



Faculté de médecine d'Alger
Département de médecine dentaire
Année universitaire 2022/2023



Métabolisme des glucides:

I. Digestion et absorption des glucides

II. La glycolyse

DR KEMACHE.A

COURS DE 1 ÈRE ANNÉE MÉDECINE DENTAIRE

SOMMAIRE

Partie II : Métabolique

I. Digestion et absorption des glucides

II.La Glycolyse

III.Le Cycle de Krebs

IV.La Néoglucogenèse

V.La Voie des pentoses phosphates

VI.Le Métabolisme du glycogène

VII.Métabolisme du galactose et du fructose

Introduction générale

Le métabolisme correspond à l'ensemble des réactions biochimiques qui se produisent au sein d'une cellule, et qui permettent la réalisation de multiples travaux cellulaires (récupérer de l'énergie, construire les molécules ou éliminer les déchets).

Le métabolisme se divise en deux types de voies :

- **Catabolisme** : correspond aux dégradations.
- **Anabolisme** : correspond aux synthèses.

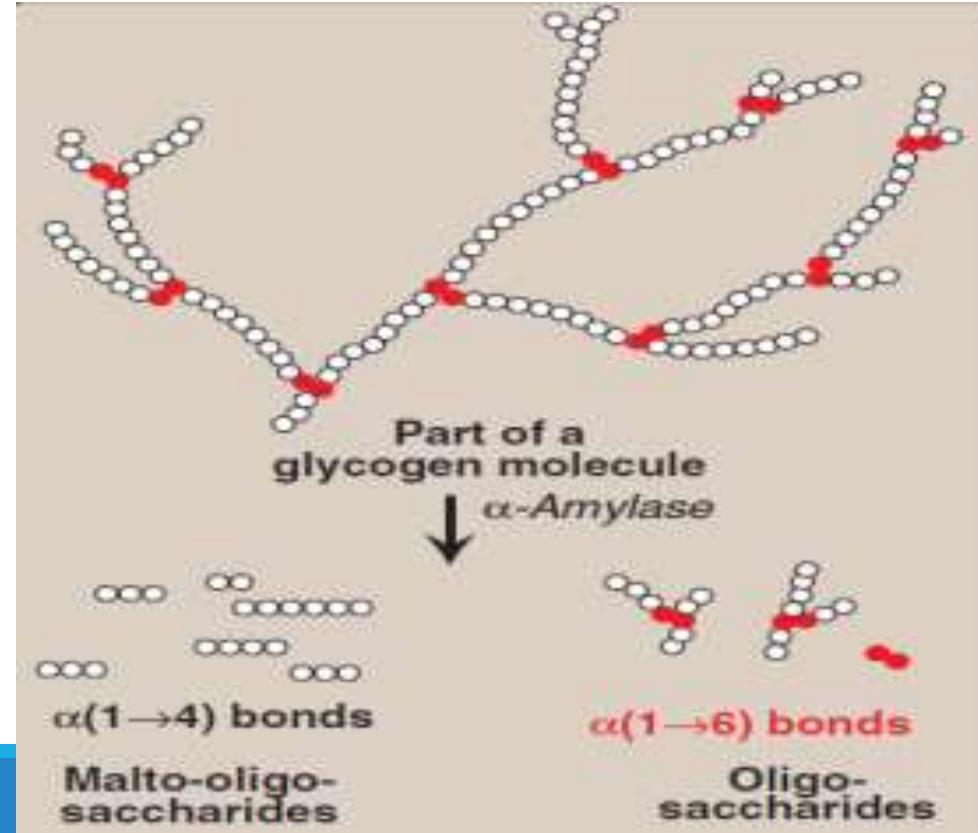


I/ DIGESTION ET ABSORPTION DES GLUCIDES

A/ Digestion et hydrolyse

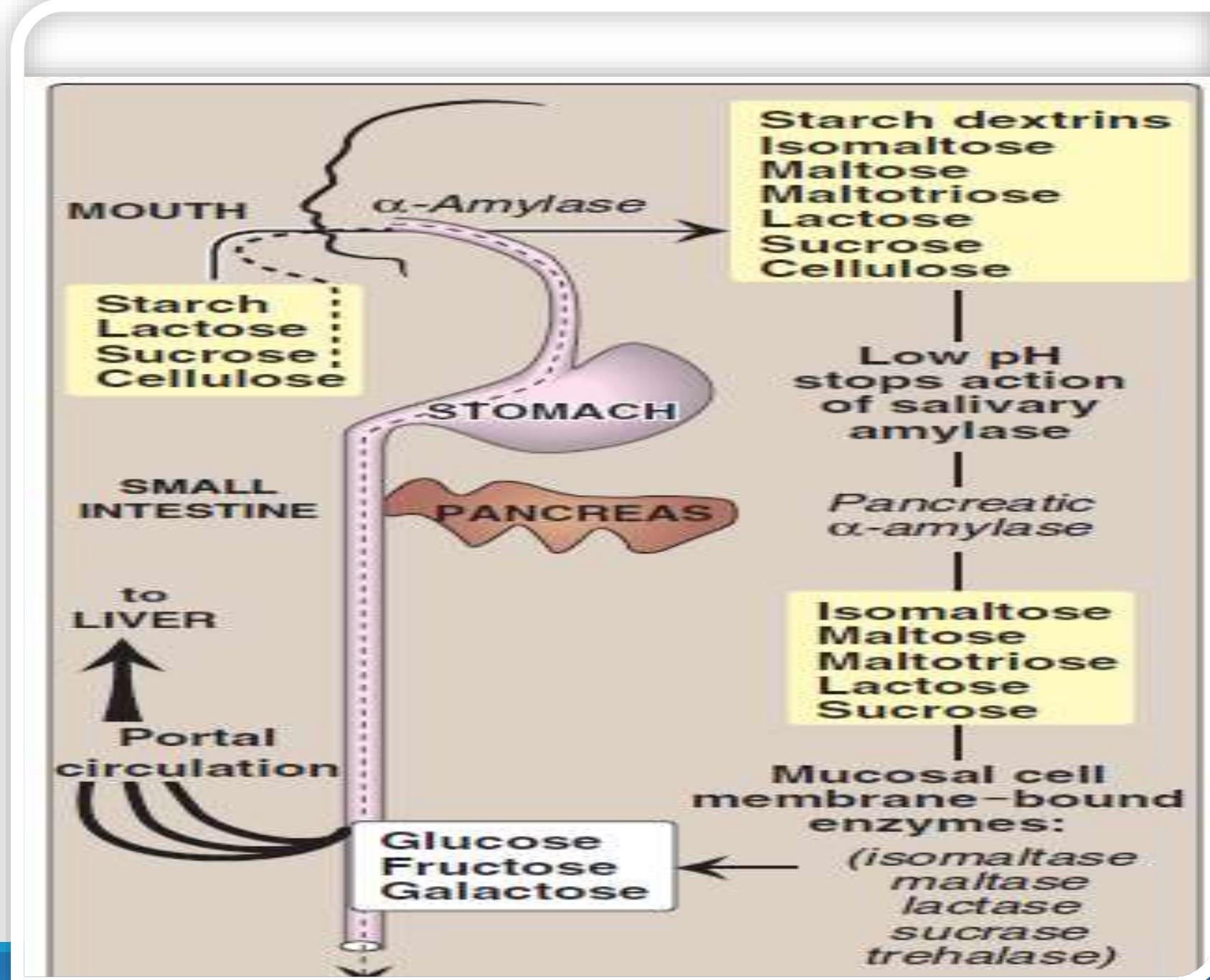
- ✓ a lieu dans la bouche et l'intestin grêle.
- ✓ Par des glucosidases: enzymes qui hydrolysent la liaison osidique
- ✓ 2 types:
 - Endoglucosidases  Hydrolysent les polysaccharides , oligosaccharides
 - Disaccharidases.  Hydrolysent les disaccharides

- ✓ La digestion des glucides débute dans la bouche par l'action de l'**alpha amylase salivaire**,
- ✓ Hydrolysant de manière aléatoire les **liaisons osidiques α (1 → 4)** de l'**amidon** et du **glycogène**.
- ✓ Obtention de court oligosaccharide ramifié et non ramifié dextrine , maltose , isomaltose .



- Les oligosaccharides vont dans l'intestin grêle ou la digestion est poursuivi par l'action de l'**alpha amylase pancréatique** qui libère des **disaccharides et trisaccharides**

- Ensuite , L'action des **disaccharidases** va libérer des **monosaccharides** , sucre simples prêts à être absorbés.



Étapes dans la digestion des glucides

Polysaccharides (ex: amidon)

Amylase salivaire
Amylase pancréatique

enzymes
sécrétées

Lumière du
Tube digestif

disaccharides, trisaccharides,

Maltase (malt. → 2 gluc.)
Lactase (lac. → gluc + gal)
Sucrase (sucr. → gluc + fruc)
Isomaltase (α -limit dextrinase)

Enzymes
intestinales de
surface

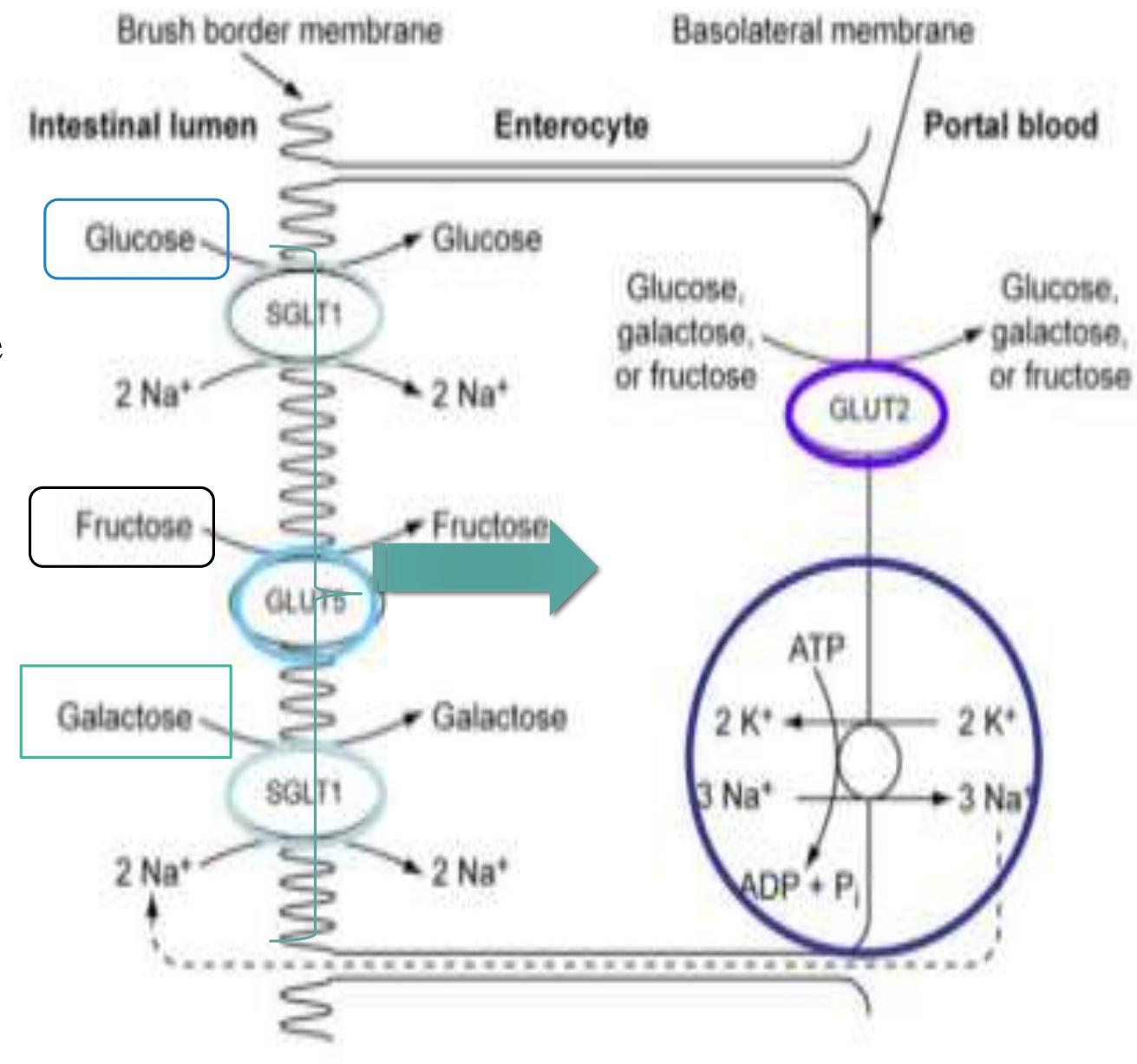
Monosaccharides

Les glucides sont exclusivement absorbés
sous la forme de monosaccharides

B) Absorption des oses

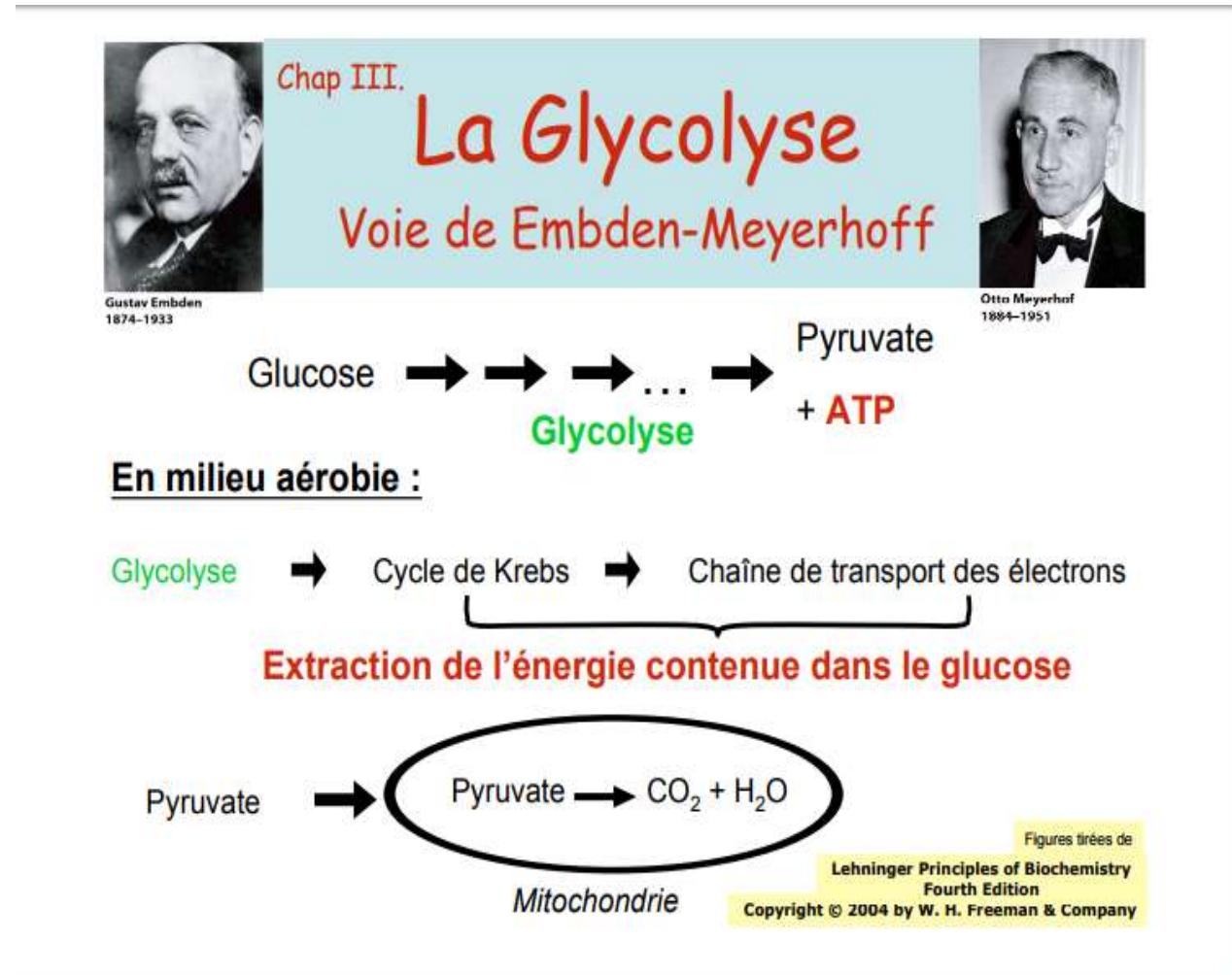
Localisation : duodénum, jéjunum supérieur.

- Le **galactose, glucose**: absorbés via **Co-transporteur de glucose dépendant du sodium 1 (SGLT-1)**. (transport actif et absorption simultanée d'ions sodium)
- Le **fructose** via un transporteur de monosaccharide (**GLUT-5**) (transport inactif).
- Les trois monosaccharides sont transportés à partir de la cellule intestinale vers la circulation portale (sanguine) par le transporteur **GLUT-2**.



LA GLYCOLYSE

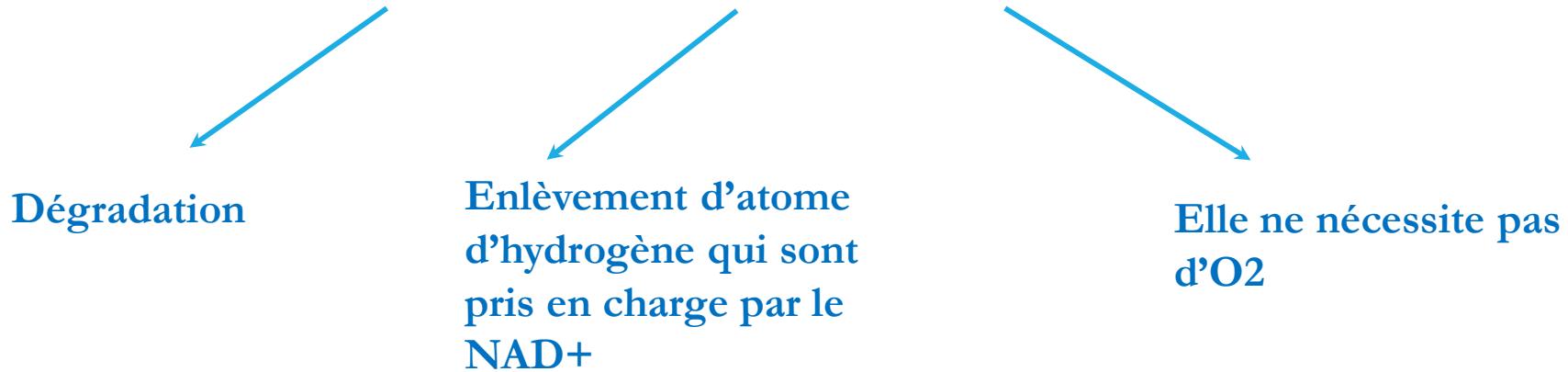
1. **Définition** (quoi ?)
2. **Localisation** (où ?)
3. **Intérêts** (pourquoi ?)
4. **Vue d'ensemble** (comment ?)
5. **Étapes de la glycolyse** (comment ?)
6. **Bilan énergétique** (Bilan ?)
7. **Régulation** (dans quelles conditions ?)
8. **Devenir du pyruvate**



1. Définition

La glycolyse = voie d'EMBDEN MEYERHOFF-PARNAS

La voie du catabolisme oxydatif anaérobie du glucose en pyruvate.

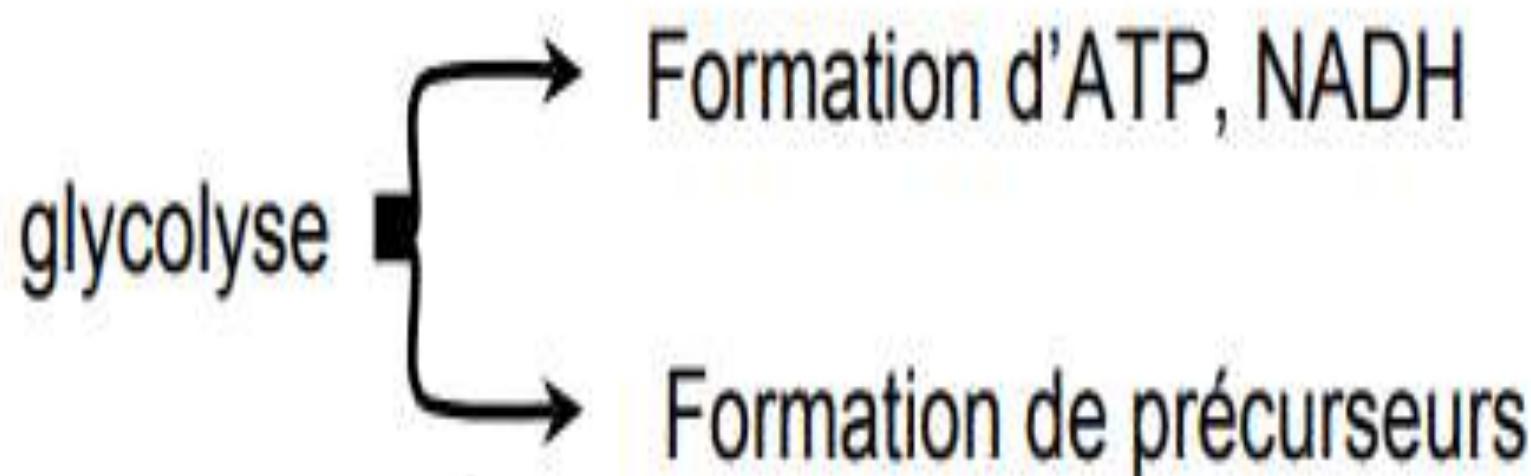


Glycolyse dérive de la racine grecque gluk : sucrée, et lysis dissolution; en d'autre terme il s'agit de la dégradation du glucose.

2. Localisation

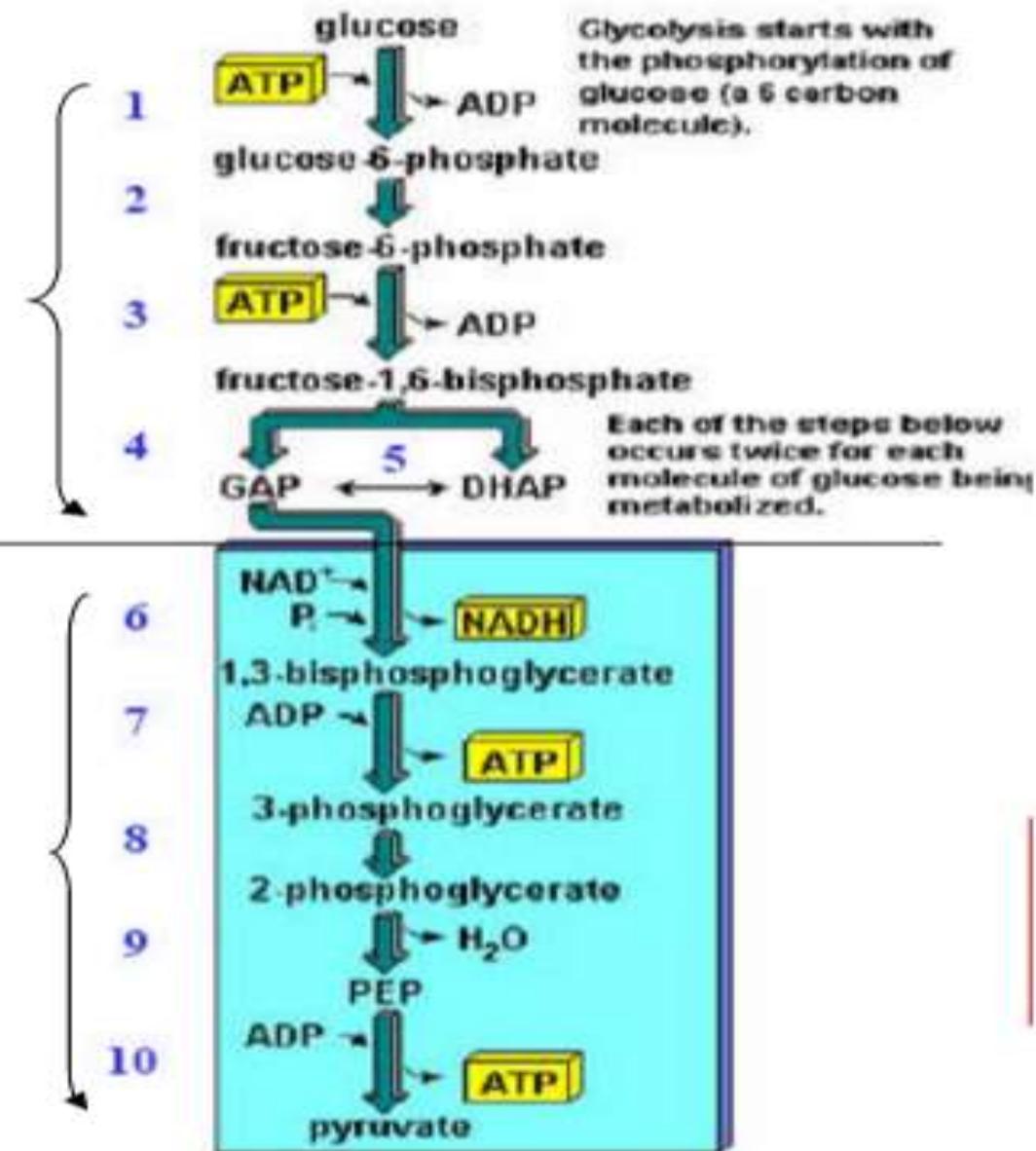
- Elle concerne aussi bien les **eucaryotes** que les **procaryotes**.
- Elle a lieu dans **toutes les cellules** de l'organisme mais à des degrés divers.
(ubiquitaire)
- Les **GR et le cerveau** : tissus **glucodépendants** (n'utilisent que le glucose).
- A l'échelle cellulaire, elle se déroule entièrement dans le **cytosol** (extra-mitochondriale).

3. Intérêt



4. Vue d'ensemble de la Glycolyse

- Une phase d'investissement énergétique avec utilisation de 2 ATP.
- Une phase de retour sur investissement avec production d'ATP et de NADH, H⁺.



4. Vue d'ensemble de la Glycolyse

- La glycolyse est une série de **10 réactions enzymatiques** catalysées par **10 enzymes**.

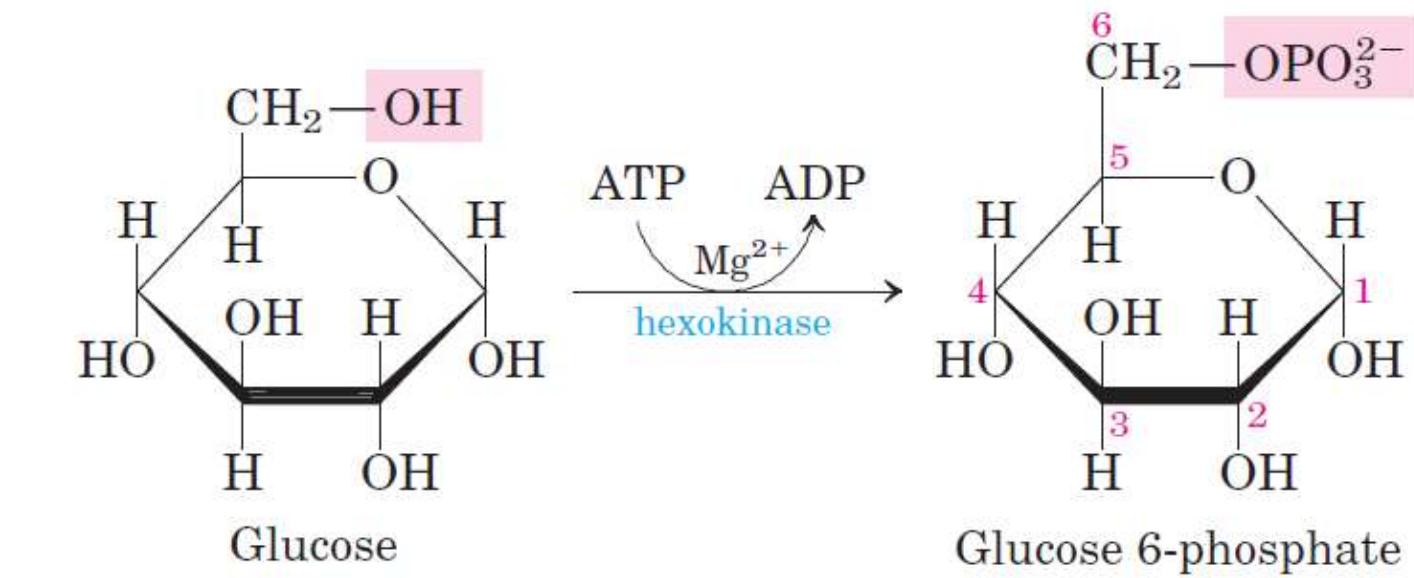
La glycolyse est divisée en deux grandes phases :

- **Une phase d'investissement énergétique** = consommatrice de l'ATP (5 réactions)
- **Une phase de remboursement** = production d'ATP (5 réactions)

5 . Étapes de la Glycolyse

1 . Activation du Glucose

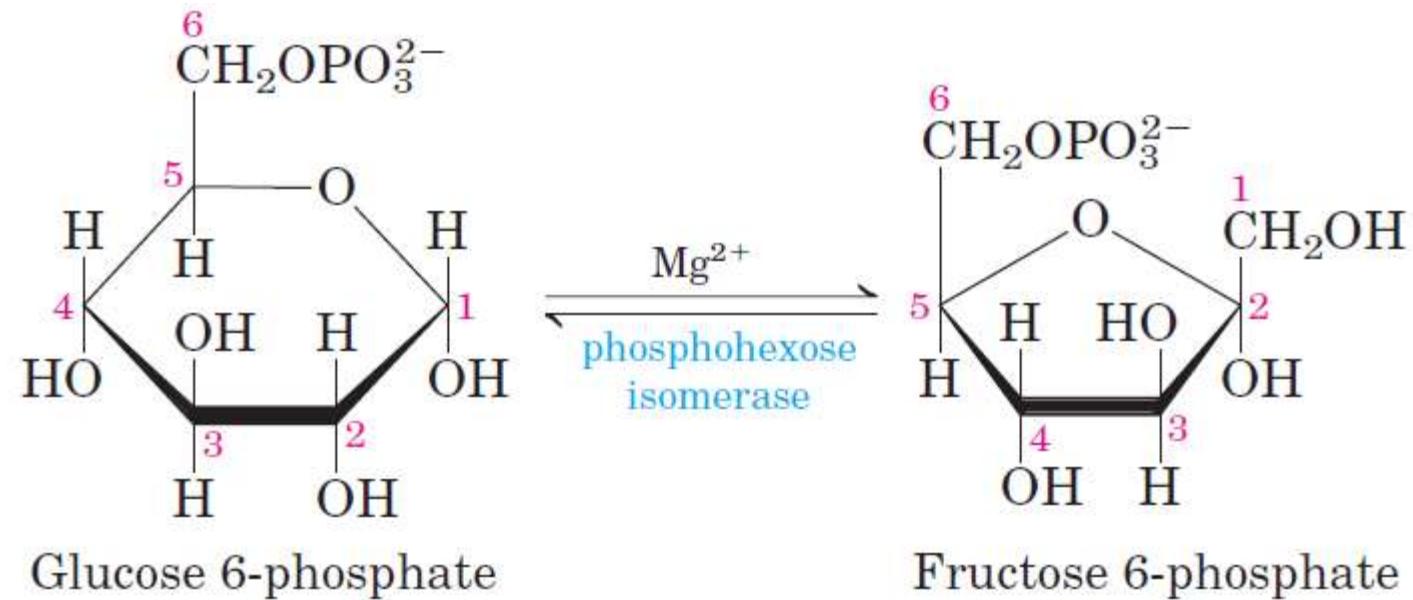
Phosphorylation du Glucose
en Glucose-6-P



- **Irréversible**, site de régulation de la glycolyse.
- Catalysée par l'**Hexokinase (HK)** / **Glucokinase** (foie)
- **Consomme 1 ATP**.
- Activation du glucose : augmente sa réactivité chimique et l'empêche de quitter la cellule.

5. Étapes de la Glycolyse

2. Isomérisation du G6P en Fructose-6 Phosphate

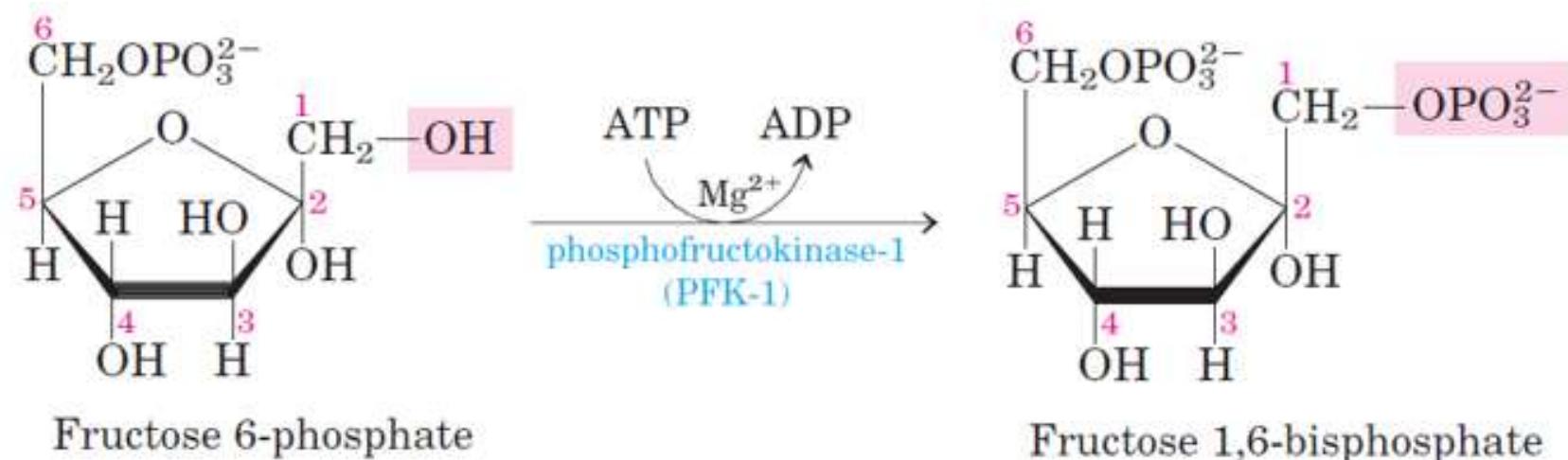


- Interconversion du glucose-6-P (Aldose) en fructose-6-P (Cétose)
- Réversible
- Catalysée par la **phosphohexose isomérase (phosphoglucoisomérase)**

5. Étapes de la Glycolyse

3. Phosphorylation du Fructose-6-Phosphate

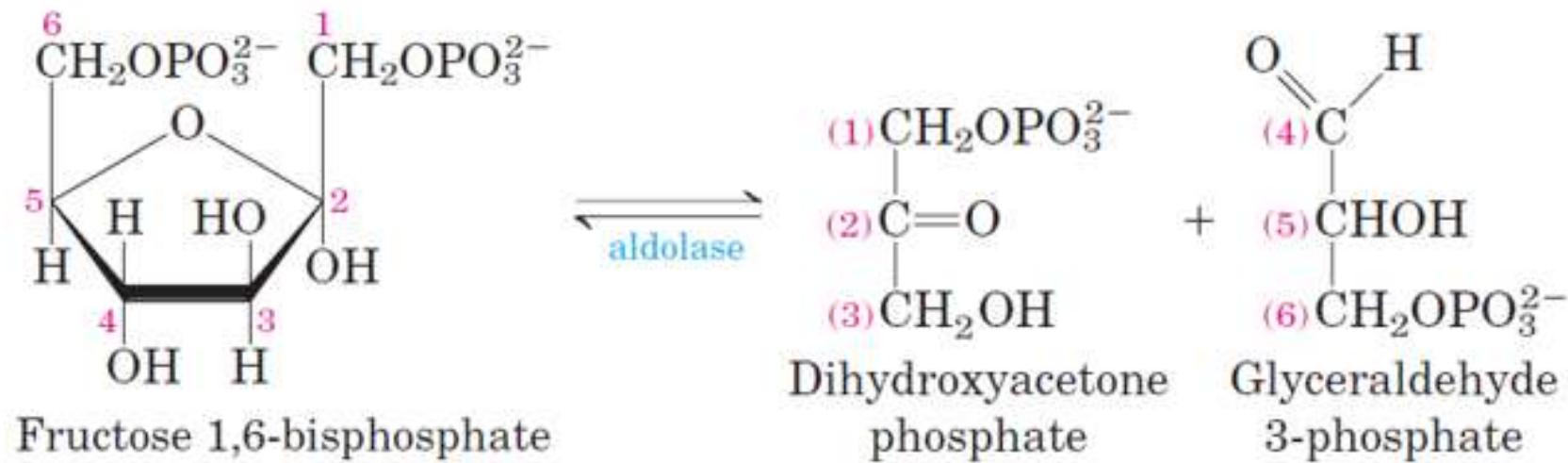
Et formation de Fru 1,6-diP



- Phosphorylation sur le C1 du F6P en F1,6BP.
- **Irréversible** (étape d'engagement vers la glycolyse).
- Catalysée par la **Phosphofructokinase 1 (PFK-1)** : enzyme allostérique (**site majeure de la régulation de la glycolyse**).
- **Consomme 1 ATP.**

5. Étapes de la Glycolyse

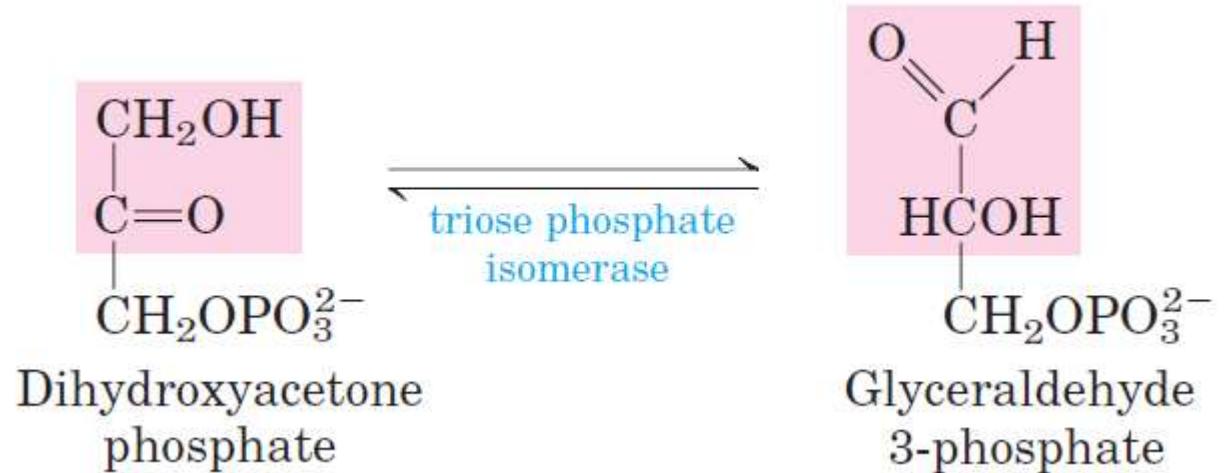
4. Clivage du F1,6-BP et formation de deux trioses phosphates



- Réversible.
- Catalysée par la **Fructose 1,6-biphosphate aldolase (aldolase 1 ou α)**
- Formation de 2 trioses :
 - 1 Cétose le Dihydroxyacétone Phosphate(DHAP).
 - 1 Aldose le Glycéraldéhyde-3-Phosphate (GA3P).

5. Étapes de la Glycolyse

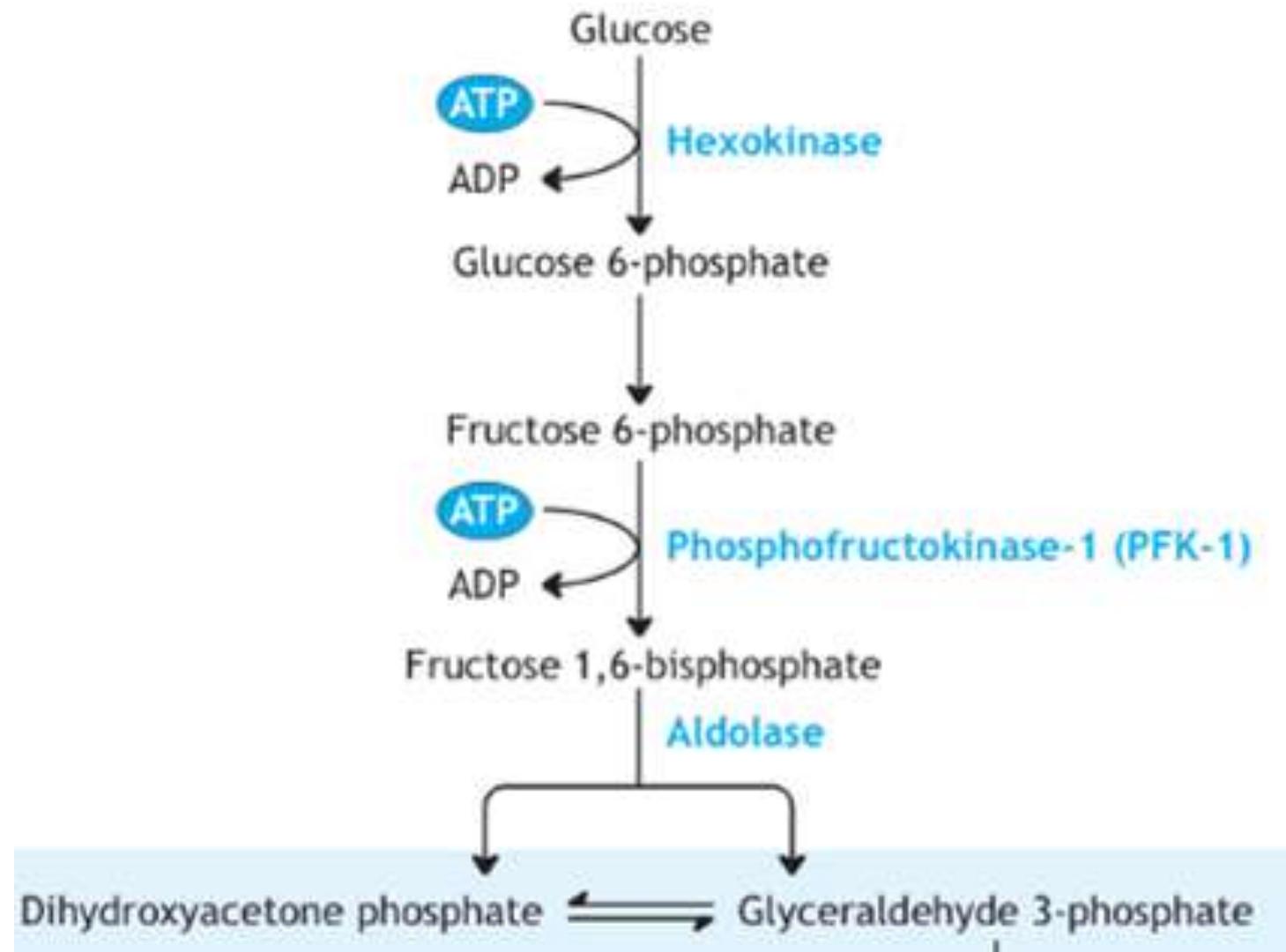
5. Isomérisation des trioses phosphates



- Interconversion du cétose (DHAP) en aldose (G3P)
- Réversible
- Catalysée par la **Triose phosphate isomérase**.

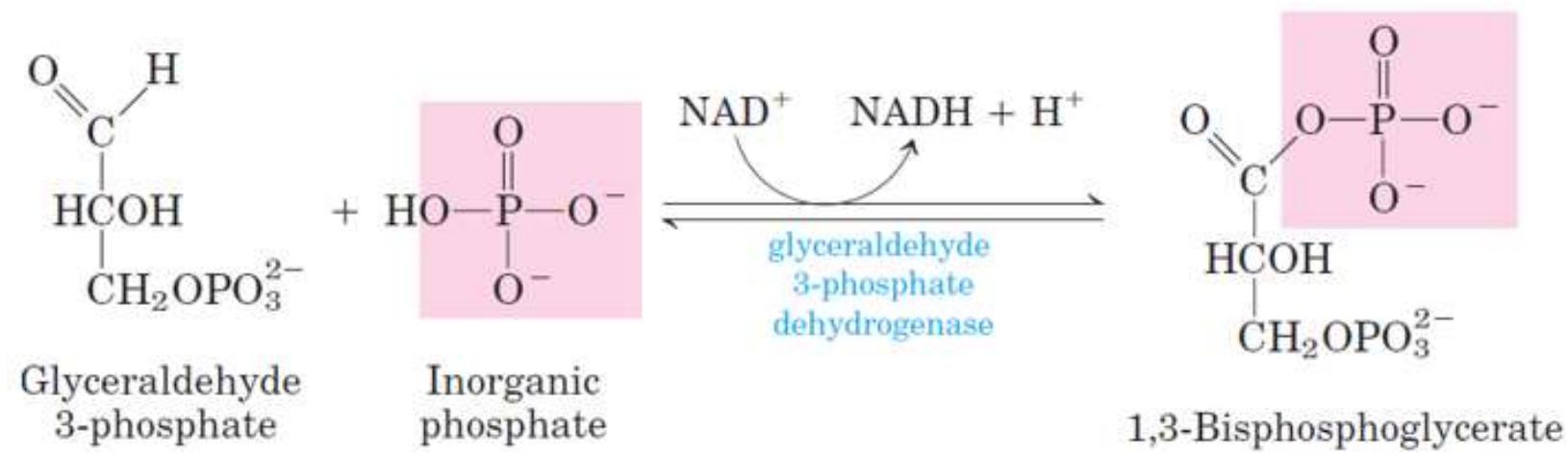
5. Étapes de la Glycolyse

*Phase
d'investissement
énergétique*



1 Glucose (C6) → → → → → 2 G3P
2 ATP 2 ADP

5. Étapes de la Glycolyse

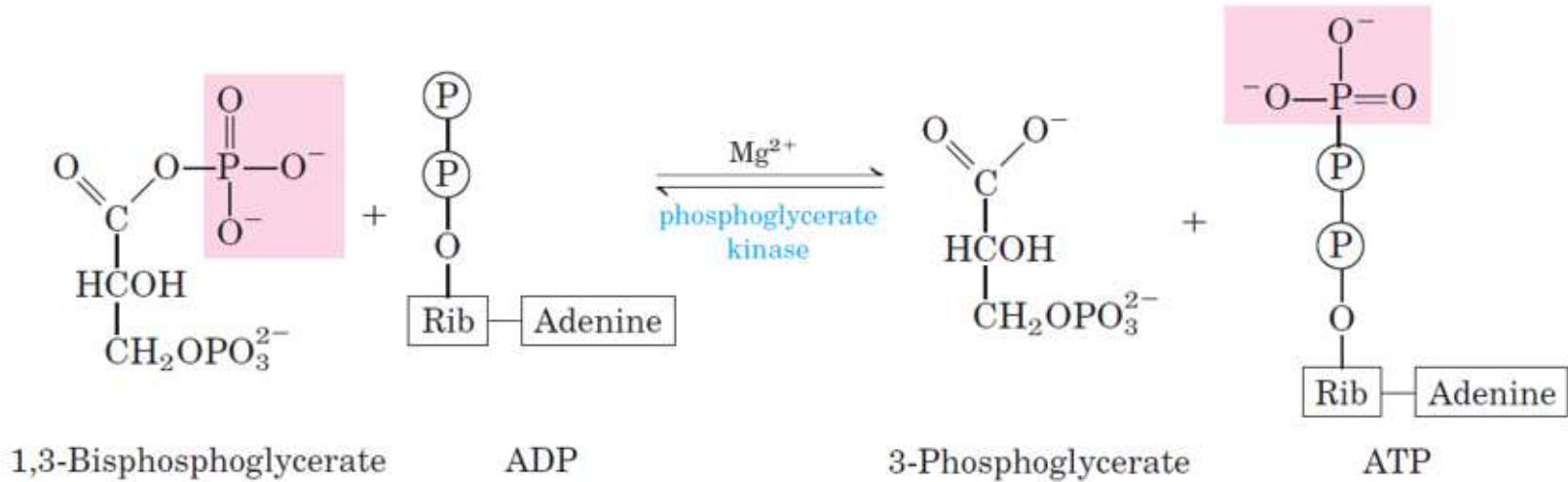


6. Oxydation du Glycéraldéhyde-3-P et formation du 1,3-Biphosphoglycérate

- **Oxydation** couplée à la **phosphorylation** du GA3P en 1,3BPG, ce qui crée une liaison riche en énergie.
- Réversible
- Catalysée par la **GA3P Déshydrogénase** à coenzyme NAD⁺.
- **Formation d'un NADH,H⁺.**

5. Étapes de la Glycolyse

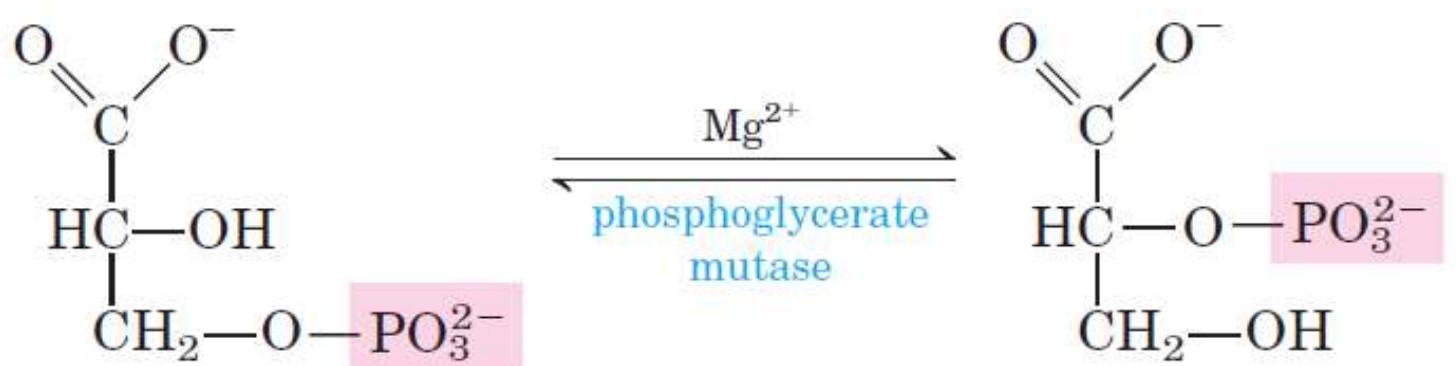
7. Formation du 3-phosphoglycérate à partir de 1,3-di^{PO₄}Glycérate



- Transfert du phosphate de 1,3-di^{PO₄}Glycérate sur l'ADP et formation d'une molécule d'ATP.
- Réversible.
- Catalysée par la **Phosphoglycérate Kinase**.
- Production d'1 ATP.

5. Étapes de la Glycolyse

8. Isomérisation de 3-phosphoglycérate en 2-phosphoglycérate



3-Phosphoglycerate

2-Phosphoglycerate

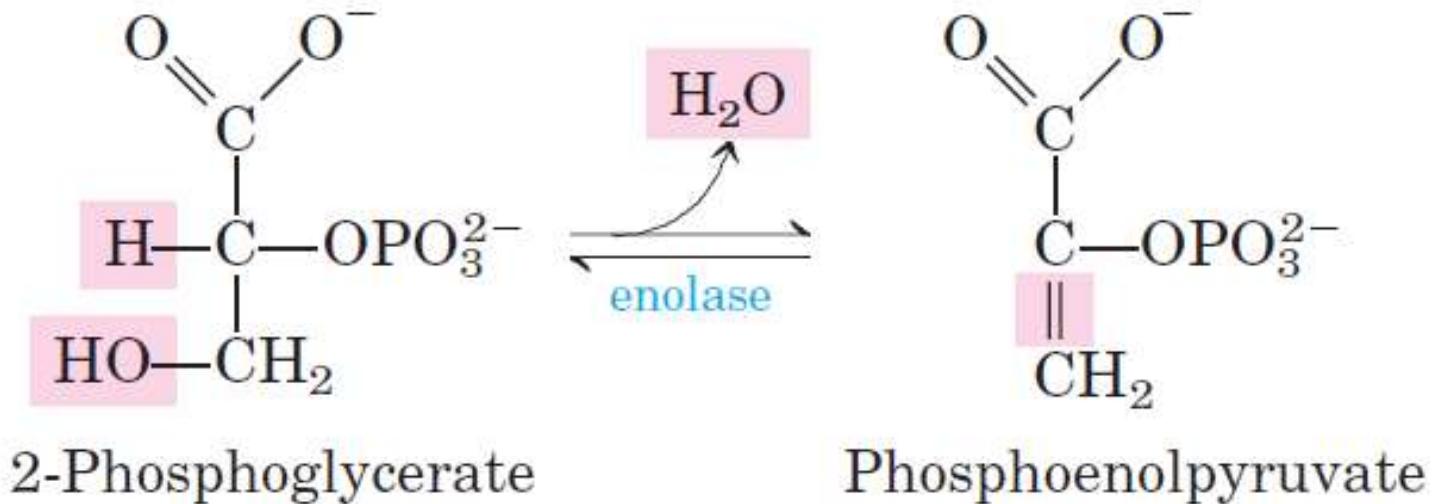
- Isomérisation du 3PG en 2PG par déplacement intramoléculaire du phosphate.

- Réversible.

- Catalysée par la **Phosphoglycérate mutase**.

5. Étapes de la Glycolyse

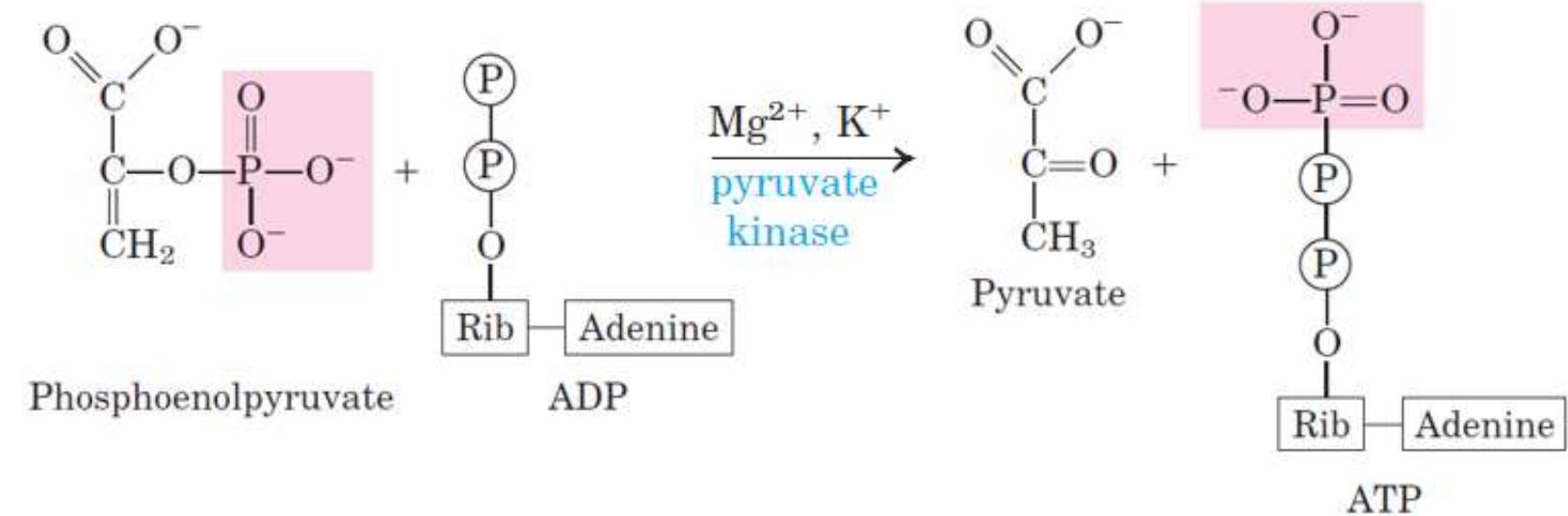
9. Déshydratation du 2-phosphoglycérate et formation de Phosphoenolpyruvate (PEP)



- Formation du PEP par déshydratation du 2PG avec acquisition d'une liaison à haut potentiel d'énergie.
- Réversible.
- Catalysée par l'**énolase**.

5. Étapes de la Glycolyse

10 . Formation du pyruvate à partir de PEP

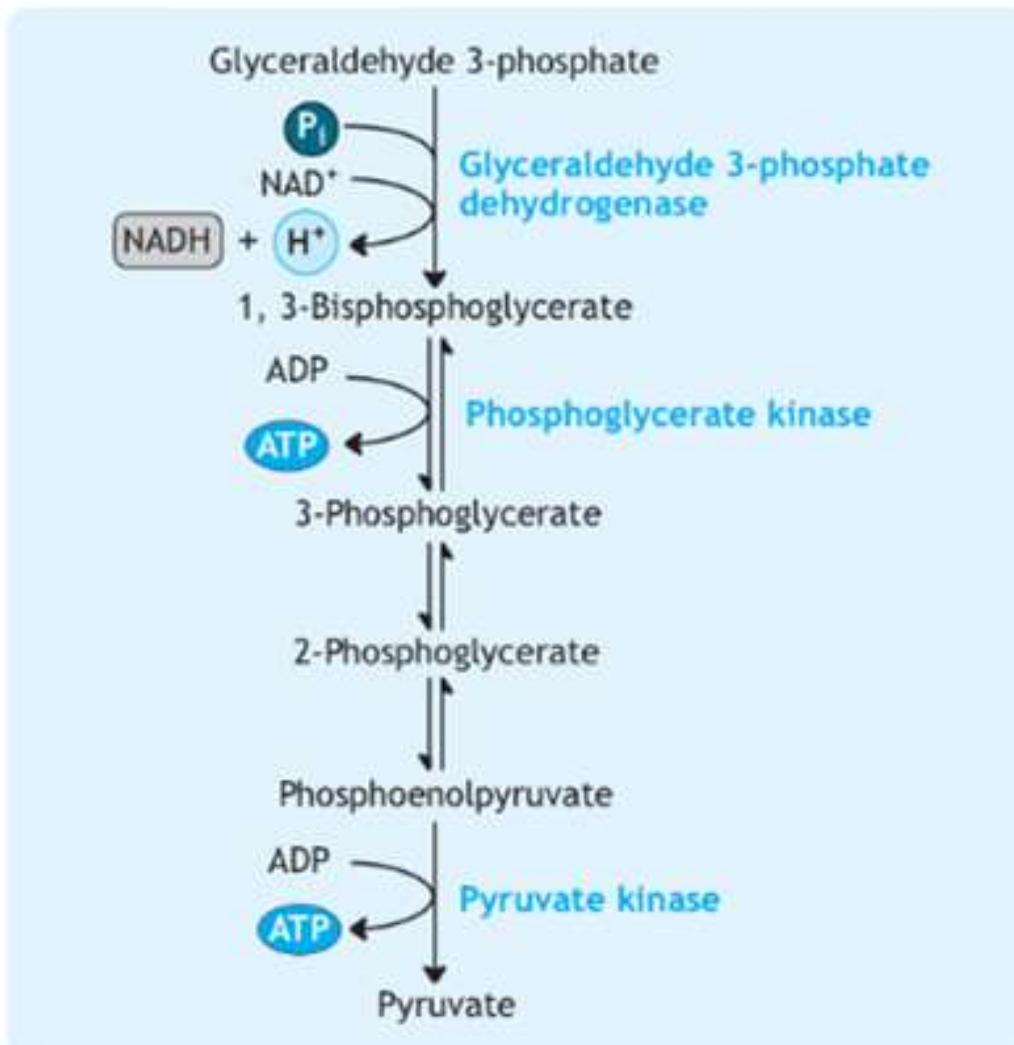


- Transfert du groupe phosphoryle du PEP à l'ADP pour former de l'ATP.
- **Irréversible**, étape majeure de la régulation de la glycolyse.
- Catalysée par la **Pyruvate Kinase**.
- **Production d'1 ATP**.

5. Étapes de la Glycolyse

*Phase
de remboursement
énergétique*

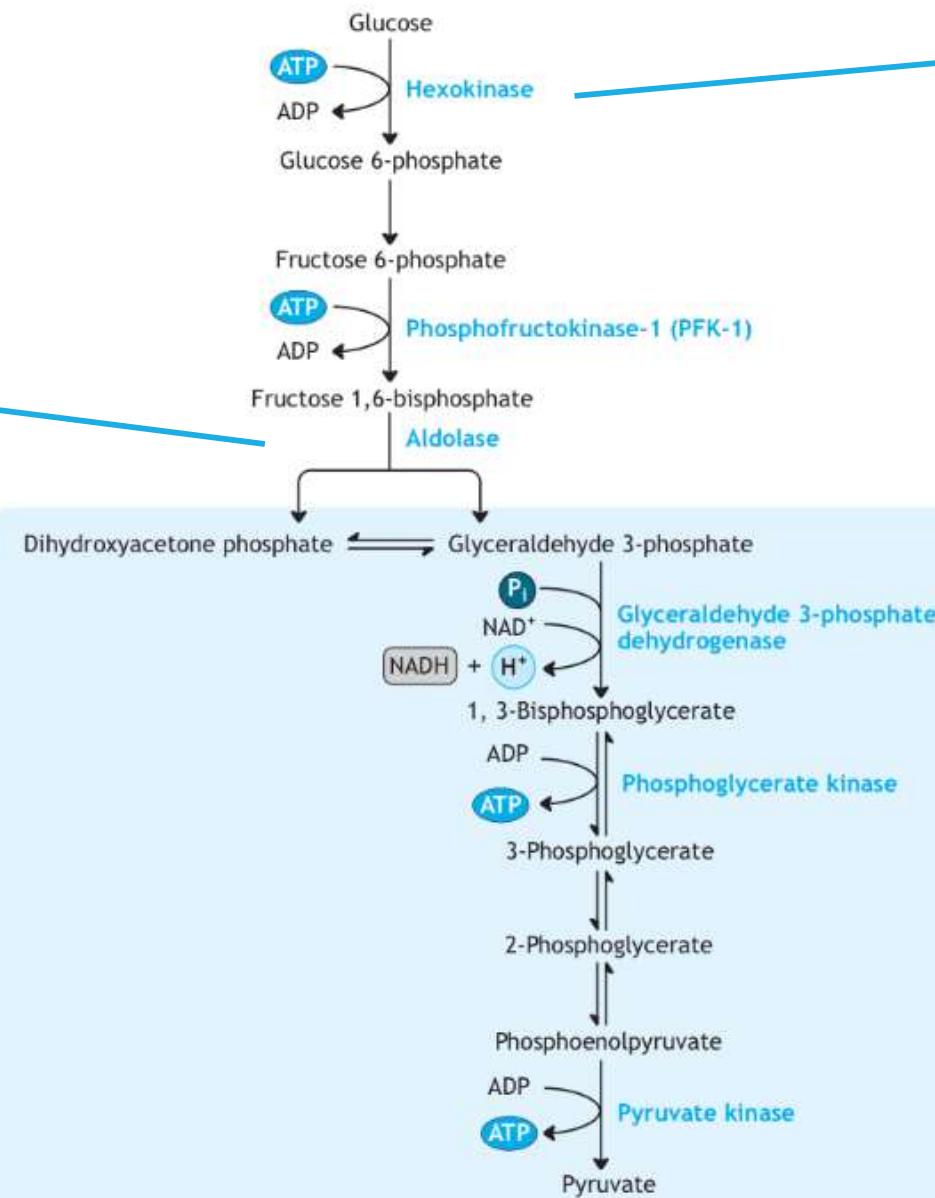
Oxydation des trioses en pyruvate



$2 \text{ G3P (C3)} \rightarrow \text{2 Pyruvate (C3)}$
 \downarrow
 $4 \text{ ATP} + 2 \text{ NADH, H}^+$

1. Activation du Glucose en G6P

2. Clivage du fructose 1,6bisphosphate en 2 Trioses



3. Oxydation des Trioses en pyruvate et production d'énergie

6. Bilan énergétique

Réaction enzymatique

1. Hexokinase
3. Phosphofructokinase
6. G3P déshydrogénase
7. Phosphoglycérate kinase
10. Pyruvate kinase

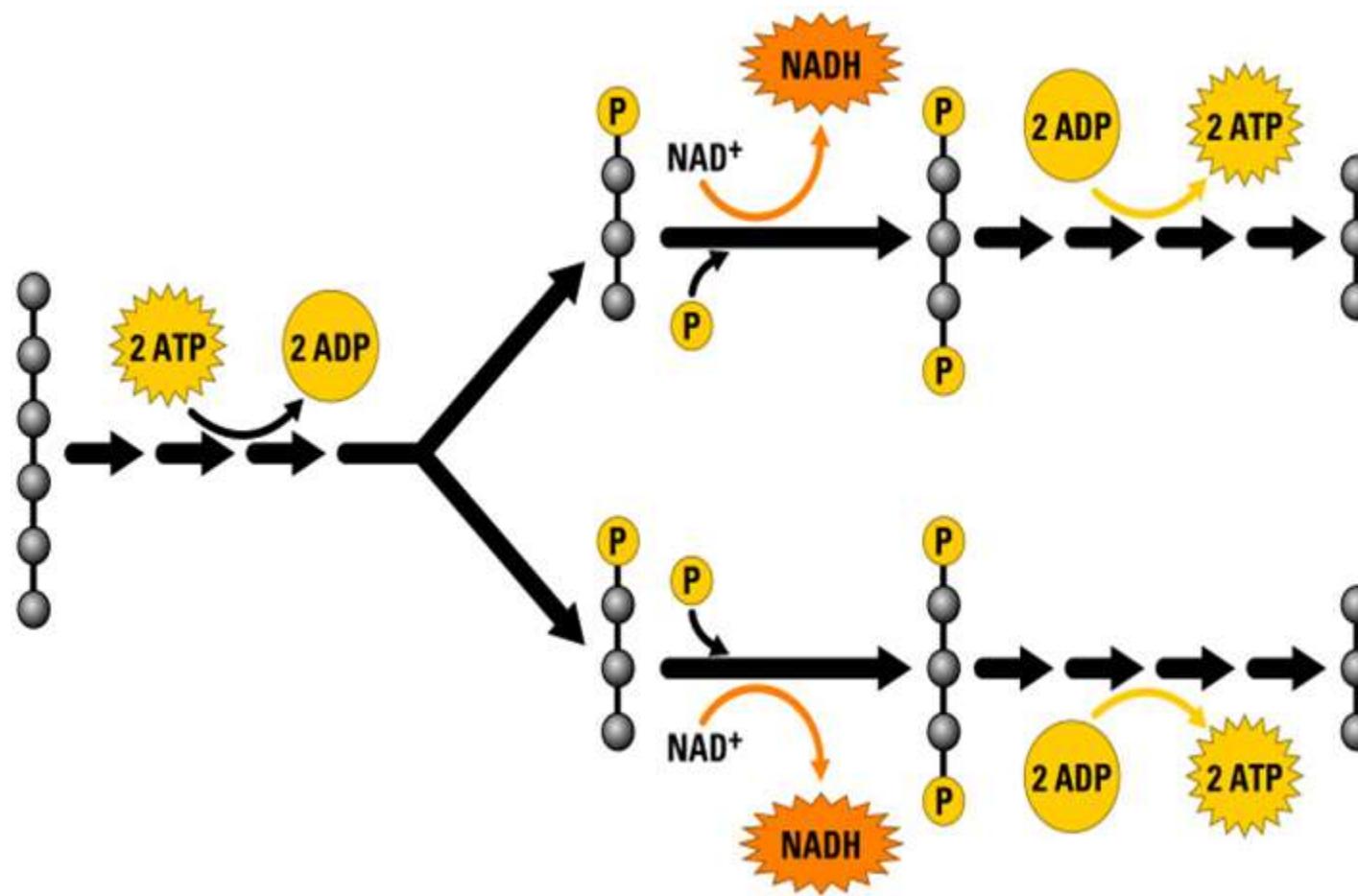
Bilan

- | |
|-------------------------|
| - 1 ATP |
| - 1 ATP |
| + 2 NADH,H ⁺ |
| + 2 ATP |
| + 2 ATP |

TOTAL

2 ATP + 2 NADH,H⁺

6. Bilan énergétique

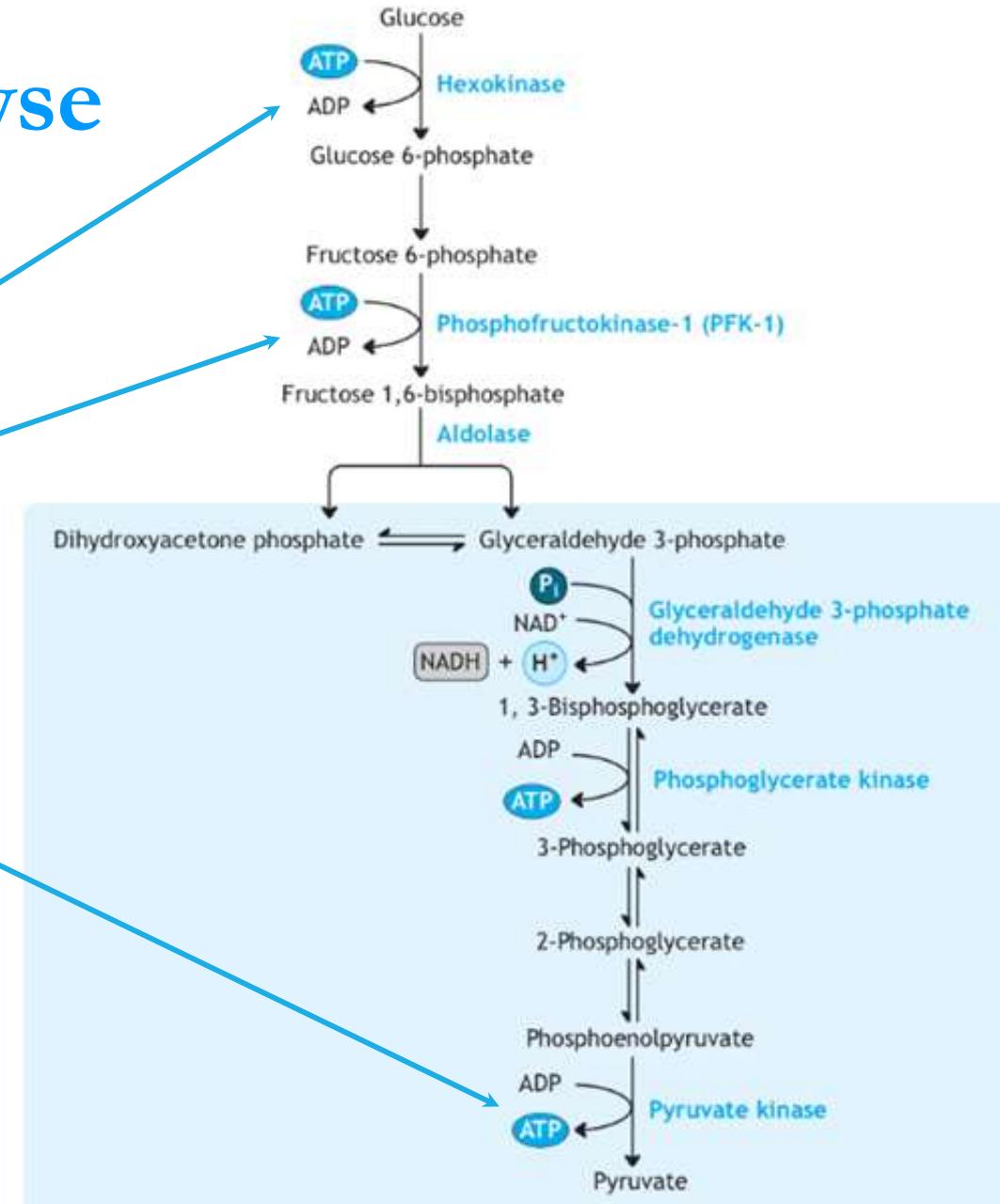


7. Régulation de la Glycolyse

- La régulation de la glycolyse permet d'adapter la vitesse d'oxydation du glucose aux besoins de la cellule en :
 - ↳ ATP (Energie).
 - ↳ Intermédiaires précurseurs de synthèse.
- Dans les voies métaboliques, les enzymes qui catalysent des **réactions essentiellement irréversibles** sont les **sites** potentiels de **contrôle**.
- Dans la glycolyse, les réactions catalysées par : **Hexokinase(HK) / Glucokinase (GK)**, **Phosphofructokinase 1(PFK1)**, **Pyruvate kinase (PK)** sont **irréversibles** → **sites de contrôle**.

7. Régulation de la Glycolyse

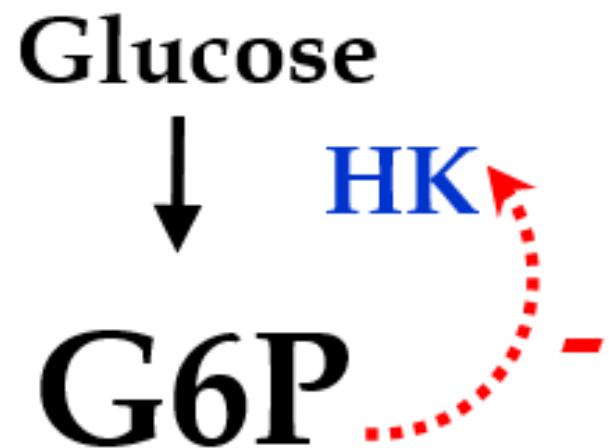
Sites de contrôle



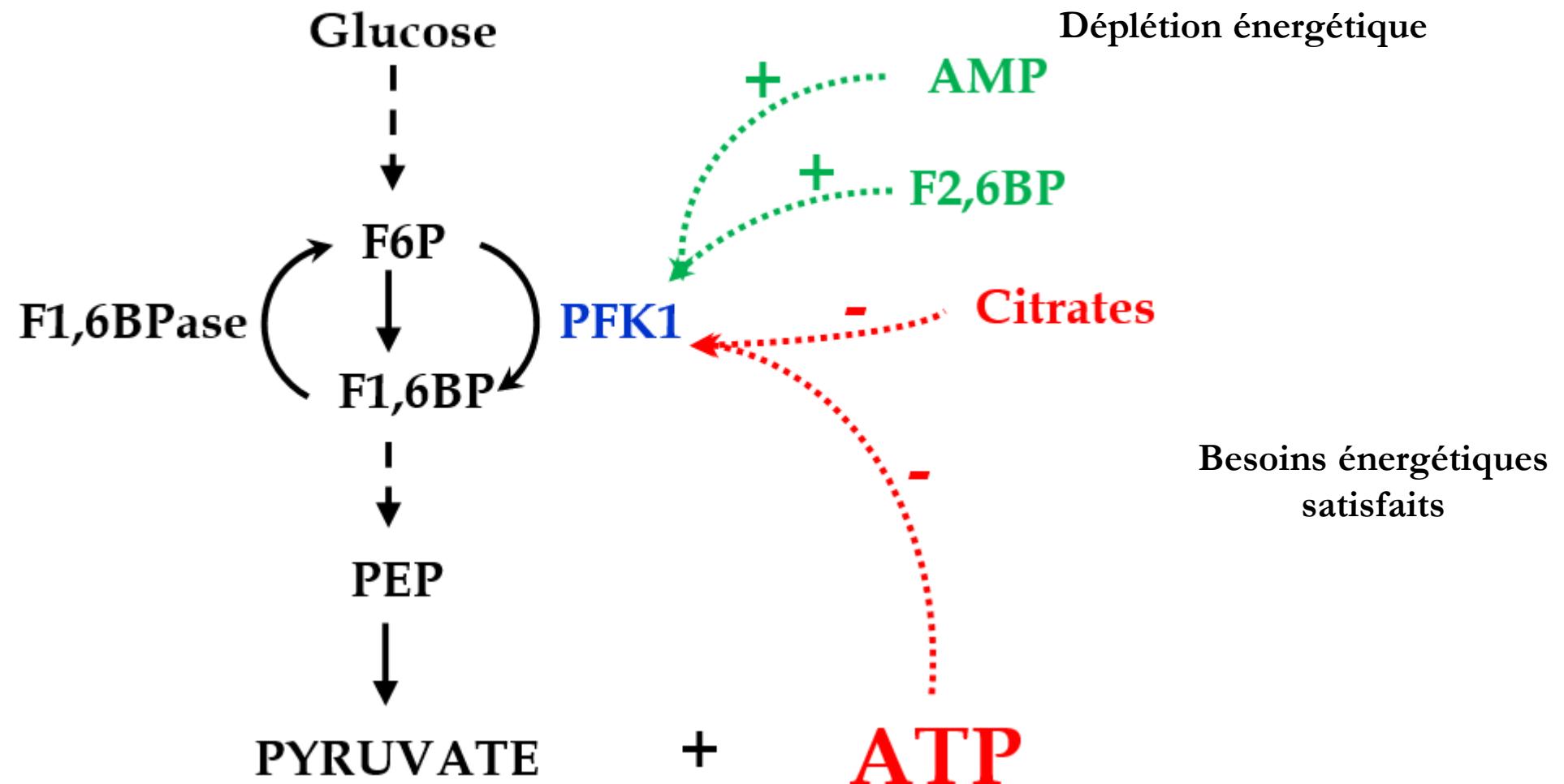
Contrôle allostérique :

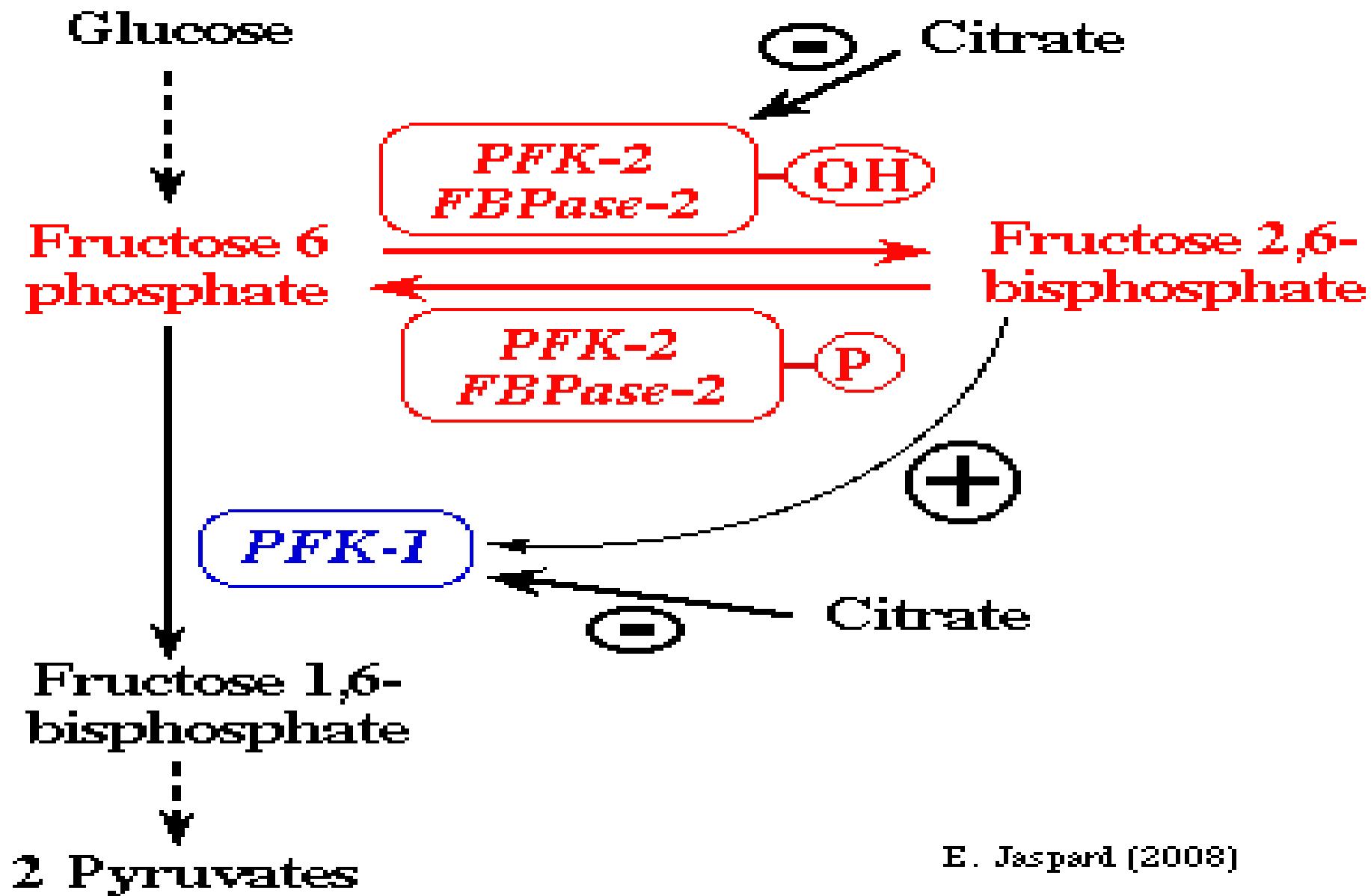
A. Héxokinase

L'héxokinase est une enzyme ubiquitaire inhibée par son produit de réaction (G6P)



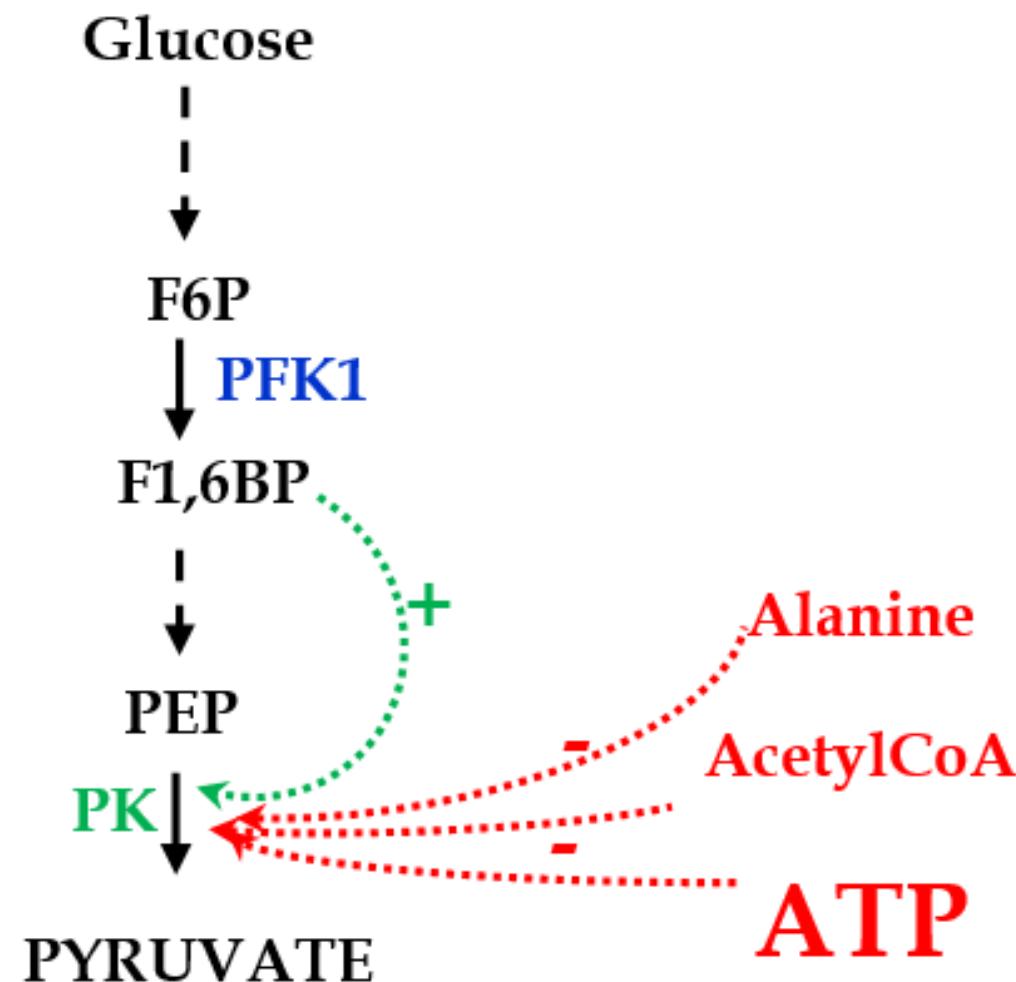
B. Phosphofructokinase 1 (PFK1)



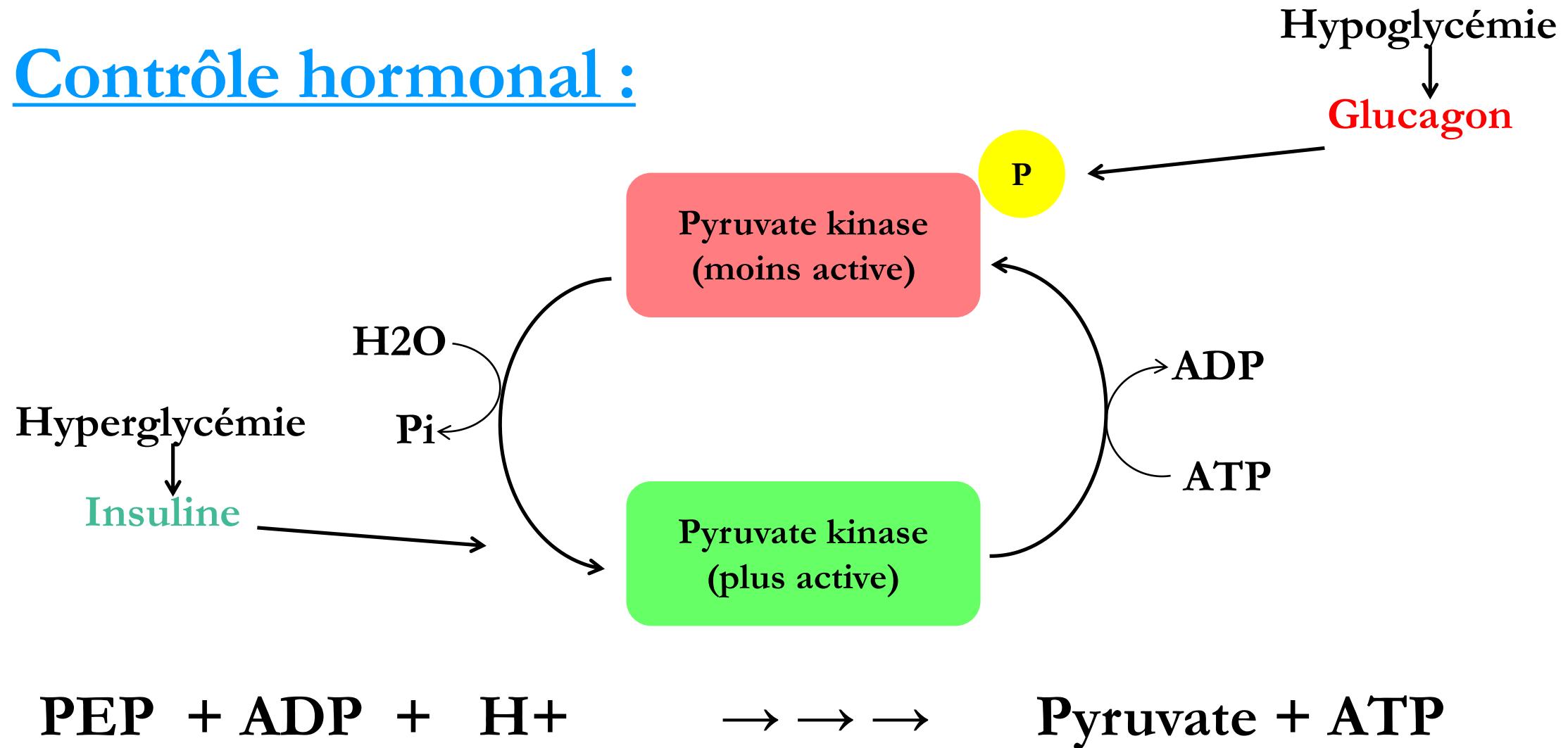


E. Jaspard (2008)

C. Pyruvate kinase



Contrôle hormonal :



7. Régulation de la Glycolyse

Globalement :

* **Inhibition** : ATP (excès), citrate, acétyl-CoA, glucagon,adrénaline (hormones hyper-glycémiants).

* **Activation** : anaérobiose, ADP, AMP, insuline (la seul hormone hypoglycémiante).

8. Devenir du Pyruvate

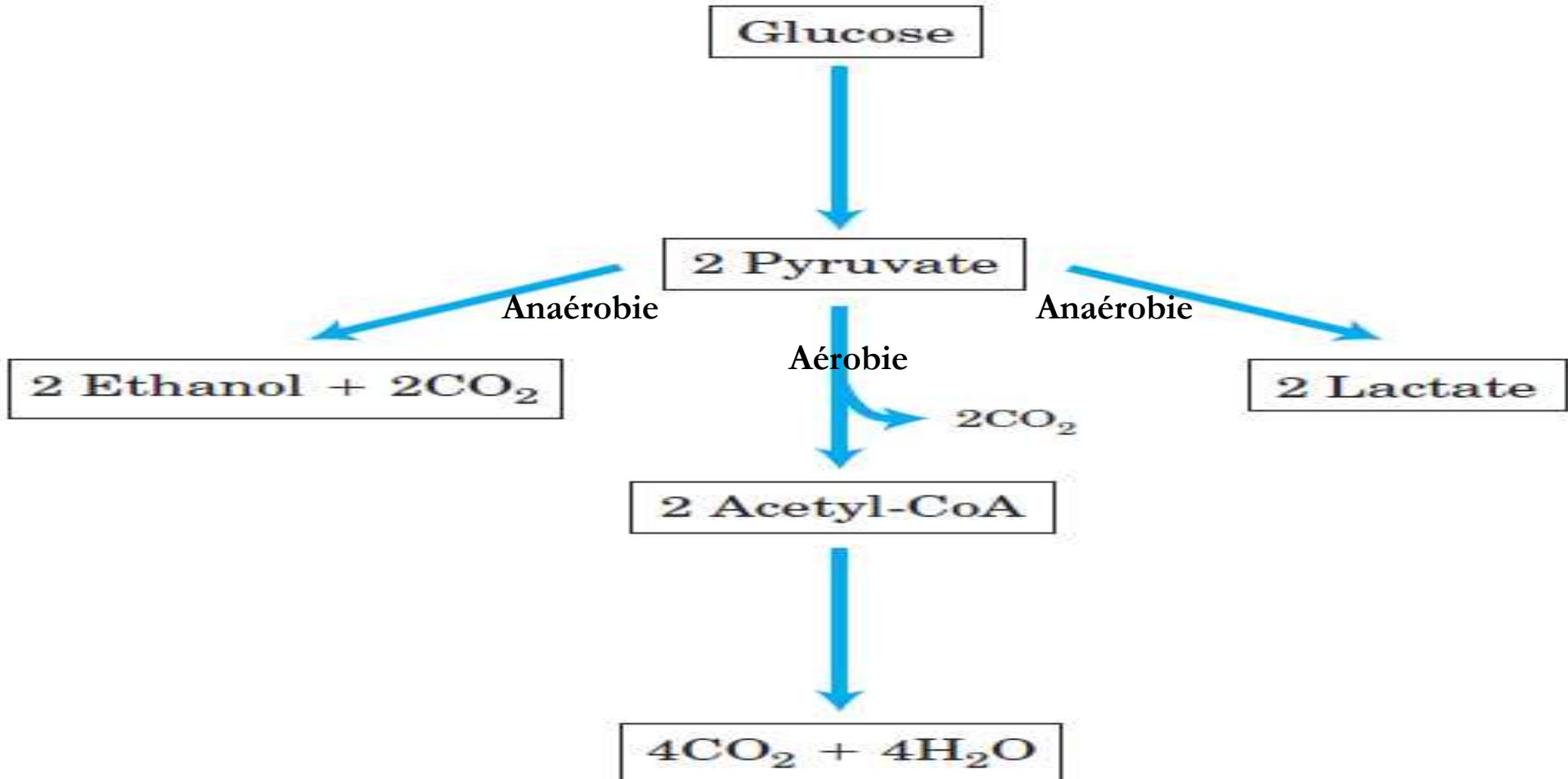
Le devenir du pyruvate va dépendre des conditions suivantes :

- la présence ou l'absence de l'oxygène dans l'environnement de la cellule
- la situation énergétique de la cellule
- l'équipement enzymatique dont la cellule va disposer pour oxyder le NADH,H⁺ (cellules ne disposent pas de mitochondries, cas des hématies)

Le pyruvate peut alors :

- **En anaérobiose** : dans le cytosol, être transformé en lactate ou en éthanol
- **En aérobiose** : dans les mitochondries, être totalement oxydé en CO₂ avec production d'ATP.

Devenir du Pyruvate



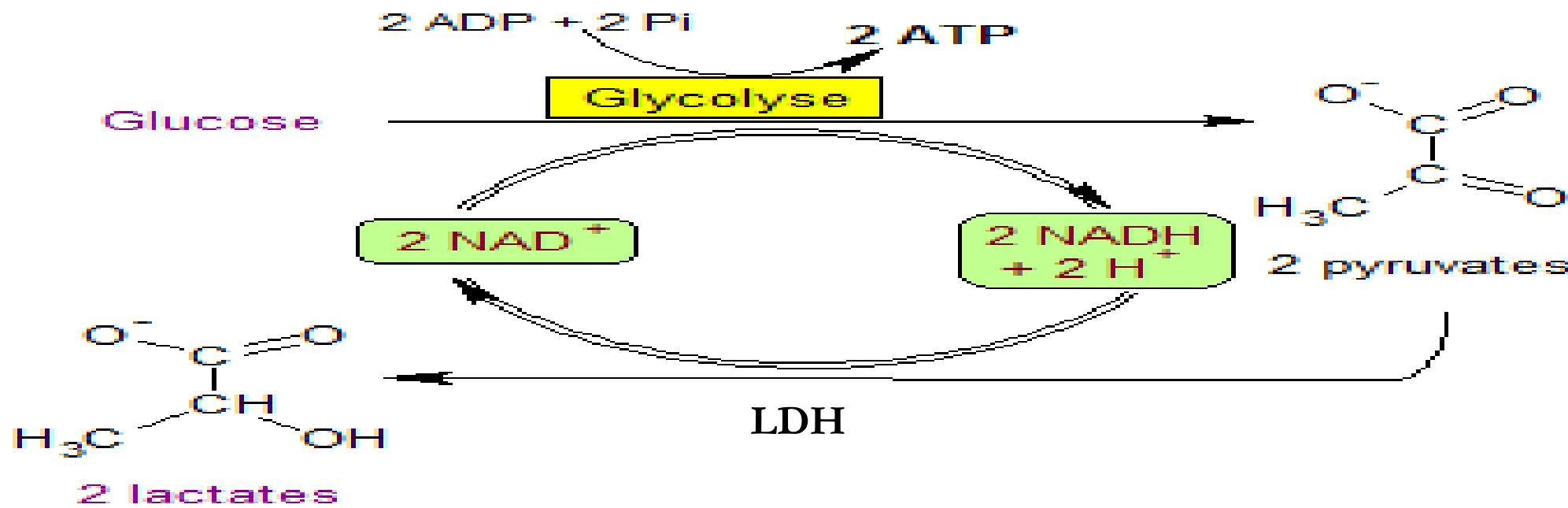
1. Devenir du pyruvate en anaérobiose

a. Fermentation lactique

- En absence d'oxygène (anaérobiose) :
 - pas de mitochondries (cas **des hématies**) ou
 - conditions hypoxiques (**muscle en contraction rapide**)
- Le Pyruvate est réduit en **lactate** par la ***lactate déshydrogénase* (LDH)**
- Ce qui permet la réoxydation de NADH, H^+ formé dans la glycolyse et **régénération** du **NAD^+** cytosolique.

1. Devenir du pyruvate en anaérobiose

a. Fermentation lactique



La réaction globale de la dégradation du glucose après la fermentation lactique est :



1. Devenir du pyruvate en anaérobiose

b. Fermentation alcoolique

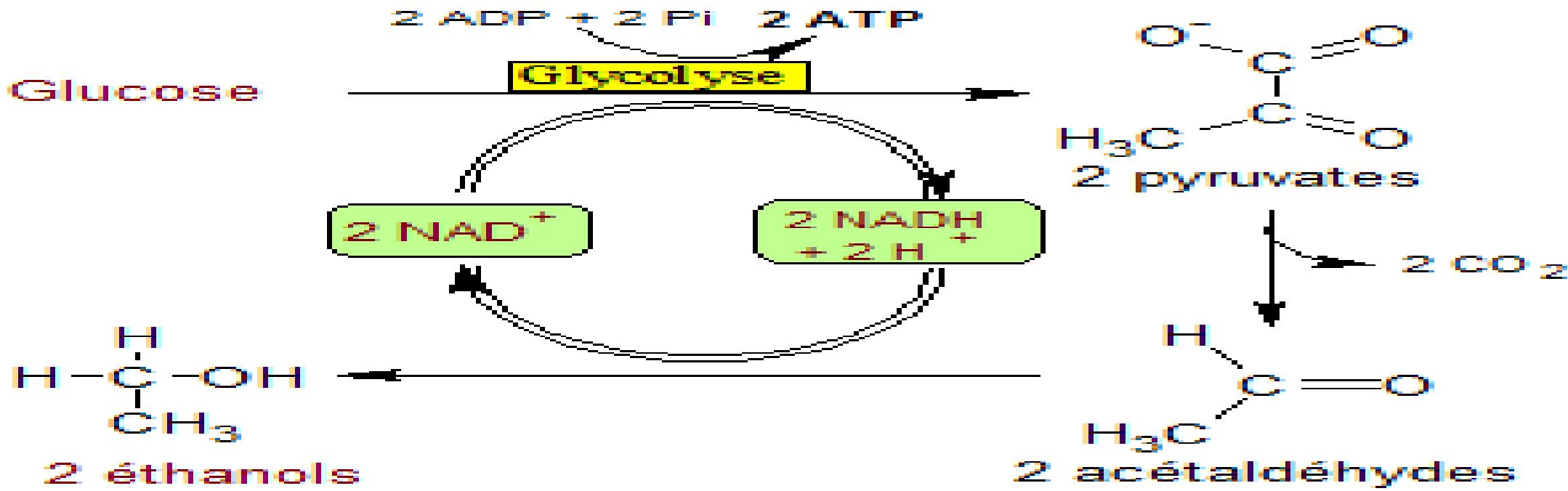
Chez les **levures**, qui ne possèdent pas la lactate déshydrogénase, le pyruvate se transforme en **éthanol** suivant deux réactions :

- le pyruvate est décarboxylé en acétaldéhyde par le ***Pyruvate Décarboxylase***
- L'acétaldéhyde est réduit en éthanol par ***l'Alcool Déshydrogénase***

Avec réoxydation de NADH, H^+ formé dans la glycolyse et **régénération** du **NAD⁺** cytosolique.

1. Devenir du pyruvate en anaérobiose

b. Fermentation alcoolique



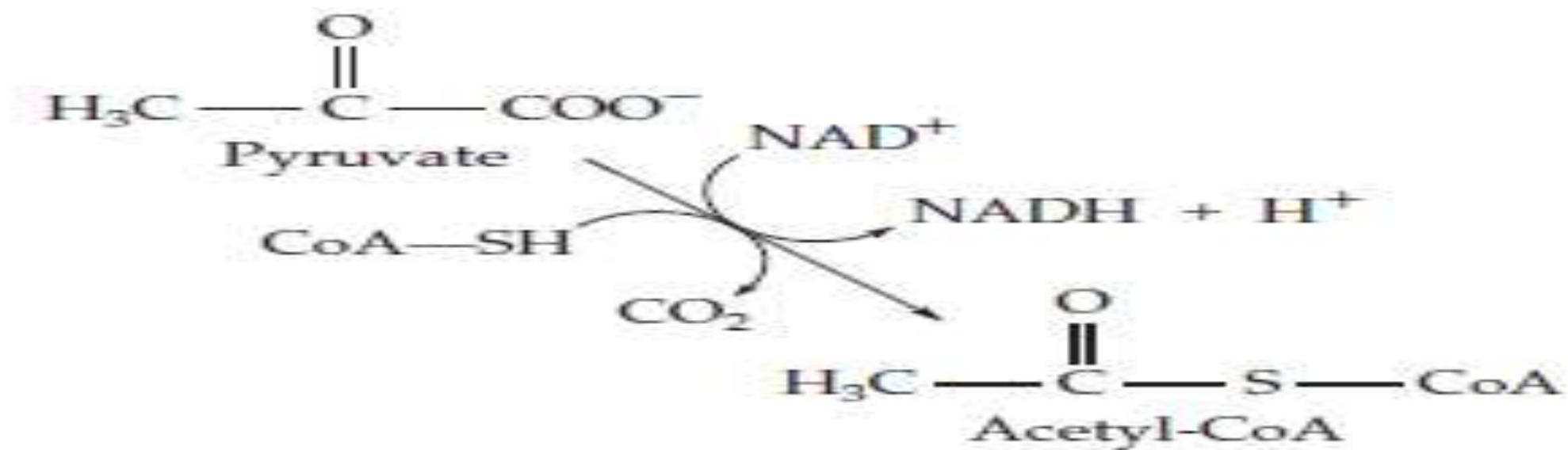
La réaction globale de la dégradation du glucose après la fermentation alcoolique est :



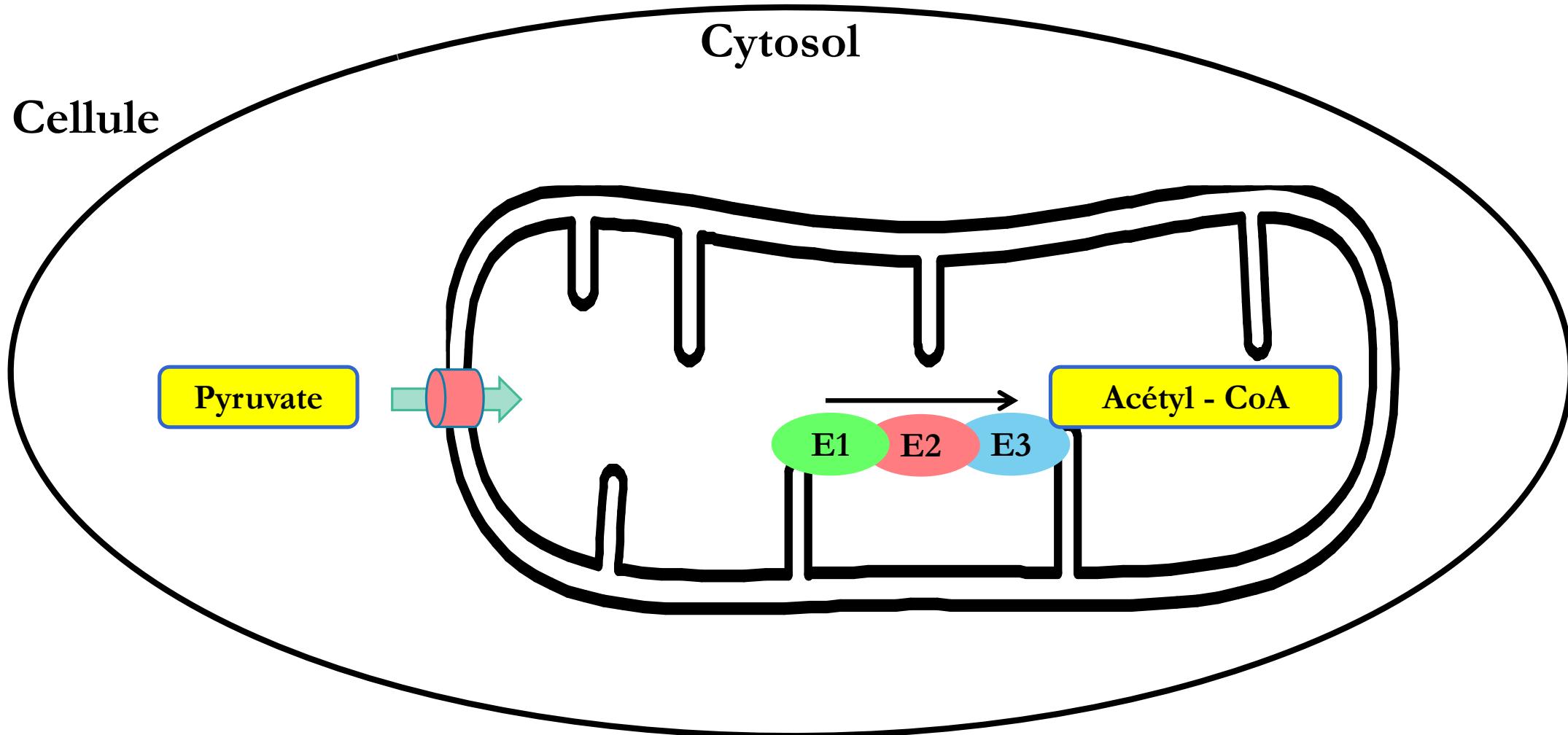
2. Devenir du Pyruvate en aérobiose

* Transformation du pyruvate en acétyl-CoA (décarboxylation oxydative)

- En présence d'oxygène, le pyruvate est transporté dans la mitochondrie
- Il sera transformé en acétyl-CoA par une réaction dite décarboxylation oxydative, avec formation NADH,H⁺ et libération du CO₂.



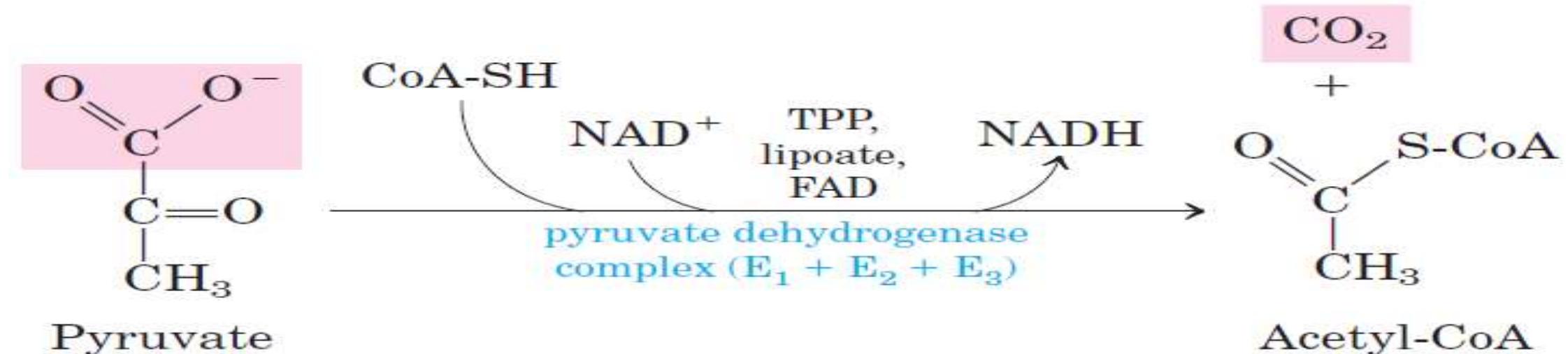
Formation de l'Acétyl-CoA



2. Devenir du Pyruvate en aérobiose

* Transformation du pyruvate en acétyl-CoA (décarboxylation oxydative)

- La réaction de décarboxylation oxydative du pyruvate en acétyl-CoA est catalysée par la **pyruvate déshydrogénase**; complexe multienzymatique.



La réaction globale de la décarboxylation oxydative est :



Devenir du Pyruvate

