Valactine - Tutrice de Biochimie 2026/2027

La Glycolyse

C'est votre premier cours de métabo, vous allez voir c'est génial !!! ❤️

Sommaire



1 Introduction

2 Phase de consommation d’ATP

3 Phase de génération d’ATP

4 Devenir des produits de la glycolyse

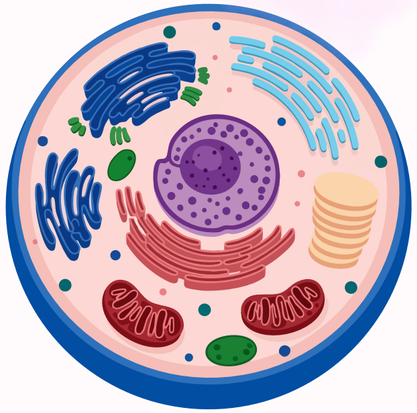
Introduction

Pourquoi parle-t-on du glucose ?

Les cellules ont besoin d'énergie pour fonctionner (#bioE)

Une cellule doit en permanence réaliser de nombreuses fonctions :

- fabriquer des molécules
- se déplacer ou se contracter
- transporter des substances
- assurer son fonctionnement général



➡ Toutes ces activités nécessitent de l'énergie

Cette énergie peut notamment être obtenue à partir de nutriments, comme le **glucose**

À retenir : Le glucose est une molécule que les cellules peuvent utiliser comme source d'énergie

Mais d'où vient le glucose ?

Le glucose doit d'abord être **disponible** pour les cellules, **2 SOURCES :**

① L'alimentation

Nous mangeons notamment des glucides → Ils sont digérés → Du glucose est libéré dans le sang

② Les réserves de l'organisme

L'organisme peut stocker du glucose = glycogène

→ Quand l'organisme en a besoin : Glycogène → Glucose (Dans le sang)

Le glucose arrive dans le sang… et ensuite ?

Le sang permet d'apporter le glucose aux cellules

Alimentation / réserves → GLUCOSE → SANG → CELLULE

Comment la cellule va-t-elle récupérer l'énergie qu'il contient ?

C'est précisément là qu'intervient la glycolyse (notre STAAAARRR)

Qu'est-ce qu'une voie métabolique ?

Une voie métabolique = une succession de réactions

Une cellule **NE** transforme généralement **PAS** une molécule en une autre en une seule réaction

Plusieurs étapes successives :
Molécule de départ → réaction 1 → Intermédiaire → réaction 2 → … → Produit final

Chaque étape est réalisée grâce à une **enzyme**

➡ Une voie métabolique est donc une succession organisée de réactions qui permet de transformer progressivement une molécule

La Glycolyse - Généralités

Que devient le glucose ?

Grosse molécule = glucose possède 6 carbones

Au cours de la glycolyse, il va donner : 2 molécules de pyruvate à 3 carbones chacunes

Donc :

1 glucose (6 C) → 2 pyruvates (3 C + 3 C)

💡 La glycolyse permet donc de « **découper** » progressivement le glucose en deux molécules plus petites

Généralités

*partie liquide du cytoplasme

CARACTÉRISTIQUE	DÉTAILS & SPÉCIFICITÉS
Nature de la voie	**Voie métabolique d'oxydation** Transforme progressivement le glucose en pyruvate
Nombre d'étapes	10 étapes succèssives
Stratégie clé	La Phosphorylation
Localisation / Cible	**TOUTES** les cellules de l'organisme *cytosol
Voie d'oxydation	Implique les coenzymes **NAD^+** & **$NADH + H^+$**
Spécificité enzymatique	Chaque étape possède son propre **intermédiaire** et son **enzyme** dédiée

Pourquoi découper le glucose ?

- Pour récupérer l'énergie qu'il contient
- transformer progressivement le glucose → récupérer une partie de l'énergie libérée → produire de l'ATP
- L'ATP est une molécule d'énergie directement utilisable par la cellule +++
- La glycolyse permet donc de récupérer de l'énergie sous forme d'ATP

Les 2 phases

PHASE	ÉTAPES	ACTION CELLULAIRE	BILAN ATP
PHASE 1 Investissement	Étapes 1 à 5	La cellule consomme de l'énergie	– 2 ATP
PHASE 2 Rendement	Étapes 6 à 10	La cellule produit de l'énergie	+ 4 ATP
BILAN ÉNERGÉTIQUE NET			+ 2 ATP

Bilan synthétique du processus

– 2 ATP → + 4 ATP → Bilan = +2 ATP

La glycolyse ne sert pas uniquement à faire de l'ATP

Une voie métabolique peut avoir plusieurs rôles

① de dégrader le glucose
→ glucose → pyruvate

② de récupérer de l'énergie
→ production d'ATP

③ de produire du NADH
→ le NAD^+ récupère des électrons au cours de la voie

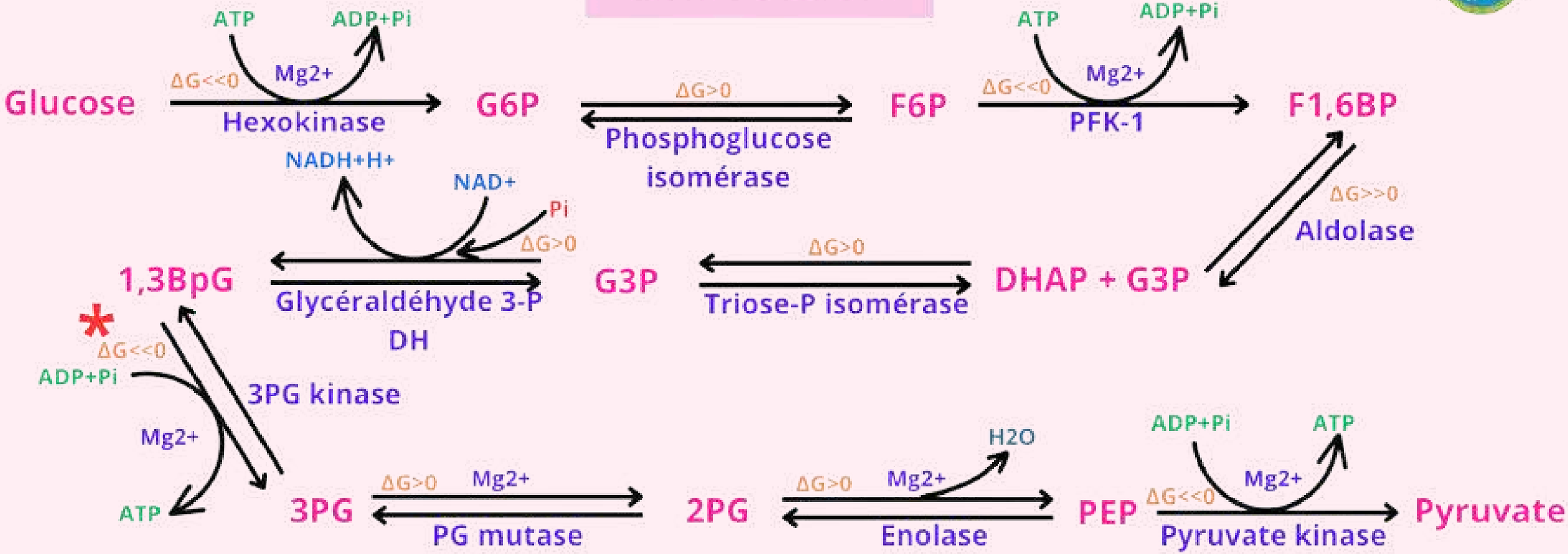
④ de fournir des intermédiaires
Certains intermédiaires de la glycolyse peuvent être utilisés par la cellule pour fabriquer d'autres molécules.

➡ glycolyse = ++AMPHIBOLIQUE++

- **Catabolisme** = dégradation
- **Anabolisme** = utilisation de molécules pour en fabriquer d'autres

Phase de consommation d'ATP

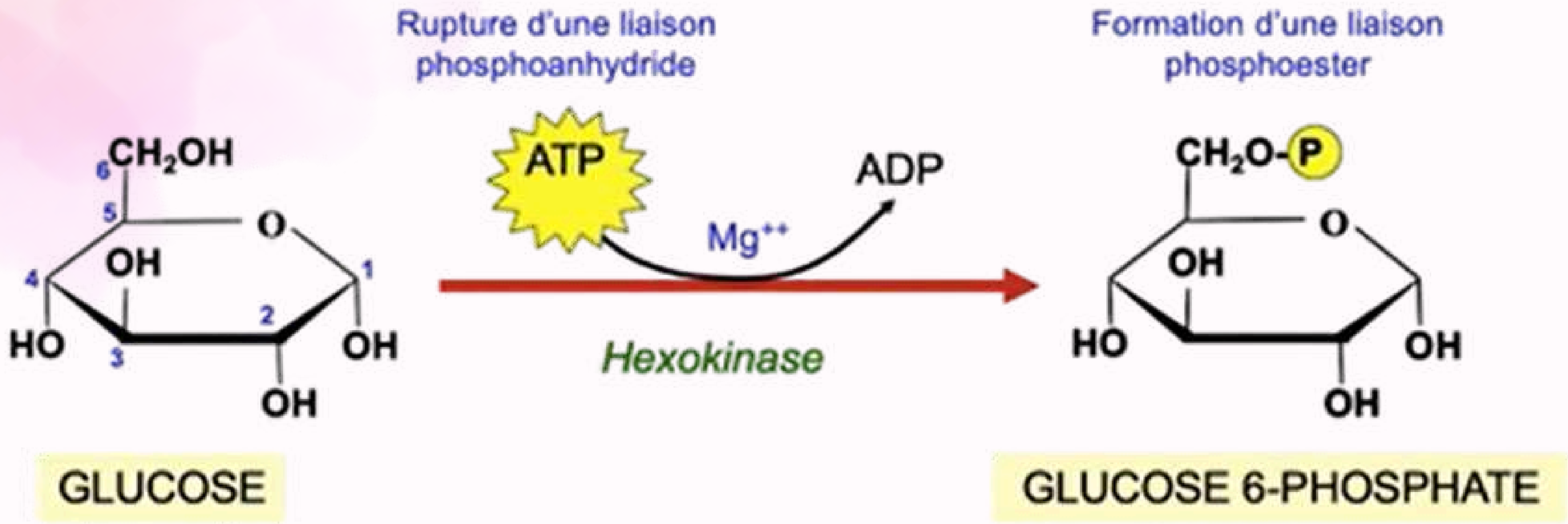
GLYCOLYSE



*__Shunt des érythrocytes__



1ère étape : phosphorylation sur le C6 → G6P

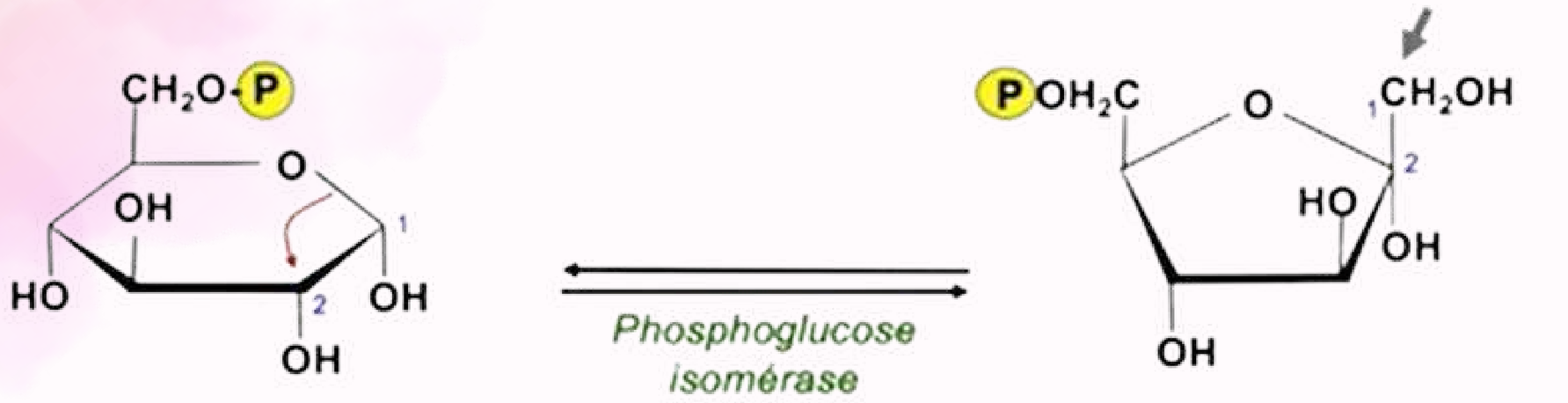


- Enzyme : Hexokinase
- Utilisation ATP + Mg2+
- Réaction fortement exergonique et irréversible
- G6P = carrefour = engagement plusieurs voies

+++ Lorsque le glucose est phosphorylé, il n'est plus capable de ressortir de la cellule + ++

	Hexokinases I, II, III	Glucokinase IV
Affinité pour le glucose	**Forte**	**Faible**
Avec le glucose	« Très bons potes » → le glucose se fixe facilement.	« Moins bons potes » → le glucose reste moins accroché.
Ce qui se passe	Le glucose se fixe → est phosphorylé → est libéré.	Le glucose se fixe → est phosphorylé → est libéré rapidement.
Conséquence	L'enzyme peut rapidement être **saturée**.	L'enzyme peut **enchaîner** davantage de molécules de glucose.
Quand c'est particulièrement utile ?	Quand le glucose est disponible en quantité normale.	Quand le glucose est **très abondant**, notamment **après un repas**.
Lieu principal	Nombreuses cellules, notamment **muscles**.	**Foie + cellules β du pancréas**.
Rôle à retenir	Utiliser efficacement le glucose disponible.	Permettre au foie de continuer à **capter et phosphoryler le glucose** quand la glycémie augmente.

2ème étape : isomérisation du G6P → F6P



GLUCOSE 6-PHOSPHATE

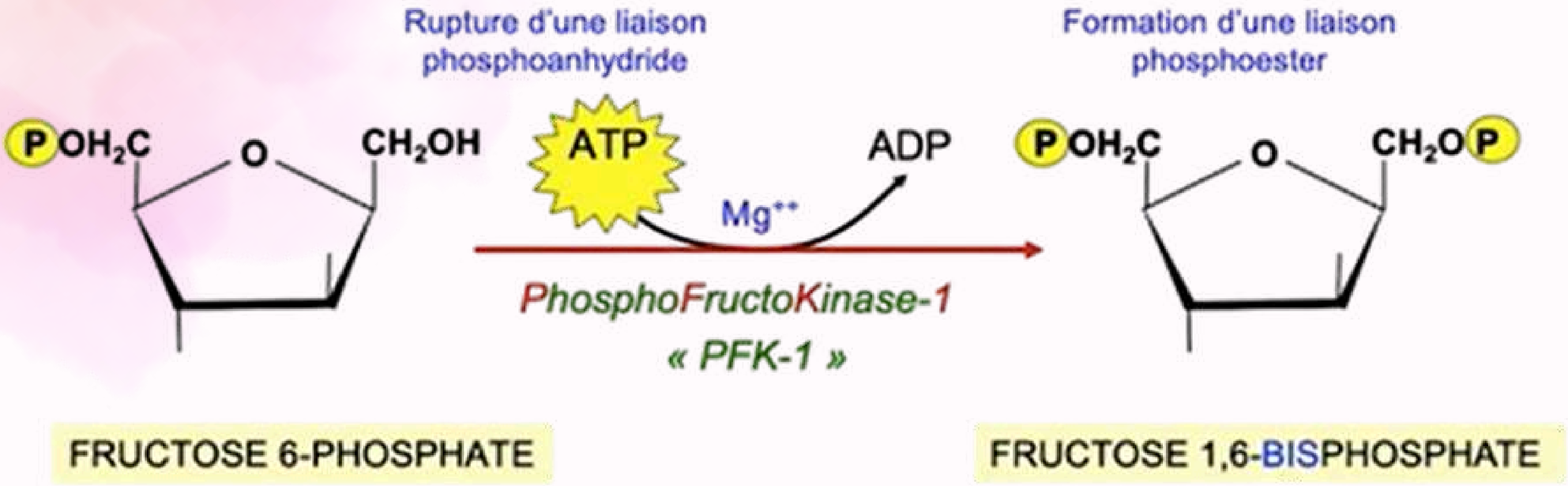
Aldohexose
(Cycle pyrane)

FRUCTOSE 6-PHOSPHATE

Cétohexose
(Cycle furane)

- Enzyme : Phosphoglucose isomérase
- Réaction faiblement endergonique et réversible

3ème étape : phosphorylation du F6P → fructose 1,6bisphosphate

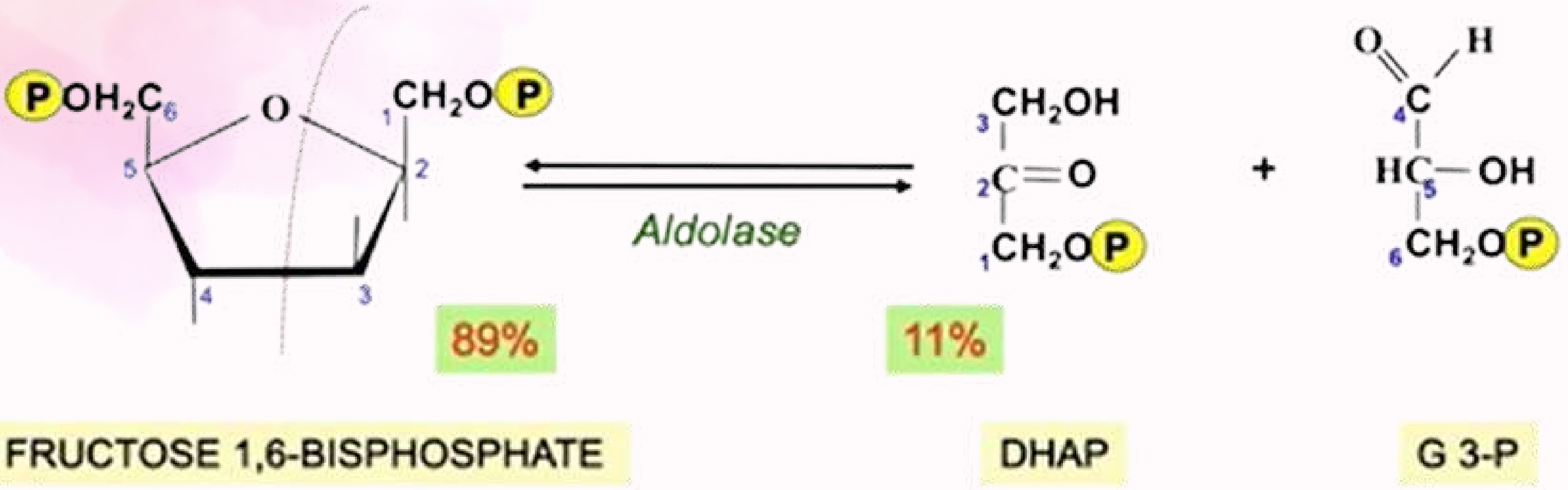


- Enzyme : PhosphoFructoKinase-1 **(PFK-1)**
- Utilisation ATP + Mg2+
- Réaction fortement exergonique et irréversible
- Engagement définitif GL

+++ Régule le flux ENTRANT de la glycolyse +++

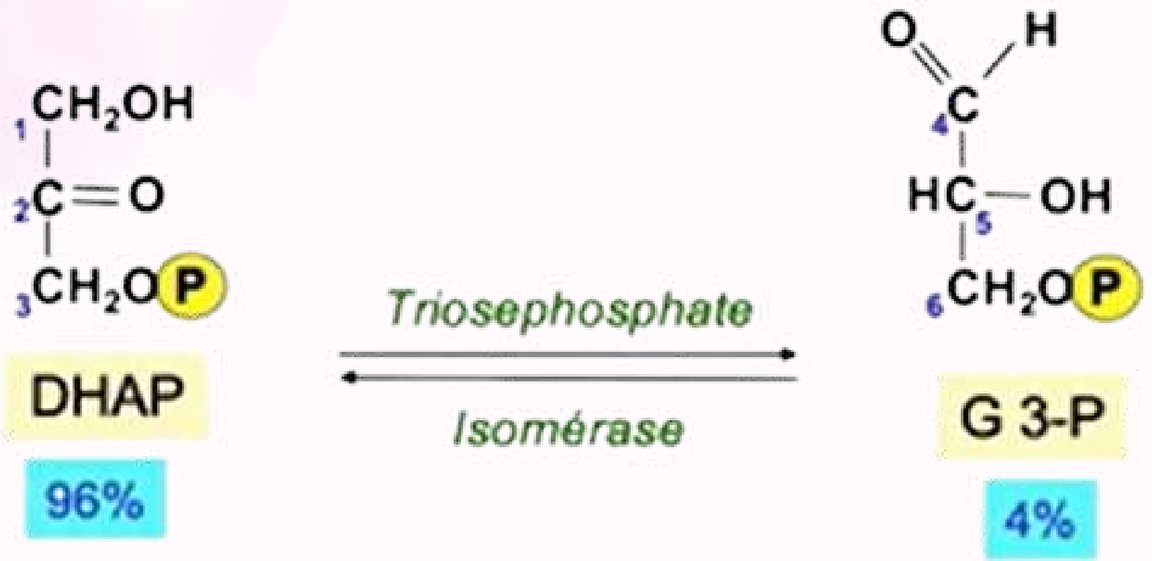
Il ne pourra plus sortir de la GL = car engagement définitif dans la voie

4ème étape : clivage du fructose 1,6-bisphosphate en deux trioses phosphates



- Enzyme : Aldolase
- Réaction fortement endergonique et réversible = FREIN
- Clivage en DEUX molécules

5ème étape : isomérisation du DHAP en G3P



x2 avec le G3P de l'étape précédente

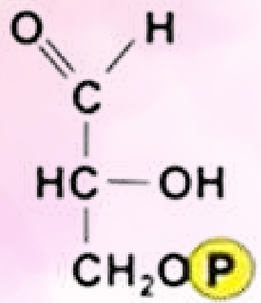
- Enzyme : Triosephosphate isomérase
- Réaction faiblement endergonique et réversible
- Dernière réaction phase consommation
- DHAP → G3P

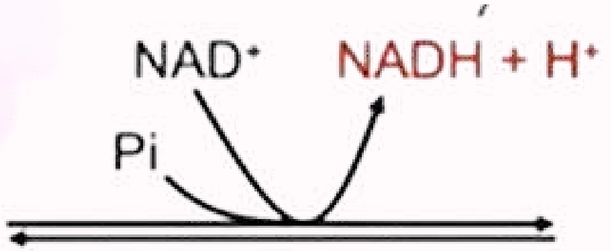
Fin de la 1re phase de la glycolyse

- 1 molécule de glucose a été transformée en DEUX molécules de G3P
- Cette première phase a nécessité la consommation de DEUX ATP
- À partir de 2 G3P, toutes les réactions suivantes se déroulent en DOUBLE

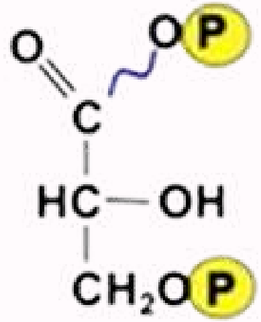
Phase de génération d'ATP

6ème étape : oxydation du G3P en 1,3bisphosphoglycérate





Glycéraldéhyde 3-Phosphate déshydrogénase



G 3-P

Oxydation sur la fonction aldéhyde

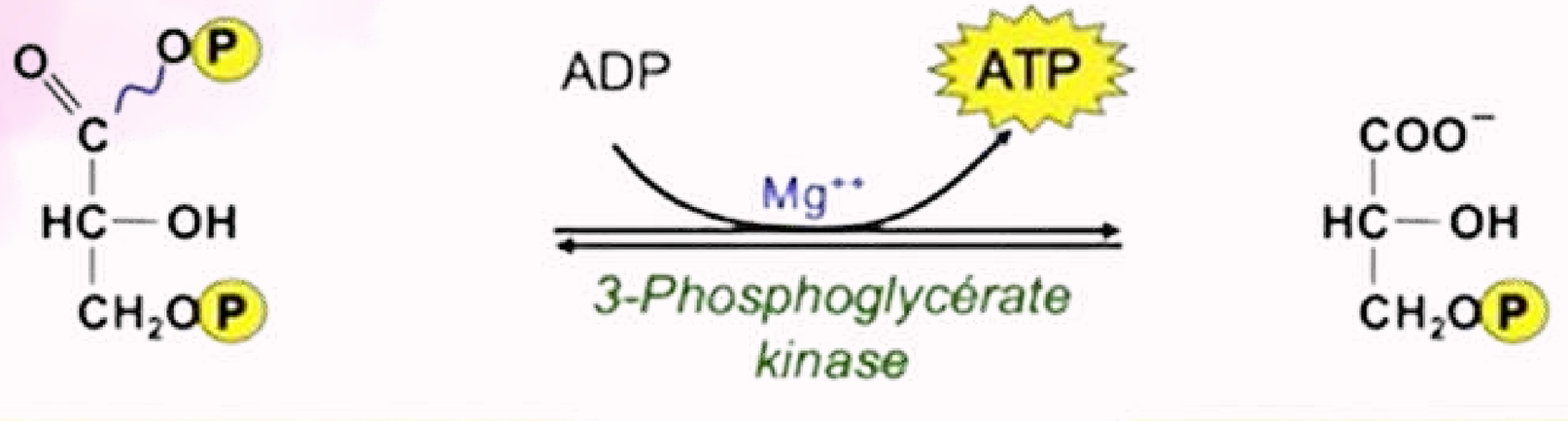
1,3-BISPHOSPHOGLYCERATE

Formation d'une liaison à haut potentiel énergétique (anhydride mixte)

- Enzyme : Glycéralgéhyde3-phosphate déshydrogénase
- Utilisation Pi + NAD+
- Réaction faiblement endergonique et réversible

+++ On n'a pas consommé à cette étape d'ATP +++

7ème étape : transfert de phosphate 1,3-bisphosphoglycérate → 3 phosphoglycérate

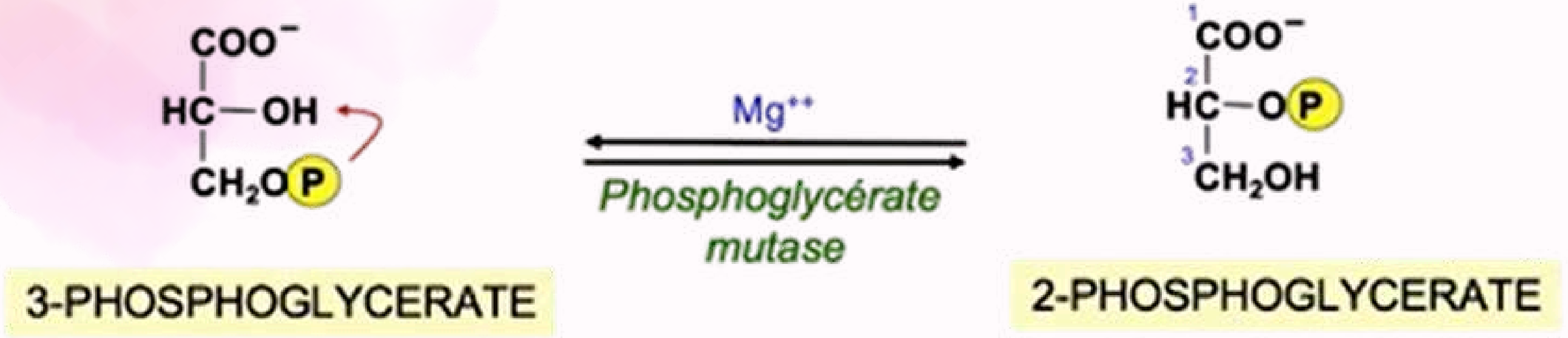


- Enzyme : 3-Phosphoglycérate kinase
- Utilisation ADP + Mg2+
- Réaction fortement exergonique et réversible

+++ On revient à un bilan nul en ATP +++

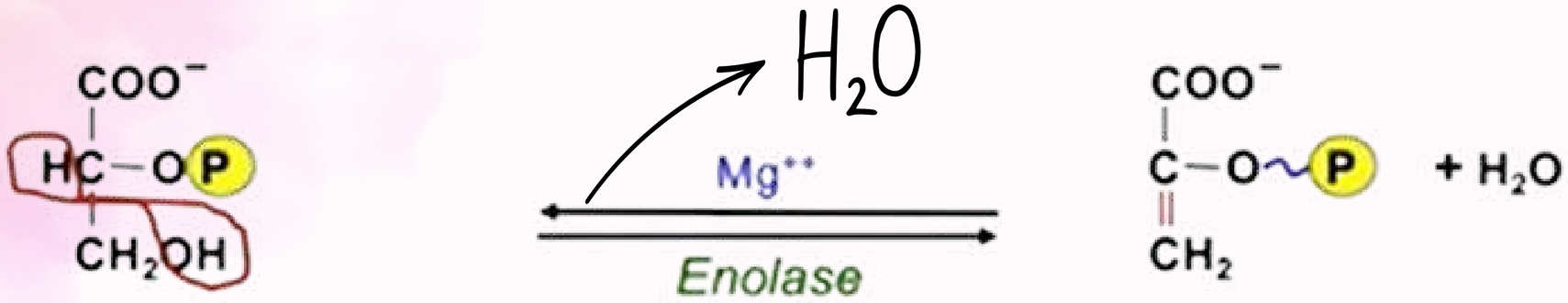
Aparté sur le shunt dans la fiche complète :)

8ème étape : isomérisation du 3-phosphoglycérate → 2-phosphoglycérate



- Enzyme : Phosphoglycérate mutase
- Utilisation Mg2+
- Réaction faiblement endergonique et réversible

9ème étape : déshydratation du 2-phosphoglycérate



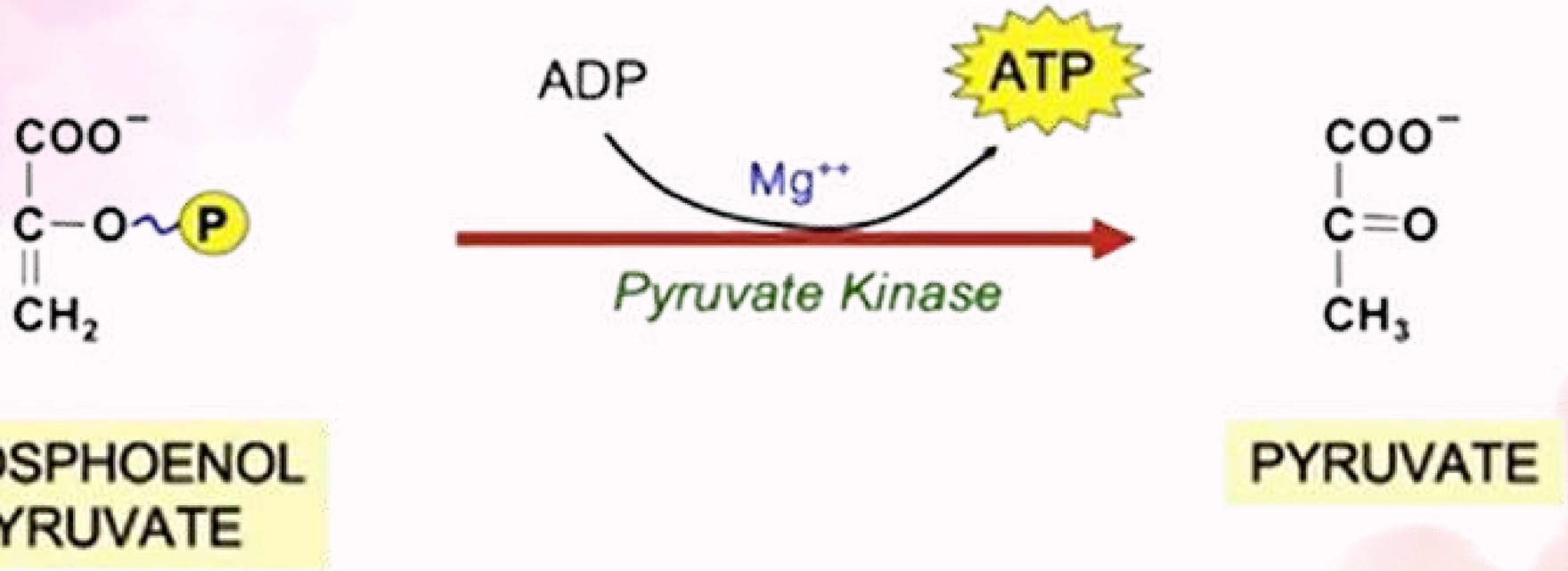
2-PHOSPHOGLYCERATE

PHOSPHOENOL PYRUVATE

Molécule à fort encombrement stérique responsable de son haut potentiel énergétique

- Enzyme : Enolase
- Sortie H2O
- Réaction faiblement endergonique et réversible
- Bilan ATP = Toujours NUL

10ème étape : transfert d'un groupement phosphate → pyruvate



- Enzyme : Pyruvate kinase
- Utilisation ADP + Mg2+
- Réaction fortement exergonique et irréversible
- Bilan énergétique favorable

+++ Régule le flux SORTANT de la glycolyse +++

Devenir des produits de la glycolyse

2 conditions



1. Aérobie (=avec oxygène)
2. Anaérobie (=sans oxygène)

Conditions Aérobies

Que deviennent les produits de la glycolyse ?

À la fin de la glycolyse, on obtient :

GLUCOSE
↓
GLYCOLYSE
↓
2 PYRUVATES + 2 ATP + 2 NADH

ATP + Pyruvate

- **ATP** → directement utilisé par la cellule

- **Pyruvate** → transformé en acétyl-CoA dans la mitochondrie
    - Besoin d'énergie → acétyl-CoA → Krebs → beaucoup d'ATP
    - Excès d'énergie → acétyl-CoA → lipogenèse → stockage en lipides

👉 À retenir : le pyruvate peut servir soit à produire de l'énergie, soit à stocker l'énergie

Que deviennent les produits de la glycolyse ?

À la fin de la glycolyse, on obtient :

GLUCOSE
↓
GLYCOLYSE
↓
2 PYRUVATES + 2 ATP + 2 NADH

NADH + H^+

- La glycolyse produit du NADH + H^+
- Il faut le transformer à nouveau en NAD^+ pour que la glycolyse puisse continuer
- En présence d'O_2, cela se fait grâce aux navettes mitochondriales
    - navette glycérol-phosphate
    - navette malate/aspartate

👉 À retenir : les navettes permettent de réoxyder le NADH en NAD^+ et de récupérer de l'énergie sous forme d'ATP

C'est quoi une navette ?

La glycolyse se déroule dans le cytosol et produit du NADH + H^+

Problème : le NADH ne peut pas traverser directement la membrane interne de la mitochondrie

Les navettes servent donc à faire passer les électrons du NADH vers la mitochondrie (=lieu chaine respi)

- Une navette = système de transport entre le cytosol et la mitochondrie
- Elle permet de réoxyder le NADH en NAD^+
- Elle fonctionne uniquement en présence d'O_2

Avec O_2 →

- **38 molécules d'ATP si on utilise la navette malate/aspartate**
- **36 molécules d'ATP si on utilise la navette glycérophosphate**

Le reste dans ma fiche complète :)

Conditions Anaérobies

Sans O_2 : le pyruvate devient lactate

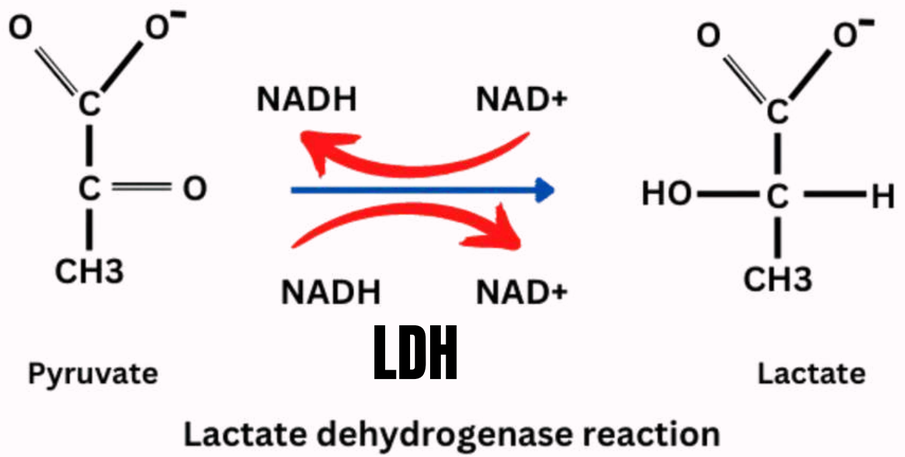
Pas de mitochondrie fonctionnelle → pas de Cycle de Krebs ni de phosphorylation oxydative

Donc la cellule doit régénérer le NAD^+ pour que la glycolyse puisse continuer

Le lactate permet de réoxyder le NADH en NAD^+

NAD^+ disponible → la glycolyse continue → production d'ATP

Sans O2 → Seulement 2 ATP nets, pas d'ATP supplémentaire provenant du NADH, du Krebs ou de la phosphorylation oxydative



Récap

GLUCOSE
Source d'énergie pour la cellule

→

GLYCOLYSE
10 réactions successives

→

2 PYRUVATES
Produits finaux

ASPECT	DÉTAILS PENDANT LA GLYCOLYSE
⚡ **Bilan ATP**	2 ATP consommés | 4 ATP produits **→ Bilan net : 2 ATP**
🔋 **Pouvoir Réducteur**	**2 NADH produits**
🧬 **État du Glucose**	Le glucose est **oxydé** au cours du processus
🔗 **Intermédiaires**	Tous les intermédiaires sont **phosphorylés**

🍬 NATURE MÉTABOLIQUE DE LA GLYCOLYSE

- **Voie catabolique** → Elle dégrade le glucose pour produire de l'énergie.
- **Voie amphibolique** → Certains intermédiaires peuvent servir de précurseurs à d'autres synthèses cellulaires.

A retenir :

- Étapes irreversibles : 1/3/10
- Étapes qui consomment de l'ATP : 1/3
- Étapes qui produisent de l'ATP : 7/10
- Étapes qui ne necessitent PAS de Mg2+ : 2/4/5/6

A retenir :

LES 5 CHOSES À RETENIR POUR COMMENCER

1. Le but de la glycolyse

→ dégrader le glucose pour récupérer de l'énergie

2. Le bilan principal

→ Glucose + 2ADP + 2NAD+ --> 2Pyruvates + 2ATP + 2NADH + 2H+

3. Les 2 phases

→ 5 premières étapes : consommation de 2 ATP

→ 5 dernières étapes : production de 4 ATP

4. Avec ou sans O_2 ?

→ Avec O_2 : mitochondrie → beaucoup d'ATP

→ Sans O_2 : lactate → seulement 2 ATP nets

5. Le NADH

→ doit être réoxydé en NAD^+ pour permettre à la glycolyse de continuer

Bon courage
et
Bravo à vous
