



Introduction à la Biochimie



Coucouu, on est vos quatre tuteurs de biochimie, on a fait de notre mieux pour faire la fiche la plus claire et agréable à lire, alors prenez votre temps, et surtout essayez de **comprendre** ce que vous lisez avant d'apprendre ! Enjoy la meilleure matière de l'année et bon couragee ! 🦉



En quoi consiste la biochimie ?

La Biochimie est une matière qui étudie les **substances** et les **procédés chimiques** qui se produisent dans les organismes vivants. Dans le contexte de la médecine, on s'intéresse surtout aux **organismes humains**.

Les 4 objectifs majeurs de la Biochimie:

- **Identification** et **détermination quantitative** des substances
- **Analyse** de la **structure** de ces substances
- Détermination des **mécanismes de synthèse** et de **dégradation** de ces substances au sein des organismes humains
- Détermination de leurs **rôles** dans le fonctionnement de l'organisme

2 domaines d'études importants:

- Etude des molécules qui constituent les êtres vivants
 - structure et/ou conformation dans l'espace de ces molécules
 - Transformation de ces molécules
- Etude des réactions chimiques au sein de la cellule, des tissus, des organes, des organismes:
 - **Réactions de dégradation** des aliments = **catabolisme**
 - **Réactions de biosynthèse** de composés nécessaires = **anabolisme** des molécules complexes qui sont nécessaires à la vie

Mnémono:

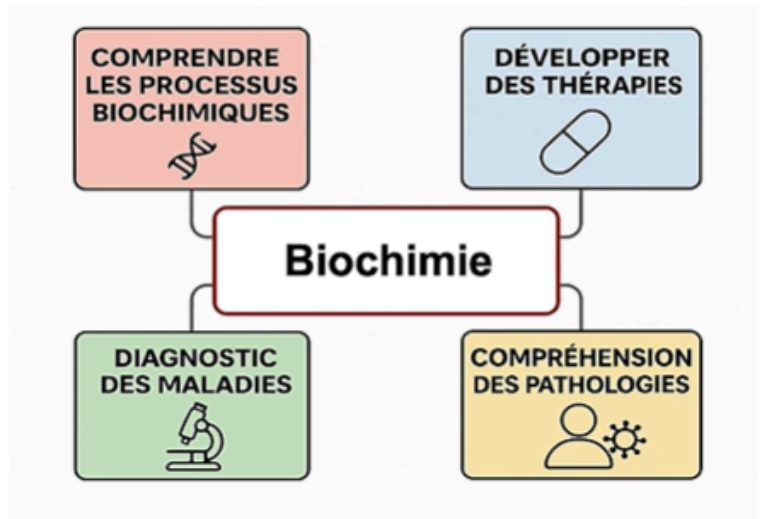
Catabolisme, je casse

But global de la Biochimie :

Intégrer des connaissances obtenues à l'échelle moléculaire au niveau :

- de la cellule
- de l'organe
- de l'organisme

Pour le métier de santé, c'est l'organisme humain entier qui est au centre de notre attention.
Pourquoi étudier la Biochimie?



Elle permet d'**étudier les réactions chimiques fondamentales** des cellules pour comprendre comment elles fonctionnent, c'est à dire:

- Le **métabolisme** (glycolyse, cycle de Krebs, etc....)
- **Synthèse** et **dégradation** des macromolécules
- **Signalisation cellulaire** (récepteurs, enzymes régulatrices...)

De plus la Biochimie permet de **développer des thérapies**, c'est à dire:

- **Identifier des cibles thérapeutiques** (enzymes, récepteurs, transporteurs)
- **Concevoir des médicaments** capables d'**inhiber** ou **activer** ces cibles
- **Développer des biotechnologies thérapeutiques** (anticorps, vaccins, thérapie génique)

D'autre part, elle permet de faire le **diagnostic de maladies** et donc de détecter et suivre l'**évolution des pathologies**. Pour cela, la Biochimie est impliquée dans :

- Le **dosage des enzymes** (ex: transaminases dans les maladies hépatiques (= *maladies du foie*))
- **Analyse du glucose, du cholestérol**, ect, dans le **sang/urines**
- Mettre au point des **tests immunologiques** et **moléculaires** (PCR/ ELISA...)

In fine, elle permet de **comprendre les pathologies** ainsi que les bases moléculaires des maladies :

- **Mutation d'un gène** → enzymes défectueuses → troubles métaboliques
- **Stress oxydatif** → dégénérescence neuronale (ex: Alzheimer)
- **Dérèglement du métabolisme** → obésité, diabète, cancer

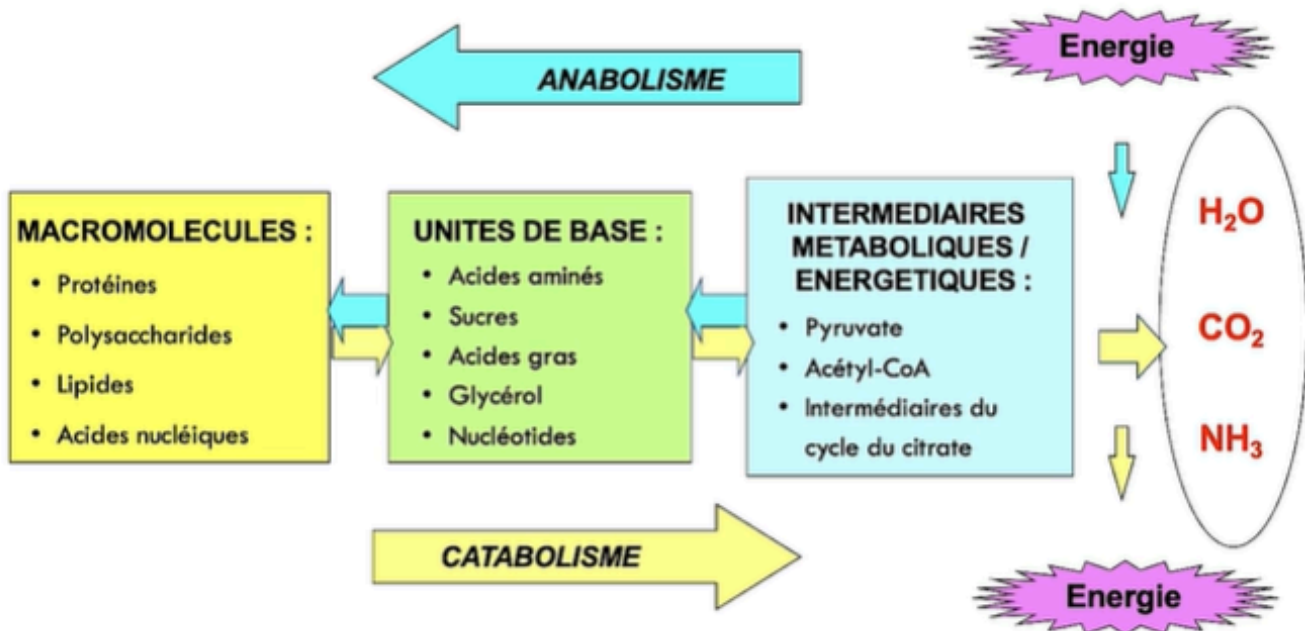
Métabolisme = Anabolisme + Catabolisme

L'énergie nécessaire aux animaux provient de l'alimentation contenant des macromolécules (*en jaune sur le schéma*)

- Ces macromolécules sont dégradées en molécules de base (*en vert sur le schéma*), elles-mêmes dégradées en intermédiaires métaboliques et énergétiques (*en bleu sur le schéma*).
- Au final, sont produits de l'eau (H₂O), du CO₂ et de l'ammoniac (NH₃), 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 \longrightarrow correspond à l'**Anabolisme**.



Attention : Les acides nucléiques contribuent très peu au bilan énergétique

Pour comprendre les fonctionnements de ces voies métaboliques, il faut les relier aux lois physiques de la thermodynamique. Les séries de réactions qui sont interconnectées entre elles et qui composent l'anabolisme et le catabolisme constituent une **carte métabolique**.

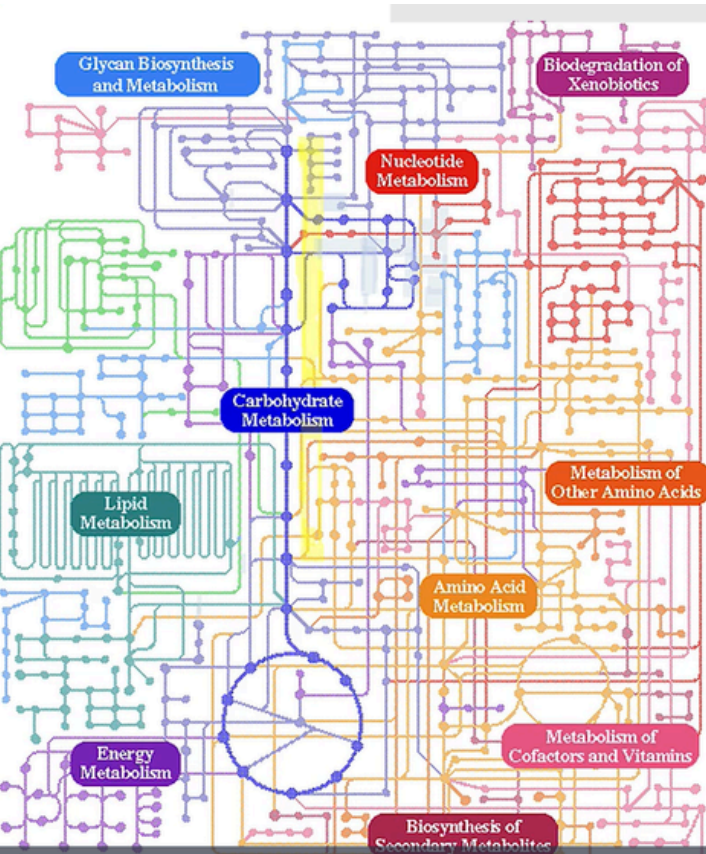
Qu'est ce qu'on appelle des voies métaboliques?

Ce sont des suites ordonnées de réactions chimiques catalysées par des enzymes avec des échanges d'énergie.

Chaque intermédiaire est un **métabolite** et chaque suite est une **voie métabolique**. Les voies métaboliques sont finement régulées par le **système nerveux** ou le **système endocrinien**.

La capacité métabolique d'une cellule dépend de son **équipement enzymatique**. La plupart des cellules ont en commun un ensemble de **voies métaboliques** mais il existe aussi un certain nombre de **voies spécifiques** à certaines cellules ou certains tissus.

Le métabolisme a une **architecture cohérente** contenant de nombreux motifs communs que l'on appelle les **carrefours métaboliques**.



Les carrefours métaboliques:

Molécules communes à plusieurs voies comme le Glucose-6-Phosphate (G6P), le pyruvate ou l'Acétyl-CoA

Cycles métaboliques :

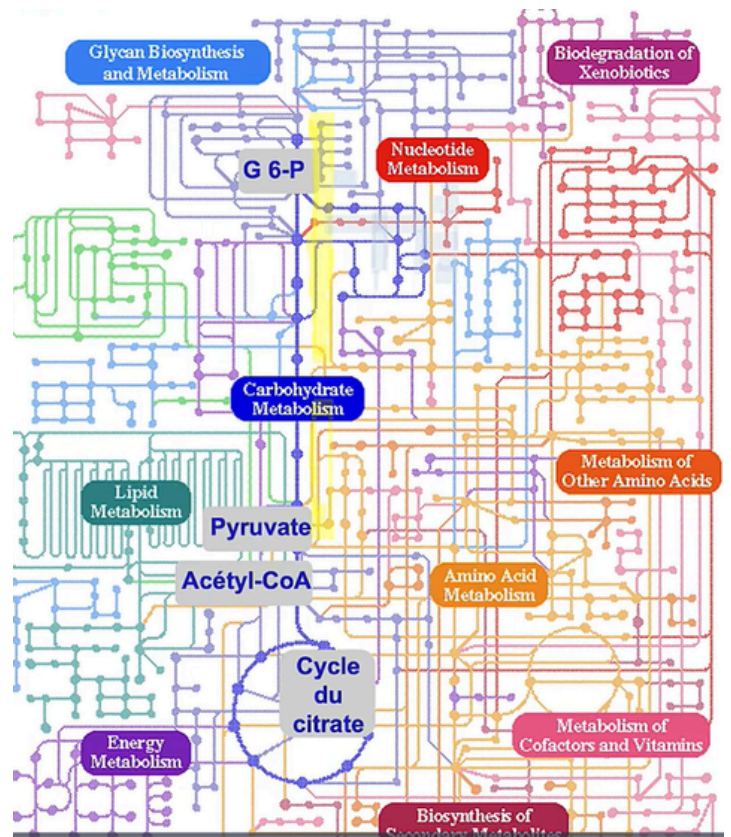
Voie métabolique où la **molécule initiale se retrouve disponible à la fin** pour un autre cycle → ex: cycle du citrate (= cycle de Krebs)

Homéostasie métabolique/énergétique:

Etat physiologie où les concentrations des métabolites sont maintenues **constantes** pour les besoins énergétiques par des mécanismes de régulation

Dépense énergétique (Kcal/jour):

Elle est le résultat du métabolisme de base (au repos), du métabolisme post-prandial (lié à l'alimentation) et le métabolisme de l'exercice

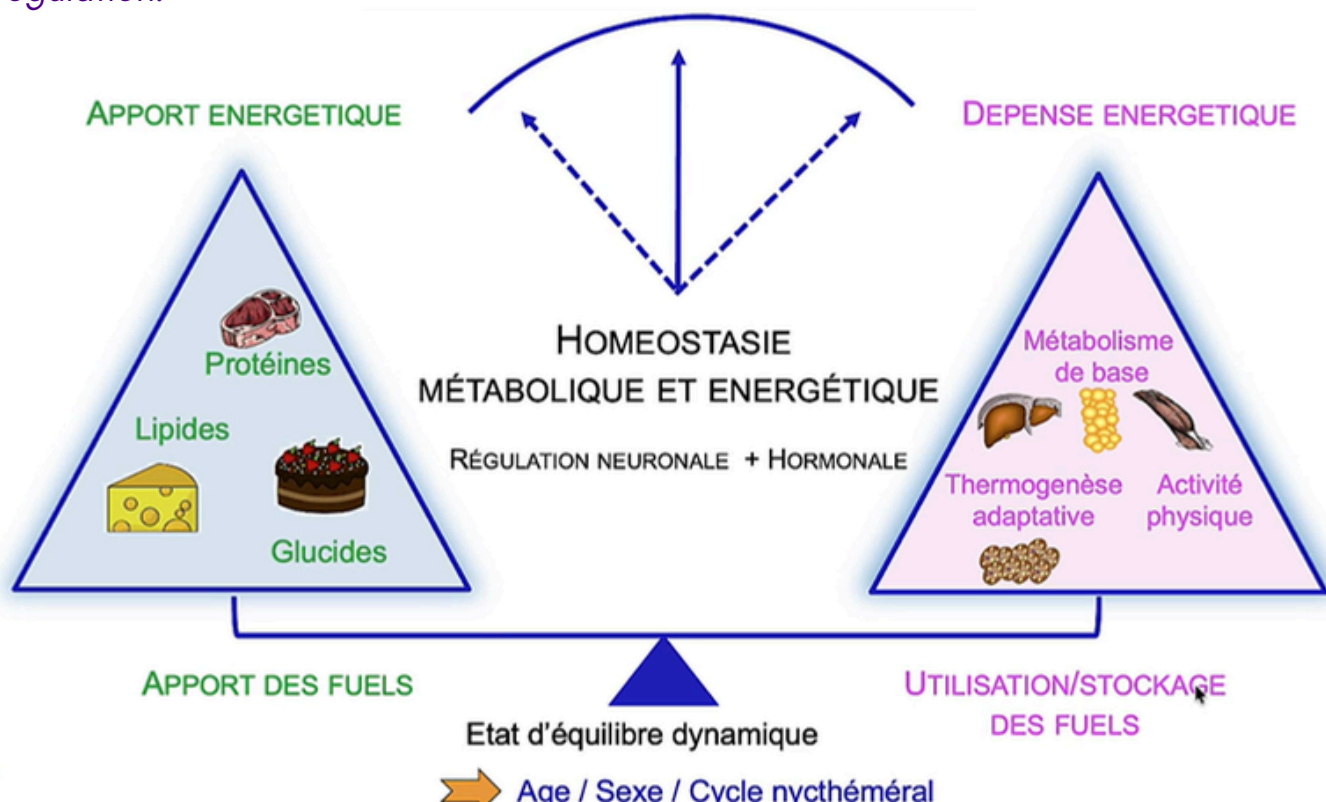


Homéostasie métabolique et énergétique

L'homéostasie métabolique des voies énergétiques fonctionnent entre les apports (alimentation) et les dépenses énergétiques (activité physique, métabolisme de base et thermogénèse adaptative). Il s'agit d'un équilibre dynamique qui est régulé au niveau neuronale et hormonale et qui dépend également:

- De l'âge
- Du sexe
- Du cycle nyctéméral (cycle du jour et de la nuit)

Homéostasie : état physiologique où les concentrations des métabolites sont maintenues constantes pour des besoins énergétiques par des mécanismes de régulation.



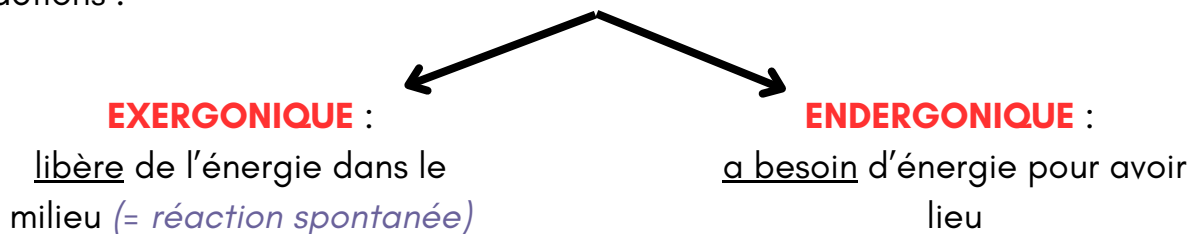
L'énergie c'est la vie

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)
- **Réactions chimiques** dans le métabolisme cellulaire

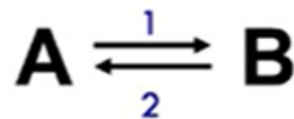
Ainsi en considérant que l'énergie cellulaire est une énergie chimique, il existe 2 types de réactions :



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

Pour illustrer ce qu'on vient de dire, on peut prendre comme exemple ce système, constitué de deux molécules (A et B) et qui est caractérisé par deux réactions (1 et 2) qui permettent la transformation de A en B et réciproquement de B en A.

Si on considère la réaction 1 (A en B), trois situations sont possibles en fonction du ΔG , c'est à dire de la **différence d'énergie libre** entre la molécule A et la molécule B :



- Si le ΔG est **négatif** ($\Delta G < 0$) : $G_B < G_A$, la réaction est **exergonique** : elle peut se faire spontanément dans le sens 1
- Si le ΔG est **positif** ($\Delta G > 0$) : $G_B > G_A$, la réaction est **endergonique** : elle ne peut se faire dans le sens 1 que si l'on fournit de l'énergie extérieure au système.
- Si $\Delta G = 0$ $G_B = G_A$, la réaction est **à l'équilibre** et le processus est réversible.

Les réactions **exergoniques** qui produisent de l'énergie permettent le déroulement des réactions **endergoniques**. Ceci implique des phénomènes de conversion et de transport d'énergie, ainsi que le **couplage énergétique** des 2 types de réactions. Ces réactions ne sont possibles que grâce aux molécules à haut potentiel énergétique, comme l'**ATP** +++ (adénosine triphosphate).

L'**ATP** est majoritairement produit dans la mitochondrie par l'association de la **chaîne respiratoire mitochondriale** et de la **phosphorylation oxydative**.

Pour définir davantage le système de la cellule, on peut le définir comme étant un système **isotherme ouvert**, c'est à dire qu'il fonctionne à température et pression constante.

Mais d'où vient l'énergie dans les organismes vivants ?

La cellule animale utilise les nutriments pour en extraire l'énergie, qui sera ensuite soit **stockée**, soit **utilisée** pour réaliser les travaux cellulaires.

Ce processus de destruction d'énergie caractérise le **catabolisme**.

La voie inverse, l'**anabolisme**, correspond à la synthèse de macromolécules indispensables, grâce à l'utilisation de l'énergie stockée dans des composés à haut potentiel énergétique, tel que l'ATP. (+++ *anabolisme et catabolisme*+++)

Donc l'énergie de la cellule est utilisée pour effectuer des **travaux cellulaires**, qui peuvent être par exemple des mouvements d'organites ou une contraction musculaire, et la **synthèse des macromolécules** (= grosses molécules) → **anabolisme**.

Les besoins nutritionnels du corps sont majoritairement comblés par l'alimentation.

Il y a **3 familles** de molécules énergétiques :

► **GLUCIDES** : 16,7 kjoules/g
(4 kcal/g)



► **LIPIDES** : 37,6 kjoules/g
(9 kcal/g)



► **PROTÉINES** : 16,7 kjoules/g
(4 kcal/g)



Les glucides :

Ou sucres, ils constituent avec les lipides la **première source d'énergie** du corps. Ils sont indispensables pour le fonctionnement du **muscle** ou du **cerveau**, et se divisent en deux catégories :

- Les **glucides simples** (ou sucres rapides), qui sont directement assimilables et assimilés par l'organisme. Ils proviennent d'aliments à la saveur majoritairement sucrée, tels que les boissons sucrées, les pâtisseries, les biscuits etc...
- Les **glucides complexes** (ou sucres lents), qui servent principalement à constituer des **réserves d'énergie** pour le corps. Ils prennent plus de temps à être absorbés par le corps et libèrent leur énergie de manière différée (pâtes, pain, riz, pommes de terre...)

Les lipides :

Ils se retrouvent dans de nombreux aliments, comme les huiles, le beurre, les aliments d'origine animale, mais également dans les produits laitiers comme le fromage.

Les protéines :

C'est également une source énergétique, les aliments riches en protéines sont les oeufs, les viandes, le fromage, mais elles peuvent être aussi végétales.

Elles peuvent également être source d'apport énergétique lorsque le corps a épuisé ses réserves en lipides et en glucides.

Analysons plus en détail les différentes familles :

Les glucides



Ils représentent environ **40 à 50 %** des calories apportées dans l'alimentation. Ils constituent une réserve énergétique car ils peuvent être stockés dans le **foie** et les **muscles** chez l'homme et chez les animaux sous forme de **glycogène**. Chez les végétaux, ils constituent l'**amidon**.

Les rôles des glucides sont multiples :

- Éléments de structure et de protection des cellules/tissus
- Signaux de reconnaissance/adhésion entre cellules
- Rôle dans adressage des protéines dans les cellules
- Constituants de molécules dont les acides nucléiques, les coenzymes

En ce qui concerne les glucides et leurs métabolites, ils circulent librement sous forme de glucose, ils proviennent de :

→ **l'alimentation**

→ la **glycogénolyse** (*on casse le glycogène*)

→ la **néoglucogénèse**, qui a lieu dans le **foie** et les **reins** (*synthèse de glucose*)

=> L'objectif étant de maintenir des taux de glucose (glycémie) à environ **1 g/L** de glucose tout au long de la vie.

Les glucides sont aussi présents dans le corps sous forme de **lactate** :

- Il est produit au cours du métabolisme du **glycogène** dans le **muscle** en l'absence d'oxygène, c'est à dire en **anaérobie**,
- Mais également du métabolisme du glucose dans les **globules rouges**.

> Il est converti dans le **foie** en **glucose**

> Il est **oxydé** dans le **cœur**

Et enfin le **glycérol** :

Il est libéré à partir des **triglycérides** (TG) au niveau des **adipocytes** du tissu adipeux, et peut être converti en **glucose** ou en **triglycérides** dans le **foie**.

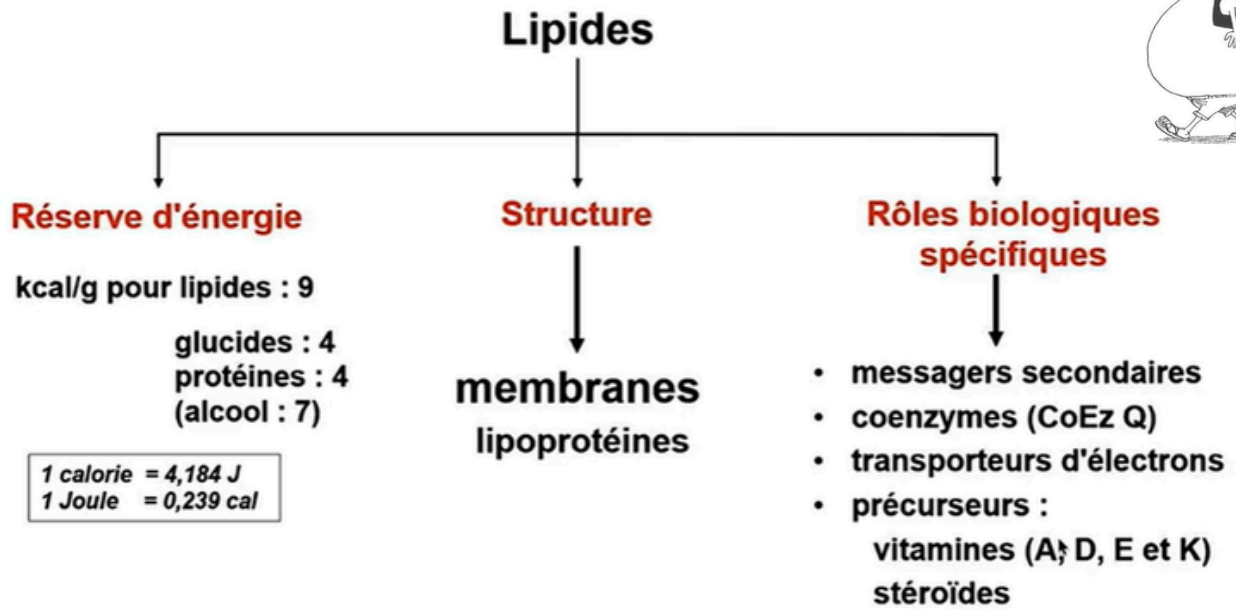


Les lipides

Les lipides constituent la source la plus importante d'énergie, c'est-à-dire qu'ils sont capables de fournir environ **9 kcal** par gramme.

Ils participent à la structure des membranes cellulaires et sont aussi les constituants des lipoprotéines.

Ils ont plusieurs rôles biologiques : ils fonctionnent comme **messagers secondaires**, comme **coenzymes** (CoE Q) et ils agissent également comme **transporteurs d'électrons** et peuvent aussi être des précurseurs de **vitamines** (comme la vitamine A, D, E et K) et des précurseurs des **stéroïdes**.



Les lipides et leurs dérivés circulent sous forme :

- D'**acides gras** (AG) : Molécules **hydrophobes** ++, elles circulent liées à l'albumine
- De **triglycérides**, transportés par des lipoprotéines, les **chylomicrons**, qui sont formés dans l'**intestin** en période post-prandiale (après avoir mangé) par des **VLDL** produites au niveau du **foie**.
- De **corps cétoniques** : formés par le foie à partir des acides gras lors d'un jeûne prolongé et peuvent être oxydés et utilisés par le **cerveau**, les **reins** et les **muscles**.

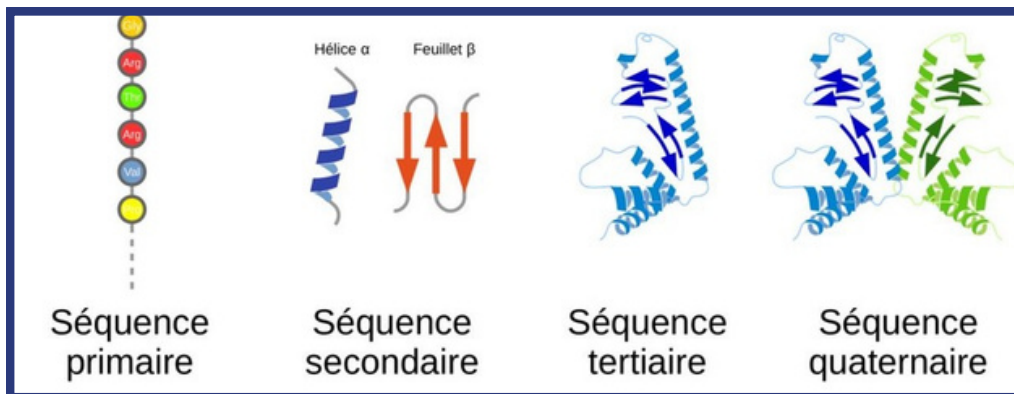
Les protéines

Les protéines sont composées **d'Acides Aminés (AA)**, (*vous avez vu ça au lycée normalement Met, Lys...*).

Les protéines présente **différents degrés de structures** :

- **Primaire** = enchaînement séquence d'AA (*comme un collier de perles*)
- **Secondaire** = organisation locale (*en feuillet bêta et hélice alpha mais vous reverrez ça en long, large et en travers*)
- **Tertiaire** = organisation 3D globale
- **Quaternaire** = organisation multimérique (=supramoléculaire : par assemblage macromoléculaire)

attention pas pour toutes les protéines (certaines s'arretent à la structure tertiaire)



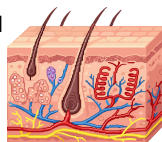
Les protéines absorbées : circulent sous forme d'acides aminés (AA)

Fonctions des protéines :

Structure

Physiologie / Métabolisme

Exemple 1 : Le collagène
une protéine dans la
peau, os, tendon



Exemple 2 : La Kératine
dans les ongles et
cheveux

- transport d'oxygène dans le sang (Hémoglobine)
- défense contre l'infection (anticorps)



- catalyse biologique (enzymes)
- signalisation cellulaire
régulation du métabolisme

Caractéristiques des enzymes :

- agissent à des **concentrations très faibles**
- augmentent la vitesse des réactions chimiques *logique, on a dit que la catalyse c'était l'accélération d'une réaction*)
- ne **modifient pas le résultat** de la réaction chimique
- leur structure se retrouve **inchangée** à la fin de la réaction
- agissent seules ou peuvent faire partie de complexes enzymatiques

Noms des Enzymes

Et pour les différencier elles ont des petits noms. Pas de panique, tu vas vite te rendre compte que généralement son nom correspond à la **réaction** quelle catalyse + le suffixe ase.



– Exemple pour que vous compreniez la logique des noms

OK, on va voir si t'as compris : à ton avis que fait... :

- La réductase ?.....elle réduit
- La phosphatase ?..... elle enlève un phosphate

Comment produit-on les enzymes ?

Les enzymes sont synthétisées par les être vivants (*nous même quoi, c'est une synthèse endogène qui a lieu dans nos cellules*).

Leur synthèse est **déterminée génétiquement +++** (*en gros le schéma que vous voyez en SVT : ADN → transcription : ARNm → traduction : séquence AA = protéine : notre enzyme*)

Régulation des enzymes :

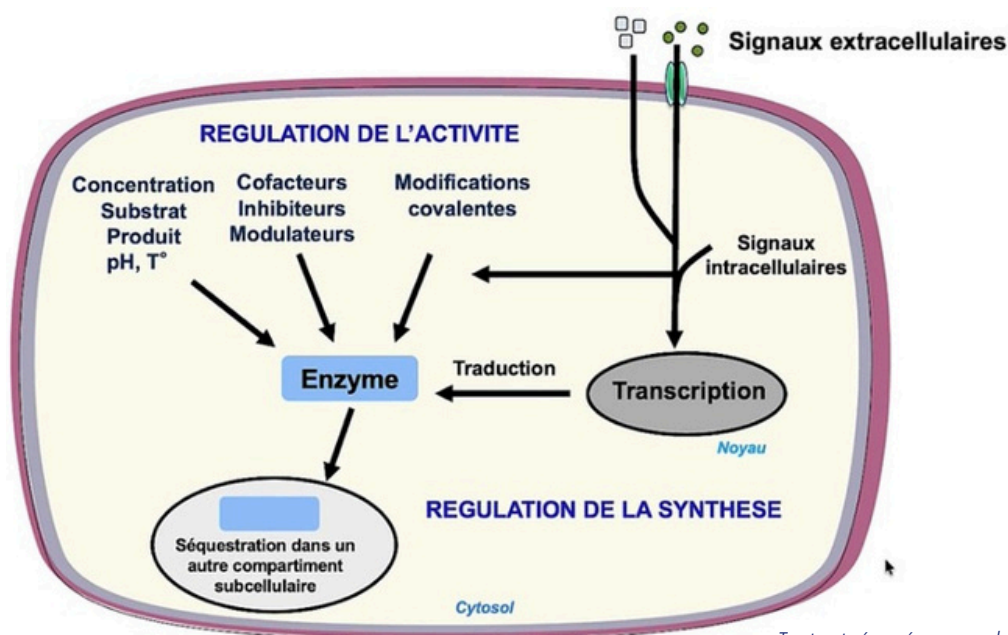
L'activité des enzymes est **régulée** pour répondre aux **besoins** en produits et maintenir l'homéostasie.

On se rappelle, elles ont un rôle majeur de **RÉGULATION**.

Par faire fonctionner cette regulation enzymatique on a besoin de différents facteurs :

Je suis sure que vous en connaissez déjà quelques uns...

- Facteurs selon les conditions de la réaction : pH, température, concentration en substrat et produit (*si on a beaucoup de substrats on va former plus de produits*).
- Cofacteurs, inhibiteurs, modulateurs
- Modifications covalentes
- Autre façon : séquestrer l'enzyme dans un autre compartiment que celui qu'elle catalyse pour l'empêcher d'agir (*car moins disponible*)



*Tout est résumé sur ce schéma
mais ne vous en faites pas vous les
reverrez un peu partout :)*

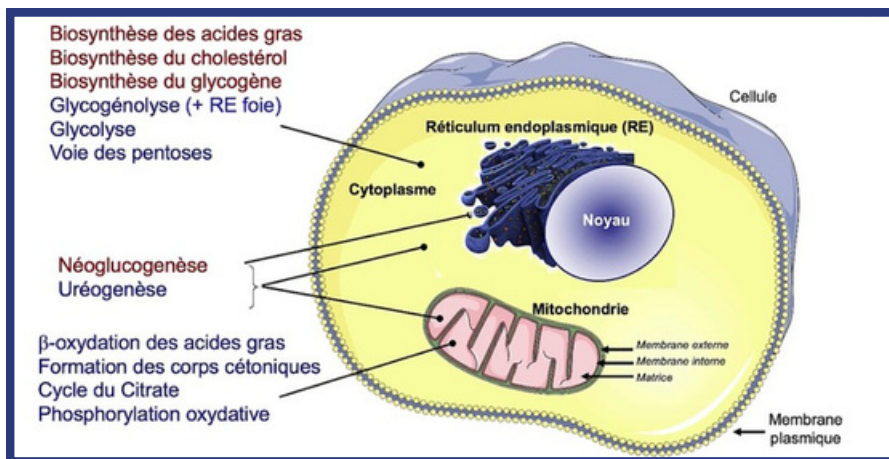
Capacités métaboliques :

La capacité métabolique d'une cellule dépend non seulement de la **disponibilité enzymatique** mais aussi en **oxygène**.

On distingue 2 situations différentes :

- **Aérobic** = **présence** d'oxygène
- **Anaérobic** = **absence** d'oxygène

Chaque réaction a lieu dans des **compartiments bien précis**. +++



Ça c'est la liste exhaustive mais n'apprenez pas par cœur... essayez déjà de retenir les exemples que vous on ne la prof :

Par exemple : la **biosynthèse des acides gras (AG)**, **du cholestérol** ou la **glycolyse** se font dans le cytoplasme.

Alors que d'autres réactions comme la **bétâ oxydation des AG**, la **formation des corps cétoniques** ou la **phosphorylation oxydative** ont lieu dans la mitochondrie

Des réactions comme la **néoglucogénèse** ou **l'urogénèse** ont lieu dans le réticulum endoplasmique ou la mitochondrie.

In fine, des réactions comme la **néoglucogénèse** ou l'**uréogénèse**, ont lieu dans le **réticulum endoplasmique** ou dans la **mitochondrie**.

Si on se place au niveau de l'organisme entier, on voit que chaque organe se caractérise par des fonctions métaboliques bien précises.

-> Par exemple, le **pancréas** a une double fonction :

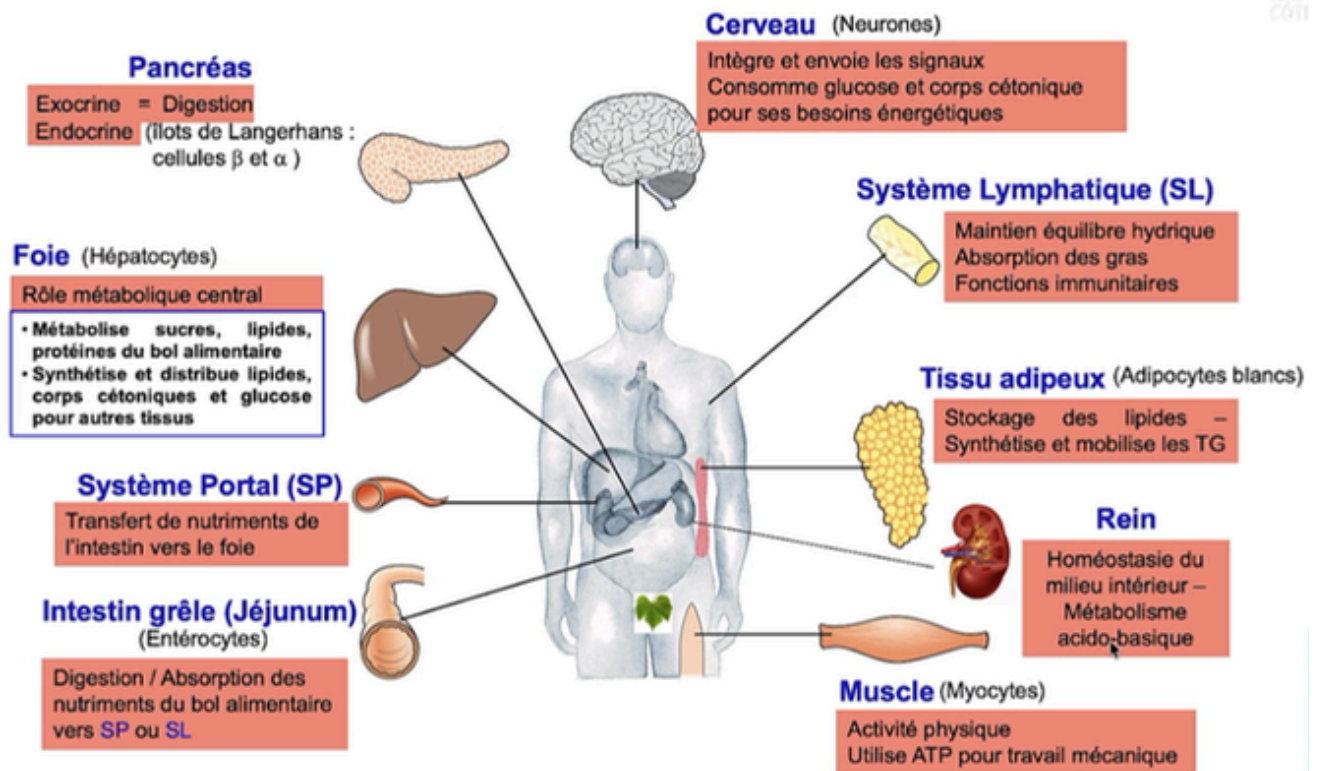
- Le pancréas **exocrine** est impliqué dans la **digestion**,

≠

- Le pancréas **endocrine** est impliqué dans la **régulation de la glycémie** par la sécrétion d'**insuline** et de **glucagon** par les cellules **béta** et **alpha** des îlots de Langerhans

-> L'**intestin grêle**, qui se compose d'**entérocytes**, a un rôle dans la digestion et l'absorption des nutriments du bol alimentaire vers le système **portal** et le système **lymphatique**.

Fonctions métaboliques des organes



Le **système portal** permet le transfert des **nutriments** de l'**intestin** vers le **foie**, et le système

lymphatique permet l'**absorption du gras** ainsi que le maintien de l'**équilibre hydrique**.

-> Le **foie**, qui est principalement composé par les **adipocytes**, joue un rôle métabolique central, en effet, il s'occupe du métabolisme des **sucres**, des **lipides** et des **protéines** du bol alimentaire, et synthétise les **corps cétoniques**, les **lipides** et le **glucose**, qui seront distribués aux autres tissus :

- le **tissu adipeux**, qui est composé des adipocytes, notamment les tissus adipeux blancs qui servent de stockage des lipides, synthétisent et mobilisent les triglycérides,
- le **muscle**, et les myocytes qui le compose, permettent l'activité physique et utilisent l'ATP pour le travail mécanique,
- le **rein**, qui a comme fonction de participer à l'homéostasie du milieu intérieur et a un rôle dans le métabolisme acido-basique,
- le **cerveau**, qui fonctionne grâce au glucose et aux corps cétoniques, en situation de jeûne prolongé, et les neurones intègrent et envoient les signaux pour maintenir les besoins énergétiques

Nous allons maintenant voir comment se passe l'utilisation des molécules énergétiques par les différents organes.

1- Le **cerveau** :

- Il faut savoir que le cerveau **n'a pas de stockage** +++ :
- Il utilise environ **120 g** de glucose par jour pour fonctionner, soit **5-6g/h**
- En cas de période de **jeûne**, il peut utiliser les **corps cétoniques**,
- **MAIS il ne peut PAS utiliser les acides gras** +++



2- Le **muscle strié squelettique** :

- Ce sont les muscles qui sont responsables de la **motricité**, ils peuvent faire du **stockage énergétique** sous forme de **glucides** principalement, mais également sous forme de **lipides**.
- Il **consomme du glucose**, et cette consommation **dépend de l'insuline**.
- Dans d'autres situations, ces muscles peuvent utiliser des **acides gras**, et également des **corps cétoniques** en cas de **jeûne prolongé**

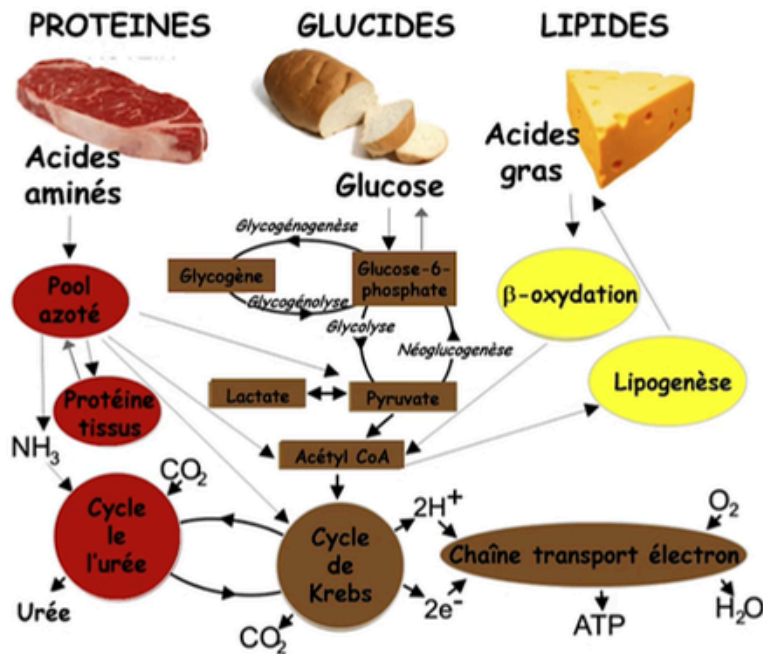




3- Le **muscle strié cardiaque** :

- Il utilise principalement des **acides gras du lactate**, il peut également utiliser les **corps cétoniques** en cas de **jeûne**.

Déséquilibre métabolique et énergétique



Si on considère le **métabolisme énergétique global**, les molécules énergétiques de l'alimentation, c'est à dire les **protéines**, les **glucides**, et les **lipides**, sont **dégradés** au cours de divers processus biologiques qui sont interconnectés entre eux, et qui aboutissent à la production finale d'**ATP**, la molécule énergétique qui est fondamentale, et qui alimente tous les processus vitaux de nos cellules.

/!\ Lorsque cet **équilibre est perturbé**, on observe des **dérégulations des voies métaboliques**, et cela se traduit par des **pathologies** associées : ces dérégulations peuvent être provoquée par :

- une **synthèse** ou une **activité enzymatique perturbée**,
- des problèmes **hormonaux**,
- des déficits **génétiques**,
- des défaillances **tissulaires**

Cela va donc entraîner l'apparition de certaines **pathologies** particulières :

-> On s'intéresse par exemple à l'homéostasie glucidique, c'est-à-dire le maintien de la concentration en glucose.

Cette **homéostasie glucidique**, autrement dit le **taux de glycémie**, est contrôlé par deux hormones :

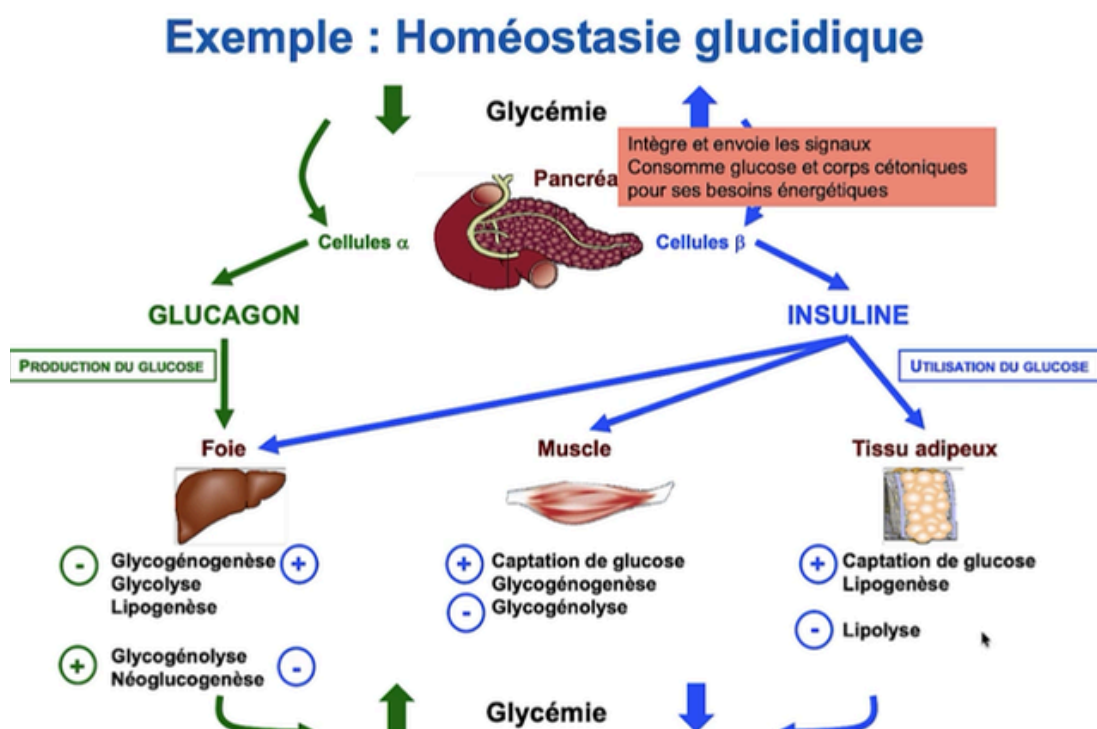
- d'une part le **glucagon**
- d'autre part l'**insuline**

-> En cas de **baisse de glycémie**, donc de baisse du taux de glucose circulant, le **pancréas**, notamment les cellules **alpha** du pancréas, vont produire du **glucagon** : le rôle de cette hormone, le glucagon, est d'augmenter la concentration en glucose, et pour se faire, le glucagon va agir au niveau du **foie**, pour mettre en action toutes les réactions qui permettent d'augmenter le taux de glucose.

Pour se faire, au niveau du foie, le **glucagon** va :

- **inhiber** les voies qui **consomment ou dégradent du glucose**, tels que la **glycogénogénèse**, la **glycolyse** et la **lipogénèse** (*attention il y avait un petit erratum dans la première version de la fiche : c'est bien la lipogénèse et pas la lipolyse +++*),

- et va **favoriser** les voies qui **permettent d'augmenter la production de glucose**, c'est à dire la **Glycogénolyse** et la **Néoglucogénèse**



=> Au final, on va **rétablir un taux correct de glycémie.**

- En revanche, en situation d'**hyperglycémie**, c'est à dire lorsque le taux de glycémie est trop élevé, il y a une autre hormone, l'**insuline**, qui est produite par les cellules **bêta** du pancréas, qui va exercer la fonction opposée à celle du glucagon, c'est à dire qu'elle va **favoriser l'utilisation du glucose.**

- Donc, le but ultime est de **réduire les quantités circulantes de glucose**, et pour cela, l'insuline va **faciliter la captation du glucose par le tissu adipeux et par le muscle**, elle va faciliter également les **voies de stockage du glucose** tels que la **glycogénogénèse.**

- Et lorsque cet équilibre de glycémie est **perturbé**, on peut se trouver face à des situations très graves et qui peuvent être extrêmes, c'est à dire lorsqu'il y a :

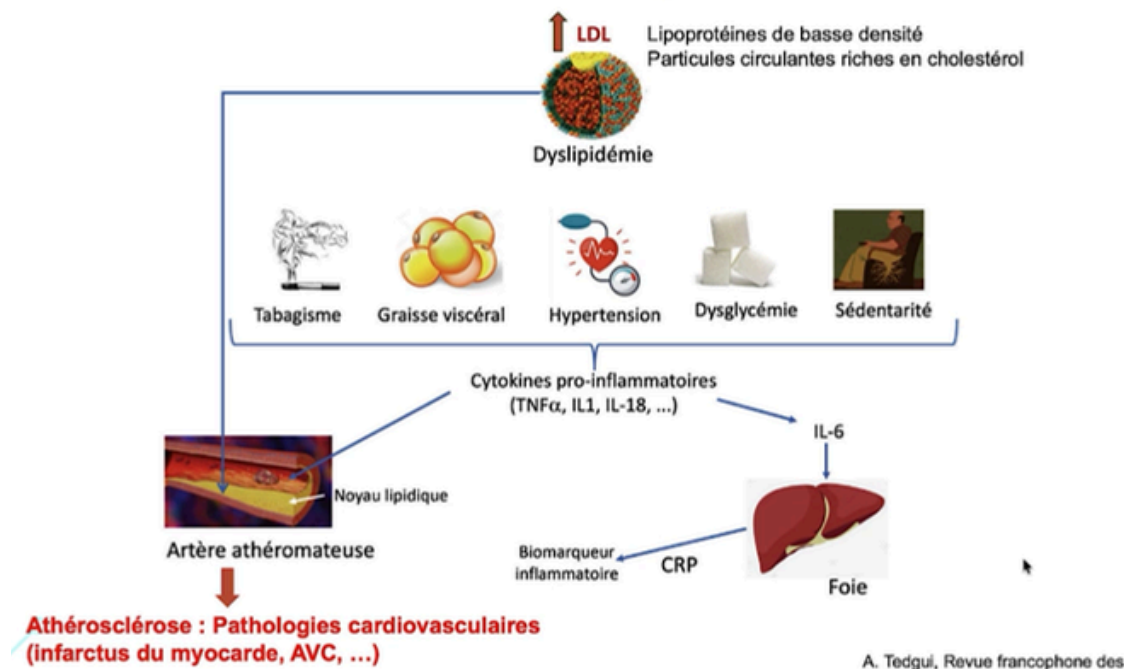
- une présence d'**hyperglycémie chronique**, donc une **augmentation des concentrations du glucose circulant**, cela peut entraîner l'apparition d'un **diabète**,
- une situation d'**hypoglycémie**, c'est à dire un **taux de glucose trop bas**, on peut se retrouver dans une situation d'extrême gravité avec des **troubles neurologiques** allant jusqu'au **coma**
- un autre exemple de pathologie très commune qui est également une conséquence du diabète : c'est l'**athérosclérose**, qui est à l'origine de la plupart des **maladies cardiovasculaires** comme l'**infarctus du myocarde** ou les **accidents vasculaires cérébraux**, cette pathologie est la conséquence de la formation de **plaques** qui vont boucher petit à petit les artères notamment les carotides ou les artères coronaires, et ces plaques sont constitués principalement de **lipides** dues à des **taux élevés de cholestérol**, en particulier celui transporté par les lipoprotéines qu'on appelle les **LDL**, c'est à dire le lipide de basse densité.

-> Autres facteurs de risques :

- **tabagisme**,
- **obésité**,
- **HTA**,
- **sédentarité**,
- **dysglycémie** donc le **diabète**,
- présence de ces **plaques** qui vont entraîner une situation inflammatoire qu'on peut monitorer par le dosage de cytokines inflammatoires qui circulent et qui à leur tour vont agir sur le foie, augmenter la production de molécules pro inflammatoires.



⚡ Athérosclérose : une complication du diabète



On espère que ça vous a plu !!

BON COURAGE POUR LA SUITE 

Biochibou veille sur vous

