

D. Bioénergétique

I. Définition

La bioénergétique est la partie de la biochimie qui étudier la conversion de l'énergie dans les êtres vivants. C'est l'étude de changement de l'énergie associé aux fonctionnements des organismes vivants. Ces derniers ont besoin synthétiser la matière organique pour vivre, cela demande l'énergie.

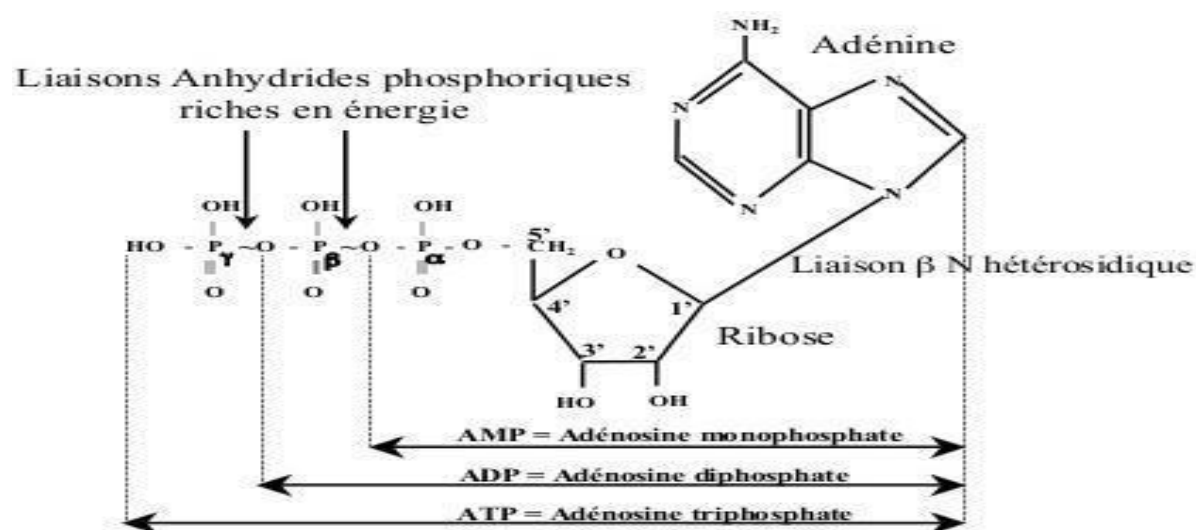
II. Les formes d'énergie

L'énergie existe dans les cellules sous deux formes

- a. Energie cinétique
 - Energie thermique
 - Energie radiante
 - Energie électrique
- b. Energie potentielle
 - Energie osmotique
 - Energie chimique

ATP ou adénosine triphosphate

C'est la principale source de l'énergie de la cellule. L'ATP est la molécule clé de l'énergétique cellulaire ; les êtres vivants tirent leur énergie de l'oxydation des nutriments. Cependant l'énergie libérée lors de cette oxydation n'est pas directement utilisable par la cellule. Elle est captée par un intermédiaire dans la majorité des cas, se révèle l'ATP.



L'ATP joue un rôle central dans la cellule :

- Apporte l'énergie nécessaire aux réactions endergoniques (synthèse des lipides, glycogène....).
- Donneur de groupement phosphate et l'énergie nécessaire à la phosphorylation

III. Réaction d'oxydoréduction

L'énergie chimique peut être conservée sous forme d'électrons à haut potentiel énergétique contenus dans les molécules énergétiques.

Une oxydation est une réaction chimique durant laquelle une molécule (un réducteur) perd un ou plusieurs électrons ou d'hydrogène(s). Une réduction est une réaction chimique durant laquelle une molécule (un oxydant) capte un ou plusieurs électrons ou d'hydrogène(s).

Les réactions d'oxydation et de réduction sont le plus souvent couplées en une réaction dite d'oxydo-réduction au cours de laquelle il y a transfert d'électrons. Les électrons perdus par la molécule oxydée sont captés par la molécule réduite.

Oxydation	Réduction
- Gain d'oxygène	- Perte d'oxygène
- Perte d'hydrogène	- Gain d'hydrogène
- Perte d'électrons	- Gain d'électrons

IV. La chaîne respiratoire et la phosphorylation oxydative

Une grande partie de l'énergie produite dans les voies cataboliques des glucides, des lipides et des protéines se retrouve contenue dans le NADH et le FADH₂ ; elle doit être convertie en ATP (énergie rapidement utilisable) qui est produit dans les mitochondries à partir de la chaîne respiratoire mitochondriale et la phosphorylation oxydative : les coenzymes réduits mitochondriaux (NADH et FADH₂) cèdent leurs deux électrons à un système de transporteurs qui, par une cascade de réactions d'oxydoréduction amène ces électrons jusqu'à l'accepteur final, l'oxygène moléculaire (Figure 2). Cependant, au cours de ce transfert électronique, il y a formation d'un gradient de protons de part et d'autre de cette membrane, ce qui permet la synthèse d'ATP lors d'une réaction catalysée par l'ATP synthase mitochondriale. La respiration et la phosphorylation de l'ADP sont donc couplées via ce gradient de protons.

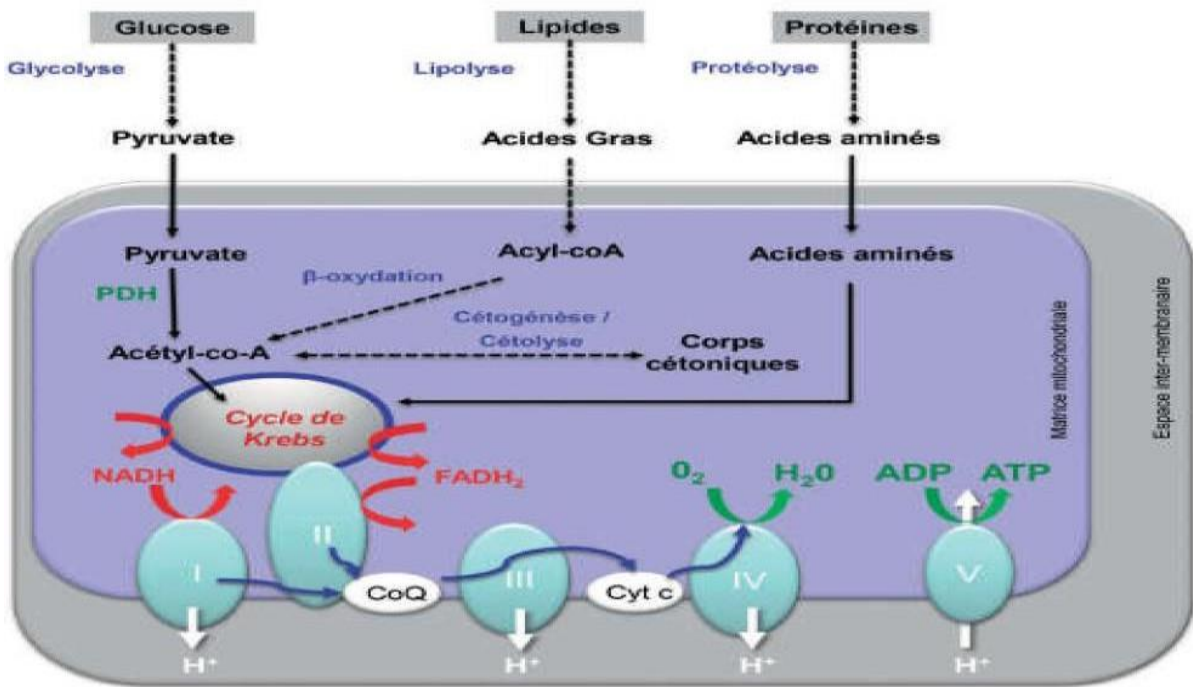


Figure III. 2. Le métabolisme énergétique mitochondrial.

La chaîne respiratoire est une chaîne de transport d'électrons réalisant l'oxydation (perd un ou plusieurs électrons ou d'hydrogène) des coenzymes réduites issues de la dégradation de composés organiques ou minéraux. Cette chaîne de transport d'électrons est constituée de quatre complexes protéiques.

- **Les transporteurs d'électrons**

Tout au long de la chaîne respiratoire les électrons provenant du NADH et du FADH₂, vont perdre de l'énergie qui sera utilisée pour former le gradient électrochimique de proton entre l'espace intermembranaire et la matrice mitochondriale. Les électrons riches en énergie ainsi récupérés seront transportés successivement via les différents complexes (Figure 3) :

- **Le complexe I** a une action NADH coenzyme Q réductase, récupérant les électrons du NADH et permet le transport de protons de la matrice mitochondriale à l'espace intermembranaire.
- **Le complexe II** a une action Succinate coenzyme Q réductase, récupérant les électrons du FADH₂ et permet le transport d'aucun proton.

- **Le complexe III** a une action Coenzyme Q cytochrome C réductase, et permet le transport de protons de la matrice mitochondriale à l'espace inter-membranaire.
- **Le complexe IV** a une action Cytochrome C oxydase, et permet le transport de protons de la matrice mitochondriale à l'espace inter-membranaire.

Le coenzyme Q (ou ubiquinone) et le cytochrome C sont des molécules transporteurs d'électrons de la chaîne respiratoire. Le coenzyme Q permet la transition entre le complexe I ou II et le complexe III. Il est intéressant de préciser que le coenzyme Q accepte également les électrons provenant du cytosol. Le cytochrome C permet la transition entre le complexe III et le complexe IV.

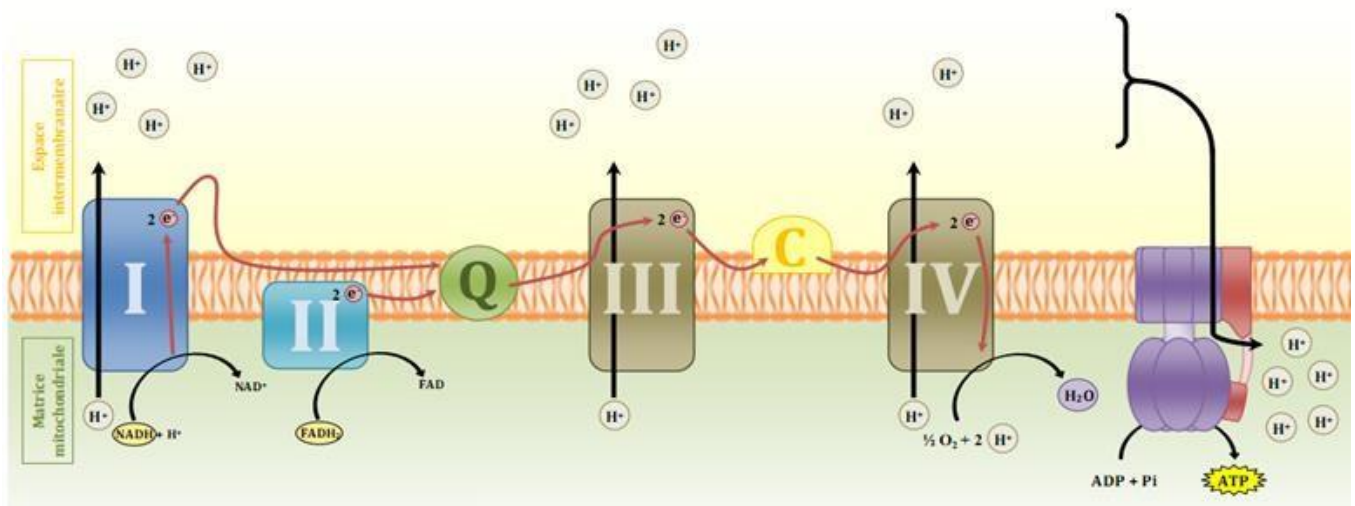


Figure III. 3. Mécanismes de la chaîne respiratoire et de la synthèse d'ATP par phosphorylation oxydative.

Les électrons de basses énergies libérés à la fin de la chaîne respiratoire réagiront ainsi avec les molécules d'oxygène et les protons présents dans la matrice mitochondriale afin de former des molécules d'eau.

- **L'ATP synthase**

L'accumulation de charge positive dans la surface externe de la membrane et charge négative dans la matrice génère un gradient électrochimique. Ce gradient électrochimique est en soit un potentiel énergétique très important qui sera utilisé pour faire fonctionner la pompe ATP synthase (Figure 4).

Le retour des protons dans la matrice se produit au niveau de passages spécifiques constitués par l'ATP synthétase. Elle est constituée d'une sous-unité F₀ intra-membranaire qui joue de rôle de canal protonique, d'une sous-unité F₁ baignant dans la matrice mitochondriale et qui possède une activité ATP-synthétase, et d'une partie statique stabilisant la structure. De cette manière le gradient de proton formé de part et d'autre la membrane interne de la mitochondrie permet la synthèse d'ATP à partir d'ADP + P_i qui sera libéré dans la matrice mitochondriale.

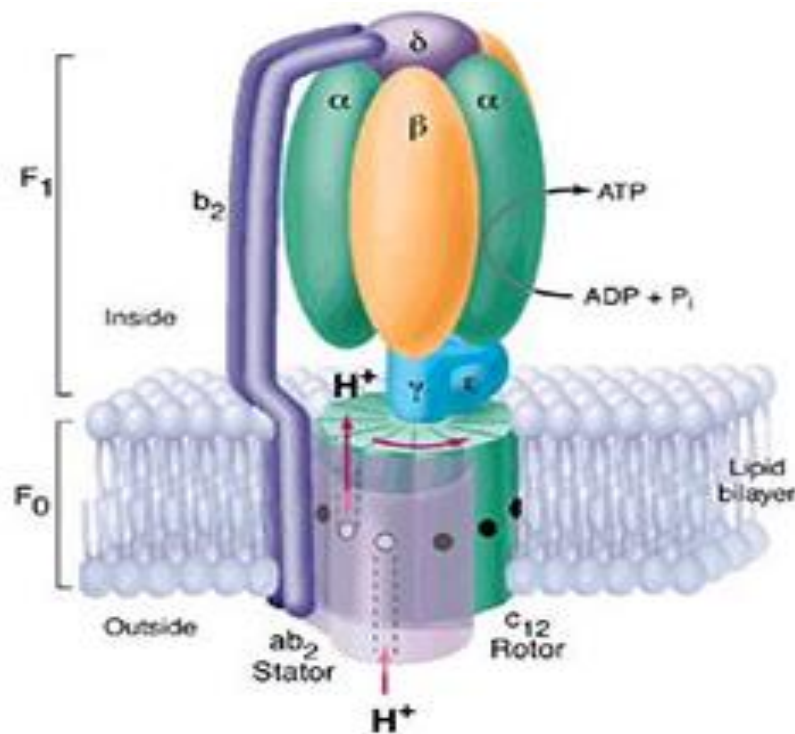


Figure III. 3. ATP synthase.

- **Bilan de la chaîne respiratoire**

