

Sciences de la Vie et de la Terre 1 Bac

Conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique et synthèse de la matière organique
Cours (Partie 3)

Professeur : Mr BAHSINA Najib

Sommaire

V- Mise en évidence des phases de la photosynthèse

5-1/ Expérience de Blackmann (1905)

5-2/ Conclusion

VI- Les réactions de la phase photochimique « claire »

6-1/ La photolyse de l'eau

6-2/ La photolyse de l'eau nécessite un accepteur d'électrons

6-3/ Destinée des électrons perdus par la chlorophylle (a)

6-4/ Conditions de synthèse de l'ATP

V- Mise en évidence des phases de la photosynthèse

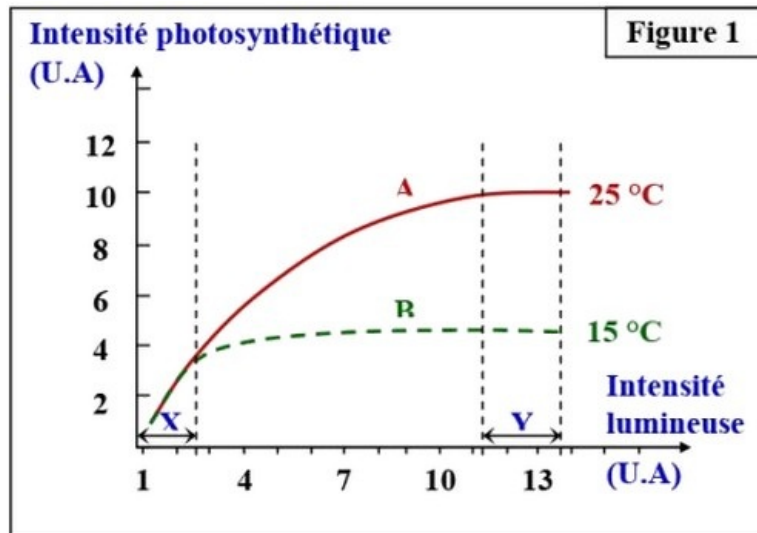
5-1/ Expérience de Blackmann (1905)

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 conduisait 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 enregistra l'impact de ces paramètres sur l'activité photosynthétique.

La figure 1 représente les résultats de cette expérience :

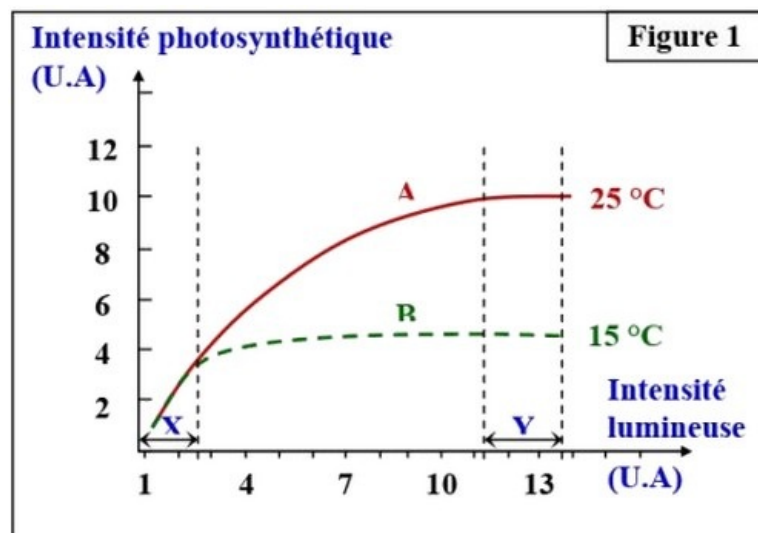


V- Mise en évidence des phases de la photosynthèse

5-1/ Expérience de Blackmann (1905)

On constate que l'activité photosynthétique augmente proportionnellement à l'éclairement pour les intensités lumineuses faibles et moyennes.

Mais qu'elle n'augmente plus au-delà d'une certaine intensité lumineuse.



Ce seuil correspond à une activité photosynthétique maximale qui varie avec la température. Il est plus élevé aux hautes températures.

Pendant la période X, l'intensité photosynthétique est indépendante de la température mais dépend de l'intensité lumineuse.

Pendant la période Y, l'intensité photosynthétique est indépendante de l'intensité lumineuse, mais dépend de la température.

V- Mise en évidence des phases de la photosynthèse

5-2/ Conclusion

La photosynthèse se déroule en deux phases:

- Une phase dépendante de la lumière, appelée phase claire ou photochimique.

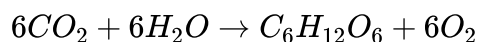
- Une phase dépendante de la température, appelée phase sombre ou thermochimique

VI- Les réactions de la phase photochimique « claire »

6-1/ La photolyse de l'eau

Introduction

Grâce à l'énergie lumineuse, les cellules chlorophylliennes produisent de l' O_2 et des molécules organiques à partir de l'eau et du CO_2 . L'équation globale de la photosynthèse s'écrit donc :



Comme hypothèse on peut dire que le dioxygène dégagé par la plante peut provenir soit du CO_2 , ou de H_2O .

Expérience de Ruben et Kamen

Pour déterminer l'origine du dioxygène (O_2) rejeté au cours de la photosynthèse, Ruben et Kamen ont mis en culture des chlorelles dans deux milieux différents, et ils ont analysé le dioxygène (O_2) rejeté.

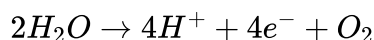
Les résultats figurent sur le tableau suivant :

Milieu	Contenu du milieu	Nature du dioxygène (O_2) rejeté
1	$CO_2^{18} + H_2O^{16}$	O_2^{16}
2	$CO_2^{16} + H_2O^{18}$	O_2^{18}

Cocnlusion

Le dioxygène rejeté au cours de la photosynthèse est issu de l'eau et non du dioxyde de carbone.

En présence de la lumière, la molécule d'eau se dissocie et libère le dioxygène (O_2), selon la réaction suivante :



Cette réaction, est une oxydation de l'eau, appelée photolyse de l'eau.

6-2/ La photolyse de l'eau nécessite un accepteur d'électrons

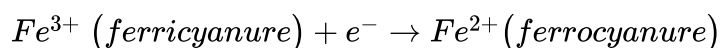
Expérience de Hill

Hill utilise une suspension de chloroplastes isolés dans un tampon sans CO_2 .

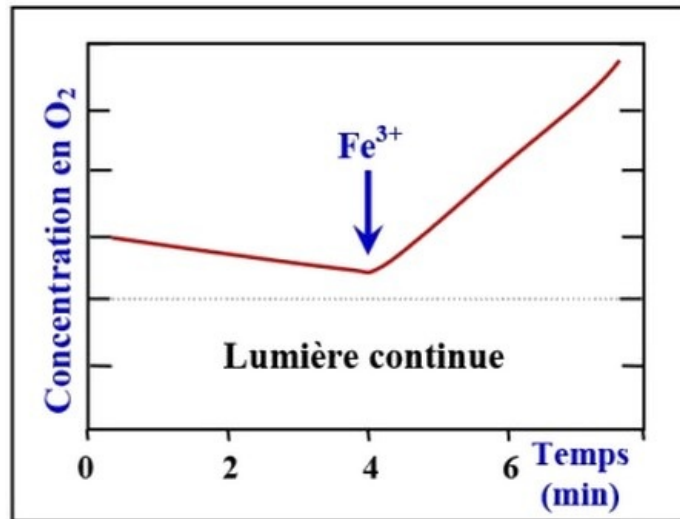
Il mesure les variations de dioxygène à l'aide d'une électrode à oxygène.

Il ajoute à la préparation un accepteur artificiel d'électrons, le ferricyanure de potassium $K_3Fe^{3+}(CN)_6$ (réactif de Hill) et travaille en lumière continue.

Le réactif de Hill se comporte connue un accepteur d'électron :



Les résultats de cette expérience figurent sur le graphe suivant :



Conclusion

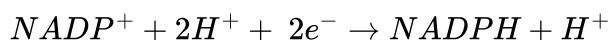
En lumière continue, les chloroplastes isolés en suspension dans un tampon produisent du dioxygène, à condition que le milieu contient une substance chimique capable de fixer des électrons (Fe^{3+}).

$2H_2O \rightarrow 4H^+ + 4e^- + O_2$	(Oxydation de l'eau)
$4Fe^{3+} + 4e^- \rightarrow 4Fe^{2+}$	(Réduction d'un accepteur)
$2H_2O + 4Fe^{3+} \rightarrow 4H^+ + O_2 + 4Fe^{2+}$	

La réaction de Hill montre que la production de dioxygène et donc la photosynthèse ne se fait qu'en présence de lumière et d'un accepteur d'électrons et de protons.

Dans les conditions naturelles de la photosynthèse, ce rôle d'accepteur d'électron est rempli par une molécule appelée nicotinamide adénine dinucléotide ($NADP^+$)

Elle présente dans le stroma des chloroplastes et qui peut accepter des électrons et des protons (H^+) suivant la réaction :



6-3/ 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 ».

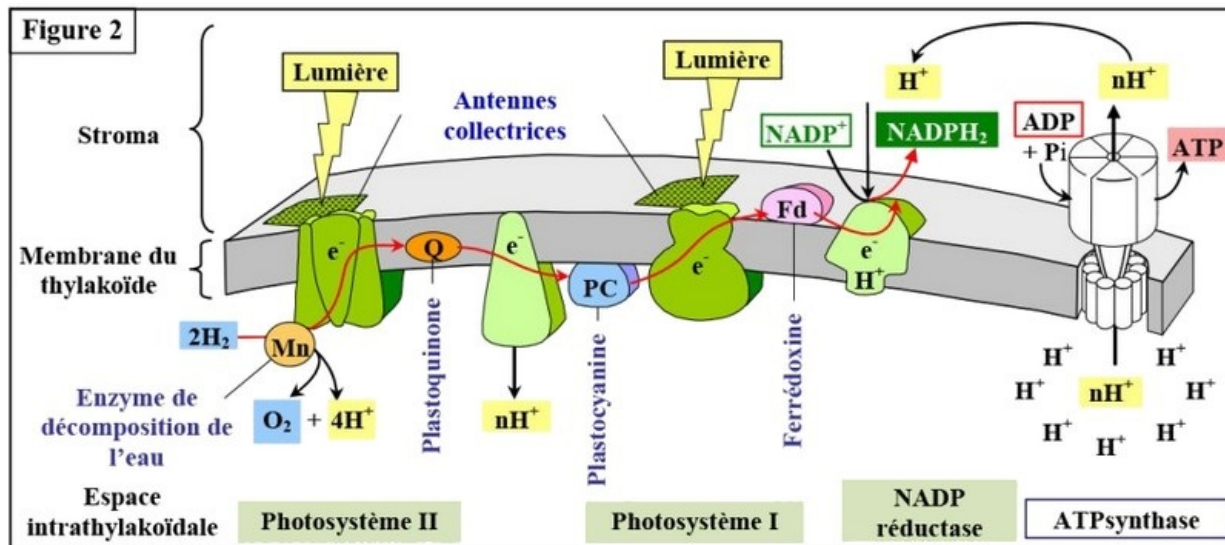
Chaque couple « redox » se caractérise par son potentiel d'oxydoréduction (E_0) qui exprime sa capacité de réduction.

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.

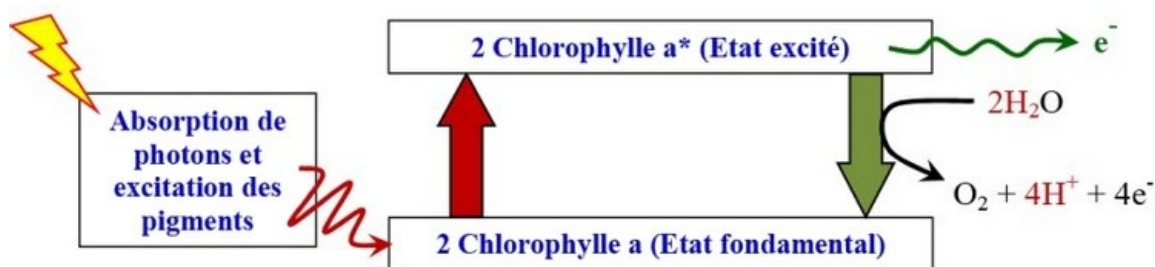
L'ensemble constitue une chaîne photosynthétique.

Le schéma montre comment les électrons sont transférés depuis la molécule d'eau jusqu'à $NADP^+$, à travers *PSII*, *PSI*, les enzymes et les transporteurs d'électrons.



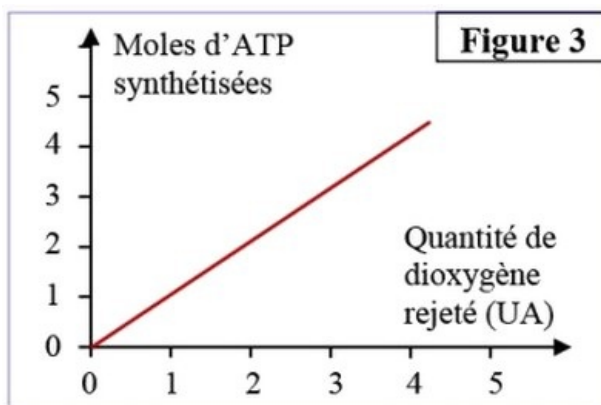
L'énergie lumineuse absorbée par l'antenne collectrice du photosystème (PS) est transmise à la chlorophylle (a) ce qui provoque une diminution de son potentiel redox ; autrement dit, l'augmentation de sa capacité à céder des électrons.

Une fois excitée, la chlorophylle (a) devient très oxydante et accepte les électrons issus de la photolyse de l'eau pour récupérer son état initial :



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 :



On constate que le nombre de moles ATP synthétisés augmente proportionnellement avec l'augmentation de l'activité photosynthétique.

On peut en conclure que l'activité photosynthétique s'accompagne de la production d'un composé énergétique appelé ATP.

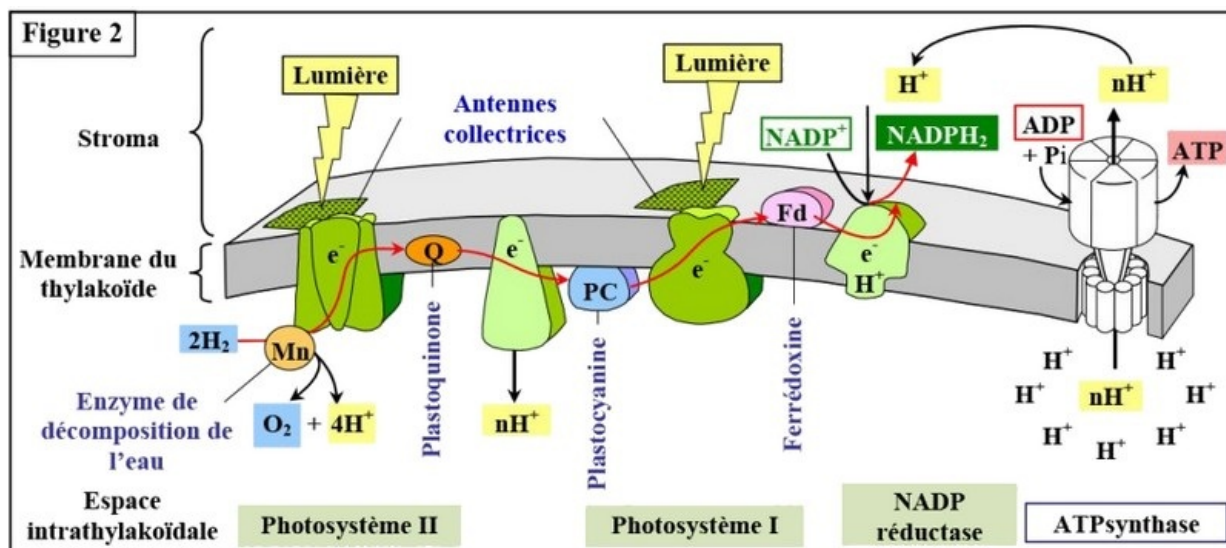
L'ATP (L'adénosine triphosphate) est une molécule organique formée de l'adénosine (ribose + d'adénine) et de trois groupements phosphate.

L'ATP est un composé 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. .

Lorsque les électrons se déplacent , une partie de l'énergie libérée catalyse le pompage les protons H^+ du stroma vers la cavité du thylakoïde, ce qui crée une différence de concentration de H^+ et une différence de pH entre le stroma et le lumen du thylakoïde, car la membrane du thylakoïde est imperméable aux protons.



Cette différence de concentration de H^+ est appelée gradient de H^+ .

Poussés par le gradient électrochimique, les ions H rejoignent le stroma en traversant les sphères pédonculées qui sont de l'ATP synthase.

On peut donc penser que 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.

6-4/ 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} (pH=8)	10^{-4} (pH=4)	Présence	Présence	Synthèse d'ATP
2	10^{-7} (pH=7)	10^{-7} (pH=7)	Présence	Présence	Pas de synthèse d'ATP
3	10^{-8} (pH=8)	10^{-4} (pH=4)	Absence	Présence	Pas de synthèse d'ATP
4	10^{-8} (pH=8)	10^{-4} (pH=4)	Présence	Absence	Pas de synthèse d'ATP

On constate que la synthèse de l'ATP ne se fait que dans le milieu 1, où il y'a présence des sphères pédonculés et l'ADP + Pi et où la concentration en H^+ est élevée dans le milieu intérieur des thylacoïde par rapport au stroma.

Le gradient de protons H crée un flux de protons qui s'effectue de la cavité du thylakoïde vers le stroma à travers les sphères pédonculées.

Ce flux entraîne la libération d'une énergie et l'activation des sphères pédonculées qui sont des ATPsynthase et qui utilisent l'énergie libérée pour la photophosphorylation de l'ADP en ATP.

Ainsi , au cours de la phase claire de la photosynthèse, l'énergie lumineuse est convertie en énergie chimique (ATP et $NADPH$, H^+).