

La Photosynthèse



17 - Etapes du cycle de Calvin

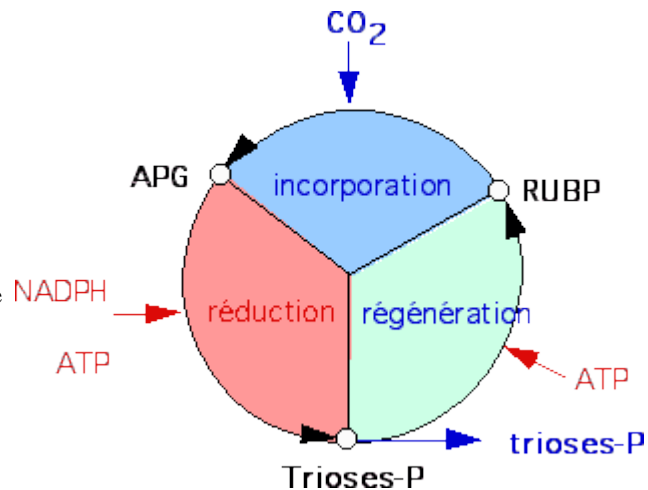


Le cycle de Calvin peut être partagé en 3 étapes essentielles :

1 - l'incorporation du CO_2 dans le RuBP

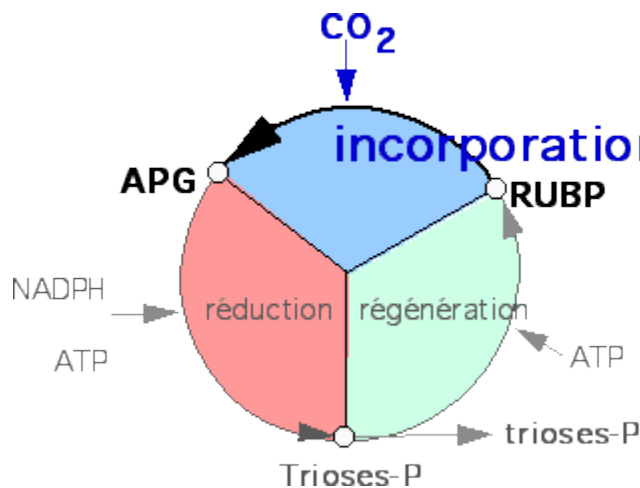
2 - la réduction de l'APG en trioses phosphate NADPH

3 - la régénération du RUBP



Voyons ces trois étapes successivement :

1 - L'incorporation du CO_2

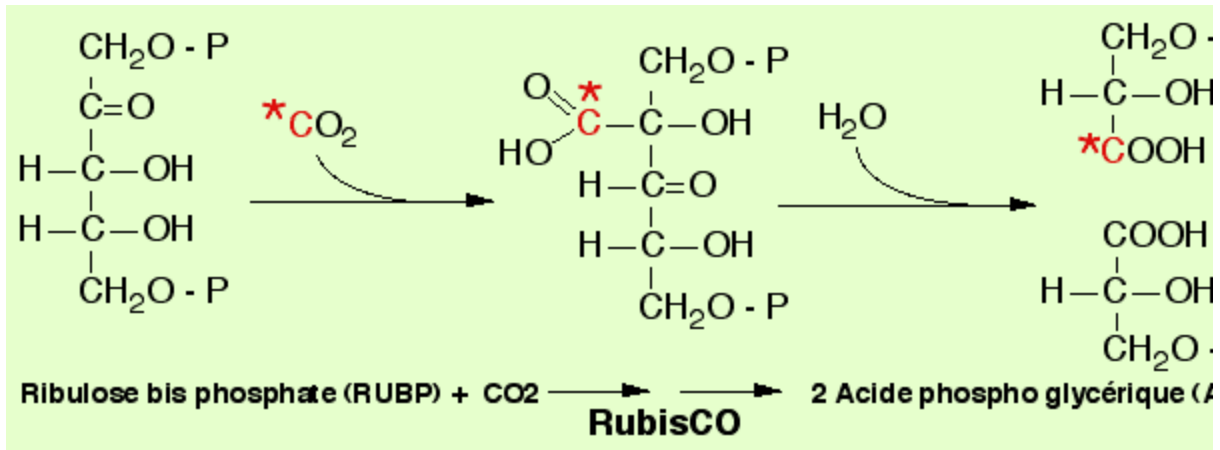


Cette réaction est catalysée par la **RubisCO** (Ribulose bis Phosphate Carboxylase Oxygénase).

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_2 dans un corps en C5, le Ribulose bis phosphate (RUBP) pour donner deux molécules d'un composé en C3, l'acide phosphoglycérique (APG), après passage par intermédiaire réactionnel à C6.

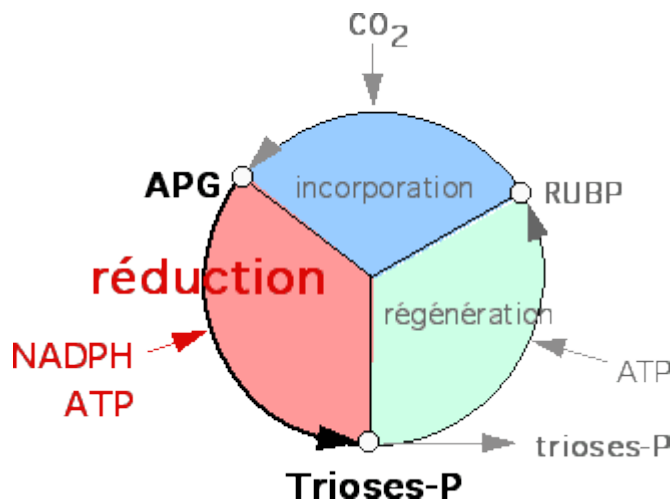


Réaction d'incorporation du CO₂ par la RubisCO.

Pour s'accorder avec l'expérience originale de Calvin, le carbone du CO₂ 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.

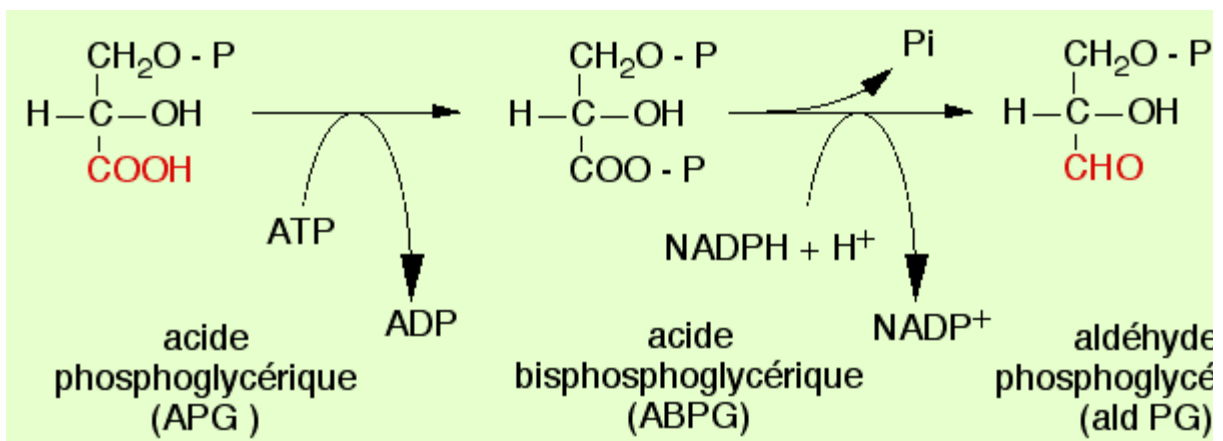
2 - La réduction de l'APG en trioses-P



L'APG, le premier composé formé par l'incorporation du CO₂, n'est pas un sucre.

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

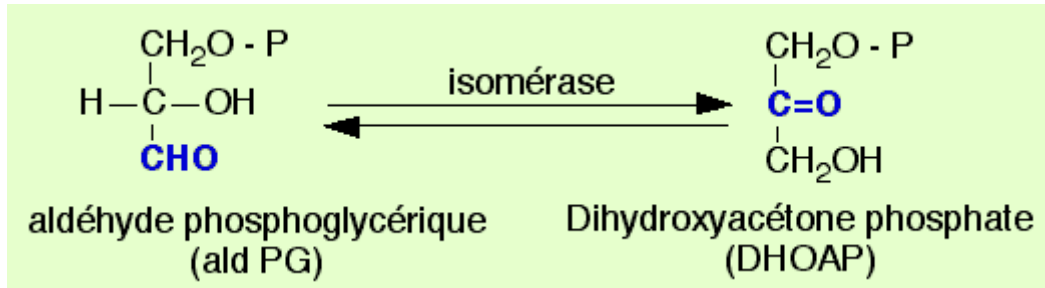
Une étape importante consiste donc en la réduction de l'APG.



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.

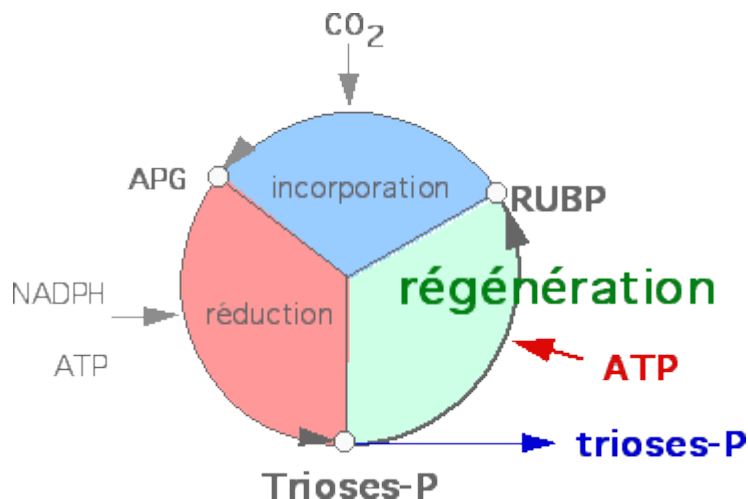


Isomérisation des trioses phosphate.

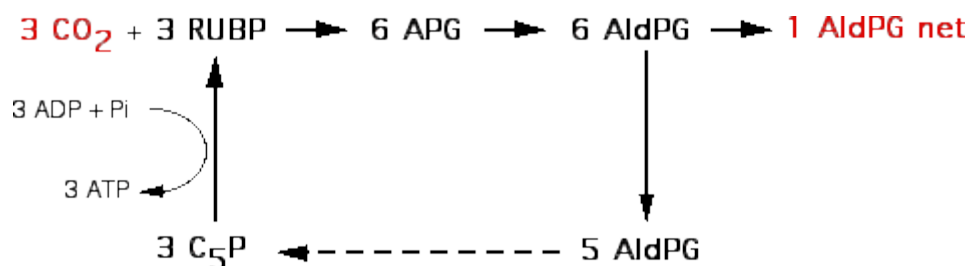
Une isomérisation permet de passer de l'aldPG au DHOAP. Ces deux molécules sont des trioses-P qui auront leurs rôles respectifs dans le métabolisme.

La formation de 2 molécules de trioses consécutive à la **fixation d'une molécule de CO₂** nécessite donc **2 molécules d'ATP** et **2 molécules de NADPH**.

3 - La régénération du RUBP

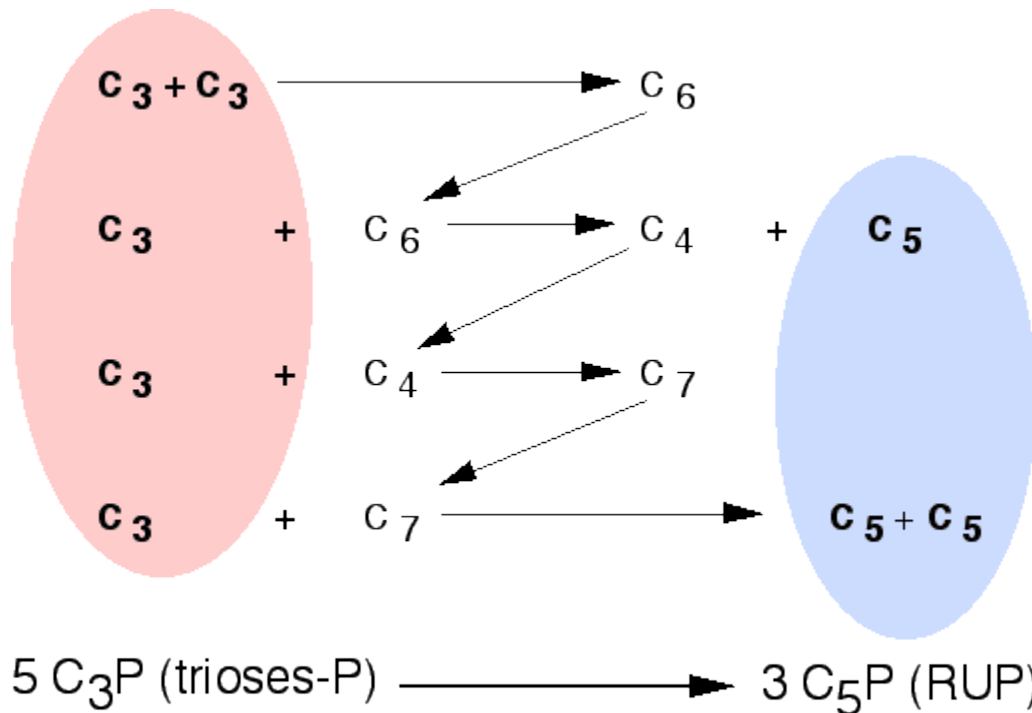


On peut schématiser le processus de régénération du RuBP en considérant la fixation de 3 molécules de CO₂ qui conduisent à la formation de 6 trioses. Sur les 6 trioses formés, 1 triose servira à la synthèse ultérieure des sucres plus complexes, les 5 autres trioses servant à régénérer 3 molécules de 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 CO₂ fixé.