

## Qu'est-ce que la photosynthèse ?

Fiche **QUESTIONS SUR...** n° 06.02.Q01

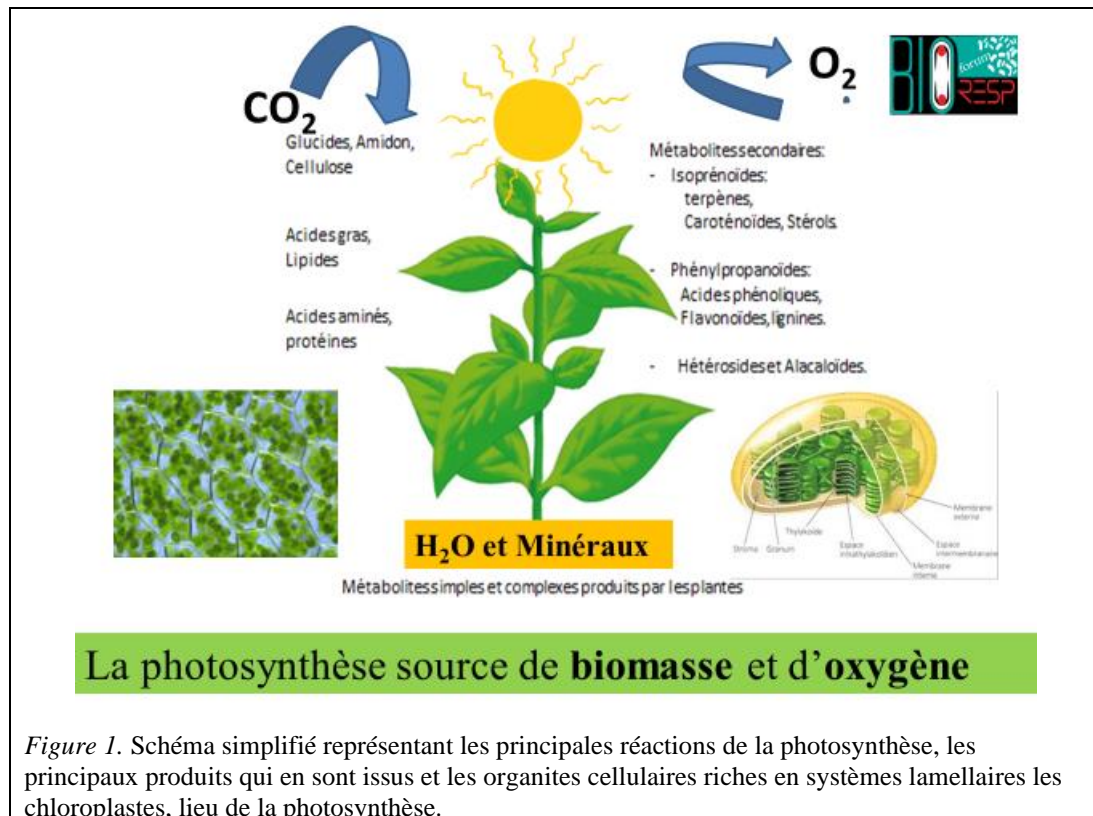
2021, révisée en novembre 2024

**Mots clés : photosynthèse, carbone, biomasse**

La photosynthèse est un processus biologique très ancien (plusieurs milliards d'années) qui permet aux plantes et à certaines bactéries d'utiliser – en présence d'eau et de minéraux – l'énergie de la lumière et le carbone du gaz carbonique CO<sub>2</sub> (le dioxyde de carbone) atmosphérique, pour synthétiser les molécules organiques nécessaires au fonctionnement des tissus biologiques : sucres, lipides, acides aminés, etc., briques de la matière carbonée ou organique de la planète.

La photosynthèse est également source d'oxygène O<sub>2</sub>.

La photosynthèse se déroule dans des petits organites cellulaires foliaires verts de quelques microns, les chloroplastes, qui contiennent de la chlorophylle et toute une collection de complexes protéiques, nanomachines biologiques, indispensables à leur fonctionnement (*Figure 1*).

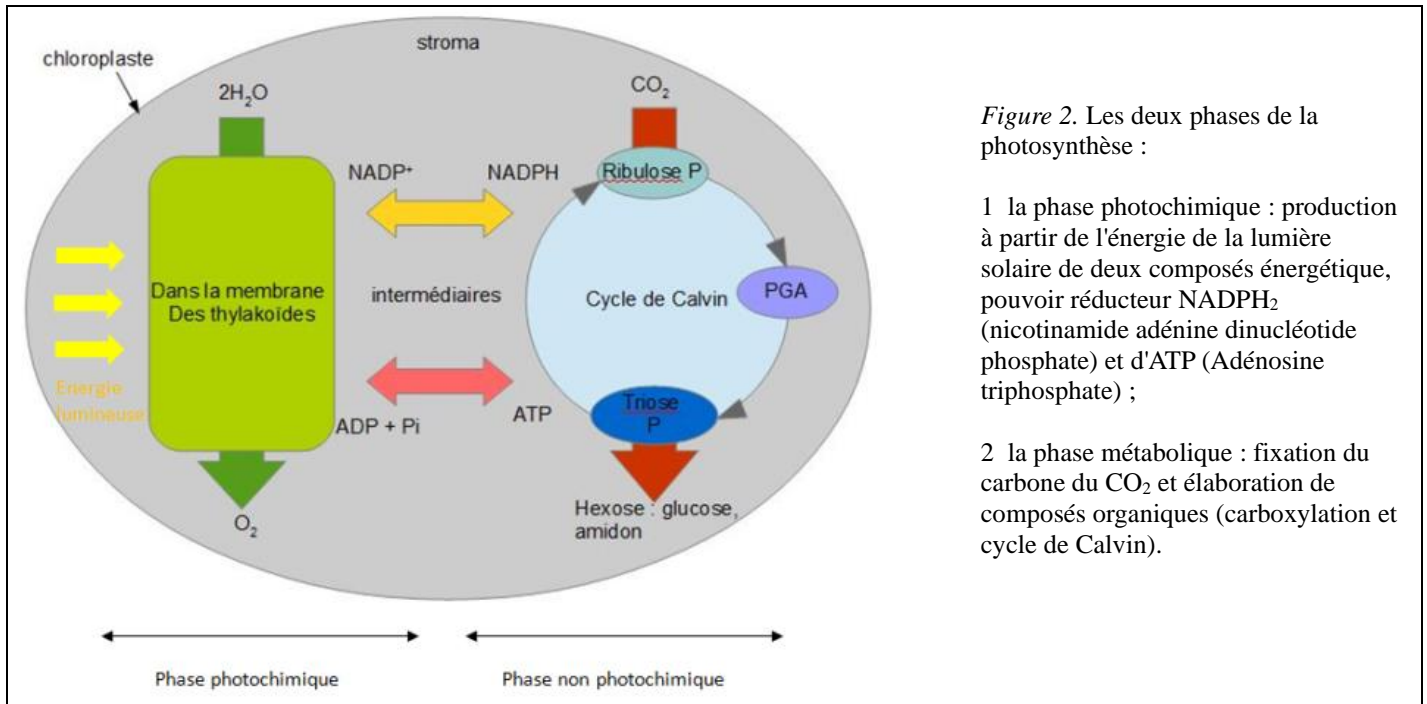


*Figure 1.* Schéma simplifié représentant les principales réactions de la photosynthèse, les principaux produits qui en sont issus et les organites cellulaires riches en systèmes lamellaires les chloroplastes, lieu de la photosynthèse.

Il est estimé que les organismes photosynthétiques assimilent chaque année approximativement 120 milliards de tonnes de carbone sous forme de biomasse, dont 60 milliards de tonnes pour les continents, ceci en estimant une perte globale par respiration (fonction inverse de la photosynthèse) de 50 %.

## Comment se décline la photosynthèse ?

La photosynthèse est présentée classiquement comme la succession de deux phases dans le temps : une **phase photochimique** et une **phase métabolique**, la première localisée dans le réseau membranaire du chloroplaste, riche en pigments (réseau de petits compartiments verts appelés thylakoïdes), et la seconde dans la partie interne de ce dernier, milieu aqueux riche en enzymes (dénommé le stroma) (*Figure 2*).

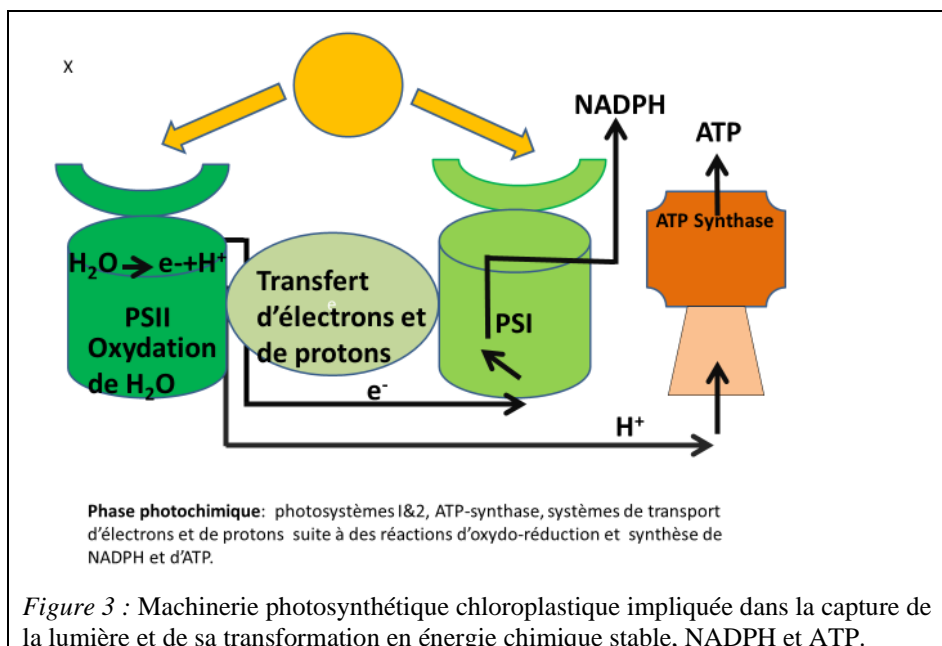


*Figure 2.* Les deux phases de la photosynthèse :

1 la phase photochimique : production à partir de l'énergie de la lumière solaire de deux composés énergétique, pouvoir réducteur  $NADPH_2$  (nicotinamide adénine dinucléotide phosphate) et d'ATP (Adénosine triphosphate) ;

2 la phase métabolique : fixation du carbone du  $CO_2$  et élaboration de composés organiques (carboxylation et cycle de Calvin).

La première phase dite *phase photochimique*, qui est très rapide (bien inférieure à la seconde), se déroule à la lumière, dans le système membranaire des chloroplastes qui renferme des complexes protéines-pigments, des photosystèmes au nombre de deux (PSI et PSII, constitués d'antennes collectrices de photons et d'un centre réactionnel convertisseur d'énergie), des transporteurs d'électrons et de protons, et des complexes protéiques responsables de la synthèse d'ATP (l'ATP synthase) (*Figure 3*).



*Figure 3 :* Machinerie photosynthétique chloroplastique impliquée dans la capture de la lumière et de sa transformation en énergie chimique stable, NADPH et ATP.

Sous l'effet de la lumière, certaines molécules de chlorophylles sont capables de casser (plus exactement : d'oxyder) les molécules d'eau  $H_2O$  en électrons  $e^-$ , protons  $H^+$  et  $O_2$  oxygène.

L'énergie des flux d'électrons et de protons engendrés par cette réaction d'oxydation est convertie :

- pour les électrons : en énergie chimique, sous la forme de molécules de  $NADPH_2$  (nicotinamide adénine dinucléotide phosphate) ;
- pour les protons : en molécules d'ATP (adénosine triphosphate).

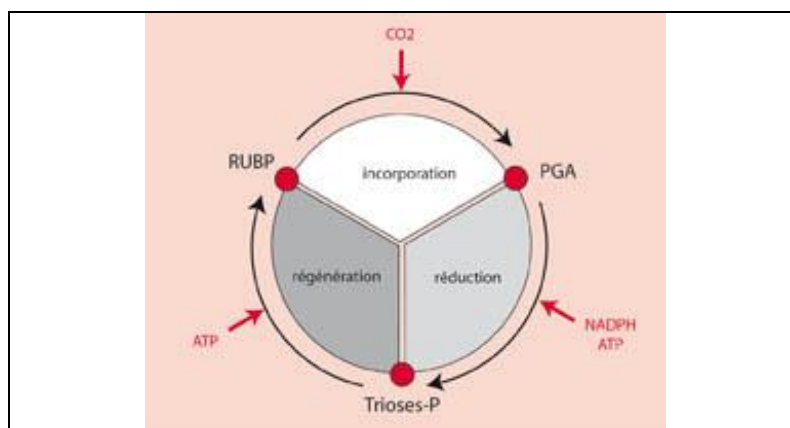
Ces composés riches en énergie, relativement stables, sont stockés momentanément dans les chloroplastes des feuilles. L'oxygène, sous-produit de ces réactions photochimiques, est libéré dans le milieu extérieur sous forme de molécule  $O_2$ , à l'origine de la majeure partie de l'oxygène de l'atmosphère terrestre.

**La seconde phase dite *phase métabolique***, plus lente (de la minute à l'heure voire plus), localisée dans le milieu liquide interne du chloroplaste, correspond à la fixation du carbone du  $CO_2$  sur une structure carbonée préexistante : un sucre à 5 carbones (dénommé ribulose bis-phosphate, le RuBP) ; cette réaction forme un composé à 6 carbones, métabolisé immédiatement en deux composés à trois carbones (C3) : l'acide phosphoglycérique, le PGA.

L'enzyme qui assure la fixation du carbone du  $CO_2$  est une carboxylase (dite RuBP carboxylase), vieille enzyme de plus de trois milliards d'années. Cette enzyme complexe assure la quasi-totalité de la fixation du carbone planétaire.

Ces molécules en C3 vont être ensuite "énergisées" après récupération du pouvoir réducteur  $NADPH$  et de l'ATP, issus de la phase photochimique, en molécules de triose-phosphates, puis de sucres et d'acides gras, composés à la base de toutes les molécules organiques du métabolisme.

Le RuBP – l'accepteur du carbone du  $CO_2$  – est enfin régénéré à partir d'une partie des sucres synthésés, de manière à assurer la continuité du cycle de réduction du carbone, connu sous le nom de *Cycle de Calvin*, nom d'un lauréat du *Prix Nobel* en 1961 (*Figure 4*).



*Figure 4* : Schéma simplifié du cycle de Calvin montrant les étapes d'incorporation et de réduction du carbone photosynthétique conduisant à la formation d'acide phosphoglycérique PGA et de trioses-phosphates, premiers intermédiaires photosynthétiques, et à la régénération de l'accepteur de  $CO_2$ , le ribulose-1,5-bisphosphate.

## Intérêt de la photosynthèse ?

Par la photosynthèse, les plantes vertes assurent de façon autonome la fabrication de leurs propres constituants, utilisés ensuite pour l'alimentation des animaux herbivores (nourriture des carnivores) et finalement celle des humains.

Les produits photosynthétiques sont également source d'énergie (bois de chauffage, biocarburants), de matière première pour la construction (bois d'œuvre) et pour l'industrie (papier, fibres, bio-solvants, bio-

détergents (chimie biosourcée ou verte), sans oublier les produits de la cosmétologie, de la parfumerie et de la pharmacie.

Il est aussi à rappeler que la matière organique, accumulée au cours des différentes périodes géologiques, est à l'origine de la formation de gaz naturel, de pétrole (plancton végétal et animal) et de charbon (forêts primaires du Carbonifère). Par son fonctionnement, la photosynthèse régule également les teneurs en CO<sub>2</sub> et en oxygène O<sub>2</sub> donc le climat de la planète.

Jean-François MOROT-GAUDRY, membre de l'Académie d'Agriculture de France

#### Ce qu'il faut retenir :

La photosynthèse est un **don de la nature**, un processus qui – à partir de l'énergie du soleil et du carbone du CO<sub>2</sub>, en présence d'eau et d'éléments minéraux – est à l'origine de la majorité de la production de biomasse organique de la planète.

Elle joue un rôle fondamental dans la production de biomasse agricole.

Augmenter les rendements des cultures en agissant sur le processus photosynthétique a toujours été une préoccupation constante en agronomie. Jusqu'à présent il était quasiment impossible d'améliorer les processus de base de la photosynthèse, mais les résultats récents de laboratoires de recherche laissent un bon espoir de rendre plus efficace le processus photosynthétique, dont l'importance dans l'économie humaine est de tout premier ordre.

#### Pour en savoir plus :

- J-F. MOROT-GAUDRY : *Biologie Végétale, Tome I , Biologie végétale, Nutrition et Métabolisme*, Dunod Editions, 2017
- J-F. MOROT-GAUDRY : *Les métabolismes photosynthétiques ; intérêt pour l'agronomie*, Les Potentiels de la Science, Académie d'Agriculture, 2014
- J-F. MOROT-GAUDRY : *Peut-on améliorer les capacités photosynthétiques des plantes ?*, Les Potentiels de la Science, Académie d'Agriculture, 2018
- J.-F. MOROT-GAUDRY : *Historique et prospective de la recherche en photosynthèse*, Les Potentiels de la Science, Académie d'Agriculture, 2018