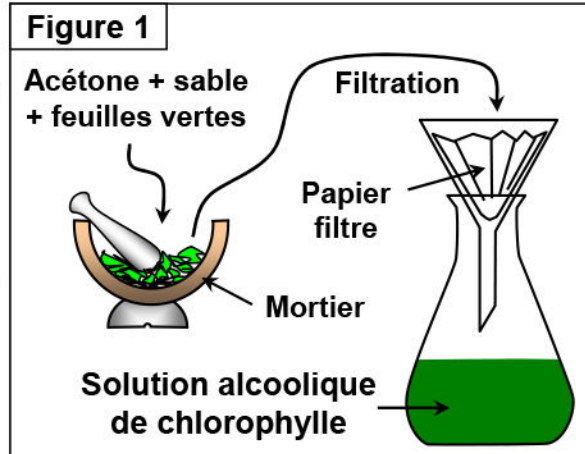


Conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique et synthèse de la matière organique

Document 1: Extraction et séparation des pigments chlorophylliens:

★ Extraction des pigments chlorophylliens des feuilles d'une plante chlorophyllienne (Figure 1):

- On découpe en morceaux quelques feuilles bien vertes, puis on broie ces morceaux dans un mortier avec un peu de sable afin d'écraser les cellules.
- On ajoute peu à peu 10ml d'alcool 90° et on continue à broyer pour solubiliser les pigments.
- On filtre le contenu du mortier sur un papier filtre : la solution obtenue est la chlorophylle brute.

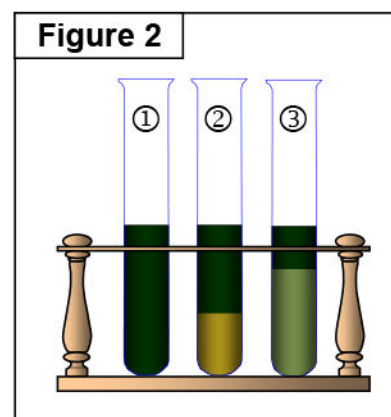


★ Séparation des pigments chlorophylliens par la technique de solubilité différentielle (Figure 2):

On peut séparer les constituants solubles d'un mélange par solubilité différentielle :

On ajoute au mélange des solutions non miscibles entre elles. Chaque substance dissoute sera, alors, entraînée avec la solution où sa solubilité est élevée:

- On verse 5 cm³ de la solution de chlorophylle brute dans un tube à essai (Tube ①).
- On ajoute 5 cm³ d'éther de pétrole puis des gouttes d'eau, et on laisse reposer. On obtient un mélange composé d'un pigment vert et un pigment jaune (tube ②).
- On conserve seulement le pigment vert au quel on ajoute le méthanol (Tube ③).

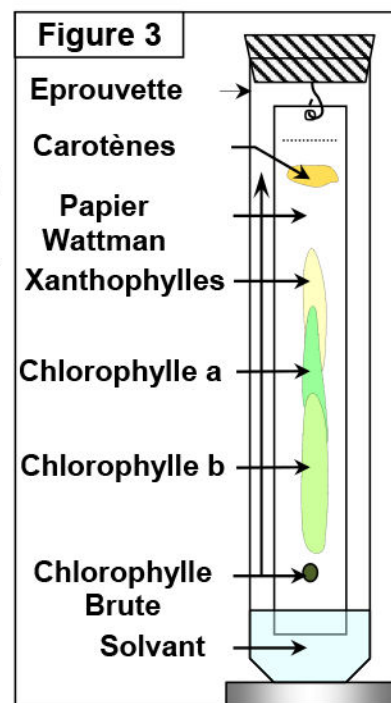


★ Séparation des pigments chlorophylliens par la technique de chromatographie (Figure 3):

Un solvant (alcool, acétone, benzène...) peut progresser par infiltration capillaire à travers différents milieux (papier filtre, papier Wattman...) tout en entraînant des substances qui y sont solubles.

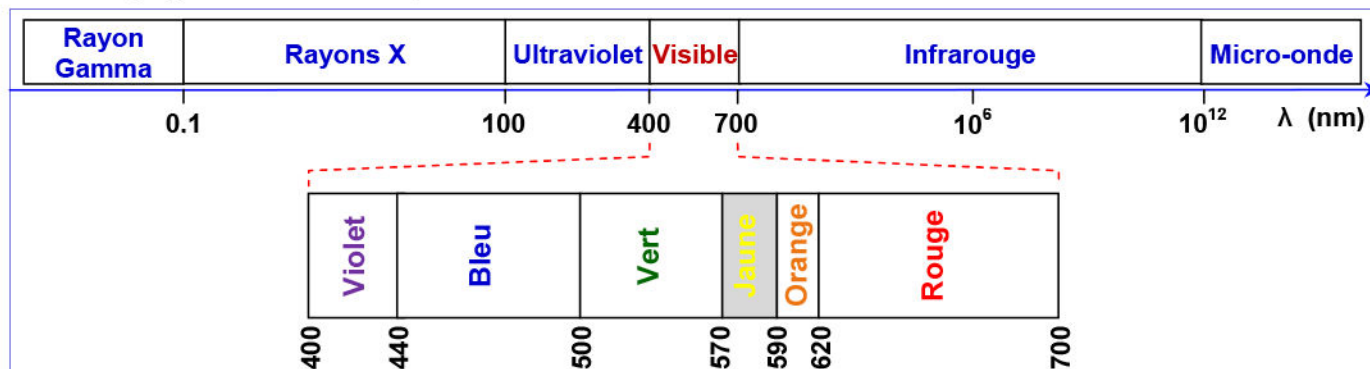
- On dépose, sur une bande de papier Wattman à environ 2 cm du bas, une goutte de la solution de chlorophylle brute.
- On suspend la bande du papier Wattman dans une éprouvette graduée contenant 5 ml de solvant organique (Ether de pétrole (85%) + acétone (10%) + benzène (5%).
- On ferme l'éprouvette en évitant que la bande du papier Wattman touche les parois de l'éprouvette.
- On place l'éprouvette à l'obscurité pendant une demi-heure.

Réalisez les manipulations décrites dans ce document. Identifiez les différents pigments chlorophylliens et déduisez leurs caractéristiques.



Document 2: Spectre d'absorption de la chlorophylle:

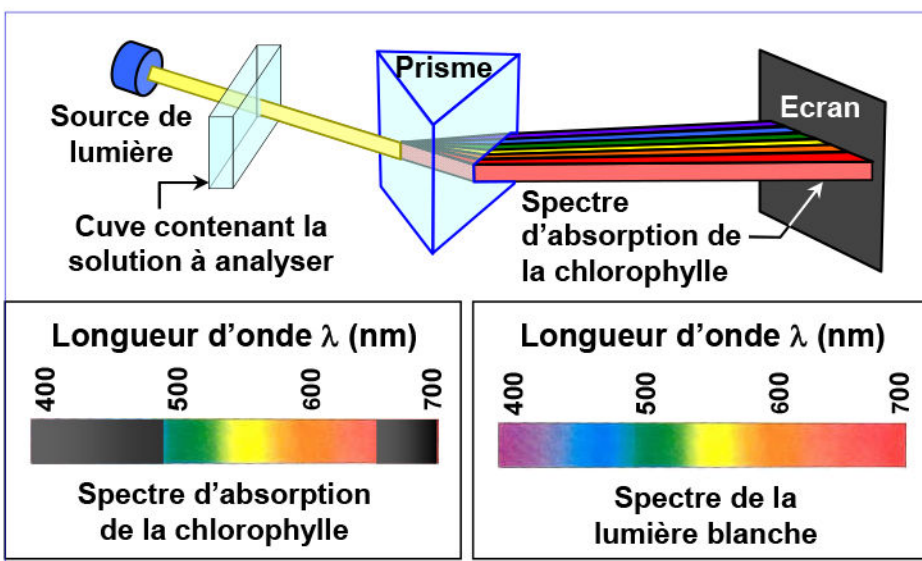
★ La lumière blanche est un faisceau d'ondes électromagnétiques qui diffèrent par leurs longueur d'onde. En envoyant un rayon de lumière blanche sur la surface d'un prisme, il se décompose donnant un spectre visuel, ensemble d'ondes lumineuses visibles par l'œil humain (Figure ci-dessous).



★ Pour mettre en évidence les propriétés lumineuses de la chlorophylle brute, on compare le spectre d'absorption de la chlorophylle brute avec le spectre de la lumière blanche.

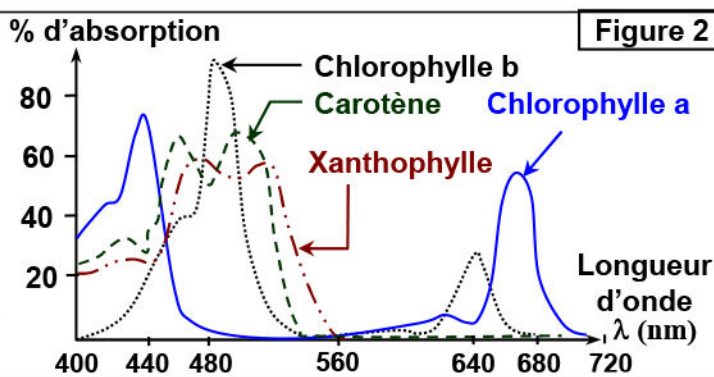
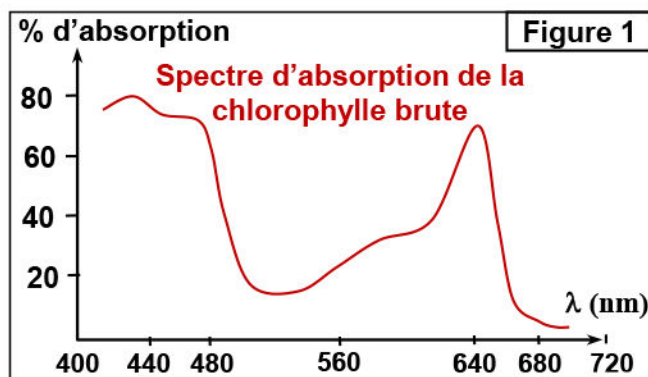
Pour cela on interpose sur le trajet d'un faisceau de lumière blanche une cuve transparente contenant une solution alcoolique de chlorophylle brute (Figure ci-contre). Les rayons qui émergent de la cuve sont ensuite dirigés sur un prisme de façon à décomposer la lumière.

On peut également utiliser un spectroscope à main en plaçant dans le tube une solution de chlorophylle.



Des mesures plus précises utilisant des lumières monochromatiques permettent de déterminer pour chaque longueur d'onde, le pourcentage d'énergie lumineuse absorbée. Les résultats obtenus sont traduits sous forme de courbes constituant les spectres d'absorption :

- ✓ De la chlorophylle brute (La figure 1) ;
- ✓ De chacun des différents pigments chlorophylliens (Figure 2).



- 1) Comparez le spectre d'absorption de la chlorophylle brute au spectre d'émission de la lumière blanche et déduisez quelle sont les radiations absorbées par la chlorophylle brute ?
- 2) Donnez une explication à la couleur verte de la solution de chlorophylle.

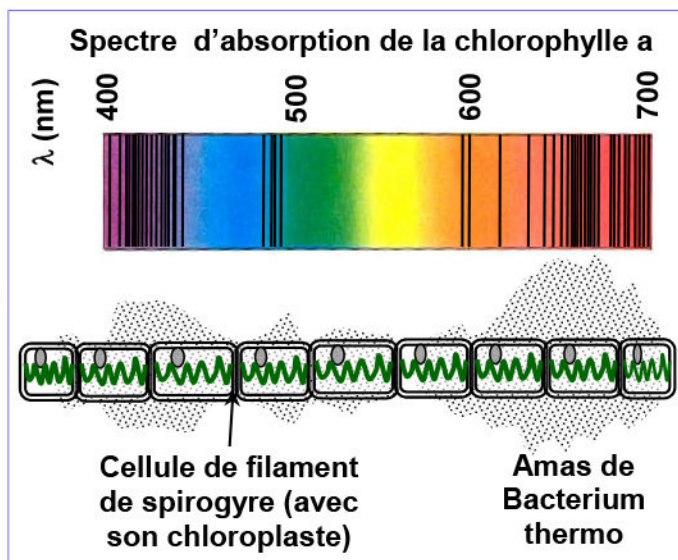
Document 2: Influence des radiations lumineuses sur l'intensité de la photosynthèse:

Afin de montrer l'influence des différentes radiations lumineuses absorbées sur l'intensité de la photosynthèse, on propose données suivantes :

★ Expérience d'Engelmann (1882) :

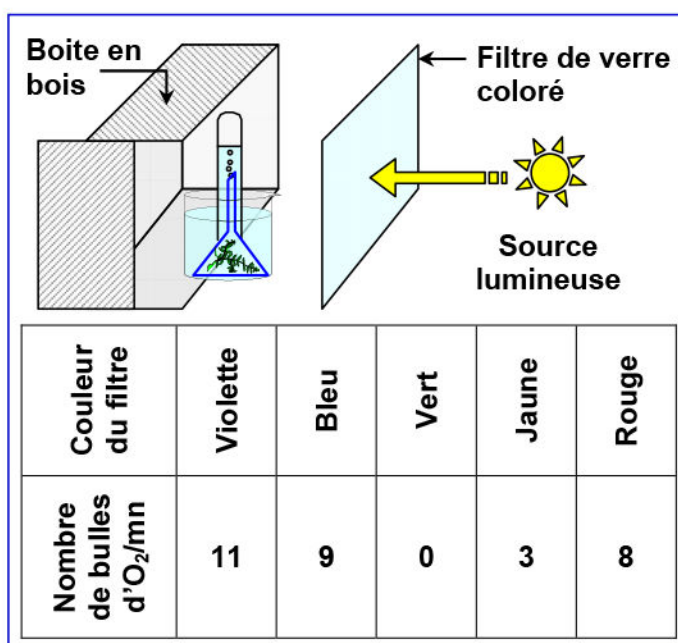
Engelmann a utilisé une algue filamenteuse, la *Spirogyre*, pourvue sur toute sa longueur d'un ou plusieurs chloroplastes spiralés. Il la place dans un milieu contenant une suspension de bactéries, le *Bacterium thermo* doté d'un chimiotactisme positif pour l'oxygène. Il l'éclaire par un spectre de la lumière blanche.

La figure ci-contre présente la répartition des bactéries après quelques minutes.



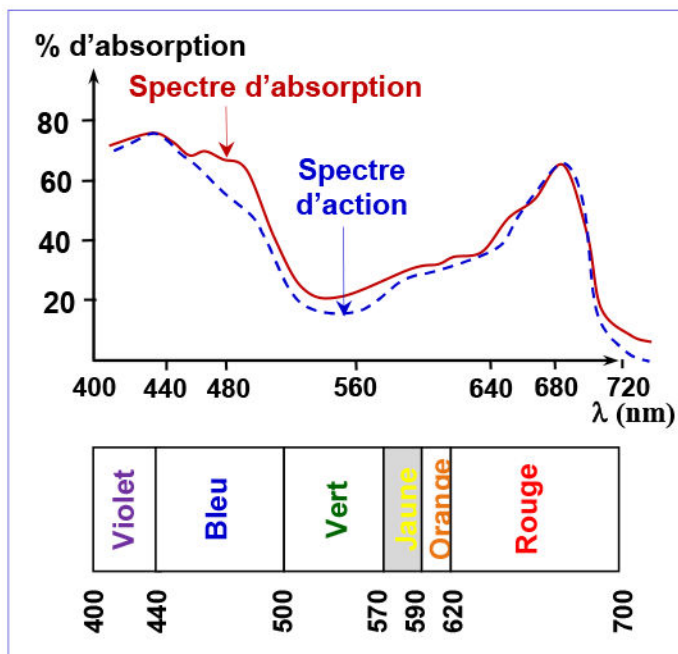
1) Que déduisez-vous de l'analyse de ces résultats ?

★ On utilise la lumière blanche avec des filtres monochromatiques. Chaque filtre ne laisse passer qu'une seule radiation. On place le dispositif expérimental à l'intérieur d'une boîte en bois dans laquelle on a remplacé la face latérale du côté de la source lumineuse par un filtre coloré. On mesure l'intensité de la photosynthèse par la quantité du dioxygène dégagé pour chaque radiation monochromatique. Le dispositif expérimental et les résultats sont présentés par la figure ci-contre.



2) Décrivez les résultats de cette expérience. Formulez une hypothèse pour expliquer les résultats obtenus.

★ 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 (Volume d'oxygène dégagé par unité de temps) pour chaque longueur d'onde absorbée. On établit ainsi le spectre d'action photosynthétique d'un végétal (figure ci-contre) c'est-à-dire les longueurs d'ondes qui lui permettent de réaliser les réactions photosynthétiques.

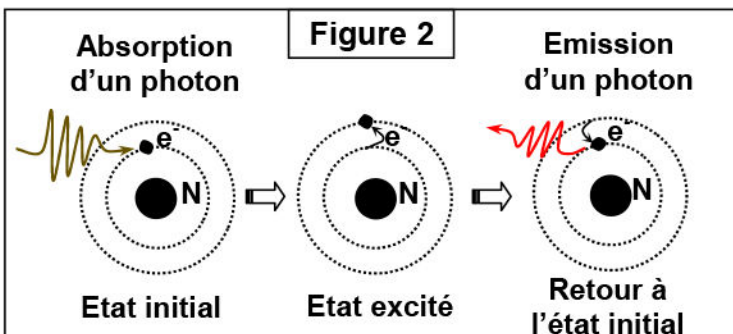
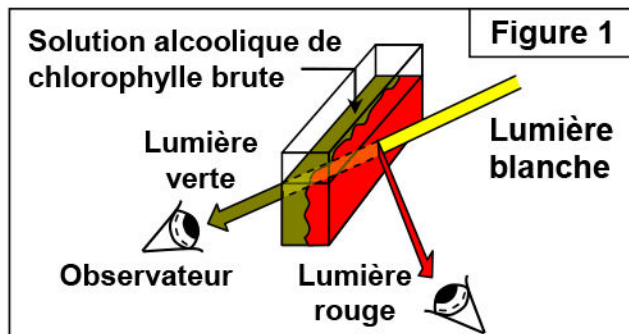


3) Comparez le spectre d'action au spectre d'absorption de la chlorophylle brute (figure ci-contre). Que suggère cette comparaison ?

Document 4: Rôle des pigments chlorophylliens dans la conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique:

★ Lorsqu'on projette la lumière blanche sur une solution de chlorophylle brute, elle apparaît rouge du côté de projection de la lumière, et verte du côté opposé au côté de projection de la lumière (Figure 1): la chlorophylle émet des radiations rouges, on parle de fluorescence.

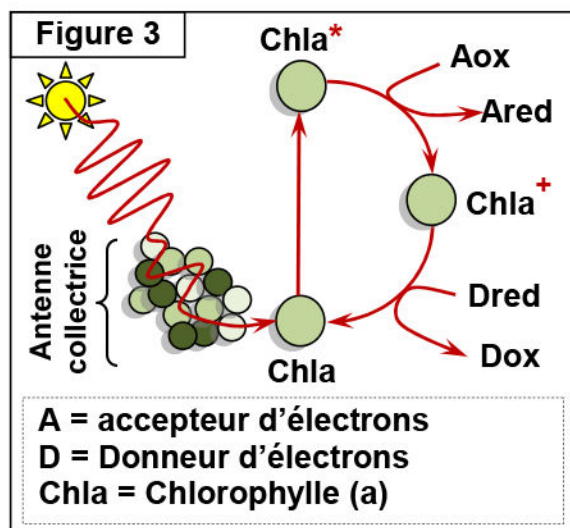
★ La chlorophylle est composée de pigments photosynthétiques qui peuvent être excités par les radiations lumineuses (Figure 2). L'arrivée d'un photon fait passer un électron délocalisé d'un état fondamental (non excité) à un état excité. La chlorophylle, une fois excitée, retourne à son état fondamental, plus stable thermodynamiquement. Ceci peut se faire de plusieurs manières, et en particulier en émettant de la lumière (c'est la fluorescence constatée dans une solution de chlorophylle brute) ou en perdant un électron.



★ Les pigments chlorophylliens s'organisent en groupes appelés photosystèmes qui sont de deux types : PS_I et PS_{II} (Figure 3).

Chaque photosystème est constitué d'un centre réactionnel formé d'un dimère de chlorophylle (a), en plus d'une antenne collectrice formée d'un mélange de pigments chlorophylliens différents.

La chlorophylle (a), centre réactionnel, en absorbant l'énergie passe à un état excité puis s'oxyde en cédant des électrons à un accepteur d'électrons. La chlorophylle (a), oxydée, doit récupérer des électrons pour restaurer son état initial et continuer à fonctionner ; ces électrons lui sont fournis par un donneur d'électrons réduit.



En exploitant les données de ce document :

- 1) Expliquer le phénomène de la fluorescence observé chez la chlorophylle brute éclairée.
- 2) Sachant que la fluorescence disparaîtra si on ajoute un accepteur d'électron à la solution de chlorophylle, expliquez l'absence de la fluorescence lorsque la chlorophylle se trouve dans les conditions naturelles.
- 3) Expliquez le rôle des photosystèmes dans la transformation de l'énergie lumineuse en énergie chimique.

Document 5: Siègne de synthèse de la matière organique:

Pour mettre en évidence les structures cellulaires renfermant la chlorophylle, on réalise les expériences décrites dans le tableau ci-dessous.

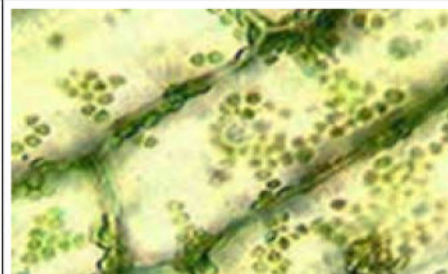
La recherche de la matière organique produite par l'élodée se fait, par une coloration à l'eau iodée: une coloration noirâtre révèle la présence d'amidon et donc d'une photosynthèse.

Document 5: (Suite):

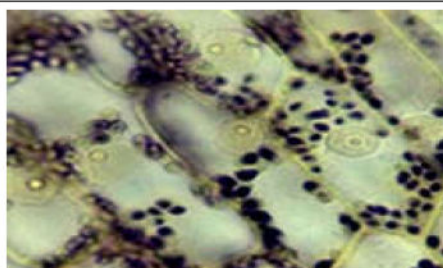
Elodées placées à la lumière
et dans une eau riche en
dioxyde de carbone

Elodées placées à la lumière
et dans une eau appauvrie en
dioxyde de carbone

Observations au
microscope des feuilles
d'élodée au début de
l'expérimentation après
coloration à l'eau iodée



Observations au
microscope des feuilles
d'élodée à la fin de
l'expérimentation après
coloration à l'eau iodée



Comment expliquer la différence d'aspect des cellules dans les deux expériences ?
que déduit-on à propos du lieu de synthèse de l'amidon au niveau de la cellule ?

Document 6: Structure et ultrastructure du chloroplaste:

★ La figure 1 : C'est une observation au microscope optique d'une cellule de la feuille d'élodée présentant des chloroplastes.

★ La figure 2 est une photographie au microscope électronique d'un chloroplaste le soir, on y voit beaucoup d'amidon sous formes de grains d'amidon.

★ La figure 3 : Schéma d'interprétation de la structure du chloroplaste.



Figure 1

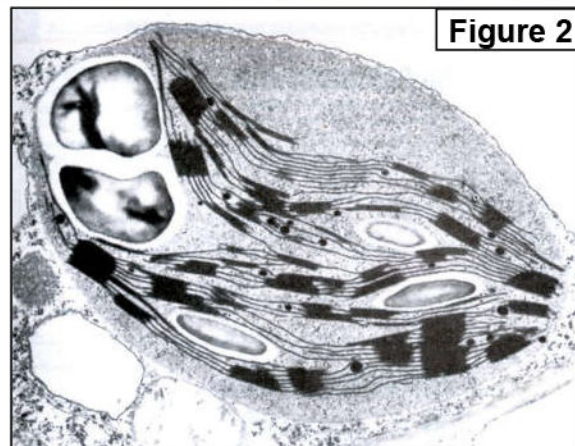


Figure 2

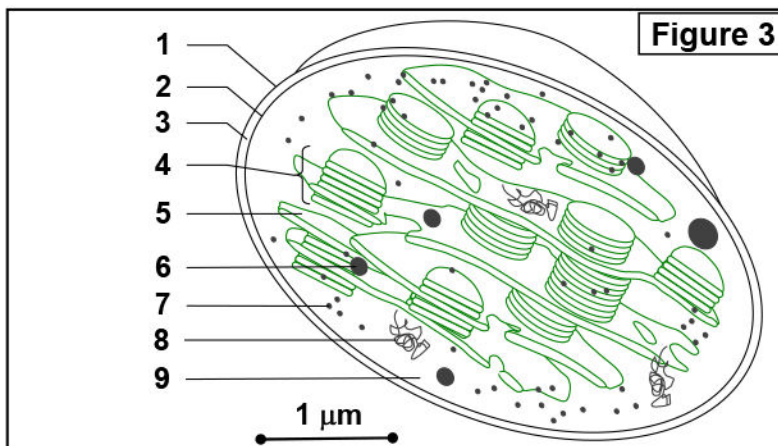


Figure 3

★ La figure 4 : Schéma d'interprétation de l'ultrastructure des thylakoïdes.

- 1) Annoter la figure 3 schématisant les différentes structures du chloroplaste.
- 2) En se basant sur les données de ce document, décrire la structure et l'ultrastructure du chloroplaste.

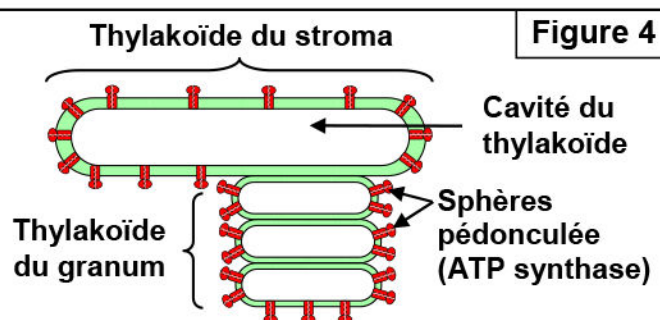
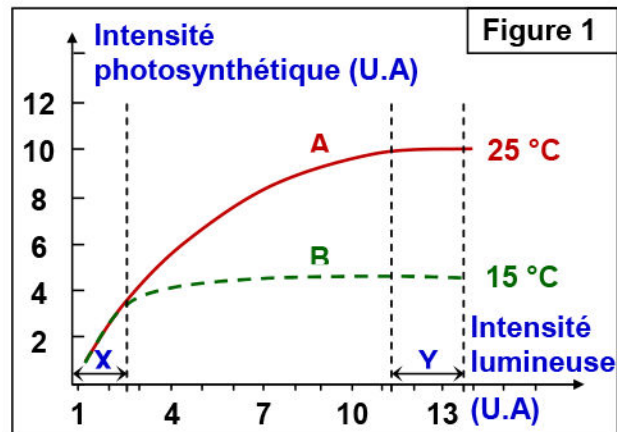


Figure 4

Document 7: Expérience d'Emerson et Arnold:

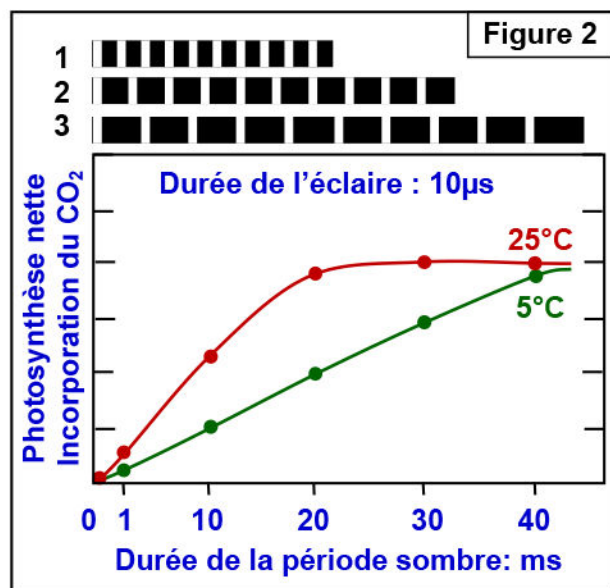
★ Dès 1905, Blackmann avait remarqué que la photosynthèse dépend à la fois de la lumière et de la température alors que les réactions chimiques dépendent de l'une ou de l'autre selon leur nature (photochimique ou thermochimique). Cette observation le conduisit à l'hypothèse que la photosynthèse devait résulter de 2 types de réactions chimiques différentes, photochimiques et thermochimiques.

Pour mettre en évidence les deux phases, Blackmann cultiva des plantes en faisant varier l'intensité lumineuse et la température et enregistrai l'impact de ces paramètres sur l'activité photosynthétique. La figure 1 représente les résultats de cette expérience.



1) A partir de l'analyse de ces résultats, mettez en évidence l'hypothèse de Blackmann.

★ La confirmation expérimentale en fut apportée en 1932 par R. Emerson et W. Arnold. Éclairant une suspension de Chlorelles (algues vertes) avec des éclairs très brefs (10µs), séparés par des intervalles d'obscurité de durées croissantes (entre 1 et 40 ms), il mesura leur activité photosynthétique en déterminant l'intensité d'incorporation du CO₂. Les résultats sont retranscrits sous forme de graphiques (Figure 2).



2) Expliquez en quoi les résultats de cette expérience prouvent l'existence de deux phases dans les réactions de la photosynthèse.

Document 8: Expérience de Ruben et Kamen:

Pour déterminer l'origine du dioxygène (O₂) rejeté au cours de la photosynthèse, Ruben et Kamen ont mis en culture des chlorelles dans deux milieux différents:

- ✓ Milieu 1 : approvisionné en eau contenant l'oxygène normal H₂O¹⁶ et du dioxyde de carbone marqué par l'oxygène radioactif CO₂¹⁸.
- ✓ Milieu 2 : approvisionné en eau marqué par l'oxygène radioactif H₂O¹⁸ et du dioxyde de carbone contenant l'oxygène normal CO₂¹⁶.

Dans chaque milieu, les deux chercheurs ont analysé le dioxygène (O₂) rejeté. Les résultats figurent sur le tableau suivant:

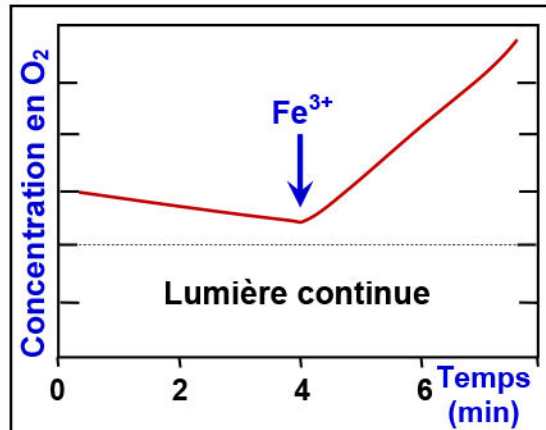
Milieu	Contenu du milieu	La nature du dioxygène (O ₂) rejeté
1	CO ₂ ¹⁸ + H ₂ O ¹⁶	O ₂ ¹⁶
2	CO ₂ ¹⁶ + H ₂ O ¹⁸	O ₂ ¹⁸

A partir de l'analyse de ces résultats, déterminez l'origine du dioxygène dégagé au cours de la photosynthèse.

Ecrivez la réaction responsable sachant que l'émission d'une molécule d'O₂ demande l'oxydation de deux molécules de H₂O.

Document 9: Expérience de Hill:

Hill utilise une suspension de chloroplastes isolés dans un tampon sans CO_2 . Il mesure les variations de dioxygène à l'aide d'une électrode à oxygène. Il ajoute à la préparation un accepteur artificiel d'électrons, le ferricyanure de potassium, $\text{K}_3\text{Fe}^{3+}(\text{CN})_6$ (réactif de Hill) et travaille en lumière continue. Le réactif de Hill se comporte comme un accepteur d'électron : Fe^{3+} (ferricyanure) + $e^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ (ferrocyanure). Les résultats de cette expérience figurent sur le graphique ci-contre.



Analysez ces résultats et précisez les conditions nécessaires au dégagement d'oxygène.

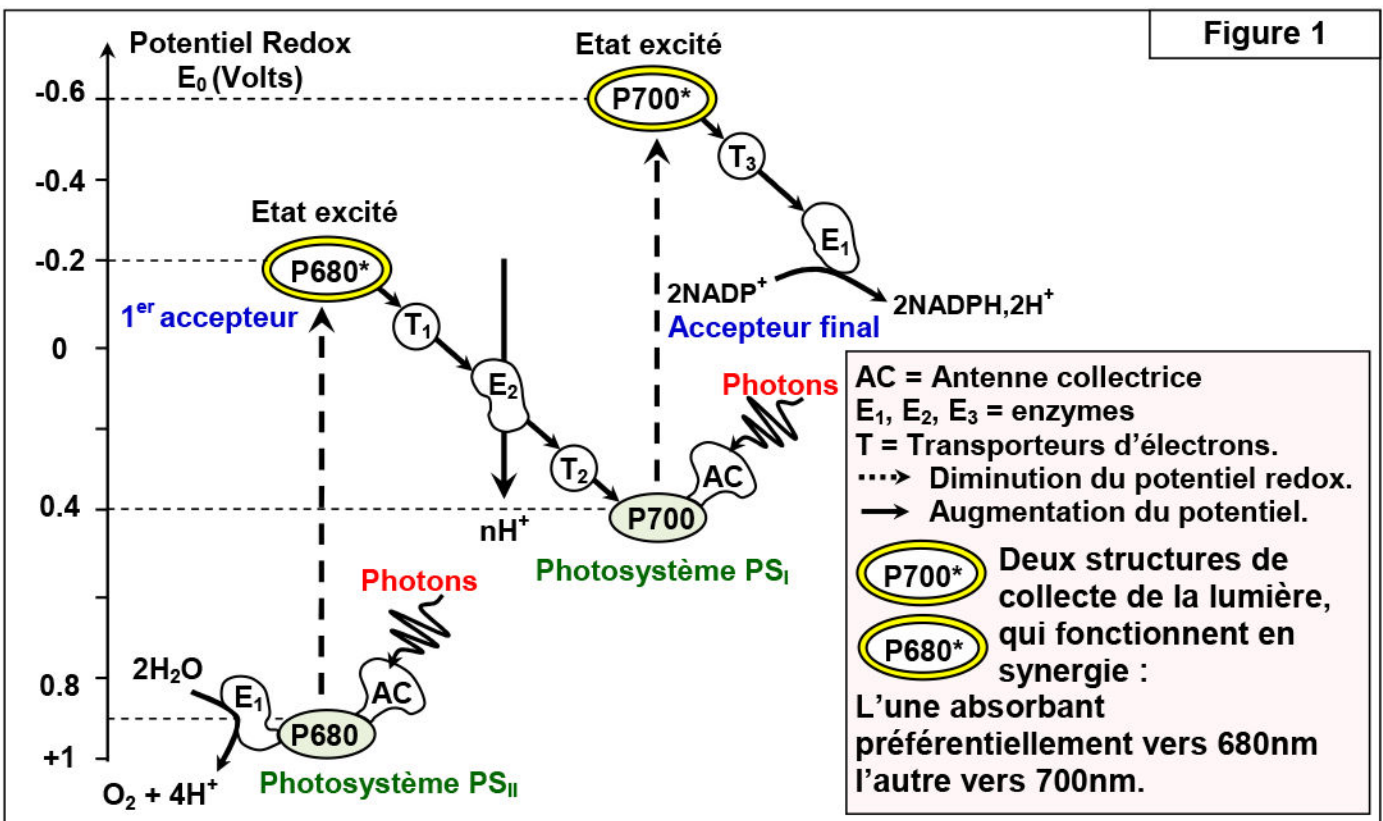
Document 10: Destinée des électrons perdus par la chlorophylle (a):

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 ».

Chaque couple « redox » se caractérise par son potentiel d'oxydoréduction (E_0) qui exprime sa capacité de réduction. Les électrons se déplacent spontanément du couple « redox » qui a le potentiel d'oxydoréduction faible vers celui qui a le potentiel d'oxydoréduction plus élevé.

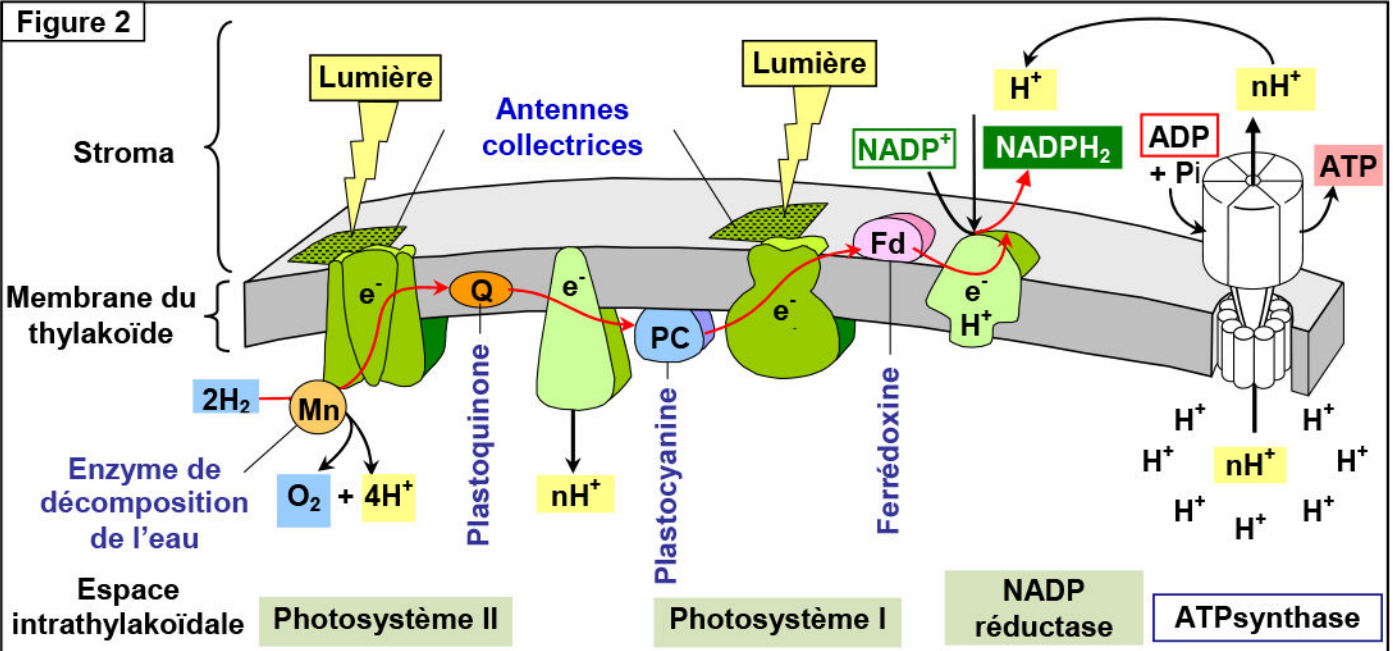
Les deux types de photosystèmes qui existent dans la membrane des thylakoïdes sont reliés par un complexe de transporteurs d'électrons. L'ensemble constitue une chaîne photosynthétique.

★ Le schéma de la figure 1, montre comment les électrons sont transférés depuis la molécule d'eau jusqu'au NADP^+ , 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).



Document 10: (Suite):

★ Les transporteurs d'électrons de la membrane des thylakoïdes; s'organisent en deux chaînes, chacune débute par un photosystème PSII et PSI, l'ensemble forme une chaîne photosynthétique (Figure 2).

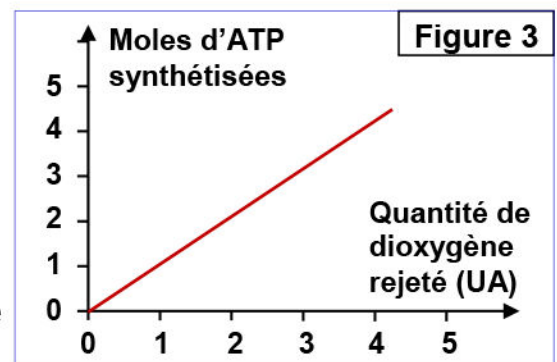


Sachant que le transfert d'électrons ne s'effectue spontanément que dans le sens des potentiels redox croissant, expliquez le flux d'électrons au niveau de la chaîne photosynthétique.

- 1) A partir des données de la figure 1, déterminez comment les électrons libérés par la chlorophylle (A) sont transférés du photosystème PS_{II} jusqu'à l'accepteur final NADP⁺.

★ Relation entre la synthèse d'ATP et l'activité photosynthétique:

Pour déterminer la relation entre la synthèse d'ATP et l'activité photosynthétique, le chercheur ARNON et ses collaborateurs ont réalisés une expérience qui consiste à compter le nombre de moles d'ATP synthétisées en fonction de la quantité de dioxygène rejeté. Les résultats sont représentés par le graphe de la figure 3:



- 2) Que peut-on conclure de l'analyse de ces résultats ?

Sachant que:

- ✓ L'ATP (L'adénosine triphosphate) est un ribonucléotide formé de l'adénosine (ribose + d'adénine) et de trois groupements phosphate.
- ✓ L'ATP est un composé phosphorylé riche en énergie.
- ✓ L'hydrolyse d'une molécule d'ATP, catalysée par l'enzyme ATPase, produit une quantité d'énergie avec production d'une molécule d'adénosine diphosphate (ADP) et d'une molécule de phosphate inorganique (Pi).
- ✓ La synthèse de l'ATP par phosphorylation de l'ADP, est catalysée par l'enzyme ATPsynthase, composée des sphères pédonculées. Cette réaction nécessite de l'énergie (réaction dite endergonique).

- 3) Proposez une hypothèse sur l'origine de l'énergie nécessaire à la synthèse de l'ATP.

Document 11: Les conditions de synthèse de l'ATP:

Pour déterminer les conditions et les éléments nécessaires à la synthèse des molécules d'ATP au niveau des chloroplastes, on réalise l'expérience dont les conditions et les résultats figurent sur le tableau suivant :

Expériences	Concentration H ⁺ (mol/l)		Sphères pédonculée	ADP et Pi	Résultats
	Stroma	Thylakoïde			
1	10 ⁻⁸	10 ⁻⁴	Présence	Présence	Synthèse d'ATP
2	10 ⁻⁷	10 ⁻⁷	Présence	Présence	Pas de synthèse d'ATP
3	10 ⁻⁸	10 ⁻⁴	Absence	Présence	Pas de synthèse d'ATP
4	10 ⁻⁸	10 ⁻⁴	Présence	Absence	Pas de synthèse d'ATP

En exploitant les données de ce document, vérifiez l'hypothèse suivante :

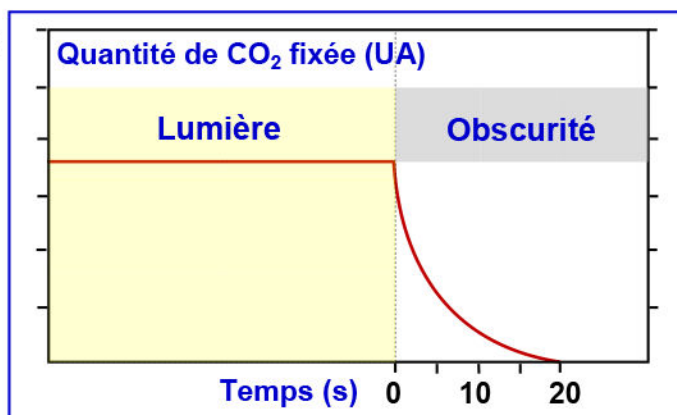
«Le flux de protons de la cavité du thylakoïde vers le stroma, à travers les sphères pédonculées, qui libère l'énergie utilisée pour la synthèse d'ATP».

Document 12: Dépendance des deux phases de la photosynthèse:

★ Expérience de Gaffron, 1951 :

Du dioxyde de carbone radioactif (¹⁴CO₂) est fourni à une suspension d'algues verte unicellulaires (chlorelles) fortement éclairée pendant au moins 20 min puis mise à l'obscurité. On mesure la quantité de molécules organiques élaborées à partir du ¹⁴CO₂ par les algues au cours de l'expérience.

Le résultat de cette expérience est présenté par la figure ci-contre.



★ Expérience d'Arnon, 1958 :

Les expériences sont réalisées sur des fragments de chloroplastes séparés en deux fractions:

- ✓ Une fraction constituée uniquement de thylakoïdes exposés à la lumière,
- ✓ Une fraction liquide provenant du stroma et laissée à l'obscurité.

On mesure la quantité de CO₂ fixée dans le stroma en coups/min.

Le résultat de cette expérience est présenté par le tableau ci-contre.

Conditions expérimentales	Radioactivité (en coups/min)
Stroma laissé à l'obscurité en présence de CO ₂ radioactif	4 000
Thylakoïdes laissés à la lumière, puis mis à l'obscurité en présence de stroma toujours laissé à l'obscurité, avec du CO ₂ radioactif	96 000
Stroma laissé à l'obscurité en présence de CO ₂ radioactif, d'ATP et de NADPH, H ⁺ .	97 000

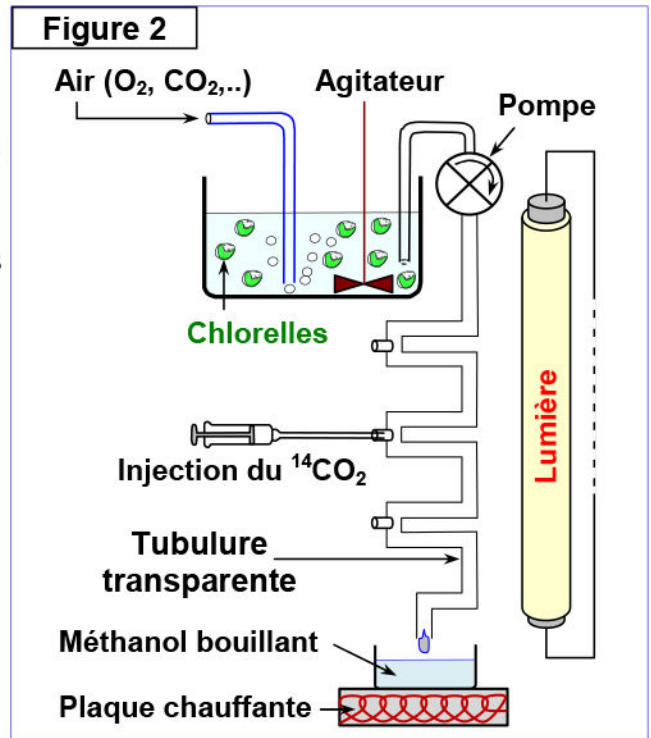
A partir de l'exploitation des données de ce document, montrez que la fixation du CO₂ dans des molécules organiques lors de la photosynthèse ne dépend pas directement, mais indirectement, de l'utilisation de la lumière.

Document 13: Devenir du CO₂ absorbé par les plantes chlorophylliennes:

★ Expérience de Calvin et Benson, 1962 :

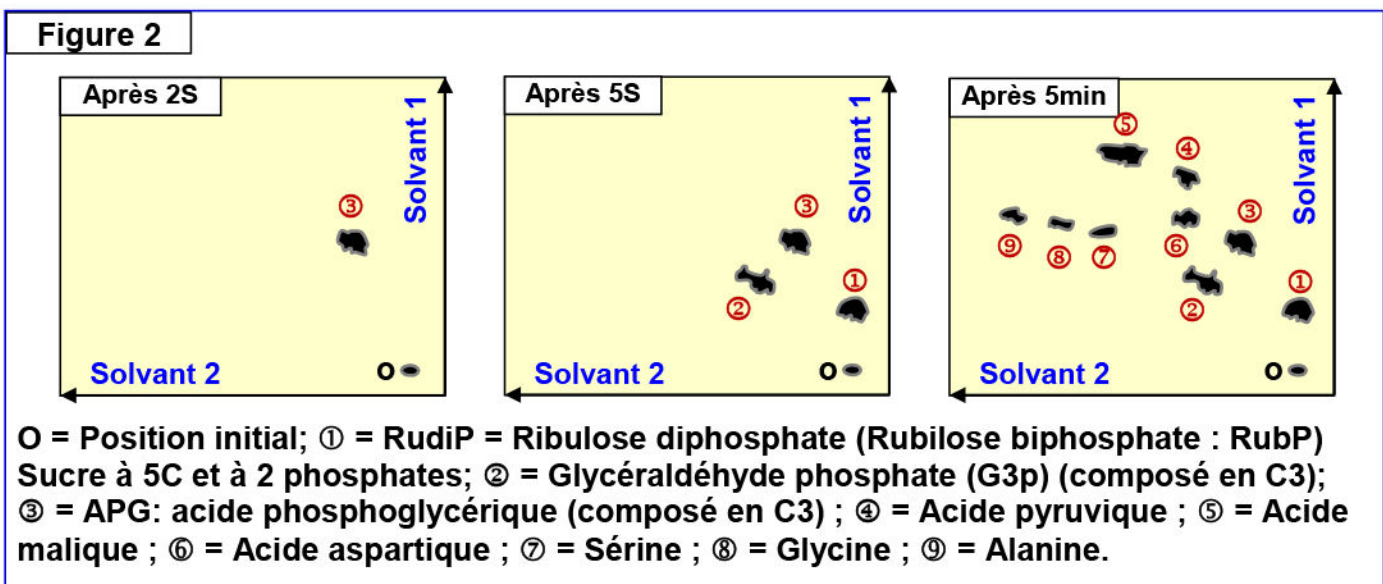
On met des chlorelles dans un milieu riche en CO₂, et bien éclairé. Une pompe permet de propulser la suspension dans un tube fin. Dans ce tube, on peut injecter à chaque moment, et en des points différents, du CO₂ radioactif marqué au ¹⁴C. Après avoir traversé le tube, les chlorelles finissent dans de 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 ¹⁴C, et la force de la pompe, déterminent la durée d'exposition des cellules au ¹⁴C. Cette durée varie entre 1s et plusieurs minutes (Figure ci-contre).

Les chlorelles fixent le CO₂ radioactif de la même manière que le CO₂ ordinaire. Les molécules organiques synthétisées seront aussi radioactives.



Après l'exposition au CO₂ 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 ¹⁴C: 2s; 5s et 5min.

Les résultats de cette expérience sont présentés par les chromatogrammes suivants :



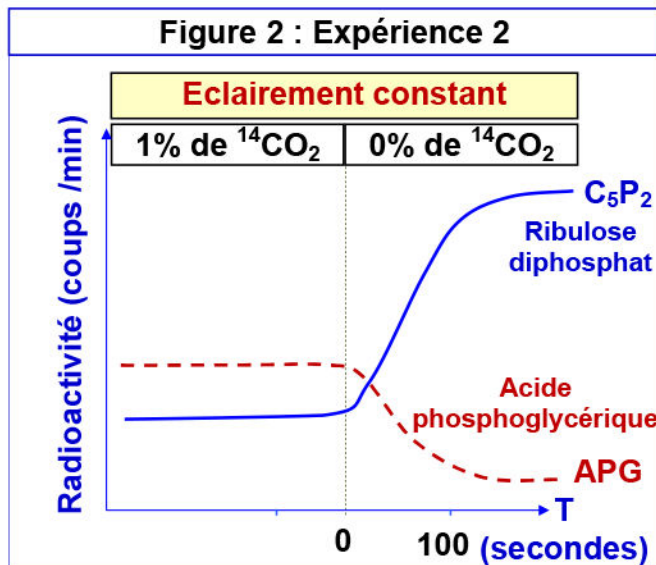
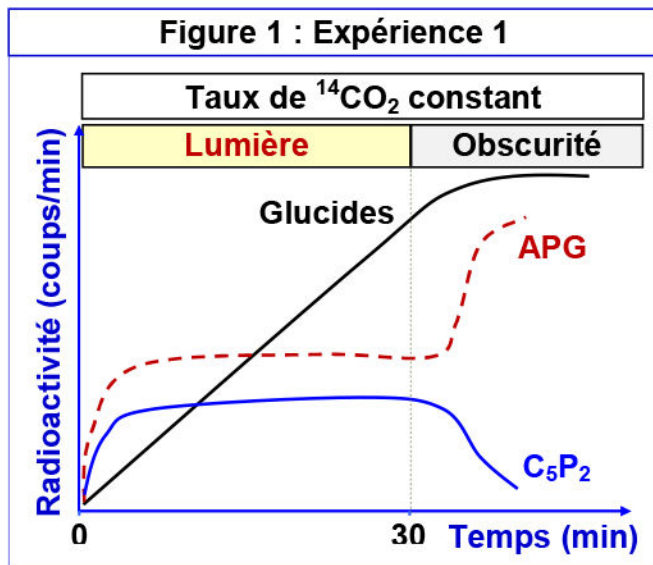
- 1) Pour séparer les pigments chlorophylliens, on procède à la chromatographie simple; mais dans l'expérience de Calvin, on avait recours à la chromatographie bidimensionnelle. Pouvez-vous justifier cette différence?
- 2) A partir des données de ce document, indiquez la première substance qui résulte de la fixation du CO₂ puis donnez la succession des produits qui apparaissent.

Document 14: Expériences de Bassham et Calvin:

Des chlorelles sont cultivées dans un milieu où l'influence de deux paramètres est testée : la lumière et la présence de CO_2 . On barbote de l'air enrichi en CO_2 radioactif puis on mesure au cours du temps la concentration en APG et en C_5P_2 (RuBP). Les concentrations sont déduites de la radioactivité mesurée.

★ **Expérience 1** : Des chlorelles sont cultivées dans un milieu éclairé en permanence. On suit la radioactivité de deux composés (RuBP et APG), en présence de CO_2 (1% de CO_2), puis en l'absence de CO_2 (0% de CO_2). La figure 1, présente les résultats de cette expérience.

★ **Expérience 2** : Des chlorelles sont cultivées dans un milieu où barbote de l'air enrichi en $^{14}\text{CO}_2$ d'une façon constante. La culture normalement éclairée pendant 30 minutes est ensuite transférée à l'obscurité. En plus de la RuBP et APG, on mesure également la concentration en hexoses. La figure 2, présente les résultats de cette expérience.



En exploitant les résultats de l'expérience 1 et l'expérience 2 et de vos connaissances :

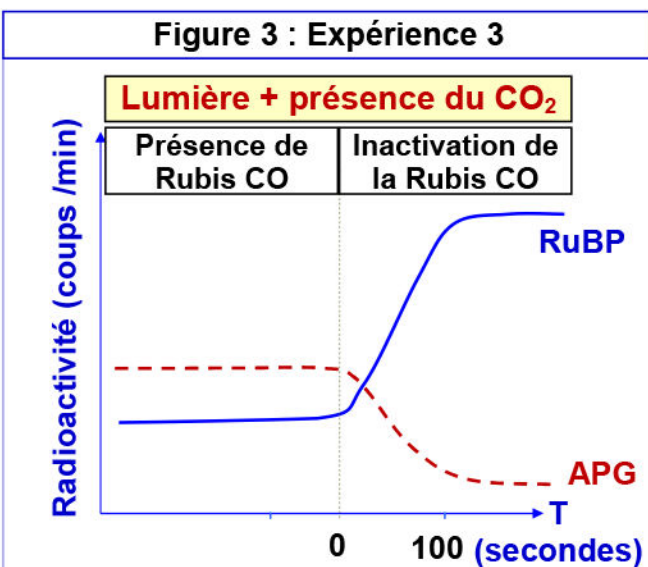
- 1) Expliquez comment et où s'effectue la fixation du CO_2 au cours de la photosynthèse.
- 2) Expliquez comment ces expériences conduisent à l'idée d'un couplage entre la phase photochimique, génératrice d'énergie, et la phase chimique utilisatrice d'énergie.

★ **Expérience 1** : La Rubis CO (Ribulose bis phosphate carboxylase oxygénase) est une enzyme qui catalyse certaines réactions chimiques spécifiques des végétaux chlorophylliens.

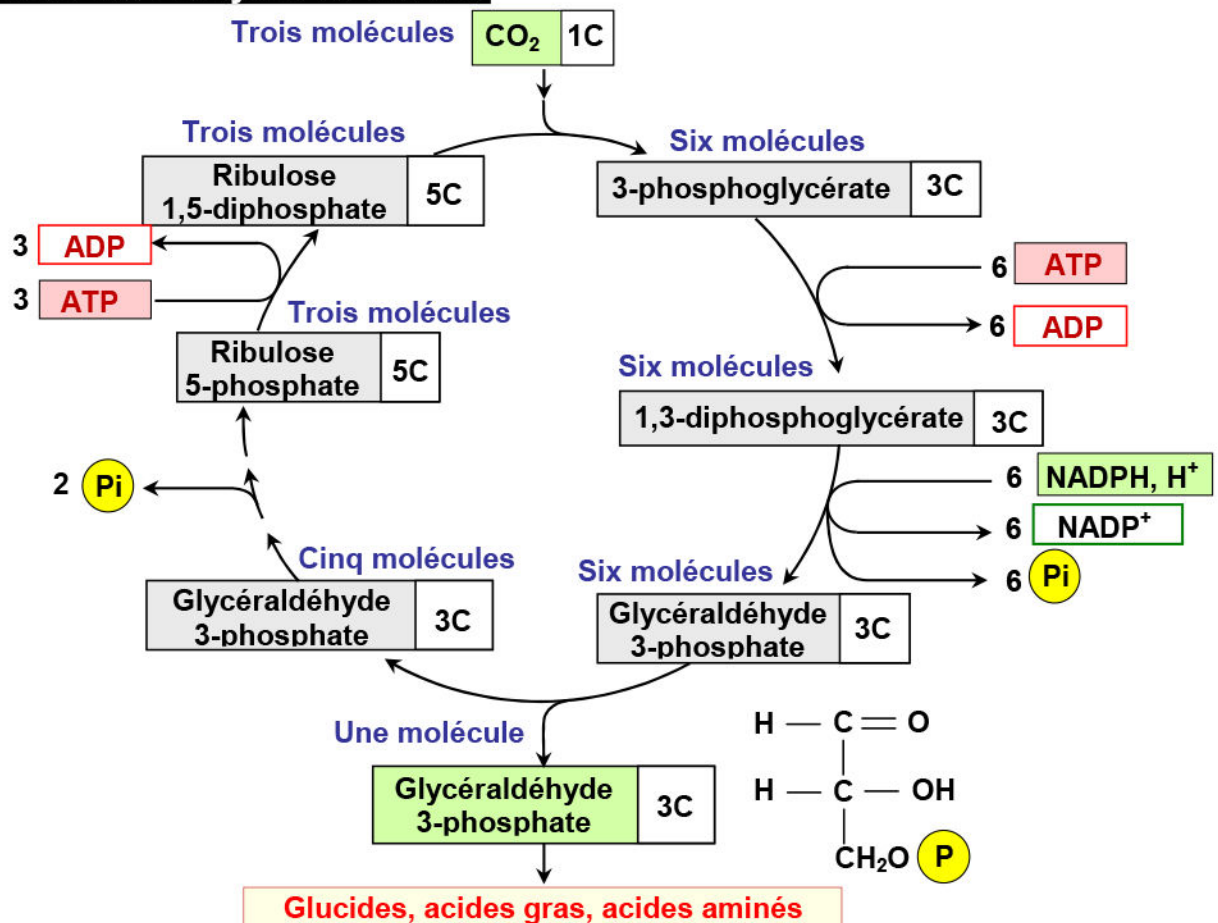
Des chlorelles, sont cultivées dans un milieu où barbote de l'air enrichi en CO_2 radioactif, la culture est éclairée en présence ou en absence de la Rubis CO.

On mesure au cours du temps les concentrations en APG et en RuBP. Les concentrations sont déduites de la radioactivité mesurée. La figure 3, présente les résultats de cette expérience.

- 3) Analysez ces résultats et déduisez le rôle de la Rubis CO.



Document 15: Le cycle de Calvin:



Le cycle de Calvin peut être divisé en trois étapes essentielles (Voir figure ci-contre):

★ L'incorporation du CO_2 dans le RuBP (①):

Cette réaction est catalysée par la Rubis CO qui incorpore une molécule de CO_2 dans un composé en C5 (RuBP) pour donner deux molécules d'un composé en C3, l'acide phosphoglycérique (APG).

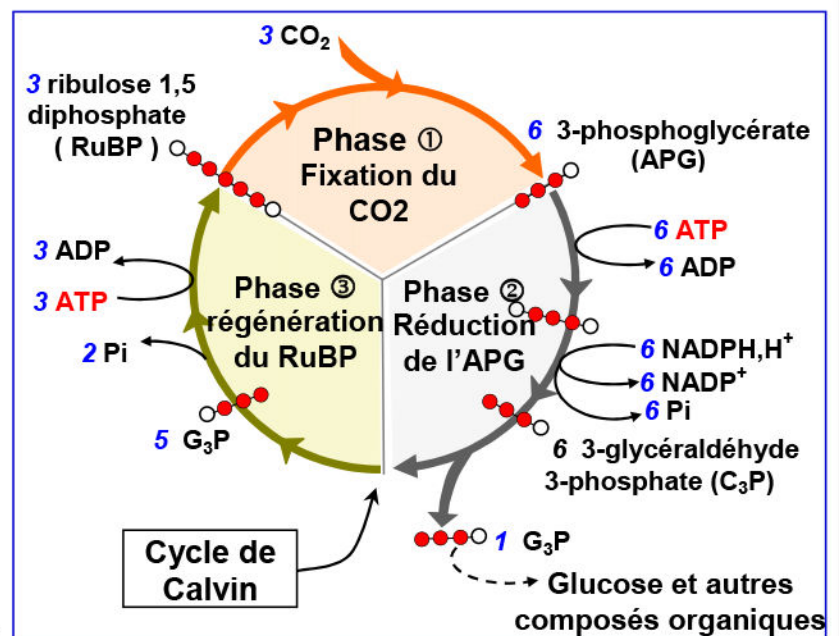
★ La réduction de l'APG en triose phosphate (G3P) (②):

La formation de 2 molécules de trioses nécessite deux molécules d'ATP et 2 molécules de NADPH, H^+ .

★ La régénération du RuBP (③):

Le G3P formé peut avoir différentes destinées, un sixième de celui-ci sera utilisé par la cellule comme composant glucidique et les cinq sixièmes restant seront utilisés pour régénérer la RuBP et poursuivre le cycle de Calvin.

La régénération du RuBP nécessite une molécule d'ATP supplémentaire par molécule de CO_2 fixé.

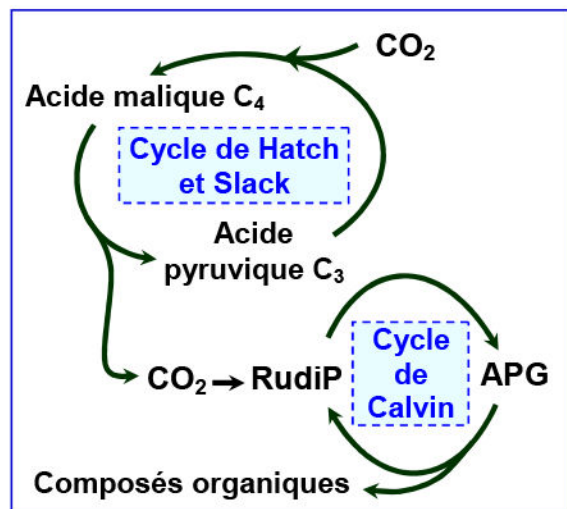


En se basant sur les données de ce document, écrire la réaction globale de la synthèse du glucose $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$.

Document 16: Incorporation du CO₂ chez les plantes en C4:

Les crassulacées constituent une famille de plantes adaptées à la vie dans les zones sèches et chaudes. Chez les crassulacées et les plantes en C₄, comme le maïs et la canne à sucre, les stomates ne peuvent s'ouvrir que la nuit pour éviter la perte d'eau; ainsi, ces plantes absorbent le CO₂ la nuit. Ce CO₂ réagit avec l'acide pyruvique à 3C pour donner l'acide malique à 4C qui s'accumule, ainsi le premier produit de l'incorporation du CO₂ est à 4C d'où le nom de plantes en C₄ (Figure ci-contre). Pendant le jour, la réaction inverse se produit, le CO₂ libéré entre dans le cycle de Calvin en présence des produits de la phase claire.

En se basant sur ces données, dégagez les caractéristiques des plantes en C₄.



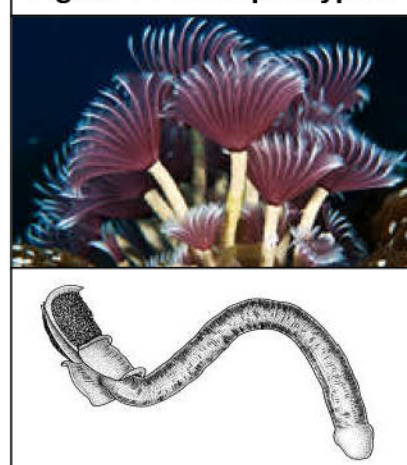
Document 17: La chimiosynthèse:

★ Dans les grands fonds marins, au voisinage des dorsales océaniques, des chercheurs ont découvert l'existence de vie animale aux alentours des sources hydrothermales, en absence de toute source lumineuse.

Comme exemple, *Riftia pachyptila* (La figure 1), c'est un ver géant qui peut atteindre plus de 2 mètres. Il vit dans un tube de chitine qu'il sécrète.

Ce ver vit en symbiose obligatoire avec des bactéries chimiosynthétiques qui utilisent l'énergie chimique contenue dans les fluides hydrothermaux que leur transmet le ver via son système sanguin. Il s'agit de bactéries Sulfo-oxydantes qui utilisent les molécules de sulfure d'hydrogène (H₂S), le dioxyde de carbone (CO₂), et de dioxygène (O₂) pour synthétiser des sucres que le ver peut assimiler.

Figure 1 : *Riftia pachyptila*



★ La bactérie *Nitrosomonas* est un genre de bactérie chimiotrophe qui se rencontre dans le sol, les eaux usées, tout particulièrement dans les zones polluées qui contiennent de hauts niveaux de composés azotés (La figure 2).

Cette bactérie oxyde des substances minérales (NH₄⁺) pour tirer de l'énergie qui lui permet de synthétiser de la matière organique:

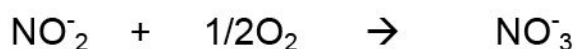


La bactérie *Nitrosomonas* utilise les électrons issus de l'oxydation d'ammoniac pour produire l'énergie.

Figure 2 : *Nitrosomonas*



★ *Nitrobacter* est un genre de bactérie, chimioautotrophe, qui se rencontre principalement dans les sols et les eaux usées. Elle joue un rôle important dans le cycle de l'azote en oxydant le nitrite (NO₂⁻) en nitrate (NO₃⁻) dans le sol (La figure 3).



Les *Nitrobacter* utilisent l'énergie venant de l'oxydation des ions nitrite, en ions nitrate, pour répondre à leurs exigences en carbone.

En exploitant les données de ce document, déduire la source d'énergie utilisée par les bactéries vivants dans les dorsales océaniques, les *Nitrosomonas* et les *Nitrobacter*.

Figure 3 : *Nitrobacter*

