

TP7- La Photosynthèse à l'échelle cellulaire

La photosynthèse a lieu dans les chloroplastes des cellules chlorophylliennes, en particulier dans les feuilles des plantes. La photosynthèse permet la production de matière organique (glucose) à partir d'eau de CO₂ et de lumière. L'équation bilan de la photosynthèse est rappelée par le document ci-contre.

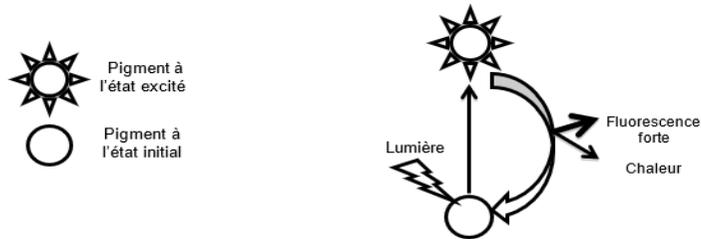
On cherche à comprendre comment l'énergie lumineuse permet la réduction du CO₂ en glucose, et comment le dioxygène est produit.

ACTIVITE 1 – Les phases de la photosynthèse

RESSOURCE 1. Conséquences de l'absorption de la lumière par les pigments photosynthétiques.

Lorsque la chlorophylle absorbe les radiations lumineuses, elle perd des électrons. On dit que le pigment passe d'un état initial stable à un état excité. Le retour à l'état initial stable est indispensable lors de la photosynthèse. Un pigment tel que la chlorophylle, excité par la lumière peut revenir à son état initial en émettant de la lumière rouge d'énergie inférieure. On parle de fluorescence. La fluorescence de la chlorophylle se traduit par **l'émission de lumière rouge** lorsque la chlorophylle brute est éclairée. Cette fluorescence correspond à une restitution d'énergie par la chlorophylle après qu'elle a absorbé l'énergie lumineuse.

La mesure de la **fluorescence chlorophyllienne** est une technique qui met en évidence l'existence d'un stress physiologique perturbant l'activité photosynthétique des plantes. En d'autres termes, en situation de photosynthèse « normale », la chlorophylle émet très peu de fluorescence.



Activité

- **Formuler le problème scientifique que pose ce constat.**
- **Eclairer** la solution de pigments chlorophylliens afin de visualiser la fluorescence des pigments photosynthétiques [schéma ci-dessus]
- **Ajouter 1 mL de solution d'accepteurs d'électrons** [réactif de Hill] puis éclairer à nouveau.
- **Schématiser**, en vous inspirant du schéma ci-dessus, ce qui se produit lors de cette seconde manipulation.

Ressource 2 — Expérience historique de Ruben et Kamen (1941) :

Dans cette expérience pionnière, l'isotope ¹⁸O de l'oxygène est utilisée comme marqueur radioactif. La proportion naturelle de cet isotope est de 0,2%

Extraits de Journal of the American Chemical Society—S.Ruben et M.D. Kamen :

« Le bilan de la photosynthèse chez les plantes vertes peut être représenté par cette équation : $CO_2 + H_2O \rightarrow O_2 + (1/n)(CH_2O)_n$, mais nous savons peu de choses du mécanisme lui-même. Il serait intéressant de savoir comment et à partir de quelle substance le dioxygène est produit (...) »

« De jeunes cellules vivantes de chlorelles sont mises en suspension dans de l'eau contenant de l'oxygène lourd (0,85% de H₂¹⁸O) et du bicarbonate de potassium ordinaire » (le bicarbonate de potassium est une source de CO₂) → **Lot 1**

« Dans d'autres expériences, les algues sont amené à effectuer la photosynthèse dans de l'eau ordinaire et du bicarbonate de potassium contenant de l'oxygène lourd (0,68% de ¹⁸O dans le bicarbonate de potassium) » → **Lot 2**

RESULTATS :

Lot	% d' ¹⁸ O dans l'O ₂ libéré (moyenne sur de nombreuses mesures)	% d' ¹⁸ O dans les glucides formés (moyenne sur de nombreuses mesures)
1	0,86 %	0,2%
2	0,2 %	0,59 %

Activité

- A partir de l'étude de l'expérience de Ruben et Kamen **démontrez que la photosynthèse se déroule en deux phases distinctes, dont vous identifierez les produits et réactifs.**
- **Précisez si chacune de ces réactions est une oxydation ou une réduction**
- **Proposez une hypothèse sur le devenir des électrons issus de l'oxydation de l'eau.**

Activité 2 – Etude de la phase photochimique de la photosynthèse

En 1937, Hill émet l'hypothèse la phase photochimique est permise par deux réactions d'oxydoréduction couplées l'une à l'autre et nécessitant de l'énergie lumineuse :

- L'oxydation de l'eau en dioxygène : $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$
- La réduction d'une substance oxydante (R) acceptrice d'électrons en une substance réductrice (RH_2) : $2\text{R} + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2 \text{RH}_2$

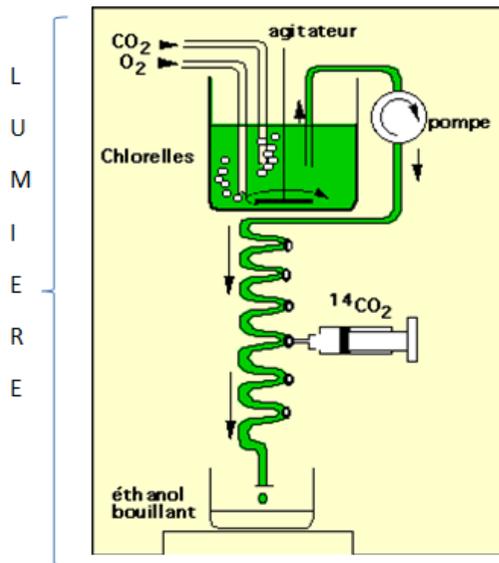
On peut donc résumer cette réaction par l'équation globale suivante : $2 \text{H}_2\text{O} + 2\text{R} \rightarrow 2 \text{RH}_2 + \text{O}_2$

- 1- Proposez une stratégie permettant de démontrer que l'énergie lumineuse et le réactif de Hill sont nécessaires à l'oxydation de l'eau.
- 2- Analysez les résultats de l'expérience

Activité 3 – Etude de la phase synthétique de la photosynthèse

Expérience de Calvin et Benson

Pour étudier les premières étapes de fixation du CO_2 lors de la phase chimique, des algues vertes microscopiques sont cultivées dans une cuve reliée à un tube en serpentin. Pendant l'expérience, la suspension d'algues s'écoule à travers le serpentin et le débit, contrôlé très précisément, détermine le temps du parcours.

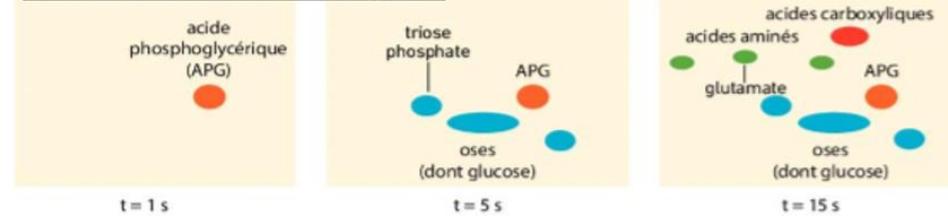


Du $^{14}\text{CO}_2$ est injecté à un certain niveau du serpentin. A la sortie, les algues sont immédiatement tuées et fixées par de l'éthanol bouillant.

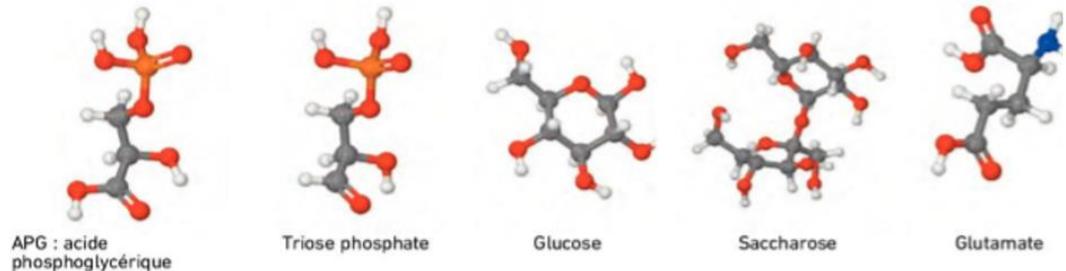
On connaît donc précisément la durée pendant laquelle elles ont été en contact avec le $^{14}\text{CO}_2$.

Les molécules organiques sont ensuite extraites puis séparées par chromatographie et identifiées par autoradiographie

résultats schématisés de la chromatographie:



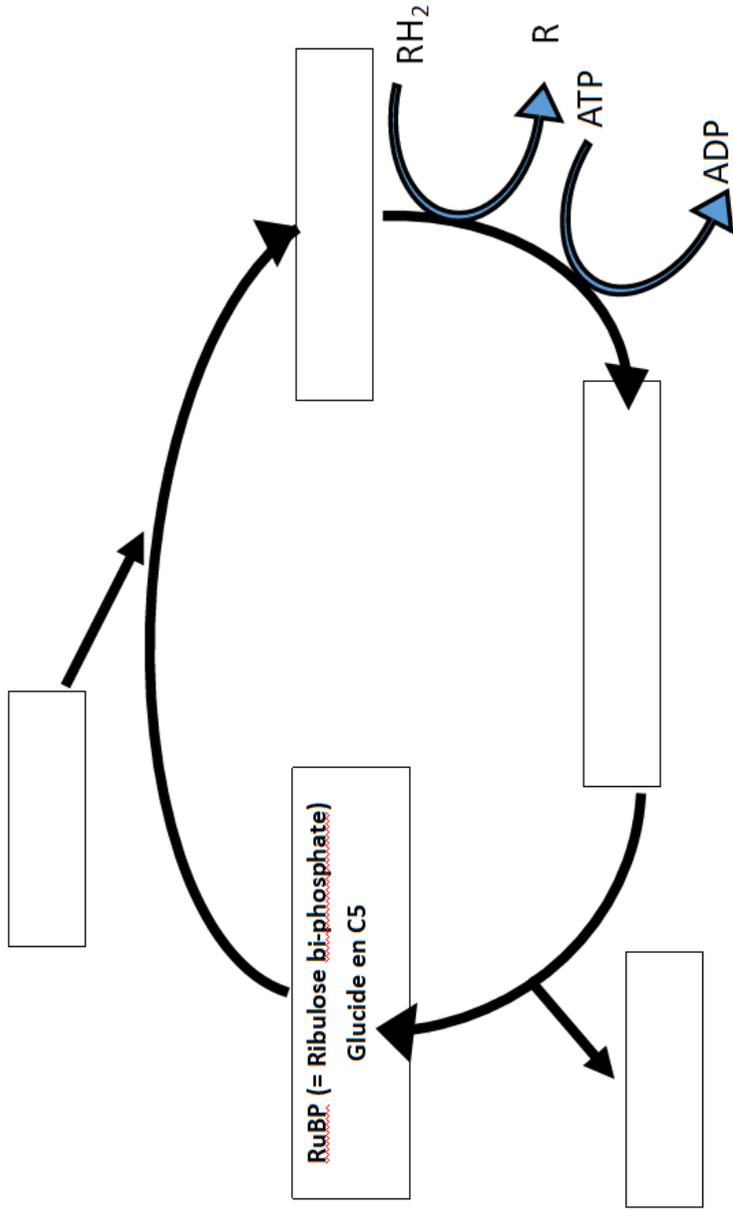
observation des molécules correspondantes:



- 1- A partir de l'expérience de Calvin et Benson, complétez le cycle de réaction de la phase chimique de la photosynthèse, appelé cycle de Calvin.

- 2- D'où provient le RH_2 utilisé ?

Cycle de Calvin



Résultats de l'expérience de Hill

