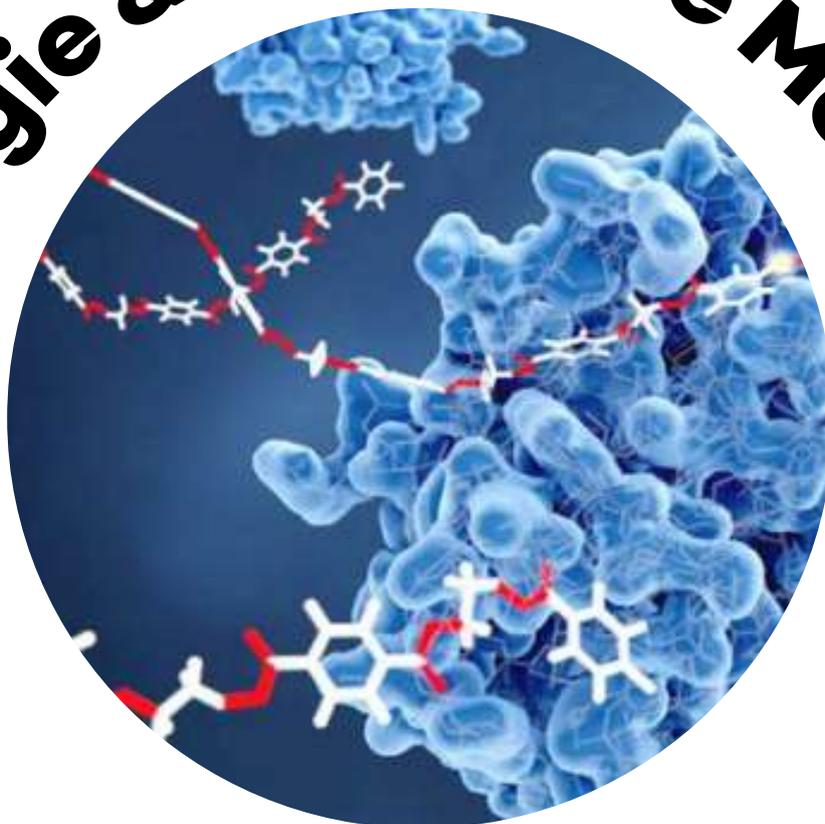


Enzymologie & Biochimie Métabolique



SCIENCES DE LA
VIE



Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



Etudier



Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



Emploi



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE

Cours 2 - Bioénergétique

Module : Enzymologie , Biochimie Métabolique

Sciences de la vie S4

Pr. Adnane LOUAIJRI
alouajri@uae.ac.ma

Bioénergétique et Métabolisme cellulaire

- **Rappel** : Bioénergétique étudie l'approvisionnement, l'utilisation et les transferts d'énergie dans les cellules vivantes
- Toutes les fonctions assurées par une cellule ont besoin d'énergie

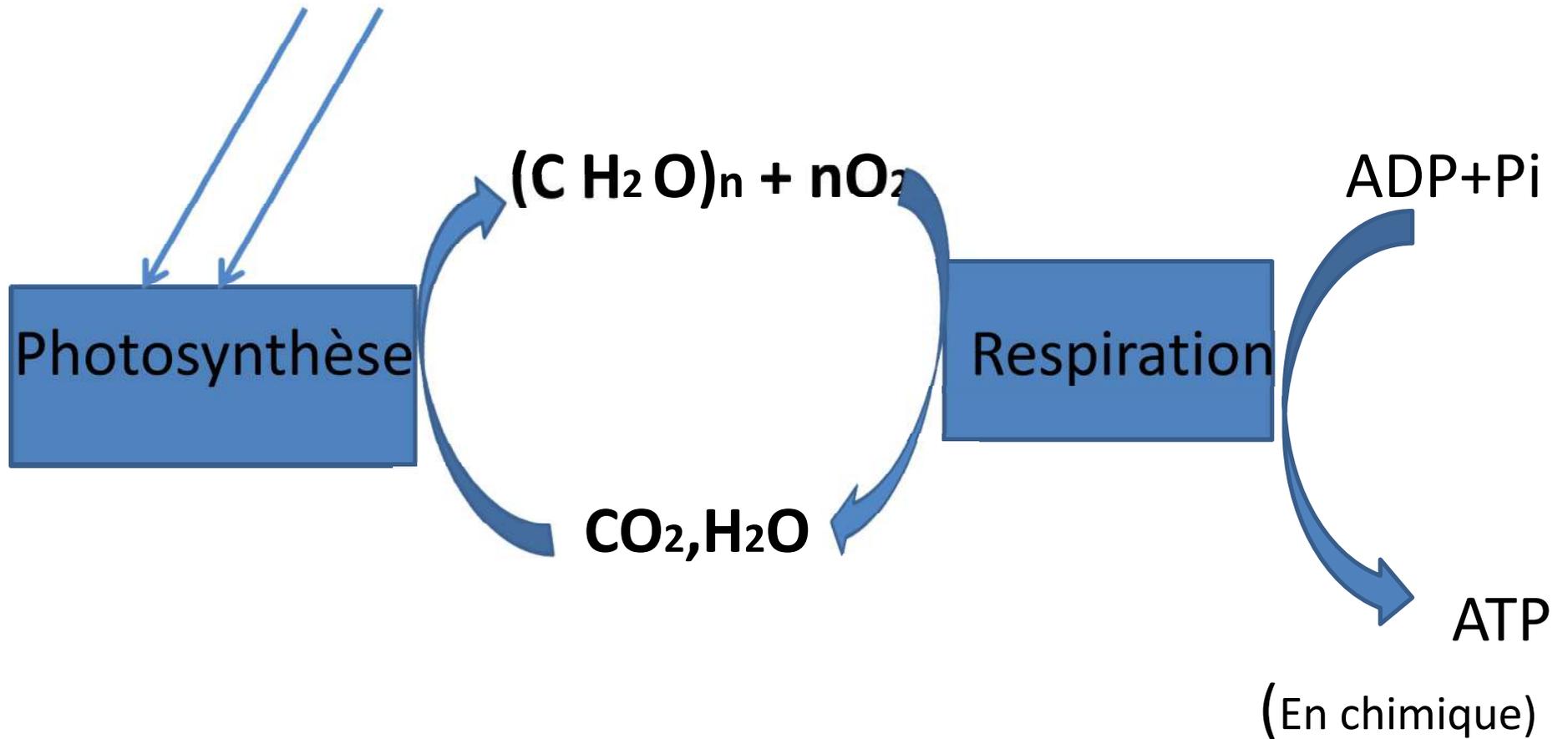
- **Utilisation d'énergie par la cellule :**
 - Production ou synthèse des molécules
 - Transport de molécules
 - Communications
 - Régulation thermique ou climatisation
 - Lyse

- **Sources d'énergie**

→ L' énergie lumineuse du soleil est indispensable pour le maintien de la vie sur la terre

→ Énergie lumineuse (Photons) est transformée en énergie chimique contenue dans des molécules organiques

- En lumineuse
($E=hc/\lambda$)



- Organismes autotrophes : capacité de capter l'énergie solaire et de l'utiliser pour la synthèse des composés alimentaires (nutriments)
- Les organismes heterotrophes : incapables d'élaborer leur propre matière organique. Ils assimilent l'En contenue dans des composés disponibles dans le milieu environnant.

- Les deux types d'organismes autotrophes et hétérotrophes métabolisent ces nutriments ou composés par oxydation (catabolisme) -----> libération d'énergie

Phototrophe: puise son énergie de la lumière solaire
Photosynthèse

Photo-lithotrophe

Convertit l'énergie lumineuse
exclusivement en milieu minéral
(Plantes vertes et certaines bactéries)

Photo-organotrophe

Convertit l'énergie lumineuse
en milieu organique
(Certaines bactéries)

Chimiotrophe
Assimile l'énergie des compés chimiques

Chimio-lithotrophe:

Bactéries autotrophes vivants en
milieu exclusivement minéral

Chimio-organotrophe

Utilise la matière organique du
milieu comme substrat
(règne animal , levures, champignons
et la plupart des bactéries)

Paratrophe

Parasite; exploite l'énergie fournie per d'autres organismes
(Les virus)

Métabolisme cellulaire

- Les réactions biochimiques sont organisées en séries de réactions séquentielles (voies métaboliques).
- Réactions catalysées par des enzymes.
- Voie : Précurseur ou substrat transformé en un ou plusieurs produits, en passant par des intermédiaires métaboliques (métabolites).

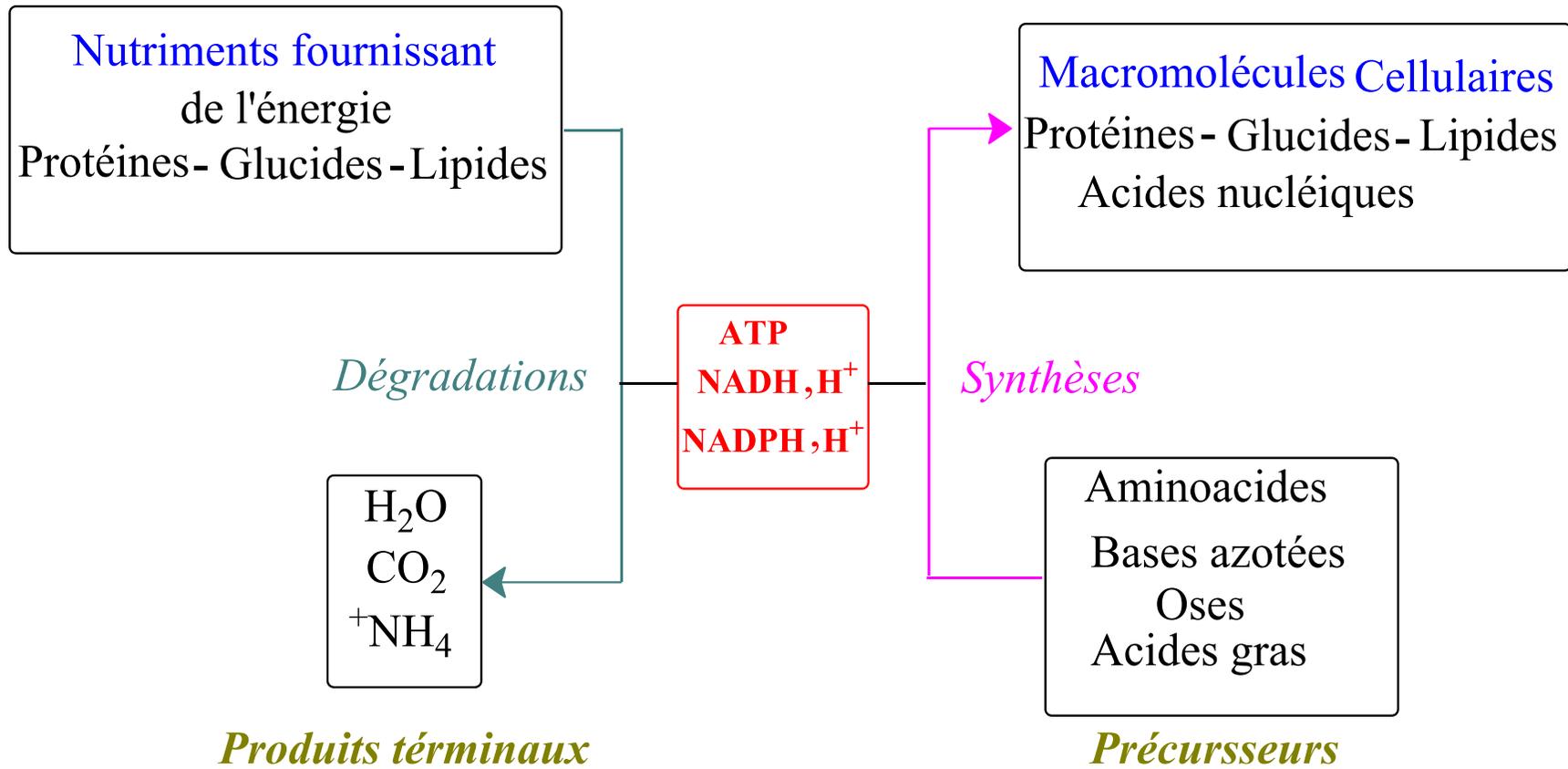
- Les réactions cataboliques fournissent l' En nécessaire aux réactions anaboliques (et autres fonctions) via des intermédiaires communs qui sont des composés enmagasinant de l'énergie chimique :

- Composés phosphorylés : Ex ATP

- Équivalents réducteurs :

NADH, H⁺, NADPH, H⁺ , FADH₂

- ATP : molécule énergétique principale qui sert de couplage entre les transformations endergoniques et exergoniques (couplage énergétique)
- NAD, NADP, FAD équivalents réducteurs et intermédiaires (oxydo-réduction)



Représentation du lien entre réactions de dégradation et de synthèse
(Organotrophe)

Liaison riche en énergie

- Le symbole \sim (Squiggle) désigne la liaison riche en énergie



- Hydrolyse de l'ATP



$$\Delta G^\circ = -7 \text{ à } -8 \text{ Kcal/mole}$$

- *Seuls les composés qui après hydrolyse libèrent au moins 5 Kcal/mole sont dits riches en énergie*

- **Remarques:**

Il existe des liaisons phosphates à ΔG° 3 Kcal/mole mais ne sont pas classées riche en énergie

- Liaison ester phosphate d'alcool:

glucose 6-P et glycérol 3-P

- D'autres sont énergétiques mais ne sont pas de type phosphate.

- Liaison thioester $\Delta G^\circ = -16$ Kcal/mole

- Liaisons pauvres en énergie:

- Liaison ester : $R-CO-OR'$ et $R-O-PO_3H_2$
 $\Delta G^\circ = -2$ à -4 Kcal/mole

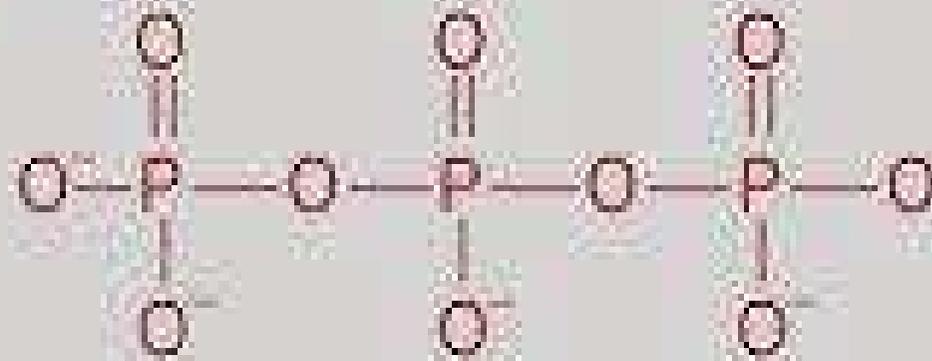
- Liaison osidique : $\Delta G^\circ = -4,8$ Kcal/mole

- Liaison peptidique : $\Delta G^\circ = -1$ à -3 Kcal/mole

- **Explication du caractère fortement exergonique de l'hydrolyse d'ATP**
 - *Répulsion électrostatique* : groupements phosphates chargés négativement dans l'ATP
 - *Structures en résonance* : ADP et Pi sont stabilisés par résonance-----> niveau énergétique moins élevé que l'ATP

Gamma
phosphate
group

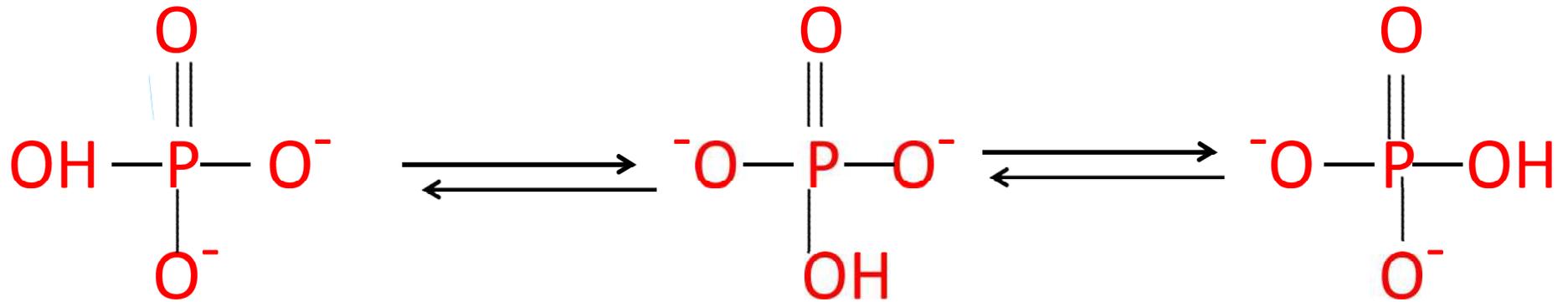
Alpha
phosphate
group



Beta
phosphate
group



Formes résonantes de Pi



- Intermédiaires métaboliques phosphorylés
Dans les voies métaboliques plusieurs composés phosphorylés

Du point de vue énergétique on les classe en fonction de la variation d'enthalpie libre standard lors du détachement par hydrolyse de leur groupement phosphate

Composé	ΔG° kJ/mol	Liaison
Phosphoénolpyruvate	- 61,9	Phosphoénol
3-phosphoglycérate	-49,3	Acylphosphate
Acylphosphate	-42,3	Acylphosphate
Créatine phosphate	- 43,1	Guanidylphosphate
Argininie phosphate	-32,2	Guanidylphosphate
ATP	-30,5	Anhydride d'acide phosphorique
Glucose-1-phosphate	-20,9	Phosphoester
Fructose-6-phosphate	- 15,9	Phosphoester
Glucose-6-phosphate	-13,8	Phosphoester
Glycérol phosphate	--9,2	Phosphoester

- Certains avec $\Delta G^{0'}$ inférieur à celle de l'hydrolyse d'ATP (PEP, Phosphoglycérate...) .Leur décomposition sert à la synthèse de l'ATP à partir d'ADP-----> Phosphorylation liée au substrat.
- D'autres avec des $\Delta G^{0'}$ supérieurs à celle d'ATP (glucose-1-P, Fructose-6-P....) En règle ils ont une liaison type phosphoester.

Couplage énergétique

Conversion chimio-chimique

- De nombreuses réactions du métabolisme sont endergoniques avec un $\Delta G > 0$
- Une réaction énergétiquement défavorable peut être favorisée par association ou couplage avec une réaction exergonique $\Delta G < 0$

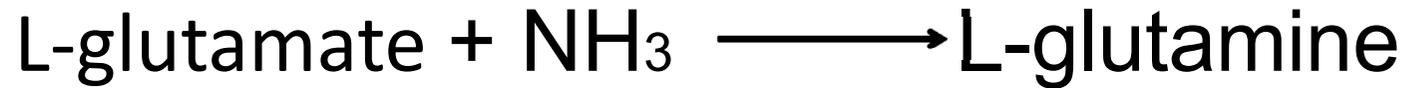
- Le couplage n'est possible que dans certaines conditions:
 - La somme des variations d'énergie libre doit être négative
 - Les deux réactions doivent posséder au moins un intermédiaire commun

- L'intermédiaire commun est une molécule dont la structure chimique lui confère une forte énergie libre de Gibbs
- La molécule universelle est l'ATP
- La cellule est donc capable d'utiliser l'énergie dégagée par hydrolyse d'ATP pour la réalisation des processus endergoniques comme la biosynthèse des molécules

- **Couplage énergétique**

<p>Réaction 1</p> <p>A  B</p>	<p>$\Delta G^{0'} \ll 0$</p>	<p>Réaction spontanée dans le sens de formation de B</p>
<p>Réaction 2</p> <p>C D</p>	<p>$\Delta G^{0'} > 0$</p>	<p>Réaction impossible dans le sens de formation de D</p>
<p>Réaction 1 et 2 couplées</p> <p>A+C  B+D</p>	<p>$\Delta G^{0'} < 0$</p>	<p>Réaction dans le sens de formation de D</p>

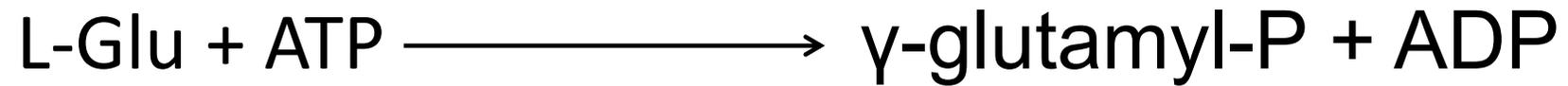
- Exemple : Synthèse glutamine



Les kinases ou phosphotransférases catalysent le transfert du groupement phosphoryl en γ ATP sur un autre groupe

- **Mécanisme:**

- Le groupement phosphoryl γ de l'ATP est transféré à un métabolite avec obtention d'un intermédiaire phosphorylé
- Intermédiaire plus instable et plus réactif subit une attaque par un nucléophile qui remplace facilement le phosphate
- Synthèse ainsi du produit final

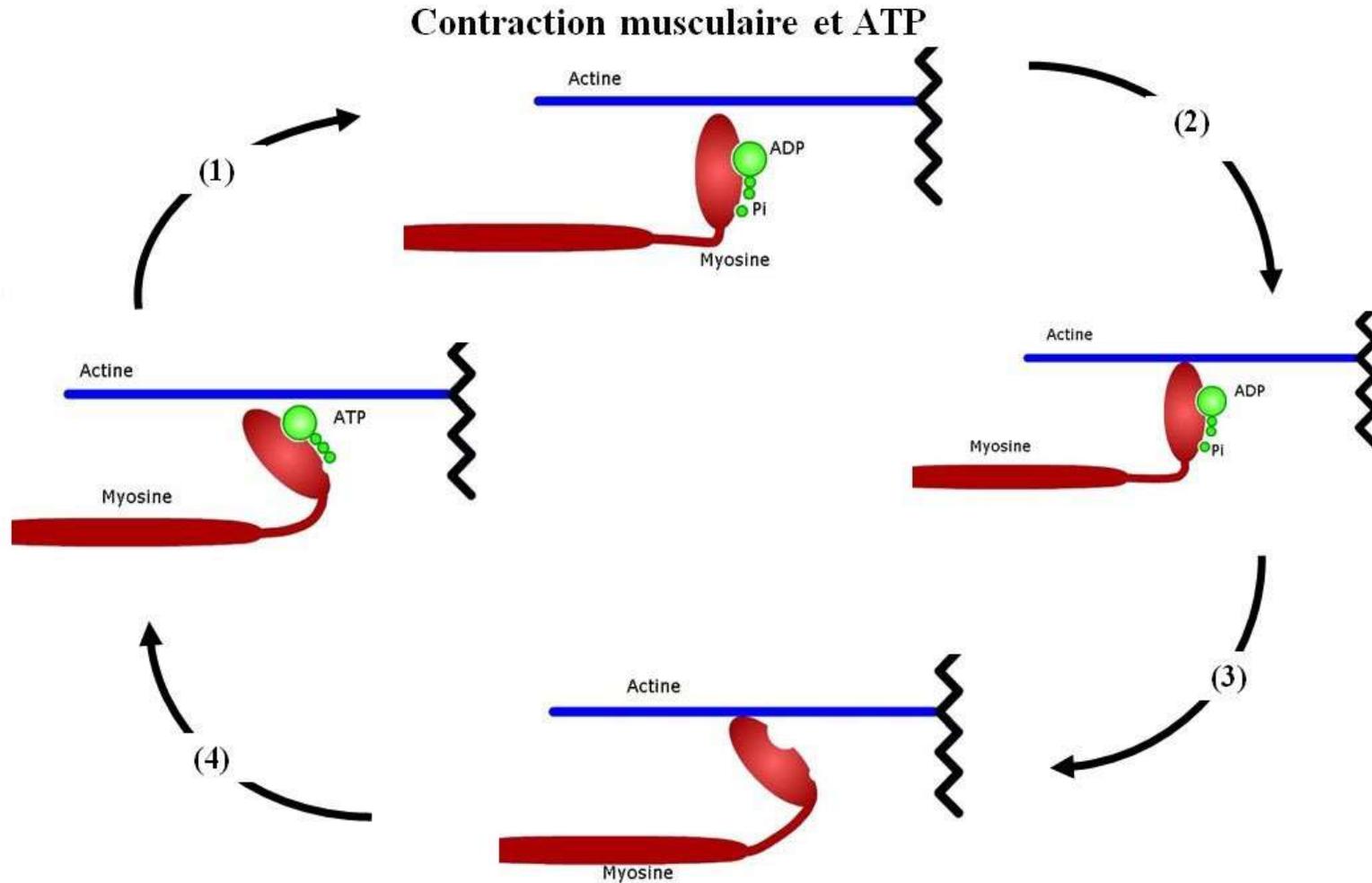


- **Conversion chimio-mécanique**

- L'énergie mise en jeu dans le processus exergonique est différente de celle du processus endergonique

- hydrolyse de l'ATP nécessaire pour le déclenchement de la contraction musculaire par action sur le fonctionnement du système actine-myosine

Conversion chimio mécanique



- **Conversion chimio-osmotique**

- Transport actif des substances à travers des membranes est un processus endergonique

- L'hydrolyse de l'ATP actionne des pompes

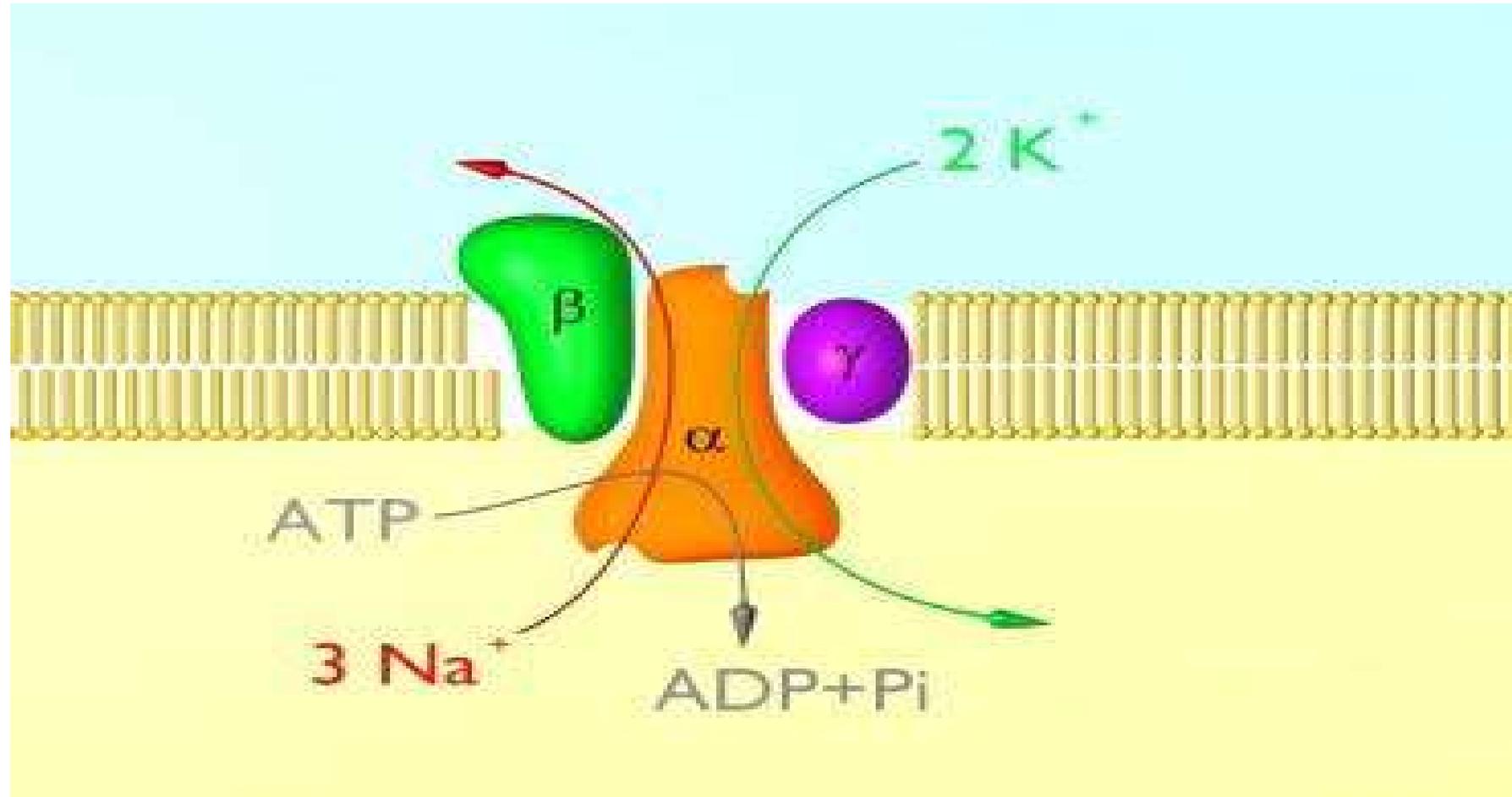
- Le transport actif concerne, pour une large part, les ions H^+ , Na^+ et Ca^{2+}

-

-

- Cas de transports actifs couplés à l'hydrolyse de l'ATP
 - Pompe à sodium Na^+ , K^+ ATPase (cellules nerveuses et globules rouges)
 - Pompe à calcium Ca^{2+} ATPase (réticulum sarcoplasmique)
 - Pompe à protons H^+ ATPase (muqueuse gastrique).

Pompe Na⁺,K⁺ ATPase



Bon courage



LIENS UTILES 🙌

Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

