

# La Photosynthèse



## 17 - Etapes du cycle de Calvin

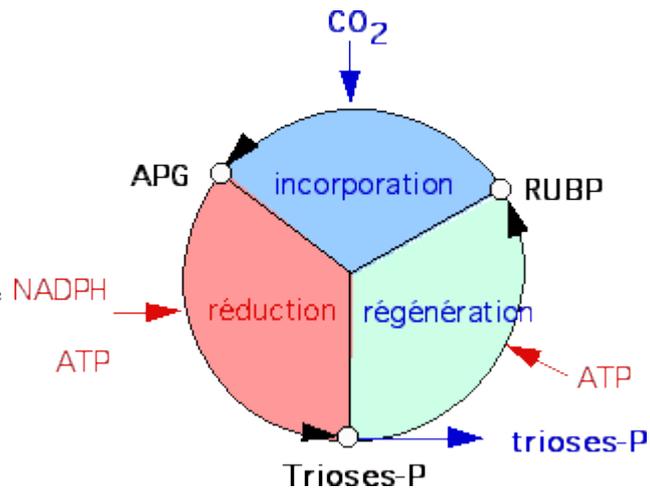


Le cycle de Calvin peut être partagé en 3 étapes essentielles :

1 - l'incorporation du CO<sub>2</sub> dans le RuBP

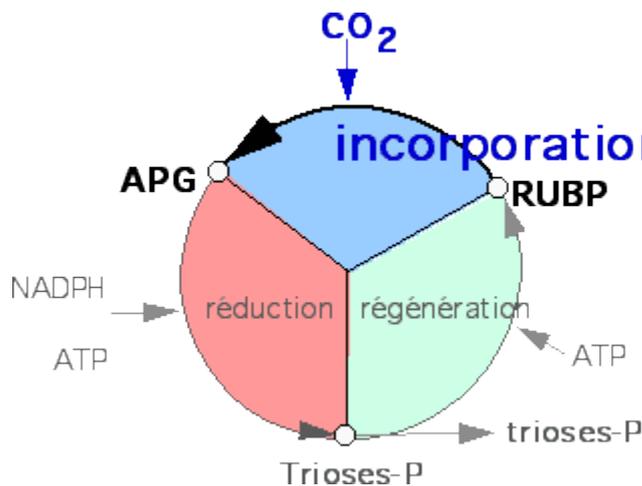
2 - la réduction de l'APG en trioses phosphate

3 - la régénération du RUBP



Voyons ces trois étapes successivement :

### 1 - L'incorporation du CO<sub>2</sub>

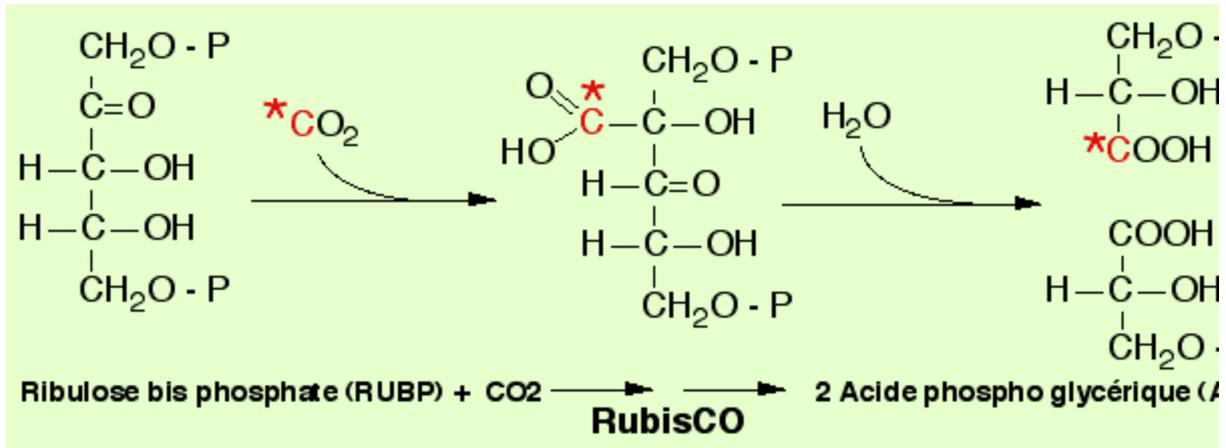


Cette réaction est catalysée par la **RubisCO** (Ribulose bis Phosphate Carboxylase Oxygénase).

Comme son nom l'indique, cette enzyme a deux fonctions.

C'est la fonction "carboxylase" qui nous intéresse ici. La fonction "oxygénase" joue un rôle important dans la photorespiration.

La RubisCO incorpore une molécule de CO<sub>2</sub> dans un corps en C<sub>5</sub>, le Ribulose bis phosphate (RUBP) pour donner deux molécules d'un composé en C<sub>3</sub>, l'acide phosphoglycérique (APG), après passage par intermédiaire réactionnel à C<sub>6</sub>.

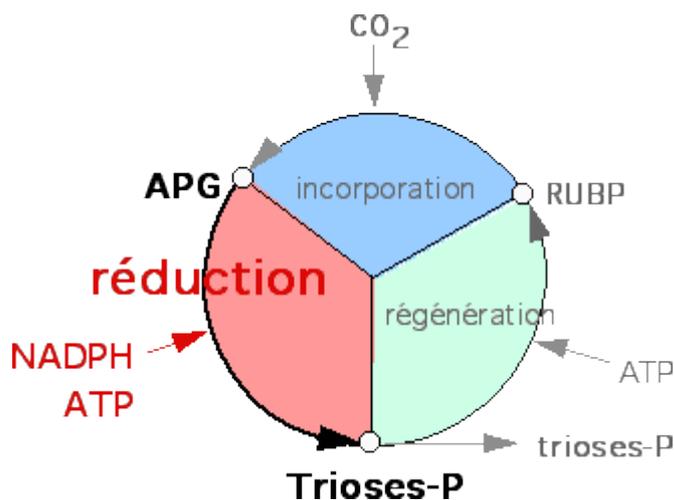


### Réaction d'incorporation du CO<sub>2</sub> par la RubisCO.

Pour s'accorder avec l'expérience originale de Calvin, le carbone du CO<sub>2</sub> incorporé a été marqué en rouge. Un seul des deux APG est marqué.

Remarque : l'APG est un acide et non un sucre. Pour être converti en sucre, l'APG doit être réduit.

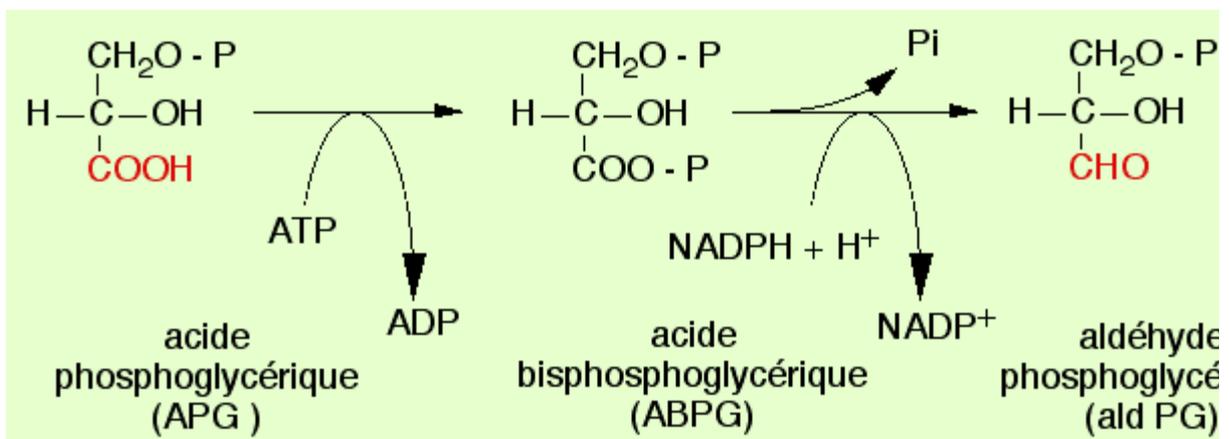
## 2 - La réduction de l'APG en trioses-P



L'APG, le premier composé formé par l'incorporation du CO<sub>2</sub>, n'est pas un sucre.

Les sucres sont des substances carbonées réduites qui comportent une fonction aldéhyde ou cétone.

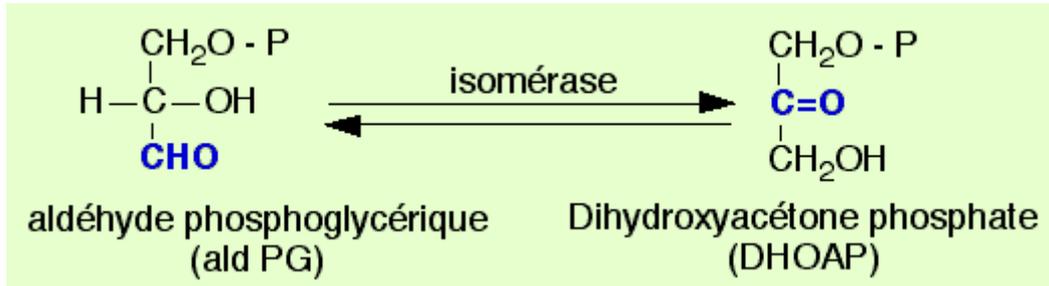
Une étape importante consiste donc en la réduction de l'APG.



### Réduction de l'APG en aldPG (triose-P).

Elle se réalise en deux étapes catalysées par la phosphoglycérokinase (PGK) puis par la glyceraldéhydephosphodéshydrogénase (GAPDH).

Au total on passe d'un acide à un aldéhyde à l'aide du NADPH (réduction) et d'une réaction intermédiaire faisant intervenir de l'ATP.

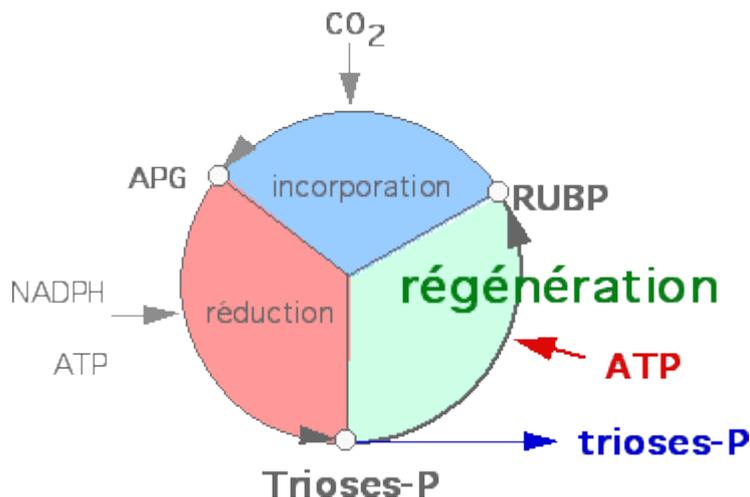


### Isomérisation des trioses phosphate.

Une isomérisation permet de passer de l'aldPG au DHOAP. Ces deux molécules sont des trioses-P qui auront leurs rôles respectifs dans le métabolisme.

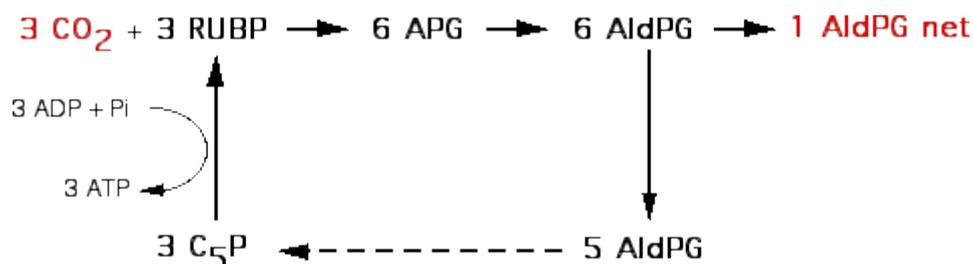
La formation de 2 molécules de trioses consécutive à la **fixation d'une molécule de CO<sub>2</sub>** nécessite donc **2 molécules d'ATP** et **2 molécules de NADPH**.

### 3 - La régénération du RUBP



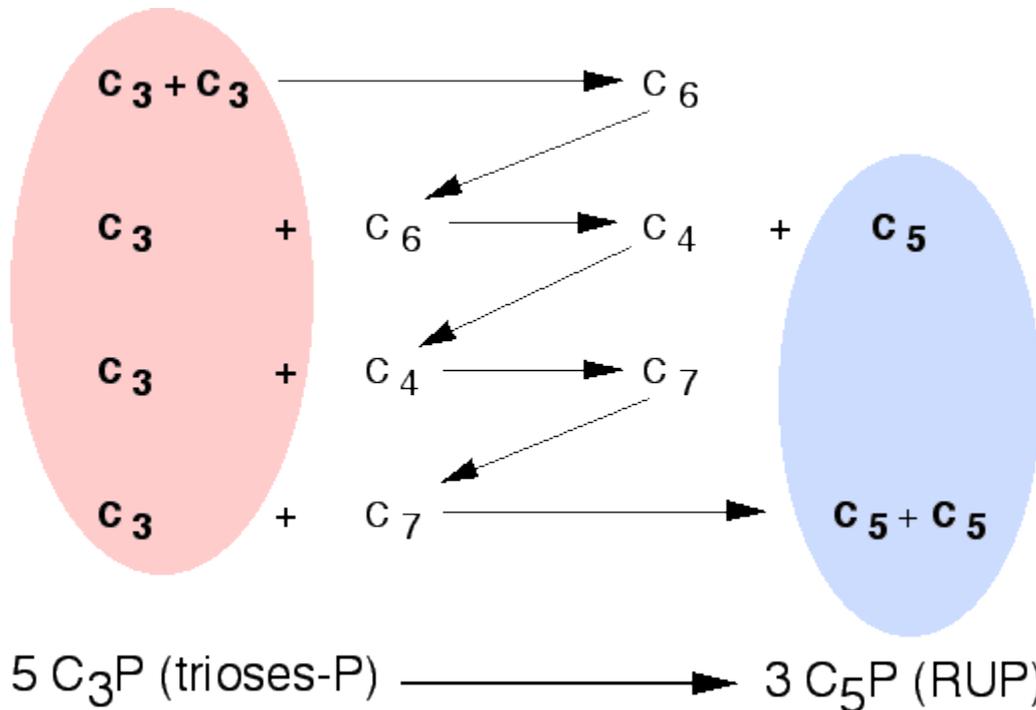
Le fondement même du [cycle de Calvin](#) est de permettre la régénération du RUBP à partir d'une fraction des trioses formés. C'est la condition nécessaire qui permettra à nouveau de réaliser l'incorporation de nouvelles molécules de CO<sub>2</sub>.

On peut schématiser le processus de régénération du RuBP en considérant la fixation de 3 molécules de CO<sub>2</sub> qui conduisent à la formation de 6 trioses. Sur les 6 trioses formés, 1 triose servira à la synthèse ultérieure des sucres plus complexes, les 5 autres trioses servant à régénérer 3 molécules de RUBP,



La régénération du RuBP se réalise grâce à un ensemble de réactions faisant intervenir des sucres à nombre varié de carbones : en C6 (fructose), C4 (érythrose) et C7 (sédoheptulose).

A partir de 5 trioses phosphate (C3P) il se forme donc 3 pentoses phosphate (C5P) :



**Régénération du Ribulose 1-5 bis phosphate à partir des trioses phosphate.**

Les réactions de phosphorylation ne sont pas indiquées. Seuls les nombres de carbones des molécules sont pris en compte.

A gauche : 5 trioses P ( $5 \times 3 \text{ C} = 15 \text{ C}$ )

A droite : 3 RUBP ( $3 \times 5 \text{ C} = 15 \text{ C}$ )

entre les deux , les intermédiaires en C6, C4 et C7.

Finalement, les pentose phosphate formés (RuP) doivent être convertis en RuBP grâce à l'ATP. Cette réaction de phosphorylation est catalysée par la **Phosphate Ribulose Kinase (PRK)**.

La **régénération du RuBP** nécessite donc **une molécule d' ATP supplémentaire** par molécule de CO<sub>2</sub> fixé.