

F1 / Notions théoriques fondamentales**F1_Activité 7_1_COURS : Notion de couplage énergétique**

Sources : Chimie, Biochimie, Sciences du Vivant T^{ale} STL, Ed° CNDP
 « Maxi Fiches de Biologie » par Daniel Richard, Patrick Chevalet, Nathalie Giraud, Fabienne Pradere, Thierry Soubaya, Ed° DUNOD
<https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9tabolisme>

- **METABOLISME :**

C'est l'ensemble des réactions chimiques couplées qui se produisent au sein de l'organisme.

Il permet de répondre aux 2 besoins essentiels des organismes vivants :

- synthétiser les molécules indispensables aux fonctions vitales (conservation de la matière) ;
- produire l'énergie nécessaire à la réalisation de ces fonctions vitales (conservation de l'énergie).

On appelle **CATABOLISME** : l'ensemble des réactions (voies) chimiques conduisant à la dégradation de substrats en molécules plus simples et à la production d'ATP.

Les réactions chimiques du catabolisme sont des réactions EXERGONIQUES.

On appelle **ANABOLISME** : l'ensemble des réactions (voies) chimiques conduisant à la synthèse de molécules constitutives de l'organisme à partir de molécules simples.

Les réactions chimiques de l'anabolisme sont des réactions ENDERGONIQUES.

Tableau résumé :

	CATABOLISME	ANABOLISME
Objectif	Production d'énergie par dégradation de molécules	Synthèse de molécules grâce à l'utilisation d'énergie
Réaction typique	Oxydations Hydrolyse	Réductions Condensation
Bilan énergétique	Production d'énergie EXERGONIQUE	Consommation d'énergie ENDERGONIQUE
Espèces chimiques de départ	molécules complexes et variables (provenant de l'alimentation et des réserves cellulaires)	molécules plus simples et peu nombreuses
Espèces chimiques d'arrivée	molécules plus simples et peu nombreuses	molécules complexes et variables (nécessaire aux fonctions des cellules)

- **LES DIFFERENTS TYPES TROPIQUES EN FONCTION DU TYPE DE METABOLISME :**

Le type trophique définit la façon dont un organisme produit sa matière organique selon trois critères :

- la source de carbone ;
- la source d'énergie ;
- le donneur d'électrons.

Source d'énergie	Lumière solaire = organismes qui possèdent des pigments capables de capter l'énergie lumineuse pour la convertir ensuite en énergie chimique sous forme d'ATP	photo-	-	trophe
-------------------------	---	--------	---	--------

Thème 2 : Les systèmes vivants échangent de la matière et de l'énergie**2.5. Les systèmes vivants assurent leur activité et maintiennent leur intégrité en utilisant des voies métaboliques variées**

	Composés chimiques = organismes qui oxydent des molécules chimiques réduites pour produire de l'ATP	chimio-		
Donneur d'électrons	Composés organiques = organismes qui oxydent des molécules organiques pour produire leurs coenzymes réduits		organo-	
	Composés inorganiques = organismes qui oxydent des composés organiques variés		litho-	
Source de carbone	Composés organiques = organismes qui fabriquent leurs molécules à partir de molécules préformées			hétéro-
	Composés inorganiques = organismes capables de fixer le CO_2			auto-

On retiendra que :

- les animaux et de nombreuses bactéries sont des organismes CHIMIO-ORGANOTROPHES ;
- les végétaux chlorophylliens et les cyanobactéries sont des organismes PHOTO-LITOTROPHES.

- **COUPLAGE ENERGETIQUE, Généralités :**

QUESTION : comment des réactions endergoniques peuvent-elles se produire alors qu'elles ne sont pas favorisées énergétiquement ?

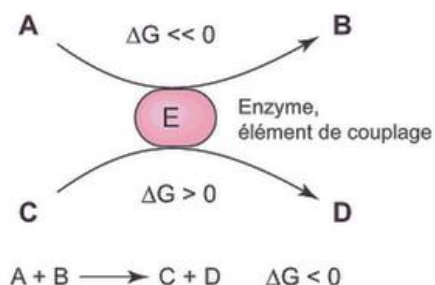
SOLUTION : Selon le premier principe de la thermodynamique ou principe de conservation de l'énergie, au cours d'un processus quelconque, l'énergie ne peut être ni créée, ni perdue mais seulement changer de forme. Dans les cellules, on réalise ce que l'on nomme des **couplages énergétiques**.

Définition d'un **COUPLAGE ENERGETIQUE** : on associe un processus ENDERGONIQUE avec un processus EXERGONIQUE.

Selon la nature des processus, il existe 4 grands types de couplage au sein des organismes vivants :

Couplage chimio-chimique

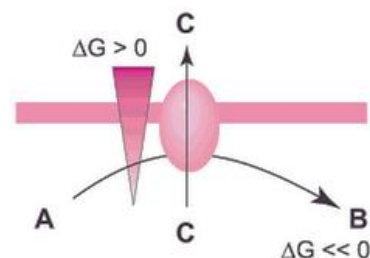
Utilisation de l'énergie libérée lors d'une réaction chimique exergonique pour la réalisation d'une réaction chimique endergonique



(Ex : synthèse d'ATP grâce à l'énergie libérée lors de l'hydrolyse du phosphoénolpyruvate lors de la glycolyse)

Couplage chimio-osmotique

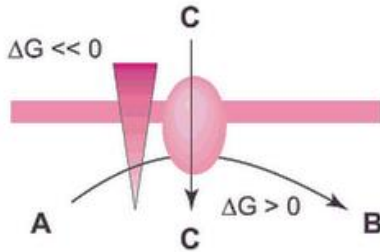
Utilisation de l'énergie libérée lors d'une réaction chimique exergonique pour le transport d'une substance dans le sens de son gradient de potentiel croissant



(Ex : constitution du gradient de protons de part et d'autre de la membrane mitochondriale grâce à l'énergie libérée lors de la ré-oxydation des coenzymes)

Thème 2 : Les systèmes vivants échangent de la matière et de l'énergie**2.5. Les systèmes vivants assurent leur activité et maintiennent leur intégrité en utilisant des voies métaboliques variées****Couplage osmo-chimique**

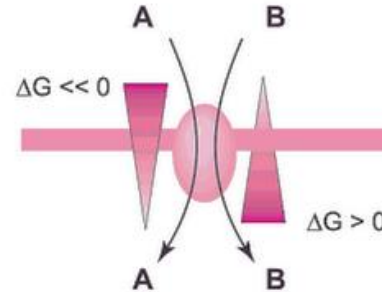
Utilisation de l'énergie osmotique contenue dans un gradient de concentration décroissant pour la réalisation d'une réaction chimique endergonique



(Ex : synthèse d'ATP grâce à l'énergie contenue dans le gradient de protons de part et d'autre de la membrane interne mitochondriale)

Couplage osmo-osmotique

Utilisation de l'énergie osmotique contenue dans un gradient de concentration décroissant pour le transport d'une substance dans le sens de son gradient de potentiel croissant



(Ex : transport du glucose grâce à l'énergie contenue dans le gradient de sodium de part et d'autre de la membrane des entérocytes)

ADDITIVITE des ENERGIES : dans les organismes vivants aucune réaction n'est isolée. Elle est impliquée dans une séquence ou suite de réactions : le produit d'une réaction devient alors le réactif d'une autre réaction et ainsi de suite.

Soit la suite de réaction suivante :

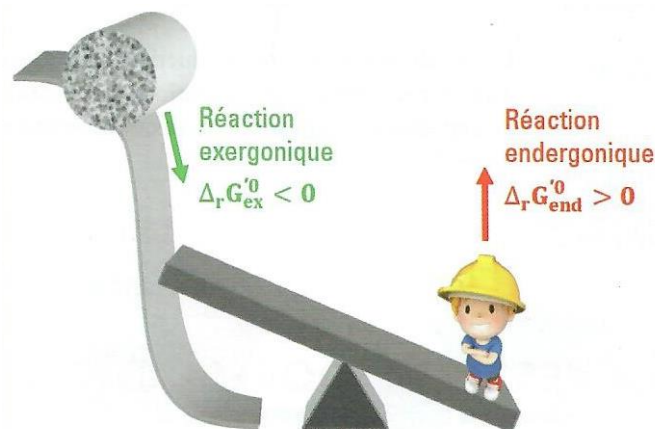


Il y a additivité des enthalpies libres, on peut donc écrire que :

$$\Delta G_{AC}'^{\circ} = \Delta G_{AB}'^{\circ} + \Delta G_{BC}'^{\circ}$$

(analogie avec la relation de Chasles en mathématiques)

Schéma de principe :



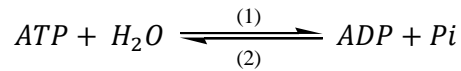
Pour que le couplage chimio-chimique ait lieu, il faut que :

- une espèce chimique soit commune entre les 2 réactions couplées (il est symbolisé dans le schéma par le tremplin) ;
- la réaction exergonique doit fournir plus d'énergie que la réaction endergonique, afin que l'enthalpie libre de la réaction globale soit exergonique et donc favorisée.

Thème 2 : Les systèmes vivants échangent de la matière et de l'énergie**2.5. Les systèmes vivants assurent leur activité et maintiennent leur intégrité en utilisant des voies métaboliques variées**

- **LES DEUX GRANDS TYPES DE COUPLAGES ENERGETIQUES DU PROGRAMME DE CBSV et ORDRE DE GRANDEUR A RETENIR :**

- Les **couplages chimio-chimiques** : On couple 2 réactions chimiques, une endergonique avec une exergonique.
- Les **couplages osmo-chimiques** : On couple une réaction chimique endergonique avec un processus exergonique (la diffusion des protons H^+ selon leur gradient de concentration).
- L'équilibre hydrolyse de l'ATP (*sens (1)*) / phosphorylation de l'ADP (*sens (2)*) : $\Delta_r G'_{(1)} = -30,5 \text{ kJ. mol}^{-1}$



- L'équilibre transport de protons dans le sens du gradient de concentration (*sens (1)*) / contre le gradient de concentration (*sens (2)*) : $\Delta_r G'_{(1)} = -21,5 \text{ kJ. mol}^{-1}$