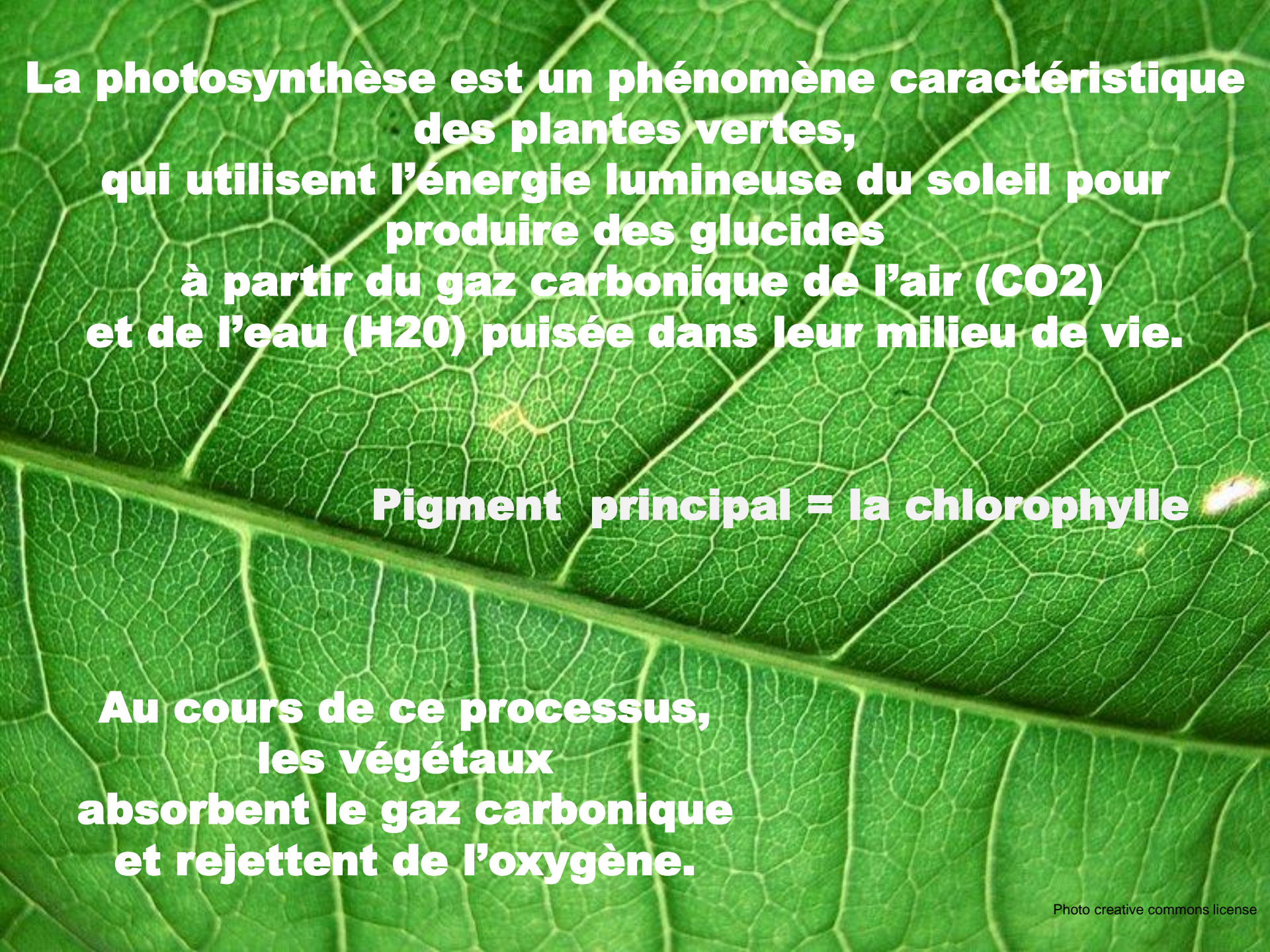


CHAP.3 – LA PHOTOSYNTHESE

LES PIGMENTS PHOTOSYNTHETIQUES

1. LES CHLOROPHYLLES
2. LES CAROTENOIDES
3. LES PHYCOBILINES
4. CAPTURE ET MIGRATION DE L'ENERGIE LUMINEUSE
5. NOTION DE RENDEMENT QUANTIQUE

A close-up photograph of a green leaf, showing a network of veins. The leaf is the background for the text.

**La photosynthèse est un phénomène caractéristique
des plantes vertes,
qui utilisent l'énergie lumineuse du soleil pour
produire des glucides
à partir du gaz carbonique de l'air (CO₂)
et de l'eau (H₂O) puisée dans leur milieu de vie.**

Pigment principal = la chlorophylle

**Au cours de ce processus,
les végétaux
absorbent le gaz carbonique
et rejettent de l'oxygène.**

1. LES CHLOROPHYLLES

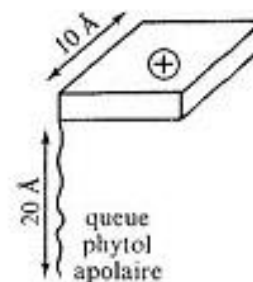
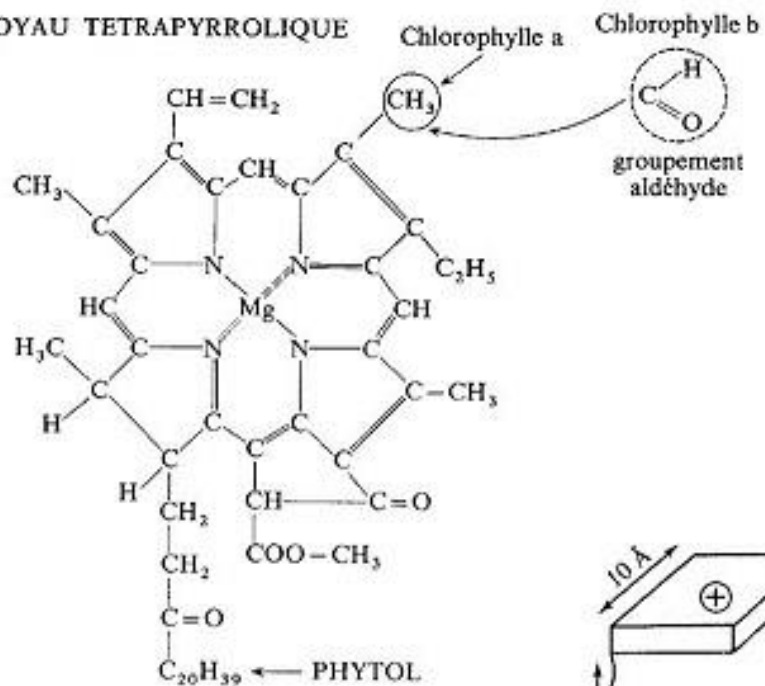
1.1. Structure chimique

1.2. Propriétés spectrales

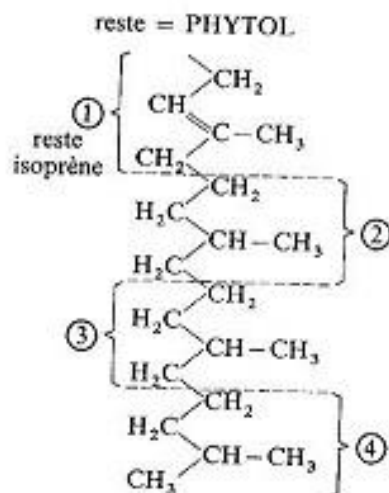
2. LES CAROTENOIDES

3. LES PHYCOBILINES

NOYAU TETRAPYRROLIQUE




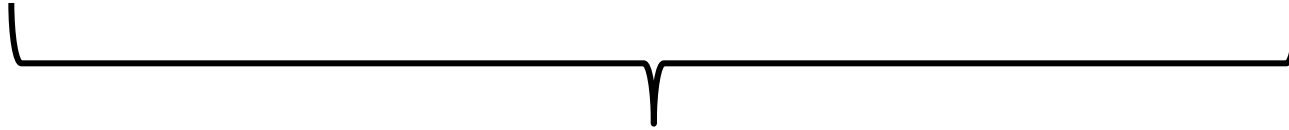
Représentation schématique de la molécule




Les différents types de chlorophylle et leur distribution chez les êtres vivants

	Chlorophylle a	Chlorophylle b	Chlorophylle c ₁	Chlorophylle c ₂	Chlorophylle d	Chlorophylle f
Formule brute	$C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$	$C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$	$C_{35}H_{30}O_5N_4Mg$	$C_{35}H_{28}O_5N_4Mg$	$C_{54}H_{70}O_6N_4Mg$	$C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$
Pics d'absorption dans l'acétone-eau à 90 %	430 nm 664 nm	460 nm 647 nm	442 nm 630 nm	444 nm 630 nm	401 nm, 455 nm 696 nm	
Distribution	Universelle	- plantes vertes - algues vertes	Phéophycées (algues brunes)	Phéophycées (algues brunes)	Rodophycées (algues rouges)	Certaines cyanobactéries

Bactériochlorophylles




eucaryotes


 procaryotes

1. LES CHLOROPHYLLES

1.1. Structure chimique

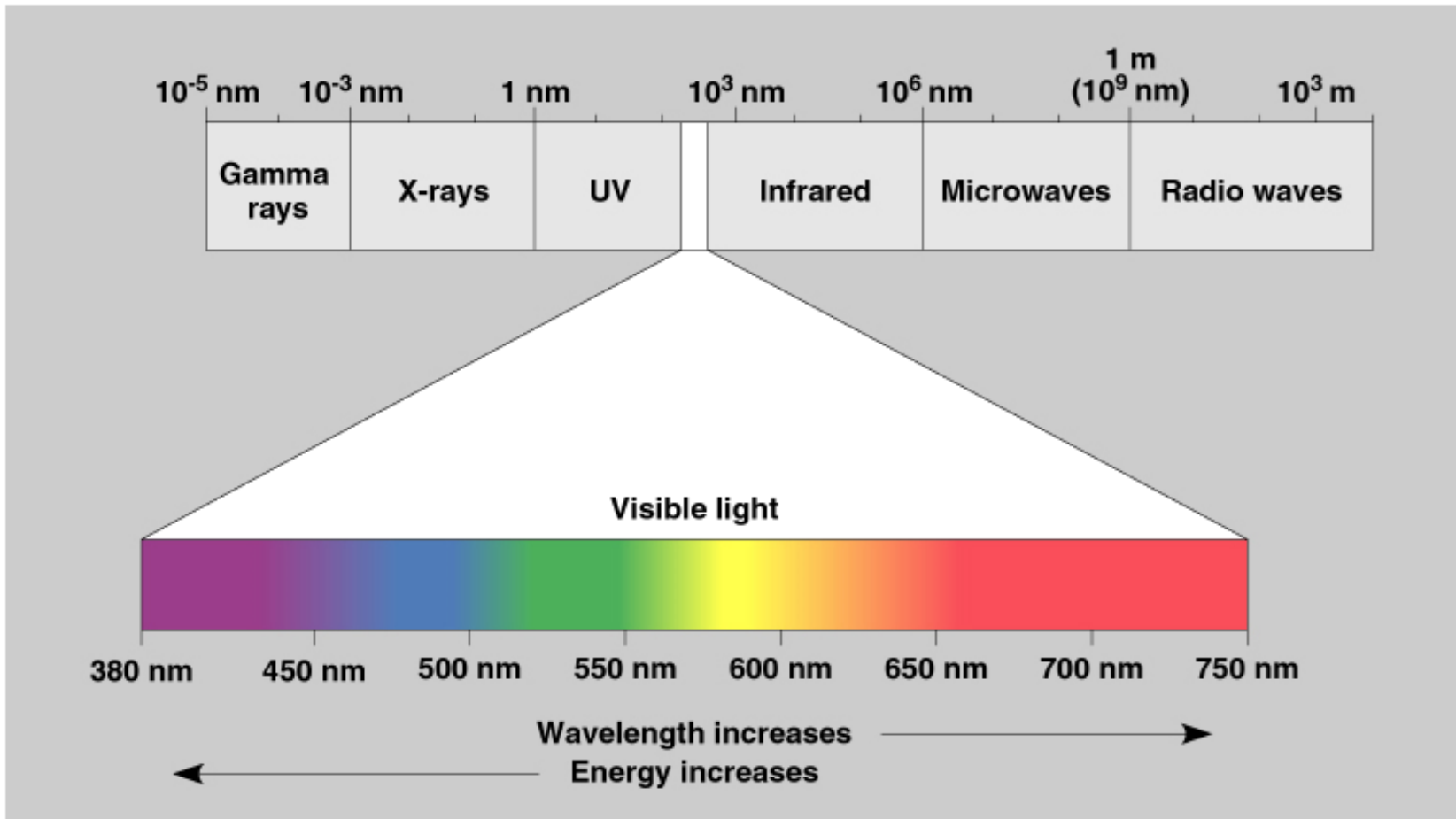
1.2. Distribution

1.3. Propriétés spectrales

2. LES CAROTENOIDES

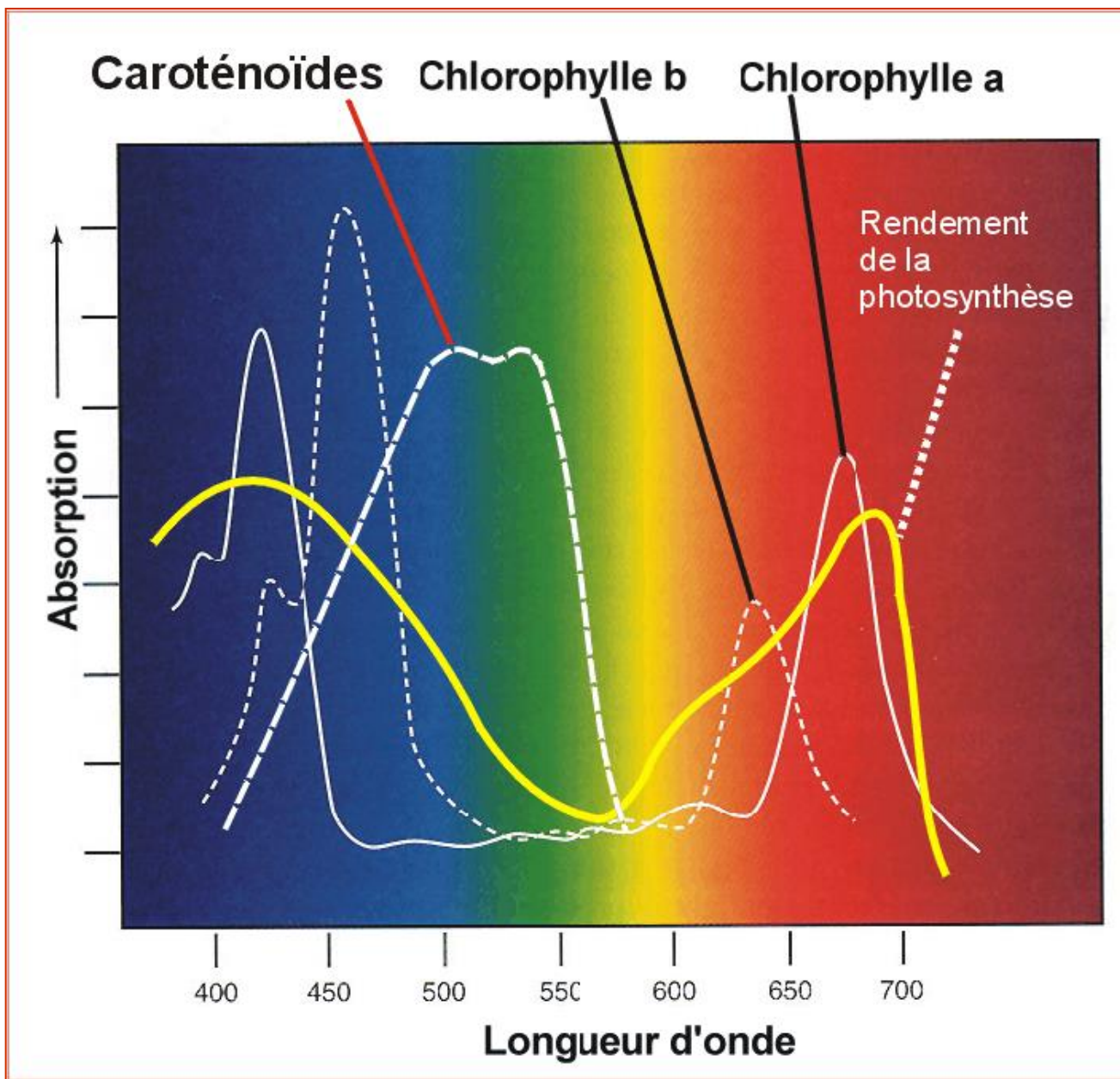
3. LES PHYCOBILINES

Absorption de la lumière



©1999 Addison Wesley Longman, Inc.

Lumière visible : 380 à 750 nm



1. LES CHLOROPHYLLES

1.1. Structure chimique

1.2. Propriétés spectrales

2. LES CAROTENOIDES

3. LES PHYCOBILINES

LES CAROTENOÏDES

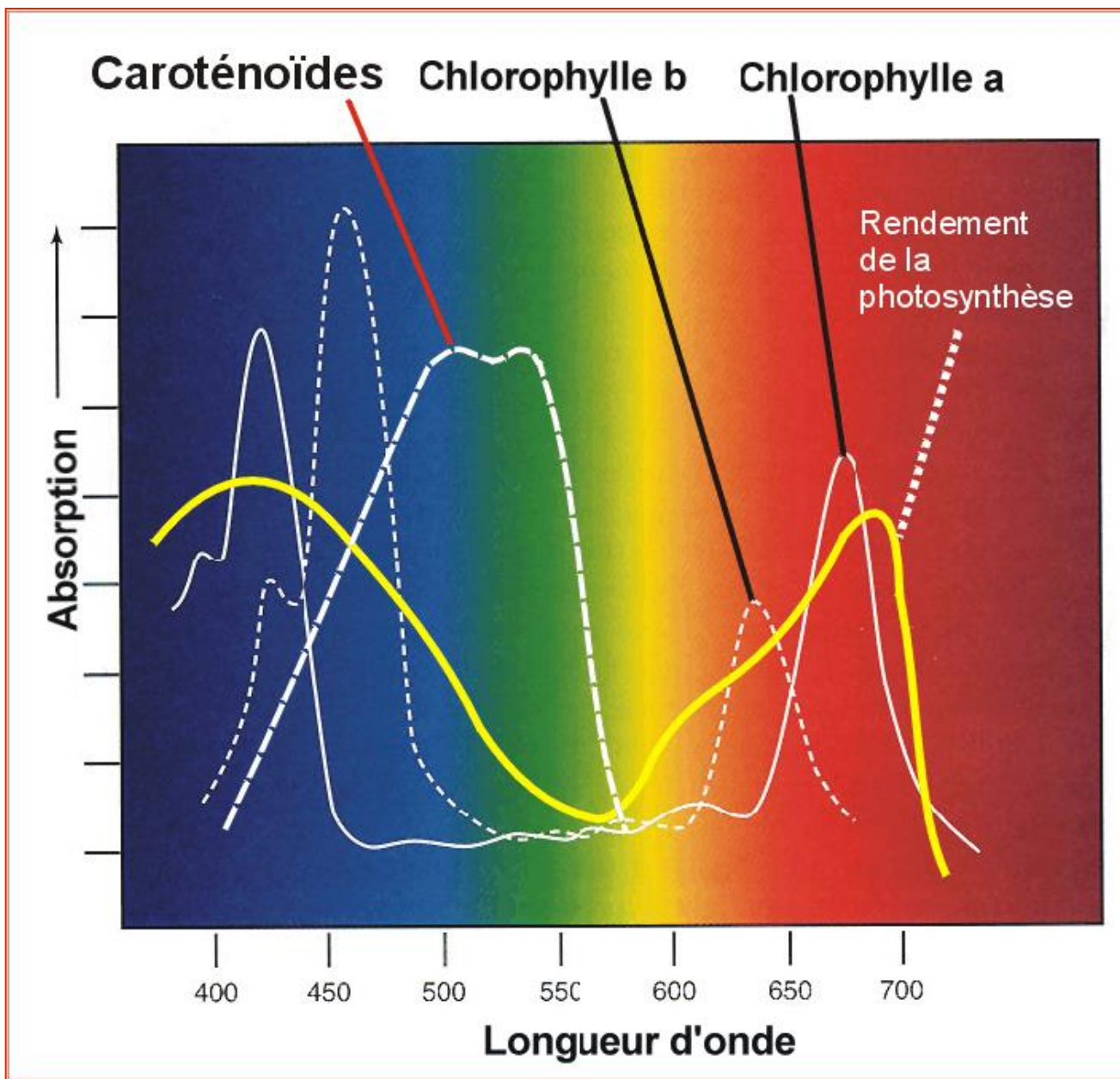
Famille des **terpènes**

Monomère = isoprène 5 C

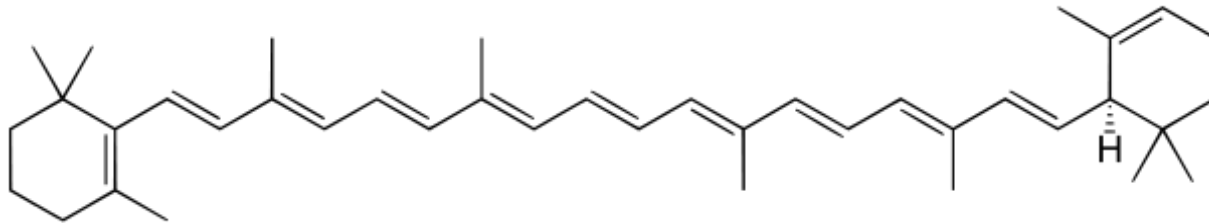
Nombre total de C = 40 => **tétraterpènes**

2 sous-familles :

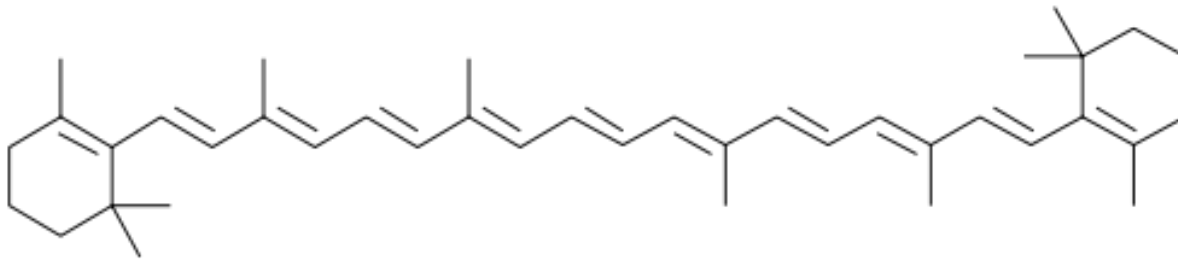
- Les **carotènes**
- Les **xanthophylles**



Les carotènes : des hydrocarbures stricts



α carotène

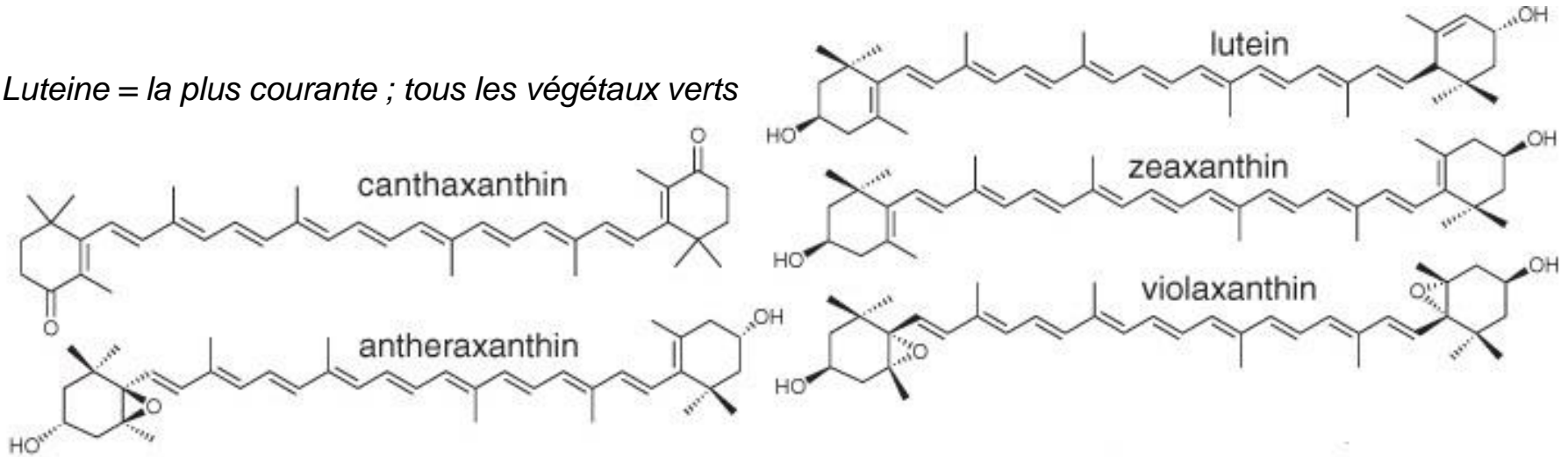


β carotène

Autre exemple : le lycopène (tomate)

Les xanthophylles : des hydrocarbures oxygénés

Luteine = la plus courante ; tous les végétaux verts



1. LES CHLOROPHYLLES

1.1. Structure chimique

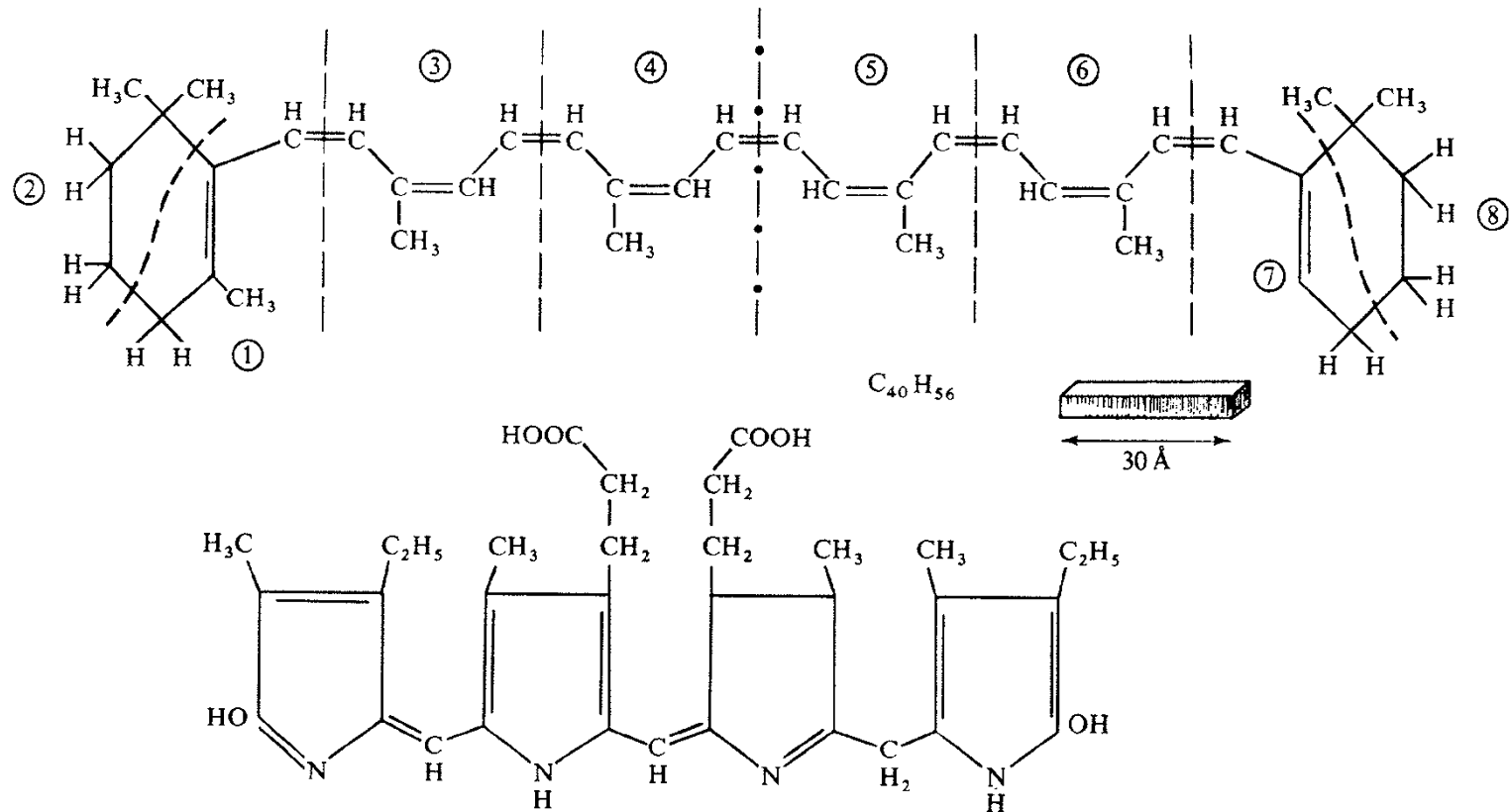
1.2. Distribution

1.3. Propriétés spectrales

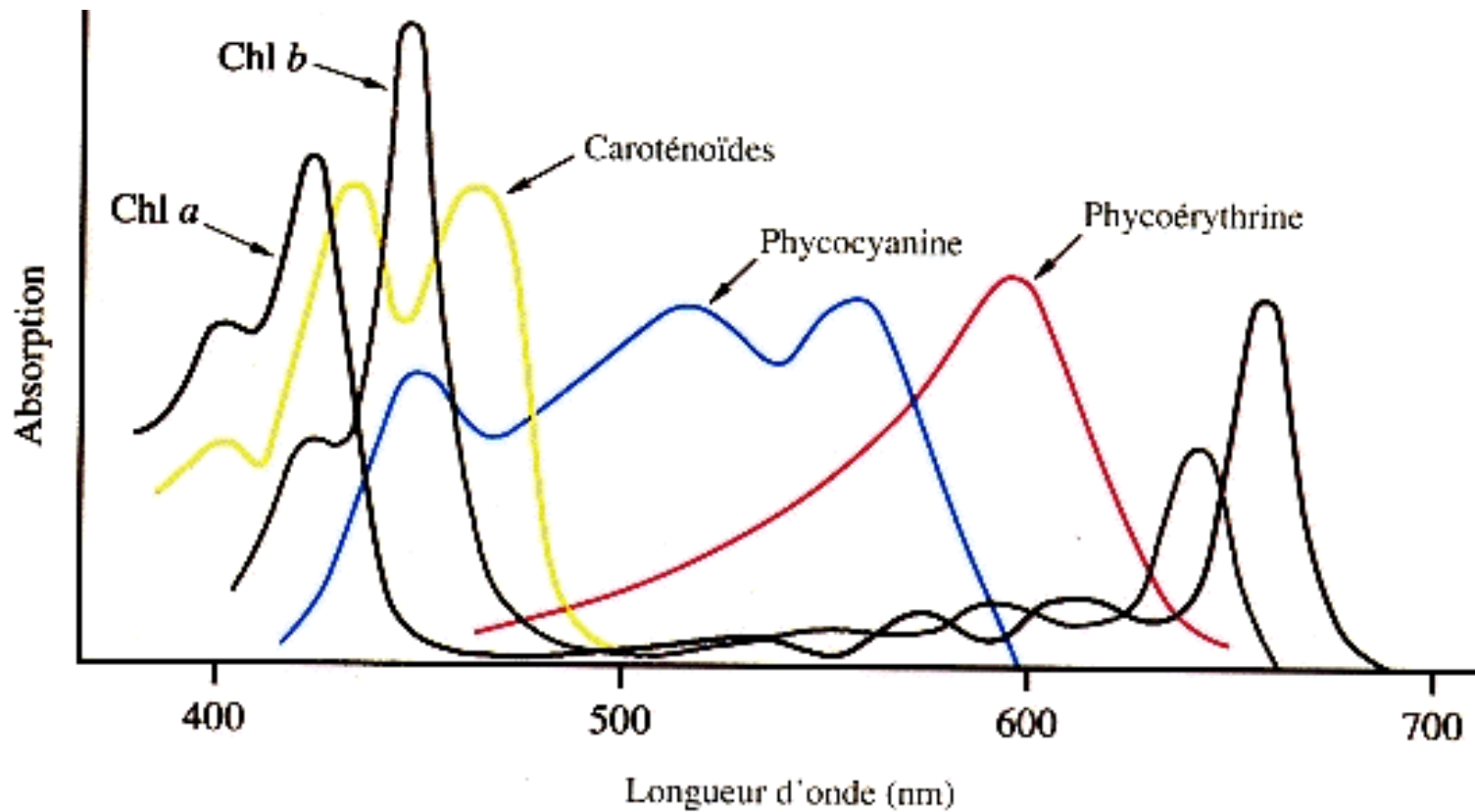
2. LES CAROTENOIDES

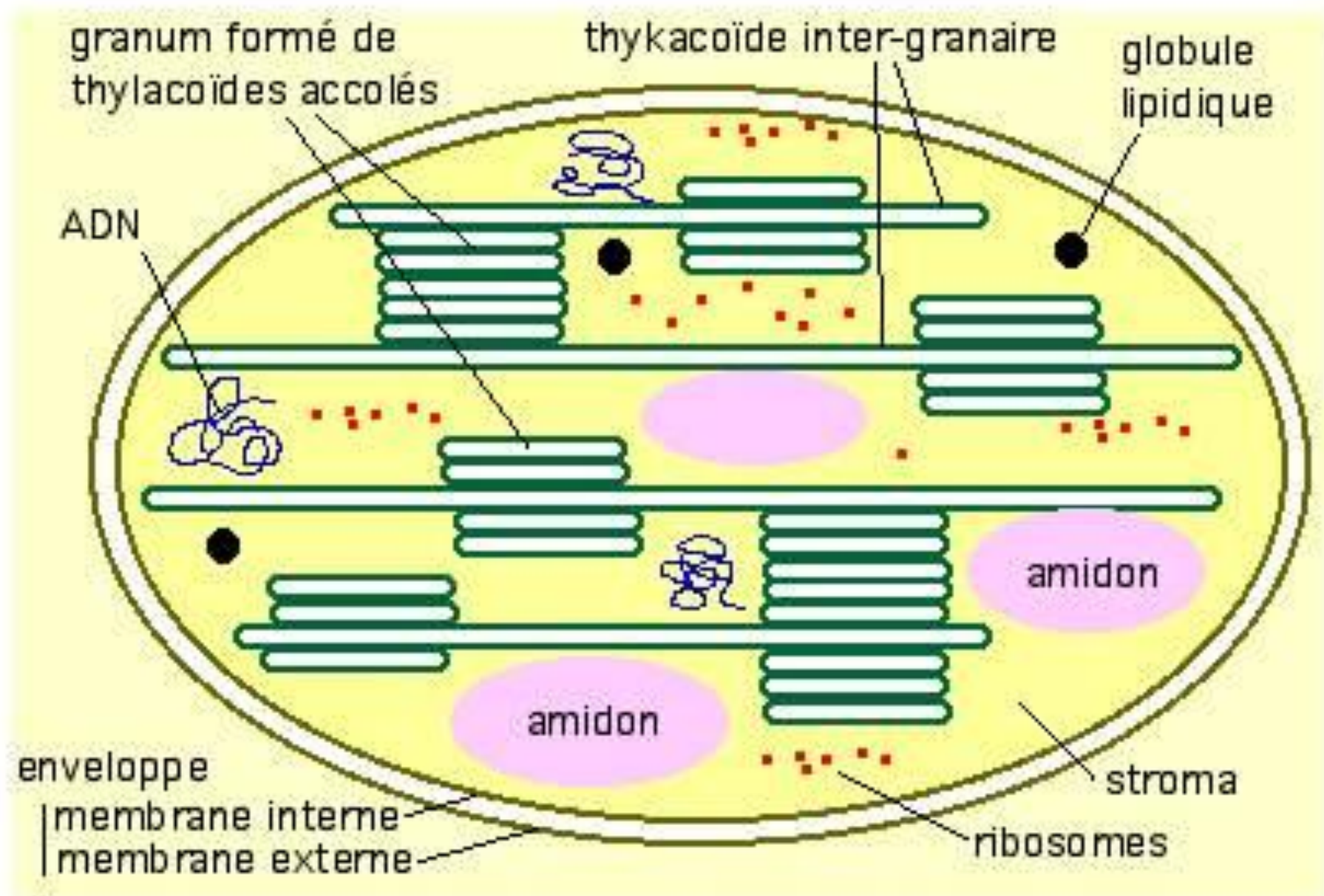
3. LES PHYCOBILINES

Les phycobilines

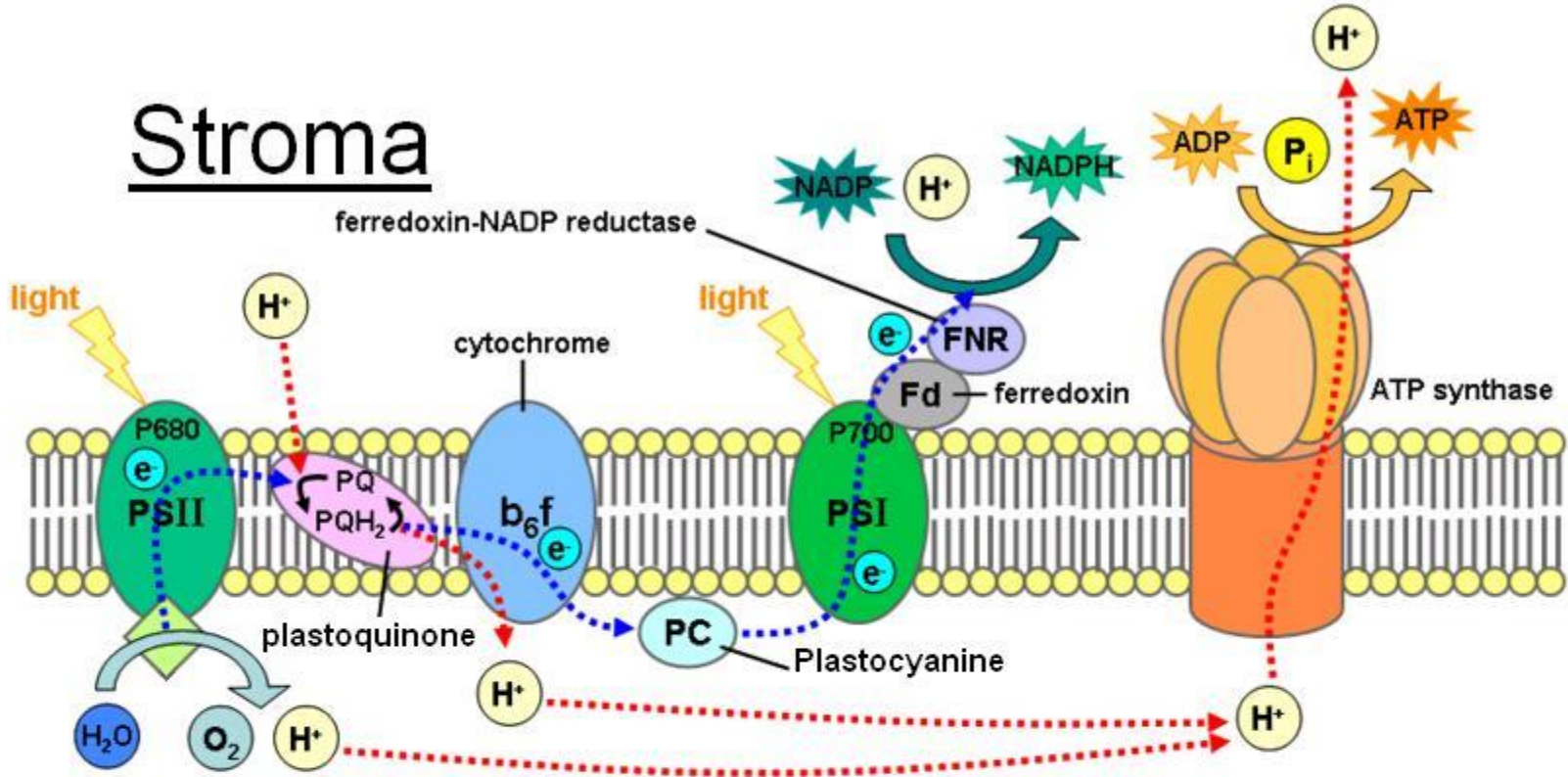


Spectres d'absorption





Stroma



Membrane des Thylakoïdes

LES CHROMOPROTEINES CHLOROPHYLLIENNES

Chlorophylle + Protéine = **Holochrome**

LES CHROMOPROTEINES CAROTENOIDIENNES

	COMPLEX 1	COMPLEX 2
Protéine	+	+
β -carotène	+++	(+)
Lutéine	(+)	+++

LES BILIPROTEINES

Phycobiline + Protéine

4. CAPTURE ET MIGRATION DE L'ENERGIE LUMINEUSE

4.1. Capture de l'énergie

4.2. Migration de l'énergie

4.2.1. Par fluorescence

4.2.2. Par résonance

4.2.3. Par conversion

5. NOTION DE RENDEMENT QUANTIQUE

1. Définition d'un quantum d'énergie

quantum d'énergie $q = h \nu = \frac{h c}{\lambda}$

h = constante de Planck = $6,6 \cdot 10^{-34}$ joules
 c = vitesse de la lumière = 300000 km s^{-1}

2. Définition d'un einstein d'énergie

1 einstein = $E = N q = N \frac{h c}{\lambda}$

1 einstein = 1 mole de photons

N = nombre d'Avogadro = $6,02 \cdot 10^{23}$

- en lumière rouge

$$E = N \frac{h c}{\lambda} = \frac{6,02 \cdot 10^{23} \times 6,6 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^5}{680 \cdot 10^{-12} \times 4,18}$$

en km ↪ 1 cal = 4,18 joules

$$E = 0,0042 \cdot 10^6 \text{ cal}$$

$$E \approx 42 \text{ Kcal}$$

- en lumière bleue

$$E = N \frac{h c}{\lambda} = \frac{6,02 \cdot 10^{23} \times 6,6 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^5}{430 \cdot 10^{-12} \times 4,18}$$

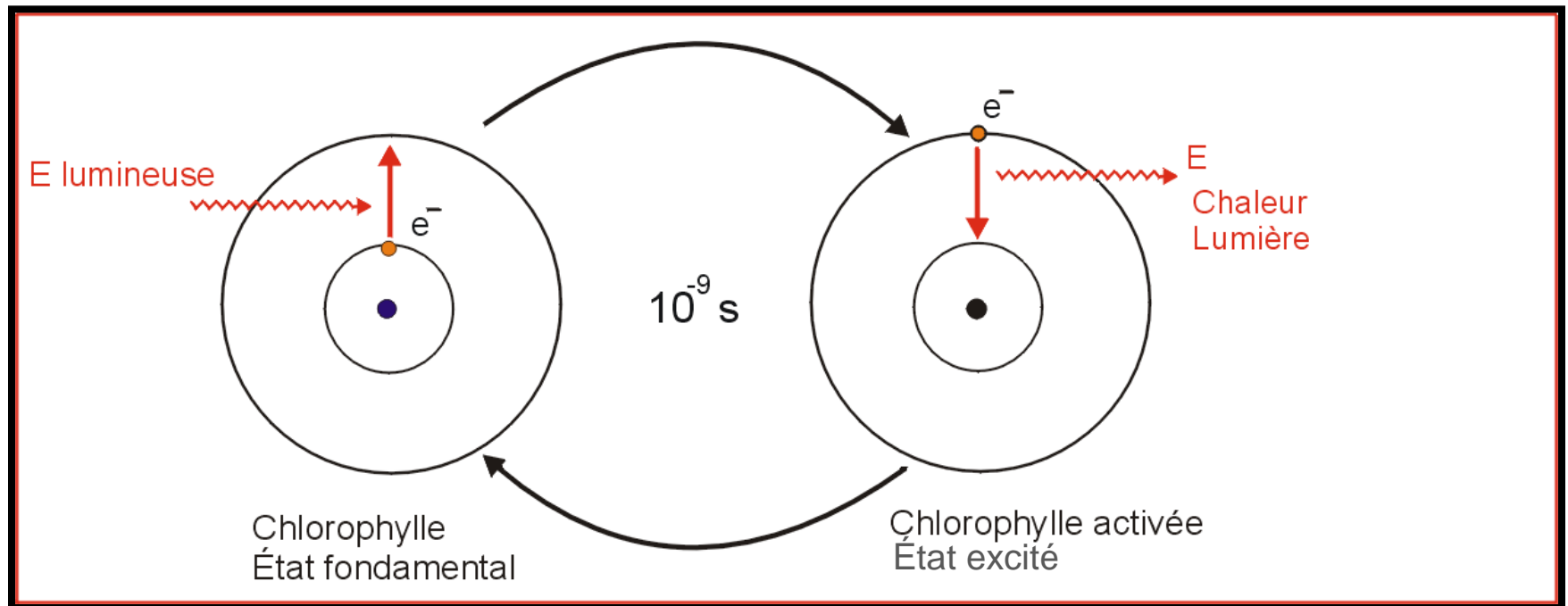
en km ↪ 1 cal = 4,18 joules

$$E = 0,066 \cdot 10^6 \text{ cal}$$

$$E \approx 66 \text{ Kcal}$$

La lumière bleue est beaucoup plus riche en énergie que la lumière rouge.

La capture de l'énergie lumineuse



4. CAPTURE ET MIGRATION DE L'ENERGIE LUMINEUSE

4.1. Capture de l'énergie

4.2. Migration de l'énergie

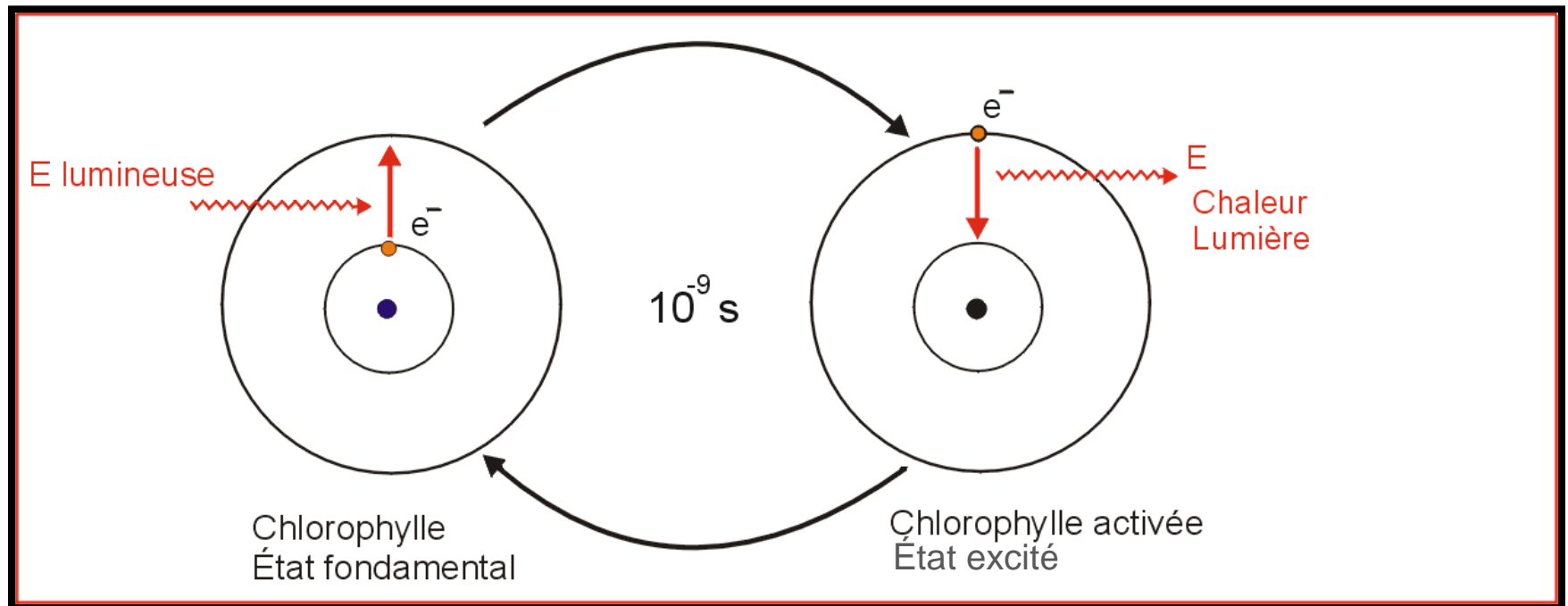
4.2.1. Par fluorescence

4.2.2. Par résonance

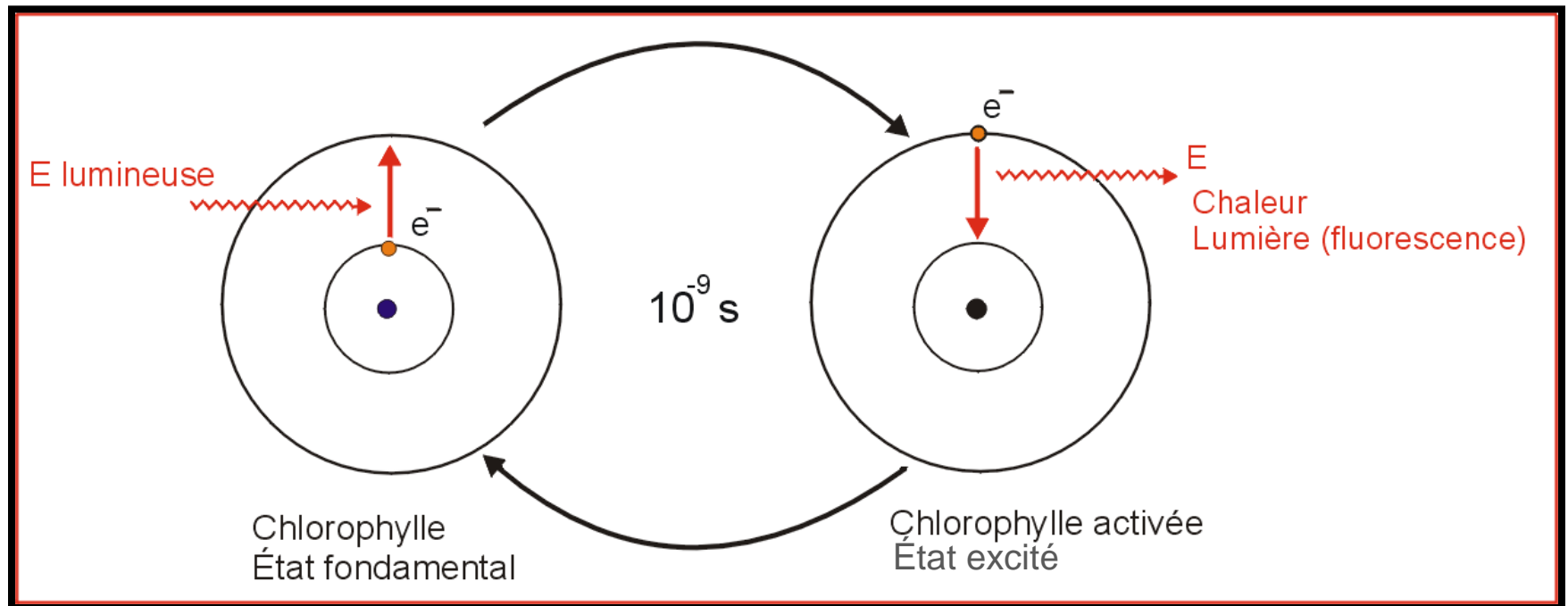
4.2.3. Par conversion

5. NOTION DE RENDEMENT QUANTIQUE

La capture de l'énergie lumineuse



La capture de l'énergie lumineuse



MIGRATION DE L'ENERGIE LUMINEUSE

→ FLUORESCENCE

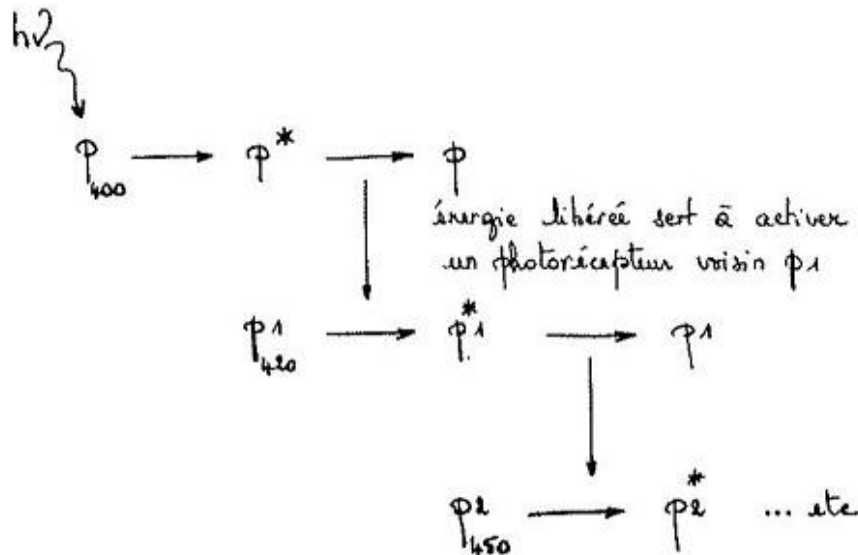
$$q = h \cdot \frac{c}{\lambda} = \underbrace{W_0}_{\text{perte d'énergie}} + q' \quad q' < q \text{ par déf.}$$

perte d'énergie = entropie
émission de chaleur

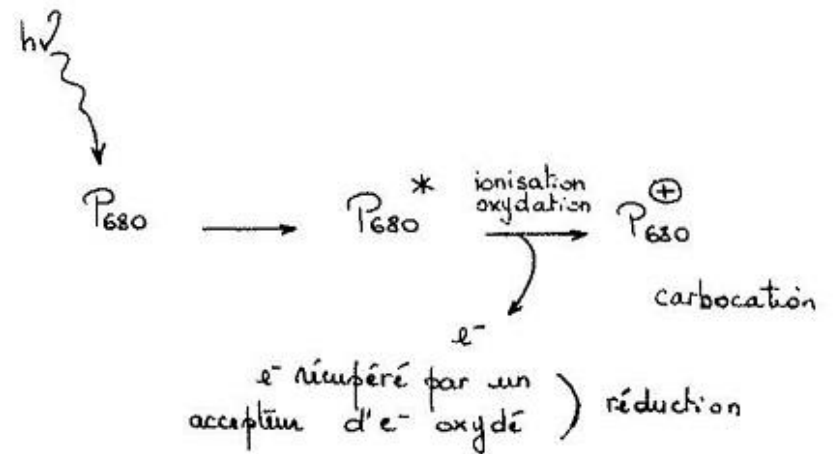
$$q' = h \cdot \frac{c}{\lambda'} \quad \text{avec } \lambda' > \lambda \rightarrow \begin{matrix} \text{lumière} \\ \text{d'excitation} \end{matrix}$$

lumière de fluorescence

→ RESONANCE



→ CONVERSION = une réaction rédox



4. CAPTURE ET MIGRATION DE L'ENERGIE LUMINEUSE

4.1. Capture de l'énergie

4.2. Migration de l'énergie

4.2.1. Par fluorescence

4.2.2. Par résonance

4.2.3. Par conversion

5. NOTION DE RENDEMENT QUANTIQUE

MIGRATION DE L'ENERGIE LUMINEUSE

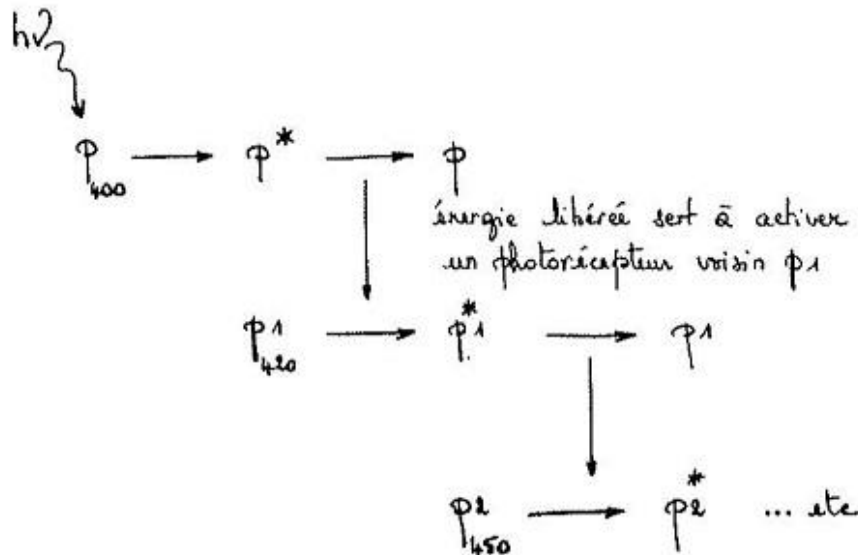
→ FLUORESCENCE

$$q = h \cdot \frac{c}{\lambda} = \underbrace{W_0}_{\text{perte d'énergie}} + q' \quad q' < q \text{ par déf.}$$

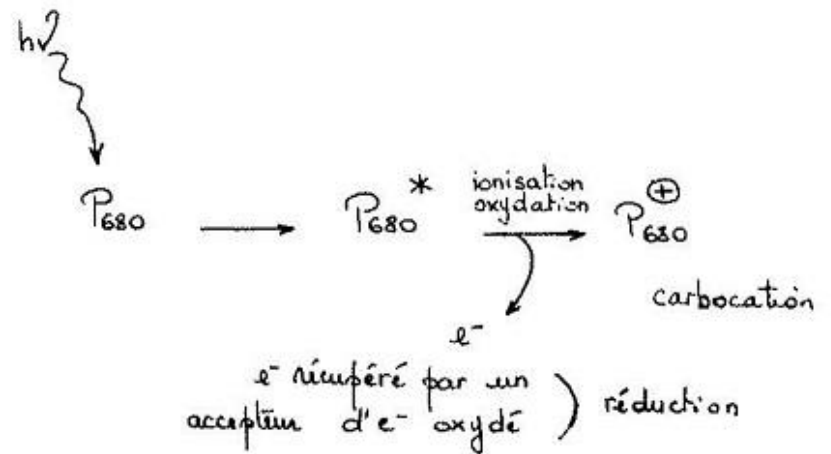
perte d'énergie = entropie
émission de chaleur

$$q' = h \cdot \frac{c}{\lambda'} \quad \text{avec } \lambda' > \lambda \rightarrow \begin{array}{l} \text{lumière d'excitation} \\ \text{lumière de fluorescence} \end{array}$$

→ RESONANCE



→ CONVERSION = une réaction rédox



4. CAPTURE ET MIGRATION DE L'ENERGIE LUMINEUSE

4.1. Capture de l'énergie

4.2. Migration de l'énergie

4.2.1. Par fluorescence

4.2.2. Par résonance

4.2.3. Par conversion

5. NOTION DE RENDEMENT QUANTIQUE

MIGRATION DE L'ENERGIE LUMINEUSE

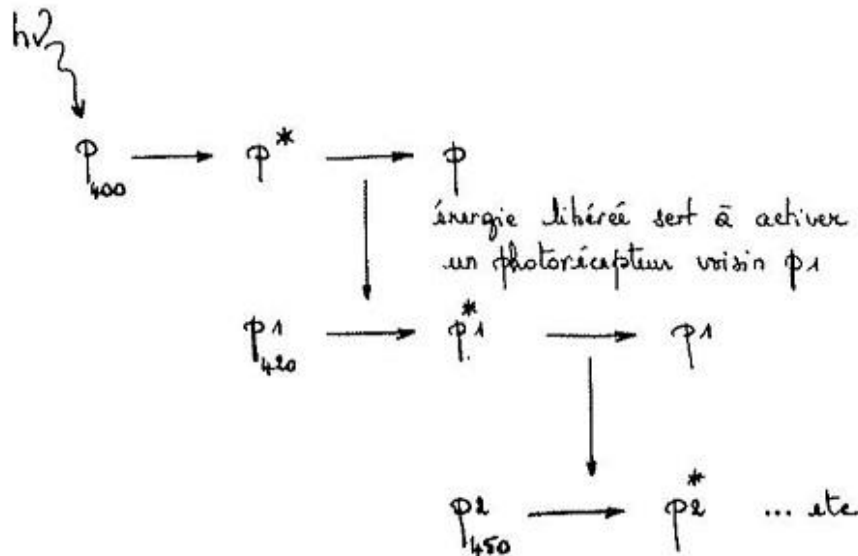
→ FLUORESCENCE

$$q = h \cdot \frac{c}{\lambda} = \underbrace{W_0}_{\text{perte d'énergie}} + q' \quad q' < q \text{ par déf.}$$

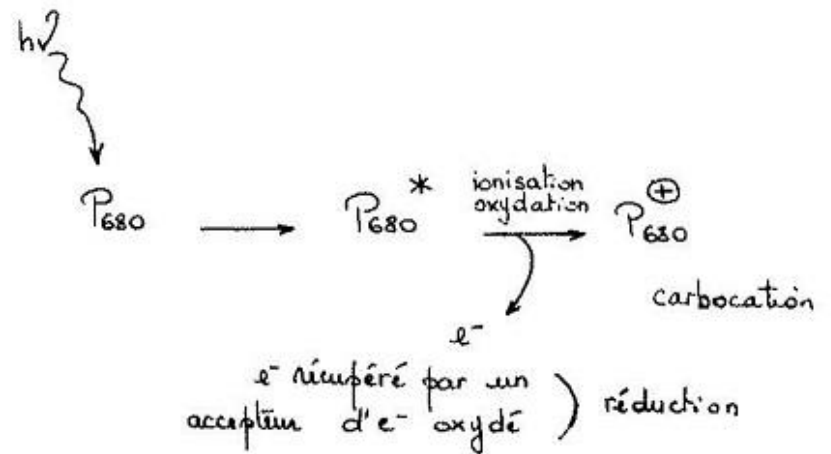
perte d'énergie = entropie
émission de chaleur

$$q' = h \cdot \frac{c}{\lambda'} \quad \text{avec } \lambda' > \lambda \rightarrow \begin{array}{l} \text{lumière d'excitation} \\ \text{lumière de fluorescence} \end{array}$$

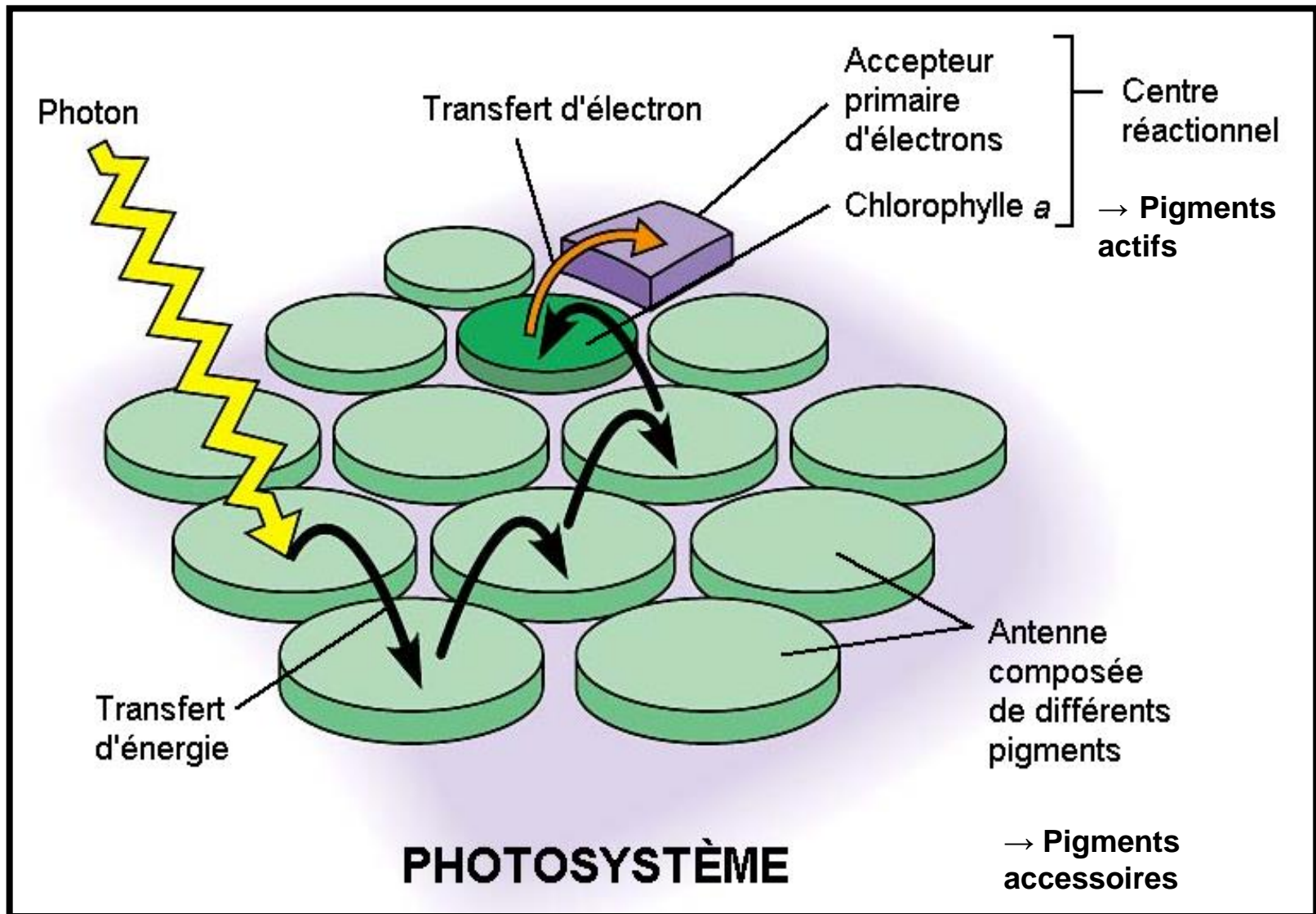
→ RESONANCE



→ CONVERSION = une réaction rédox



Migration de l'énergie lumineuse



Les pigments actifs

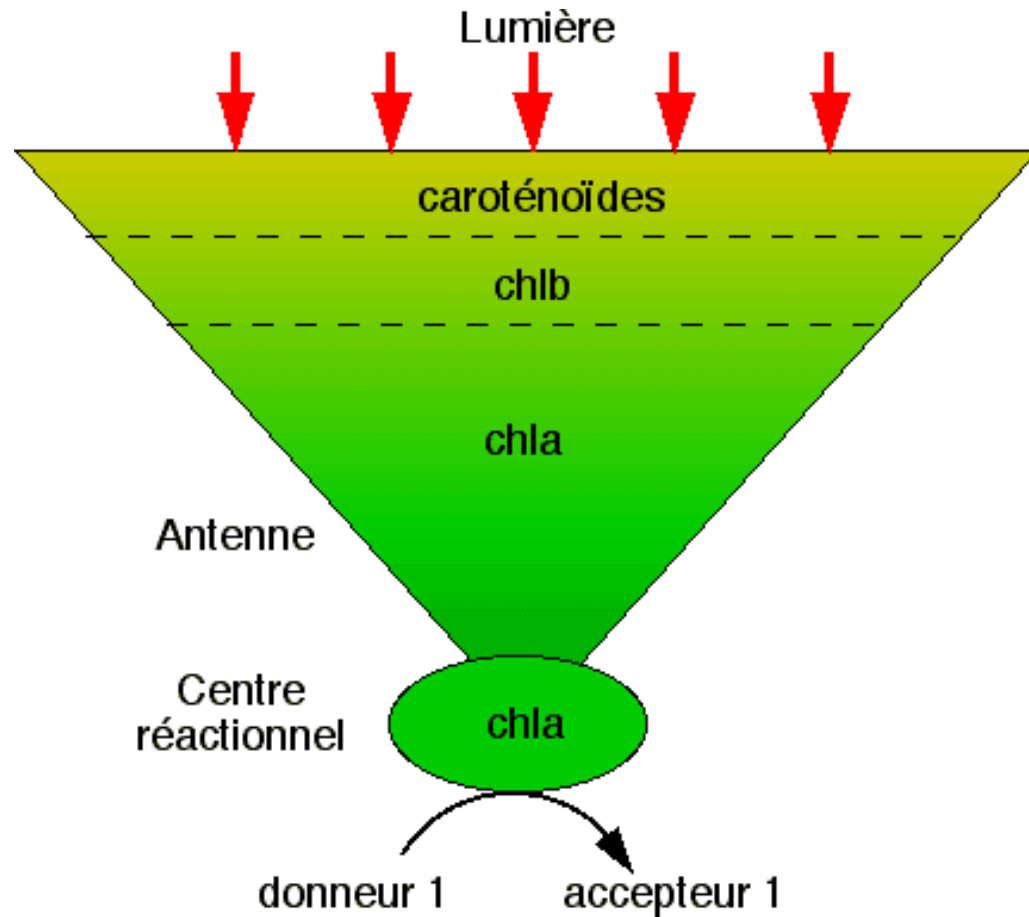
- Chlorophylle a
- Bactéριοchlorophylles

Les pigments accessoires

- Chlorophylle b
- Carotènes
- Xanthophylles
- Phycobilines

incapables de réaliser la
réaction de conversion

Antenne collectrice et centre réactionnel



d'après Moreau et Prat (2005)

Bio et Multimédia – Université Pierre et Marie Curie – UFR de Biologie

<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/Photosynthese-cours/08-photosystemes.htm>

Les photosystèmes

On note :

PS1 le photosystème
dont l'holochrome est **P700**

PS2 le photosystème
dont l'holochrome est **P680**

4. CAPTURE ET MIGRATION DE L'ENERGIE LUMINEUSE

4.1. Capture de l'énergie

4.2. Migration de l'énergie

4.2.1. Par fluorescence

4.2.2. Par résonance

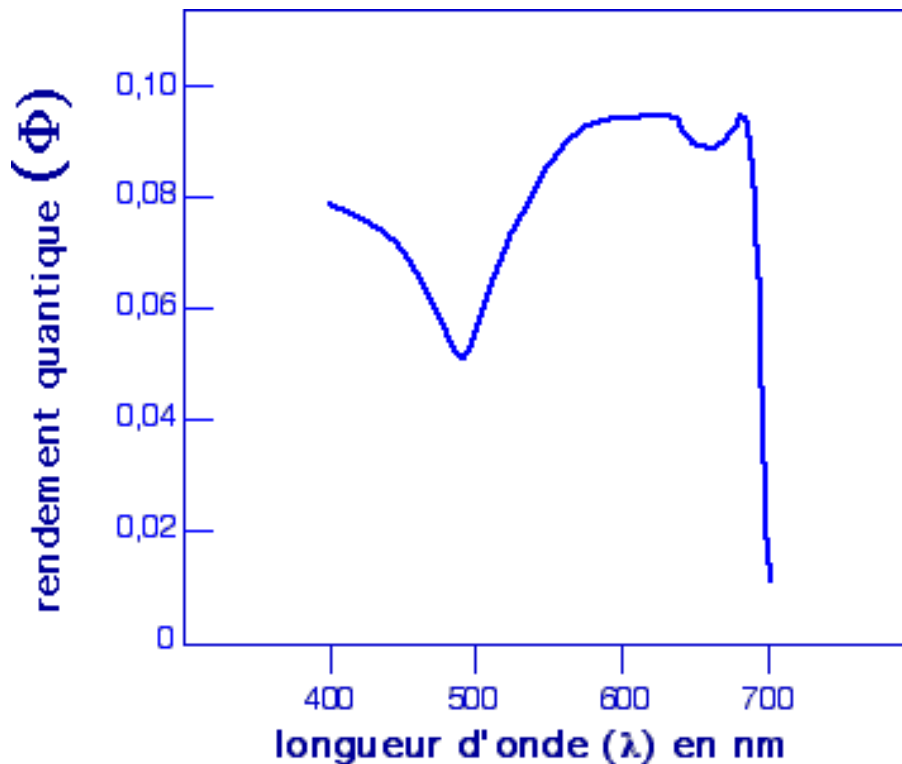
4.2.3. Par conversion

5. NOTION DE RENDEMENT QUANTIQUE

Rendement quantique

Rendement quantique pour la production d'oxygène d'une population d'algues unicellulaires (Chlorelles)

Rendement quantique < 1



Comparaison entre le spectre d'absorption de la chlorophylle (en rouge) et le spectre d'action de la lumière (en bleu) sur la photosynthèse d'une population d'algues unicellulaires (Chlorelles)

