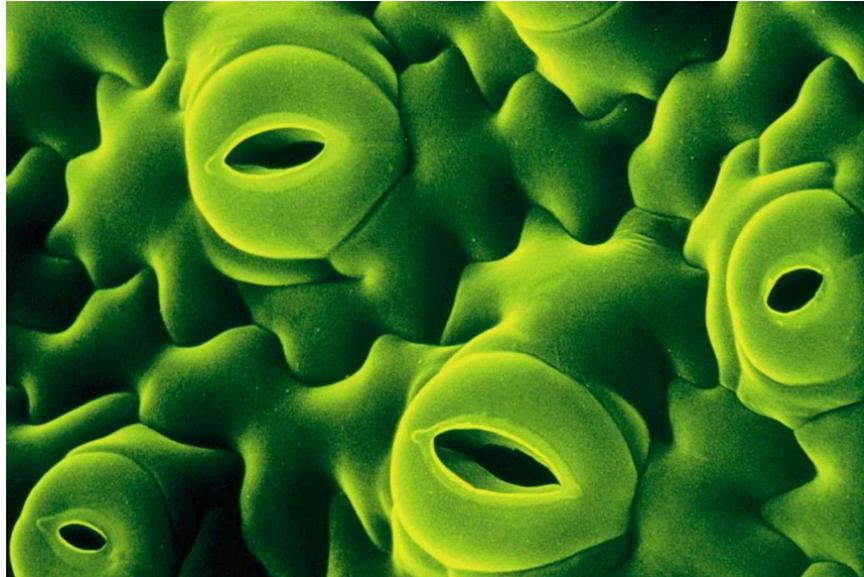


SV-E – Le métabolisme cellulaire

Chapitre 2 – L’approvisionnement en matière organique



Autotrophe et hétérotrophe

Source de matière minérale = autotrophe

Source de matière organique = hétérotrophe

Précision à donner selon l'élément

élément	Source(s) pour un autotrophe	Source(s) pour un hétérotrophe
carbone	CO_2	Molécules organiques
azote	NO_3^- , N_2 , NH_3	protéines, acides nucléiques

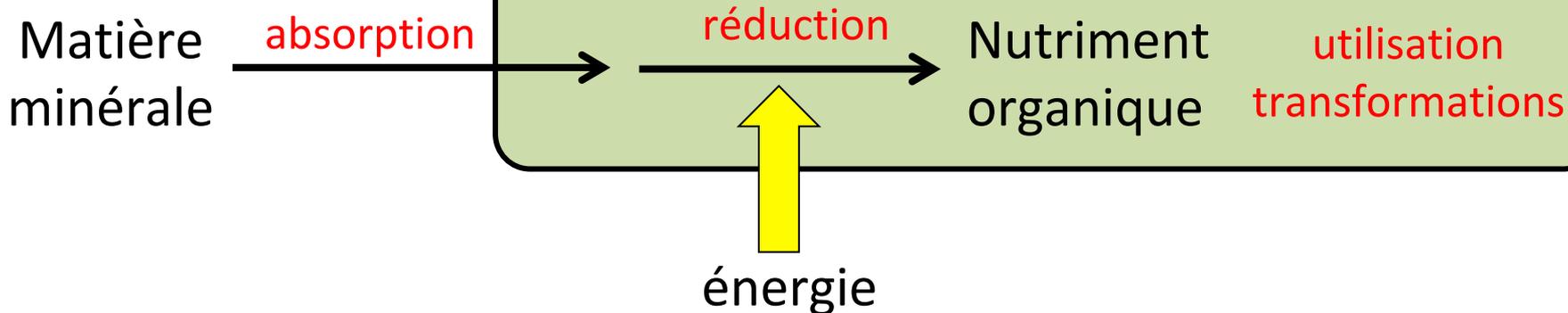
Deux modalités

Organisme fait de matière organique

Hétérotrophe



Autotrophe



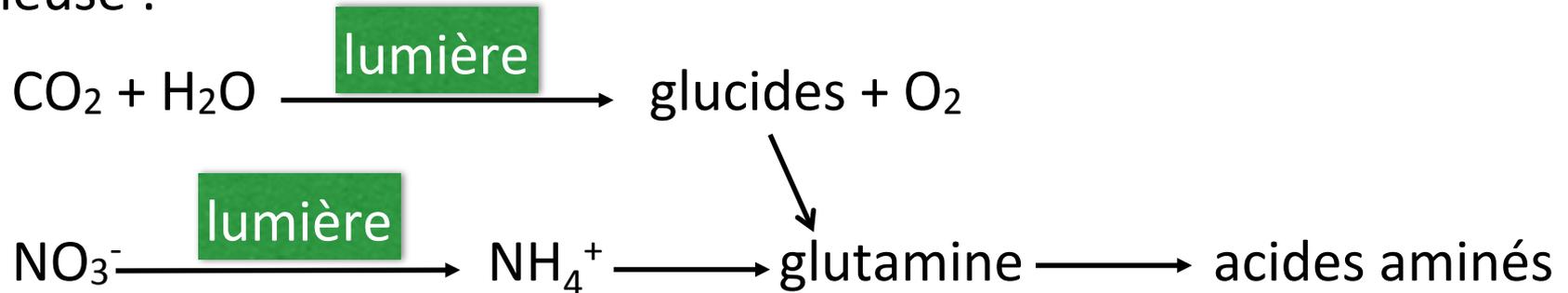
1. L'autotrophie des végétaux, une photolithotrophie

1.1. L'approvisionnement en matière minérale

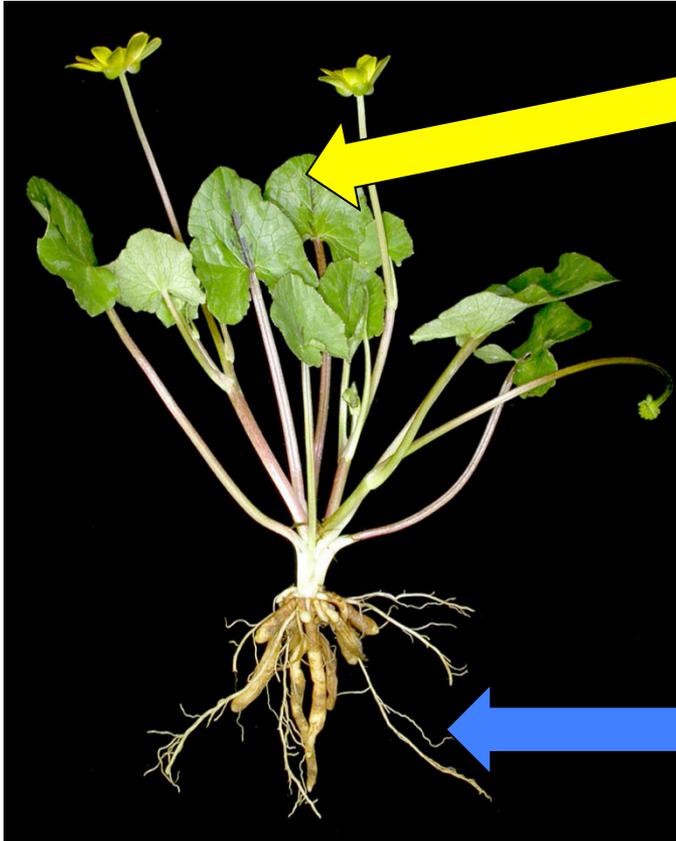
Les réactions de réduction de C et N nécessitent...

- **Matière** : des sources de C (CO_2) et N (sources variées)
- **Énergie** lumineuse et **électrons** formant des liaisons covalentes entre atomes
- **Enzymes** catalysant les réactions

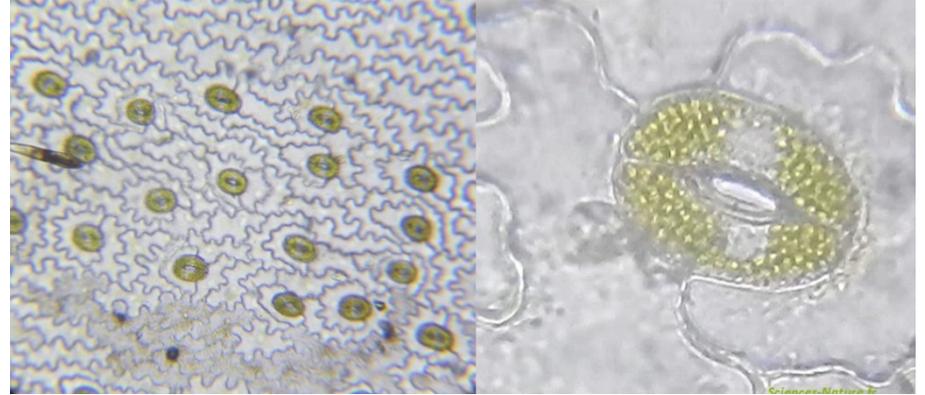
Réactions simplifiées de la photosynthèse sous l'effet de l'énergie lumineuse :



Origine du CO_2 , NO_3^- et H_2O



Entrée de CO_2 par les stomates



Source : sciences-nature.fr

Entrée d'eau et de nitrates par les poils absorbants et mycorhizes

1. L'autotrophie des végétaux

1.2. La synthèse de matière organique par les cellules chlorophylliennes

Le chloroplaste, organe spécialisé

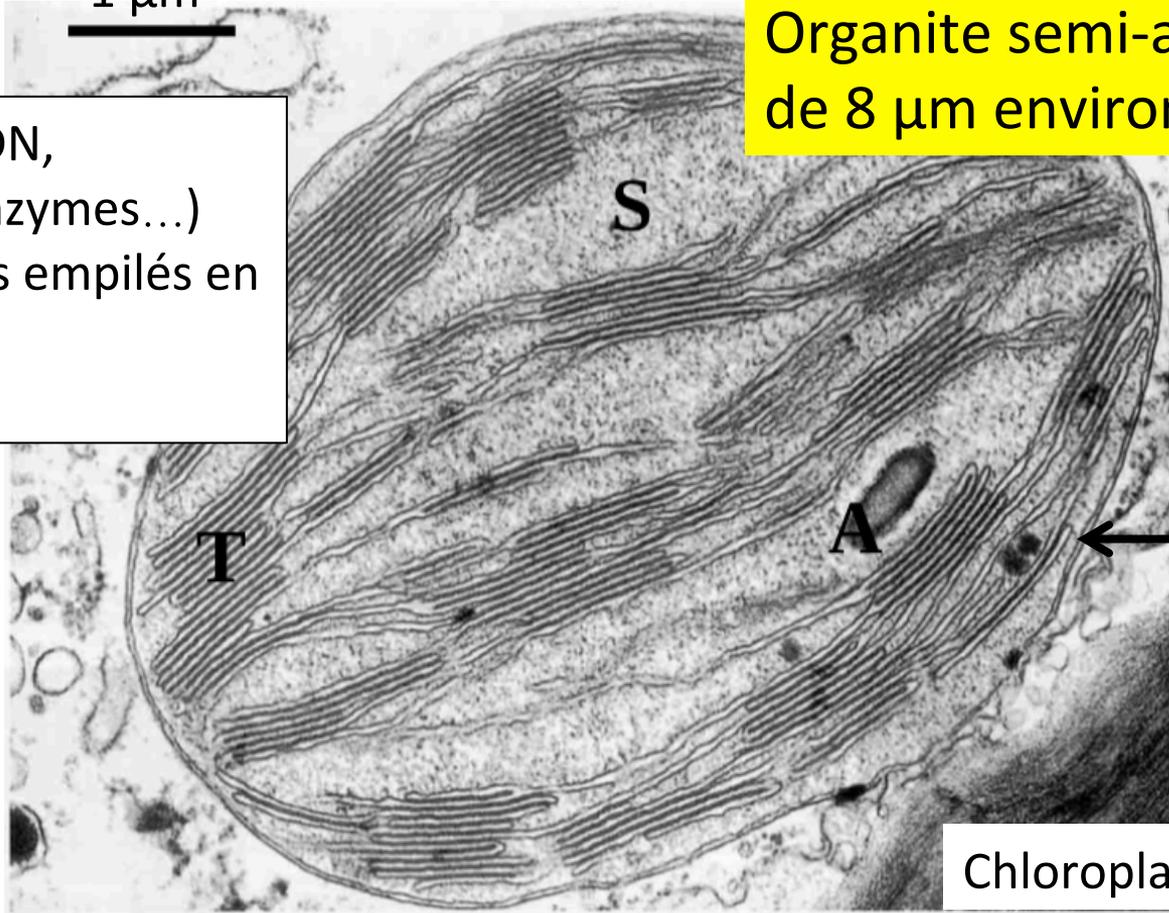
1 μm

Organe semi-autonome
de 8 μm environ

S : stroma (ADN,
ribosomes, enzymes...)

T : thylakoïdes empilés en
grana

A : amidon



← 2 membranes

Chloroplaste d'Épinard

La phase photochimique...

... est une conversion de l'énergie lumineuse
en potentiel rédox et ATP

énergie lumineuse = source énergétique initiale

Bilan des expériences de Hill et Ruben & Kamen

La lumière provoque l'oxydation de l'eau par la réaction redox



mécanisme ?

potentiel rédox

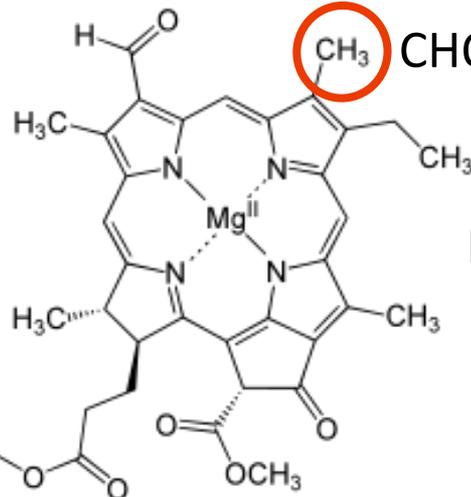
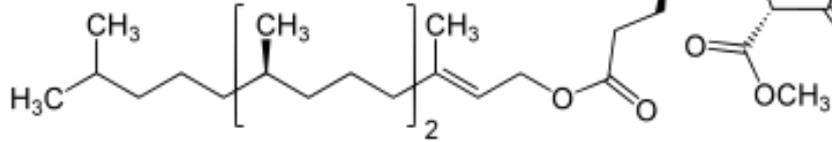
quelle prise en charge
des électrons ?

potentiel hydrogène pH

Les pigments photosynthétiques

Chlorophylle a

chaîne carbonée dans
la membrane

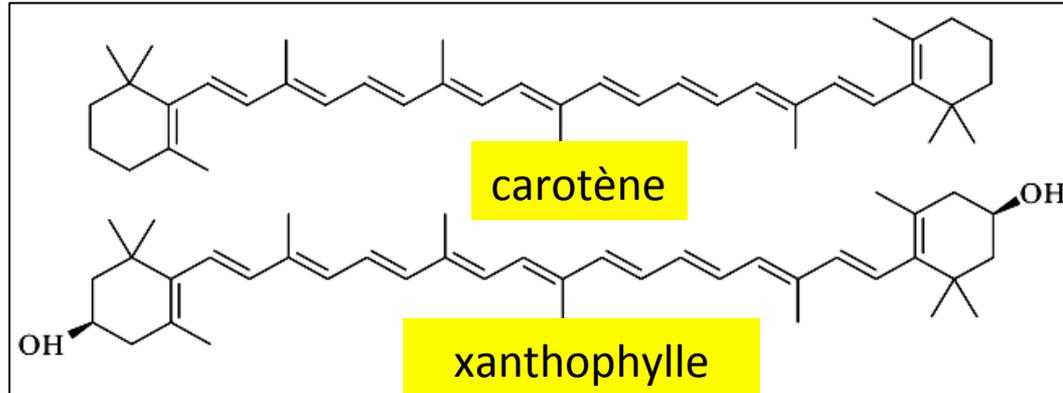
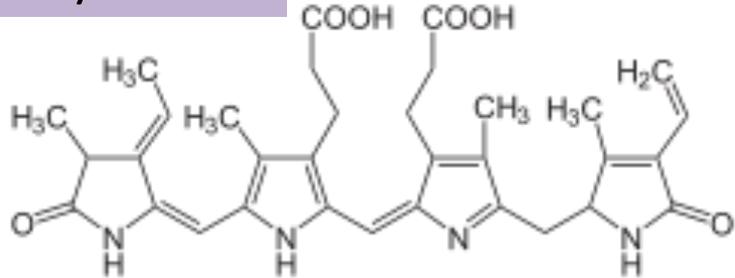


CHO dans la chlorophylle b

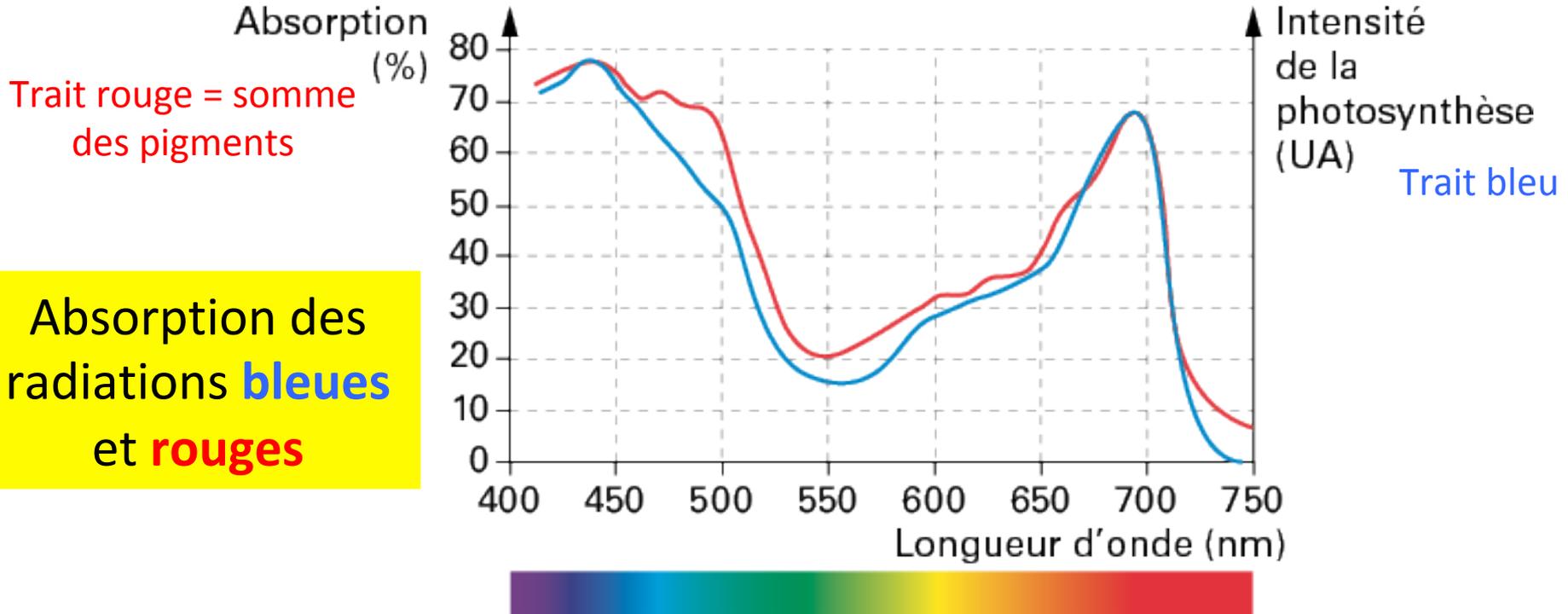
Noyau tétrapyrrolique à cœur de Mg^{2+}

Caroténoïdes

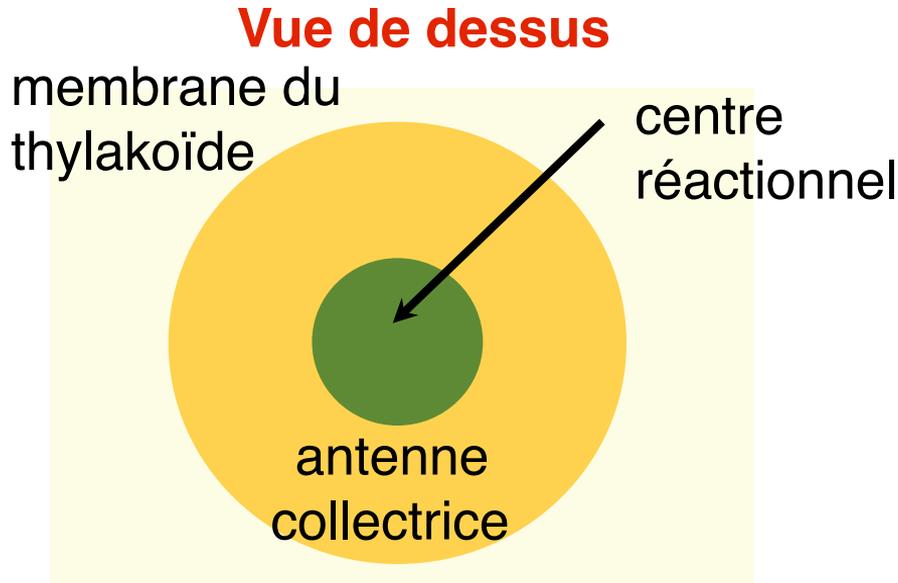
Phycobiline



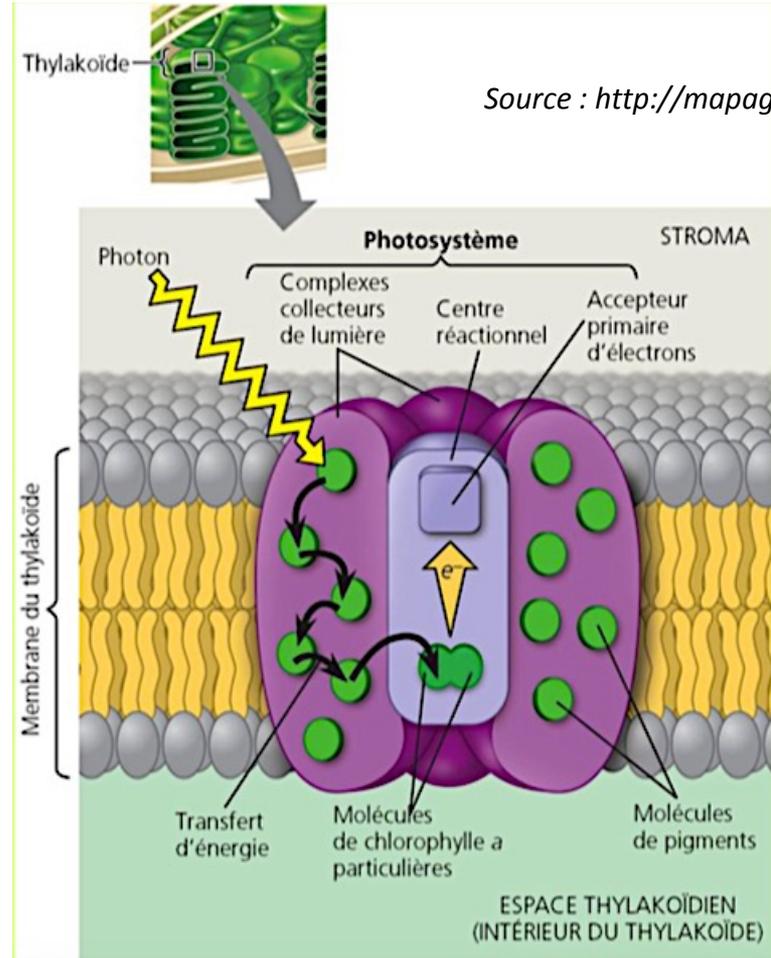
Spectre d'action et d'absorption



Les pigments sont dans les photosystèmes

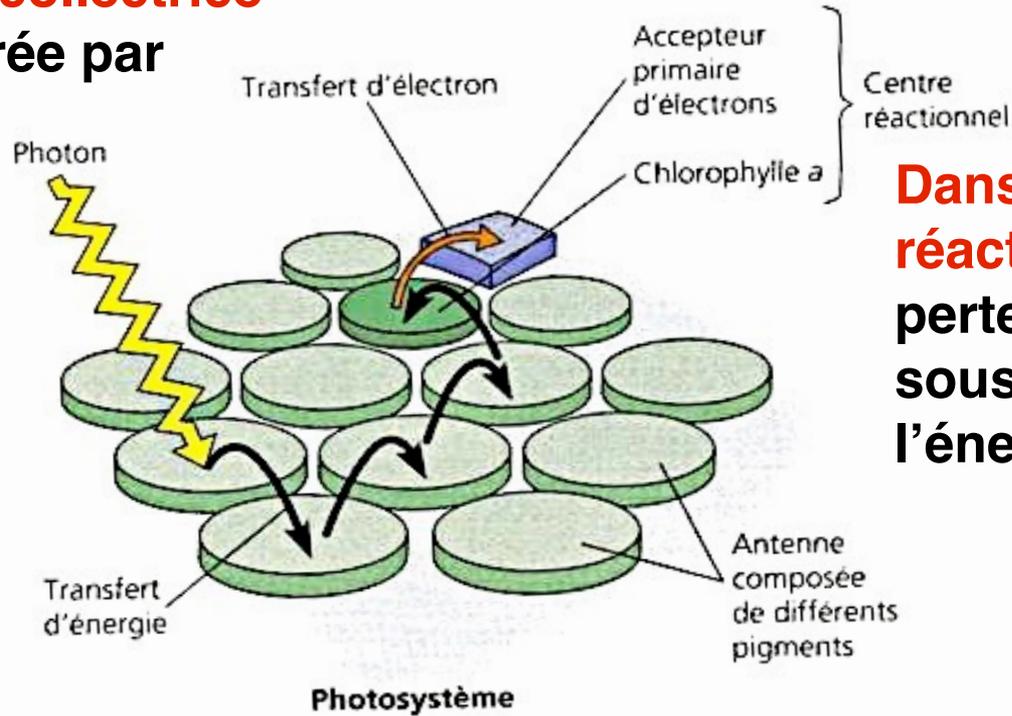


Il existe deux types de photosystèmes : PSI et PSII



Transfert d'énergie au sein du photosystème

Dans l'antenne collectrice
énergie transférée par
résonance



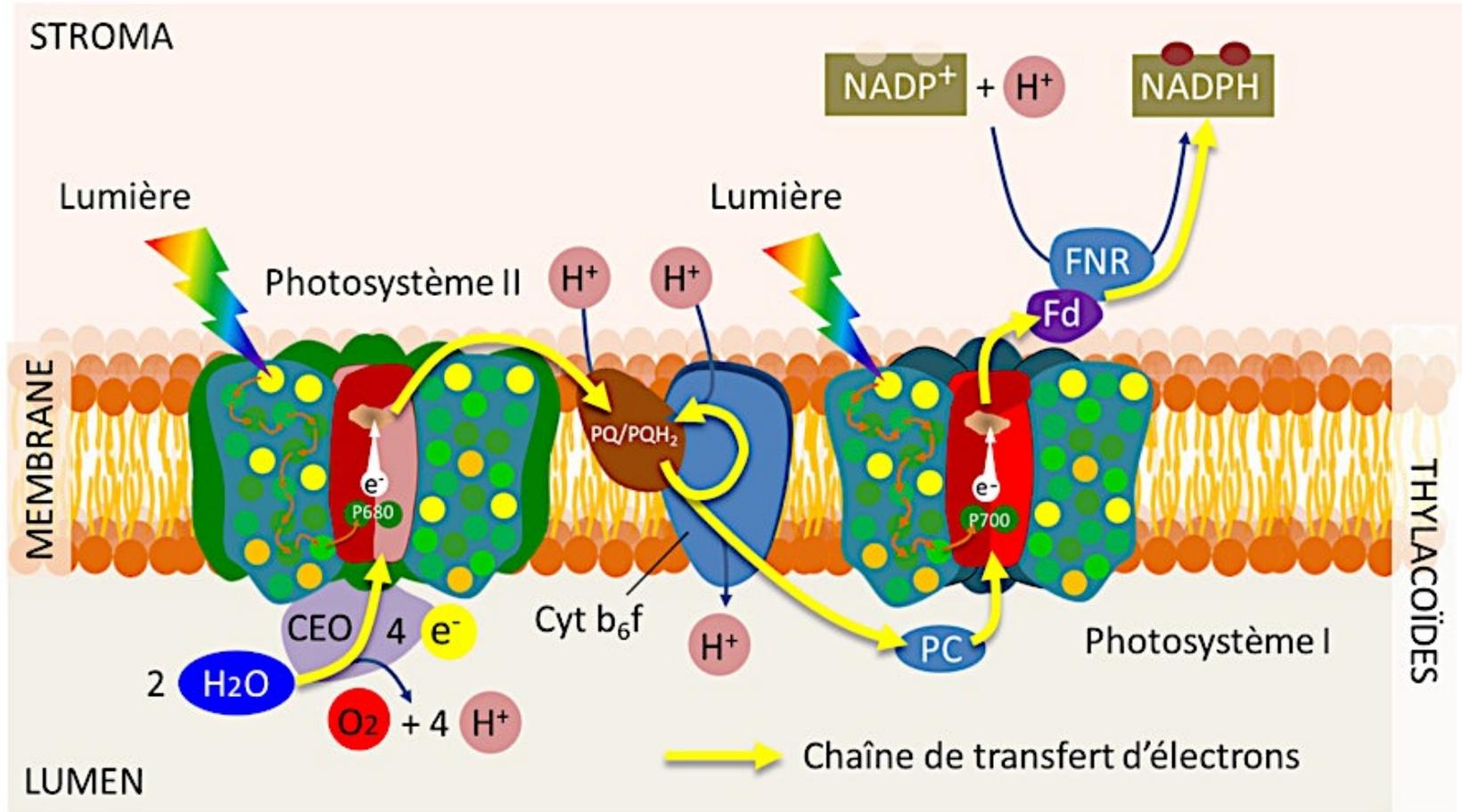
Dans le centre
réactionnel
perte de l'électron
sous l'effet de
l'énergie absorbée

Énergie lumineuse

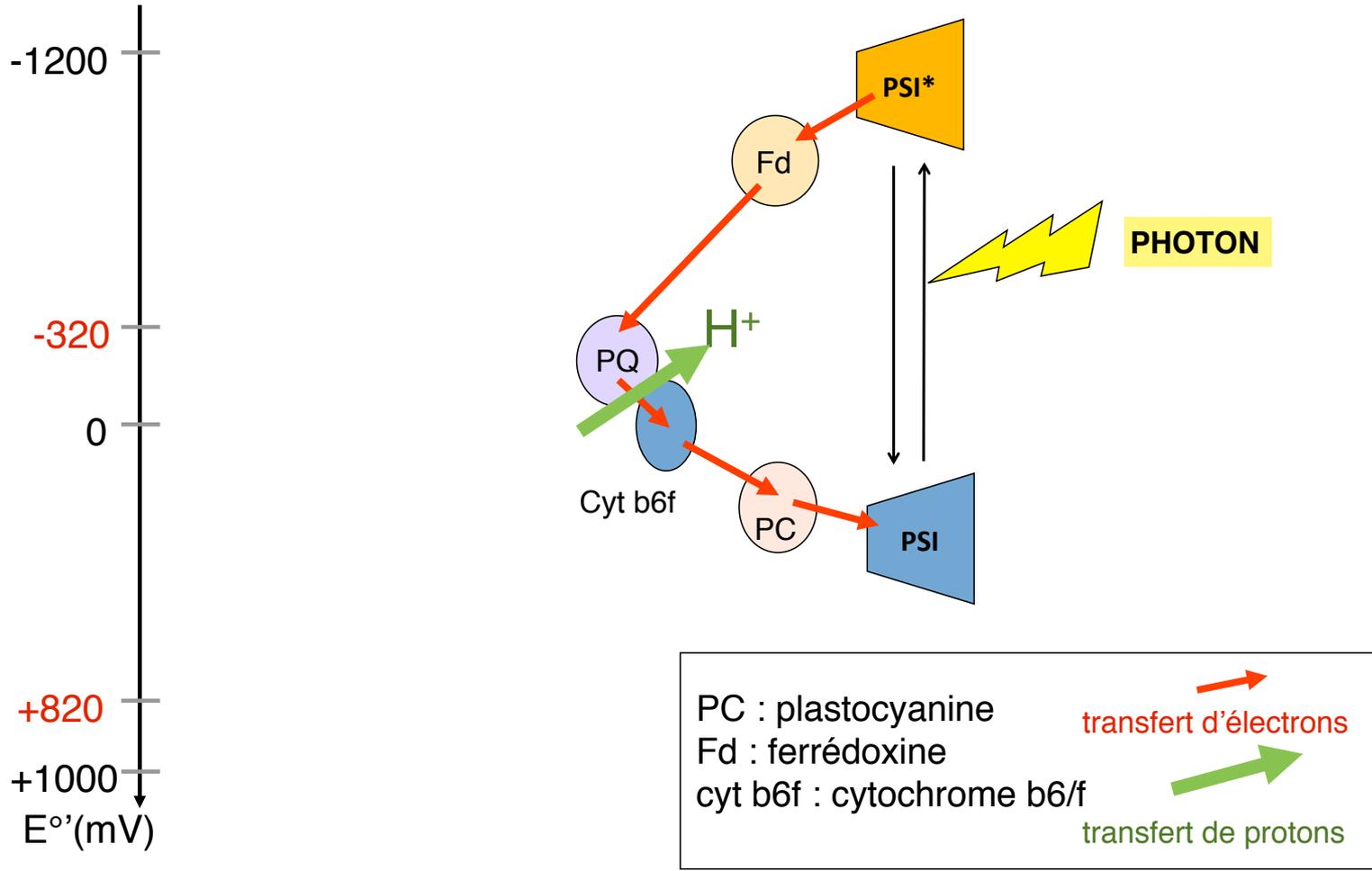


Perte d'électron

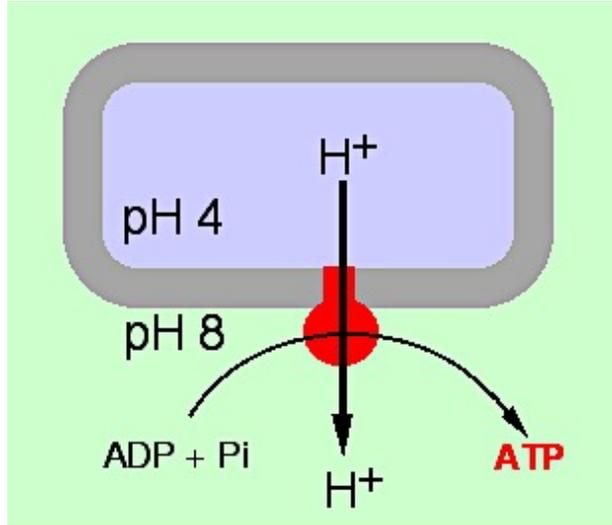
Le transport des électrons



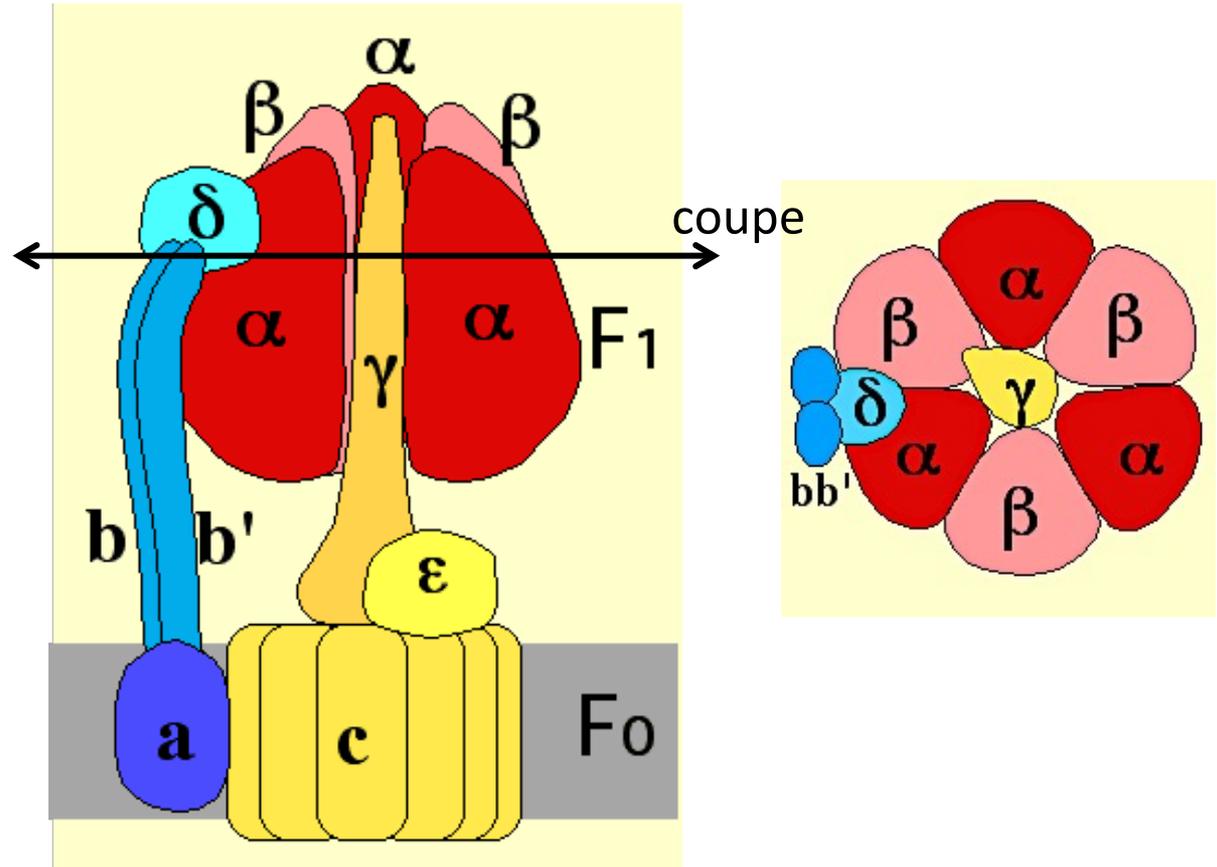
Le transport cyclique



Exploitation du gradient d' H^+ : l'ATP synthase

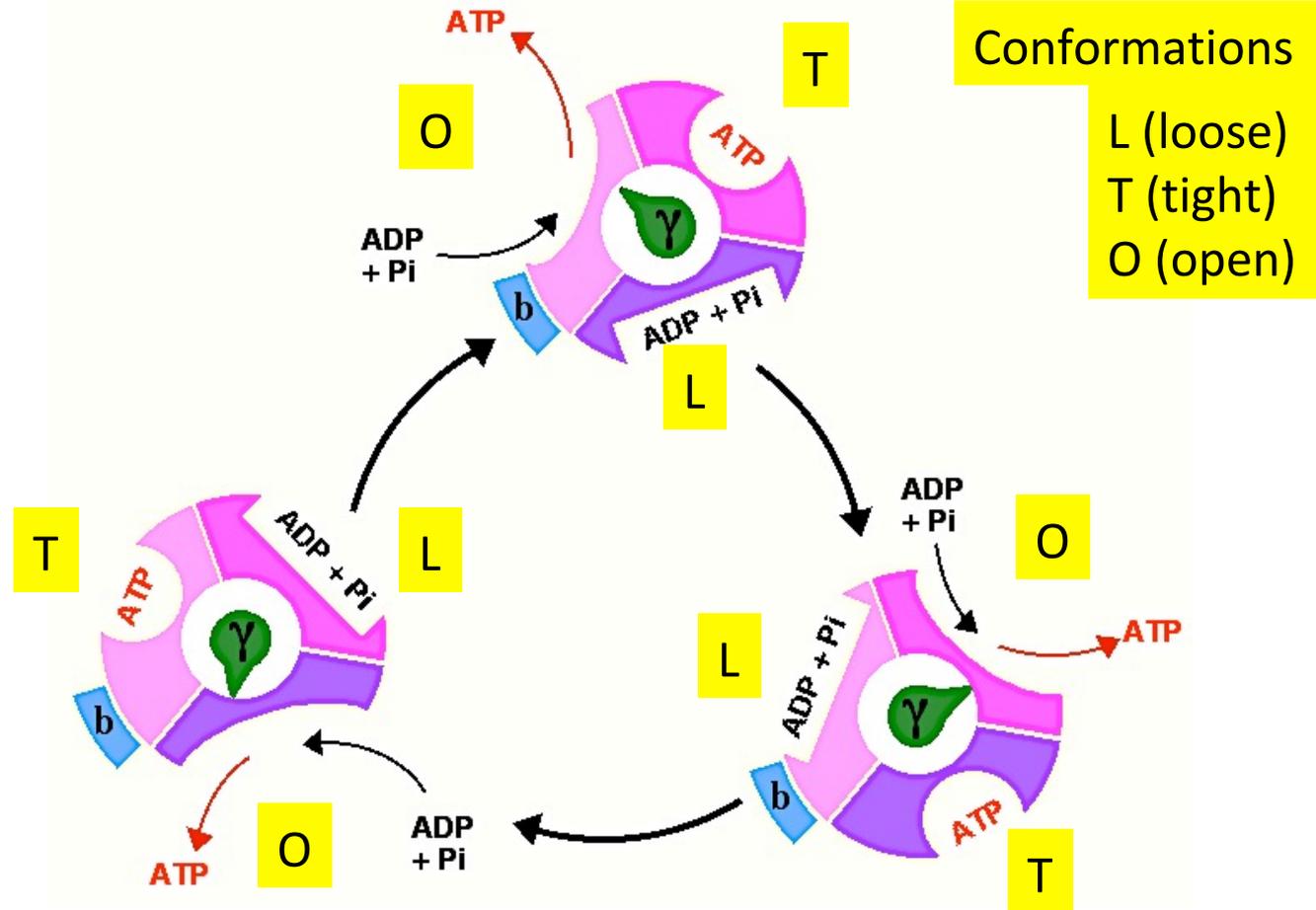
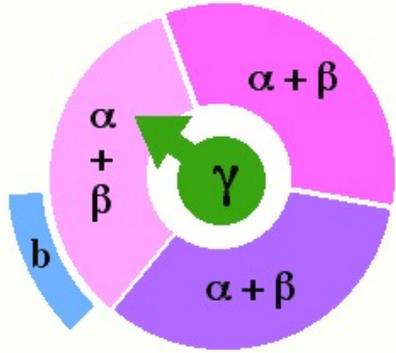


Un couplage osmo-
chimique à l'origine
de l'ATP.



Une sous-unité β a été enlevée pour voir la tige γ

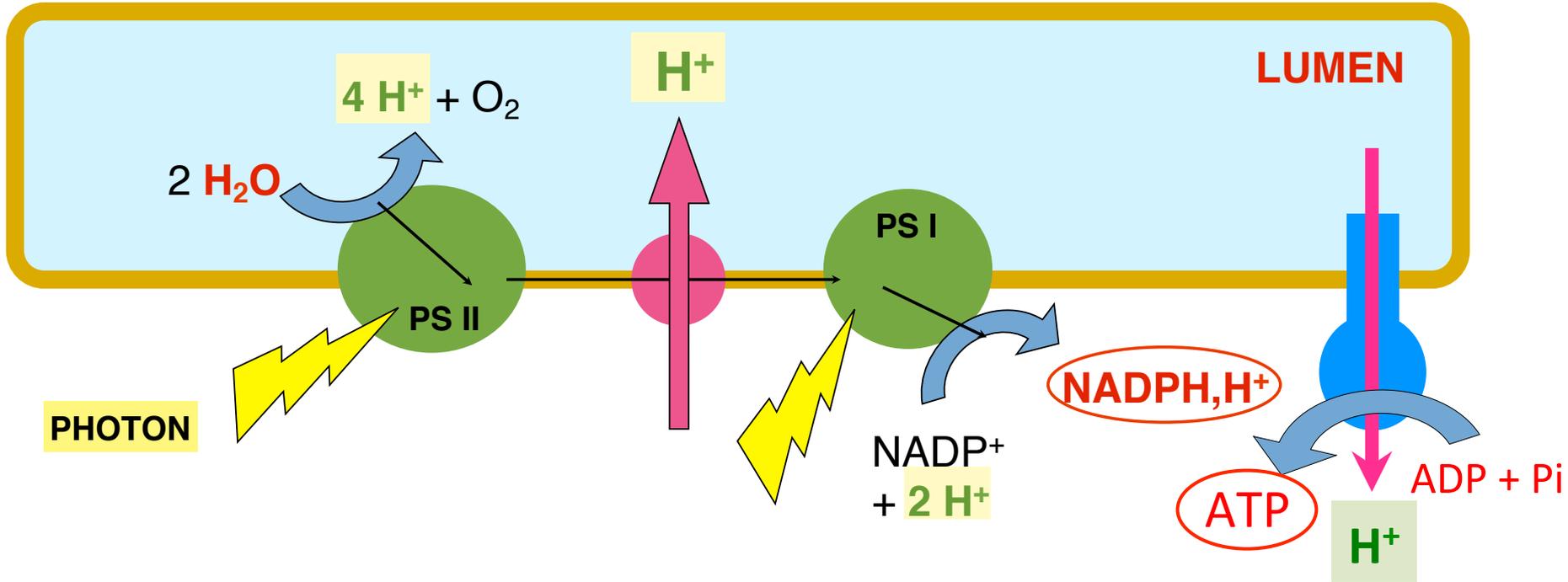
L'ATP synthase : mécanisme



Bilan de la phase photochimique

Schéma simplifié d'un thylakoïde

STROMA



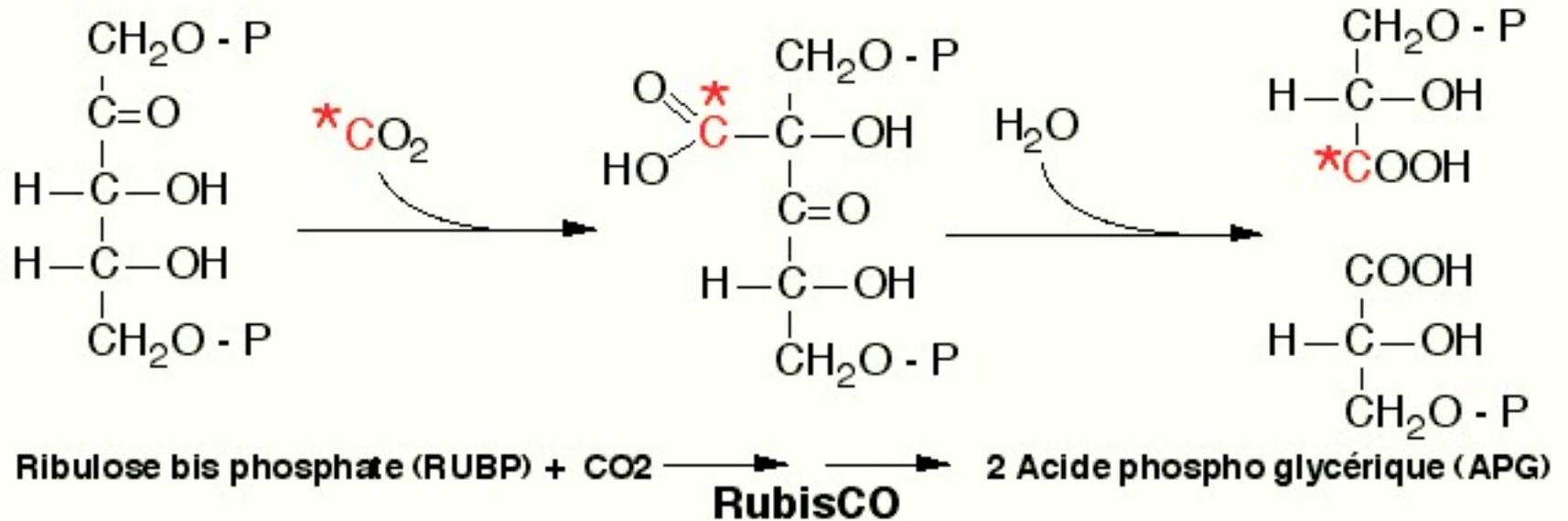
Énergie lumineuse convertie en ATP et NADPH, H⁺

1. L'autotrophie des végétaux, une photolithotrophie

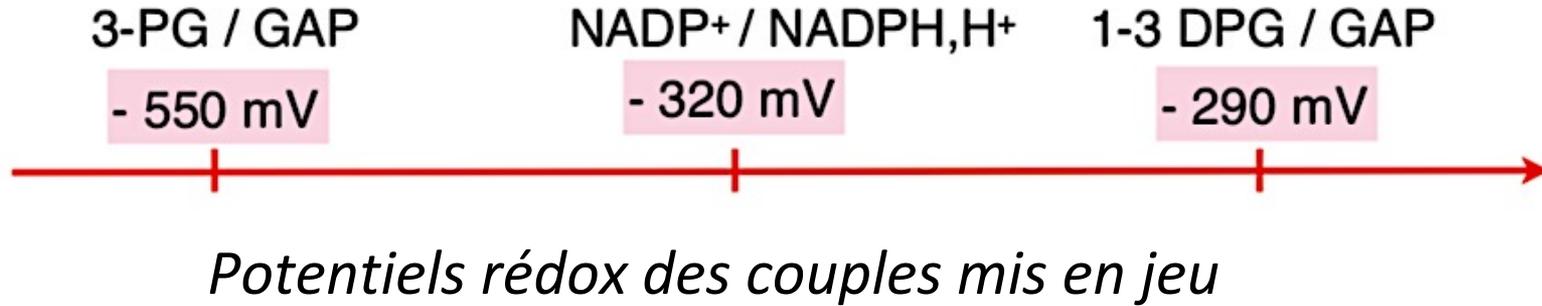
1.3. La synthèse de matière organique par les cellules chlorophylliennes

La réduction du CO_2 en matière organique exploite l'ATP et le potentiel réducteur

La fixation du CO₂



La réduction de PG en GAP observée

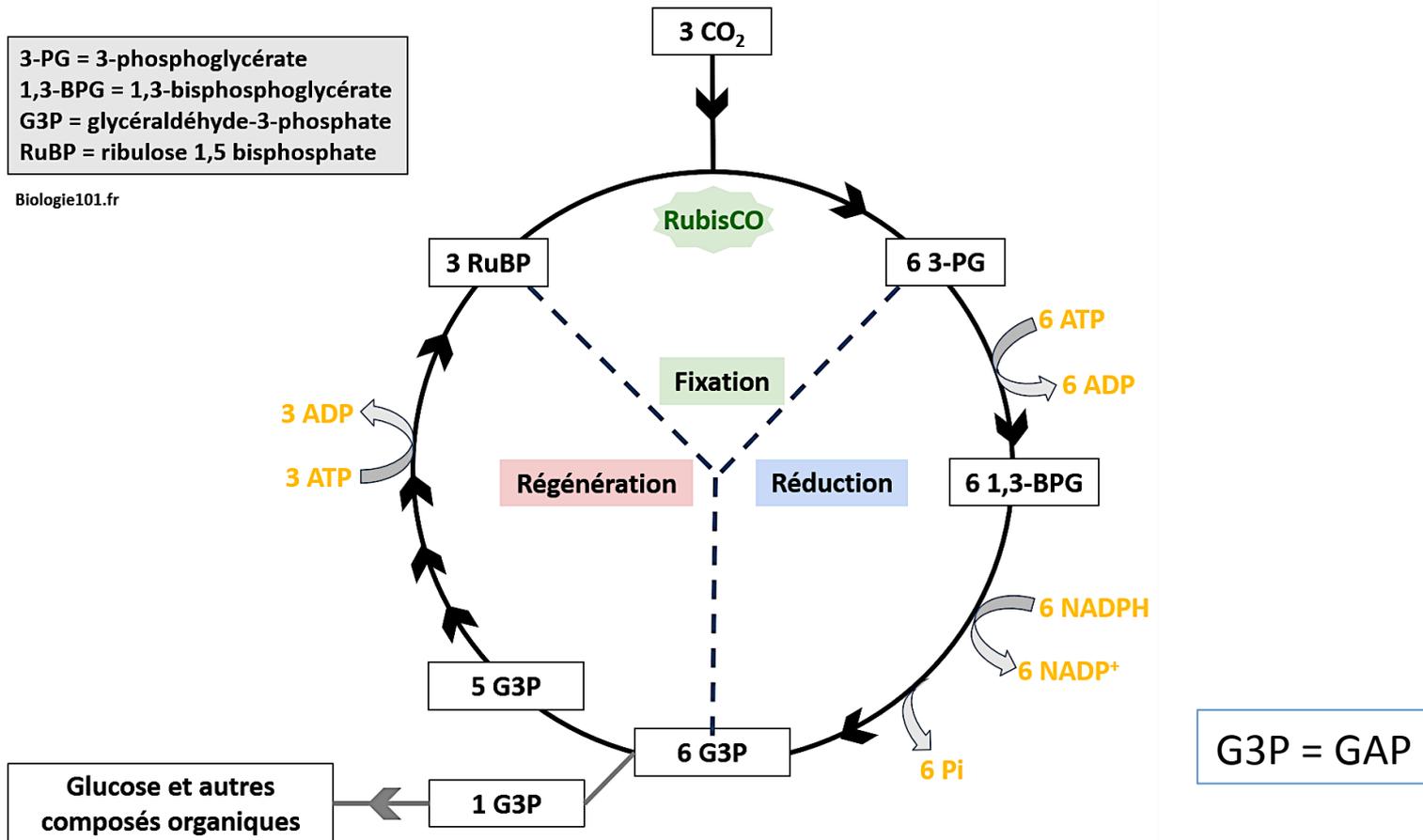


La réduction directe de PG en GAP n'est pas spontanée mais rendue possible par la phosphorylation du 3-PG

Le cycle de Benson & Calvin (& Bassham)

3-PG = 3-phosphoglycérate
1,3-BPG = 1,3-bisphosphoglycérate
G3P = glycéraldéhyde-3-phosphate
RuBP = ribulose 1,5 bisphosphate

Biologie101.fr

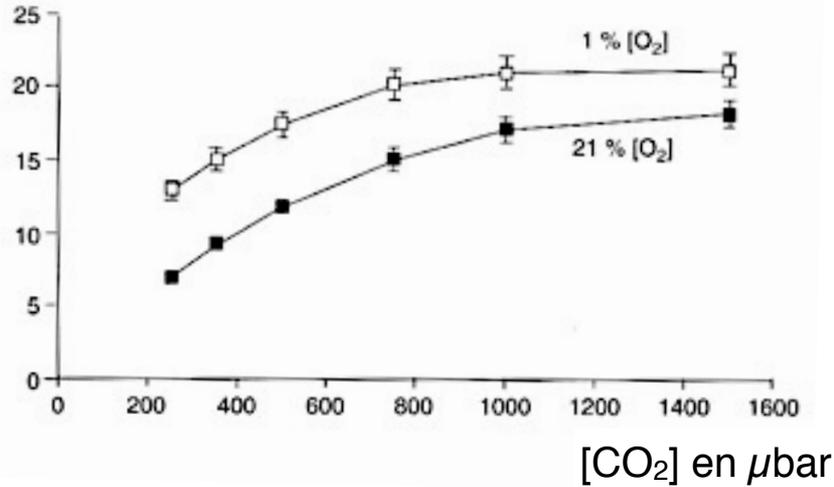


Une enzyme : la RubisCO

- Protéine la plus **abondante** de la biosphère
- Enzyme à structure quaternaire
 - **8 petites sous-unités S** : régulatrices, codées par le génome nucléaire
 - **8 grandes sous-unités L** : catalytiques, codées par le génome du chloroplaste
- activée par la RubisCO activase, elle-même activée par l'**ATP**
- activée par le **NADPH, H⁺ (lumière)**

Une dualité enzymatique

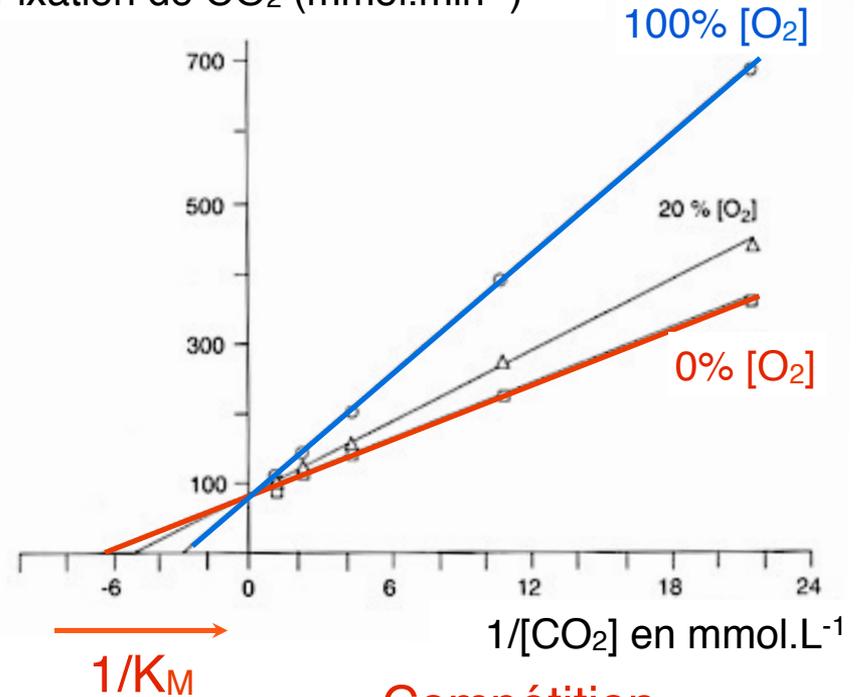
Fixation de CO₂ ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)



Fixation de CO₂ diminuée en présence de O₂

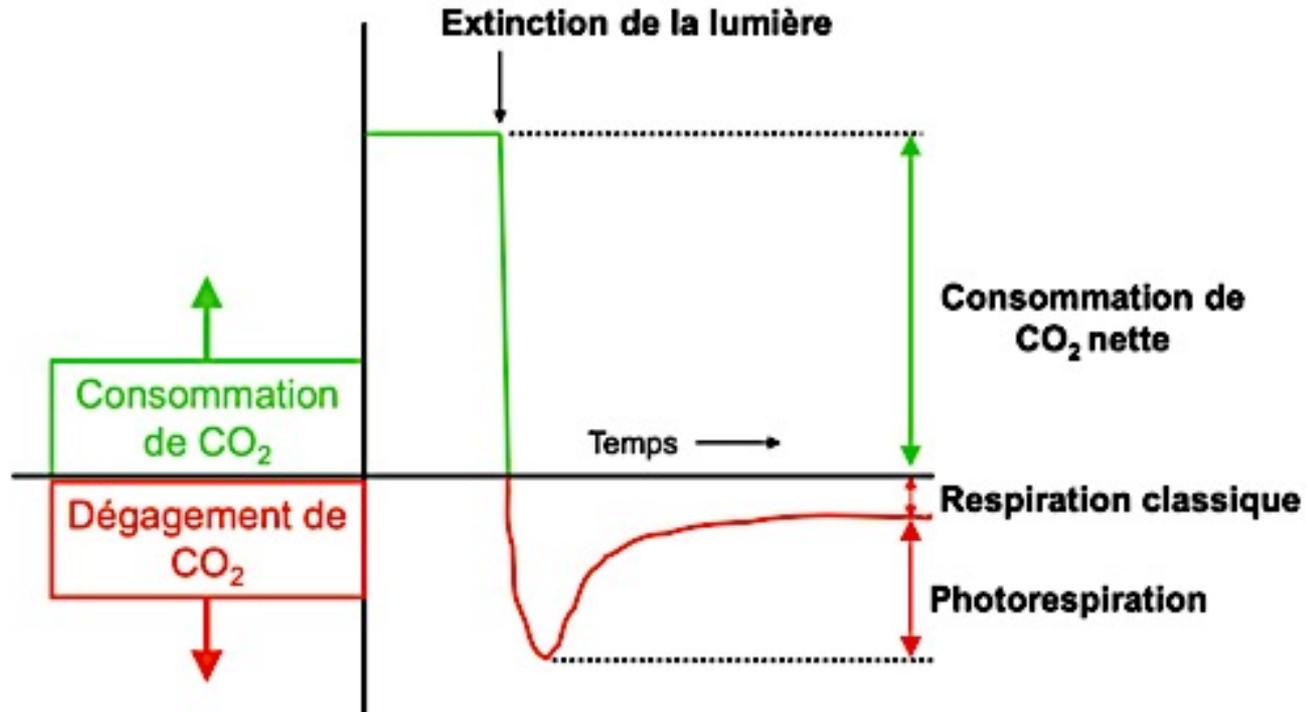
Attention ! La RubisCO est oligomérique mais présente une cinétique michaelienne !

1/Fixation de CO₂ (mmol.min^{-1})

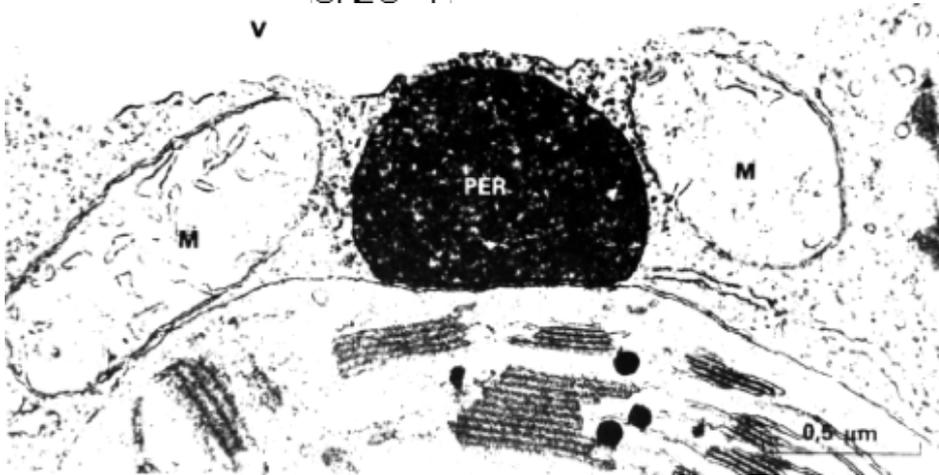
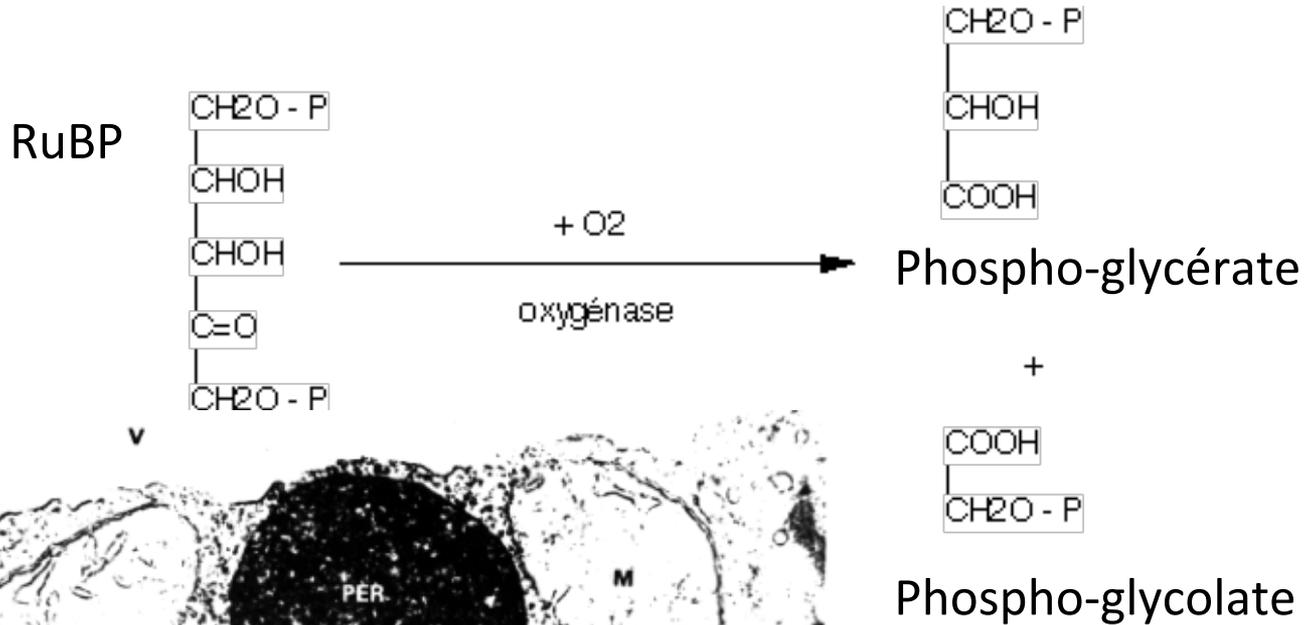


Compétition entre CO₂ et O₂

Deux voies possibles : carboxylase ou oxygénase

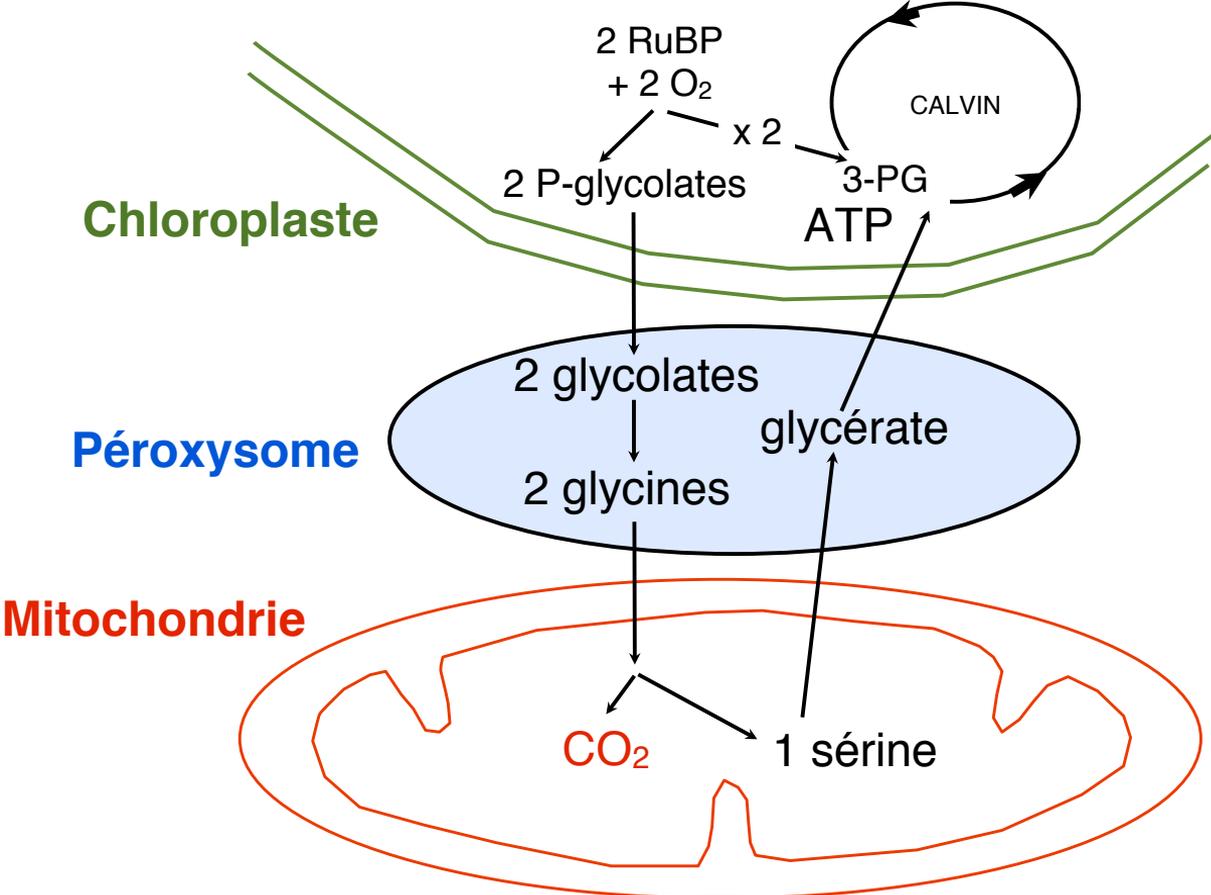


Quand la RubisCO fixe O₂



Des flux de molécules entre les 3 organites

Des transformations : la photorespiration



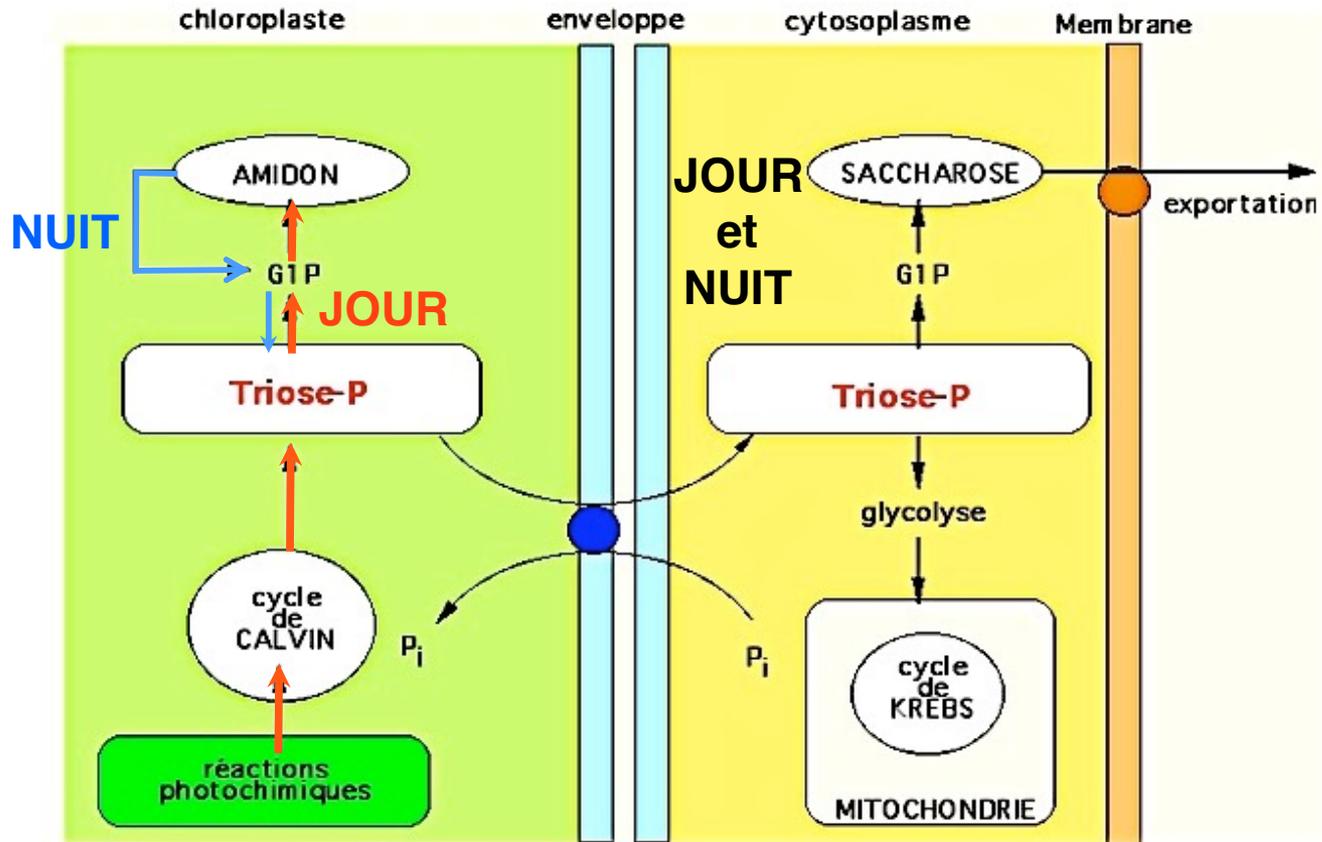
Source : C. Escuyer

BILAN

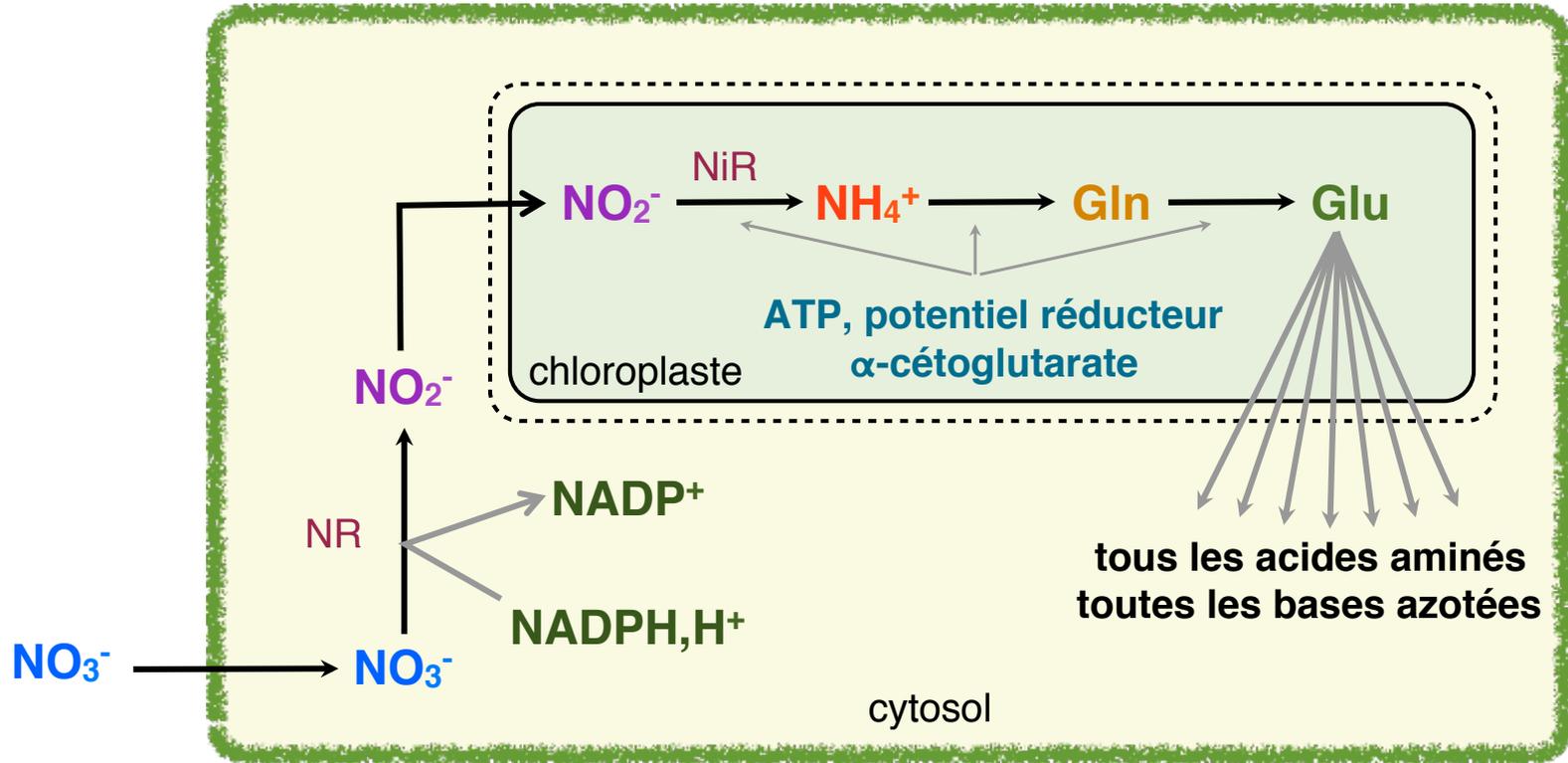
La RubisCO est une enzyme qui fonctionne :

- en **carboxylase** : elle fixe alors CO_2 et le cycle de Calvin produit un triose, le GAP (pour 3 CO_2 entrés) ;
- en **oxygénase** : elle fixe alors O_2 ce qui a pour conséquence de libérer du CO_2 et de consommer l'ATP et le NADPH, H^+ produits à la lumière.

Remarque : le devenir des molécules



Remarque : la fixation de l'azote

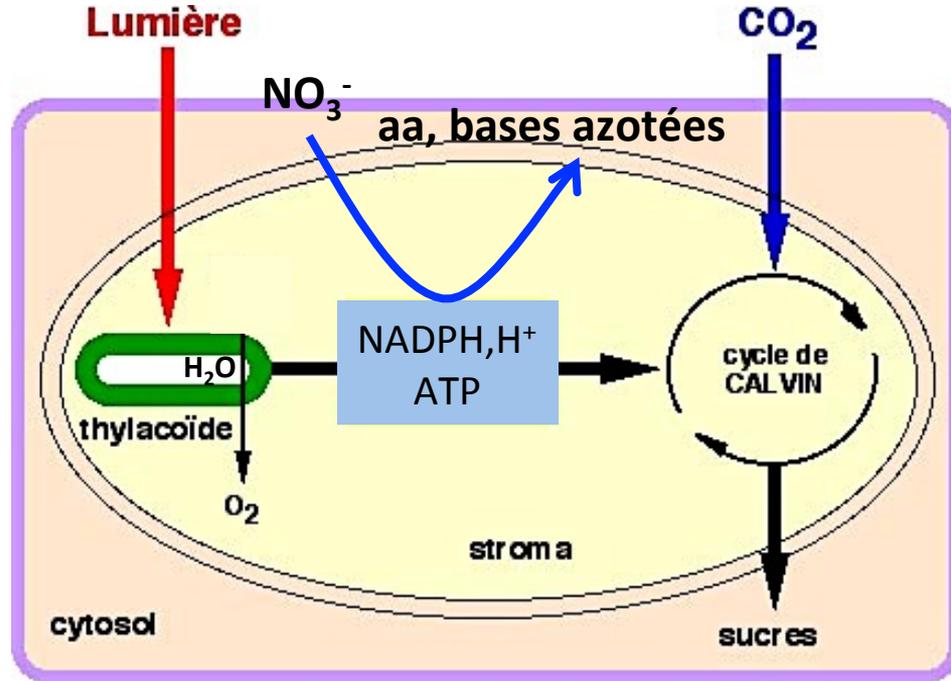


Gln = glutamine
Glu = glutamate

NR = nitrate réductase
NiR = nitrite réductase

BILAN

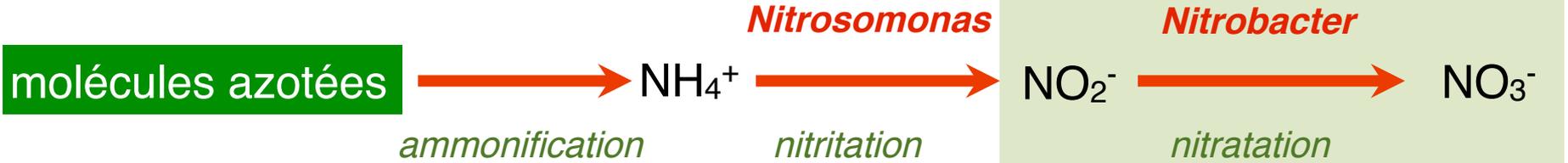
La photolithotrophie des végétaux



2. L'autotrophie des bactéries nitratantes, une chimiolithotrophie

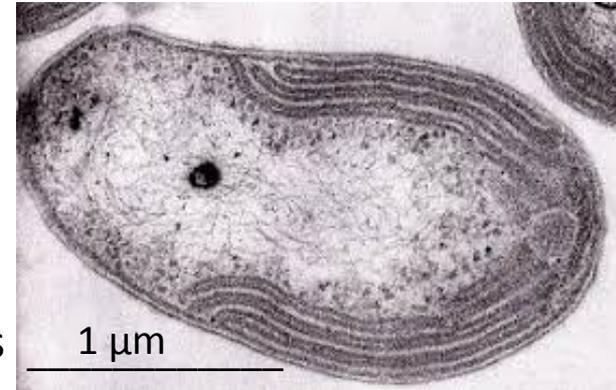
Nitrobacter, une bactérie du sol

La nitratisation est un processus de minéralisation qui a lieu dans le sol, lors de la décomposition des molécules azotées.



Bacilles gram -

MET en fausses couleurs
X 6 000

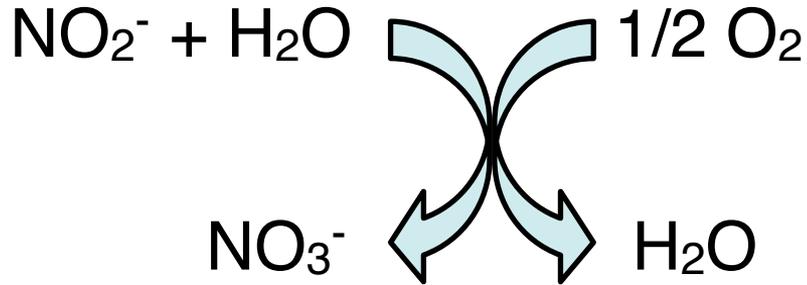


Source : Watson, Microbiology, an Evolving Science, 2014

Étude de la réaction rédox



Réaction de nitratisation



Comment est réalisé le transfert des électrons ?

La chaîne de transport des électrons

Composé rédox mis en jeu	E° en mV
NO_2^-	+ 420
cytochrome a1c1	+ 310
cytochrome c	+ 260
cytochrome a1a3	+ 385
O_2	+ 810

sens de
transfert des
électrons

2) Endergonique mais permis par l'exploitation du gradient d' H^+

1) Exergonique => induit un gradient de protons

Les 2 utilisations du gradient de protons

La production de NADH, H^+ est défavorable à partir de NO_2^- mais un système force le passage des électrons vers NAD^+ en utilisant le potentiel osmotique du gradient d' H^+ .

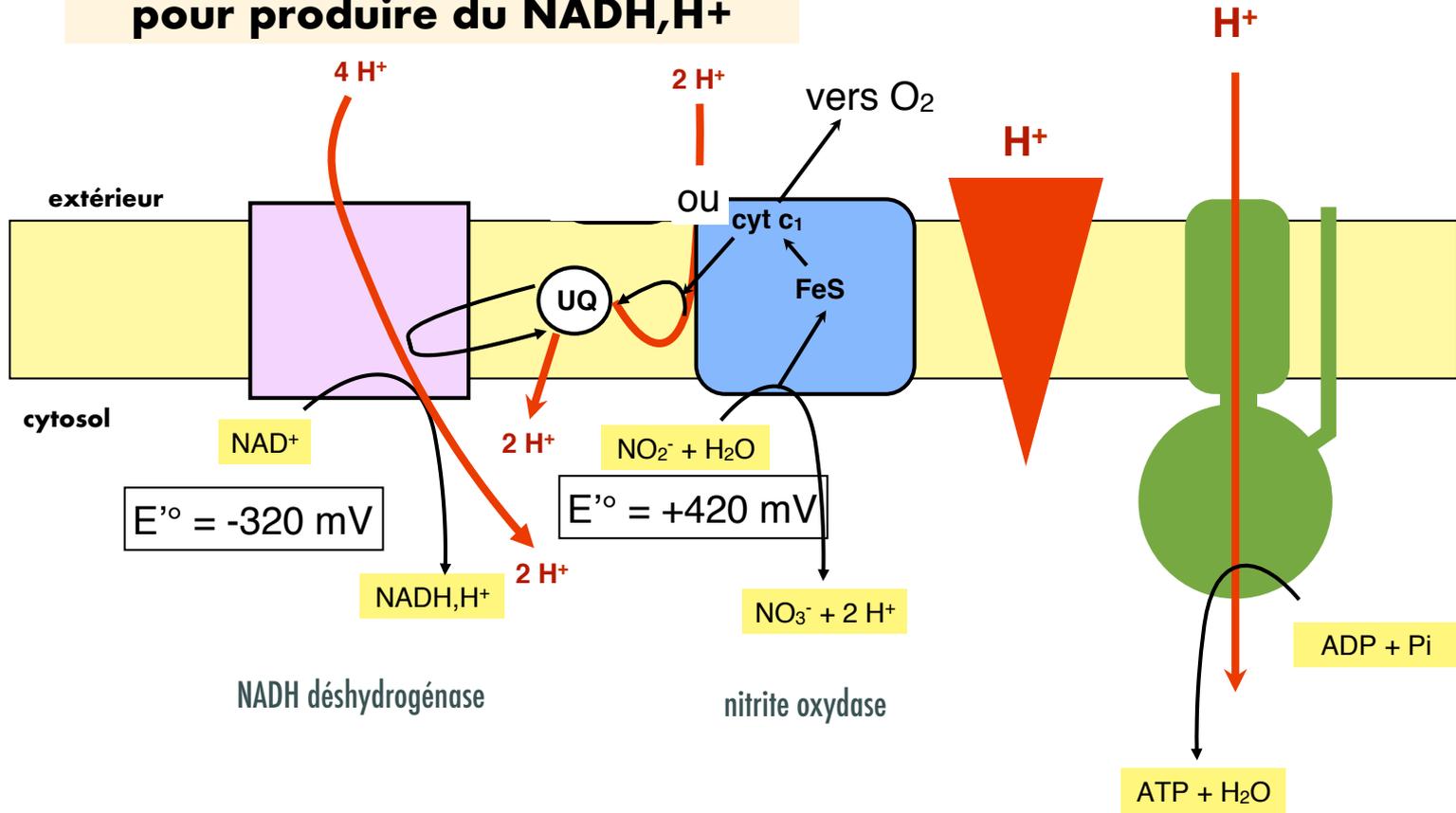
Le gradient d' H^+ est aussi converti en ATP par une ATP synthase.

Analogie avec le chloroplaste (et la mitochondrie)

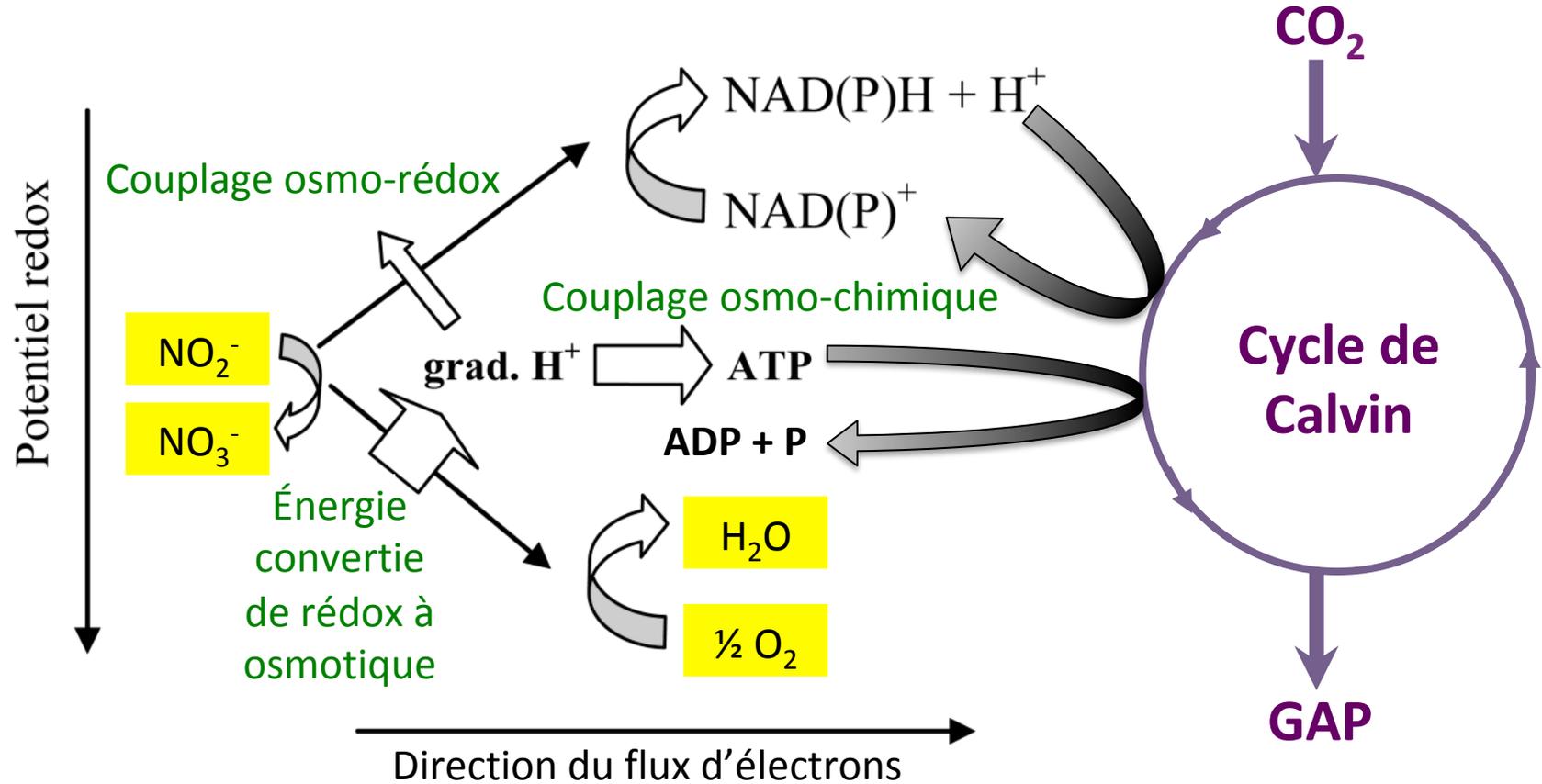
Les 2 utilisations du gradient de protons

Forcer le transfert d'électrons pour produire du NADH, H⁺

Produire de l'ATP



BILAN



Bilan de *Nitrobacter*

L'oxydation de NO_2^- est utilisée pour :

- produire de l'ATP par une chaîne rédox spontanée et l'exploitation d'un gradient de protons ;
- produire du NADH, H^+ par une voie endergonique dépendante d'un gradient de protons.

ATP et NADH, H^+ permettent à la bactérie de réduire CO_2 pour produire de la matière organique : la bactérie est donc **autotrophe**.

Elle ne nécessite pas de lumière puisque sa source énergétique est l'oxydation de matière minérale (énergie chimique).

***Nitrobacter* est dite « chimiolithotrophe ».**

3. L'hétérotrophie des Mammifères, une chimio-organotrophie

Construire un schéma montrant l'enchaînement des étapes depuis l'ingestion des aliments jusqu'à l'entrée des nutriments dans la cellule.

Exemple pris : le glucose issu de l'amidon

Ingestion d'amidon

Amidon

amylase

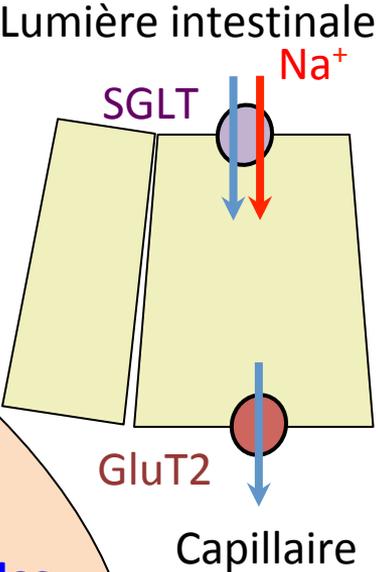
Glucose

Absorption par les entérocytes

Circulation sanguine

Absorption par la cellule (perméase)

Détail de l'absorption intestinale



CONCLUSION

		Source de matière	
		minérale	organique
Source d'énergie	lumineuse	Photolithotrophe bactéries photosynthétiques, algues, plantes	Photo-organotrophe Très peu d'espèces (bactérie Rhodospirillum) état transitoire
	chimique	Chimiolithotrophe bactéries nitrifiantes (Nitrobacter), archées	Chimio-organotrophe animaux, champignons, certaines bactéries