**Chapitre 6 : Les évènements thermochimiques**

Ces **réactions thermochimiques** (= de la **phase sombre**) **se déroulent au cours de la journée**  
**Pendant la nuit**, la **photosynthèse s’arrête complètement** (réactions de la phase claire, comme de la phase sombre).

Leur rôle est de **transformer le carbone minéral en carbone organique**, par des **réactions de carboxylations**. Elles se déroulent en **plusieurs étapes** et peuvent être différentes suivant le type de plante considéré.

# Les plantes en C3

C’est le cas le **+ fréquent**. On les appelle **plantes en C3** car la **1ère molécule** qui se forme à partir du moment où la plante a fixé du **CO2** est une **molécule en 3 carbones**  
🡺 on va partir **d’une molécule à 5 carbones** où l'on va fixer le **carbone atmosphérique**.

## **La fixation du CO2**

**Voir poly**

La **molécule à 5C** est le **ribulose 1, 5 – biphosphate**. Le **CO2** se fixe sur un isomère issu de cette molécule, en présence d’une molécule d’eau. Cette réaction est **catalysée par la RubisCo** = Ribulose 1, 5 – biphosphate carboxylase. Cette fixation du CO2 va se faire sur le carbone 2. On obtient **l’acide bétacétonique** très instable qui va se scinder en **deux** **trioses** (**C3**) = **acide 3 – phosphoglycérique**.

## **L’incorporation du CO2**

**Voir poly**

Les **2 molécules** **d’acide 3 – phosphoglycérique** vont être **activées par phosphorylation** **par 2 molécules d’ATP** (car deux acides) provenant de la phase claire 🡪 **acide 1, 3 – diphosphorique**. Ces 2 molécules **vont être réduites par le NADPH2** de la phase claire sur le 1er carbone 🡪 **aldéhyde 3 – phosphateglycérique.**

**La nuit**, la **phase sombre sera interrompue** quand la plante aura utilisé toutes les réserves en ATP et en NADPH2. La phase sombre **dépend des produits formés au cours de la phase lumineuse**

## **Le cycle de Calvin**

Il a pour objectif de **régénérer la molécule de départ** (en C5 = ribulose 1, 5 – biP) pour qu’un nouveau cycle photosynthétique puisse s’enclencher.

**Voir poly**

### Régénération du ribulose 1, 5 – biP

Les **aldhéhydes 3P glycériques** **peuvent s’isomériser** sous forme de **dihydroxyacétone**.

La **1ère molécule en** **C6** est le **Fructose 6P** qui **va se scinder** **en 2 molécules** = **1 molécule** en **C2** **et 1 molécule** en **C4** qui est un érythrose. La molécule en **C2** va venir se condenser avec un aldéhyde, on obtient un **C5**. Le **C4** **va se condenser** avec un **C3**, on obtient un **C7** qui se **scinde en deux** et donne un **C2** et un **C5**. Le **C2** à **son tour va se condenser avec un** **C3** pour donner un **ribulose**

Les molécules en **C5** obtenues sont des **molécules monophosphatées**. Elles seront donc **phosphorylées** à partir d’un ATP provenant de la phase claire.

Le **fructose 6P** va servir à reproduire du **ribulose** sauf qu’un autre des objectifs de la photosynthèse est de **produire des oses**. Tous les fructoses ne sont donc pas utilisés pour régénérer le ribulose. Une partie des fructoses quitte le cycle de Calvin et va rentrer dans le cycle des hexoses.

### Voie des hexoses

**Voir poly**

Quand les **2 isomères** **se condensent**, on obtient un **fructose diphosphorylé** qui va perdre un radical phosphoryle. On a donc un **fructose monophosphate** :

* **Soit** il est **isomérisé et transformé** **en glucose**
  + Il peut être mis en réserve (la quantité de glucides produite est importante) sous forme d’amidons.
  + Une autre partie se combine avec un fructose.
* **Soit** il **se combine avec du glucose pour donner une molécule de saccharose**  
  Le glucose est combiné avec de l’UDP (base azotée). Le saccharose est la principale forme circulante de glucides à l’intérieur des vaisseaux conducteurs, c’est la molécule glucidique la plus soluble dans la sève.

## **Bilan chimique et énergétique**

Ce sont des **réactions dont le rendement est particulièrement important**.

**Voir poly**

Le **rendement de conversion** **est de 93%,** ce qui est particulièrement élevé.

# Les plantes en C4

Ce sont généralement des **plantes tropicales** (**maïs, canne à sucre, sorgho**…). Elles ne sont pas très nombreuses.

## **Particularités morpho-anatomiques**

A l’intérieur des feuilles, il n’y a **qu' 1 seul type** **de parenchyme** qui est **homogène**. Par contre, tout autour des faisceaux libéro-ligneux et des vaisseaux conducteurs, il y a une **gaine fasciculaire** **très développée** **chez** **les plantes en** **C4** (réduite dans les plantes en C3) = parenchyme autour des faisceaux libéro-ligneux.

## **La fixation du CO2**

La fixation du **CO2**va conduire à la **formation d’une molécule** **en C4**. Pour obtenir cette molécule en C4, la fixation va se faire sur une **molécule de départ en C3** = **acide phosphoénolpyruvique**, en **présence d’une molécule d’eau et en présence de l’enzyme** **phosphoénolpyruvate carboxylase**. On obtient une **molécule en C4** = **acide oxaloacétique** qui **va s’isomériser** **sous 3 formes** qui s’accumulent pendant un temps dans le parenchyme de la feuille. Ensuite ces acides vont changer de tissus, ils vont migrer dans la gaine fasciculaire.

## **Transport et incorporation du CO2**

Au niveau de la gaine fasciculaire, les **molécules en C4** vont subir **une carboxylation** = **libération de** **CO2** et on récupère une molécule en C3 = **acide pyruvique**. Ce **CO2** libéré reste à l’intérieur de la feuille, dans la gaine fasciculaire = **CO2 intracellulaire**. A l’intérieur de la feuille, dans la gaine fasciculaire, ce **CO2** va être piégé par du ribulose 1, 5 – biphosphate.

On va alors rentrer **dans les réactions du cycle de Calvin** qui se déroulent **dans la gaine fasciculaire** alors que **dans le parenchyme de la feuille** se déroule simplement la **réaction de fixation du CO2**.   
Il y a alors **production de glucides et régénération du ribulose** et de **l’acide phosphoénolpyruvique** **par phosphorylation** de **l’acide pyruvique**.

## **Bilan chimique et énergétique**

Le **rendement** est **moins important** **que pour les plantes en C3**.

**Voir poly**

Le **rendement photosynthétique** **est de 83%.**

Chez les **plantes en C4**, la **photosynthèse se déroule** **à 2 endroits différents** de la feuille (parenchyme et gaine fasciculaire).

Le métabolisme **C4** est une **adaptation à l’aridité** :

* Emmagasiner un maximum de CO2 pendant que les stomates sont ouverts (durée courte)
* « répartition spatiale des tâches » entre deux types de parenchymes (un pour la fixation et un pour l’incorporation)

# Les plantes en CAM

**CAM** = **Crassulacean Acid Metabolism**

= métabolisme découvert chez des plantes appartenant à la famille des Crassulaceae

Ce type de métabolisme est présent **dans de nombreuses autres familles** de plantes (environ 20 familles mais très peu d’espèces concernées).  
Ex : **Cactus, Ananas, Orchidées**

**+ répandu** que le métabolisme C4

Ce sont des plantes qui **vivent dans des milieux avec** **température** **élevée**

Dépendra du moment de la journée !

**La nuit :**

* **Ouverture** des stomates, même en absence d'énergie lumineuse
* **Absorption** de **CO2**
* CO2 réagit avec un composé à 3C pour former un composé acide à 4C (acide malique)

**CO2 + C3 🡪 C4** (acide malique)

* L’acide malique s’accumule dans les cellules au cours de la nuit

**Le jour :**

* **Fermeture** des stomates (limitation des pertes en eau)
* L’acide malique est **converti en un composé à 3C et en CO2**🡺 cycle de Calvin

Même métabolisme que les C4 mais un seul acide et c’est le même parenchyme qui fait le travail = il fixe le CO2 la nuit et l’incorpore la journée. La répartition des réactions thermochimiques n’est pas spatiale mais elle est temporelle. Elle permet ainsi une répartition des tâches et de garder un rendement photosynthétique suffisamment élevé.

**STOPPE RÉVISIONS POUR EXAM 1**

# La photorespiration

## **Conditions de réalisation, définition, mise en évidence**

#### LA fonction oxygénase de la RuBisCO

* **Double affinité** de la RuBisCO :
* Pour le **CO2**
* Pour **l’O2**
* **Affinité** **+ élevée** pour le **CO2**
* Chez les plantes en C3, la RuBisCO **n’est pas** **saturée** par le **CO2** pour les concentrations atmosphériques (**0,037%**)
* Compétition avec **l’O2****en concentration** **bien + élevée** dans l’air (**21%**)

#### La photorespiration ou cycle de TOLBERT

* **Fixation** de **l’O2** sur le **ribulo 1,5 – diphosphate** par la RuBisCO, **à la place** du **CO2**
* Permet la **régénération d’une molécule** **d’APG** qui **peut ainsi servir au cycle de Calvin** et la **formation d’une molécule** de **phosphosglycolate + acide phosphoglycolique**
* **Concurrence la photosynthèse** en utilisation la même **enzyme**
* **S’arrête pendant la nuit**

**Voir poly**

#### La respiration

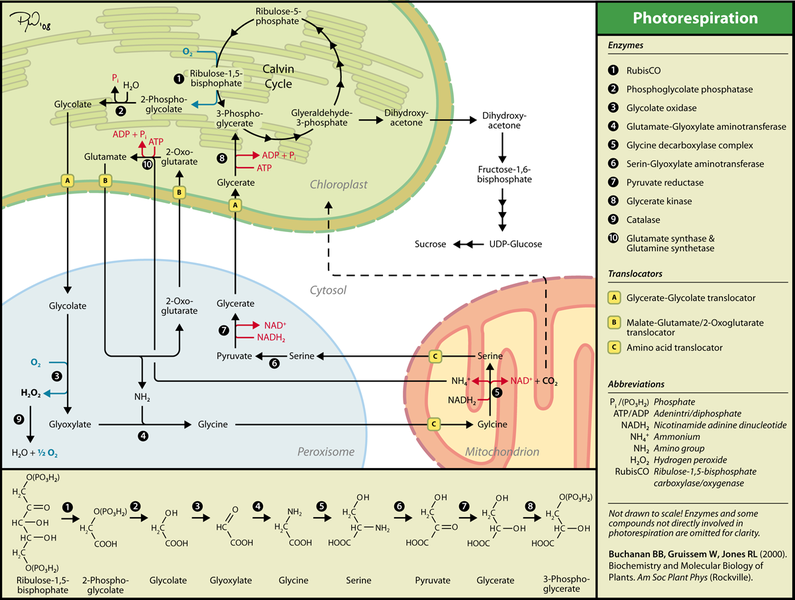
* A lieu **dans les mitochondries**
* Mécanisme de la **chaine respiratoire**   
  = la **phosphorylation oxydative** (théorie chimiostatique de Mitchell)
* Emission de **CO2**, **indépendante de la lumière**
* « **dark respiration** » 🡪 mécanisme non dépendant de la lumière

#### Mise en évidence de la photorespiration (=PR)

* L’émission de **CO2** **augmente** à la lumière
* La **respiration mitochondriale** ou « dark respiration » se réalise à la lumière comme à l’obscurité, avec la même intensité
* La plante possède une autre respiration dépendante de la lumière = **la PHOTORESPIRATION** qui concurrence la photosynthèse
* Si le rapport **O2/CO2** **< 2%** **pas de** **photorespiration**  
  Si le rapport **O2/CO2** **> 20%** **photorespiration** **très active**

## **Réactions mises en jeu**

Les réactions se déroulent dans trois compartiments cellulaires :

* **Chloroplaste** 🡺 point de départ
* **Peroxysome** 🡺 molécules oxydantes
* **Mitochondrie**

……. On libère aussi du CO2, sert à faire fonctionner le cycle de Calvin

**Voir poly**

**Pas de fixation du** **carbone**, **pas de** **formation** **de glucides**. La **photorespiration** **diminue** **le rendement de la photosynthèse.**

#### Pourquoi ce « défaut » de la RUDP carboxylase ?

= probablement un vestige de l’époque où l’atmosphère de la planète était pauvre en O2 et riche en CO2

## **Rôle dans la cellule**

#### Bilan

**Dark respiration**

* **Perte de** **40 à 50%** **de la photosynthèse** journalière d’une plante = **40 à 50%** **du CO2** **assimilé**
* **Processus indispensable** 🡺 **perte normale**

**Photorespiration**

* **Perte de 30%** **de la photosynthèse journalière** d’une plante = **30%** **du CO2** **assimilé**
* Gaspillage énergétique ?
* **Synthèse d'AA** : **sérine**
* **Photo-protection** = quand les **éclairements** sont **particulièrement intenses**, **l’activité photosynthétique** est **+ intense** alors **la plante fabrique** **d’autant +** **d’O2** qui, lorsqu’il **s’accumule**, **se transforme** **en radicaux** (oxydants très puissants 🡪 condenser avec de l’hydrogène et former de l’eau oxygéné = **peroxydes**) **toxiques** pour les végétaux, une partie est donc utilisée dans la **photorespiration** pour **éviter l’intoxication** de la plante.

#### Bilan

**Plante en C3**

* Dégagement de CO2 lié à la respiration **significatif** (RuBisCO non saturée par le CO2)

**Plante en C4**

* Gaine périvasculaire   
  CO2 de la photorespiration **piégé par la PEPcase** et restitué au chloroplaste avant sa sortie de la feuille
* **Recyclage du CO2**
* **Plus grande efficacité des C4**
* Dégagement de CO2 lié à la photorespiration **réduit voire inexistant**

# Dégagement de l’augmentation des GES

## **Mécanisme de l’effet de serre**

#### Définition

* Phénomène thermique naturel à l’origine de la température à la surface d’une planète comme la Terre
* Il permet d’avoir une température moyenne sur Terre de 15°C contre -18°C si cet effet de serre n’existait pas.
* Il est indispensable à la vie sur Terre.

L’effet de serre est lié à la présence d’une atmosphère qui est essentiellement composée de CO2 et de vapeur d’eau. L’atmosphère se comporte comme une vitre, c’est-à-dire que le rayonnement solaire réfléchi par la surface de la Terre vient se heurter contre l’atmosphère terrestre (une partie filtre au travers) et la plupart du rayonnement est absorbé par l’atmosphère (rayonnement à infrarouge particulièrement) qui se réchauffe et qui restitue sa chaleur à la Terre.

*Voir poly*

#### Emission de gaz à effets de serre

Augmentation des concentrations en gaz à effet de serre

* Augmentation de la température moyenne du globe de 1 à 4°C d’ici 100ans
* Le cycle de l’eau risque d’être perturbé par ces changements
* Impact sur le climat terrestre

## **Effets de l’augmentation du CO2 atmosphérique**

**Voir poly**

Les plantes en C3 sont capables de gérer une quantité de CO2 plus importante que les plantes en C4. Cela n’est valable que pendant un certain temps.

* Photosynthèse des espèces en C3 fortement stimulée
* Photosynthèse des espèces en C4 peu modifiée
* La stimulation décroit au cours du temps (sans doute de façon différente selon les espèces et les conditions du milieu

**Les plantes en C3 semblent les plus aptes à bénéficier d’une stimulation prolongée de la photosynthèse.**

**Accroissement de la compétition (C3/C4)**

* Fermeture partielle des stomates plus marquée chez les plantes en C4 que chez les plantes en C3
* Baisse de l’évapotranspiration de 10 à 30% (couvert fermé) plus nette en forêt qu’en prairie

**Possibilité pour les plantes d’occuper des endroits + secs**

**Plus fort échauffement de la végétation**

**Extinction d’espèces (sûrement plus rapide que l’apparition d’espèces ou d’écotypes nouveaux)**