



TUT RENTRÉE 2021

Once Upon a tut - Lorethanol

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite.

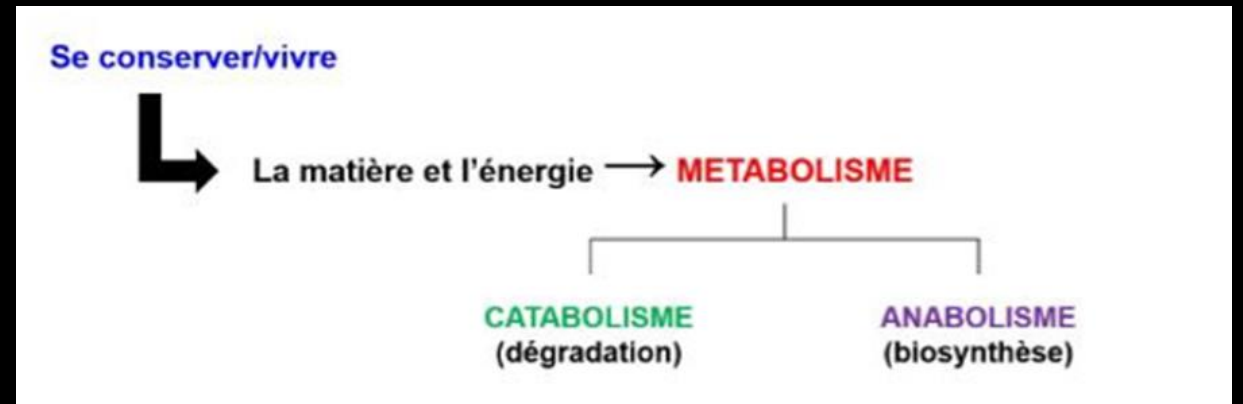
Bioénergétique



Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite.

I- GÉNÉRALITÉS

- ORGANISME VIVANT → 2 missions essentielles : **se conserver** et **se perpétuer**



L'ÉNERGIE C'EST LA VIE

- La cellule a des besoins continus en énergie
- Energie cellulaire = capacité à réaliser un travail
- Travail = mécanique ou transport membranaire
- Cellule : capte, cède, utilise l'énergie

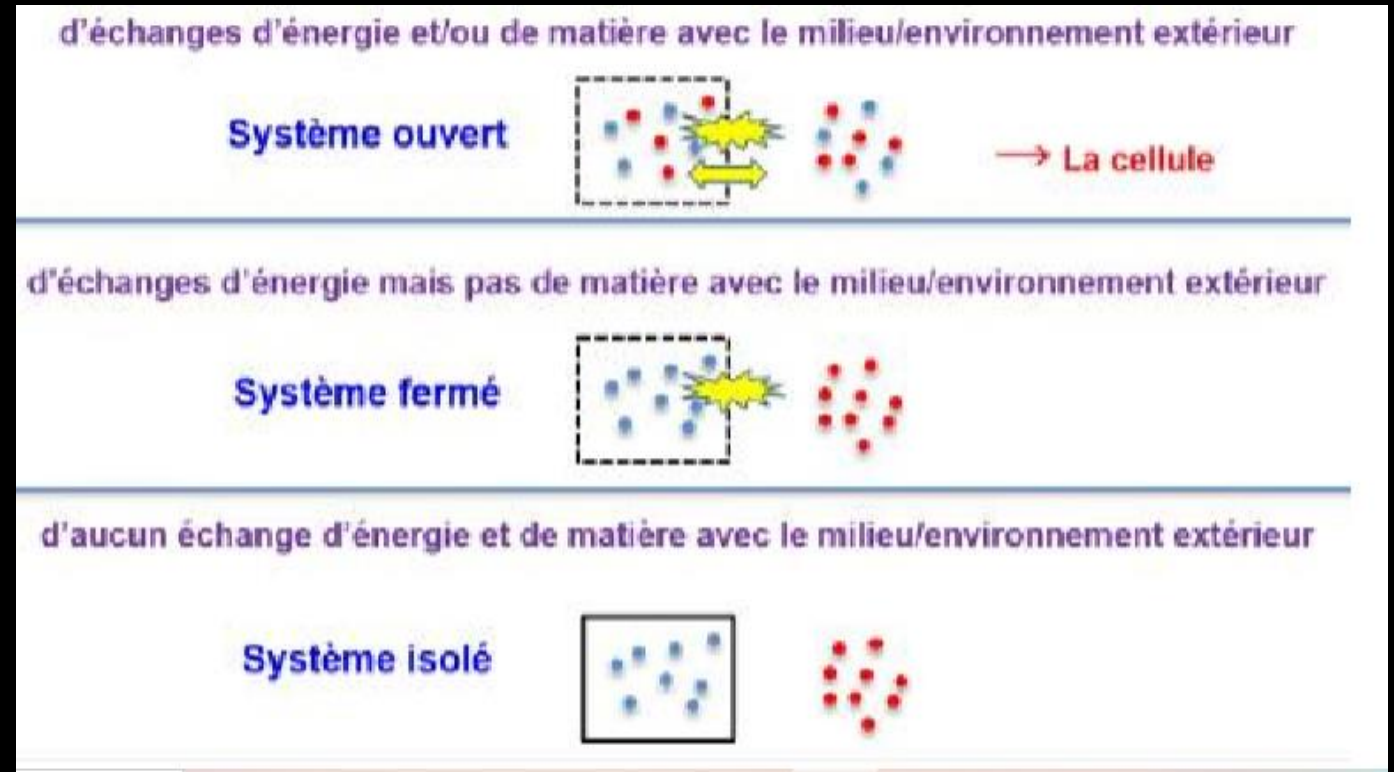
2 TYPES DE RÉACTIONS

- EXERGONIQUE
- ENDERGONIQUE



LES SYSTÈMES

- Système = réunion de matière formant un ensemble cohérent qui est considéré comme un tout
- Cellule = système **isotherme ouvert**



OUAIS MAIS LA BIOÉNERGÉTIQUE C'EST QUOI ?

- Etude de l'approvisionnement, du transfert et de l'utilisation de l'énergie par la cellule
- Étude de la dégradation des aliments → **CATABOLISME**
- Conversion de l'énergie → **ATP**
- Utilisation de l'énergie → **ANABOLISME**

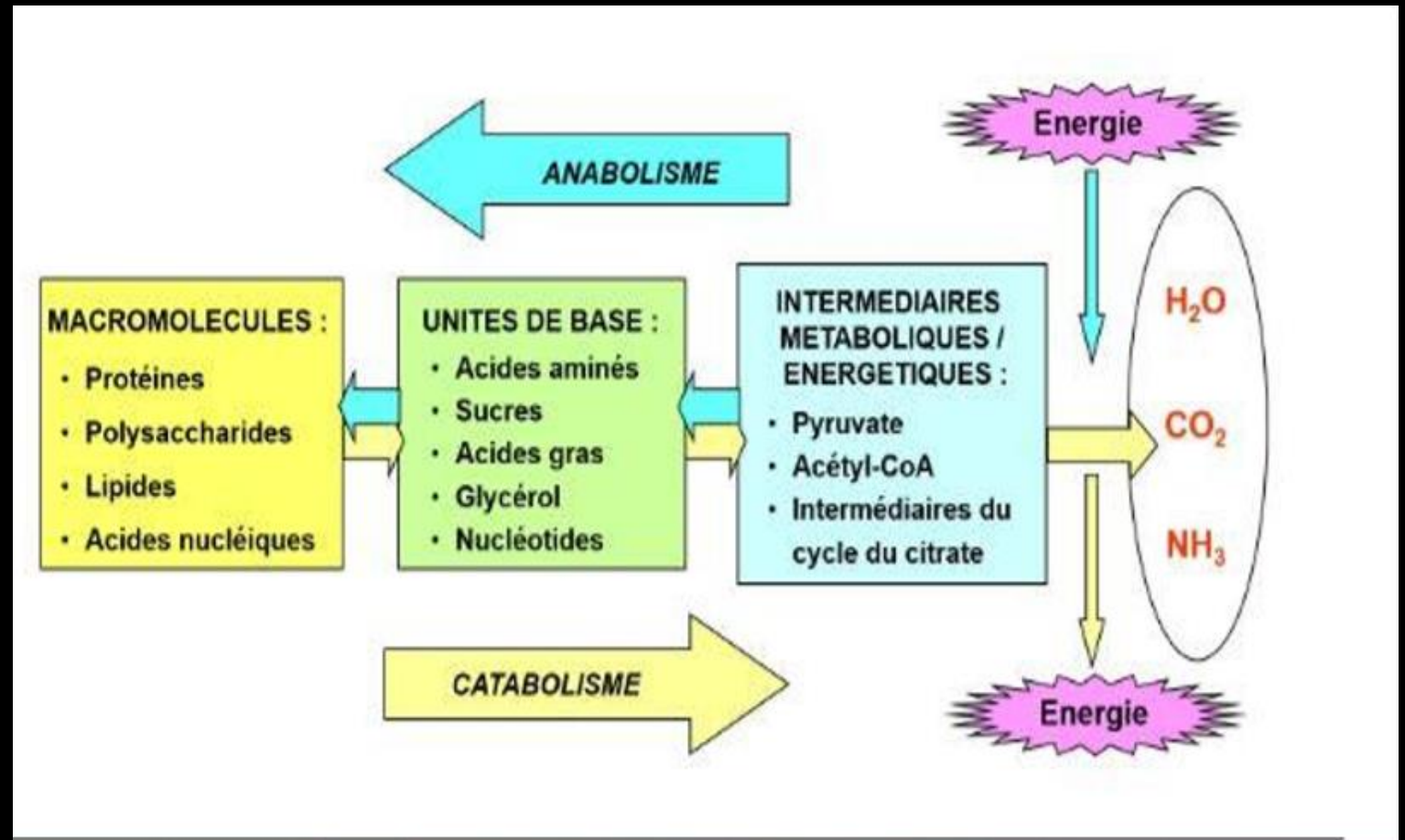


COUPLAGE ÉNERGÉTIQUE



MÉTABOLISME = ANABOLISME + CATABOLISME

- ⚠ **Remarque** : les acides nucléiques contribuent très peu au bilan énergétique ! ++



II- BIOÉNERGÉTIQUE ET THERMODYNAMIQUE

- Les lois de la thermodynamique permettent d'expliquer les principes régissant les **mouvements** de la matière et de l'énergie entre les organismes et leur environnement ainsi qu'au sein des organismes même.
- La bioénergétique est l'application de ces lois au sein de réactions biochimiques.
- Énergie : travail et chaleur
- Entropie : désordre ou hasard

PREMIER PRINCIPE DE LA THERMODYNAMIE ♥

- « L'ENERGIE TOTALE DE L'UNIVERS DEMEURE CONSTANTE »
- → Elle ne peut jamais être créée ou détruite
- → Mais elle peut être transférée et déformée

SECOND PRINCIPE

- « L'ENTROPIE DE L'UNIVERS AUGMENTE »
- → Chaque transfert ou transformation d'énergie est associé à des réactions passant d'un état ordonné à un état désordonné
- L'état désordonné est toujours plus probable ++

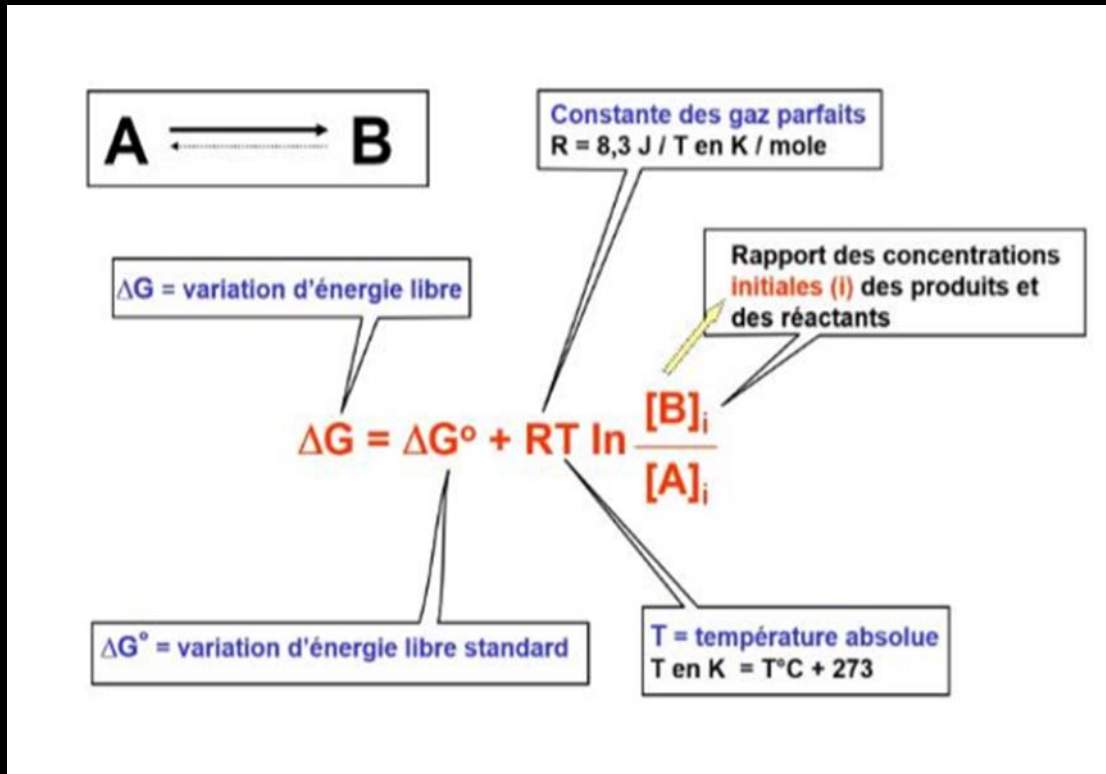
RELATION DE GIBBS ++

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

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

- Tous les systèmes tendent spontanément vers un état d'équilibre car c'est l'état qui est le plus **stable**
- Équilibre \rightarrow le système ne peut plus fournir de travail : $\Delta G = 0$
- Système instable \rightarrow réaction spontanée : $\Delta G < 0 \rightarrow$ exergonique
- Quand $\Delta G > 0 \rightarrow$ il faut un apport d'énergie du milieu extérieur pour rendre ce terme globalement négatif et que le processus se déclenche \rightarrow endergonique

ÉTAT STANDARD



- Permet de calculer la constante d'équilibre **Keq**
- ΔG caractérise l'état d'équilibre
- ⚠ Remarque +++ : une réaction à l'équilibre ne signifie pas que les concentrations sont égales

CONDITIONS PHYSIOLOGIQUES

- Milieu aqueux à un pH 7
- Nouvelle définition de ΔG° nécessaire en condition physiologique : $\Delta G^{\circ'}$
- Concentration initiale de tous les composants de 1.0 M
- Température de 25°
- Pression constante de 1 atm

DANS LA CELLULE

- Aucune réaction n'est isolée : formation des voies métaboliques
- Existence d'une séquence de réactions : chaque étape a une enzyme et un $\Delta G'$ correspondant
- Pour la réaction globale de A vers D, le $\Delta G'$ total correspond à la somme des $\Delta G'$ individuels

La réaction globale est :



$$\Delta G'_{AD} = \Delta G'_{AB} + \Delta G'_{BC} + \Delta G'_{CD}$$

III- BIOENERGETIQUE ET MÉTABOLISME

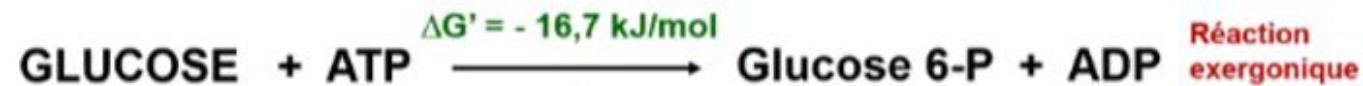
- Le métabolisme regroupe l'ensemble des réactions biochimiques permettant aux êtres vivants de vivre, de se développer et de se reproduire
- Rappel : les voies cataboliques libèrent de l'énergie et les voies anaboliques consomment de l'énergie ++



RÉACTIONS COUPLÉES

- Les réactions endergoniques n'ont pas lieu spontanément et ont besoin d'un apport en énergie pour se dérouler
- Hypothèse que cette énergie peut être fournie par le couplage direct à une réaction exergonique
- Energie dégagée par la réaction exergonique doit en valeur absolue être \geq à l'énergie requise par la réaction endergonique

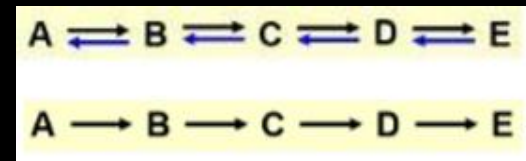
EXEMPLE



↑
Enzyme (hexokinase I à IV)

ÉTAT D'ÉQUILIBRE ET ÉTAT STATIONNAIRE

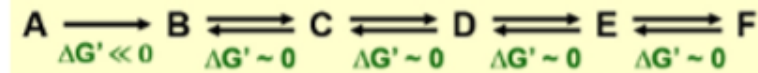
- Une voie métabolique correspond à un ensemble de réactions biochimiques dont chacune a pour substrat le produit de la réaction précédente.



- **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
- Dans les cellules, les voies métaboliques s'éloignent de l'état d'équilibre et sont plutôt à l'état stationnaire

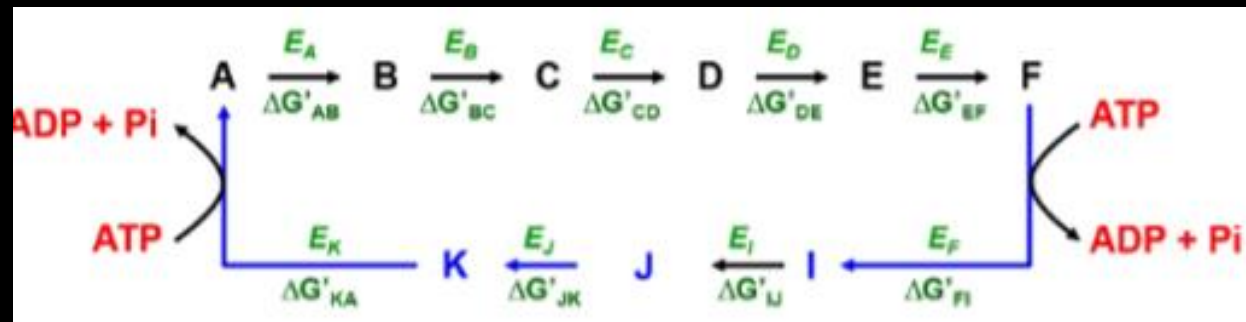
RÉACTIONS IRRÉVERSIBLES

- 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 » +++



- A → B est une réaction irréversible dû au $\Delta G' \ll 0$
- Les réactions suivantes ont un $\Delta G'$ autour de 0 et sont donc réversibles
- Si A augmente, la réaction évolue dans le sens de la production irréversible de B
- Le fonctionnement ou non de la voie métabolique dépend de la réaction irréversible qui est l'étape limitante et essentielle pour la régulation de la voie considérée

- D'un point de vue thermodynamique, les voies métaboliques ne sont PAS réversibles
- D'un point de vue physiologiques, elles le sont



- Afin de n'avoir au même moment qu'une seule voie active les enzymes de chacune des voies sont régulées de façon opposée

IV- MOLÉCULES IMPLIQUÉES DANS LA BIOÉNERGÉTIQUE

Molécules contenant des liaisons riches en énergie

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

A = Adénosine
G = Guanine
C = Cytosine
U = Uracile

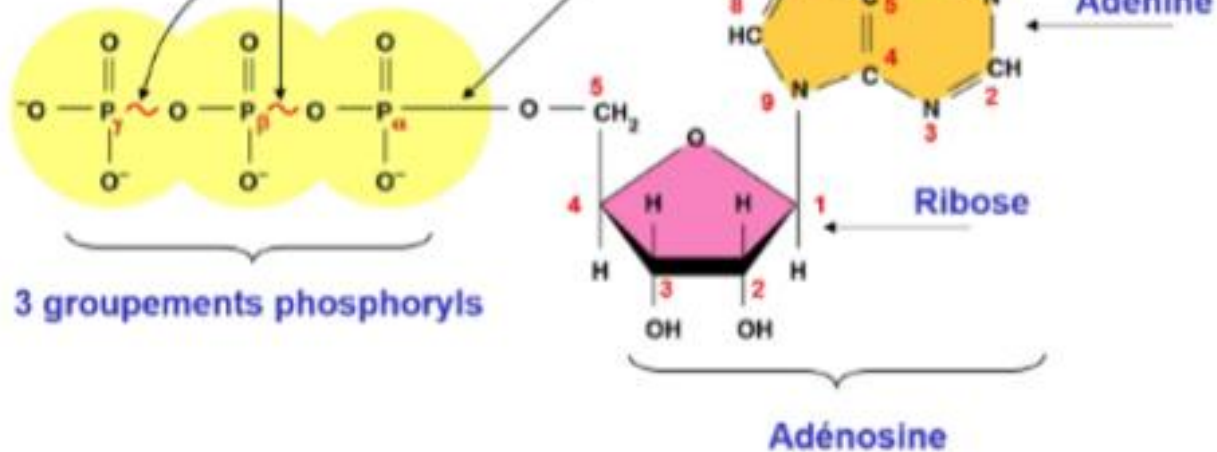
❖ Liaisons **phosphoanhydres** :
entre 2 phosphates
Exemple des nucléotides triphosphates
qui possèdent 3 phosphates mais
seulement 2 liaisons riches en énergie.

L'ADÉNOSINE TRIPHOSPHATE (ATP)

FORMULE

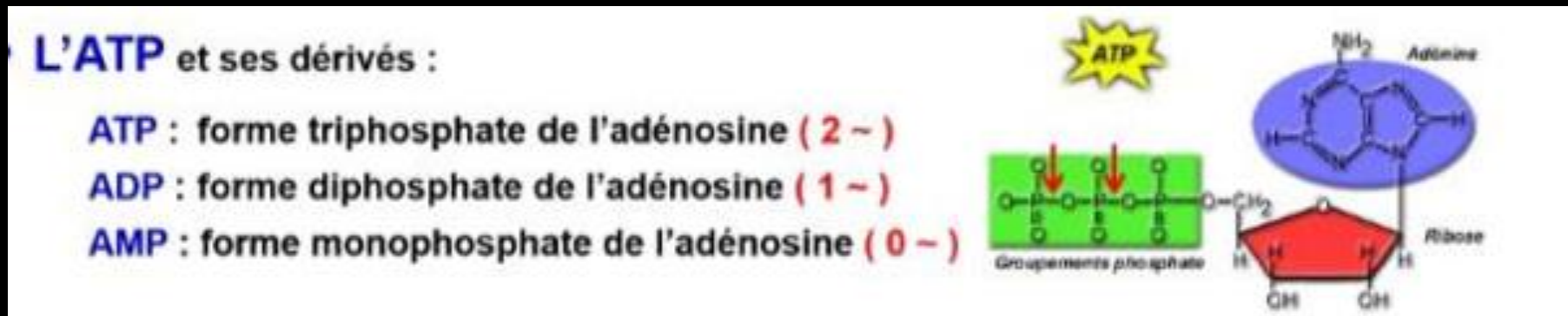
Liaisons type **phosphoanhydride** :
liaisons **"riches" en énergie**

Liaison type **phosphoester** :
liaison **"pauvre" en énergie**



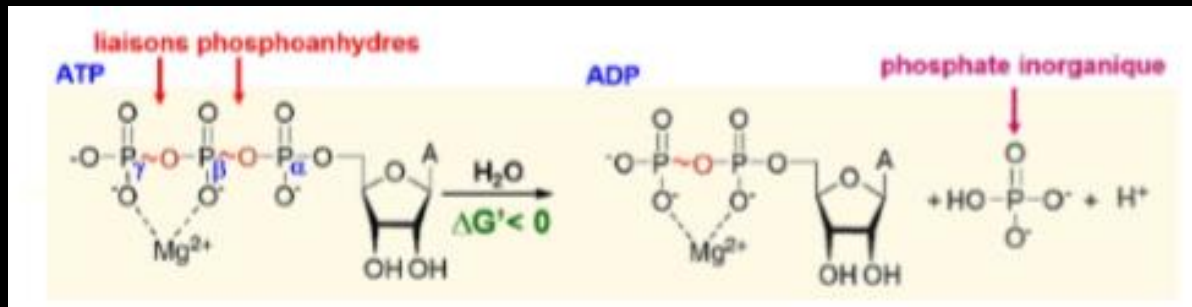
GÉNÉRALITÉS SUR L'ATP

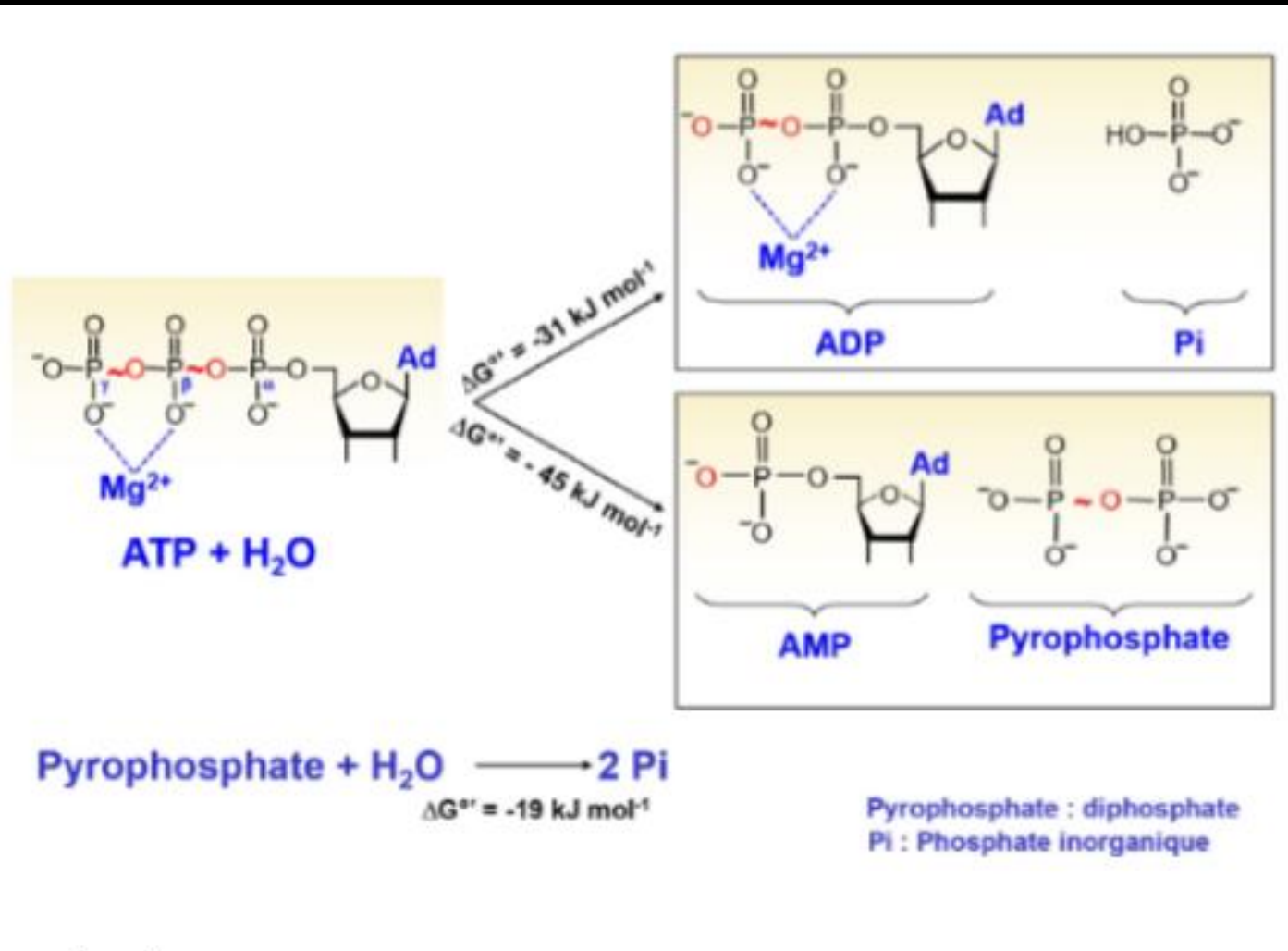
- Concentration cellulaire : 1 à 10 mmole/kg tissu
- 10 ATP pour 1 ADP
- Teneur dans l'organisme humain de 75g mais synthèse de 45kg par jour !!



HYDROLYSE DE L'ATP

- Contient 2 liaisons phosphoanhydride riches en énergie (γ et β) qui peuvent être hydrolysées





FORMATION DE L'ATP

- Via l'hydrolyse de l'ATP, il y a un apport d'énergie nécessaire aux réactions endergoniques
- Rôle crucial de l'ATP car très grande quantité produite par jour
- Synthèse de novo à partir de nucléotides puriques
- Synthèse à partir de la transformation de l'ADP en ATP

L'ATP : Formation

1. Voie de synthèse des nucléotides puriques (cytoplasme)



2. Transformation de l'ADP en ATP

- **Phosphorylations oxydatives**

Au sein de la MIM \rightarrow synthèse d'ATP à partir d'un gradient électrochimique (association CRM et PO) ; **Chez l'homme \rightarrow 90% ATP**

- **Phosphorylation liée au substrat** (cellules exprimant **CPK**)



- **Adénylate kinase** \rightarrow réaction essentiellement utilisée par le muscle strié



D' AUTRES MOLÉCULES RICHES EN ÉNERGIE

- Créatine phosphate (CP)
- Créatine phosphokinase (CPK)
- Adénylate kinase (AK)
- Acétyl-coA
- Phosphoénolpyruvate

Quelques petits QCM

SOCRATIVE : BIOCHLAVIE



Montrez moi que vous êtes des boss

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite.

QCM 1

A propos des généralités sur la bioénergétique, donnez la ou les proposition(s) exacte(s) :

- A) L'anabolisme est la voie de dégradation des aliments.**
- B) Le catabolisme est la voie de dégradation des aliments.**
- C) Métabolisme = anabolisme – catabolisme.**
- D) Les lipides contribuent très peu au bilan énergétique.**
- E) Les propositions A,B,C et D sont fausses.**



...

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite.

QCM 1 CORRECTION

A propos des généralités sur la bioénergétique, donnez la ou les proposition(s) exacte(s) :

- A) L'anabolisme est la voie de dégradation des aliments.
- B) Le catabolisme est la voie de dégradation des aliments.
- C) Métabolisme = anabolisme – catabolisme.
- D) Les lipides contribuent très peu au bilan énergétique. **BIEN AU CONTRAIRE
++++**
- E) Les propositions A,B,C et D sont fausses.

QCM 2

A propos des conditions physiologiques, donnez la ou les proposition(s) exacte(s) :

- A) Le milieu aqueux a un pH de 0.
- B) La concentration initiale de tous les composants est de 1M.
- C) La température est de 25°.
- D) Il y a une pression constante de 1 mmHg.
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses.



• ...

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite.

QCM 2 CORRECTION

A propos des conditions physiologiques, donnez la ou les proposition(s) exacte(s) :

- A) Le milieu aqueux a un pH de 0. **pH de 7**
- B) La concentration initiale de tous les composants est de 1M.
- C) La température est de 25°.
- D) Il y a une pression constante de 1 mmHg. **ATTENTION Unités +++**
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses.

QCM 3

A propos de la thermodynamie, donnez la ou les proposition(s) exacte(s) :

- A) Les réactions endergoniques ont lieu spontanément et ont un besoin d'apport en énergie.**
- B) Cette énergie est fournie par le couplage direct d'une réaction exergonique.**
- C) D'un point de vue thermodynamique, les réactions sont toutes réversibles.**
- D) D'un point de vue physiologique, les réactions ne sont pas réversibles.**
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses.**



• ...

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite.

QCM 3 CORRECTION

A propos de la thermodynamie, donnez la ou les proposition(s) exacte(s) :

- A) Les réactions endergoniques ont lieu spontanément et ont un besoin d'apport en énergie.
- B) Cette énergie est fournie par le couplage direct d'une réaction exergonique.
- C) D'un point de vue thermodynamique, les réactions sont toutes réversibles.
- D) D'un point de vue physiologique, les réactions ne sont pas réversibles.
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses.