

## Les voies de production de l'ATP Respiration cellulaire et fermentation lactique Correction

**Objectif** : On cherche à expliquer comment la molécule d'ATP peut être fabriquée par ces différentes voies métaboliques et à établir leurs caractéristiques.

### Documents ressource

**Document 1** : La glycolyse : étape commune à la respiration et à la fermentation

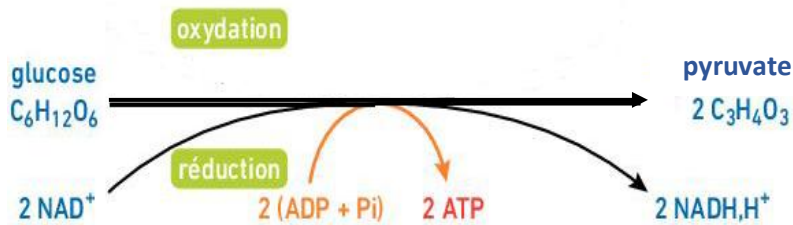
Nous avons vu qu'avant d'être transformé en ATP, le glucose doit au préalable être converti en 2 molécules de pyruvate (= acide pyruvique) dans le cytoplasme. Cela se fait grâce à une succession de réactions chimiques nommée la **glycolyse**.

Deux événements importants se produisent en plus :

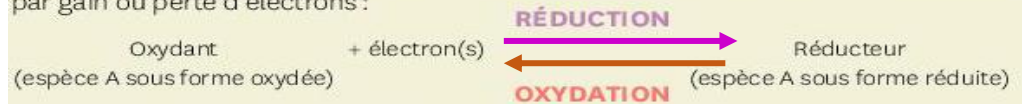
- l'oxydation du glucose en pyruvate est couplée à la **réduction d'un composé** : le  $\text{NAD}^+$  en  $\text{NADH, H}^+$ .

Cette petite molécule réduite est primordiale pour la suite de la respiration cellulaire.

- la **production de 2 molécules d'ATP**



- Un **oxydant** est une espèce chimique capable de gagner un ou des électrons.
- Un **réducteur** est une espèce chimique capable de céder un ou des électrons.
- Un oxydant et un réducteur forment un **couple** si l'on peut passer de l'un à l'autre par gain ou perte d'électrons :



- Une **oxydation** correspond à une perte d'électrons.
- Une **réduction** correspond à un gain d'électrons.

**Document 2** : Rappels sur les réactions d'oxydo-réduction

**Consigne**

A l'aide des documents de l'annexe, **compléter** le tableau fourni afin de localiser et de décrire les différentes voies métaboliques cellulaires permettant la production d'ATP nécessaire à la contraction musculaire.

Puis **compléter** le schéma bilan à l'aide des termes : **ATP** (vous donnerez le nombre de molécules produites) - **glucose** -  $\text{H}_2\text{O}$  - **pyruvate** -  $\text{NAD}^+$  -  $\text{NADH, H}^+$  -  $\text{CO}_2$  -  $\text{O}_2$

Voies métaboliques		Descriptif	Nom de l'étape	Localisation cellulaire	Condition Aérobie/Anaérobie	Caractéristique de la réaction Réactif/Produit	Nombre de molécules d'ATP produites	Rendement (%) à calculer
Respiration cellulaire	étape 1	Glycolyse	Hyaloplasme = cytosol (fraction liquide du cytoplasme)	Aérobie	Oxydation du glucose en pyruvate Réduction du $\text{NAD}^+$ en $\text{NADH} + \text{H}^+$	2	} 36	37%
	étape 2	Cycle de Krebs	Matrice des mitochondries		Dégradation du pyruvate en $\text{CO}_2$ Réduction du $\text{NAD}^+$ en $\text{NADH} + \text{H}^+$	2		
	étape 3	Chaîne respiratoire	Membrane interne des mitochondries au niveau de la chaîne respiratoire + sphères pédonculées = ATP synthases)		Réduction de l' $\text{O}_2$ en $\text{H}_2\text{O}$ Oxydation du $\text{NADH} + \text{H}^+$ en $\text{NAD}^+$	32		
Fermentation lactique	étape 1	Glycolyse	Hyaloplasme = cytosol (fraction liquide du cytoplasme)	Anaérobie	Oxydation du glucose en pyruvate Réduction du $\text{NAD}^+$ en $\text{NADH} + \text{H}^+$	2	} 2	2%
	étape 2	X			Réduction du pyruvate en lactate (= acide lactique) Oxydation du $\text{NADH} + \text{H}^+$ en $\text{NAD}^+$	0		
Transformation phosphocréatine		X	Cytoplasme	Anaérobie	Déphosphorylation de la PCr	1	X	

Comparaison des caractéristiques des voies métaboliques régénératrices de l'ATP dans la cellule

### Document 3 :

Lorsqu'on ajoute du pyruvate, il y a dégagement de  $CO_2$  uniquement dans la matrice.

Donc la matrice est le lieu de l'oxydation du pyruvate en  $CO_2$ , elle possède tout l'équipement enzymatique nécessaire.

Le résultat ne change pas lorsqu'on ajoute de l' $O_2$ , il y a aussi dégagement de  $CO_2$  dans la matrice.

Donc l'oxydation du pyruvate en  $CO_2$  est "indépendante" de la réduction de l' $O_2$  en eau.

### Documents 4 à 6 :

Lorsque l'on met en présence des fragments de membrane interne contenant des sphères pédonculées avec  $O_2$ , NADH  $H^+$ , ADP et Pi, on constate alors la synthèse d'ATP et l'oxydation de NADH  $H^+$  en NAD.

Mais si les membranes internes sont dépourvues de sphères pédonculées ou que le milieu ne contient pas de NADH,  $H^+$ , on ne constate pas de synthèse d'ATP.

Donc la production d'ATP par les ATP synthases (sphères pédonculées) enchassées dans la membrane interne des mitochondries dépend de l'oxydation des NADH,  $H^+$  en NAD.

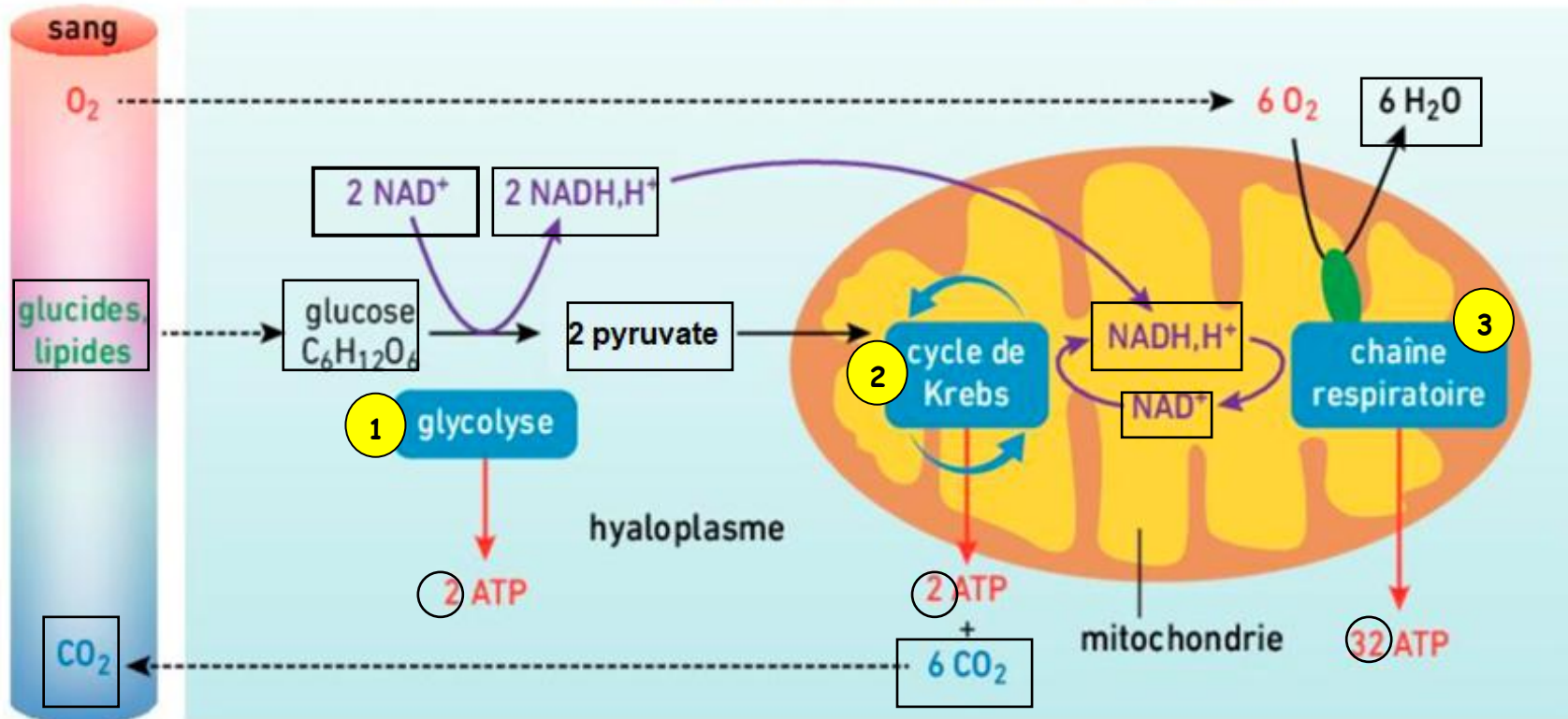
**Le document prouve que tout ne se fait pas au niveau des ATP synthases.** Par contre, on constate quand même une oxydation de NADH  $H^+$  en NAD et une réduction du  $O_2$  en eau malgré l'absence d'ATP synthases. Donc les oxydations sont indépendantes des ATP synthases.

Donc l'oxydation de NADH+ $H^+$  en NAD est couplée à la réduction de  $O_2$  en eau.

On constate (doc 5) qu'en ajoutant du cyanure (un inhibiteur de la chaîne respiratoire), la réduction du  $O_2$  n'est plus possible, donc elle a bien lieu au niveau de la chaîne respiratoire.

Cela est confirmé par le doc 6, l'oxydoréduction fournit l'énergie nécessaire à la synthèse d'ATP par les ATP synthases à partir des précurseurs ADP et Pi présents, eux, dans la matrice.

## Le métabolisme des cellules musculaires



### LA RESPIRATION CELLULAIRE

Voie AEROBIE

rendement :

38 %

36 ATP pour 1 molécule de glucose dégradée

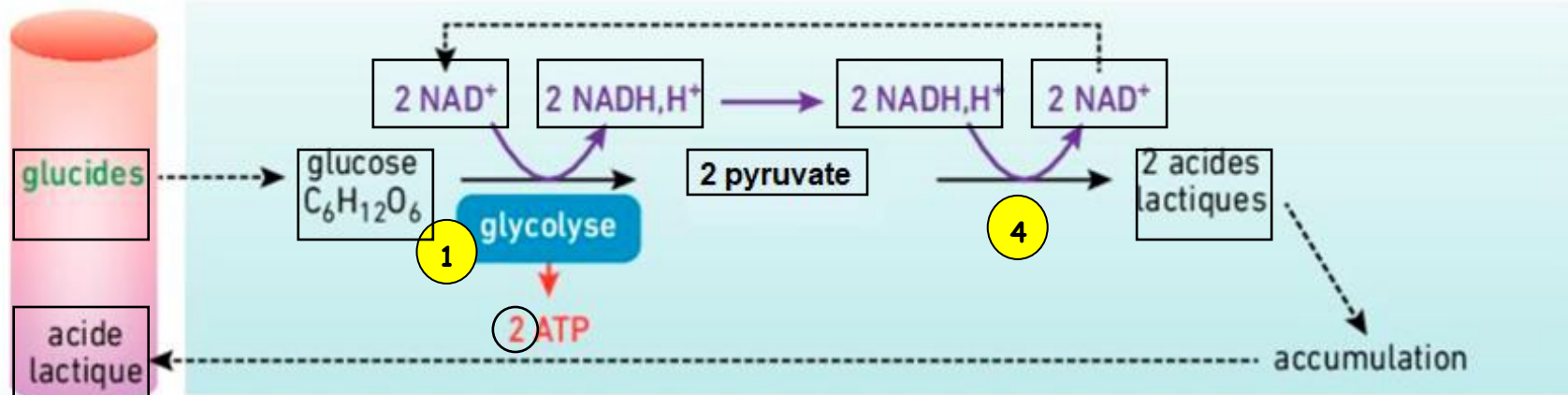
### LA FERMENTATION LACTIQUE

Voie ANAEROBIE

rendement :

2 %

2 ATP pour 1 molécule de glucose dégradée



## Bilan :

\* L'ATP est fabriqué à partir de l'oxydation plus ou moins complète du glucose dans la cellule.

Quelque soit la voie de fabrication de l'ATP, une première étape qui se déroule dans le hyaloplasme (=cytosol) est commune à la fermentation et à la respiration : la **glycolyse** (étape 1 sur le schéma du TD).

Au cours de cette étape :

- le glucose est oxydé en 2 molécules de pyruvate
- les atomes d'hydrogène du glucose (H<sup>+</sup>) sont pris en charge par un transporteur d'électrons : le NAD<sup>+</sup> qui passent sous une forme réduite : NADH, H<sup>+</sup>.
- 2 molécules d'ATP sont produites

\* En fonction de la présence de dioxygène dans la cellule, le pyruvate peut ensuite être oxydé selon **2 voies différentes** :

- **en présence de dioxygène (voie aérobie)**, la cellule musculaire réalise la **respiration cellulaire**.
- **en absence de dioxygène (voie anaérobie)**, la cellule musculaire réalise la **fermentation lactique**.

\* La **respiration cellulaire** permet la production de **36 molécules d'ATP** (fort rendement) grâce à une **oxydation complète du glucose** dans les mitochondries.

Du CO<sub>2</sub> et de l'eau sont aussi produits.

Après la glycolyse, la respiration se déroule en **2 étapes** dans les mitochondries :

### 1- Le cycle de Krebs dans la matrice des mitochondries : (étape 2 sur le schéma du TD)

Le **pyruvate** produit lors de la glycolyse est complètement **oxydé** au cours d'une série de réactions constituant le cycle de Krebs.

Cette oxydation produit :

- du CO<sub>2</sub> (déchet de la respiration qui sera éliminé de l'organisme lors de l'expiration)
- des composés réduits (NADH, H<sup>+</sup>)
- 2 ATP

### 2- Réactions au niveau de chaîne respiratoire mitochondriale : (étape 3 sur le schéma du TD)

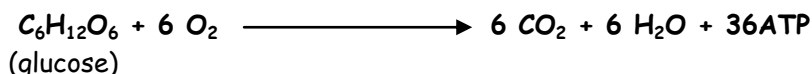
Au niveau de la membrane interne des mitochondries (**crêtes mitochondriales**) se trouvent des molécules constituant **la chaîne respiratoire**.

C'est au niveau de cette chaîne que :

- les composés réduits (NADH, H<sup>+</sup>) sont **réoxydés** en NAD<sup>+</sup> ce qui libère des ions H<sup>+</sup>
- le O<sub>2</sub> est réduit en eau
- les H<sup>+</sup> sont utilisés pour produire **32 molécules d'ATP** permettant les activités cellulaires

La respiration cellulaire est donc une réaction d'oxydo-réduction :

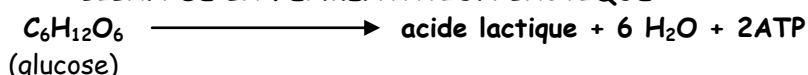
#### BILAN DE LA RESPIRATION



\* La **fermentation lactique** est une **oxydation incomplète** du glucose dans le hyaloplasme de la cellule musculaire. Elle produit peu d'ATP (**rendement faible**) : **2 molécules d'ATP** par molécule de glucose oxydée (étape 4 sur le schéma du TD).

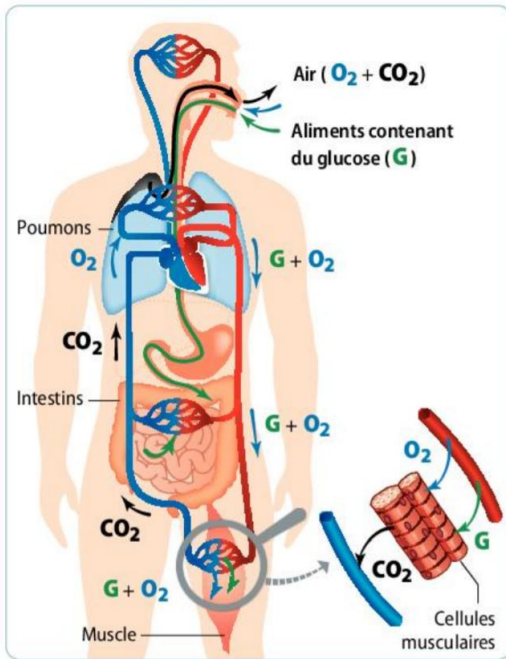
Lors de la **fermentation**, le **pyruvate** issu de la glycolyse est transformé en **lactate** (=acide lactique) grâce à l'oxydation des NADH, H<sup>+</sup> produits lors de la glycolyse en NAD<sup>+</sup>.

#### BILAN DE LA FERMENTATION LACTIQUE

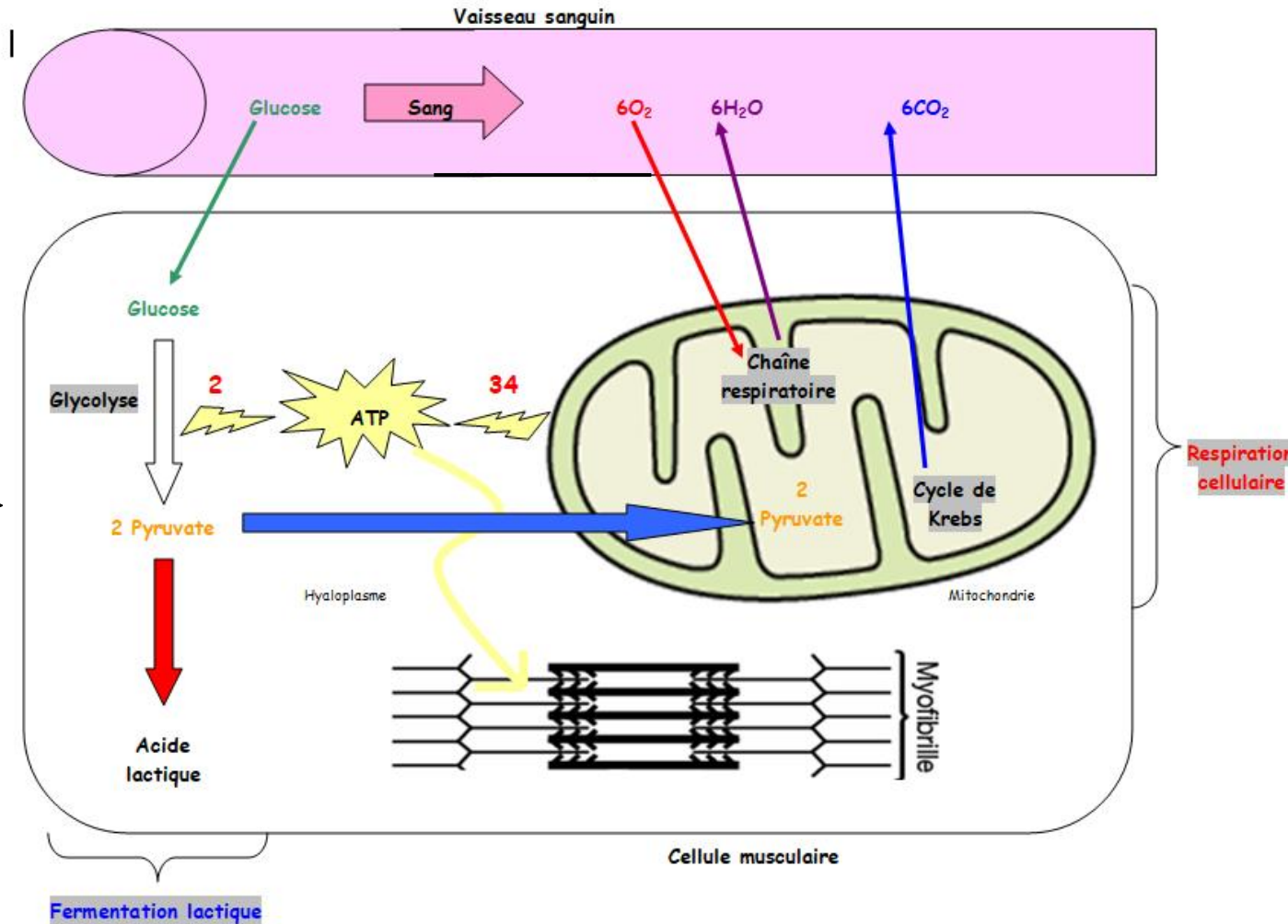


#### Remarque :

L'**acide lactique**, via l'abaissement du pH musculaire, perturbe le travail cellulaire lors des contractions musculaires, provoquant l'apparition de douleurs musculaires pendant l'effort. Ces douleurs peuvent diminuer la performance, et encore pire, contraindre à l'abandon.



Transfert de matières au sein du corps humain



**→** Voie anaérobie

**→** Voie aérobie

**Les 2 voies de production de l'ATP dans les cellules musculaires**