

Introduction à la Biologie Végétale_1

Patrice Créte

Laboratoire de Génétique et Biophysique des Plantes
(CEA-CNRS-Université de la Méditerranée)

Pr Christophe Robaglia



Christophe Robaglia Pr
Régulations post-transcriptionnelles de l'expression des gènes
Réponse à l'environnement

Rainer Hienerwadel MdC
Biophysique de la photosynthèse

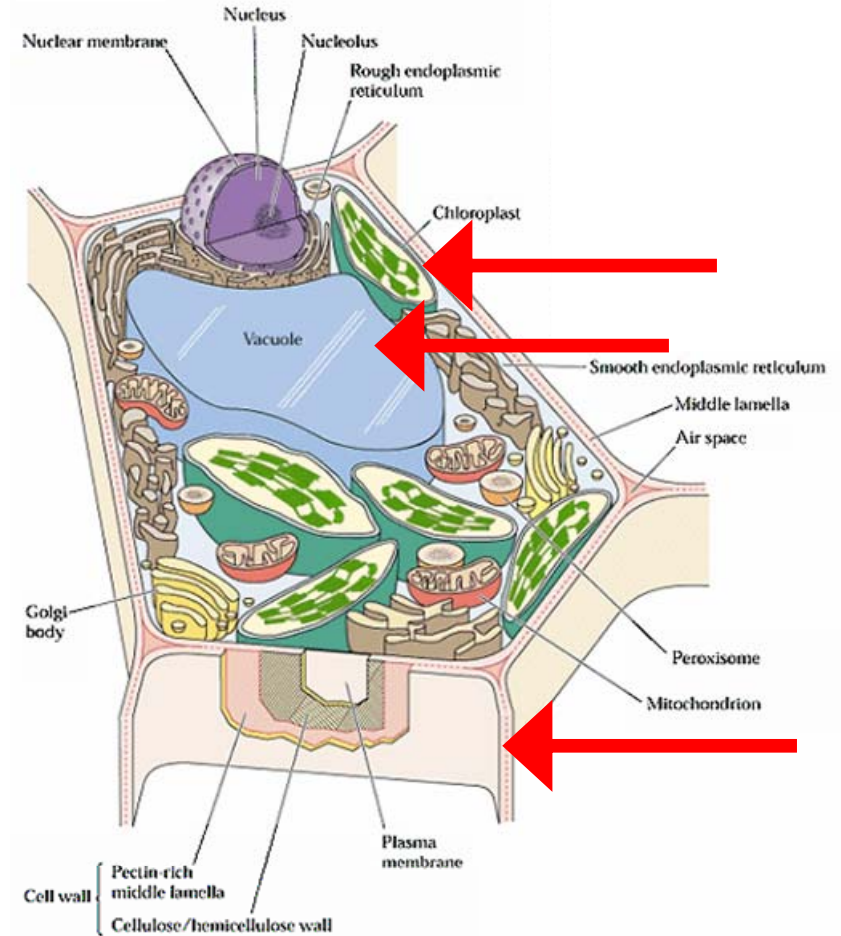
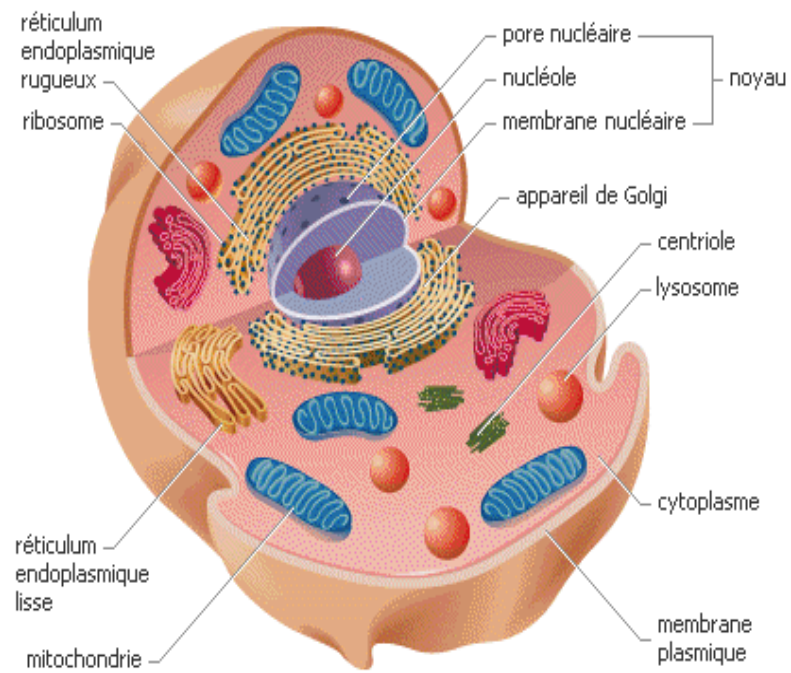
Patrice Crété MdC
RNA silencing

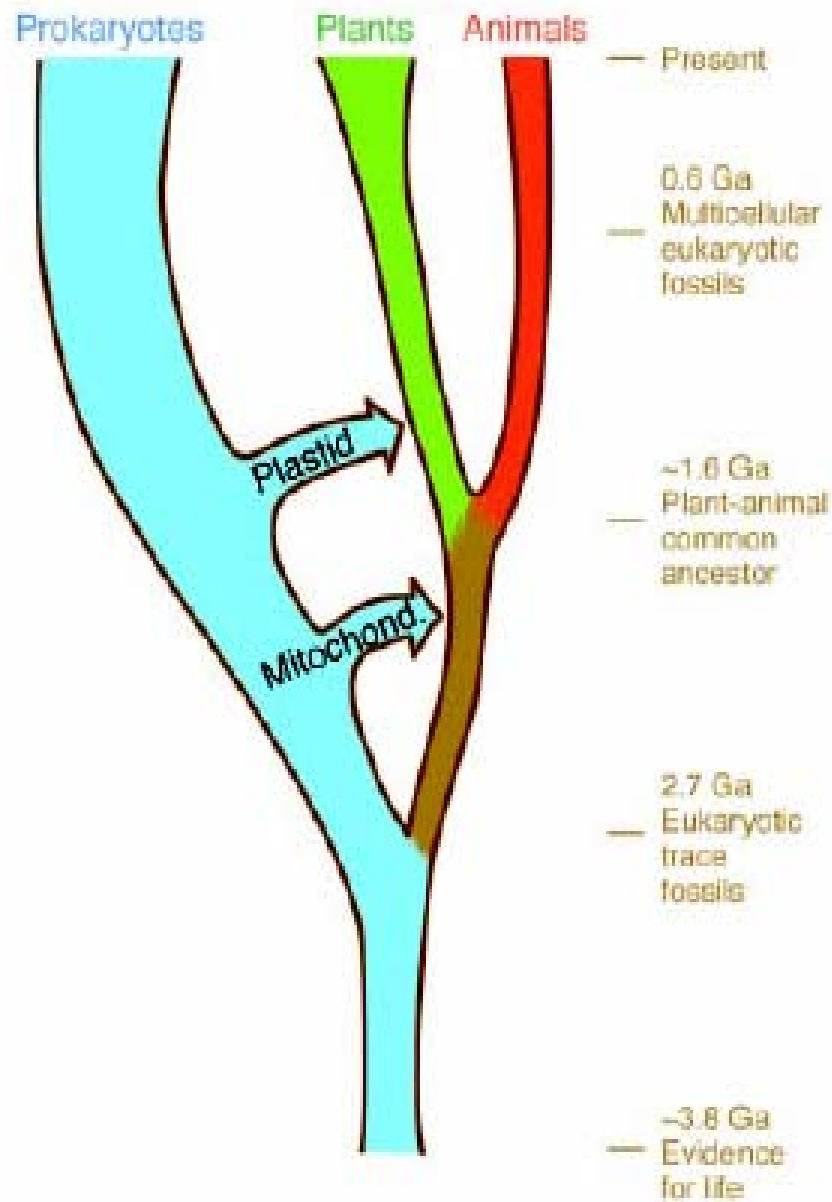
Stefano Caffarri MdC
Biochimie de la photosynthèse

Arabidopsis thaliana



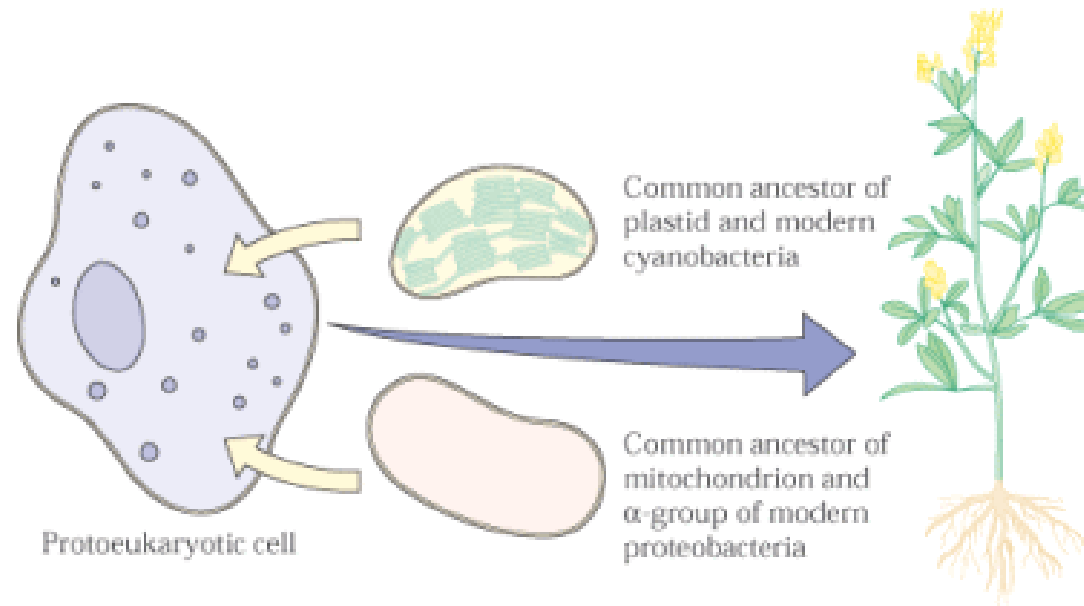
Les particularités de la cellule végétale



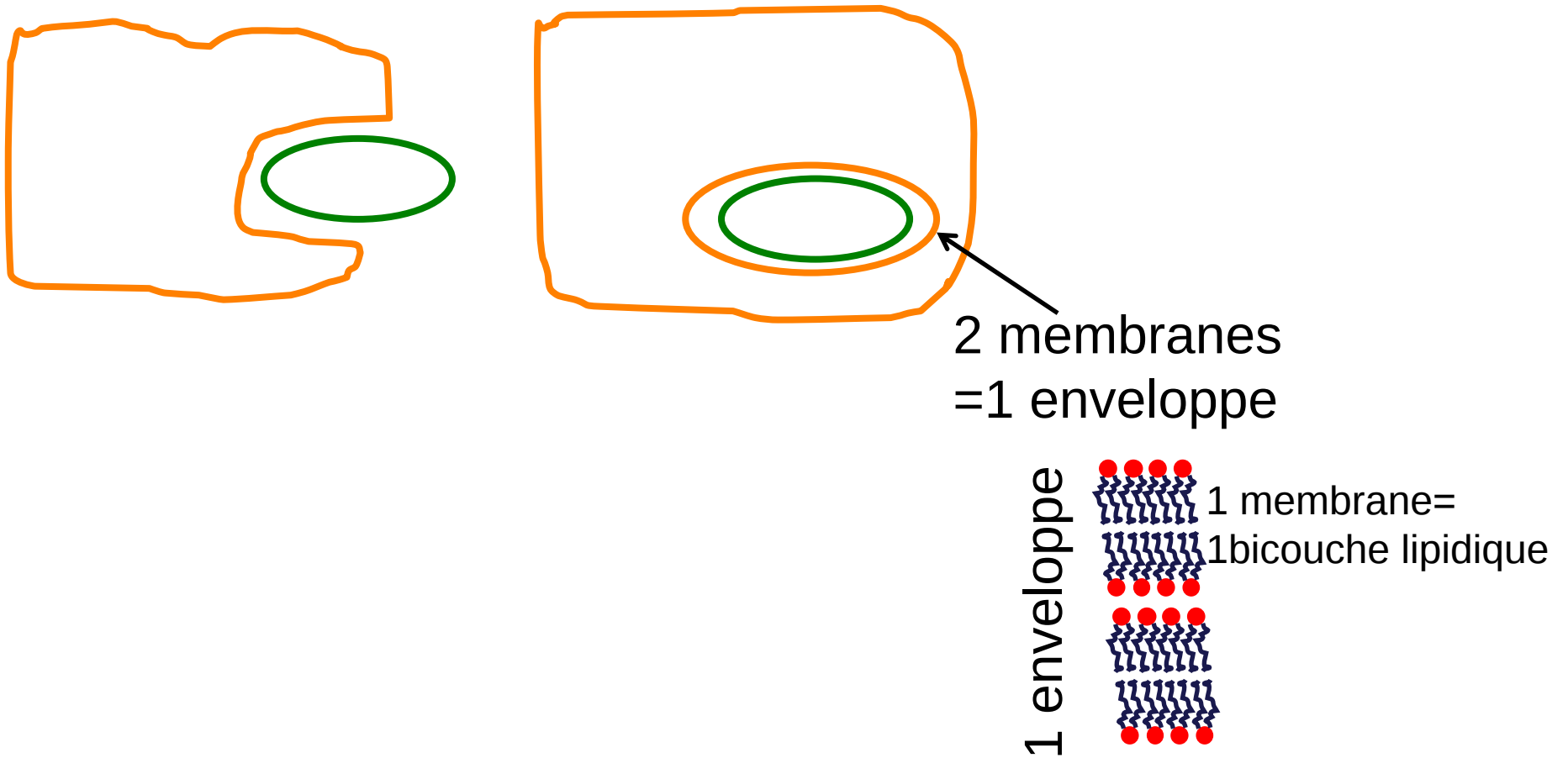


Ancêtre commun plantes/animaux unicellulaire

La théorie endosymbiotique



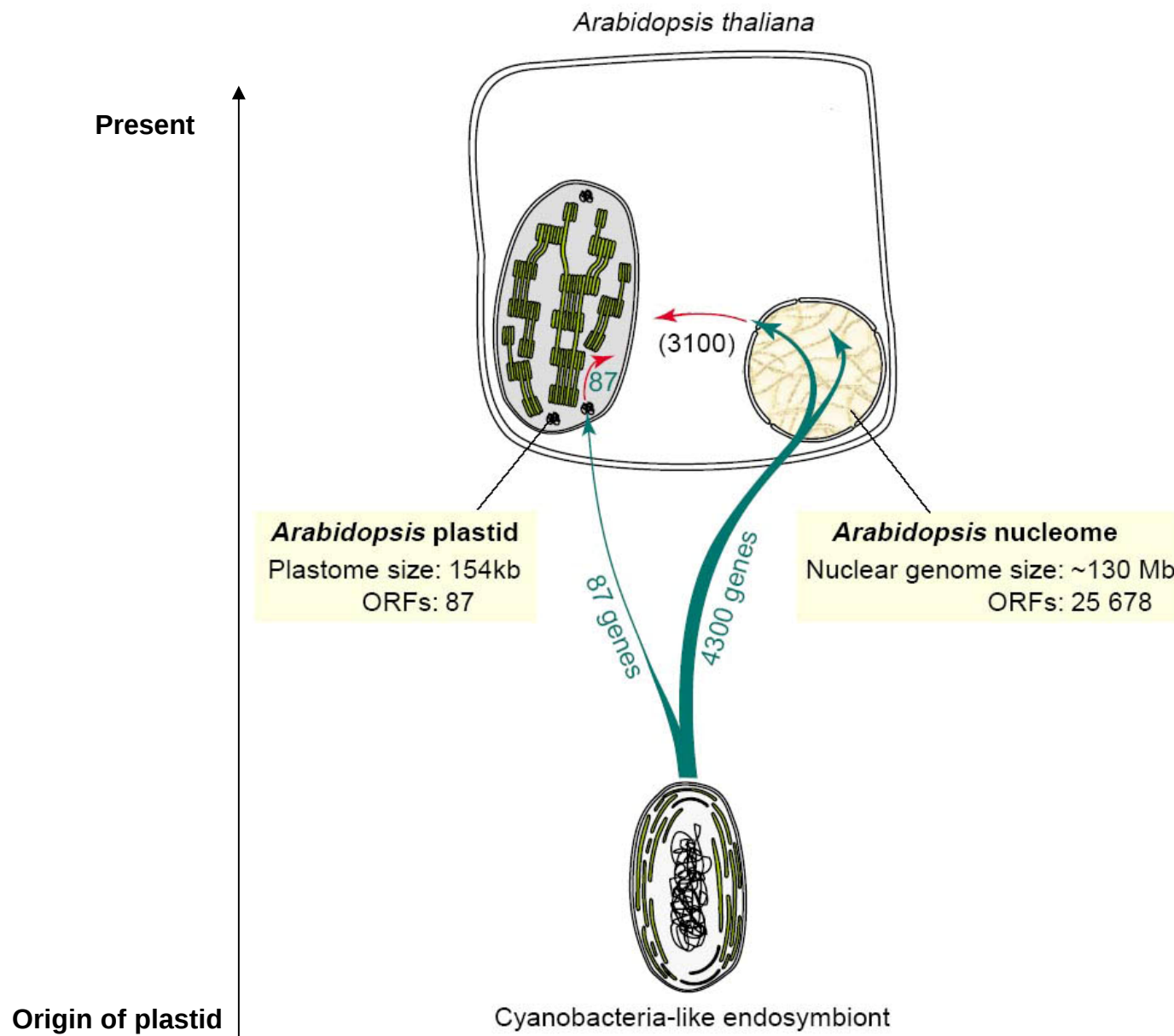
Endosymbiose

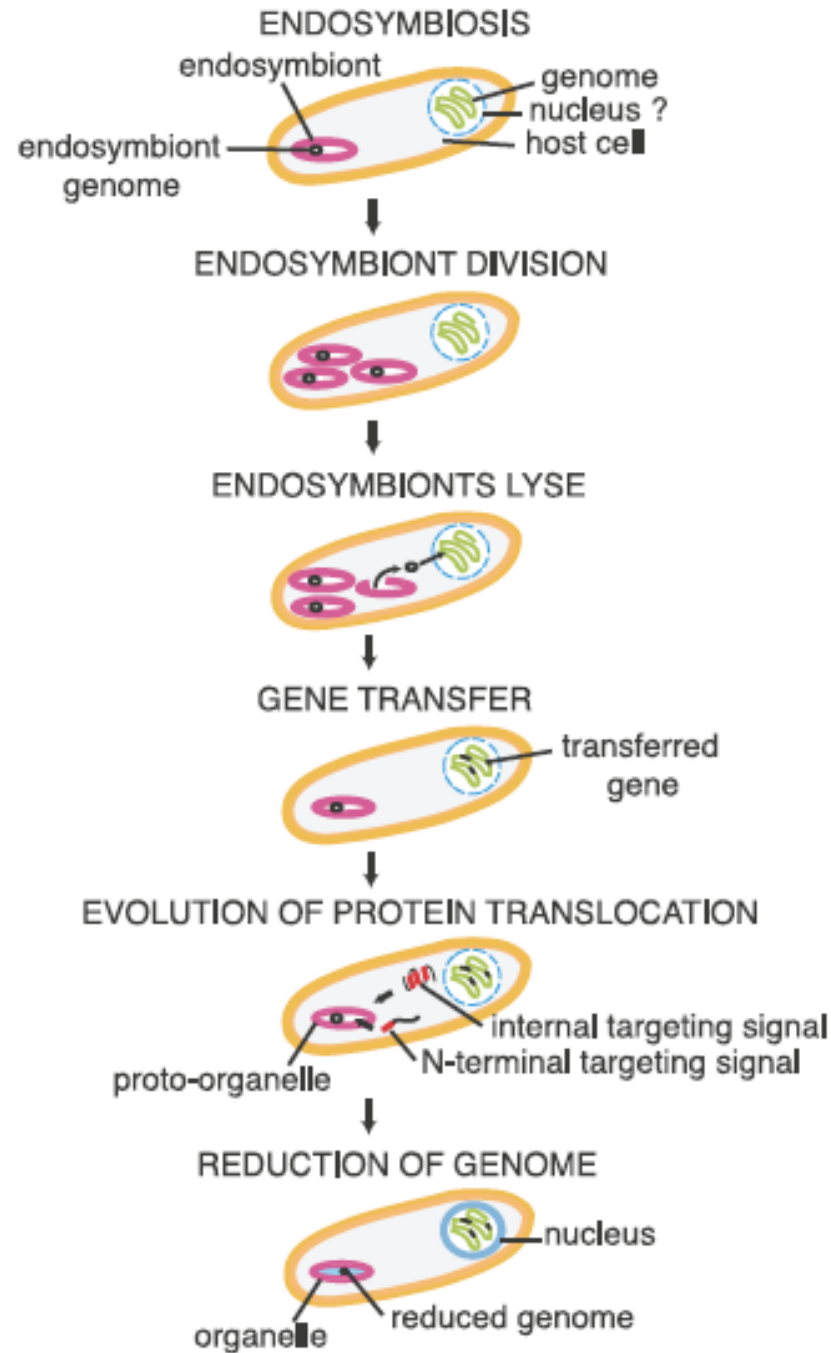


Les indices en faveur de la théorie endosymbiotique

- ADN circulaire et non associé à des histones
- Ribosomes type procaryote
- 2 membranes = 1 enveloppe
membrane interne présente des analogies (composition lipidique) avec les membranes bactériennes,
- La division des chloroplastes suit un rythme indépendant de la division du noyau.

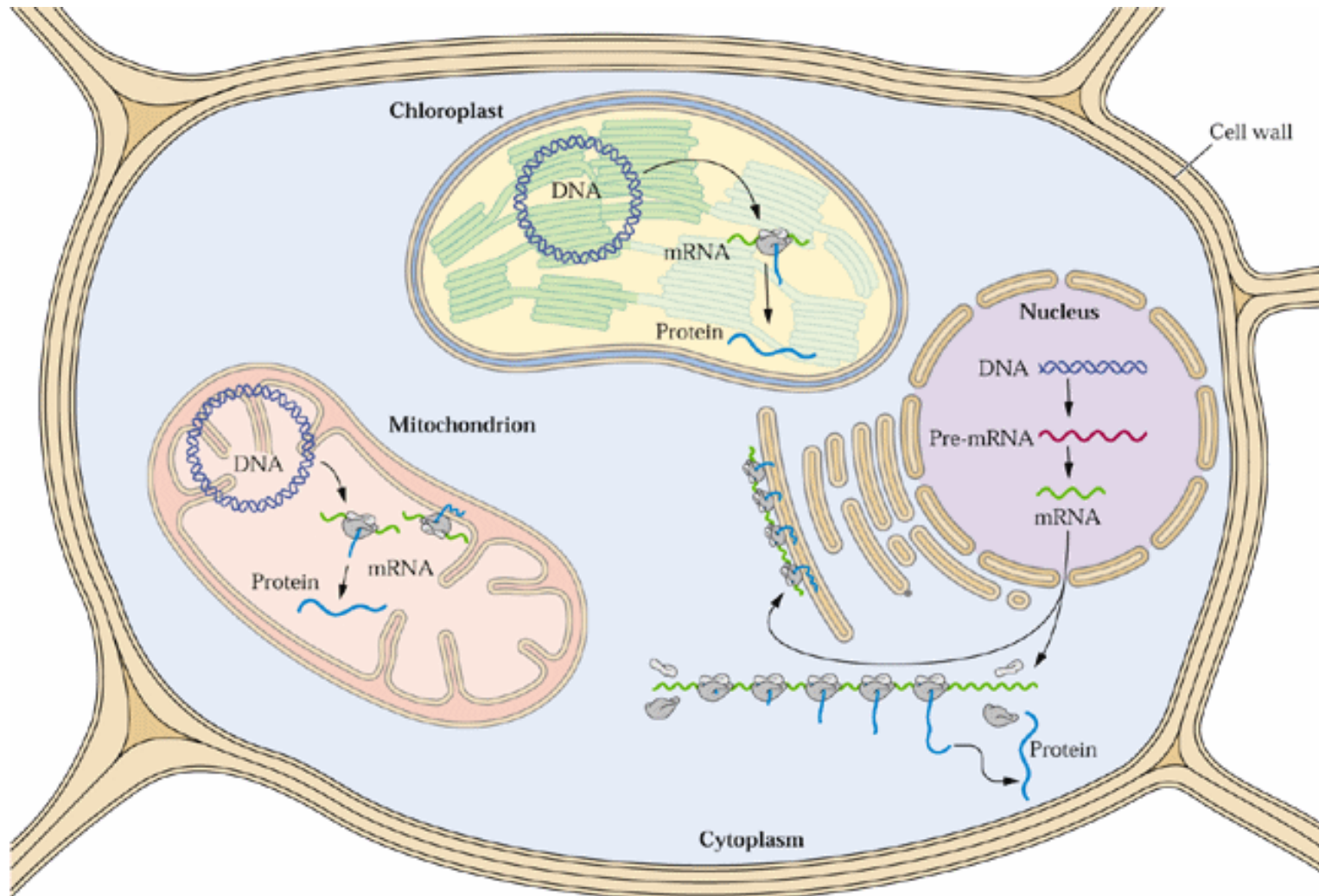
Le noyau a « aspiré » une grande partie du génome plastidique





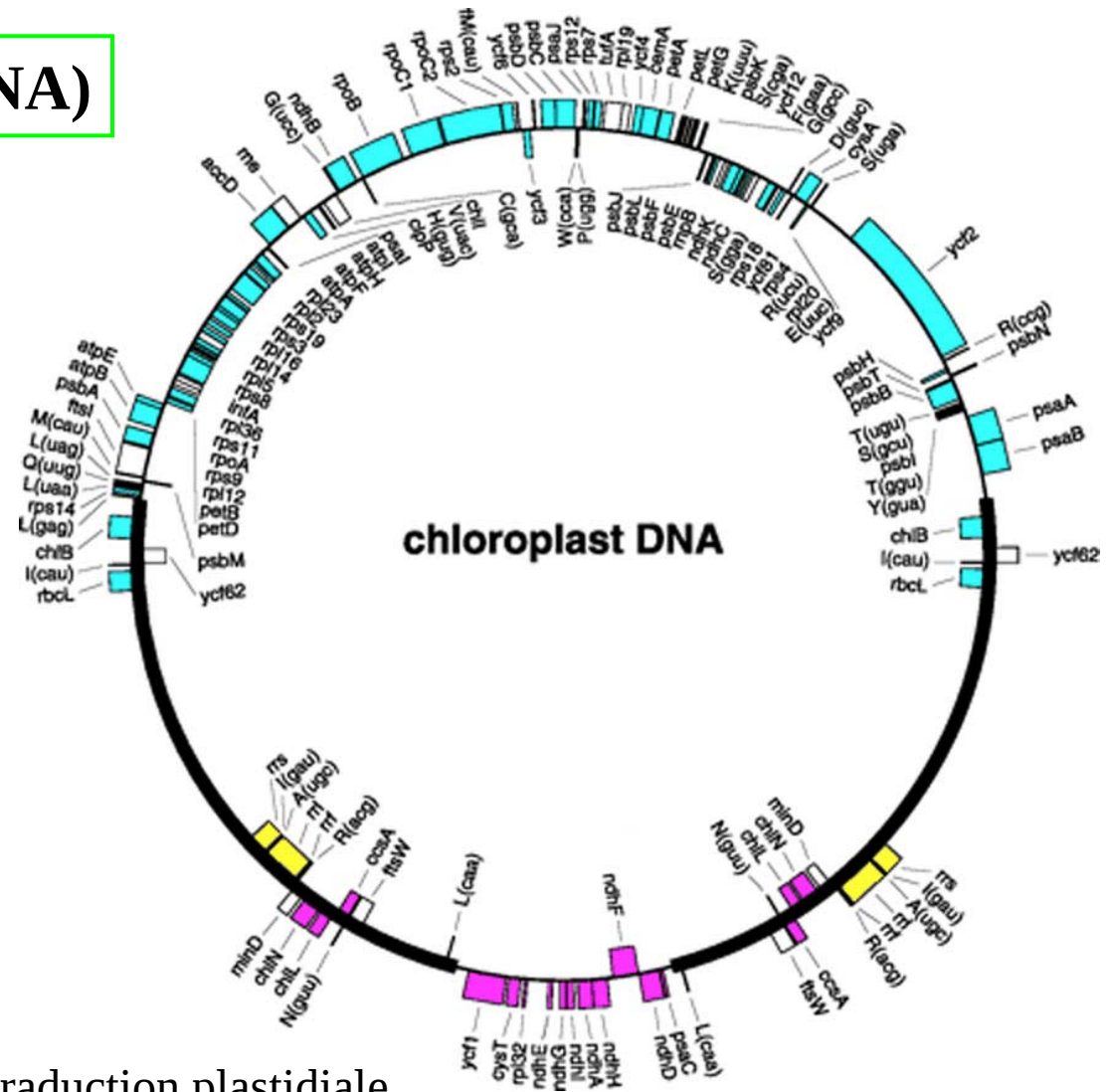
3 génomes dans la cellule végétale

- Génome nucléaire : ADN double brin linéaire
- Génomes mitochondrial et chloroplastique : ADN double brin circulaire



ADN du chloroplaste (cpDNA)

- Petit (~150 kbp) et circulaire
- Nombreuses copies (50-100)



-Peu de gènes (~120):

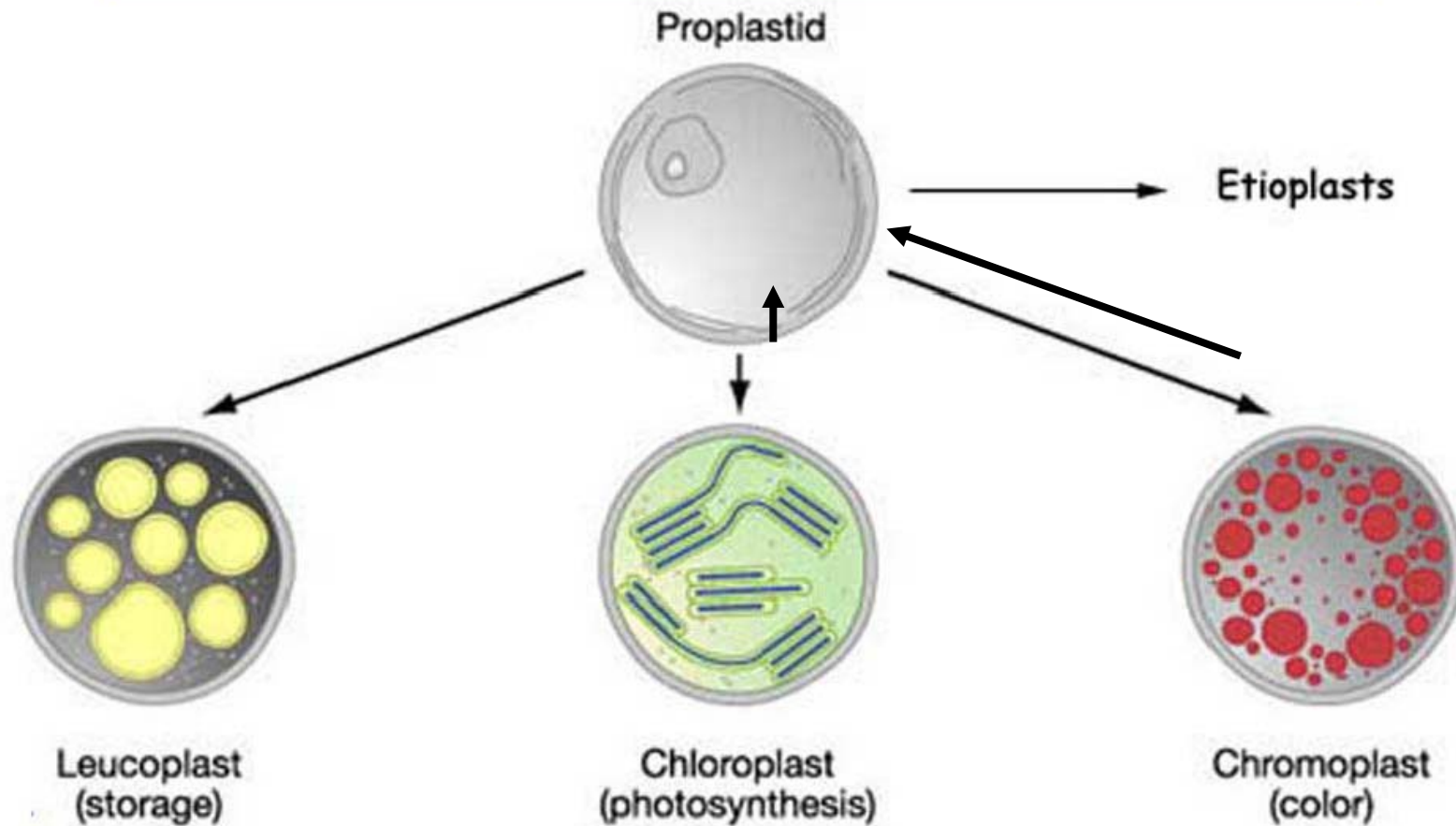
- ARN ribosomal (rRNA)
- ARN transfert (tRNA) pour la traduction plastidiale
- gènes pour le ribosome chloroplastique
- 4 gènes codant des sous unités de l'ARN polymérase
- Un gène pour la sous unité grande de la RUBISCO
- 9 gènes pour les photosystèmes I et II
- 6 gènes pour l'ATP synthase

Synthèse de protéines

Photosynthèse

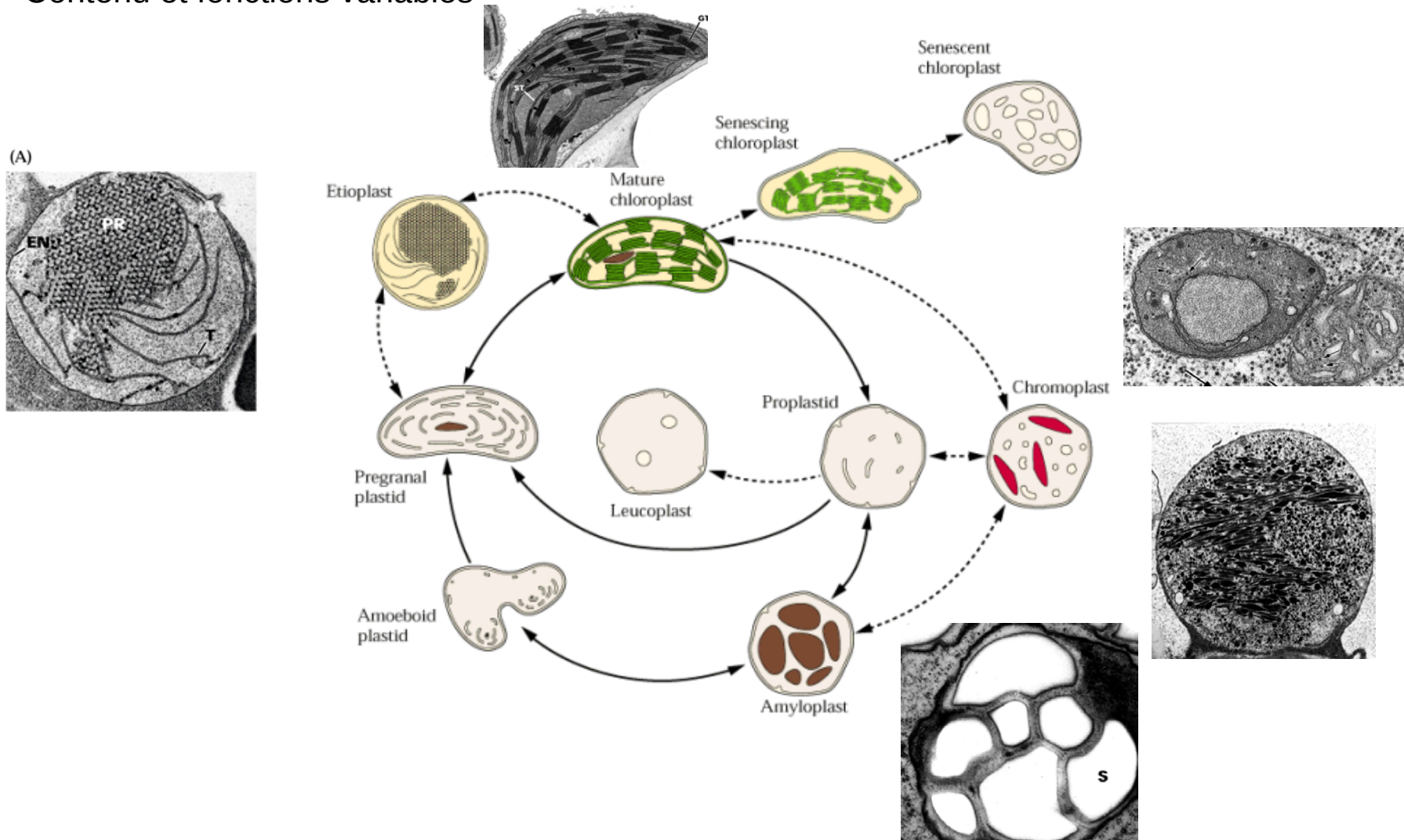
Plastikos, en grec : modulables, flexibles

Tous les types de plastes peuvent dériver des proplastides
(mais aussi par division d'un plaste déjà existant ou sa différenciation)

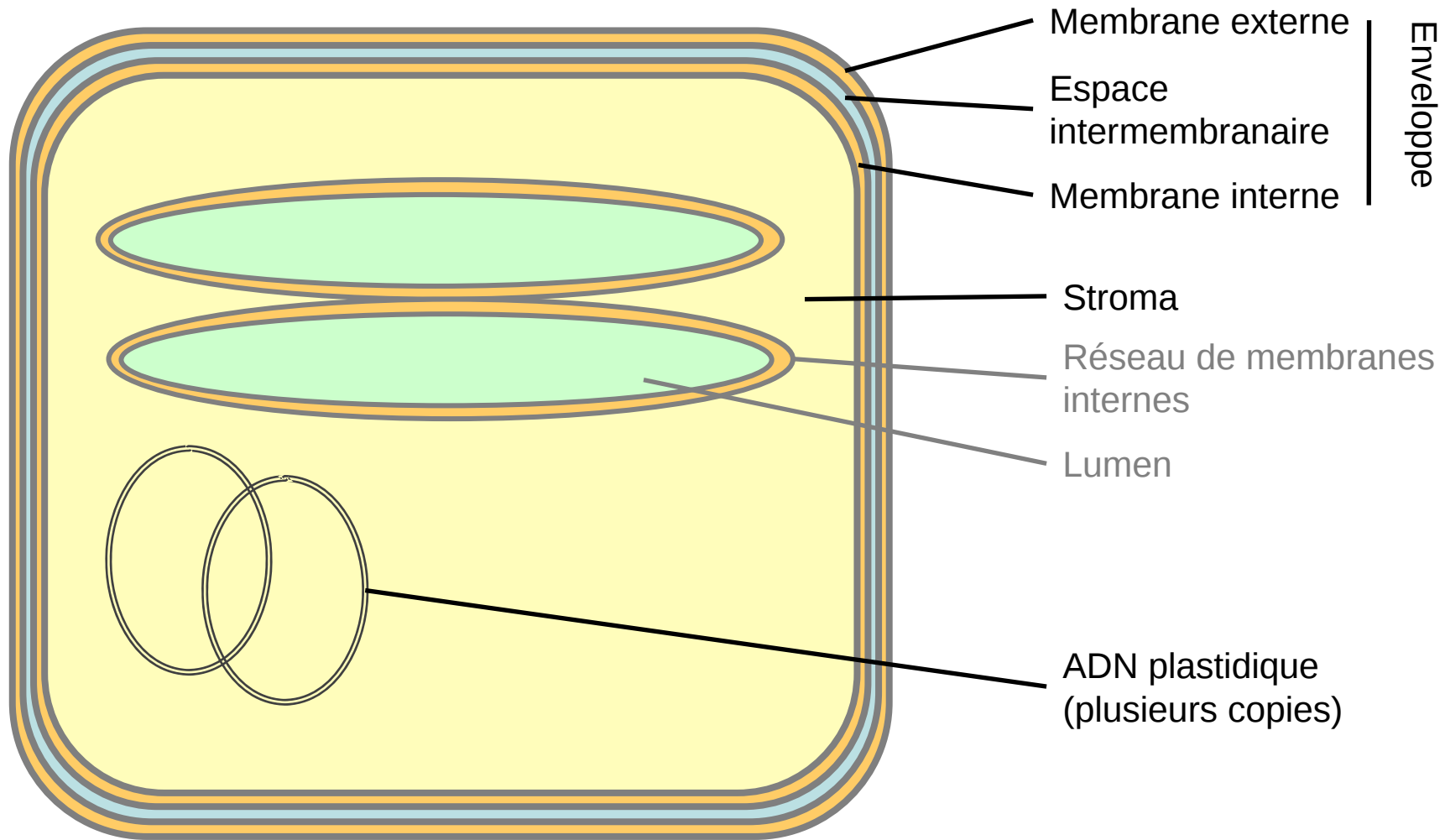


Plastes

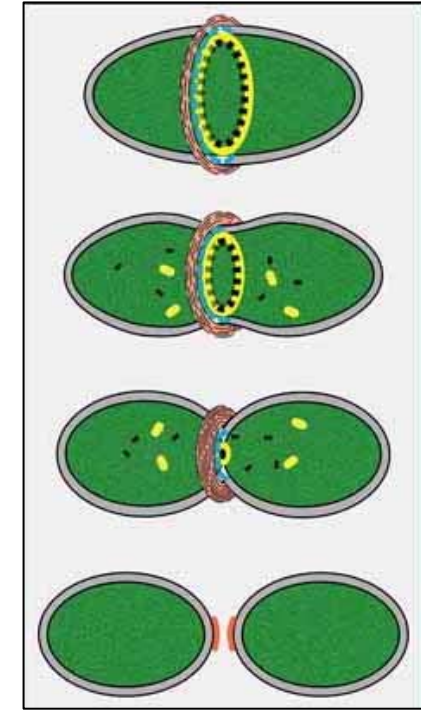
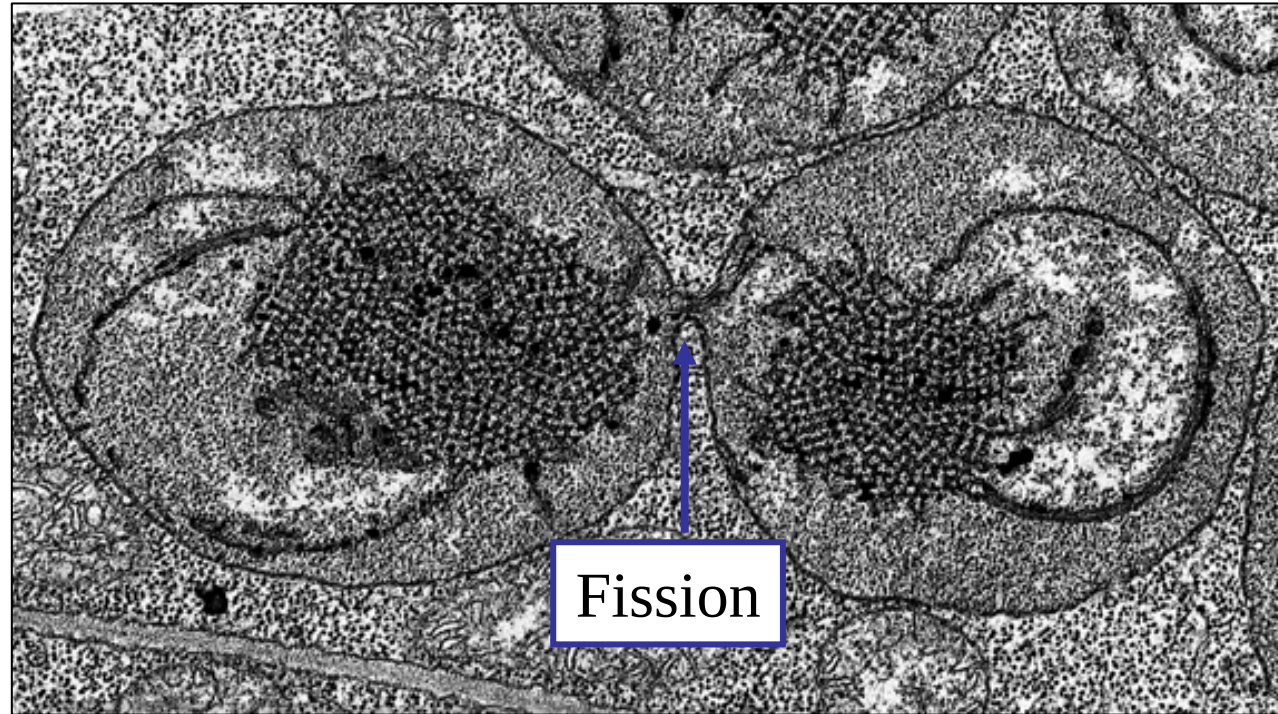
- Nombre de chloroplaste par cellule variable (1 à plusieurs centaines par cellule),
- Taille et forme variables,
- Contenu et fonctions variables



Structure des plastes



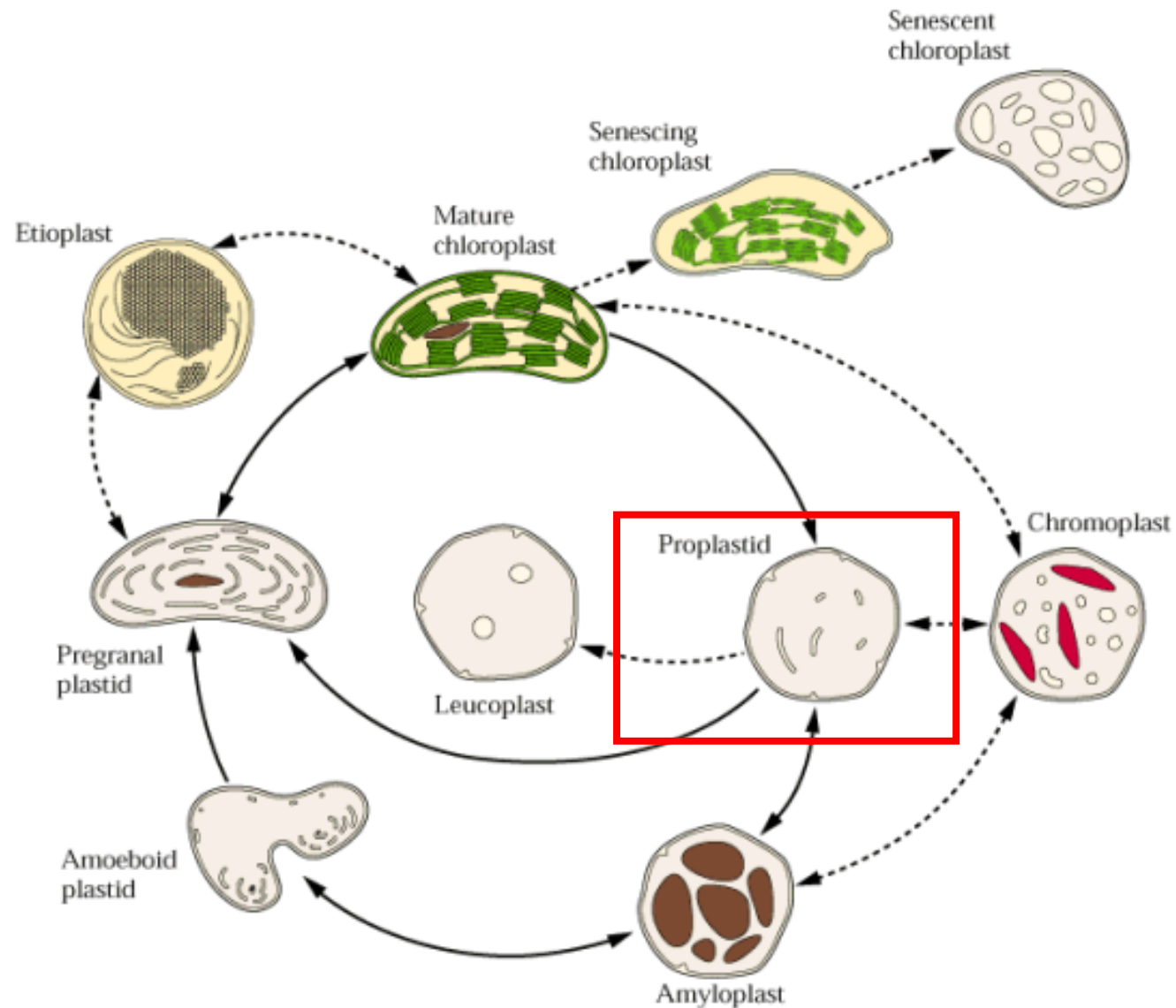
Division des plastes par fission



La division se passe par « fission » d'un plaste déjà existant (il n'est pas possible de former un plaste *de novo*).

Les plastes peuvent être présents en nombre variable, de un jusqu'à une centaine par cellule.

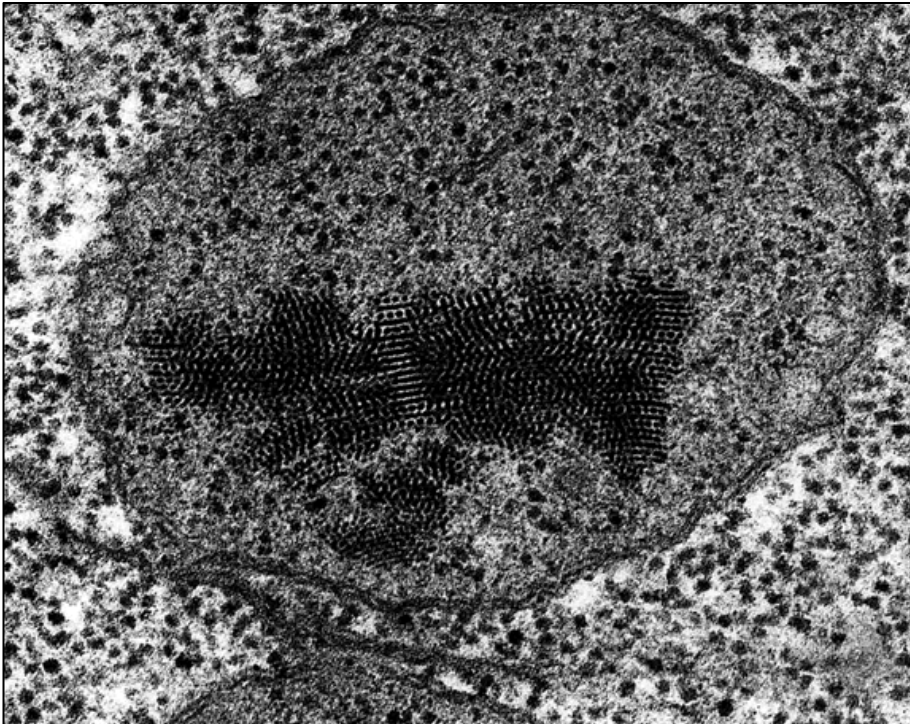
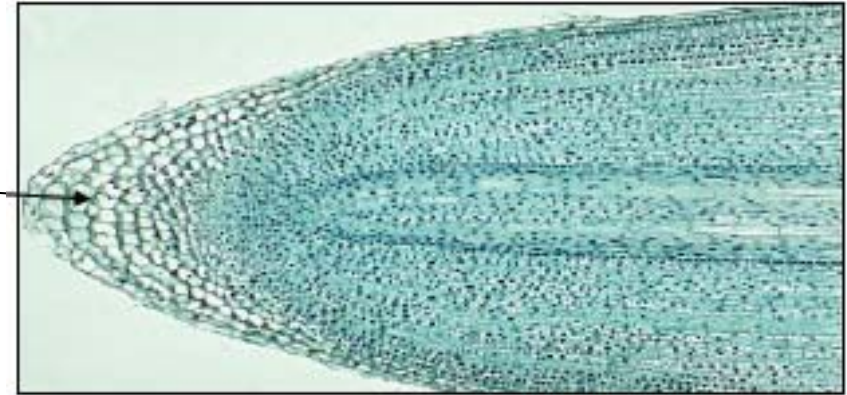
Tous les plastes se différencient à partir du **proplaste** ou par division d'un plaste déjà existant



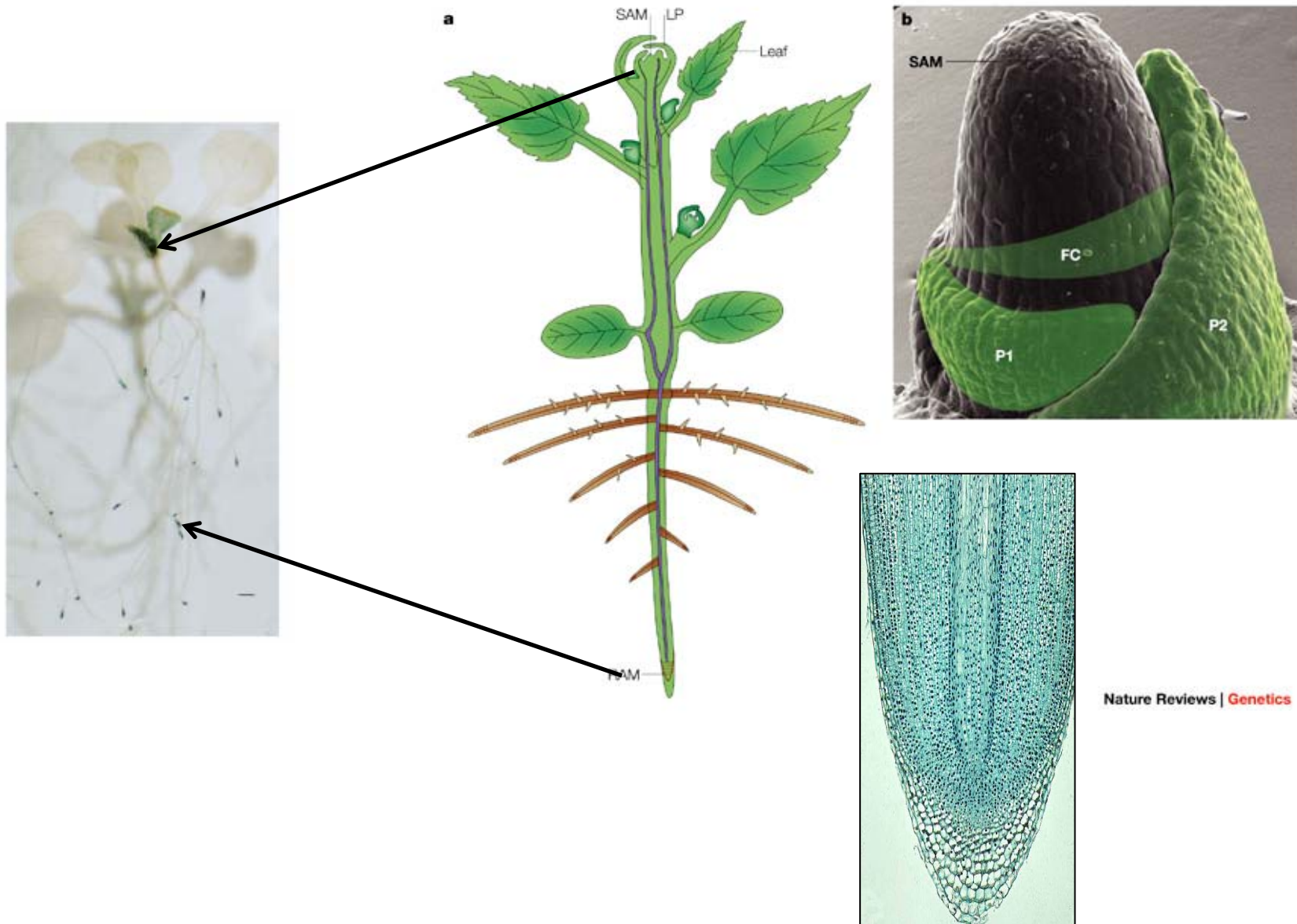
Proplastes

Précurseurs des autres plastes présents dans les régions de croissance de plantes (méristèmes).

Le stroma est dense et granuleux, peu de ribosomes et le système de membrane interne est peu développé.



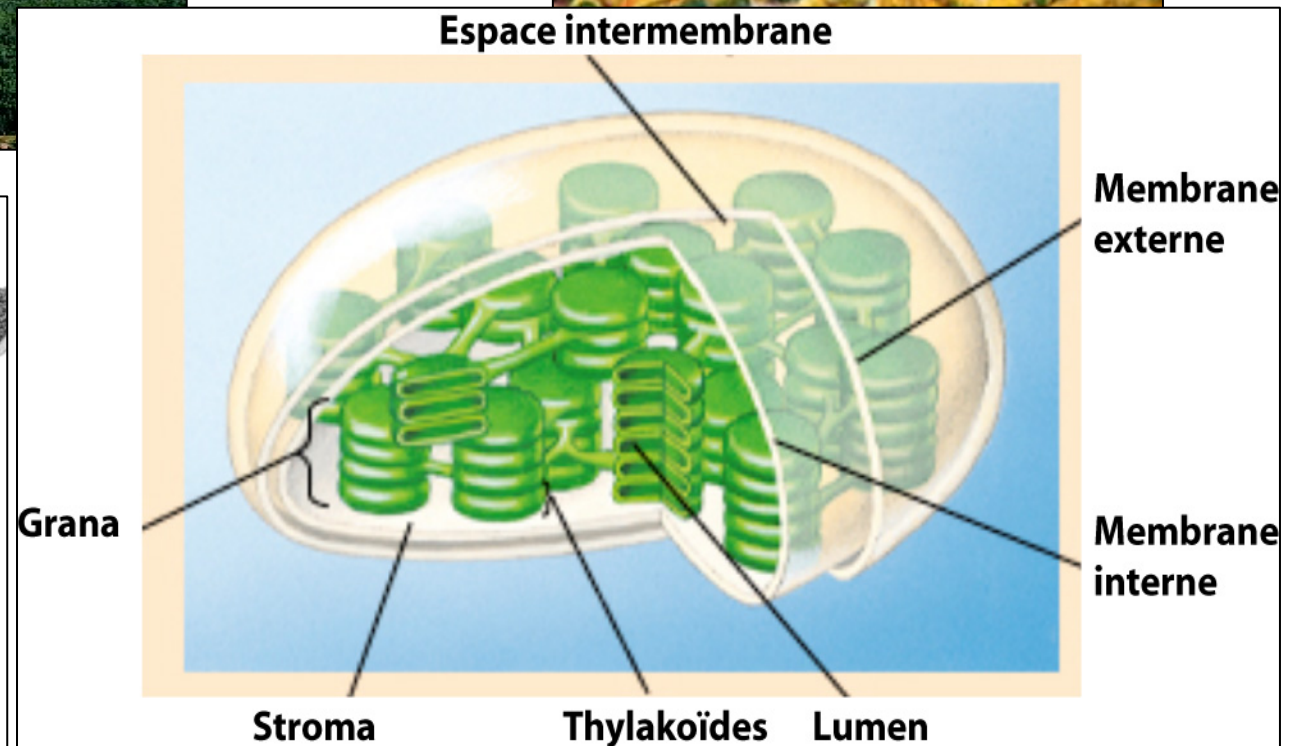
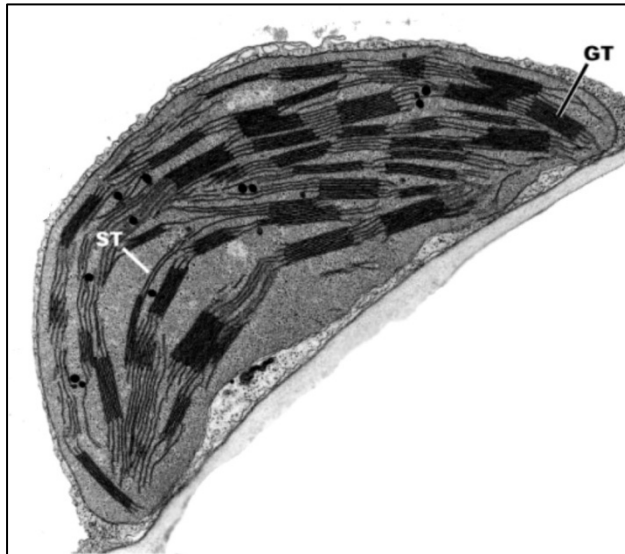
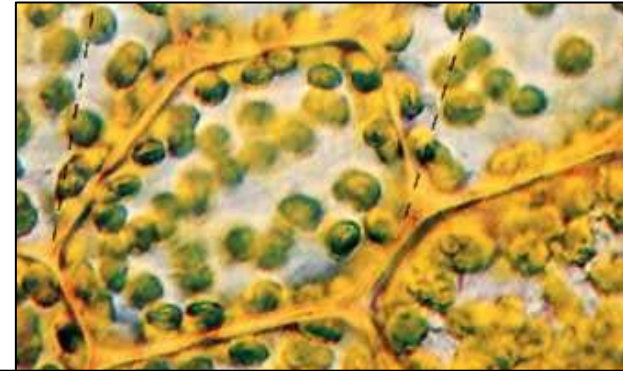
Méristèmes, zones de division cellulaire intense



Le **chloroplaste**, plaste phostosynthétique

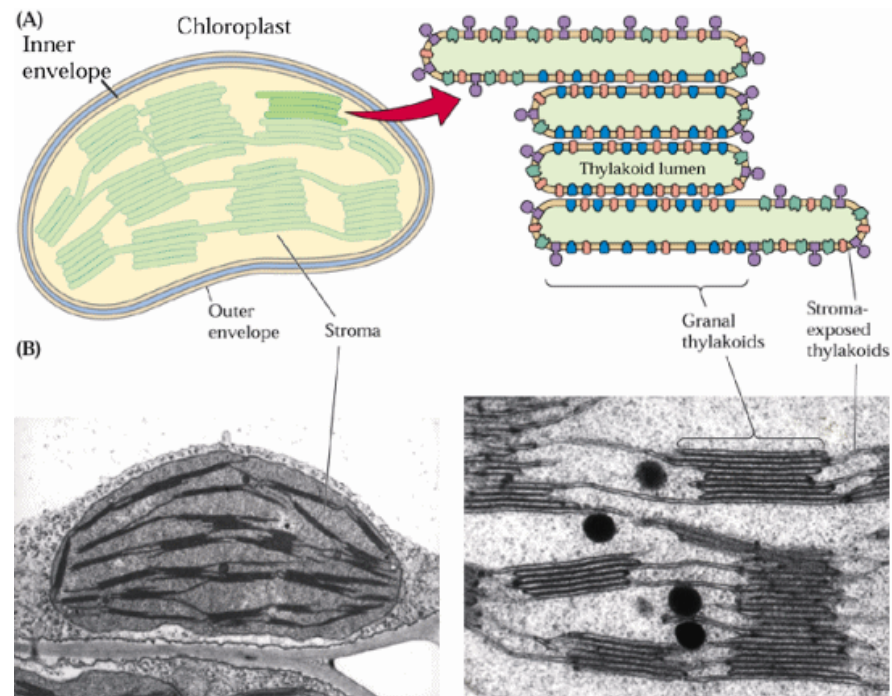


Les feuilles contiennent près d'un demi million de chloroplastes par mm-2



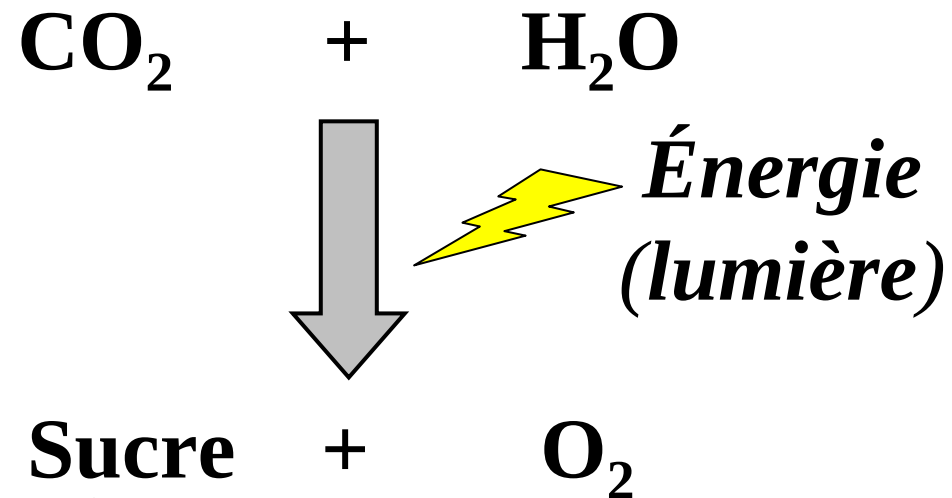
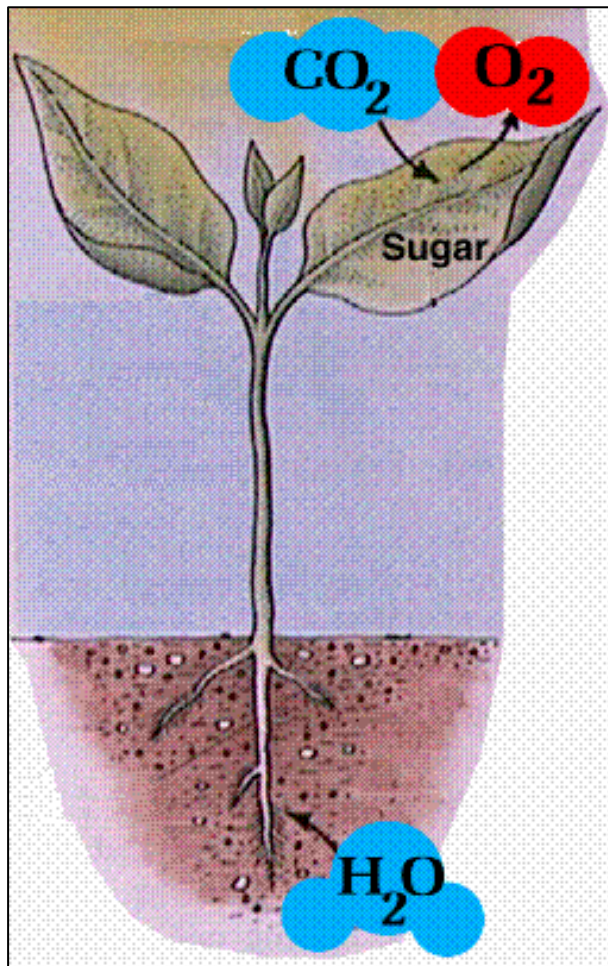
Fonctions du chloroplaste

- Photosynthèse
- Stockage de métabolites
- Synthèse de molécules clés pour l'architecture et les fonctions de la cellule (acides gras et acides aminés aromatiques)



La photosynthèse oxygénique

La photosynthèse est un mécanisme qui permet de « capturer » l'énergie lumineuse et de la « stabiliser » en forme utilisable par les mécanismes cellulaires (énergie chimique sous forme de sucres).



L'énergie est stockée sous forme chimique et utilisée pour le métabolisme cellulaire

La photosynthèse oxygénique

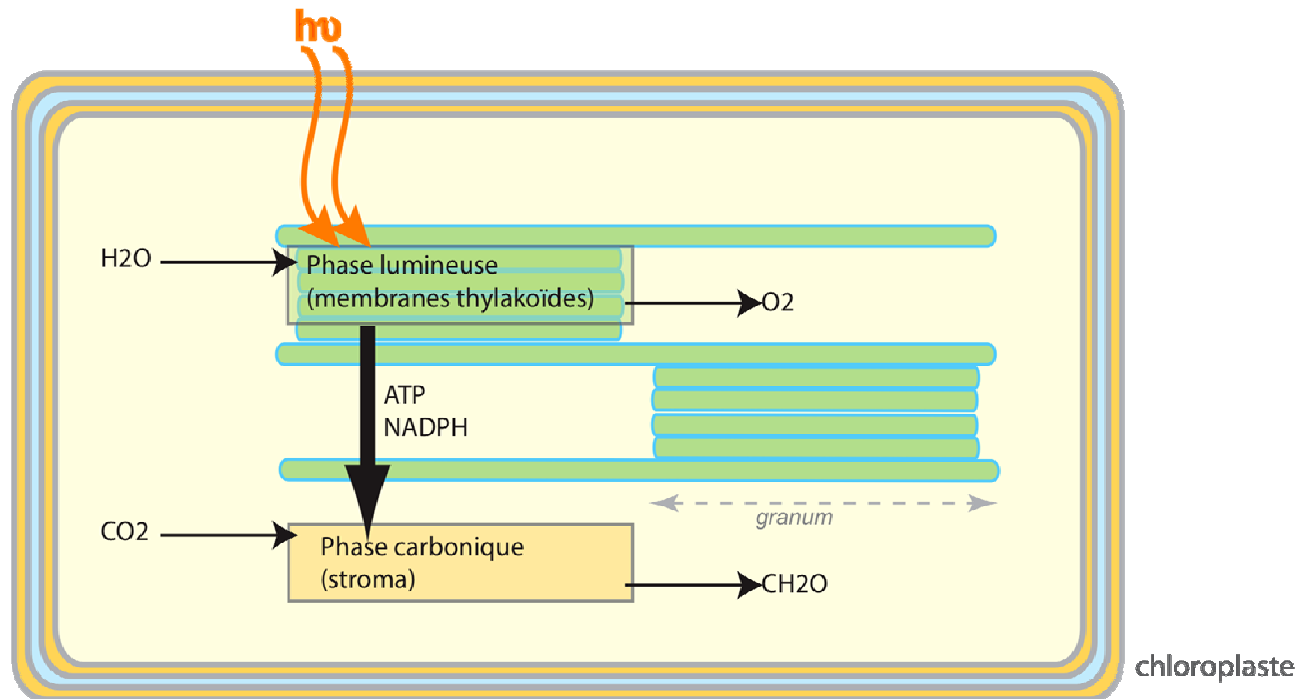
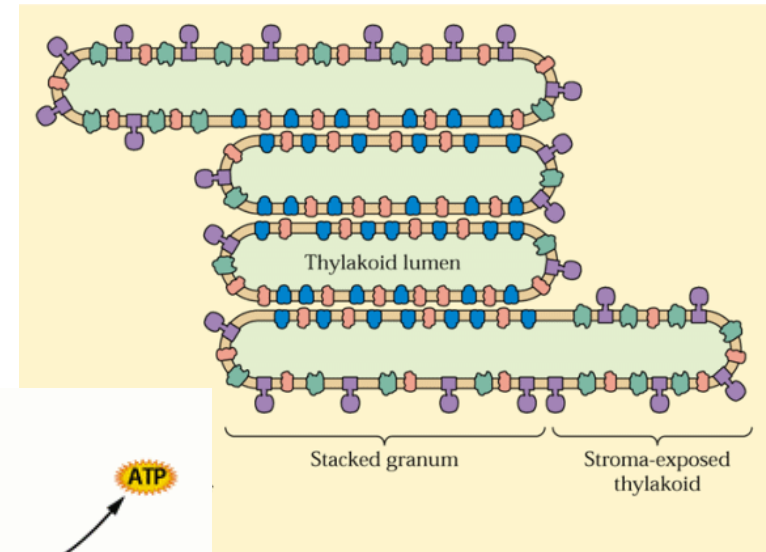
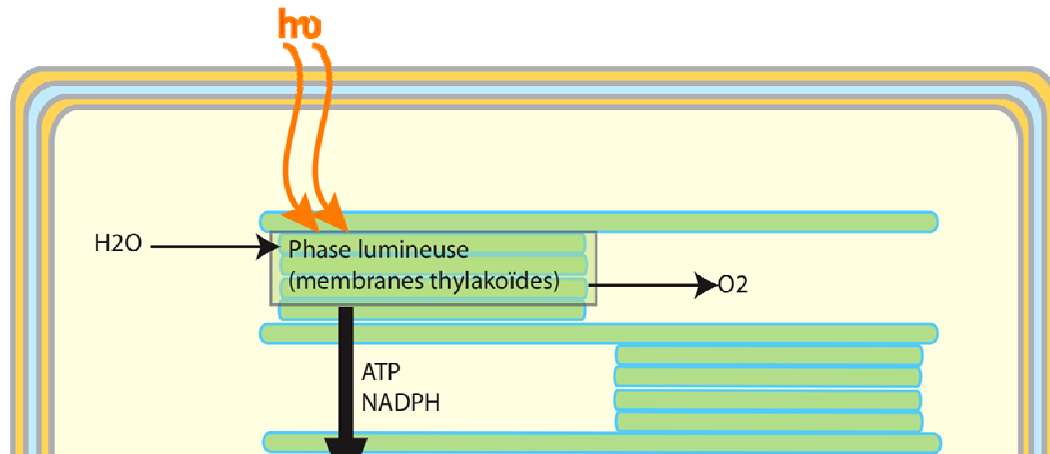
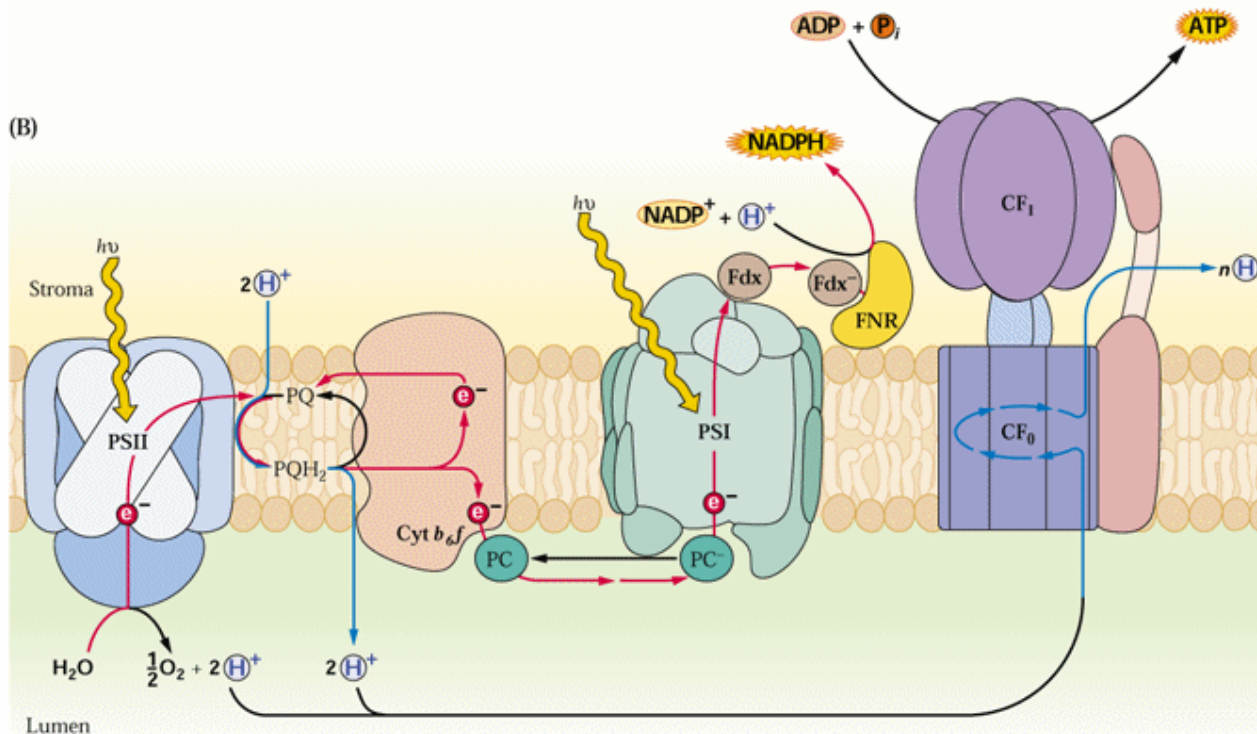


Figure I2-1. La photosynthèse oxygénique. Représentation schématique des deux phases de la photosynthèse oxygénique au sein du chloroplaste. L'énergie lumineuse ($h\nu$) est nécessaire à la synthèse d'ATP et de NADPH. Cette énergie chimique est ensuite utilisée au cours des réactions de la phase de fixation du carbone inorganique pour la production de sucres.

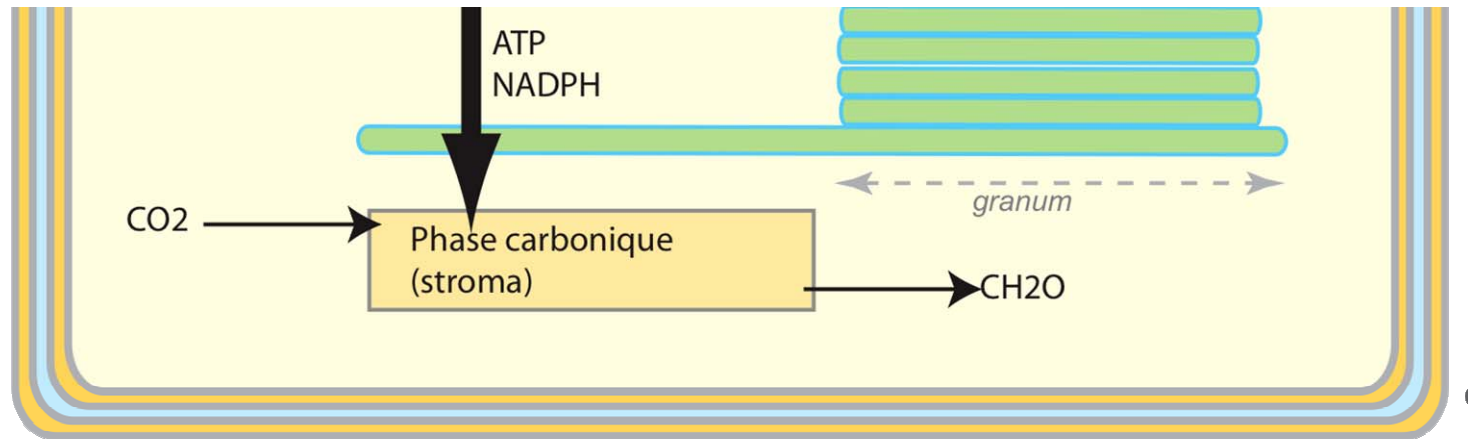
Phase lumineuse de la photosynthèse



(B)



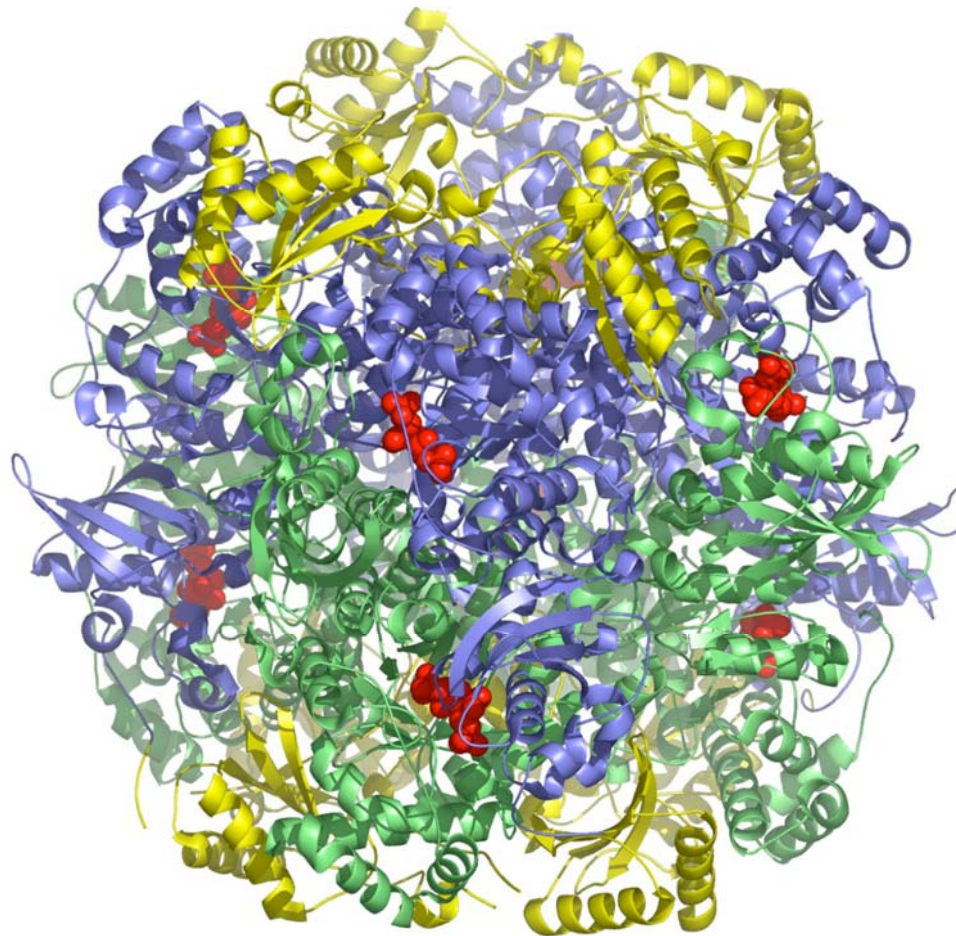
Phase carbonique de la photosynthèse



Enzymes solubles dans le stroma -> enzyme RUBISCO

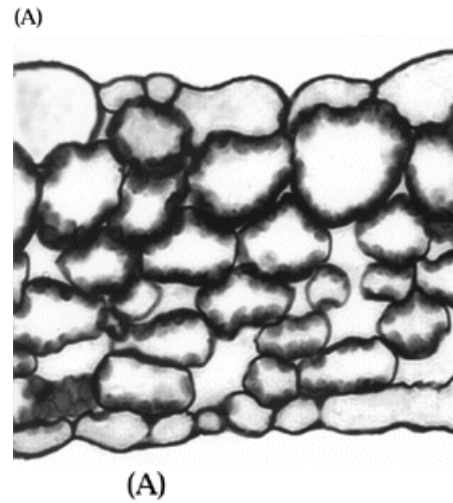
La Rubisco, enzyme star dans le stroma des **chloroplastes**

Protéine la plus abondante sur terre

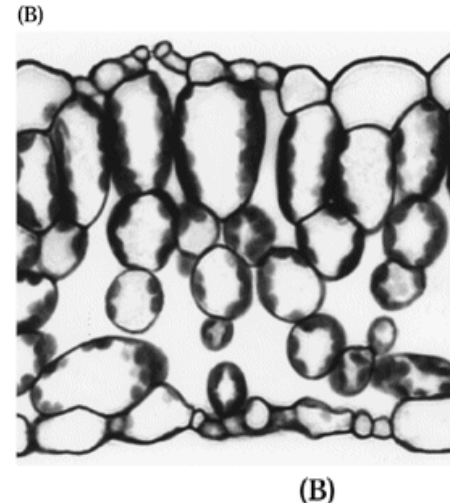


Mouvements chloroplastiques: adaptation a l'intensité de la lumière

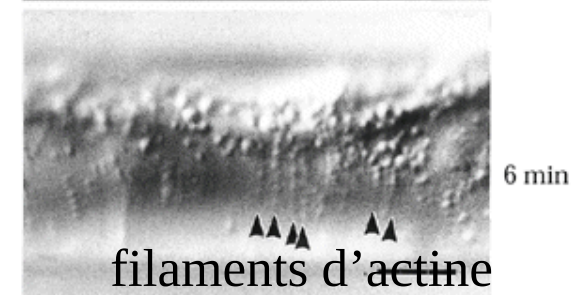
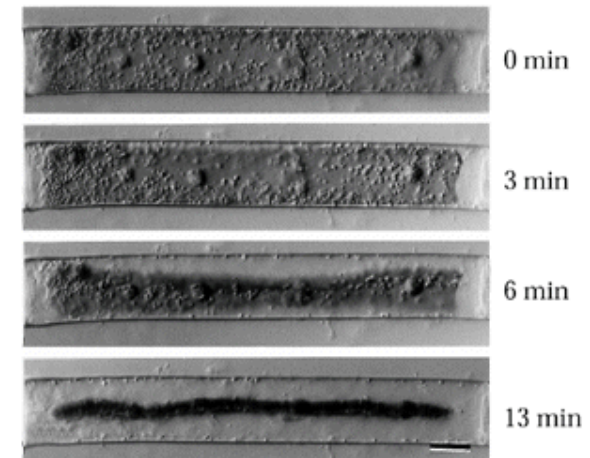
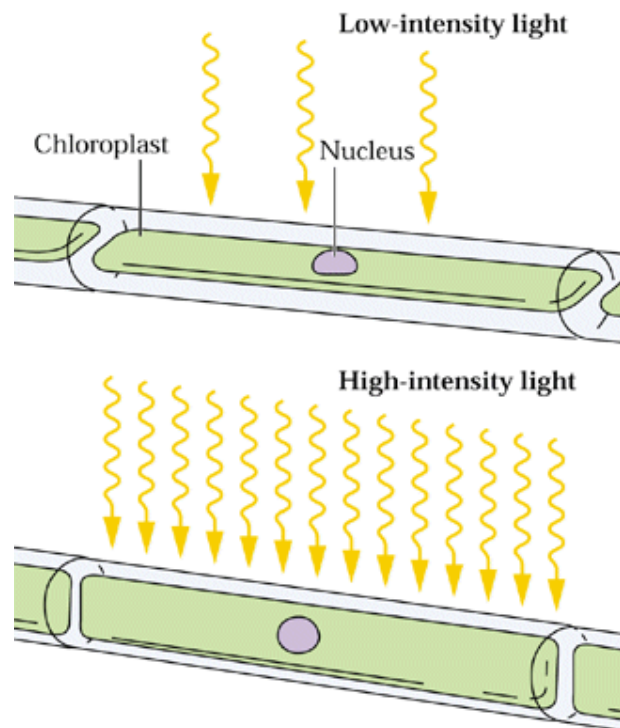
Faible lumière



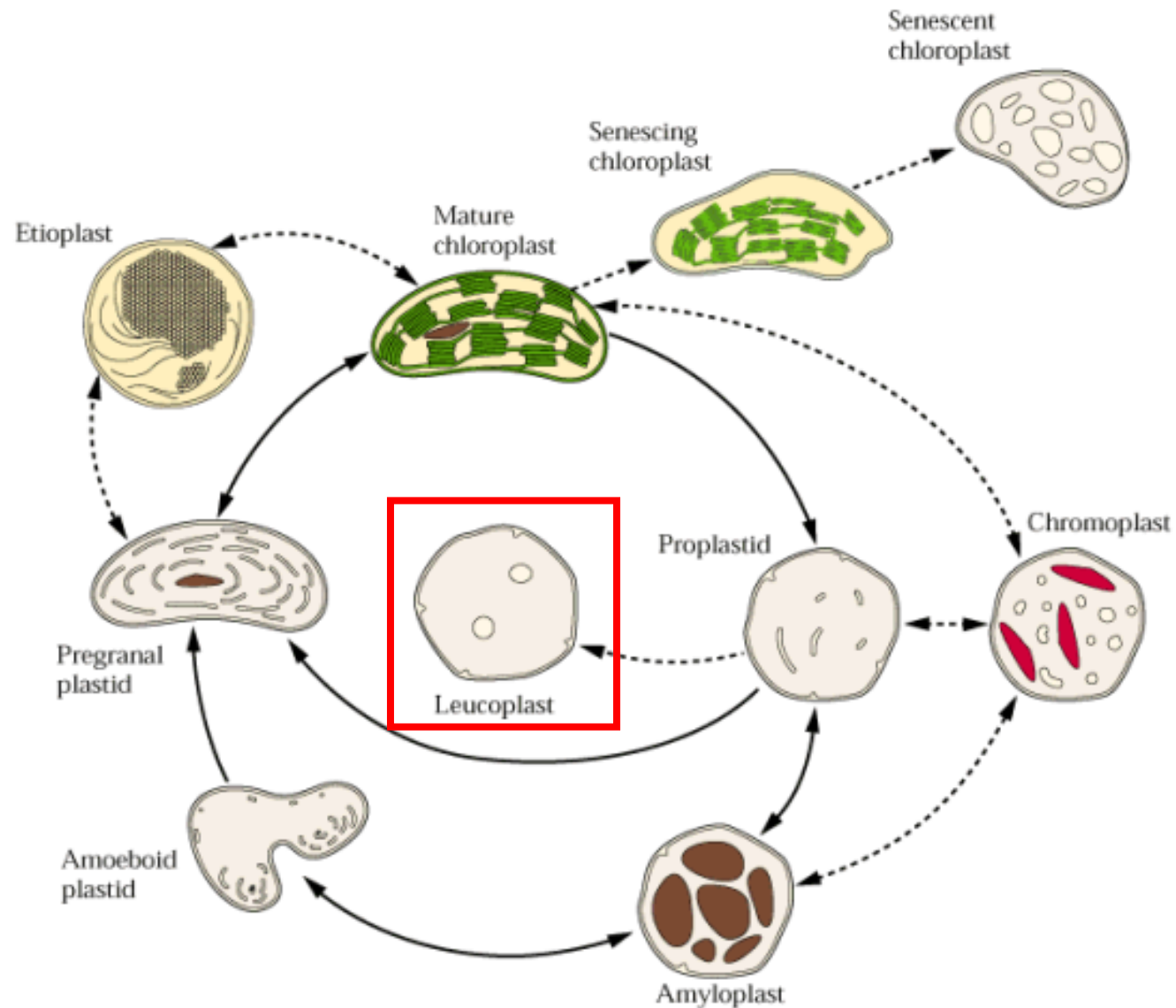
Forte lumière



cellule de l'algue
Mougeotia
un seul chloroplaste



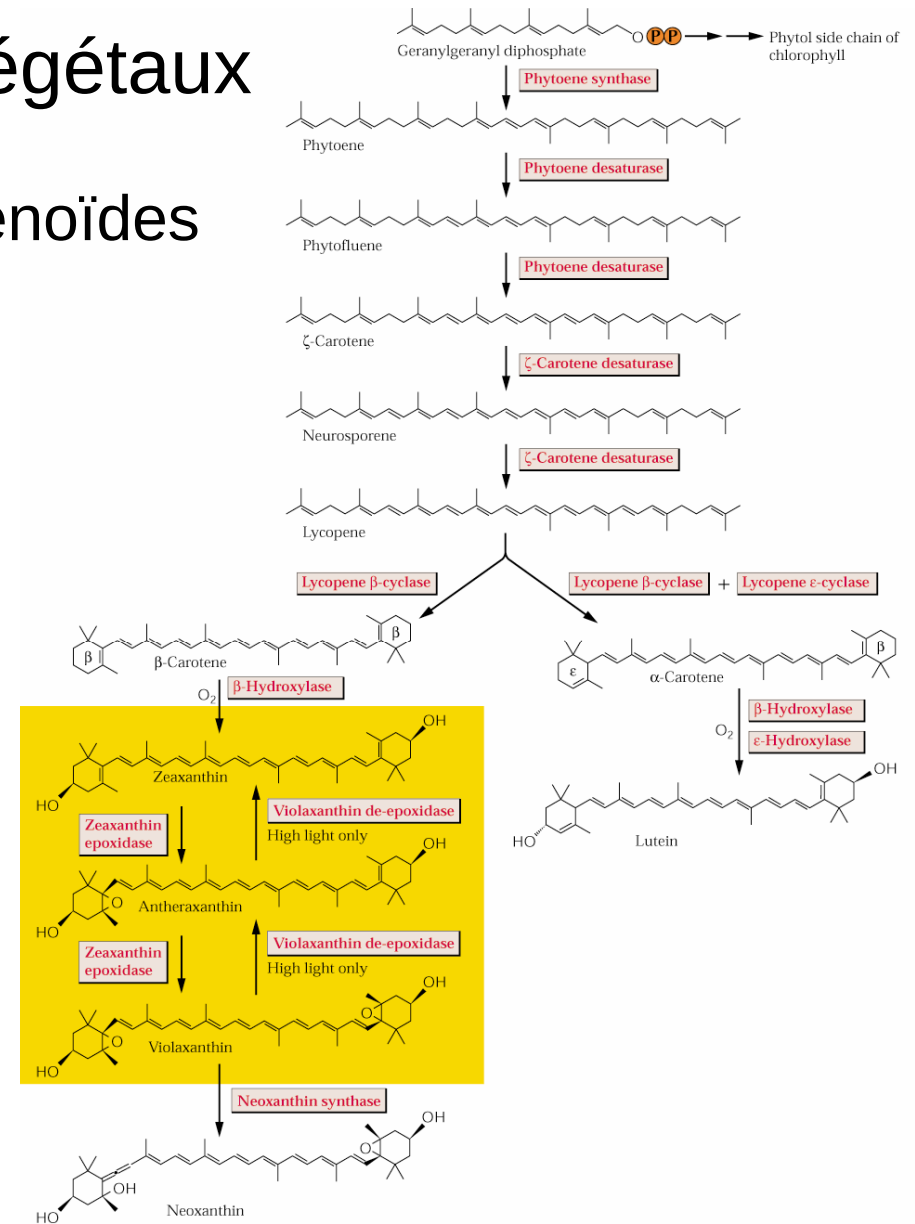
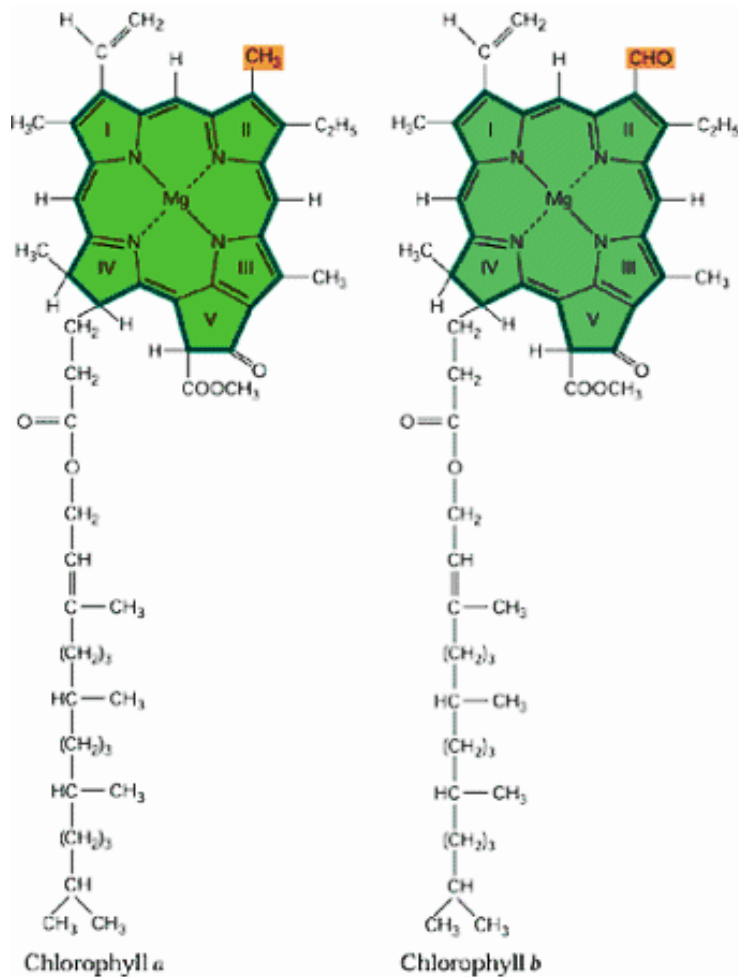
Les **leucoplastes** n'ont pas de pigment



Les principaux pigments végétaux

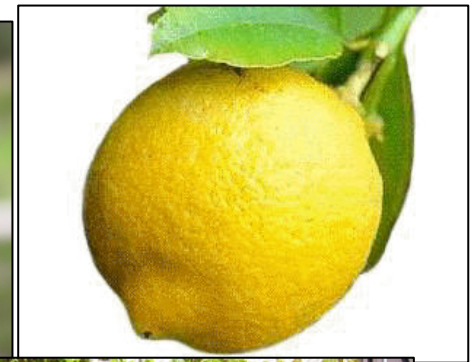
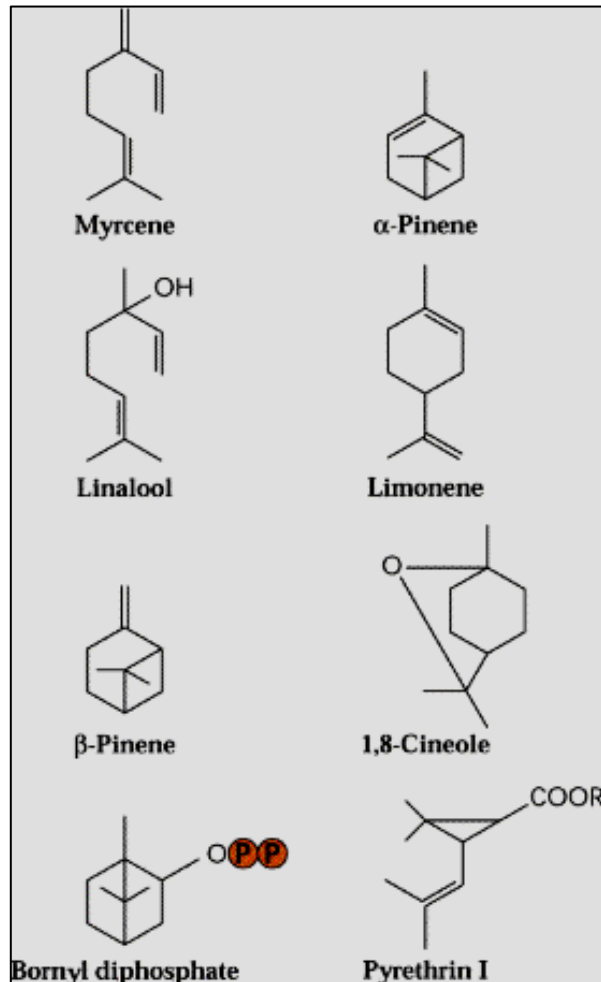
Chlorophylle

Caroténoïdes

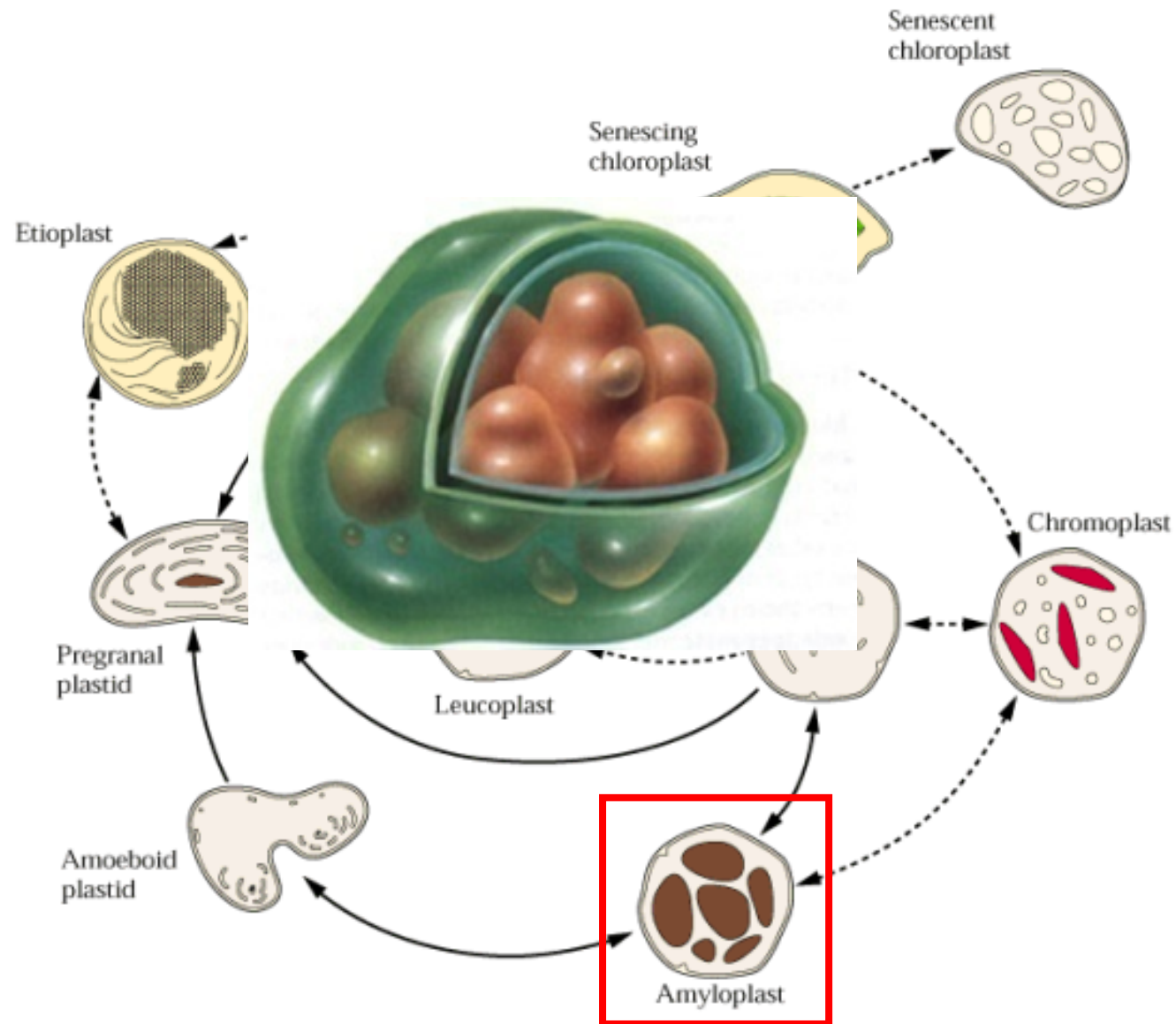


Les **leucoplastes** sont impliqués dans la synthèse de monoterpènes

Composés volatiles contenus dans les huiles essentielles des fleurs, feuilles etc., qui souvent possèdent une fragrance particulière.



Les **amyloplastes** stockent l'amidon

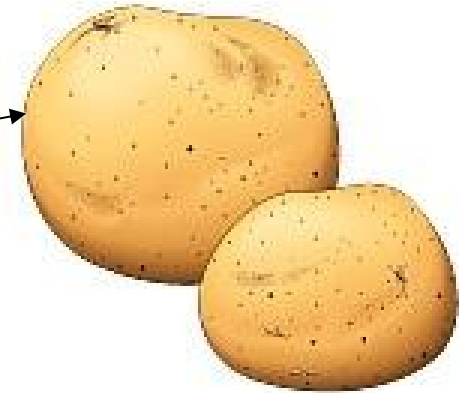
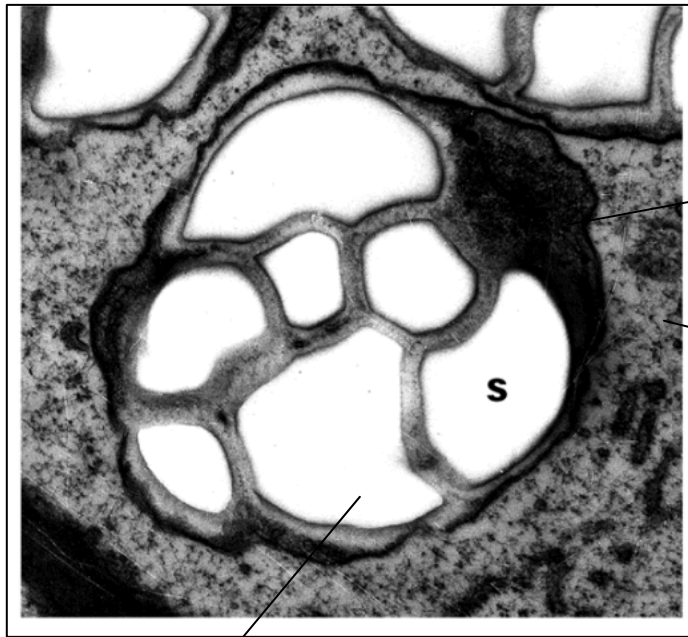


Les **amyloplastes** stockent l'amidon

Dans cellules d'organes de réserve (graines, tubercules...)

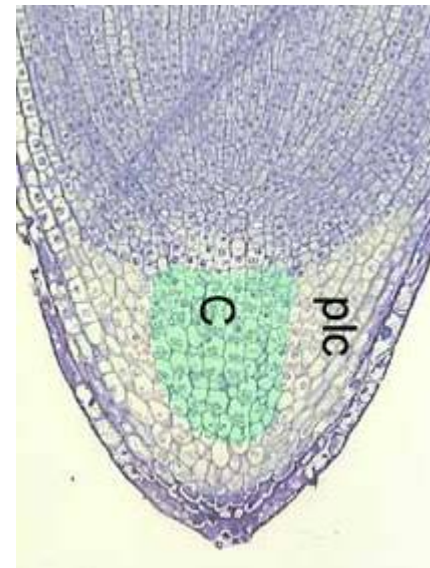
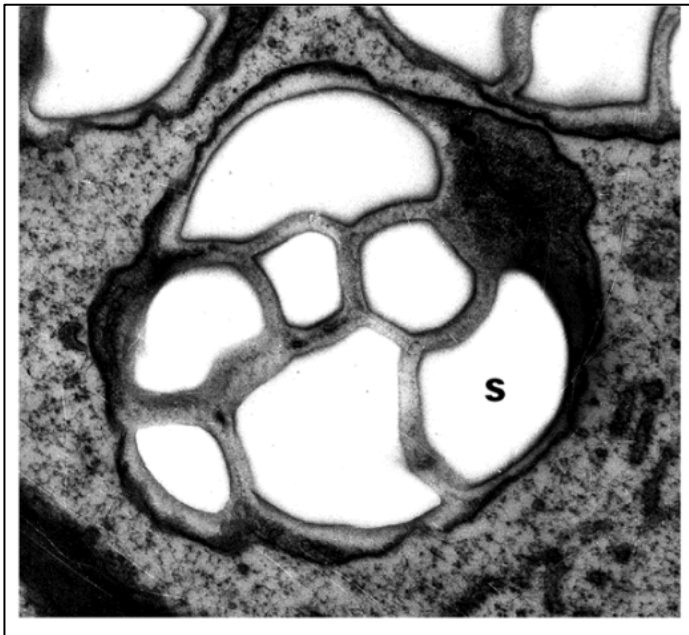
Pas de pigments

Le système de membranes internes n'est pas présent.



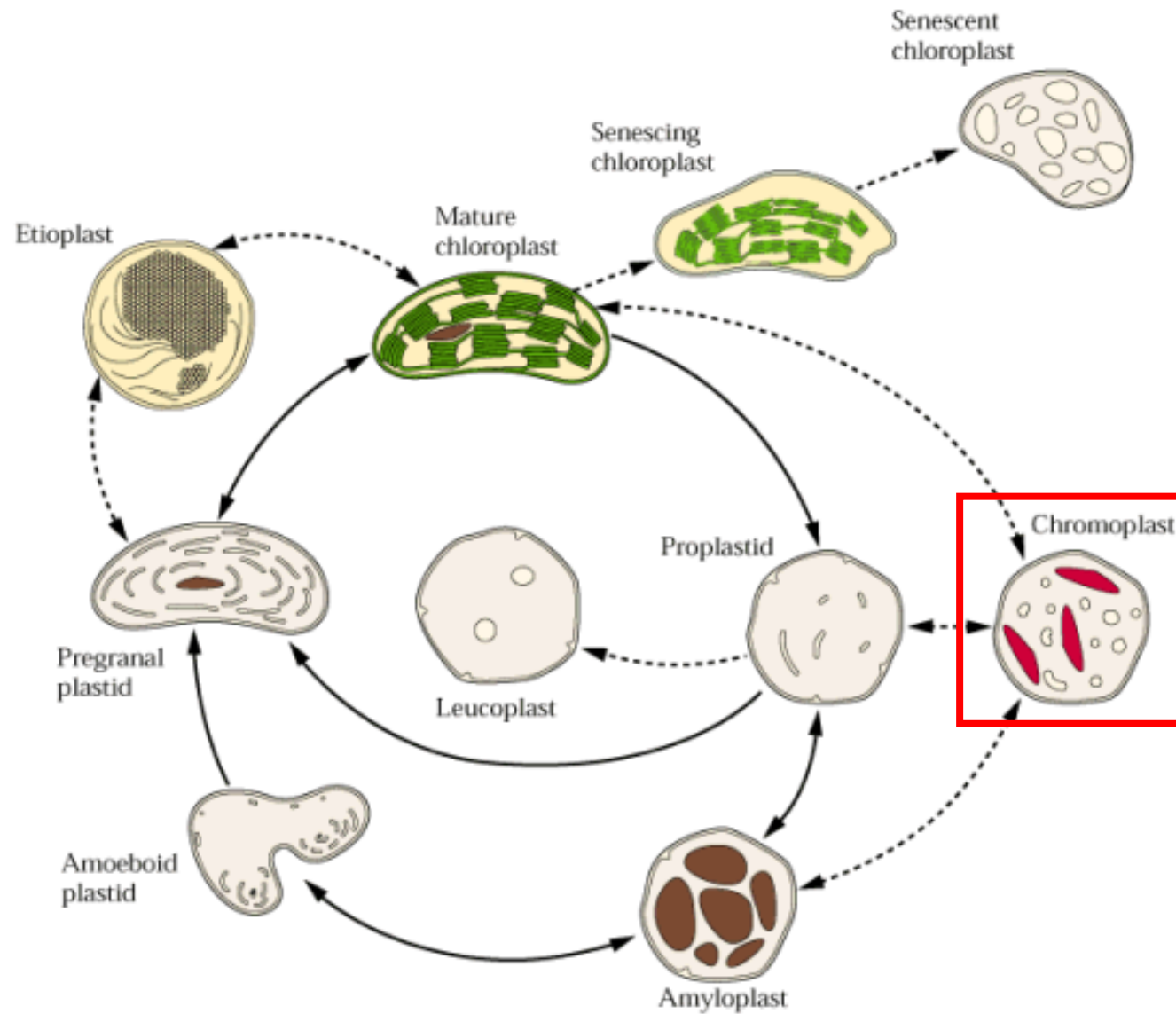
Granule d'amidon=réserve de glucose

Les grains sont compartimentés dans une matrice chez les statolithes dans les cellules de la columelle qui contrôlent la réponse gravitropique.(gravitropisme)



*C : Columelle, contenant les statocytes,
plc : partie latérale de la coiffe*

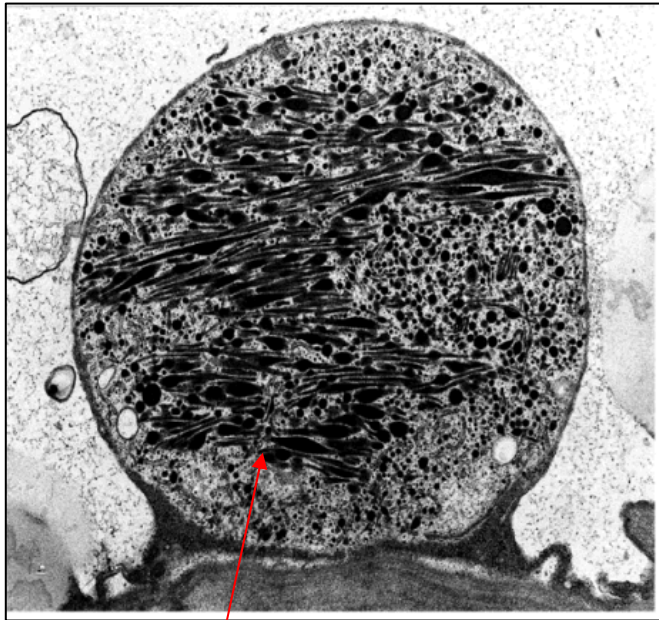
Les **chromoplastes** sont riches en caroténoïdes



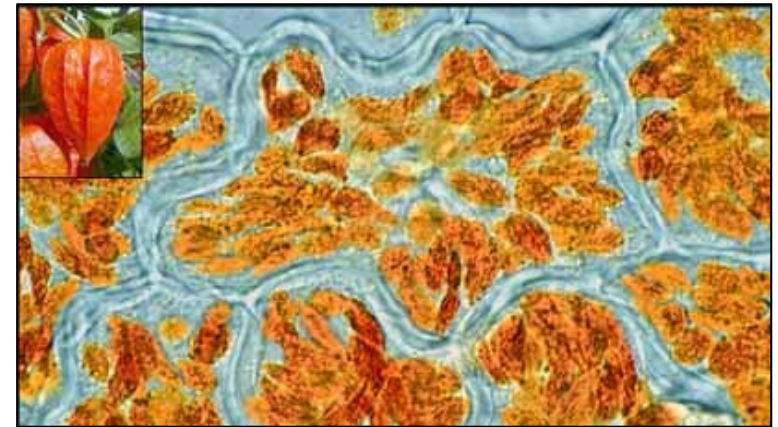
Les **chromoplastes** sont riches en caroténoïdes

Plastes colorés en jaunes, orange ou rouge. La couleur dépend de la combinaison de caroténoïdes contenus.

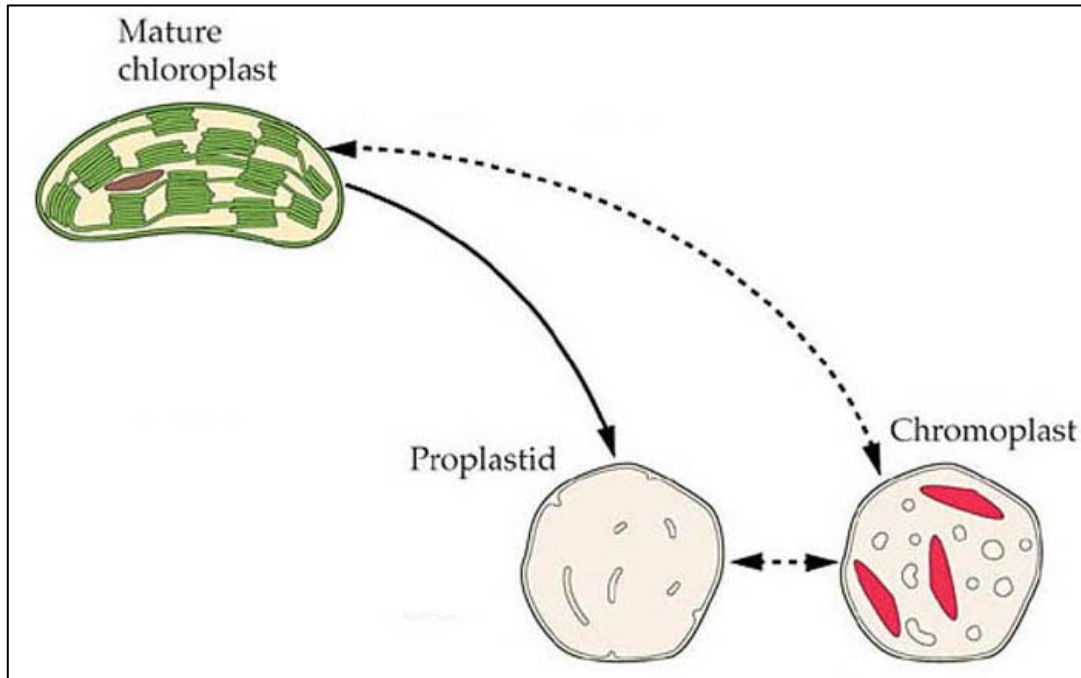
Présents dans les fruits mûrs (tomates, oranges, citrons), les fleurs, les racines (carotte).



Caroténoïdes



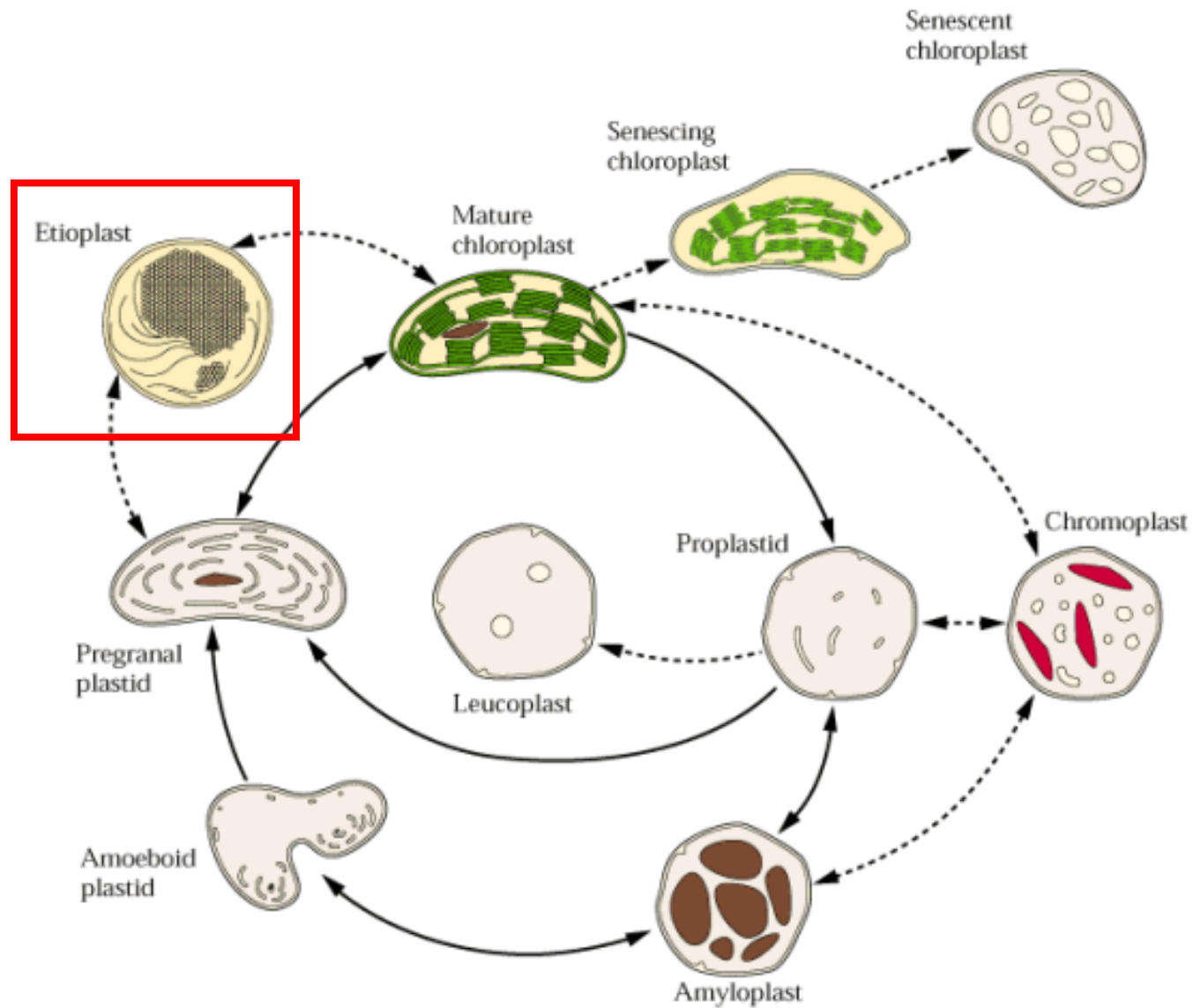
Les **chromoplastes** dérivent des chloroplastes ou les proplastides



Les caroténoïdes sont présents en grande quantité chez les chloroplastes aussi, mais la couleur est couverte par celle des chlorophylles.

Les caroténoïdes dans les deux types de plastes sont organisés de façon très différente: dans les chromoplastes ils sont organisés en cristalloïdes; dans les chloroplastes ils sont liés à des protéines.

Les **étioplastes** se différencient à l'obscurité



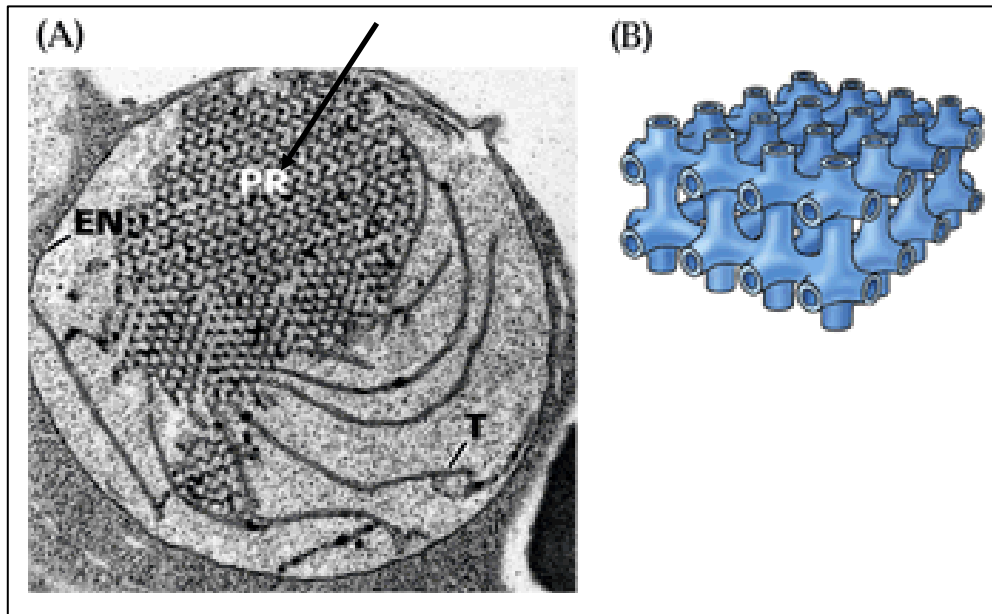
Les **étioplastes** se différencient à l'obscurité

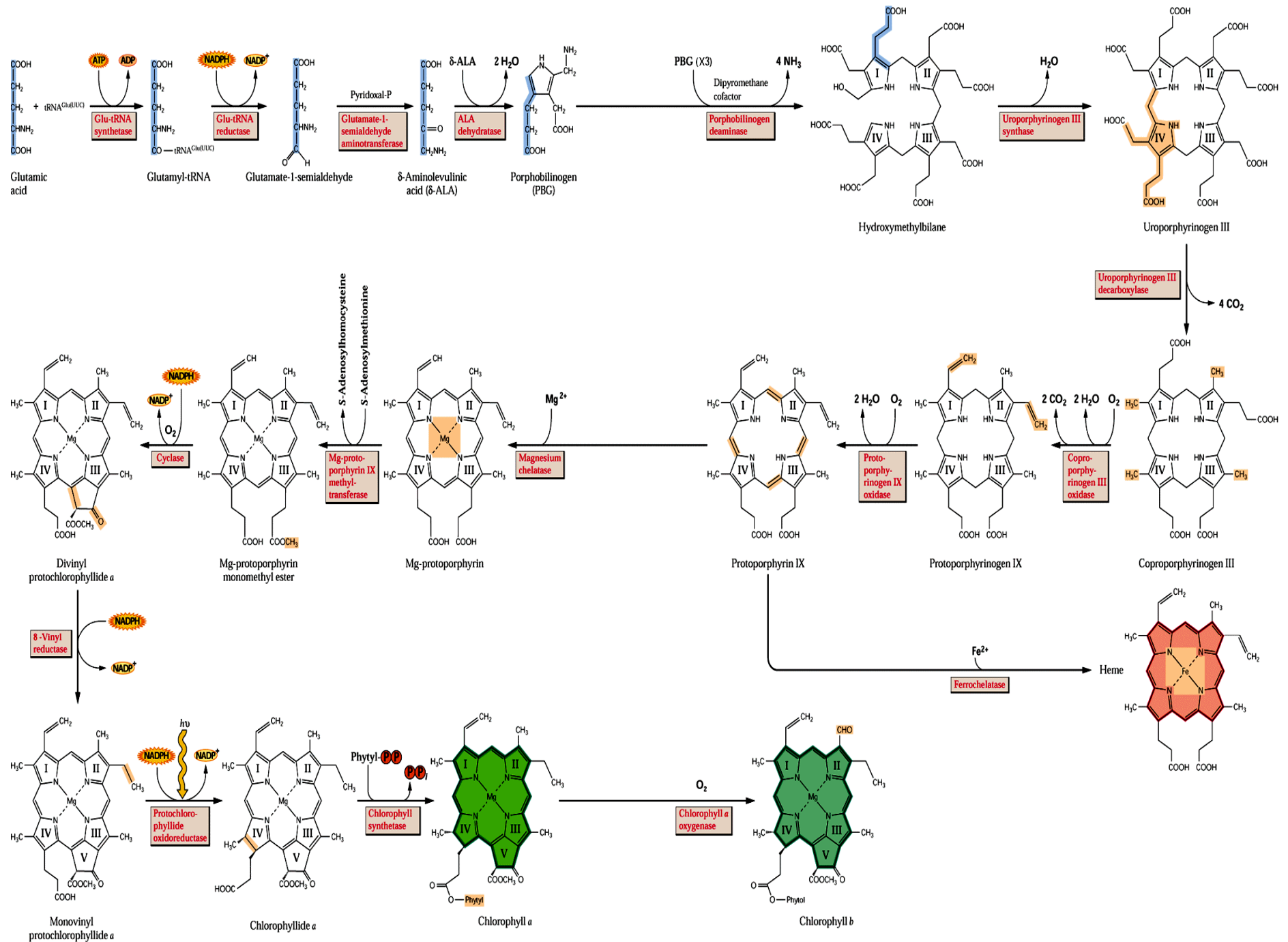
Les etioplastes accumulent un précurseur de chlorophylle : la **protochlorophyllide**.

Plante étiolée

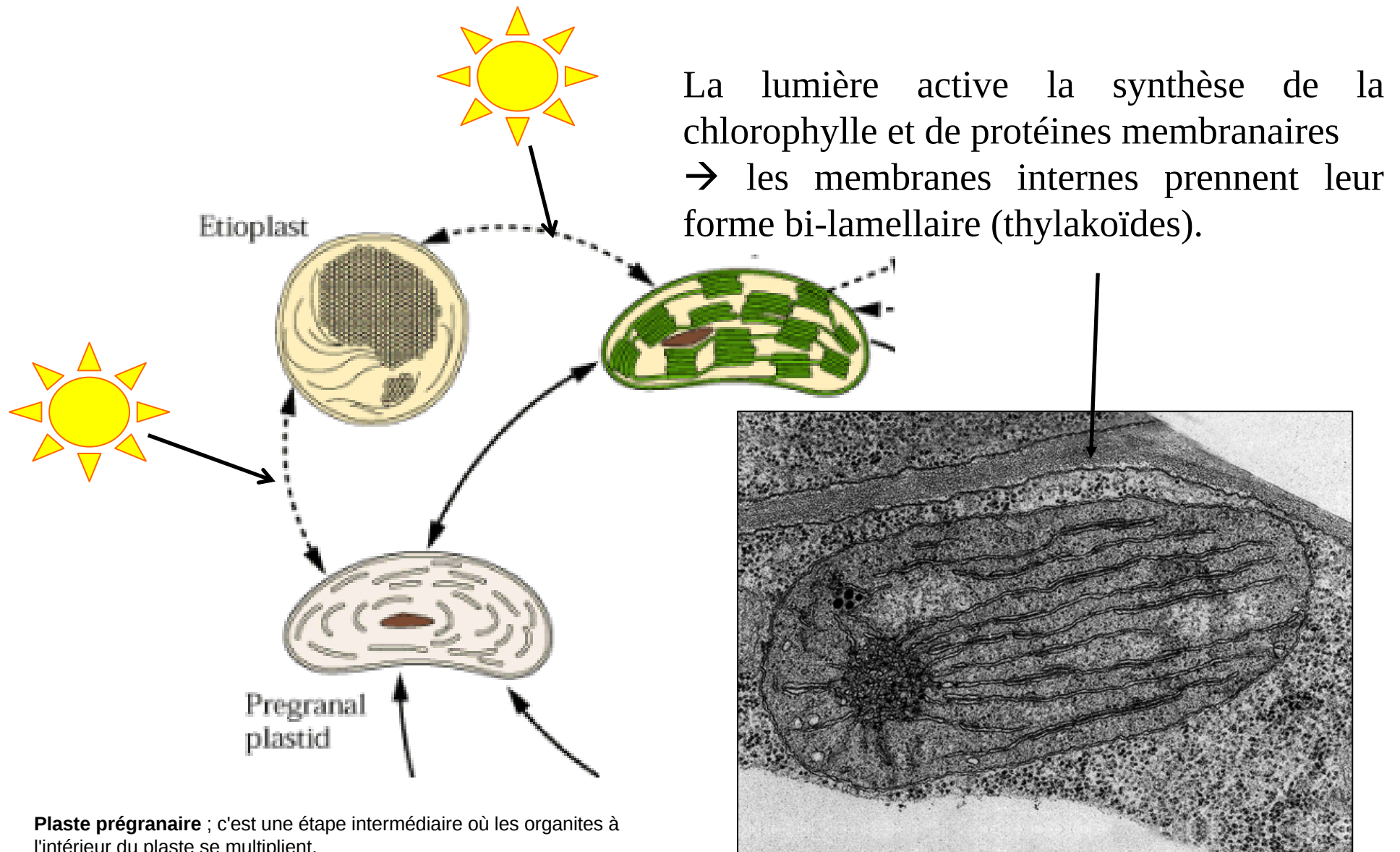


le **corps pro-lamellaire** : stockage de lipides sous forme semi-cristalline



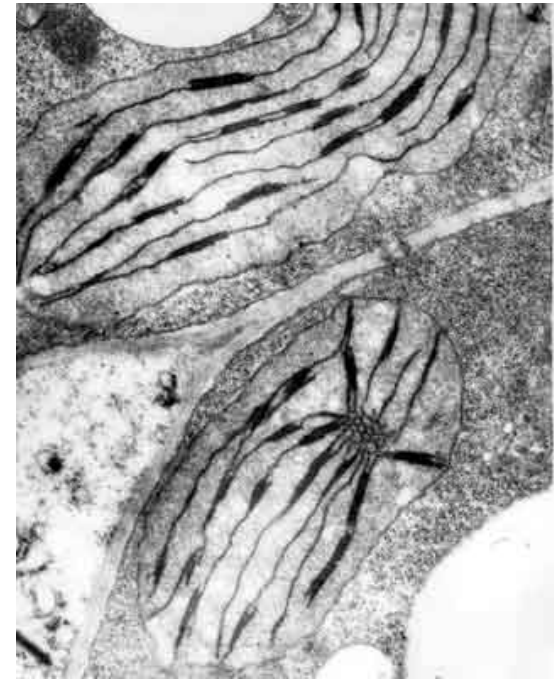


La différenciation des **étioplastes** est réversible

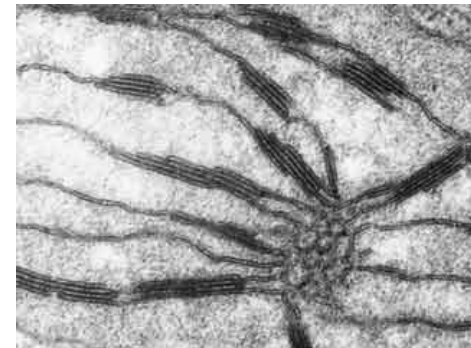


DIFFERENCIATION DES ETIOPLASTES après 12 heures de lumière

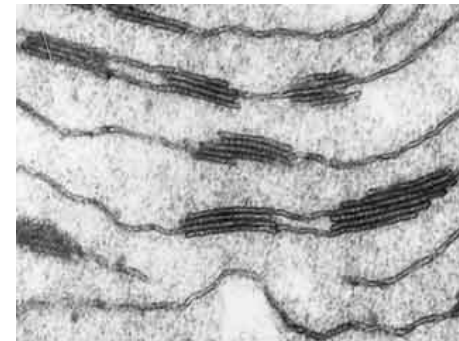
Le corps prolamellaire commence à disparaître (en bas) et de nombreux thylacoïdes commencent à se réunir pour former des grana.



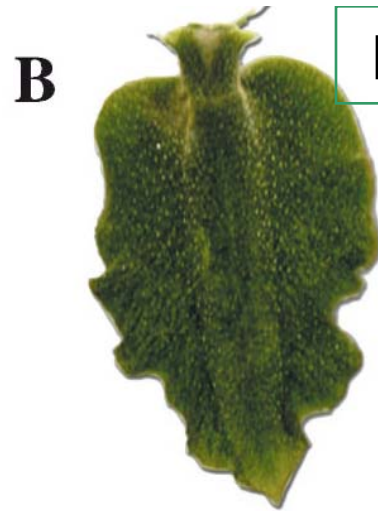
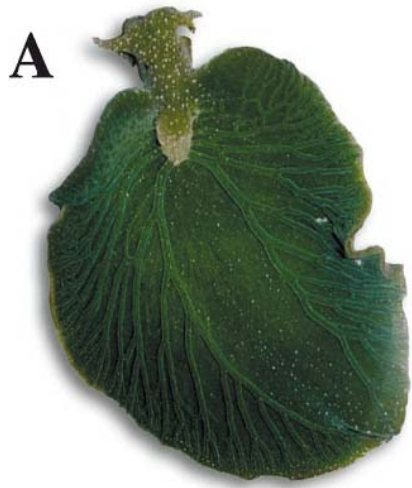
Désorganisation du corps prolamellaire et formation des thylacoïdes



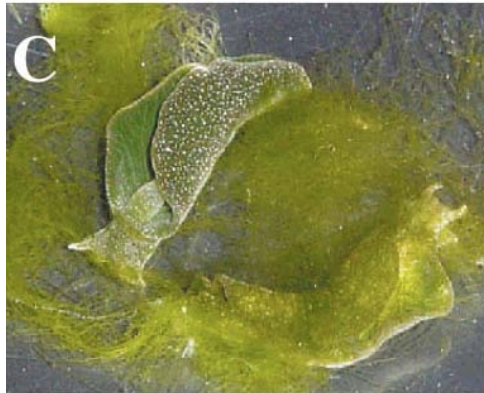
Accolement de thylacoïdes et formation de grana.



La photosynthèse pour animaux!

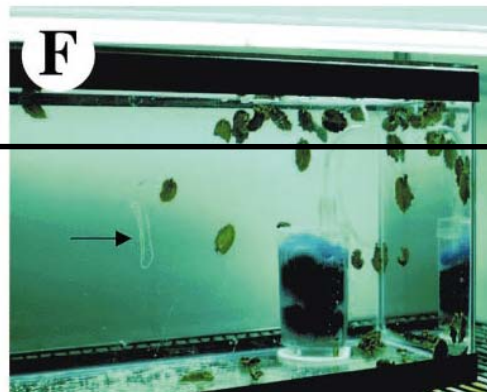
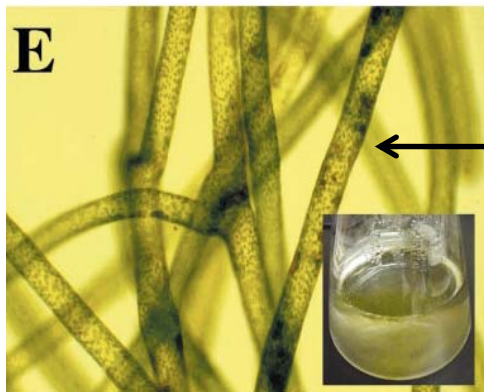


← *Elysia chlorotica*



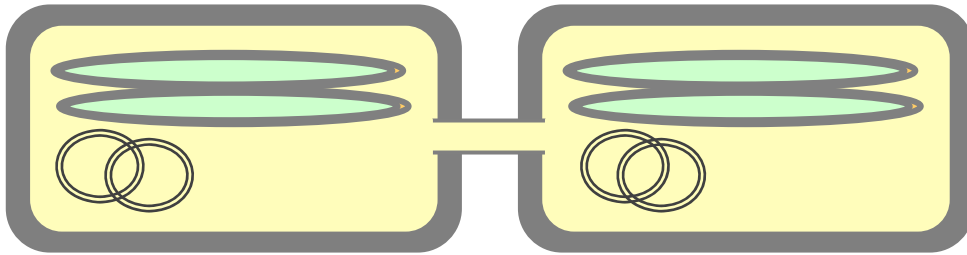
Endosymbiose transitoire
(quelques semaines)

psbO (un gène nucléaire codant pour une protéine à manganèse stabilisatrice à l'intérieur du photosystème II), transfert horizontal

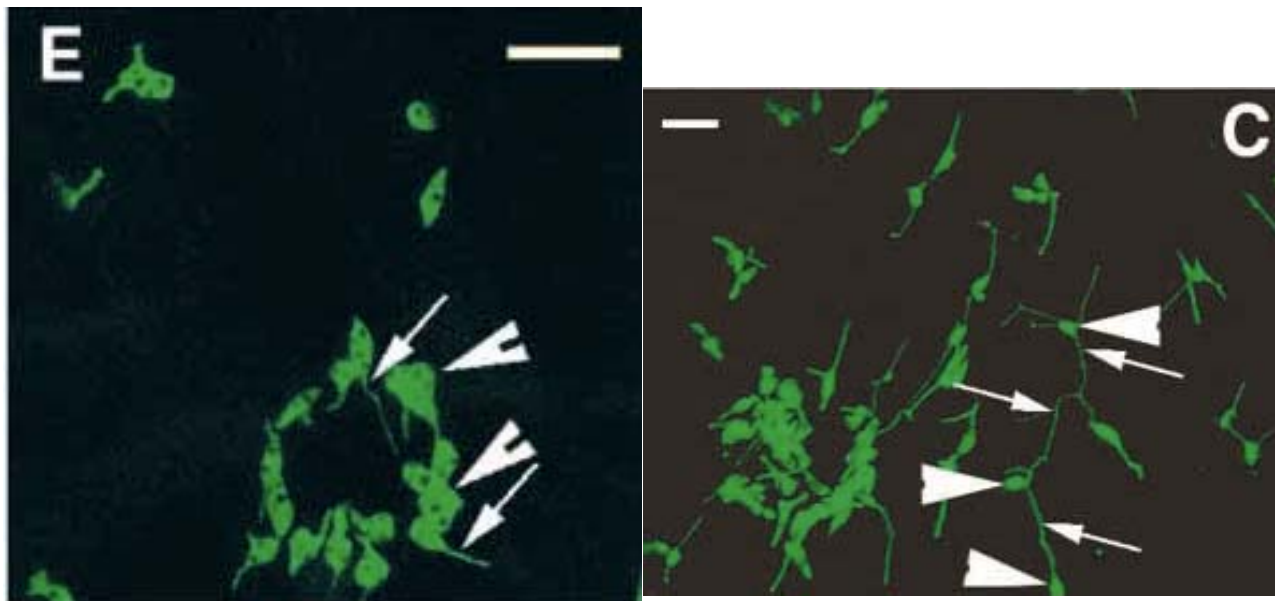


← *Algue Vaucheria litorea*

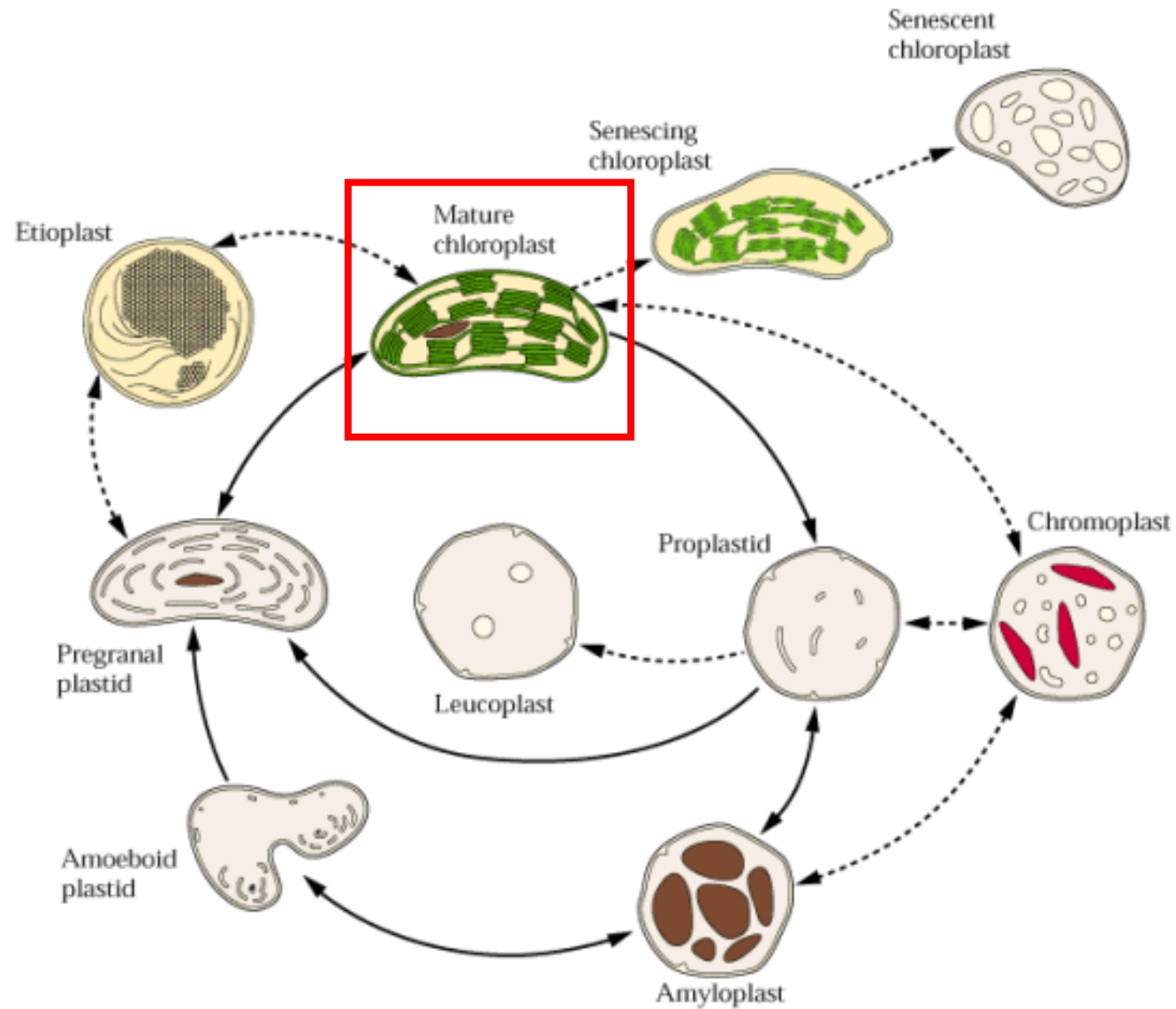
Stroma tubules (stromules), ponts entre les plastes



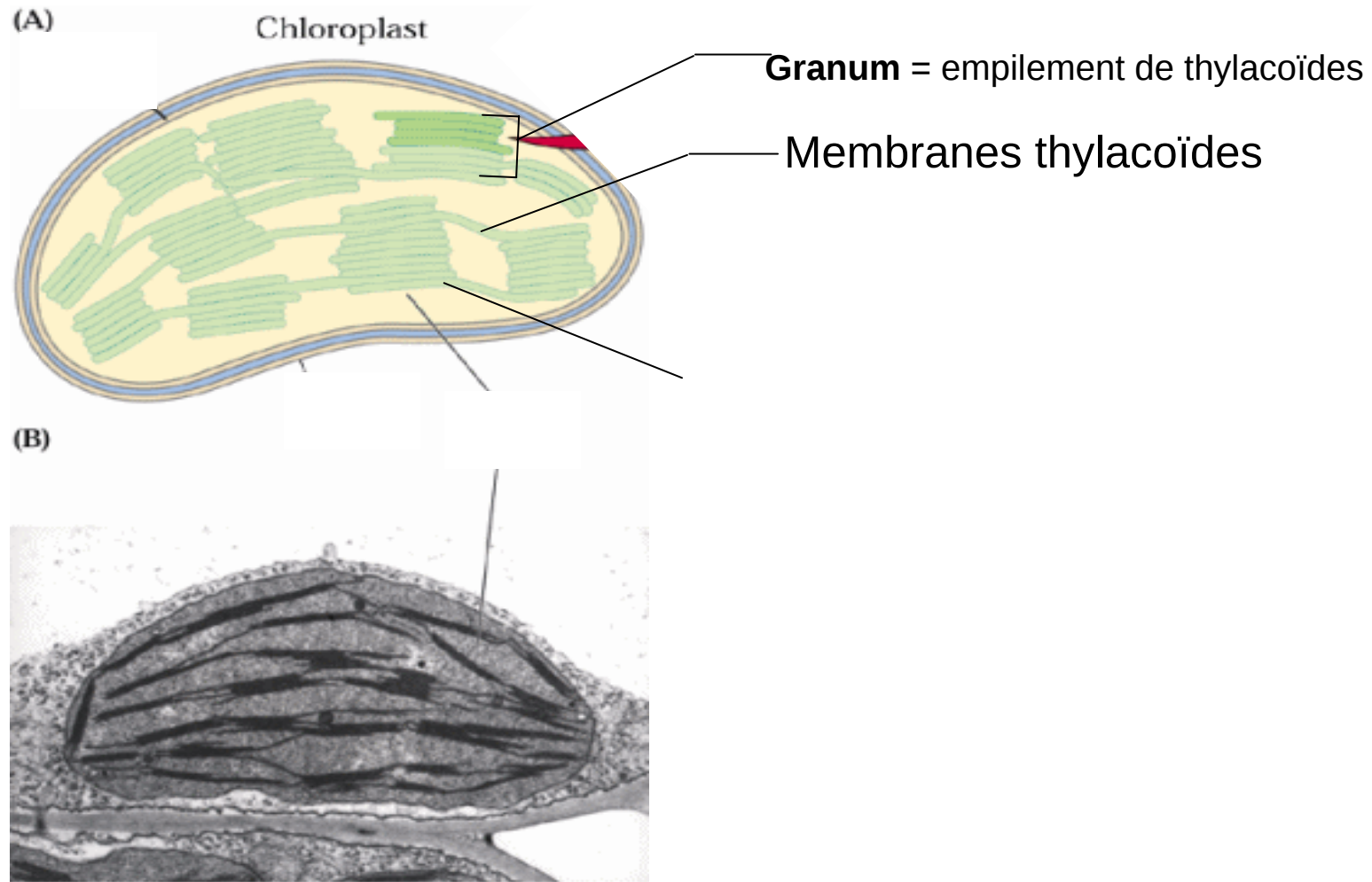
Ct-GFP une protéine fluorescente adressée au plaste



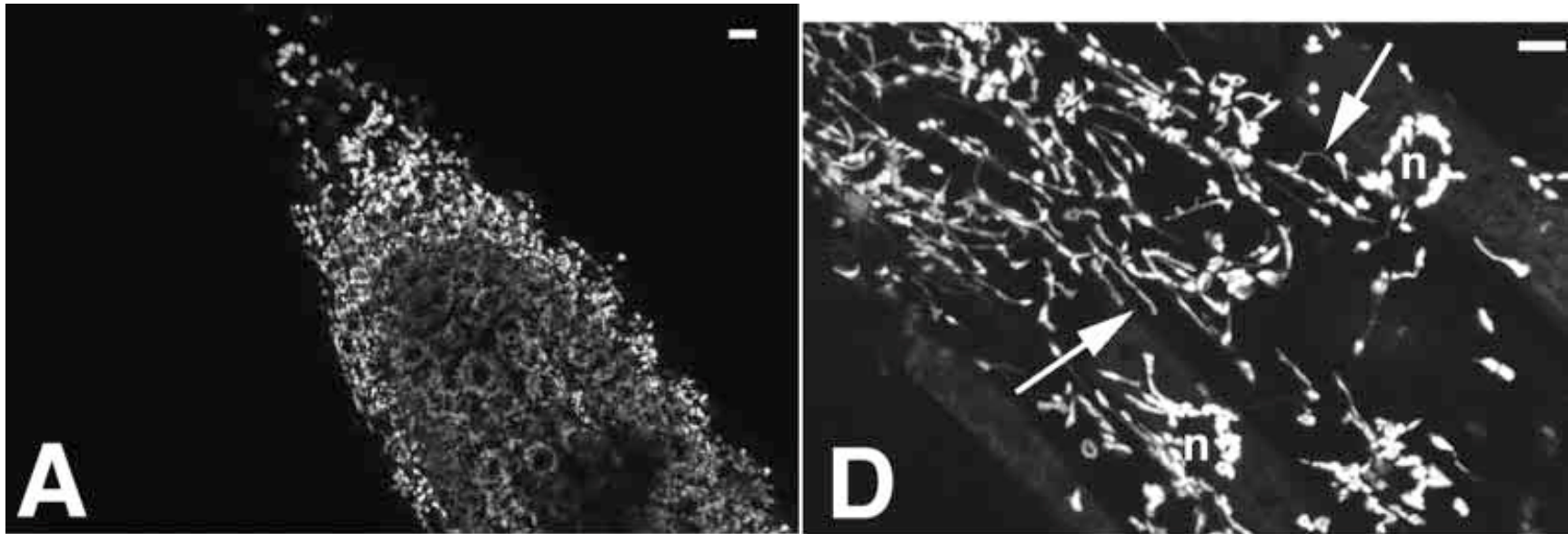
Le **chloroplaste**, plaste phostosynthétique



Le **chloroplaste**, plaste phostosynthétique



Stromules, ponts entre les plastes

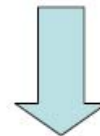


Köhler *et al.*, 2000

La transformation du chloroplaste

Le **chloroplastes** sont présents dans le tissu vert, mais ils **sont absents dans les pollens**. Les chloroplastes en fait sont hérités par voie maternelle.

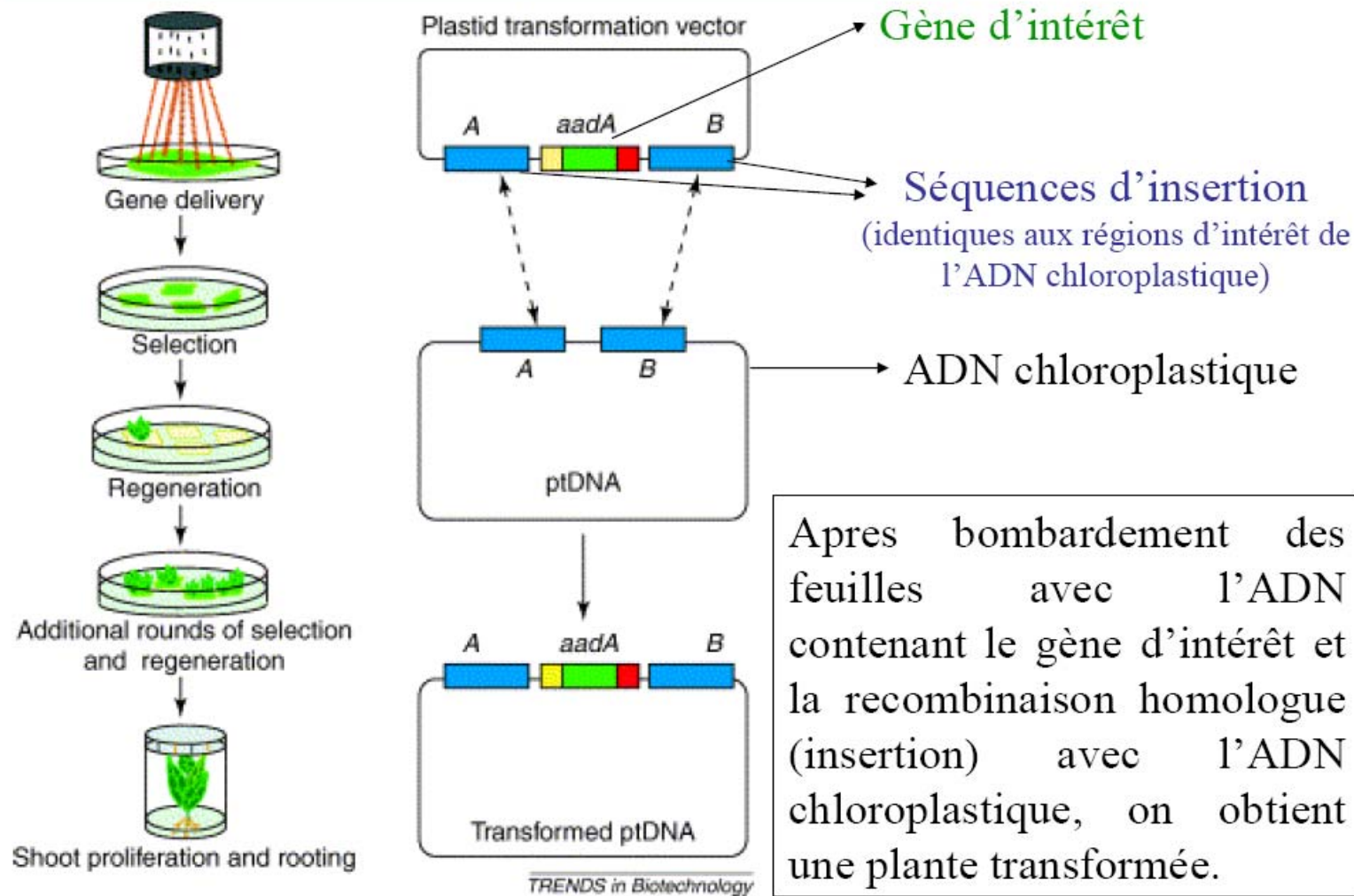
Cette caractéristique a suggéré la possibilité de créer de plantes transgéniques en insérant le gène d'intérêt dans le génome du plaste



**Pas de transfert du gène par le pollen
(comme il se passe avec les gènes du noyau)**

*En plus, il y a centaines de copie du même gène.
En fait, jusqu'à 100 copies de l'ADN par chloroplaste et 100 chloroplastes par cellule permettent d'avoir jusqu'à 10000 copies d'un gène (seulement 2 pour un gène nucléaire)*

Technique de transformation du chloroplaste



Quelques applications de la transformation du chloroplaste

La résistance au glyphosate

Le Glyphosate est un puissant herbicide avec un bas impact environnemental, utile pour éliminer les plantes infestant une culture résistante.

Daniell et al. (1998) a transformé avec succès des plantes de tabac avec un gène de résistance au glyphosate inséré dans le génome du chloroplaste. Les plantes sont résistantes et le gène ne peut pas être transféré par le pollen à des autre plantes.



Résistance aux insectes grâce à la toxine Bt

Les toxines du *Bacillus thuringiensis* (Bt) sont toxiques pour les insectes après ingestion (mais elles ne sont pas toxiques pour les animaux). Kota et al. (1999) ont vu que l'expression de la toxine Bt dans les chloroplastes de plante porte à une mortalité élevée des insectes en protégeant les plantes des attaques. En plus l'expression de la toxine est localisée dans les feuilles et absente dans le tissu (fruits, grains) qui sont mangés par les animaux.

