

Chapitre 2 : Origine de l'ATP nécessaire à la contraction de la cellule musculaire

L'**ATP** (adénosine triphosphate) est la **principale source d'énergie** immédiatement disponible pour une cellule, et de grandes quantités sont consommées à chaque instant pour la contraction musculaire (mais aussi pour l'ensemble des activités cellulaires de l'organisme). L'ATP est une molécule universelle qui comporte une chaîne de trois groupements phosphates. Les liaisons entre ces groupements phosphates peuvent être facilement hydrolysées ce qui libère de l'ADP, un ion de phosphate inorganique (Pi) et surtout de l'**énergie** qui pourra être utilisée pour des réactions biochimiques.

Hydrolyse de l'ATP



A l'inverse la **synthèse d'ATP** nécessite un apport d'énergie .



Les besoins en ATP sont constants dans les cellules mais cette molécule n'est quasiment pas stockée, elle doit être régénérée en permanence, aussi vite qu'elle est utilisée.

Comment l'ATP est-elle générée afin de pouvoir répondre aux besoins de la contraction musculaire ?

I. Deux voies métaboliques de régénération de l'ATP

Bilan act 1 TP7

L'ATP nécessaire à la contraction ou aux activités cellulaires peut être régénérée par deux voies métaboliques :

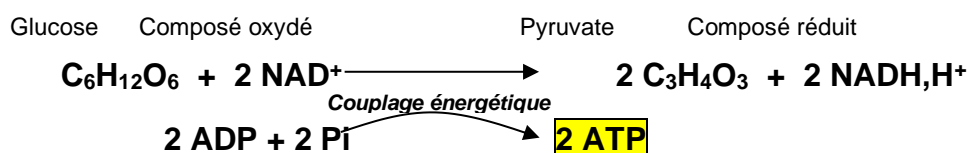
- La **RESPIRATION CELLULAIRE** qui correspond à une oxydation complète du glucose en CO_2 , en présence de dioxygène (milieu **aérobie**)
- La **FERMENTATION** qui correspond à une oxydation incomplète du glucose et peut se faire en absence de dioxygène (milieu **anaérobie**)

Les rendements de ces deux voies sont très différents : **36 ATP** sont régénérées par la respiration cellulaire et seulement **2 ATP** par la fermentation lactique pour une même quantité de glucose.

II. La respiration cellulaire, une voie métabolique aérobie TD exploitation docs

1) La glycolyse, une 1^{ère} étape dans le hyaloplasme bilan act 2 TP7

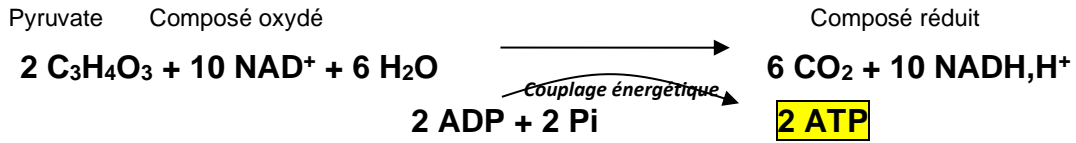
Le **glucose** contenu dans le milieu extracellulaire pénètre dans le **hyaloplasme** de la cellule. Il y subit une première étape d'oxydation partielle, la **glycolyse**, qui aboutit à la formation d'une molécule organique, le **pyruvate**. Cette oxydation s'accompagne de la production de composés réduits NADH , H^+ (NAD^+ est réduit en NADH , H^+ par 2 protons H^+ et 2 e- provenant du glucose).



La réaction d'oxydoréduction lors de la glycolyse libère de l'énergie qui est utilisée par **couplage énergétique** pour la synthèse de 2 molécules d'ATP par molécule de glucose oxydée.

2) Le cycle de Krebs, une 2^{ème} étape dans la matrice des mitochondries

Le pyruvate formé par la glycolyse entre dans la mitochondrie et subit une **série de réactions** qui constituent un cycle, le **cycle de Krebs** dans la **matrice de la mitochondrie**. Ces réactions s'accompagnent de la production de composés réduits et de synthèse d'ATP. Le pyruvate est **intégralement dégradé** : **du CO₂ est produit**, c'est le "déchet" rejeté lors de la respiration cellulaire.



3) L'oxydation des composés réduits, une 3^{ème} étape au niveau des crêtes de la membrane interne de la mitochondrie

Lors de la dernière étape de la respiration, les composés réduits (**NADH, H⁺**) produits lors des étapes précédentes sont utilisés pour produire de l'**ATP** : ils cèdent leurs électrons (oxydation) au niveau de la **chaîne respiratoire**. Cette chaîne localisée au niveau des **crêtes formées par les replis de la membrane interne de la mitochondrie** est constituée d'une série de molécules enchâssées dans la membrane et jouant le rôle de **transporteurs d'électrons**. Les électrons sont ainsi transportés dans la membrane interne de la mitochondrie jusqu'à un **accepteur final d'électrons** : l'**O₂** qui est alors **réduit et forme de l'eau**, autre déchet de la respiration.

Le transport des électrons le long de la chaîne respiratoire s'accompagne d'une expulsion de protons H⁺ de la matrice vers l'espace intermembranaire formant un gradient de part et d'autre de la membrane interne. Ce gradient fournit une énergie activant les **ATP synthases** de la membrane interne, permettant la **formation d'ATP**. 32 molécules d'ATP sont produites pour l'oxydation de 12 NADH, H⁺.



Au final 36 molécules d'ATP sont formées pour une molécule de glucose oxydée au cours des 3 étapes de la respiration. L'équation finale de la respiration est donc :

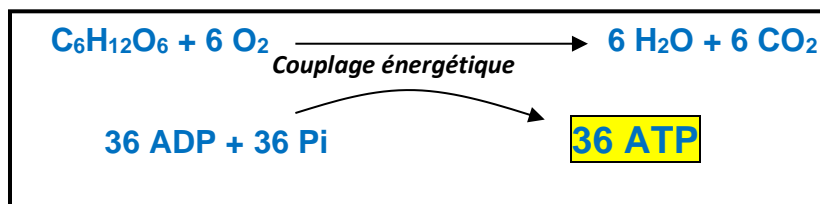
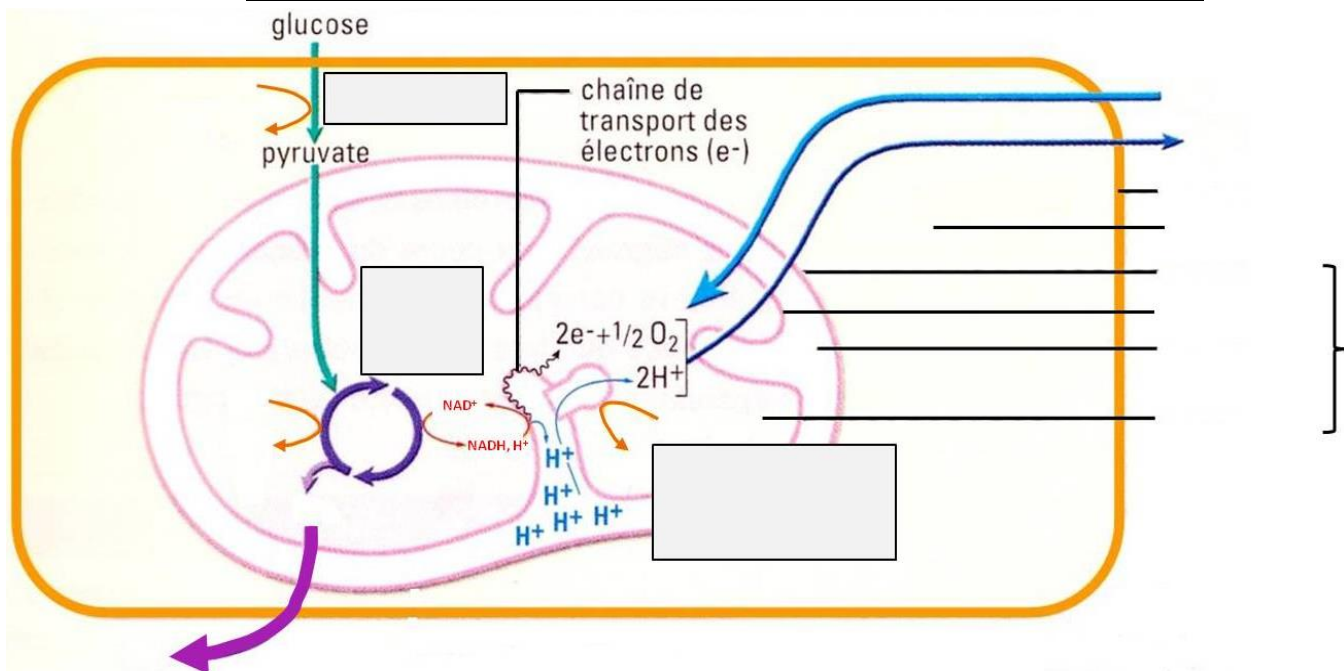


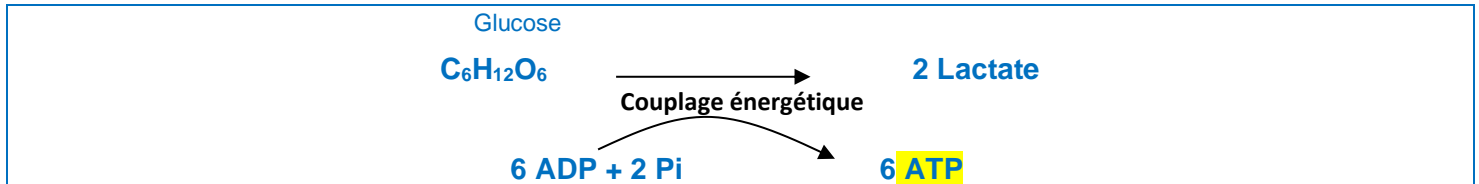
Schéma fonctionnel du déroulement de la respiration cellulaire



III. La fermentation lactique, une voie métabolique anaérobie

La **fermentation lactique** peut également être réalisée non par les fibres musculaires. Cette voie métabolique a lieu dans le **hyaloplasme** et permet la réoxydation de NADH,H⁺ en l'**absence de dioxygène (conditions anaérobies)**, par la réduction de pyruvate en lactate. Contrairement à la respiration cellulaire, la fermentation lactique est une **dégradation partielle** du glucose, le lactate formé est une molécule organique qui n'est pas totalement oxydée.

La fermentation lactique produit de l'ATP, grâce à la glycolyse (qui est ici aussi la première étape de la voie métabolique), plus **rapidement** que la respiration, elle permet de soutenir des **efforts plus intenses et brefs**, mais elle ne produit que 2 ATP par molécule de glucose, son **rendement est plus faible**.



C'est l'équipement enzymatique présent dans les cellules qui sera responsable de telle ou telle fermentation.

Selon l'intensité et la durée de l'exercice, la fermentation lactique puis la respiration prennent le relais : le muscle adapte donc son métabolisme au type d'effort.

IV. Adaptabilité du muscle strié squelettique aux pratiques sportives

Deux types de fibres musculaires existent au sein du muscle strié squelettique :

- des **fibres de types I** (ou fibres lentes, ou fibres rouges) essentiellement sollicitées lors d'**exercices d'endurance**. Elles sont riches en mitochondrie et leur principale voie de régénération de l'ATP est la **respiration cellulaire**.
- des **fibres de type II** (ou fibres rapides, ou fibres blanches) sollicitées lors d'exercices intenses et de courte durée. Elles sont pauvres en mitochondrie et leur principale voie de régénération de l'ATP est la **fermentation lactique**.

L'**entraînement physique** peut modifier la proportion de ces deux types de fibres au sein des muscles d'un individu et ainsi améliorer sa performance.

Certains sportifs ont recours au **dopage** afin d'améliorer leurs performances. Les produits dopants tels que les stéroïdes anabolisants sont des substances exogènes qui peuvent intervenir sur le métabolisme ou la structure des cellules musculaires, avec des effets secondaires qui peuvent être graves pour la santé (lésions musculaires, cancers, stérilité, masculinisation du corps...).

L'usage de produits dopants est interdit.

L'énergie est apportée sous forme de molécules d'ATP à toutes les cellules. Il n'y a pas de stockage de l'ATP, cette molécule est produite par les cellules à partir de matière organique, notamment le glucose.

L'oxydation du glucose comprend la glycolyse (dans le cytoplasme) puis le cycle de Krebs (dans la mitochondrie) : dans leur ensemble, ces réactions produisent du CO₂ et des composés réduits NADH, H⁺. La chaîne respiratoire mitochondriale permet la réoxydation des composés réduits, par la réduction de dioxygène en eau. Ces réactions conduisent à la production d'ATP qui permet les activités cellulaires.

Il existe une autre voie métabolique dans les cellules musculaires, qui ne nécessite pas d'oxygène et produit beaucoup moins d'ATP.

Les métabolismes anaérobie ou aérobie dépendent du type d'effort à fournir.

Des substances exogènes peuvent intervenir sur la masse ou le métabolisme musculaire, avec des effets parfois graves sur la santé.

