

COURS PHYSIOLOGIE VEGETALE

HADJ ABDELKADER Fatma Zohra

Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie,
Sciences de la Terre et de l'Univers

Département des Sciences Agronomiques

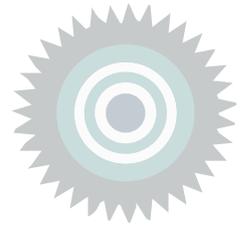
Email : fz.hadjabdelkader@gmail.com

1.0 Septembre 2024

Table des matières

Objectifs	3
Introduction	4
I - NUTRITION CARBONÉE	5
1. Photosynthèse	5
1.1. Localisation du processus de la photosynthèse.....	5
1.2. Etapes de la photosynthèse	6
2. Facteurs de l'environnement et la photosynthèse	10
2.1. Lumière	10
2.2. Teneur en CO ₂	10
2.3. Température	10

Objectifs



- **Comprendre** le rôle central de la photosynthèse dans la nutrition carbonée des végétaux.
- **Identifier** les principaux acteurs de la photosynthèse (chlorophylle, lumière, CO₂, H₂O).
- **Décrire** les étapes clés de la photosynthèse (réactions lumineuses, cycle de Calvin).
- **Expliquer** comment la photosynthèse fournit l'énergie et la matière organique nécessaires à la croissance des plantes.
- **Maîtriser** les équations globales et détaillées de la photosynthèse.
- **Analyser** les facteurs environnementaux influençant la photosynthèse (lumière, température, concentration en CO₂).

Introduction



La vie sur terre dépend de l'énergie solaire : les végétaux convertissent l'énergie lumineuse en énergie chimique. Ce processus s'appelle la photosynthèse.

Les **autotrophes** sont les producteurs de matière organique et les hétérotrophes en sont les consommateurs.

Les **photoautotrophes** utilisent l'énergie lumineuse pour synthétiser des molécules organiques à partir de CO₂ et d'H₂O.



[CH₂O] = un glucide en général



NUTRITION CARBONÉE



1. Introduction

La photosynthèse est l'ensemble des réactions qui permettent aux plantes vertes, qui contiennent de la chlorophylle, de créer de la matière en utilisant l'énergie lumineuse du Soleil, dans les conditions naturelles. Au cours de ce processus, les feuilles vertes captent du gaz carbonique et rejettent de l'oxygène.

Sous les feuilles, les stomates permettent l'évaporation d'une partie de l'eau absorbée et l'absorption du dioxyde de carbone.

2. Photosynthèse

Le principal élément nutritif intervenant dans la nutrition végétale est le carbone, tiré du dioxyde de carbone de l'air par la majorité des plantes, grâce au processus de la photosynthèse.

Les plantes non chlorophylliennes qui n'utilisent pas la photosynthèse dépendent en général d'autres plantes pour leur nutrition carbonée. C'est le cas des plantes parasites.

La nutrition fait appel à des processus d'absorption de gaz et de solutions minérales soit directement dans l'eau pour les végétaux et les plantes aquatiques, soit dans le cas des végétaux vasculaires dans la solution nutritive du sol par les racines ou dans l'air par les feuilles.

2.1. Localisation du processus de la photosynthèse

La photosynthèse se passe dans les cellules des végétaux, surtout dans le mésophylle, le tissu interne des feuilles. Le CO_2 et l' O_2 entrent et sortent des feuilles par des pores microscopiques appelés stomates.

Ces cellules contiennent des chloroplastes (environ 30-40). A l'intérieur se trouvent les thylakoïdes qui contiennent la chlorophylle.

La chlorophylle est un pigment vert qui absorbe l'énergie lumineuse.

photosynthèse des feuilles avec chloroplastes

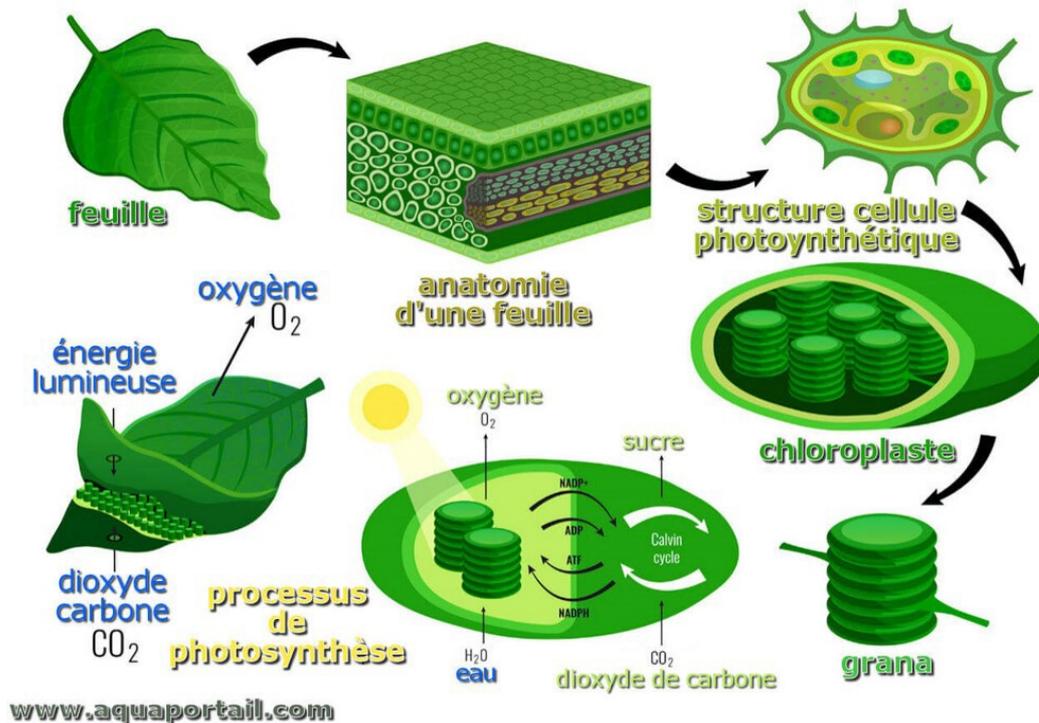


Image 1 Photosynthèse

Lumière solaire et pigments photosynthétiques

La matière peut absorber ou diffuser la lumière. Les substances des organismes photoautotrophes qui absorbent la lumière s'appellent des pigments. La chlorophylle absorbe la lumière rouge et la lumière bleue tout en diffusant la lumière verte, que nous voyons.

Spectre d'absorption des pigments des chloroplastes

La chlorophylle a absorbe la lumière bleue et la lumière rouge = longueurs d'onde efficaces pour la photosynthèse.

La chlorophylle a n'est pas seule mais est la seule capable de déclencher les réactions photochimiques.

Les pigments accessoires (**chlorophylle b** et **caroténoïdes**) absorbent aussi des photons et une partie de l'énergie est transférée à la **chlorophylle a**

2.2. Etapes de la photosynthèse

La photosynthèse se déroule en deux grandes étapes :

1) **les réactions photochimiques = les étapes qui convertissent l'énergie solaire en énergie chimique.**

La lumière déclenche un transfert d'électrons et de protons de l'eau vers le NADP⁺. L'O₂ est libéré

----> production de NADPH et d'ATP par photophosphorylation

Les réactions **photochimiques** se déroulent dans les **thylakoïdes**.

2) **le cycle de Calvin = phase de fixation du carbone**

- Pendant laquelle le CO₂ est incorporé et puis réduit pour produire un glucide.
- Ce processus utilise l'énergie chimique (ATP) et le pouvoir réducteur du NADPH.
- Le **cycle de Calvin** se déroule dans le **stroma** des chloroplastes.

Les photosystèmes

Les **photosystèmes** sont les **complexes moléculaires** capteurs de lumière dans la membrane des **thylakoïdes**. Ils sont composés de:

- **Un centre réactionnel** = un **complexe protéique** contenant **2 molécules** de **chlorophylle a** + un accepteur primaire d'électrons
- entouré de complexes collecteurs de lumière (**protéines + pigments (chlorophylle a, b et caroténoïdes)**)---> élargissement du spectre et de la surface d'absorption.

Deux photosystèmes travaillent de concert pour utiliser l'énergie lumineuse et fabriquer du NADPH + H⁺ et de l'ATP :

- **le photosystème II (chlorophylle a P680)**
- **le photosystème I (chlorophylle a P700)**, plus efficace possèdent la même molécule de chlorophylle a mais entourée de protéines différentes ---> longueur d'onde efficace différente

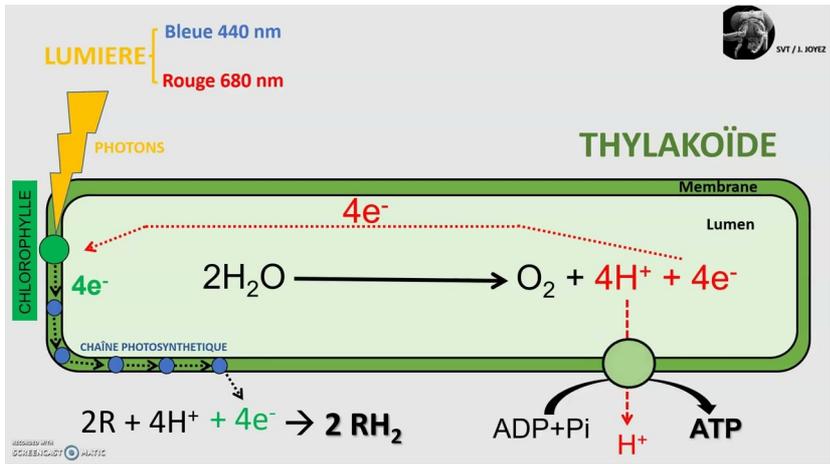
a) Phase Photochimique (Phase claire)

cette première étape correspond aux réactions photochimiques

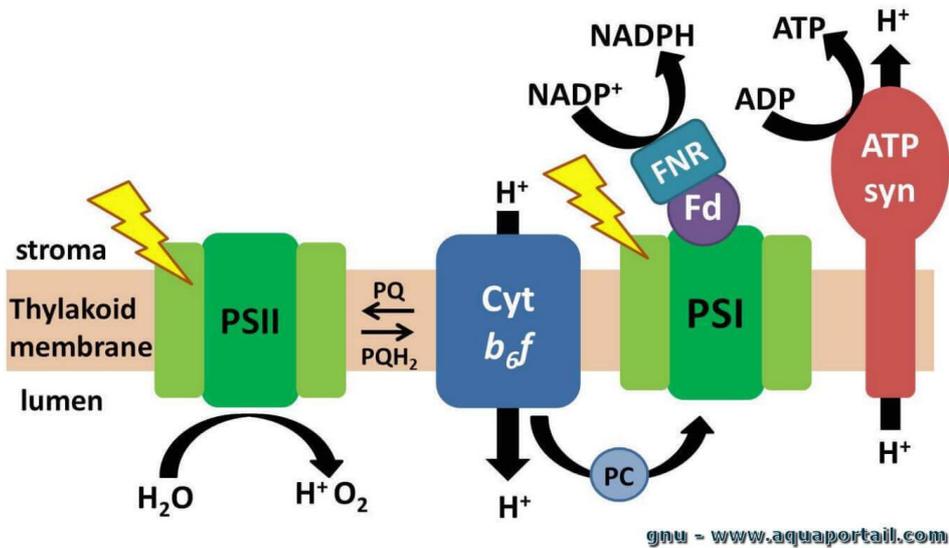
- **Lieu** : Thylakoïdes des chloroplastes.
- **Fonction** : Convertir l'énergie lumineuse en énergie chimique (ATP et NADPH).
- **Mécanisme** :
 - **Absorption de la lumière** : Les pigments (**chlorophylle a**) captent la lumière et libèrent des électrons.
 - **Chaîne de transport d'électrons** : Les électrons circulent dans une chaîne, créant un gradient de protons.
 - **Photolyse de l'eau** : L'eau est scindée, par une enzyme, en 2 protons (H⁺), 2 électrons et une molécule d'oxygène.
 - Les e⁻ sont transmis à la **chlorophylle a** pour remplacer ceux qui sont partis.
 - Deux molécules d'Oxygène se combinent pour former O₂.
 - **Production d'ATP** : Le gradient de protons entraîne la synthèse d'ATP par une **ATP synthase**.
 - **Réduction des coenzymes** : Les électrons et les protons permettent de réduire les coenzymes NADP⁺ en NADPH (une enzyme transfère 2 e⁻ sur le NADP⁺ pour former le NADPH)
- **Rôle des coenzymes** : Les NADPH et l'ATP produits alimentent le cycle de Calvin (phase sombre).
- **Bilan** : La photolyse de l'eau fournit les électrons et les protons nécessaires à la production d'ATP et de NADPH.

En résumé :

La phase photochimique est essentielle à la photosynthèse car elle transforme l'énergie lumineuse en énergie chimique utilisable par la plante. Ce processus complexe implique l'absorption de la lumière, le transport d'électrons, la photolyse de l'eau et la production d'ATP et de NADPH. Ces molécules énergétiques sont ensuite utilisées dans le cycle de Calvin pour fixer le CO₂ et produire du glucose.



Phase photochimique



Phase Photochimique 1

b) Phase Non Photochimique-Cycle de Calvin (Phase sombre)

- C'est le cycle de Calvin, il se déroule dans le stroma.
- La lumière n'est plus utile.
- L'ATP et le NADPH2 sont utilisés pour réduire le CO2 de l'air.

1) Fixation du carbone

- Le **CO2** est **fixe** sur à une molécule à 5 carbones, le **ribulose -1, 5-biphosphate (RuBP)** présent dans le stroma du chloroplaste, grâce à l'enzyme **Rubisco**.

2) Réduction d'APG

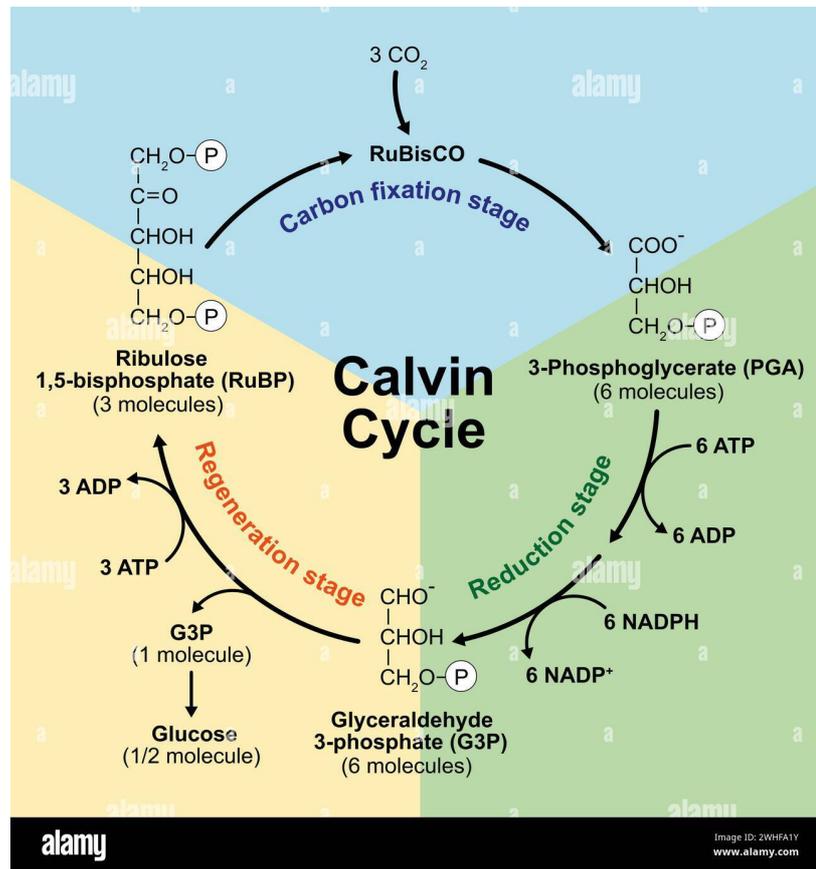
- L'ATP cède son énergie et devient ADP.
- Le NADPH2 cède son hydrogène et devient NADP.
- Il va se **former** des molécules intermédiaires conduisant à des trioses, utilisés ensuite pour la **synthèse des glucoses** puis de l'amidon (polymère de glucoses).

3) Régénération de ribulose

- Les trioses **régènèrent** aussi le **ribulose** initial.



Le cycle de Calvin convertit le CO2 en glucide à l'aide de l'ATP et du NADPH. 3 CO2 (et 3 tours de cycle) sont nécessaires pour faire un glucide à 3C (Phospho-Glycéraldéhyde PGAL) qui sera convertit plus tard en glucose.

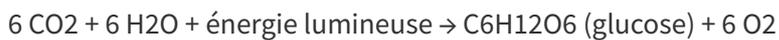


Cycle Calvin 1

c) Bilan de la photosynthèse

Bilan énergétique de la photosynthèse

Il faut six molécules de dioxyde de carbone et six molécules d'eau pour synthétiser une molécule de glucose, relâchant six molécules de dioxygène, grâce à l'énergie lumineuse.



Mais ce bilan est en fait décomposé en deux étapes successives :

- Les réactions photochimiques (phase claire) : $12 \text{ H}_2\text{O} + \text{lumière} \rightarrow 6 \text{ O}_2 + \text{énergie chimique (24 H)}$;
- Le cycle de Calvin (phase sombre) : $6 \text{ CO}_2 + \text{énergie chimique (24 H)} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ H}_2\text{O}$.

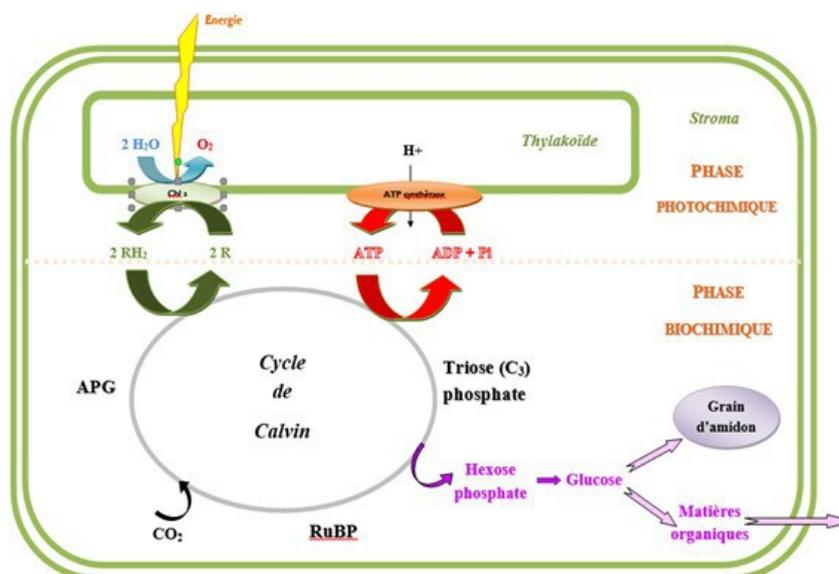


Figure : Bilan de la photosynthèse

3. Facteurs de l'environnement et la photosynthèse

La photosynthèse, processus vital pour les plantes, est influencée par de nombreux facteurs environnementaux. Ces facteurs agissent comme des régulateurs, modulant l'efficacité avec laquelle les plantes convertissent la lumière solaire, le dioxyde de carbone et l'eau en énergie chimique.

Les facteurs environnementaux les plus importants pour la photosynthèse sont :

3.1. Lumière

La quantité d'éclairement intervient et les plantes comme **les sciaphiles (plantes d'ombres)** vont accepter un faible éclairement. Les **plantes héliophiles** vont demander un éclairement plus important. Les plantes d'ombre ont des feuilles peu épaisses avec peu de parenchymes. Toutefois, les chloroplastes sont pourvus de nombreux thylacoïdes qui leur permettent de compenser ce manque de lumière.

Les plantes en C3 arrivent à saturation au tiers du plein soleil. Les C4 ne sont pas gênés par une intensité lumineuse maximale. La qualité de la lumière joue un rôle dans l'assimilation. Dans certaines serres, on ajoute certaines radiations pour améliorer les cultures

3.2. Teneur en CO₂

La concentration de l'atmosphère en CO₂ est de 0,03%.

Artificiellement, on peut augmenter la teneur en CO₂ jusqu'à 1% (au-dessus, la concentration devient toxique). C'est le principal facteur limitant de la croissance des plantes. A température élevée, les stomates se ferment, empêchant donc l'entrée du CO₂. Les stomates des plantes sont ouverts le jour et fermés la nuit (inversement pour les **CAM**)

3.3. Température

La température agit sur les réactions enzymatiques (sur la phase assimilatrice). La réaction photochimique est sensible la lumière alors que les réactions enzymatiques sont sensibles à la température.