

Prix Nobel de chimie 1997

par Alfred MATHIS

Lycée Jean Rostand

18, boulevard de la Victoire - 67000 Strasbourg

RÉSUMÉ

En 1997 le prix Nobel de chimie a été décerné à des biochimistes : Paul BOYER, John WALKER et Jens SKOU pour leurs travaux sur les échanges énergétiques au niveau des cellules. Par ce choix l'Institut Karolinska de l'Académie Royale de Suède honore trois vétérans dont les découvertes font parties, depuis des décennies, de l'enseignement.

1. GÉNÉRALITÉS

Pour satisfaire les besoins énergétiques au niveau cellulaire la nature utilise un principe simple mais très efficace.

Elle utilise l'énergie libérée par la photosynthèse ou lors de la dégradation des aliments (catabolisme), pour, en présence de l'enzyme ATP synthase, transformer l'Adénosine Diphosphate (ADP) en Adénosine Triphosphate (ATP) par réaction avec un groupement phosphate P (phosphorylation).

La molécule ATP, hautement énergétique, peut à nouveau céder de l'énergie pour les différents processus nécessaires à la vie.

On a calculé qu'un homme synthétise et dégrade, par jour, environ la moitié de sa masse en ATP. Pour un coureur de marathon cette masse peut même atteindre une tonne [1].

C'est Peter MITCHELL (Grande-Bretagne) qui reconnut en premier le lien entre la synthèse de l'ATP et les réactions de catabolismes dans le corps. Il obtint pour cette découverte le prix Nobel de Chimie en 1978 pour sa contribution à l'explication du transfert de l'énergie biologique par la formulation de la théorie chimio-osmotique [2].

2. LES LAURÉATS

Les trois lauréats de l'année 1997 sont d'une part :

- Paul BOYER de l'University of California de Los Angeles,
 - John WALKER du British Medical Research Council,
- pour leurs travaux sur le fonctionnement de l'ATP synthase

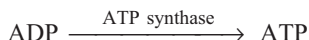
et d'autre part :

- le Danois Jens SKOU (Université de Arhus) pour l'élucidation du mécanisme de fonctionnement de l'ATPase lors de l'échange ionique Na^+/K^+ au niveau des membranes cellulaires.

3. ATP SYNTHASE

3.1. Fonctionnement

L'ATP synthase est l'enzyme permettant la réaction :



Fritz LIPMANN et Herman KALCKAR avaient, déjà en 1941, perçu le rôle central de l'ATP dans les échanges d'énergie des systèmes biologiques [3]. Mais c'est Paul BOYER qui reconnut l'importance de l'enzyme (catalyseur) ATP synthase dans les mécanismes énergétiques.

La figure 1 donne la formule de l'Adénosine Triphosphate (ATP).

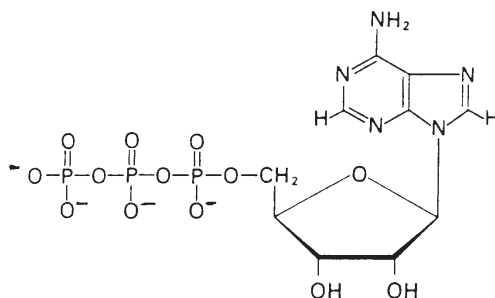


Figure 1 : Structure de l'Adénosine Triphosphate (l'adénosine est l'adénine liée au ribose).

La figure 2 donne un schéma très simplifié des échanges énergétiques utilisant le système ADP/ATP.

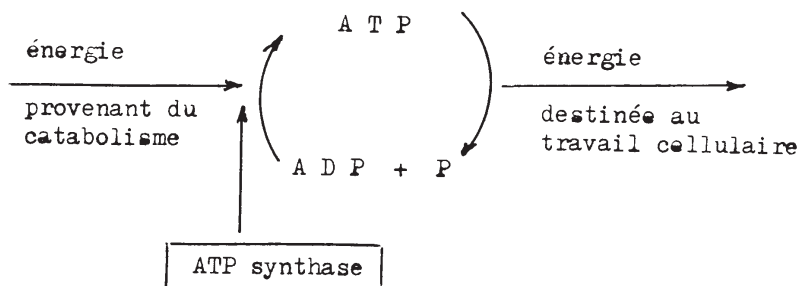


Figure 2 : Cycle ATP/ADP - Le cycle ATP/ADP est le mode fondamental d'échange énergétique dans les systèmes biologiques.

Le cycle de l'ATP sert donc de distributeur d'énergie entre les voies cataboliques et anaboliques [4].

3.2. Structure de l'ATP synthase

C'est John WALKER qui détermina la structure de l'ATP synthase dans les années 80.

L'enzyme est constitué d'au moins vingt-cinq protéines et on peut la représenter par le schéma de la figure 3.

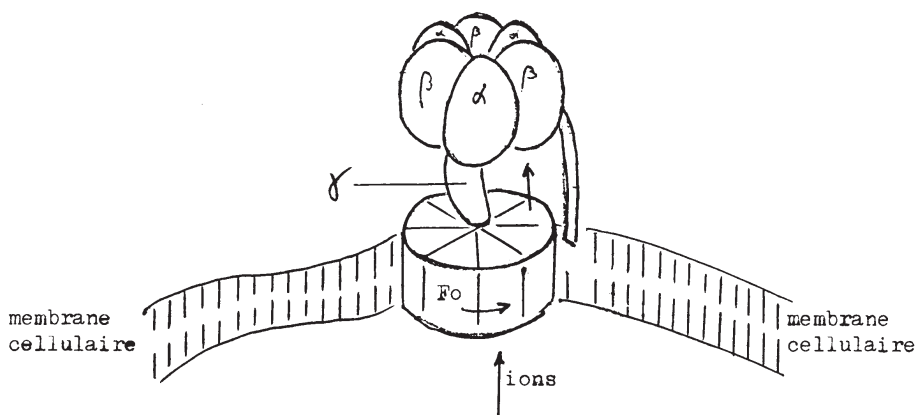


Figure 3 : Structure de l'ATP synthase.

Lors d'un transfert d'ions à travers la partie Fo de l'enzyme, on observe la rotation de cette partie Fo, ce qui provoque différents contacts entre la sous-structure γ (gamma) et la tête du catalyseur.

Ce mode de fonctionnement d'un catalyseur biochimique va à l'encontre de tous les modes de fonctionnement actuellement connus [1].

M. YOSHIDA, au Japon, a mis au point une expérience permettant la visualisation de la rotation de la sous-structure γ au microscope. Sur Internet on peut visualiser cette expérimentation (<http://www.res.titech.ac.jp>).

Le mécanisme même de la rotation de la sous-structure Fo n'est pas encore connu. Des équipes aux États-Unis, en Grande-Bretagne, en Allemagne, au Japon et en Suisse travaillent cette question.

4. LA Na^+/K^+ ATPase

Il y a plus de quarante ans, Jens SKOU cherchait à comprendre le mécanisme de transfert ionique à travers les membranes cellulaires.

Au cours de ces échanges, des ions Na^+ passent à l'extérieur tandis que des ions K^+ pénètrent à l'intérieur grâce aux pompes ioniques qui régulent ces échanges. La figure 4 représente ces échanges.

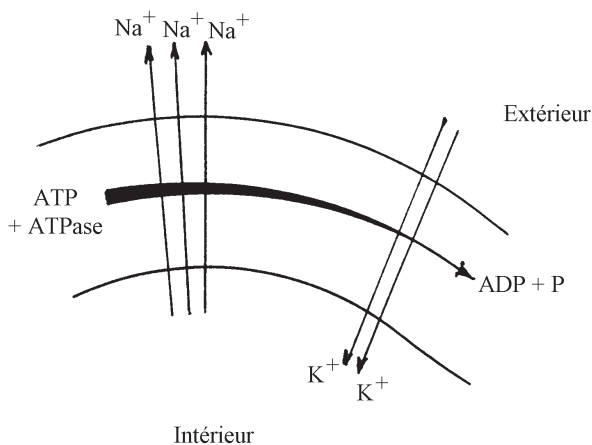


Figure 4 : L'enzyme ATPase ne fonctionne qu'en présence d'ions Na^+ et K^+ .

La Na^+/K^+ ATPase fait donc pratiquement l'inverse du processus de synthèse décrit au paragraphe 3. Il y a hydrolyse de la molécule ATP et une partie de l'énergie libérée par cette réaction est utilisée pour le transfert [5], [6], [7].

A part les pompes à Na^+/K^+ il existe d'autres pompes ioniques, par exemple à Ca^{2+} pour l'édification des os et K^+/H^+ pour la production du suc gastrique.

La condition de fonctionnement de toutes les pompes ioniques est cependant la présence de l'ATPase.

5. CONCLUSION : QUELLE EXPLOITATION PÉDAGOGIQUE ?

La question de l'échange énergétique au niveau cellulaire est excellente pour un travail interdisciplinaire entre la chimie et la biochimie. La thermodynamique, la chimie organique, la chimie structurale et la cinétique chimique trouve dans cette question des applications variées.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Chemie in unserer Zeit 31/6 313 (1997)
Nobelpreise 1997 Peter DIMROTH (Zurich).
- [2] Isabelle LEVY : «*Le Dictionnaire des Prix Nobel*» - Éditions Josette Lyon.
- [3] Biochimie - p. 254
Lubert STRYER - Éditions Flammarion médecine sciences.
- [4] Biologie - CAMPBELL - Éditions de Boeck.
- [5] Chemie für Labor und Biotechnologie 48/12 - p. 531 (1997)
Nobelpreise Wolfgang ASCHE.
- [6] Biochimie Jacques KRUH - p. 45 - Éditions Hermann.
- [7] Chemie Österreich - Dez. 97 - p. 16.

On peut rajouter l'ouvrage «*L'énergie dans la cellule*» de Bruno ANSELME - Collection Sciences 128 - Éditions Nathan Université.

Des nouveautés...

BUP DOC

La base de données du BUP dont vous avez toujours rêvé...

20 ans de BUP

Nouveaux programmes du cycle central du collège
(1998)

Actes des Journées Informatique et Pédagogie des Sciences Physiques
(Montpellier - mars 1998)

Actes des Journées Lorraine 97

Journées Nationales de l'Union des Physiciens
(Metz - octobre 1997)

Des logiciels n° 12 - n° 13

Le serveur de l'Union des Physiciens

Adresse provisoire :

http://www2.cnam.fr/~haage/UDP_test/index.htm

Des rééditions...

***Les outils informatique d'investigation scientifique
dans l'enseignement des sciences physiques***
(UdP - INRP - Nantes - 1995)

***Données sur les principaux produits chimiques,
métaux et matériaux***
(UdP - ENS Cachan - Édition 1997)

Voir la rubrique «Publications» à la fin de ce numéro.