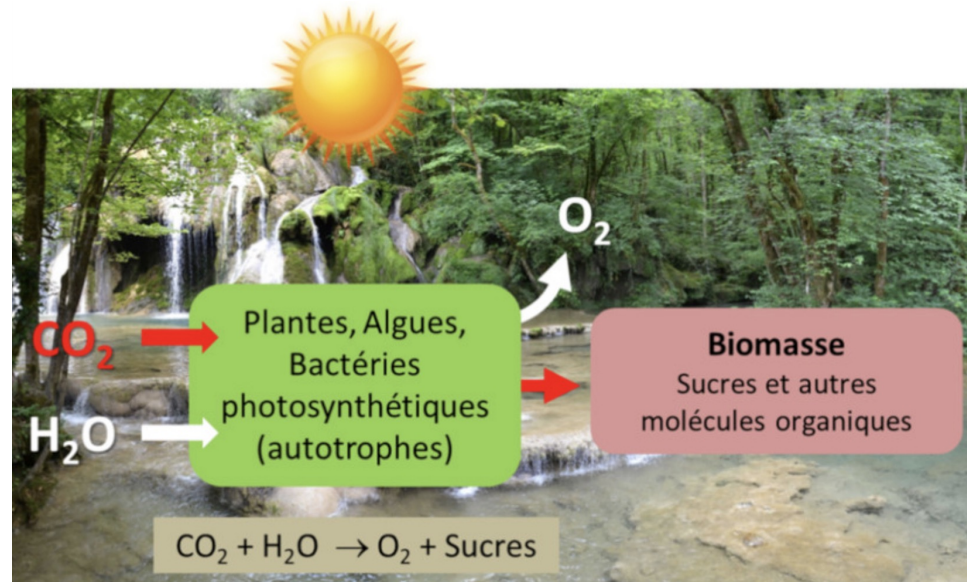


Nutrition carbonée ou Photosynthèse oxygénique

Introduction - Définitions

1. Le chloroplaste = capteur solaire, rappel de l'ultrastructure
2. Structure des pigments photosynthétiques
3. Découverte du processus fondamental
4. Mécanismes fondamentaux
5. Les photosystèmes : PSI et PSII
6. Réalisation d'un gradient de protons et synthèse d'ATP et de NADPH
7. Cycle photosynthétique de réduction du carbone - Cycle de Calvin
8. Photorespiration et cycle photosynthétique d'oxydation du carbone
9. Autres types de métabolismes photosynthétiques



1% de l'énergie solaire permet

la fixation ANNUELLE à partir du CO_2 de

115 à 120 MILLIARDS de TONNE de C dans la BIOMASSE

INTRODUCTION

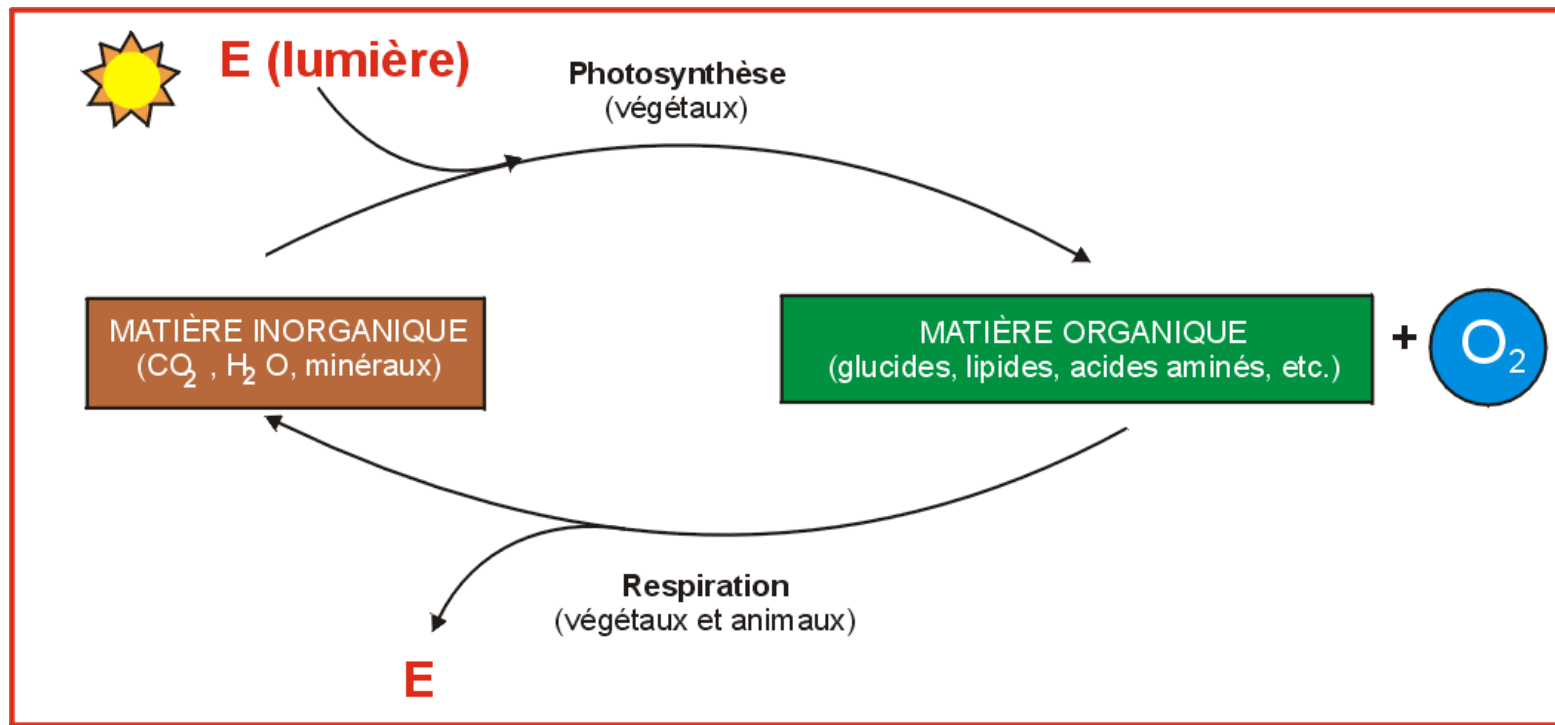
Autotrophie vis-à-vis du carbone

Edification de molécules complexes à partir de CO_2 = processus très consommateur d'énergie : ENDERGONIQUE

Sur la Terre, 2 types d'autotrophies liés à 2 sources d'énergie

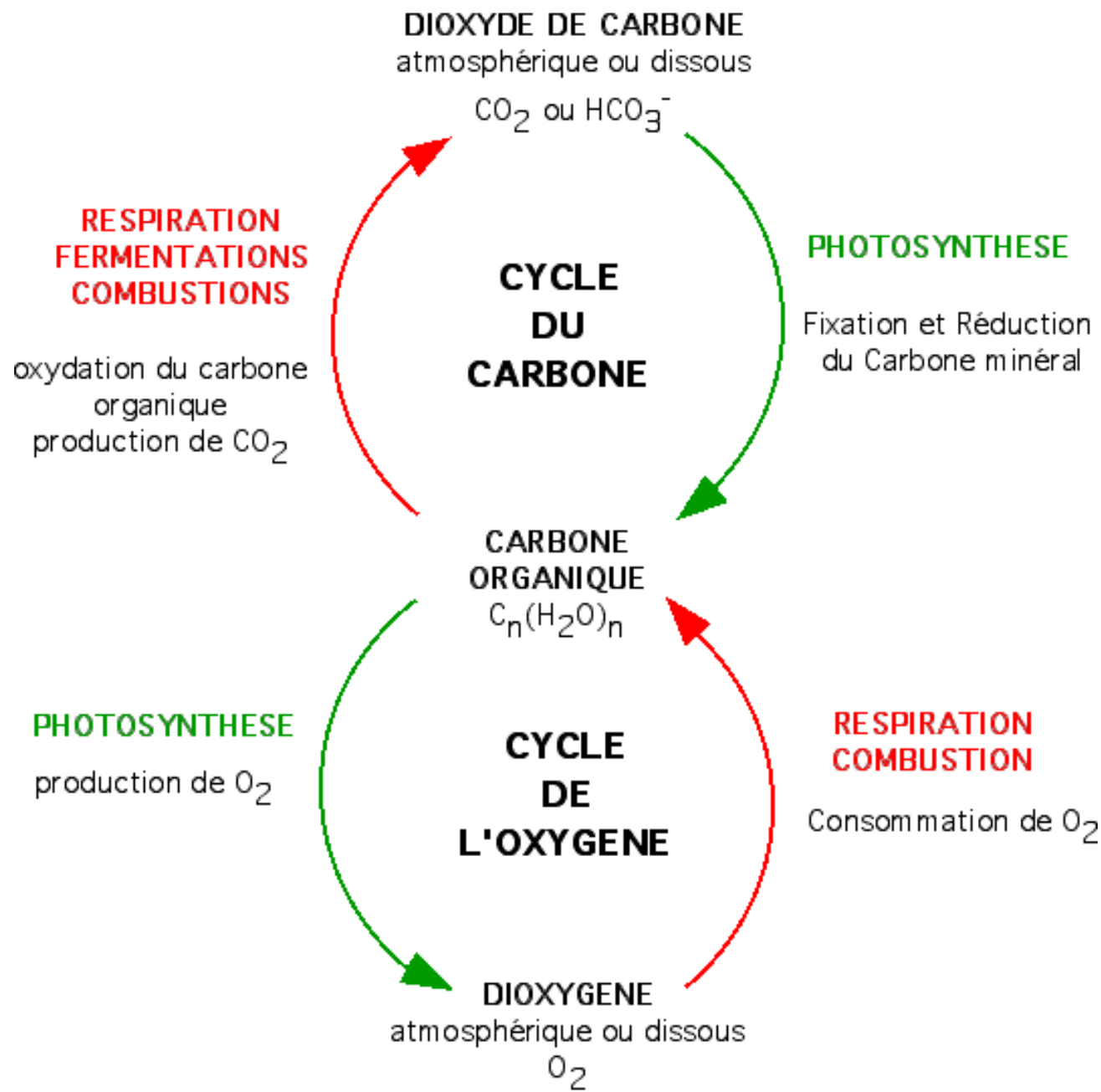
Soit utilisation de l'énergie stockée dans molécules inorganiques (H_2S ou ammoniacque par ex)= CHIMIOTROPHIE

Soit utilisation de l'énergie lumineuse =
PHOTOTROPHIE



Autotrophes : Photosynthèse et respiration
Fabriquent leur propre matière organique.

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



Photosynthèse anoxygénique :

collecte de l'énergie de la lumière et conversion en énergie chimique utilisable pour réaliser la biosynthèse de constituants moléculaires.

H₂S est le donneur d'électron,
S₂ est un produit de la réaction



Avec (CH₂O)_n = hydrate de carbone ou sucre ou ose
Si n = 6 , C₆H₁₂O₆ = hexose, le glucose par exemple

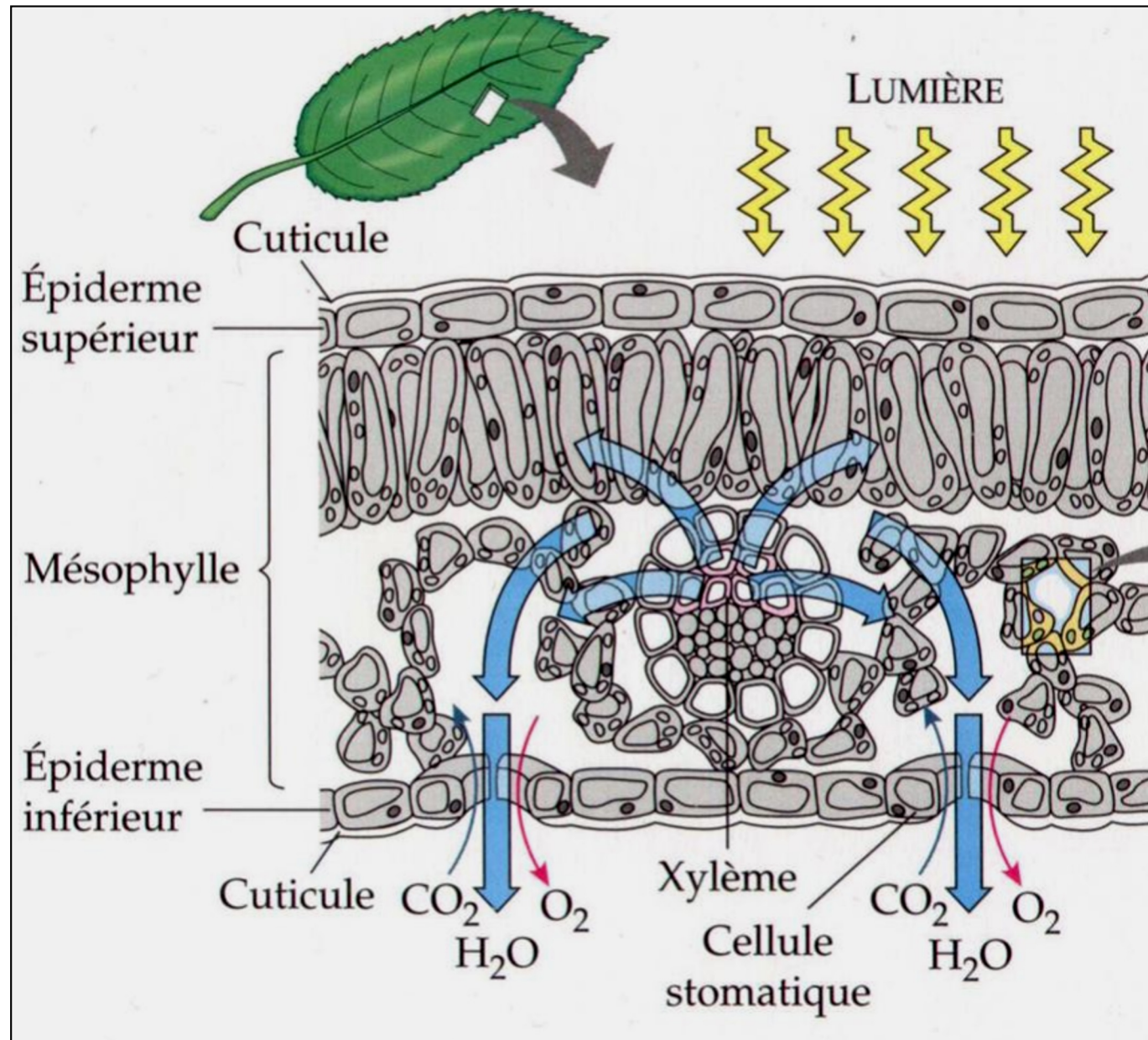
Photosynthèse oxygénique :

collecte de l'énergie de la lumière et conversion en énergie chimique utilisable pour réaliser la biosynthèse de constituants moléculaires.

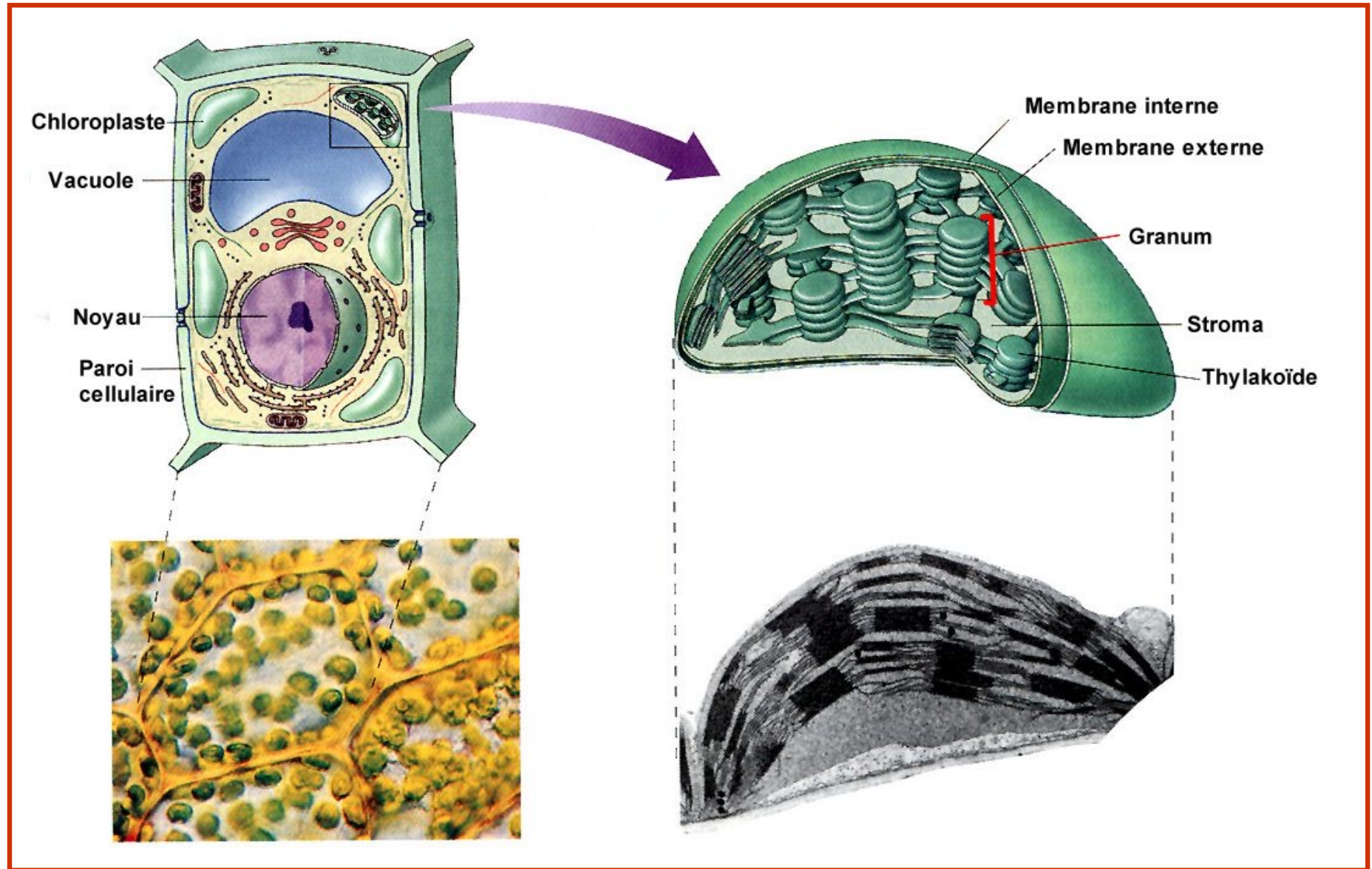
H₂O est le donneur d'électron,
O₂ est un produit de la réaction



1. Chloroplaste = capteur solaire



Coupe d'une feuille



Observation en MO = Structure

En MET = Ultrastructure

1 gr de feuille d'épinard = 500 MILLIONS de chloroplastes

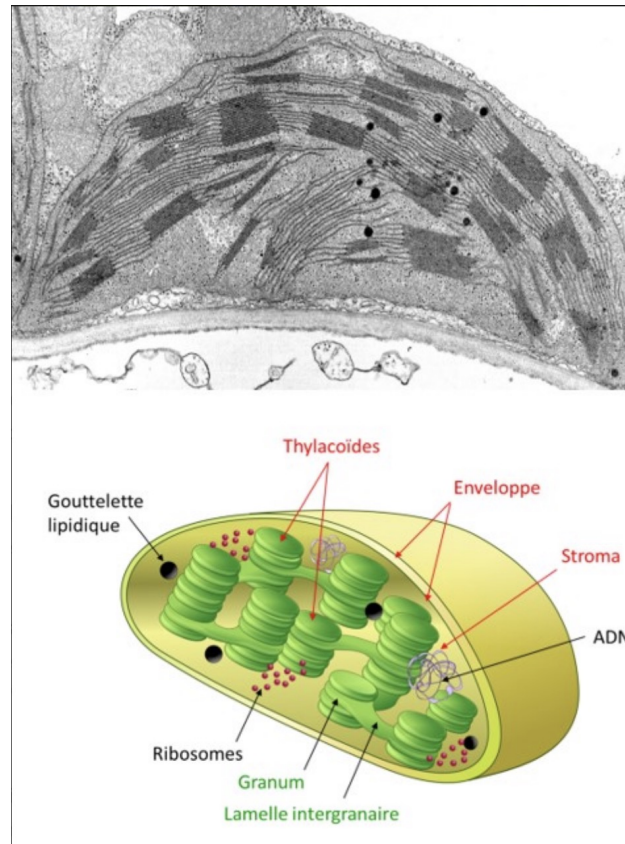
Chloroplaste = CAPTEUR SOLAIRE

Organite semi-autonome car présence d'ADN (circulaire, non lié aux protéines histones comme chez les procaryotes), ARN et plastoribosomes

– théorie de l'endosymbiose

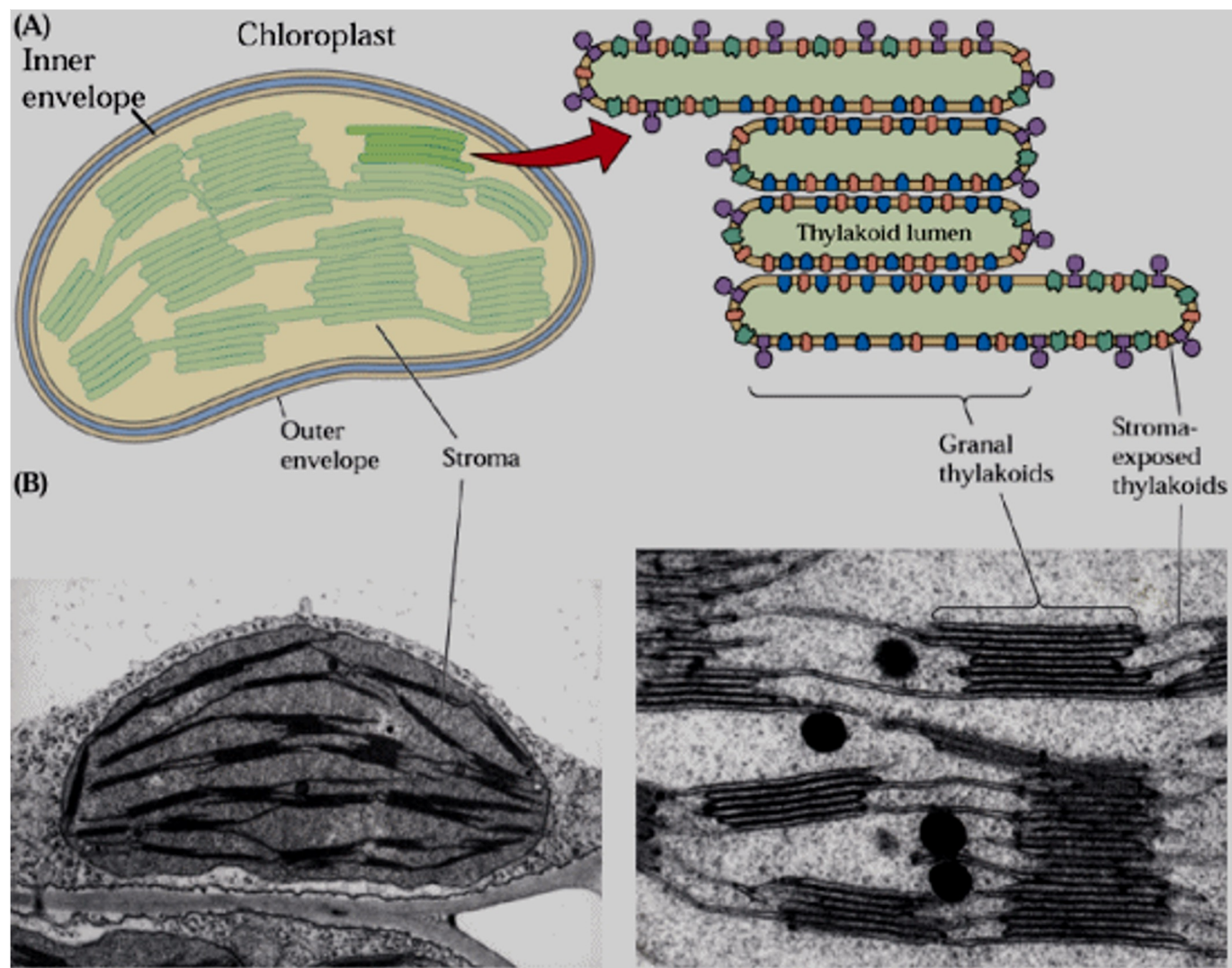
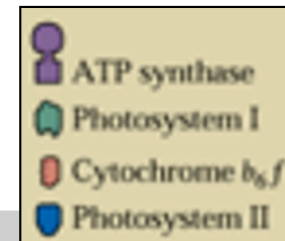
Certaines protéines chloroplastiques sont synthétisées intégralement dans le chloroplaste, indépendamment de l'ADN nucléaire

Beaucoup d'analogie avec la mitochondrie

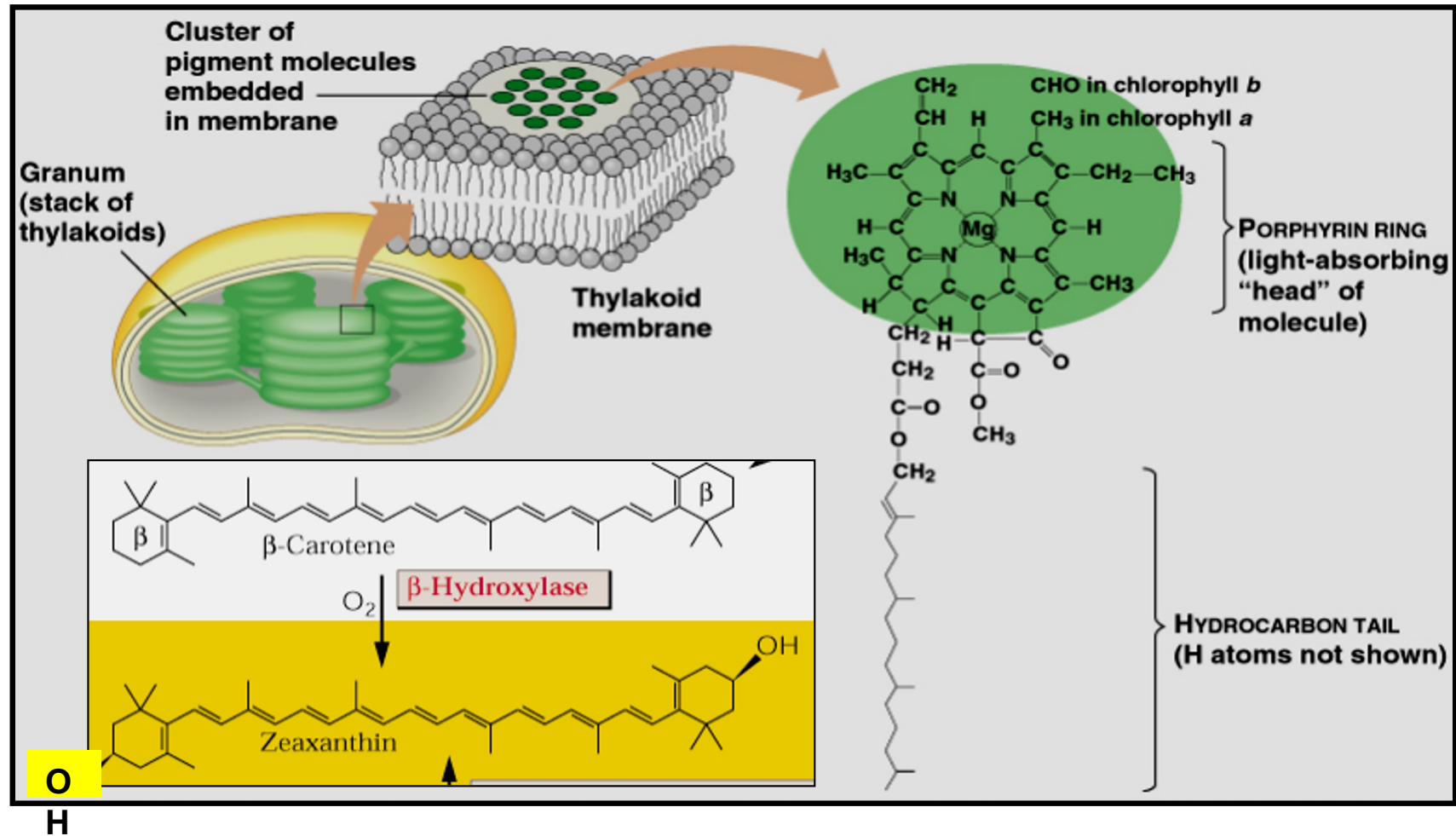


Ultrastructure du chloroplaste (MET)

Le Chloroplaste: les thylakoïdes



2. Structure des pigments photosynthétiques



Pigments photosynthétiques : PHOTORECEPTEURS très efficaces

réseau continu de simples et doubles liaisons alternées dans leur formule chimique

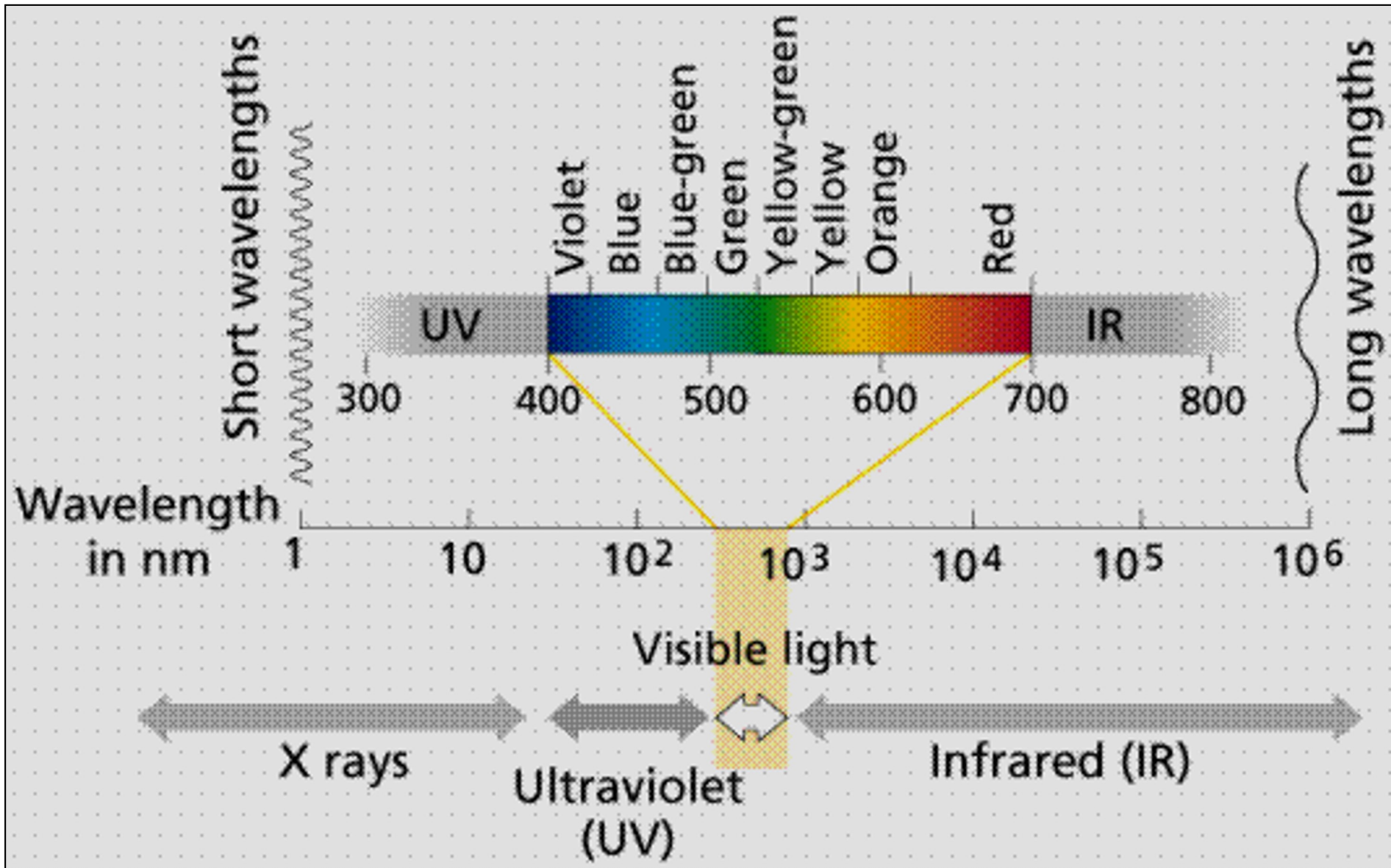
Toutes les cellules photosynthétiques possèdent un ou plusieurs de ces pigments.

→ Des CHLOROPHYLLES : vert

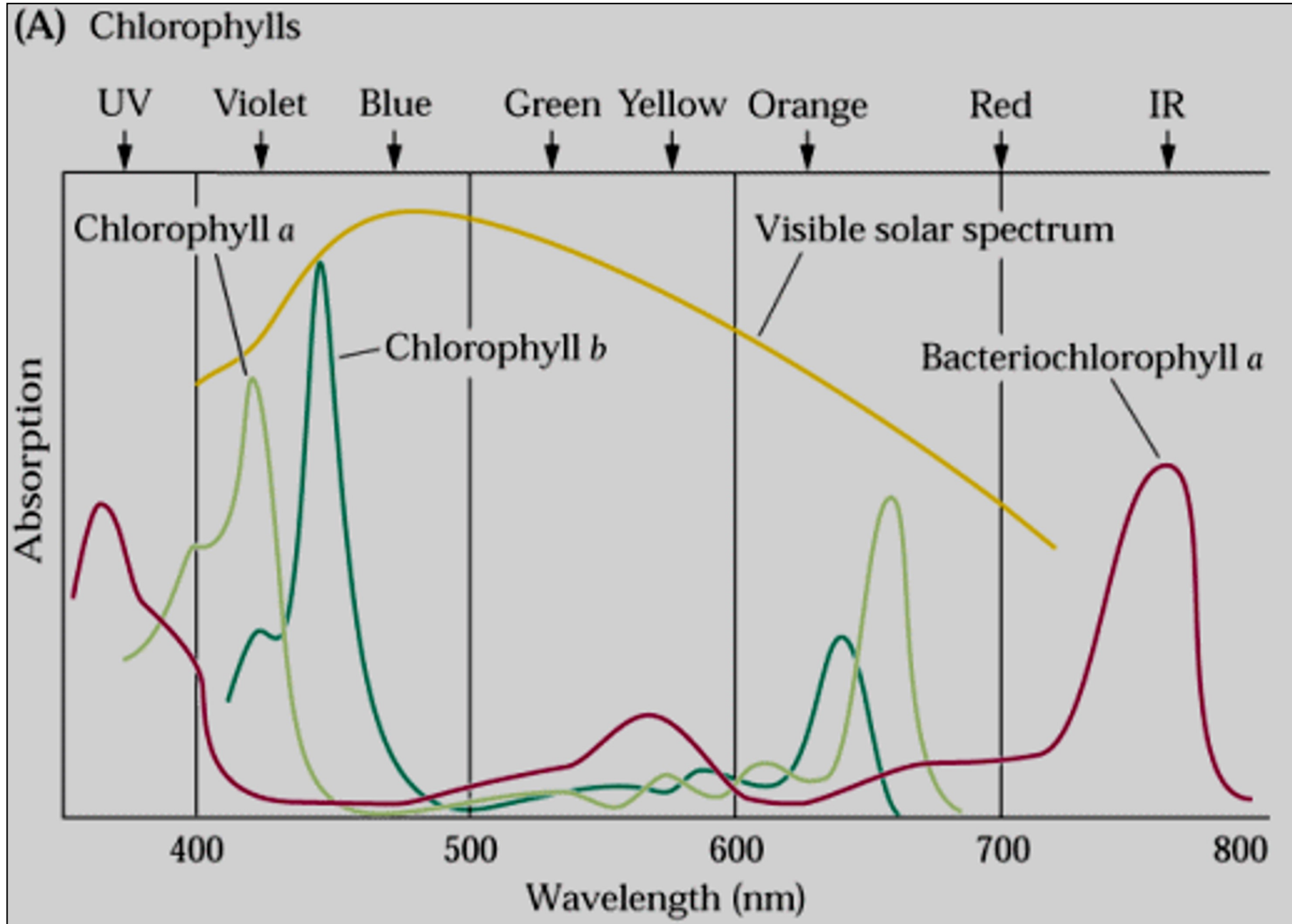
→ Des CAROTENOIDES : jaune, rouge ou pourpre - appelés aussi pigments accessoires

→ Des PHYCOBILINES : bleu ou rouge - appelés aussi pigments accessoires

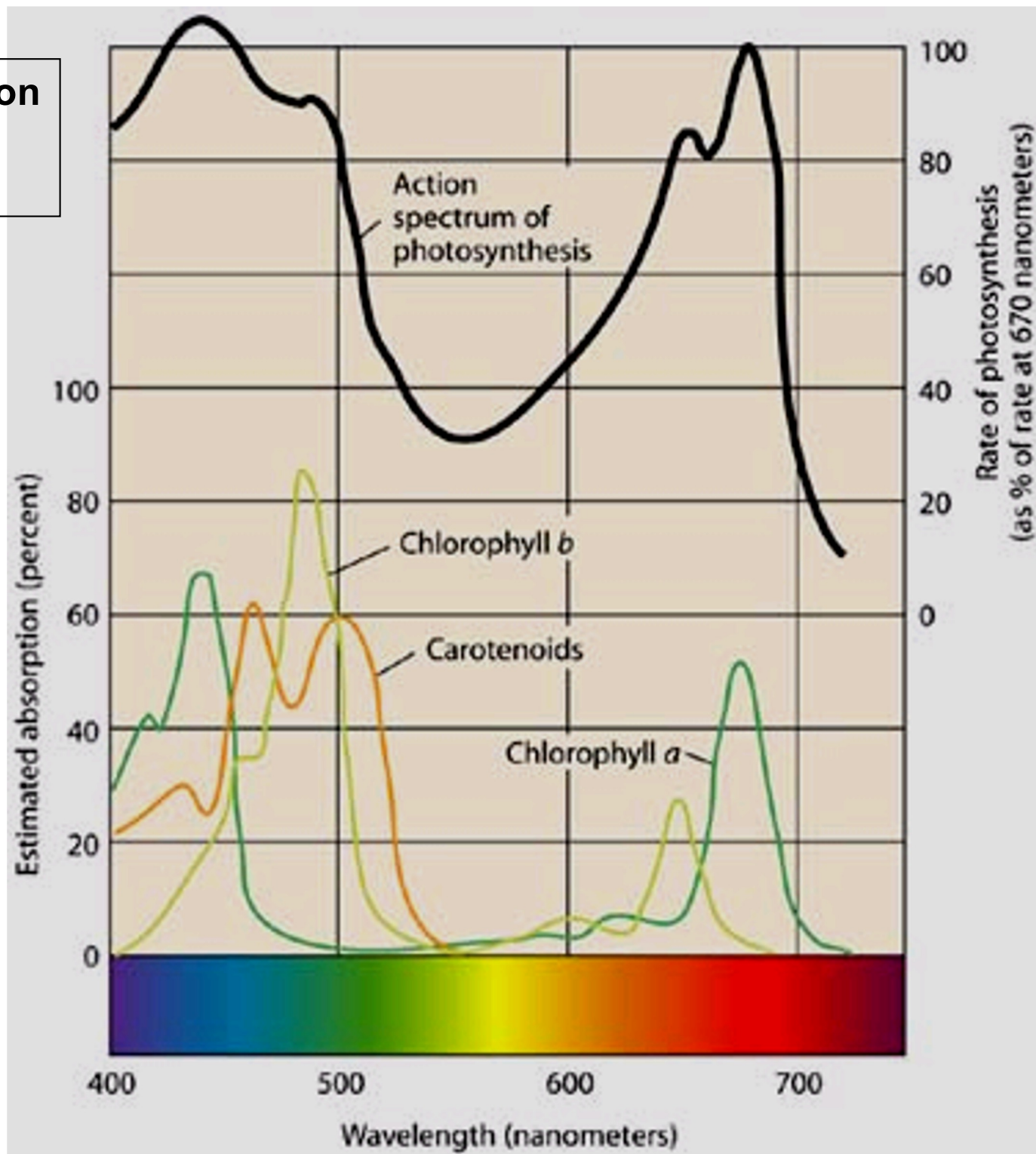
Spectre de la lumière



Spectres d'absorption des chlorophylles



Spectres d'absorption des pigments photosynthétiques



3. Découverte du processus fondamental

Travaux de HILL (1939) = rôle de la lumière dans le transport des électrons

Chloroplastes isolés + accepteur d'électron + lumière =
dégagement d' O₂

3. Découverte du processus fondamental

1. L' O_2 dégagé provient d' H_2O car pas besoin de CO_2 dans l' expérience = **PHOTOLYSE DE L' EAU**

2. les réactions liées à la lumière peuvent être découplées des réactions de réduction du CO_2 (pas de formations de sucre ici)

3. les chloroplastes transforment l' énergie lumineuse et la transfèrent à des composés organiques sous forme de pouvoir réducteur, contre un fort gradient de potentiel chimique

Dans la photosynthèse oxygénique, H_2O est oxydée en O_2

—> mouvement **endergonique** des électrons (non spontané, défavorable énergétiquement)

Dans respiration, O_2 est réduit en H_2O

—> mouvement **exergonique** des électrons (spontané, favorable énergétiquement)

En 1951, NADP⁺ capable de se réduire en NADPH,
associé à la production d' O₂

NADPH : Nicotinamide Adénine Dinucléotide Phosphate
Réduit = puissant réducteur ($H = H^+ + e^-$)

4. Mécanismes fondamentaux de la photosynthèse

Chaîne photosynthétique : grâce à la lumière

production d' énergie biologique = ATP

production de pouvoir réducteur = NADPH

$$E^{\circ \prime} (\text{NADP/NADPH}) = - 0,32 \text{ V}$$

$$E^{\circ \prime} (\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = +0,81 \text{ V}$$

4.1 Réactions « lumineuses » et réactions « obscures »

Photosynthèse découpée en 2 phases :

R. Lumineuses = Claires = Photochimiques

R. Obscures = Sombres = Thermochimiques

R. Lumineuses = Claires = Photochimiques

CAPTURE de l' énergie lumineuse puis
TRANSFORMATION en énergie = ATP
et en pouvoir réducteur = NADPH

Ensemble des R. dans lesquelles 1 électron activé par la lumière quitte la CHLOROPHYLLE et se déplace le long d' une chaîne d' OXYDO REDUCTION

Phase purement CHLOROPLASTIQUE

R. Obscures = Sombres = Thermochimiques

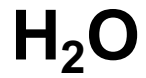
FIXATION du CO_2

REDUCTION grâce aux composés précédents pour faire de
la MATIERE ORGANIQUE

Ne nécessite pas la présence de la lumière mais ...ATP et
NADPH

Phase initialement STROMATIQUE puis
HYALOPLASMIQUE

Cytosol



Chloroplaste

R. Photosynthétiques
de transfert d'électrons



ATP



NADPH



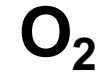
Fixation du Carbone



Glycéraldehyde 3-P

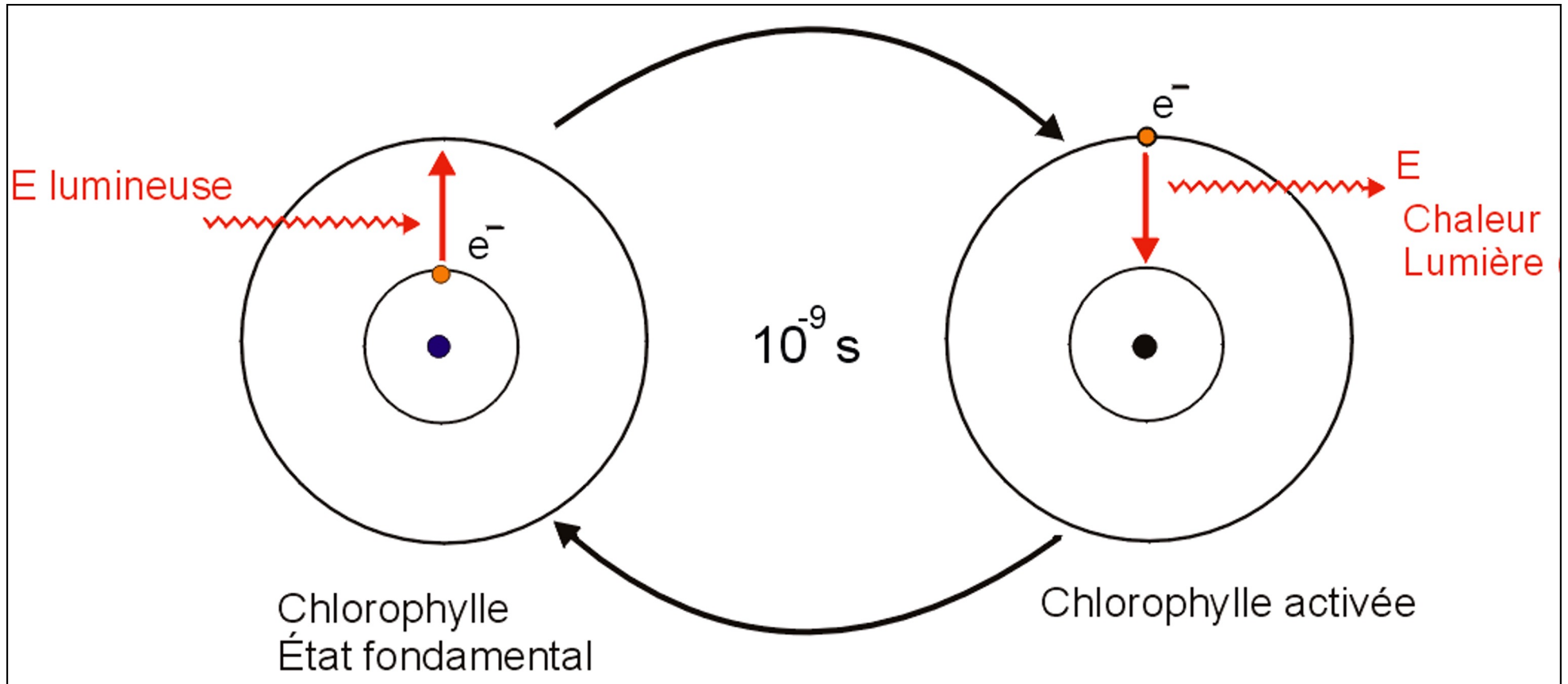


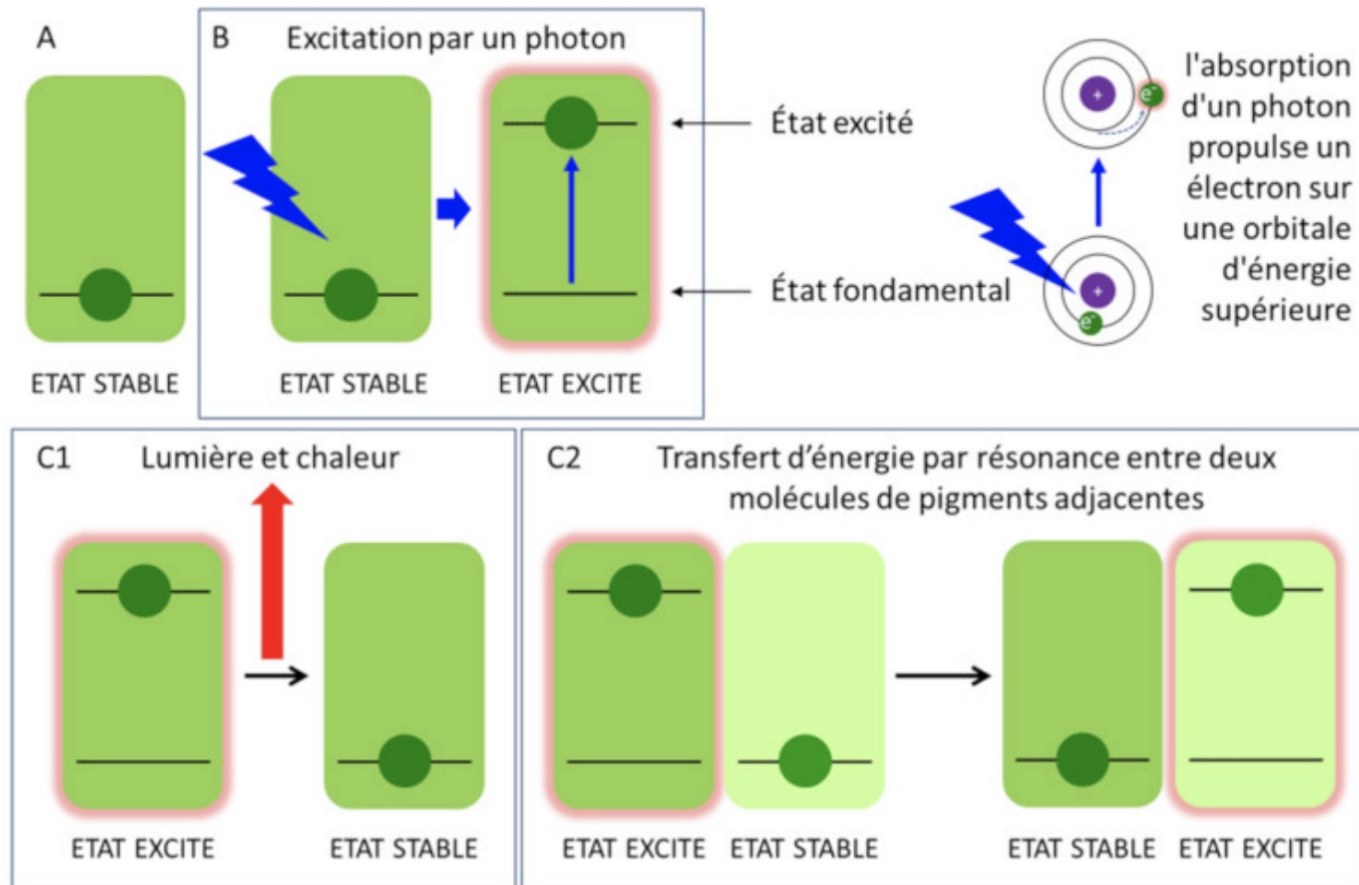
Amylose



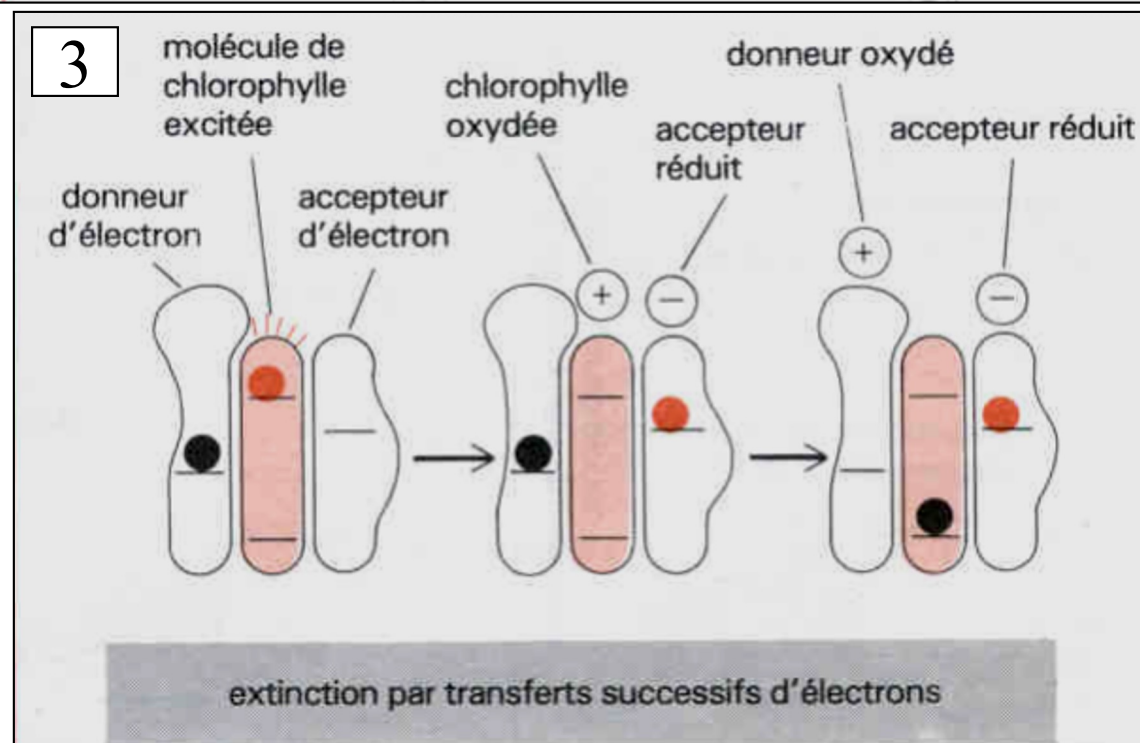
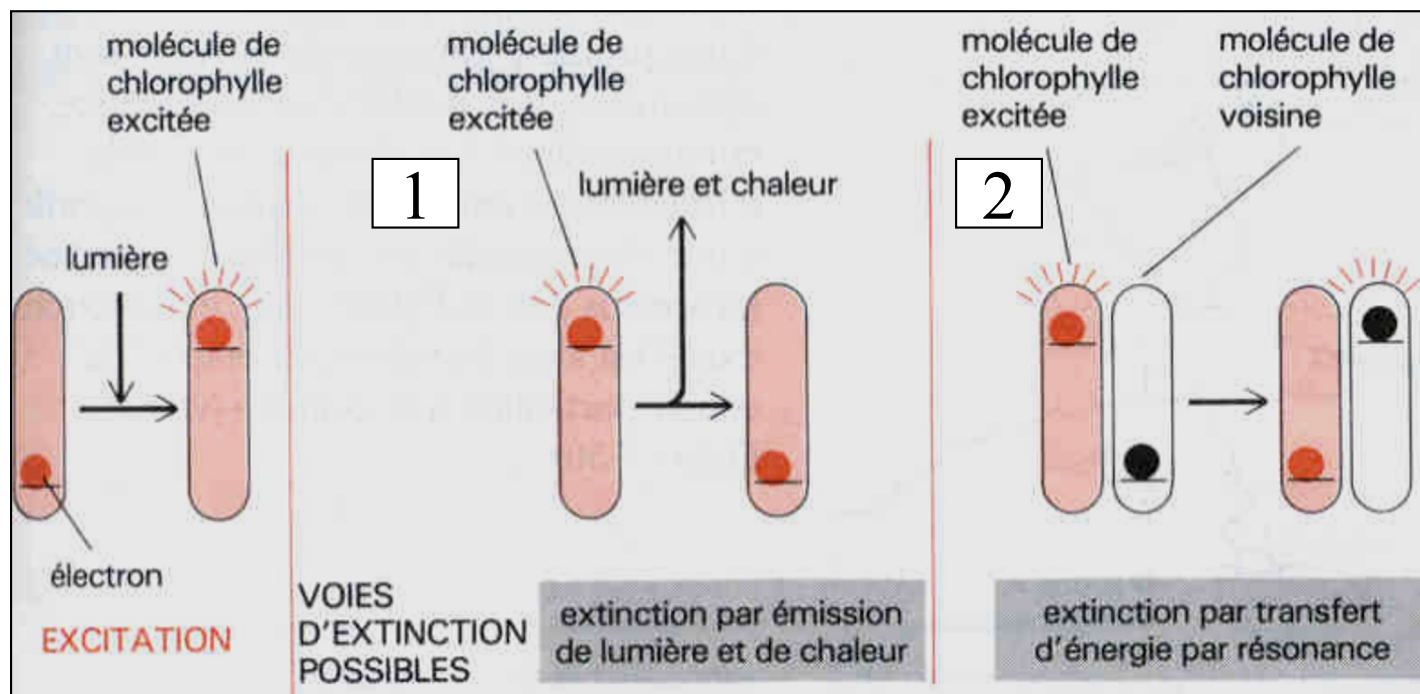
Oses
AA
Acides Gras

4.2. Excitation de la chlorophylle

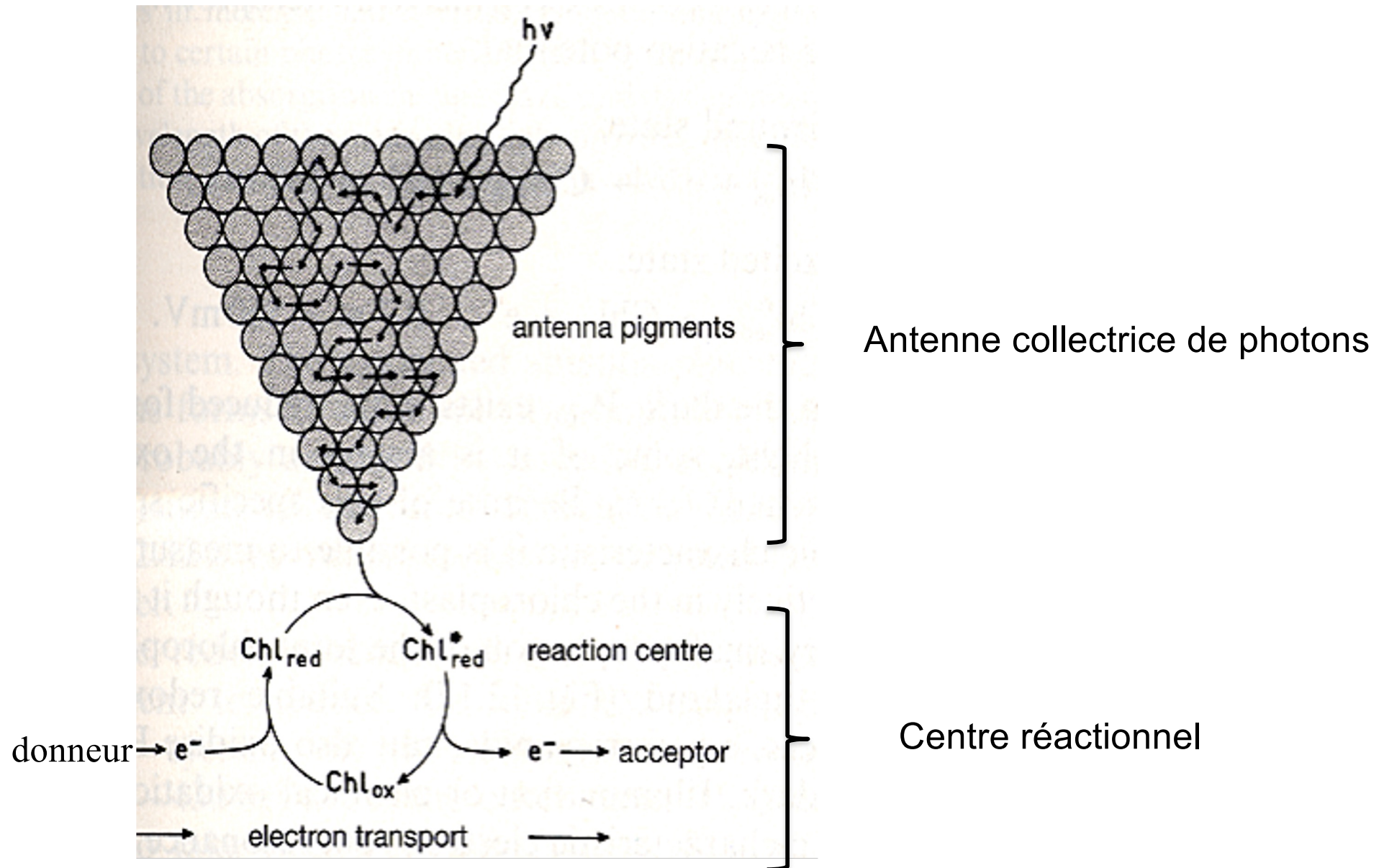


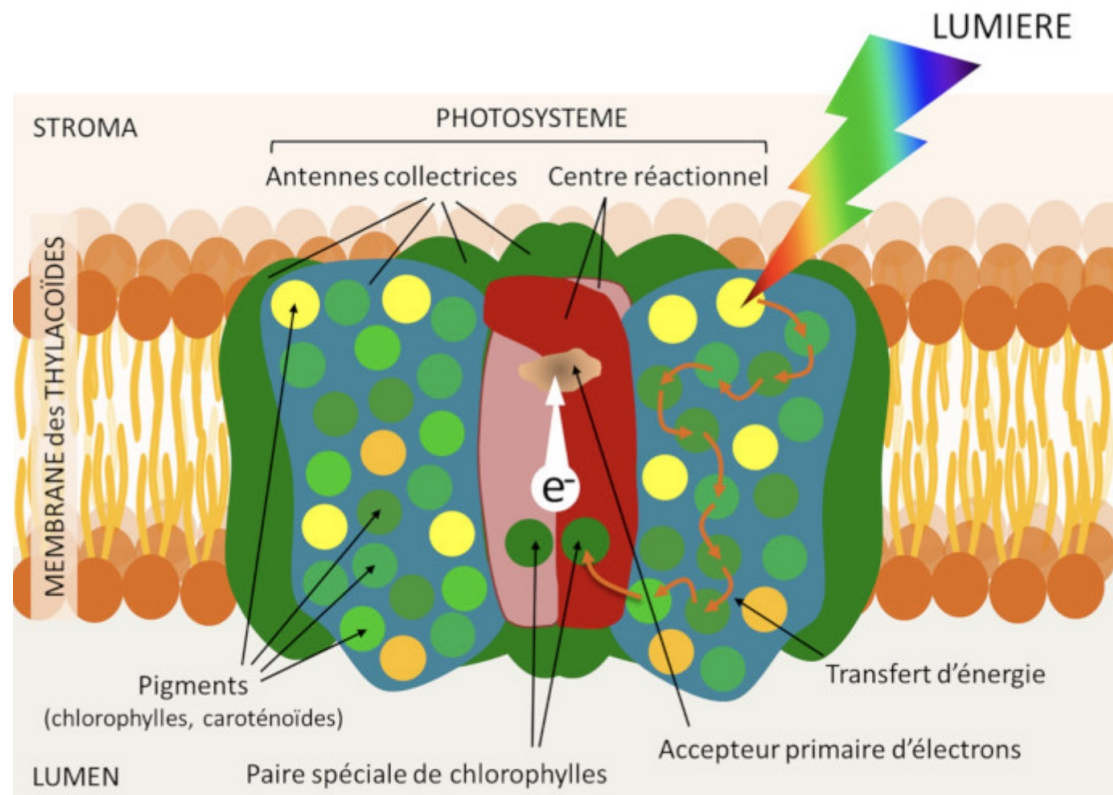


Les trois mécanismes de retour à l'état non excité d'une molécule excitée par la lumière



5. Photosystème: complexe d'antenne et centre réactionnel





Isolement des PS à partir des membranes thylakoïdiennes
par fractionnement et purification sur gradient de densité

Complexes protéiques transmembranaires :

- Protéines

- Chlorophylle a (Chl a)

- Chlorophylle b (Chl b)

- Pigments accessoires

- Transporteurs d'e-

Au niveau du centre réactionnel : 1 paire de Chl a dans 1
environnement unique : entre un donneur et 1 accepteur
d'e-

PS I et PS II n'ont pas la même fonction physiologique :

- PSI ou P_{700} absorbe les plus grandes λ et réduit le $NADP^+$ en NADPH

- PSII ou P_{680} absorbe à 680 nm et au dessous, prélève les e^- de l' H_2O et est responsable de la production de l' O_2

PSI et PSII interagissent et interviennent de façon séquentielle

Intervention de PSII puis de PSI (découvert en 1^{er})

6. Réalisation d'un gradient de protons et synthèse d'ATP et de NADPH

6.1. Photophosphorylation non cyclique ou schéma en Z

Production d'ATP et de NADPH en 2 étapes

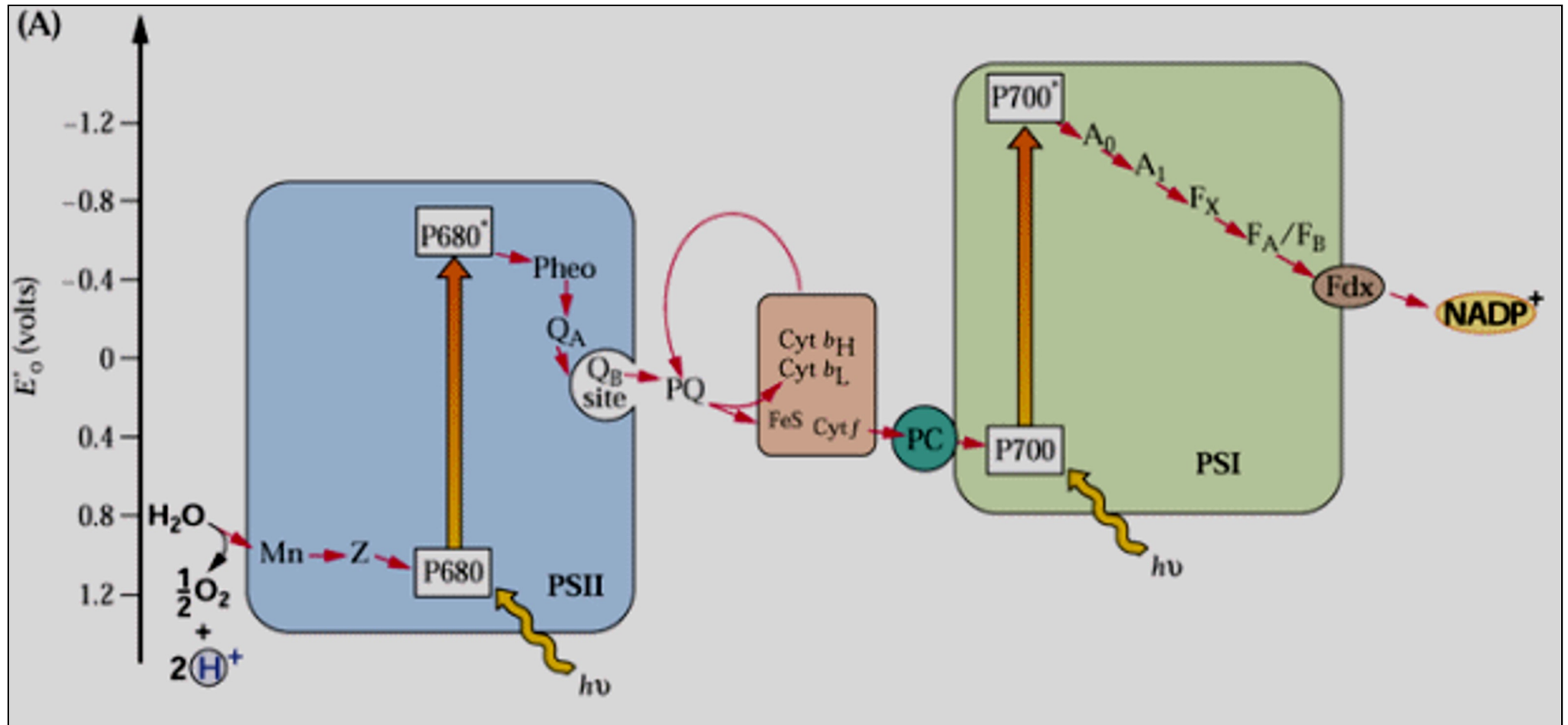
Intervention des 2 PS en série

e⁻ prélevé sur H₂O et transféré au NADP⁺

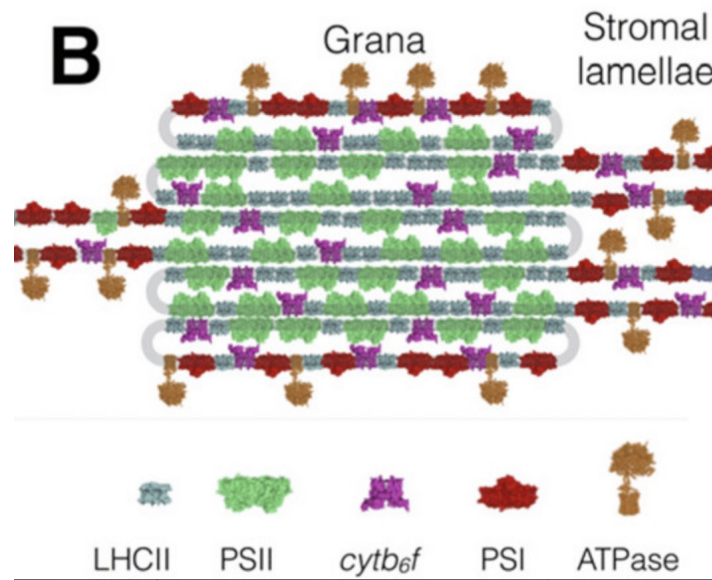
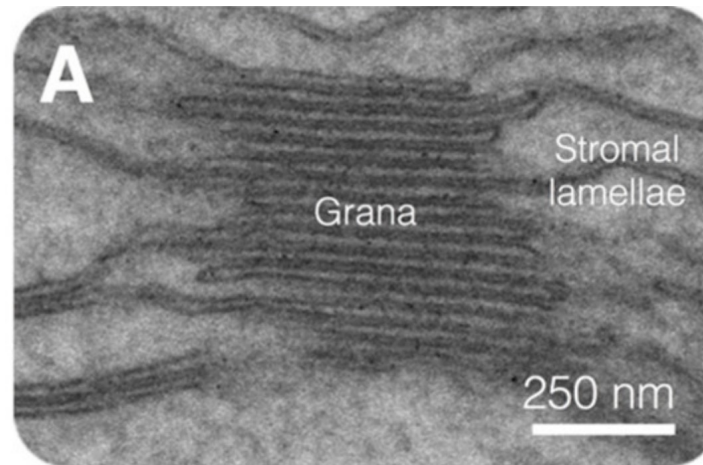
Quand des e⁻ « haute énergie » traversent les PS, une partie de cette énergie est utilisée pour la synthèse d'ATP

Anabolisme : énergétiquement défavorable - endergonique

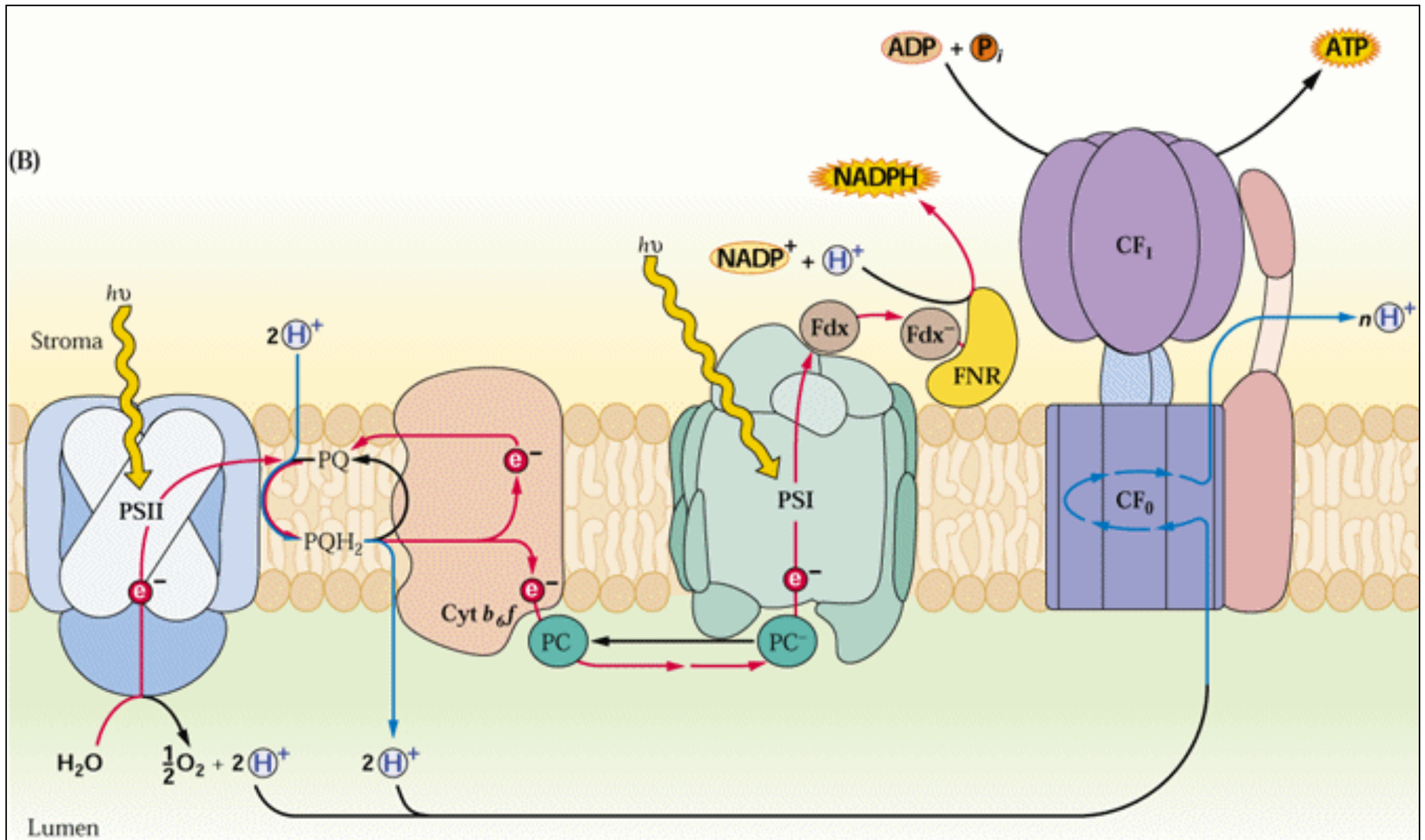
Schéma en Z ou Photophosphorylation non cyclique

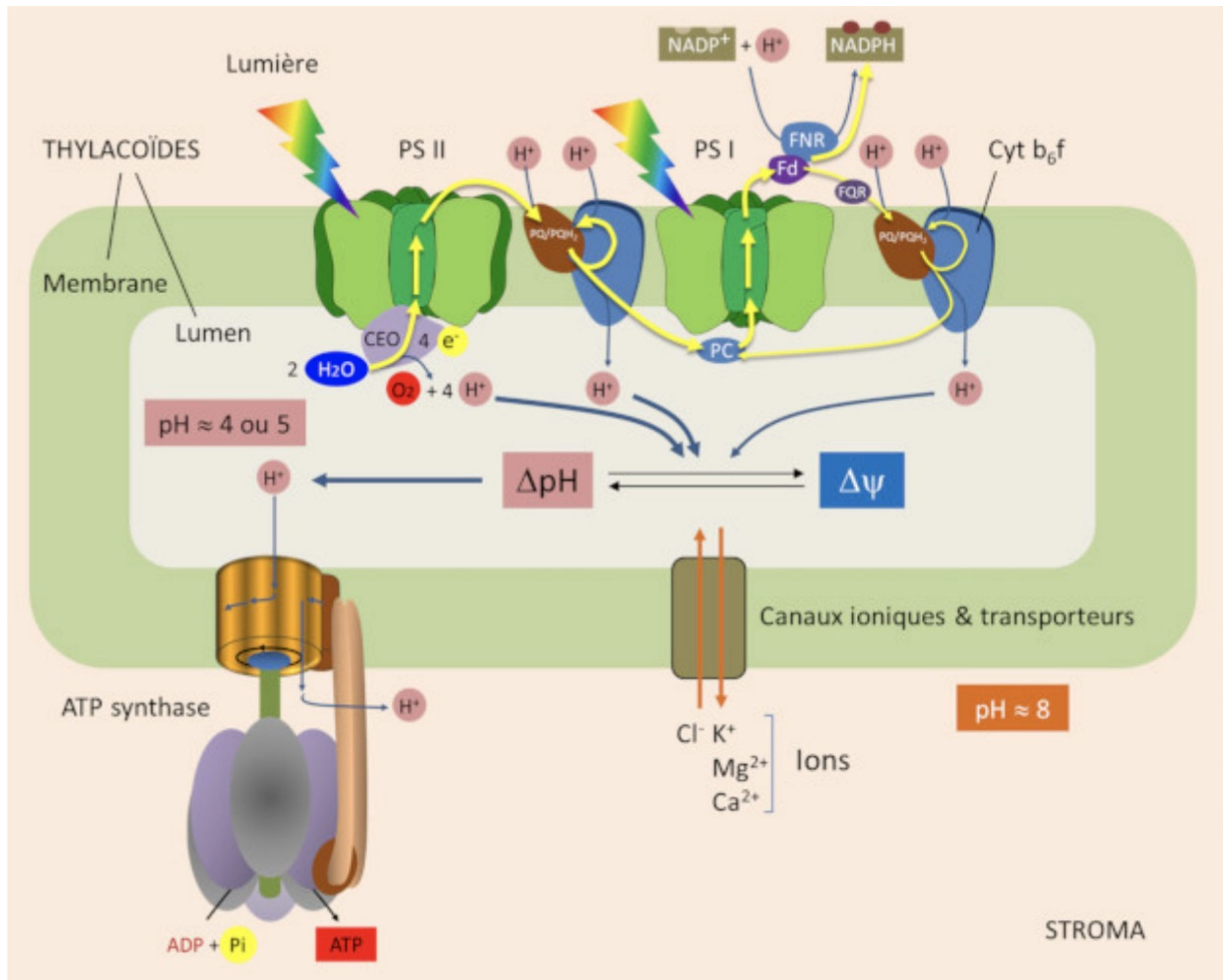


Couple redox	E'0 (V)
O ₂ / H ₂ O	+ 0,82
P680 / P680 ⁺	+ 0,9
P680*/P680	- 0,8
PQ (red/ox)	0
b ₆ f (red/ox)	- 0,2 & + 0,2
P700 / P700 ⁺	+ 0,4
P700* / P700	-1,3
Fd (red/ox)	- 0,42
NADP ⁺ / NADPH	- 0,32

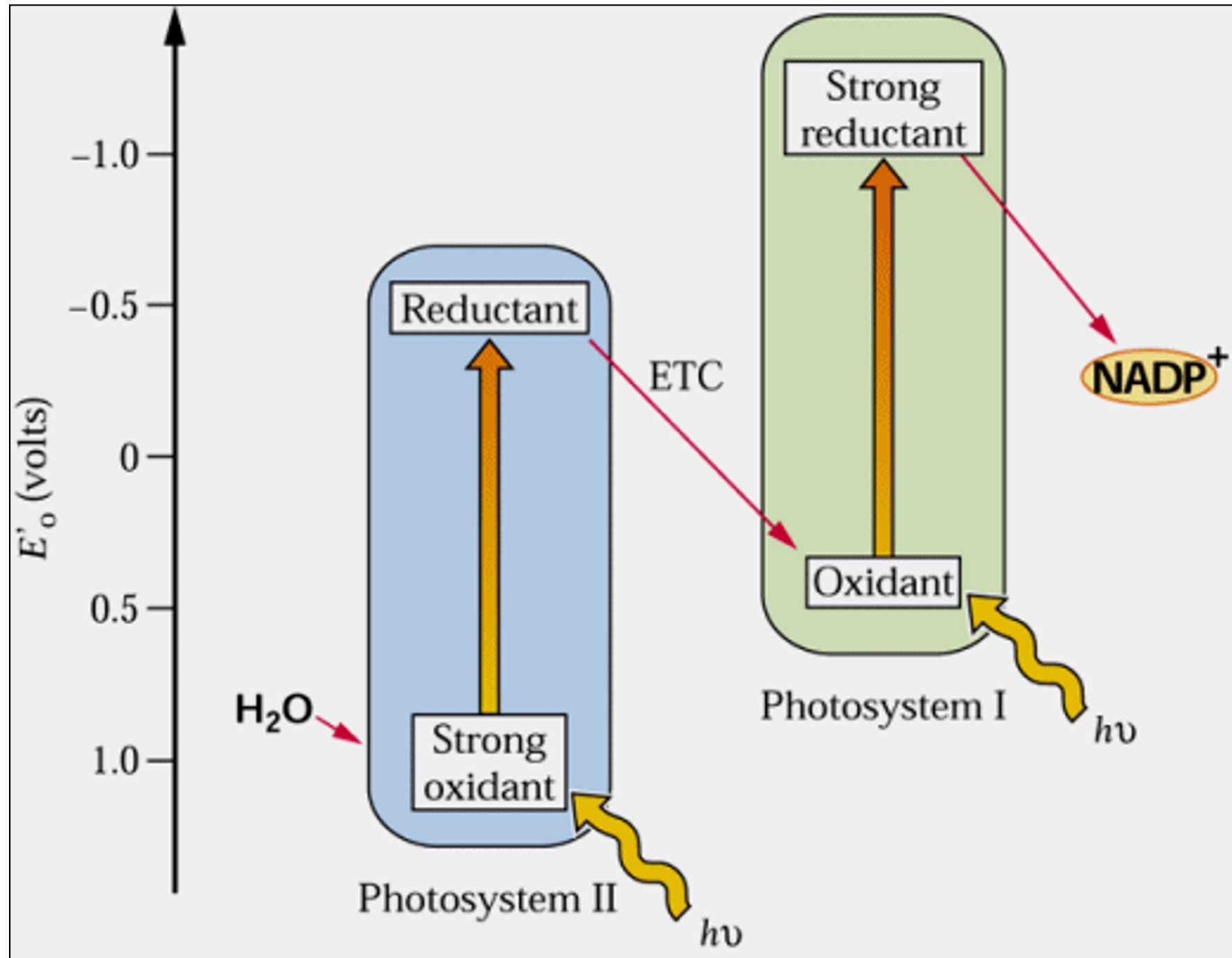


Organisation membranaire du schéma en Z

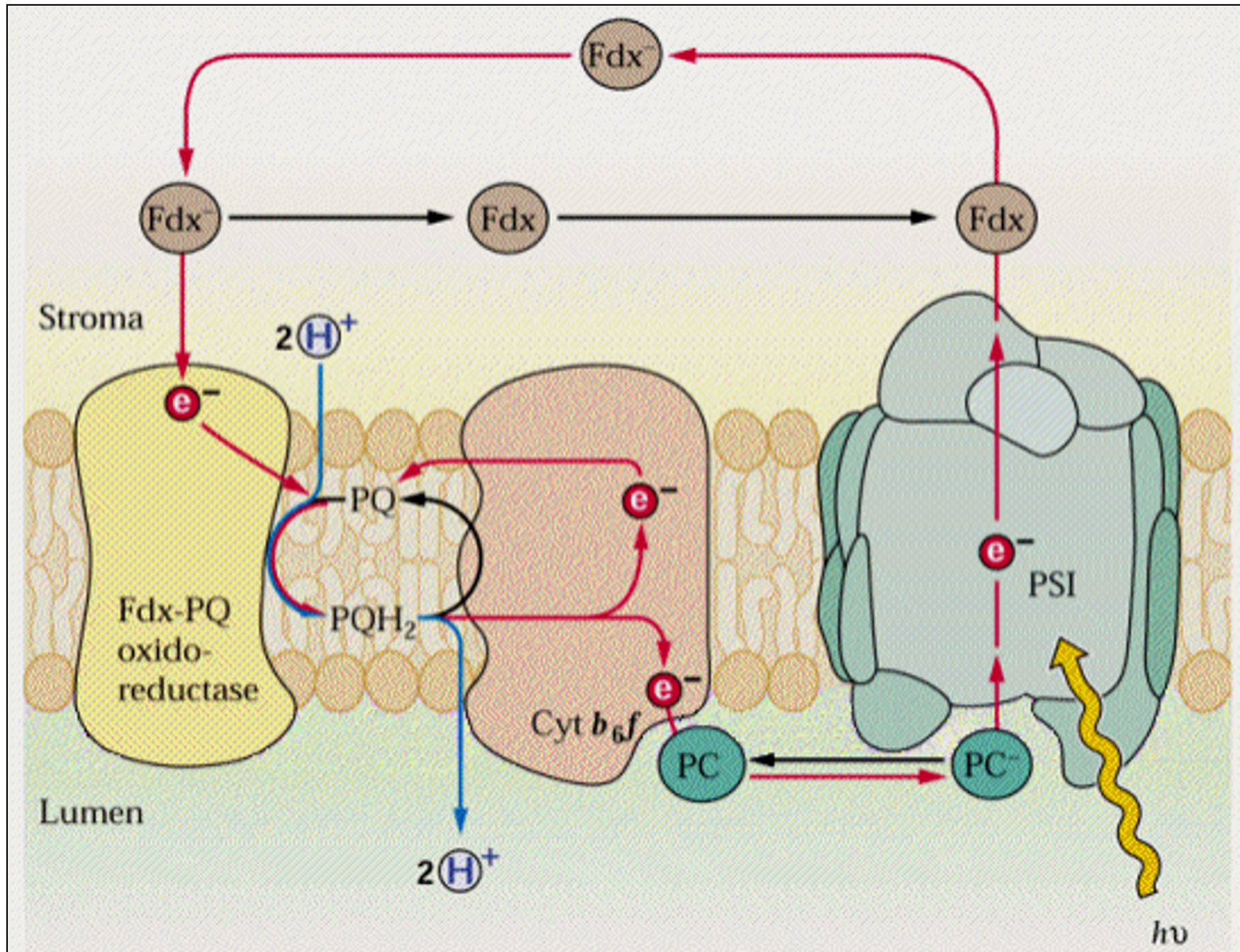




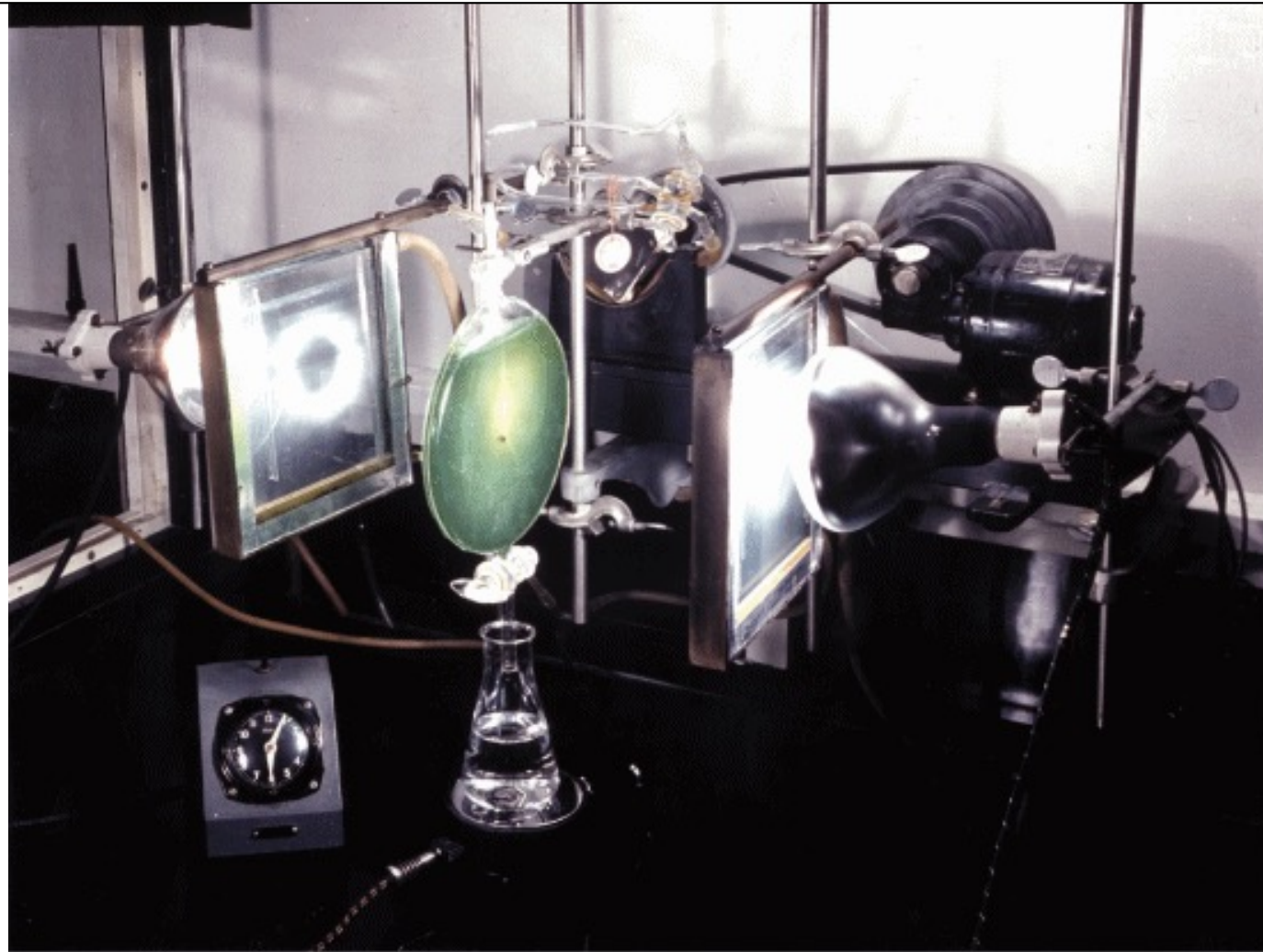
Chaine d'oxydo-réduction dans la membrane thylakoïdienne



6.2. Transport cyclique des électrons ou photophosphorylation cyclique

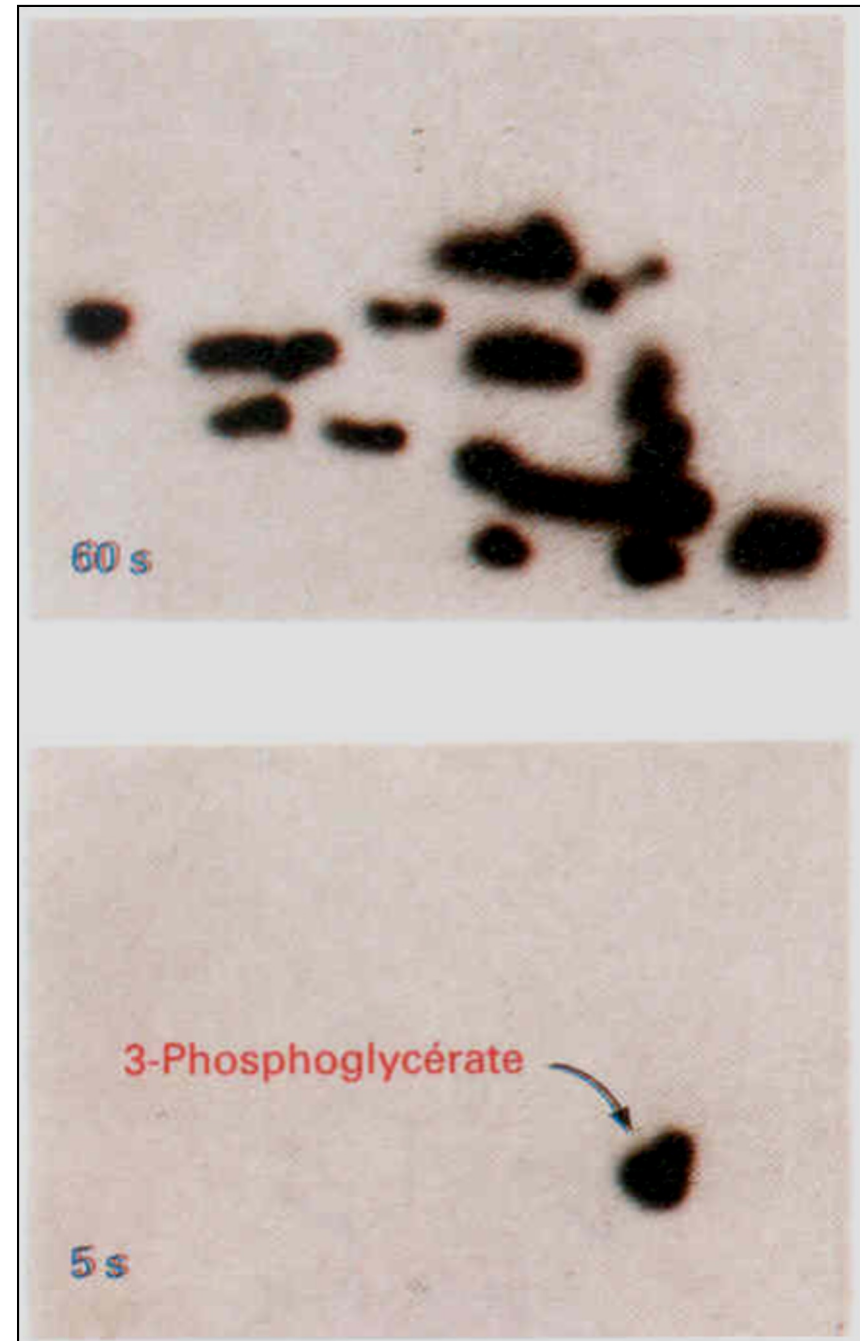


7. Cycle photosynthétique de réduction du carbone – Cycle de Calvin

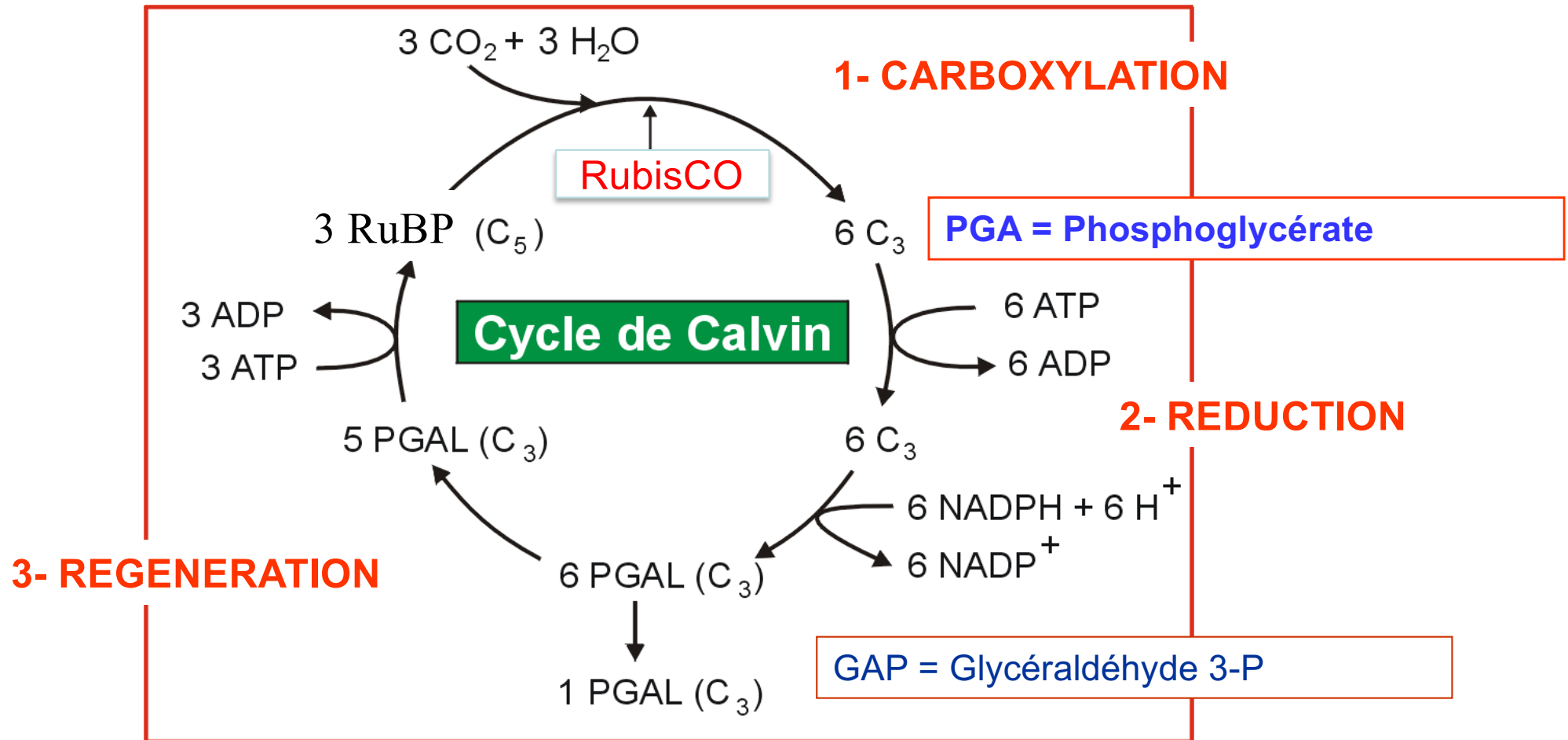


Système expérimental utilisé par Calvin

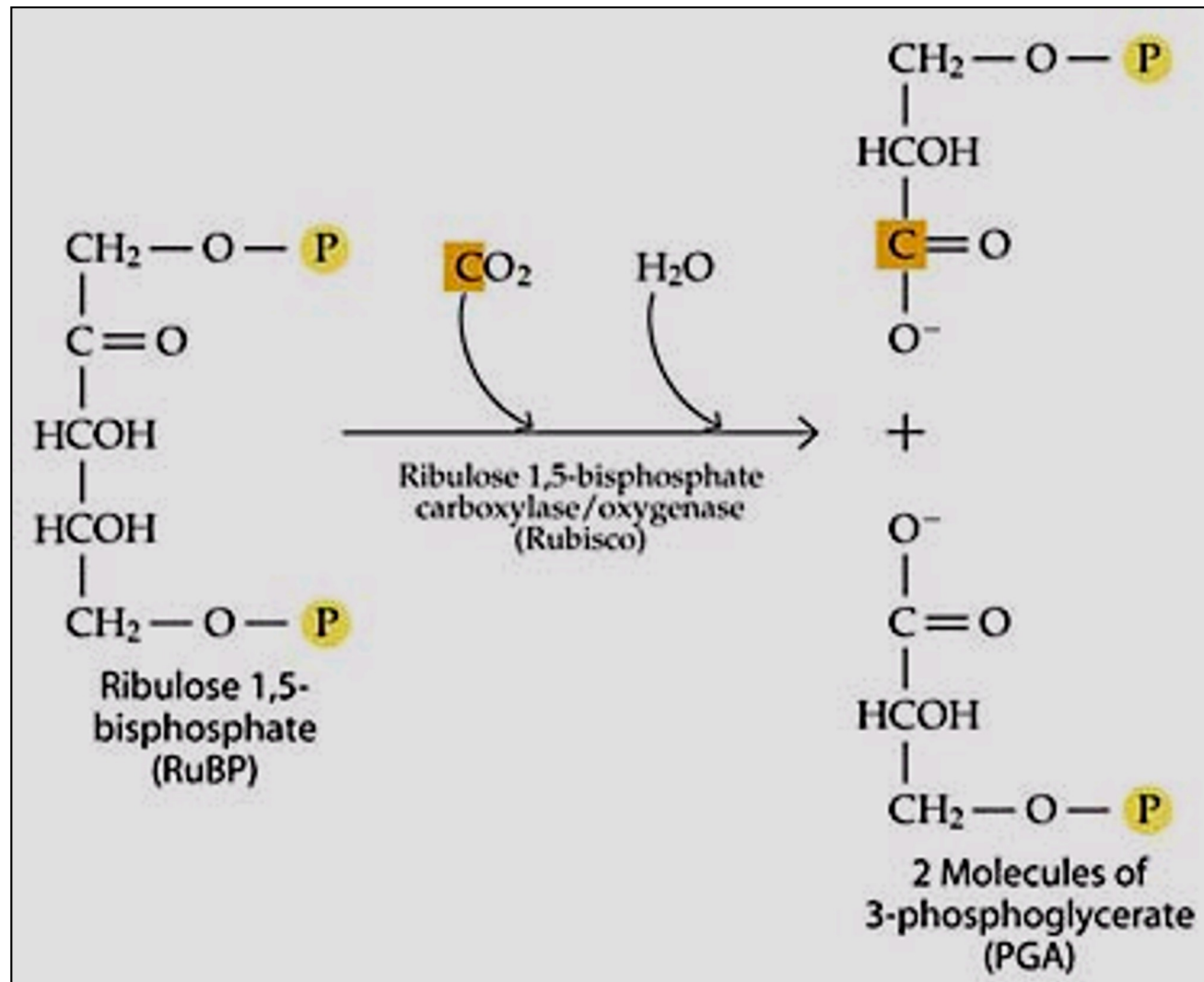
Autoradiogrammes: premiers produits carbonés de la photosynthèse



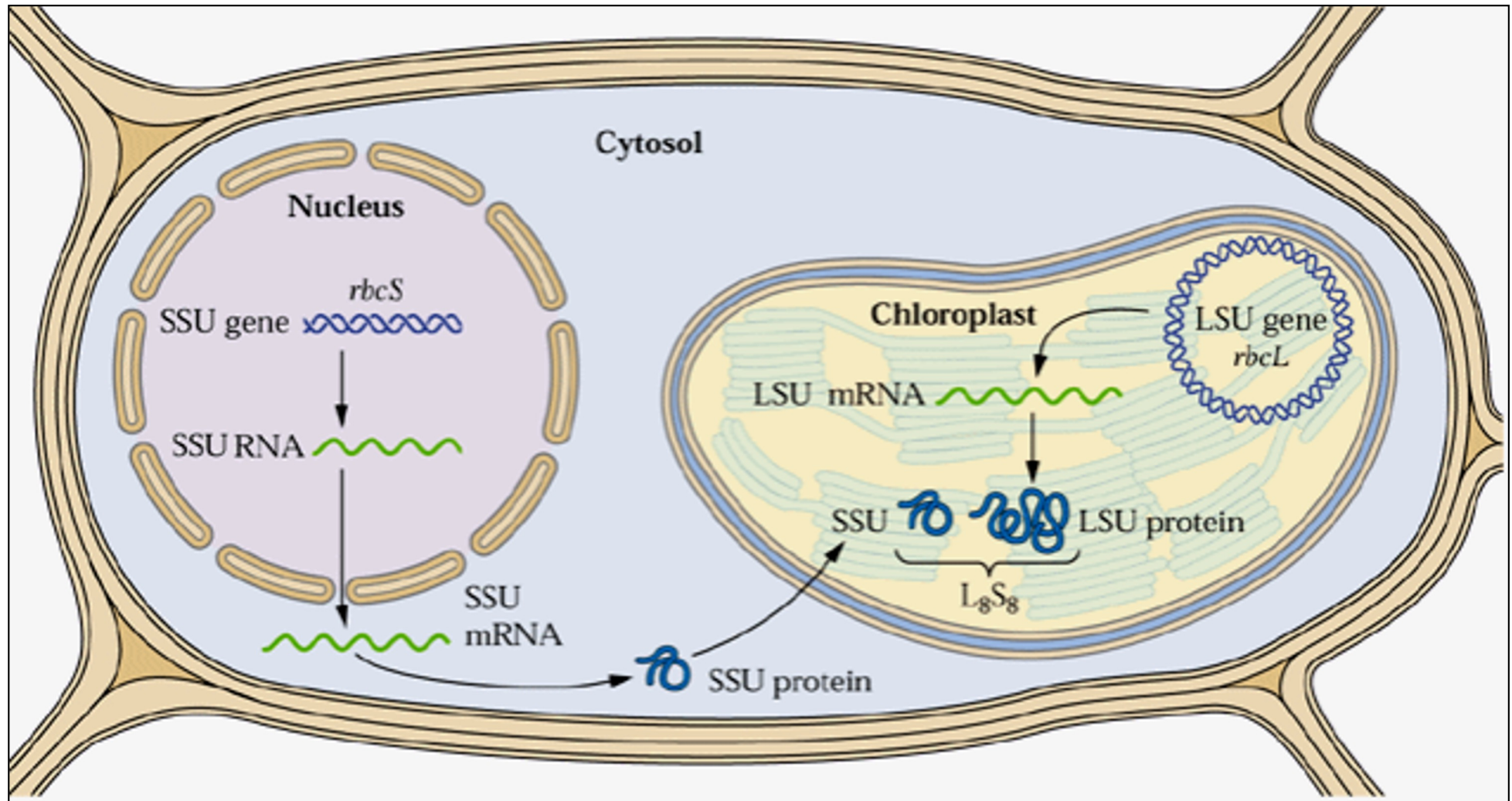
Cycle de Calvin: vue générale



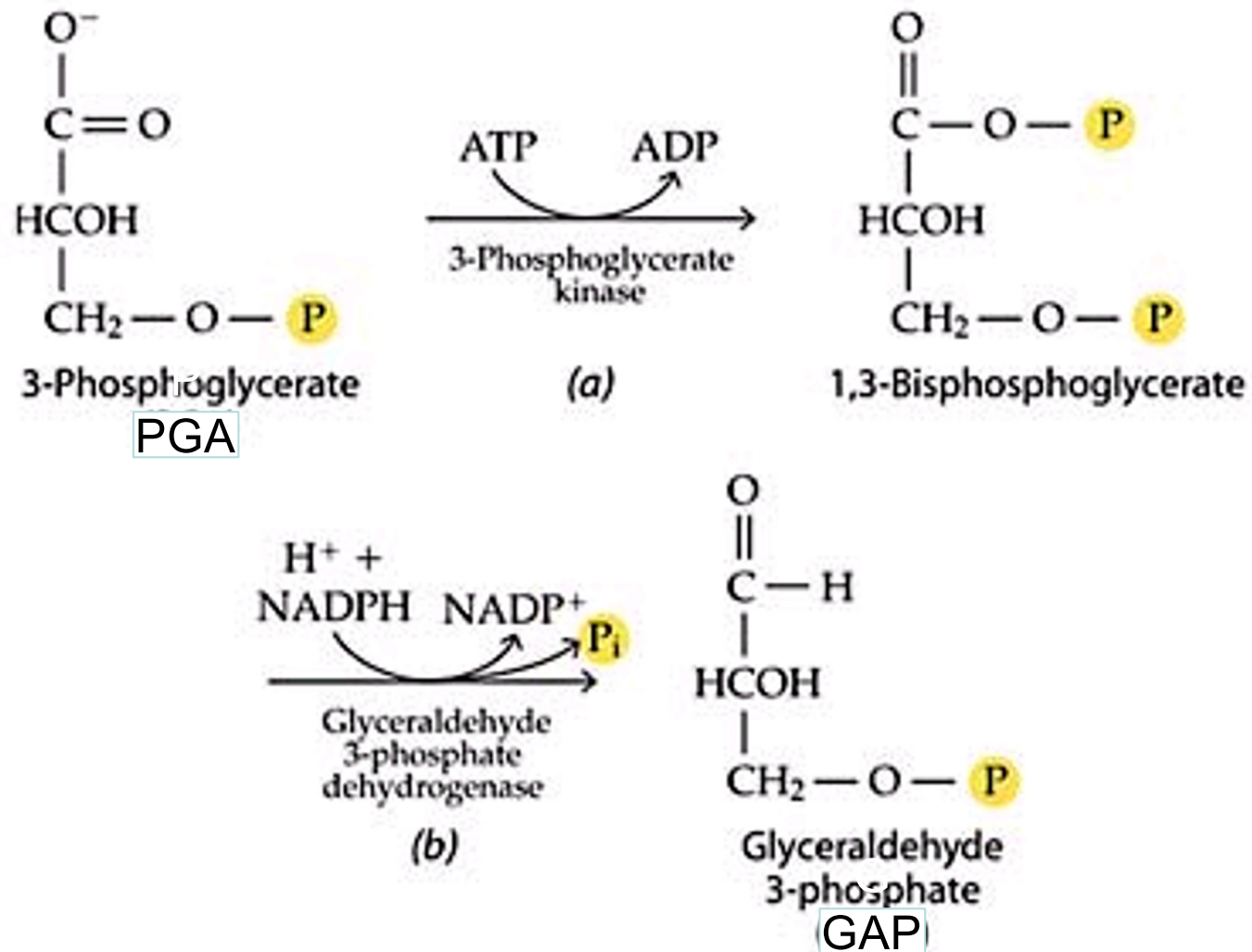
La carboxylation du RuBP en PGA

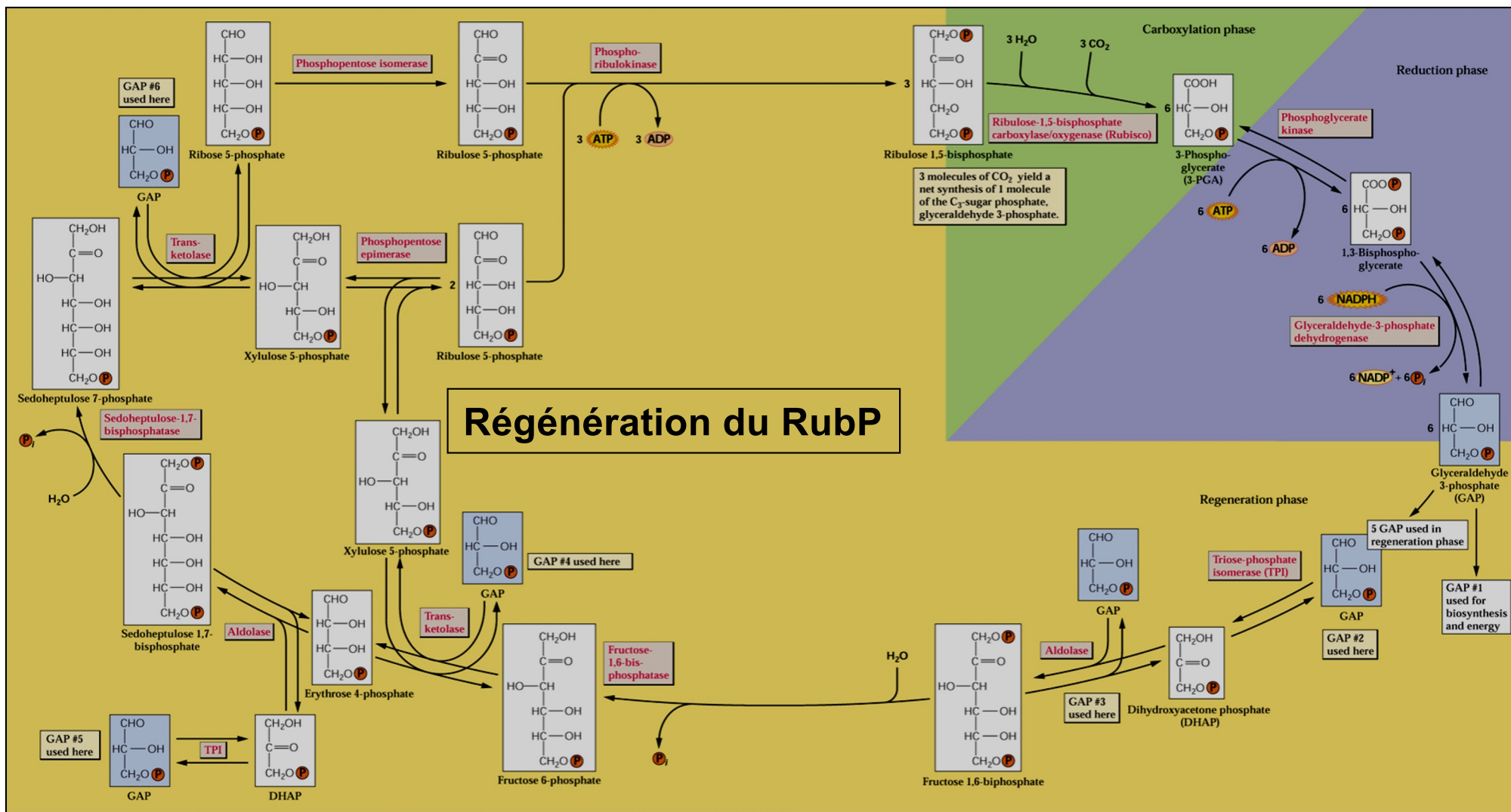


La RubisCO : ribulose biphosphate Carboxylase Oxygénase

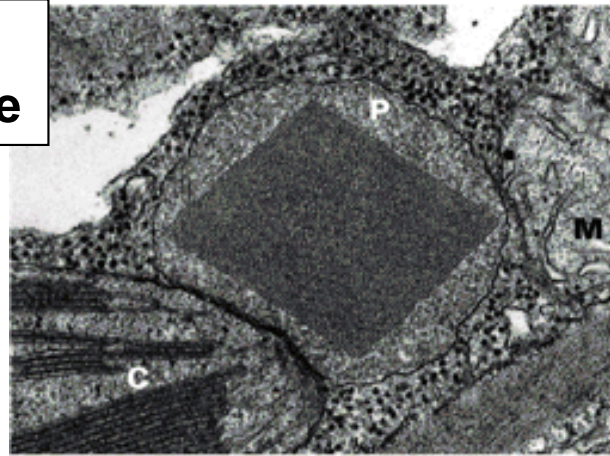


La réduction du PGA en GAP

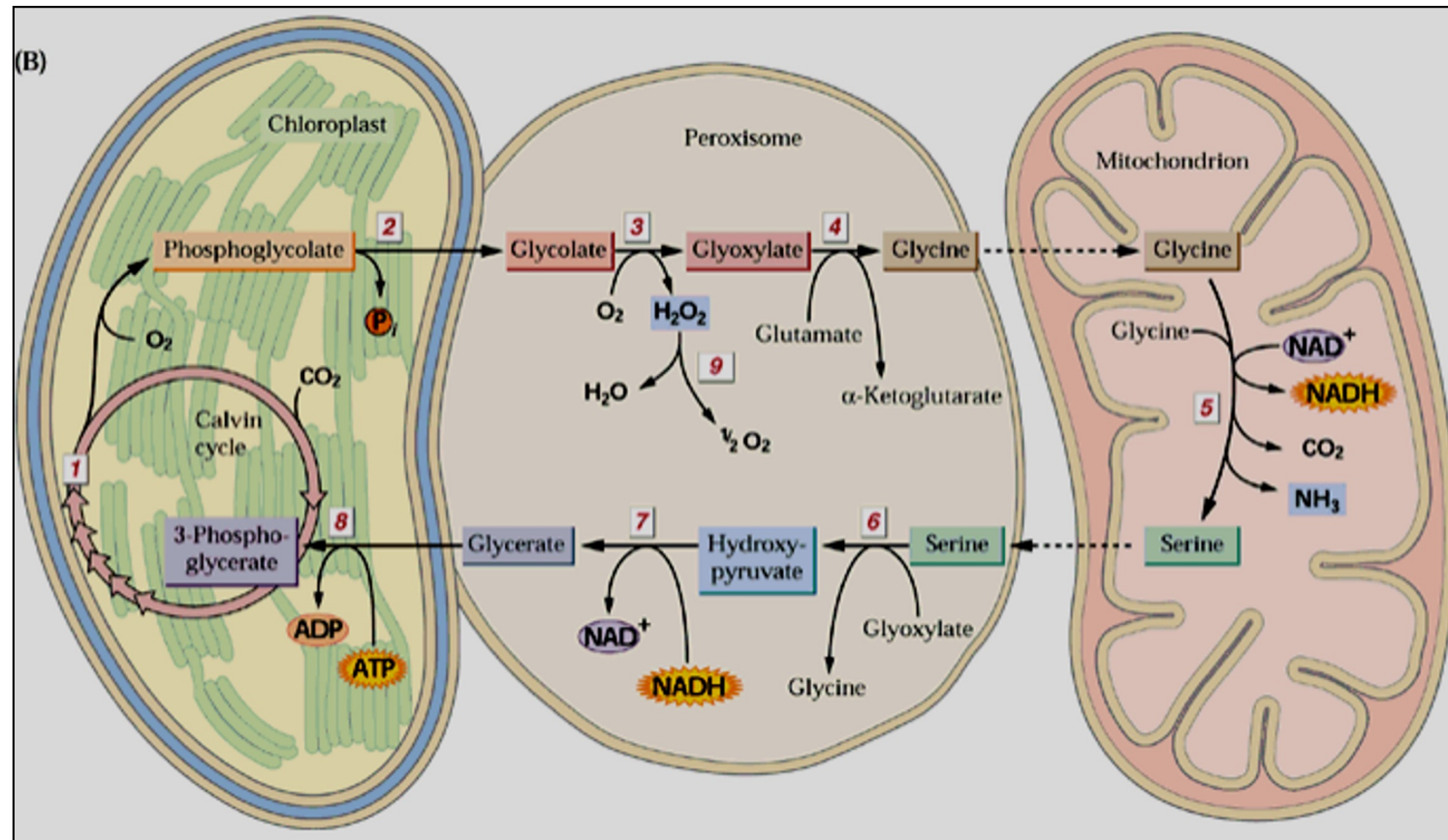




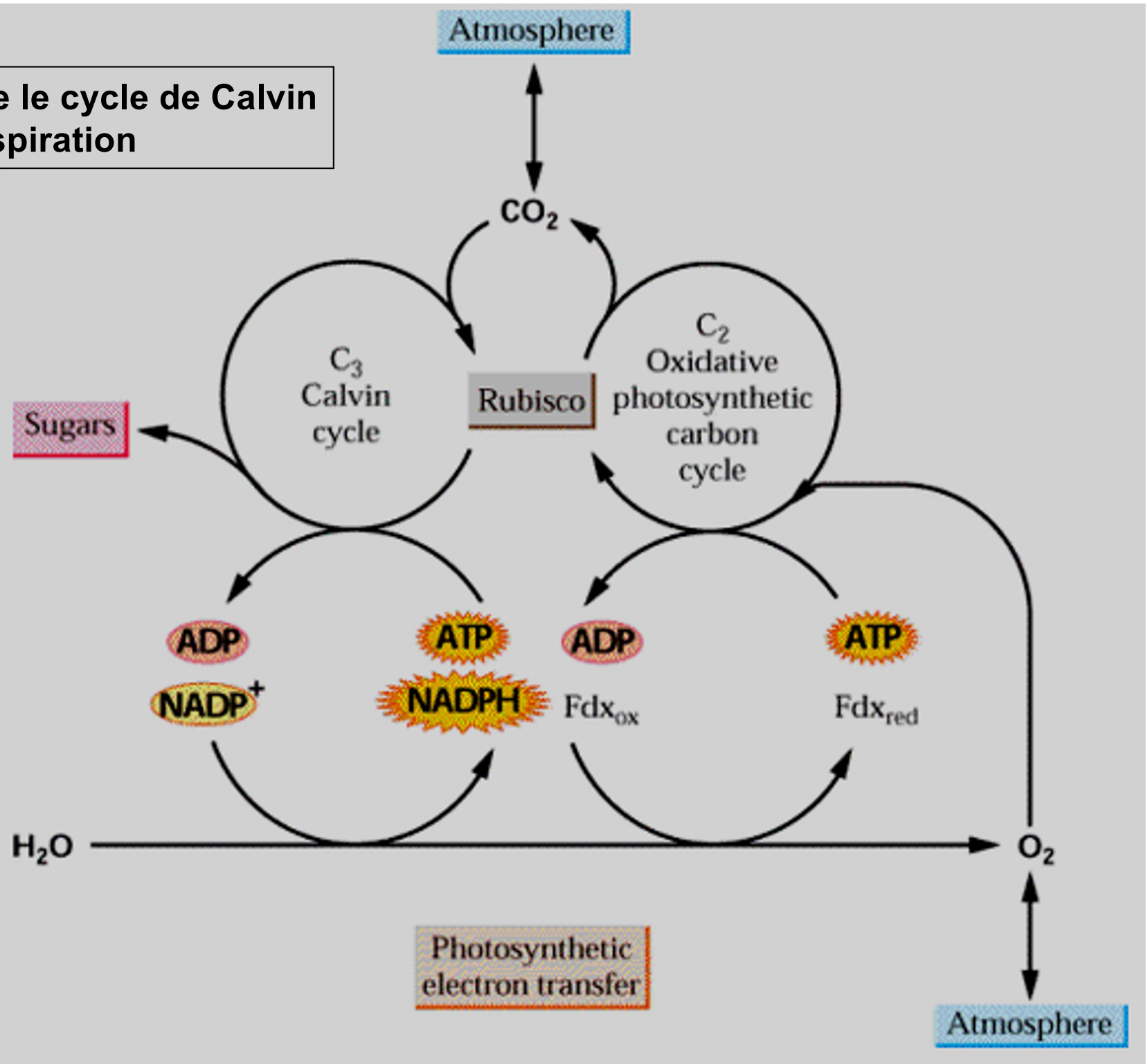
8. Photorespiration Oxydation du carbone



- 1 Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase
- 2 Phosphoglycolate phosphatase
- 3 Glycolate oxidase
- 4 Glutamate:glyoxylate aminotransferase
- 5 Glycine decarboxylase and serine hydroxymethyl transferase
- 6 Serine:glyoxylate aminotransferase
- 7 Hydroxypyruvate reductase
- 8 Glycerate kinase
- 9 Catalase

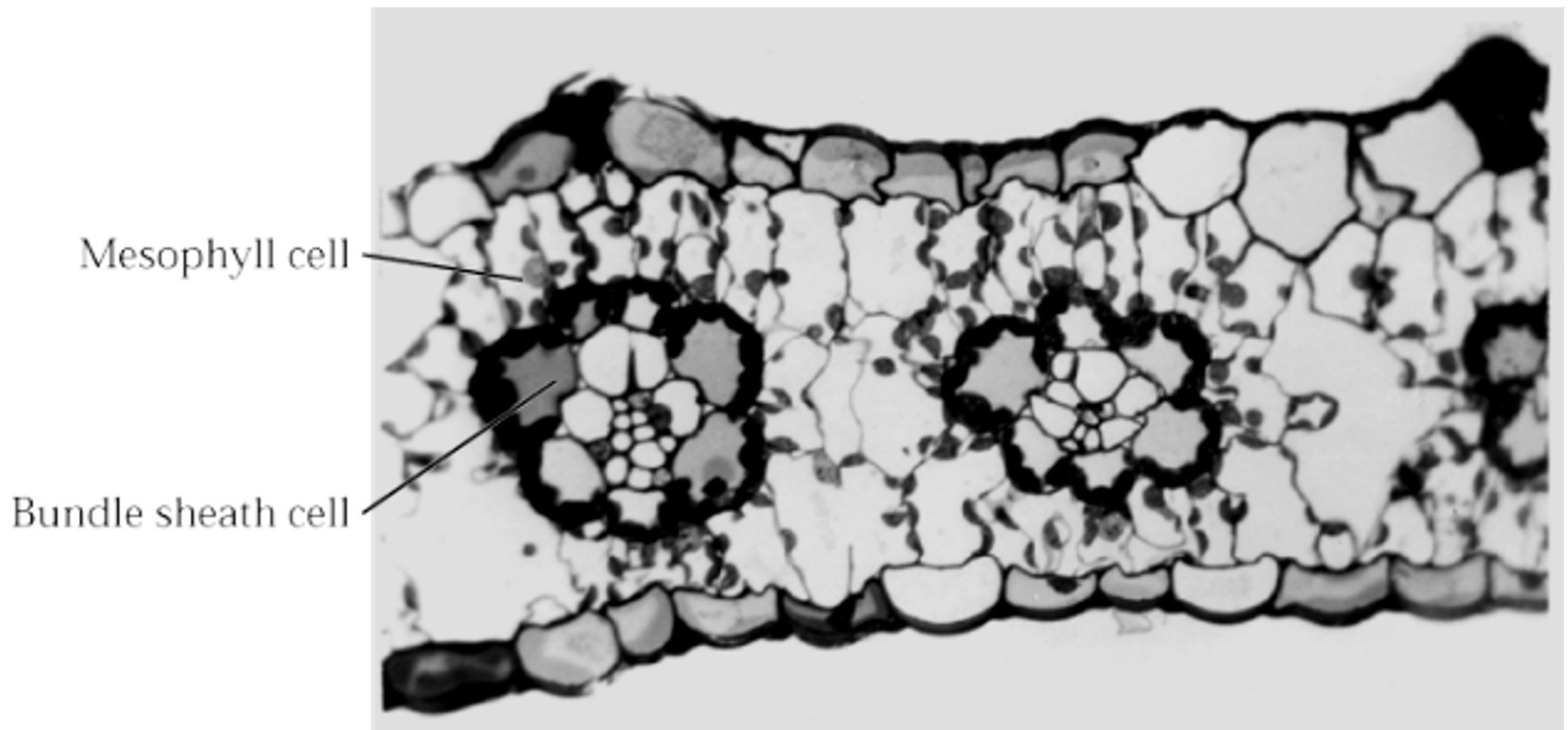


Relation entre le cycle de Calvin et la photorespiration

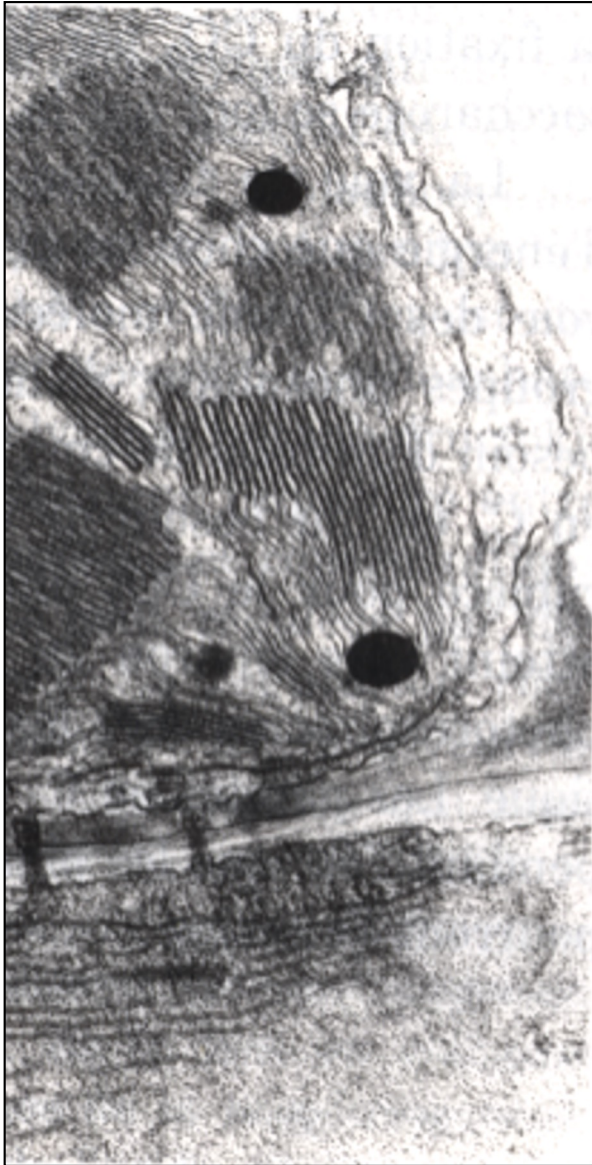


8. Autres types de métabolismes photosynthétiques : C4 et CAM

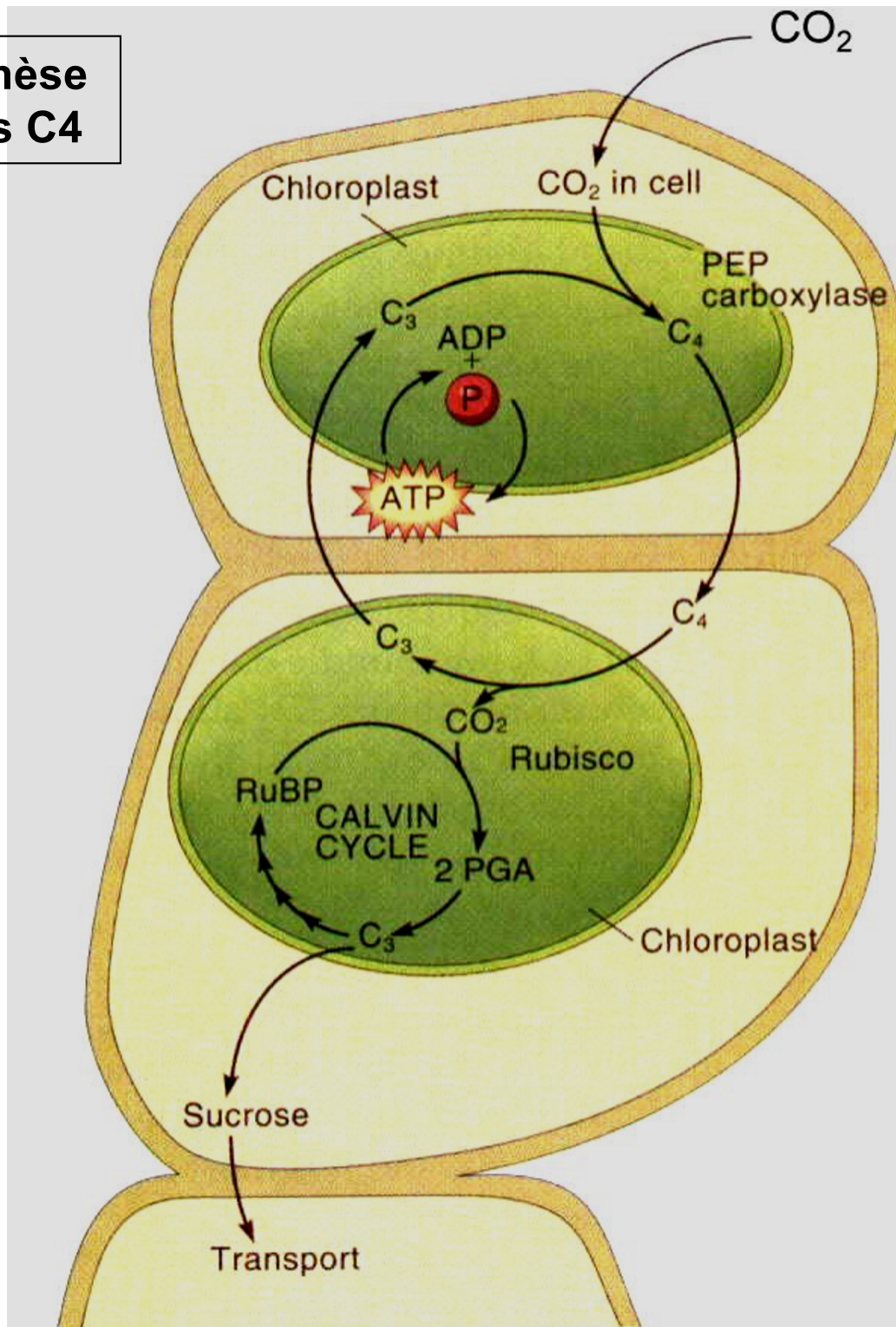
Coupe histologique d'une feuille d'une plante C4: structure en couronne



**Deux morphologies
de chloroplastes
chez les plantes C4**



Photosynthèse des plantes C4



Cellule du
mésophylle

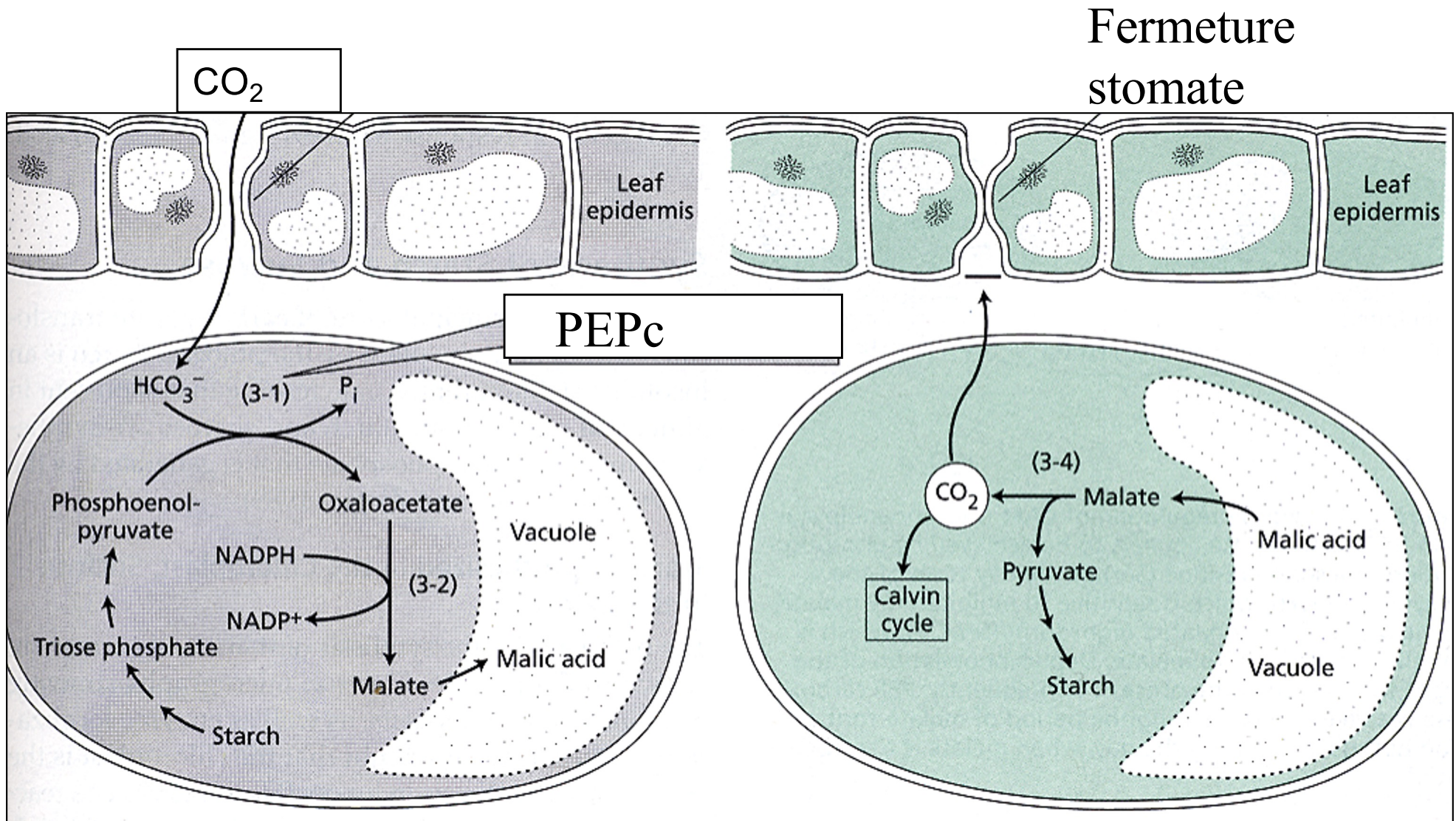
pCO₂-150μbar

Cellule de
la gaine
fasciculaire

pCO₂- 1500μbar

Nervure

Photosynthèse des plantes CAM: vue générale



Biosynthèse à partir des Trioses - P: rôle de la respiration

