


CHAP.3 – LA PHOTOSYNTHESE

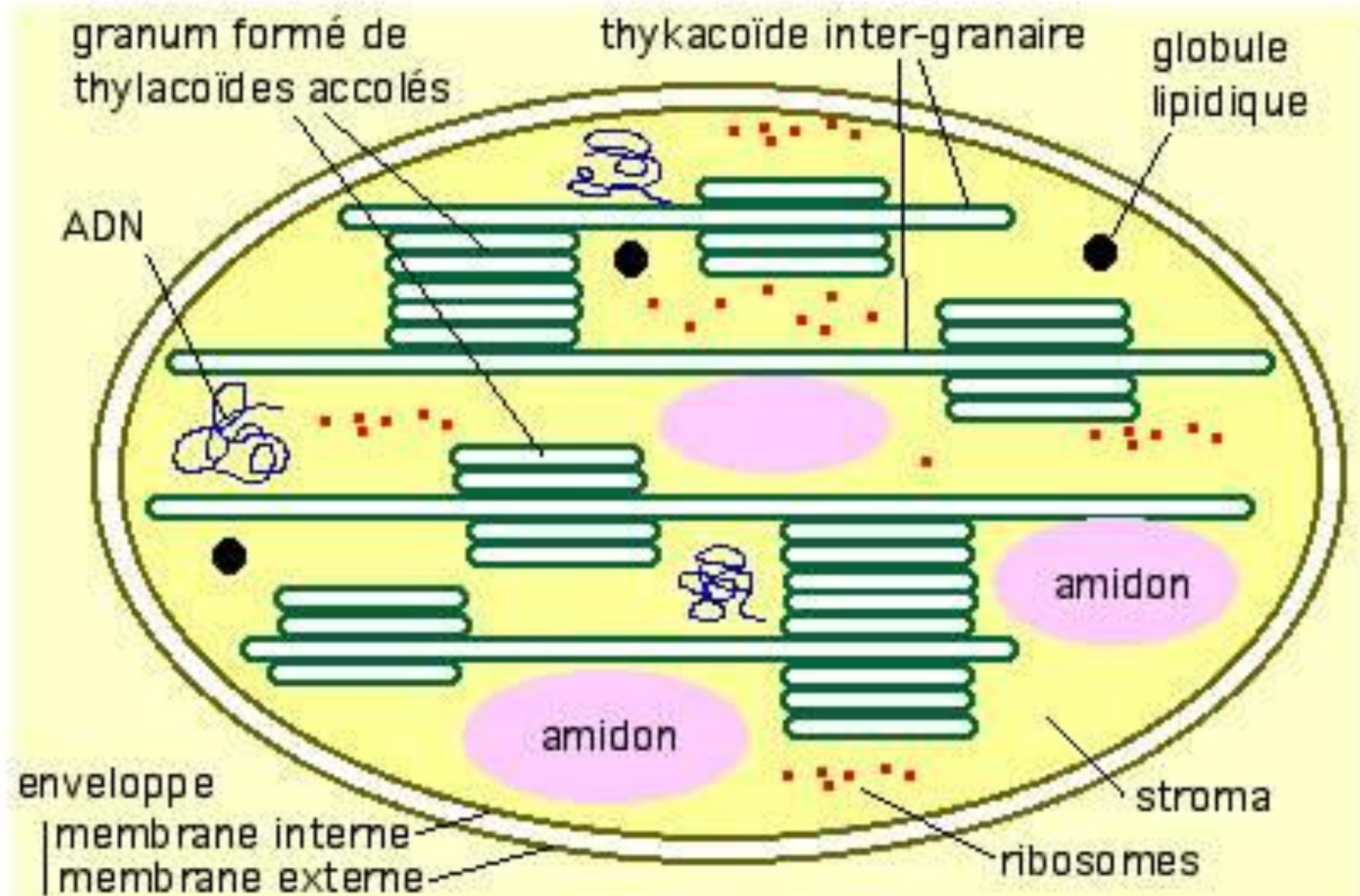
LES PIGMENTS PHOTOSYNTHETIQUES

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

A close-up photograph of a green leaf, showing a detailed network of veins. The veins are a lighter green color, contrasting with the darker green of the leaf's surface. The veins form a complex, branching pattern across the leaf. The lighting is bright, highlighting the texture of the leaf's surface.

**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 (CO_2)
et de l'eau (H_2O) puisée dans leur milieu de vie.**

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



1. LES CHLOROPHYLLES

1.1. Structure

1.2. Distribution

1.3. Propriétés spectrales

2. LES CAROTENOIDES

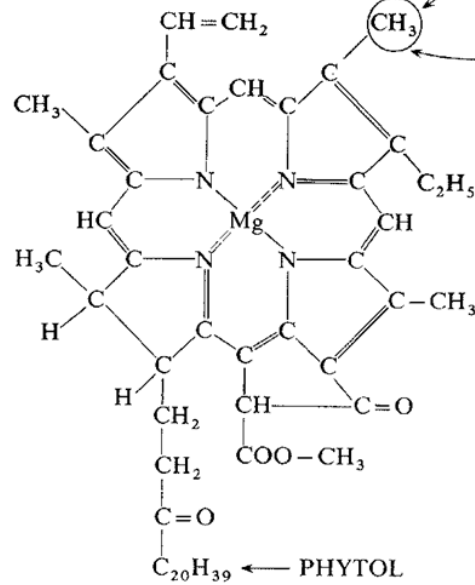
2.1. Les carotènes

2.2. Les xanthophylles

3. LES PHYCOBILINES

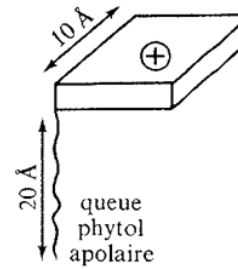
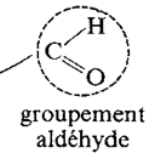
4. PIGMENTS ACTIFS - PIGMENTS ACCESSOIRES

NOYAU TETRAPYRROLIQUE

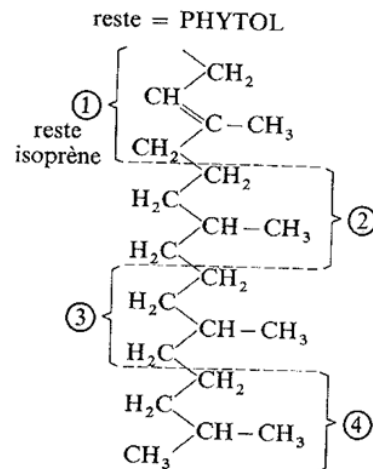


Chlorophylle a

Chlorophylle b



Représentation
schématique
de la molécule



1. LES CHLOROPHYLLES

1.1. Structure

1.2. Distribution

1.3. Propriétés spectrales

2. LES CAROTENOIDES

2.1. Les carotènes

2.2. Les xanthophylles

3. LES PHYCOBILINES

4. PIGMENTS ACTIFS - PIGMENTS ACCESSOIRES

Distribution of Chlorophylls among Photosynthetic Organisms

Organism	Pigment				
	Chlorophyll				
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>
Higher plants, ferns and mosses	+	+	—	—	—
Algae					
Chlorophyta	+	+	—	—	—
Chrysophyta					
Xanthophyceae	+	—	—	—	+
Chrysophyceae	+	—	±	—	—
Bacillariophyceae	+	—	+	—	—
Euglenophyta	+	+	—	—	—
Pyrrophyta					
Cryptophyceae	+	—	+	—	—
Dinophyceae	+	—	+	—	—
Phaeophyta	+	—	+	—	—
Rhodophyta	+	—	—	+	—
Cyanophyta	+	—	—	—	—
	Bacterio- chlorophyll		Chlorobium Chlorophylls		
	<i>a</i>	<i>b</i>	650	660	
Bacteria					
Thio- and Athiorhodaceae	+	or +	—	—	
Chlorobacteriaceae	+	—	+	or +	

1. LES CHLOROPHYLLES

1.1. Structure

1.2. Distribution

1.3. Propriétés spectrales

2. LES CAROTENOIDES

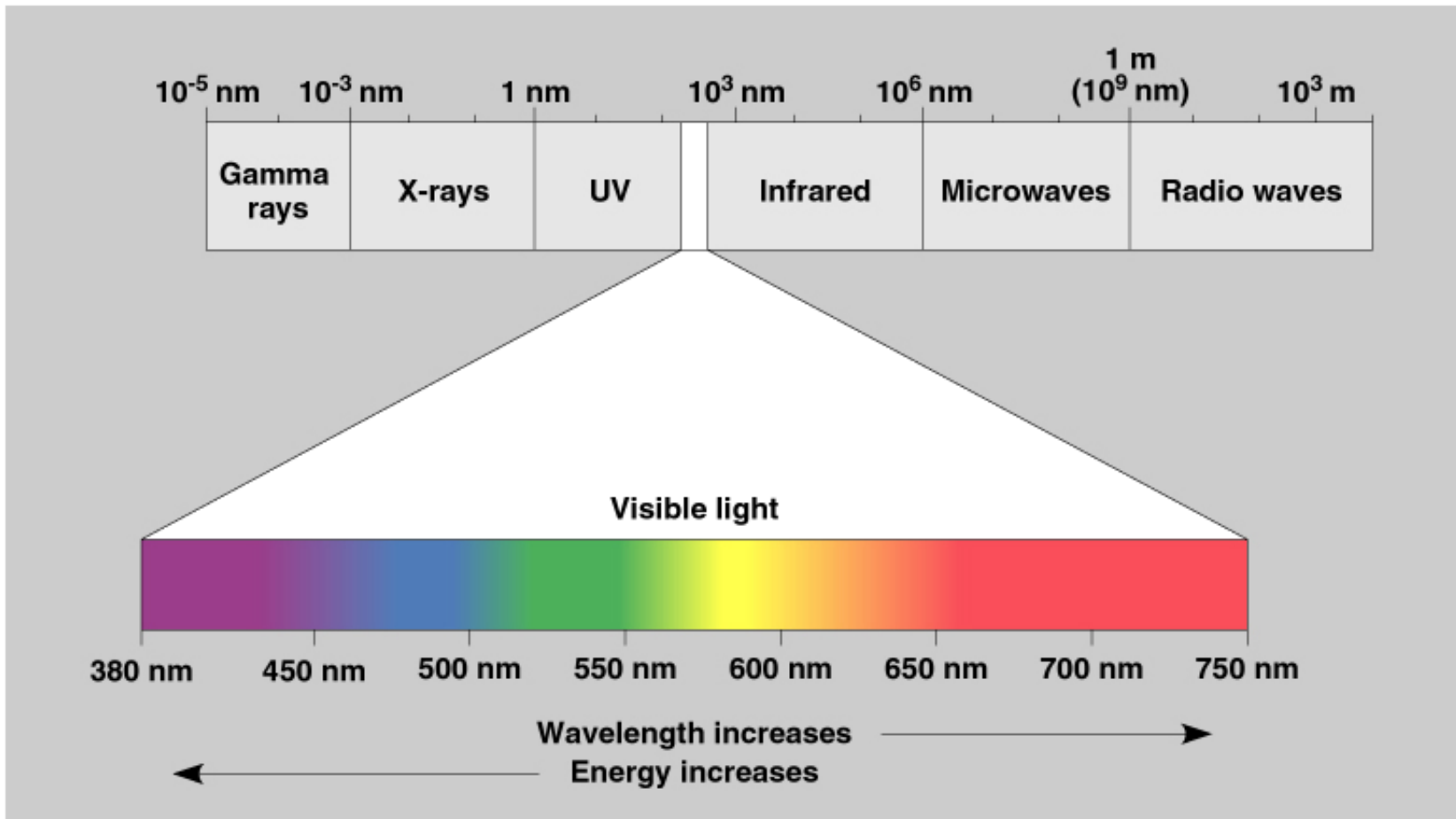
2.1. Les carotènes

2.2. Les xanthophylles

3. LES PHYCOBILINES

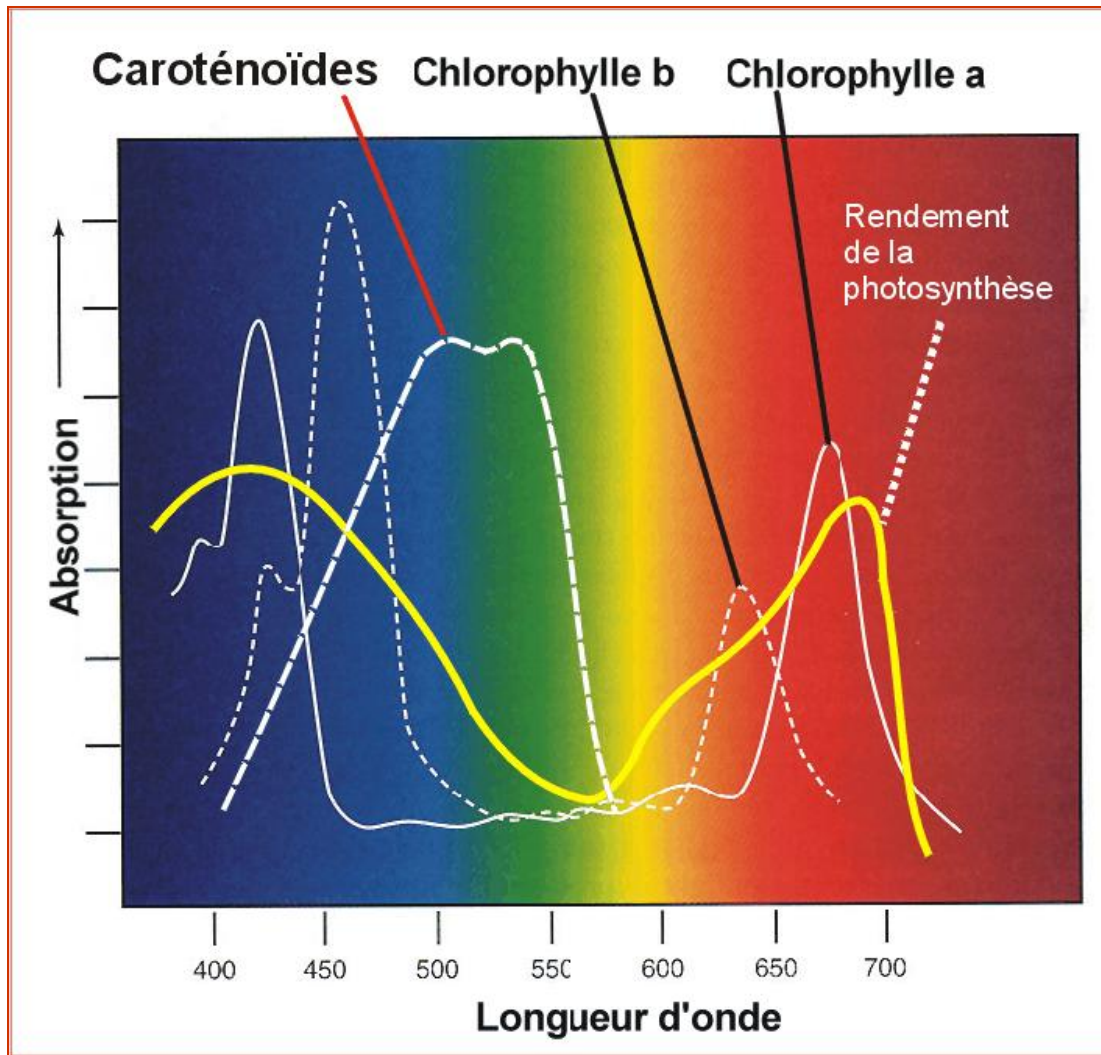
4. PIGMENTS ACTIFS - PIGMENTS ACCESSOIRES

Absorption de la lumière



©1999 Addison Wesley Longman, Inc.

Lumière visible : 380 à 750 nm



Les différents pigments n'absorbent pas la lumière de la même façon.

L'énergie absorbée par les pigments accessoires (chlorophylle b, caroténoïdes et xanthophylles) est transmise à la chlorophylle a.

1. LES CHLOROPHYLLES

1.1. Structure

1.2. Distribution

1.3. Propriétés spectrales

2. LES CAROTENOIDES

2.1. Les carotènes

2.2. Les xanthophylles

3. LES PHYCOBILINES

4. PIGMENTS ACTIFS - PIGMENTS ACCESSOIRES

LES CAROTENOÏDES

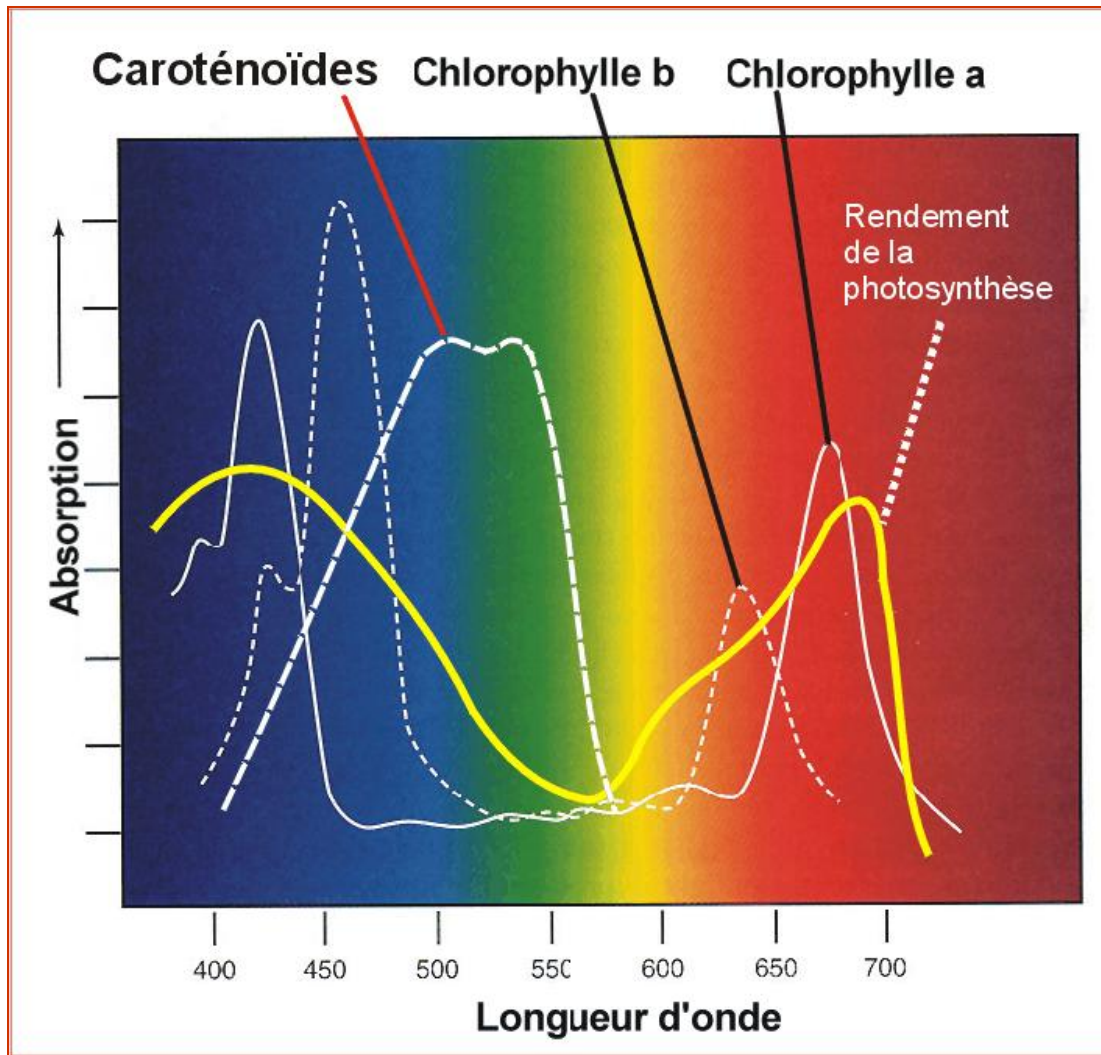
Famille des **terpènes**

Monomère = isoprène 5 C

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

2 sous-familles :

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



Les différents pigments n'absorbent pas la lumière de la même façon.

L'énergie absorbée par les pigments accessoires (chlorophylle b, caroténoïdes et xanthophylles) est transmise à la chlorophylle a.

1. LES CHLOROPHYLLES

1.1. Structure

1.2. Distribution

1.3. Propriétés spectrales

2. LES CAROTENOIDES

2.1. Les carotènes

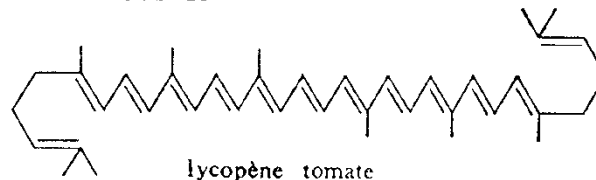
2.2. Les xanthophylles

3. LES PHYCOBILINES

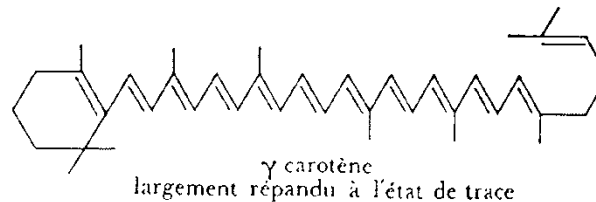
4. PIGMENTS ACTIFS - PIGMENTS ACCESSOIRES

I. CAROTÈNES

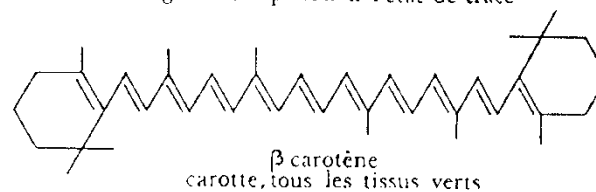
acyclique



monocyclique

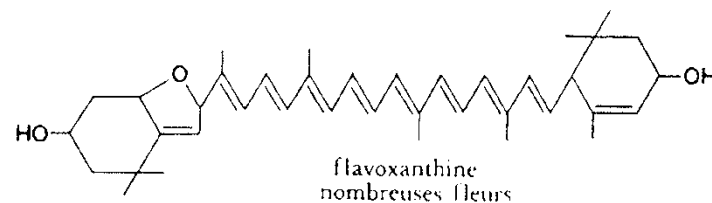
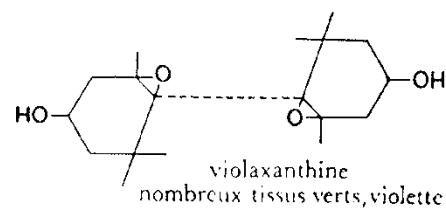
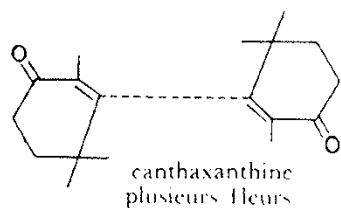
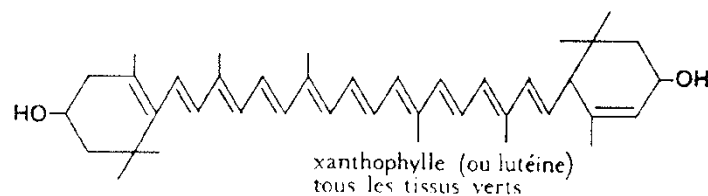


bicyclique



dérivés
oxygénés

II. XANTHOPHYLLES



Exemples de tétraterpénoïdes : carotènes et leurs dérivés oxygénés.

1. LES CHLOROPHYLLES

1.1. Structure

1.2. Distribution

1.3. Propriétés spectrales

2. LES CAROTENOIDES

2.1. Les carotènes

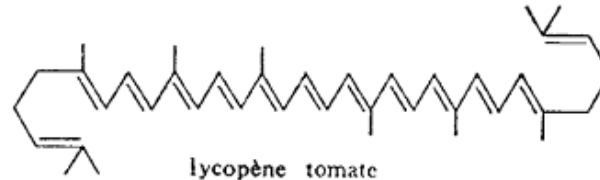
2.2. Les xanthophylles

3. LES PHYCOBILINES

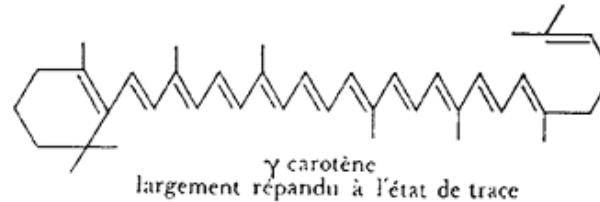
4. PIGMENTS ACTIFS - PIGMENTS ACCESSOIRES

I. CAROTÈNES

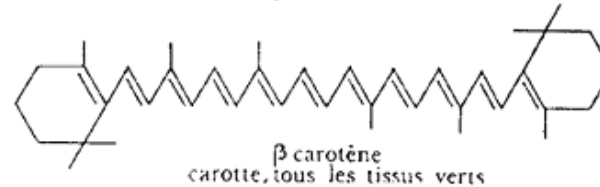
acyclique



monocyclique

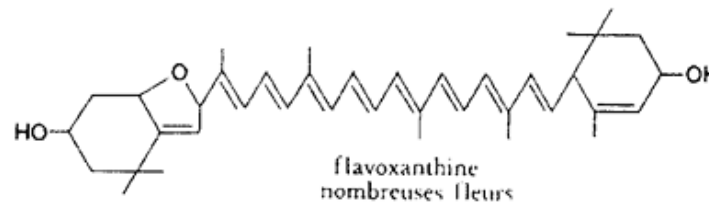
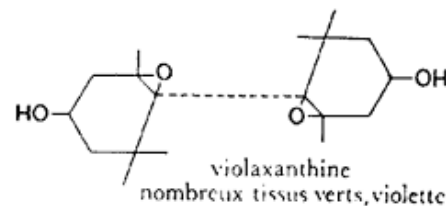
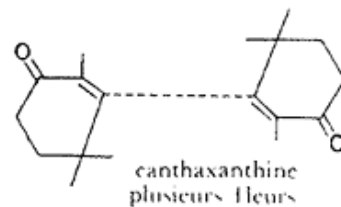
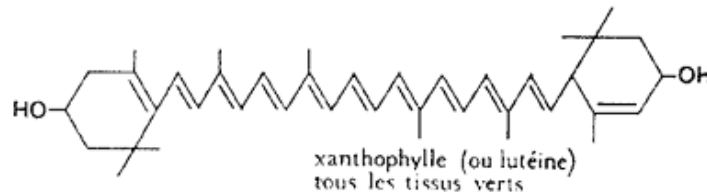


bicyclique



dérivés
oxygénés

II. XANTHOPHYLLES



Exemples de tétraterpénoïdes : carotènes et leurs dérivés oxygénés.

1. LES CHLOROPHYLLES

1.1. Structure

1.2. Distribution

1.3. Propriétés spectrales

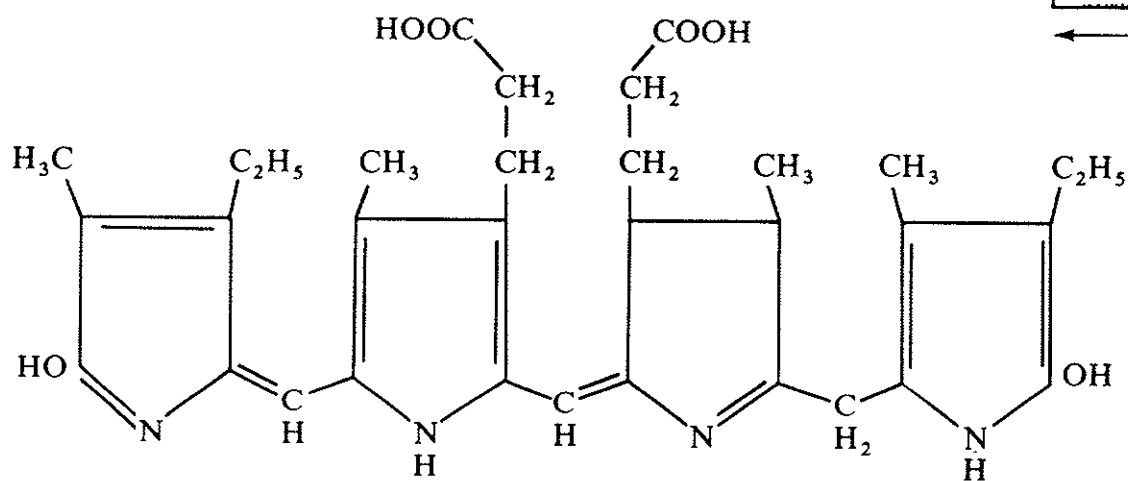
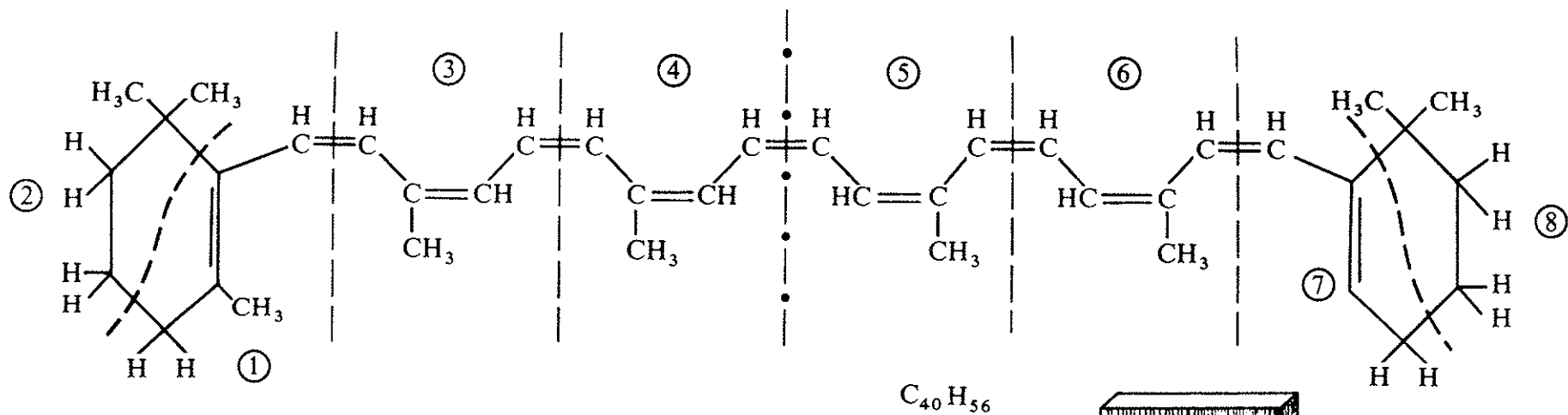
2. LES CAROTENOIDES

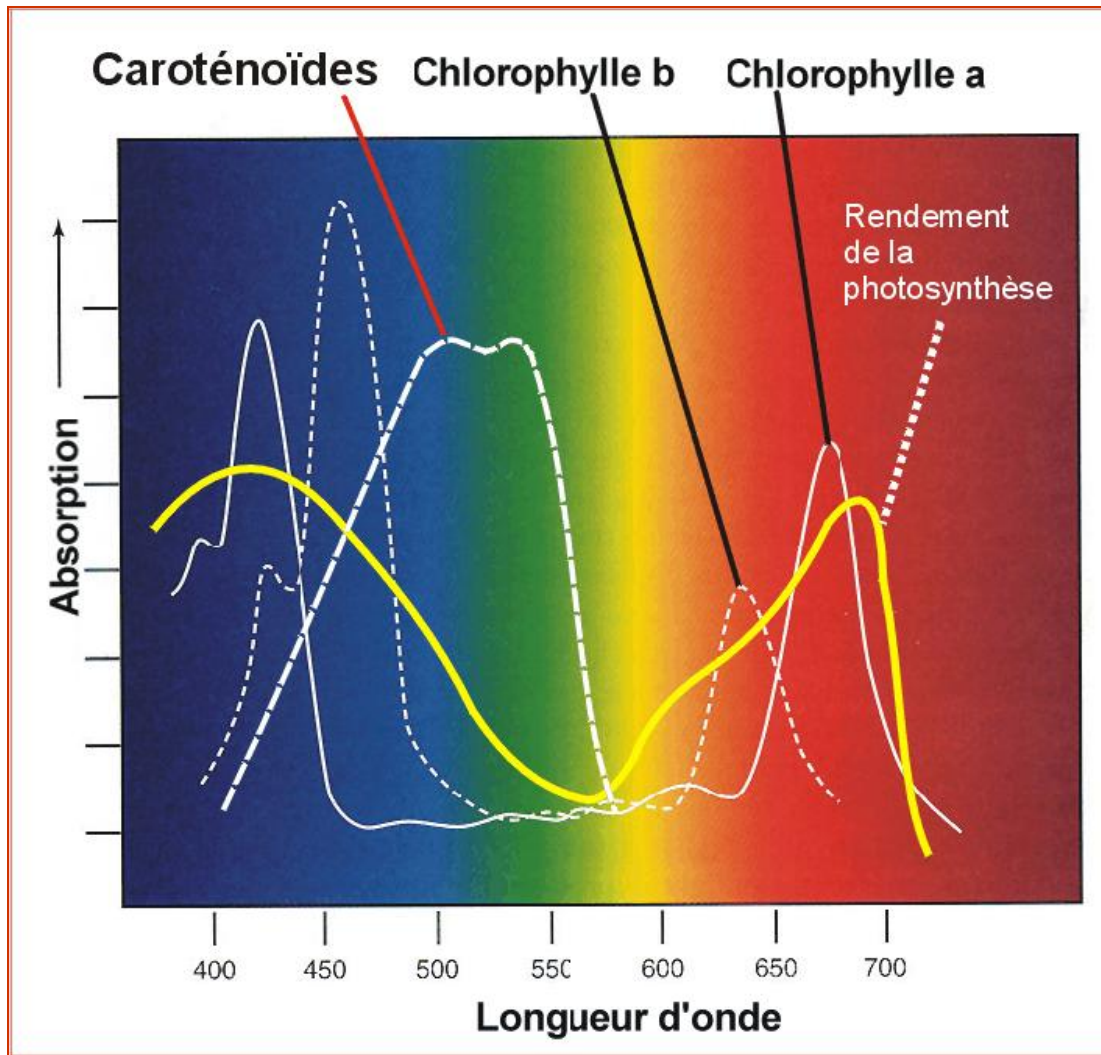
2.1. Les carotènes

2.2. Les xanthophylles

3. LES PHYCOBILINES

4. PIGMENTS ACTIFS - PIGMENTS ACCESSOIRES





Les différents pigments n'absorbent pas la lumière de la même façon.

L'énergie absorbée par les pigments accessoires (chlorophylle b, caroténoïdes et xanthophylles) est transmise à la chlorophylle a.

1. LES CHLOROPHYLLES

1.1. Structure

1.2. Distribution

1.3. Propriétés spectrales

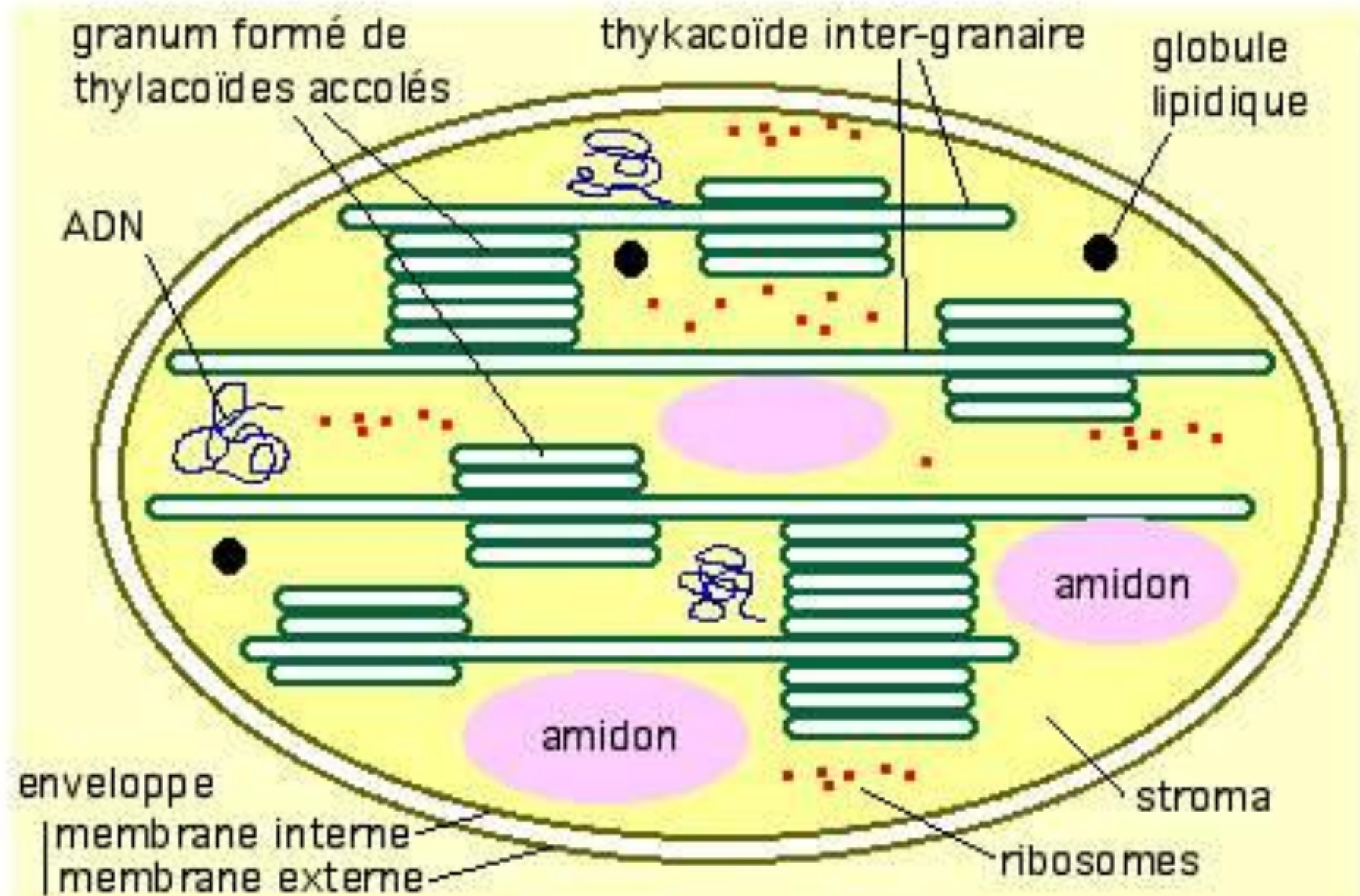
2. LES CAROTENOIDES

2.1. Les carotènes

2.2. Les xanthophylles

3. LES PHYCOBILINES

4. PIGMENTS ACTIFS - PIGMENTS ACCESSOIRES



LES CHROMOPROTEINES CAROTENOIDIENNES

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

LES BILIPROTEINES

Phycobiline + Protéine

LES CHROMOPROTEINES CHLOROPHYLLIENNES

Chlorophylle + Protéine = **Holochrome**

Les pigments actifs

- Chlorophylle a
- Bactéριοchlorophylles

Les pigments accessoires

- Chlorophylle b
- Carotènes
- Xanthophylles
- Phycobilines

5. CAPTURE ET MIGRATION DE L'ENERGIE LUMINEUSE

5.1. Capture de l'énergie

5.2. Migration de l'énergie

5.2.1. Par fluorescence

5.2.2. Par résonance

5.2.3. Par conversion

6. NOTION DE RENDEMENT QUANTIQUE

1. Définition d'un quantum d'énergie

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

h = constante de Planck = $6,6 \cdot 10^{-34}$ joules

c = vitesse de la lumière = $30\,000 \text{ km s}^{-1}$

2. Définition d'un einstein d'énergie

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

1 einstein = 1 mole de photons

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

- en lumière rouge

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

en km ↙

↘ *1 cal = 4,18 joules*

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

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

- en lumière bleue

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

en km ↙

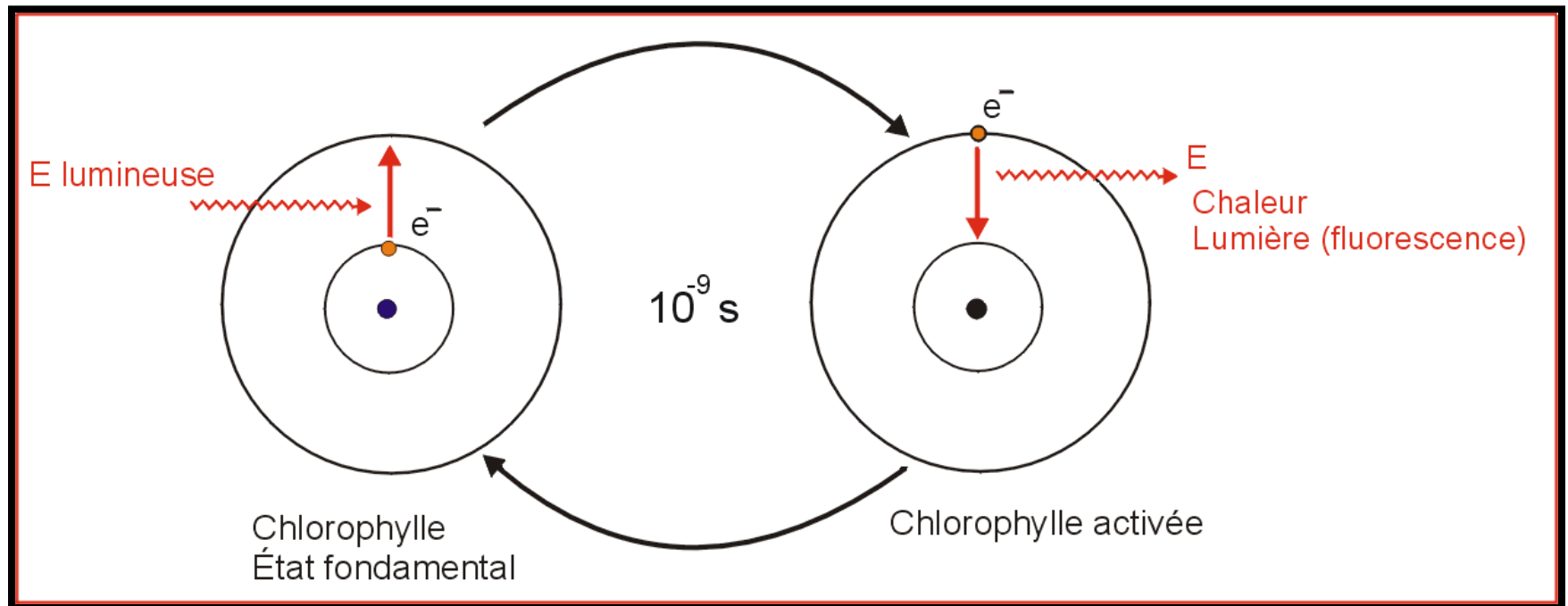
↘ *1 cal = 4,18 joules*

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

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

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

La capture de l'énergie lumineuse



5. CAPTURE ET MIGRATION DE L'ENERGIE LUMINEUSE

5.1. Capture de l'énergie

5.2. Migration de l'énergie

5.2.1. Par fluorescence

5.2.2. Par résonance

5.2.3. Par conversion

6. NOTION DE RENDEMENT QUANTIQUE

MIGRATION DE L'ENERGIE LUMINEUSE

→ FLUORESCENCE

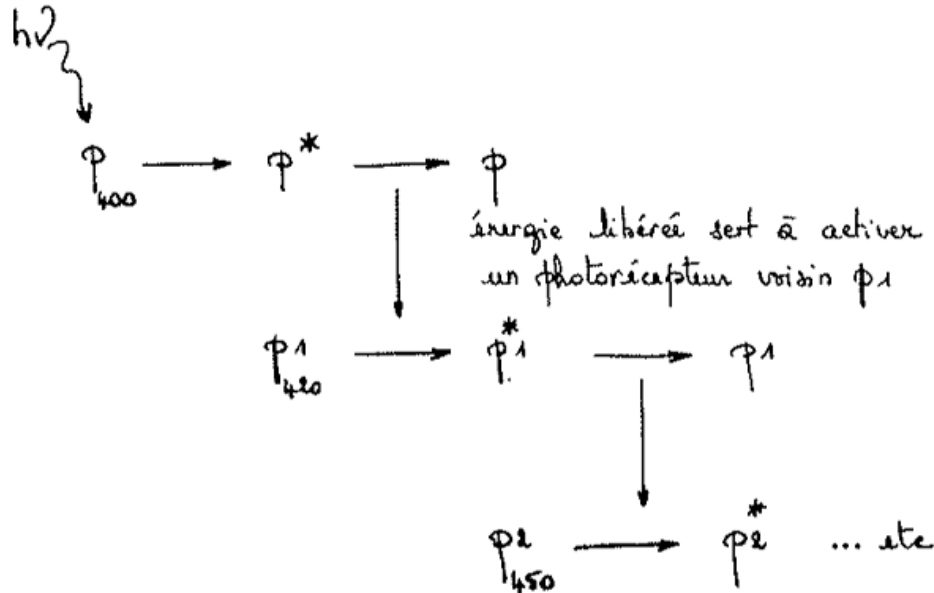
$$q = h \cdot \frac{c}{\lambda} = \underbrace{\omega_0}_{\text{perte d'énergie}} + q' \quad q' < q \text{ par déf.}$$

perte d'énergie = entropie
émission de chaleur

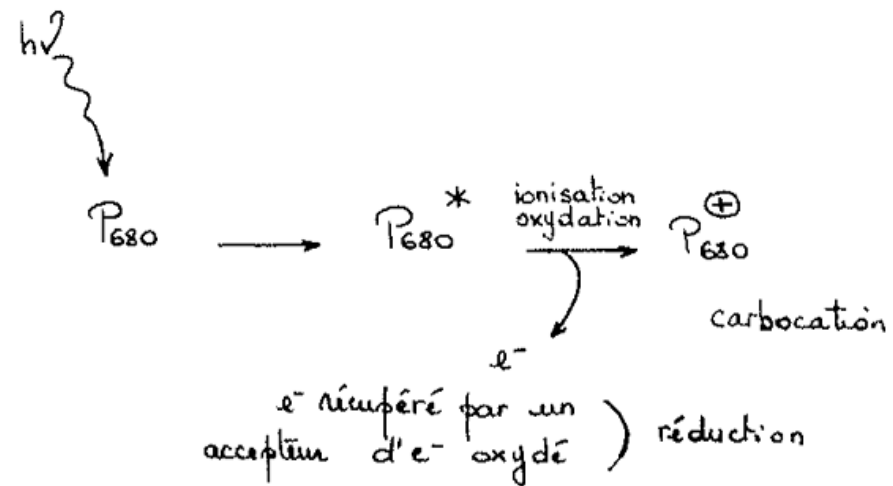
$$q' = h \cdot \frac{c}{\lambda'} \quad \text{avec } \lambda' > \lambda \rightarrow \begin{array}{l} \text{lumière} \\ \text{d'excitation} \end{array}$$

lumière de fluorescence

→ RESONANCE



→ CONVERSION = une réaction rédox



5. CAPTURE ET MIGRATION DE L'ENERGIE LUMINEUSE

5.1. Capture de l'énergie

5.2. Migration de l'énergie

5.2.1. Par fluorescence

5.2.2. Par résonance

5.2.3. Par conversion

6. NOTION DE RENDEMENT QUANTIQUE

MIGRATION DE L'ENERGIE LUMINEUSE

→ FLUORESCENCE

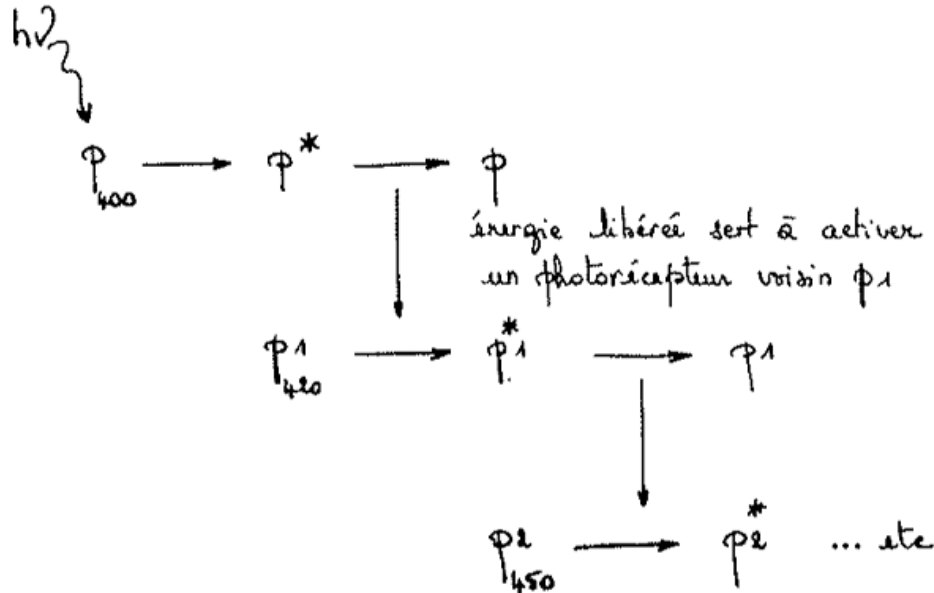
$$q = h \cdot \frac{c}{\lambda} = \underbrace{\omega_0}_{\text{perte d'énergie}} + q' \quad q' < q \text{ par déf.}$$

perte d'énergie = entropie
émission de chaleur

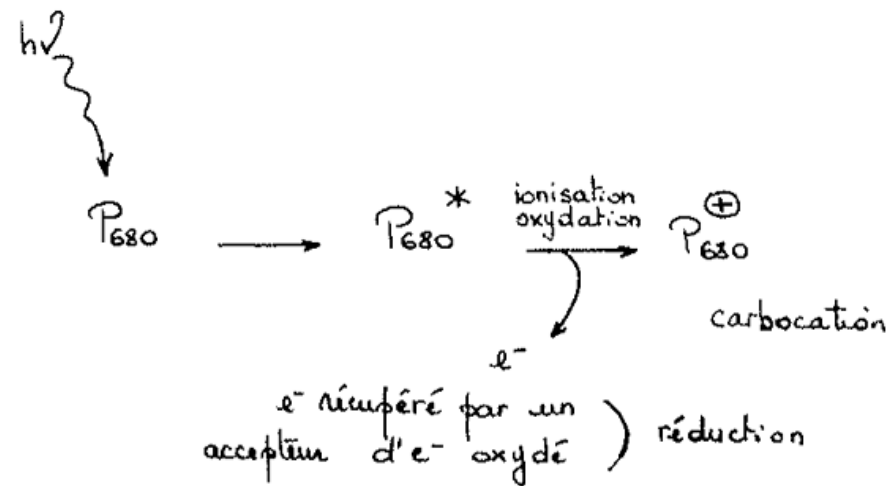
$$q' = h \cdot \frac{c}{\lambda'} \quad \text{avec } \lambda' > \lambda \rightarrow \begin{array}{l} \text{lumière} \\ \text{d'excitation} \end{array}$$

lumière de fluorescence

→ RESONANCE



→ CONVERSION = une réaction rédox



5. CAPTURE ET MIGRATION DE L'ENERGIE LUMINEUSE

5.1. Capture de l'énergie

5.2. Migration de l'énergie

5.2.1. Par fluorescence

5.2.2. Par résonance

5.2.3. Par conversion

6. NOTION DE RENDEMENT QUANTIQUE

MIGRATION DE L'ENERGIE LUMINEUSE

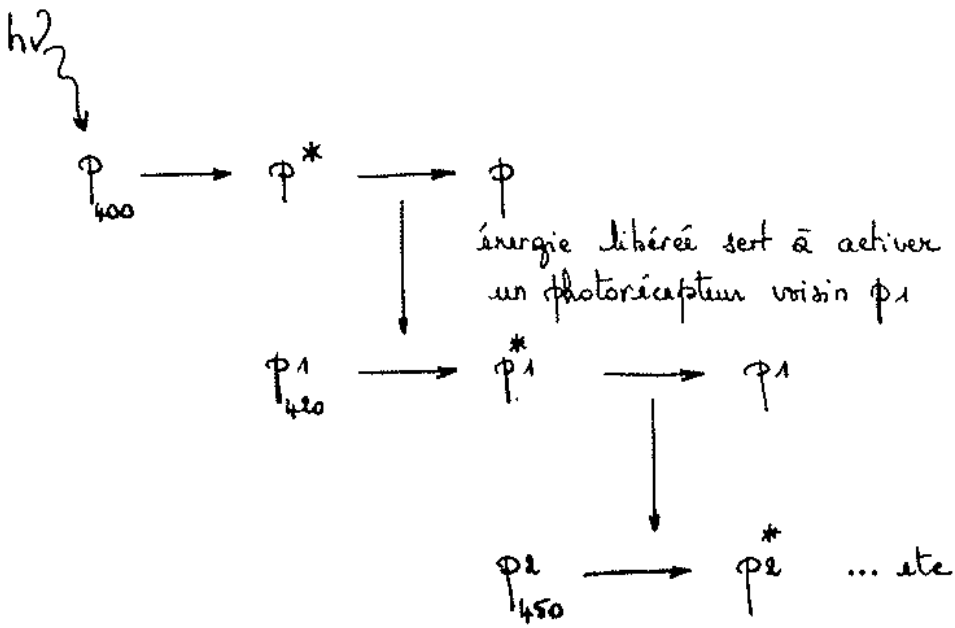
FLUORESCENCE

$$q = h \cdot \frac{c}{\lambda} = \underbrace{\omega_0}_{\text{perte d'énergie}} + q' \quad q' < q \text{ par déf.}$$

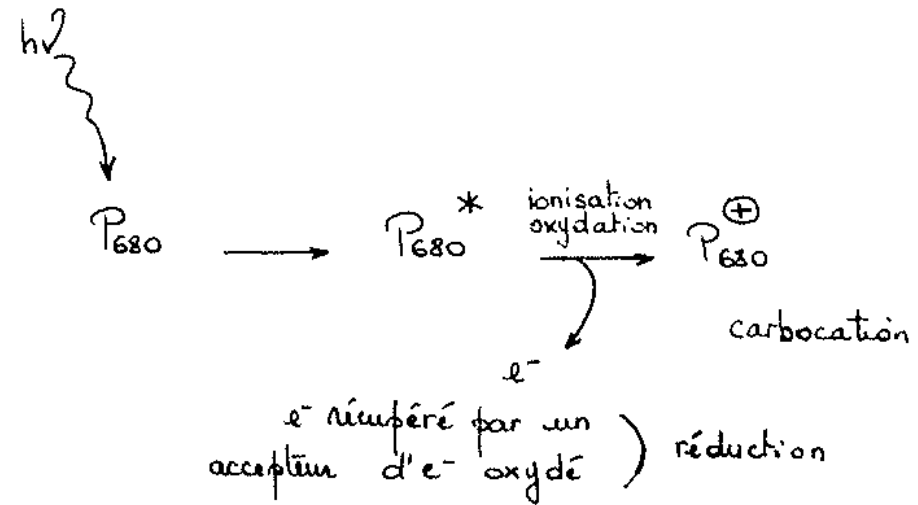
perte d'énergie = entropie
émission de chaleur

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

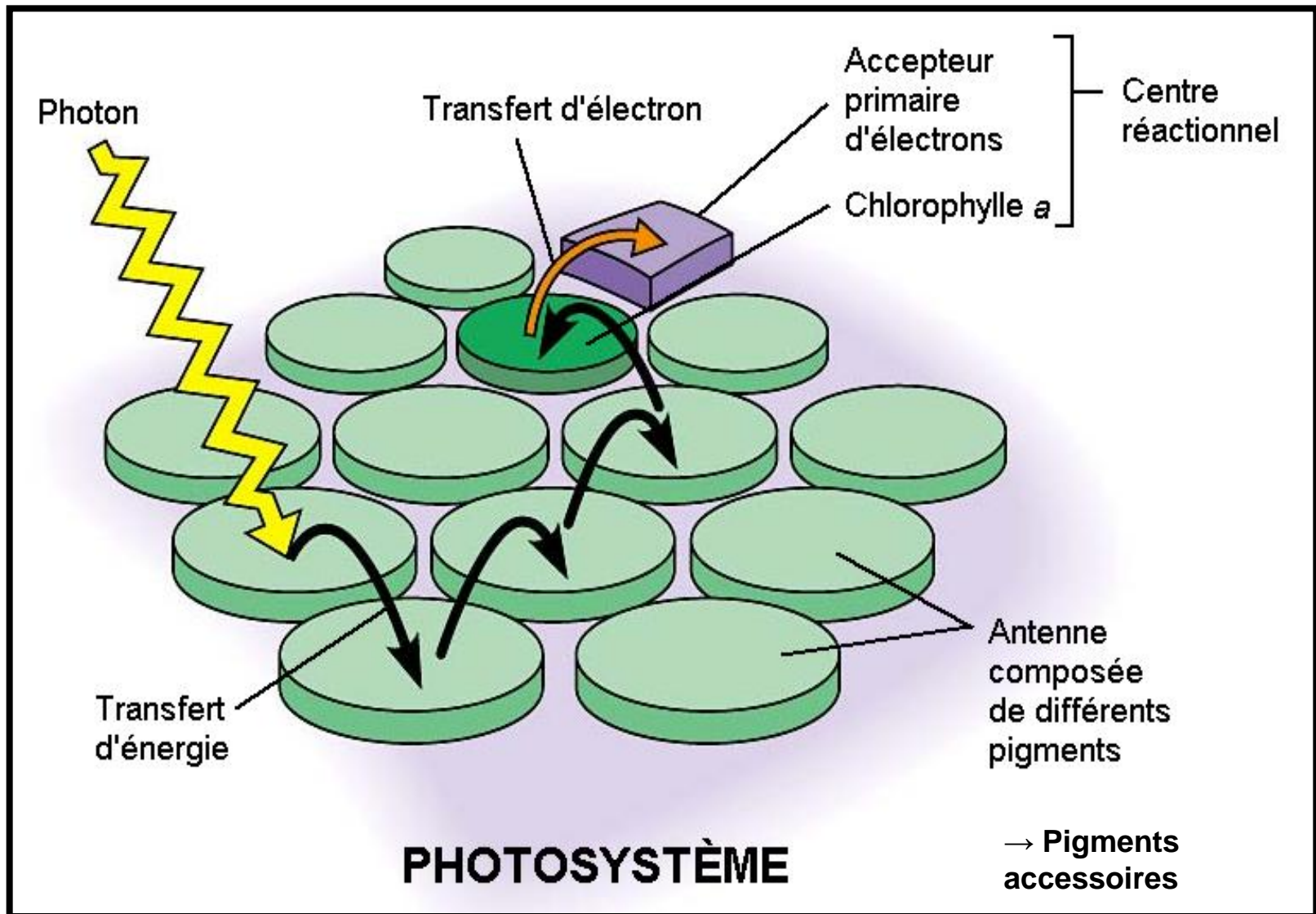
RESONANCE



→ CONVERSION = une réaction rédox



Migration de l'énergie lumineuse



5. CAPTURE ET MIGRATION DE L'ENERGIE LUMINEUSE

5.1. Capture de l'énergie

5.2. Migration de l'énergie

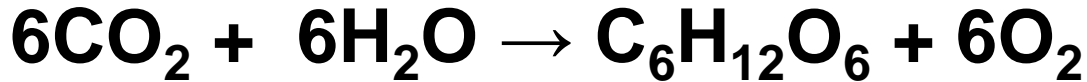
5.2.1. Par fluorescence

5.2.2. Par résonance

5.2.3. Par conversion

6. NOTION DE RENDEMENT QUANTIQUE

RENDEMENT QUANTIQUE



6 CO₂ ≈ 112 Kcal



Énergie nécessaire pour incorporer 6 molécules de CO₂ dans une molécule de glucose

or énergie d'une mole de photons :

- si hν bleue ≈ 65 Kcal
- si hν rouge ≈ 42 Kcal

donc en théorie :

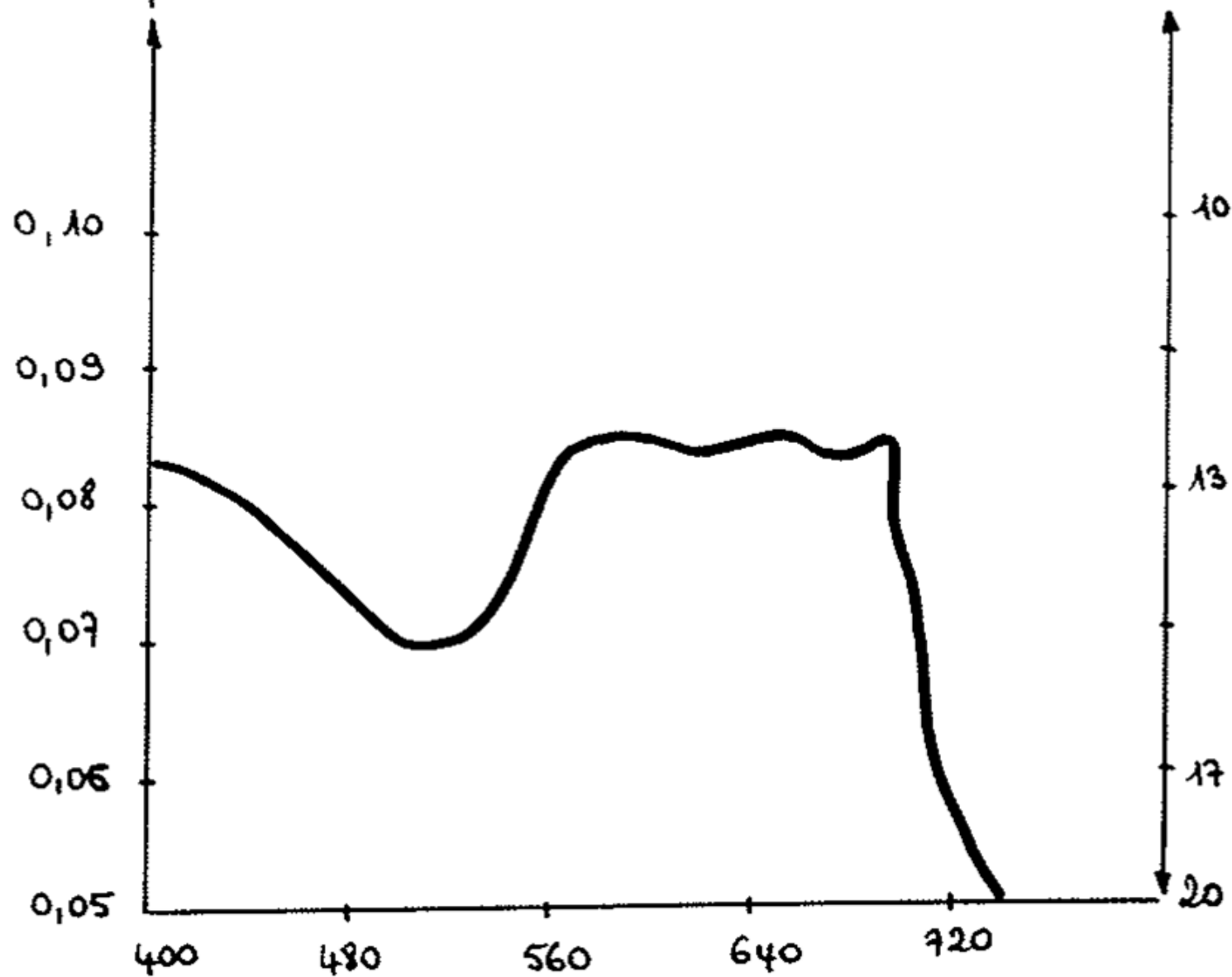
112 Kcal ≈ **2 moles de photons bleus**
≈ **3 moles de photons rouges**

en réalité :

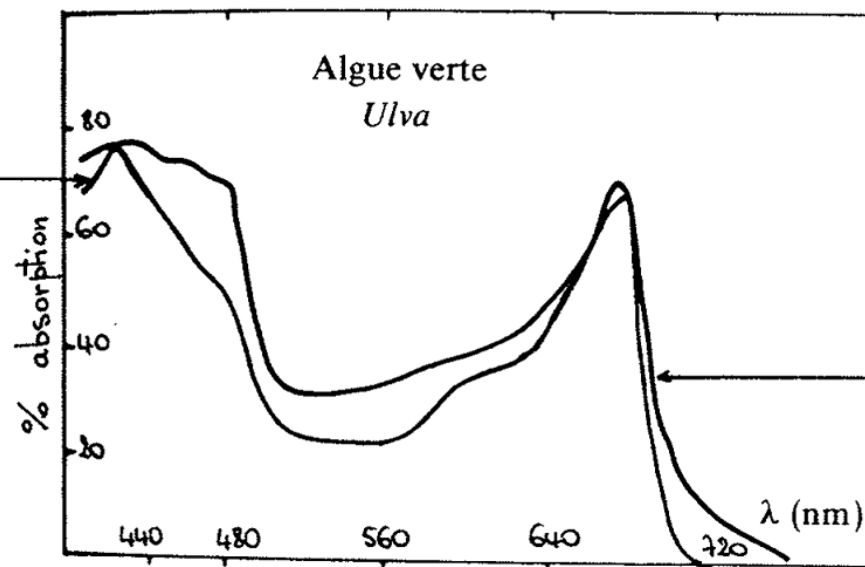
Il faut en moyenne **12 à 13 moles de photons**

$$\phi = \frac{\overset{\nearrow}{O_2}}{n \text{ photons}}$$

$$n \text{ photons} / \overset{\nearrow}{O_2}$$



Spectre d'action
de la
photosynthèse
(chez *Ulva lactuca*)



spectre d'absorption
de l'Algue
Ulva lactuca