



# Un toast à la nutrition



**« À NOTRE SANTÉ ! » MANGER POUR NOTRE SANTÉ.**  
*C'est la transparence du corps, aller au plus profond de soi.*

**La cellule qui mange : comment les aliments deviennent-ils  
une source d'énergie dans les cellules du corps humain?**



*BDT Creative*



1<sup>er</sup> service



**« À MA SANTÉ ! » MANGER POUR MA SANTÉ.**

*C'est l'éveil, l'engagement.*

**Les aliments que je mange, m'apportent-ils tous les nutriments dont mon corps a besoin?**

(L'analyse nutritionnelle de mon alimentation)

2<sup>e</sup> service



**« À NOTRE SANTÉ ! » MANGER POUR NOTRE SANTÉ.**

*C'est la transparence du corps, aller au plus profond de soi.*

**La cellule qui mange : comment les aliments deviennent-ils une source d'énergie dans les cellules du corps humain?**

3<sup>e</sup> service



**« À TA SANTÉ ! » MANGER POUR TA SANTÉ.**

*C'est l'ouverture aux autres, l'écoute.*

**Comment d'autres personnes doivent-elles adapter leur régime alimentaire selon leurs besoins particuliers?**

Ce fascicule est le 2<sup>ième</sup> de la série

**« Un toast à la nutrition ».**

Il vous propose d'explorer la nutrition au cœur de la cellule.  
C'est un voyage au plus profond de soi, qui vous permettra de découvrir comment les aliments que vous mangez deviennent une source d'énergie à l'intérieur des cellules de votre corps.

**Mes intentions pédagogiques sont de:**

- ♥ vous permettre d'atteindre un degré précis de formation,
- ♥ vous inviter à vous engager activement dans votre processus d'apprentissage,
- ♥ vous aider à vous approprier de nouvelles connaissances :
  - ✦ par l'ajout de questions afin de cibler les notions importantes et
  - ✦ par la mise en application de ces connaissances à l'intérieur d'exercices pratiques;
- ♥ vous rendre autonome et vous permettre d'évoluer à votre rythme;
- ♥ vous rencontrer individuellement :  
à partir de vos difficultés, vous êtes invité à me rencontrer afin de bénéficier d'explications ajustées à vos besoins.



**Énoncé de compétence:**  
**Assister la personne dans l'identification de ses besoins de santé**

**Objectif ministériel 01Q1:**  
**Développer une vision intégrée du corps humain  
et de son fonctionnement**



**Denyse W Pelletier**  
D.L.P.  
Collège Édouard-Montpetit

**3e élément de l'objectif ministériel:**  
**Établir des liens entre la nutrition  
et le fonctionnement de l'organisme**

*Contexte de réalisation*  
En vue d'évaluer la condition de santé d'une personne  
et de saisir des problématiques en matière de santé.  
À partir d'information clinique, médicale et  
scientifique.  
À l'aide d'ouvrages de référence.  
En utilisant la terminologie des sciences de la santé.

**Solutionner des problèmes simples puis  
plus complexes, d'ordre nutritionnel,  
pouvant affecter la santé de l'individu.**

*En vue d'évaluer la condition de santé d'une personne et de saisir des  
problématiques en matière de santé.  
À partir d'information clinique, médicale et scientifique.  
À l'aide d'ouvrages de référence.  
En utilisant la terminologie des sciences de la santé.*

**Appliquer les principes d'un régime  
alimentaire équilibré: composer un  
menu qui respecte les besoins  
nutritionnels et énergétiques d'une  
personne dans le but qu'elle  
maintienne un bon état de santé**

**Établir des liens entre  
la nutrition et  
le fonctionnement  
de l'organisme**

**Expliquer les réactions  
biochimiques se produisant  
lors du métabolisme des  
nutriments**



BDT creative

**Différencier les besoins  
nutritionnels et énergétiques  
d'une personne par rapport  
à une autre selon ses  
caractéristiques**

**Identifier les principales  
sources alimentaires des  
nutriments ainsi que leurs  
fonctions dans l'organisme**

**LA STRUCTURE RAYONNANTE DU SCHÉMA INTÉGRATEUR  
VEUT REFLÉTER LE CONCEPT D'UNE HÉLICE  
CONSTITUÉE DE CINQ PALES (les 5 objets d'apprentissage)  
DISPOSÉES AUTOUR D'UN MOYEU (le 3ième élément de l'objectif ministériel)  
ACTIONNÉ PAR UN MOTEUR (l'élève).**

Ce document est inspiré des livres :

« *Marieb E.N., Anatomie et physiologie humaines, 2<sup>ième</sup> édition, Éditions du nouveau pédagogique inc., 1999* » et

« *Tortora G. J., Reynolds Grabowski S., Principes d'anatomie et de physiologie, Éditions du nouveau pédagogique inc., 2001* ».

Il s'adresse aux étudiant(e)s du cours « Nutrition et soins infirmiers » afin de les aider à établir des liens entre la nutrition et le fonctionnement de l'organisme. Plus précisément, il veut leur permettre d'expliquer les réactions biochimiques se produisant lors du métabolisme des nutriments.

Cet ouvrage pédagogique se veut un complément au volume de base en biologie. Il représente un survol des notions de base en nutrition. Ces textes constituent des lectures obligatoires, sur lesquelles l'élève pourra s'appuyer afin de consolider sa compréhension du métabolisme des nutriments.

## Remerciements

**Je tiens à exprimer ma plus vive reconnaissance aux personnes qui ont contribué à la réalisation de ce projet TIC par leur collaboration, leurs précieux conseils et leurs encouragements:**

**Pierre Brazé**, Directeur adjoint des études,  
Service des programmes

**Cynthia Ingenito** ainsi que

la **Direction des systèmes et technologies de l'information**  
**du Collège Édouard-Montpetit**,

particulièrement

**Serge Y Roy**, conseiller pédagogique TIC,

**Steve Michaud**, technicien en arts graphiques, pour les animations visuelles intégrées à ce document, ainsi que

**Robert Houle**, technicien en audiovisuel, pour les ajustements de mes photographies.



**Denyse W. Pelletier Dt.P.**


©Tous droits réservés

Numéro d'enregistrement : 1057137



Notez bien :

Tout au long de ce texte, vous rencontrerez divers indices visuels afin de faciliter votre compréhension. Par exemple :

-  la tomate souriante vous questionne « ? »,
- l'encadré résume la réponse à cette question,
- le cytoplasme, la mitochondrie, les processus aérobie et anaérobie se repèrent rapidement grâce au contour particulier de leurs lettres,
- les DÉFINITIONS sont écrites avec une POLICE PARTICULIÈRE,
- le caractère **gras** donne de l'**importance** à certains mots,
- alors que *l'italique* peut identifier certains *mots clés*,
- les images sur le sport illustrent l'importance de l'énergie à l'intérieur de la cellule musculaire.



# Un toast à la nutrition



## LA CELLULE QUI MANGE : COMMENT LES ALIMENTS DEVIENNENT-ILS UNE SOURCE D'ÉNERGIE DANS LES CELLULES DU CORPS HUMAIN ?

Les aliments que nous mangeons, nous procurent les nutriments dont les cellules du corps humain ont besoin. Parmi ces nutriments, il y a les nutriments énergétiques : les *glucides*, les *lipides* et les *protéines*. Ces nutriments contribuent entre autres, à normaliser la glycémie. Toutefois, entre les repas, le corps ira chercher son énergie à l'intérieur de ses réserves. En effet, les réserves de glycogène hépatique ainsi que les réserves de lipides du tissu adipeux seront mobilisées rapidement afin de normaliser la glycémie et ainsi rendre disponible le glucose nécessaire aux cellules.

Que l'on soit en état de jeûne ou postprandial, plusieurs mécanismes sont ainsi mis en branle dans le but de rétablir l'équilibre de la glycémie. Cet état d'équilibre se nomme : «**l'homéostasie de la glycémie**».

Lors de son catabolisme, le glucose passe par trois voies métaboliques (***glycolyse***, ***cycle de Krebs*** et ***phosphorylation oxydative***) afin de produire de grandes quantités d'énergie appelée : **ATP**. C'est ainsi que le glucose devient une source d'énergie pour les cellules du corps humain.



## Étapes du métabolisme des nutriments énergétiques

### Digestion des aliments et absorption des nutriments

Dans le tube digestif, les **aliments** sont transformés en **nutriments**. Ces nutriments sont dégradés en molécules plus petites par les enzymes digestives puis absorbés par la muqueuse intestinale.

### Transport vers les cellules

Une fois absorbés, ces **nutriments** sont transportés par le sang (ou la lymphe) vers les **cellules du corps humain**.

## Utilisation des nutriments énergétiques par les cellules



Dans le cytoplasme des cellules, les nutriments sont impliqués dans des réactions d'anabolisme ou de catabolisme. Par exemple, par la voie de la **glycolyse**, le *catabolisme du glucose* amène la formation de deux molécules plus petites appelées *acide pyruvique*.

Dans la mitochondrie, les molécules d'*acide pyruvique* se transforment en molécules d'*acétyl CoA*. La dégradation de l'*acétyl CoA* se poursuit par les deux autres voies métaboliques : le **cycle de Krebs** et la **phosphorylation oxydative**.

Lors de cette dégradation, l'*acétyl CoA* libère des atomes d'hydrogène «**H**» qui sont captés par des accepteurs *d'hydrogène*. Ces atomes d'hydrogène sont ensuite transférés aux enzymes de la **chaîne de transport des électrons** de la mitochondrie, qui les cèdent à leur tour à l'*oxygène moléculaire*.

Ces réactions chimiques libèrent de l'énergie qui sera récupérée en formant les liens hautement énergétiques dans les molécules d'**ATP** qui possèdent des *liaisons chimiques* riches en *énergie*: les groupements phosphates ou **Pi**. L'**ATP** fournit de l'*énergie* aux cellules.



Synchro-Québec

## La respiration cellulaire





## COMMENT L'OXYDATION DES NUTRIMENTS ÉNERGÉTIQUES PRODUIT-ELLE DE L'ÉNERGIE DANS LA CELLULE ?

Ce sont les nutriments énergétiques, tels le *glucose*, le *glycérol* et les *acides gras*, qui servent à former des molécules d'énergie appelées : **ATP**. Pour y arriver, ces nutriments subissent des réactions d'oxydation, on dit qu'ils sont oxydés.

## Oxydation du glucose



Le catabolisme complet du glucose se résume ainsi :

L'énergie est dans les liens qui attachent les atomes d'hydrogène aux atomes de carbone. Lors de son catabolisme, le glucose libère ses atomes d'hydrogène qui passent à un accepteur d'**H**. Les atomes **H** passent d'un accepteur à un autre, l'oxygène **O<sub>2</sub>** étant l'accepteur final des atomes **H**.

Ces transferts produisent de l'énergie servant à lier un 3<sup>e</sup> **Pi** à l'ADP, permettant la formation de molécules d'**ATP** riches en énergie.

Ce catabolisme du glucose se fait en cheminant à travers les 3 voies métaboliques. L'oxygène **O<sub>2</sub>** n'étant disponible que dans la mitochondrie, la plus grande production d'énergie se fera donc à cet endroit.

Les molécules d'**ATP** sont formées dans nos cellules. Elles sont formées grâce au transfert de groupements phosphates **Pi** à l'ADP, qui offre une stabilité plus grande à ces liens très énergétiques.




**ATP**

Les molécules d'**ATP** sont formées tout au long des 3 voies métaboliques:

☼ lors de la glycolyse, dans le cytoplasme des cellules; 

☼ lors du cycle de Krebs, dans la mitochondrie; 

☼ lors de la phosphorylation oxydative, dans la mitochondrie; 

**NAD<sup>+</sup>** et **FAD** sont des accepteurs d'**H<sub>2</sub>**. Ils acceptent les atomes d'hydrogène «**H**» libérés lors de la **glycolyse** et du **cycle de Krebs**. La substance oxydée qui perd ses atomes d'hydrogène, par exemple le glucose, perd également des électrons chargés d'énergie qui sont attirés par une autre substance les attirant plus fortement. Il s'agit des coenzymes **NAD<sup>+</sup>** et **FAD**.



**NAD<sup>+</sup>** et **FAD** captent ainsi une partie de l'énergie.

En présence d'oxygène, **NADH + H<sup>+</sup>** et **FAD H<sub>2</sub>** cèdent facilement leurs atomes d'hydrogène «**H**» à d'autres accepteurs d'hydrogène, les enzymes de la **chaîne de transport des électrons** de la mitochondrie, qui les cèdent à leur tour à l'oxygène moléculaire pour former de l'eau :

2 **H** sont associés à  $\frac{1}{2}$  **O<sub>2</sub>** et forment de l'eau **H<sub>2</sub>O**.

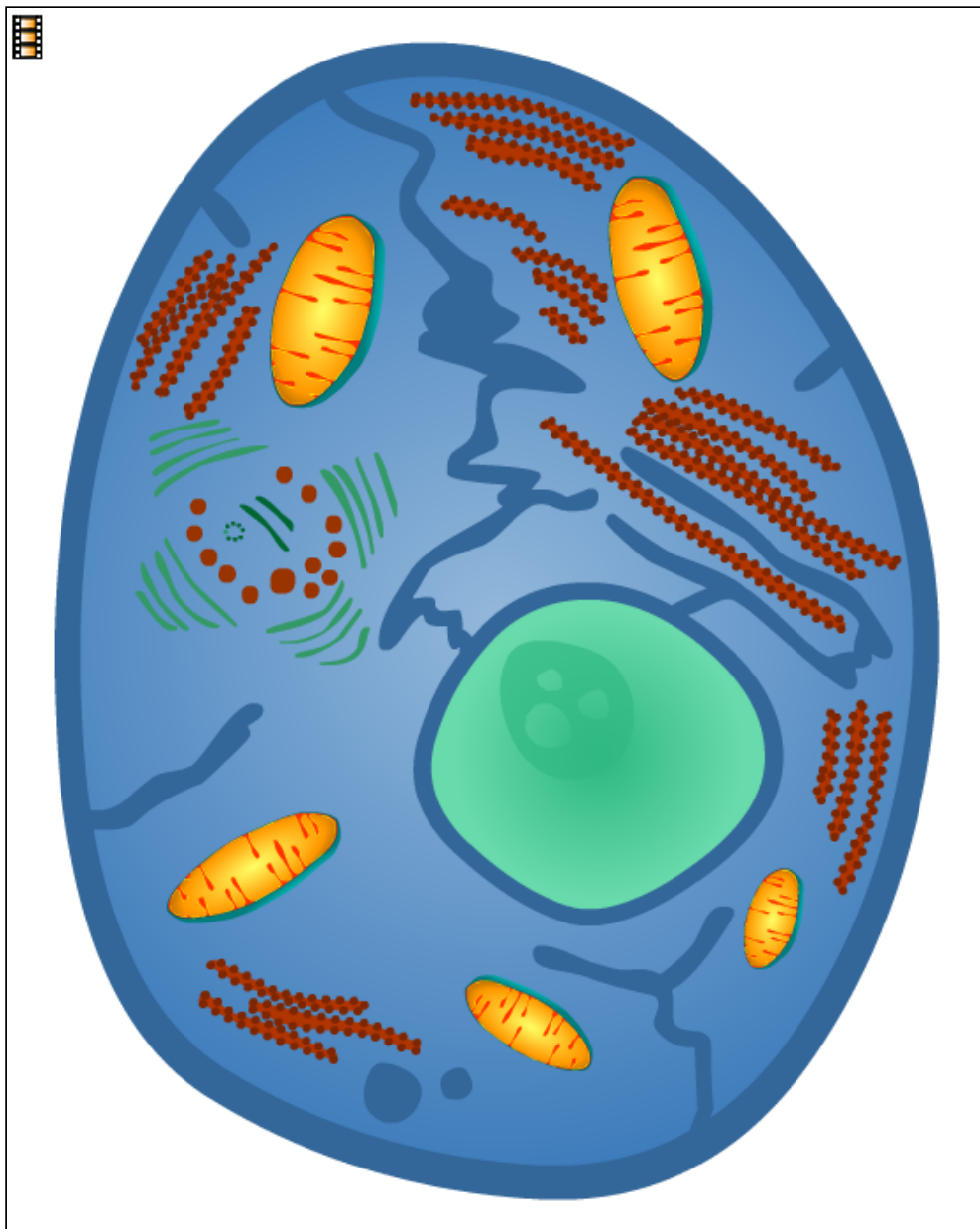




**QUE SE PASSE-T-IL TOUT AU LONG DE CHACUNE DE CES 3 VOIES MÉTABOLIQUES : QUELLES SONT LES DIFFÉRENTES ÉTAPES DE L'OXYDATION DE LA MOLÉCULE DE GLUCOSE «  $C_6H_{12}O_6$  » JUSQU'À SA PRODUCTION D'ÉNERGIE « ATP », D'EAU «  $H_2O$  » ET DE GAZ CARBONIQUE «  $CO_2$  » ?**

## Métabolisme des glucides

Lors de son catabolisme, le glucose emprunte 3 voies métaboliques : la **glycolyse**, le **cycle de Krebs** et la **phosphorylation oxydative**. Tout au long de son parcours, il libère ses atomes d'hydrogène aux accepteurs d'hydrogène: les coenzymes  $NAD^+$  et  $FAD$  ainsi que les enzymes de la chaîne de transport des électrons.



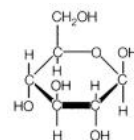
## Glycolyse

La glycolyse se déroule dans le cytoplasme des cellules. C'est une suite d'étapes chimiques où le glucose est transformé en 2 molécules d'acide pyruvique.

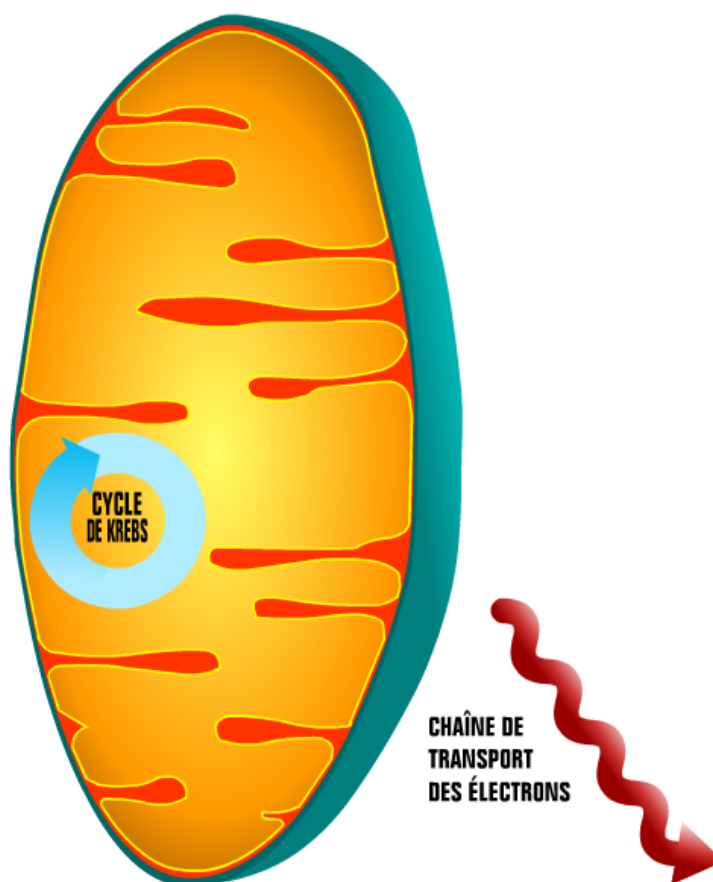
La **glycolyse** ne nécessite pas la présence de l'oxygène «O<sub>2</sub>». On dit que c'est un processus anaérobie.

Les 3 principales phases de la glycolyse sont :

1. activation du glucose : il y a consommation de 2 molécules d'**ATP**; cet apport d'énergie est *l'énergie d'activation* qui permettra d'amorcer les prochaines étapes;
2. scission du glucose en 2 fragments de 3 atomes de carbone, appelés **acide pyruvique**. Chacune de ces molécules est oxydée en libérant l'hydrogène, qui est capté par le **NAD<sup>+</sup>**. C'est ainsi qu'une partie de l'énergie du glucose se transfère au **NAD<sup>+</sup>** qui devient **NADH + H<sup>+</sup>**.
3. oxydation et formation d'**ATP** : 4 molécules d'**ATP** sont alors produites.



### 1 Glucose



**La destinée des 2 molécules d'acide pyruvique dépend de la disponibilité de l'oxygène.**

Pour que la *glycolyse* se poursuive et que l'*acide pyruvique* entre dans le *cycle de Krebs*, les 2 **NADH + H<sup>+</sup>** doivent être débarrassés de l'hydrogène **H**.

➤ **En présence d'oxygène**, **NADH + H<sup>+</sup>** cède facilement ses atomes d'hydrogène **H** aux enzymes de la chaîne de transport des électrons de la mitochondrie, qui les cèdent à leur tour à l'oxygène moléculaire pour former de l'eau :



➤ Par contre, **en absence d'oxygène**, par exemple lors d'un exercice intense, l'acide pyruvique reprend l'hydrogène et il se transforme en **acide lactique**.

Une partie de l'*acide lactique* sort de la cellule par simple diffusion, va vers le foie et attend l'oxygène afin d'être oxydé en acide pyruvique. Il pourra alors intégrer les voies aérobies dans la mitochondrie: le **cycle de Krebs** et la **chaîne de transport des électrons**.

Des conditions anaérobies prolongées entraînent un déséquilibre acido-basique. Seuls les muscles squelettiques peuvent tolérer une accumulation d'acide lactique sans être endommagés. Cela permet la production rapide d'**ATP** sans nécessiter la présence d'oxygène **O<sub>2</sub>**.

La *glycolyse* produit rapidement **2** molécules d'**ATP** (gain net par molécule de glucose), alors que l'oxydation complète du glucose donne **36 à 38** molécules d'**ATP**. C'est pourquoi les 3 voies métaboliques sont importantes. Elles permettent à la cellule de capter le plus d'énergie possible lors du catabolisme du glucose.



Processus anaérobie :



Processus aérobie :

## Cycle de Krebs

Le cycle de Krebs se déroule dans la mitochondrie.

Il est alimenté par l'acétyl CoA provenant :

- de l'acide pyruvique produit lors de la **glycolyse** et
- des acides gras produits lors de la dégradation des *lipides*.

À son entrée dans la mitochondrie, l'acide pyruvique est transformé en acétyl CoA. C'est l'étape de transition entre la **glycolyse** et le **cycle de Krebs**.

Lors de cette étape, l'acide pyruvique perd 1 CO<sub>2</sub> et devient de l'acétyl CoA. De plus, il y a production d'un NADH + H<sup>+</sup>.

C'est ainsi que l'acétyl CoA entre dans le **cycle de Krebs** et sera entièrement dégradé par les enzymes mitochondriales.

Il y a alors production de 1 **ATP** et transfert d'atomes d'hydrogène aux accepteurs d'hydrogène : **NAD<sup>+</sup>** et **FAD**.

Le bilan du catabolisme d'une molécule d'acide pyruvique est celui-ci:

1 ATP, 4 NADH + H<sup>+</sup> et 1 FAD H<sub>2</sub>



Acétyl  
coenzyme A



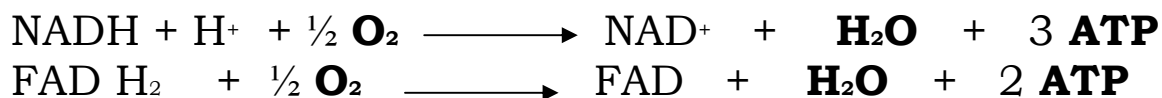




## Chaîne de transport des électrons (ou chaîne respiratoire) et phosphorylation oxydative

Afin de permettre au cycle de Krebs de se poursuivre, les coenzymes **NADH + H<sup>+</sup>** et **FAD H<sub>2</sub>** doivent être oxydés, c'est-à-dire qu'ils doivent être libérés de leurs atomes d'hydrogène «**H**» .

En présence d'oxygène,  
les coenzymes **NADH + H<sup>+</sup>** et **FAD H<sub>2</sub>** cèdent facilement leurs atomes **H**  
aux enzymes de la **chaîne de transport des électrons** de la mitochondrie ,  
qui les cèdent à leur tour à l'oxygène moléculaire pour former de l'eau.  
2 **H** sont associés à ½ **O<sub>2</sub>** et forment de l'eau : **H<sub>2</sub>O** .



Si l'hydrogène «**H**» s'associait directement à l'oxygène moléculaire **O<sub>2</sub>** , l'énergie serait libérée d'un seul coup et par conséquent perdue sous forme de chaleur.  
Au lieu de cela, l'énergie est libérée progressivement en plusieurs petites étapes.  
La chaîne de transport des électrons permet de libérer progressivement l'énergie emprisonnée dans les liens chimiques des nutriments énergétiques.

Ainsi, la *chaîne de transport des électrons* permet de récupérer l'énergie qui sert à lier des *groupements phosphates* inorganiques *Pi* à l'ADP.

Il se forme ainsi des molécules d'**ATP**.

Cette voie est appelée la *phosphorylation oxydative*.

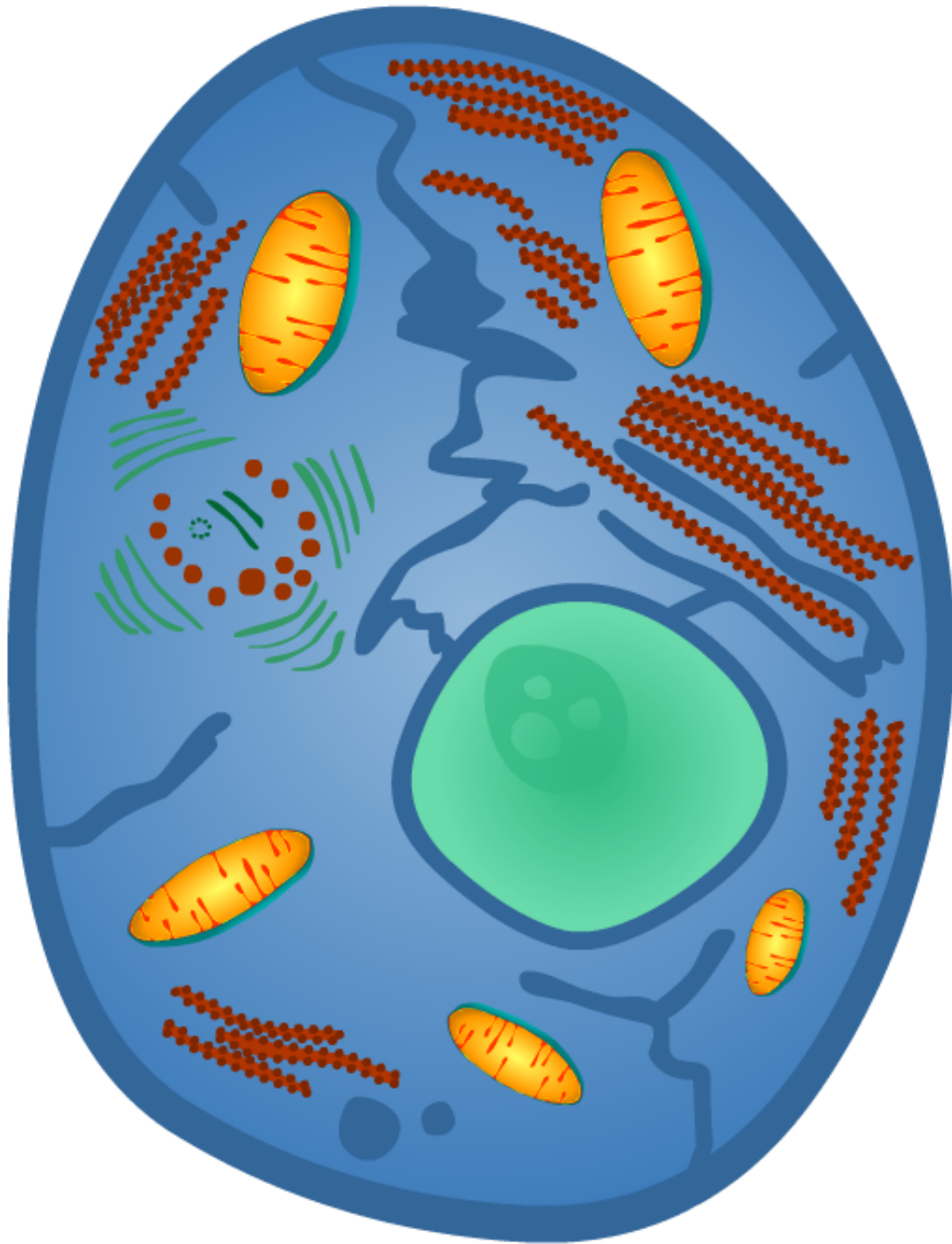


Pour l'oxydation complète  
d'une molécule de glucose par *les trois voies métaboliques*,  
il y aura la production de **36 à 38** molécules d' **ATP**.

➤ <b>Glycolyse:</b>	<b>2</b> molécules d' <b>ATP</b>
<b>Phosphorylation oxydative</b> ( <i>chaîne de transport des électrons</i> ),	
<b>2 NADH + H<sup>+</sup></b> x 3 molécules d' <b>ATP</b> =	<b>4 à 6</b> molécules d' <b>ATP</b>
➤ <b>Cycle de Krebs :</b>	<b>2</b> molécules d' <b>ATP</b>
➤ <b>Phosphorylation oxydative</b> ( <i>chaîne de transport des électrons</i> ),	
<b>8 NADH + H<sup>+</sup></b> x 3 molécules d' <b>ATP</b> =	<b>24</b> molécules d' <b>ATP</b>
<b>2 FADH<sub>2</sub></b> x 2 molécules d' <b>ATP</b> =	<b>4</b> molécules d' <b>ATP</b>
Ainsi, le <b>rendement énergétique maximal</b> est de : <b>36 à 38</b> molécules d' <b>ATP</b>	

L'oxydation de la FADH<sub>2</sub> est moins efficace que celle du NADH + H<sup>+</sup> parce qu'elle ne cède pas d'électrons d'énergie élevée à la chaîne de transport des électrons.

Pour certaines cellules du corps humain, la production de 2 NADH + H<sup>+</sup> par la **glycolyse** dans le cytoplasme ne rapporte que **4** molécules d'**ATP**, plutôt que **6**. Ceci est dû à l'imperméabilité de la membrane mitochondriale interne, obligeant les coenzymes à utiliser une navette moléculaire. Ce passage leur coûte **2** molécules d'**ATP**. En conséquence, la production totale d'**ATP** ne sera que de **36**.



Ce sont les nutriments énergétiques qui servent à former des molécules d'énergie appelées : **ATP**.

Nos cellules ne peuvent stocker qu'une très petite quantité d'**ATP**. Par exemple, l'**ATP** emmagasinée dans un muscle actif s'épuise au bout d'environ 5 secondes de contraction musculaire.

Ainsi, si la production d'**ATP** dépasse les besoins de la cellule, le glucose cesse d'être dégradé et s'amorce alors son stockage sous forme de glycogène et de matières grasses.



**DÉFINISSEZ LES TERMES SUIVANTS :  
GLYCOGENÈSE, GLYCOGÉNOLYSE, NÉOGLUCOGENÈSE.**

### **Glycogenèse**

C'est l'assemblage des molécules de glucose en de longues chaînes de glycogène; elle a lieu surtout dans les cellules du foie et des muscles squelettiques, lorsque l'apport en glucose excède les besoins en énergie.

### **Glycogénolyse**

C'est la dégradation du glycogène en unité de glucose.  
Elle est stimulée par la diminution de la concentration de glucose dans le sang.

Lorsque la glycémie diminue, le foie puise dans ses réserves de glycogène afin de produire du glucose qu'il libère dans le sang, le rendant ainsi disponible aux autres organes.

Pour un sport de longue durée, le glycogène hépatique constitue également une importante source d'énergie pour les muscles squelettiques, lorsqu'ils ont épuisé leur propre réserve de glycogène.

### **Néoglucogenèse**

C'est le processus de formation de « nouveau sucre » à partir du glycérol ou des acides aminés qui sont des molécules n'appartenant pas aux glucides.

Elle a lieu dans les cellules du foie, lorsque l'apport alimentaire en glucose et que les réserves en glycogène sont insuffisants pour les besoins énergétiques de la cellule.

Ces mécanismes permettent de maintenir une glycémie constante.



## QU'EST-CE QUE : «L'ÉTAT POSTPRANDIAL» ET «L'ÉTAT DE JEÛNE»?

L'état postprandial est l'étape où les nutriments, provenant de nos aliments, passent dans la circulation sanguine afin d'être utilisés par les cellules.

Par exemple, le glucose peut se transformer en énergie, en réserves de glycogène ou en réserves de lipides (appelées également *graisses*) grâce à l'intervention de l'hormone insuline.

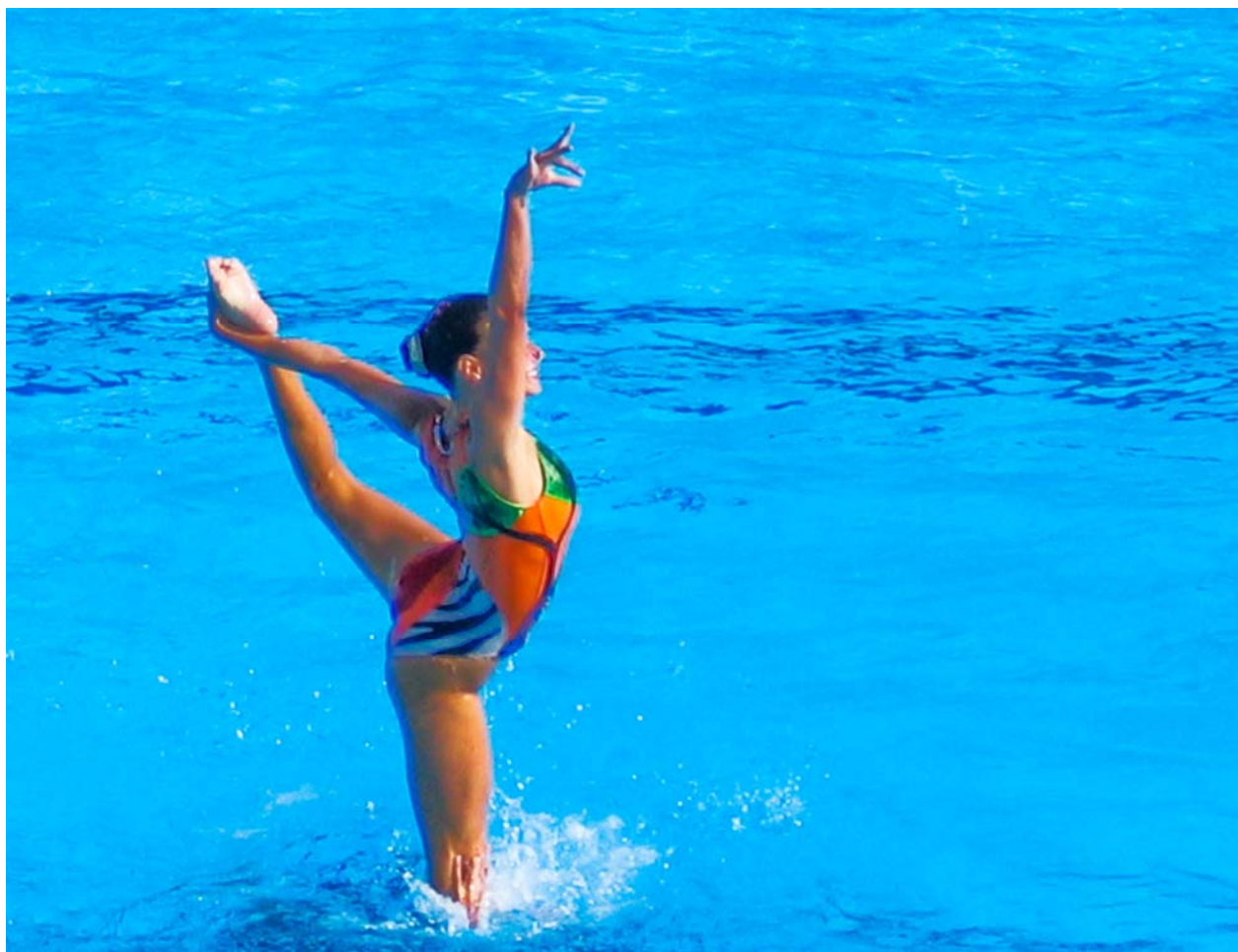
La consommation d'un repas, nous conduit dans un état postprandial qui dure environ 4 heures.

Lors de l'état de jeûne, c'est la dégradation des réserves de l'organisme qui contribue à donner de l'énergie à la cellule.

Si nous prenons trois repas par jour, déjeuner, dîner et souper, nous serons en état de jeûne en fin de matinée, en fin d'après-midi et durant toute la nuit.

Même pendant l'état de jeûne, la glycémie doit rester stable. Certains organes vont privilégier les acides gras comme source énergétique, afin d'économiser le glucose et le réserver à ceux qui en ont le plus besoin, tels le système nerveux et les globules rouges.









## LORS DE L'ÉTAT POSTPRANDIAL, QUELLE EST LA DESTINÉE DES GLUCIDES, DES TRIGLYCÉRIDES ET DES ACIDES AMINÉS ?

### État postprandial

Après un repas, les aliments sont transformés en nutriments, qui sont absorbés dans le sang. Lors de l'état postprandial, ce sont les processus anaboliques qui dominent et c'est l'hormone insuline qui coordonne les réactions métaboliques.

#### Glucides

Suite à leur absorption, les monosaccharides (glucose, fructose et galactose) se dirigent vers le foie. Le foie modifie leurs liaisons chimiques afin de les transformer en glucose.

Ce glucose est libéré par le foie dans la circulation sanguine afin d'être conduit vers les cellules. Dans la cellule, le glucose est oxydé en **ATP** par les voies de la **glycolyse**, du **cycle de Krebs** et de la **phosphorylation oxydative**.

En excès, le glucose sera transformé en glycogène ou en triglycérides par les hépatocytes, les adipocytes et les fibres musculaires squelettiques.

Les hépatocytes convertissent les triglycérides sous la forme de «VLDL» afin de permettre leur transport dans le sang.

La hausse de la glycémie stimule la sécrétion d'insuline par le pancréas. Cette hormone accélère l'entrée du glucose dans les cellules afin de :

- produire de l'énergie «**ATP**»,
- produire des **réserves de glycogène** dans le foie et dans les cellules des muscles squelettiques ou
- produire des **réserves de lipides** (graisses) dans les cellules du tissu adipeux.

#### Triglycérides

Suite à leur digestion, les lipides sont absorbés dans la lymphe, où ils se retrouvent sous la forme de lipoprotéines, appelées *chylomicrons*. Par la suite, les chylomicrons sont hydrolysés en glycérol et en acides gras afin de traverser les parois des capillaires.

Dans le tissu adipeux, les molécules de glycérol et d'acides gras sont transformées en triglycérides pour le stockage.

Ces triglycérides, nommés également triacylglycérols, serviront comme principale source d'énergie pour:

- les cellules du tissu adipeux,
- les cellules des muscles squelettiques et
- les cellules du foie.

## Acides aminés

Une fois les protéines alimentaires digérées, les acides aminés produits sont absorbés dans le sang et dirigés vers le foie. Les acides aminés servent d'abord à la synthèse des protéines (hormone, enzymes, muscles, etc.).

Le surplus est converti en une substance pouvant :

- intégrer les voies de la **glycolyse** ou du **cycle de Krebs** afin de produire de l'énergie «**ATP**» ou bien
- être transformée en **glucose** ou encore, en **acides gras**.



## QUELS SONT LES MÉCANISMES DE RÉGULATION HORMONALE AGISSANT SUR CES VOIES DE TRANSFORMATION ?

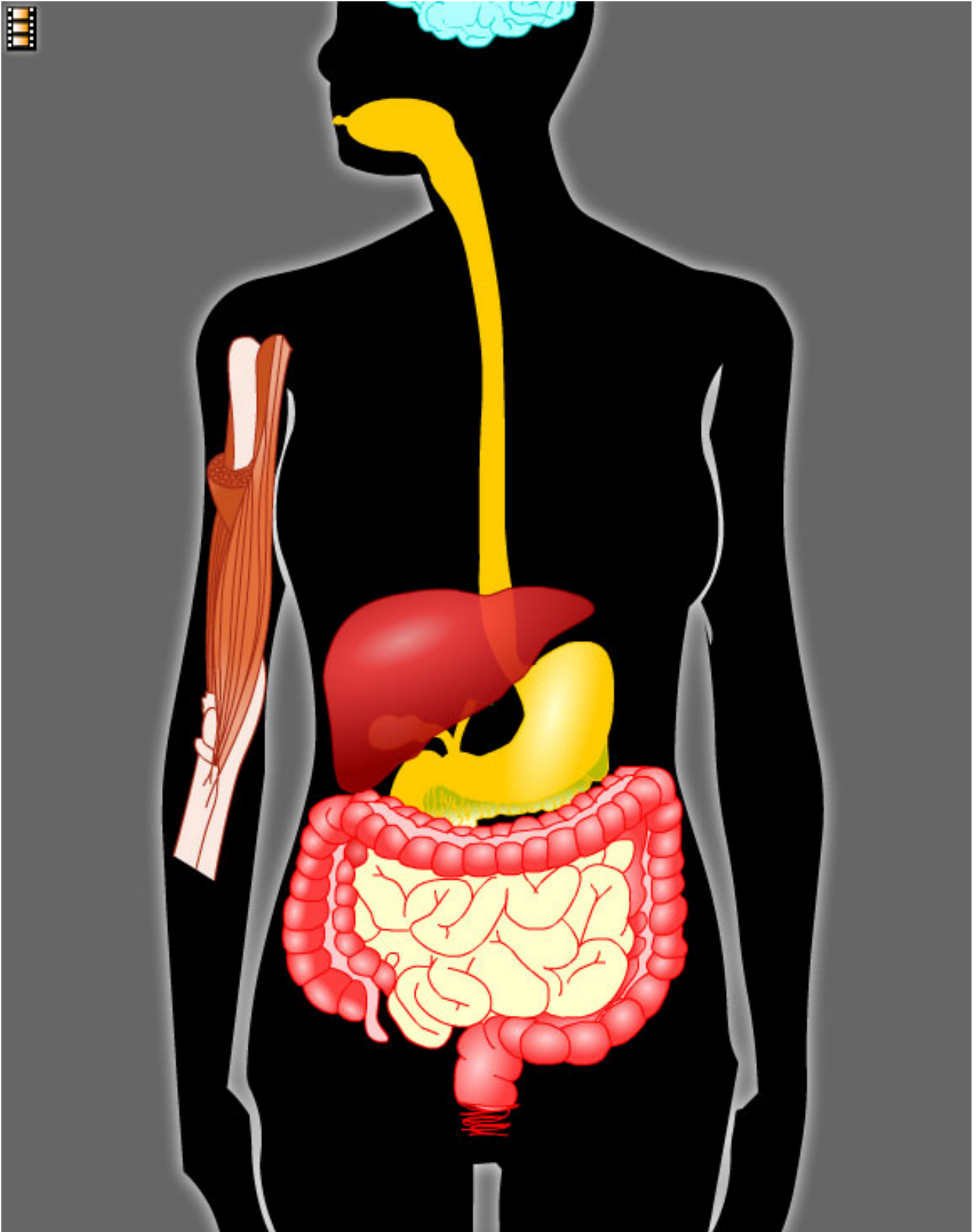
### Régulation hormonale lors de l'état postprandial

Suite à la consommation d'aliments riches en glucides, la glycémie augmente. Ceci stimule la sécrétion d'*insuline* par les cellules bêta du pancréas. On qualifie l'insuline d'hormone hypoglycémiant parce qu'elle accélère l'entrée du glucose sanguin dans les cellules.

En se liant aux récepteurs membranaires des cellules cibles, l'insuline permet au glucose d'entrer quinze à vingt fois plus rapidement.

Il est à noter que les cellules du cerveau laissent passer librement le glucose vers l'intérieur sans nécessiter d'insuline.

L'insuline facilite également la synthèse des protéines.





## EXPLIQUEZ LE DÉRÈGLEMENT DE L'HOMÉOSTASIE DE LA GLYCÉMIE, DÛ AU DIABÈTE ?

Le **diabète** est problème impliquant une **production insuffisante d'insuline** ou une inefficacité de celle-ci. Ce problème est dû à une anomalie des récepteurs de l'insuline.

Par conséquent, le glucose s'accumule dans le sang occasionnant l'excrétion d'une grande quantité de glucose dans l'urine.

Plusieurs cellules sont ainsi privées de glucose comme source d'énergie. Afin de produire son énergie, la cellule sera alors contrainte d'utiliser les graisses du tissu adipeux ainsi que les protéines tissulaires.

Tel qu'expliqué plus haut, le catabolisme des acides gras amènera une accumulation de corps cétoniques entraînant une **acidose métabolique**.

Quant à l'utilisation des protéines corporelles, il en résultera une perte de protéines et une **perte pondérale**.



## LORS DE L'ÉTAT DE JEÛNE, QUELLES SONT LES SOURCES DU GLUCOSE SANGUIN, PERMETTANT DE MAINTENIR L'HOMÉOSTASIE DE LA GLYCÉMIE ?

### État de jeûne

Entre les repas, la glycémie diminue. L'organisme mettra donc en branle des mécanismes permettant de maintenir la glycémie à une valeur homéostatique (de 3.9 à 6.1 mmol/L).

Étant donné l'incapacité des acides gras à franchir la barrière hémato-encéphalique, le glucose devient essentiel pour les besoins énergétiques du système nerveux et des globules rouges. De plus, n'ayant pas de mitochondries, les globules rouges n'obtiennent leurs molécules d'**ATP** que par la voie de la glycolyse.

### Homéostasie de la glycémie : sources du glucose sanguin

Il est très important que le taux de glucose sanguin soit constant, car le système nerveux n'utilise que le glucose comme source d'énergie.

Lors de l'état de jeûne, le glucose sanguin provient :

- des réserves de glycogène, par la voie de la **glycogénolyse**;
- des lipides, par les voies de la **lipolyse** et de la **néoglucogénèse**;
- des protéines des tissus, par les voies de la *protéolyse* et de la **néoglucogénèse**.

## Glycogénolyse

### Glycogénolyse dans le foie

Les réserves de glycogène dans le foie représentent environ 100 g. Très rapidement mobilisées, elles sont les premières à contribuer à maintenir une glycémie normale pour une durée d'environ 4 heures.

### Glycogénolyse dans les muscles squelettiques

Les réserves de glycogène dans les muscles squelettiques représentent environ 100g. Ces réserves contribuent indirectement à l'homéostasie de la glycémie.

Dans la cellule, le glycogène se dégrade en glucose qui est oxydé en acide pyruvique ou bien en acide lactique lors de conditions anaérobies.

Une fois dans la circulation sanguine, l'acide pyruvique se dirige vers le foie, où il est reconverti en glucose, puis libéré dans le sang.

## Lipolyse dans le tissu adipeux et le foie

Les adipocytes et les hépatocytes amorcent les mécanismes de la lipolyse respectivement dans le tissu adipeux et dans le foie. Ils produisent alors du glycérol et des acides gras.

Le foie transforme le glycérol en glucose qu'il libère dans le sang. C'est la **néoglucogenèse**.

Les acides gras sont captés par les cellules. Ils sont oxydés pour produire de l'énergie. Les acides gras peuvent également être transformés en corps cétoniques par le foie. Les corps cétoniques contribuent à la production d'**ATP** dans les cellules des muscles squelettiques, du muscle cardiaque, ainsi que dans les neurones. Rappelons que les acides gras ne peuvent pas être transformés en glucose, puisque leur conversion en acétyl CoA ne permet pas la transformation en acide pyruvique.

## Catabolisme des protéines cellulaires

Lors d'une très longue période de jeûne, les protéines corporelles sont dégradées afin de fournir du glucose sanguin. Ceci est dû à l'épuisement des réserves de glycogène et de graisses. C'est la **néoglucogenèse**.

Les muscles sont sacrifiés et fournissent la plus grande partie des acides aminés. Ces acides aminés sont désaminés, puis deviennent du glucose dans le foie. Ce glucose permet la production d'énergie qui est essentielle afin d'alimenter les processus vitaux. Lorsque le catabolisme des protéines corporelles touche des organes vitaux, tel le cœur, la mort est imminente.



## QUELS SONT LES MÉCANISMES DE RÉGULATION HORMONALE AGISSANT SUR CES VOIES DE TRANSFORMATION ?

### Régulation hormonale lors de l'état de jeûne

La régulation de l'état de jeûne est beaucoup plus complexe que l'état postprandial, car plusieurs hormones sont impliquées.

La diminution de la glycémie stimule la sécrétion de glucagon par les cellules alpha du pancréas. C'est l'hormone antagoniste de l'insuline. Le glucagon est une hormone hyperglycémiant : elle favorise l'augmentation de la glycémie par les voies de la glycogénolyse et de la néoglucogenèse. Elle favorise la mobilisation des réserves de lipides par la voie de la lipolyse en libérant les acides gras et le glycérol dans le sang.

Suite à la consommation d'aliments, la glycémie s'élève et inhibe la sécrétion de glucagon. Cette augmentation de glucose sanguin stimule plutôt la sécrétion d'insuline.

Après un repas, l'augmentation du taux d'acides aminés sanguin stimule à la fois la sécrétion d'insuline et de glucagon. Lorsque ce repas est riche en protéines et pauvre en glucides, l'insuline sécrétée risquerait d'entraîner un état d'hypoglycémie. En effet, si le glucagon n'était pas là pour contrebalancer la baisse de la concentration du glucose sanguin, l'encéphale pourrait être endommagé.

Ainsi, pour stabiliser la glycémie, l'insuline et le glucagon jouent des rôles complémentaires :

- l'**insuline** favorise l'entrée du glucose sanguin dans les cellules,
- alors que le **glucagon** favorise la sortie du glucose de la cellule vers le sang.

Les traumatismes physiques, l'anxiété, la colère, les réactions de lutte ou de fuite ainsi que l'hypoglycémie stimulent la sécrétion d'adrénaline.

Ce sont des neurones de l'hypothalamus qui augmentent l'activité sympathique. Ainsi, les terminaisons nerveuses sympathiques libèrent un neurotransmetteur, l'hormone noradrénaline, alors que la médullosurrénale libère l'adrénaline et la noradrénaline. Elles agissent sur le foie, les muscles squelettiques et le tissu adipeux.

L'adrénaline favorise la lipolyse (la mobilisation des lipides et leur dégradation en acides gras et glycérol) ainsi que la glycogénolyse (la dégradation du glycogène en glucose).





# Évaluations



*BDT Creative*



## ANNEXE 1 : EXAM STUDIO #1

# « Métabolisme des nutriments »

## 10 % de la note finale

(Individuellement)

En vous appuyant sur vos lectures<sup>1</sup>, répondez aux questions suivantes, puis complétez l'**Exam Studio #1** disponible sur la plateforme **DECclie II**.

1. Lorsque la molécule de glucose se dégrade, elle libère des atomes d'hydrogène. Expliquez le processus par lequel l'énergie est libérée.
2. L'alimentation fournit les glucides, les lipides et les protéines. Que permet leur oxydation ?
3. À quoi servent les coenzymes NAD<sup>+</sup> et FAD ?
4. Nommez les trois voies métaboliques.
5. Quels sont les résultats de la transformation du glucose par la glycolyse ?
6. Lors d'un exercice physique intense, en absence d'oxygène, l'acide pyruvique ne peut pas poursuivre sa route par le cycle de Krebs. Que lui arrive-t-il ?
7. Lorsqu'il est entré dans la mitochondrie, en quoi se transforme l'acide pyruvique ?
8. Par la voie du cycle de Krebs, en quoi sont transformées les deux molécules d'acide pyruvique ?
9. Que permet la chaîne de transport des électrons ?
10. Suite à l'oxydation d'une molécule de glucose, combien de molécules d'ATP sont produites :
  - a. par le processus anaérobie ?
  - b. par le processus aérobie ?
11. Identifiez les trois voies métaboliques et la quantité de molécules d'ATP produites à chacune de ces étapes (suite à l'oxydation d'une molécule de glucose).

---

<sup>1</sup> Le document «Un toast à la nutrition», fascicule #2.



12. Définissez les termes suivants :
- Glycogénèse
  - Glycogénolyse
  - Néoglucogénèse
  - Lipolyse
  - Lipogénèse
13. À partir de vos lectures, expliquez les mécanismes qui permettent de maintenir une glycémie normale que l'on soit en état de jeûne ou en état postprandial.
14. Quelle différence y a-t-il entre l'oxydation du glycérol et celle des acides gras ? Quelle est la conséquence sur la néoglucogénèse ?
15. Lors d'un jeûne ou dans le cas du diabète type I, l'oxydation des lipides occasionne une accumulation de corps cétoniques dans le sang. Que risque-t-il d'arriver à l'individu lorsqu'une acidose métabolique survient ?
16. Calculez le besoin minimum en protéines d'une personne dont le poids est de 60 kg.
17. Calculez l'IMC d'une personne dont la taille est de 168 cm et le poids est de 65 kg. Précisez la signification de cet IMC, sachant que cette personne a une ossature moyenne.
18. Quelles sont les molécules essentielles à la synthèse des protéines ?
19. Nommez les trois associations qui permettent un apport optimal en acides aminés afin d'obtenir des protéines complètes.
20. La consommation de protéines sous forme de suppléments permettra-t-elle à l'athlète de développer davantage sa musculature ? Expliquez pourquoi.
21. Qu'est-ce que l'état postprandial ?
22. Qu'est-ce que l'état de jeûne ?
23. Lors de l'état postprandial, quelle est la destinée : du glucose sanguin, des molécules de glycérol, d'acides gras et d'acides aminés.
24. Lors de l'état de jeûne, expliquez comment le corps humain tente de maintenir la glycémie à une valeur homéostatique.
25. Expliquez les conséquences d'un manque d'insuline sur le métabolisme des glucides, des lipides et des protéines (par exemple : la personne diabétique).

**ANNEXE 2 : EXAM STUDIO #2**

# «Homéostasie de la glycémie»

## 10 % de la note finale

(Individuellement)

En vous appuyant sur vos lectures<sup>1</sup>, expliquez les phénomènes métaboliques ayant lieu dans le foie lors des fluctuations de la glycémie.

Pour ce faire, **décrivez les déséquilibres de la glycémie ainsi que les efforts entrepris par l'organisme afin de rétablir cet équilibre.**

Prenez soin d'utiliser le vocabulaire approprié. Répondez aux questions suivantes afin de vous préparer adéquatement à l'**Exam Studio #2** disponible sur la plateforme **DECcllic II**.

**#1.** Après un jeûne de quelques heures (état de jeûne), expliquez comment le corps humain réussira à rétablir l'équilibre de la glycémie.

**#2.** Après un repas riche en glucides (état postprandial), expliquez comment le corps humain réussira à rétablir l'équilibre de la glycémie.

**#3.** Chez la **personne diabétique n'ayant pas reçu sa dose d'insuline**, expliquez les efforts entrepris par l'organisme afin de fournir l'énergie vitale à la cellule.

---

<sup>1</sup> Le document «Un toast à la nutrition», fascicule #2.