

II/ Les processus métaboliques à l'origine de l'ATP.

L'ATP (= **adénosine triphosphate**) est une petite molécule constituée d'une adénosine sur laquelle sont fixés trois groupements phosphates.

L'ATP peut se transformer en **ADP** (= **adénosine diphosphate**) par l'**hydrolyse** d'un groupement phosphate. Une telle hydrolyse permet la **libération d'énergie**.

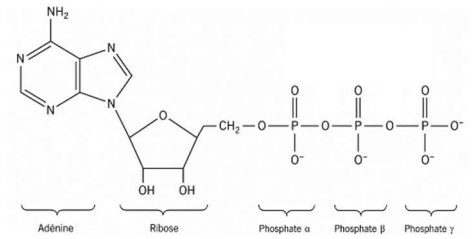


Ainsi, par **couplage énergétique**, l'hydrolyse de l'ATP peut permettre la réalisation de réactions chimiques en leur apportant l'énergie nécessaire.

L'ATP est utilisée dans un grand nombre de réactions chimiques et est ainsi nécessaire à la vie cellulaire.

Par exemple, pour se contracter les muscles nécessitent la consommation de grandes quantités d'ATP.

De plus, l'ATP **ne peut pas être stockée** au sein de l'organisme. Il y a donc en permanence dans nos cellules des mécanismes métaboliques permettant la **synthèse** constante d'ATP.



A) Deux processus métaboliques permettant la création d'ATP.

Il existe principalement deux processus permettant la création d'ATP : la **respiration cellulaire** et la **fermentation**. Ces deux processus utilisent l'énergie contenue dans de la **matière organique** pour former de l'ATP.

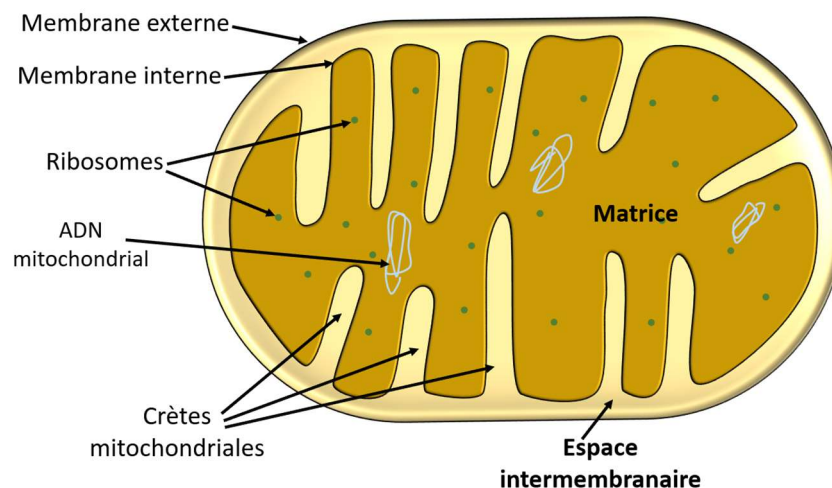
1) La respiration cellulaire.

La majorité des cellules eucaryotes (y compris les cellules chlorophylliennes) respirent. La respiration cellulaire est un **ensemble de réactions chimiques** qui permet l'oxydation totale du **glucose** ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) par le **dioxygène** (O_2). La respiration cellulaire produit de l'**eau** (H_2O) et du **dioxyde de carbone** (CO_2). Ce mécanisme va permettre la création d'**énergie chimique** exploitable par la cellule sous forme de grandes quantités d'**ATP** (36 ATP par molécule de glucose consommée).



Les réactions impliquées dans la respiration cellulaire se déroulent successivement dans le **cytoplasme** des cellules et dans les **mitochondries**.

Les mitochondries sont des organites cellulaires de petites tailles et sont spécialisées dans la réalisation de la respiration cellulaire.



Structure d'une mitochondrie

2) La fermentation

La **fermentation**, comme la respiration, est un mécanisme qui permet la **synthèse d'ATP** (donc la création d'énergie utilisable pour la cellule) à partir de l'oxydation du **glucose**.

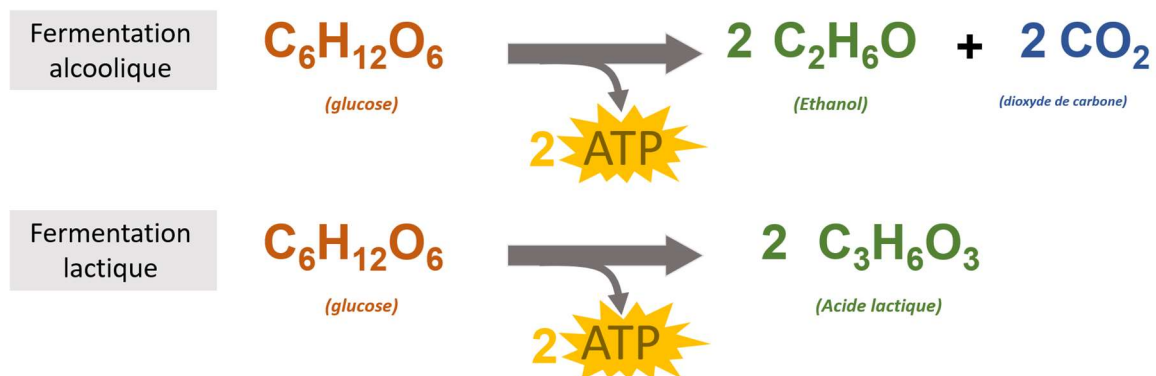
Contrairement à la respiration, la fermentation **ne nécessite pas de dioxygène** pour se réaliser. Elle est donc particulièrement utilisée dans des milieux dépourvus de O_2 (conditions anaérobies).

En l'absence de O_2 , l'oxydation du glucose est **incomplète** : la quantité d'ATP produite est donc **très inférieure** à la respiration cellulaire (seulement 2 ATP par molécule de glucose consommée).

Il existe deux types de fermentation :

-La **fermentation alcoolique**, qui entraîne la synthèse d'**éthanol** (C_2H_6O) et de dioxyde de carbone (CO_2). Dans l'agroalimentaire, ce type de fermentation est utilisé pour faire du pain, du vin, ou encore de la bière ¹².

-La **fermentation lactique**, qui entraîne la synthèse d'**acide lactique** ($C_3H_6O_3$). Ce type de fermentation est utilisé pour faire des yaourts ou du fromage. L'organisme humain en fonctionnement utilise ce mécanisme en cas de manque de dioxygène.



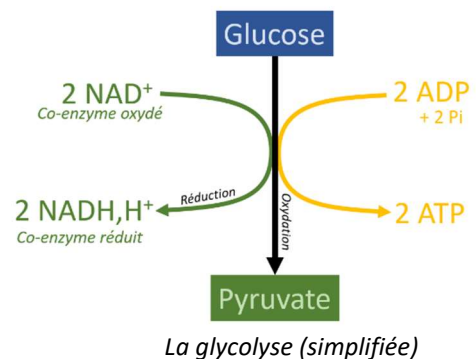
B) Détail des réactions métaboliques en jeu.

La respiration et la fermentation mettent en jeu plusieurs réactions chimiques couplées de façon complexe.

1) La glycolyse.

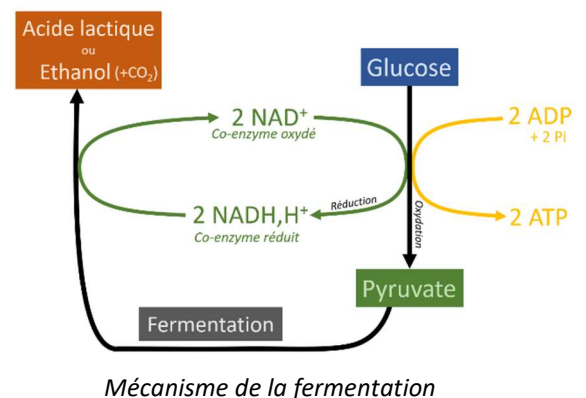
La **glycolyse** est une série de réaction chimique qui a lieu dans le **cytoplasme** de la cellule. Il s'agit de la première étape **commune** à la fermentation et à la respiration cellulaire.

La glycolyse est l'**oxydation** du **glucose** en **pyruvate** (= acide pyruvique). Elle s'accompagne de la production de **coenzymes réduites** $NADH, H^+$ et de deux molécules d'**ATP** par molécule de glucose oxydé.



-Dans le cas de la **respiration cellulaire**, le pyruvate ainsi formé va pénétrer dans la matrice de la mitochondrie en traversant l'enveloppe.

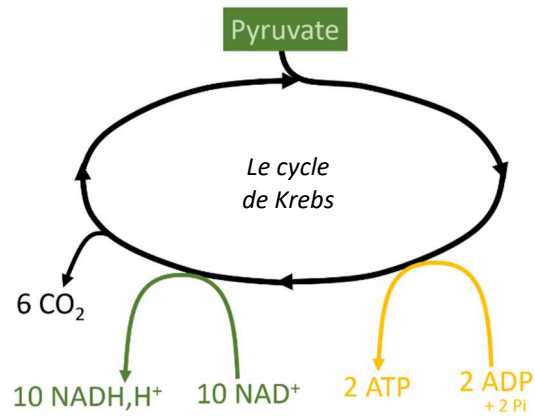
-Dans le cas de la fermentation, le pyruvate obtenu va ensuite être transformé en **acide lactique** ou en **éthanol** suivant le type de fermentation. Cette transformation permet de **régénérer le coenzyme oxydé** NAD^+ , et est responsable de la création de CO_2 (seulement pour la fermentation alcoolique).



2) Le cycle de Krebs.

Dans le cadre de la respiration cellulaire, le pyruvate ainsi transféré dans la matrice mitochondriale est transformé par une série cyclique de réactions chimiques appelée « **cycle de Krebs** ».

Ces réactions produisent du CO_2 , de l' ATP et du coenzyme réduit NADH, H^+ .



3) La chaîne respiratoire.

Un ensemble de molécules enchâssées dans la membrane interne des mitochondries constituent la « **chaîne respiratoire** ». Ces molécules assurent l'oxydation de NADH, H^+ en NAD^+ couplée à la réduction de l' O_2 en H_2O . Cette réaction d'oxydoréduction permet la formation d' ATP en grande quantité (32 ATP par molécule de glucose)

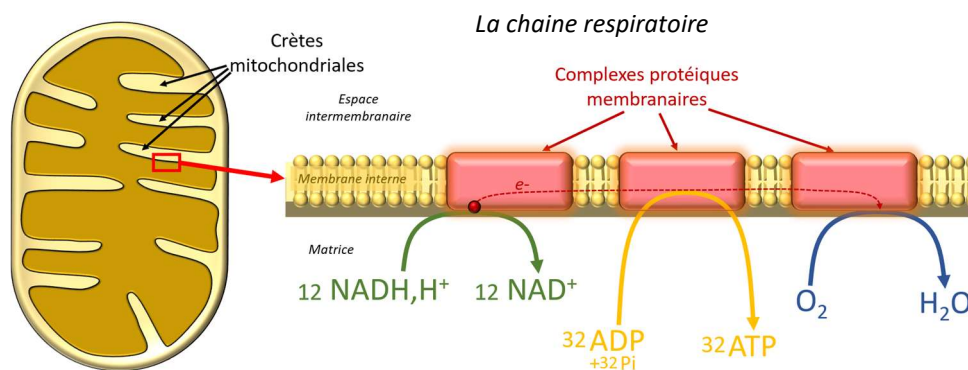
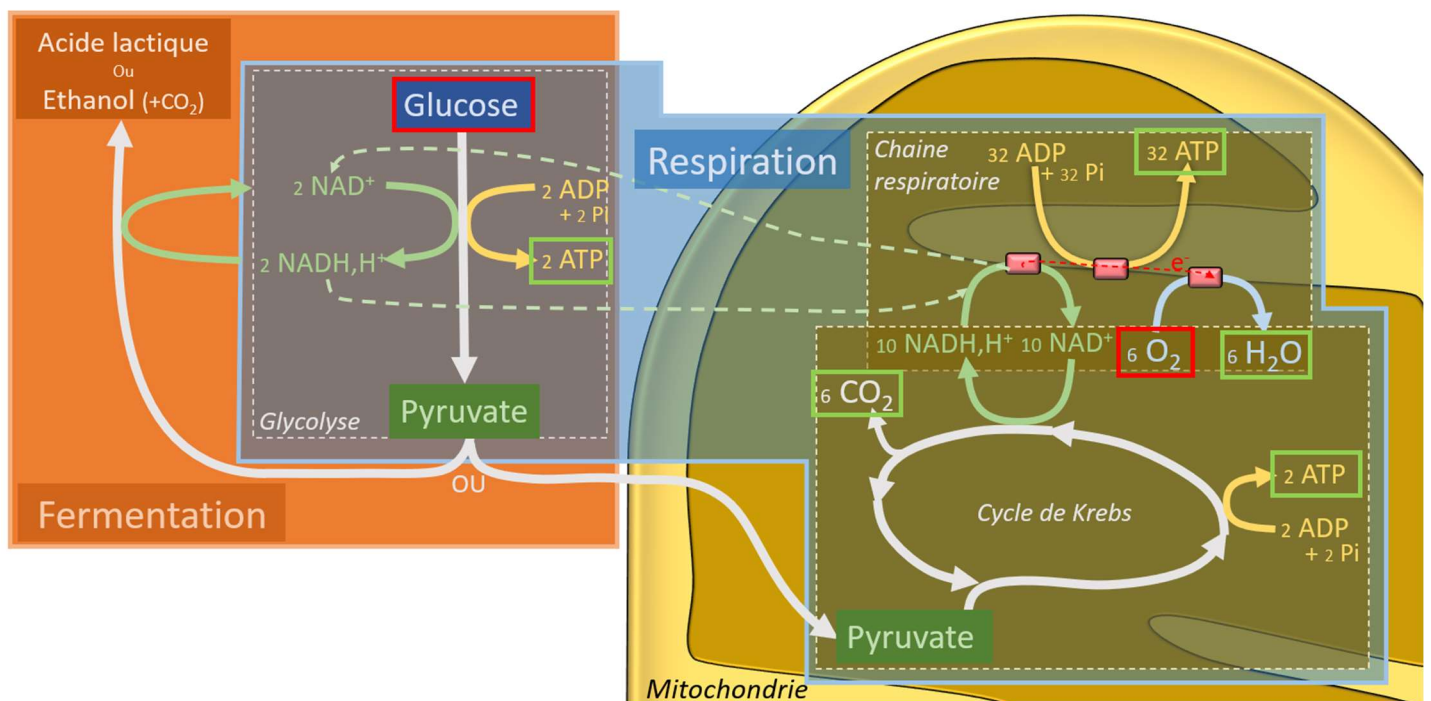


Schéma bilan :



C) Le métabolisme énergétique des fibres musculaires.

1) Les réactions métaboliques utilisées.

Les fibres musculaires utilisent trois mécanismes pour renouveler leur ATP.

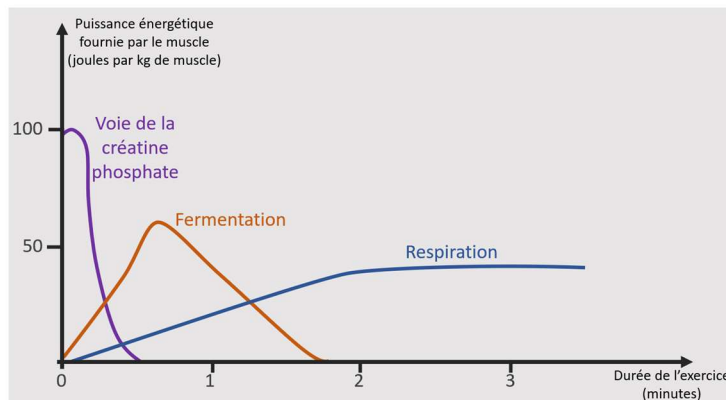
-La **respiration cellulaire** est utilisée en cas d'un effort **modéré** et **prolongé**. La respiration permet un **très bon rendement énergétique** avec la production de grandes quantités d'ATP par molécule de glucose consommée. Ce processus peut perdurer pendant de **longues durées**, mais est limité par l'apport de dioxygène, lui-même tributaire de l'apport par les vaisseaux sanguins.

Ainsi, en cas d'effort important, le O₂ peut vite devenir limitant, et la respiration cellulaire sera alors insuffisante.

-La **fermentation lactique** est utilisée pour les efforts **brusques** et **courts**, lorsque le O₂ fourni est limitant. La fermentation permet la production rapide d'ATP, mais ne peut se prolonger trop longtemps car elle entraîne la production d'**acide lactique** qui peut être toxique en acidifiant le pH musculaire. De plus la fermentation a un **rendement très inférieur** à la respiration, ce qui signifie qu'elle consommera davantage de glucose par molécule d'ATP produit.

Ainsi, la fermentation ne peut servir que pour des **efforts courts**, sous peine d'**épuisement** des muscles impliqués.

-La **voie de la créatine phosphate** permet de mobiliser de l'énergie stockée par le muscle. Le muscle possède en effet de la créatine qui peut être complexée à un groupement phosphate grâce à l'hydrolyse d'ATP. La créatine phosphate obtenue peut ensuite être mobilisée pour la production d'ATP en cas de besoin. Cette voie métabolique permet de produire très rapidement de l'énergie, mais elle est limitée par le stock de créatine phosphate disponible dans le muscle.



2) Deux types de fibres musculaires.

Il existe deux types de fibres musculaires :

-Les **fibres de type I** (ou **fibres rouges**) sont spécialisées dans la réalisation d'un **effort prolongé** et **modéré** : Elles sont **peu puissantes** mais également **peu fatigables**.

Les fibres I sont plutôt **fines** et de **couleur rouge**, et elles renouvellent leur ATP principalement par **respiration cellulaire**. Elles présentent des caractéristiques qui leur permettent de réaliser la respiration de manière optimale : présence de **nombreuses mitochondries**, **forte irrigation sanguine** permettant un bon approvisionnement en O₂, présence de **myoglobine** (une molécule permettant de fixer le O₂).

-Les **fibres de type II** (ou **fibres blanches**) sont spécialisées dans la réalisation d'un **effort bref** mais **intense** : Elles sont **très puissantes** mais également **fatigables**.

Les fibres II sont plutôt **épaisses** et de **couleur claire**, et elles renouvellent leur ATP principalement par **fermentation lactique**. Elles sont peu adaptées au métabolisme respiratoire : peu de mitochondries, faible irrigation sanguine, faible quantité de myoglobine.

La proportion de ces deux types de fibres dans les muscles **dépend des individus**.

La pratique de **sports d'endurance** (course à pied, marche, vélo, ski de fond, ...) a tendance à favoriser le développement des **fibres rouges**, tandis que la pratique de **sports « explosifs »** (gymnastique, haltérophilie, sprint, ...) favorise le développement des **fibres blanches**.