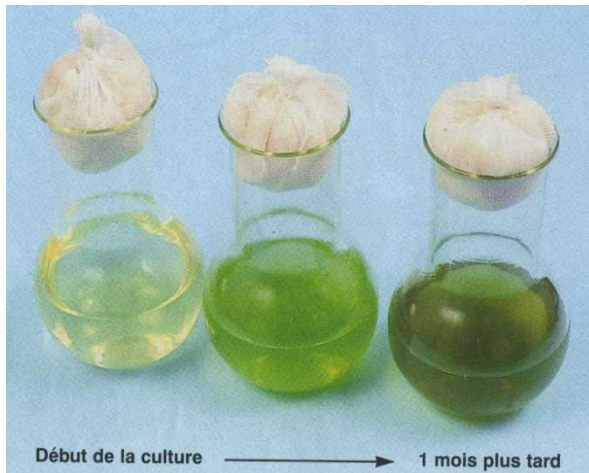


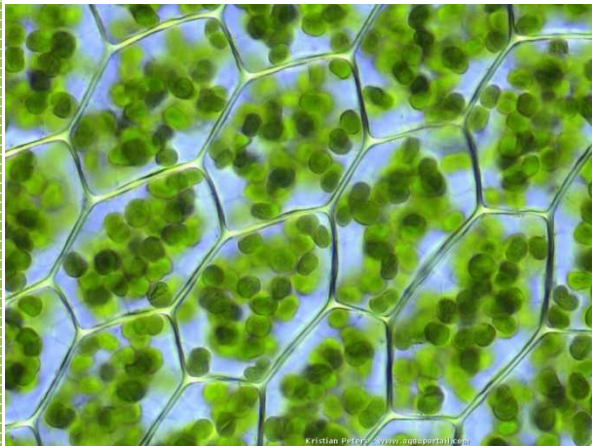
## CHAPITRE II : LA PHOTOSYNTHESE.



### Document 1 : Algues unicellulaires dans un milieu de culture

Lorsque les cellules de *Dunaliella* (algues vertes unicellulaires) sont mises dans un milieu de culture ; ce dernier devient de plus en plus sombre au fil des jours. Et ce en raison de la prolifération des cellules.

Le milieu contient de l'eau et des sels minéraux, et ne contient aucune substance organique. Dans ces conditions ces algues sont capables de synthétiser les différentes substances organiques constituant les cellules. Cette synthèse nécessite la présence de lumière. C'est la photosynthèse



### Document 2 :

#### Cellules chlorophylliennes observées au microscope

Les cellules chlorophylliennes sont caractérisées par la présence d'organites spéciaux dits : Chloroplastes

Les plantes chlorophylliennes se caractérisent par la capacité de synthétiser les substances organiques à partir de substances minérales ; c'est-à-dire l'eau et le sel minéraux absorbés en niveau du sol ; et le  $\text{CO}_2$  présent dans l'atmosphère. C'est pour cela qu'on dit que les plantes chlorophylliennes sont autotrophes. Contrairement aux organismes hétérotrophes qui, en plus d'eau et les ions minéraux, ont besoin de substances organiques pour leur nutrition.

- Comment les plantes chlorophylliennes synthétisent-elles les substances organiques ? Et quelles sont les structures cellulaires qui interviennent.
- Comment se fait la conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique potentiel des substances organiques ?
- Quelles sont les principales classes de matières organiques qui résultent de la photosynthèse ?

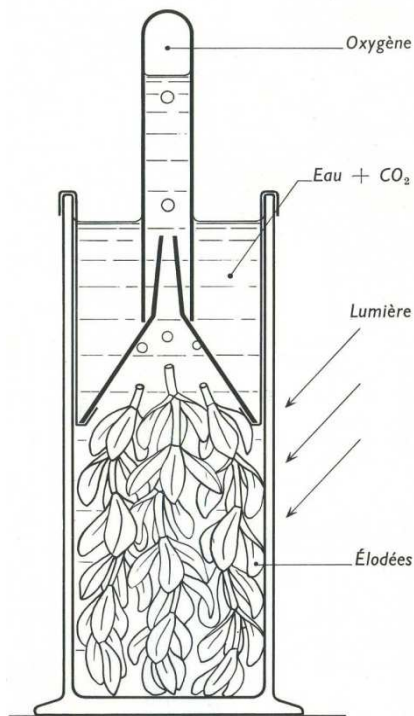
## UNITE 1 : ECHANGES GAZEUX CHLOROPHYLLIENS ET ROLE DES STOMATES.

Lors de la photosynthèse, des réactions biochimiques ont lieu au sein de la cellule chlorophyllienne. Ces réactions aboutissent à la synthèse des substances organiques. Elles se manifestent par l'absorption du dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) ; et le dégagement de dioxygène ( $\text{O}_2$ )

Comment peut-on mettre en évidence ces échanges gazeux ?

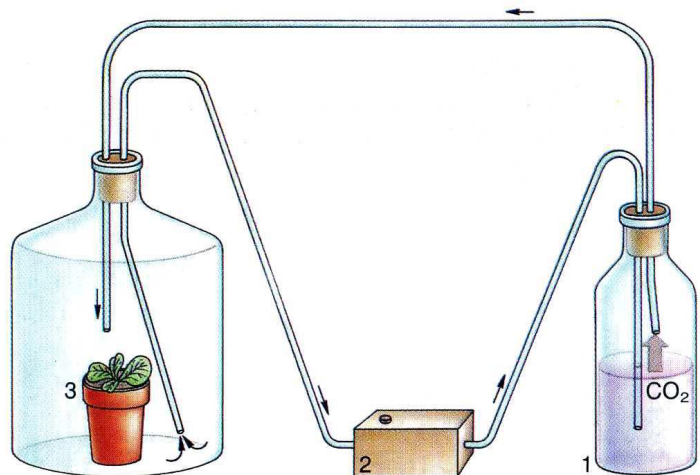
Quelles sont les structures cellulaires intervenantes ?

### A- MISE EN EVIDENCE DE L'ABSORPTION DE $\text{CO}_2$ ET LE DEGAGEMENT DE $\text{O}_2$



#### ETAPES DE LA MANIPULATION I :

- On expose une plante aquatique (l'élodée) à la lumière, selon le protocole expérimental schématisé ci-dessus.
- Au début de l'expérience le tube renversé est plein d'eau.
- Au fil du temps le végétal dégage des bulles gazeuses qui s'accumulent au fond du tube.
- Pour caractériser ce gaz, une baguette de bois enflammée puis éteinte (extrémité encore incandescente) est plongée dans un tube de dégagement. La baguette se rallume, il s'agit de dioxygène ( $\text{O}_2$ ).



#### ETAPES DE LA MANIPULATION II :

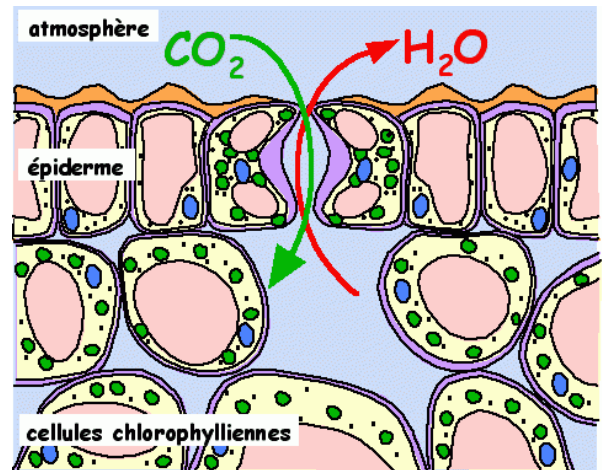
- Le flacon (1) contient 50 mL d'hydrogénocarbonate de sodium (0,5 %) ; et 5 gouttes d'une solution alcoolique de phénolphtaléine. Cet indicateur coloré devient rose clair en présence de carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )
- La pompe permet la circulation de l'air entre le flacon (1), et le flacon contenant la plante verte (3).
- Après quelques minutes l'indicateur coloré devient rose clair. On n'obtient pas ce résultat si on enlève les feuilles de la plante

#### Document 1 : Deux manipulations très simples

## B- IMPORTANCE DES STOMATES POUR LES ECHANGES GAZEUX CHLOROPHYLLIENS



a



b

c

Les stomates se trouvent sur la face inférieure de la feuille ; c'est-à-dire la face la moins ensoleillée.

Pour les feuilles qui flottent à la surface de l'eau, les stomates sont présents uniquement sur la face supérieure.

Les plantes qui vivent immergées dans l'eau ne possèdent pas de stomates

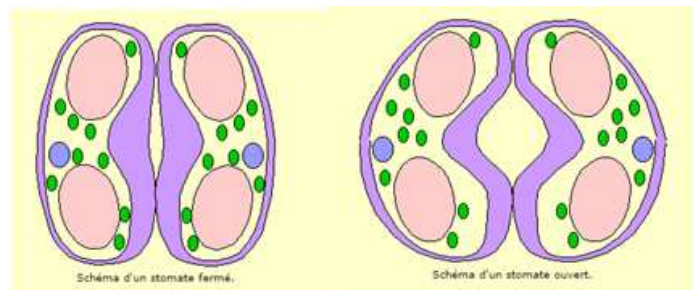


Schéma d'un stomate fermé.

Schéma d'un stomate ouvert.

### Document 2 : Les stomates, des structures adaptées à leur fonction

#### ACTIVITES :

1- Interprétez les résultats des deux manipulations du Doc1 sachant que le CO<sub>2</sub> est libéré selon l'équation suivantes :



2- Reproduisez sur votre cahier les images a et b du Doc2, en réalisant des schémas annotés.

2- Etablissez la relation structure – fonction à propos du stomate et du parenchyme lacuneux.

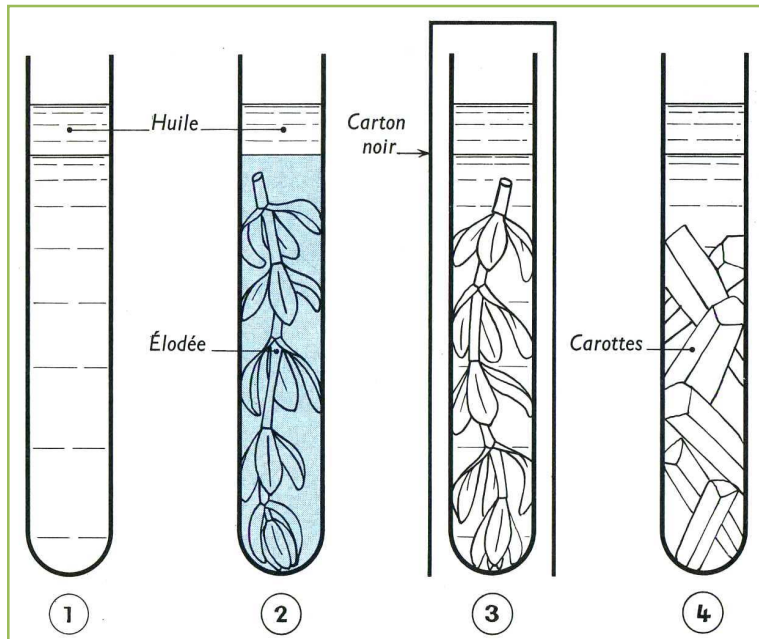


## UNITE 2 : LES FACTEURS INFLUENÇANT LES ECHANGES GAZEUX CHLOROPHYLLIENS.

Les végétaux chlorophylliens effectuent des échanges gazeux chlorophylliens, avec l'air pour les plantes aériennes, et avec l'eau pour les végétaux aquatiques. Il s'agit de l'absorption du dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) ; et du dégagement du dioxygène ( $\text{O}_2$ ).

- Quels sont les facteurs dont dépendent ces échanges ?

### A- IMPORTANCE DE LA LUMIERE ET DE LA CHLOROPHYLLE.



#### ETAPES DE LA MANIPULATION :

- On prépare une solution de bleu de méthylène. On lui ajoute des gouttes d'hydrosulfite de sodium, tout en agitant jusqu'à ce que la solution perde sa couleur (elle est réduite). On peut récupérer la coloration bleue en présence d'oxygène.
- On répartit la solution sur 4 tubes à essai. On recouvre chaque tube d'une couche de paraffine, pour empêcher tout contact avec l'air (voir les contenus des tubes sur les schémas).

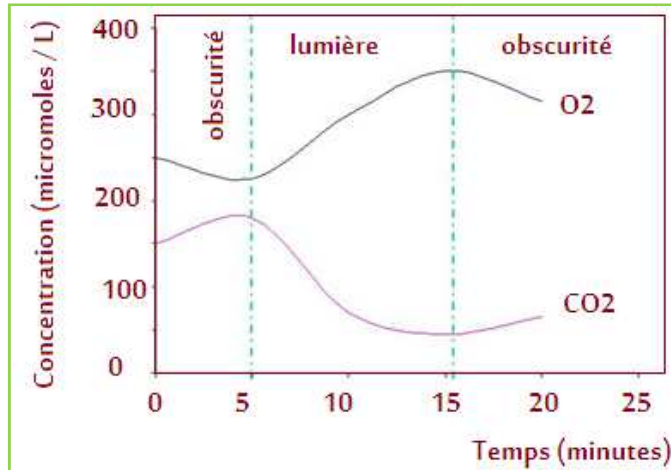
- Après 1h, le bleu de méthylène récupère sa coloration bleue uniquement sur le tube n° 2

### Document 1 : Mise en évidence des principaux facteurs dont dépendent les échanges gazeux chlorophylliens





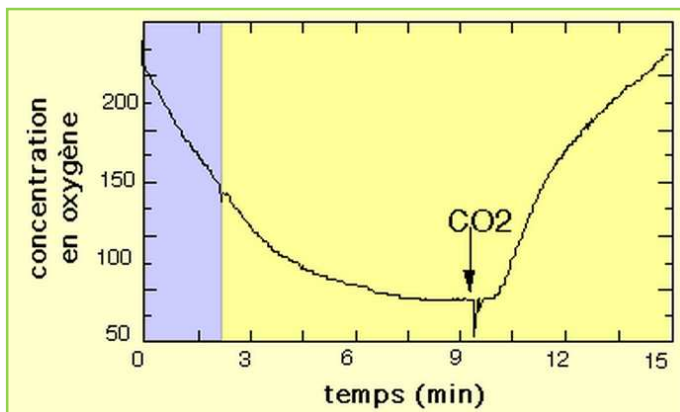
## B- COUPLAGE ABSORPTION $\text{CO}_2$ / DEGAGEMENT $\text{O}_2$ .



### ETAPES DE LA MANIPULATION :

On met en culture des algues vertes dans un tube hermétiquement fermé, et muni d'une sonde pour mesurer la concentration en  $\text{CO}_2$ , et une autre sonde pour mesurer la concentration en  $\text{O}_2$ . Ainsi on peut suivre les mesures en continu. Les résultats apparaissent sur l'écran d'un ordinateur. Les algues sont exposées à la lumière entre le temps  $t_1$  et  $t_2$ .

### Document 2 : Expérience effectuée sur une algue marine unicellulaire



On met des feuilles d'une plante aquatique dans un milieu pauvre en  $\text{CO}_2$ . D'abord le montage est mis dans l'obscurité. Après un certain temps, on l'expose à la lumière. Un appareillage adapté permet de mesurer la concentration en  $\text{O}_2$  dans le milieu.

A un instant donné, on ajoute au milieu une quantité d'hydrogénocarbonate de sodium, qui est une source de  $\text{CO}_2$ .

### Document 3 : Mise en évidence de la relation entre l'absorption du $\text{CO}_2$ , et le dégagement du $\text{O}_2$

#### ACTIVITES :

- 1- Précisez le but de l'expérience représenté dans le document 1 ; interpréter ses résultats ; que peut-on conclure ?
- 2- Analyser et interpréter les graphiques des documents 2 et 3 ; que peut-on conclure ?

**UNITE 3 : SYNTHÈSE DE L'AMIDON AU NIVEAU DES FEUILLES.**

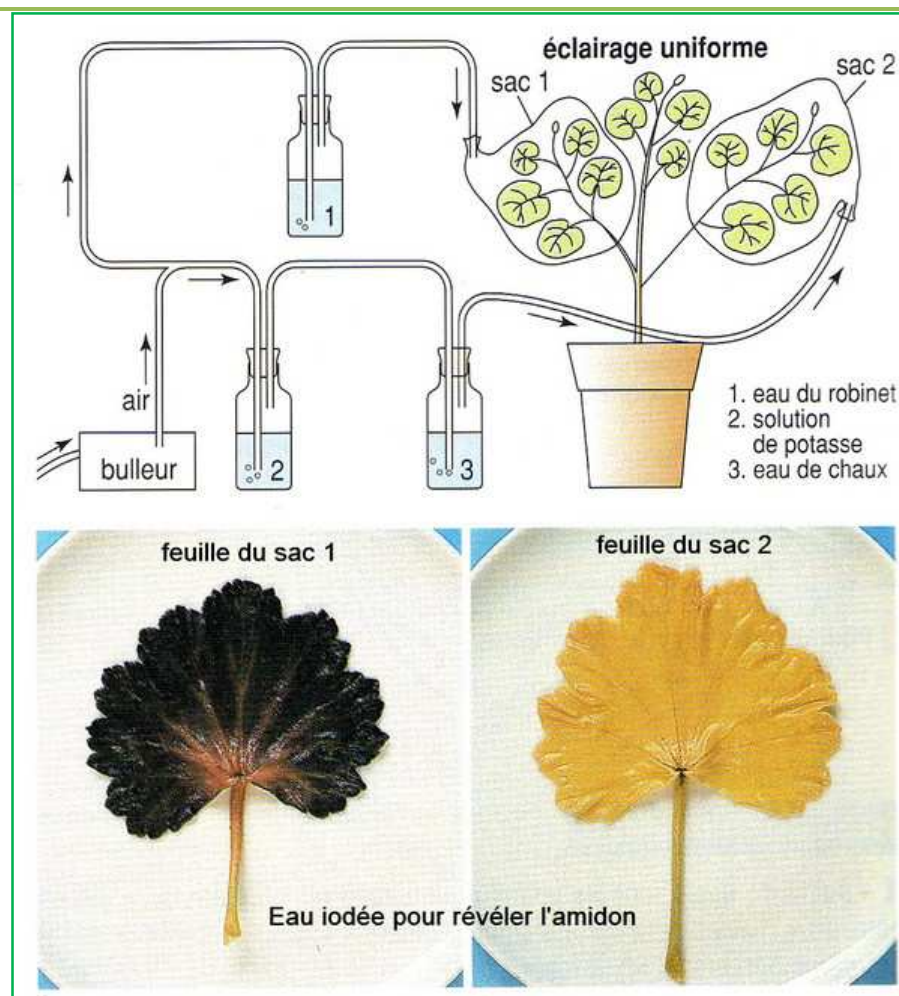
Chez les plantes chlorophylliennes, les feuilles sont le siège de la photosynthèse. En effet elles sont l'aboutissement de la sève brute qui part des racines. C'est aussi à leur niveau que s'effectuent les échanges gazeux chlorophylliens.

Comment peut-on mettre en évidence la synthèse d'une substance organique au niveau des feuilles ; l'amidon par exemple ?

Quelles sont les conditions nécessaires à cette synthèse ?

Quel est le devenir du CO<sub>2</sub> absorbé par les cellules chlorophylliennes ?

**A- LES CONDITIONS NECESSAIRES A LA SYNTHÈSE DE LA MATIÈRE ORGANIQUE AU NIVEAU DES FEUILLES ; L'AMIDON PAR EXEMPLE.**



**ETAPES DE LA MANIPULATION :**

- On met une plante de Pélargonium dans l'obscurité durant 48 h
- On recouvre deux groupes de feuilles chacun par un sac transparent.
- Le sac 1 est traversé par un circuit d'air ordinaire. Et le sac 2 est traversé par un circuit d'air dépourvu de CO<sub>2</sub> qui est absorbé par la potasse et l'eau de chaux.
- On expose le montage au soleil durant une journée.
- On enlève les feuilles, et on les met dans

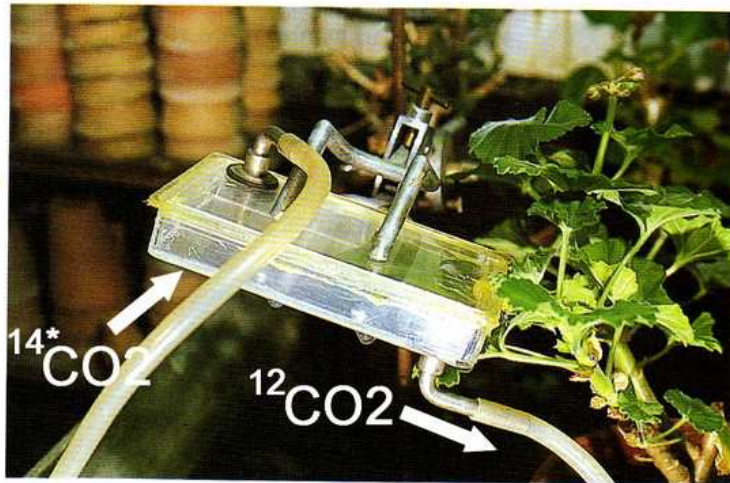
de l'eau chaude pour ramollir les tissus. Ensuite on les met dans de l'alcool bouillant, pour détruire la chlorophylle (disparition de la couleur verte).

- On met les feuilles dans de l'eau iodée. La coloration bleu foncé révèle l'existence de l'amidon.

**Document 1 : Mise en évidence des conditions nécessaires à la synthèse d'amidon au niveau des feuilles**

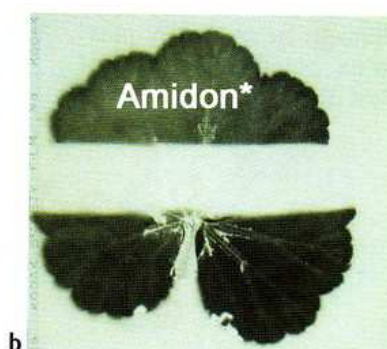
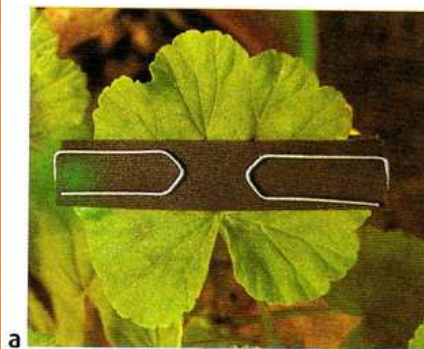


## B- LE DEVENIR DU CO<sub>2</sub> ABSORBE AU NIVEAU DES FEUILLES.



### ETAPES DE LA MANIPULATION :

- On met une plante de Pélargonium dans l'obscurité durant 48 h.
- On couvre partiellement une feuille avec une bande de papier noir (opaque).
- On met cette même feuille dans une boîte transparente, traversée par un courant d'air qui contient du CO<sub>2</sub> marqué au <sup>14</sup>C radioactif.
- On expose la plante entière à la lumière du soleil.
- Après 20 minutes, on enlève la feuille, et on



l'expose à une a un film photographique durant 48 heures, dans une température très basse pour stopper toutes les réactions biochimiques.

- À la fin, le film photographique devient noir dans les régions correspondant à la zone qui émet les radiations provenant du <sup>14</sup>C.
- D'autres analyses montrent que l'amidon synthétisé contient du <sup>14</sup>C.

### Document 2 : Mise en évidence du devenir du CO<sub>2</sub>.

#### ACTIVITES :

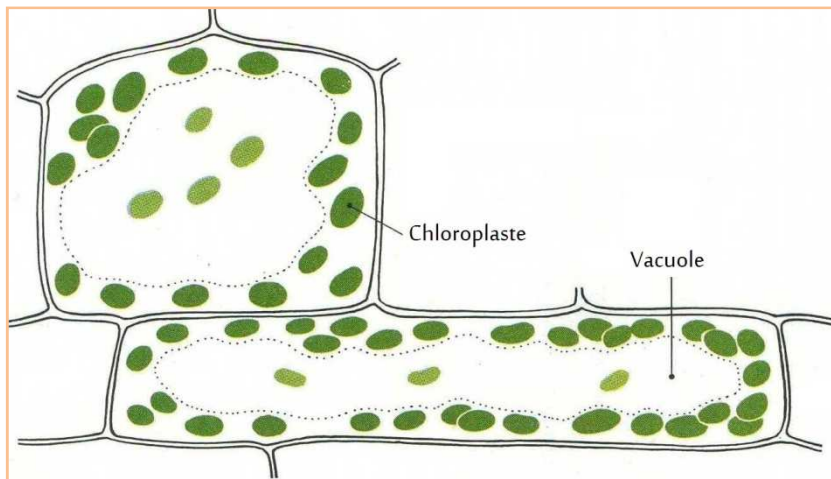
- 1- À partir de l'analyse des résultats de l'expérience du document 1, préciser les conditions nécessaires à la synthèse de l'amidon au niveau des feuilles.
- 2- Interpréter les résultats de l'expérience du document 2, en précisant le devenir du CO<sub>2</sub> absorbé par les feuilles des plantes chlorophylliennes.
- 3- Sachant que la formule de l'amidon est (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub>, et que l'eau est un réactif de la photosynthèse ; donner la formule globale de la réaction mise en évidence par les expériences des documents 1 et 2.

## UNITE 4 : LES PIGMENTS CHLOROPHYLLIENS ET LEURS CARACTERISTIQUES.

La photosynthèse est inhérente à la présence de la chlorophylle, pigment responsable de la couleur verte des feuilles.

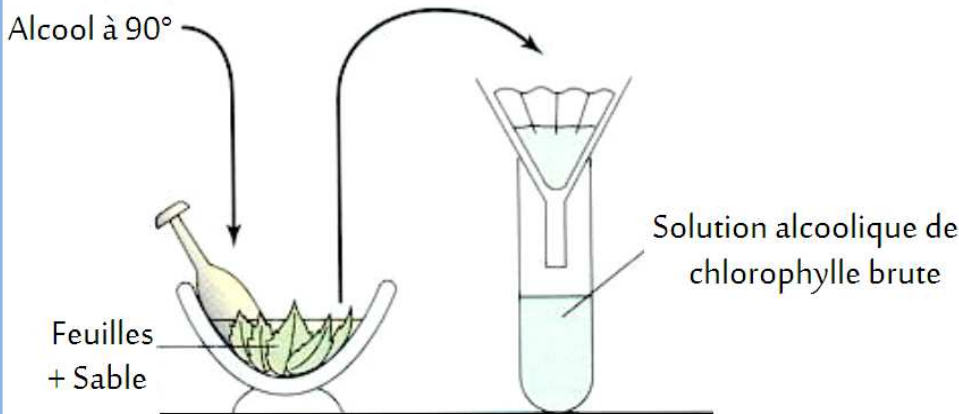
- La chlorophylle est-elle le seul pigment présent dans les cellules chlorophylliennes ?
- Les différentes radiations de la lumière blanche, sont-elles absorbées avec la même intensité ?

### A- EXTRACTION DES PIGMENTS CHLOROPHYLLIENS.



#### DOCUMENT 1 :

Les cellules chlorophylliennes sont riches en chloroplastes ; organelles (organites) cellulaires contenant plusieurs pigments chlorophylliens.



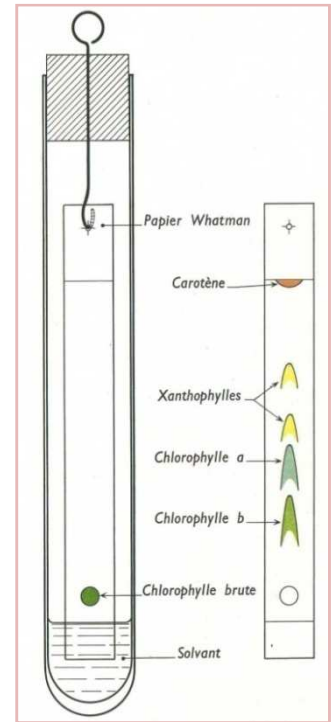
#### ETAPES DE LA MANIPULATION :

- Broyer des feuilles dans un mortier, avec un peu de sable pour écraser les cellules.
- Ajouter progressivement 10 mL d'alcool 90° pour dissoudre les pigments chlorophylliens.
- Filtrer le contenu du mortier avec du papier filtre.
- Le filtrat est une solution alcoolique de la chlorophylle brute.

#### Document 2 : Extraction des pigments chlorophylliens.

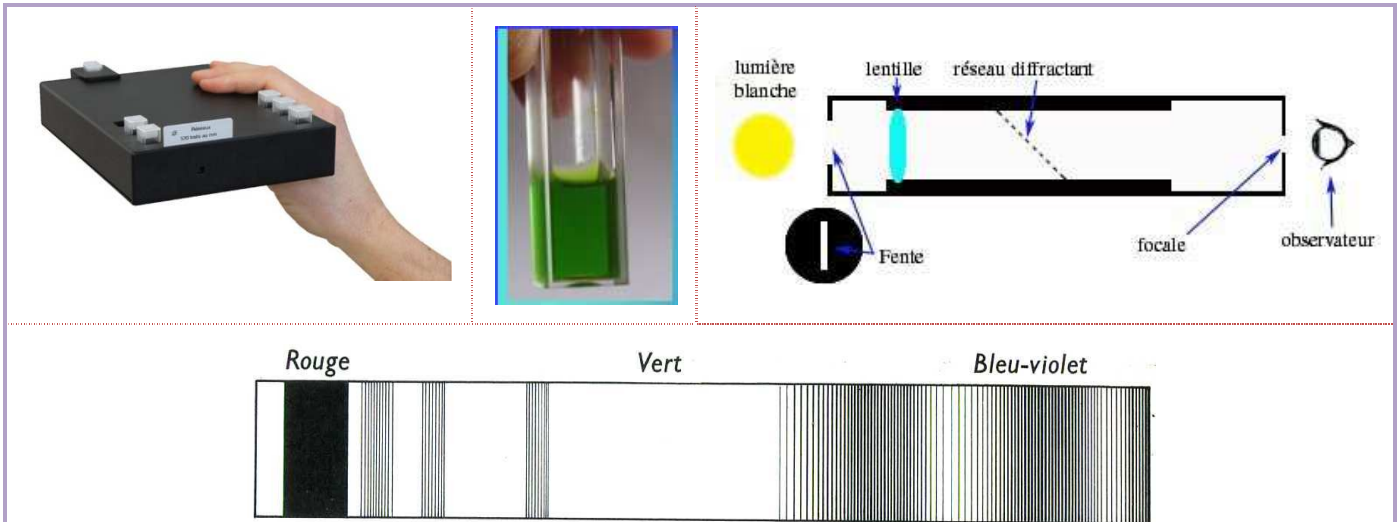


- Mettez une goutte de chlorophylle brute à 2 cm du bord d'un rectangle de papier chromatographique.
- Laisser la première goutte sécher, et en rajouter d'autres.
- Suspendez le papier chromatographique dans une éprouvette contenant 5 mL d'un solvant organique (Ether de pétrole 85 % ; Acétone 10 % ; Cyclohexane 5 %). La tâche de chlorophylle brute doit être plus haute par rapport au niveau du liquide.
- Laisser l'éprouvette dans l'obscurité durant 50 min.
- Les différentes tâches représentent les différents pigments chlorophylliens qui constituent la chlorophylle brute. Ils diffèrent par la vitesse de migration.



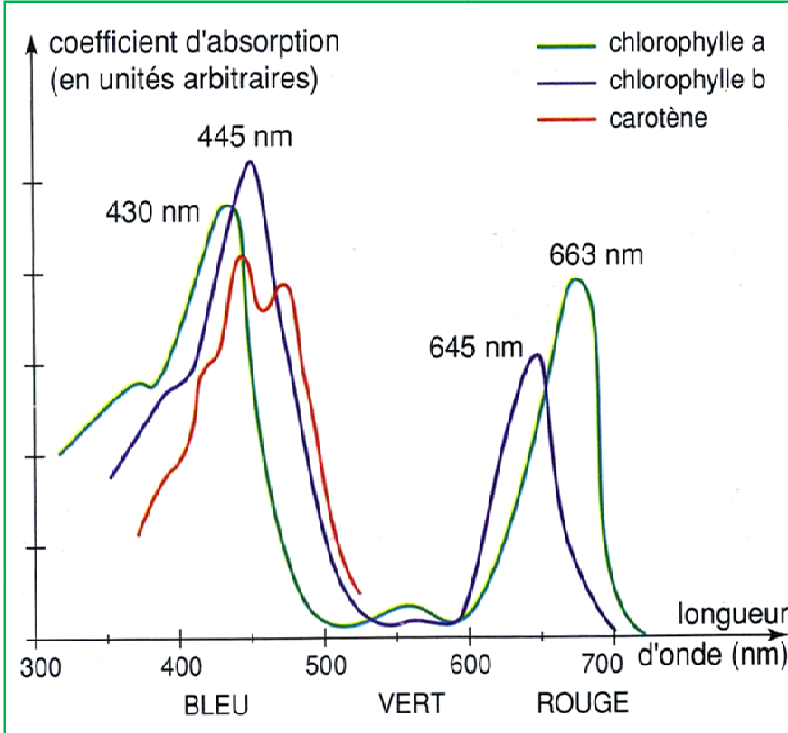
### Document 3 : Mise en évidence des pigments chlorophylliens constituant la chlorophylle brute.

#### B- LES PIGMENTS CHLOROPHYLLIENS ET L'ABSORPTION DES RADIATIONS LUMINEUSES.



Le spectroscope comporte un prisme qui décompose la lumière blanche, en un spectre contenant toutes les couleurs qu'on peut observer à travers la focale. Si on interpose dans le trajet du faisceau lumineux, un tube parallélépipédique contenant une solution de chlorophylle brute ; on observe alors un spectre comportant des raies sombres correspondant aux radiations absorbées.

### Document 4 : Spectre d'absorption de la chlorophylle brute.

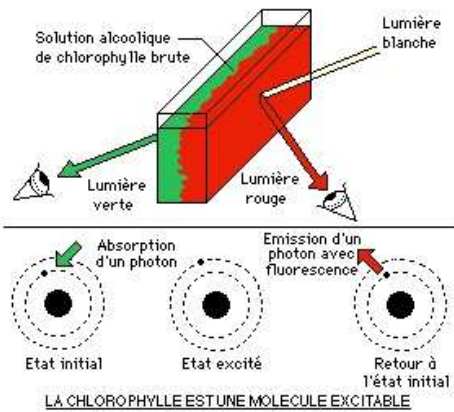


Chacune des radiations qui constituent la lumière blanche, se caractérise par une longueur d'onde exprimée en nanomètre. Le spectrophotomètre permet de mesurer le niveau d'absorption de la lumière. Et ce en fonction des longueurs d'ondes pour un pigment donné.

Un ordinateur relié au spectrophotomètre, affiche les résultats des mesures sous forme d'un graphique. Ce graphique est dit spectre d'absorption.

### Document 5 : Spectre d'absorption pour les trois principaux pigments

#### chlorophylliens (pigments photorécepteurs)



### Document 6 : La chlorophylle est une molécule excitable et fluorescente.

La fluorescence est une émission lumineuse, provoquée par l'excitation d'une molécule, suite à l'absorption d'une lumière d'une longueur d'onde donnée. La lumière émise d'une manière spontanée, est d'une longueur d'onde plus élevée.

#### ACTIVITES :

- 1- Sur quelle base la technique de la chromatographie a-t-elle permis de séparer les différents pigments qui constituent la chlorophylle brute.
- 2- Analyser les spectres des documents 4 et 5.
- 3- À partir de l'ensemble des documents de cette unité, précisez les principales propriétés des pigments chlorophylliens.

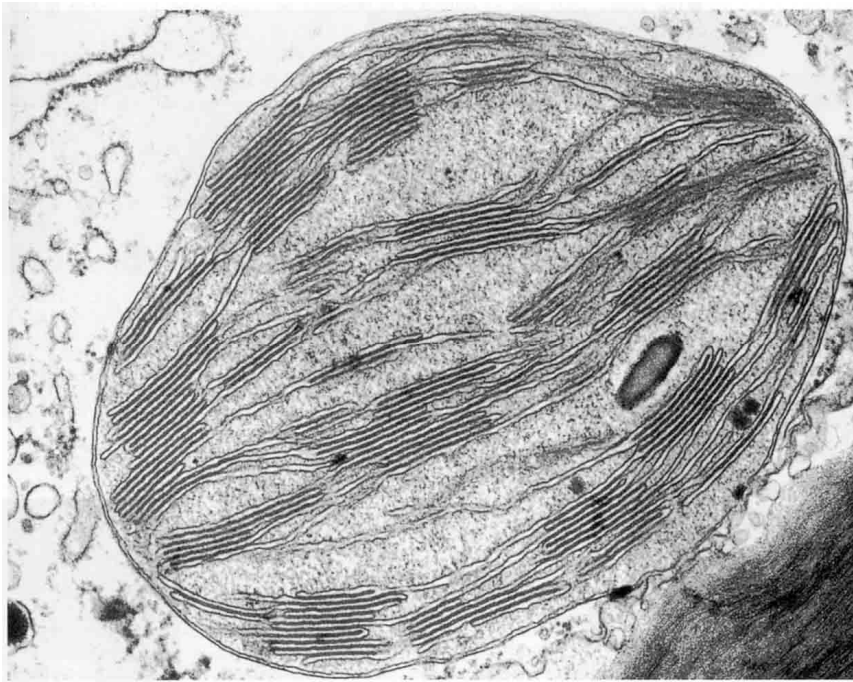


## UNITE 5 : ULTRASTRUCTURE DU CHLOROPLASTE.

*La photosynthèse qui s'effectue au niveau des feuilles, nécessite la présence de la chlorophylle ; ou plus précisément des pigments chlorophylliens. Ces pigments sont présents au niveau du chloroplaste.*

- Quelle est la structure du chloroplaste ? Quel sont ses principaux constituants ?
- Où se trouvent exactement les pigments chlorophylliens ?

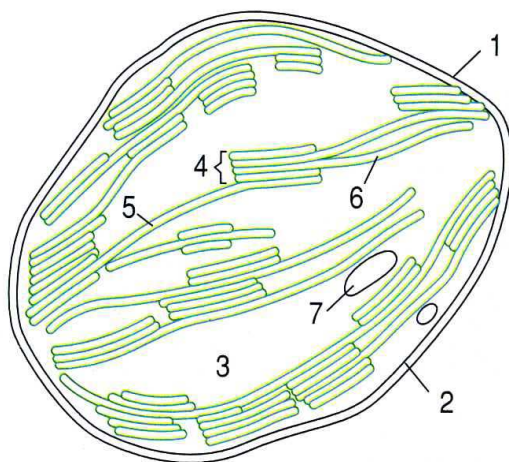
### A- ULTRASTRUCTURE DU CHLOROPLASTE.



Le chloroplaste est l'organe cellulaire où se déroulent les réactions de la photosynthèse. Il est délimité par deux membranes, une interne et l'autre externe, séparées par un espace intermembranaire.

Les deux membranes entourent un espace dit stroma. Le stroma renferme des vésicules closes de différentes formes appelées « thylakoïde ». Des empilements de thylakoïde forment ce qu'on appelle des granas (granum).

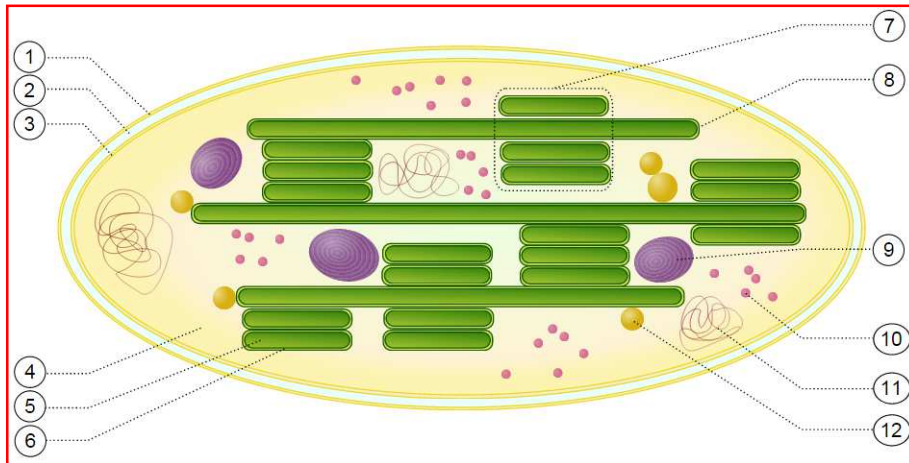
Les membranes interne et externe, ainsi que les membranes des thylakoïde, ont une structure globale comparable à celle de la membrane plasmique. Ainsi toute membrane est formée d'une bicouche lipidique, dans laquelle sont enchâssées des protéines qui ont diverses fonctions



1. membrane externe
2. membrane interne
3. stroma
4. granum
5. thylakoïde
6. espace thylakoïdien
7. amidon

### Document 1 : Le chloroplaste observé au microscope électronique

## B- LES PRINCIPAUX CONSTITUANTS DU STROMA ET DE LA MEMBRANE DU THYLAKOÏDE



Représentation d'un **chloroplaste** :

- (1) Membrane externe ;
- (2) Espace intermembranaire ;
- (3) Membrane interne ;
- (4) Stroma ;
- (5) Lumen du thylakoïde
- (6) Membrane du thylakoïde ;

(7) Granum (empilement de thylakoïdes) ; (8) Thylakoïde ; (9) Amidon ; (10) Ribosome ; (11) ADN chloroplastique ; (12) Plastoglobule (gouttelette lipidique).

- Les membranes du chloroplaste délimitent trois compartiments : L'espace intermembranaire ; le stroma et la lumière des thylakoïdes. Le stroma et la membrane des thylakoïdes jouent des rôles importants dans les réactions de la photosynthèse.
- Dans le stroma on trouve plusieurs substances, notamment l'amidon et plusieurs enzymes qui catalysent des réactions biochimiques. L'un des enzymes les plus importants, est celui qui fixe le CO<sub>2</sub> dans la matière organique.
- La membrane des thylakoïdes comporte plusieurs enzymes ; en plus des pigments chlorophylliens.

**Document 2 : Le chloroplaste ; organite où se déroulent les réactions de la photosynthèse**

### ACTIVITES :

- 1- Comment expliquez-vous que les cellules chlorophylliennes des feuilles, sont riches en chloroplaste ?
- 2- Indiquer les deux types de thylakoïdes, en précisant par quoi ils se distinguent.
- 3- Quelle est l'origine de l'amidon qui s'accumule dans le stroma, lorsque les feuilles sont exposées à la lumière, pour une longue durée ?
- 4- A partir du document 2, relevez les informations qui expliquent le partage des tâches entre les différents compartiments et membranes du chloroplaste.

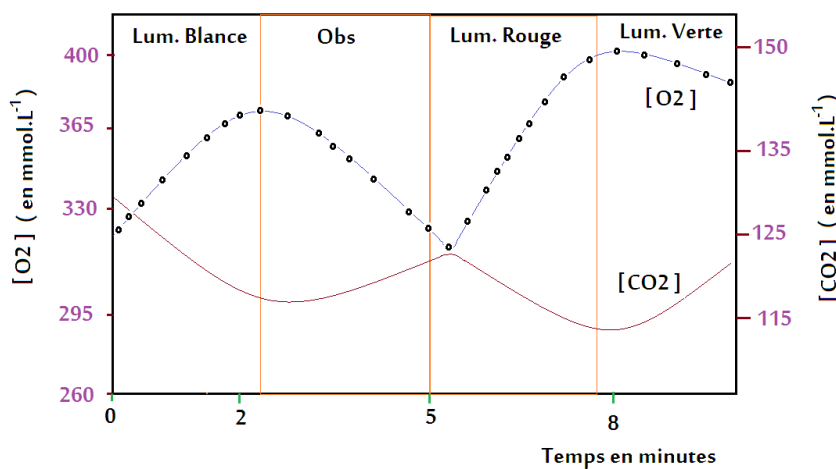


## UNITE 6 : PIGMENTS CHLOROPHYLLIENS ET CONVERSION DE L'ENERGIE LUMINEUSE EN ENERGIE CHIMIQUE.

*Les pigments chlorophylliens absorbent les différentes radiations qui constituent la lumière blanche, avec des degrés différents.*

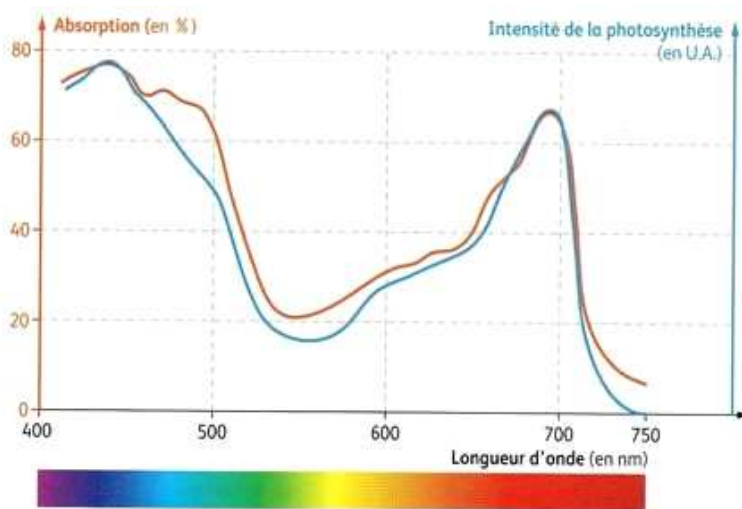
- *Quelle est le devenir de l'énergie lumineuse absorbée par les pigments chlorophylliens (photorécepteurs) ?*

### A- LE LIEN ENTRE LES TYPES DE RADIATIONS ET L'INTENSITE DE LA PHOTOSYNTHESE.



On met des feuilles broyées, dans un tube fermé contenant une source de  $CO$ , telle que l'hydrogénocarbonate de potassium. Deux électrodes permettent de mesurer la concentration de  $CO$ , et de  $O_2$ . Et ce durant l'exposition du montage, successivement à une lumière blanche ; à l'obscurité ; à une lumière rouge ; et enfin à une lumière verte. Les électrodes sont reliées à une interface, reliées elle-même à un ordinateur qui affiche les résultats de l'expérience (graphique ci-contre).

### Document 1 : Variation de l'intensité de la photosynthèse en fonction du type de radiation



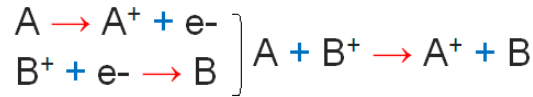
On met dans un tube une suspension de chlorelles (algue unicellulaire). Un appareil spécial permet de suivre les variations du niveau d'absorption des radiations et l'intensité de la photosynthèse. Et cela en fonction des longueurs d'ondes. L'intensité de la photosynthèse est évaluée par le niveau d'absorption de  $O_2$ . La courbe qui représente la variation de l'intensité de la photosynthèse en fonction des longueurs d'onde s'appelle « **spectre d'action** ». La courbe qui représente la variation du niveau d'absorption des radiations en fonction de la longueur d'onde, quant à elle, s'appelle « **spectre d'absorption** ».

### Document 2 : L'expérience d'Engelman

## B- NOTION D'OXYDOREDUCTION

Une **réaction d'oxydoréduction** (réaction **redox**) est une réaction chimique au cours de laquelle se produit un échange d'électrons. L'espèce chimique qui capte les électrons est appelée « oxydant » ; celle qui les cède, « réducteur ».

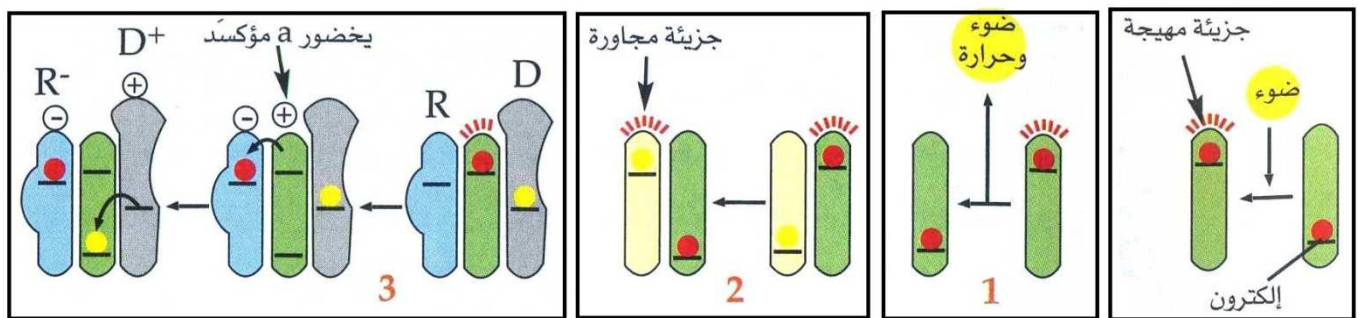
Exemple :



Chaque couple « redox » se caractérise par son potentiel d'oxydoréduction ( $E_0$ ) qui exprime sa capacité de réduction. Dans l'exemple ci-dessus, les électrons se déplacent de A vers B, sans avoir besoin d'une source externe d'énergie. Ce qui signifie que  $E_0(A/A^+) < E_0(B/B^+)$

### Document 3 : Les concepts d'oxydoréduction et du potentiel d'oxydoréduction.

## C- LES PIGMENTS CHLOROPHYLLIENS ET LA CONVERSION DE L'ENERGIE

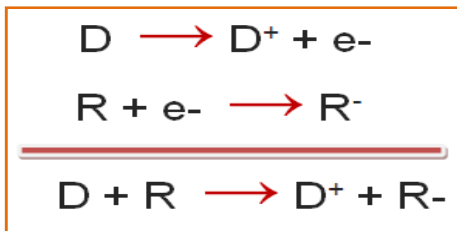
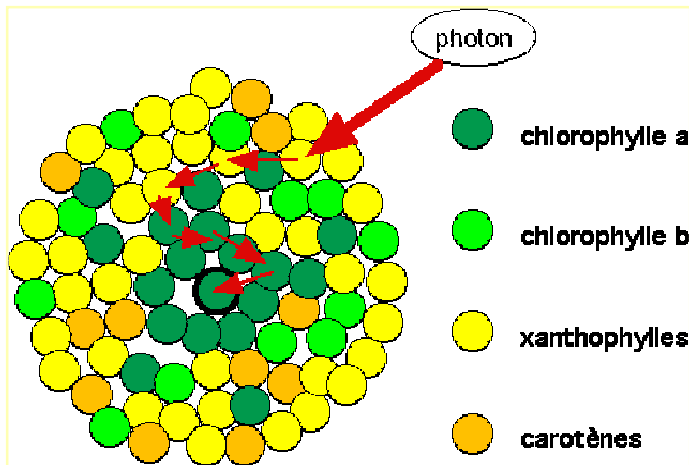


Après l'absorption d'une quantité d'énergie lumineuse, Les molécules des pigments chlorophylliens deviennent excitées. Une molécule excitée peut revenir à son état initial de trois manières différentes :

- 1-** Emission d'une quantité de chaleur et d'une radiation lumineuse qui a une longueur d'onde plus longue par rapport à la longueur d'onde de la radiation absorbée. C'est le phénomène de fluorescence.
- 2-** Transfert d'énergie à une autre molécule qui devient à son tour excitée. C'est la résonance.
- 3-** Stimuler le transfert des électrons d'un donneur D vers un receveur R ( $E_0D > E_0R$ ).

Les cas 1 et 2 concernent tous les pigments chlorophylliens. Le cas 3 concerne uniquement la chlorophylle a. La chlorophylle a simule donc une réaction d'oxydoréduction en utilisant l'énergie lumineuse. C'est une réaction photochimique.

### Document 2 : Devenir de l'énergie lumineuse absorbée par les pigments photorécepteurs



Au niveau de la membrane du thylakoïde, les molécules des pigments chlorophylliens jouent le rôle de capteurs des radiations lumineuses. Ainsi l'énergie lumineuse absorbée est transférée de proche en proche pour atteindre finalement la chlorophylle a. la chlorophylle a simule une réaction d'oxydoréduction. Elle transforme donc l'énergie lumineuse en un travail chimique (énergie chimique).

### Document 2 : Les pigments chlorophylliens s'associent pour former des capteurs de lumière.

#### Activités :

- 1- A partir du document 1, précisez comment varient les concentrations du dioxygène ( $O_2$ ), et du dioxyde de carbone ( $CO_2$ ) dans le milieu ; et ce dans les cas suivants :
  - a- Dans le cas de l'exposition à une lumière blanche ou rouge.
  - b- Dans le cas de l'exposition à une lumière verte ou à l'obscurité.
- 2- D'après l'expérience d'Engelman, comment peut-on expliquer la concordance entre le spectre d'action et le spectre d'absorption.
- 3- A partir des données des documents 3 et 4 ; expliquez comment les électrons se déplacent-ils de D vers R ; bien que  $E_{OD} > E_{OR}$ .
- 4- À partir des documents 4 et 5 expliquez comment les plantes chlorophylliennes profitent-elles de toutes les couleurs du spectre visible ; bien que la chlorophylle « a » n'absorbe qu'une partie de ce spectre.

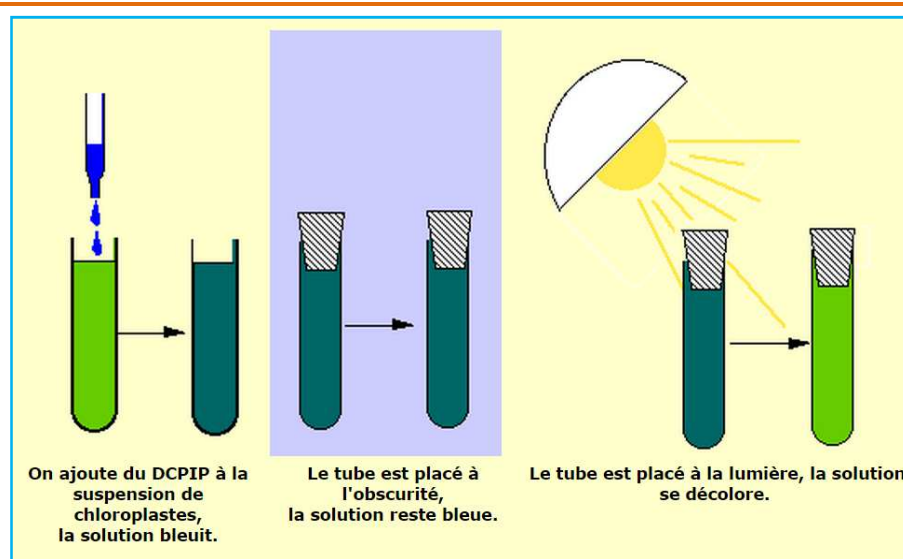


## UNITE 7 : ETUDE EXPERIMENTALE DE LA PHASE PHOTOCHEMIQUE DE LE PHOTOSYNTHESE.

La formule globale de la photosynthèse montre qu'il s'agit d'une réaction d'oxydoréduction. Les réactions biochimiques en question sont enchaînées et couplées. Néanmoins on peut les subdiviser en deux phases : La phase photochimique qui représente la phase d'oxydation. Elle se manifeste par la production d'oxygène. La phase chimique qui représente la phase de réduction. Elle se caractérise par l'incorporation du  $\text{CO}_2$

- Comment peut-on montrer expérimentalement la production d'oxygène sans consommation de  $\text{CO}_2$  ?
- Comment peut-on mettre en évidence la conversion de l'énergie durant la phase photochimique.

### A-MISE EN EVIDENCE DE L'OXYDATION DE L'EAU ET LE REDUCTION DU DCPIP (DICHLORO-PHENO-INDO-PHENOL).



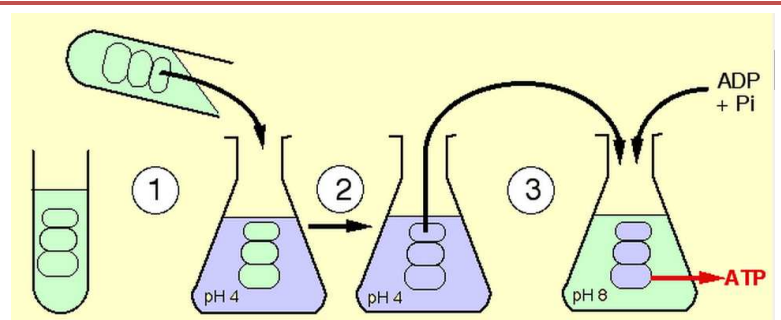
Le chercheur Hill a réalisé son expérience sur des chloroplastes exposés à la lumière, en absence totale du  $\text{CO}_2$ . Il a utilisé le « ferricyanure de potassium » comme substance réductrice artificielle. On peut utiliser une autre substance réductrice, le DCPIP, qui prend une couleur bleue lorsqu'il est oxydé, et devient incolore à l'état réduit. L'épinard est un bon modèle expérimental pour extraire les

chloroplastes.

#### Document 1 : Expérience de Hill

### B- MISE EN EVIDENCE DE LA CONVERSION DE L'ENERGIE LORS DE LA PHASE PHOTOCHEMIQUE

On isole des thylakoïdes, après broyage des chloroplastes. L'expérience est effectuée à l'obscurité : **1-** On met une suspension de thylakoïdes dans un milieu à  $\text{pH} = 4$  **2-** Après quelques minutes le  $\text{pH}$  du milieu et celui de la lumière des thylakoïdes deviennent égaux.



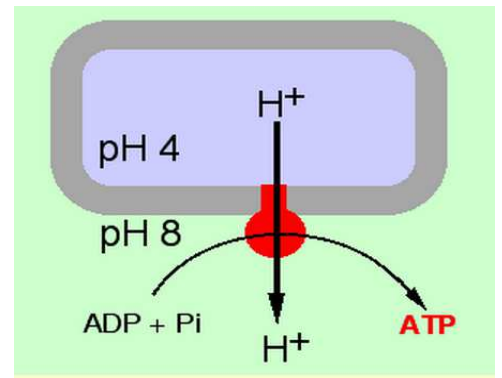
**3-** On transfère les thylakoïdes dans un milieu à  $\text{pH} = 8$  ; en présence d'ATP et du  $\text{P}_i$ . Le dosage de la concentration d'ATP révèle la synthèse de cette molécule.

#### Document 2 : Expérience d'Uribe et Jagendorf

Étant donné que l'expérience se réalise dans l'obscurité ; on ne peut pas envisager la photolyse de l'eau (l'oxydation de l'eau). Le facteur qui stimule la synthèse de l'ATP est la différence de concentration des ions  $H^+$  entre la lumière des thylakoïdes et le milieu (gradient électrochimique).

Ainsi l'énergie nécessaire à la synthèse de l'ATP est fournie par le flux des ions  $H^+$  vers l'extérieur des thylakoïdes à travers l'enzyme qui s'appelle l'ATP synthase.

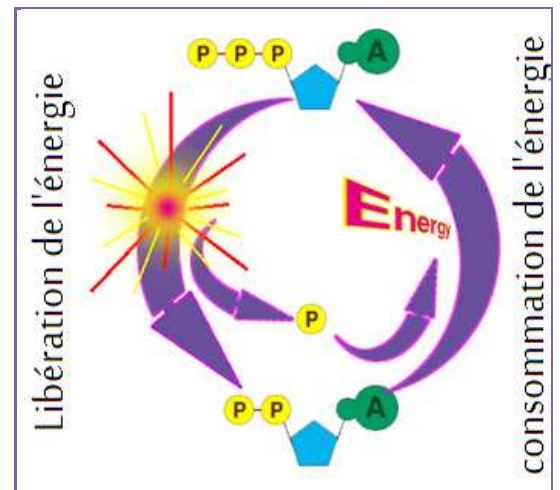
L'ATP synthase est donc un canal à protons, et en même temps un enzyme qui catalyse la synthèse de l'ATP. La membrane des thylakoïdes contient un grand nombre de molécules d'ATP synthase. Sauf au niveau de cette protéine-canal ; la membrane des thylakoïdes est imperméable aux ions  $H^+$



### Document 3 : Interprétation de l'expérience d'Uribe et Jagendorf Les

Chez tous les êtres vivants l'ATP est l'intermédiaire entre les processus biochimiques qui libèrent de l'énergie ; et ceux qui ont consommé. Ainsi l'hydrolyse de l'ATP libère de l'énergie ; sa synthèse en absorbe.

### Document 4 : Rôle de l'ATP dans le flux de l'énergie au sein de la cellule.



#### Activités :

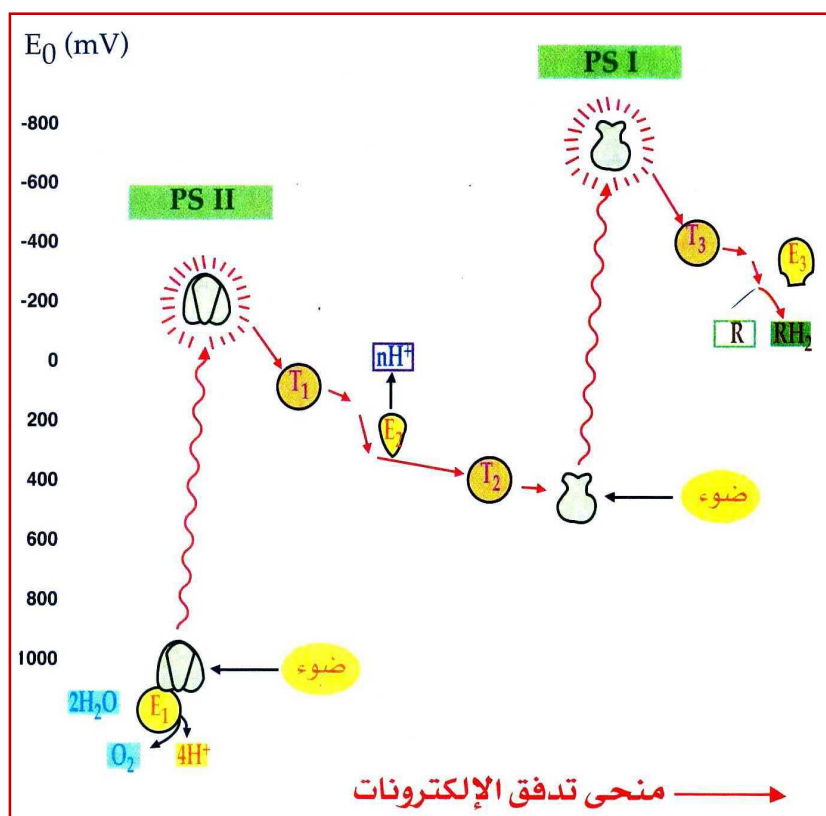
- 1- Interpréter les résultats de l'expérience de Hill ; sachant que  $O_2$  est le produit d'une réaction photochimique qui s'appelle la « photolyse de l'eau », dont l'équation est la suivante :  $H_2O \rightarrow \frac{1}{2} O_2 + 2 H^+ + 2 e^-$
- 2- Donner l'équation de la réaction mise en évidence par l'expérience de Hill (représenter le DCPIP par le symbole «A»)
- 3- Le gradient électrochimique entre la lumière des thylakoïdes, et le stroma est une sorte d'énergie. Préciser ce concept en se basant sur les données des documents 2, 3 et 4.

## UNITE 8 : BILAN DES REACTIONS DE LA PHASE PHOTOCHEMIQUE : PRODUCTION D'ATP ET D'UN REDUCTEUR, LE NADPH, H<sup>+</sup>.

Durant la phase photochimique, l'oxydation de l'eau est couplée à la réduction d'un accepteur biologique des électrons : le NADP.

- Comment l'énergie lumineuse est-elle convertie en énergie chimique potentiel contenu dans la molécule d'ATP et de NADPH, H<sup>+</sup> ?
- Quel est le bilan des réactions biochimiques de la phase photochimique ?

### A- LE TRAJET DES ELECTRONS AU NIVEAU DE LA MEMBRANE DES THYLAKOÏDES.



L'oxydation de l'eau, la réduction de NADP et la synthèse de l'ATP, nécessitent des enzymes et des transporteurs d'électrons présents dans la membrane des thylakoïdes.

La membrane des thylakoïdes contient deux associations d'enzyme et de pigments photorécepteurs dits photosystème I (PSI) et photosystème II (PSII).

Le schéma ci-contre montre comment les électrons sont transférés depuis la molécule d'eau jusqu'au NADP<sup>+</sup>, à travers PSII, PSI, les enzymes et les transporteurs d'électrons.

Ce schéma, dit schéma en Z, représente chaque élément selon

son potentiel redox (exprimé en mV).

Ainsi on remarque que l'excitation des photosystèmes par l'énergie lumineuse, provoque une diminution du potentiel redox ; autrement dit, une augmentation de la capacité à céder les électrons.

Lorsque les électrons se déplacent spontanément d'un composant à faible potentiel redox, vers un autre à fort potentiel redox ; Il y a libération d'énergie. En revanche les électrons ne peuvent pas se déplacer dans le sens inverse, sans apport externe d'énergie. Lorsque les électrons se déplacent de PSII vers PSI, l'enzyme E2 exploite une partie de l'énergie libérée pour pomper les protons H<sup>+</sup> du stroma vers la lumière du thylakoïde.

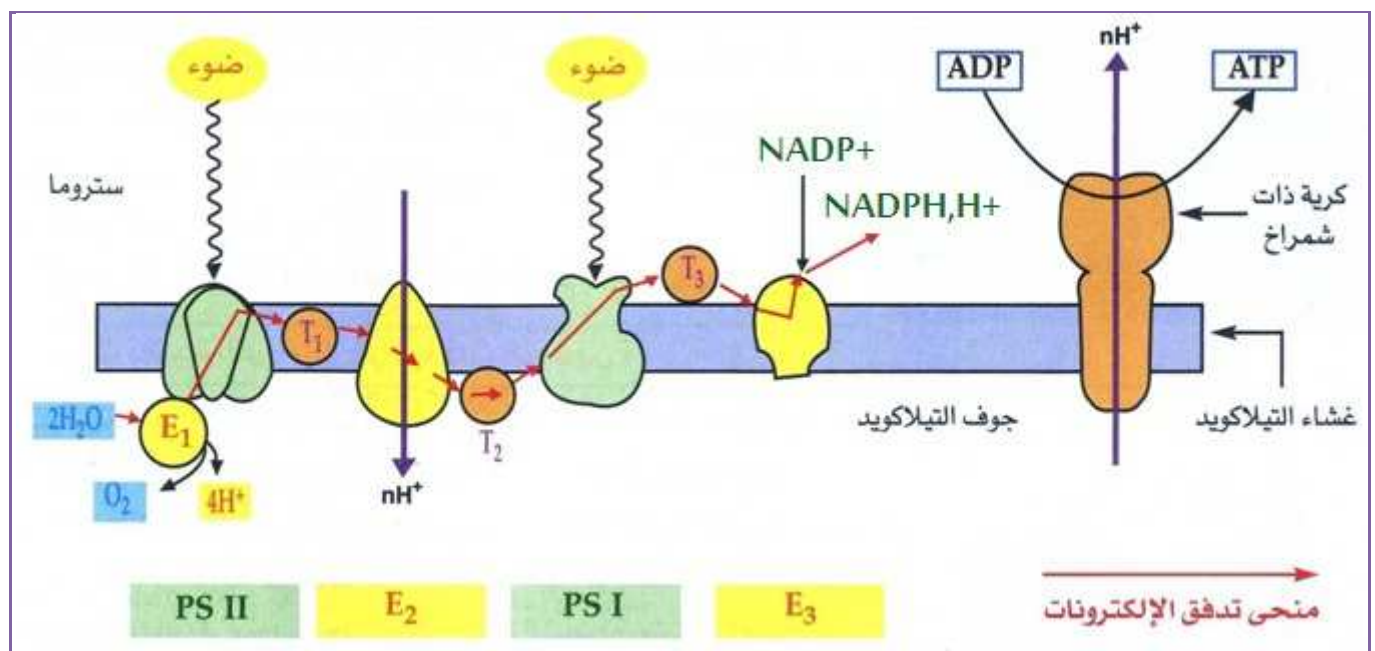
E1 : enzyme qui catalyse la photolyse de l'eau. T1 ; T2 ; T3 : Transporteurs d'électrons

E2 : Enzyme qui pompe les ions H<sup>+</sup> E3 : enzyme qui catalyse la réduction de NADP<sup>+</sup> en NADPH, H<sup>+</sup>

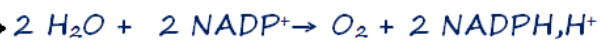
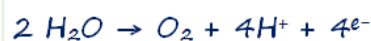
### DOCUMENT 1 : La relation entre le trajet des électrons et le potentiel d'oxydoréduction.



## B- RÔLE DU THYLAKOÏDE DANS LA CONVERSION DE L'ÉNERGIE.



Les éléments qui interviennent dans les réactions photochimiques se situent dans la membrane du thylakoïde. Il y en a ceux qui sont enchâssés dans cette membrane ; et ceux qui adhèrent à l'une de ces faces. Au cours des réactions photochimiques une partie de l'énergie lumineuse est exploitée dans la photolyse de l'eau et la réduction de  $\text{NADP}^+$  ; l'autre partie est exploitée pour pomper les  $\text{H}^+$  du stroma vers la lumière du thylakoïde. Ainsi la concentration des ions  $\text{H}^+$  augmente dans la lumière des thylakoïdes. C'est le gradient électrochimique. La membrane du thylakoïde est imperméable aux ions  $\text{H}^+$ , sauf au niveau des molécules de l'ATP synthase. Poussé par le gradient électrochimique, les ions  $\text{H}^+$  rejoignent le stroma en traversant l'ATP synthase, qui exploite l'énergie libérée lors de son passage, pour la synthèse d'ATP. Les réactions photochimiques se résument ainsi :

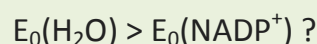


### DOCUMENT 2 : LES ÉLÉMENTS QUI INTERVIENNENT DANS LES RÉACTIONS DE LA PHASE PHOTOCHIMIQUE.

#### Activités :

1- Comment varie  $E_0$  pour PSII et PSI après l'excitation ?  
 2- Précisez la relation entre  $E_0$  ; l'énergie et le passage des électrons à travers la chaîne photosynthétique.

3- Comment expliqueriez vous, le passage des  $\text{e}^-$  de  $\text{H}_2\text{O}$  vers  $\text{NADP}^+$ , bien que :



4- Décrivez les transformations successives de l'énergie lors de la phase photochimique.

**UNITE 9 : QUELLES SONT LES PREMIERES SUBSTANCE QUI RESULTENT DE L'INCORPORATION DU CO<sub>2</sub> ?**

L'expérience réalisée en 1962 par une équipe de chercheurs présidée par Calvin, est parmi les expériences les plus célèbres au sujet de la photosynthèse. En utilisant un protocole expérimental adéquat, Calvin a mis en évidence les premières molécules organiques qui résultent de la fixation du CO<sub>2</sub>

- Quelles sont les principales étapes de l'expérience de Calvin ? et quelles en sont les résultats ?

**A- La chromatographie bidimensionnelle.**

La chromatographie bidimensionnelle permet de séparer les espèces moléculaires qui constituent un mélange donné. Cette technique se réalise en deux étapes :

**.1-** On dépose plusieurs gouttes du mélange sur un point du papier chromatographique. Ce dernier est plongé partiellement dans le solvant, comme indiqué sur le schéma(a). Le solvant monte dans le papier sous l'effet de la capillarité et emmène avec lui les molécules du mélange, à des distances différentes selon les espèces moléculaires. A la fin de l'expérience on obtient plusieurs tâches sur le papier ; chacune contient plusieurs espèces moléculaires.

**.2-** On tourne le papier de 90°, et on le plonge de nouveau dans un autre solvant (schéma b). A la fin de l'expérience, chacune des tâches obtenues durant la première phase, donne à son tour plusieurs tâches ; chacune contient une espèce moléculaire. Une espèce moléculaire donnée se caractérise par sa position finale sur le papier chromatographique. Les tâches sont visualisées grâce à des colorants spécifiques.

**.A :** Papier chromatographique

**.y :** Distance de migration du solvant

**.x :** Distance de migration des molécules étudiées.

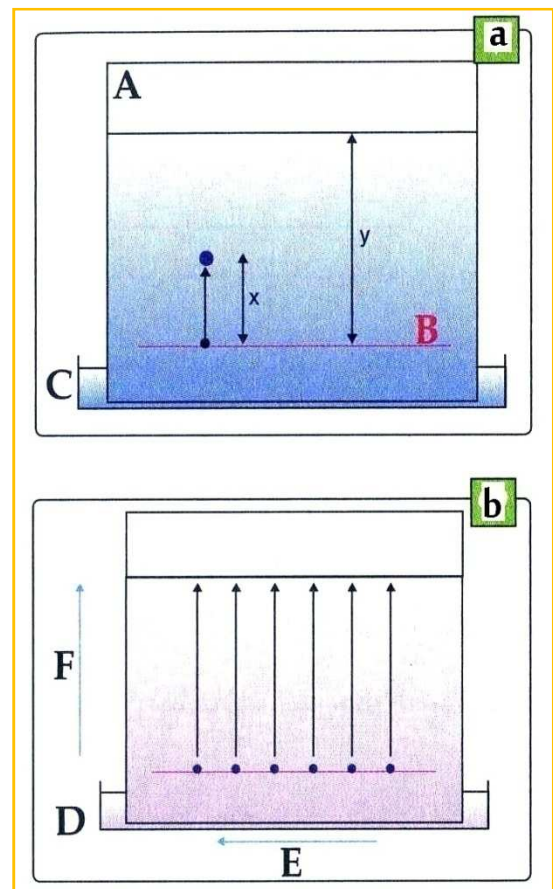
**.B :** Ligne de départ de la migration.

**.C :** Solvant.

**.D :** Deuxième solvant.

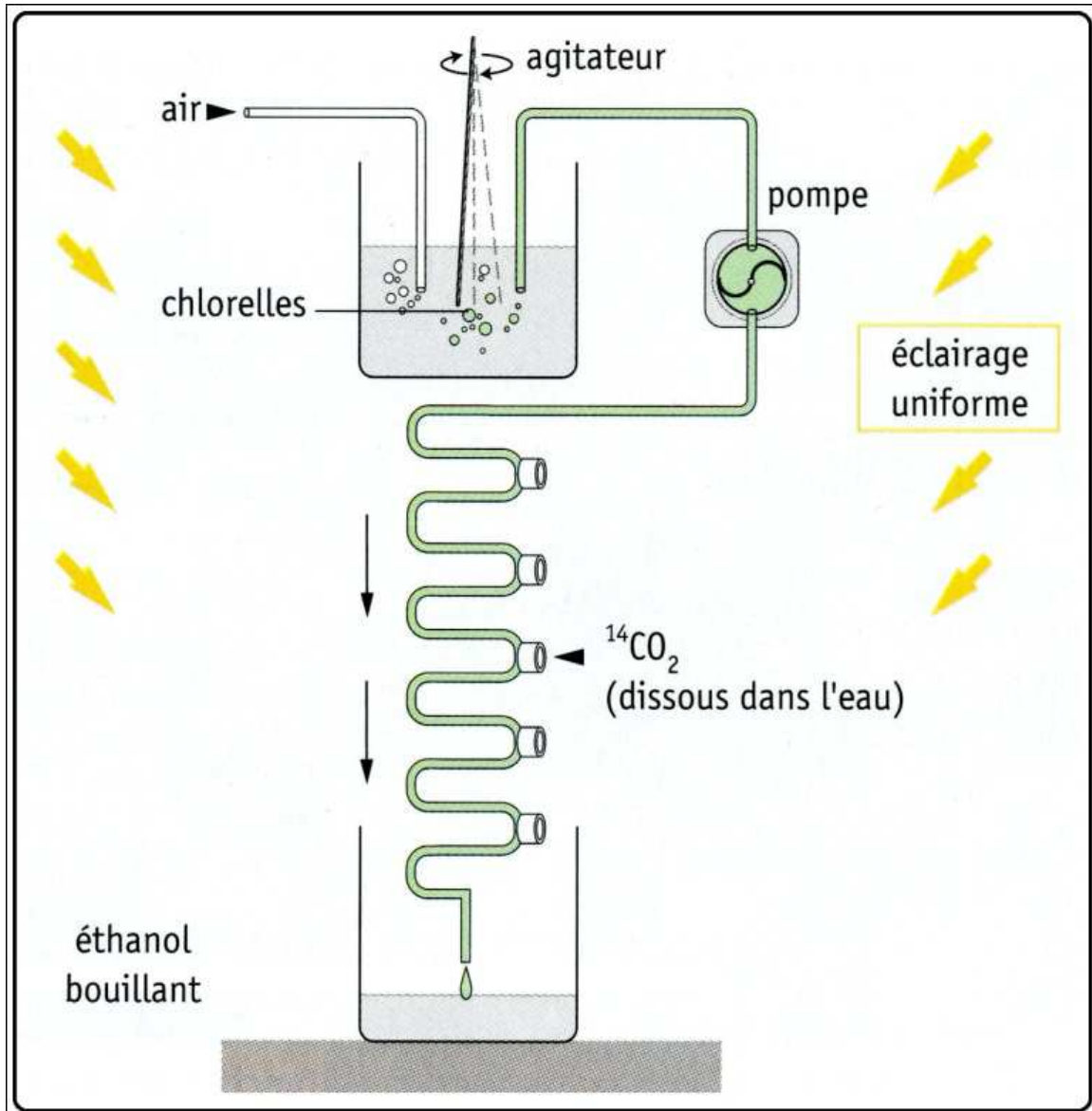
**.E :** Sens de migration durant la première phase.

**.F :** Sens de migration durant la deuxième phase.



**DOCUMENT 1 : LA TECHNIQUE DE LA CHROMATOGRAPHIE BIDIMENSIONNELLE**

## B- L'expérience de Calvin.



On met des chlorelles dans un milieu riche en  $\text{CO}_2$ , et bien éclairé. Une pompe permet de propulser la suspension dans un tube fin. Dans ce tube, on peut injecter à chaque moment, et en des points différents, du  $\text{CO}_2$  radioactif marqué au  $^{14}\text{C}$ . Après avoir traversé le tube, les chlorelles finissent dans de l'éthanol bouillant ; ce qui va stopper toutes les réactions métaboliques. En effet, la chaleur dénature les enzymes. Le choix du point d'injection du  $^{14}\text{C}$ , et la force de la pompe, déterminent la durée d'exposition des cellules au  $^{14}\text{C}$ . Cette durée varie entre 1s et plusieurs minutes.

### DOCUMENT 2 : EXPERIENCE DE CALVIN

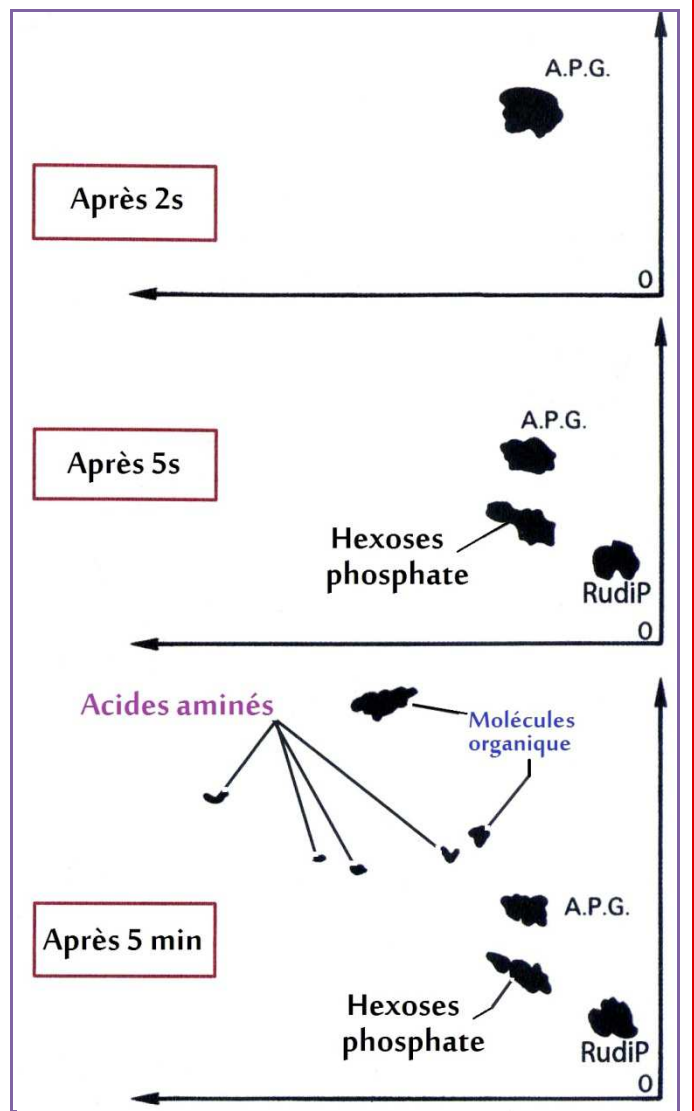


Les chlorelles fixent le  $\text{CO}_2$  radioactif de la même manière que le  $\text{CO}_2$  ordinaire. Les molécules organiques synthétisées seront aussi radioactives. Après l'exposition au  $\text{CO}_2$  radioactif, les cellules sont tuées. On procède ensuite à l'extraction des substances organiques contenues dans ces cellules. Le mélange des substances organiques subit la technique de la chromatographie bidimensionnelle. A la fin, le papier chromatographique est traité par autoradiographie. chaque substance est représentée par une tâche qui se caractérise par sa position sur le film photographique. On répète l'expérience plusieurs fois en variant la durée d'exposition des chlorelles au  $^{14}\text{C}$  :

2 s ; 5 s et 5 min.

**APG** : Molécule monophosphate à 3 carbones.

**RubiP** : Sucre à 5C et à 2 phosphates.



### DOCUMENT 3 : LES RESULTATS DE L'EXPERIENCE DE CALVIN.

#### Activités :

- 1- Pour séparer les pigments chlorophylliens, on procède à la chromatographie simple ; mais dans l'expérience de Calvin, on avait recours à la chromatographie bidimensionnelle. Pouvez-vous justifier cette différence ?
- 2- À partir du document 3 ; indiquer la première substance qui résulte de la fixation du  $\text{CO}_2$ .
- 3- Interpréter les trois résultats qui figurent sur le document 3.
- 4- Parmi les substances organiques mises en évidence ; on a les acides aminés qui contiennent comme élément chimique, l'azote (N) ; en plus du carbone (C), de l'oxygène (O) et de l'hydrogène (H). Quelle est l'origine de l'azote ?

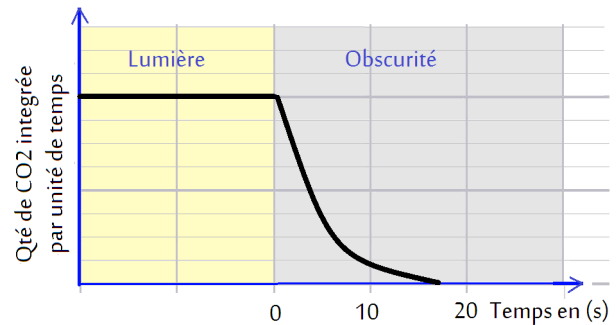
**UNITE 10 : BILAN DE LA PHASE CHIMIQUE ; LE CYCLE DE CALVIN.**

Au cours de la phase photochimique, une partie de l'énergie lumineuse absorbée est convertie en énergie chimique potentielle détenue par l'ATP et le  $\text{NADPH}, \text{H}^+$ . Au cours de la phase chimique, cette énergie est restituée pour la fixation de  $\text{CO}_2$ , et la synthèse d'un triose-phosphate (sucre à 3 carbones). Cette synthèse se réalise à travers une série cyclique de réactions biochimiques appelées Cycle de Calvin.

- Comment peut-on mettre en évidence, le couplage entre la phase photochimique et la phase chimique ?
- Quelles sont les principales étapes du cycle de Calvin ? et quel en est le bilan ?

**A – Mise en évidence du couplage entre la phase photochimique et la phase chimique.**

- On injecte du  $\text{CO}_2$ , radioactif dans une suspension de chlorelles. La suspension est exposée à la lumière durant au moins 10 min. Ensuite elle est mise à l'obscurité.
- Durant l'exposition à la lumière, la quantité de  $\text{CO}_2$ , fixé par unité de temps reste constante. A l'obscurité, cette quantité diminue rapidement pour s'annuler après moins de 20s.



**Document 1 : Expérience de Gaffron et all (1951)**

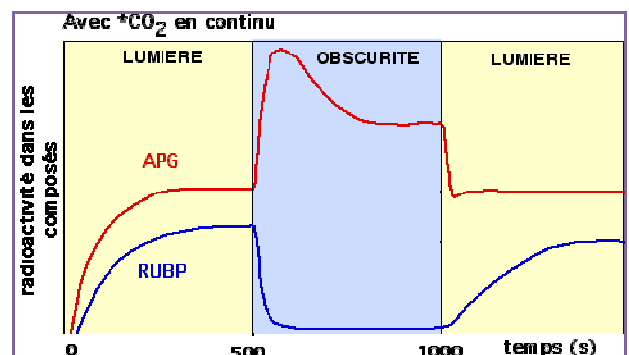
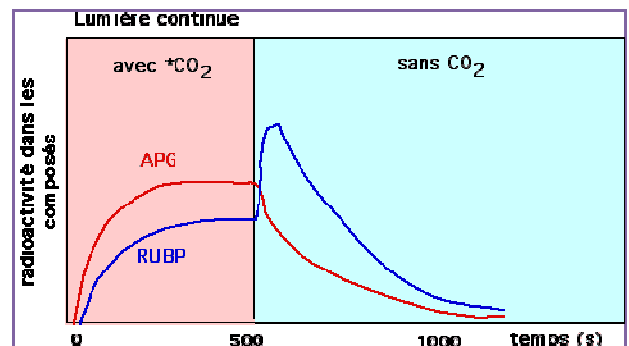
On met en culture des chlorelles dans des conditions différentes :

- a-** Sous une lumière continue, deux phases se succèdent. Une phase durant laquelle un courant d'air contenant le  $\text{CO}_2$  radioactif barbote dans le milieu. Durant la deuxième phase les chlorelles sont privées de  $\text{CO}_2$ .
- b-** Un courant d'air riche en  $\text{CO}_2$  radioactif barbote en continu dans le milieu ; tout en faisant alterner des phases de lumière et d'obscurité.

Au cours des deux expériences, on prélève régulièrement des échantillons de chlorelles, pour mesurer le niveau de radioactivité dans deux substances organiques :

- RubiP : Pentose biphosphate qui s'associe au  $\text{CO}_2$
- APG : molécule à 3C monophosphate ; première substance qui résulte de la fixation du  $\text{CO}_2$ .

Ainsi l'évolution de la radioactivité traduit l'évolution des quantités des deux substances dans les cellules en fonction du temps.

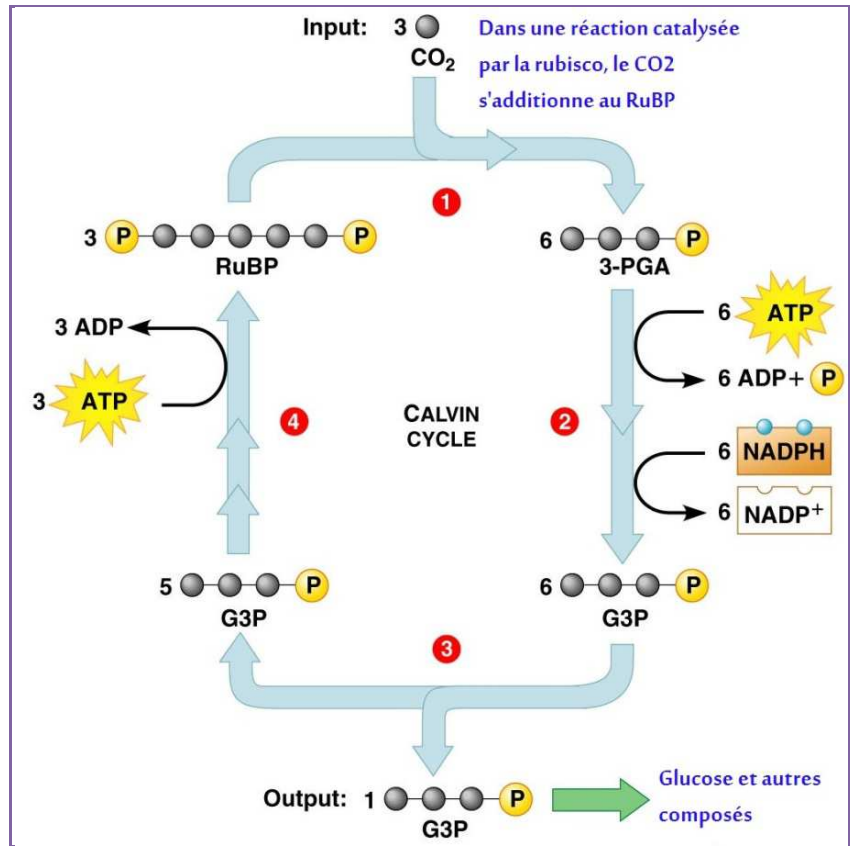


**Document 2 : Nécessité du couplage entre la phase chimique et la phase photochimique**

## B- Le cycle de Calvin et son bilan

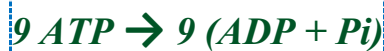
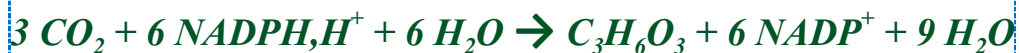
Le cycle de Calvin est une série cyclique de réactions biochimiques. On peut le subdiviser en quatre étapes :

- 1- **Fixation** du  $\text{CO}_2$  : Durant cette phase, une molécule de **RuBP** s'associe avec une molécule de  $\text{CO}_2$ . Il en résulte deux molécules d'**APG**.
- 2- **Réduction** : À partir de **APG**, il y a production d'un triose phosphate, **G3P**, avec consommation d'énergie sous forme d'**ATP** ; et oxydation de **NADPH, H<sup>+</sup>**.
- 3- **Exportation d'un triose phosphate G3P**.
- 4- **Régénération du RuBP** : A travers une série de réactions biochimiques qui consomment de l'énergie sous forme d'**ATP** ; Il y a régénération de **RuBP** à partir de **G3P**.



Le cycle de Calvin a une entrée et une sortie. Ainsi contre la fixation de 3 molécules de  $\text{CO}_2$  ; on a exportation d'une molécule de triose phosphate, **G3P**. Ce dernier est le point de départ de la synthèse d'autres glucides (sucres), et d'autres substances organiques telles que les lipides, les acides aminés, et autres.

**Bilan du cycle de Calvin :**



### Document 3 : Le cycle de Calvin

#### Activités :

- 1- Comment expliqueriez-vous l'arrêt de la fixation du  $\text{CO}_2$  après seulement 20s du passage de la lumière à l'obscurité ; bien que les réactions qui incorporent le  $\text{CO}_2$  ne sont pas photochimiques ?
- 2- Interprétez les données des graphiques du Doc 2 ; en tenant compte des données du Doc 3.
- 3- Représentez sous forme d'un schéma bilan, les phases photochimique et chimique ; en précisant le concept de réactions couplées ; et en indiquant le lieu où se réalise chaque type de réactions au niveau du chloroplaste.

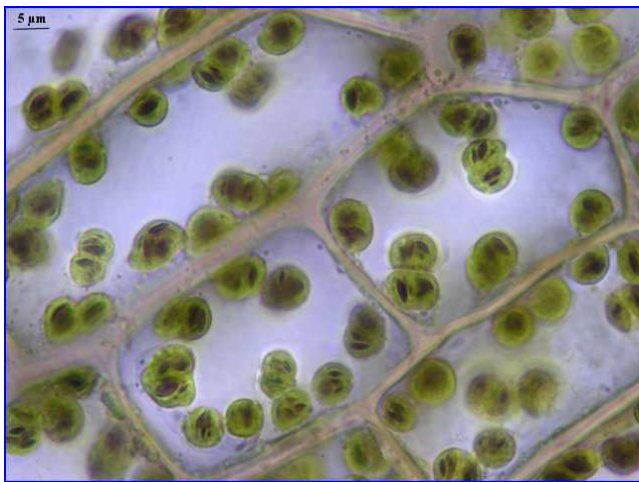


**UNITE 11 : LES PRODUITS DE LA PHOTOSYNTHESE : 11-1- LES GLUCIDES.**

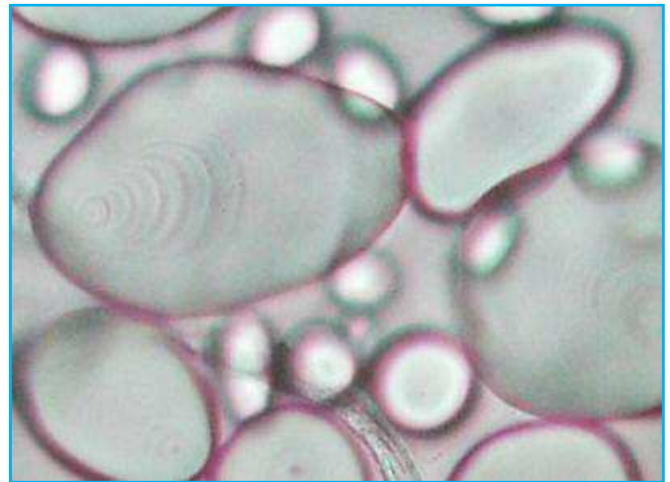
*Les produits directs de la photosynthèse sont, les glucides. En effet le cycle de Calvin exporte un « triose phosphate » ; suite à la fixation de 3 CO<sub>2</sub>. Mais les cellules des plantes chlorophylliennes son capables de transformer les glucides en d'autres substances organiques. Il s'agit essentiellement de lipides et de protides. En plus des acides nucléiques (ADN, ARN) ; des vitamines et autres substances organiques.*

- *Quels sont les principaux types de substances organiques ? Et quelles sont leurs propriétés chimiques ?*

**A – Les glucides au sein de la cellule.**



Observation microscope de cellules chlorophylliennes colorées avec un colorant qui révèle l'amidon emmagasiné au niveau des chloroplastes. (coloration sombre).



Observation microscopique d'un tissu de réserve (le tubercule de pomme de terre). On observe les amyloplastes ; organites apparentés aux chloroplastes ; et qui se sont spécialisés dans le stockage de l'amidon.

L'amidon synthétisé au niveau des feuilles ne persiste pas très longtemps dans les cellules chlorophylliennes. Il se transforme en saccharose qui circule au sein de la sève brute, dans les vaisseaux conducteurs.

Le saccharose assure parmi d'autres substances, la croissance et le développement des différents organes ; racines tiges, feuilles, fruits, graines ... Il alimente les tissus de réserve des graines, des fruits et d'autre parenchymes de réserve (tubercule ; bulle ...)

**Document 1 :**

**B – Structure chimique des glucides ; notion de synthèse / Hydrolyse.**

**B-1 : Les oses :**

Les glucides sont subdivisés selon la taille des molécules en trois catégories : les oses ; les diholosides et les polyholosides.

La formule brute des oses est  $C_n(H_2O)_n$ . n varie entre 3 et 7. Les oses les plus abondants sont ceux qui ont n=5 et n=6. On les appelle respectivement les pentoses et les hexoses.

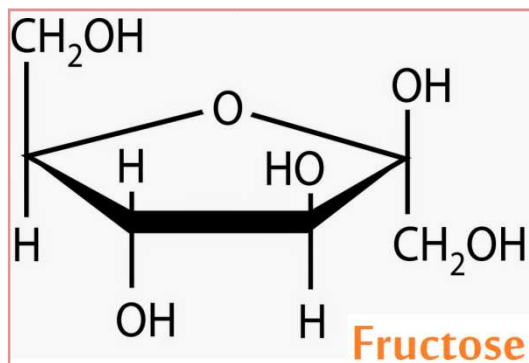
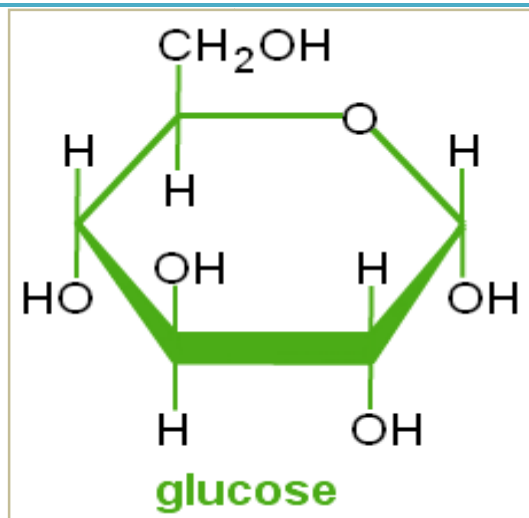
Parmi les hexoses les plus importants, on trouve le glucose et le fructose. Tous les deux de formule globale ( $C_6H_{12}O_6$ ).

En plus de la formule brute une molécule organique, en l'occurrence celle d'un ose, peut

être représentée par une autre formule dite développée. La **formule développée** renseigne sur l'agencement des atomes qui composent une molécule.

Les schémas ci-contre représentent les formules développées du glucose et du fructose.

Les oses constituent les molécules de bases, à partir desquelles sont synthétisés les autres types de glucides par polymérisation.



**Document 2 : Structure chimique des oses**

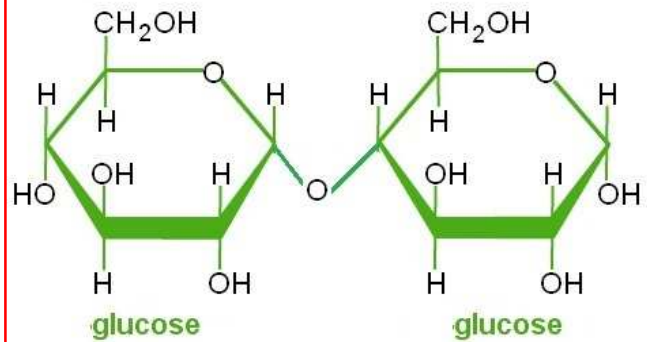
## B-2 : Les diholosides:

Un **diholoside** est un sucre formé par deux oses (sucres simples non-hydrolysables). De façon générale, une liaison formée entre deux monomères glucidiques, comme c'est le cas pour les diholosides, s'appelle une « liaison osidique ». Cette liaison est hydrolysable par voie chimique (emploi d'acides concentrés à chaud) ou par voie enzymatique. La formation de cette liaison libère une molécule d'eau ; sa rupture en consomme ; d'où l'appellation « Hydrolyse ».

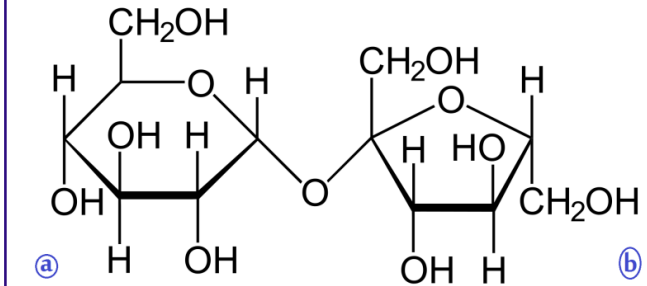
Parmi les diholosides on peut citer le saccharose (sucre de table ou sucre blanc) et le maltose.

Les deux schémas ci-contre représentent les formules développées du fructose et du maltose.

### Maltose



### Saccharose



### Document 3 : Structure chimique des diholosides

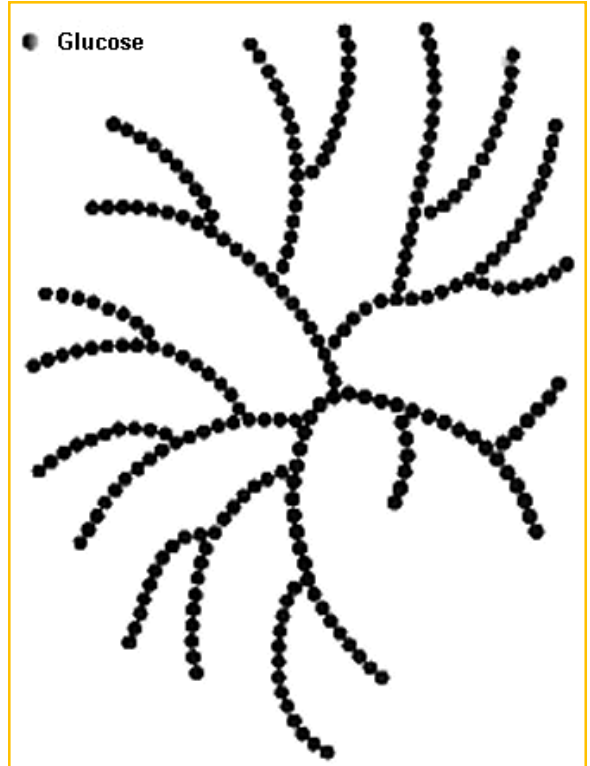


### B-3 : Les polyholosides.

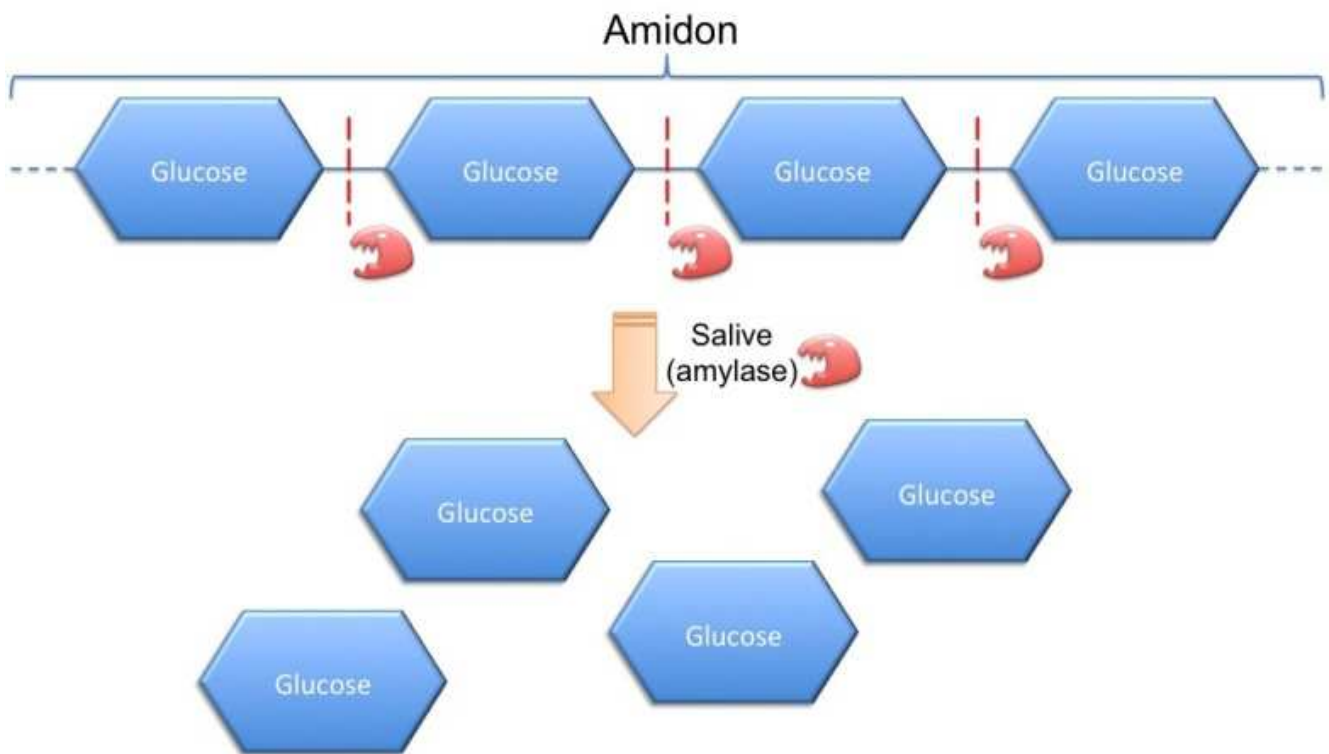
Par comparaison aux oses et aux diholosides, les polyholosides sont des macromolécules. En effet les molécules sont formées de chaînes très longues et ramifiées de résidus d'oses. L'amidon par exemple est formé de 2000 à 3000 résidus « glucose ».

Parmi les polyholosides présents en abondance chez les végétaux on a aussi la cellulose.

L'hydrolyse de l'amidon par voie chimique ou enzymatique libère des molécules de glucose.



Représentation schématique de la molécule d'amidon. →



*Hydrolyse de l'amidon*

#### Document 4 : Structure chimique des polyholosides

**C – Mise en évidence (amidon / sucre réducteur).**

*En présence de diiode ( $I_2$ ), l'amidon donne une coloration bleu foncé plus ou moins intense selon sa concentration.*

*L'amidon peut être mis en évidence à l'aide du Lugol, solution iodo-iodurée, qui le colore intensément dans certaines conditions de température et de pH. Il peut ainsi être détecté *in situ*, par exemple sur des tranches de pomme de terre, sur du pain, ou en *solution*.*

*Les réactions de coloration sont réalisées à température ambiante et à pH acide ou neutre.*

*Le Lugol peut aussi servir à colorer le glycogène.*



**Document 5 : Coloration par l'iode de l'amidon et du glycogène**

**Définition :**

*Les sucres réducteurs sont des sucres simples donneurs d'électrons dans une réaction d'oxydoréduction. Par exemple le *glucose*, le fructose et le maltose.*

**Mise en évidence.**

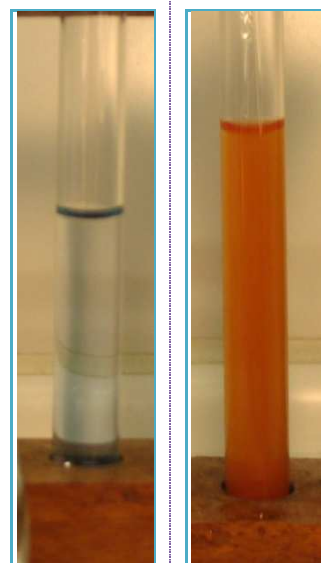
*Test à la liqueur de Fehling :*

*Mettre la substance à tester en solution dans un tube à essai avec de l'eau distillée.*

*Ajouter quelques gouttes de liqueur de Fehling (couleur bleue)*

*Faire chauffer au bec bunsen ou mieux mettre au bain-marie à 100°C quelques minutes.*

*La formation d'un précipité « rouge brique » indique la présence de sucres réducteurs.*



**Document 6 : Comment montrer la présence d'un sucres réducteurs ?**

## D – Principaux rôles biologiques.

**Glucose et fructose :** Le glucose est le principal métabolite énergétique de la cellule. C'est l'élément de base de plusieurs polyholosides, tel que l'amidon et la cellulose. Le glucose est présent en abondance dans plusieurs fruits à côté du fructose.

**Saccharose :** Durant le jour, l'amidon s'accumule dans les feuilles (photosynthèse). Ensuite il est hydrolysé en saccharose. Ce dernier circule dans les vaisseaux conducteurs, au sein de la sève élaborée. Il peut se transformer de nouveau en amidon dans les tissus de réserve.

Chez certaines plantes, comme la canne à sucre par exemple, le saccharose est présent en abondance dans des tissus de réserve.

**Amidon :** L'amidon est la forme de stockage de la matière organique dans beaucoup de tissu de réserve ; tubercules, parenchymes de réserve, fruits, graines... C'est un polymère de glucose.

**Cellulose :** La cellulose est le constituant le plus important de la paroi pectocellulosique, qui est constituée aussi de pectine, substance appartenant aussi à la famille des glucides.

### Document 7 : Quelques rôles biologiques de quelques glucides

#### Activités :

- 1- Les glucides circulent au sein de la sève élaborée, par exemple sous forme de saccharose, et non pas sous forme d'Amidon. Comment pourriez-vous justifier cela ?
- 2- À partir du Doc 2, Justifier pourquoi la formule brute à elle seule est insuffisante pour définir une espèce moléculaire ; un ose par exemple.
- 3- À partir du Doc 3, préciser lequel des résidus a ou b, représente le résidu glucose ou le résidu Fructose.
- 4- Donner les équations chimiques qui représenteraient respectivement, la synthèse et l'hydrolyse du saccharose et du maltose.
- 5- Donner les deux équations qui représentent respectivement, la synthèse et l'hydrolyse de l'amidon. Que nécessitent ces équations dans le cadre biologique ?
- 6- Qu'est-ce qui fait que le test du Lugol, et de la liqueur de Fehling, sont des tests relativement faciles.

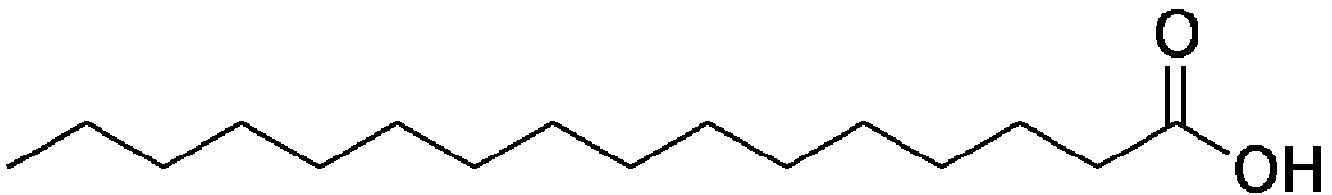
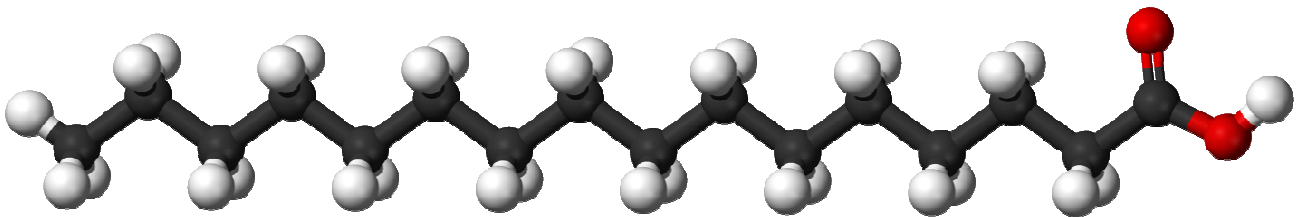
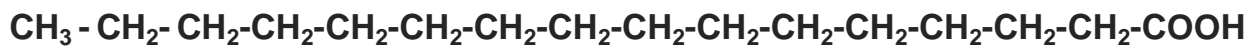


UNITE 11 : LES PRODUITS DE LA PHOTOSYNTHESE : 11-2- LES LIPIDES.

La cellule végétale est capable de synthétiser plusieurs types de lipides. On peut citer notamment, Les acides gras, Les triglycérides et les phospholipides.

- Quelle est la structure chimique de ces lipides ?
- Quels sont leurs rôles biologiques les plus remarquables.

.A – Les Acides gras.

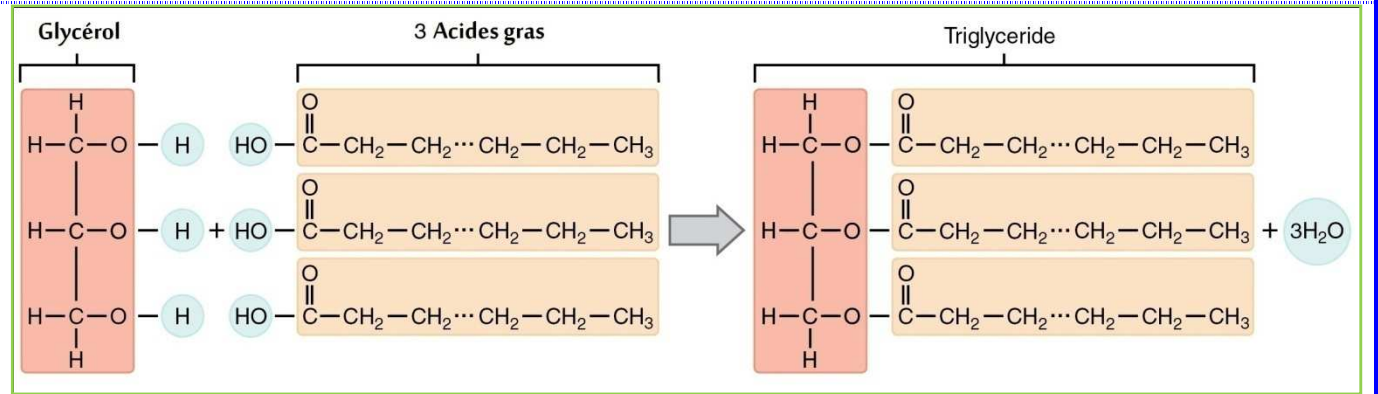


Un **acide gras** est un acide carboxylique à chaîne aliphatique. Les acides gras possèdent une chaîne carbonée de 4 à 36 atomes de carbone (rarement au-delà de 28) ; et typiquement en nombre pair, car la biosynthèse des acides gras, catalysée par l'« **acide gras synthase** », procède en ajoutant de façon **itérative** des groupes de deux atomes de carbone. L'exemple présenté ci-dessus est l'**acide palmitique**.

Document 1 : Les acides gras

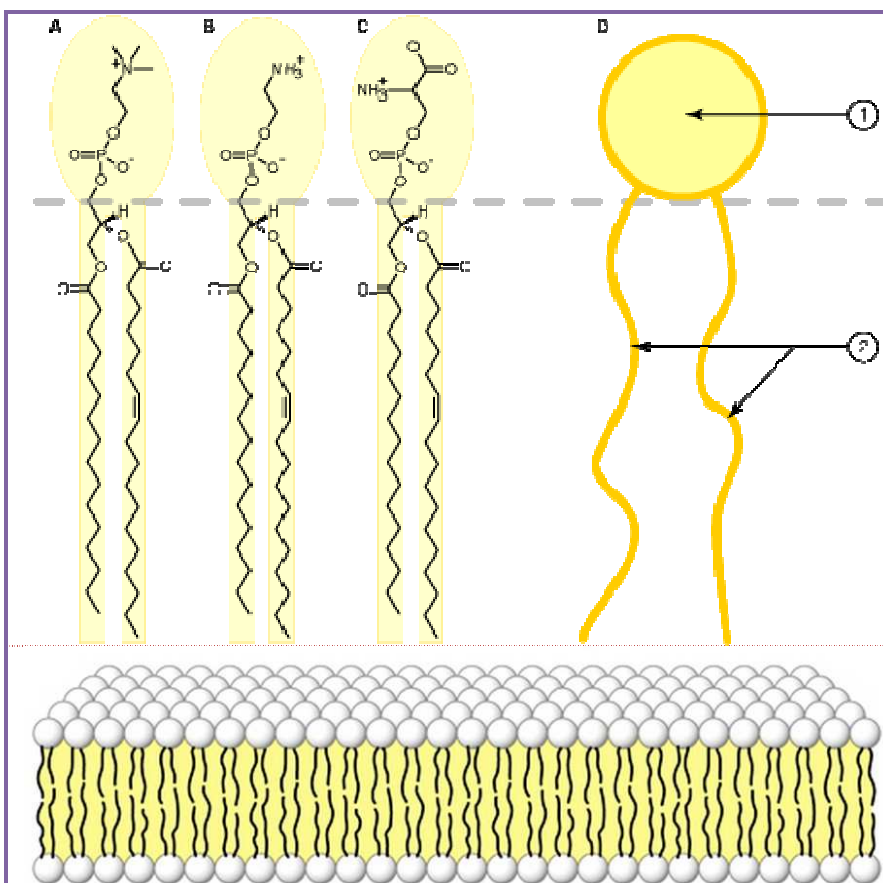
## .B - Les triglycérides.

Les triglycérides sont des glycérides dans lesquels trois molécules d'acides gras sont liées à une molécule de glycérol. Ils sont le constituant principal des graisses animales et de l'huile végétale.



Document 2 : Les Triglycérides.

## .C - Les phospholipides.



Les **phospholipides** sont des lipides **amphiphiles**, c'est-à-dire constitués d'une « tête » polaire (**hydrophile**) (1) et de deux « queues » aliphatiques (**hydrophobe**) (2).

La tête comporte généralement en plus des éléments C, O et H ; de l'azote et du phosphore. Les deux queues aliphatiques sont des résidus acides gras.

Les phospholipides constituent la base de la structure de la membrane plasmique, et les membranes qui entourent les autres organites cellulaires. Ainsi la membrane unitaire est constituée d'une bicouche lipidique et de protéines.

Document 3 : Les phospholipides.

## .D -Principaux rôles biologiques.

**Phospholipides :** Les phospholipides et autres lipides constituent l'ossature de la membrane plasmique et les autres membranes.

**Inclusions cytoplasmiques :** Beaucoup de cellules contiennent des inclusions cytoplasmiques, constituées de lipides et jouant le rôle de réserves énergétiques.

**Les plantes oléagineuses :** Les oléagineux sont des plantes cultivées spécifiquement pour leurs graines ou leurs fruits riches en matières grasses, dont on extrait de l'huile à usage alimentaire, énergétique ou industriel. Dans le cadre biologique ces substances grasses sont des réserves énergétiques de la graine ou du fruit.

**Cas de l'olivier :** L'huile d'olive est extraite du fruit.

**Cas du Tournesol :** L'huile de table est extraite de la graine.

### Document 4 : Quelques rôles biologiques de quelques lipides

#### Activités :

- 1- Que représentent les 3 schémas du Doc1 ?
- 2- Donnez la formule brute et la formule semi développée de l'acide palmitique.
- 3- Donnez les deux équations chimiques qui représentent respectivement la synthèse et l'hydrolyse d'un triglycéride. (Représentez les résidus "acides gras" par les symboles R1 ; R2 ; R3).
- 4- Comment expliqueriez vous la stabilité de la bicouche lipidique dans la membrane unitaire ?
- 5- Relevez, à partir du Doc4, les deux principales fonctions biologiques des lipides.

**UNITE 11 : LES PRODUITS DE LA PHOTOSYNTHESE : 11-3- LES PROTIDES.**

La famille des protides comporte trois catégories de molécules : les acides aminés ; les polypeptides et les protéines.

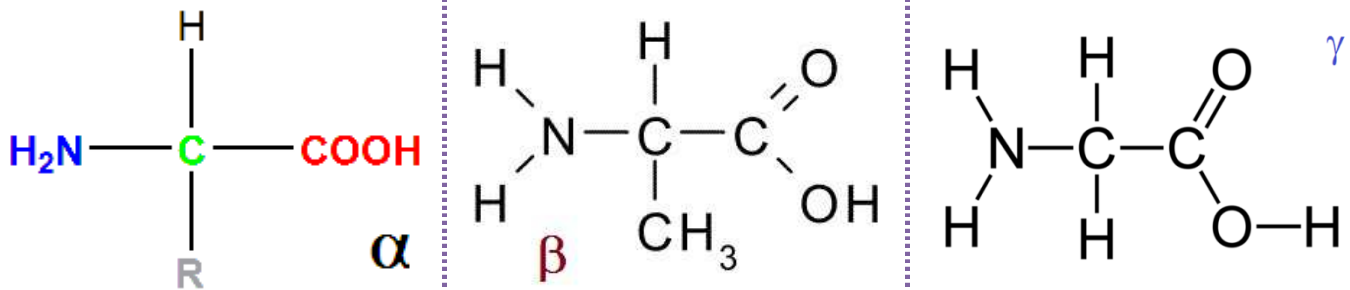
- Quelle est la structure chimique de ces trois catégories ?
- Quels sont les principales fonctions biologiques des protéines.

**.A – Les Acides aminés.**

Un **acide aminé** est un acide qui possède à la fois un groupe fonctionnel **carboxyle (-COOH)** ; et un groupe fonctionnel **amine (-NH<sub>2</sub>)**.

Dans les cellules vivantes, on trouve 20 types d'acides aminés qui intègrent la structure des protéines. Ils diffèrent par le radical (**R**) représenté sur la formule  $\alpha$ .

A titre d'exemples, la formule  $\beta$  représente l'acide aminé « **Alanine** » ; et la formule  $\gamma$  représente La « **Glycine** ».



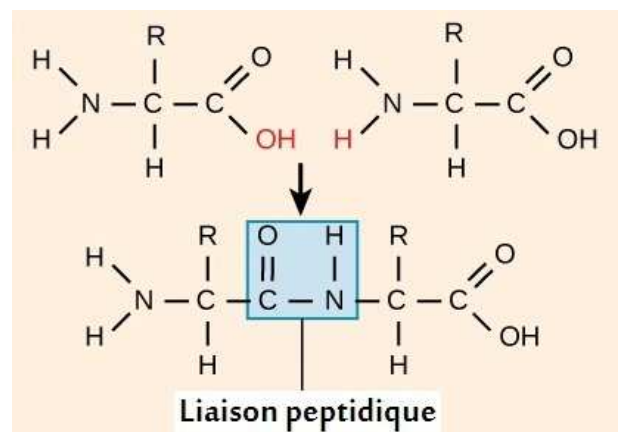
**Document 1 : La structure de base des acides aminés**

**.B – La liaison peptidique et les polypeptides.**

Une **liaison peptidique** est une liaison covalente, qui s'établit entre la fonction carboxyle, portée par un acide aminé, et la fonction amine, portée par l'acide aminé suivant, dans la chaîne peptidique. La formation d'une liaison peptidique s'accompagne de la libération d'une molécule d'eau.

Un polypeptide est une molécule formée par un enchainement de résidus « acide aminé » liés par des liaisons peptidiques.

Généralement on parle de **polypeptide** lorsque le nombre de résidus « acide aminé » ne dépasse pas 100. Au delà de 100 résidus « acide aminé », on parle de **protéine**.



**Document 2 :**

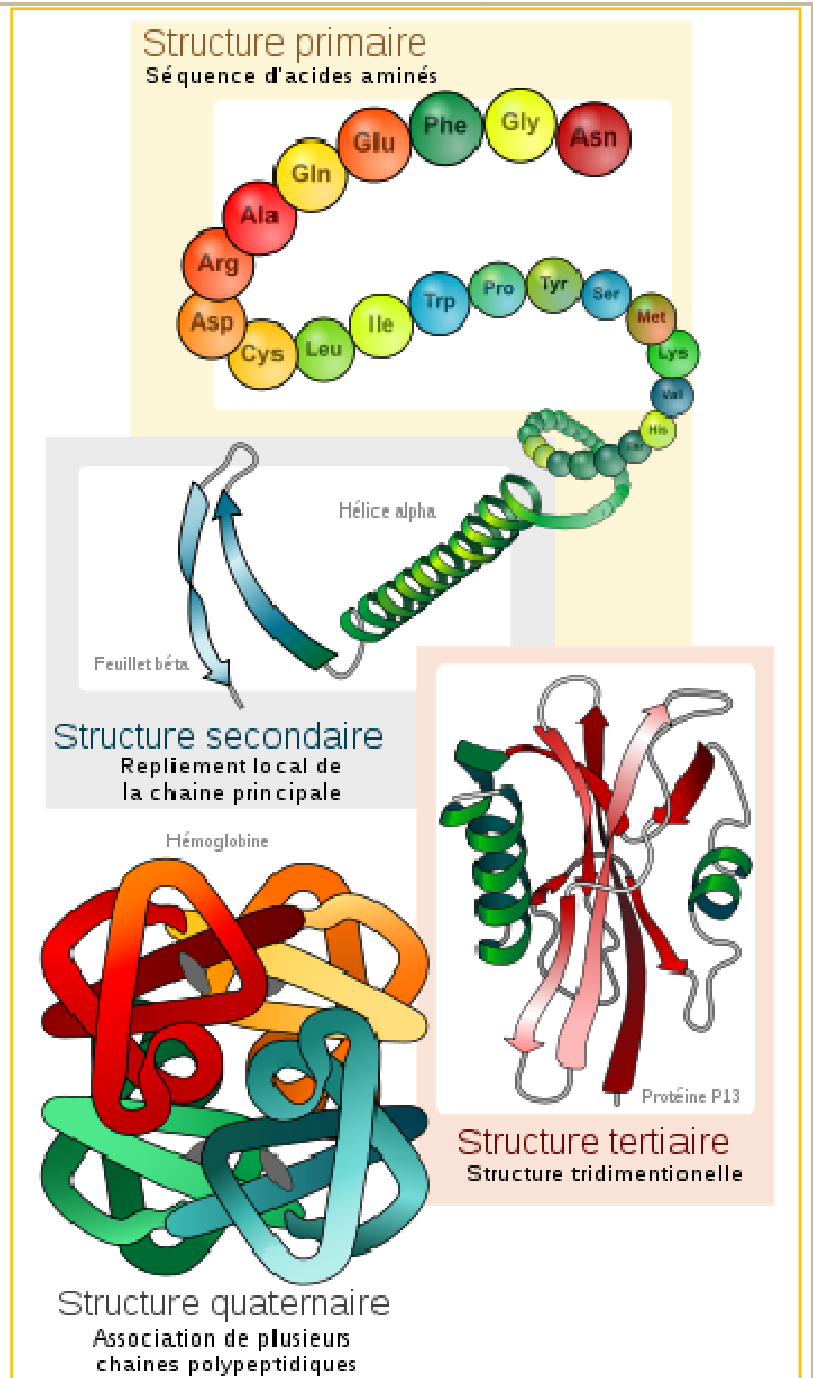


Une **protéine** est une macromolécule biologique formée d'une ou de plusieurs chaînes polypeptidiques. La succession des acides aminés le long de la chaîne polypeptidique est appelée **séquence** du polypeptide.

La **structure primaire** d'une protéine, est la séquence d'acides aminés du début à la fin de la molécule. Autrement dit, la structure primaire identifie le nombre exact des résidus acide aminé, leurs natures, et leur enchainement.

Les **structure secondaire et tertiaire** d'une protéine, sont le résultat du **repliement spontané** de la chaîne polypeptidique pour donner une structure à trois démentions.

La **structure quaternaire** résulte généralement de l'agencement de plusieurs chaînes polypeptidiques, pour donner à la protéine sa structure finale, qui lui permet d'accomplir sa fonction biologique.



### Document 3 :

## .C – Fonctions biologique des protéines.

La plupart des fonctions biologiques fondamentales sont dédiés aux protéines.

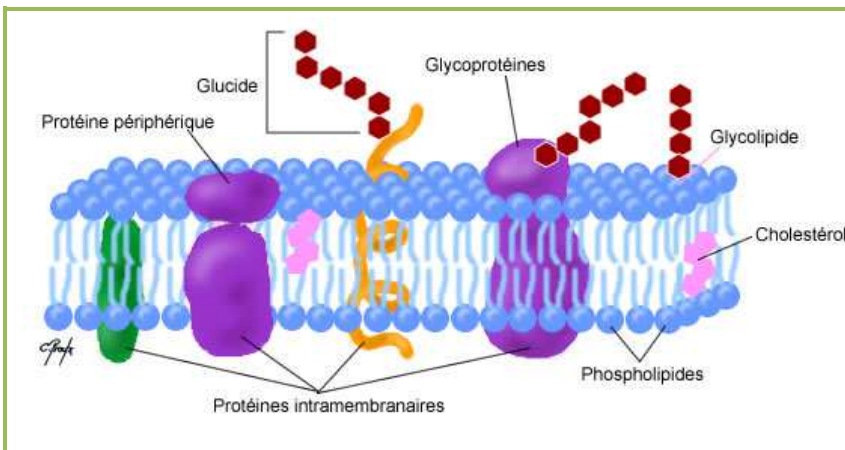
Au niveau du cytoplasme une association de protéines constitue ce qu'on appelle le *cytosquelette*. Le cytosquelette permet à la cellule de garder sa forme et lui assure sa motilité.

Dans la membrane plasmique, et dans toutes les membranes qui entoure les différents organites cellulaires, des protéines sont enchâssées dans la bicouche lipidique et assure une multitude de fonctions. Notamment elles permettent le passage des molécules d'un compartiment cellulaire à un autre ; ou elles assurent les *échanges* des molécules entre le cytoplasme et le milieu extracellulaire (osmose ; diffusion ; transport actif).

Parmi les protéines les plus importantes dans la cellule ; on trouve les *enzymes*. En effet, chacune des myriades de réactions biochimiques qui se déroulent dans la cellule ; est catalysée par un enzyme spécifique.

Plusieurs *hormones* sont de nature polypeptidique (insuline ....)

### Document 4 : Quelques fonctions biologique des protéines.



### Document 5 : Les protéines

au sein de la membrane

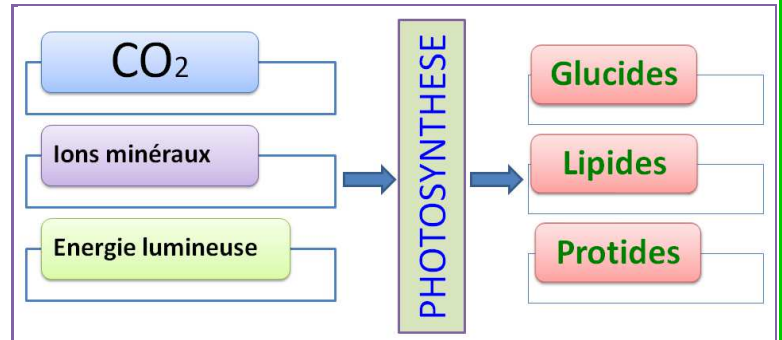
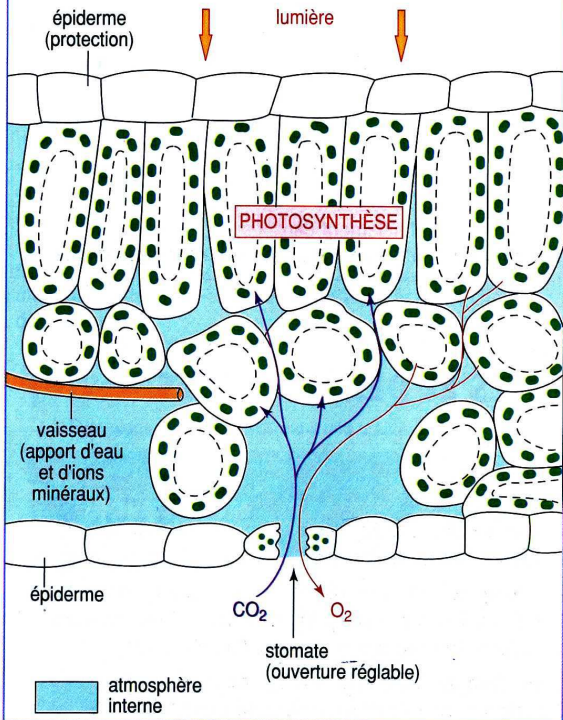
plasmique

### Activités :

- 1- Représentez d'une façon simple l'équation chimique de la synthèse d'un dipeptide et d'un tripeptide.
- 2- Donner l'équation chimique de l'hydrolyse d'un dipeptide.
- 3- À partir du Document 3, expliquez pourquoi chaque protéine accomplit une fonction biologique bien déterminée.
- 4- Représenté sous forme de schéma bilan, la relation entre la séquence polypeptidique d'une protéine, et sa fonction biologique.
- 5- Décrivez à partir du Doc5, la structure de la membrane plasmique.

# SCHÉMAS BILANS

## LE « RAVITAILLEMENT » DES CELLULES CHLOROPHYLLIENNES EN MATIÈRES PREMIÈRES



## Les événements photochimiques et chimiques de la photosynthèse

