Métabolisme primaire (par opposition à métabolisme secondaire) nécessaire à la survie d’une cellule.

### Structure d’un chloroplaste

## 

## La photosynthèse

1. La production d’ATP et NADH par l’utilisation de la Lumière et d’eau.
2. Le cycle de Calvin qui est le processus de fixation du carbone. Il a lieu dans le stroma.

Photolyse de l’eau dissociation d’une molécule d’eau par la lumière.

Calcin cycle du carbone a lieu dans le stroma

# Phase photochimique

La phase photochimique correspond à récupérer et rendre exploitable l’énergie transportée par les photons pour pouvoir produire :

* NADP+ en NADPH. Son pouvoir réducteur en fait une molécule utilisé pour les réactions anaboliques.
* Contribue à l’acidification de la lumière des thylakoïdes. Le gradient de protons est ensuite dissipé pour transformer l’ADP en ATP.

Rmq : NADP ressemble au NAD avec un groupement phosphate.

Il existe deux types de photosynthèse en présence au en absence d’oxygène :

|  |  |
| --- | --- |
| photosynthèse oxygénique | photosynthèse anoxygénique |
|  |  |

Radiation photosynthétique active ensemble des longueurs d’ondes utilisée par la plante.

Photosystème qui agissent

1. Photosystème II : qui un premier réducteur :
   1. Électrolyse de l’eau production oxygène-gradient H+.
   2. Le gradient de H+ est dissipé pour produire ATP.

Le réducteur s’oxyde pour réduire une

1. I : Transfert électron pour réduction NADP

Rmq : L’énergie des photons est captée par des molécules spécialisées, les pigments, au niveau de deux photosystèmes.

## Les pigments

Les pigments sont regroupés au sein de structure appelée antenne collectrice. Il existe deux grandes familles de pigments :

|  |  |
| --- | --- |
| Chlorophylle | Caroténoïde |

Les algues utilisent des pigments supplémentaires pour réaliser la photosynthèse car le milieu aquatique modifie les propriétés de la lumière. Ils sont formés de Complexe protéines et pigments Associés à des phycobiliprotéines phycobiline.

### Les caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des molécules lipophiles présente dans les membranes des thylakoïdes. Elles sont fabriquées dans les plastes à partir de terpène. Leur pic d’absorption se situe à 450 nm.

### Les chlorophylles

Les pigments chlorophylliens sont composés :

* Un noyau porphyrine hydrophile qui en sert un ion magnésium (Mg2+) dans le stroma
* Une queue phytol hydrophobe qui est ancrée dans la membrane des thylakoïdes.

Il existe quatre types de chlorophylle :

|  |  |
| --- | --- |
| Type de chlorophylle | Présence |
| A | Universelle |
| B | Plantes et algues vertes |
| C1 et c2 | Algues brunes |
| D | Algues rouges |

Les différences de comportement des types de chlorophylle face à la lumière est fortement dépend d’un se situe au niveau des groupements en périphérie du noyau. Par exemple, entre la chlorophylle a et b.

Par exemple, pour les deux types de chlorophylles les plus présentes càd a et b, une différence dans un groupement du noyau : -CH3 et CHO modifie les pics d’absorption :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Type de chlorophylle | Bleu | Rouge |
| A | 430 nm | 662 nm |
| B | 454 nm |  |

### Excitation de la chlorophylle

Un changement de l’état énergétique se produit dans la molécule de chlorophylle lorsqu’un photon bleu ou rouge entre en contact avec la molécule.

Lorsqu’une chlorophylle reçoit un photon de couleur bleu qui contient plus d’énergie qu’un rouge alors il libère une partie de l’énergie sous forme de chaleur pour se ramener à l’énergie d’un photon rouge.

Rouge

Sa à sb vous forme de chaleur

Il existe trois possibilités pour revenir à l’état initial càd pour dissiper l’énergie et revenir à une configuration stable :

* Fluorescence càd par l’émission d’un photon de plus faible énergie que celui reçu.
* Par résonnance. L’énergie est transférée à la molécule suivante.
* Photochimie cède un électron.

Rendement de transfert vers la chlorophylle A

Complexe photosynthétique centre dimère de chlorophylle A

Efficacité de la photosynthèse dépend de :

|  |  |
| --- | --- |
| La lumière | La concentration de CO2 |

Rmq : Le facteur limitant dans l’activité de photosynthèse est le CO2 qui ne constitue que 3% de l’air.

Photosynthèse net production d’oxygène moins sa consommation par la respiration cellulaire.

Rmq : La photosynthèse net se mesure en suivant l’évolution de la concentration de CO2 ou celle d’O2.

Point de compensation seuil à partir duquel la photosynthèse net devient positive.

Les plantes ne sont pas toutes efficaces pour réaliser la photosynthèse. Cela dépend notamment de leur mode de vie. On distingue les plantes

|  |  |
| --- | --- |
| D’ombre | De lumière |

Rmq : Les plantes d’ombre ont un point de compensation inférieur à celle de lumière mais la valeur maximale est inférieure.

Certaines plantes ont développé des adaptations pour pallier le manque de CO2.

## La photosynthèse oxygénique

Le CO2 joue le rôle d’accepteur d’électrons. Il est possible de réaliser la photosynthèse sans CO2 en utilisant un autre réducteur comme Fe3+.

Deux systèmes photosynthétiques :

1. Secondaire (P780) électrolyse deux molécules l’eau et son oxydation. Consiste faire gagner de l’énergie potentiel aux électrons.
2. Primaire (P700) transfert d’électrons pour réduire NAD+ en NADH.

Rmq : les herbicides sont des inhibiteurs de la chaîne de transport des électrons.

## Photosystème II

La longueur d’onde pour réaliser une oxydation de l’eau est comprise entre 660 et 680 nm.

Le photosystème II est composé de trois parties :

* Une antenne collectrice de photons
  + 1 périphérique (ou distale) libre qui navigue dans la membrane des thylakoïdes et peut aller sur le complexe I.
  + Seconde interne.
  + Antenne pigment + protéine
* Centre réactionnel 2 sous unité dimère D1 et D2.
* Complexe d’oxydation de l’eau situé lumière des thylakoïdes associé à un atome de manganèse (Mn).

Le Fonction du site réactionnel

1. Chlorophylle reçoit la lumière cède électron.
2. PSII 2H20 🡪 oxydé cède un électron à 02+H+4é
3. Retiré les électron complexe d’oxydation vient compenser la perte
4. 4 électrons de l’oxydation de l’eau viennent t1 à 1 produit 3 émissions de photons pour l’étape est lieu.

N’est pas immédiate

1 centre successive 4 électrons avait de pouvoir permettre l’oxydation de l’O2

Fonction du PSII

Seuil déclenchement

16 monomère de chlorophylle associé en 8 antenne (dimère)

## Photosystème I

Le photosystème I est constitué de :

* Une antenne collectrice
* Un centre réactionnel constitué d’un dimère de chlorophylle

Ferrédoxine réduction NADP en NADPH.

Plastocyanine régénération des électrons du centre.

L’interaction a lieu des protéines d’amarrage.

## Coordination de l’activité entre les photosystèmes I et II

Le 2 photosystème fonctionne à vitesse similaire

Transfère

L’activité des photosystèmes est coordonnée par l’intermédiaire de l’a concentration de PQH2. Sa quantité

Deux mécanismes de régulent augmente l’activité PSI augmente PSII diminue

Diminue l’activité PSI baisse PSII augmente

Plastoquinone accepteur final II

Complexe cytochrome b6-f transport d’électron

PQH2 cède électron 2 par 2 électrons au cytochrome en ct B

Plastocyanie accepteur 1 par 1

II plastoquinone (PQ+2é+PQH2)

Photosystème I

Régulation de l’activité

Accepteur final et la ferrédoxine

Régénération grâce à la plastocyanine relié à des protéines périphériques. système périphérique.

La photosynthèse est composée de deux phases :

* Photochimique. Elle doit permettre de produire de l’énergie sous forme de NADPH et de l’ATP pour les besoins de la plante et notamment la fixation du carbone.
* Le cycle de fixation du carbone ou de fabrication des glucides appelé aussi cycle de Calvin.

# Phytochimique

La phase photochimique permet de produire du NADPH et de l’ATP utilisé notamment dans le cycle de Calvin pour produire des sucres, un des quatre principaux constituants du vivant.

La phase photochimique est réalisée par les photosystèmes I et II. Ils sont formés :

* D’un complexe du centre réactionnel. Il est constitué de deux molécules de chlorophylles de type a sans magnésium. Elles transfèrent et réduisent un accepteur primaire d’électrons càd un lui transmette un électron de haute énergie.
* De plusieurs complexes collecteurs de lumière constitués d’environ 200 à 300 pigments. Ils permettent d’avoir un spectre et surface d’absorption plus importante.

## Les pigments

Le spectre de lumière exploitée lors de la photosynthèse est contraint par l’utilisation de longueurs d’ondes :

* Supérieur à 380nm. En dessous de cette longueur d’onde, la lumière est filtrée par l’atmosphère et est néfaste pour les cellules.
* Inférieur à 750nm. Au-dessus, les ondes sont absorbées par l’eau, un constituant présent en grande quantité dans les organismes.

### Fonctionnement des pigments

La photosynthèse débute lorsqu’un pigment absorbe un photon. Un de ses électrons passe sur une orbitale avec une énergie potentielle plus élevée. Pour être absorbé, les photons doivent apporter l’énergie équivalent à la différence d’énergie entre l’état fondamental et excité.

Rmq : l’énergie d’un photon est sa longueur d’onde. Les photons verts ne sont pas absorbés car leur énergie ne correspond pas à la différence.

Rmq : Chaque molécule n’est capable que d’absorber des longueurs d’onde précises.

L’état excité est un état instable. Les électrons reviennent à l’état fondamental en libérant le surplus d’énergie sous forme :

* De chaleur
* Lumière. Par exemple, un concentré de chlorophylle émet de la lumière rouge avec une longueur d’onde plus grande que le photon reçu (fluorescence).

C’est parce que la chlorophylle est associée à d’autres protéines dans la cellule qu’elle n’émet pas de lumière.

### Caroténoïde

Les caroténoïdes sont des pigments additionnels.

Impliqué dans la photoprotection en dissipant le surplus d’énergie. Elle évite l’interaction entre les photons et l’oxygène molécules oxydantes dangereuse.

Le caroténoïde est apparenté aux pigments présent dans notre œil.

## Fonctionnement de la phase photochimique

La photosynthèse se déroule :

Photosystème II

1. Excitation des pigments par la lumière. L’énergie se propage vers le complexe du centre l’excitation. L’électron excité transmet son état à un électron de la molécule voisine et retrouve son état fondamental.
2. P680 transfert un électron à l’accepteur primaire. Il devient alors P680+.
3. Une enzyme construite autour de ions Mn (Manganèse) transfert les électrons de l’eau un par un vers P680+ () pour combler la charge manquante. Rmq : P680+ est l’oxydant biologique le plus fort.
4. L’accepteur primaire du photosystème cède son électron à la chaine de transport constitués d’une succession de plastoquinones (Pq), complexe de cytochromes et d’une plastocyanine (Pc), une molécule mobile.
5. Durant leur trajet les électrons font fonctionner des pompes à protons au niveau des cytochromes. Elles concentrent les H+ du stroma dans la lumière du thylakoïde. Le gradient de H+ créé servira à la chimiosmose pour produire de l’ATP grâce aux ATP synthases.

Photosystème I

1. L’énergie lumineuse active PSI de la même façon que PSII. L’accepteur primaire est la ferrédoxine (Fd) qui transmet l’électron a une chaine de transport. Rmq pas de production de gradient H+.
2. La chaine conduit la ferrédoxine à la NADP+ réductase qui catalyse le NADP+ en NADPH. Cela contribue à une baisse de la concentration de H+ dans le stroma.

## Le transport cyclique du photosystème I

Le transport cyclique est PSI le transport cyclique (circuit fermé)

Ferrédoxine cède son électron au cytochrome puis vers PSI avant de revenir à la ferrédoxine. Génère de l’ATP.

L’apparition du transport cyclique semble précéder celui de

Le transport cyclique semble être apparu en premier au cours de l’évolution. Certaines Bactéries possède uniquement le PSI pour synthétiser l’ATP dont elles ont besoin.

Les plantes dépourvues de ce système poussent sous faible lumière mais Il semble que le transport cyclique est un rôle de photoprotecteur servant à dissiper le surplus d’énergie de la photosynthèse.

Il existe des ressemblances entre les mitochondries et les chloroplastes même si le principe de création du gradient est différent :

* NADPH+H+ et l’ATP sont produits dans le stroma où a lieu le cycle de la synthèse des glucides (Calvin).
* Les réactions se déroulent dans la membrane.

Produit des molécules à 3 atomes de carbones 3 phosphoglycéraldéhyde (PGAL) 3moles de CO2

1. Le CO2 est ajouté à la ribulose di phosphate (5C)
2. Enzyme rubilose di phosphate carboxylase/oxygénase. Elle catalyse la réaction mais ne distingue pas le CO2 du O2. Dans.
3. C’est l’enzyme la plus abondante sur Terre.

## Synthèse d’ATP

L’acidification du lumen est utilisée pour synthétiser de l’ATP. Les protons sont ATP synthase machine moléculaire

Qui possède deux domaines :

|  |  |
| --- | --- |
| Intra membranaire | Extra membranaire (dans le stroma) |

3 sites de catalyse de l’ATP

La structure diffère légèrement entre l’espèce mais le principe reste le même. Le rotor poussé par les protons modifie successivement des trois sites de catalyse en changeant leur conformation. Il passe d’ouvert, à relâché, puis à fermer.

Un tour nécessite 10 protons et produit une molécule d’ATP. Une ATP synthase tourne 130 fois par seconde.

Rotor et stator (de sous unité B et A)

# Métabolisme secondaire

Métabolite molécule produite par le métabolisme.

Les végétaux disposent d’un métabolisme n’ont essentiel à leur survie appelé métabolisme secondaire par opposition au métabolisme primaire qui est vital. D’importantes disparité existe entre les espèces.

Plus de 200 000 métabolites liés au métabolisme secondaire ont été recensés.

Ils servent principalement à :

* Repousser les prédateurs ou les organismes nuisibles et se défendre contre les agressions.
* Compétition entre avec les autres plantes.
* Favoriser la symbiose avec d’autres organismes (bactéries, champignons, pollinisateurs…)

Il existe trois types de métabolites secondaires :

* Composés phénoliques ou les polyphénols issus de la voie de l’acide shikimique et acétate/malonate).
* Les alcaloïdes ou les composés azotés qui dérivent des acides aminés.
* Les terpènes dérivés de l’isopentényl pyrophosphate (IPP), une molécule à 5C.
* Les glycosides qui contiennent une molécule de sucres

Composée phénoliques Synthétiser en réponse au stress

Terpènes nature volatile et une forte odeur photo protection.

Alcaloïdes toxiques

# Le métabolisme carboné

## La phase biochimique d’assimilation du CO2 (ou cycle de Calvin)

La phase biochimique d’assimilation du CO2 a lieu dans le stroma. Elle permet de récupérer le carbone d’une molécule de CO2 pour la fabriquer une molécule organique. forme un cycle càd qu’une partie du produit est réutilisé pour renouveler la réaction.

La phase est composée de trois parties :

1. Carboxylation. Le carbone est ajouté à un ….
2. Réduction. 1/6 du produit quitte du cycle sous forme de sucre et 5/6 est utilisée pour régénérer le substrat.
3. Régénération.

### La carboxylation

La carboxylation est réalisée par la lumière par l’intermédiaire de la Rubisco.

Le pH

Le flux de Mg+ lumière créé un flux de Mg+

La concentration de CO2 augemente active

Protéine activatrice qui active la Rubisco en transfomant le groupement NH3+ d’une lysine en N-COO- lorsque le milieu est basique.

La rubsico activase doit être RuBP du site actif rubisco ne fonctionne pas.

### La réduction

La réduction se :

1. Le transfert d’un groupement phosphate d’ATP vers APG.

La réduction de NADPH

La régulation du cycle de Calvin se fait par

Inihbiteur : DCMU et DTT utilisé en laboratoire qui bloque la chaine de transfert d’électrons.

Le cycle du C2 du glycolate (photorespiration)

O2 augmente du point de compensation

Point de compensation le rapport entre la concentration de O2 produite et celle du CO2

Photorespiration processus qui produit du CO2 et qui dépend de la lumière.

Lié à la rubilose 1,5 appelé rubisco bi phosphate carboxylase/oxygénase (appelé rubisco). Elle est bifonctionnelle. Elle fixe sur un ribose bi phosphate soit :

|  |  |
| --- | --- |
| CO2 | 02 |

La rubisco représente 50% de la proportion des molécules foliaires ce qui en fait la protéine la plus présente.

L’enzyme a beaucoup plus d’affinité pour le CO2 que pour le O2.

La probabilité de liaison avec le substrat dépend de la concentration en CO2. Ainsi on considère qu’en condition standard en 1/3 de fixation au 02.

Dans l’atmosphère actuelle, il y a environ 21% d’oxygène et 0,3% de CO2.

La concentration dépend de la solubilité des gaz qui dépend de :

La température. Elle diminue plus vite pour leCO2

Différence entre la photorespiration et la

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| CO2 | 2APG |  |
|  | 1APG+1 (2-polycolate) |  |

La polycolate est exploité dans la respiration cellulaire.

Chloroplaste enlver le phosphate

Péroxysome transfomer un glycine par un orxydation -2é et -2H+

Mitochondrie de deux glycine en une sérine accompagné d’une décarboxylation (production de CO2)

Revient en sérine dans les péroxysomes en glycérade.

Rôle cout énergétique + perte d’un carbone

Vestige de l’évolution et protection photoxydation

Ce type de métabolisme diminue jusqu’à 50% l’activité photosynthétique en région tempéré.

L’absence de O2 à l’apparition de la photosynhtèse et de la rubsico la distinction en 02 et CO2 n’était pas importante. Le pb serait apprau plus tard lorsque le taux de dioxygène à augmeenter. Il serait un héritage de l’évolution

Apparition d’un mécanisme de récupération du carbone.

Photoprotection exces d’énergie provoque exemple en milieu chaud les stomates sont fermées pour limité l’évaporation. La lumière continue de faire fonctionner les systèmes photosynhtétiques qui doivent dissiper l’énergie O2- très réactives pouvant réagir et altérer les molécules voisines

Respiration permet de maintenir du CO2 dans la plante pour continuer le cycle de calvinet éviter la formation de 02-

Plantes au métabolisme C4

1500 espèces principalement tropicales ou subtropical (maïs, canne à sucre…)

Majoritairement monocotylédone.

Différence anatomique

Cellules de gaine périvasculaire et cellule du mésophylle

Différence morphologique des chloroplastes

Péri chloroplaste avec des thylakoides lisse spécialisé dans le cycle de Calvin

Mésophylle chloroplaste avec beaucoup de granum pour photosystyème II ATP et NADPH

1er produit formé CO2 fixé sur phosphénol pyruvate (PEP)

Pour formé sur oxalocétate une molécule à 4 carbones (C4)

Empéhce le Coé en le fixant de ressortir.

Chloropéri réalise la décarboxylation du CO2 pour le cycle de Calvin le substrat et régénré

C entre 5 à 10 supérieur

Plusieurs variation de C4 évolution analogue de moélcule de trasnport. Coupé énergétique 2ATP la ou le cylce de Calvin en coute 3ATP.