



Et coucouuuu les zouzous !!! Si je ne m'abuse c'est la première fiche venant de moi que vous lisez. Alors bienvenue dans l'univers de la bioch ! A partir de maintenant, on oublie les préjugés que vous avez pu entendre sur la bioch, parce que je veillerai à ce que ce soit le plus agréable possible pour vous avec mes superbes cotut ! Rapidement parce que j'arrive comme un cheveu sur la soupe, petite présentation rapide. Moi c'est Ophélie, et l'année dernière j'étais en las2 SV. Je serai une de vos tutrices de bioch ce semestre et gère également le groupe des néo las2 SV, un groupe va être créé pour votre promo, alors checkez vos dm les personnes concernées. Concernant les cours, mes explications seront en italique et en violet, ce sont des ajouts ou explications de ma part. Cette fiche est la seule de mes 3 fiches de la TTR qui n'est pas complète, elle le sera après l'EB1. C'est pas le cours le plus fun, OK, mais ça met de bonnes bases ! Bon couraage, et si y'a des questions --> forum

## I. Introduction

Un organisme a 2 missions essentielles :

- Se **conserver/vivre** (*l'organisme a besoin de matière et d'énergie*)
- Se **perpétuer**

Le métabolisme regroupe l'**ensemble des réactions chimiques ayant lieu à l'intérieur d'un être vivant** et qui gèrent la matière et l'énergie pour maintenir l'organisme en vie. Il comprend :

- Le **CATABOLISME +++** : dégradation *CAtabolisme : tu CAsses les liaisons = dégradation*
- L'**ANABOLISME +++** : biosynthèse

En considérant que l'énergie cellulaire est une énergie chimique, il existe 2 types de réactions :

- **EXERGONIQUE** : libère de l'énergie dans le milieu (*= réaction spontanée*)
- **ENDERGONIQUE** : a besoin d'énergie pour avoir lieu

Il faut de l'énergie **libre** pour faire un travail utile.

### 1. L'énergie c'est la vie

Pour se conserver ou vivre, une cellule doit continuellement travailler, c'est-à-dire réaliser les réactions indispensables à sa survie : **elle a donc des besoins continus en énergie.**

Au niveau cellulaire, l'énergie correspond à la capacité de réaliser un travail. Celui-ci peut prendre différentes formes :

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

Ainsi :

- 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 utiliser l'énergie, celle-ci devra être transportée ou transférée vers l'endroit où elle sera utilisée.

Enfin, 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 que nous allons étudier.

## 2. Différents systèmes appliqués à la bioénergétique *ça c'est super giga ultra +++ important les zouzous*

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 SYSTÈME ISOLÉ ET FERMÉ +++**

*#CriePasOnACompris*

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

### 3. Grands principes de la bioénergétique

**La bioénergétique** : étude de l'approvisionnement, du transfert et de l'utilisation de l'énergie par la cellule. Elle aborde l'étude de :

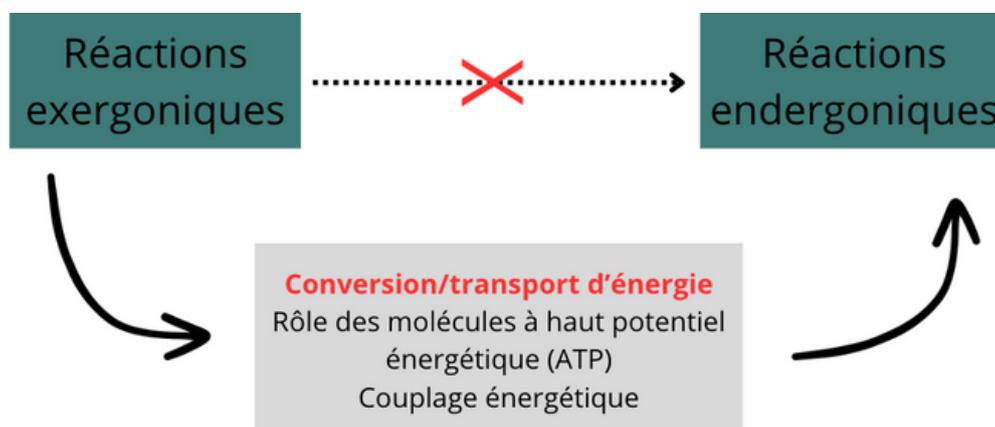
- La dégradation des aliments (polysaccharides, protéines, lipides) pour en extraire l'énergie par rupture des liaisons chimiques = correspond au **CATABOLISME**.
- La conversion de l'énergie dans les formes de stockage et de transfert biologiquement utilisables où l'ATP (Adénosine TriPhosphate) joue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

Les réactions **exergoniques** produisent de l'énergie permettant le déroulement des réactions **endergoniques**.

- Cela implique des phénomènes de conversion et de transport d'énergie.
- Il existe un couplage énergétique entre les deux types de réactions.
- Ces réactions ne sont possibles que grâce aux molécules à haut potentiel énergétique comme l'ATP.

### 4. Le couplage énergétique

Les réactions exergoniques produisent de l'énergie permettant le déroulement des réactions endergoniques. Cela implique des phénomènes de conversion et de transport d'énergie. Il existe donc un couplage énergétique entre les deux types de réactions. Ces réactions ne sont possibles **que grâce aux molécules à haut potentiel énergétique comme... l'ATP**



## 5. Métabolisme = Anabolisme + Catabolisme

L'énergie nécessaire aux animaux provient de l'alimentation contenant des **macromolécules**.

- Ces macromolécules sont dégradées en unités de base, elles-mêmes dégradées en intermédiaires métaboliques et énergétiques.
- Au final, sont produits de l'**eau** (H<sub>2</sub>O), du **CO<sub>2</sub>** et de l'**ammoniac** (NH<sub>3</sub>), avec **libération d'énergie**.

L'ensemble correspond au **CATABOLISME**

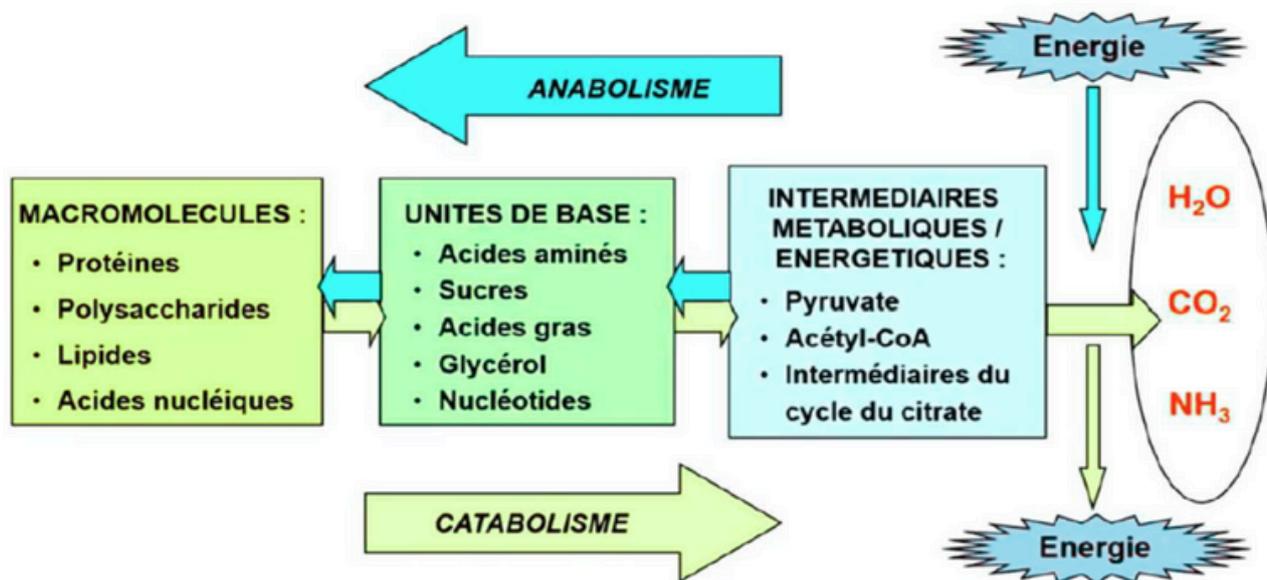
Dans le sens inverse, la production de **macromolécules** à partir de **molécules simples**, en utilisant l'énergie libérée, correspond à l'**ANABOLISME**.

Il y a une nécessité de relier les réactions du métabolisme aux lois physiques de la thermodynamique.

### **Tut'explique :**

*Là c'est peut être un peu vague si t'en es à tes premières lectures. On va prendre l'exemple de quelque chose que l'on va manger (à l'heure où j'écris cette fiche j'ai très envie d'un poké alors qu'on est un big 13 août à 15h37 donc on va prendre l'exemple du poké #RacontePasTaVie). La nourriture que tu ingères constitue les **macromolécules** (vrmt une fois que t'as mâché avant que tout ne se transforme). Ces macromolécules, comme leur nom l'indique sont grosses, trop grosses pour être assimilées par ton organisme. Donc ton corps va devoir les couper pour lui permettre de distribuer les nutriments et l'énergie nécessaire à tes organes. Donc le big saumon de mon poké va être constitué de protéines, polysaccharides, lipides etc... qui vont être réduits en unités de base (donc en acides aminés, sucres, acides gras etc...). Et ces unités elles mêmes seront dégradées en des intermédiaires métaboliques comme le pyruvate, l'acétyl CoA etc... qui donneront de l'eau, du CO<sub>2</sub>, du NH<sub>3</sub> et de l'énergie. Et là ton corps peut distribuer l'énergie nécessaire. Tout ça constitue le **catabolisme**, c'est quand t'as besoin de dégrader les macromolécules. Et donc tu comprends bien que l'anabolisme fait tout l'inverse.*

## Métabolisme = Anabolisme + Catabolisme



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

## II. Bioénergétique et thermodynamique

### 1. Généralités et définitions

Pour comprendre les voies de fonctionnement des voies « métaboliques, il faut donc les relier aux lois de la 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 mêmes.
- La bioénergétique n'est rien d'autre que l'application de ces lois aux réactions biochimiques.

⇒ **Énergie : toute forme de travail et de chaleur**

⇒ **Entropie : degré de désordre ou de hasard**

++++

- Premier principe de la thermodynamique

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

- Elle ne peut **jamais** être créée ou détruite
- Mais elle peut être **transférée ou déformée**

- Second principe

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

- Chaque transfert ou transformation d'énergie est associée 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. La capacité d'un système à fournir de l'énergie utile pour réaliser un travail diminue au fur et à mesure que ce système se rapproche de son état d'équilibre.

Ainsi, on différencie 3 états du système :

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

### 3. Notion d'état standard

Pour pouvoir comparer différentes situations dans lesquelles on veut mesurer l'énergie libre de gibbs d'un système, il faut définir un état standard ou dit de référence. Cet état standard est celui dans lequel un élément ou un composé est le plus stable à température et pression ordinaires (*vu juste après*).

- Permet de calculer la constante d'équilibre  $K_{eq}$ .
- $\Delta G$  caractérise l'état d'équilibre : existe quand la 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 **pH = 7** (différent des conditions standard en chimie où  $pH = 0$ )
- Concentration initiale de tous les composants de **1.0 M**
- Température de **25°C**
- Pression constante de **1 atm**

## III. Bioénergétique et métabolisme

Le métabolisme regroupe l'ensemble des réactions biochimiques permettant aux êtres de vivre, de se développer et de se reproduire.

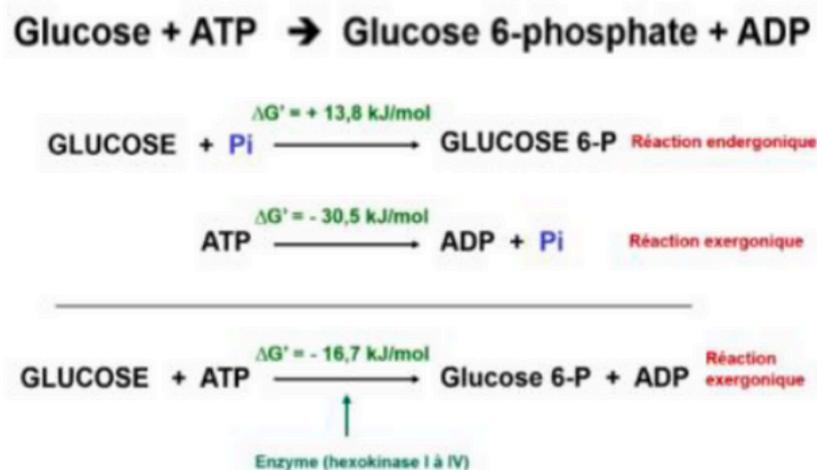
### 1. Les réactions couplées

Les réactions endergoniques n'ont pas lieu spontanément et ont besoin d'un apport en énergie pour se dérouler. On émet l'hypothèse que cette énergie est fournie par le couplage direct à une réaction exergonique.

L'énergie dégagée par la réaction exergonique doit en valeur absolue être  $\geq$  à l'énergie requise par la réaction endergonique.

Par exemple :

- L'hydrolyse de l'ATP en ADP + Pi est une réaction fortement exergonique avec un  $\Delta G' < 0$  : elle a lieu spontanément.
- L'ajout d'un phosphate sur le glucose pour former du glucose-6-P est endergonique avec un  $\Delta G' > 0$  : elle n'a PAS lieu spontanément.
- Pourtant la réaction de phosphorylation du glucose est possible par couplage direct à l'hydrolyse de l'ATP étant que le  $\Delta G'$  cumulé est négatif ( $< 0$ ) (*En gros réaction seule = impossible, réaction + ATP = possible*).



## 2. Etat d'équilibre et stationnaire

Une voie métabolique correspond à un ensemble de réactions biochimiques dont chacune a pour substrat la production de la réaction précédente. Ainsi 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.



On rappelle que dans les cellules, les voies métaboliques s'éloignent de l'état d'équilibre et sont plutôt à l'état stationnaire.

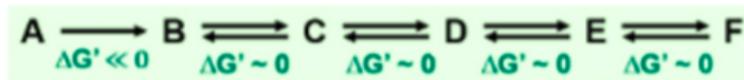
**Loi de Lechatelier :** « Toute modification d'un facteur d'un équilibre chimique réversible provoque, si elle se produit seule, un déplacement de l'équilibre dans un sens qui tend à s'opposer à la variation du facteur considéré » +++

**Tut'explique :**

En résumé, la Loi de Le Chatelier dit que si un facteur d'un système chimique en équilibre est modifié, le système réagit en se déplaçant dans la direction qui tend à annuler cette modification.

On va prendre l'exemple d'un élastique parce que ça parle bien. Plus tu tires un élastique, plus il va forcer pour revenir à son état de "repos", l'élastique agit alors contre la force exercée. Et bah ici c'est exactement la même chose. Si l'un des facteurs d'une réaction change, le système chimique va réagir pour essayer de contrebalancer ce changement.

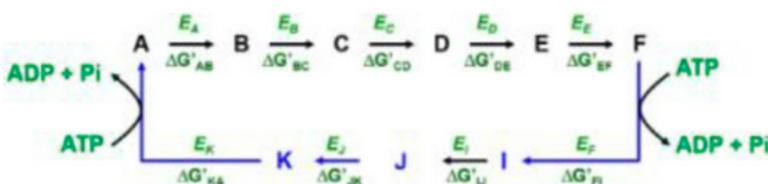
« Déplacement de l'équilibre » signifie que la réaction va se modifier pour favoriser soit la production des réactifs, soit celle des produits.



- 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, cette augmentation de B induit une cascade de réactions en aval permettant au final la production du produit F.

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. +++



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

Afin de n'avoir au même moment qu'une seule voie active et pas toute les voies qui fonctionnent dans tous les sens, les enzymes de chacune des voies sont régulées de façons opposées.

## IV. Molécules impliquées dans la bioénergétique

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

Pour libérer cette énergie, il faudra casser ces liaisons.

Les liaisons riches en énergies sont regroupées dans le tableau.

Celles qu'on retrouve le plus sont les **liaisons phosphoanhydrides entre 2 phosphates**.

Les liaisons riches en énergies sont représentées par : ~

Exemple : nucléotides triphosphates (TP) qui possèdent 3 phosphates mais seulement 2 liaisons riches en énergie comme l'ATP, l'UTP ou encore DiPhosphates qui n'en n'ont qu'une.

### Molécules contenant des liaisons riches en énergie

LIAISONS	FORMULES	EXEMPLES
AMIDINE-PHOSPHATES	$\text{R-NH-C(=NH)-NH}\sim\text{P}$	Créatine Phosphate
PHOSPHOANHYDRES	$\text{R-O-P(=O)}_2\sim\text{O-P(=O)}_2\sim\text{O-P(=O)}_2\text{-O}^-$	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	$\text{R-C(=O)-S-CoA}$	Acétyl-CoA

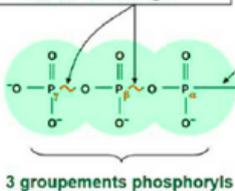
### 1. Généralités sur l'ATP

#### Adénosine TriPhosphate (ATP)

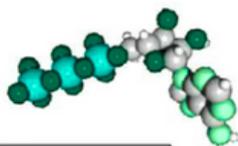
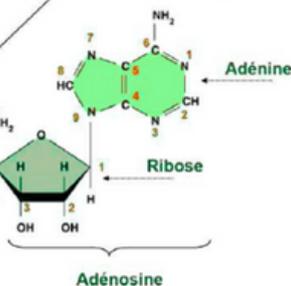
Molécule à haut potentiel énergétique

FORMULE

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



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



Dans l'ATP, on retrouve :

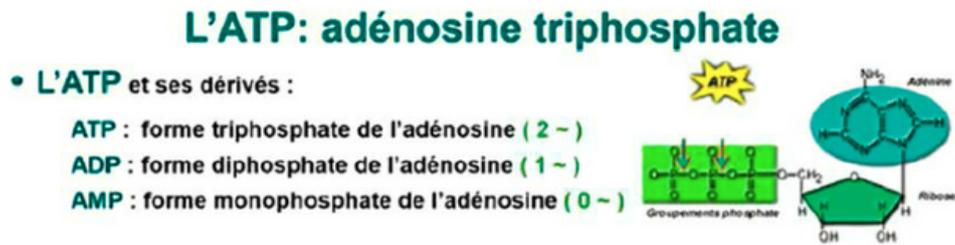
- Une liaison du phosphate  $\alpha$  sur le ribose de type **phosphoester, pauvre en énergie**.

- Deux liaisons au niveau des phosphates distaux,  $\beta$  pour le deuxième et  $\gamma$  pour le troisième : des liaisons **phosphoanhydrides, riches en énergie**.

C'est l'hydrolyse de l'ATP au niveau des groupes phosphates  $\beta$  et  $\gamma$  qui libère de l'énergie.

Chiffres importants à connaître +++

- 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 ( $\beta$  et  $\gamma$ )** qui peuvent être hydrolysées.

L'hydrolyse de l'ATP au niveau du phosphate  $\gamma$  libère une molécule d'ADP et du phosphate inorganique. Ensuite l'ADP peut être hydrolysé pour donner de l'AMP.

L'hydrolyse de la première liaison phosphoanhydride ( $\gamma$ ) de l'ATP et de la deuxième à partir de l'ADP ( $\beta$ ) libère la même énergie soit :  $-32\text{Kj.mol}^{-1}$ .

L'ATP peut être aussi hydrolysé au niveau du phosphate libérant de l'AMP et du pyrophosphate (**2 phosphates = pyrophosphate = Ppi**).

L'association d'un cation divalent  $\text{Mg}^{2+}$  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. L'AMP est ensuite converti en ADP puis en ATP, de même pour le GMP. <i>(on verra ça + tard)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Par phosphorylation oxydative : au sein de la membrane interne mitochondriale -&gt; synthèse d'ATP à partir d'un gradient électrochimique, représente 90% de la production d'ATP chez l'Homme.</li> <li>- Par phosphorylation liée au substrat (cellules exprimant la CPK).</li> <li>- Par l'adénylate kinase -&gt; réactions essentiellement utilisées par le muscle strié.</li> </ul>

### 4. D'autres molécules riches en énergie

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

*Et voilà c'est fini pour cette fiche ! Je suis d'accord avec vous, c'est pas le cours le plus passionnant, mais vous allez voir, quand la métabo arrivera ce sera beaucoup mieux ! Ce cours sert de base pour comprendre beaucoup de notions de biochimie alors on IMPASSE PAS grrr*

*Et maintenant les dédiiiiis*

*Dédi à toi d'avoir fini cette fiche, tes efforts seront récompensés*

*Dédi à ma nouvelle famille qu'est le tutorat, hâte d'apprendre à vous connaître*

*Dédi à mes cotut Virgile et Anouck, on va faire une super équipe !!!*

*Dédi à la ttr et à vous ! Vous êtes courageux de vous y mettre maintenant alors que la plupart des étudiants sont entrain de profiter de leurs vacances. Croyez moi vous ne faites pas ça pour rien, et c'est normal de ne pas avoir le temps de voir tous les cours de la ttr pour le premier examen blanc, no stress c'est surtout pour vous familiariser aux conditions d'examens et apprendre à remplir les feuilles QCMs. Si les résultats sont vraiment pas terribles c'est absolument NORMAL ! Ca servirait à rien qu'on fasse des EB sinon ahah. Bisous les zouzous je vous envoie toute ma force <3*