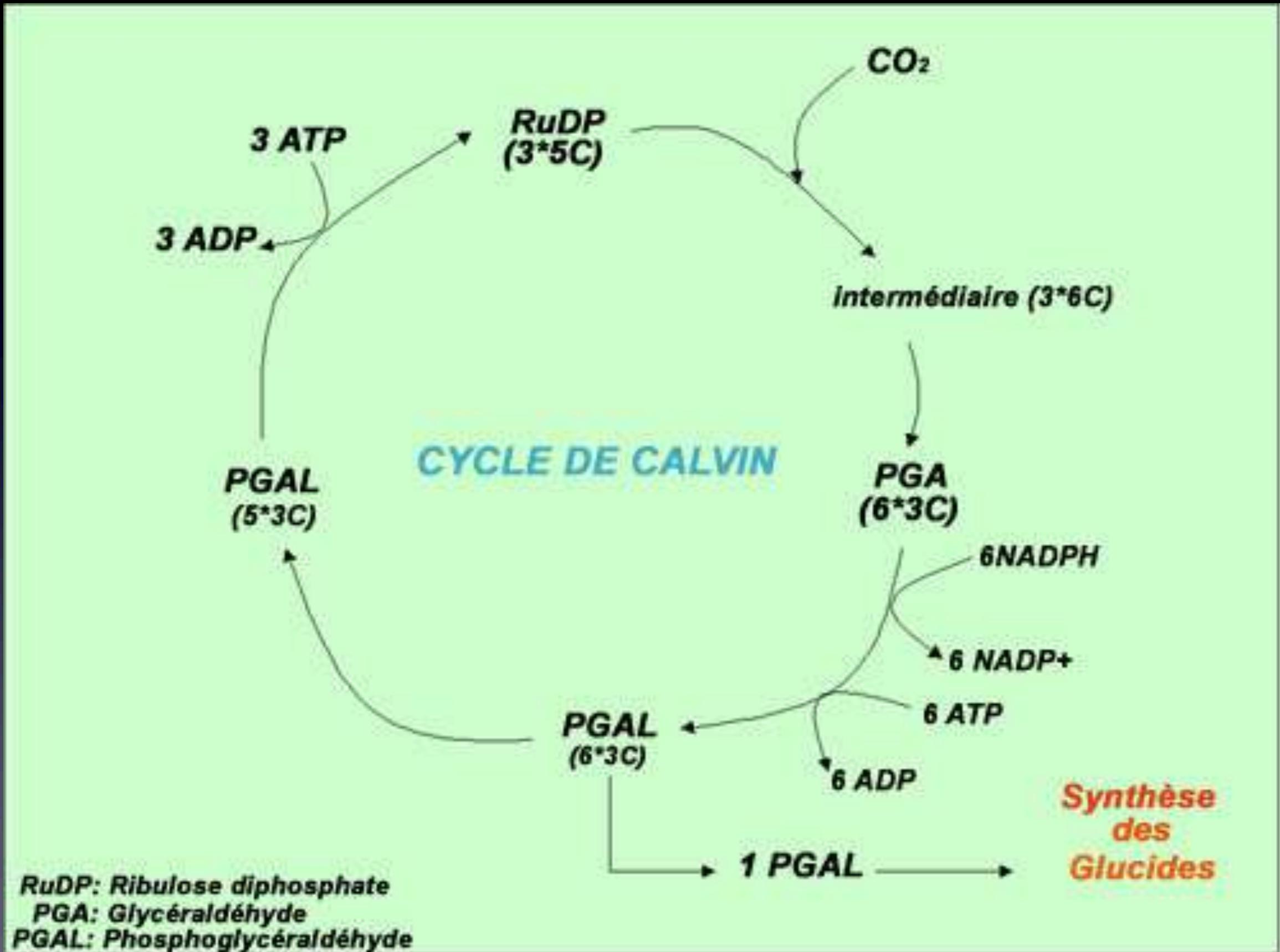
## 2- Phase obscure: **cycle de Calvin** = Phase de fixation du carbone

- = Phase enzymatique permettant la synthèse de sucres, utilisant le **CO<sub>2</sub>** (air) comme source de C.
- **Stroma.**
- Commence avec le **CO<sub>2</sub>** et une molécule à 5C, le **RuP**, qui réagissent pour former deux molécules à 3C **APG** (phosphoglycérate).
- Chaque molécule d'**APG** utilise 1 **ATP** et 1 **NADPH + H<sup>+</sup>** pour se convertir en **PGAL** (phosphoglycéraldéhyde).
- Une 3ème **ATP** est nécessaire pour phosphoryler le ribulose phosphate pour régénérer la molécule de départ, le ribulose diphosphate.

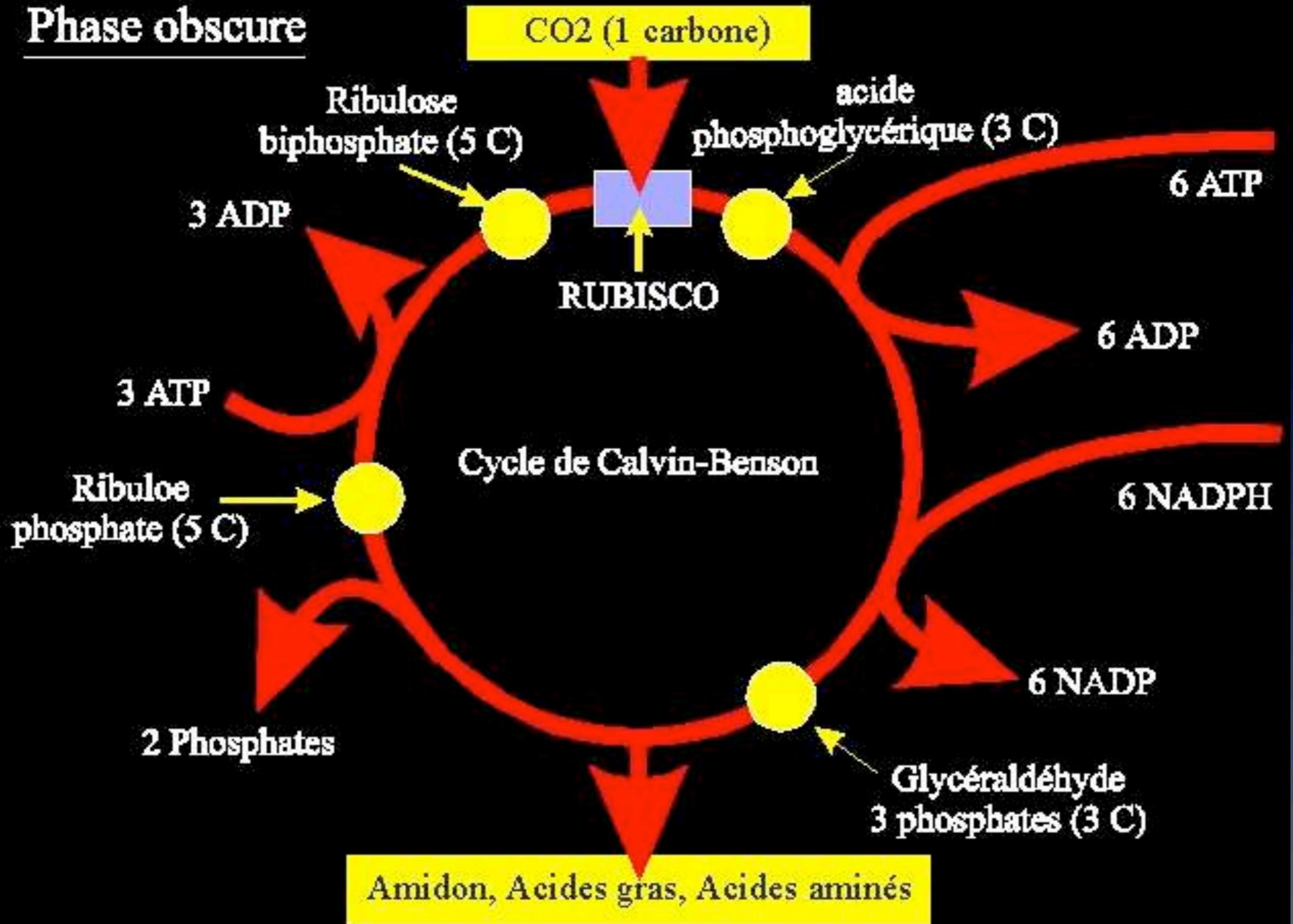
• Equation globale :

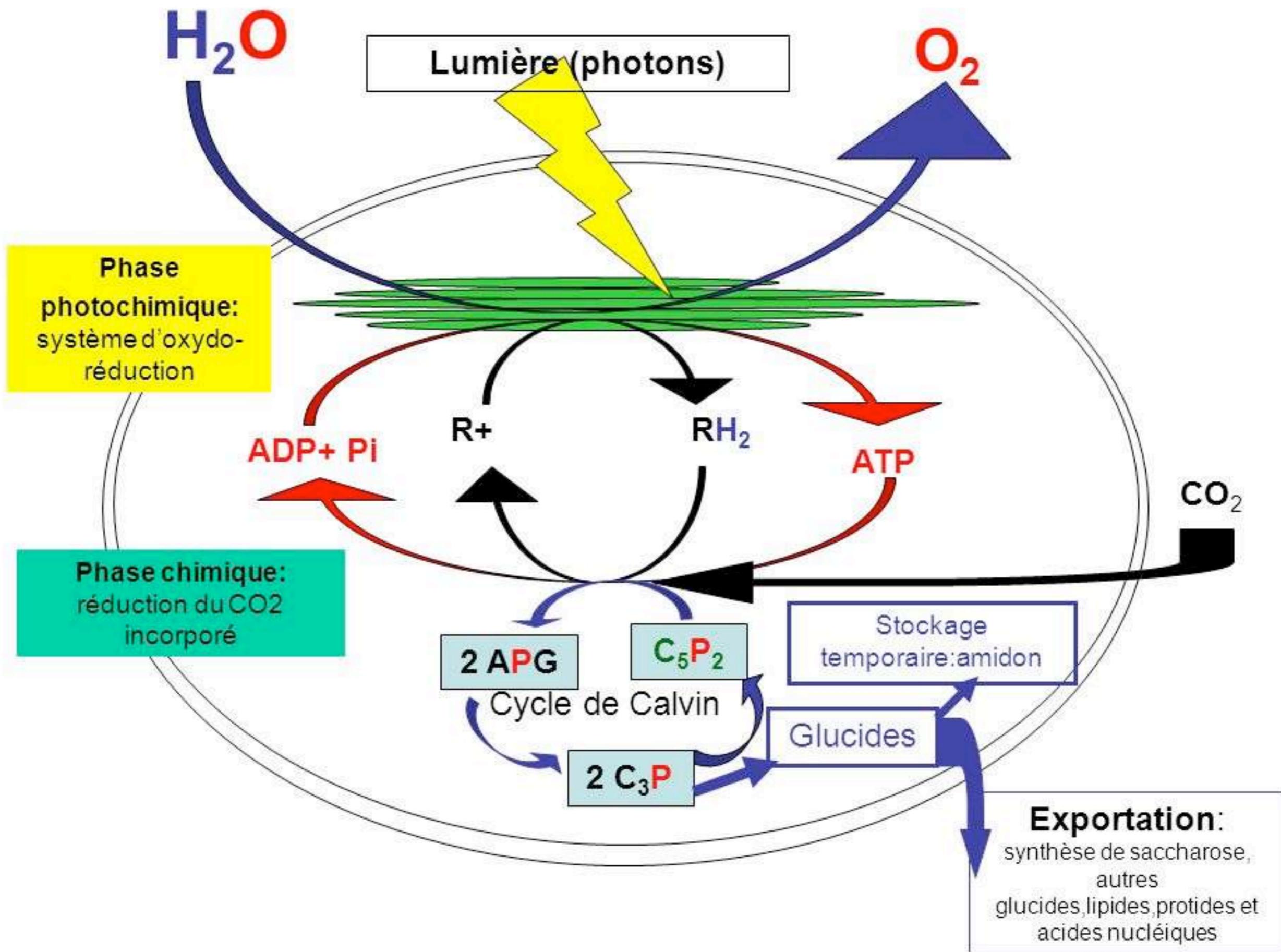


*6 tours du cycle de Calvin = production de l'équivalent d'une molécule de glucose .*



# Phase obscure





# Bon courage



## LIENS UTILES 🙌

### Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

