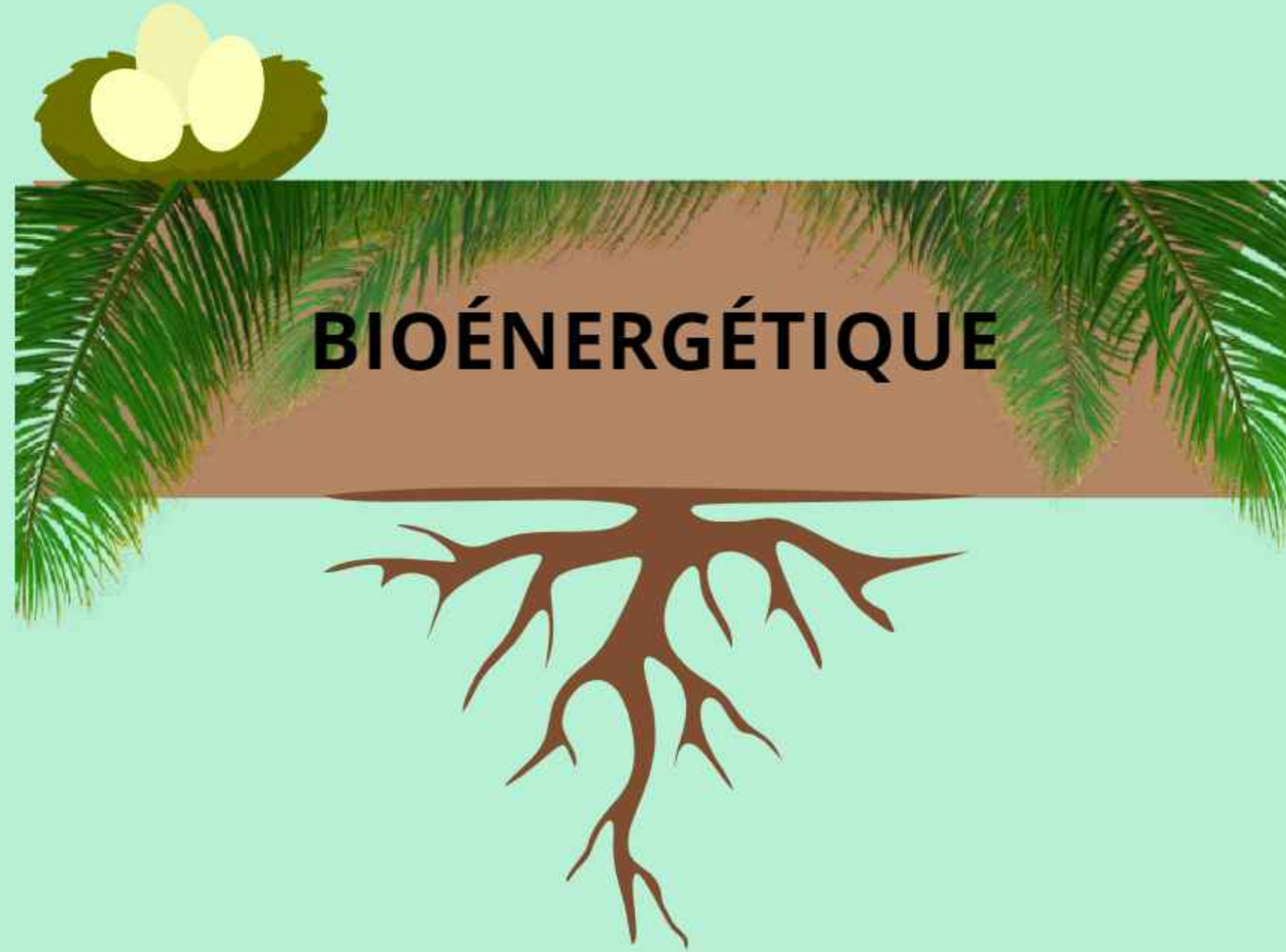




Tut' rentrée



Petit plan

I. Introduction

II. Bioénergétique et thermodynamique

III. Bioénergétique et métabolisme

IV. Molécules impliquées dans la bioénergétique



I. Introduction

2 missions :

- Se conserver/vivre
- Se perpétuer

Métabolisme: ensemble des réactions chimiques ayant lieu à l'intérieur d'un être vivant :

- Catabolisme
- Anabolisme

2 types de réactions :

- Exergonique
- Endergonique

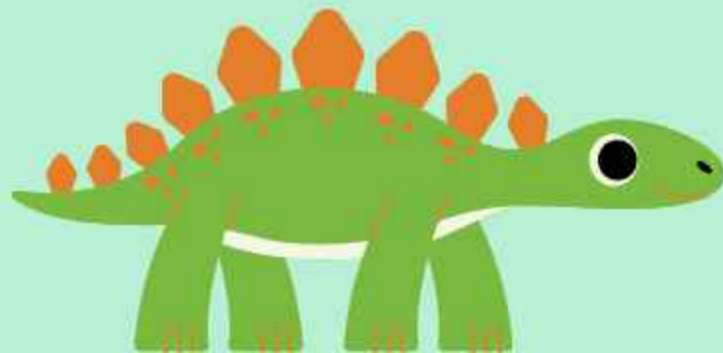


1. L'énergie c'est la vie

Cellule --> Besoins continus en énergie (capacité à réaliser un travail)

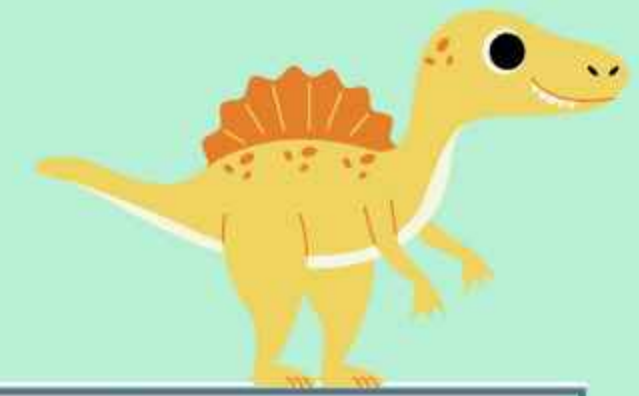
Travail peut prendre différentes formes :

- Mécanique (mouvements d'organites, contraction musculaire).
- Transport transmembranaire (de molécules qui rentrent ou sortent de la cellule).



- La cellule capte de l'énergie (sous forme de substrats carbonés pour les mammifères).
- Cède l'énergie (sous forme de chaleur).
- Utilise de l'énergie (pour les travaux cellulaires).

Pour vivre et se développer, la cellule échange en continu de la matière et de l'énergie avec son milieu environnant grâce à différents systèmes.



2. Différents systèmes appliqués à la bioénergétique

Systeme ouvert	Systeme fermé	Systeme isolé
Échange d'énergie et/ou de matière avec le milieu/environnement extérieur	Échange d'énergie mais pas de matière avec le milieu/environnement extérieur	Aucun échange d'énergie et de matière avec le milieu/environnement extérieur
<p><u>Systeme ouvert</u></p>	<p><u>Systeme fermé</u></p>	<p><u>Systeme isolé</u></p>

NE PAS CONFONDRE SYSTEME ISOLÉ ET FERMÉ +++

Une cellule est un **système isotherme ouvert** qui fonctionne à **température** et **pression constantes**.

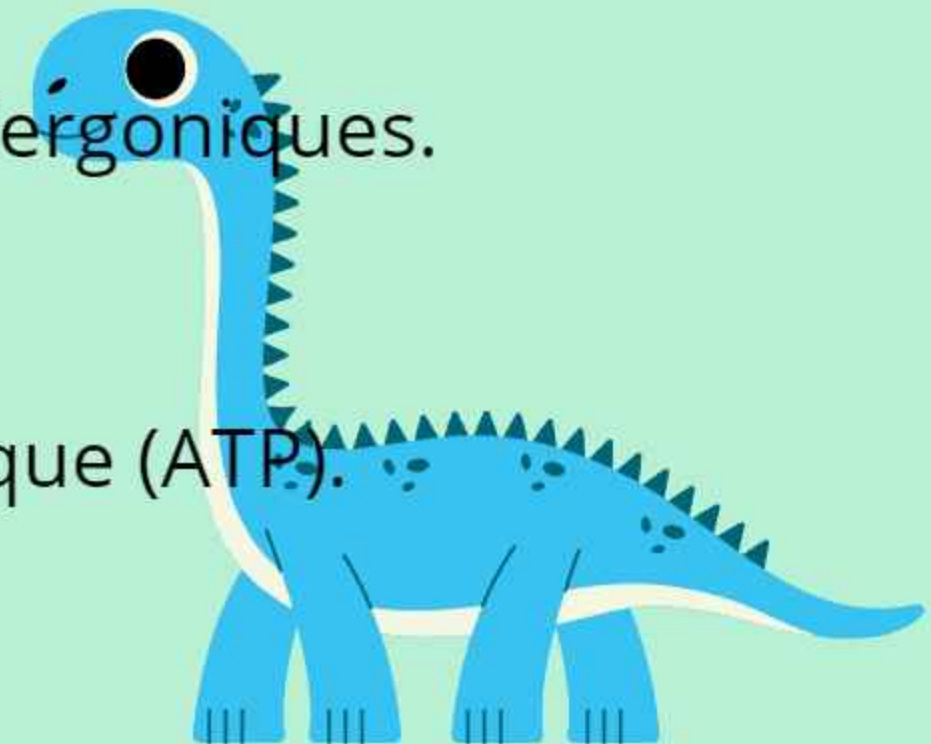
3. Grands principes de la bioénergétique

Bioénergétique : étude de l'approvisionnement, transfert et de l'utilisation de l'énergie par la cellule. Aborde l'étude de :

- Dégradation aliments (polysaccharides, protéines, lipides) pour en extraire l'énergie par rupture des liaisons chimiques = CATABOLISME.
- La conversion énergie dans les formes de stockage et de transfert biologiquement utilisables où l'ATP joue rôle essentiel.
- Utilisation énergie pour effectuer travaux divers (mouvements d'organites, contraction musculaire, anabolisme...).

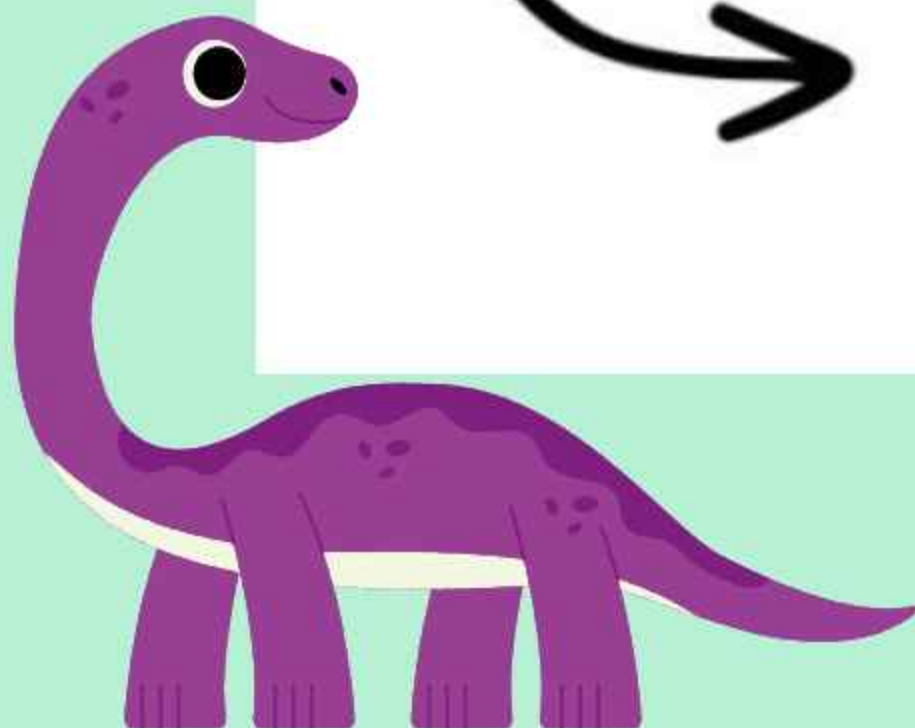
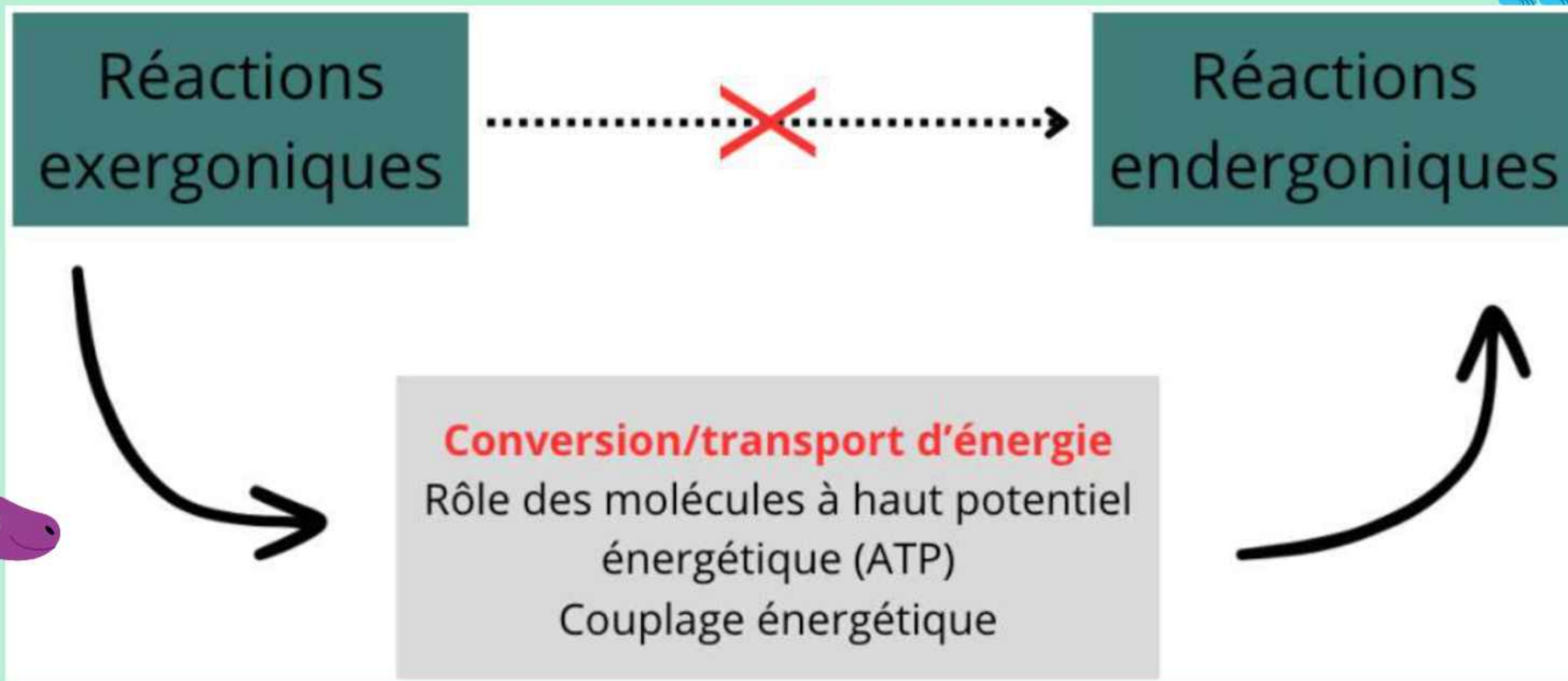
Réactions exergoniques produisent énergie --> déroulement réactions endergoniques.

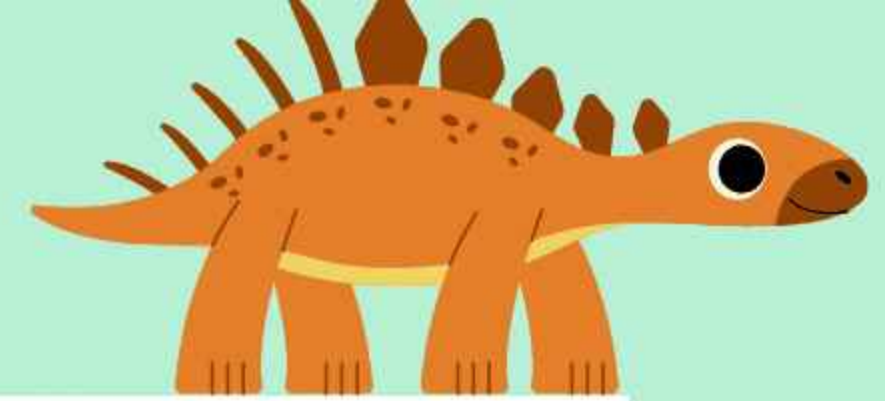
- Implique phénomènes de conversion et transport d'énergie.
- Existe couplage énergétique entre les deux types de réactions.
- Réactions possibles que grâce aux molécules à haut potentiel énergétique (ATP).



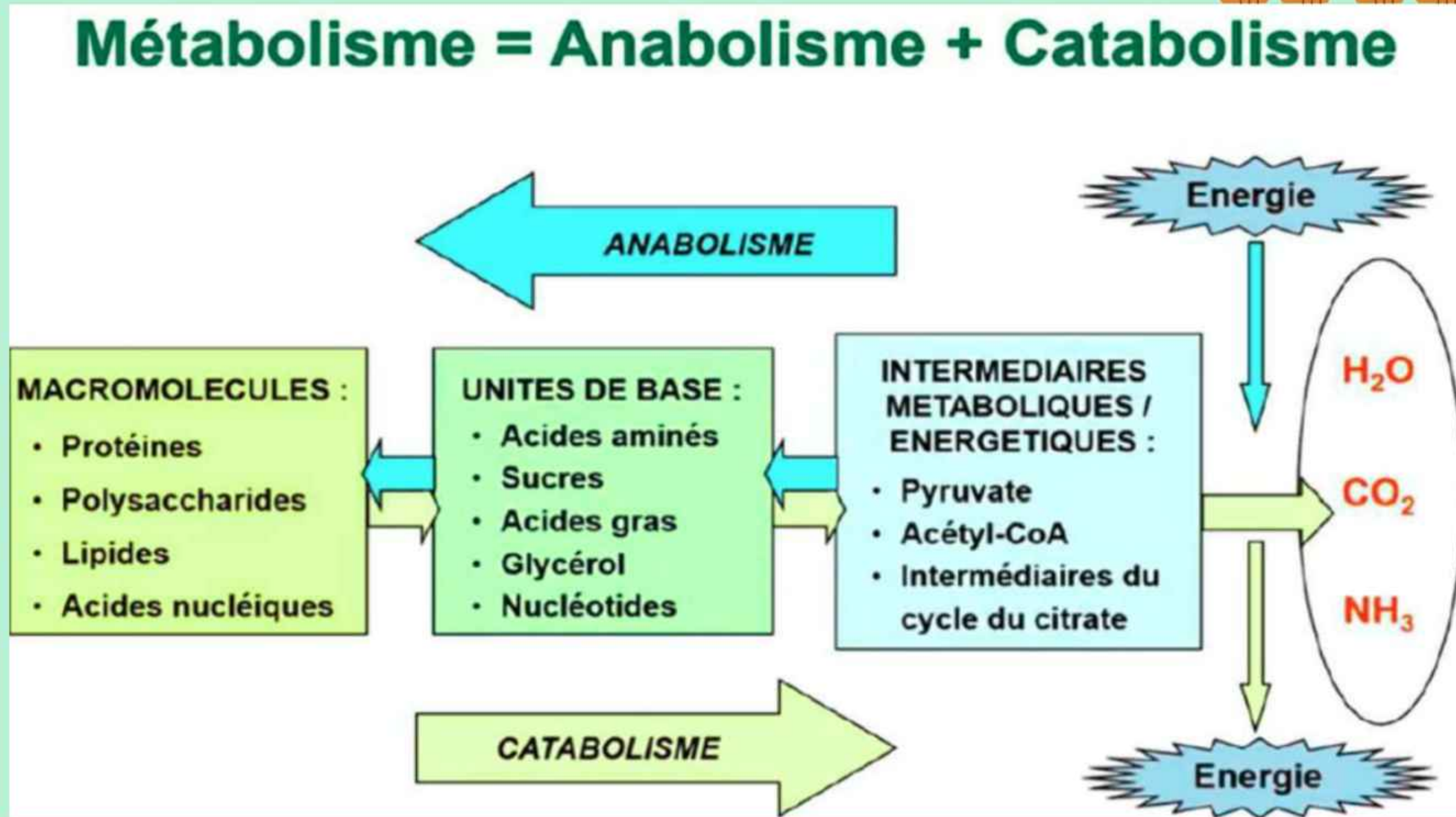


4. Le couplage énergétique





5. Métabolisme = Anabolisme + Catabolisme



Les acides nucléiques contribuent très peu au bilan énergétique +++

QCMs time :

A propos de la bioénergétique, indiquez la(les) proposition(s) exacte(s) :

A) Un système isolé échange de l'énergie mais n'échange pas de matière avec le milieu extérieur

B) Une cellule est un système isotherme isolé qui fonctionne à température et pression constantes.

C) La bioénergétique aborde l'étude de la dégradation des aliments qui correspond au catabolisme

D) Les réactions endergoniques participent au couplage énergétique pour permettre le déroulement des réactions exergoniques

E) Les propositions A, B, C et D sont fausses

A) Un système isolé échange de l'énergie mais n'échange pas de matière avec le milieu extérieur

--> C'est la def du système fermé, syst isolé = AUCUN échange

B) Une cellule est un système isotherme isolé qui fonctionne à température et pression constantes

--> Système isotherme ouvert

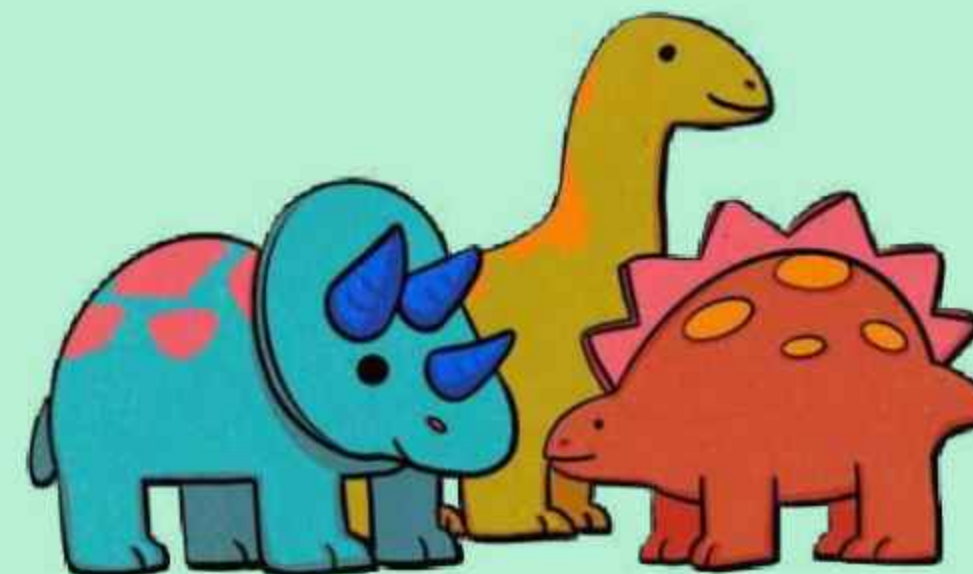
C) La bioénergétique aborde l'étude de la dégradation des aliments qui correspond au catabolisme

D) Les réactions endergoniques participent au couplage énergétique pour permettre le déroulement des réactions exergoniques

--> C'est l'inverse

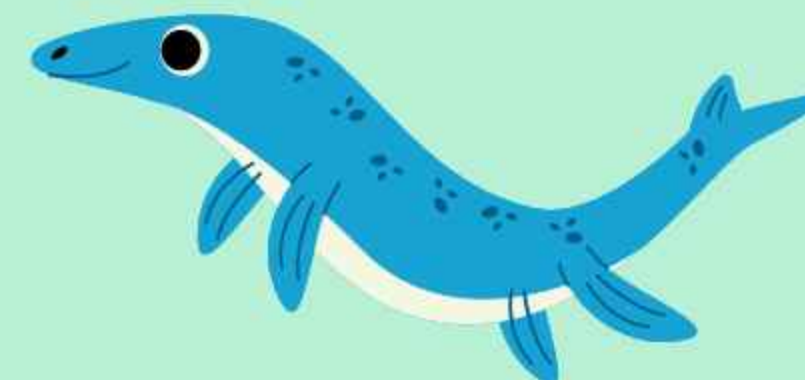
E) Les propositions A, B, C et D sont fausses

II. Bioénergétique et thermodynamique



1. Généralités et définitions

- Lois thermodynamiques permettent d'expliquer principes régissant mouvements matière et énergie entre organismes et leur environnement, ainsi qu'au sein des organismes mêmes.
- Bioénergétique = application de ces lois aux réactions biochimiques.



Énergie : toute forme de travail et de chaleur

Entropie : degré de désordre ou de hasard

1er principe

« L'énergie totale de l'univers demeure constante » +++

- Ne peut jamais être créée ou détruite
- Peut être transférée ou déformée

2ème principe

« L'entropie de l'univers augmente » ++

- Chaque transfert ou transformation d'énergie = associé à des réactions passant d'un état ordonné à un état désordonné.
- L'état désordonné est toujours plus probable +++

2. Relation de GIBBS

- Relie la variation d'énergie libre, l'enthalpie et l'entropie.
- Permet de faciliter l'utilisation des 2 principes de la thermodynamie.
- La variation de l'énergie libre permet de définir la direction et l'importance de la réaction chimique.

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

Tous les systèmes tendent spontanément vers un état d'équilibre car cet état est le plus stable.

<u>Equilibre</u>	Le système ne peut plus fournir de travail : $\Delta G=0$
<u>Instable</u>	Réaction spontanée : $\Delta G<0$: réaction exergonique
<u>Nécessitant un apport d'énergie</u>	Lors d'une réaction endergonique : $\Delta G>0$: nécessite un apport d'énergie pour réagir



3. Notion d'état standard

Comparer différentes situations dans lesquelles on veut mesurer énergie libre de gibbs d'un système, il faut définir **état standard** ou dit de **référence**, dans lequel un élément ou un composé est le plus stable à température et pression ordinaires.

- Permet de calculer la constante d'équilibre K_{eq} .
- ΔG caractérise l'état d'équilibre : existe quand concentration initiale de A atteint sa concentration à l'équilibre, et de même pour B.

Une réaction à l'équilibre ne signifie pas que les concentrations sont égales +++



4. Conditions physiologiques de l'état standard

- Milieu aqueux à un $\text{pH} = 7$ (différent des conditions standard en chimie où $\text{pH} = 0$)
- Concentration initiale de tous les composants de 1.0 M
- Température de 25°C
- Pression constante de 1 atm



QCMs time :

A propos de la bioénergétique, indiquez la(les) proposition(s) exacte(s) :

- A)** D'après le premier principe de la thermodynamique, l'énergie totale de l'univers demeure constante
- B)** D'après le deuxième principe, l'entropie de l'univers augmente
- C)** L'état désordonné est toujours plus probable
- D)** Tous les systèmes tendent spontanément vers un état d'équilibre car cet état est le plus stable
- E)** Les propositions A, B, C et D sont fausses

Correction :

A) D'après le premier principe de la thermodynamique, l'énergie totale de l'univers demeure constante

B) D'après le deuxième principe, l'entropie de l'univers augmente

C) L'état désordonné est toujours plus probable

D) Tous les systèmes tendent spontanément vers un état d'équilibre car cet état est le plus stable

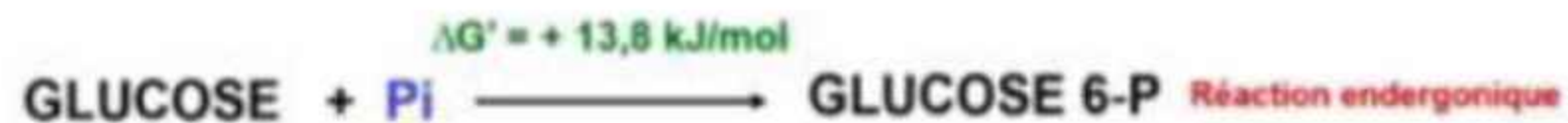
E) Les propositions A, B, C et D sont fausses

III. Bioénergétique et métabolisme

Métabolisme = ensemble réactions biochimiques permettant aux êtres de vivre, se développer et de se reproduire.

1. Les réactions couplées

- Réactions endergoniques = pas lieu spontanément. Ont besoin apport en énergie pour se dérouler. Hypothèse que cette énergie = fournie par couplage direct à une réaction exergonique.
- Energie dégagée par réaction exergonique doit en valeur absolue être \geq à énergie requise par réaction endergonique.

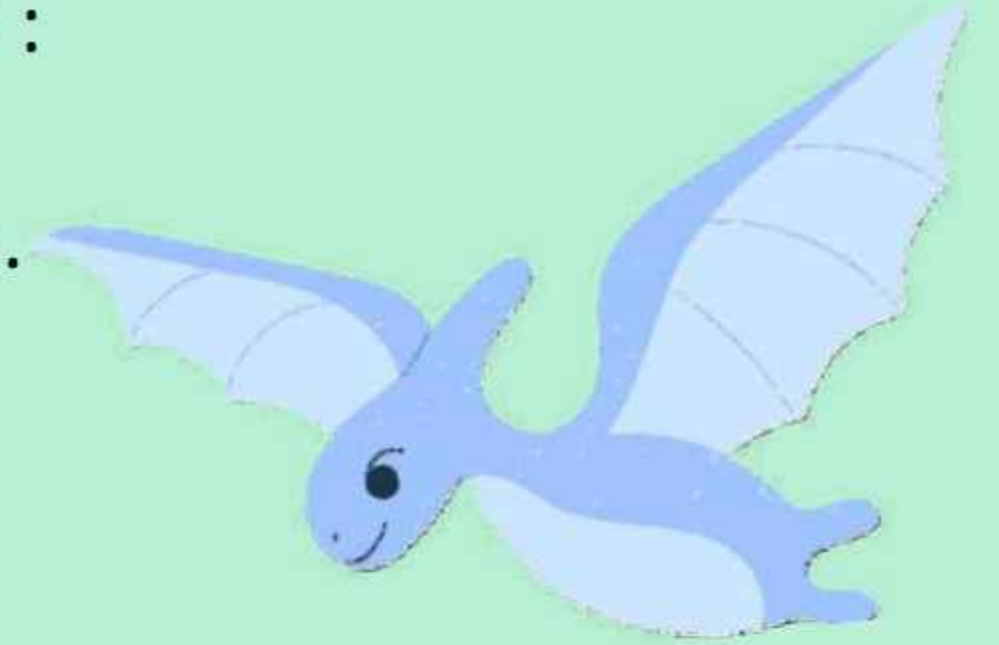
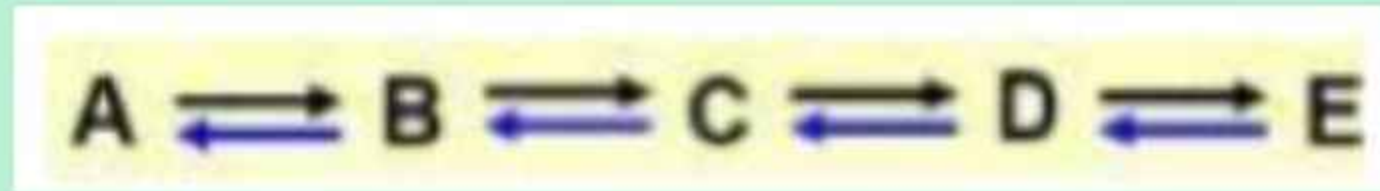


Enzyme (hexokinase I à IV)

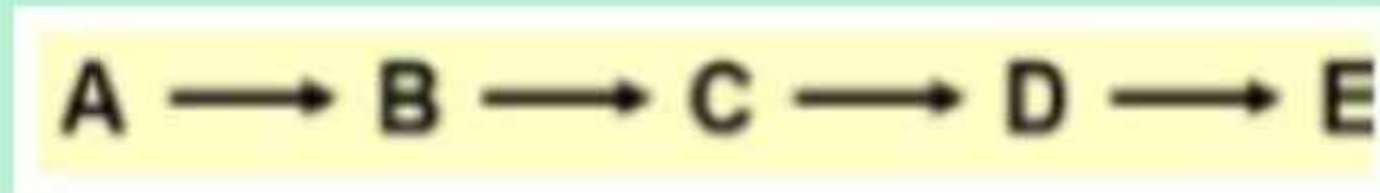
2. Etat d'équilibre et stationnaire

Voie métabolique = ensemble de réactions biochimiques dont chacune a pour substrat la production de la réaction précédente. Différents états sont possibles :

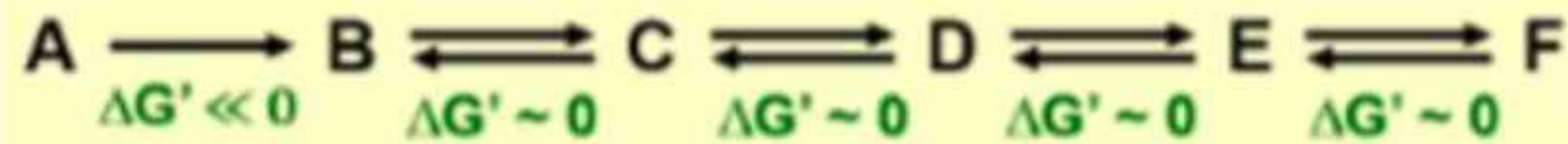
- **État d'équilibre** : les concentrations A,B,C,D et E sont constantes.



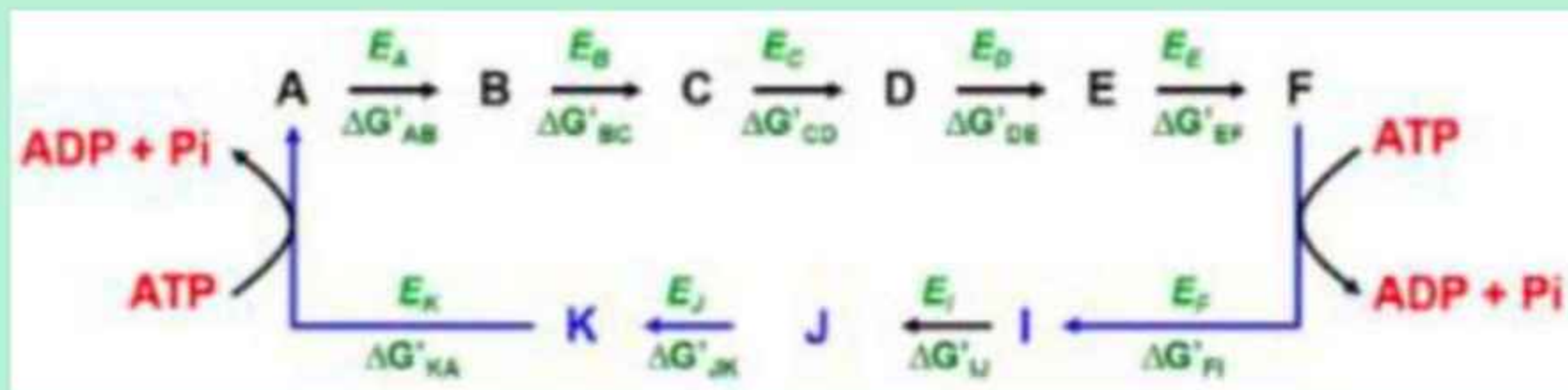
- **État stationnaire** : seules les concentrations de B, C et D sont constantes tandis que celle de A diminue et celle de E augmente.



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 » +++



D'un point de vue thermodynamique, les voies métaboliques ne sont pas réversibles. D'un point de vue physiologiques, elles le sont. +++



Ici, la voie F-->A est physiologiquement possible mais elle nécessite un apport d'énergie.

Une seule voie active et pas toutes les voies qui fonctionnent dans tous les sens, enzymes de chacune des voies = régulées de façons opposées.

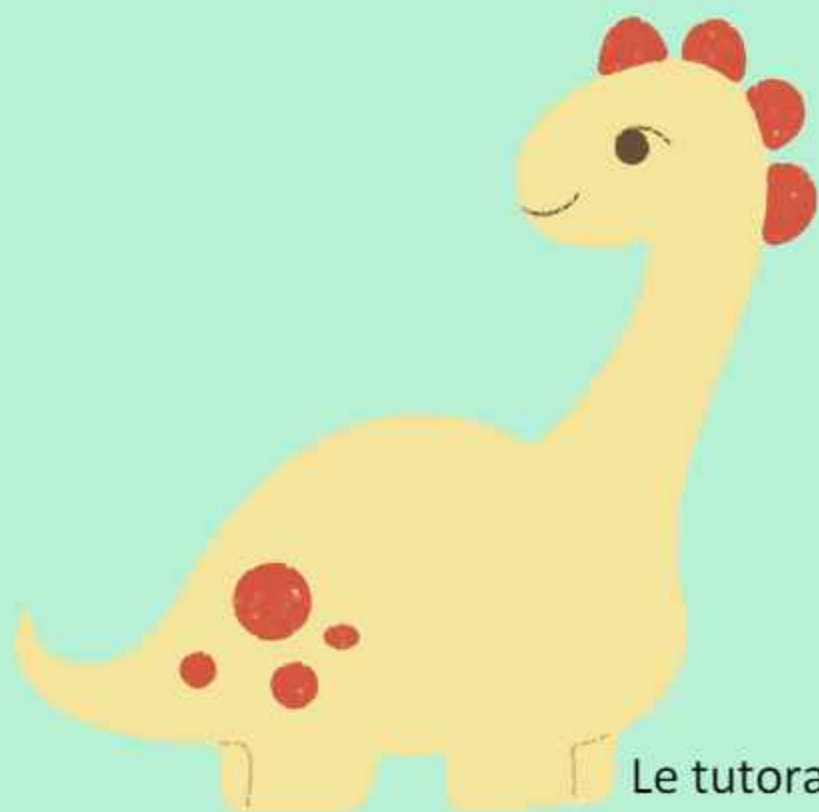
Questions :

- 1.** Pourquoi les réactions endergoniques ne peuvent pas se dérouler seules ?
- 2.** Donner un exemple de couplage énergétique (exemple de réaction)
- 3.** Rappeler le 1er principe
- 4.** Rappeler le 2ème principe
- 5.** Quelle est la différence entre état d'équilibre et état stationnaire ?
- 6.** Expliquer la loi de Lechatelier
- 7.** Pourquoi les enzymes des voies sont régulées de façon opposées ?

IV. Molécules impliquées dans la bioénergétique

L'énergie est stockée dans les liaisons entre deux atomes.

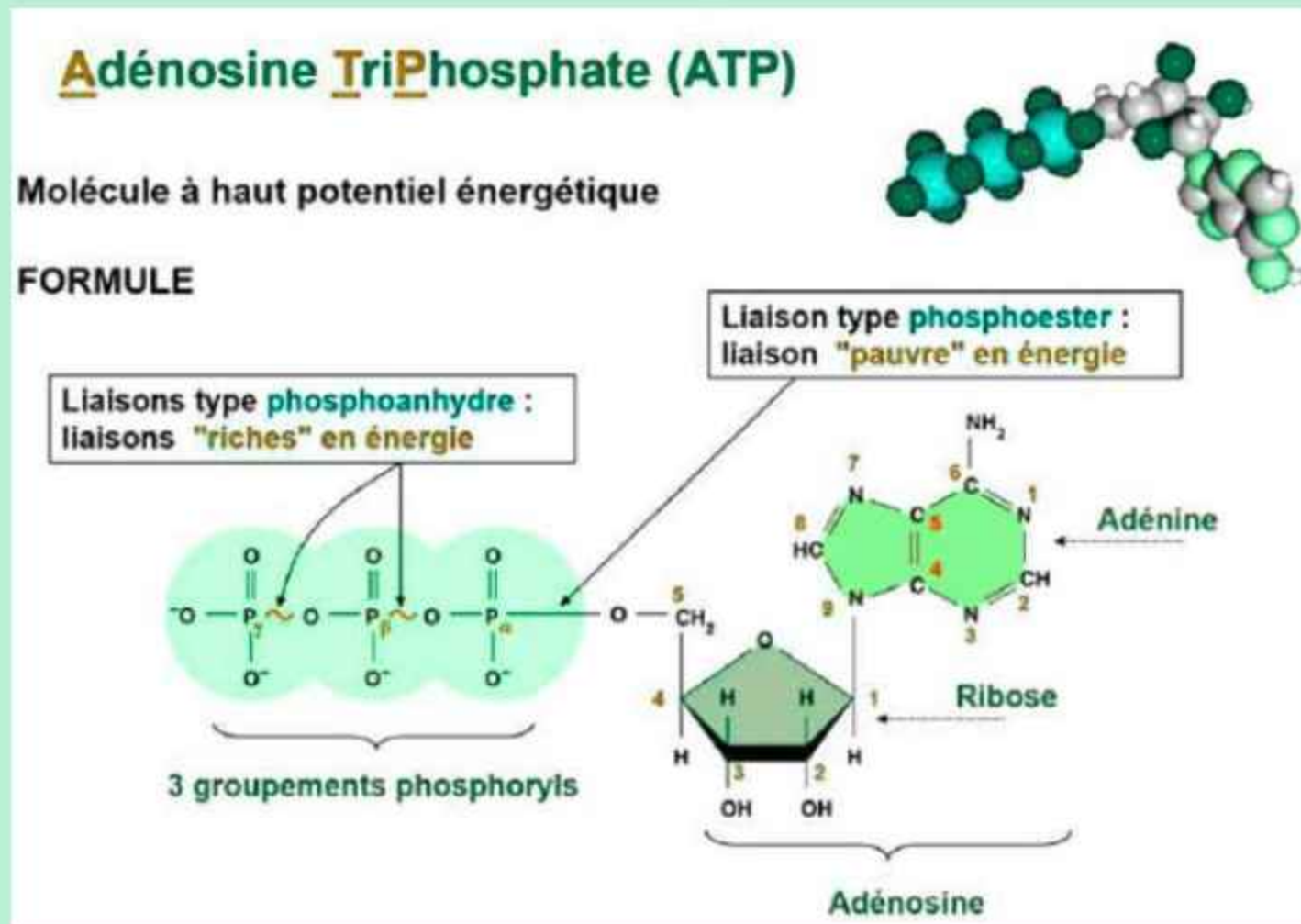
- Pour libérer énergie, il faudra casser liaisons.
- Liaisons riches en énergies qu'on retrouve le + = **liaisons phosphoanhydrides entre 2 phosphates.**
- Liaisons riches en énergies représentées par : ~



Molécules contenant des liaisons riches en énergie

LIAISONS	FORMULES	EXEMPLES
AMIDINE-PHOSPHATES	$\text{R-NH-C(=NH)-NH}\sim\text{P}$	Créatine Phosphate
PHOSPHOANHYDRES	$\text{R-O-P(=O)(O}^-\text{)}_2\sim\text{O-P(=O)(O}^-\text{)}_2\sim\text{O-P(=O)(O}^-\text{)}_2$	XTP et XDP (X = A, G, C, U)
ACYL-PHOSPHATES	$\text{R-C(=O)-O}\sim\text{P}$	1,3 diphosphoglycérate
ENOL-PHOSPHATES	$\text{R-C(=CH}_2\text{)-O}\sim\text{P}$	Phosphoénolpyruvate
ACYL-THIOESTERS	R-C(=O)-S-CoA	Acétyl-CoA

1. Généralités sur l'ATP



Dans l'ATP, on retrouve :

- Une liaison du phosphate α sur le ribose de type **phosphoester, pauvre en énergie.**
- Deux liaisons au niveau des phosphates distaux, β pour le deuxième et γ pour le troisième : des liaisons **phosphoanhydrides, riches en énergie.**

C'est l'hydrolyse de l'ATP au niveau des groupes phosphates β et γ qui libère de l'énergie.

- Concentration cellulaire d'ATP dans le corps : **1 à 10 mmol/kg de tissu.**
- Répartition cellulaire à l'état basal : **10 ATP pour 1 ADP.**
- Teneur dans l'organisme : **75g mais synthèse de 45kg par jour.**



2. Hydrolyse de l'ATP

L'ATP contient **2 liaisons phosphanydrides riches en énergie (β et γ)** qui peuvent être hydrolysées.

- Hydrolyse ATP phosphate γ libère molécule d'ADP et phosphate inorganique. Ensuite, ADP peut être hydrolysé pour donner AMP.
- Hydrolyse première liaison phosphoanydride (γ) de l'ATP et de la deuxième à partir de l'ADP (β) libère la même énergie soit : -32Kj.mol^{-1} .

L'ATP peut être aussi hydrolysé au niveau du phosphate libérant AMP + pyrophosphate.

L'association d'un cation divalent Mg^{2+} à une molécule d'ATP le stabilise et facilite la libération/le transfert d'énergie.



3. Formation de l'ATP

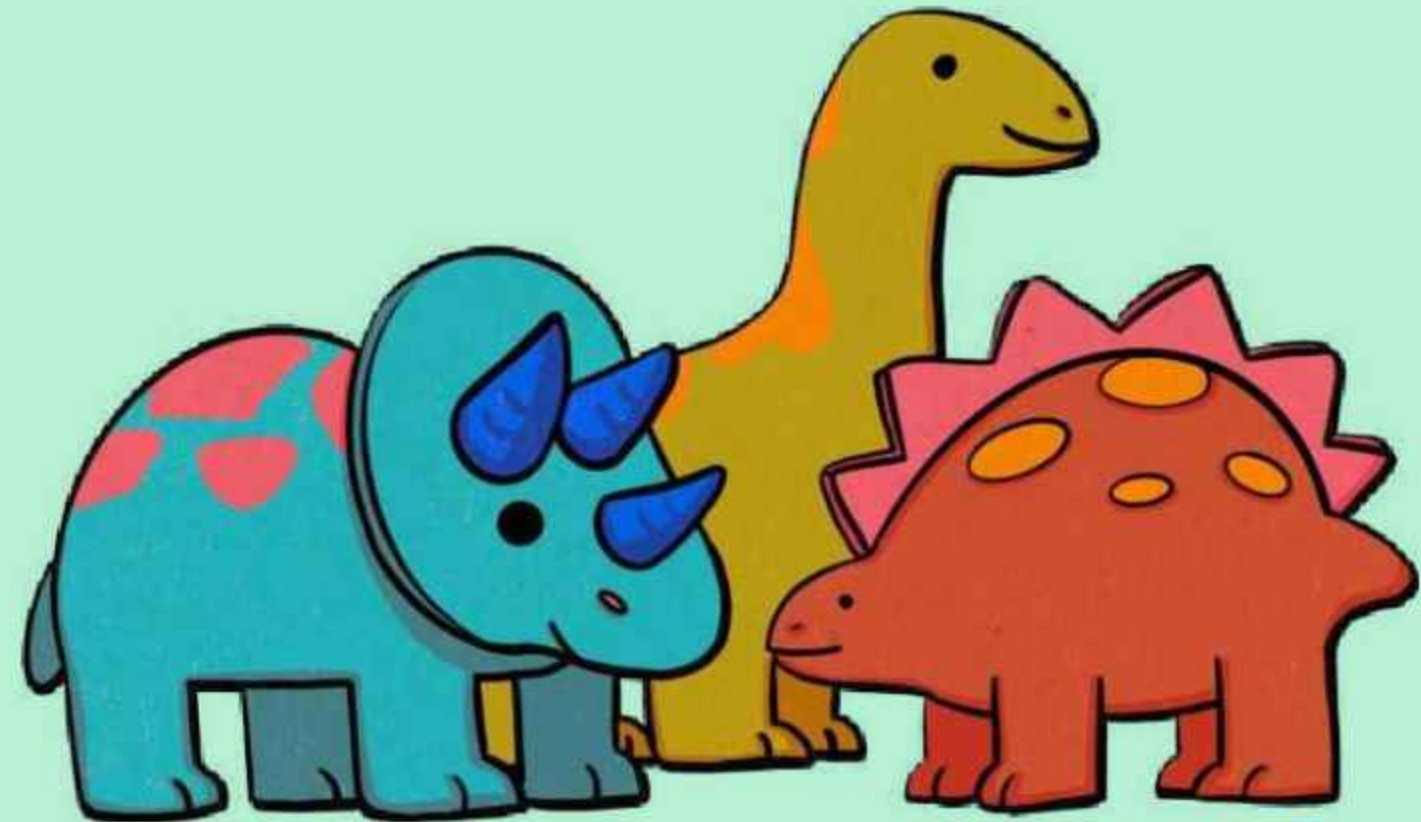
L'ATP a un rôle crucial, sa synthèse peut se faire de plusieurs façons :



Synthèse de novo à partir d'acides puriques	Synthèse à partir de la transformation de l'ADP en ATP
<p>Le ribose 5-P contribue à la synthèse de l'Inosine Triphosphate (IMP), précurseur de l'AMP et du GMP.</p> <p>L'AMP est ensuite converti en ADP puis en ATP, de même pour le GMP.</p>	<ul style="list-style-type: none">- Par phosphorylation oxydative : au sein de la membrane interne mitochondriale -> synthèse d'ATP à partir d'un gradient électrochimique, représente 90% de la production d'ATP chez l'Homme.- Par phosphorylation liée au substrat (cellules exprimant la CPK).- Par l'adénylate kinase -> réactions essentiellement utilisées par le muscle strié.

4. D'autres molécules riches en énergie

- Créatine Phosphate (CP)
- Créatine Phosphokinase (CPK)
- Adénylate kinase (AK)
- Acétyl-CoA
- Phosphoénolpyruvate



QCMs time :

A propos de la bioénergétique, indiquez la(les) proposition(s) exacte(s) :

- A)** L'ATP contient 2 liaisons phosphoester riches en énergie (β et γ) qui peuvent être hydrolysées
- B)** La concentration cellulaire d'ATP dans le corps est de 10 à 100 mmol/kg de tissu
- C)** L'ATP peut être synthétisé de novo à partir d'acides puriques
- D)** D'après le premier principe, l'entropie de l'univers augmente
- E)** Les propositions A, B, C et D sont fausses

Correction :

A) L'ATP contient 2 liaisons phosphoester riches en énergie (β et γ) qui peuvent être hydrolysées

--> Liaisons phosphoanhydrides

B) La concentration cellulaire d'ATP dans le corps est de 10 à 100 mmol/kg de tissu

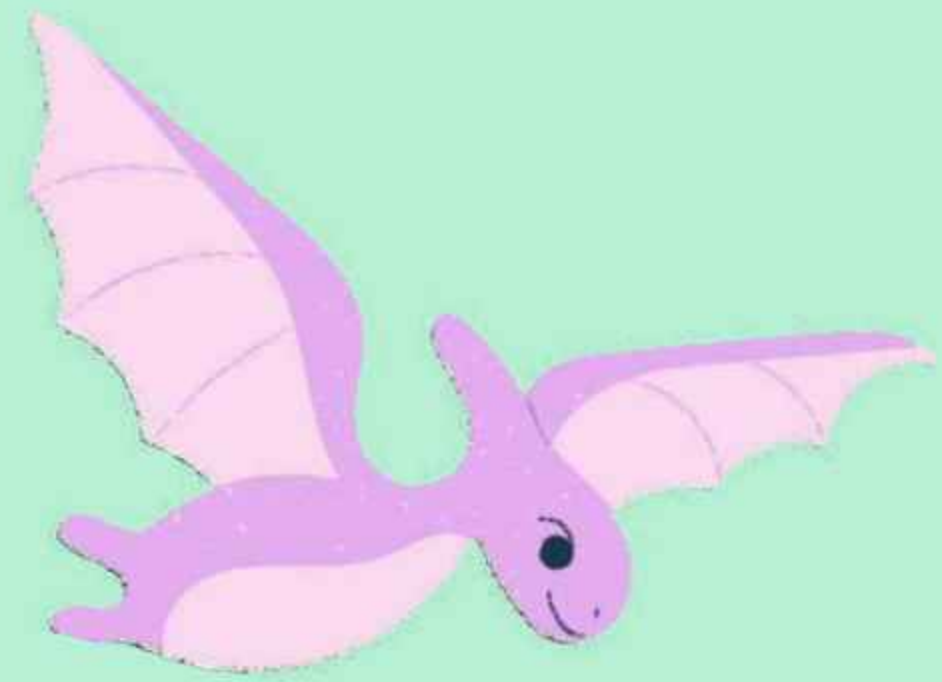
--> De 1 à 10 mmol/kg

C) L'ATP peut être synthétisé de novo à partir d'acides puriques

D) D'après le premier principe, l'entropie de l'univers augmente

--> L'énergie totale de l'univers demeure constante

E) Les propositions A, B, C et D sont fausses



FIN

