

BIOENERGETIQUE

Généralités

L'énergie

Pour se conserver, une cellule doit **constamment** travailler, c'est-à-dire réaliser les réactions indispensables à sa survie., et elle a un besoin continu d'énergie pour les réaliser.

Il existe deux types de réactions chimiques :

- **Exergonique** : libère l'énergie dans le système (=milieu biologique)
- **Endergonique** : nécessite de puiser dans l'énergie du système (=milieu biologique)

Une réaction exergonique libère l'énergie nécessaire à une réaction endergonique.

Il existe une notion de **Transport/ transfert d'énergie**. L'énergie n'est pas produite à l'endroit où elle va être utilisée pour réaliser des travaux cellulaires. L'énergie doit être **transportée** de l'endroit où elle est produite vers l'endroit où elle sera utilisée.

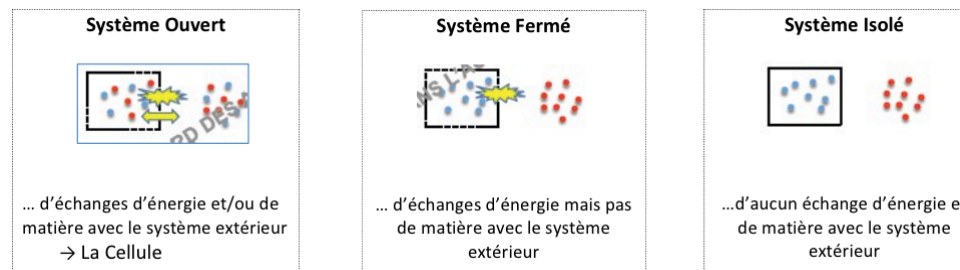
A RETENIR : Toute cellule vit et se développe via des échanges ininterrompus de matière et d'énergie avec le milieu environnant.

Le système

Rappel : Le système cellulaire des biochimistes est très différent du système utilisé par les chimistes.

Un système : Réunion de la matière pour constituer un ensemble cohérent. Il peut se limiter à une cellule, un organe par exemple.

Trois types de systèmes différents à considérer : (revu en Chimie Générale)



Les lois thermodynamiques proviennent de la chimie, d'un système fermé. Il faut donc les adapter aux systèmes biochimiques (systèmes ouverts).

→ La cellule est un système particulier : **système isotherme ouvert** : Il fonctionne à température et pression constante.

Le métabolisme et molécules énergétiques

Les voies métaboliques sont l'ensemble des réactions qui vont d'un précurseur vers un produit final par l'intermédiaire de métabolite. Elles sont réalisables par le biais de différentes enzymes finement régulées.

Rappel Voies cataboliques → libération d'énergie et production de molécules précurseurs

Voies anaboliques → consommation d'énergie et production de molécules complexes

Les molécules énergétiques en biochimie :

→ Les **glucides** : 16 kJ/g = 4 kcal/g

→ Les **protéines** : 16 kJ/g = 4 kcal/g

→ Les **lipides** : 36 kJ/g = 9 kcal/g

apportés par l'alimentation

La Bioénergétique

Principes et définition

La Bioénergétique répond à : Dans quel sens va s'effectuer la réaction ?

Deux principes de base de la bioénergétique :

- L'énergie totale de l'univers demeure constante
- L'entropie de l'univers augmente

La description d'un système est défini par plusieurs variables : l'**enthalpie** (H), l'**énergie libre** (G) et l'**énergie entropique** (S) reliés entre eux par la **relation de GIBBS** :

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$$

ΔG = variation d'énergie libre

- Énergie disponible pour un travail
- Tend vers 0 si équilibre +++
- Permet de prédire si la **réaction est possible** +++ (c'est la variation de G et pas G qui le per
- Exprimée en kJ

ΔS = variation d'entropie du système

- Mesure l'état de désordre.
- **Ne permet pas** de prédire le sens de la réaction.
- Exprimée en kJ / degré

ΔH = variation d'enthalpie du système

- Chaleur libérée ou absorbée lors de la réaction
- **Ne permet pas** de prédire le sens de la réaction
- Exprimée en kJ

T = température absolue

- T·K = T·C + 273
- Exprimée en °K

L'énergie libre G et ΔG

L'énergie libre (G) mesure l'énergie d'un système qui produit un travail utile.

Parmi les variables de la relation de GIBBS, seule ΔG permet de déterminer le sens de réaction.

| $\Delta G = 0$ | $\Delta G < 0$ (exergonique) | $\Delta G > 0$ (endergonique) |
|---|--|--|
| À l'équilibre, le système ne peut plus fournir de travail | Le système est instable. La réaction se déroule spontanément (favorable). | Nécessite un apport d'énergie au système pour que la réaction se déclenche. La réaction ne se déroule pas spontanément (non favorable). |

Tous les systèmes tendent spontanément vers un **état d'équilibre** = l'état le plus stable du système.



3 situations sont possible (on va dans le sens 1) :

- si $\Delta G < 0$ (avec $GB < GA$) la réaction est **exergonique** / **spontanée** dans le sens 1.
- si $\Delta G > 0$ (avec $GB > GA$) la réaction est **endergonique** / **non spontanée**. Elle se fait dans apporte de l'énergie extérieure au système.
- si $\Delta G = 0$ (avec $GB = GA$) la réaction s'effectue sans consommation d'énergie (réaction à

Etat standard

La mesure de la variation d'énergie libre ΔG nécessite que l'on ait défini un **état standard** que l'on considérera comme **référence**. Cet état standard est l'état dans lequel un élément (ou composé) est le plus stable à la température et pression ordinaire.

POUR LES CHIMISTES – Les conditions de l'état standard sont :

| | |
|---------------------------|----------------------|
| Pression | 1 atmosphère = 1 atm |
| Température | 25°C = 298°K |
| Concentration des solutés | 1 M = 1 mole/litre |
| Potentiel hydrogène | pH=0 |

Par définition, la variation d'énergie libre d'un système dans son état standard est désigné par ΔG° . Mais les conditions de l'état standard des chimistes sont incompatibles avec la vie cellulaire.

→ Les réactions biochimiques s'effectuent à un pH proche de 7.

Ainsi, on définit $\Delta G'$: la variation d'énergie libre d'un système à pH 7.0 ; qui étudiera la direction que va prendre une réaction **dans les conditions physiologiques (biochimiques)** qui sont :

| | |
|---------------------------|----------------------|
| Pression | 1 atmosphère = 1 atm |
| Température | 25°C = 298°K |
| Concentration des solutés | 1 M = 1 mole/litre |
| Potentiel hydrogène | pH=7 |

[Eau] = constante n'est plus prise en compte dans l'expression des constantes d'équilibre car **abondante** : elle n'exerce plus de réelle influence sur l'équilibre de la réaction.

La Bioénergétique et le Métabolisme

Généralités

Dans la cellule, aucune réaction n'est isolée. Chaque réaction est impliquée dans une voie métabolique.

→ Le substrat se transforme en un produit par l'intervention d'une enzyme.



Le $\Delta G'$ global est : $\Delta G'_{AD} = \Delta G'_{AB} + \Delta G'_{BC} + \Delta G'_{CD}$

→ L'énergie que nécessitent les réactions endergoniques peut-elle être fournie par une réaction exergonique ?

D'un point de vue thermodynamique, il suffit que l'énergie libérée par la réaction exergonique soit, en valeur absolue, supérieur ou égale à l'énergie requise par la réaction endergonique. **L'ensemble du système correspondra à un système exergonique** → La voie métabolique pourra se réaliser dans sa globalité.

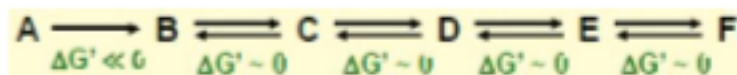
→ **Les voies métaboliques ne sont pas réversibles d'un point de vue thermodynamique, mais le sont d'un point de vue physiologique** =>

Impliquant de nouvelles enzymes et de nouveaux intermédiaires. (Ex : Glycolyse et NéoGlucoGénèse)

Généralités

Loi de Lechatelier : Toute modification d'un facteur d'un équilibre chimique **réversible** provoque, si elle se produit seule, un déplacement de l'équilibre dans un sens qui tend à s'opposer à la variation du facteur considéré.

Exemple :



Si A augmente, alors il y a aura production de B de manière irréversible (car réaction irréversible)

Si B augmente, il y a cascade de réactions en aval → Selon la Loi de Lechatelier, permettant la production du produit F.

A l'inverse, s'il y a augmentation de F ; il y a cascade de réactions dans le sens inverse → Selon la Loi de Lechatelier permettant la production du produit B.

Le fonctionnement ou non de la voie métabolique dépend de la réaction irréversible. C'est une étape limitante et essentielle pour la régulation de la voie.