



La plante, productrice de
matière organique



Quelles sont les étapes de la photosynthèse ? Que deviennent les produits issus de la photosynthèse ?

I. Les structures impliquées de la photosynthèse

- A) Localisation cellulaire et moléculaire de la photosynthèse
- B) L'activité des pigments photosynthétiques et la capture de l'énergie lumineuse

II. Les processus biochimiques de la photosynthèse

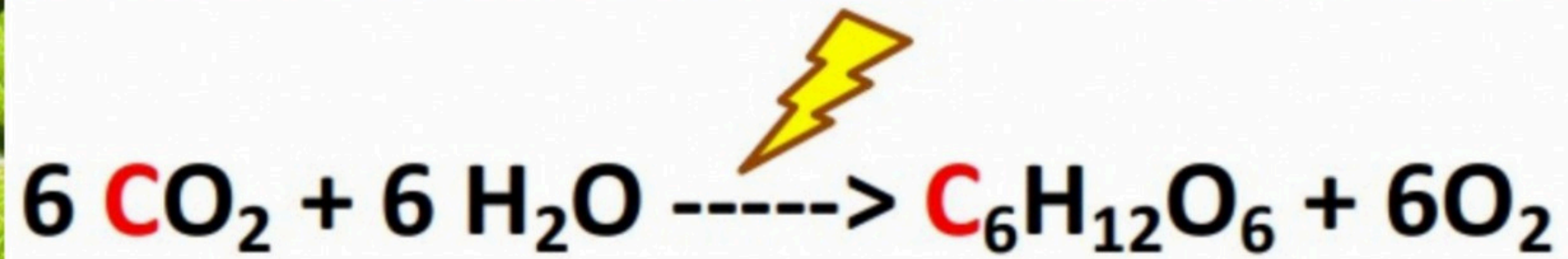
- A) La photolyse de l' H_2O : la phase photochimique de la photosynthèse
- B) La réduction du CO_2 : la phase chimique de la photosynthèse

III. Les produits de la photosynthèse assurent différentes fonctions

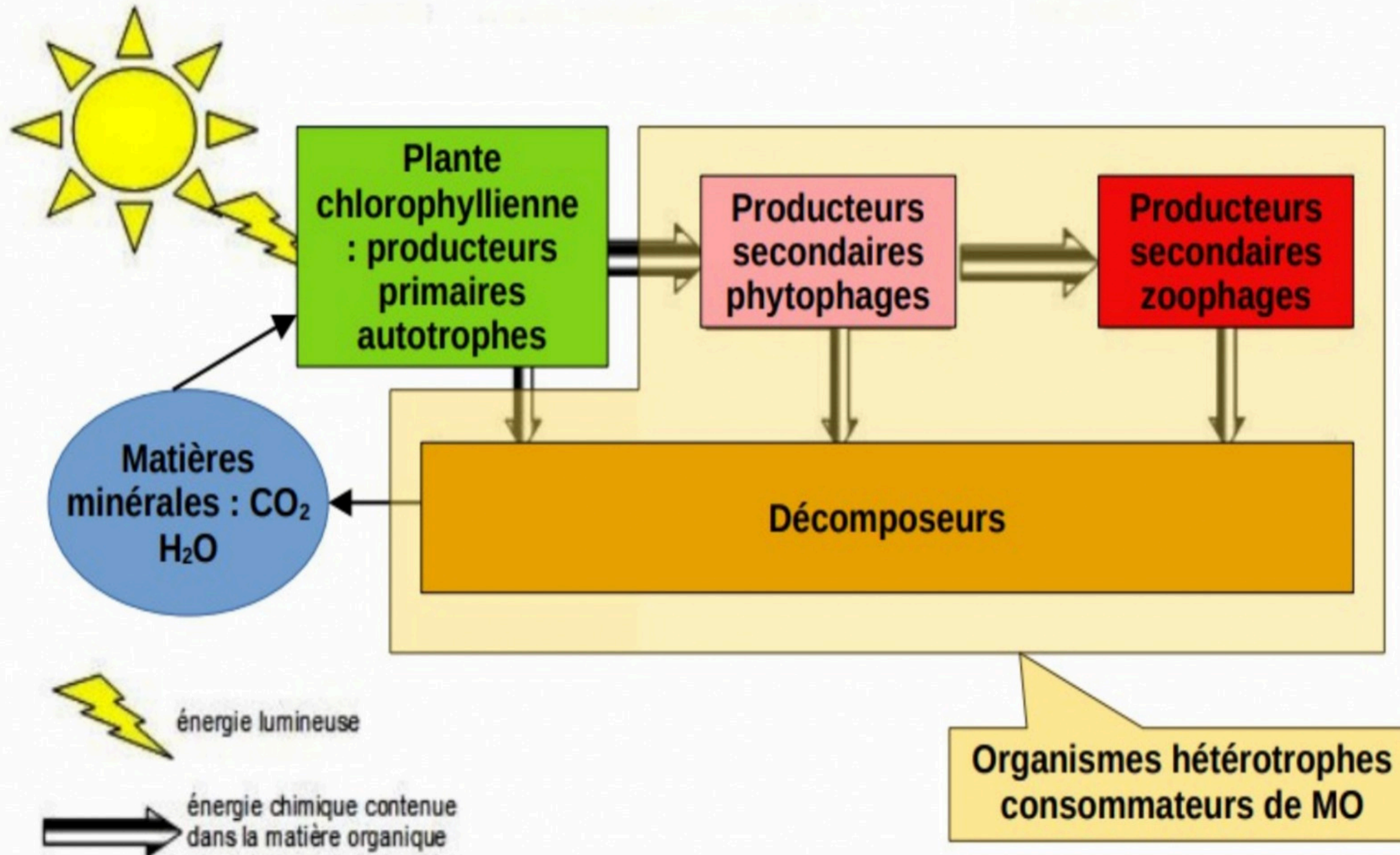
- A) Le transport au sein du végétal
- B) La mise en réserve de la matière organique
- C) La croissance et le port des plantes
- D) Les interactions avec d'autres espèces



La photosynthèse: métabolisme autotrophe



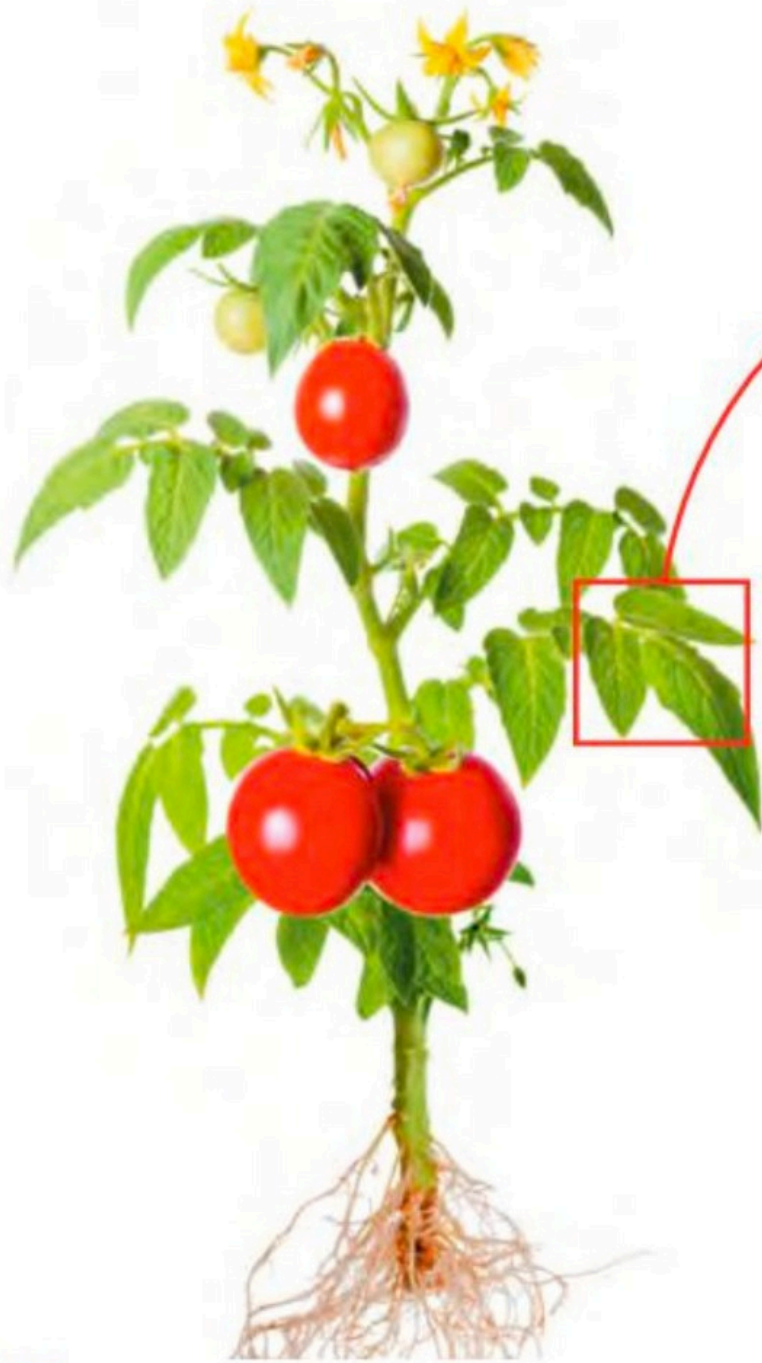
Autotrophie vs Hétérotrophie



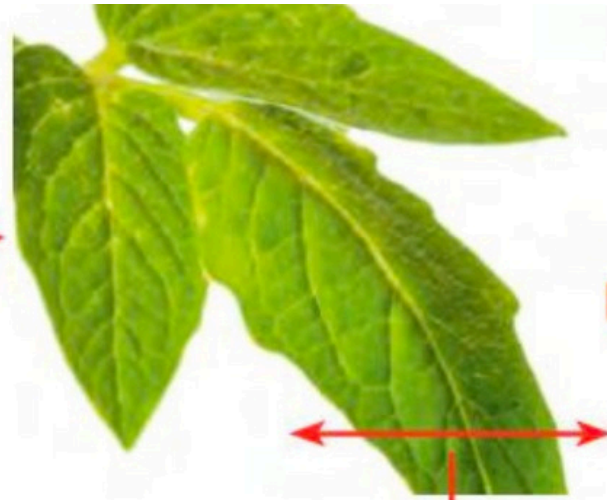
I. Les structures impliquées de la photosynthèse

A) Localisation cellulaire et moléculaire de la photosynthèse

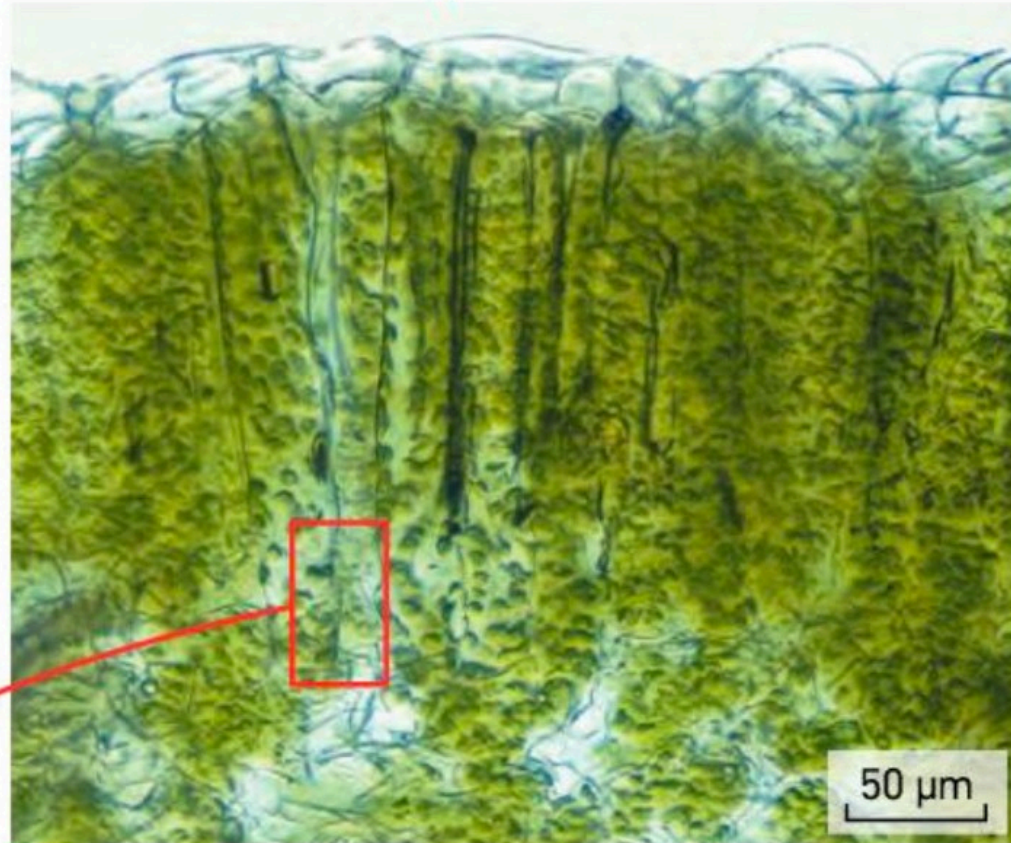




A Échelle de l'individu : plant de tomate.



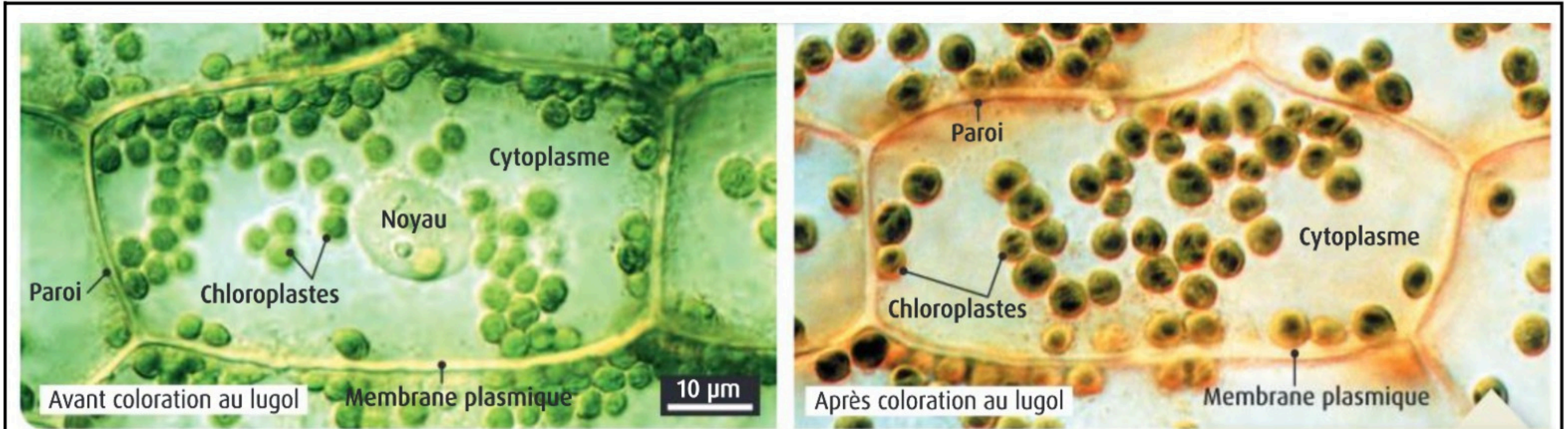
B Échelle des organes :
une feuille.



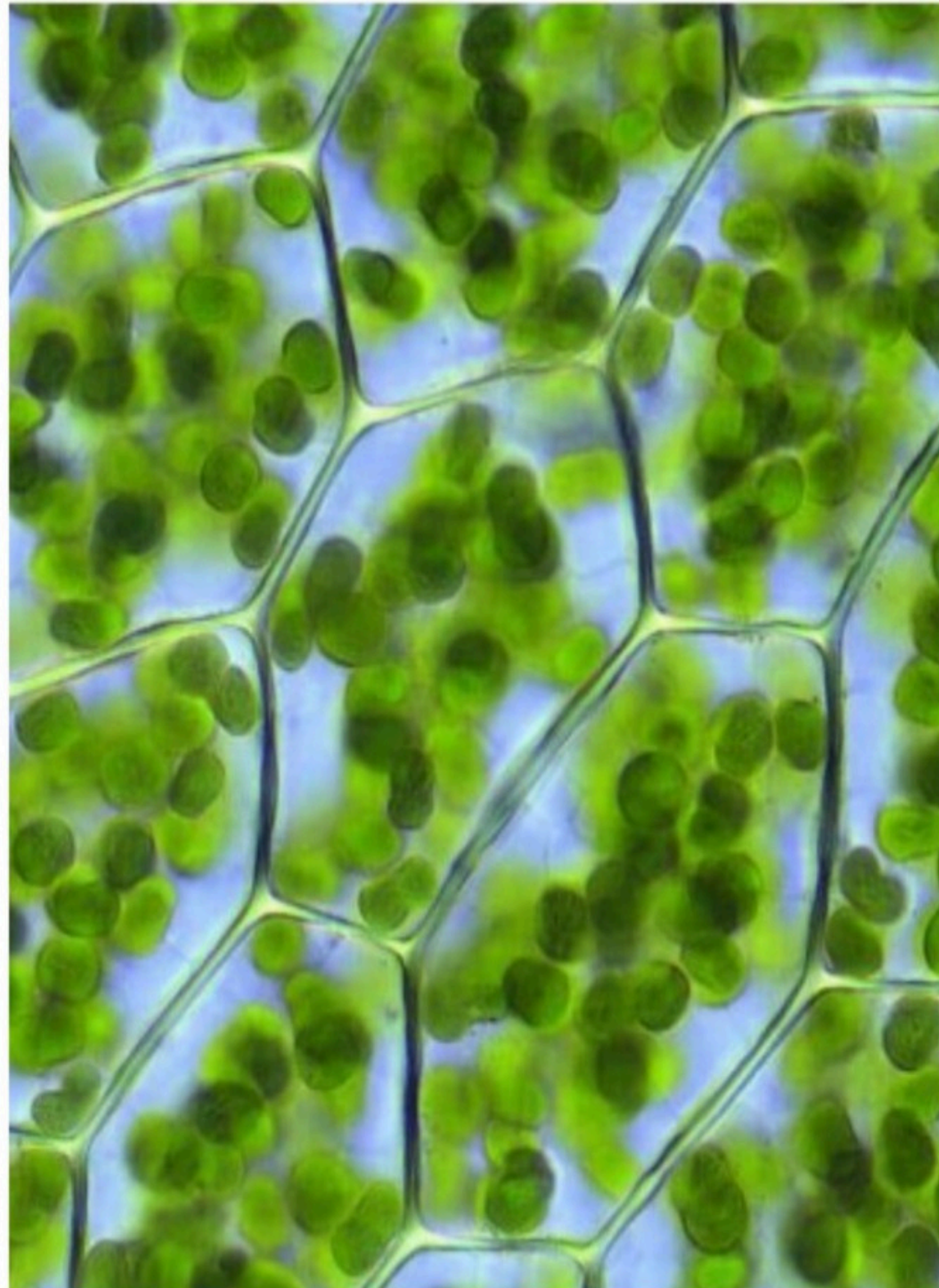
C Échelle des tissus : les parenchymes chlorophylliens
observés sur une coupe transversale de feuille (MO).



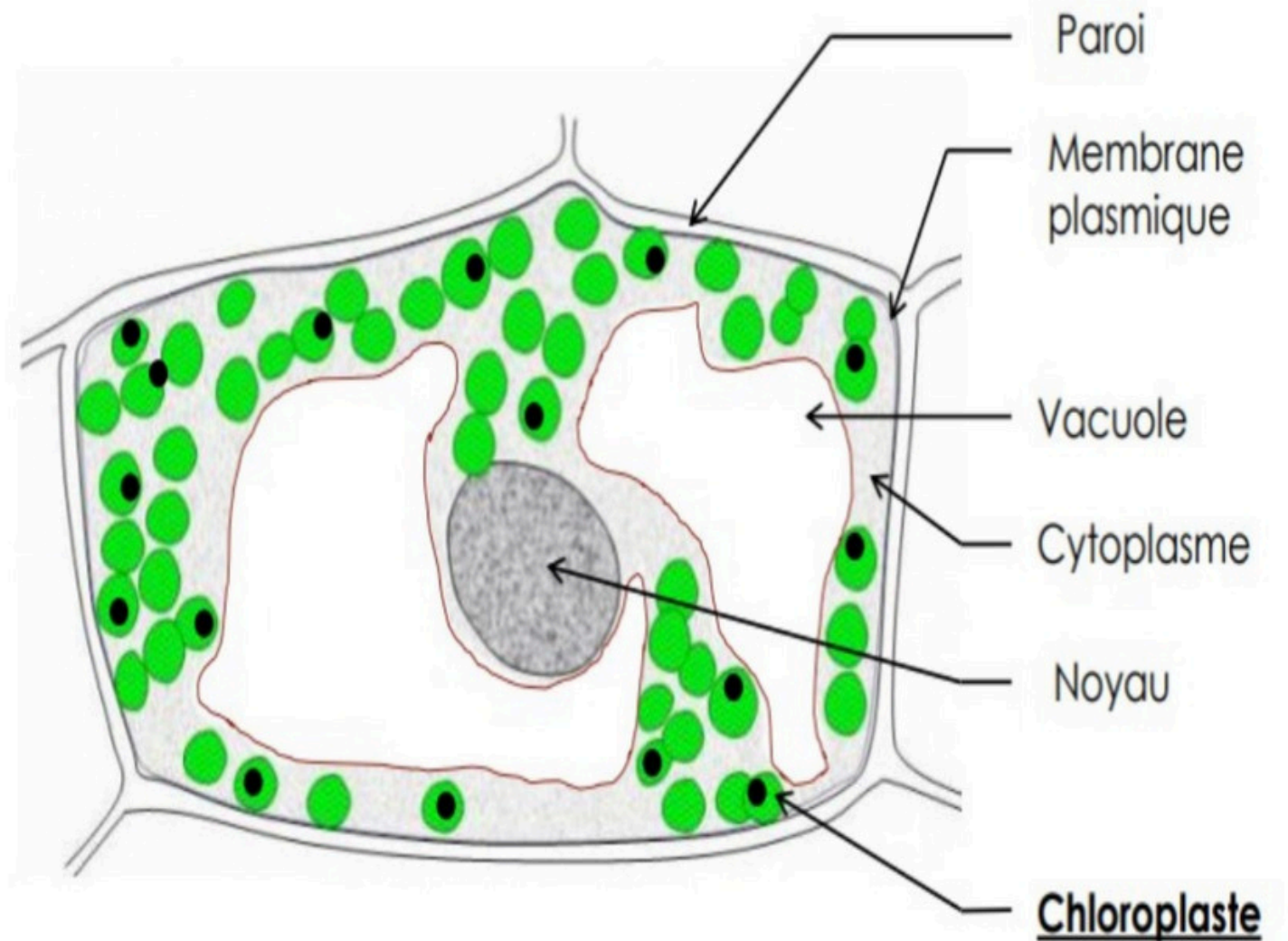
ARGUMENT : Observation microscopique de prélèvement d'épiderme de feuille coloré au Lugol

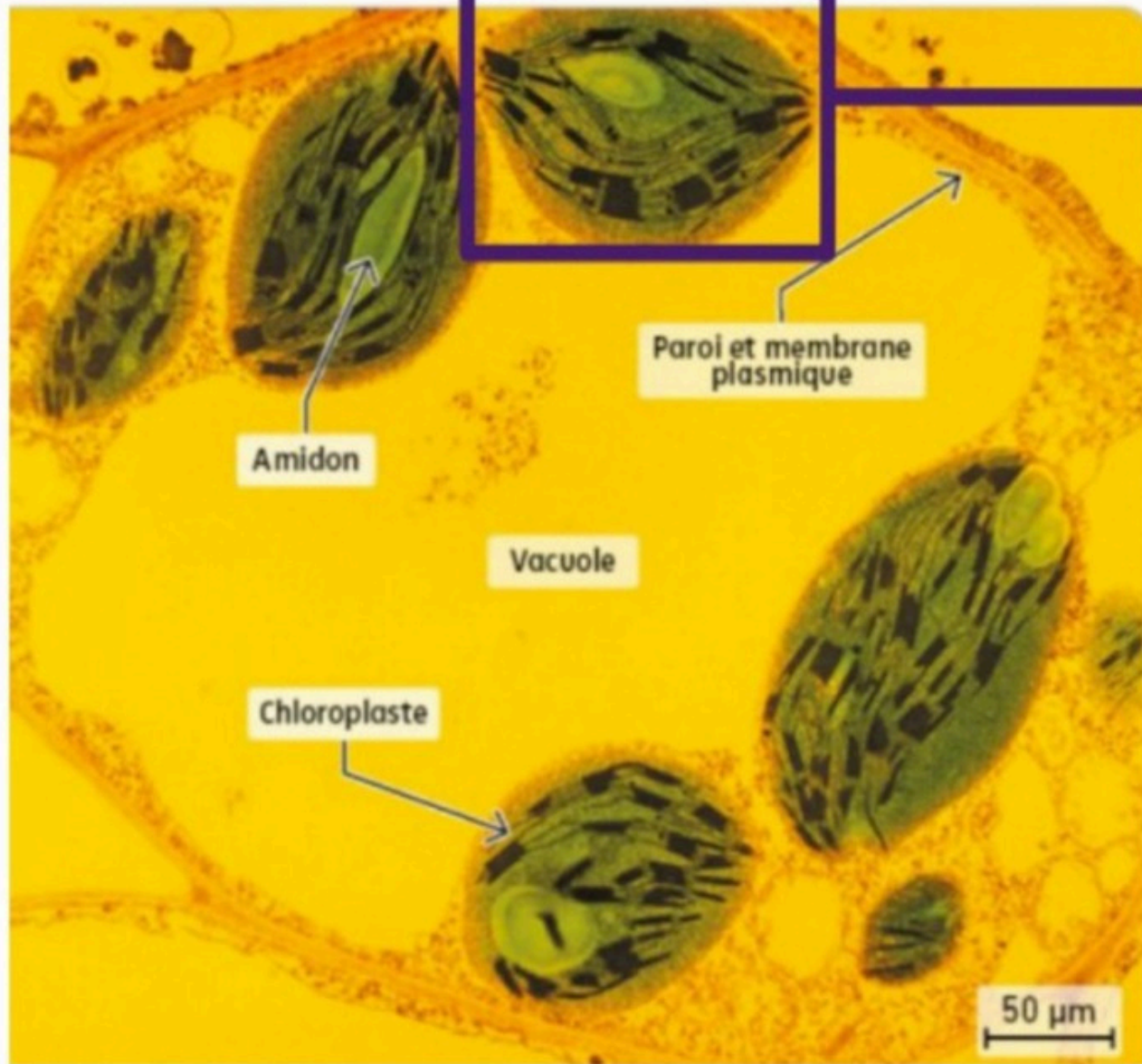


Document 1 : Localisation de la production de matière organique dans une cellule de feuille.

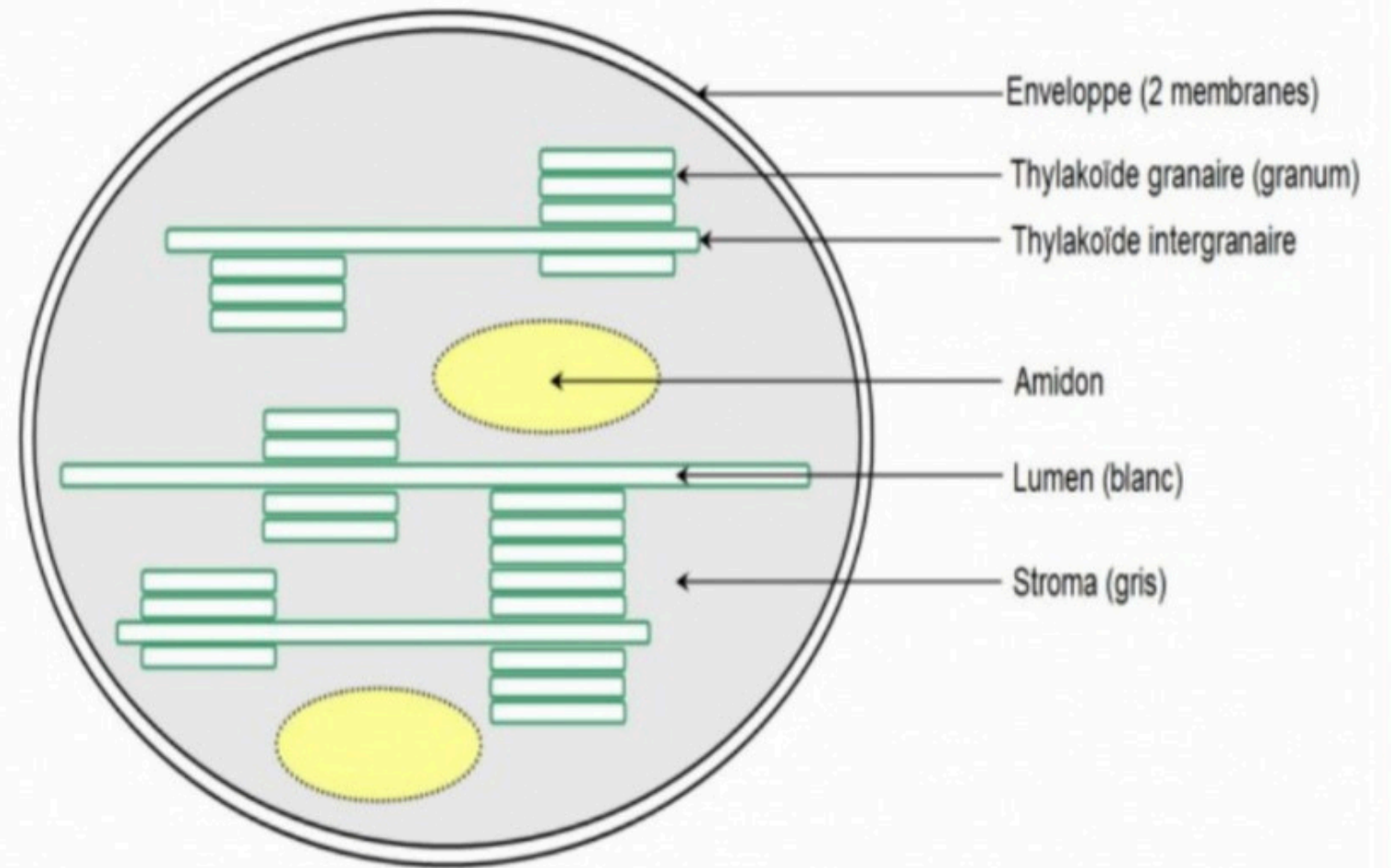


Dessin d'une cellule chlorophyllienne
éclairée dans une goutte de lugol
observée au microscope optique (x600)

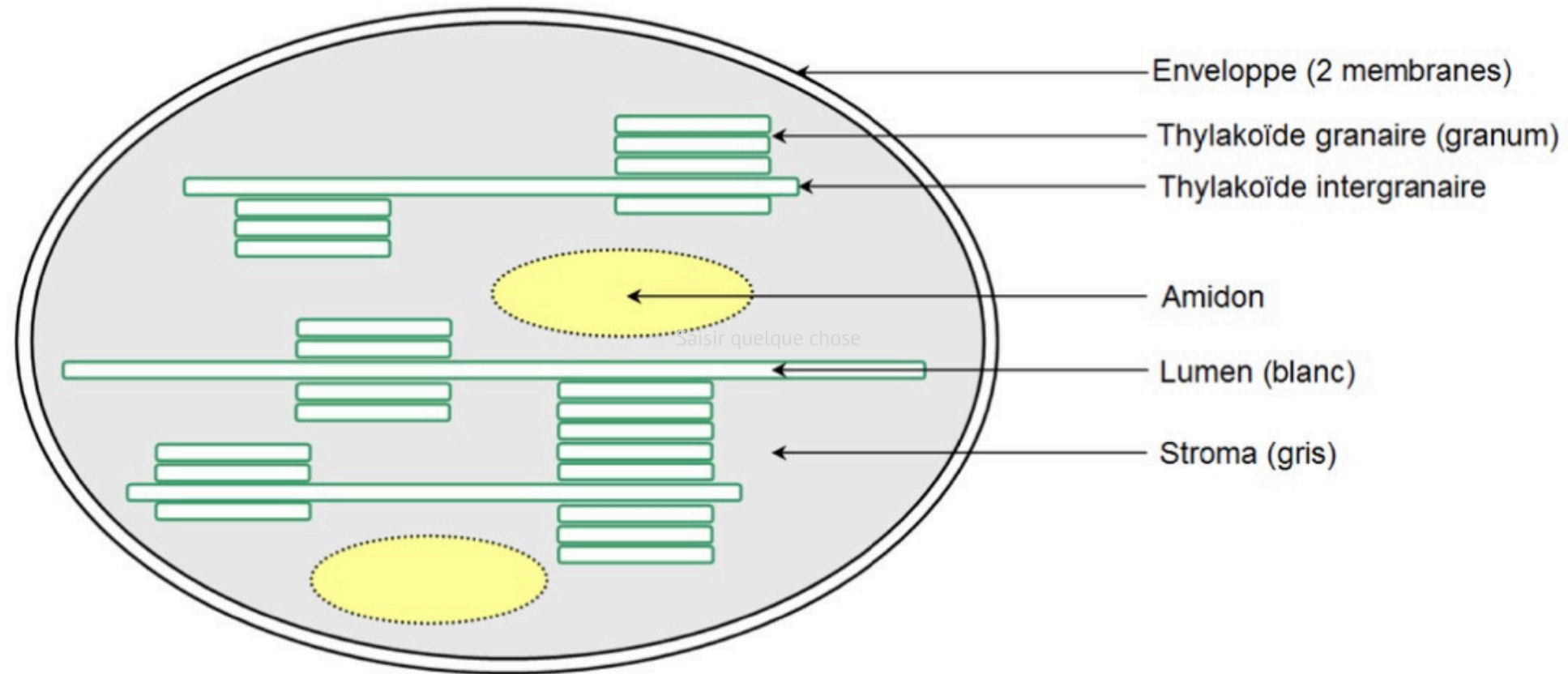




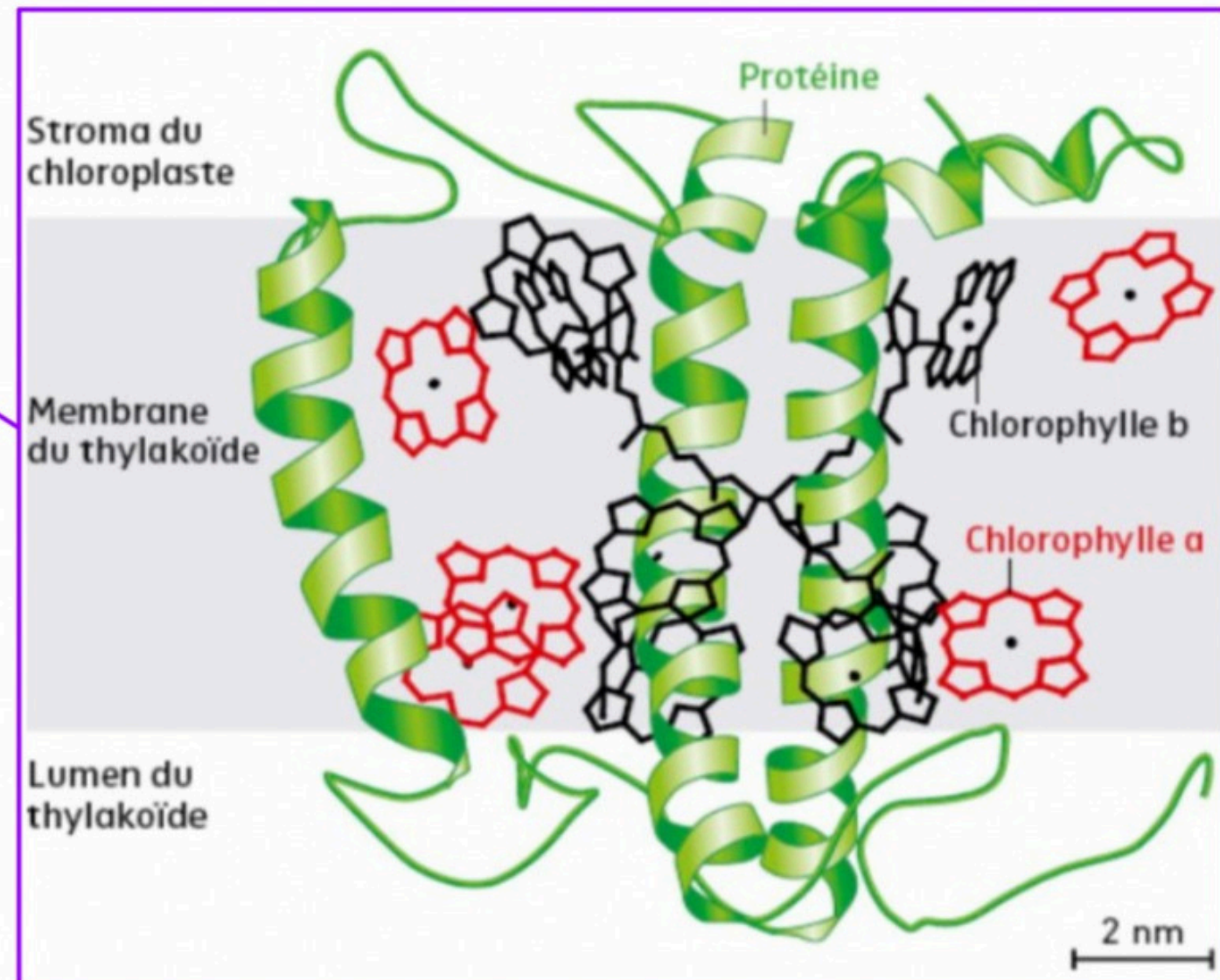
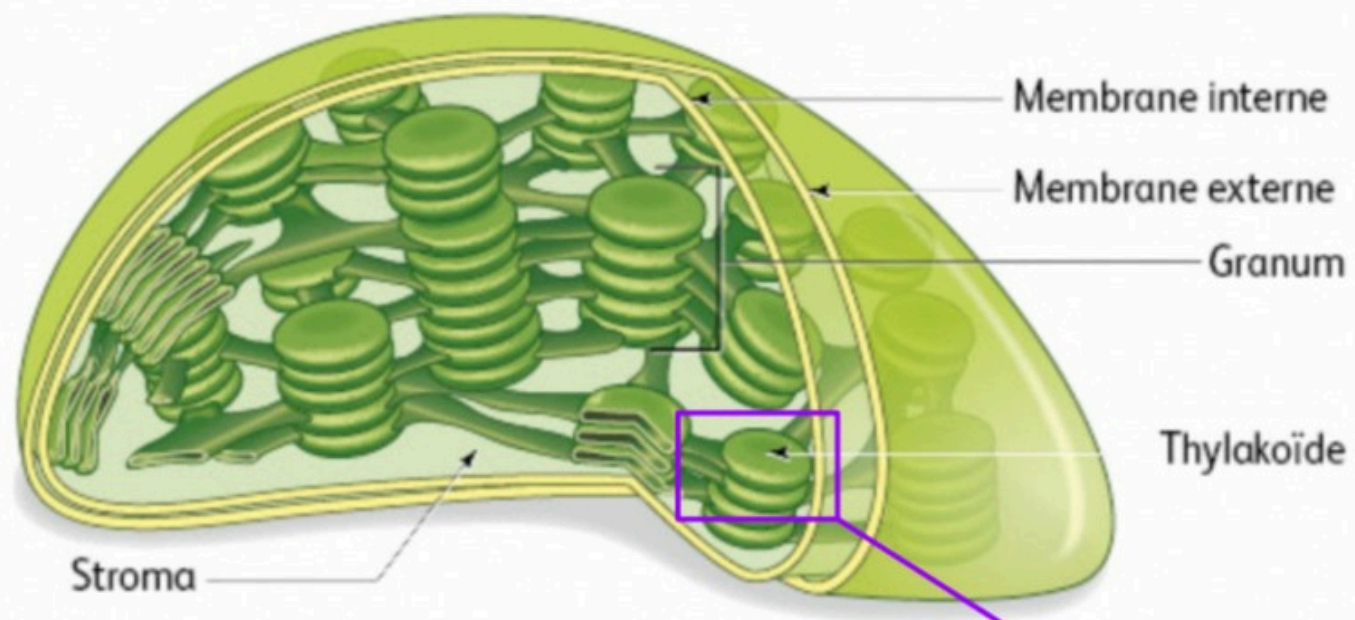
(taille 3 à 10 microns de diamètre et 1 à 2 microns d'épaisseur)



(taille 3 à 10 microns de diamètre et 1 à 2 microns d'épaisseur)

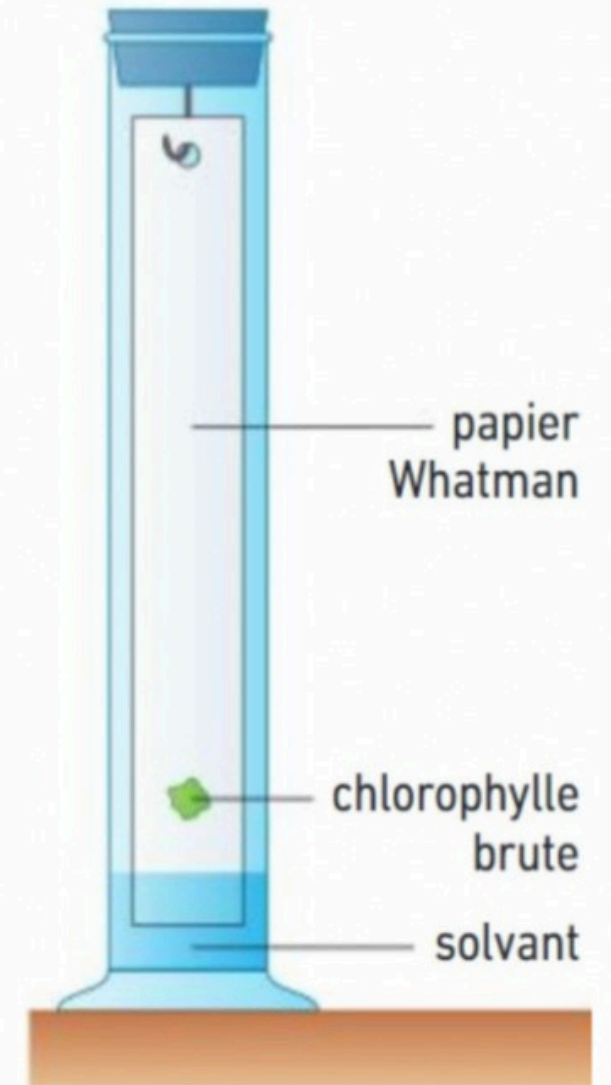


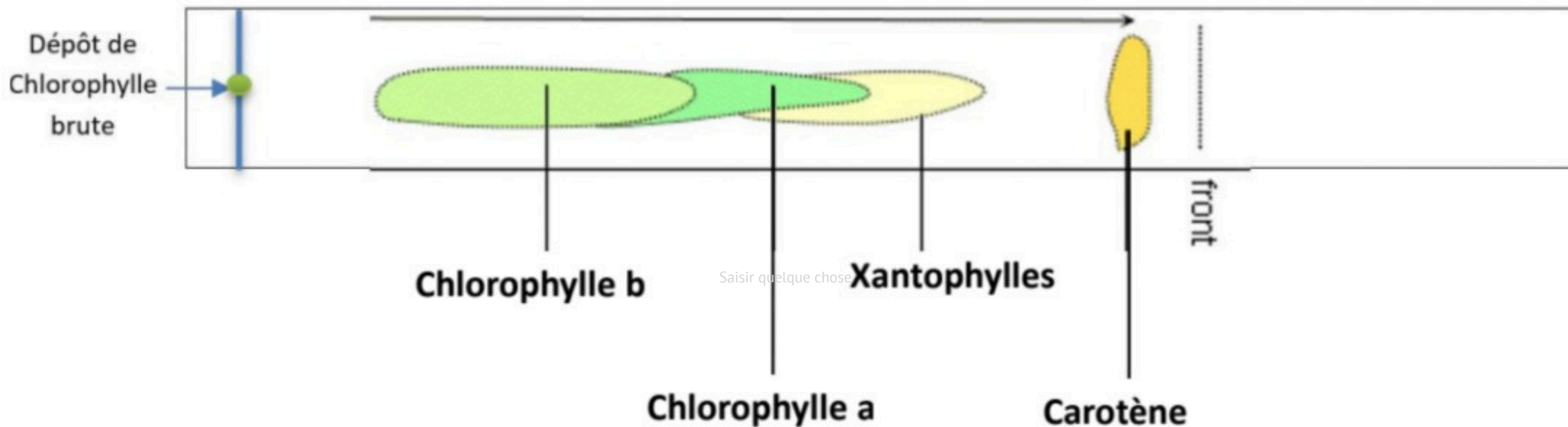
Document 2 : Schéma de l'organisation d'un chloroplaste.





ARGUMENT : Chromatographie afin de mettre en évidence les différents pigments chlorophylliens





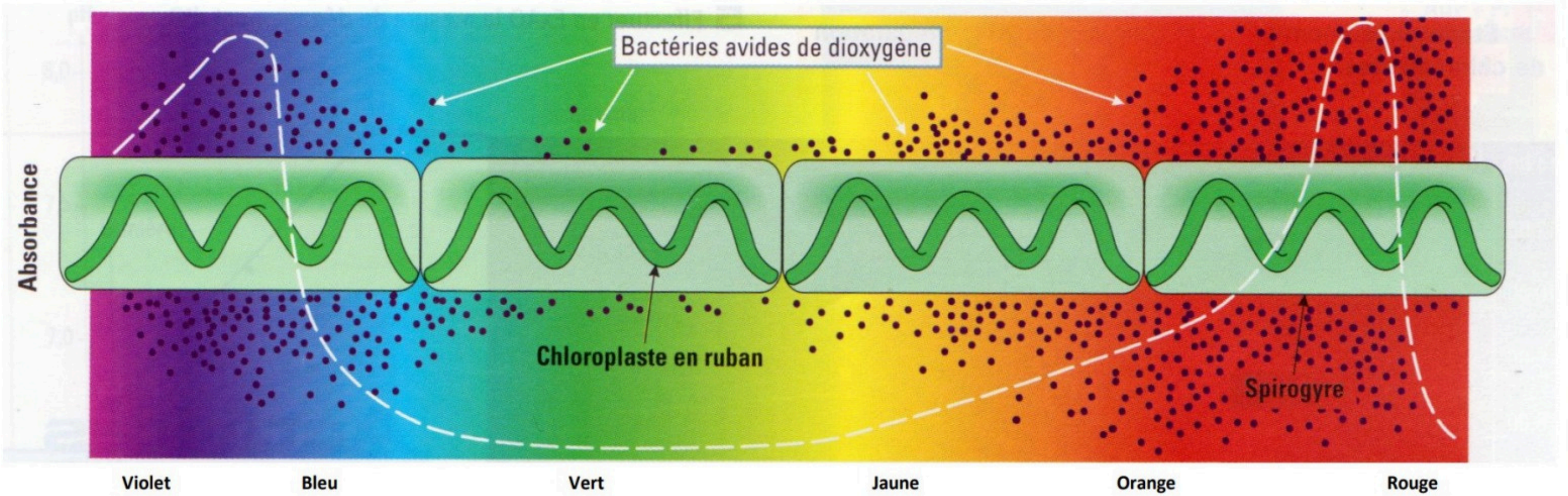
Document 3 : Chromatographie des pigments chlorophylliens.

I. Les structures impliquées de la photosynthèse

A) Localisation cellulaire et moléculaire de la photosynthèse

→ B) L'activité des pigments photosynthétiques et la capture de l'énergie lumineuse

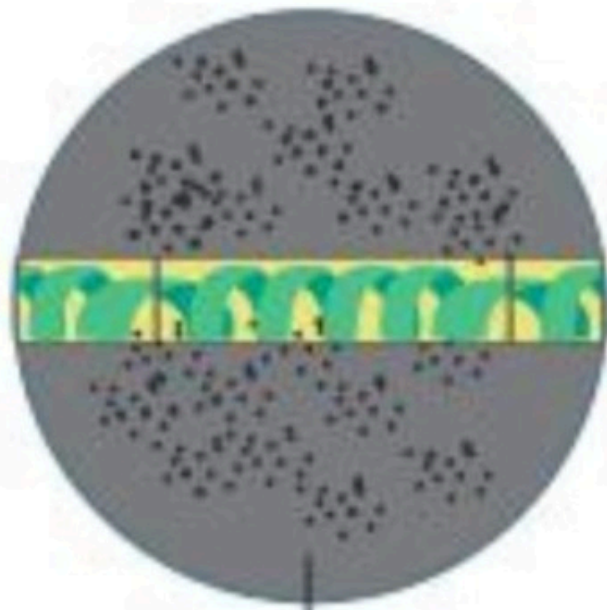




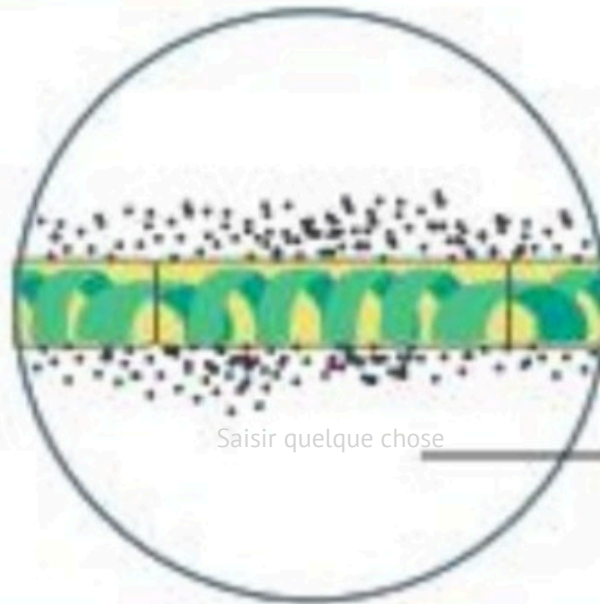
L'expérience. En 1882, Engelmann place sous microscope un filament de spirogyre, algue verte d'eau douce, avec des bactéries qui sont attirées par des sources de dioxygène dans le milieu. Il place le filament d'algue parallèlement à la largeur du spectre de lumière blanche décomposée qui l'éclaire.



ARGUMENT : Identification du spectre d'absorption des pigments chlorophylliens grâce à l'expérience d'Engelmann

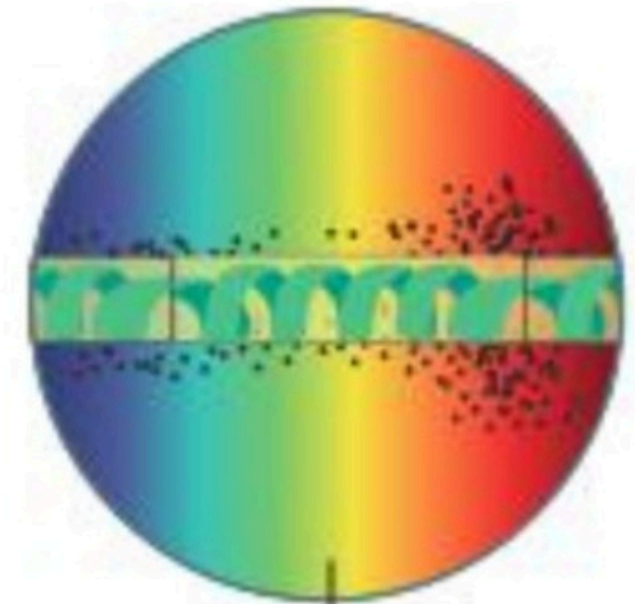
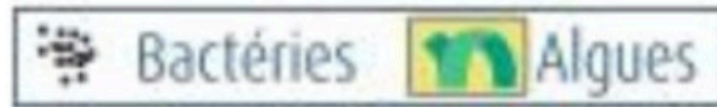


Obscurité



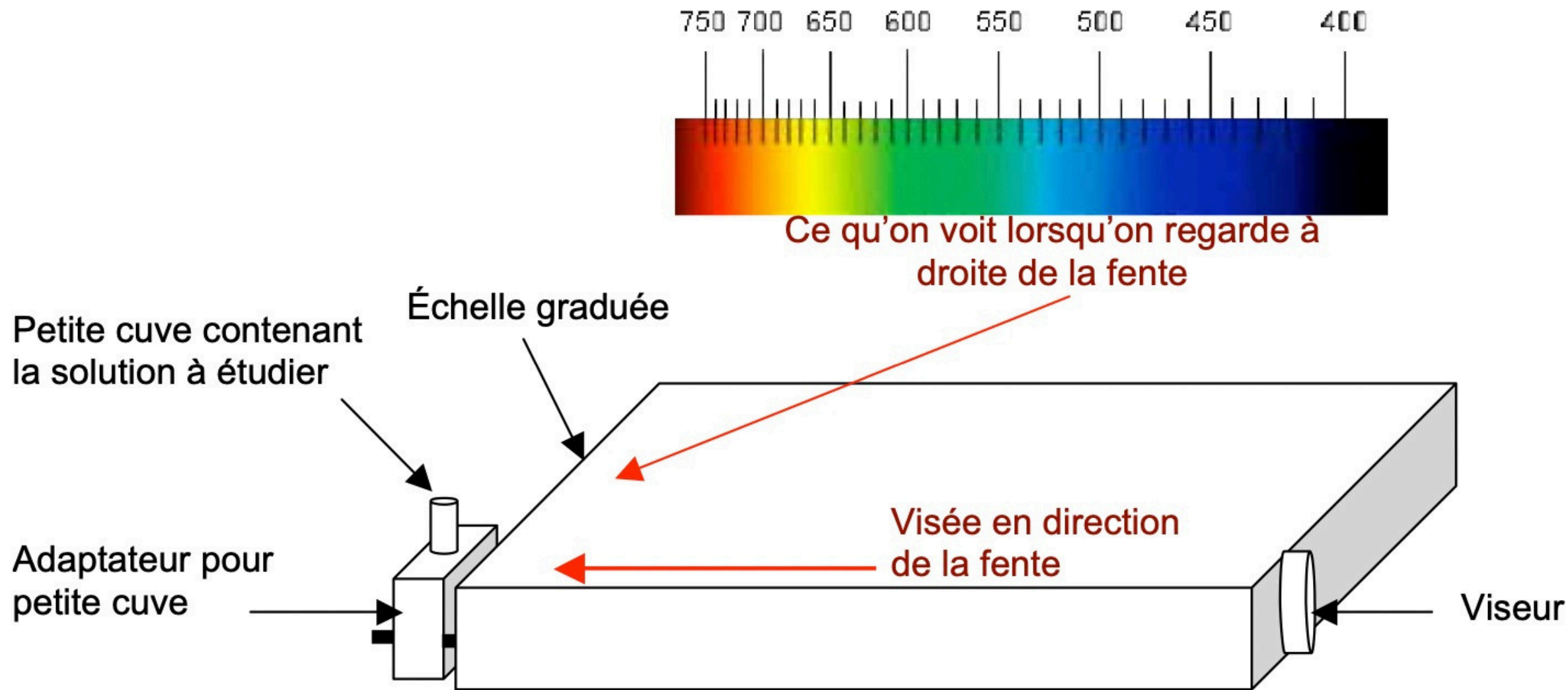
Saisir quelque chose

Lumière
blanche

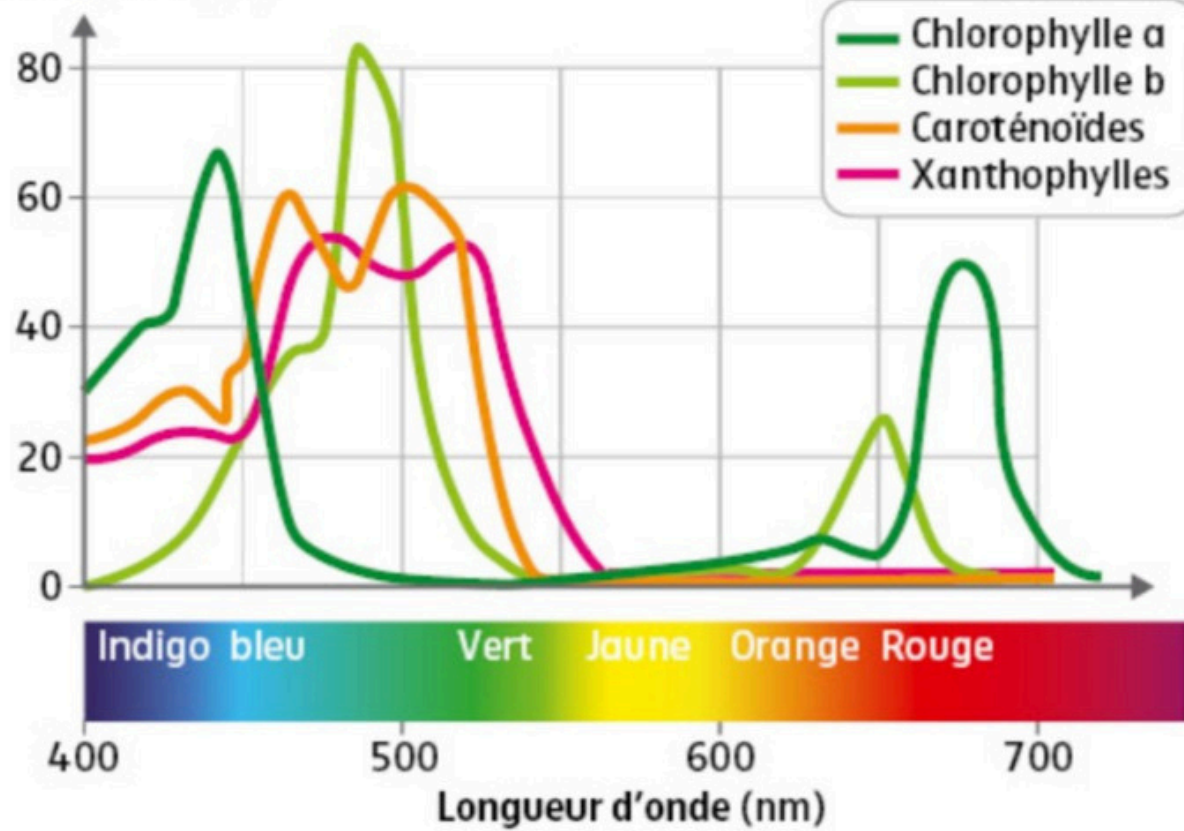


Lumière décomposée

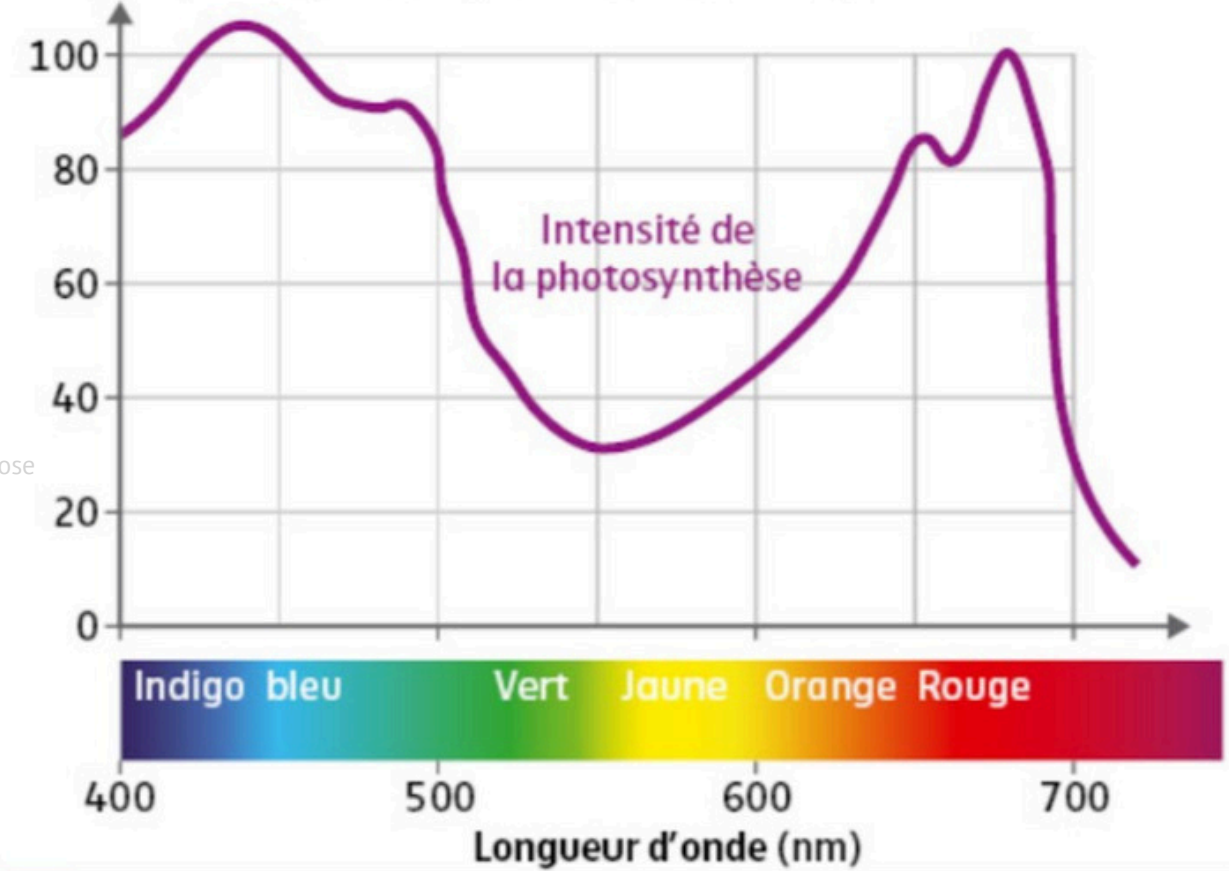
Document 4 : L'expérience historique d'Engelmann.



Absorption (%)



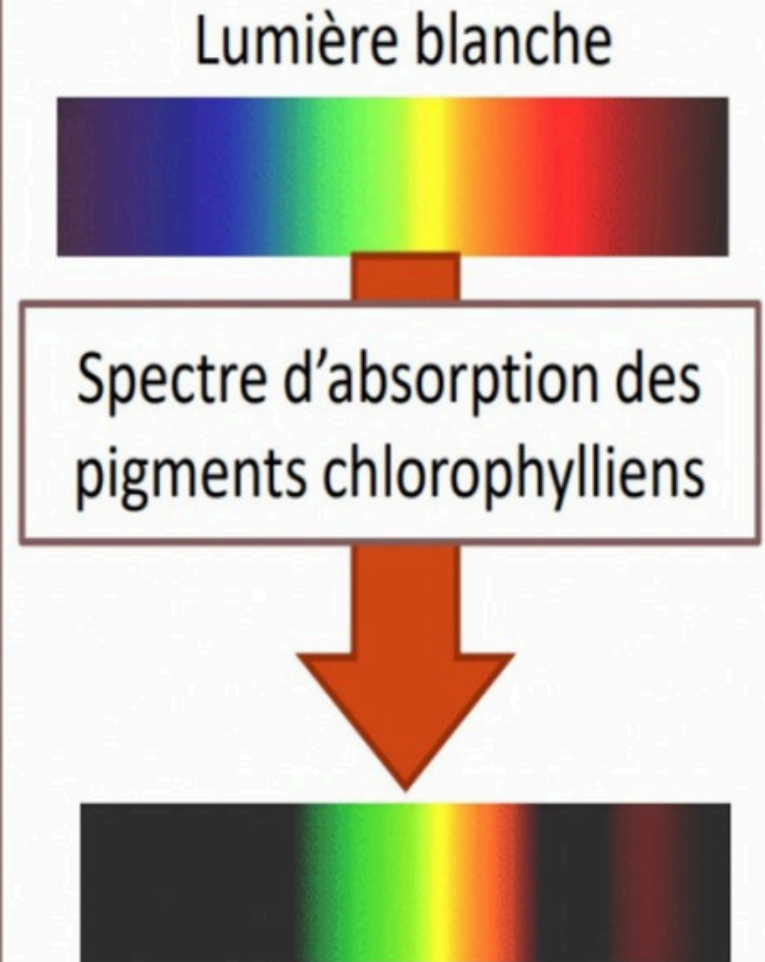
Taux de photosynthèse (% du taux à 670 nm)



Document 5 : Spectre d'absorption et spectre d'action de la photosynthèse.



La couleur verte des feuilles est due à la présence de **pigments chlorophylliens**. Il s'agit de molécules qui **absorbent la lumière** principalement dans les longueurs d'ondes correspondant au **bleu** et au **rouge**, si bien que la lumière réfléchie par la feuille apparaît verte.





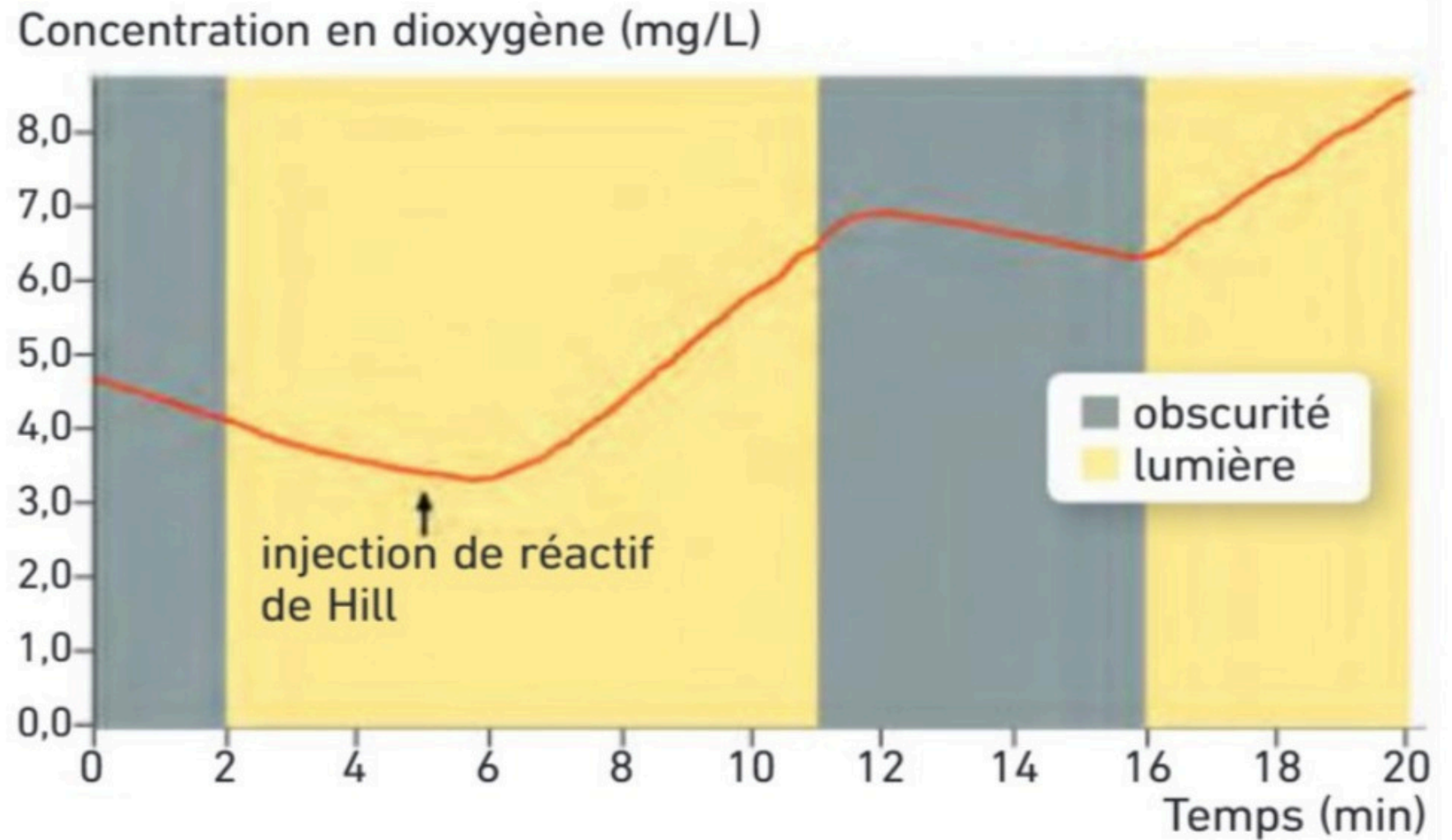
Bilan: Les plantes sont capables de produire toutes les molécules organiques (glucides, lipides, protides, acides nucléiques, vitamines...) à partir de molécules minérales (CO₂ , O₂, H₂O et ions). Ce sont donc des organismes autotrophes. Cette autotrophie nécessite de l'énergie lumineuse et se fait au cours d'un processus complexe, la photosynthèse. Ainsi, la production de matière organique par photosynthèse se fait dans les parties aériennes et vertes de la plante, principalement au niveau des feuilles. C'est surtout dans leurs parenchymes que se trouvent les cellules chlorophylliennes, pourvues d'organites spécialisés dans la photosynthèse: les chloroplastes. Ils contiennent un ensemble de molécules capables d'absorber l'énergie lumineuse, les pigments chlorophylliens.

II. Les processus biochimiques de la photosynthèse

→ A) La photolyse de l' H_2O : la phase photochimique de la photosynthèse



1937: Expérience de Hill



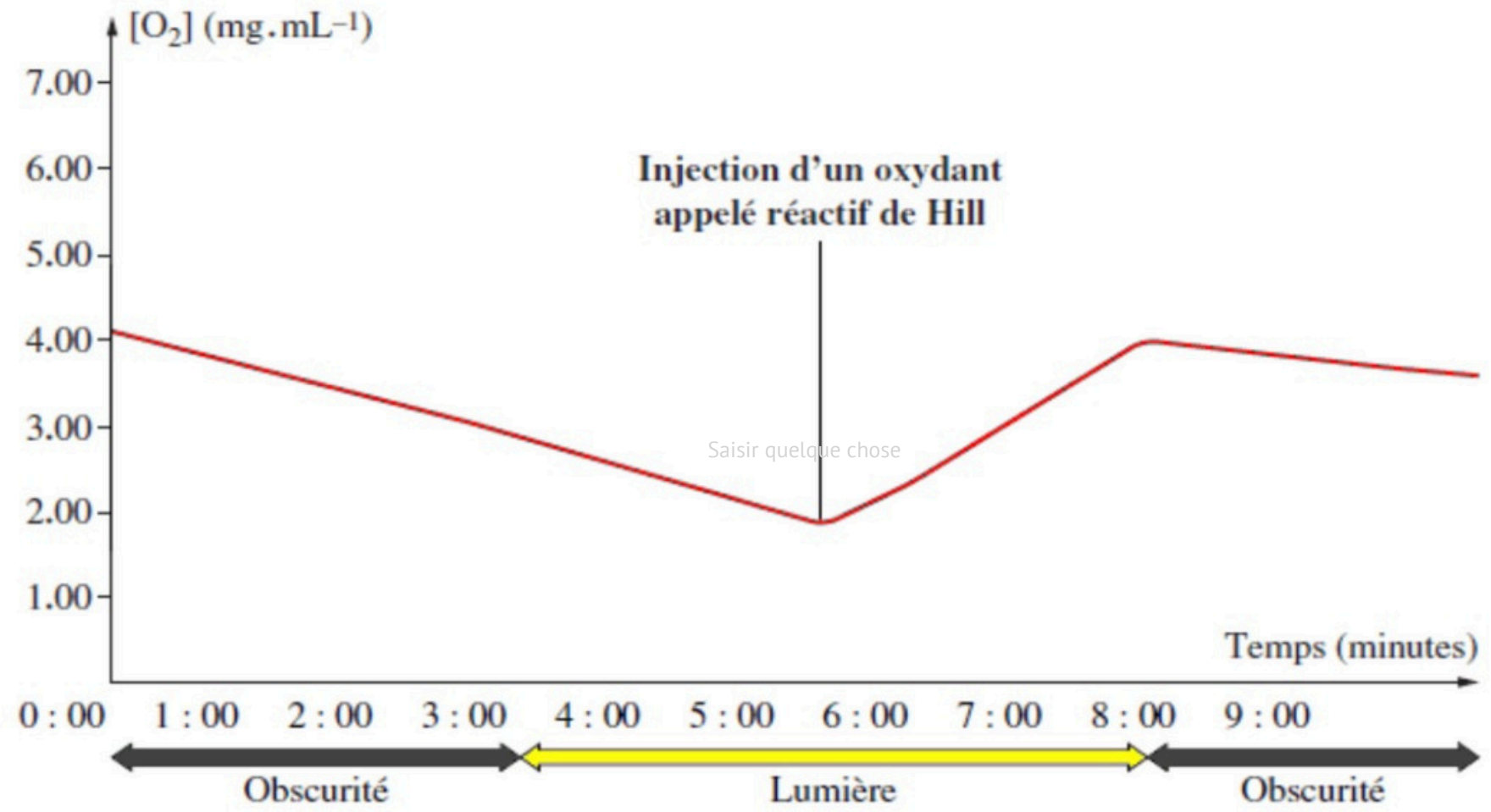
La photosynthèse s'accompagnant d'un dégagement de dioxygène, on a longtemps cru que la photosynthèse résultait d'une rupture de la molécule de CO_2 , selon la réaction suivante : $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_2\text{O} + \text{O}_2$ (CH_2O : formule d'un glucide élémentaire).

Or, en 1937, Robert Hill remet cette conception en question :

il montra que des chloroplastes isolés, en suspension dans un milieu dépourvu de CO_2 , sont capables de libérer du dioxygène, à condition d'être exposés à la lumière et mis en présence d'une molécule oxydante, telle que le ferricyanure de potassium, connu depuis sous le nom de « réactif de Hill ».



ARGUMENT : La photosynthèse ne peut se faire sans réactions d'oxydo-réductions (Hill).



Document 6 : Oxydo-réduction et énergie lumineuse; l'expérience historique de Hill.



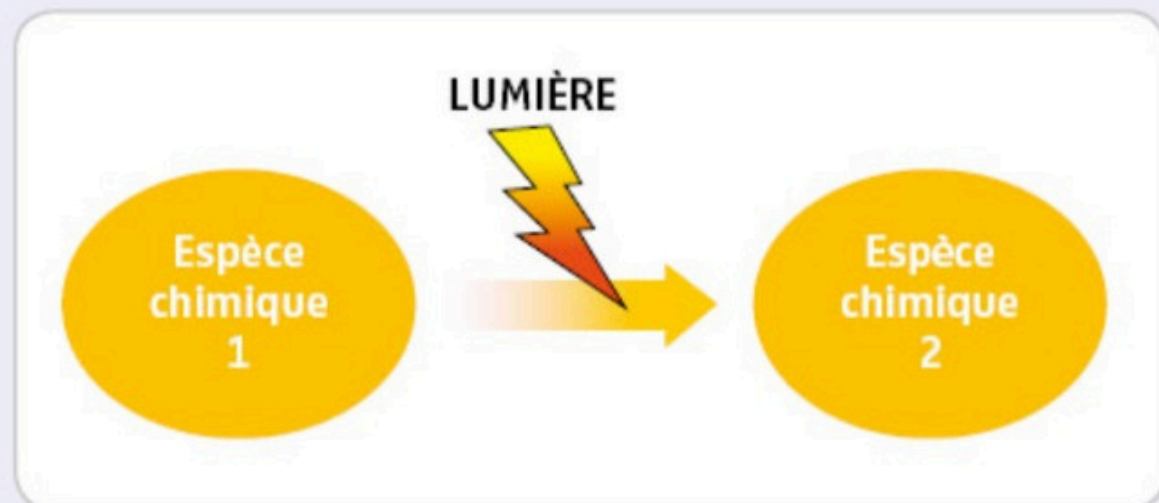
ARGUMENT : Par suivi de la radioactivité de l' ^{18}O , le dioxygène produit lors de la photosynthèse provient de la photo-oxydation (photolyse) de l'eau (Ruben et Kamen)

| Expériences | H_2O utilisée | CO_2 utilisé | O_2 recueilli |
|-------------|-------------------------------|-----------------------|------------------------|
| 1 | 0,85 % | 0,41 % | 0,84 % |
| 2 | 0,85 % | 0,55 % | 0,85 % |
| 3 | 0,85 % | 0,61 % | 0,86 % |
| 4 | 0,20 % | 0,50 % | 0,20 % |
| 5 | 0,20 % | 0,40 % | 0,20 % |

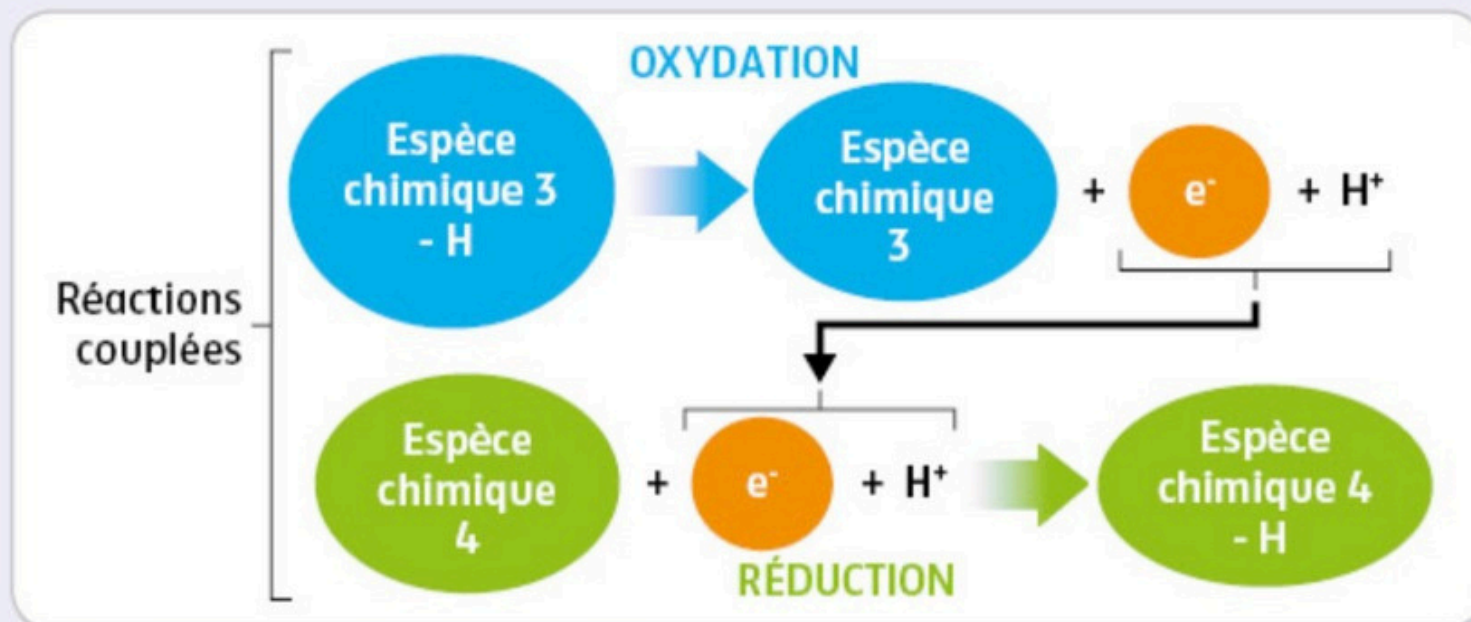


Mémo

Une espèce chimique est une molécule ou un atome.



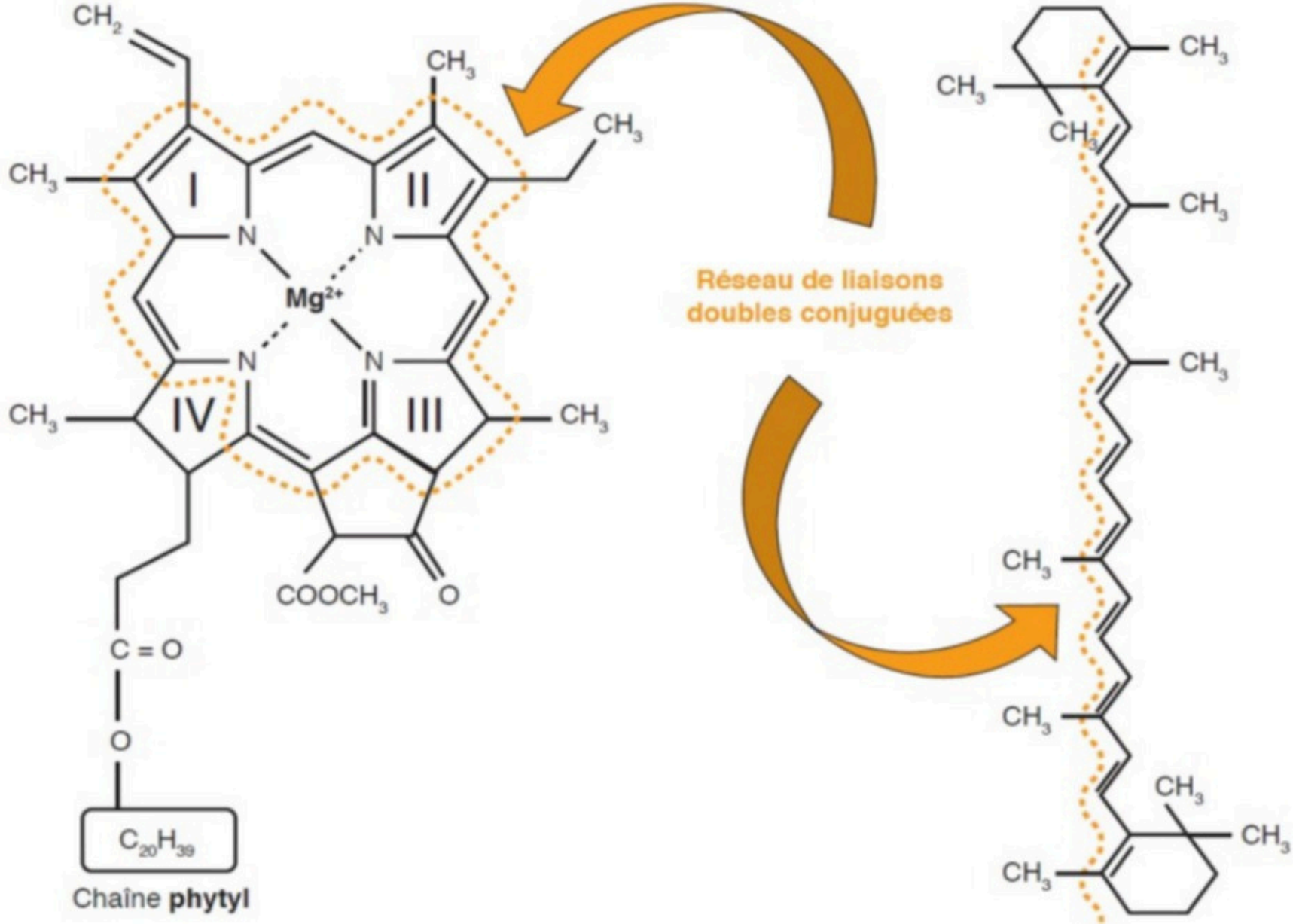
▲ Une réaction de photolyse.



▲ Les réactions d'oxydoréduction.

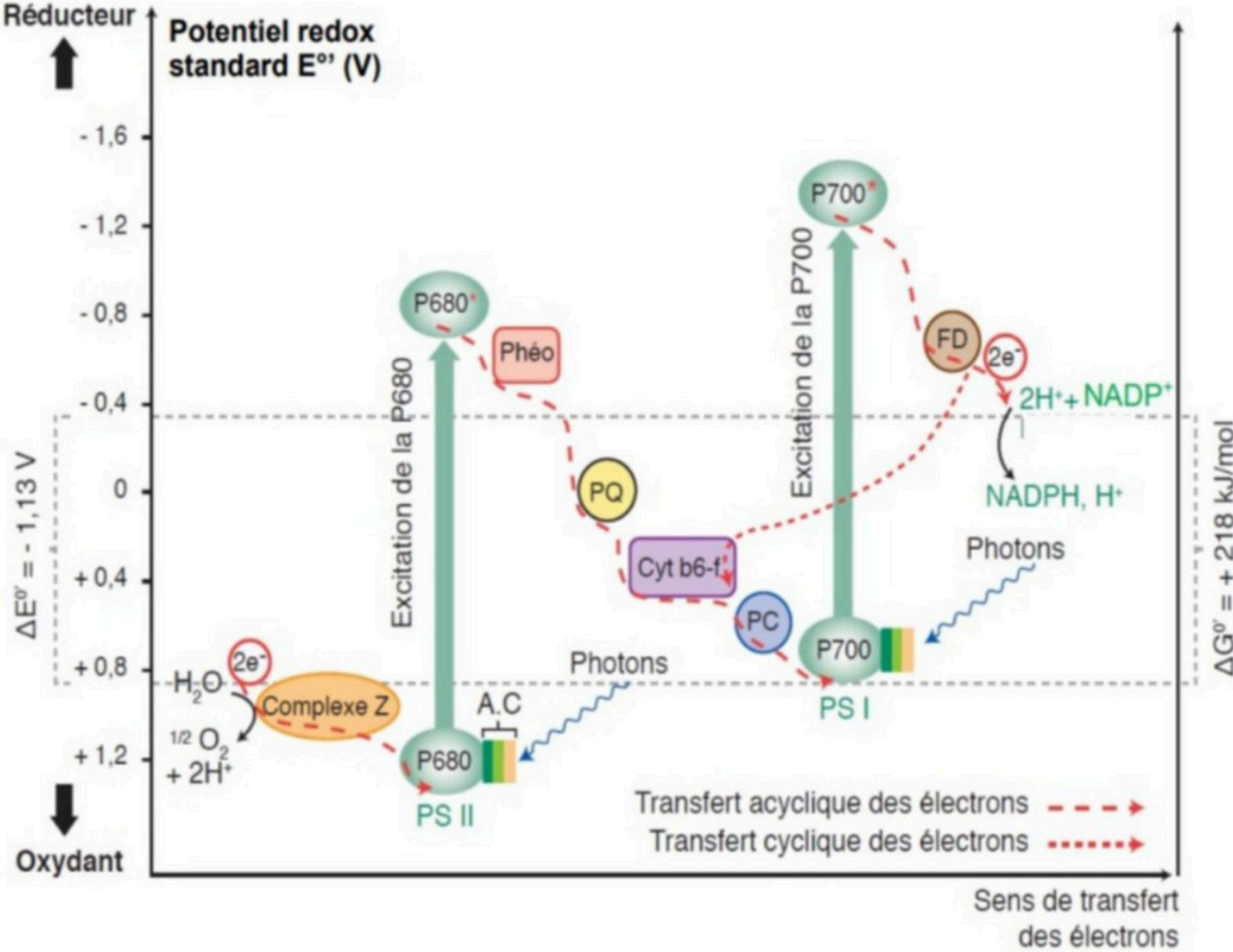
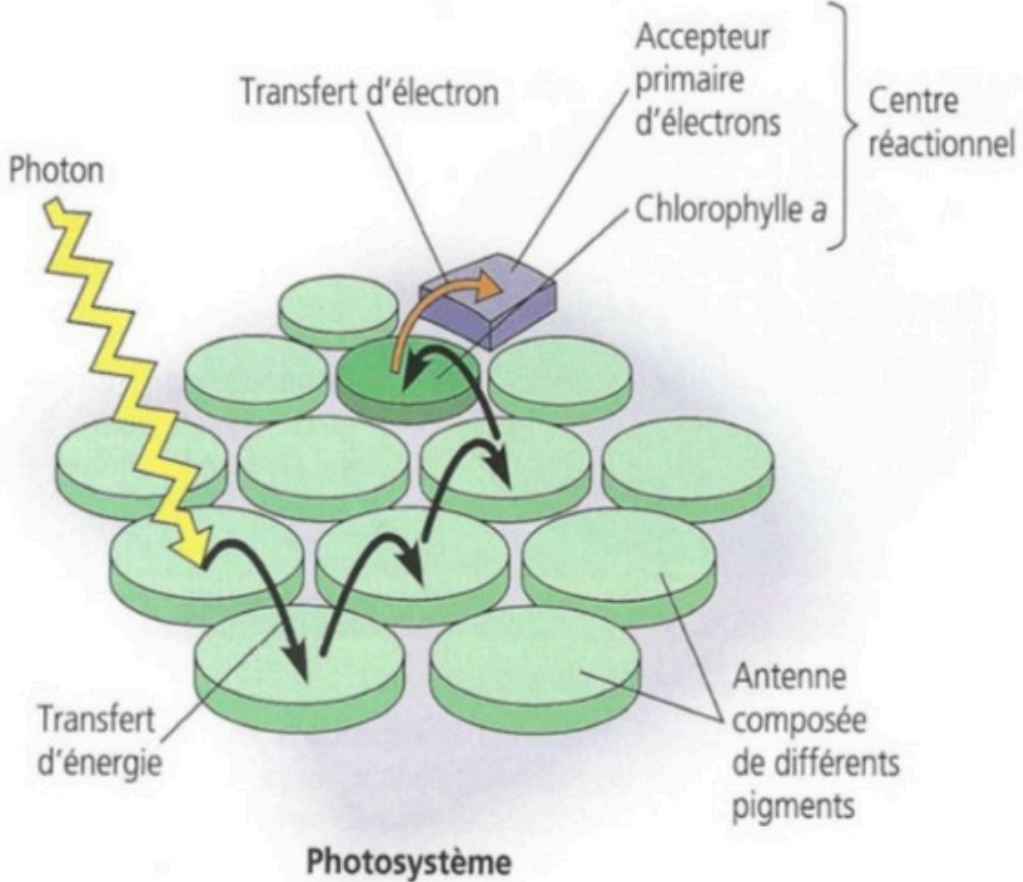


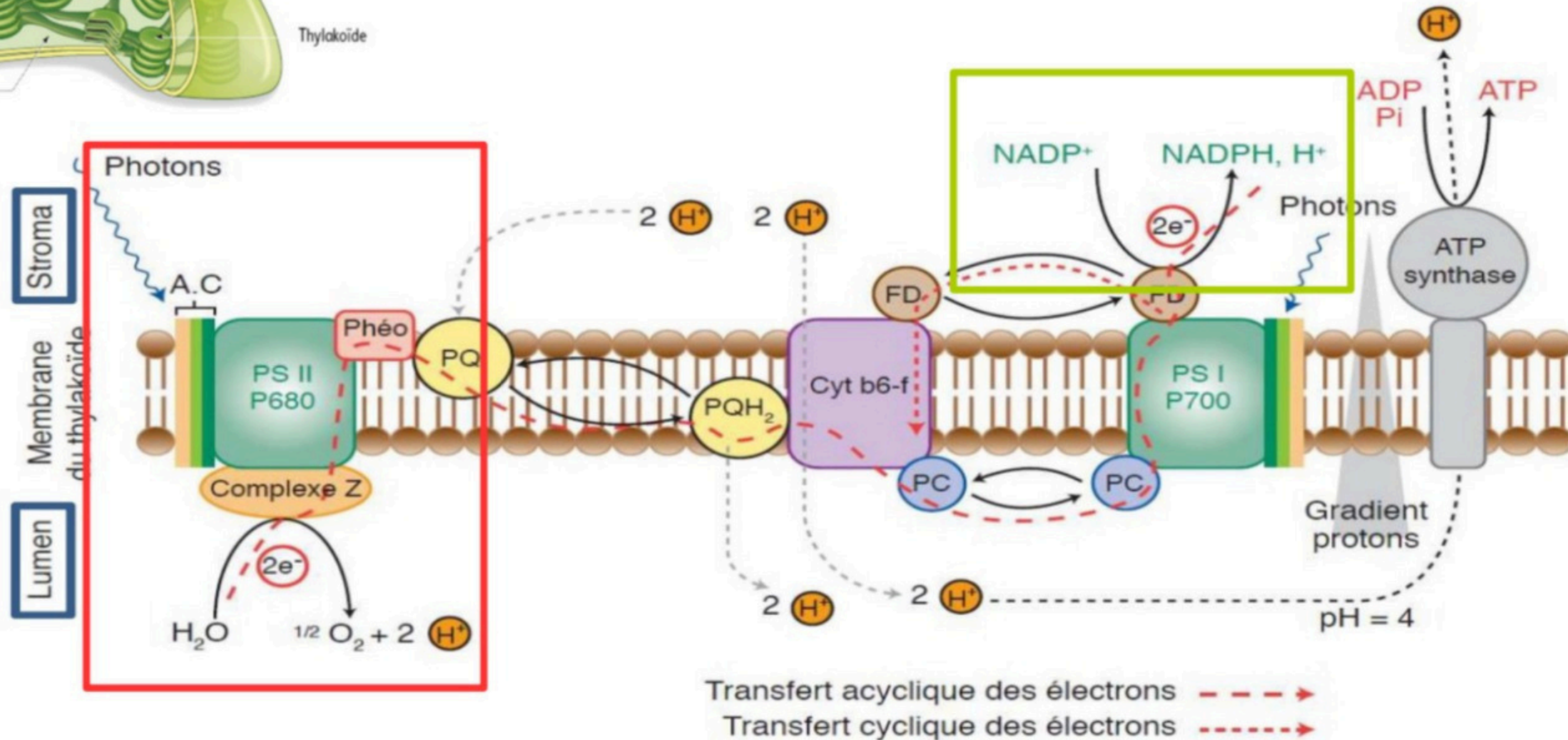
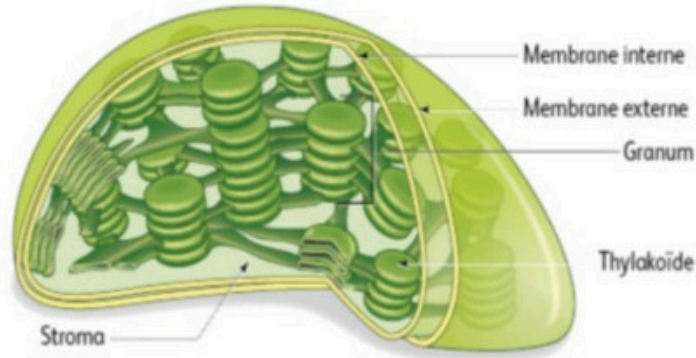
Point SPC



Chlorophylle a (à gauche) et β -carotène (à droite).

Point SPC





A.C: Antenne collectrice; Cyt b6-f: complexe cytochrome b6-f; FD: ferredoxine; Phéo: phéophytine; PS I, PS II: photosystèmes I et II; PC: plastocyanine; PQ: plastoquinone oxydée; PQH₂: plastoquinone réduite.

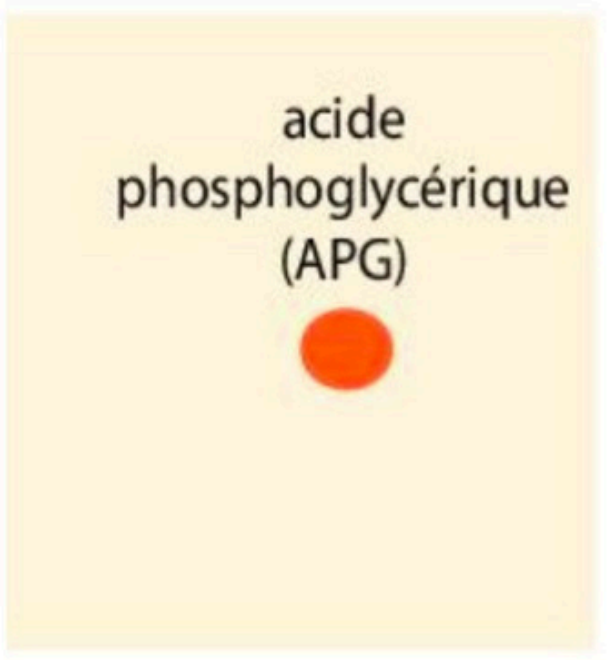
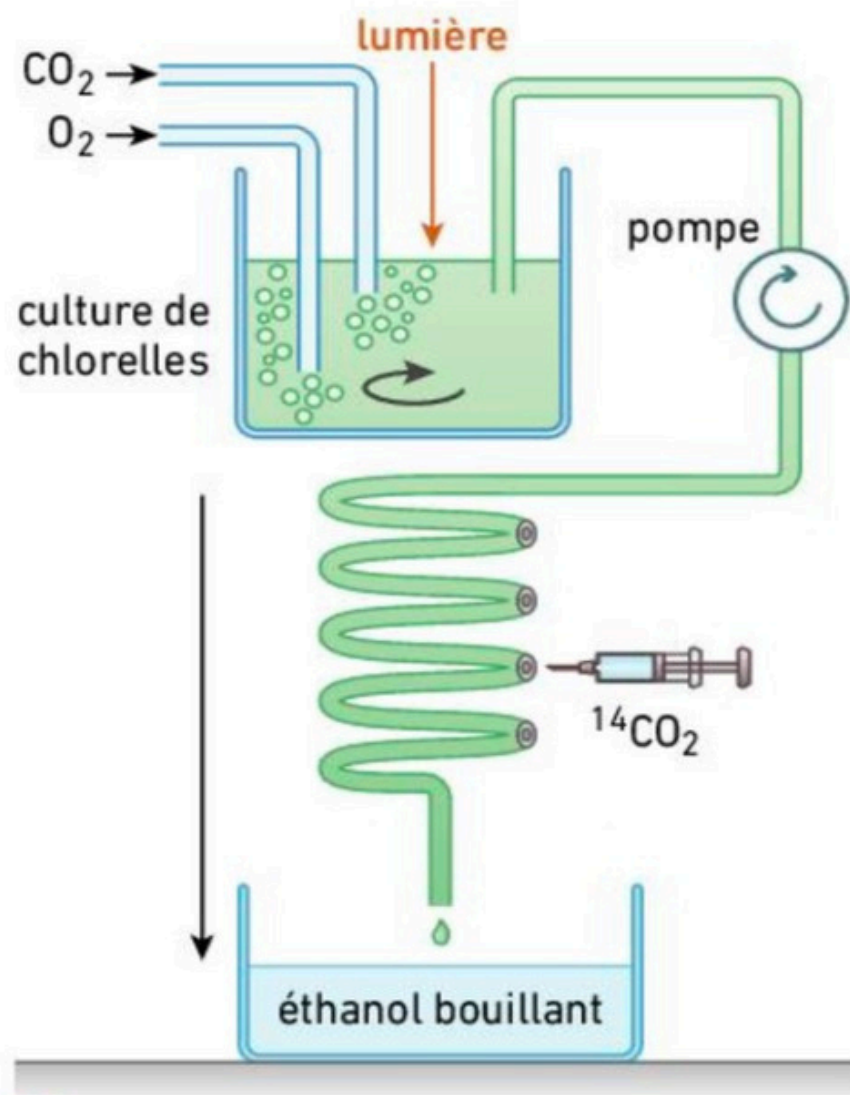
Représentation détaillée de la chaîne photosynthétique.

II. Les processus biochimiques de la photosynthèse

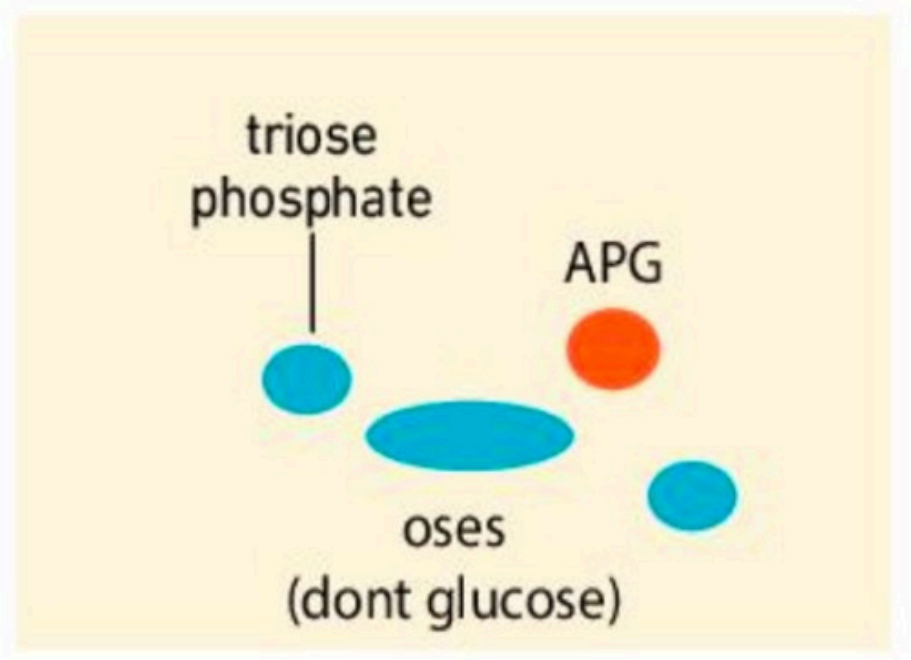
A) La photolyse de l' H_2O : la phase photochimique de la photosynthèse

→ B) La réduction du CO_2 : la phase chimique de la photosynthèse





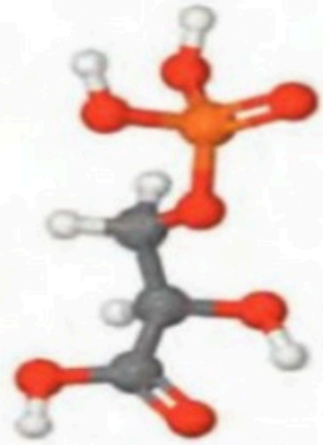
t = 1 s Saisir quelque chose



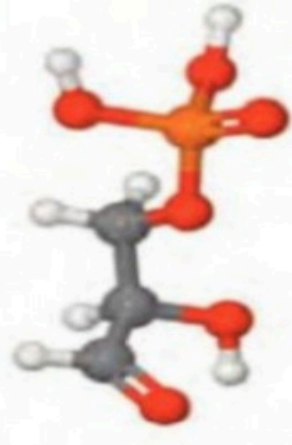
t = 5 s

Document 7 : La réduction du CO_2 en oses ; l'expérience historique de Calvin et Benson.

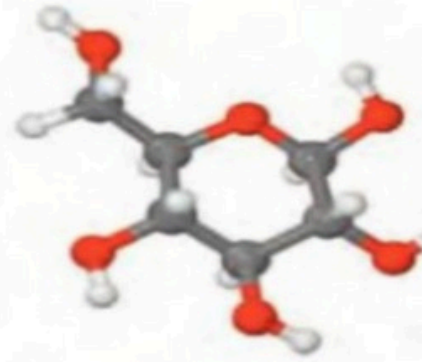
Résultats obtenus



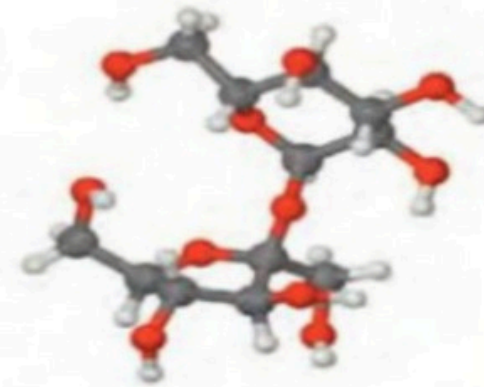
APG : acide phosphoglycérique



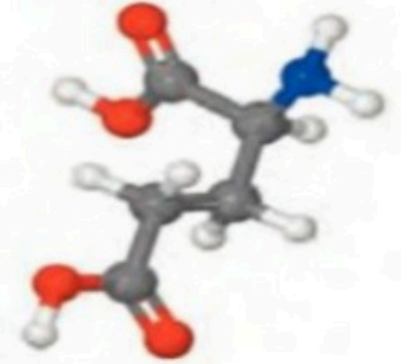
Triose phosphate



Glucose

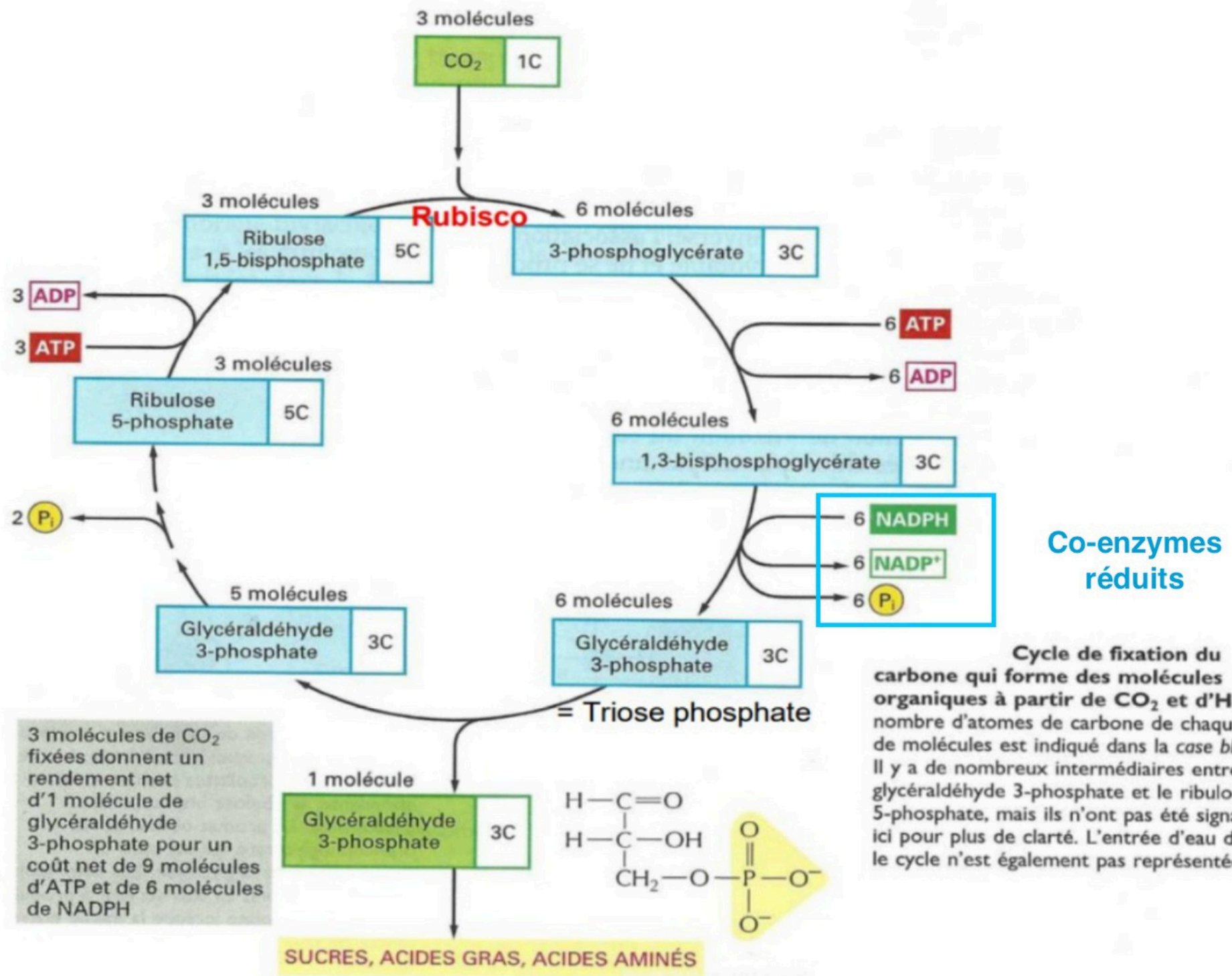


Saccharose



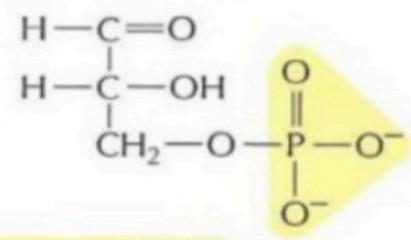
Glutamate





3 molécules de CO₂ fixées donnent un rendement net d'1 molécule de glyceraldéhyde 3-phosphate pour un coût net de 9 molécules d'ATP et de 6 molécules de NADPH

Cycle de fixation du carbone qui forme des molécules organiques à partir de CO₂ et d'H₂O. Le nombre d'atomes de carbone de chaque type de molécules est indiqué dans la case blanche. Il y a de nombreux intermédiaires entre le glyceraldéhyde 3-phosphate et le ribulose 5-phosphate, mais ils n'ont pas été signalés ici pour plus de clarté. L'entrée d'eau dans le cycle n'est également pas représentée.



SUCRES, ACIDES GRAS, ACIDES AMINÉS

CHLOROPLASTE

CO₂

Rubisco

Acide phosphoglycérique

Ribulose de phosphate

Cycle de Calvin-Benson

ATP

Énergie

Coenzyme réduit

Triose phosphate

Amidon

Issus de la phase claire

+ sels minéraux

Cytoplasme

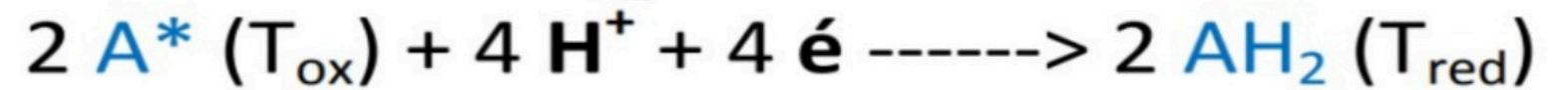
Protéines

Lipides

Glucides (amidon, sacharose)

Phase photo-chimique

- **Expériences** : Hill + Ruben et Kamen
- **Lieu** : Lumen
- **Réaction** : Photo-oxydation de l'H₂O en O₂ et réduction du réactif de Hill en co-enzymes réduits

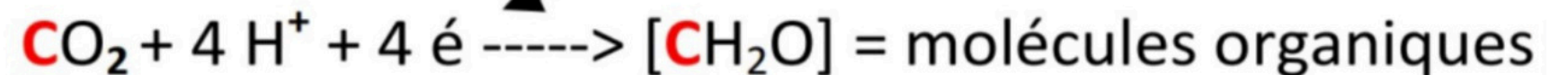
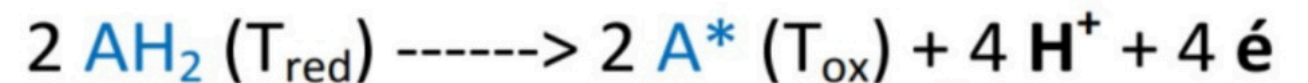


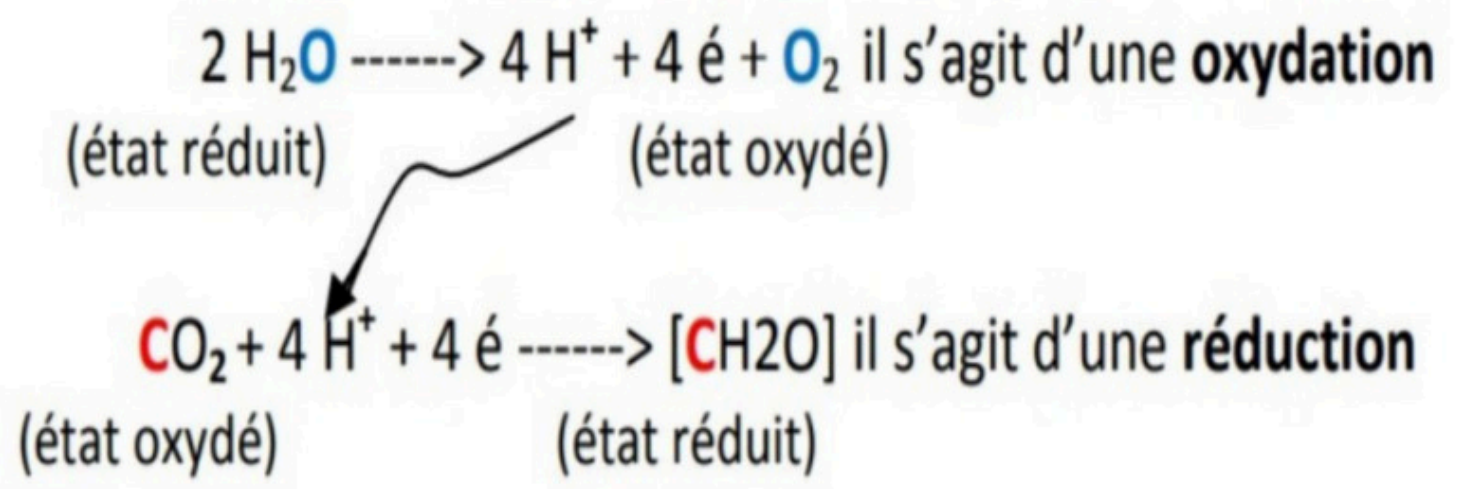
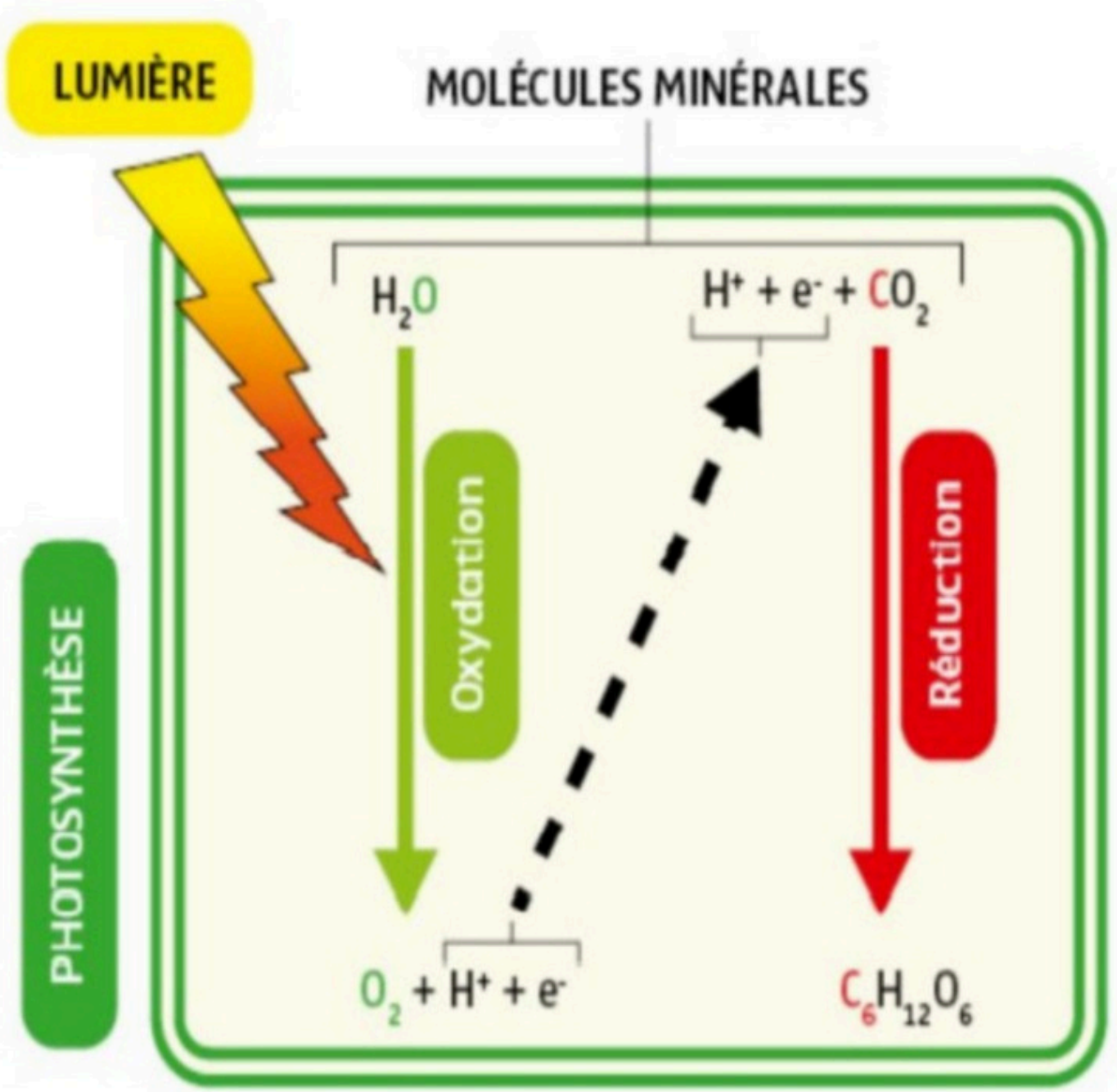
Saisir quelque chose

Membrane des
thylakoïdes

Phase chimique

- **Expériences** : Calvin et Benson
- **Lieu** : Stroma
- **Réaction** : Oxydation des co-enzymes réduits et réduction du CO₂ en glucides



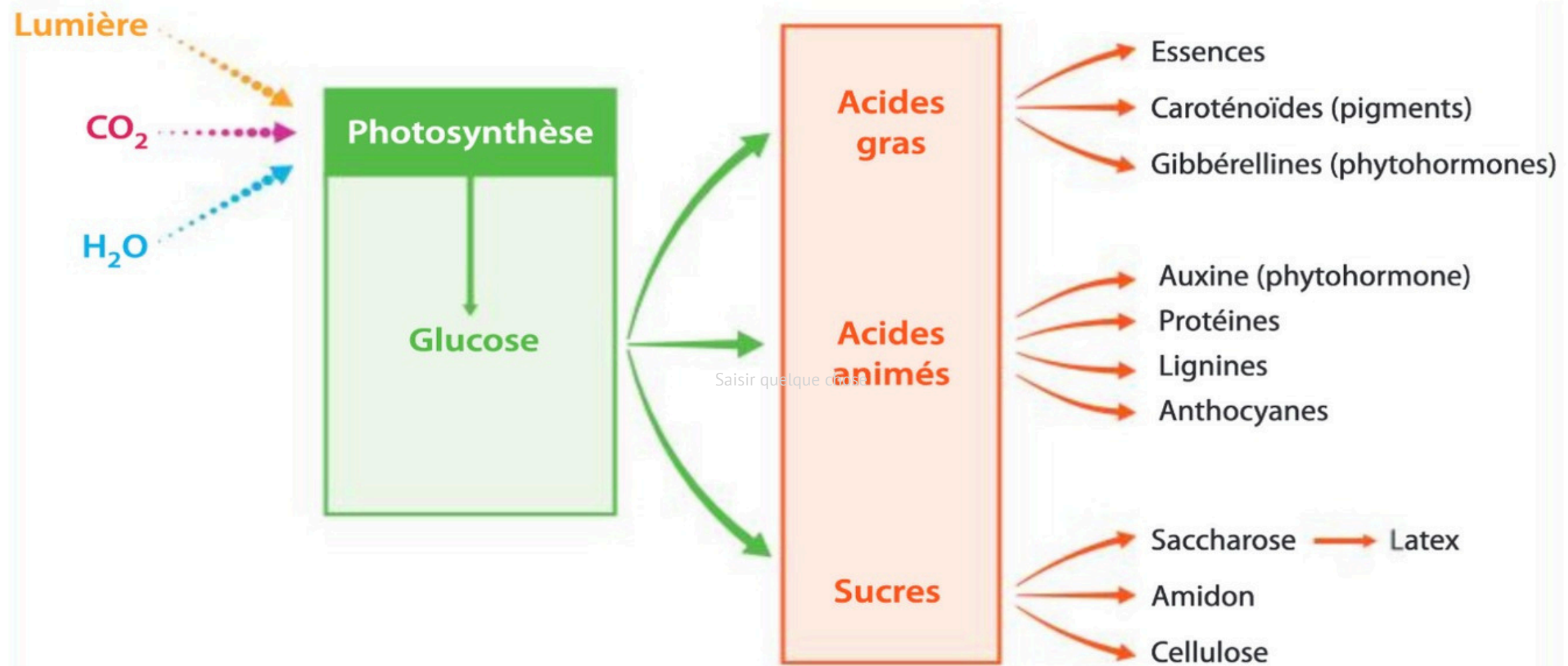




Bilan: La production de matière organique (glucose) correspond à une réduction du dioxyde de carbone en glucose. Cette réduction est couplée à la photolyse de l'eau, qui correspond à une oxydation des molécules d'eau en présence de lumière libérant du dioxygène. Pour ce faire, la photosynthèse nécessite un apport d'énergie qui correspond donc à l'énergie lumineuse captée par les pigments chlorophylliens puis convertie en énergie chimique activant ainsi des réactions d'oxydoréduction.

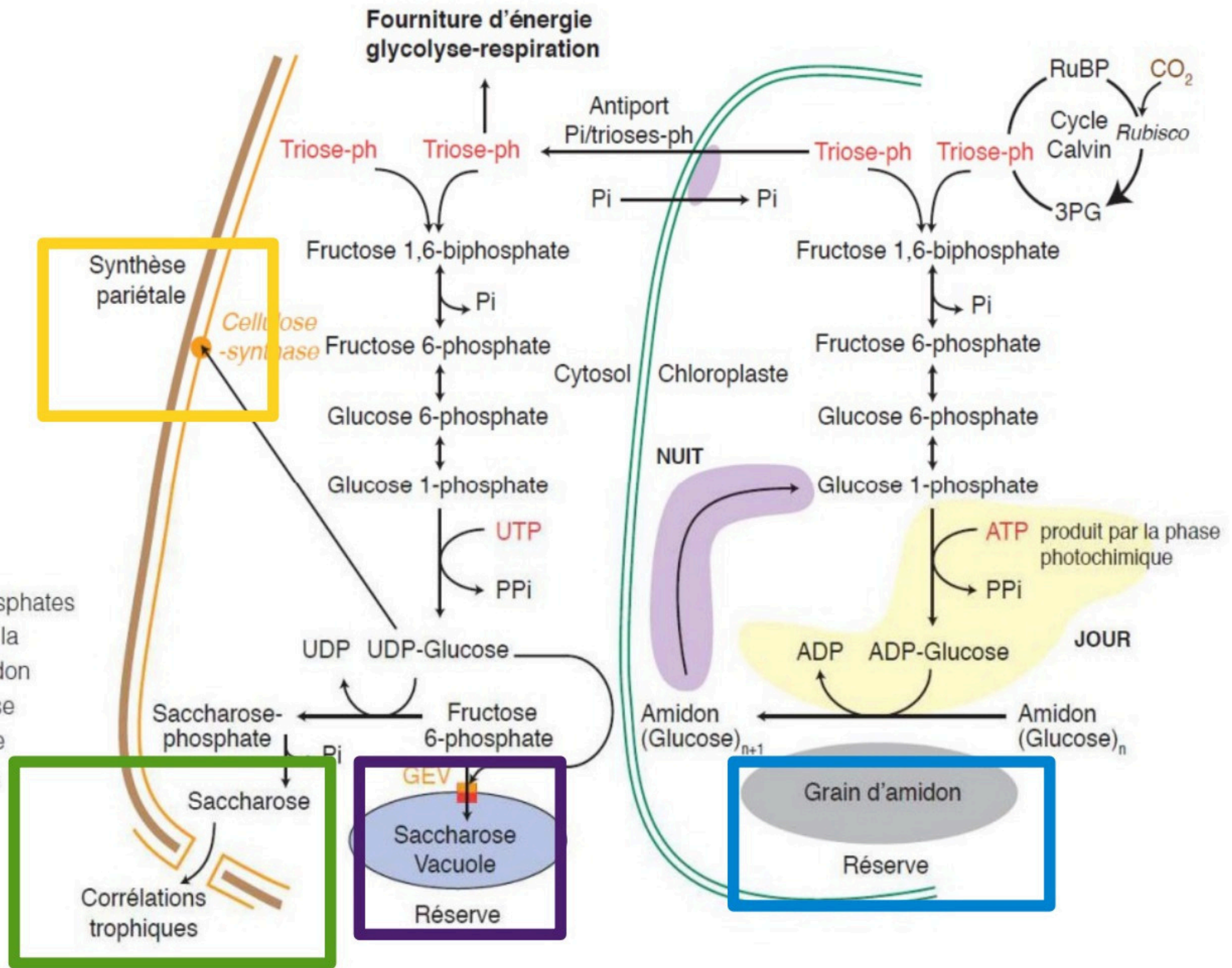
III. Les produits de la photosynthèse assurent différentes fonctions





Document 8 : La diversité des métabolites secondaires issus de la photosynthèse.

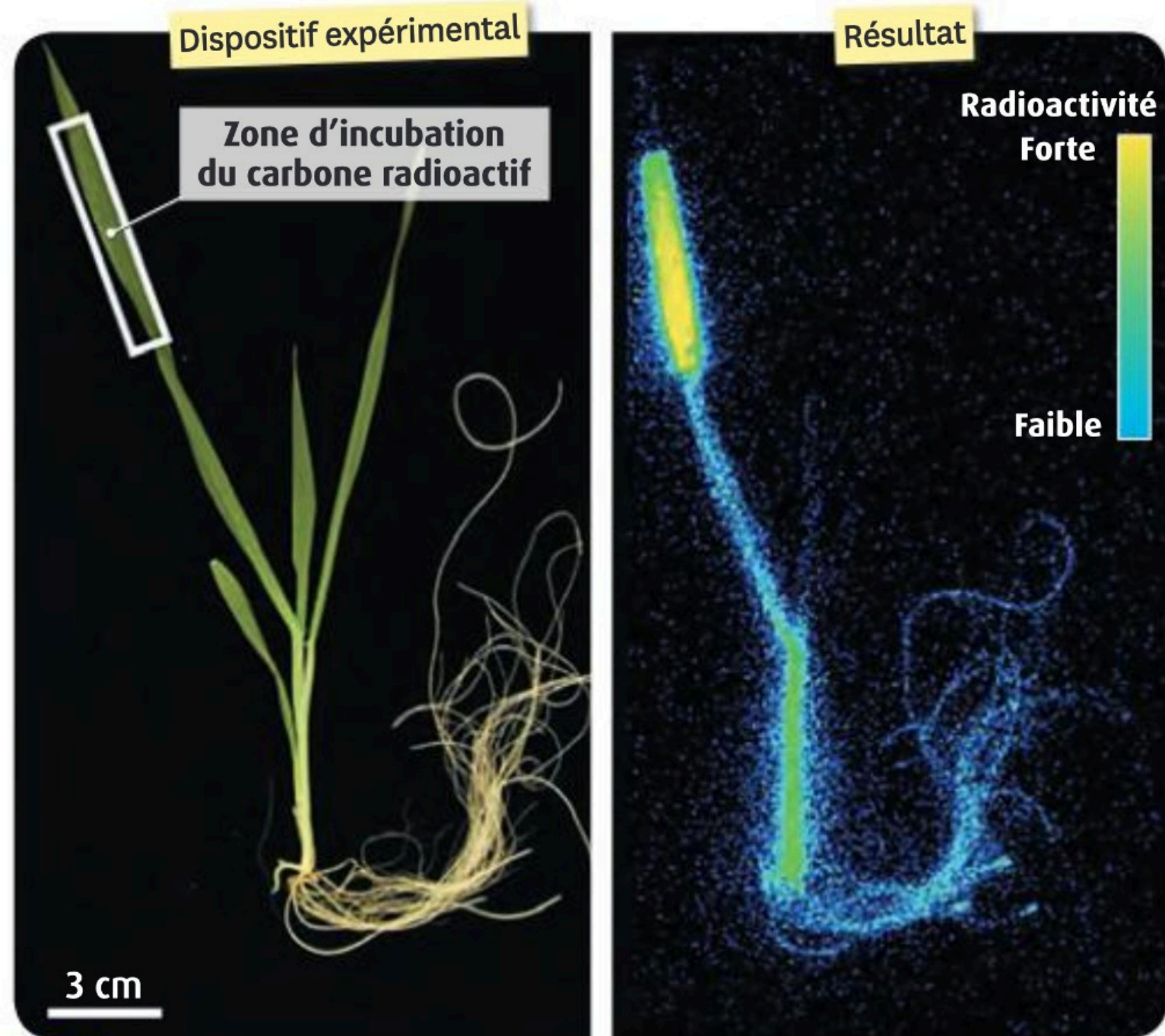
Panorama de l'utilisation des trioses-phosphates et modalités de la synthèse d'amidon et de saccharose dans une cellule du parenchyme chlorophyllien



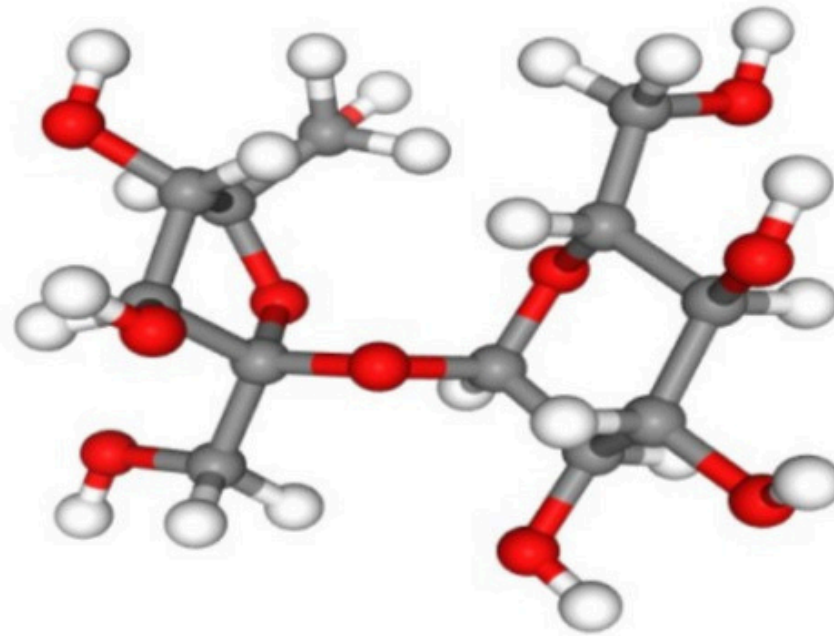
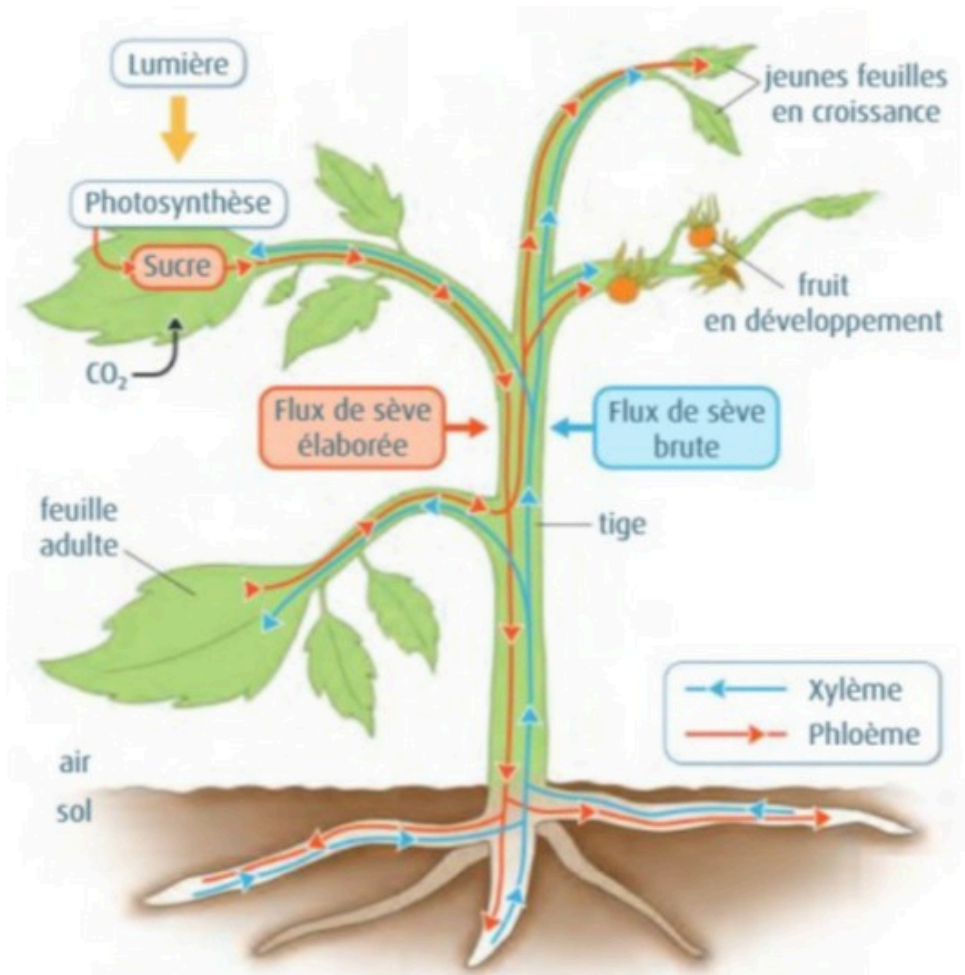
III. Les produits de la photosynthèse assurent différentes fonctions

→ A) Le transport au sein du végétal





1 Répartition du carbone radioactif capté par une plante après quelques heures. On fournit du dioxyde de carbone marqué au ^{14}C radioactif à un fragment de feuilles et on mesure la radioactivité après quelques heures dans toute la



**Saccharose:
Glucose + Fructose**

III. Les produits de la photosynthèse assurent différentes fonctions

A) Le transport au sein du végétal

→ B) La mise en réserve de la matière
organique





A

Les fruits et les graines



B

Les bulbes



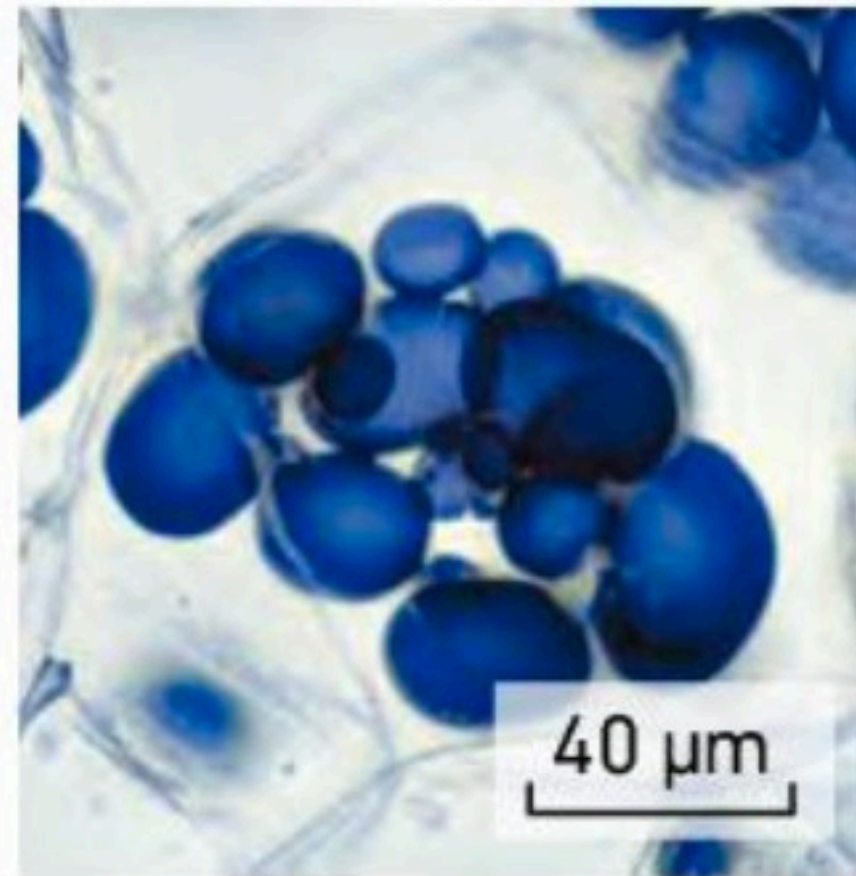
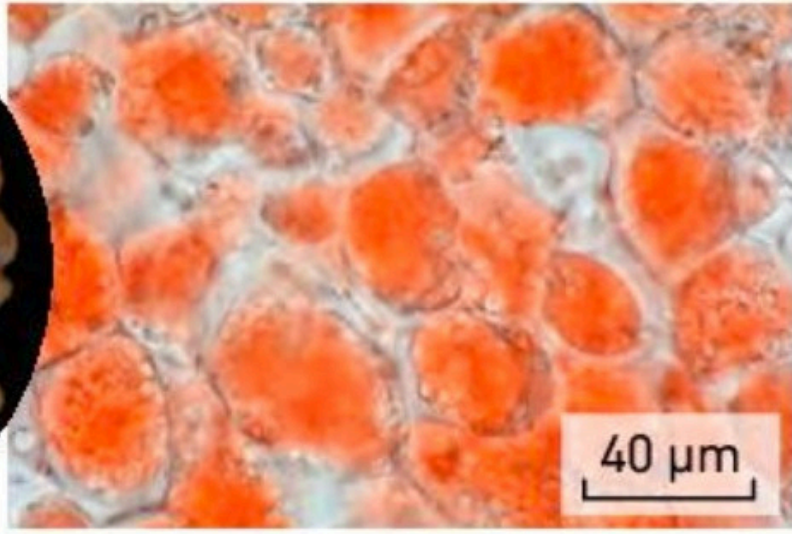
C

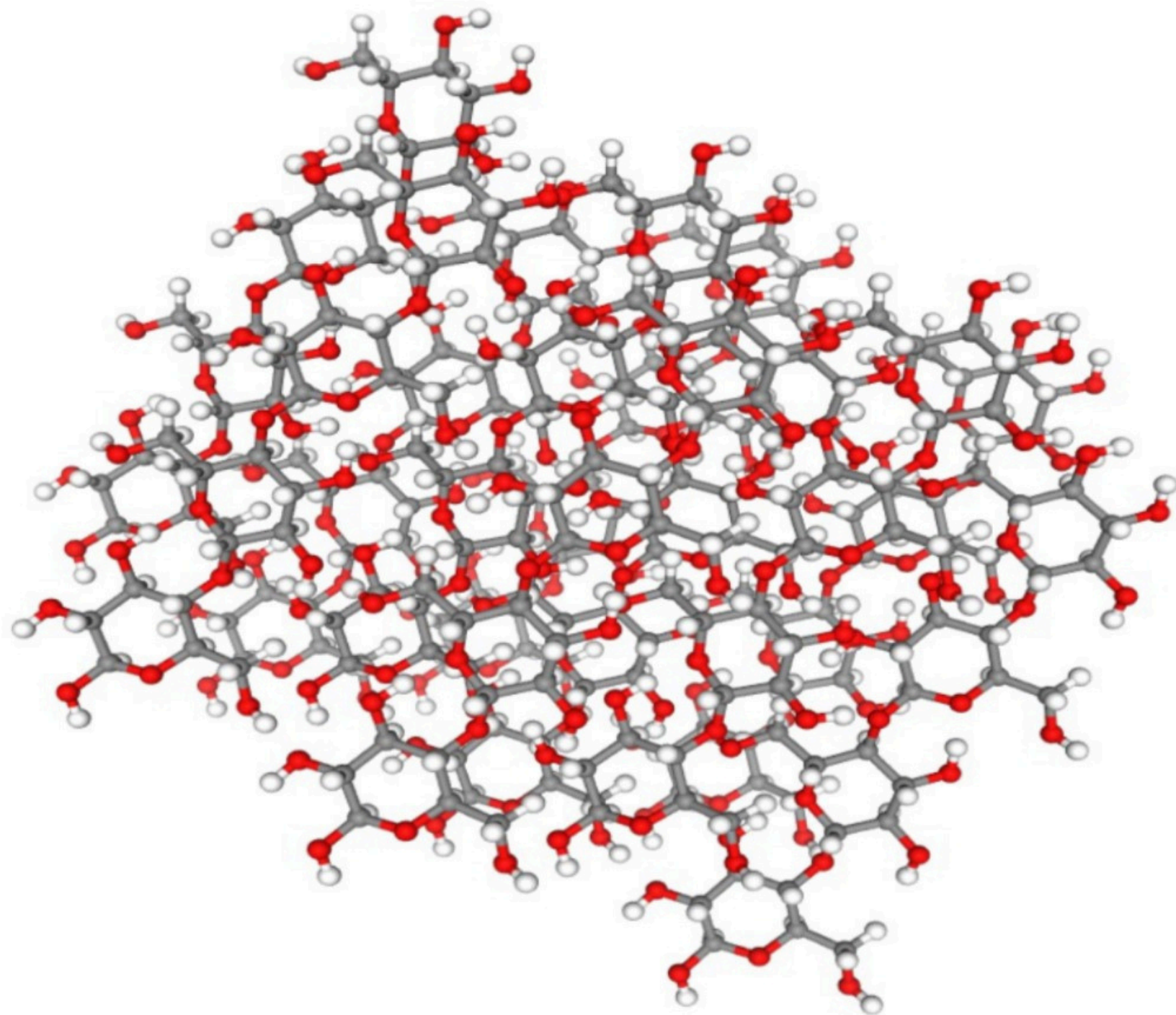
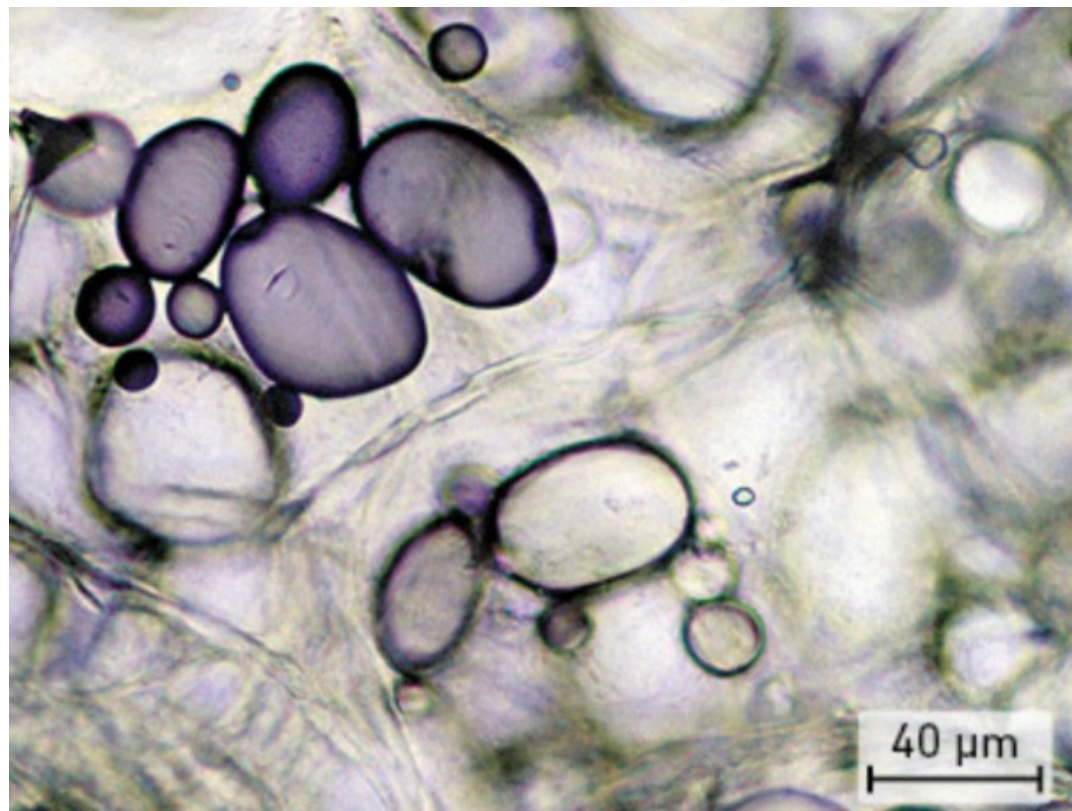
Les rhizomes

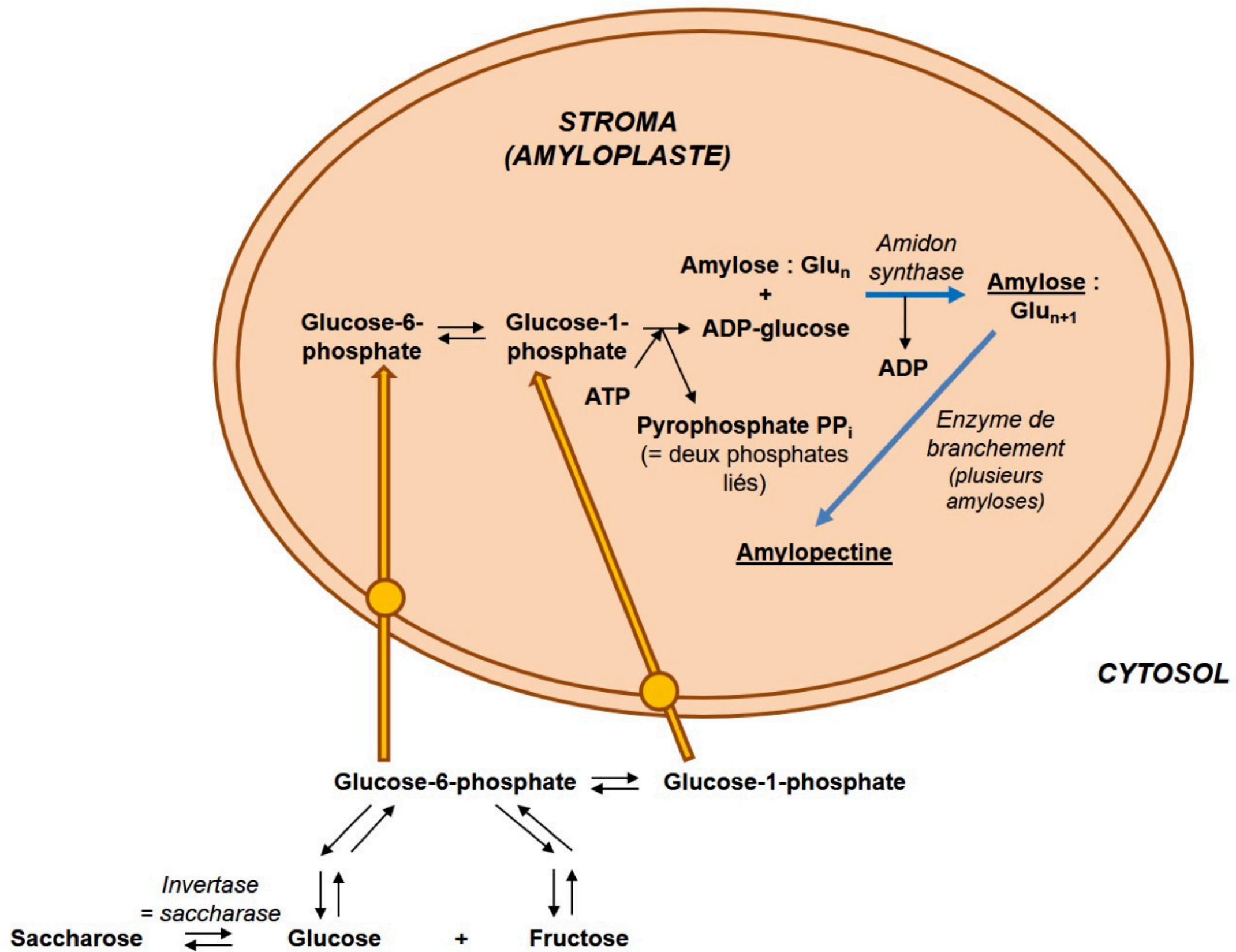


D

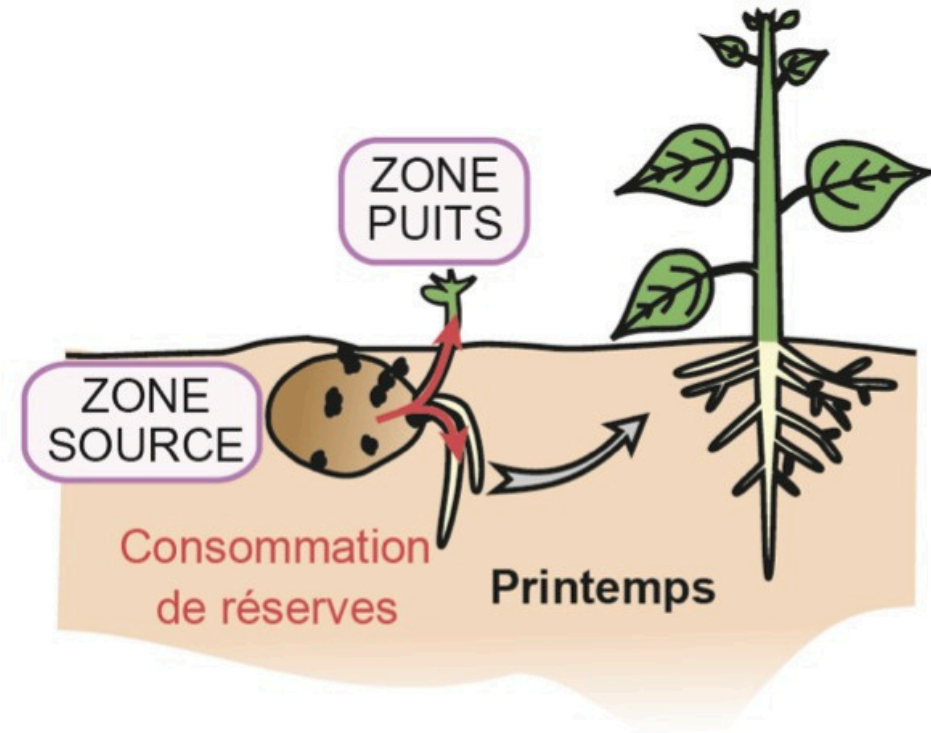
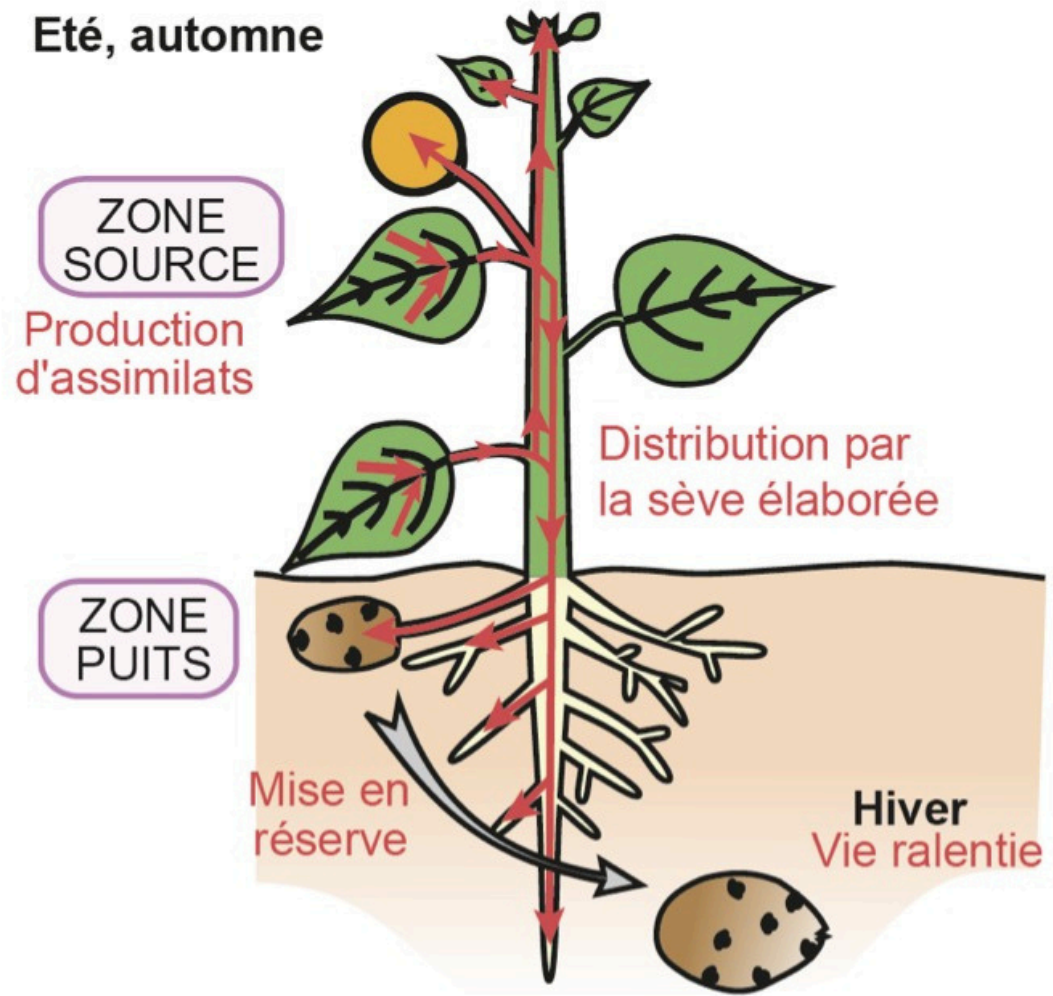
Les tubercules



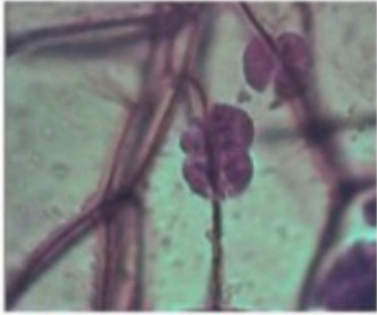


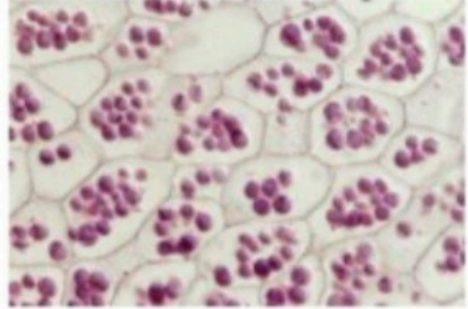





Eté, automne



| Enzyme | Période de formation du tubercule | Période de germination |
|-------------------|-----------------------------------|------------------------|
| Amidon synthétase | +++ | + |
| Glucosidase | + | +++ |

| | | | |
|-------------------------|---|---|---|
| | <p>Fructose</p> <p>Inuline (polymère de fructose)</p> |  <p>Cristaux d'inuline</p> | <p>Fruits divers : poires, raisins...</p>  <p>Tubercule de Dahlia</p>  |
| <p>PROTÉINES</p> | | <p>Sous forme de grains dans la vacuole (grains d'aleurone)</p> <p>Les protéines sont synthétisées dans la vacuole puis celle-ci se fractionne en de multiples vacuoles qui se déshydratent ; les protéines cristallisées constituent les grains d'aleurone.</p>  | <p><u>Graine</u> : ricin (elle est aussi oléagineuse), haricot...</p>  <p>Graines de ricin</p> <p>ATTENTION : graine toxique !</p> <p>L'albumen de certaines céréales comme le Blé comprend néanmoins une fraction protéique importante qui constitue le gluten.</p> |

Document 9 : Les produits de la photosynthèse permettant les réserves de la plante.

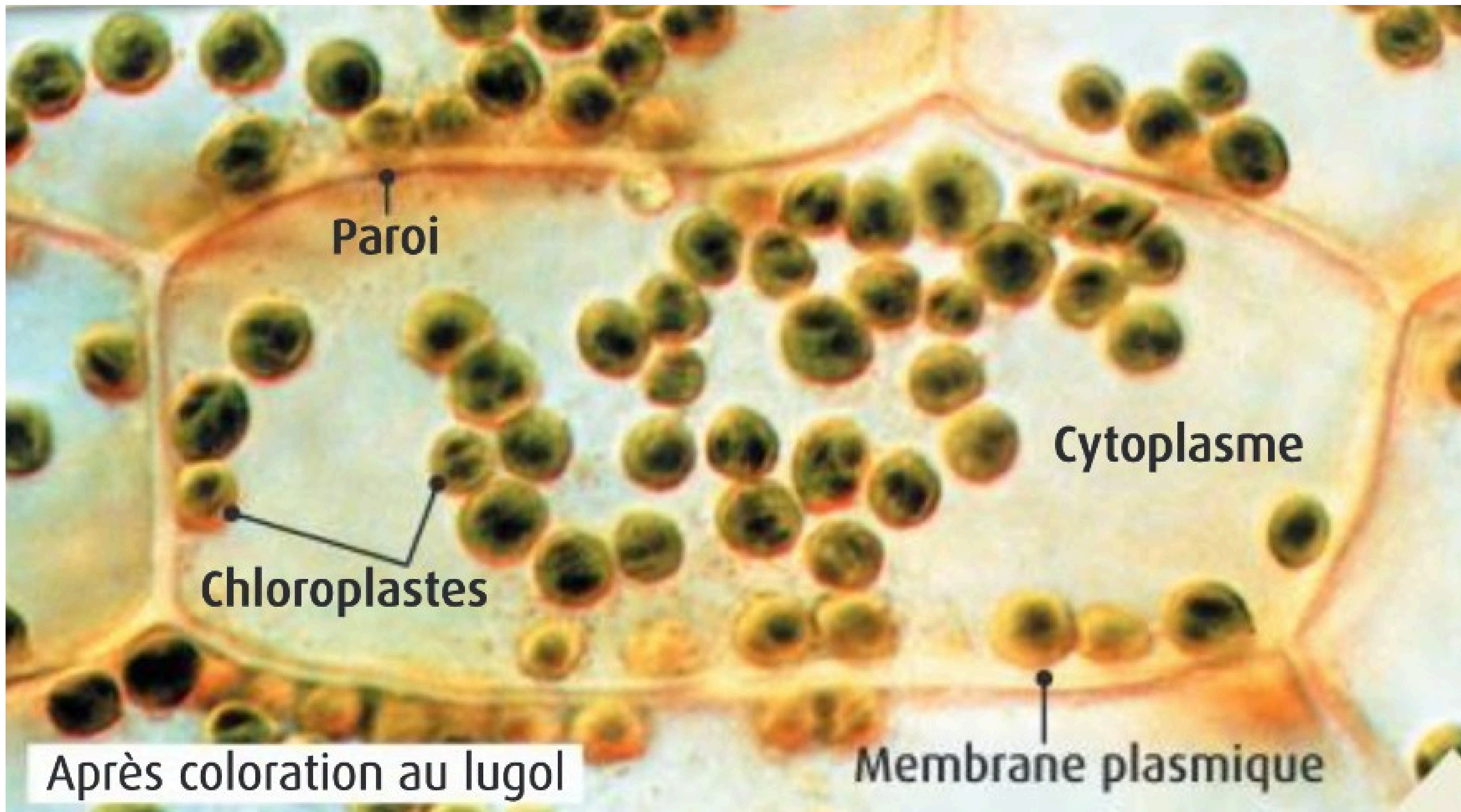
III. Les produits de la photosynthèse assurent différentes fonctions

A) Le transport au sein du végétal

B) La mise en réserve de la matière organique

→ C) La croissance et le port des plantes





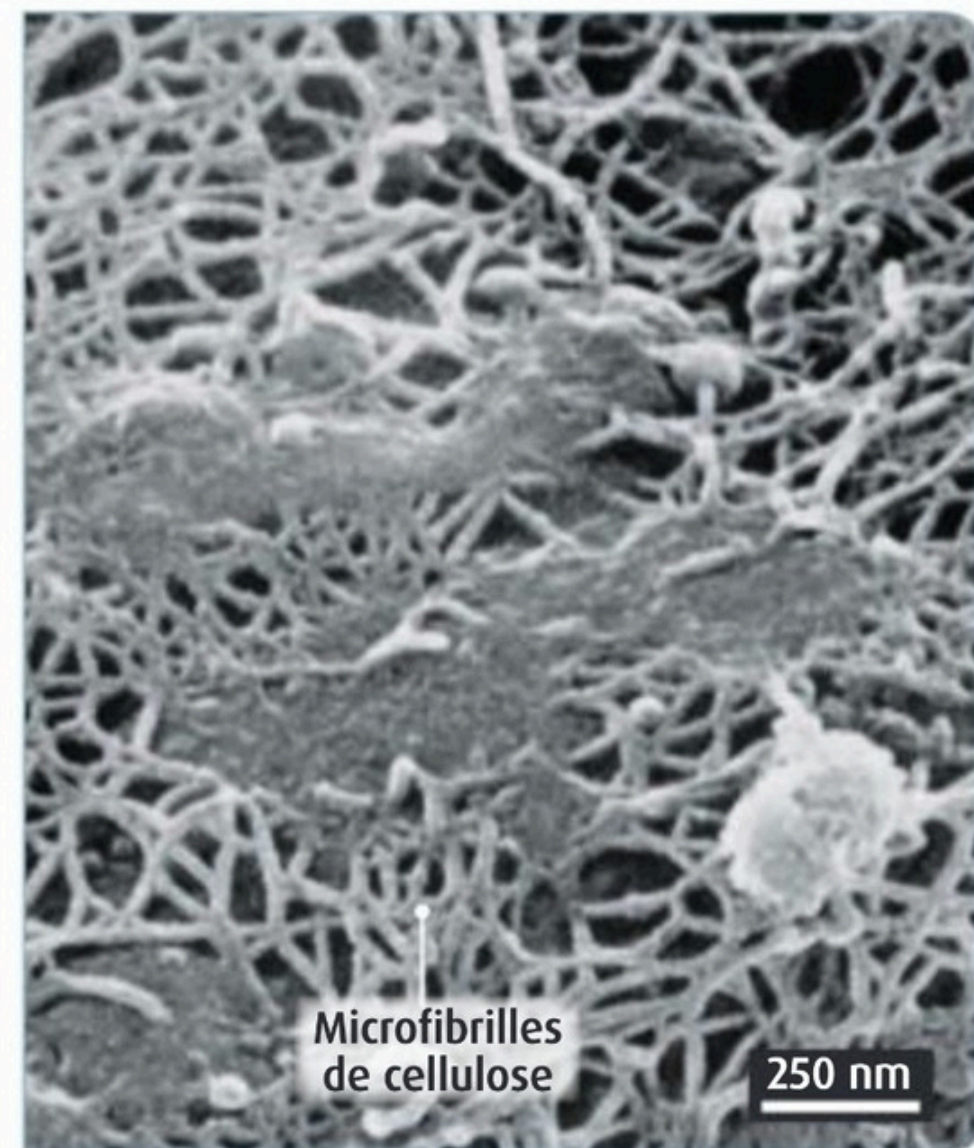
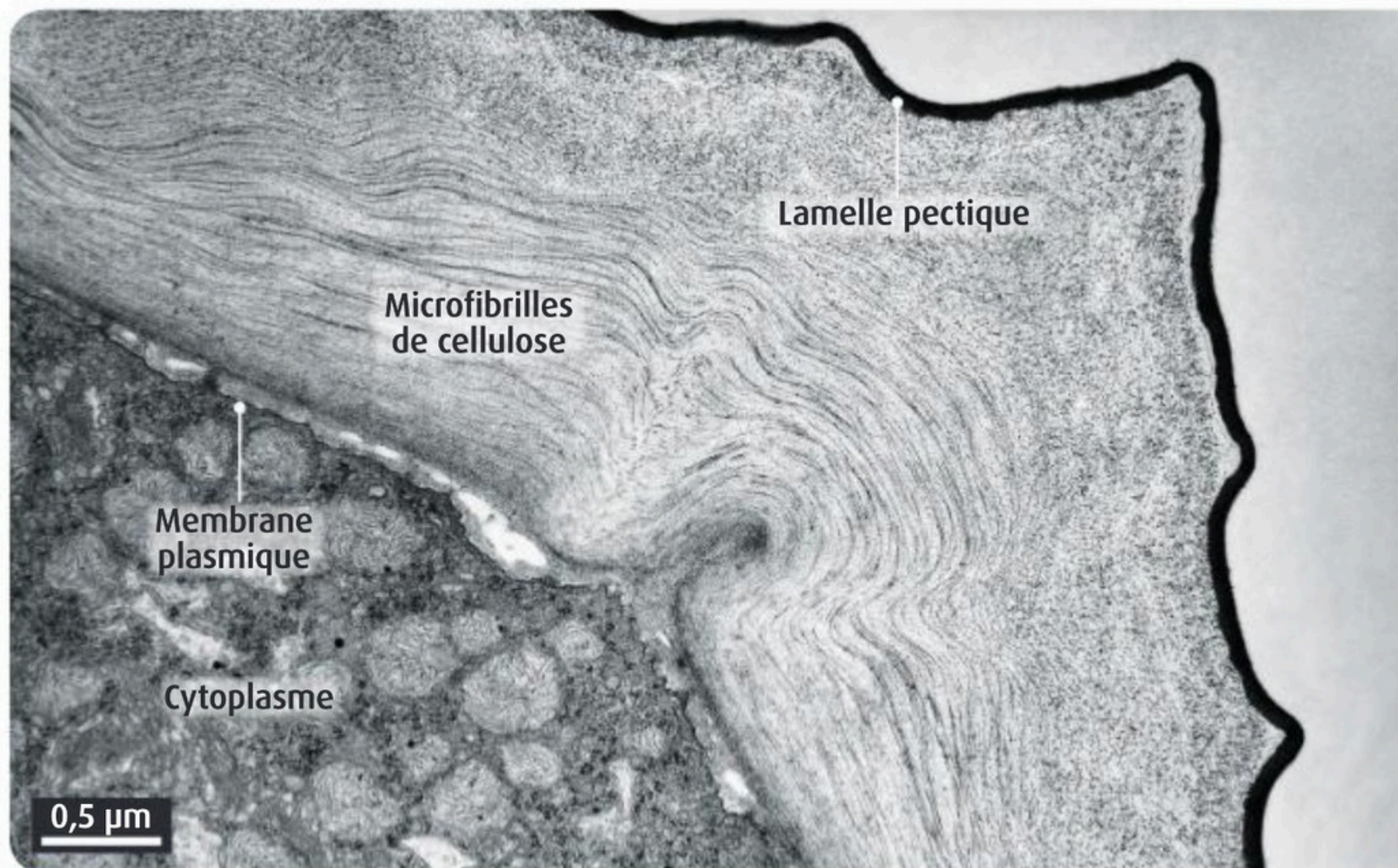
Paroi

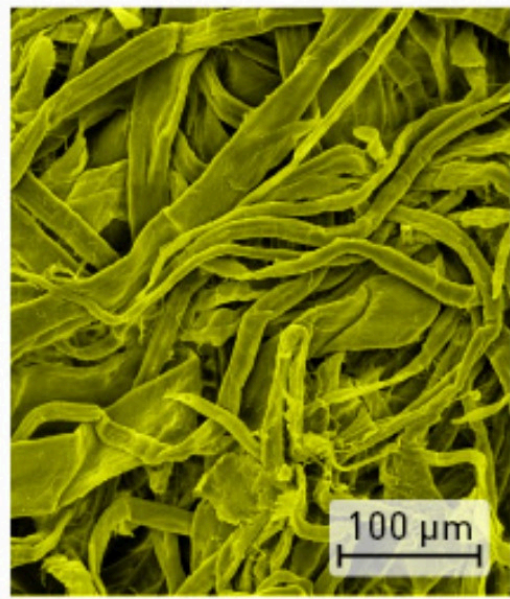
Cytoplasme

Chloroplastes

Membrane plasmique

Après coloration au lugol

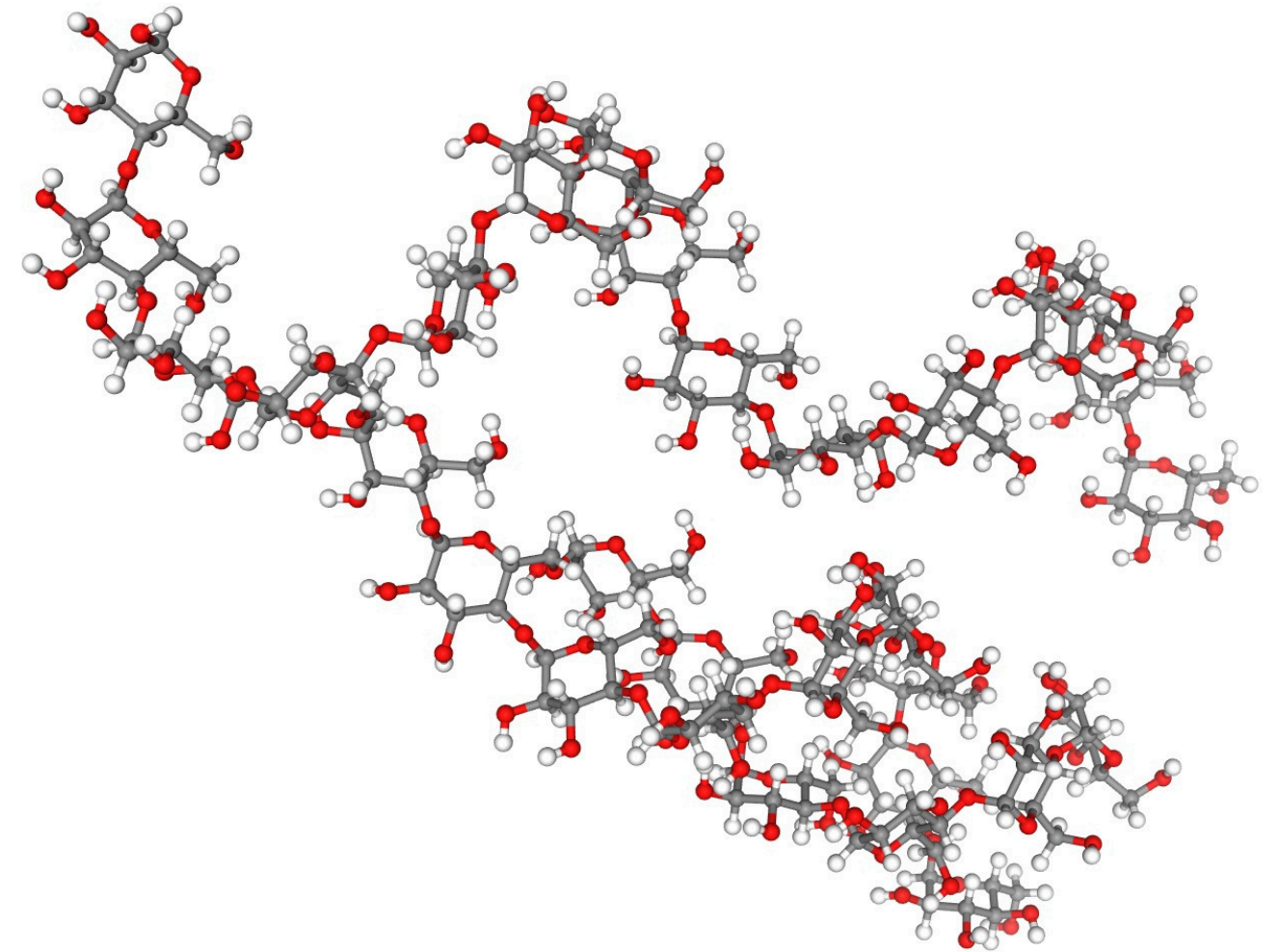




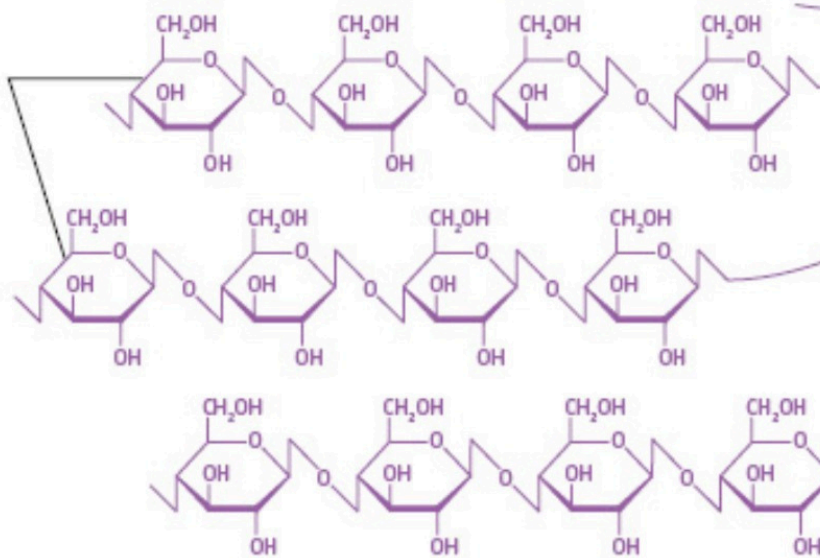
Fibre de cellulose

Macrofibrille

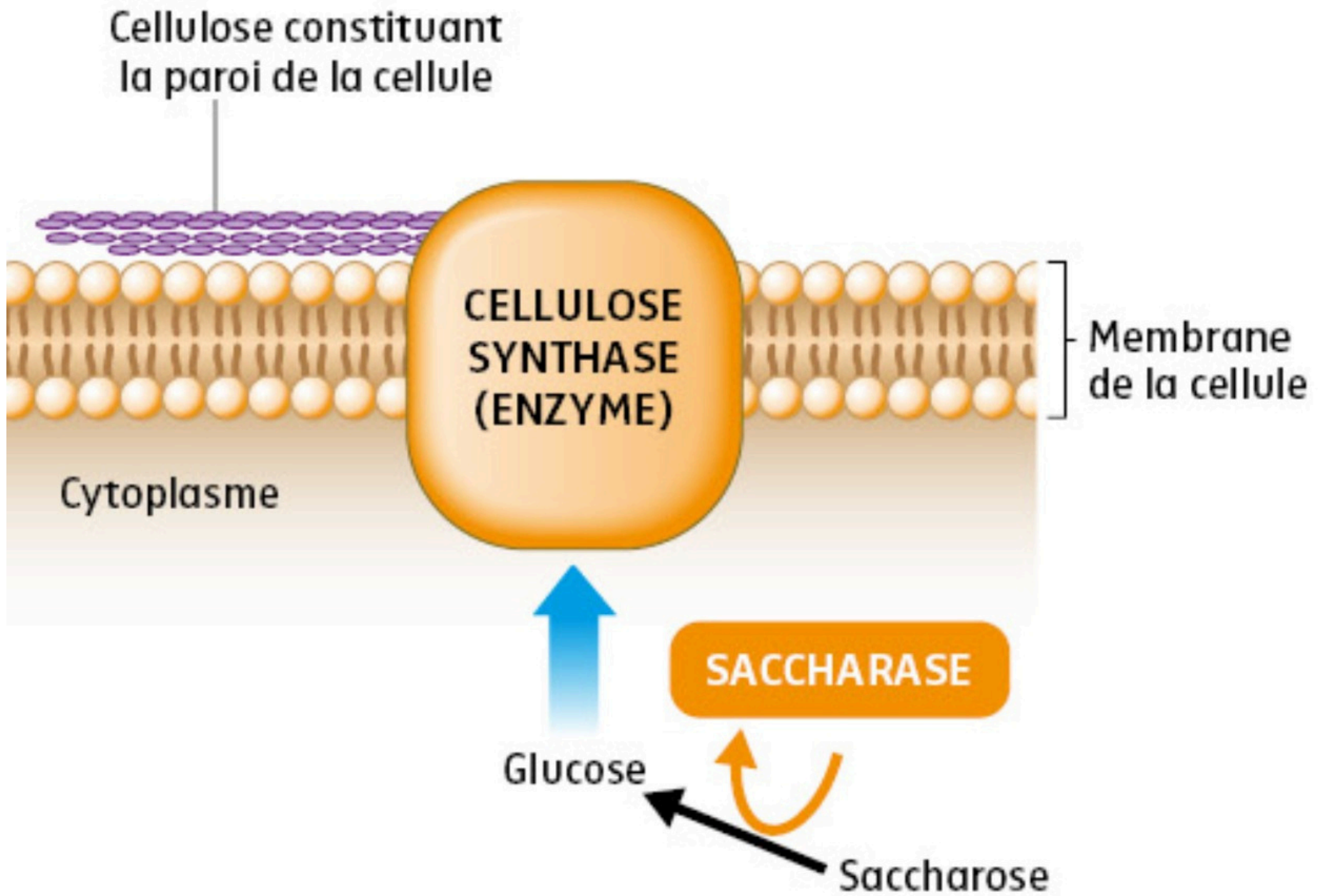
Microfibrille

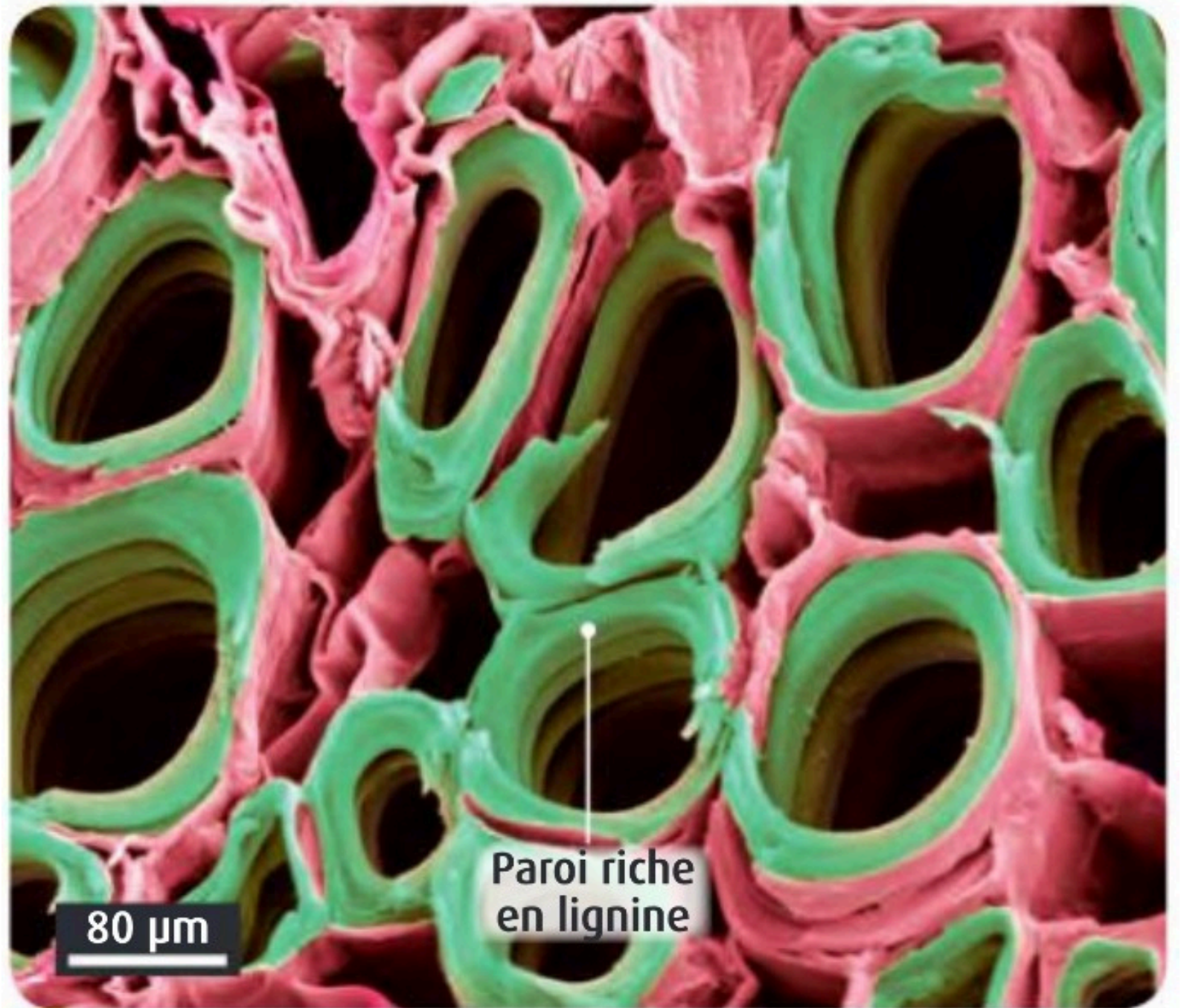
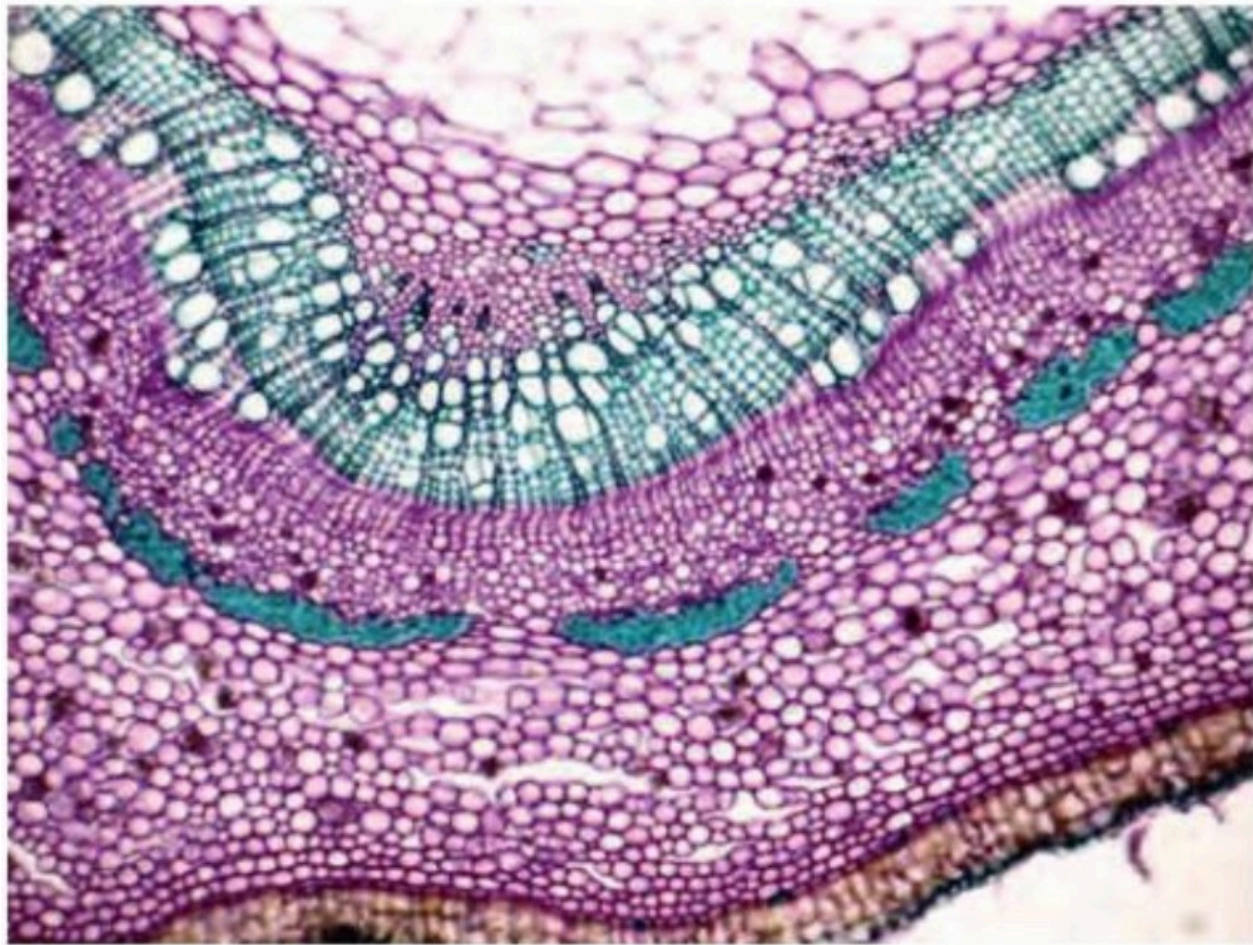


Chaînes de glucose



**Cellulose:
Polymère de glucose**





80 μm

Paroi riche
en lignine

Séquoia



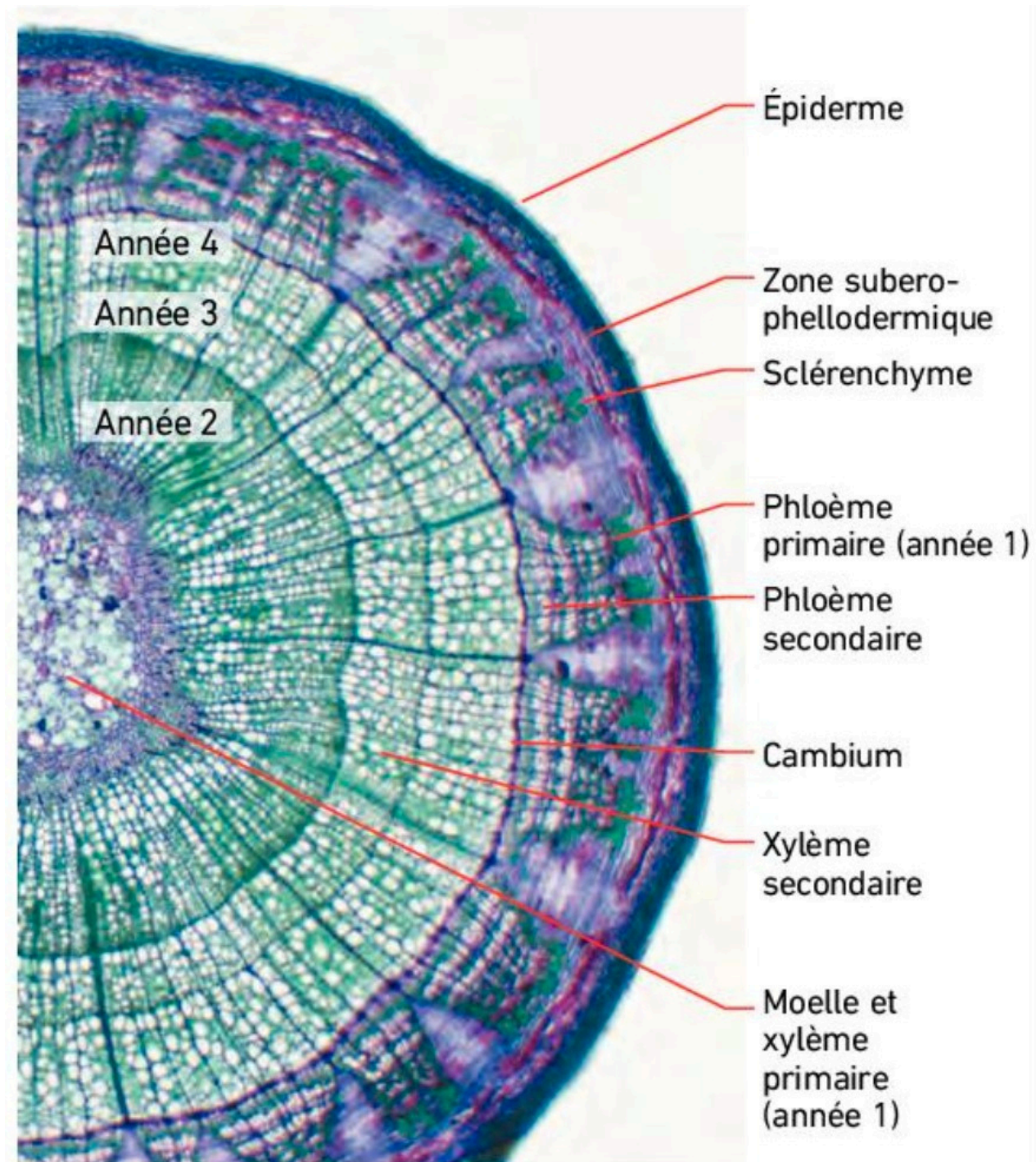
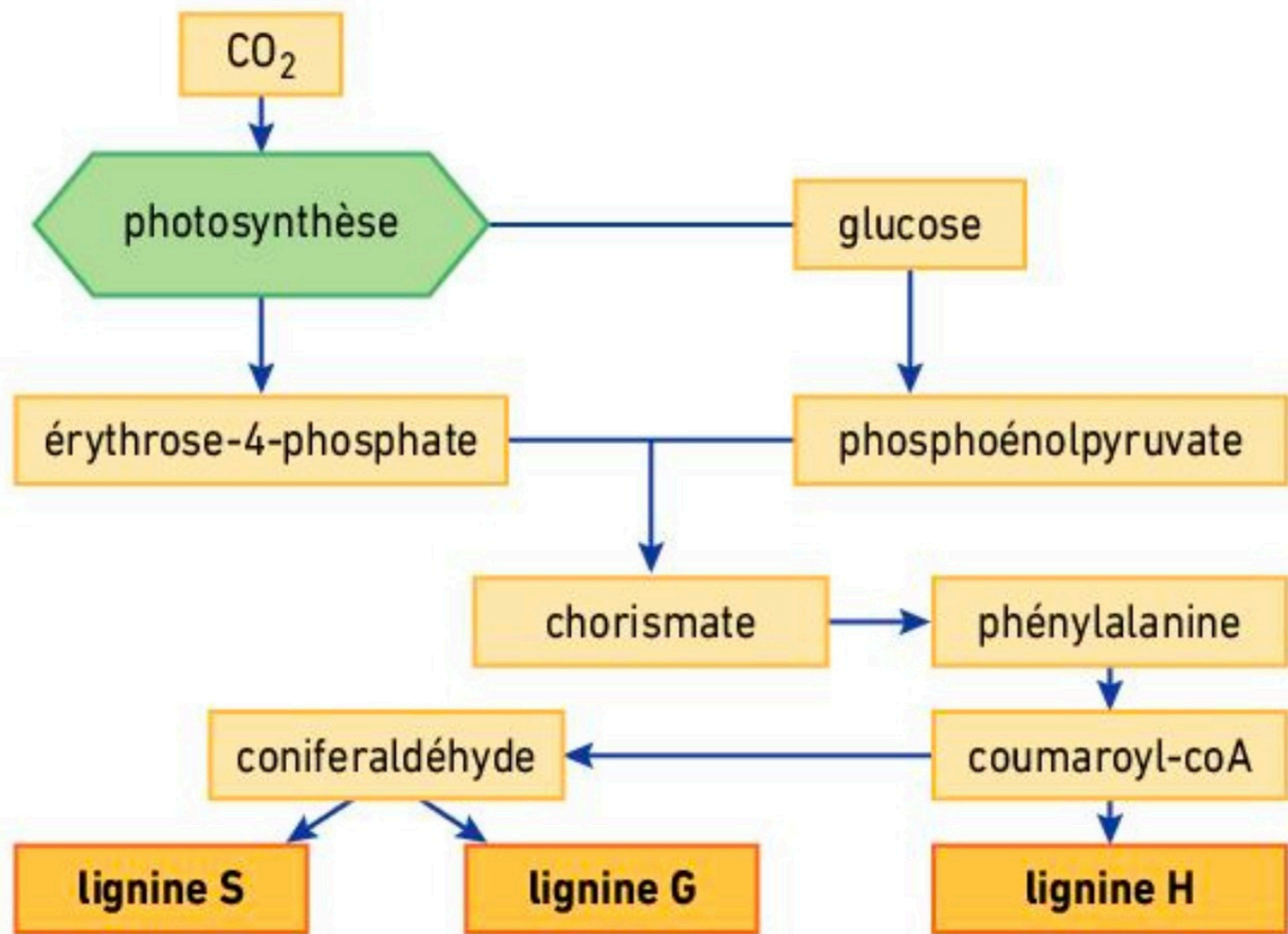
Coupe du tronc

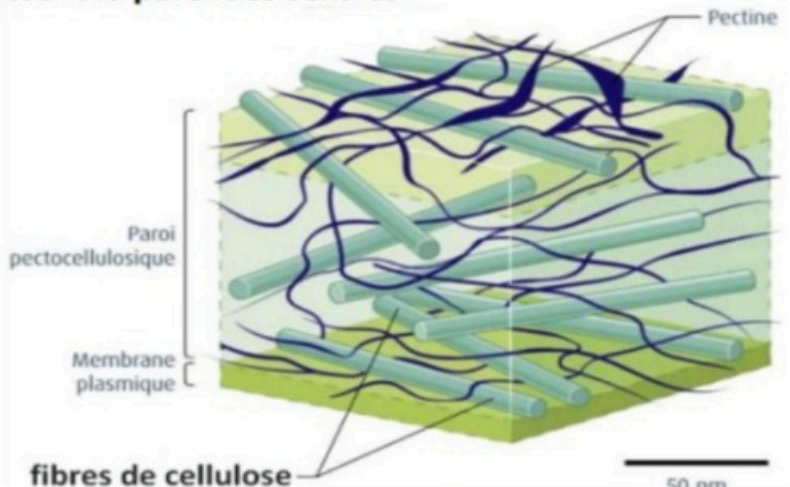
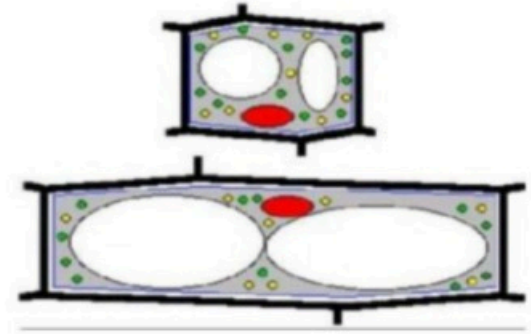
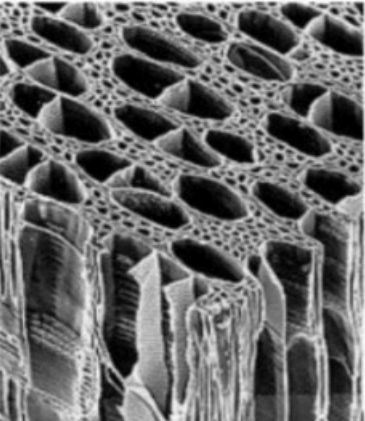



Écorce

Duramen
riche en lignine

6 cm



| SUBSTANCES | LOCALISATION | FONCTION |
|--|--|--|
| <p>CELLULOSE Polymère de glucose (35 à 50% de la biomasse terrestre)</p> <p>et hémicellulose</p> | <p>Sucre constituant la paroi des cellules.</p>  <p>The diagram shows a cross-section of a plant cell wall. It features a network of green cylindrical cellulose fibers (fibres de cellulose) and blue wavy lines representing pectin (Pectine). Below this network is the plasma membrane (Membrane plasmique). A scale bar indicates 50 nm.</p> | <p>Croissance et maintien de la plante (« squelette externe »)</p>  <p>The diagram shows two plant cells. The top cell is smaller and contains a nucleus (red) and chloroplasts (green). The bottom cell is larger and contains a large central vacuole (white), a nucleus (red), and chloroplasts (green), illustrating growth and maintenance.</p> |
| <p>LIGNINE (15 à 25% de la biomasse terrestre)</p> | <p>Polyphénols entrant dans la formation des vaisseaux du xylème (vaisseaux du bois) et dans les tissus de soutien (sclérenchyme)</p>  <p>The micrograph shows a cross-section of xylem vessels, which are large, hollow, and have thick, lignified walls, characteristic of wood.</p> | <p>Rigidité des tiges, racines. Imperméabilisation des vaisseaux - Défense contre les herbivores (feuilles coriaces)</p>  <p>The photograph shows the massive trunk of the General Sherman tree, a giant sequoia, standing in a forest.</p> <p>« Le général Sherman », l'arbre le plus grand du monde (séquoia – 84 m)</p> |

Document 10 : Les produits de la photosynthèse permettant la croissance de la plante.

III. Les produits de la photosynthèse assurent différentes fonctions

A) Le transport au sein du végétal

B) La mise en réserve de la matière organique

C) La croissance et le port des plantes

→ D) Les interactions avec d'autres espèces



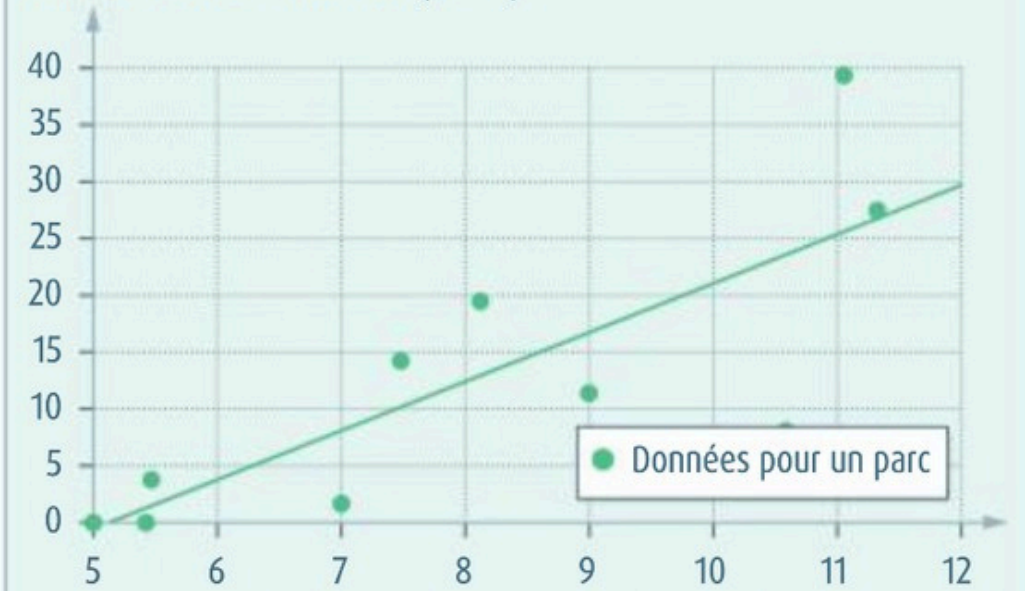


Nombre des koudous (par 100 hectares)



Teneur en tanin foliaire des acacias (en % de masse sèche)

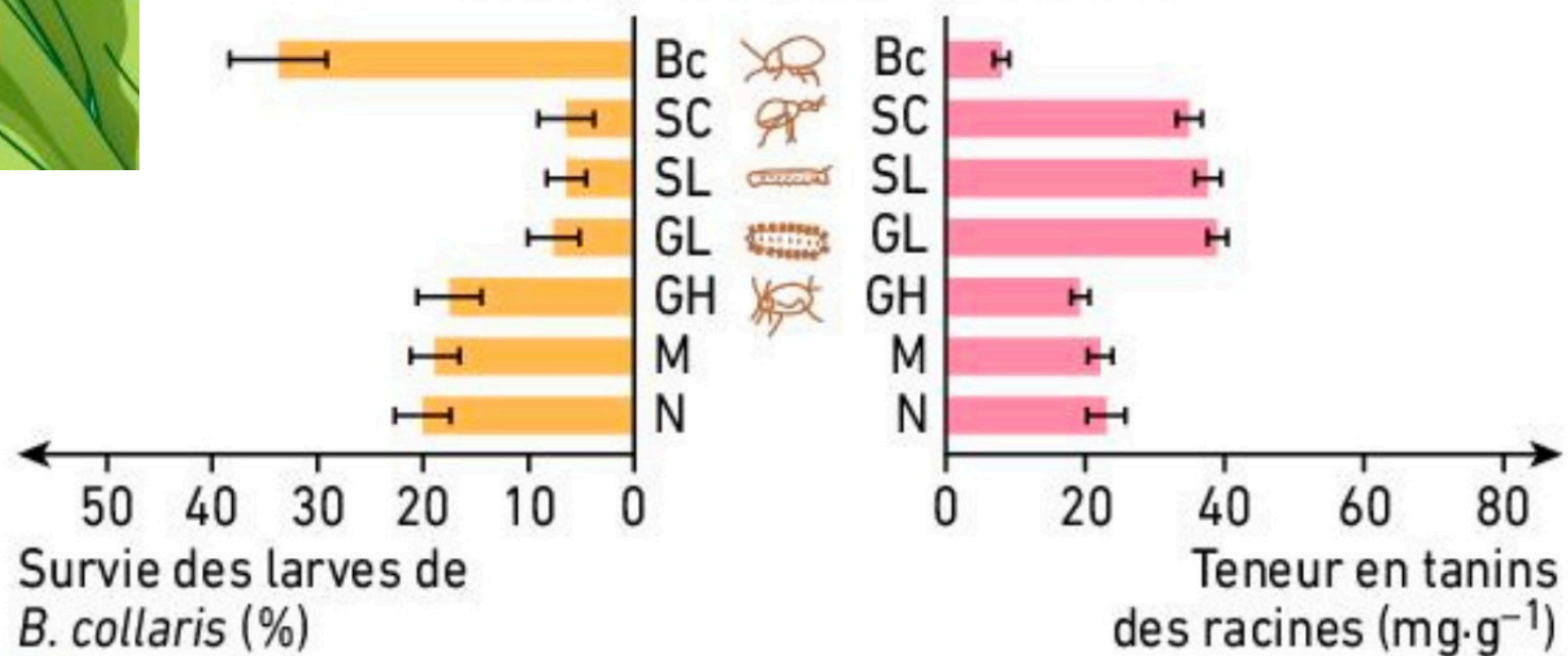
Mortalité des koudous (en %)

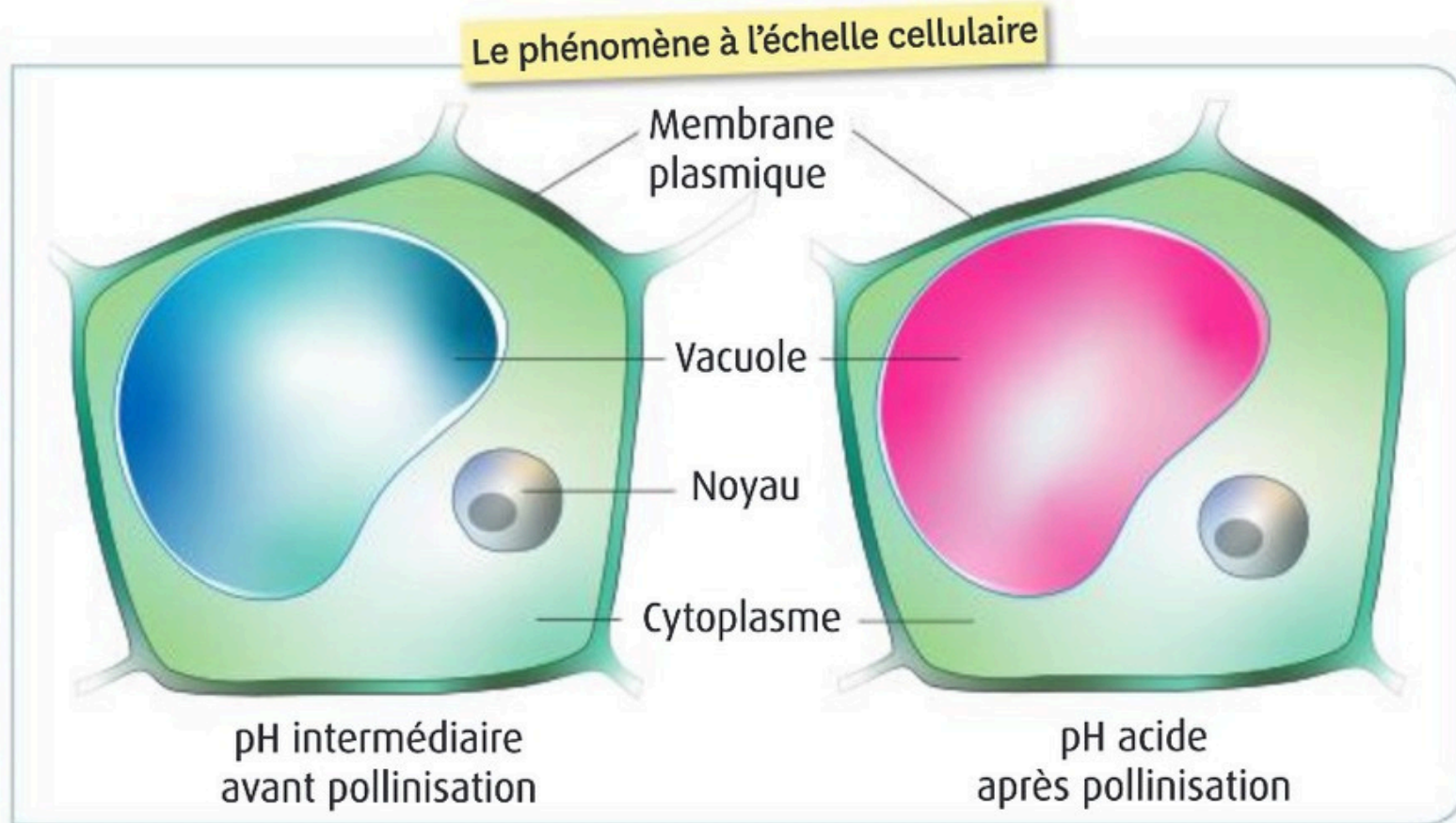


Teneur en tanin foliaire des acacias (en % de masse sèche)



Phytophages des organes aériens





| Pollinisateur | Nombre de fleurs visitées de <i>Fuchsia excorticata</i> | | Pourcentage moyen de fleurs rouges sur les arbres |
|---|---|--------|---|
| | vert-bleu | rouges | |
| Méliphage carillonneur (<i>Anthornis melanura</i>) - Oiseau | 160 | 6 | 37,5% |
| Zosterops à dos gris (<i>Zosterops lateralis</i>) - Oiseau | 148 | 0 | 43,8% |

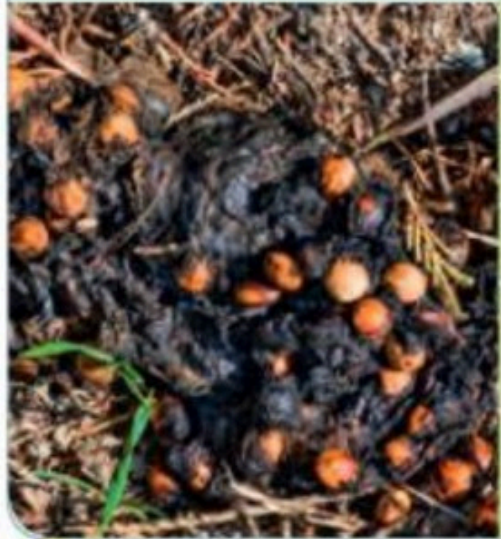
| Couleur de la fleur | Production quotidienne de nectar (μL) |
|---------------------|--|
| Vert-bleu | $8,32 \pm 0,51$ |
| Rouge | $0,08 \pm 0,07$ |

Analyse des cerises tombées



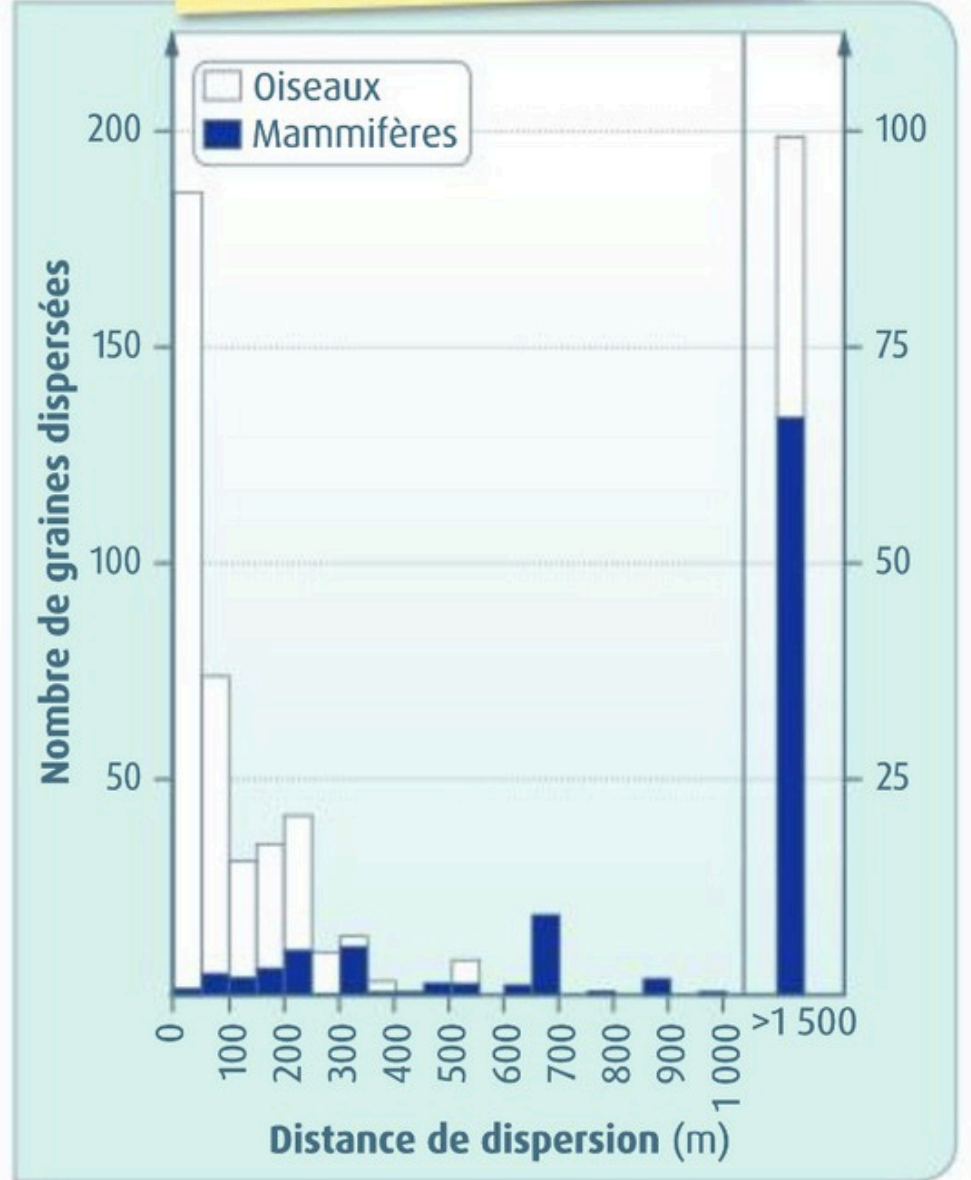
| Caractéristiques des cerises tombées | Quantité de cerises retrouvée sous les 8 arbres de l'étude (%) |
|--|--|
| Entières mais piquées | 72 |
| A moitié mangées | 17 |
| Intactes | 11 |
| Nombre total de cerises tombées : 1241 | |

Analyse des excréments



| | Hérisson | Renard et blaireau |
|--|----------|--------------------|
| Nombre total de déjections | 5 | 34 |
| Nombre de déjections contenant des noyaux de cerise | 3 | 27 |
| Nombre total de noyaux | 54 | 1012 |
| Nombre moyen de noyaux par déjection en contenant | 18,0 | 37,7 |
| % de noyaux intacts (la graine garde son pouvoir germinatif) | 100 | 100 |

Distance de dispersion des noyaux



| SUBSTANCES | LOCALISATION | FONCTION |
|---------------------------------|--|--|
| <p>TANINS et dérivés</p> | <p>Polyphénols concentrés dans les vacuoles et dans les parois de la cellule.</p>  | <p>Propriétés répulsives, toxiques → protègent la plante des phytophages. Défenses également contre les microorganismes (rôle antibactérien).</p>  |
| <p>ANTHOCYANES</p> | <p>Hétérosides (flavonoïdes associés à des glucides) concentrés dans les vacuoles de cellules des feuilles, fruits...</p> <p><i>Saisir quelque chose</i></p>  | <p>Rôle attractif pour les insectes pollinisateurs → fécondation</p>  <p>Rôle attractif pour les animaux consommant des fruits → dispersion des graines.</p>  |

Document 11 : Les produits de la photosynthèse permettant la croissance de la plante.



Bilan : Les produits de la photosynthèse sont distribués via la sève élaborée dans tous les organes de la plante. Des enzymes variées les métabolisent, produisant des molécules très diverses capables d'assurer de nombreuses fonctions au sein de la plante. Les cellules des plantes possèdent une paroi formée de différents composés organiques assemblés en couches superposées. La cellulose est un polymère de glucose synthétisé chez les jeunes cellules en cours de croissance. Certaines plantes stockent des molécules organiques diverses dans des organes de réserves (bulbes, rhizomes, tubercules) qui leur permettent de résister aux conditions défavorables ou d'assurer leur reproduction asexuée. Les graines et certains fruits contiennent aussi des réserves.



Bilan : Certaines plantes produisent des tanins. Ils sont produits par un précurseur: le glucose. En se liant avec les protéines alimentaires ou avec les enzymes digestives du phytophage, les tanins produisent des précipités aux effets toxiques ou répulsifs. La vie fixée pose aussi le problème du rapprochement des gamètes. De nombreuses fleurs produisent un pollen abondant et un liquide riche en sucres et autres substances nutritives, le nectar. Elles attirent les insectes pollinisateurs en signalant la présence de ces matières comestibles grâce à des molécules organiques volatiles (MOV) et en affichant des couleurs vives. Les fleurs roses, rouges et violettes attirent plus les insectes pollinisateurs grâce à des molécules au sein des vacuoles de leurs cellules: les anthocyanes.