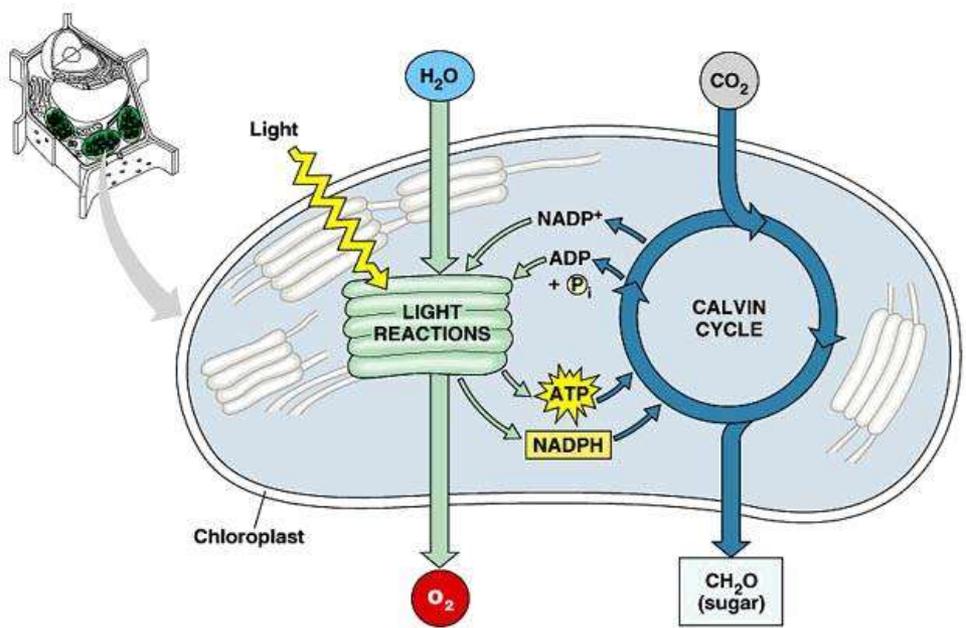
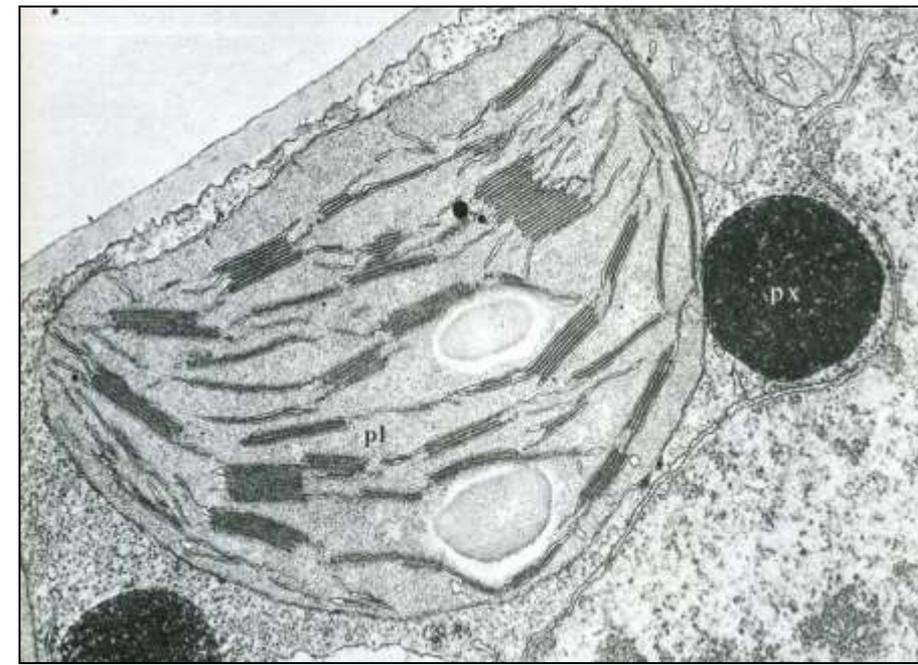


Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

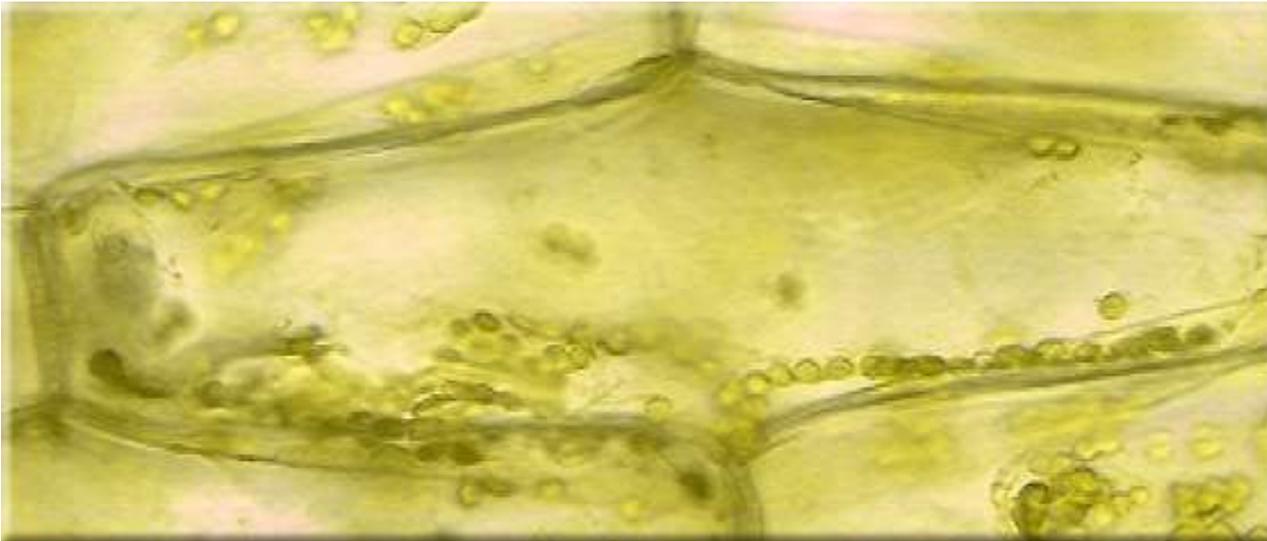
# Chapitre SV – E – 2 : **Métabolisme** **et transferts de matière**



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

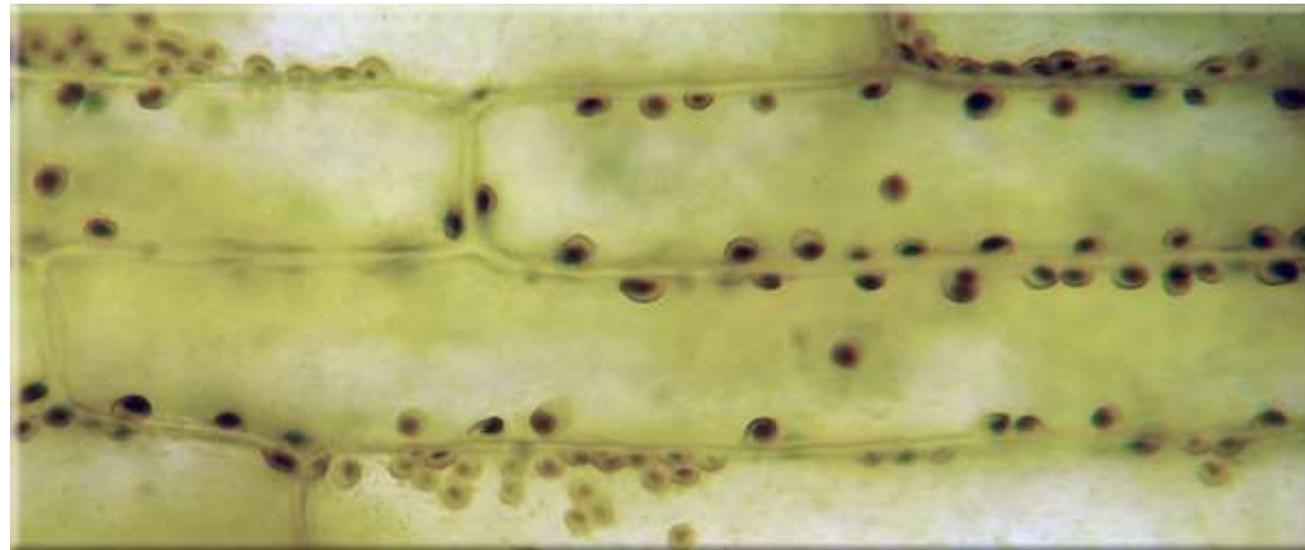


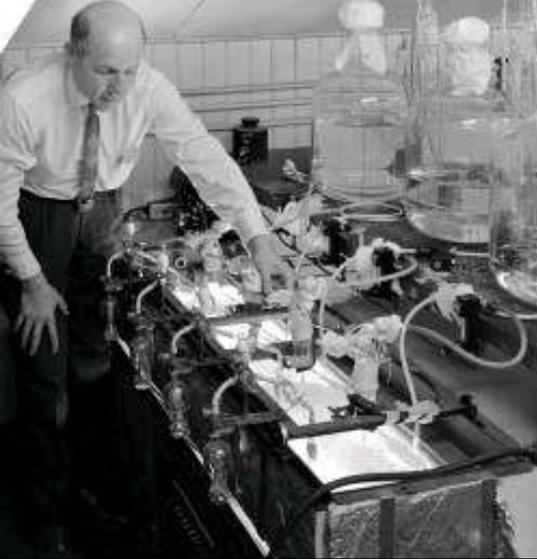
# Mise en évidence de la synthèse de matière organique dans le chloroplaste



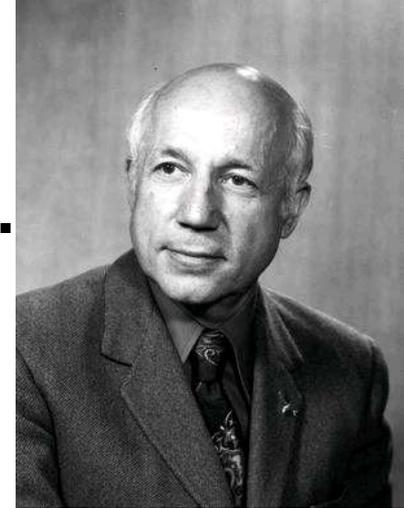
Cellules de feuilles d'Elodée placées 12 h à l'obscurité puis coloration au lugol.

Cellules de feuilles d'Elodée placées 12 h à la lumière puis coloration au lugol.

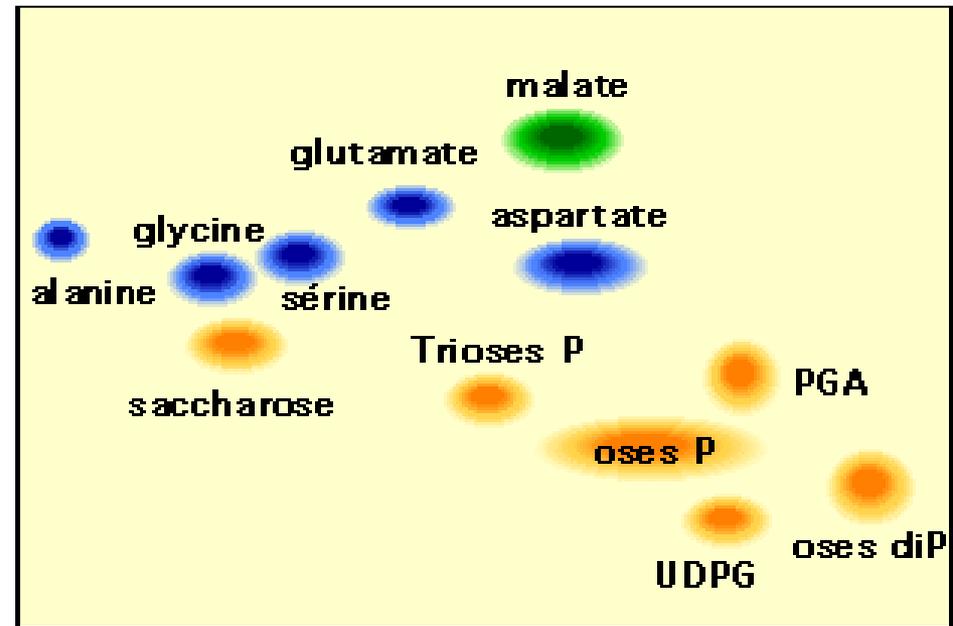
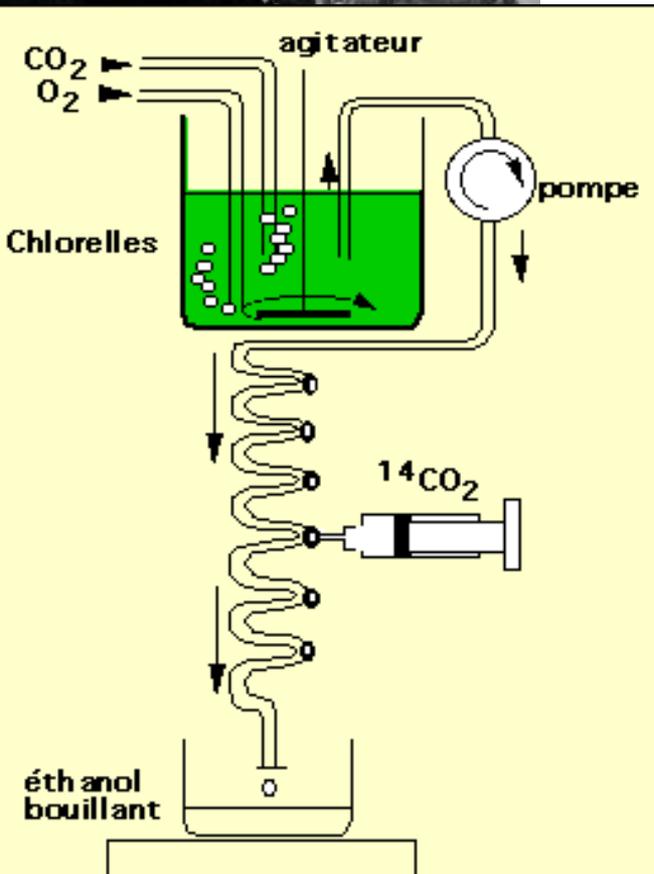




# Document 1 : Expériences de Calvin et Benson : protocole.

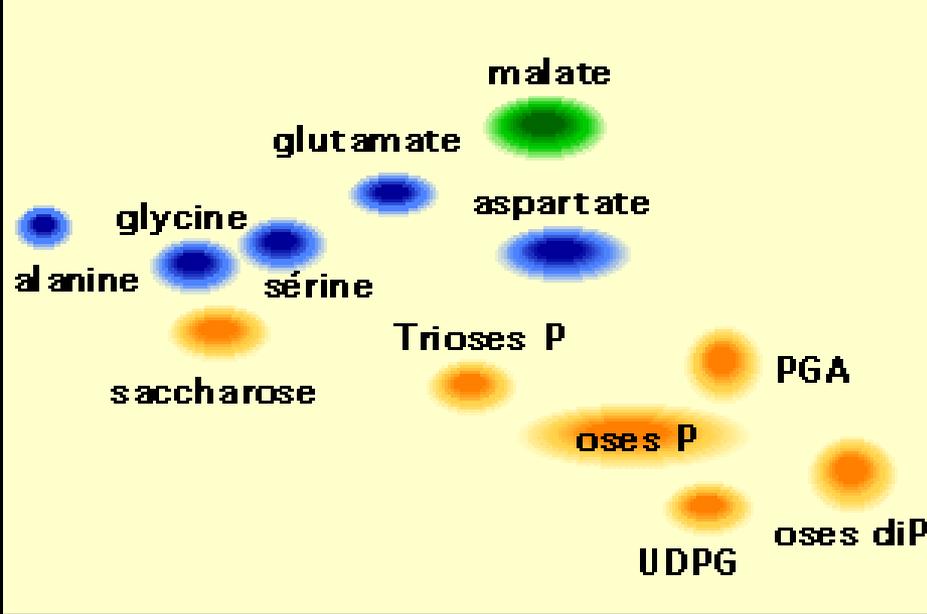


Melvin CALVIN 1911-1997



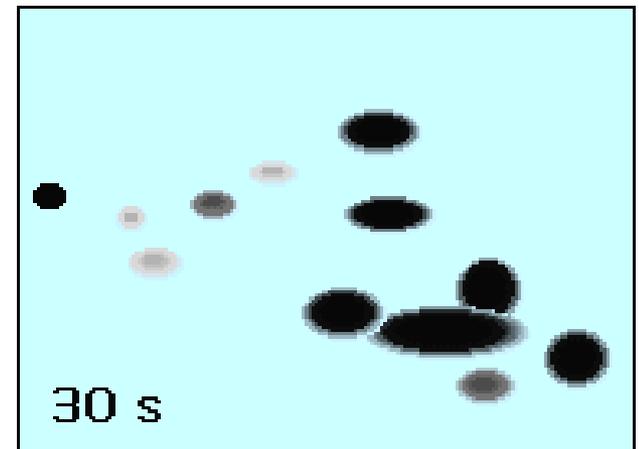
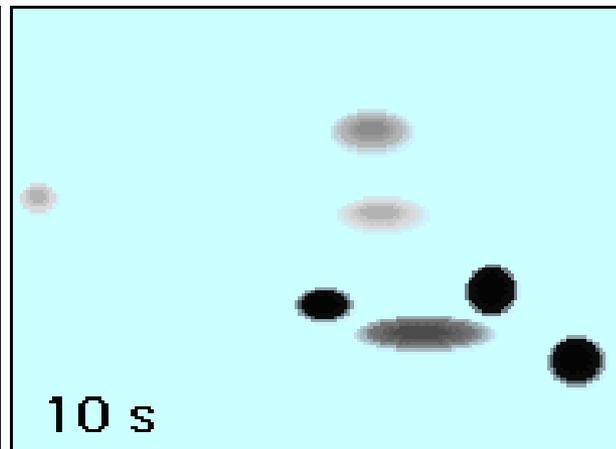
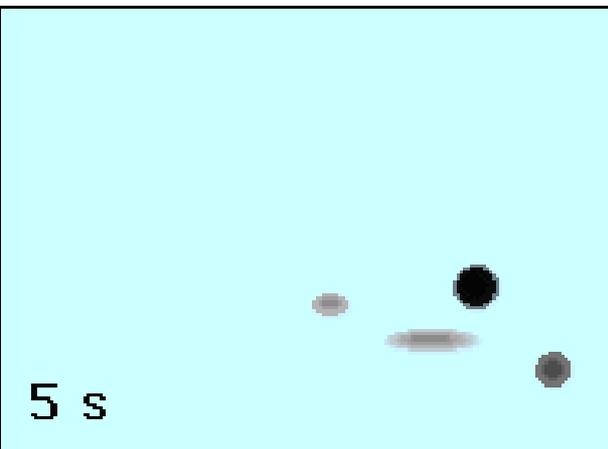
1b: Chromatogramme témoin réalisé avec des substances connues.

1a : Dispositif expérimental.

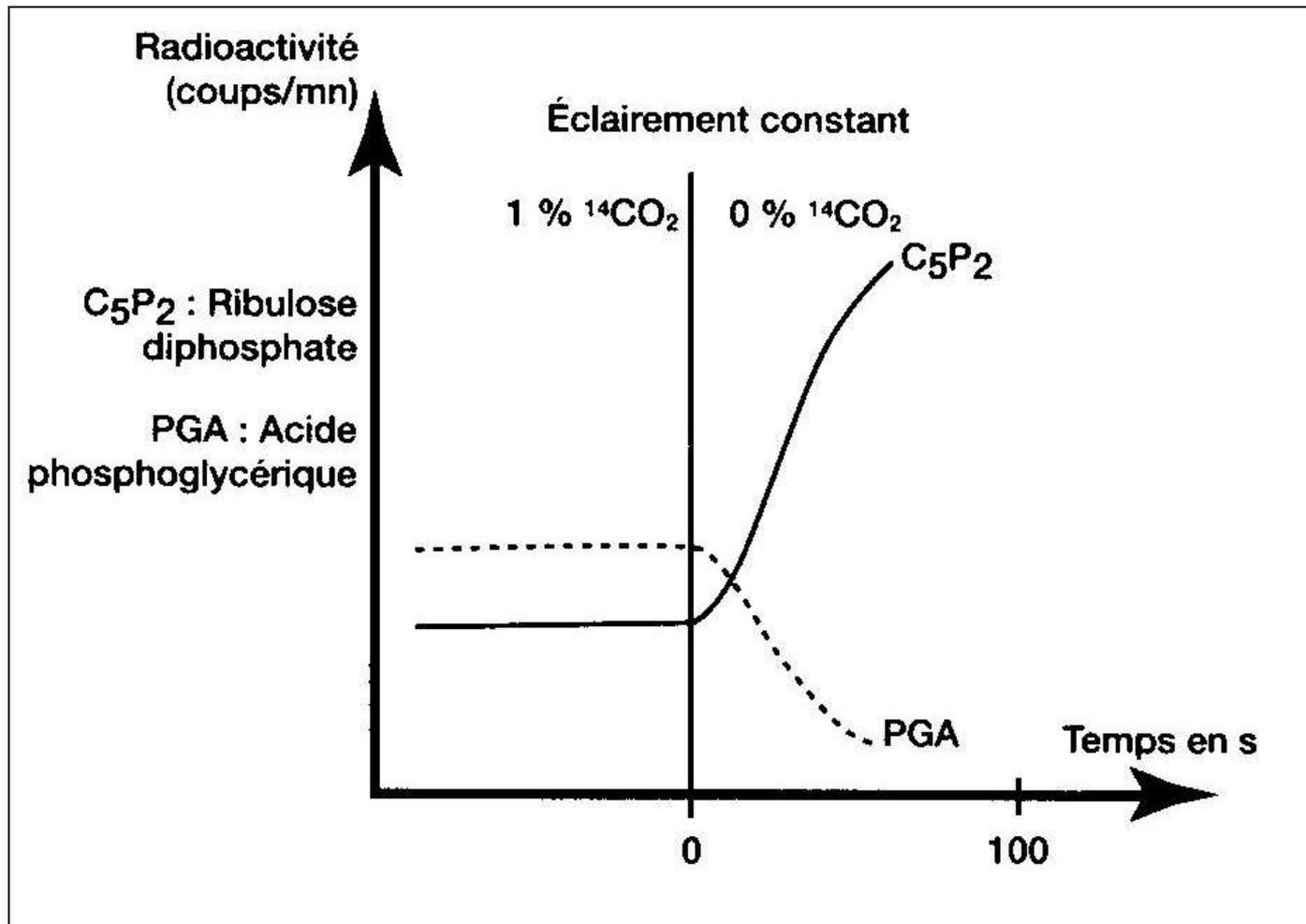


Chromatogramme témoin

Résultats expérimentaux

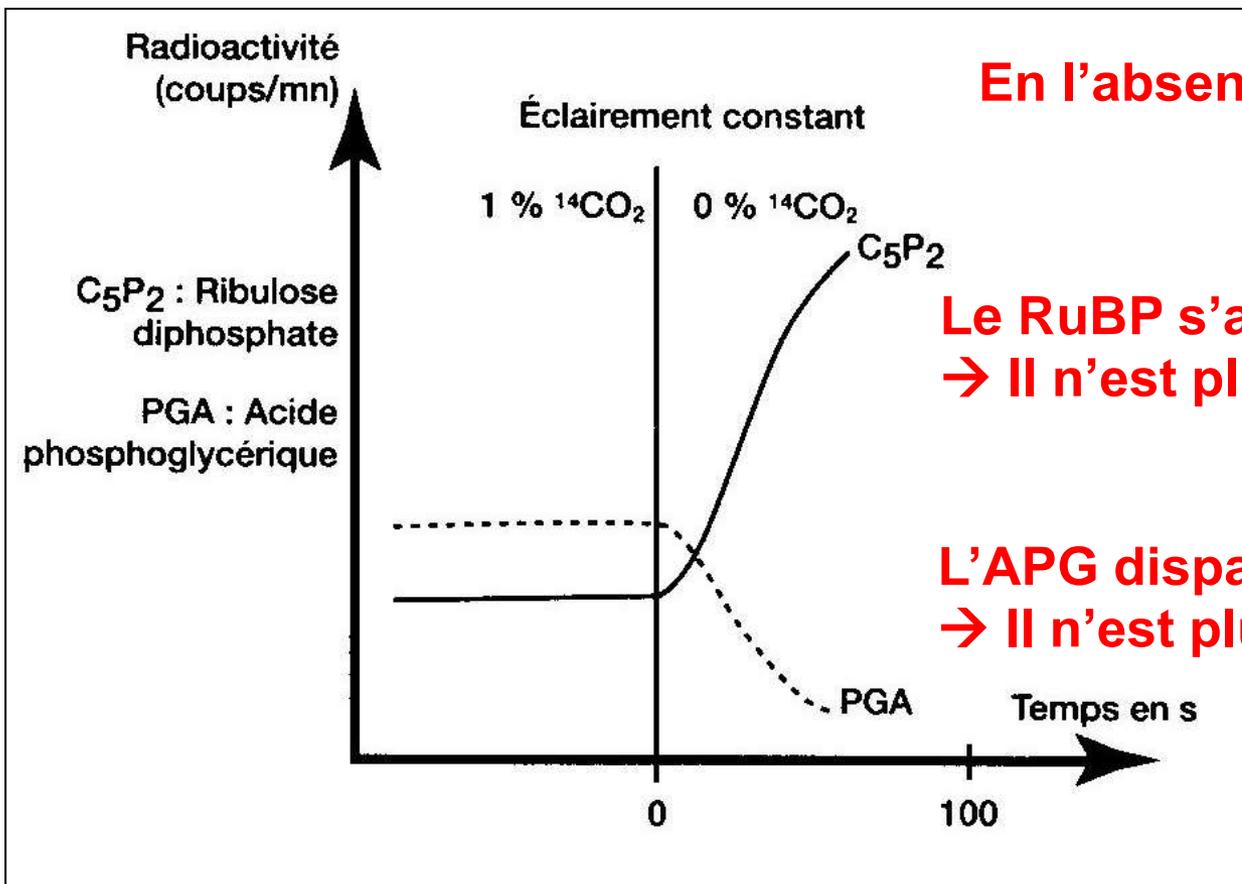


**Document 2. Expériences de Calvin et Benson : résultats pour différents temps d'exposition.**



**Document 3. Mise en évidence expérimentale du rôle de RuBP dans la phase non photochimique de la photosynthèse.**

C<sub>5</sub>P<sub>2</sub> : RuBP, ribulose 1, 5 bis-phosphate ;  
 PGA = APG, acide phosphoglycérique.



**En l'absence de CO<sub>2</sub> :**

**Le RuBP s'accumule  
→ Il n'est plus consommé**

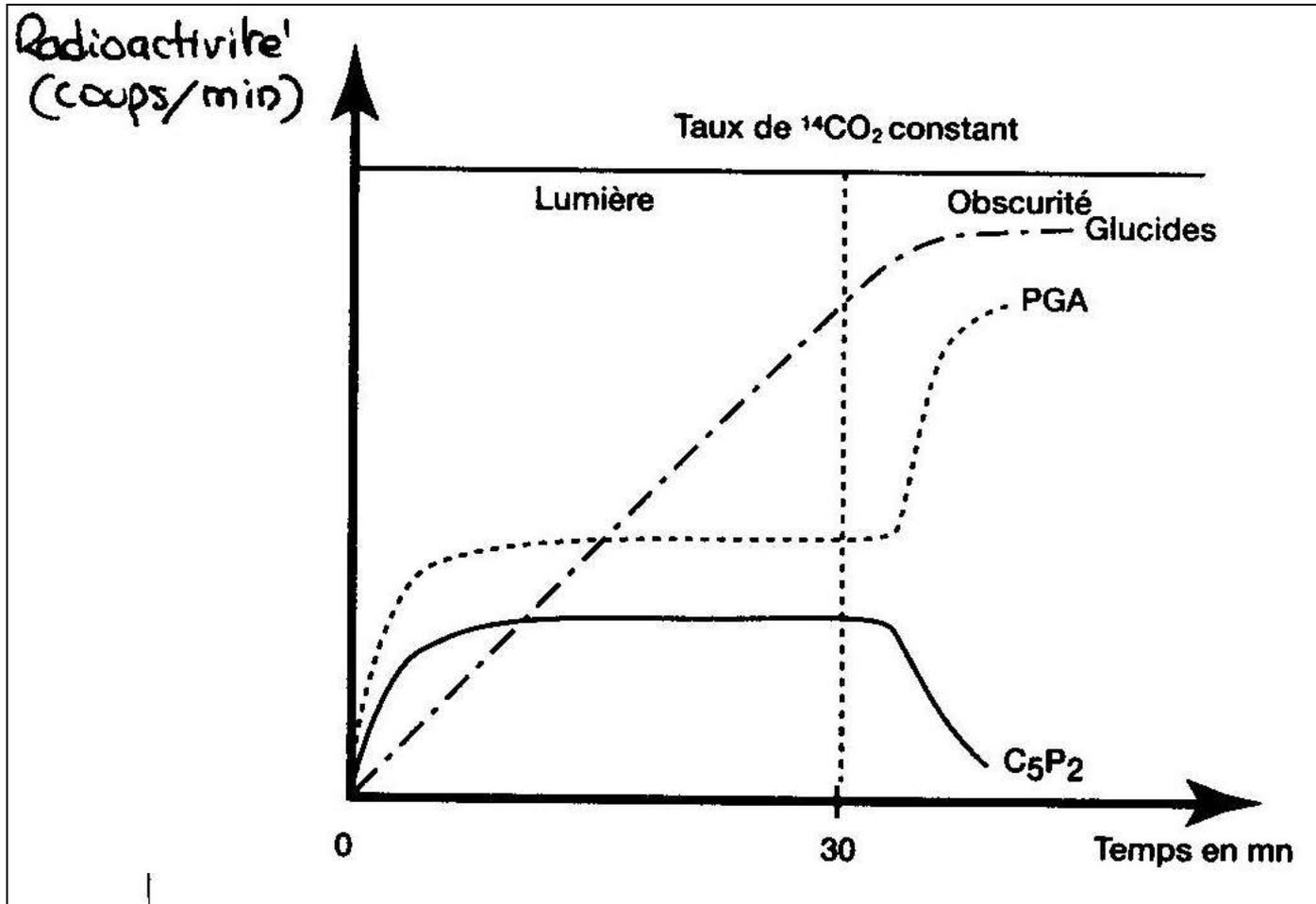
**L'APG disparaît  
→ Il n'est plus produit**

**Conclusion : RuBP + CO<sub>2</sub> → APG (x 2)**

**Document 3. Mise en évidence expérimentale du rôle de RuBP dans la phase non photochimique de la photosynthèse.**

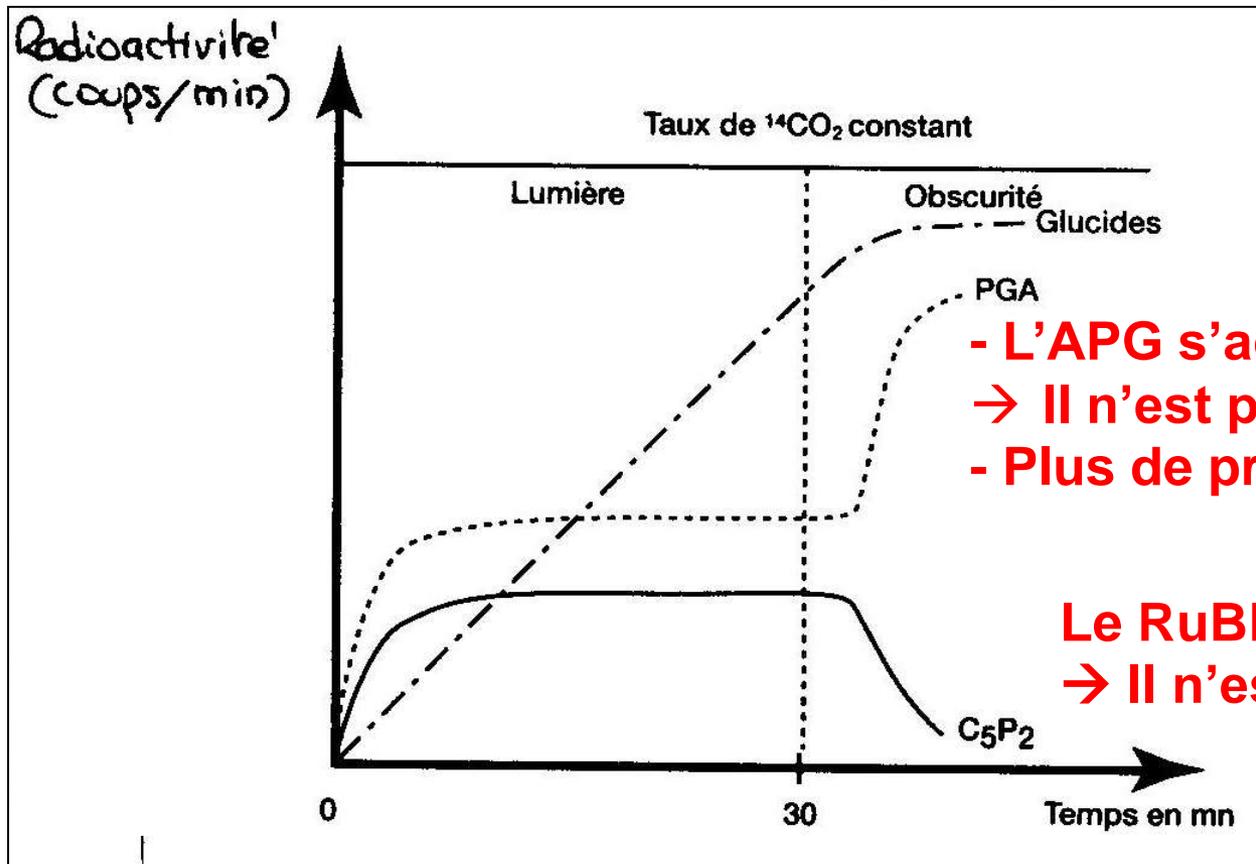
C<sub>5</sub>P<sub>2</sub> : RuBP, ribulose 1, 5 bis-phosphate ;

PGA = APG, acide phosphoglycérique.



**Document 4 : Evolution quantitative de RuBP ( $\text{C}_5\text{P}_2$ ) et APG (PGA) à la lumière et à l'obscurité.**

En l'absence des produits  
de la phase photochimique (ATP et NADPH) :

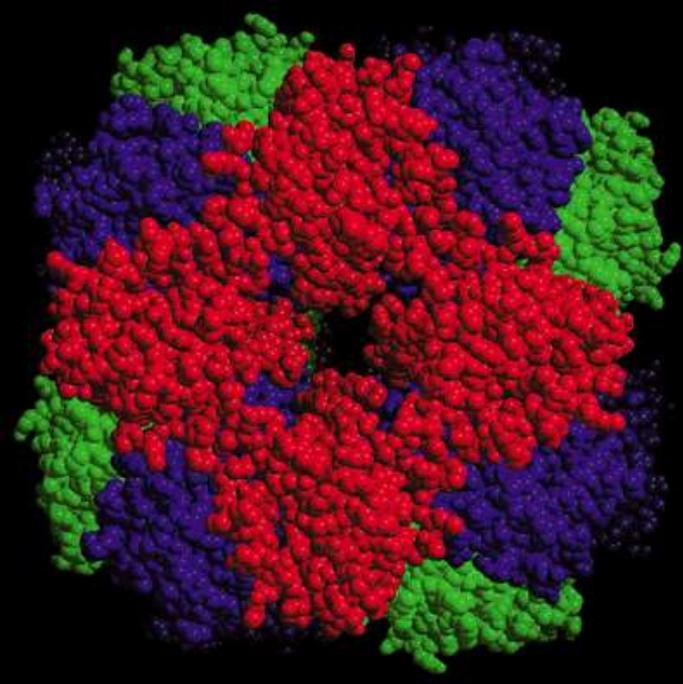


**Conclusions : renouvellement du RuBP  $\Rightarrow$  cycle  
APG + (ATP, NADPH) - - -  $\rightarrow$  RuBP + glucides**

**Document 4 : Evolution quantitative de RuBP ( $\text{C}_5\text{P}_2$ )  
et APG (PGA) à la lumière et à l'obscurité.**

## Le cycle de Calvin :

- consomme du  $\text{CO}_2$ 
  - il comprend **une phase de carboxylation**
- utilise du pouvoir réducteur (NADPH)
  - il comprend **une phase de réduction**
- permet le renouvellement du RuBP
  - il comprend **une phase de régénération**
- utilise de l'ATP



Grandes sous unités en rouge

(origine chloroplastique)  
sur lesquels se situent les sites actifs

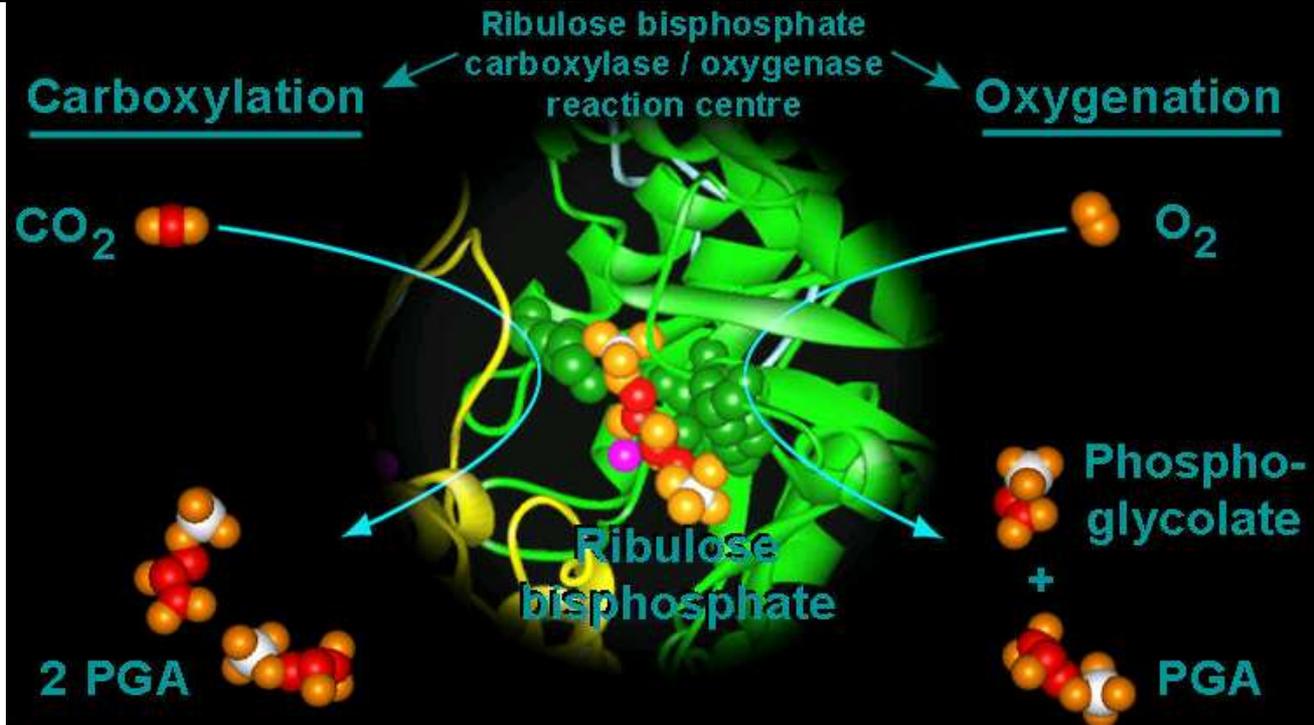
Petites sous unités en vert et bleu (origine nucléaire)

Une enzyme « chimère »

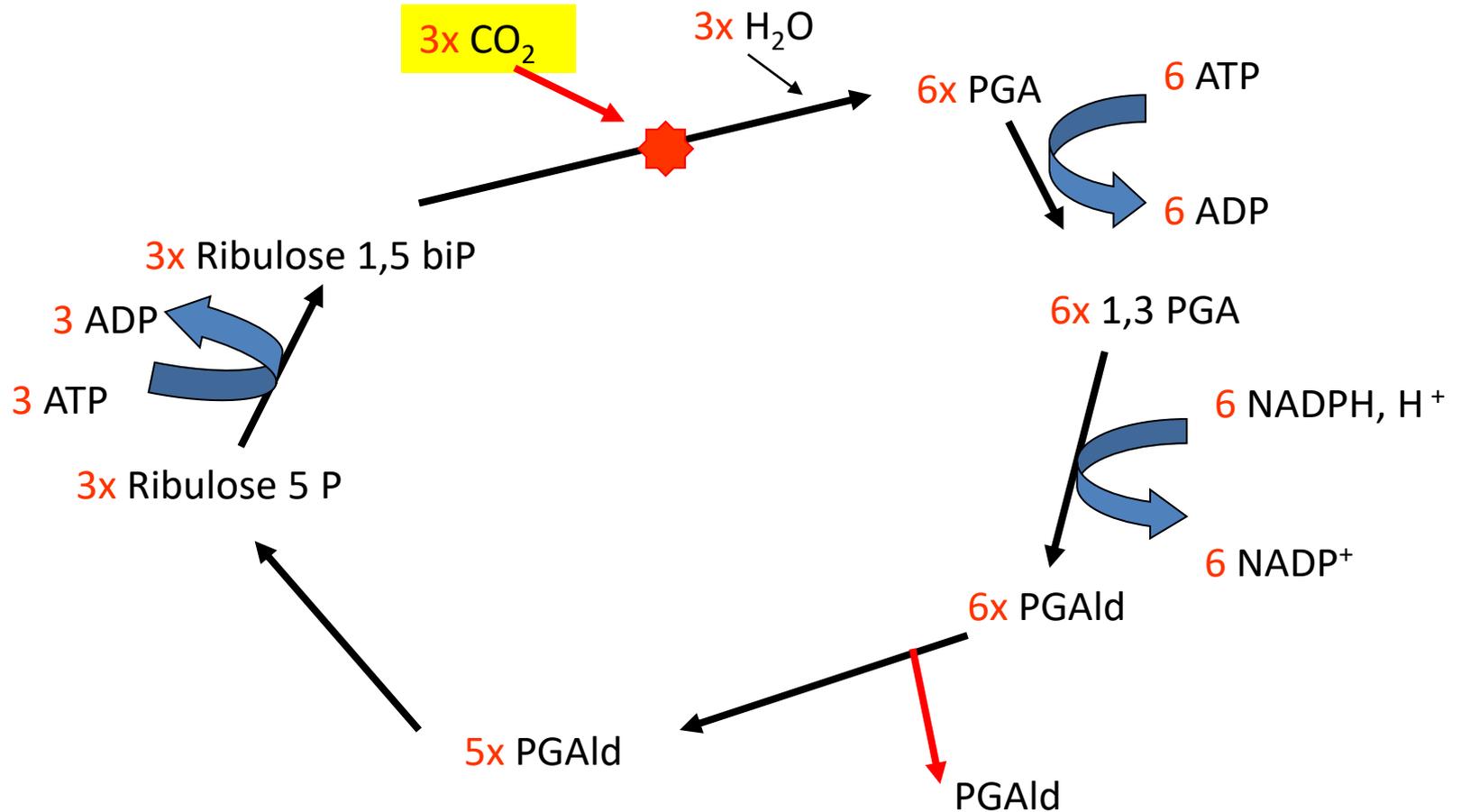
# La RubisCO

## Enzyme catalysant la carboxylation

Une dualité fonctionnelle

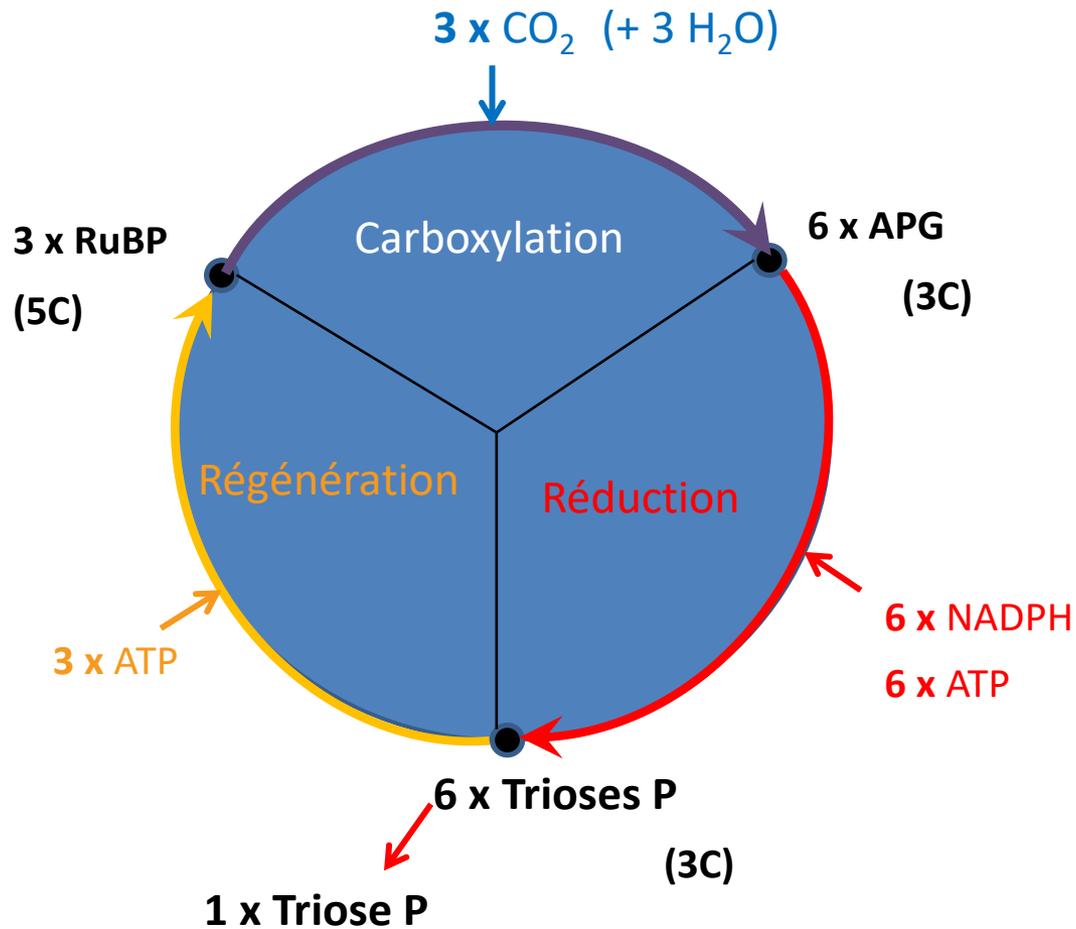


# Le cycle de Calvin



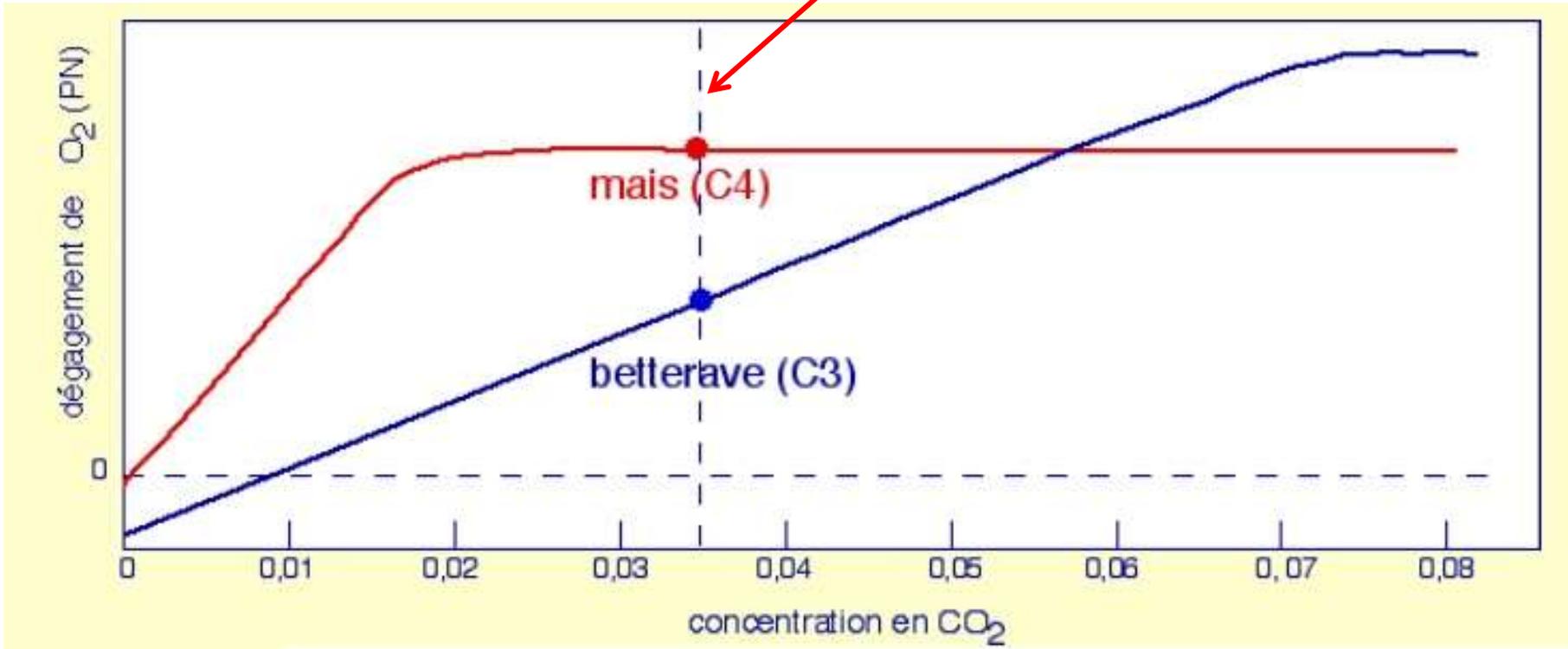
★ Étape catalysée par la rubisco

# Le bilan du cycle de Calvin



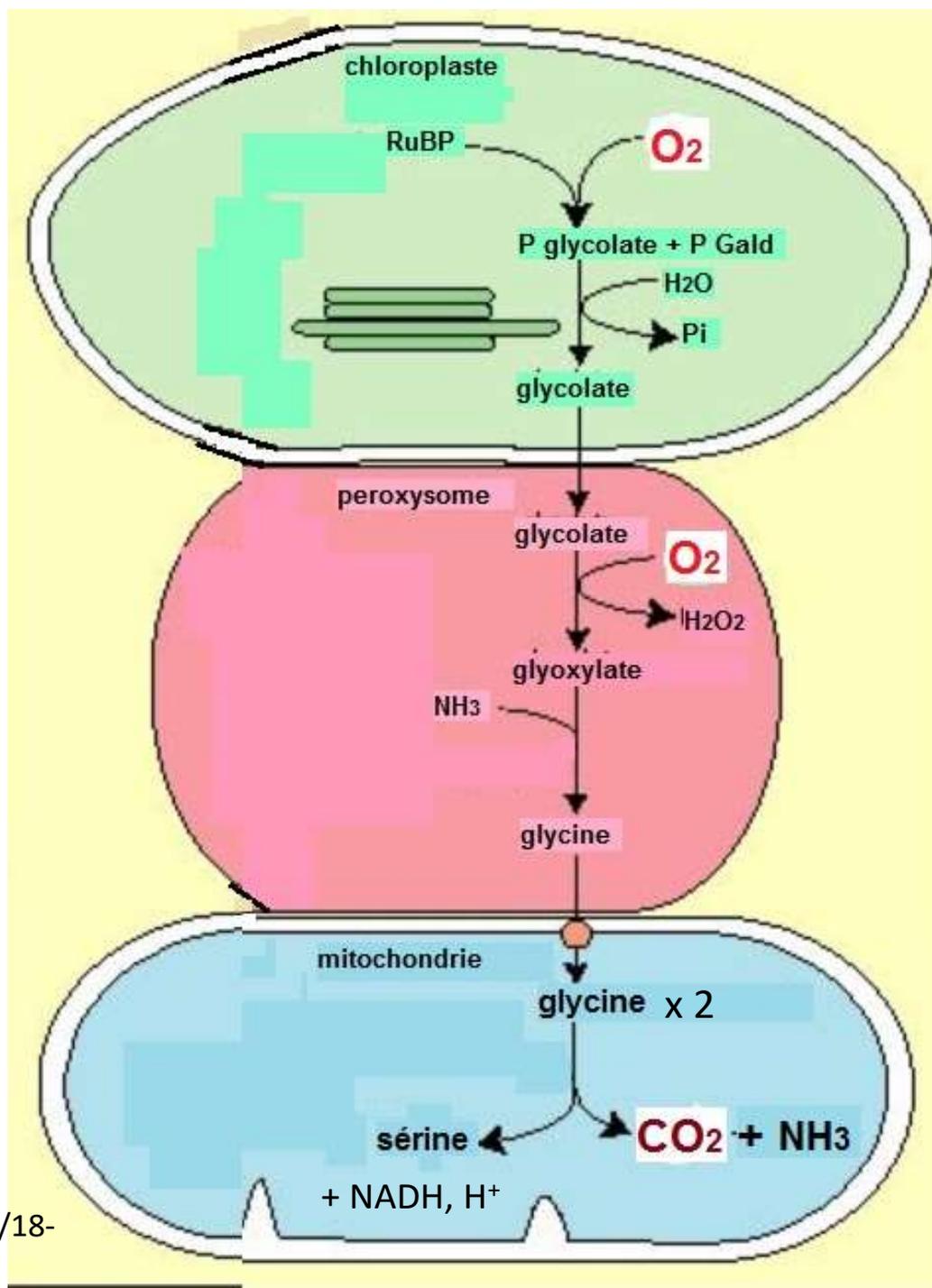
Teneur en CO<sub>2</sub> atmosphérique 0,03 %

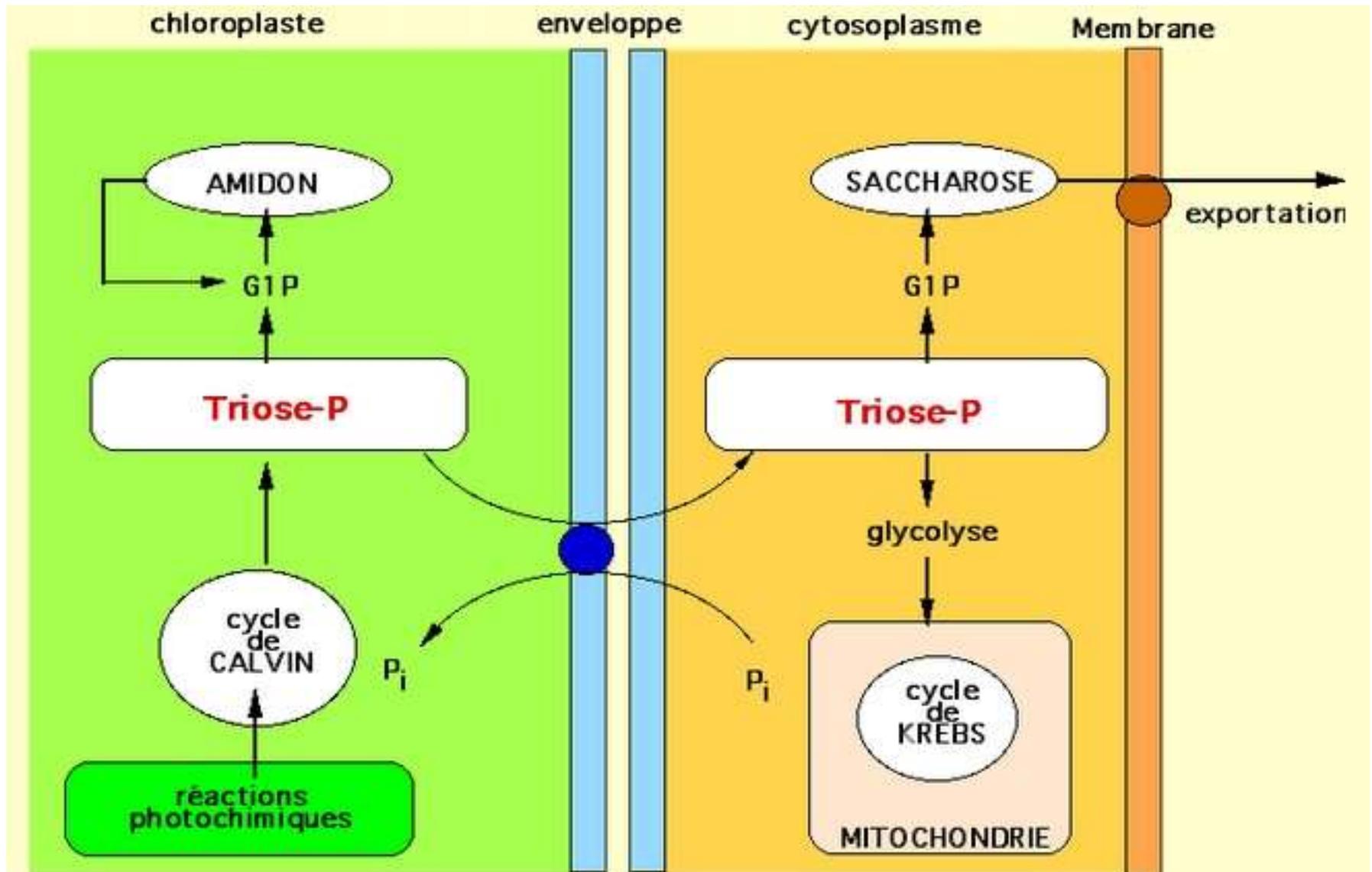
Rendement photosynthétique (UA)



Document 6. Comparaison de la photosynthèse de deux plantes en fonction de la concentration en CO<sub>2</sub> du milieu.

Document 7. Processus simplifié de la photorespiration.



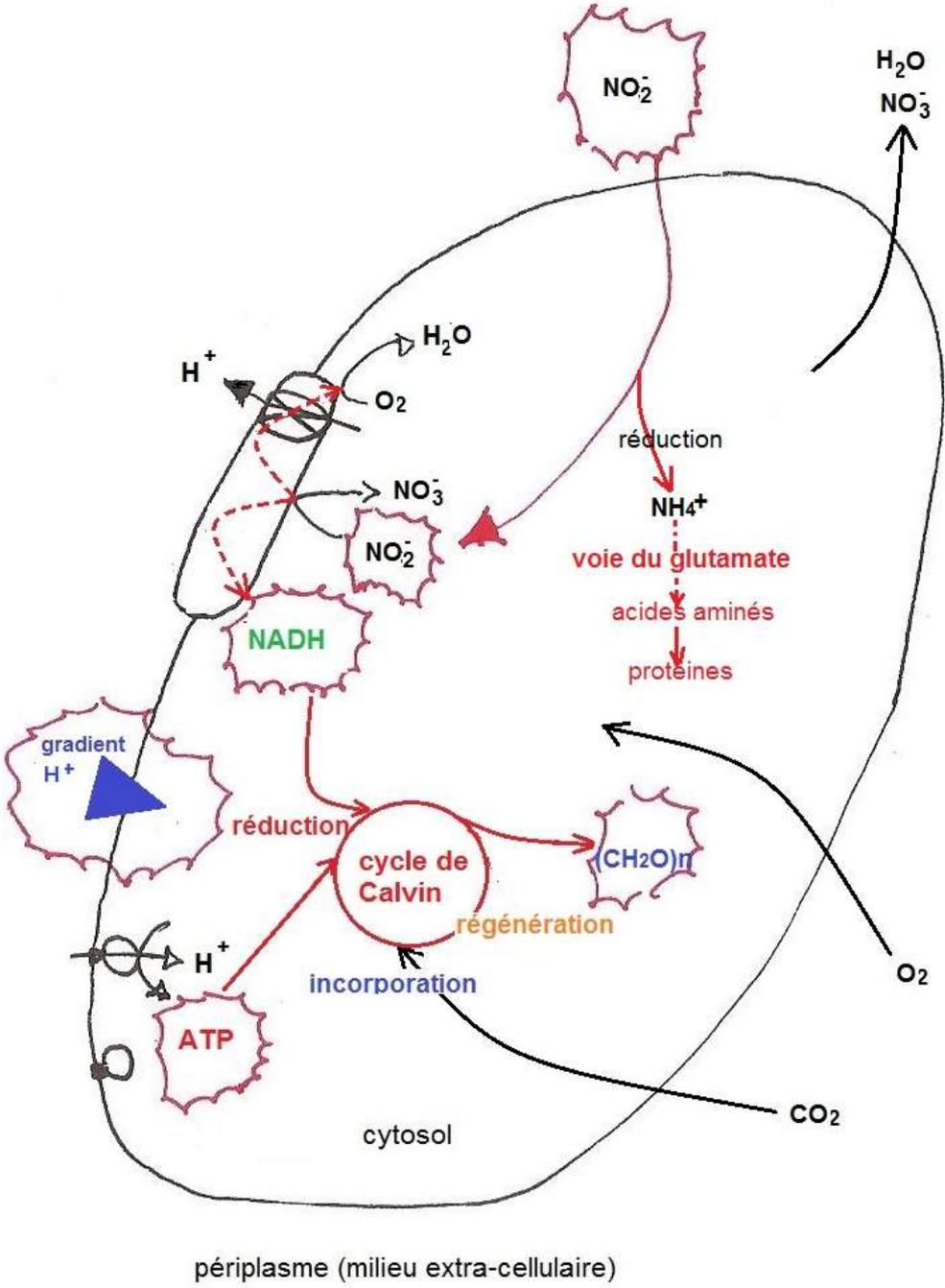


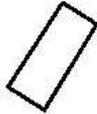
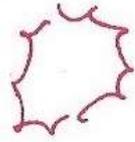
Document 8. Devenir des trioses phosphate produits par la photosynthèse.

Moment de la journée	Synthèse cytosolique de saccharose	Synthèse d'amidon dans le stroma
Journée ensoleillée	Oui : à partir des trioses nouvellement synthétisés	Oui : à partir des trioses nouvellement synthétisés
Soir et nuit : obscurité	Oui : à partir des trioses issus de la dégradation de l'amidon	Non

## **Document 9. Devenir des trioses en fonction du moment de la journée.**

(PEYCRU P. et coll., « Biologie 1<sup>ère</sup> année BCPST », Dunod Ed., 2007).



-  translocation de protons par : cytochrome oxydase
-  ATP synthase
-  trajet des électrons
-  chaîne de transfert d'électrons de la membrane plasmique
-  forme d'énergie

Transfert de matière :

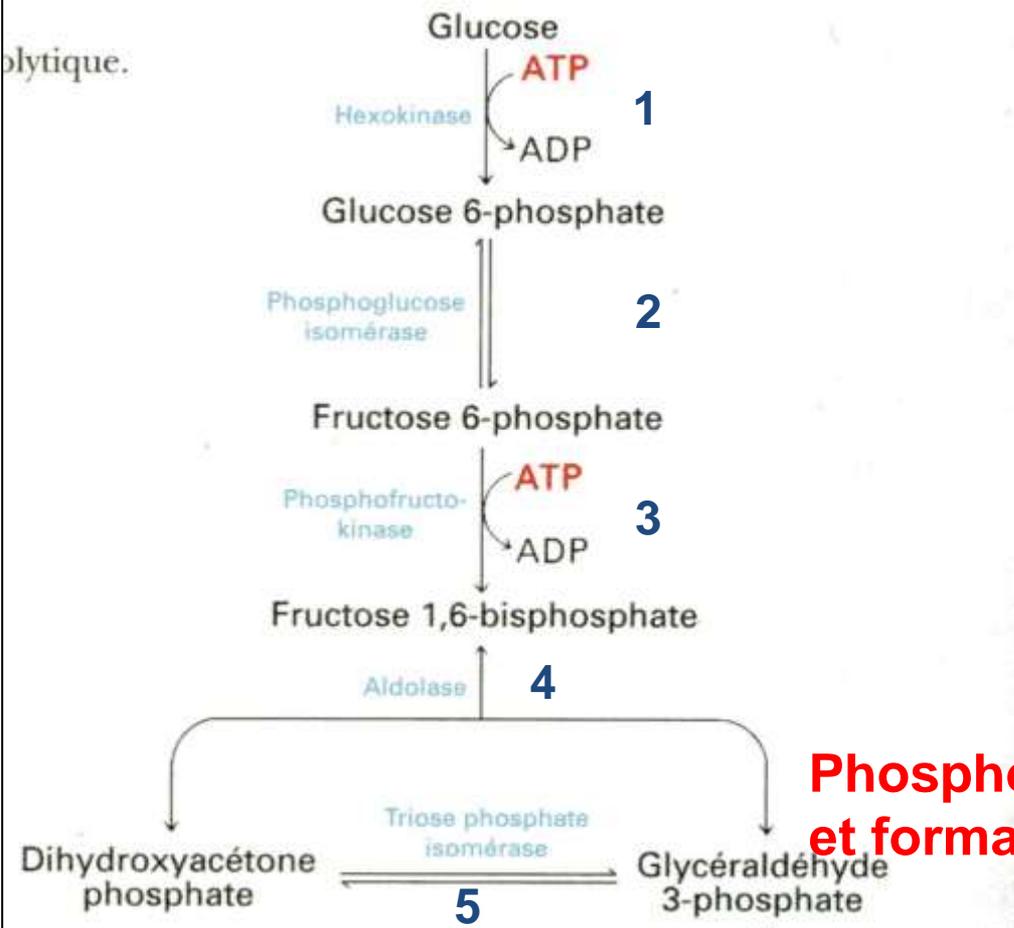
$$\text{CO}_2 \rightarrow \text{CHOH}$$

$$\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$$

$$\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$$

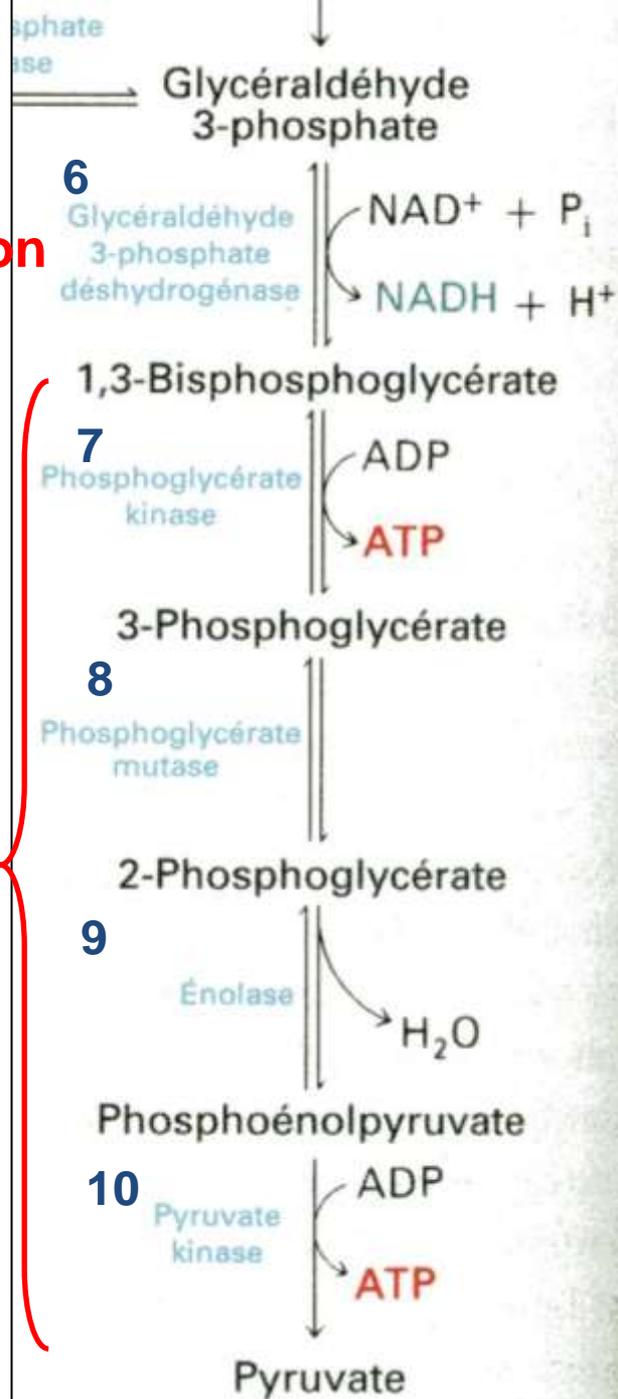
Document 10. Autotrophie au carbone (et à l'azote) d'une eubactérie nitratante.

olytique.



oxydation

Phosphorylations et formation d'ATP



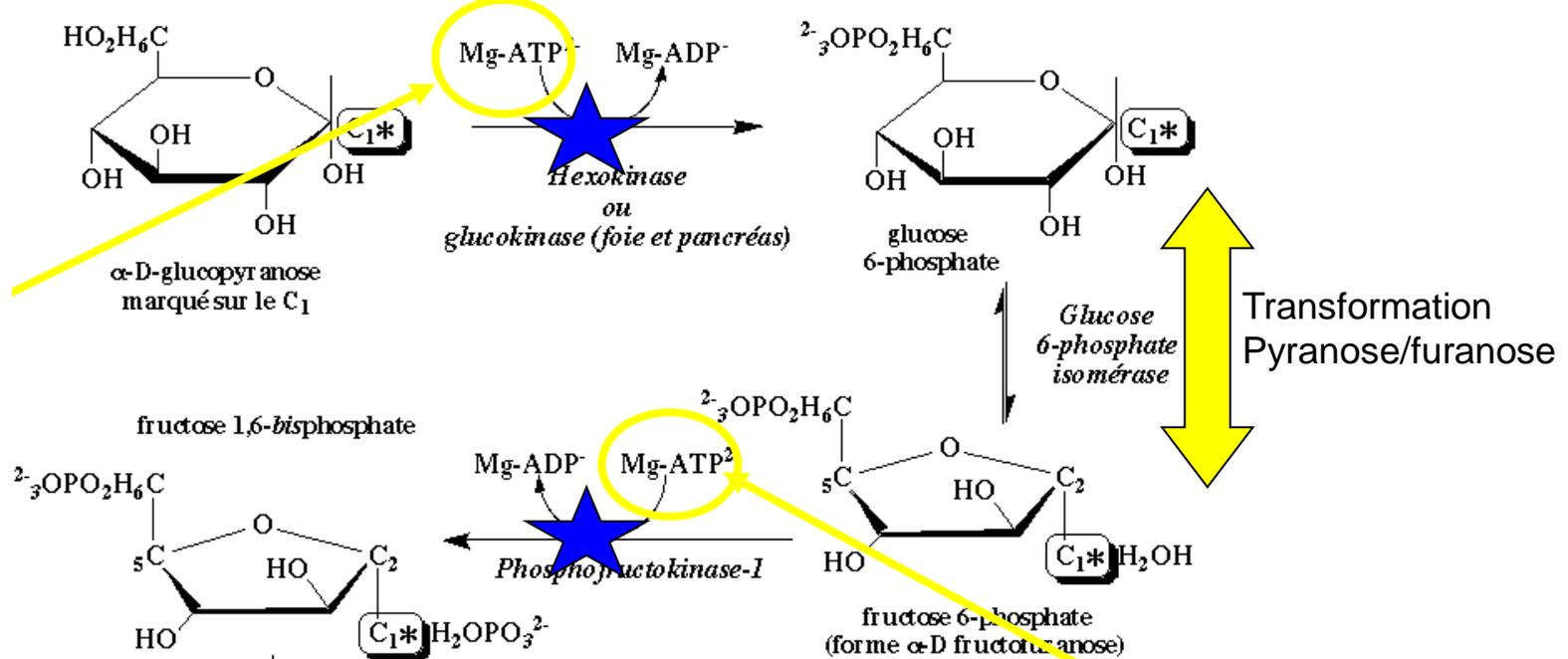
Habillage et préparation du substrat

## Document 11. Les étapes de la glycolyse.

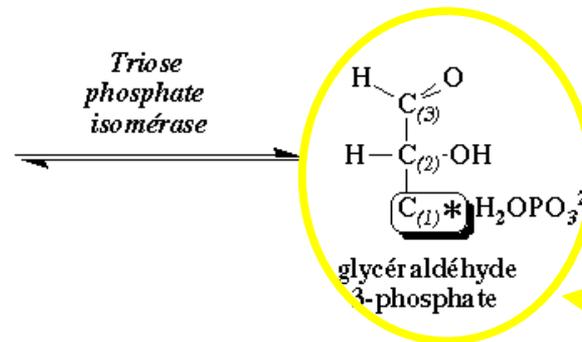
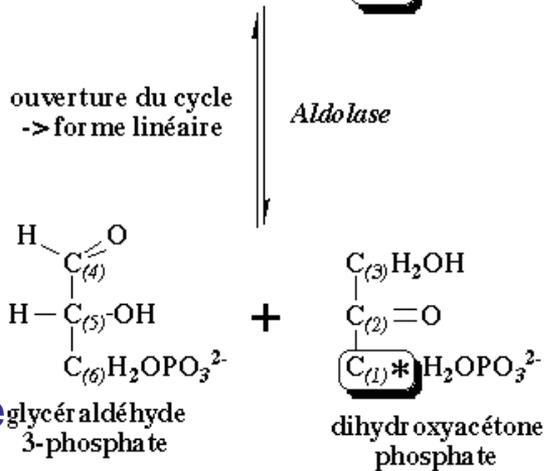
(STRYER L., " La biochimie " Flammarion Médecine – Sciences Ed. ; 1997).

Une molécule d'ATP est consommée

Exemples de Couplage chimiochimique



Une deuxième molécule d'ATP est consommée

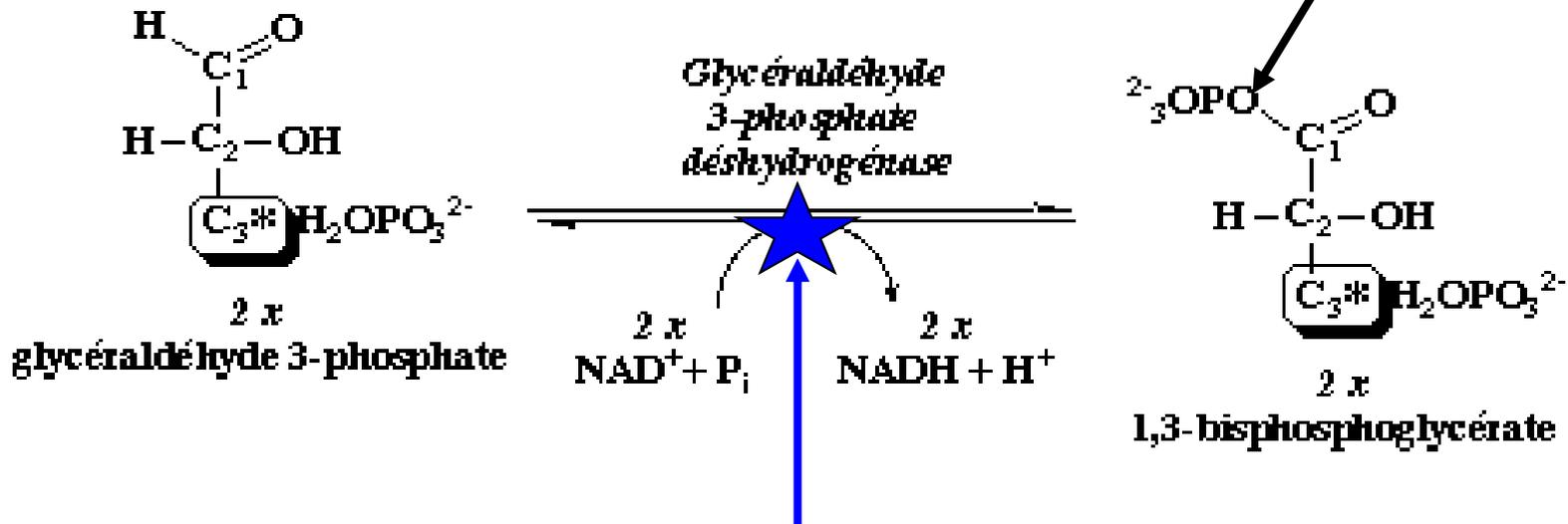


Le composé qui sera oxydé lors de la phase suivante

ATTENTION: Les chiffres entre parenthèses indiquent le numéro des carbones du fructose 1,6-bisphosphate

## La première phase de la glycolyse

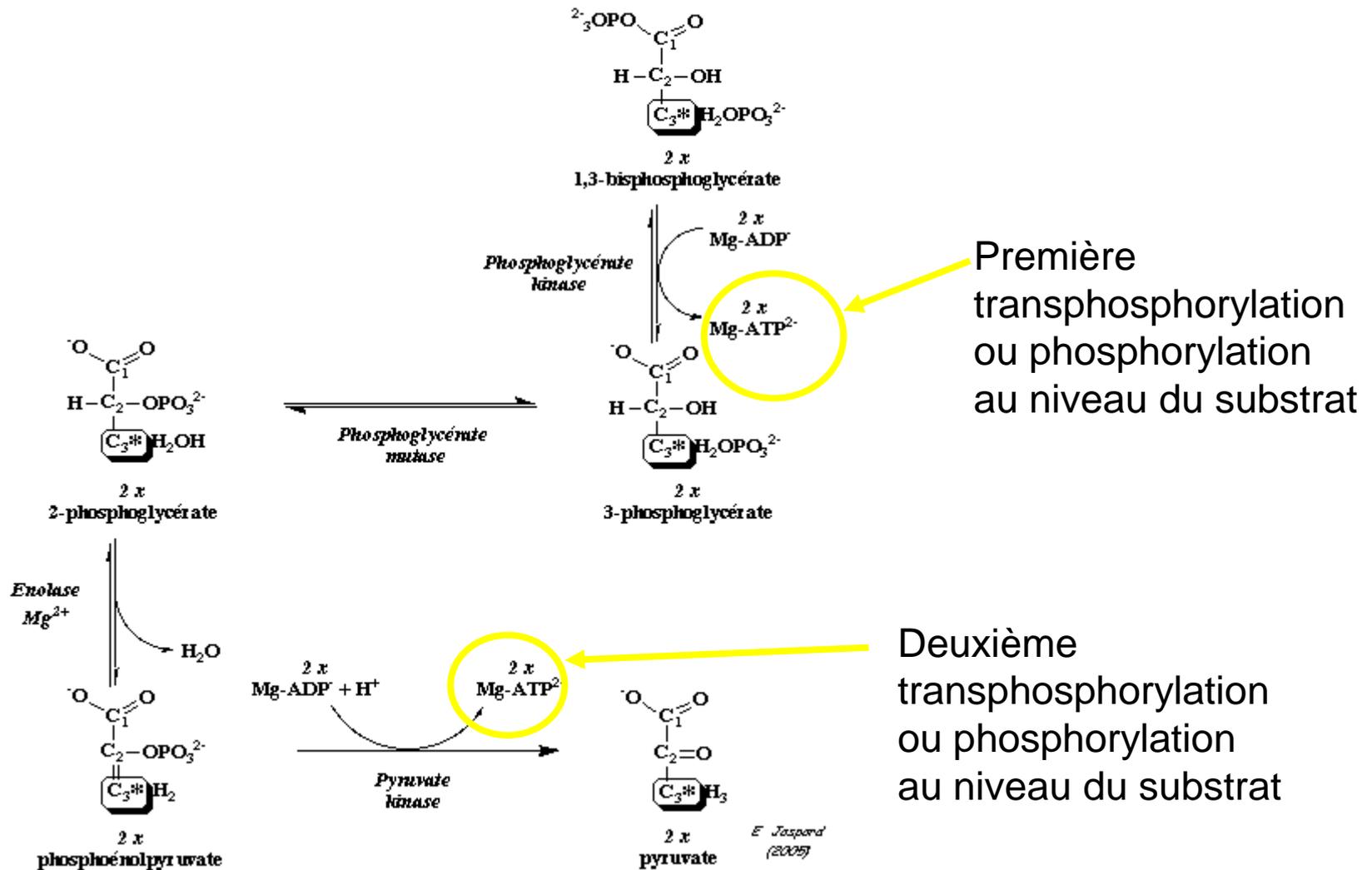
**Le glycéraldéhyde est oxydé et phosphorylé**



**Encore un couplage chimiochimique :**

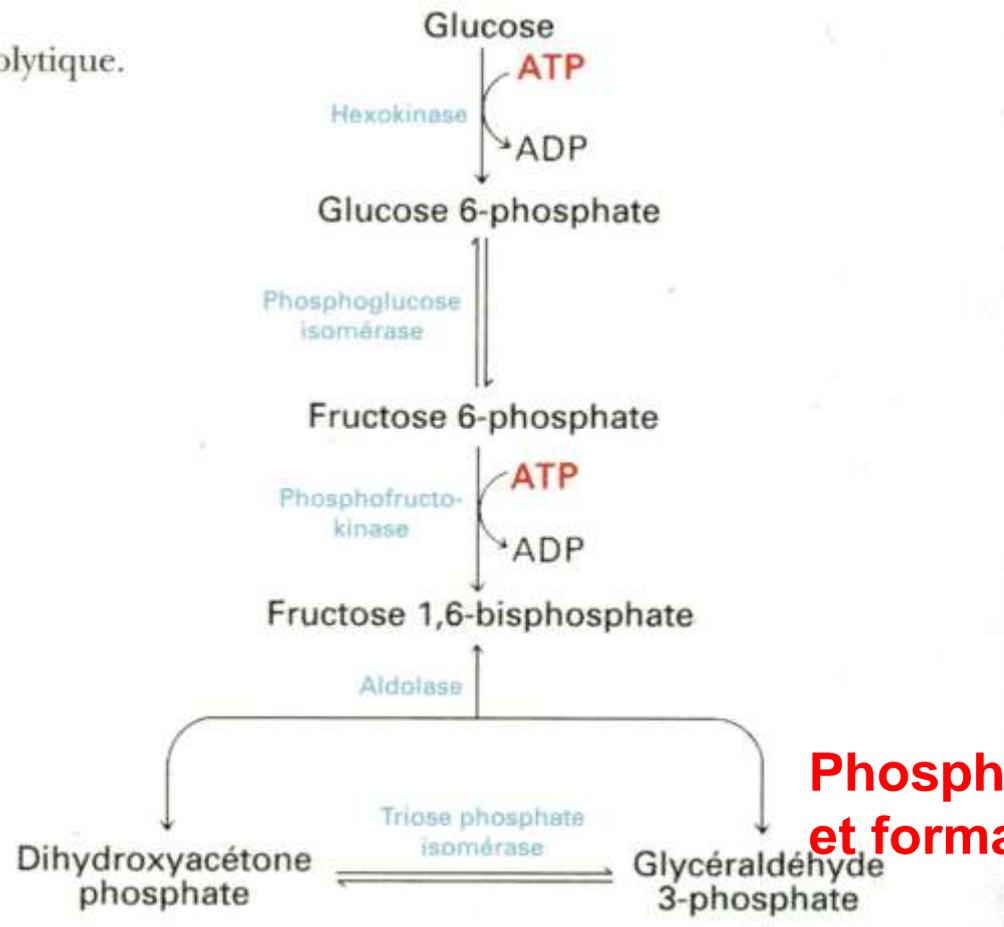
***l'oxydation du glycéraldéhyde est couplée à la réduction du NAD<sup>+</sup>***

**La deuxième phase de la glycolyse : la phase d'oxydation**



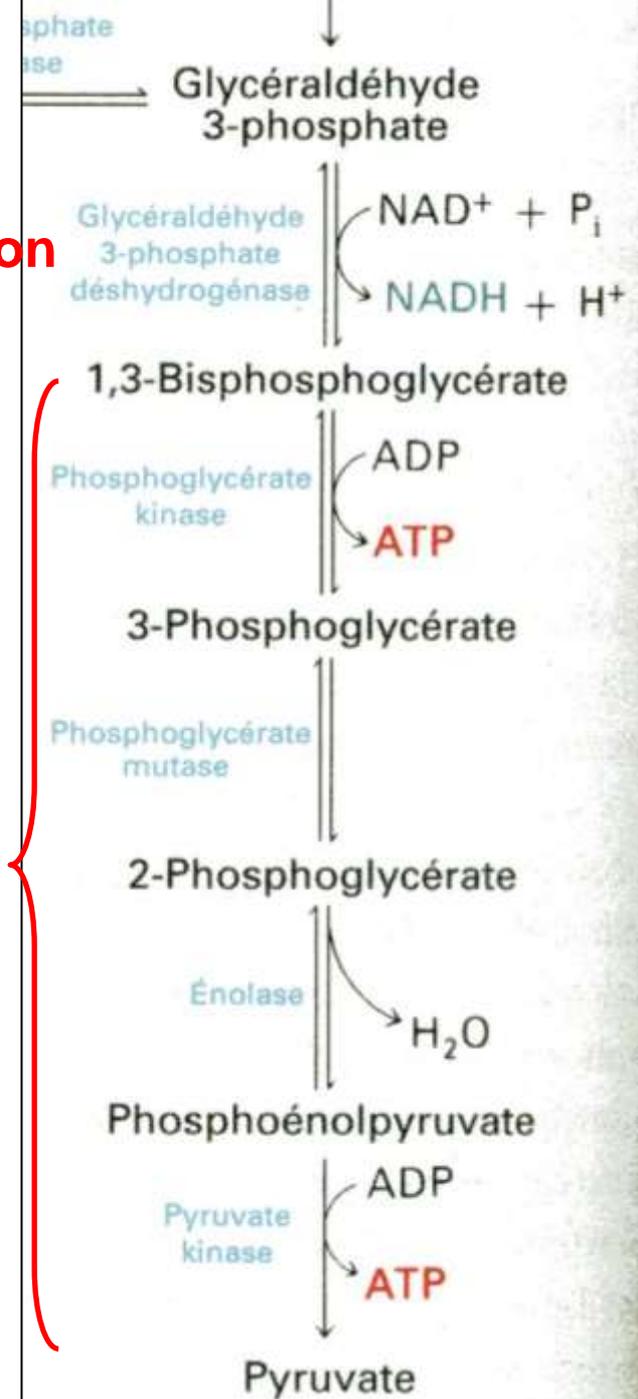
**La troisième phase de la glycolyse: « capitalisation » de la monnaie ATP**

olytique.



oxydation

Phosphorylations et formation d'ATP



Habillage et préparation du substrat

## Document 11. Les étapes de la glycolyse.

(STRYER L., " La biochimie " Flammarion Médecine – Sciences Ed. ; 1997).

# Bilan de la glycolyse

*pour une molécule de glucose engagée:*

*Première phase : deux ATP consommées*

*Deuxième phase : deux NADH, H<sup>+</sup> formées*

*Troisième phase : quatre ATP formées  
deux pyruvates formés*

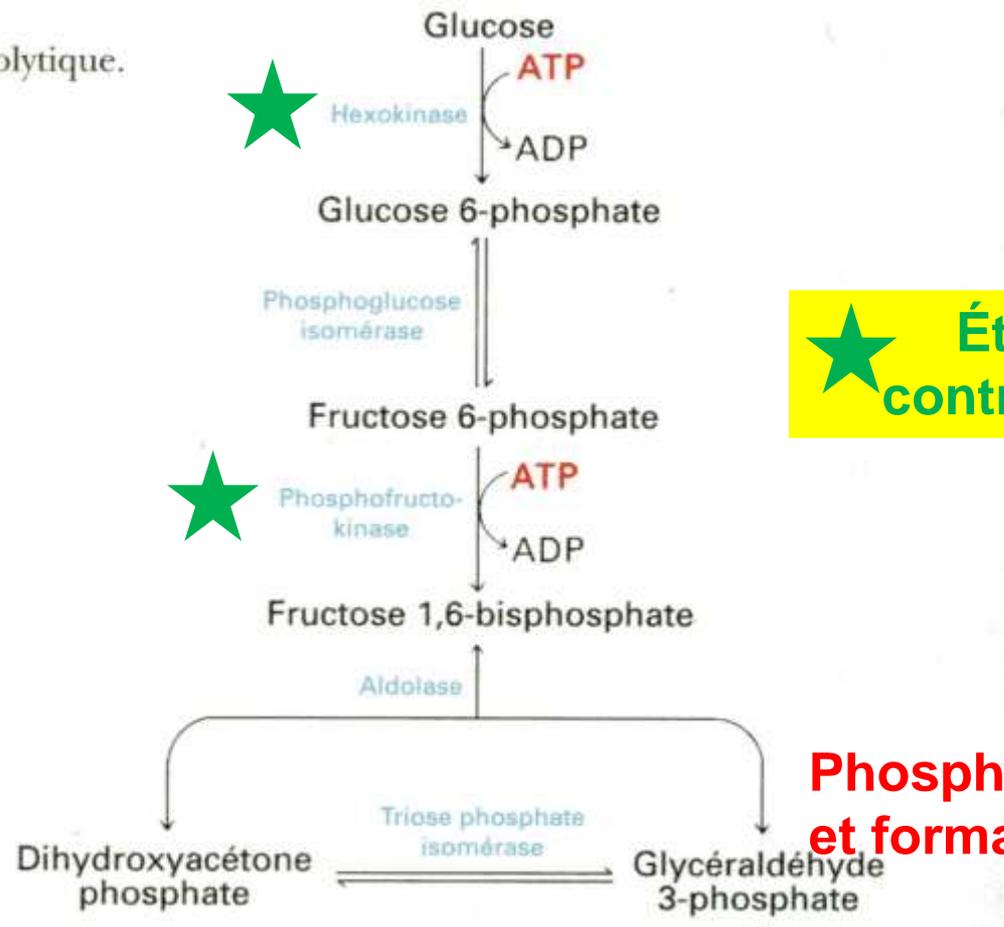


*Soit un bilan net de 2 ATP, 2 NADH, H<sup>+</sup>*

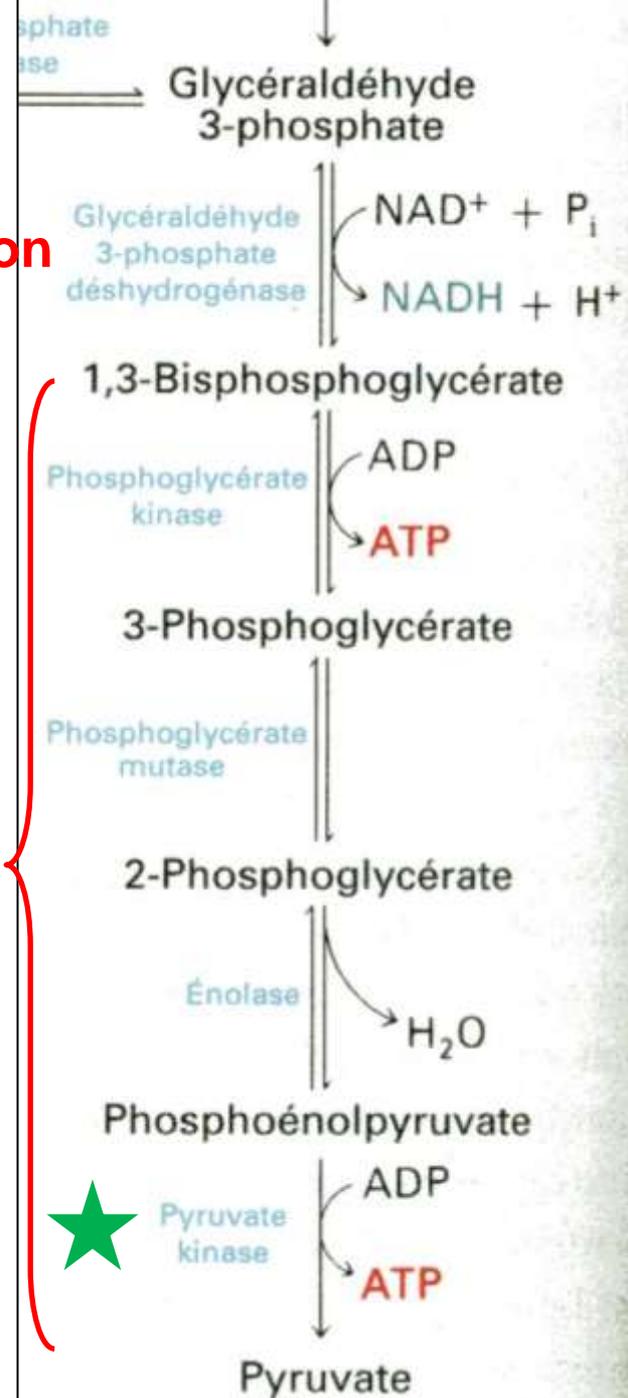
***Mais***

***le pyruvate possède encore de l'énergie potentielle, du pouvoir réducteur!***

olytique.



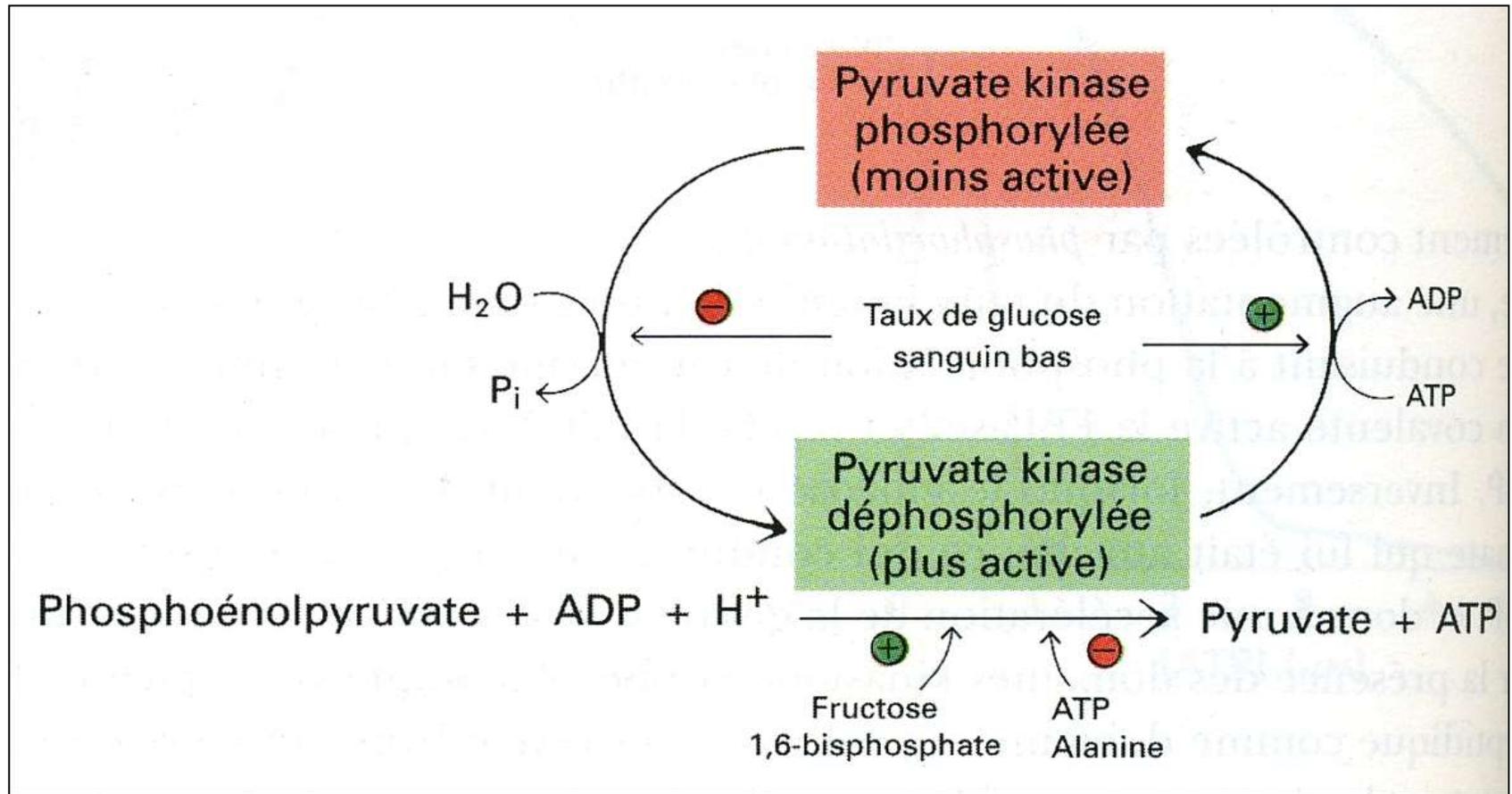
oxydation



**Habillage et préparation du substrat**

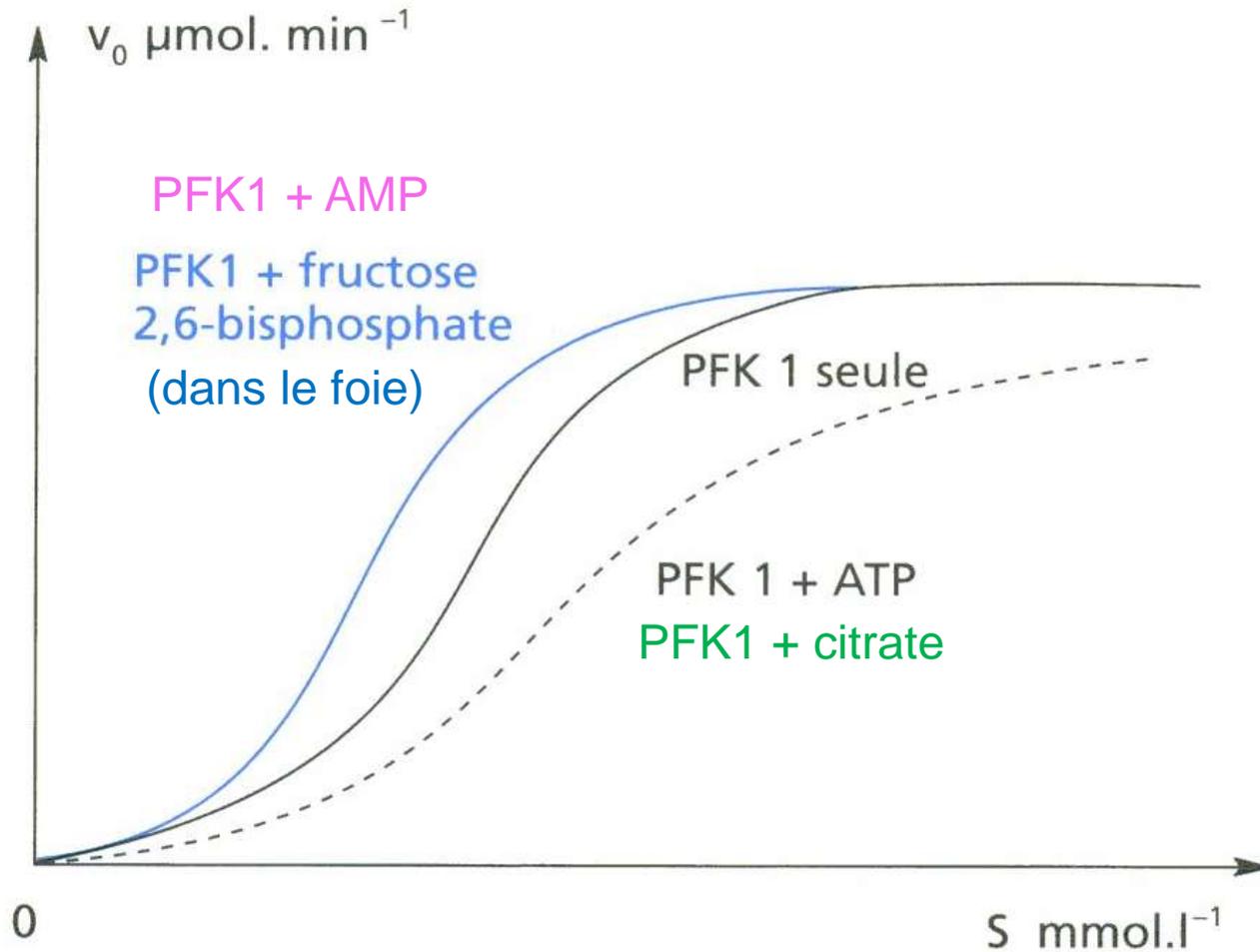
## Document 11. Les étapes de la glycolyse.

(STRYER L., " La biochimie " Flammarion Médecine – Sciences Ed. ; 1997).



## Document 12. Contrôle de l'activité catalytique de la pyruvate kinase du foie.

(STRYER L., « La biochimie » Flammarion Médecine – Sciences Ed. ; 1997).

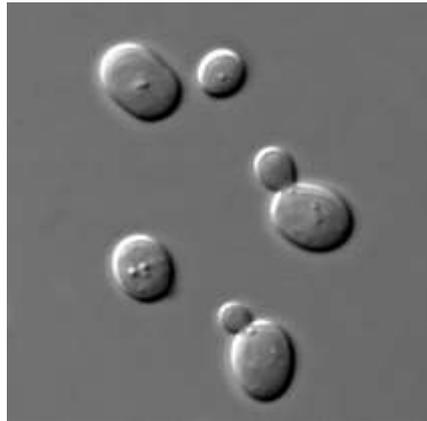


**Document 13. Activité de la PFK1, seule (témoin) et en présence d'effecteurs allostériques.**

(PEYCRU P. et coll., " Biologie 1<sup>ère</sup> année BCPST ", Dunod Ed., 2007).

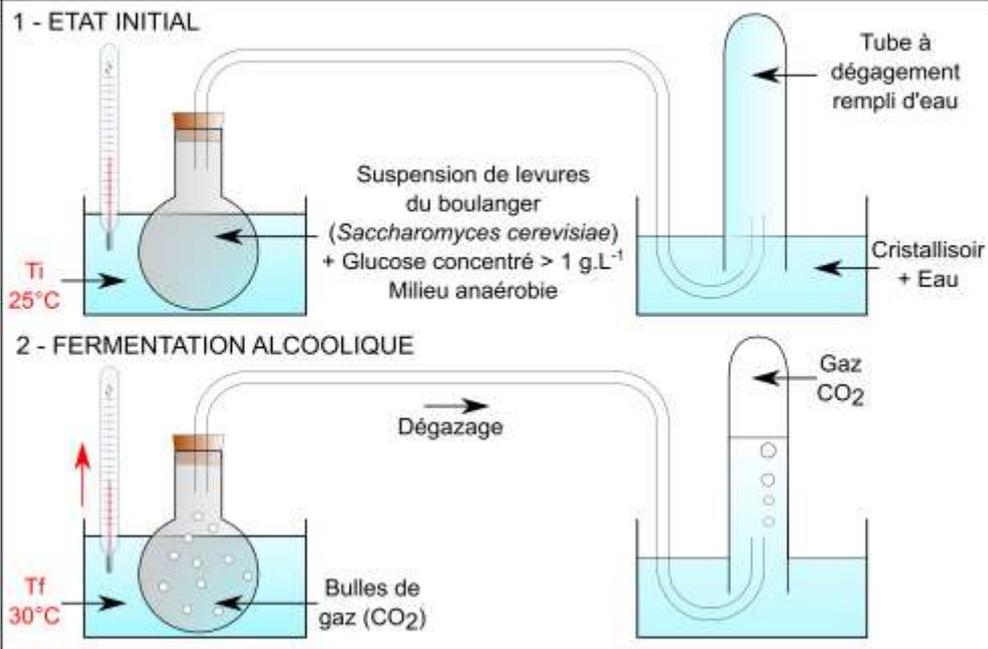
# Travaux de Pasteur sur les fermentations (1857 – 1867)

## *Saccharomyces cerevisiae*

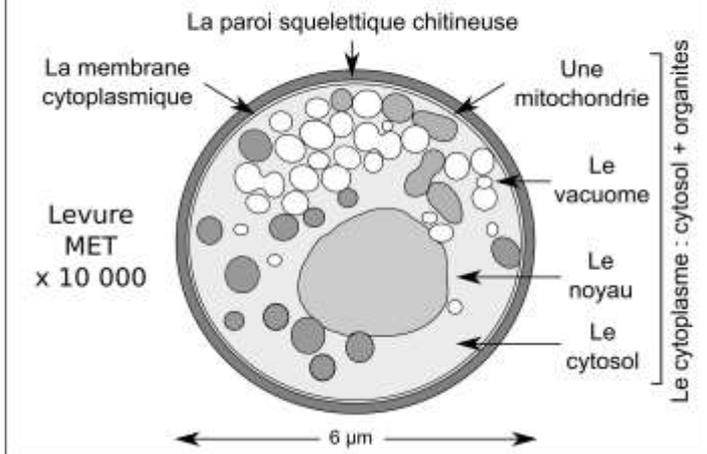


[https://en.wikipedia.org/wiki/Saccharomyces#/media/File:20100911\\_232323\\_Yeast\\_Live.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Saccharomyces#/media/File:20100911_232323_Yeast_Live.jpg)

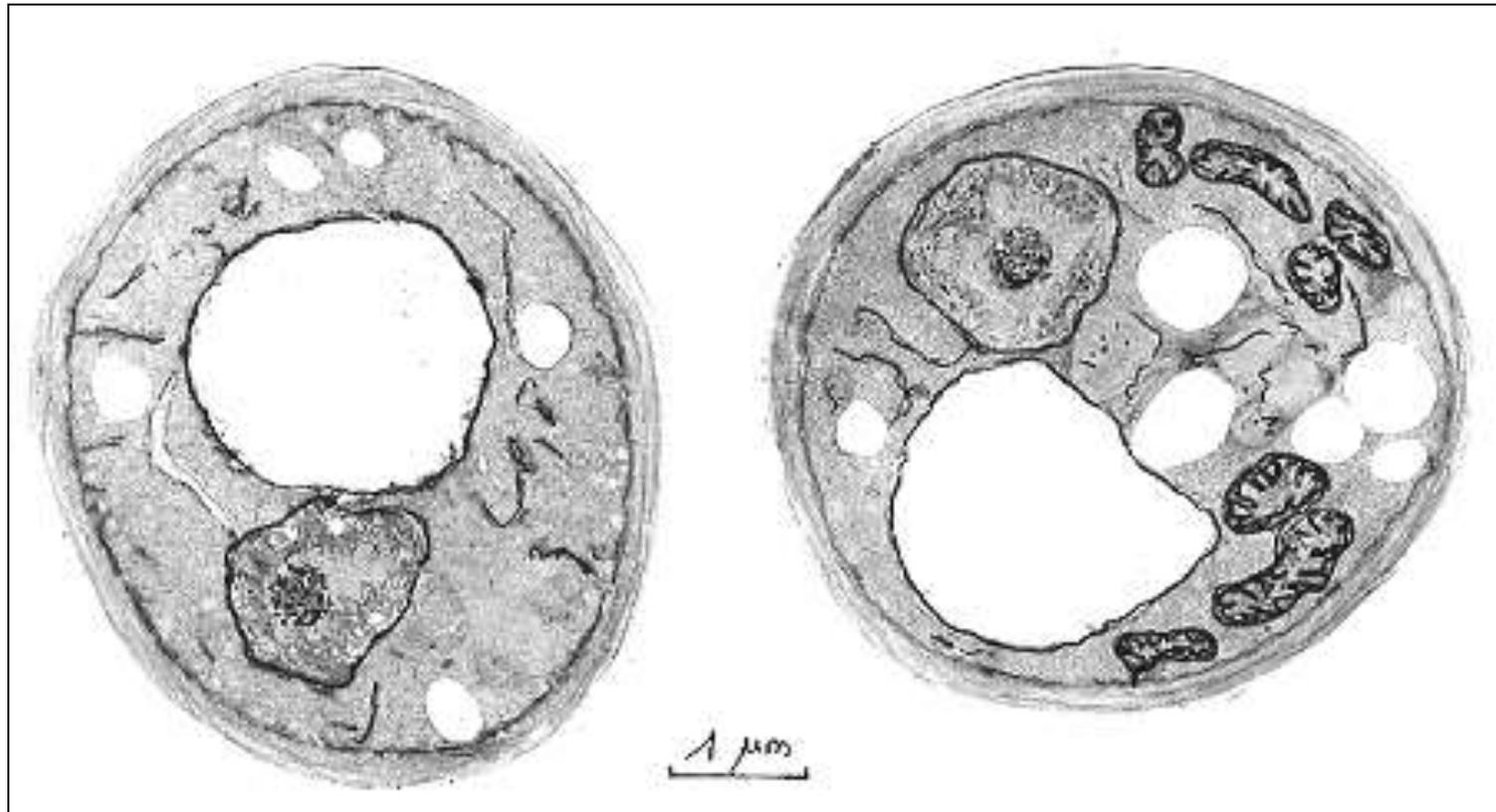
### EXPERIENCE DE PASTEUR 1860



### LEVURE : CHAMPIGNON UNICELLULAIRE



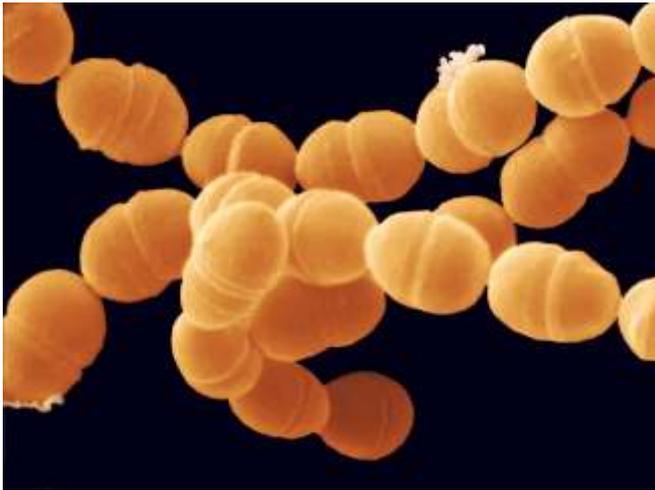
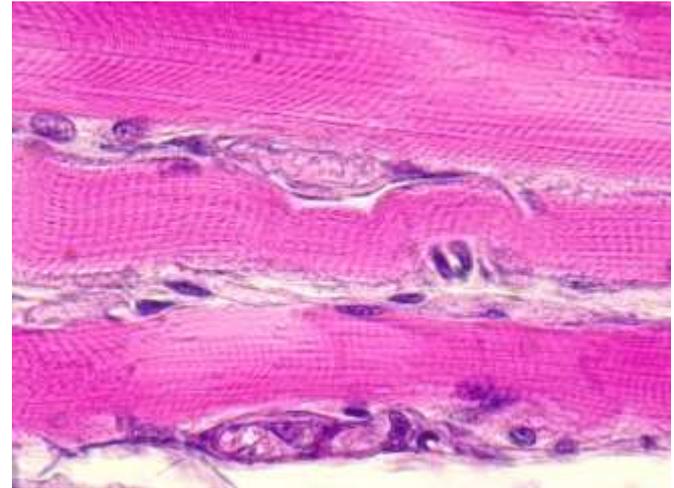
[https://www.svt-lycee-elorn.ovh/respiration\\_fermentation.php](https://www.svt-lycee-elorn.ovh/respiration_fermentation.php)



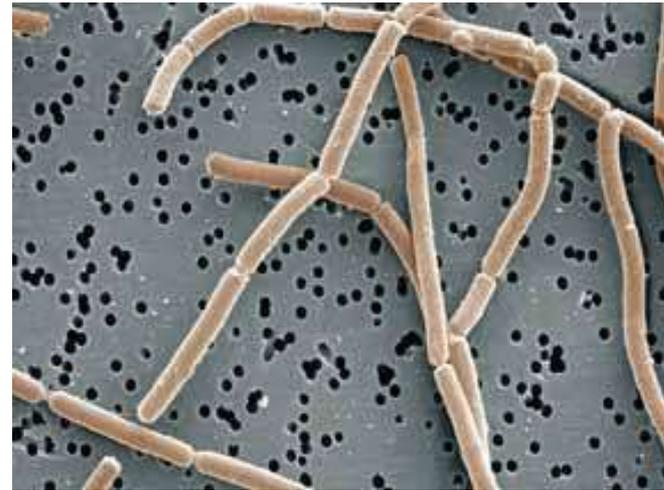
**Cellules de levures placées en anaérobiose (à gauche)  
et en aérobie (à droite). MET.**

(D'après sujet du baccalauréat Antilles-Guyane 2001).

# Des cellules qui réalisent la fermentation lactique

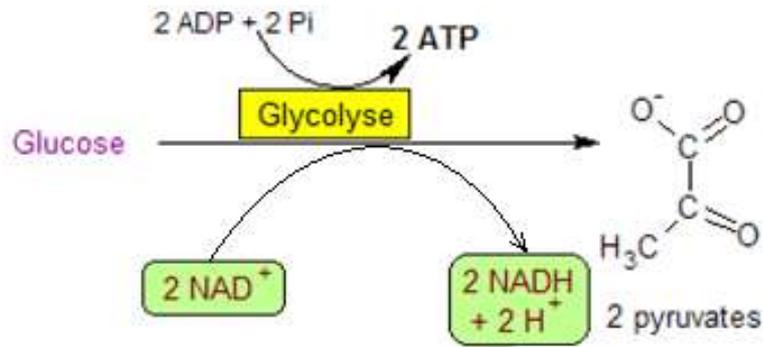


*Streptococcus thermophilus*

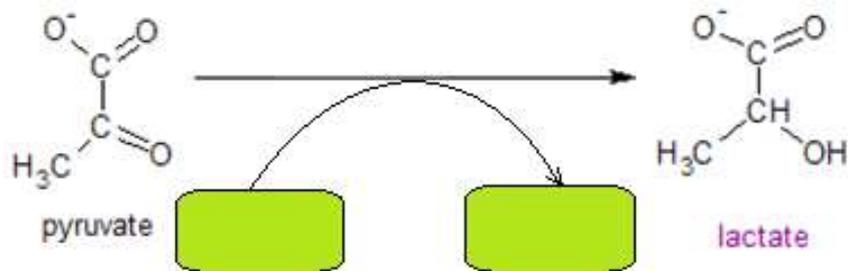


*Lactobacillus bulgaricus*

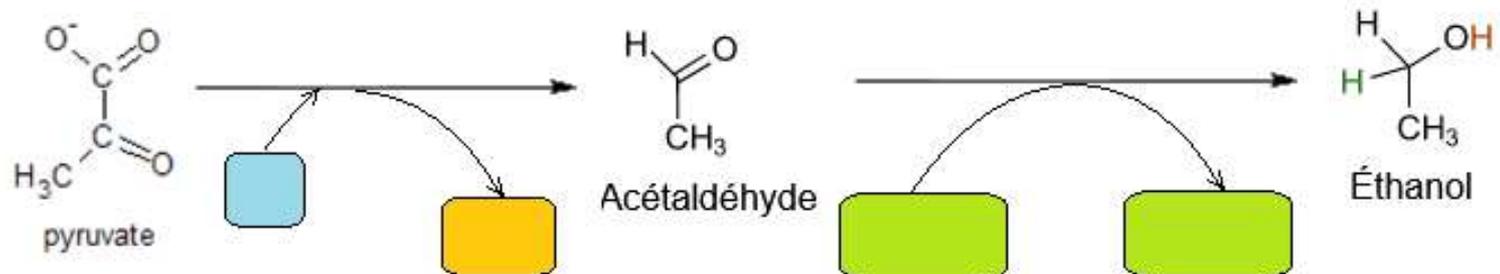
# Document 14. Les fermentations lactique et alcoolique (= éthanolique).



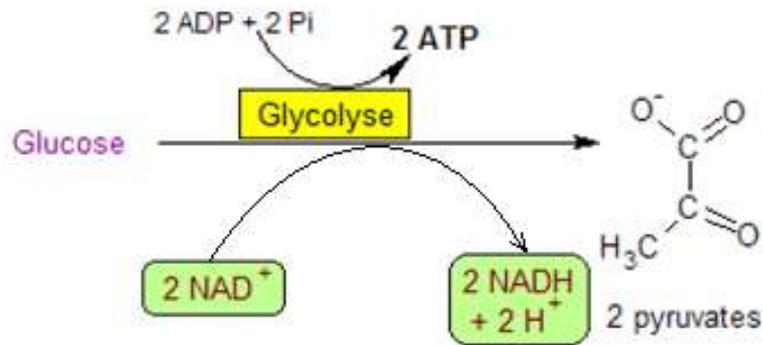
Dans les hématies, les cellules musculaires...



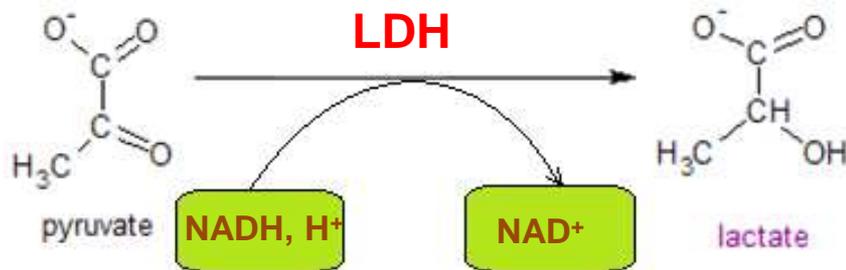
Dans les levures de bière...



# Document 14. Les fermentations lactique et alcoolique (= éthanolique).



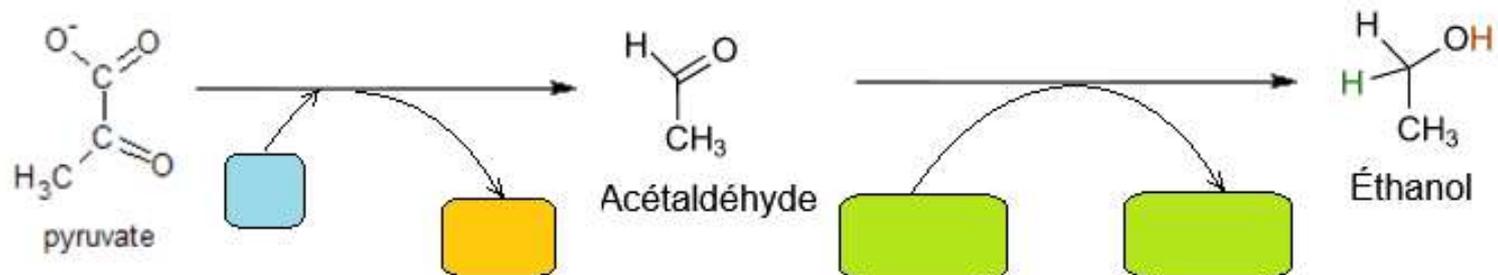
Dans les hématies, les cellules musculaires...



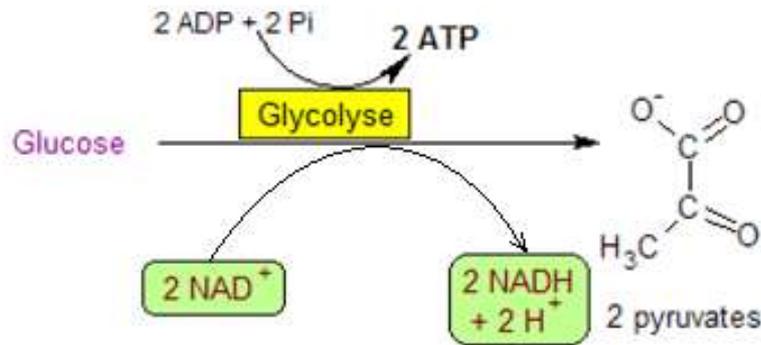
## Fermentation lactique

Réduction du pyruvate en lactate  
Oxydation du NADH, H<sup>+</sup> en NAD<sup>+</sup>

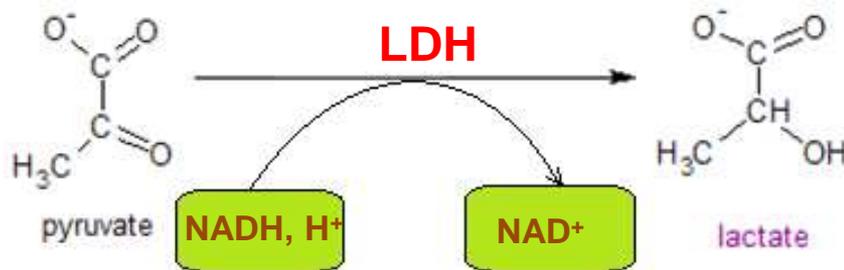
Dans les levures de bière...



# Document 14. Les fermentations lactique et alcoolique (= éthanolique).



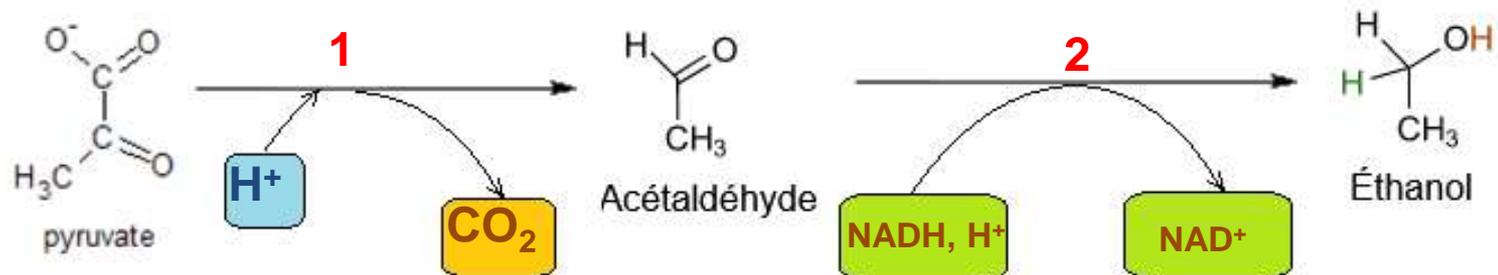
Dans les hématies, les cellules musculaires...



## Fermentation lactique

Réduction du pyruvate en lactate  
Oxydation du NADH, H<sup>+</sup> en NAD<sup>+</sup>

Dans les levures de bière...

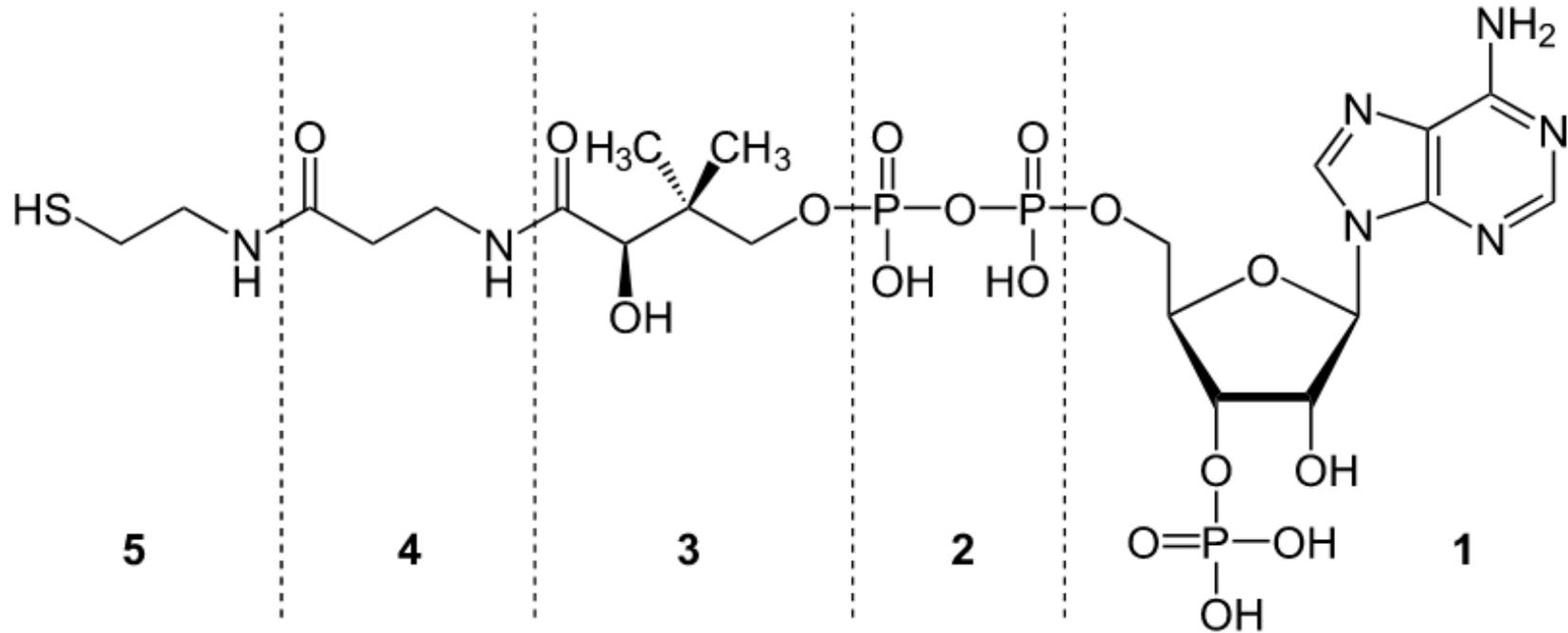


## Fermentation alcoolique

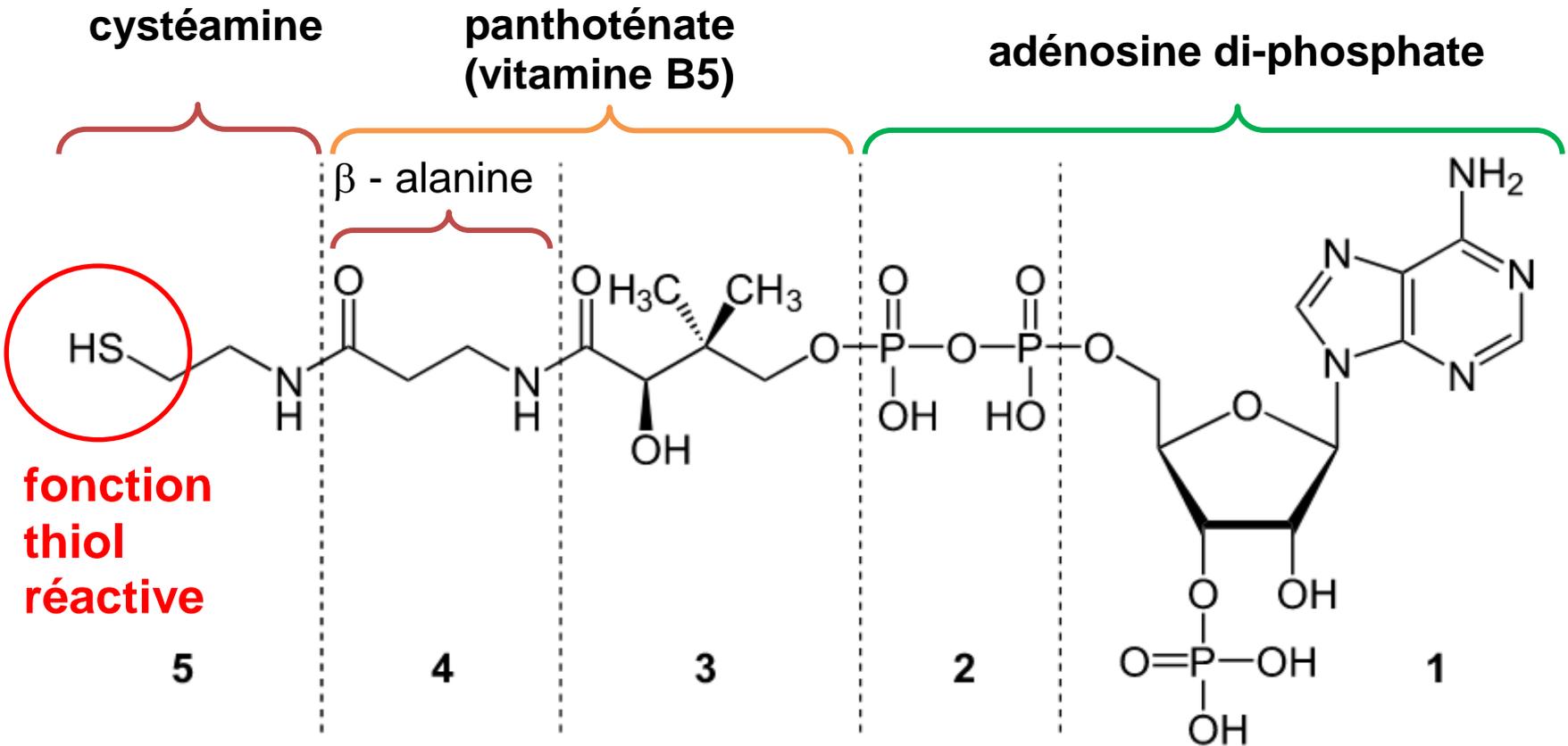
1 - Décarboxylation du pyruvate en acétaldéhyde

2 - Réduction de l'acétaldéhyde en éthanol et oxydation du NADH, H<sup>+</sup> en NAD<sup>+</sup>

# La coenzyme A, coenzyme de transfert de groupements acyle



# La coenzyme A, coenzyme de transfert de groupements acyle



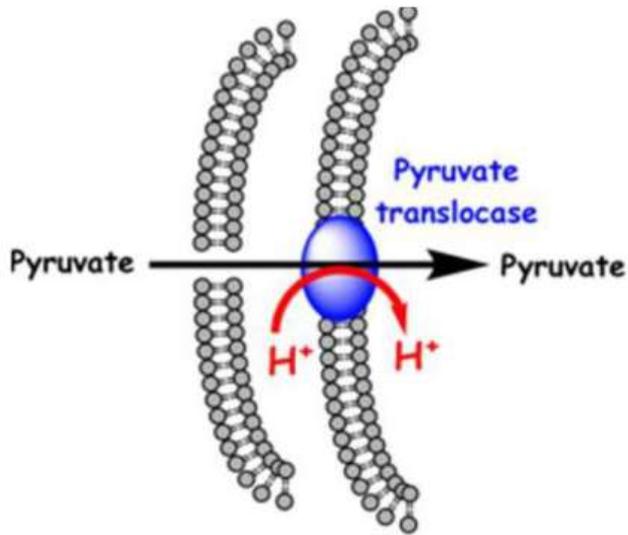
**formation d'un thioester :**



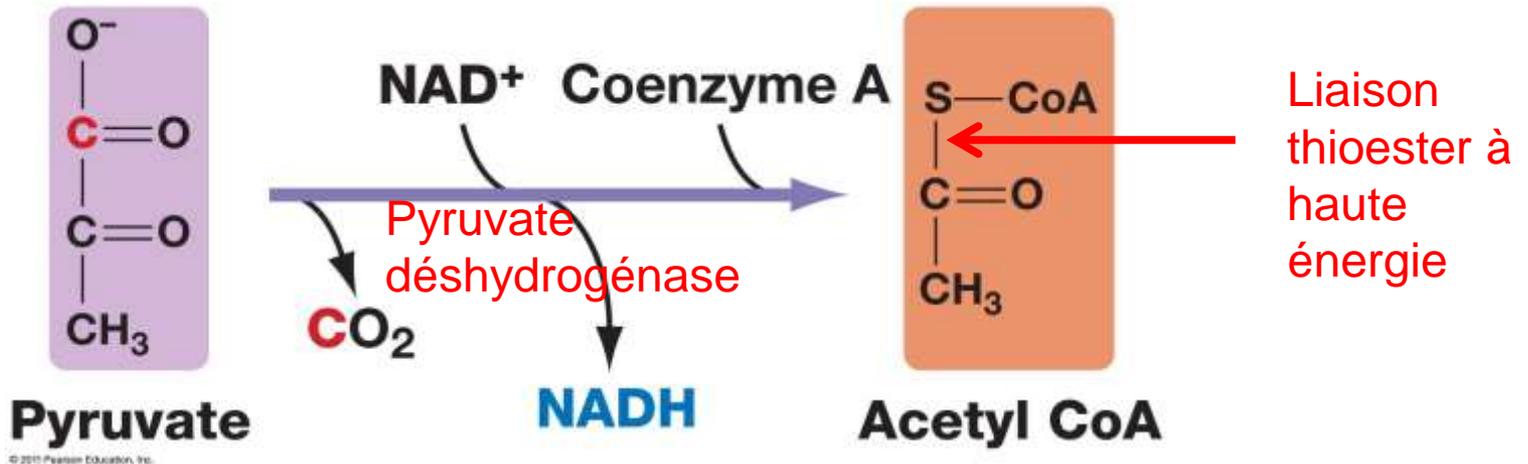
groupe acyle activé

Liaison thioester riche en énergie

# Document 15. Obtention de l'acétylcoenzyme A à partir du pyruvate.



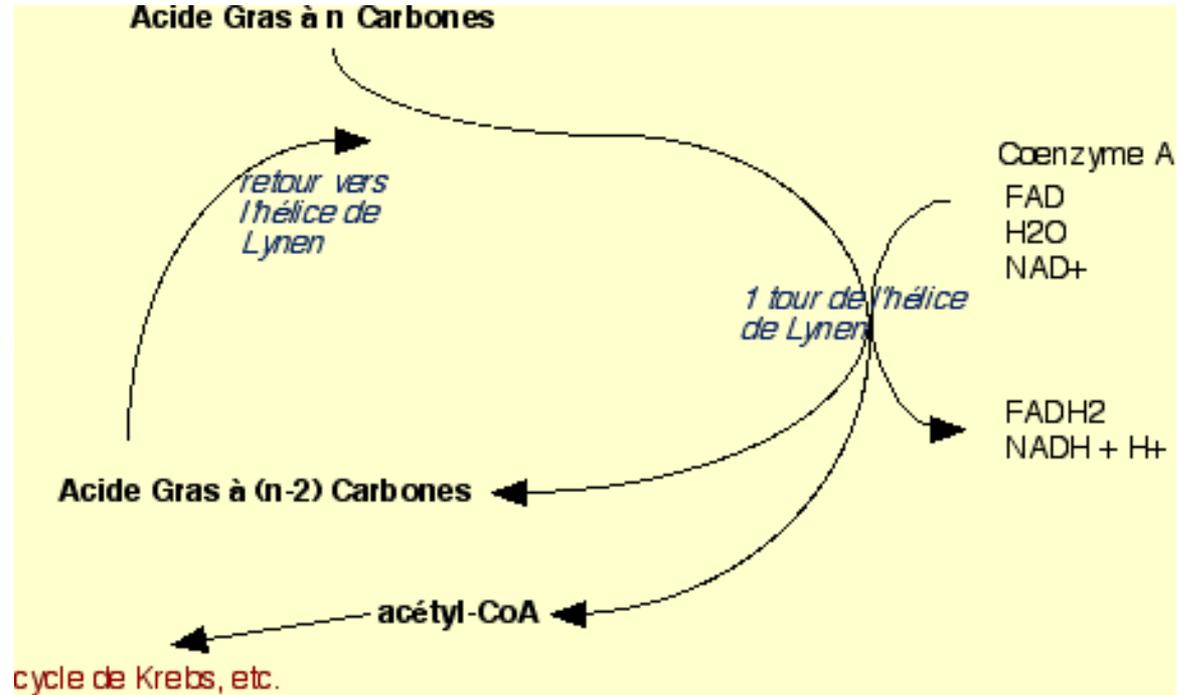
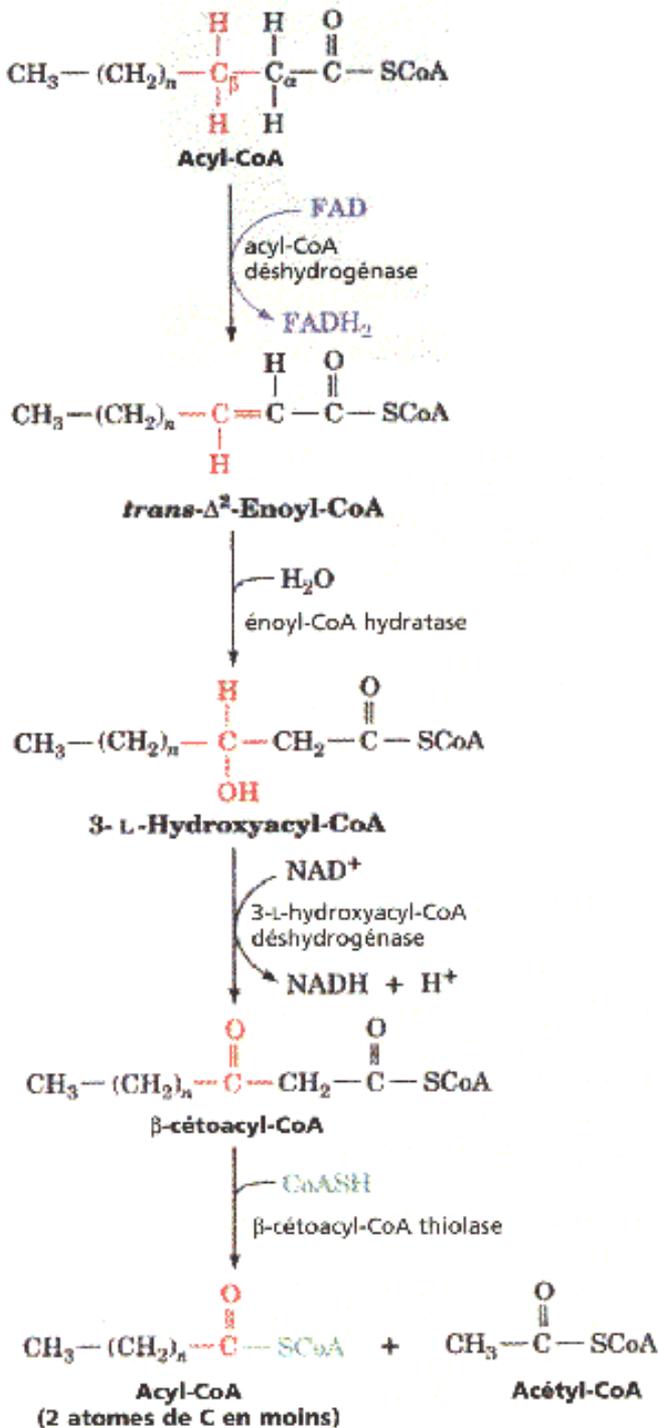
4 étapes sont nécessaires, la **pyruvate déshydrogénase** est un complexe multienzymatique



*Avantage des complexes multienzymatiques:*

- Une série des réactions en séquence est accélérée
- Minimisation des réactions collatérales
- Régulation coordonnée

# Document 16. Hélice de Lynen



## Bilan pour un tour d'hélice

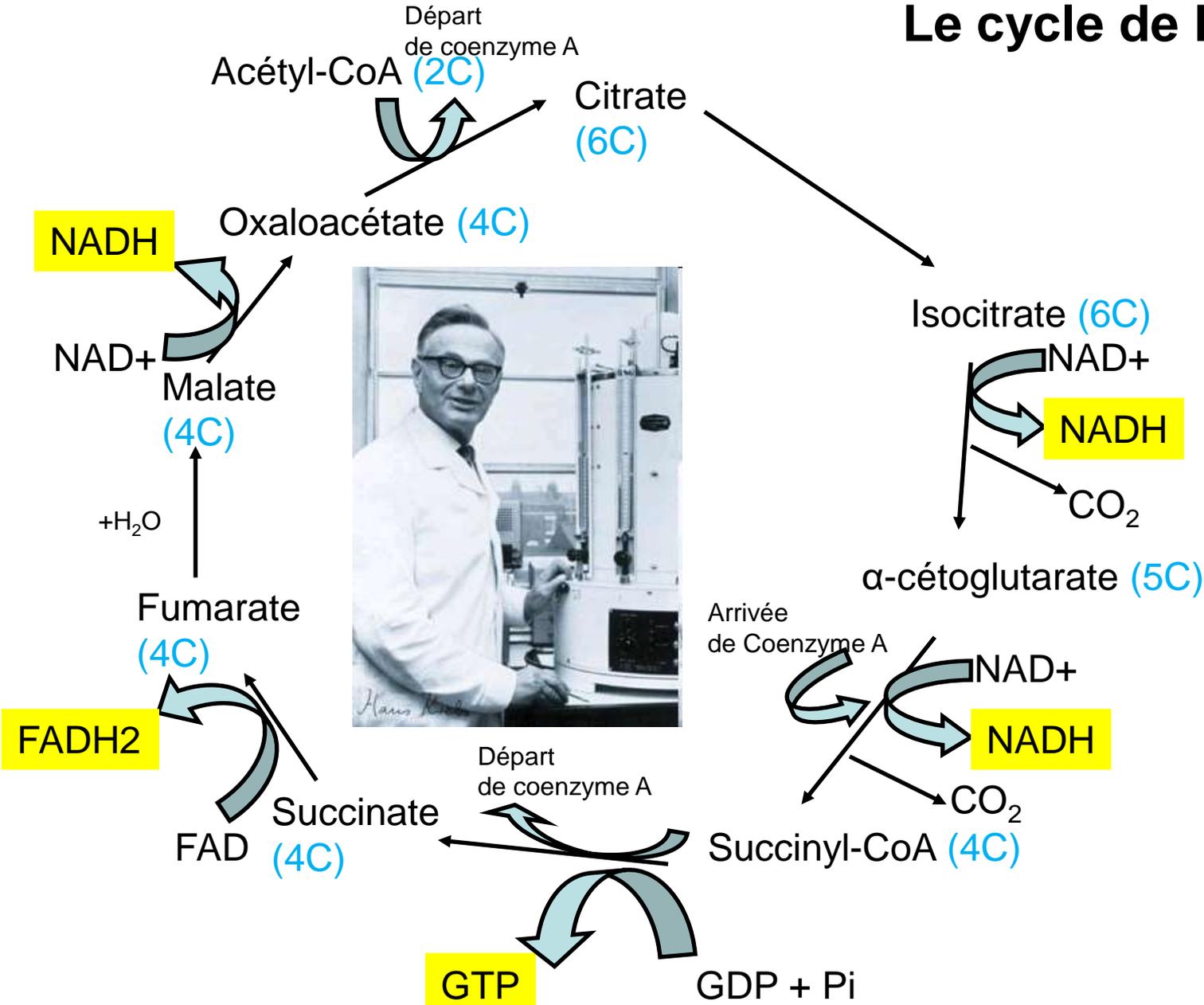


## Mise en évidence d'un cycle de réactions :

On étudie l'effet de l'ajout de composés normalement présents dans la matrice mitochondriale :

- **ajout de citrate → augmentation de la respiration**  
(consommation d'O<sub>2</sub> et production de CO<sub>2</sub>)
- **pourtant le citrate ne disparaît pas**
- **ajout d'oxalo-acétate → formation de citrate**

# Document 17. Le cycle de Krebs



# Bilan du cycle de Krebs :

Pour une molécule d'acétyl-coenzyme A :

- 2 CO<sub>2</sub> libérés
- 3 NADH, H<sup>+</sup> produits
- 1 FADH<sub>2</sub> produit
- 1 GTP (eq ATP)

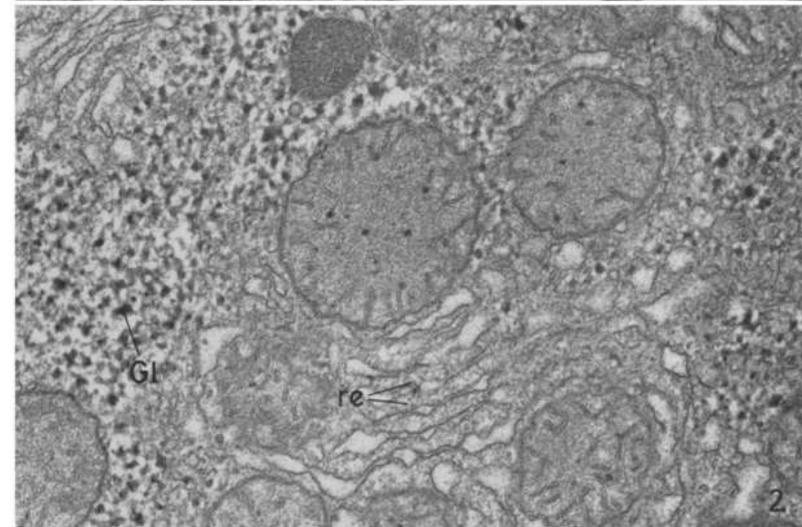
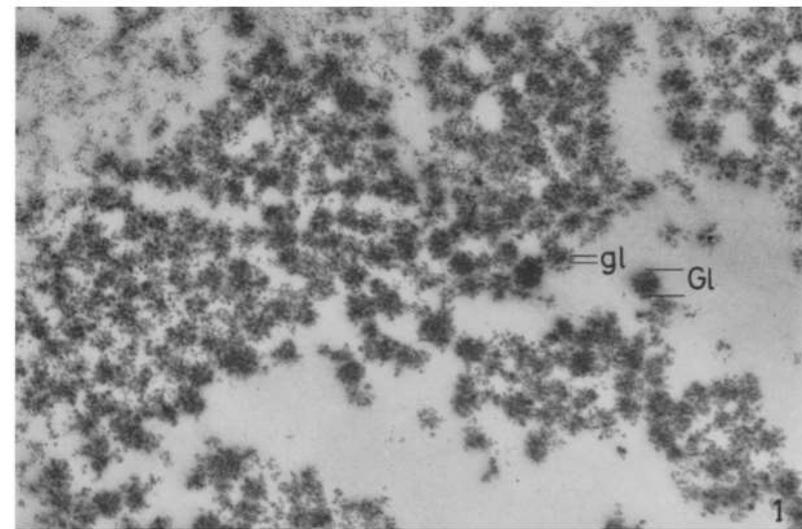
# Le glycogène, polysaccharide de réserve des tissus animaux (et des champignons)



## Cellules de foie de lapin

(MOx 1000, objectif à immersion ; zoom numérique x 2 ; coloration par le lugol).

<https://planet-vie.ens.fr/thematiques/observer-des-hepatocytes>

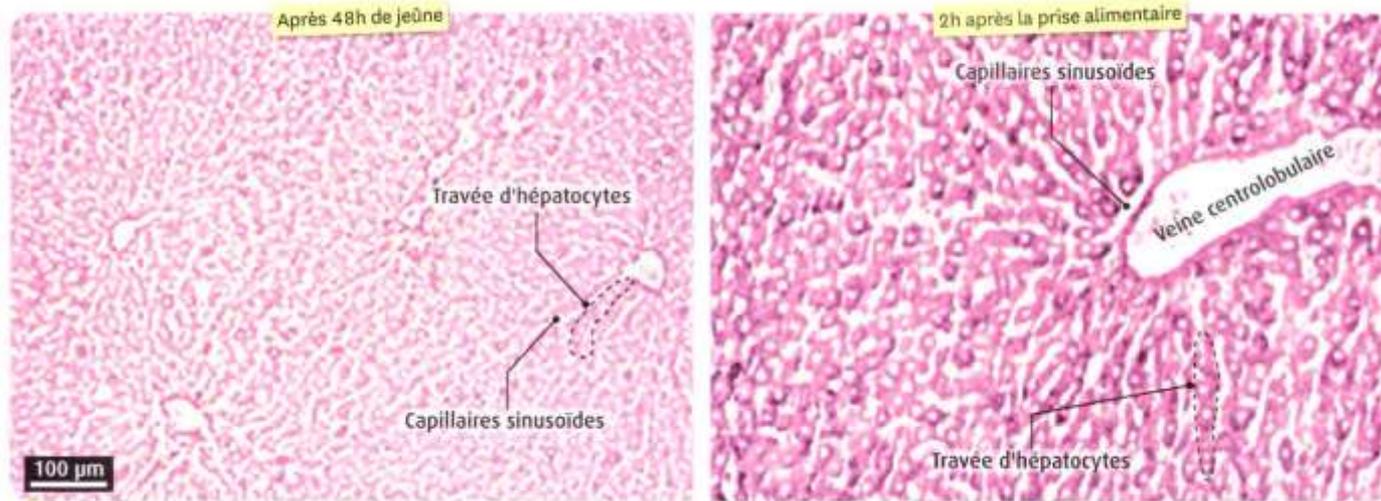


## Cellules de foie de rat (MET x 70 000)

« Mise en Évidence du Glycogène Dans la Cellule Hépatique par Microscopie Électronique » P. Drochmans  
The Journal of Biophysical and Biochemical Cytology Vol. 8, No. 2 (Oct., 1960), pp. 553-558

<https://rupress.org/jcb/article-pdf/8/2/553/1075043/553.pdf>

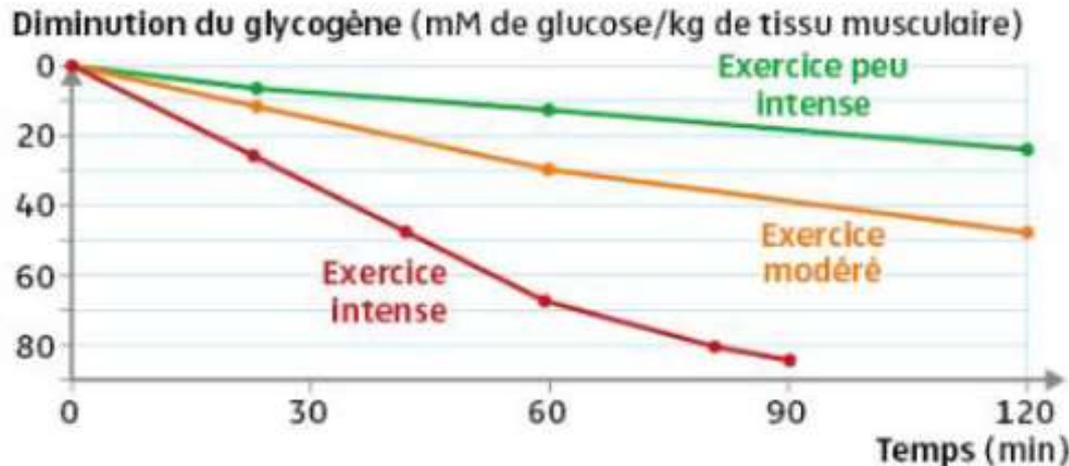
# Le glycogène dans les tissus hépatique et musculaire



CT de foie de rat ayant jeûné pendant 48 h (à gauche) et deux heures après la prise alimentaire (à droite) observées en MO.

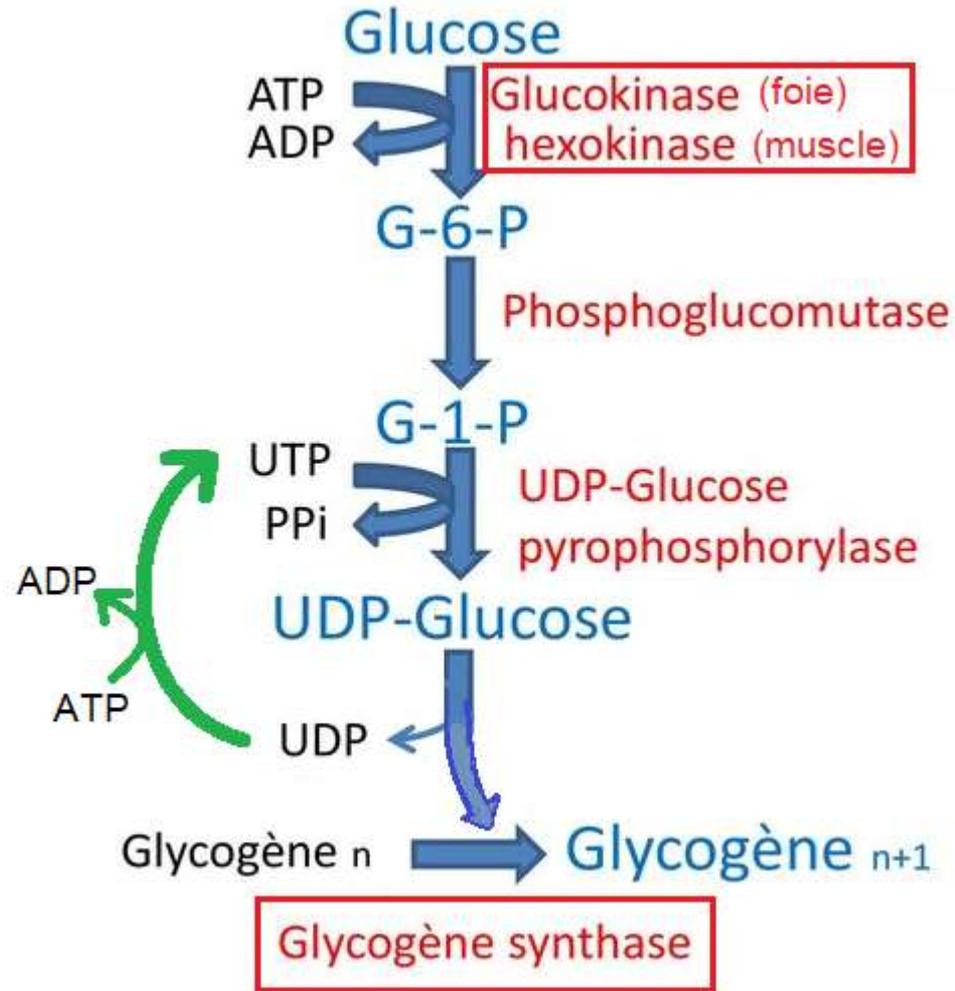
Le glycogène est mis en évidence par une coloration rose.

Manuel de spécialité SVT terminale S, Belin Ed.



Teneur en glycogène de cellules musculaires lors d'efforts physiques d'intensité variable.

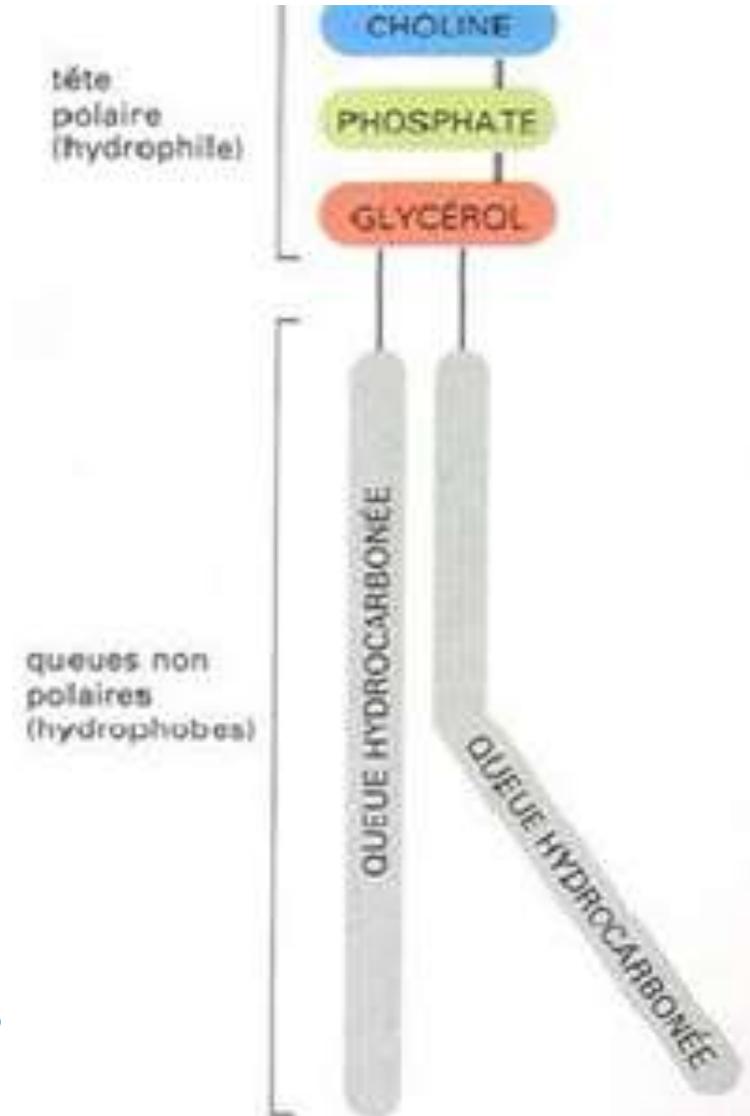
# Document 18. Les étapes de la glycogénogenèse.



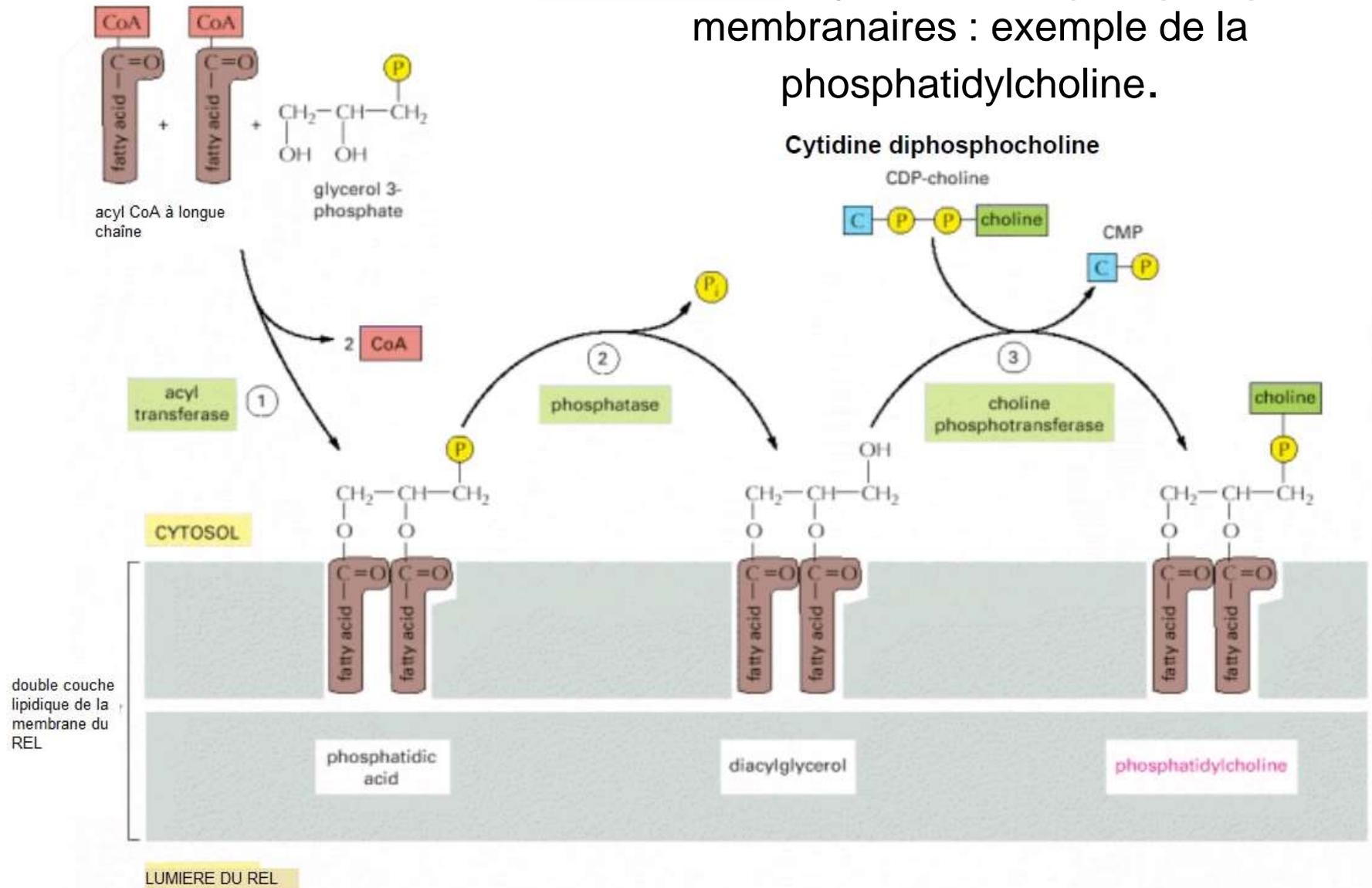
# Biosynthèses de molécules à rôle structural : Ex. des glycérophospholipides membranaires

**Localisation :**  
face cytosolique de la membrane  
du REL

**Origine des précurseurs ?**



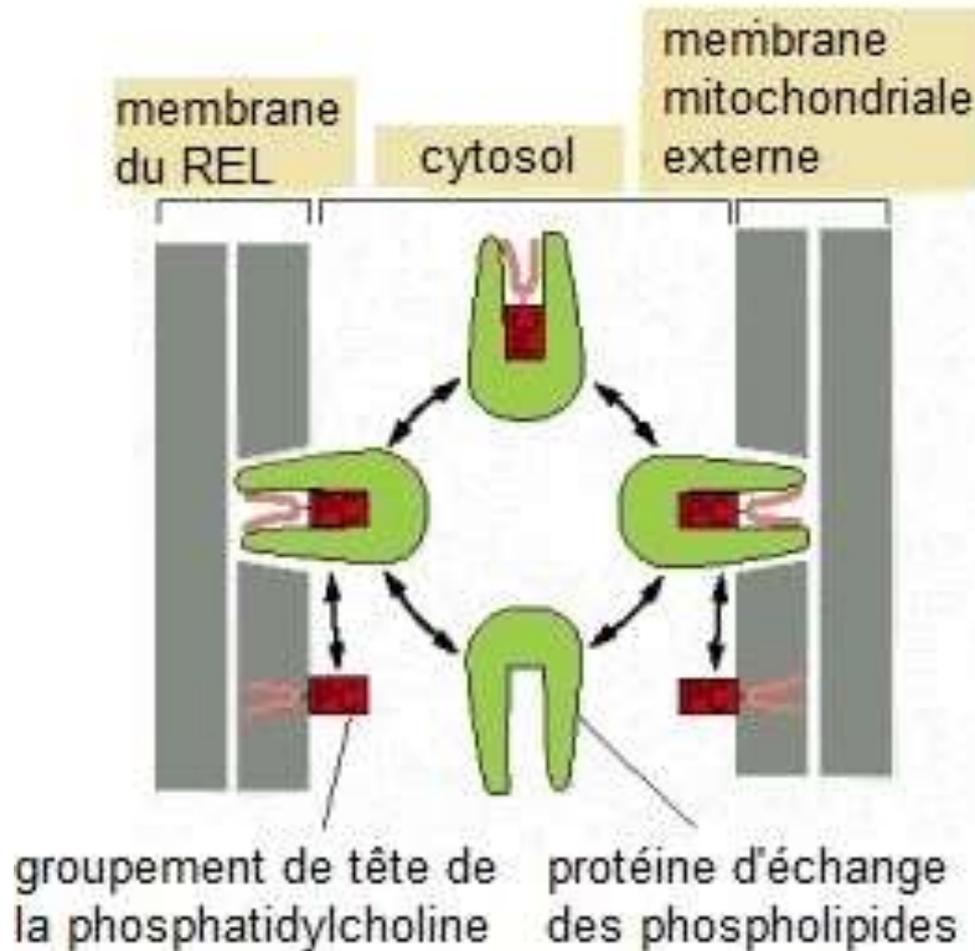
# Document 19. Synthèse des phospholipides membranaires : exemple de la phosphatidylcholine.



➡ La phosphatidylcholine = le principal phospholipide des cellules animales

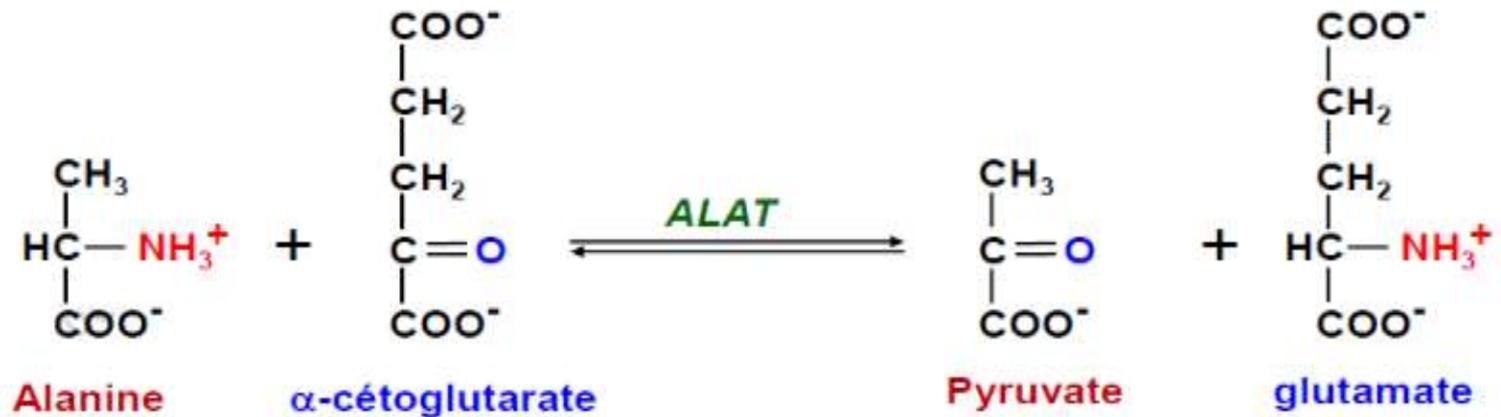
➡ Toutes les enzymes intervenant dans la synthèse sont dans la membrane du REL, leur site actif tourné vers le cytosol

# Transport de phospholipides membranaires par des protéines d'échange des phospholipides



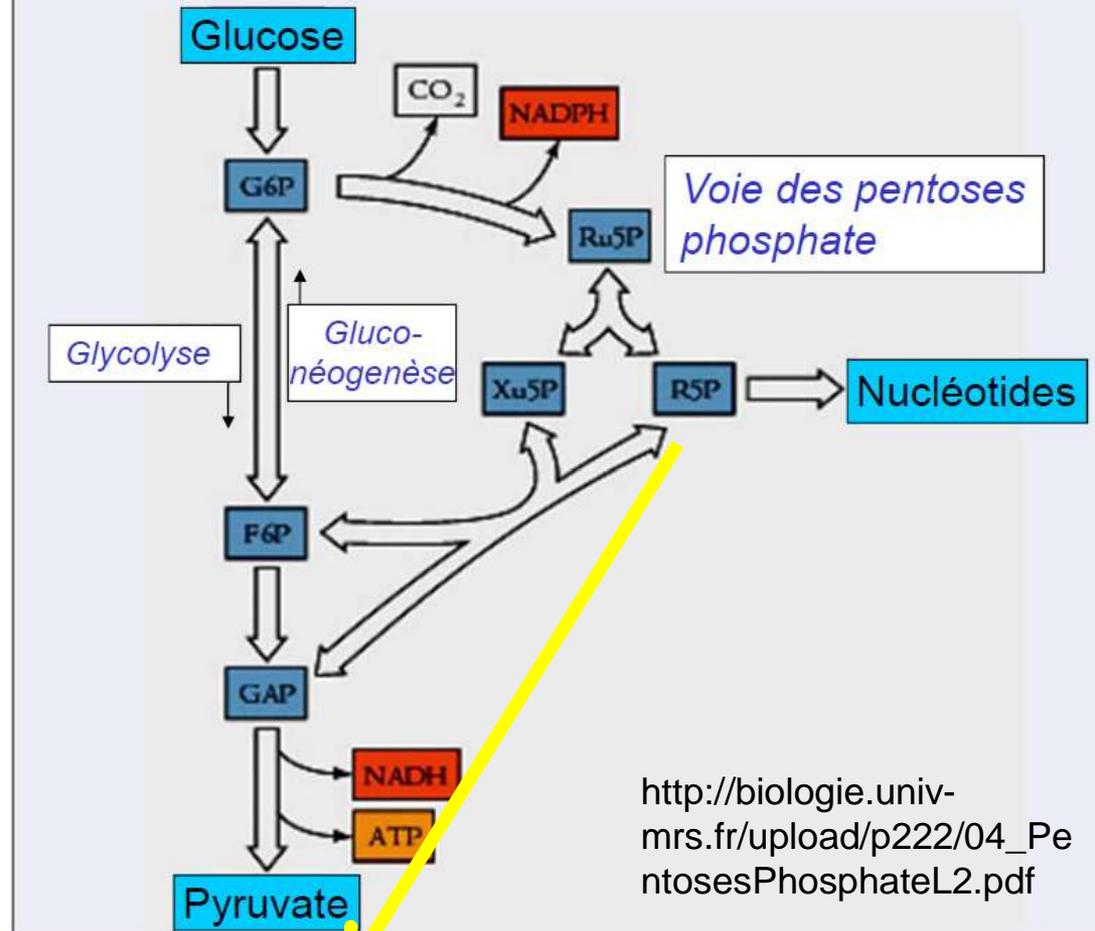
→ Pour les mitochondries ou les peroxysomes

## Document 20. La synthèse d'alanine à partir du pyruvate.

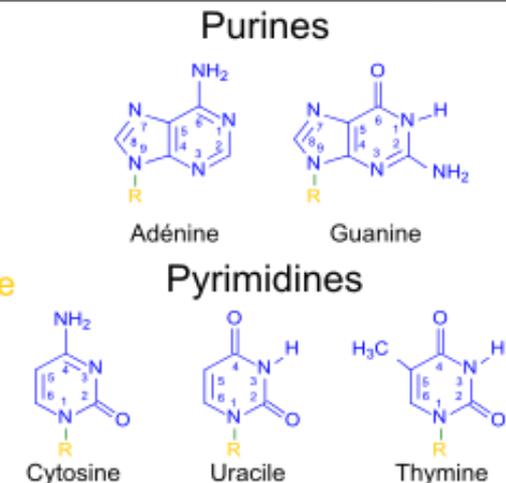
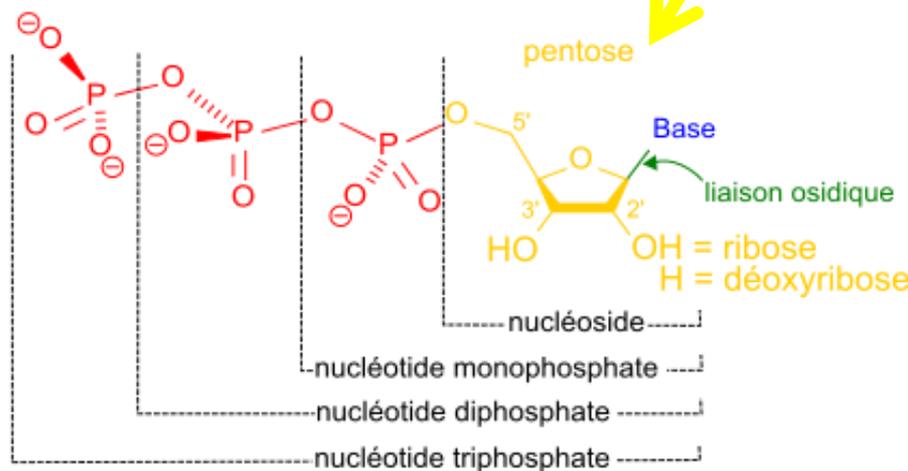


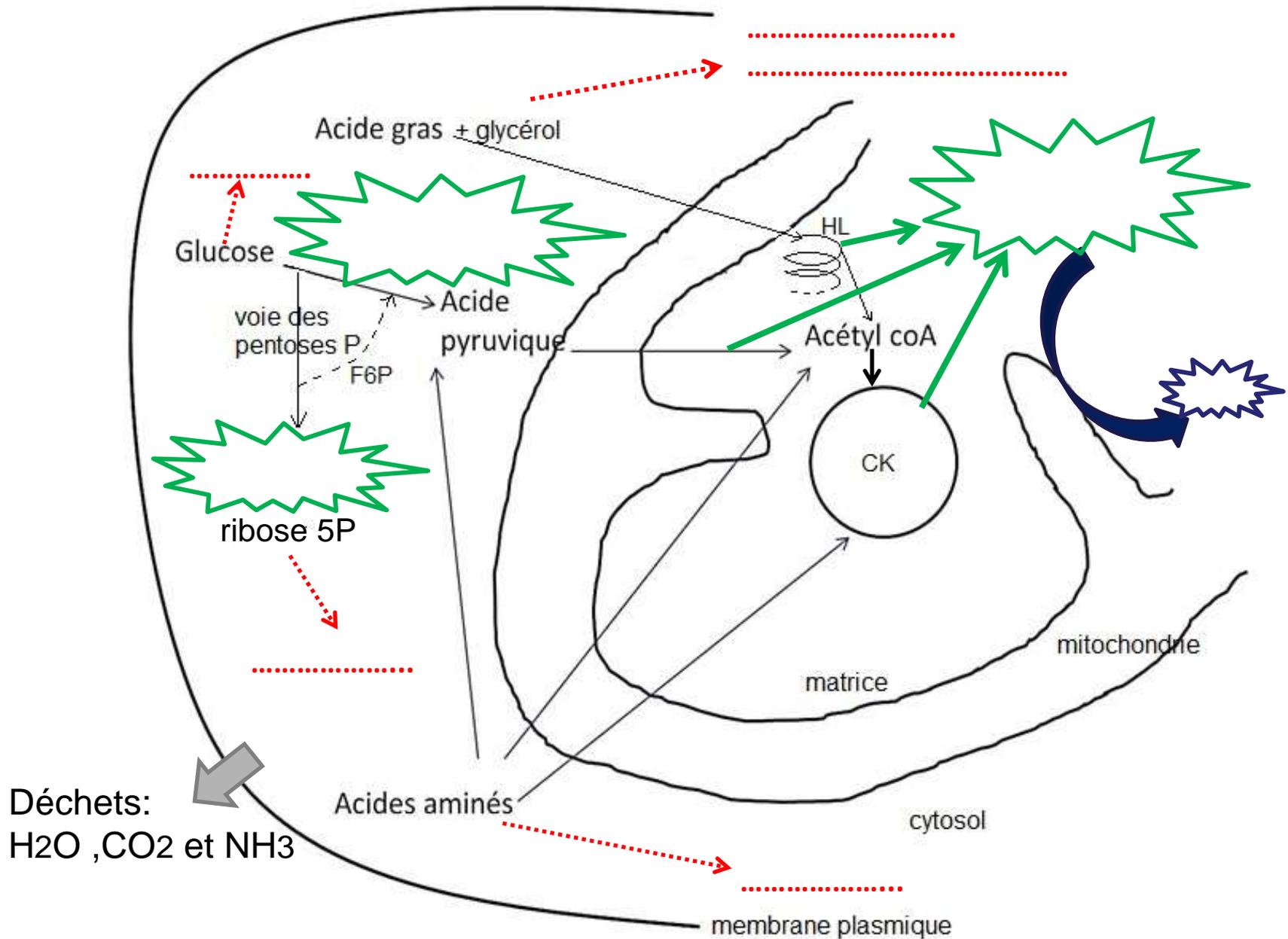
*ALAT : ALanine AminoTransférerase*

La voie des pentoses phosphates : à l'origine du pentose des nucléotides

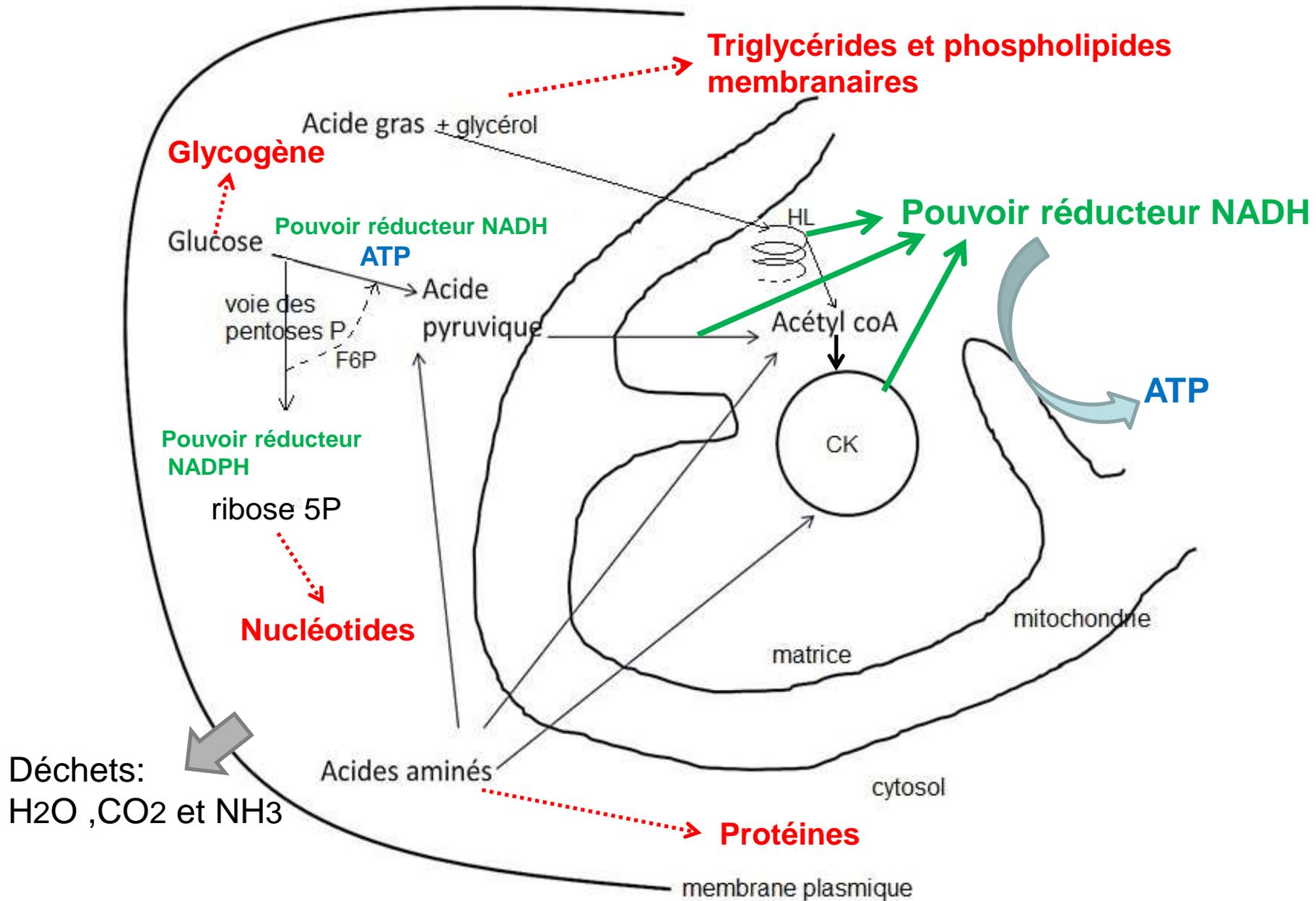


[http://biologie.univ-mrs.fr/upload/p222/04\\_PentosesPhosphateL2.pdf](http://biologie.univ-mrs.fr/upload/p222/04_PentosesPhosphateL2.pdf)





**Panorama simplifié des transformations subies par les molécules organiques dans le cas du métabolisme d'une cellule animale**



**Panorama simplifié des transformations subies par les molécules organiques dans le cas du métabolisme d'une cellule animale**