GUC FORMATION

Le sport est votre passion, Faites en votre profession !

Yvan LOYNET – Formateur
GUC
Année 2021 - 2022

Métabolisme énergétique & physiologie de l'exercice physique

9.1 Les réserves énergétiques

9.2 La cellule

9.3 Energie chimique : ATP & CP

9.4 Notion de filières énergétiques

9.5 Types de fibres musculaires

9.6 Effets de l'Activité Physique sur le métabolisme

GUC FORMATION

9.1 Réserves énergétiques

- Si notre corps = une voiture.

  La voiture a besoin d'essence pour faire tourner le moteur.

  Notre corps a aussi besoin d'essence pour vivre.

  Sauf qu'une voiture s'arrête de consommer quand on coupe le moteur, le corps lui consomme CONSTAMMENT de l'énergie.

→D'où la nécessité d'avoir un réservoir énergétique

9.1 Réserves énergétiques

- **<u>Stockage et déstockage</u> : 3 POSSIBILITES**

- Le corps est en activité et reçoit de l'énergie au même moment : l'énergie reçue sera directement utilisée pour générer de l'activité → TRES RARE
- Le corps est pas ou peu actif mais reçoit quand même de l'énergie : l'énergie non utilisée va être stockée pour être utilisée plus tard → **Stockage**
- Le corps est en activité mais ne reçoit pas assez d'énergie par rapport à l'activité demandée : il va utiliser une partie de l'énergie stockée préalablement pour générer l'activité voulue → **Déstockage**

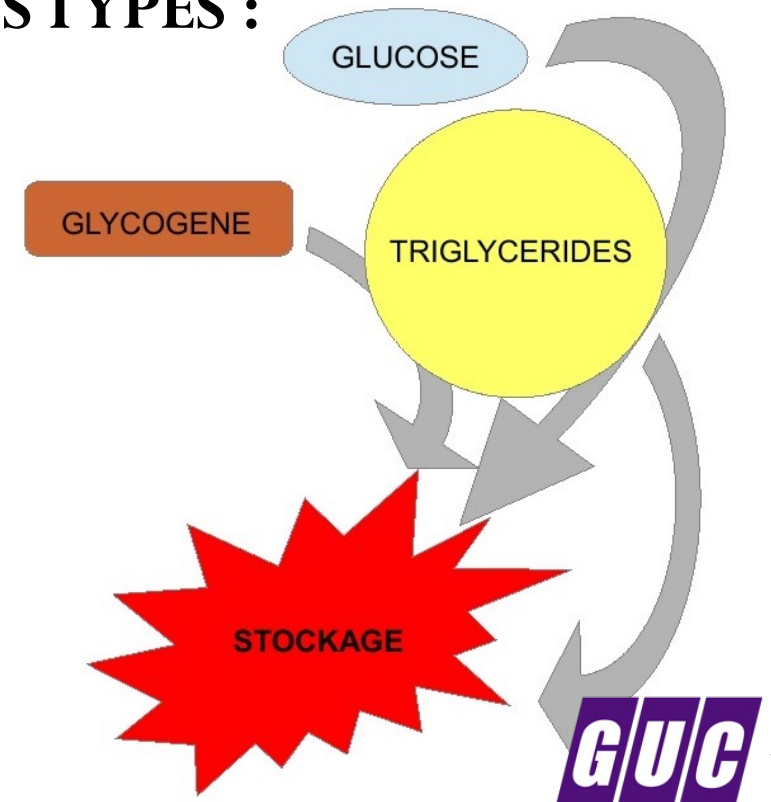
L'énergie ingérée N'EST PAS DISPONIBLE IMMEDIATEMENT, les aliments doivent d'abord être digéré puis les NUTRIMENTS METABOLISES avant de pouvoir donner de l'énergie ou la stocker.

9.1 Réserves énergétiques

- **<u>Les différents sources d'énergie et leur stockage</u>**

Fonction de ce que nous mangeons (les aliments), le contenu de ceux-ci va devenir NUTRIMENT dans l'organisme (une fois l'aliment digéré = disséqué) et en fonction de ces nutriments, les SUBSTRATS (=élément qui est converti en énergie) sont de **TROIS TYPES :**

- **Glucose (sucre simple)**
- **Glycogène (= réserve NRJ)**
- **Triglycérides (= graisses)**

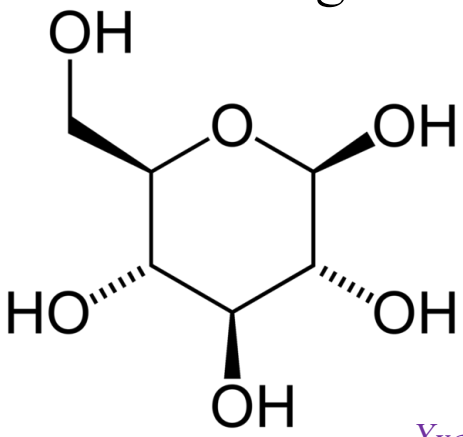


9.1 Réserves énergétiques

- **LE GLUCOSE**

= sucre simple. Proviens des glucides contenus dans les aliments ingérés.

C'est un substrat énergétique disponible immédiatement : comme c'est un élément « simple », il n'a pas besoin d'être transformé pour être utilisé par les cellules et être converti en énergie. Seulement, la quantité de glucose à l'état « libre » (disponible de suite) dans notre corps est très faible : notre métabolisme de base (= consommation au repos) épuiserait tout le glucose en 30 minutes. Ca veut dire que, sans rien faire, on utiliserait la totalité du glucose de notre corps en 30 minutes.

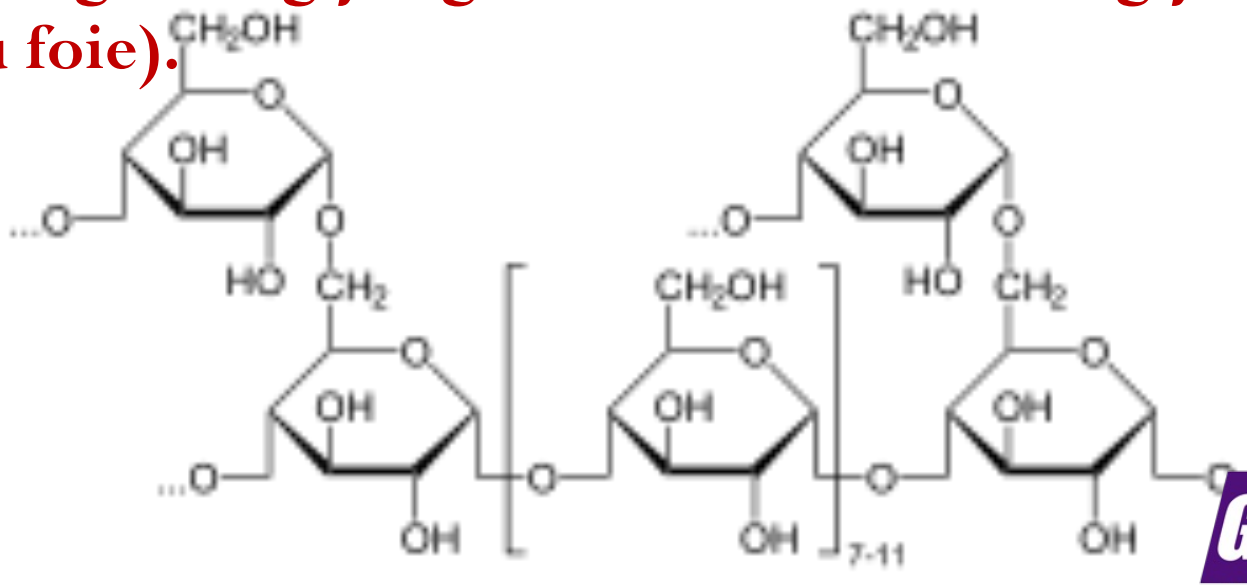


9.1 Réserves énergétiques

- **LE GLYCOGENE**

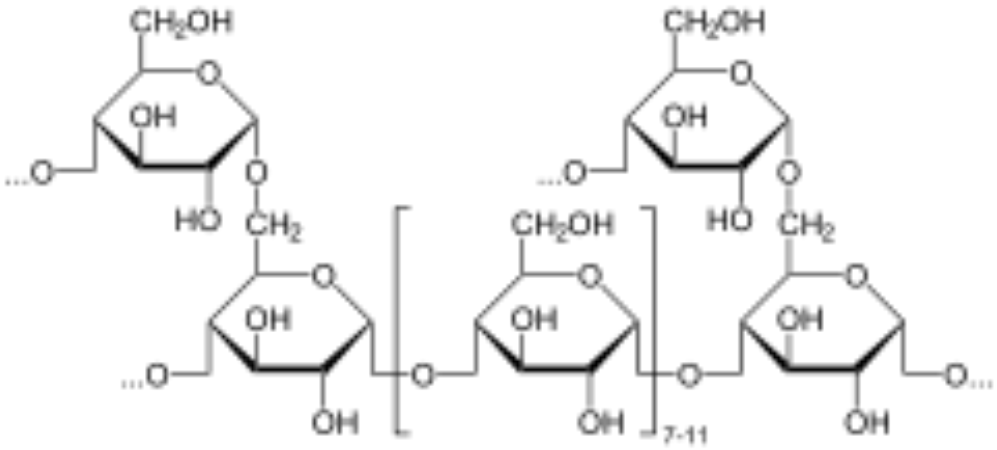
  = **une réserve énergétique** de notre corps. Le glycogène est un polymère du glucose, ça veut dire qu'il est constitué de plein de molécules de glucoses rattachées entre elles par diverses liaisons. Il permet de stocker du glucose, donc de l'énergie dans le foie et les muscles.

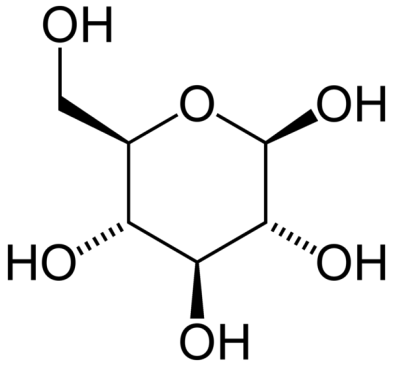
→**Réserve d'énergie : glycogène musculaire et glycogène hépatique (du foie).**



9.1 Réserves énergétiques

- **LE GLYCOGENE** **vs** **LE GLUCOSE**

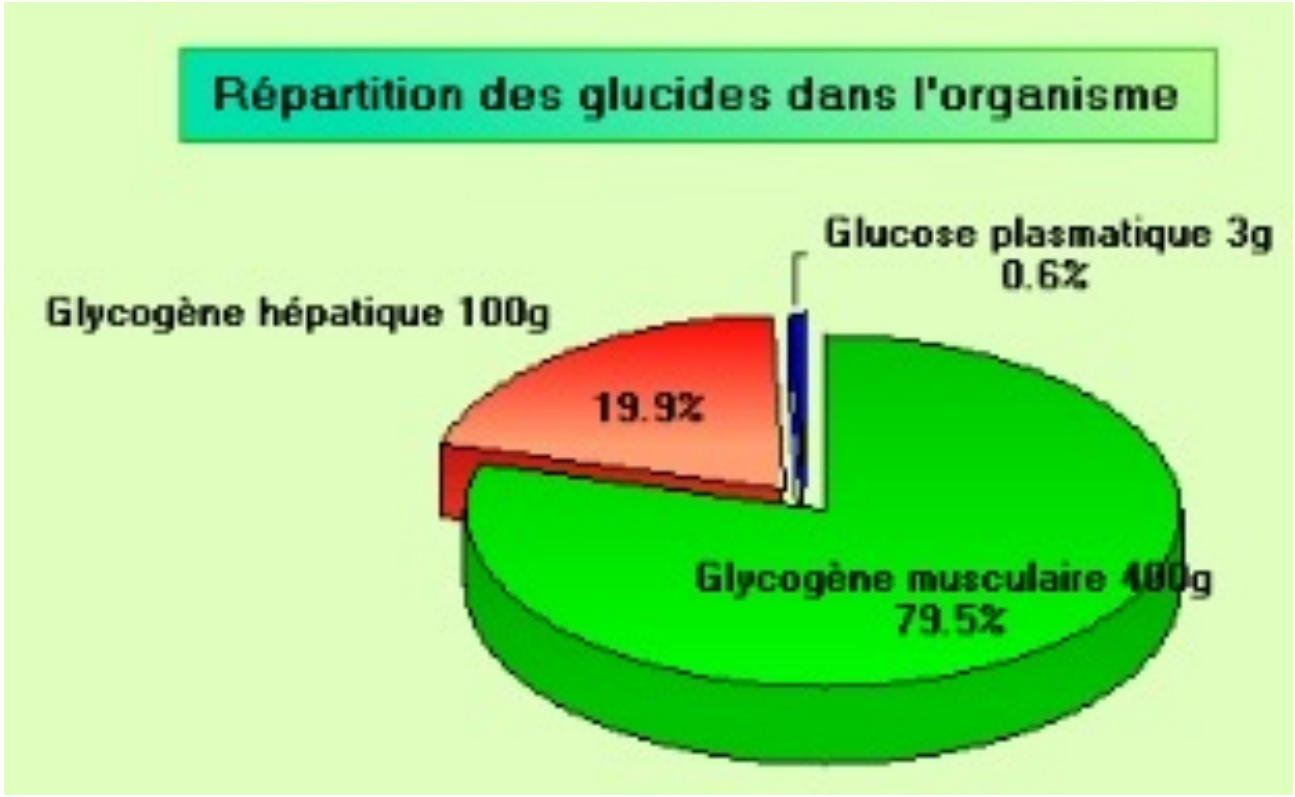




Pourquoi le glucose est plus facilement assimilable ?

9.1 Réserves énergétiques

- **LE GLYCOGENE**

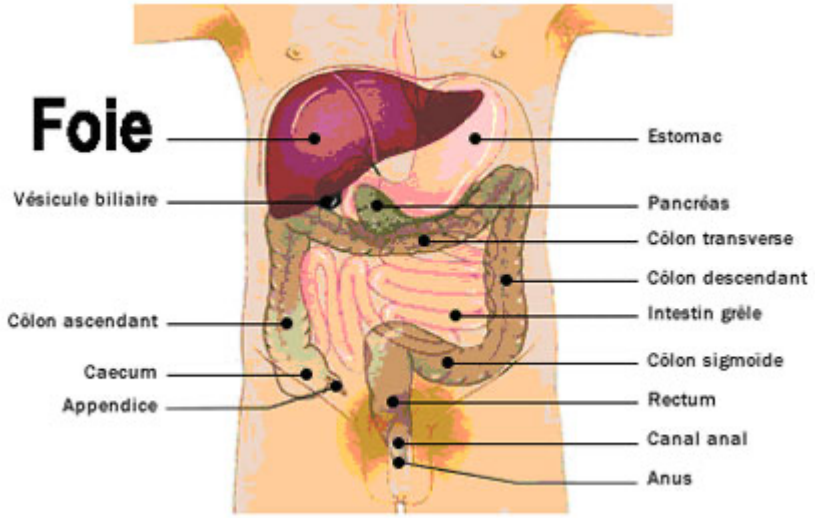


9.1 Réserves énergétiques

- **LE GLYCOGENE**

Le foie peut fabriquer du glycogène à partir de molécules de glucose « libres » : c'est la **glycogénogénèse**. Il s'agit donc ici d'une forme de **stockage** du glucose sous forme de glycogène.

La réaction inverse est également possible : si le corps a besoin d'énergie, le foie va « casser » une partie de son glycogène pour le transformer en molécules de glucose : c'est la **glycogénolyse**, c'est un **déstockage**.



9.1 Réserves énergétiques

- **LE GLYCOGENE**

  Ces réactions dans le foie, (glycogénogénèse et glycogénolyse) permettent de libérer (déstocker/utiliser) ou stocker du glucose pour fournir de l'énergie.

  Idem pour le glycogène musculaire : on trouve également du glycogène dans les cellules musculaires, où il est stocké ou dégradé (utilisé) lors d'efforts musculaires.

- Les quantités de glycogène dans notre corps sont plus importantes que celles de glucose, mais notre métabolisme de base (activité de repos) **épuiserait quand même tout ce glycogène en 24 heures**. Notre corps a donc besoin d'une autre réserve d'énergie, qui lui permette de tenir plus longtemps. Cette autre réserve, c'est la graisse, ou plutôt les triglycérides.

9.1 Réserves énergétiques

- **LES TRIGLYCERIDES**

= des graisses qui sont stockés dans l'organisme (tissus graisseux ou adipeux). Les tissus adipeux, c'est-à-dire les **tissus graisseux, constituent la réserve énergétique la plus importante de notre corps.**

Les triglycérides proviennent en partie des lipides contenus dans notre alimentation. Mais il faut savoir que le glucose peut aussi être transformé en triglycérides et ensuite être stocké dans les adipocytes. Ca veut dire qu'en mangeant des glucides, on peut fabriquer de la graisse ! .

9.1 Réserves énergétiques

- **LES TRIGLYCERIDES**

La fabrication de graisse, qu'elle se fasse à partir des glucides ou des triglycérides, s'appelle la lipogénèse. Quand notre corps est en phase de **lipogénèse**, il construit du gras, il réalise donc un **stockage d'énergie**.

Le processus inverse existe (heureusement !), c'est la **lipolyse** : à partir des graisses contenues dans les tissus adipeux, on va fabriquer de l'énergie : c'est un **déstockage d'énergie**.

En général, notre corps conserve assez de masse grasse pour fournir de l'énergie nécessaire à notre métabolisme de base pendant 1 mois : rien à voir avec les quantités d'énergie liées au glucose ou au glycogène.

9.1 Réserves énergétiques

- **LES PROTEINES ?**

Notre organisme peut donc stocker de l'énergie provenant des glucides et des lipides alimentaires, mais qu'en est-il des protéines ?

Et bien **il n'y a pas de possibilité de stockage des protéines**. Toutes les protéines ingérées qui ne sont pas utilisées sont tout simplement détruites (élimination par les reins). Et si notre corps a besoin de protéines alors qu'il n'en reçoit pas, il va fabriquer ces dernières à partir d'autres protéines, quand il le peut en tout cas.

Notion d'acides aminés…

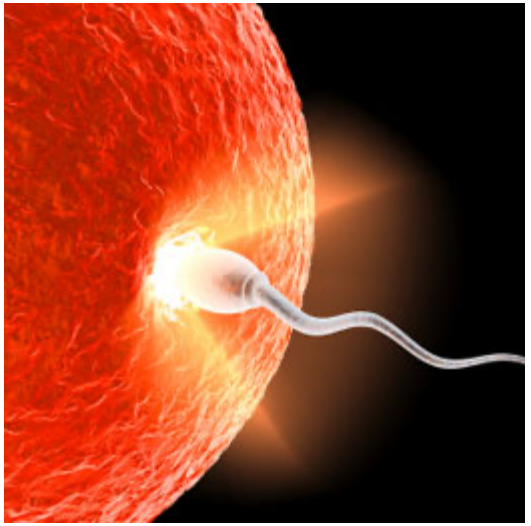
9.2 La cellule

- **<u>40 000 à 60 000 milliards dans le corps :</u>**

Résultat de la fécondation d'un ovule par un spermatozoïde. Puis se multiplie au fur et à mesure de la croissance. Chacune d'elles à un cycle de vie, programmée pour naître vivre et mourir.

Durée de vie d'une C de l'intestin ou de la peau : 3 jrs ; de des yeux 10 jrs, 450 jours pour le foie.

Tout être vivant sur terre, végétal ou animal, est un **assemblage de microscopiques usines chimiques : les cellules.**



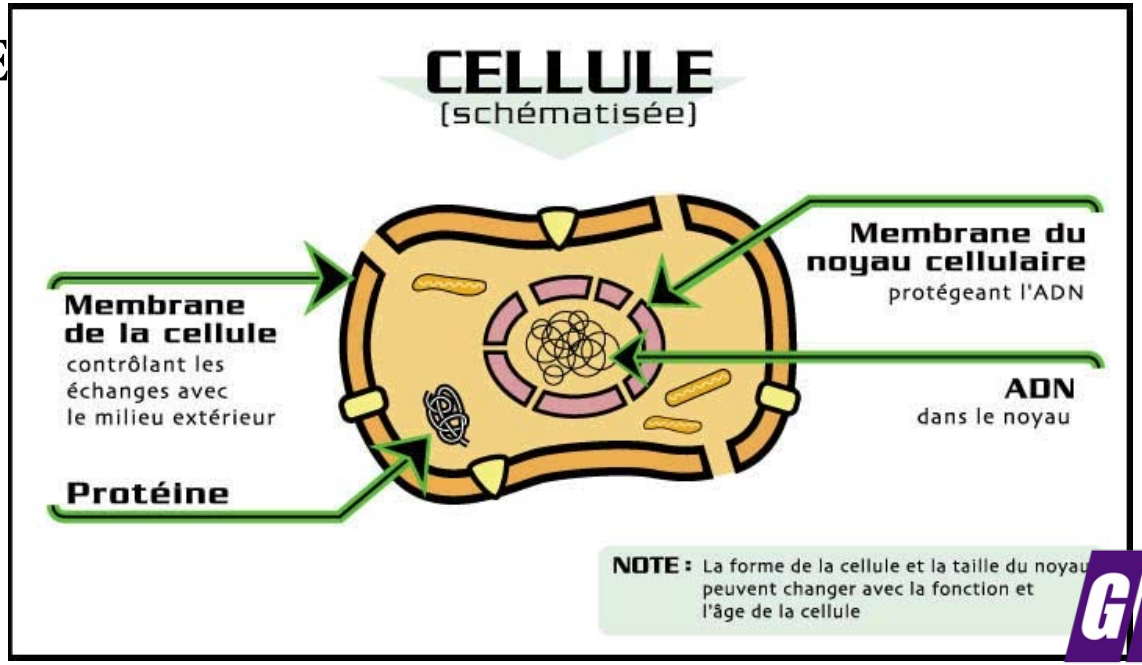
9.2 La cellule en quelques mots

- **<u>Cellule et tissu :</u>**

  Selon leur **fonction, l**es cellules sont regroupées en **tissu.**

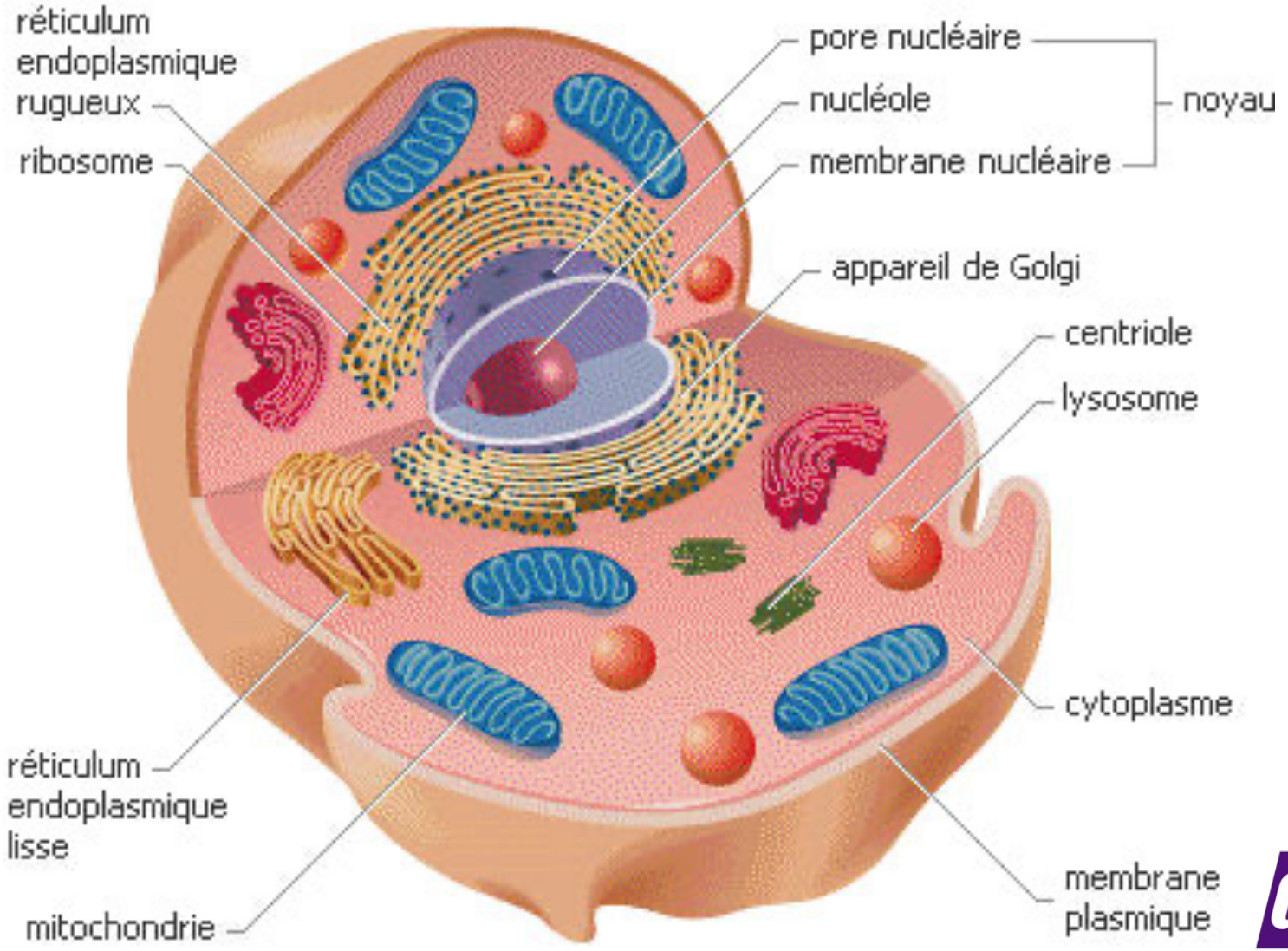
  Ex : les C de peau se situent dans le tissu cutané. Il y a **autant de cellules différentes qu'il y a de tissus différents (osseux, sanguin, musculaire, …).**

  MAIS TOUTES LES CELLULES POSSEDENT GLOBALEMENT LA MEME ANATOMIE



9.2 La cellule en quelques mots

- **Composition d'une cellule type :**



9.2 La cellule en quelques mots

- **<u>Composition d'une cellule type :</u>**

Cytoplasme : substance visqueuse où baigne les organites (éléments) cellulaire.

Membrane cellulaire : délimite la cellule. Zone d'échange perméable.

Noyau : contient l'ADN (acide désoxyribonucléique). Unique. Contient les 46 chromosomes détenant le bagage génétique individuel. Notice de montage.

Mitochondries : les centrales d'énergie de la cellule. Elles consomment du **glucose et fabriquent d'autres molécules riches en énergie, les Adénosines TriPhosphates (ATP) en présence d'O2 !**

L'appareil de Golgi et le réticulum endoplasmique : réseau de cavités et citernes. Assurent le transport et le stockage de ce qui est fabriqués par la cellule.

9.2 La cellule en quelques mots

- **Composition d'une cellule type (suite) :**

  Ribosome : Machines à fabriquer les protéines. Ils « lisent » la notice de montage provenant de l'ADN du noyau et fabriquent les protéines.

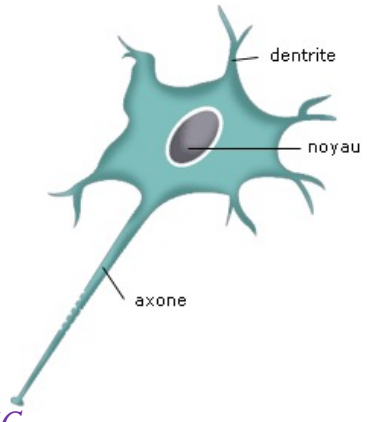
  Vacuoles : petites cavités contenant les déchets et les réserves.

- **Fonctions des cellules :**

  Les fonctions de la cellule : **nutrition** pour son fonctionnement / **respiration** (utilise de l'O2 et rejette du CO2) / **relation** (mobilité, sensibilité à une commande nerveuse/chimique) / **reproduction** (seules les cellules nerveuses :

  les neurones ne se régénèrent pas)

  .



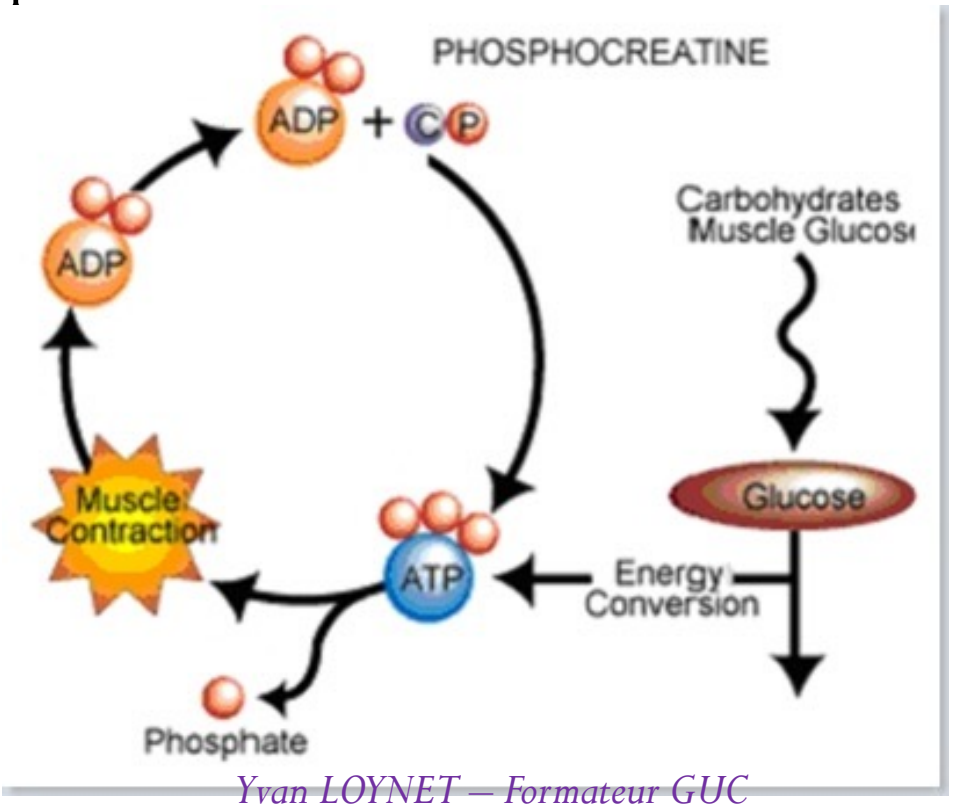
9.3 L'énergie chimique : ATP & CP

En se contractant ou se relâchant, les molécules d'actine & myosine « glissent » les unes sur les autres et font ainsi bouger le muscle. Pour entreprendre cette action, les fibres musculaires ont besoin d'une **« bougie d'allumage »,** comme pour une voiture. Cependant, une seule « marque » de « bougie » fonctionne dans nos cellules musculaires : **l'ATP, ou Adénosine TriPhosphate.**

Dès qu'il est question d'énergie dans le corps il est question d'ATP !

9.3 L'énergie chimique : ATP & CP

L'énergie des nutriments (protides, glucides, lipides) est transférée sur d'autres **composés chimiques comme l'ATP qui sont utilisés à des fins énergétiques diverses :** mécanique (contraction musculaire), thermique, … Le reste de l'énergie est dispersé en chaleur !



9.3 L'énergie chimique : ATP & CP

Une molécule riche en énergie, l'ATP, se transforme en une molécule moins riche en énergie, l'ADP, en libérant de l'énergie utilisée à des fins chimiques, thermiques, mécaniques.

ATP ←→ ADP + P + Energie → ENERGIE

L'ATP est en quantité limitée, d'où le besoin de la renouveler constamment.

9.3 L'énergie chimique : ATP & CP

Le corps va utiliser les nutriments et notamment le glucose pour CRÉER DE L'ATP :

- **L'ATP** est un acide aminé à haut potentiel énergétique qui, après avoir capté l'énergie libérée par la dégradation des glucides, la libère selon les besoins de l'organisme.
- Chaque cellule musculaire renferme une certaine réserve d'ATP; c'est ce qui nous permet d'agir promptement et avec force, par exemple en situation d'urgence ou d'effort momentané. Cependant, cette réserve naturelle est limitée et se consomme en seulement deux ou trois secondes.

9.3 L'énergie chimique : ATP & CP

- Heureusement, les muscles contiennent d'autres types de réserves pour tenir le coup plus longtemps : la créatine phosphate et le glycogène.
- La **créatine phosphate (CP)** est un composé riche en énergie qui produit aussi de l'ATP. Grâce à sa présence dans les cellules musculaires, un effort intense peut être prolongé jusqu'à 15 secondes. Ensuite, le **glycogène** prend la relève : en se scindant, cette molécule de sucre présente dans les muscles et le foie produit à son tour de l'ATP.

9.3 L'énergie chimique : ATP & CP

- Ces deux premiers types de production d'énergie (l'ATP-CP et l'ATP-glycogène) s'effectuent en **mode anaérobie**, c'est-à-dire sans apport d'oxygène. Lorsqu'ils fonctionnent selon l'un ou l'autre de ces deux modes de production énergétique, nos muscles peuvent soutenir un effort intense pendant 90 secondes au maximum.

- Au-delà de ce délai, nos muscles pourront maintenir un effort moindre, mais soutenu, en produisant l'ATP en **mode aérobie**, c'est-à-dire en présence d'oxygène.

9.4 Notion de filières énergétiques

- Selon le type de sport qu'il pratique, un athlète peut compter sur trois mécanismes de production différents d'énergie (ATP) pour se mettre en action : **ATP-CP, ATP-glycogène et ATP-oxygène.**

- Voyons comment fonctionne chacun de ces trois mécanismes qui, au demeurant, peuvent se **chevaucher** selon le type d'effort commandé au muscle.

9.4 Notion de filières énergétiques

- **Le sprinter de 100 mètres : filière anaérobie alactique**

  La performance qu'il livre ne dure guère plus de dix secondes.

  Pratiquement toute l'énergie dont il a besoin se trouve déjà dans ses muscles, sous forme d'ATP et de créatine phosphate (CP).

  Les muscles se serviront donc de ces ressources sans apport d'oxygène (en mode anaérobie).

  Au cours des deux à trois premières secondes, les muscles « brûlent » l'ATP emmagasiné et immédiatement disponible et, pour le reste de la course, c'est la CP qui prend la relève et produit l'ATP.

  Si les réserves d'ATP-CP sont épuisées avant la fin du sprint, les muscles font appel au glycogène, mais toujours en mode anaérobie.

  Une petite quantité d'acide lactique est alors produite.

9.4 Notion de filières énergétiques

- **Le coureur de 800 mètres : filière anaérobie lactique**

  Tout comme le sprinter, il utilisera toutes ses réserves d'ATP-CP au cours des 10 à 15 premières secondes de la course.

  Comme ces réserves commencent à s'épuiser, les fibres musculaires font appel au glycogène stocké dans le muscle pour le transformer en ATP.

  Cette transformation de molécules de sucre sans apport d'oxygène (en mode anaérobie) produit de l'acide lactique qui, peu à peu, rend le mouvement plus difficile.

  C'est pourquoi une partie de l'entraînement du coureur de pointe vise à accentuer son endurance à l'acide lactique.

  Puisque la course dure plus de 100 secondes, le mécanisme à oxygène (aérobie) contribue également à la production d'énergie.

  Le muscle continue à utiliser les molécules de glycogène, mais leur transformation se fera grâce à l'oxygène contenu dans le sang.

9.4 Notion de filières énergétiques

- **Le marathonien : filière aérobie**

  Certes, le marathonien fera appel aux deux mécanismes anaérobiques – notamment sur le coup de départ, durant certains dépassements et encore pendant le sprint final -, mais l'énergie qu'il utilisera proviendra essentiellement du système à oxygène.

  Ce système est plus lent que les deux autres, puisque les éléments nécessaires à la production d'énergie viennent de sources extérieures aux muscles, dont le foie.

  S'il est plus lent, le mode aérobie procure cependant au marathonien tous les éléments nécessaires à la production d'énergie : le flux sanguin véhicule vers le muscle de l'oxygène, du glucose, de même qu'un nouveau type de carburant, le gras, sous forme de lipides.

  Pendant le trajet, le marathonien modulera l'intensité de son effort. Lorsque celle-ci sera faible, ce seront surtout les lipides qui serviront à produire l'énergie. Inversement, l'énergie requise pour un effort plus intense sera fabriquée à partir du glycogène. Les boissons énergétiques qu'il avale en cours de route sont, notamment, un renfort de glucose.

9.4 Notion de filières énergétiques

- **Des mécanismes superposés**

  De façon générale, nos muscles font appel aux trois mécanismes de production d'énergie (ou d'ATP), durant la pratique d'une activité sportive. À titre d'exemple, au cours d'un match de basket-ball ou de hockey, les trois systèmes se superposent pour fabriquer de l'ATP : pendant un saut ou un lancer, les muscles font appel au mode ATP-CP; si l'on suit un adversaire de près pendant plusieurs secondes, c'est le mode glycogène anaérobie qui agit; et, naturellement, le système à oxygène fonctionne pour l'ensemble de la durée du match.

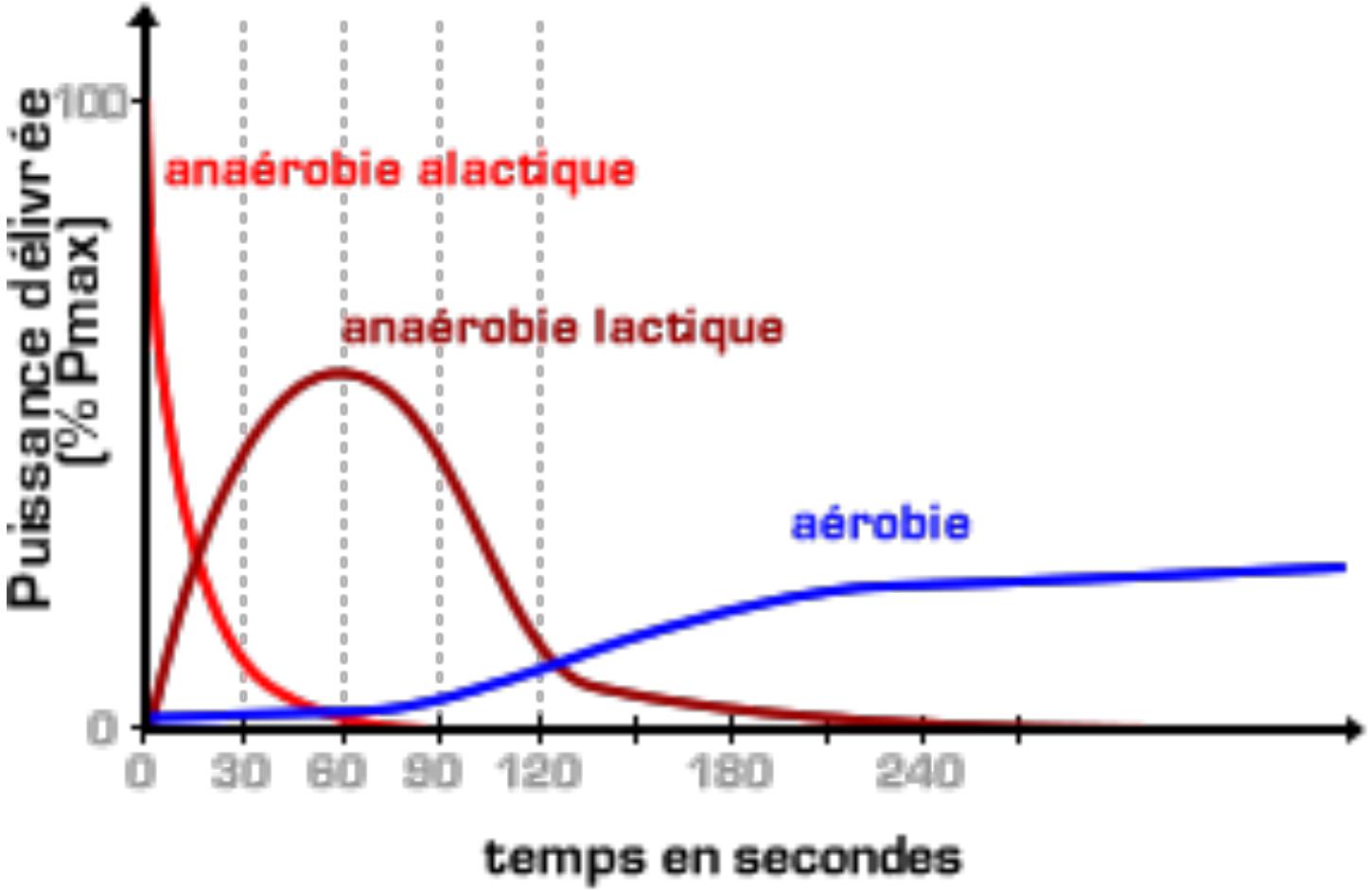
9.4 Notion de filières énergétiques

- **Tableau récapitulatif**

Caractéristiques physiologiques liées au type de filière				
Métabolisme énergétique	**Type d'effort**	**Puissance fournie**	**Durée d'utilisation**	**Source d'énergie**
Anaérobie alactique	Vitesse – force – FC max	+++	10 sec	ATP - CP
Anaérobie lactique	Résistance FC max	++	10 à 60 sec	ATP - Glycogène
Aérobie	Endurance 60% FC max	+	Plusieurs heures	ATP - Oxygène

9.4 Notion de filières énergétiques

- **Tableau récapitulatif**



9.4 Notion de filières énergétiques

- **Tableau récapitulatif**

Caractéristiques/filières	Anaérobie Alactique	Anaérobie Lactique	Aérobie
Durée limite de maintien en puissance **C'est la capacité en unité de temps à obtenir l'énergie**	Elevé l'énergie est disponible tout de suite 0-5sec	Elevé mais moins que pour anaérobie alactique 20 à 45s	Faible De 2 à 7 min
Durée limite de maintien en capacité	6 à 30 secondes	45 secondes à 2min	A partir de 7 minutes jusqu'à l'infini..... (en théorie)
Substrat énergétique	PhosphorylCréatine	Glucose, glycogène	Glucide, Lipide
Nombre d'APT resynthétiser	1	2 ou 3	29.5 ou 30
Type de fibres	Type II b (blanches)	Type II a (roses)	Type I (rouge)
Exemple activité	100m sprint	400m à effort maximal	marathon

9.4 Notion de filières énergétiques

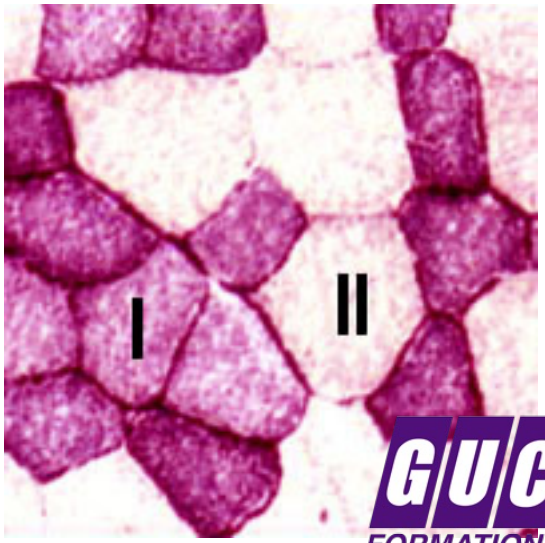
- **Pour aller plus loin :**

http://reussirsonbpjeps.com/quelles-filieres-energetiques-pour-quels-types-defforts/

9.5 Les types de fibres musculaires

- Une contraction musculaire est due à la contraction totale ou partielle d'une partie des fibres musculaires du muscle. Le muscle n'utilise pas 100% de ses fibres sur une seule contraction. Seulement une petite partie des fibres est contractée, ce qui permet aux fibres de se contracter à tour de rôle, donc de répartir la fatigue au fur et à mesure de
- l'exercice.

Il existe ainsi 2 grands type de fibre musculaire : de type I ou II



9.5 Les types de fibres musculaires

- **Structure musculaire**

Selon le besoin de vitesse, d'endurance ou de force, l'adaptation à l'effort modifie la quantité et la qualité des fibres (la qualité est généralement plus importante que la quantité).

- **Fibres musculaires**

On distingue deux principaux types de fibres:

- **Fibres à contraction lente** (type I)

Ces fibres sont de faible puissance mais de forte endurance. Elles ont un petit diamètre de section et une forte densité capillaire (couleur rouge) car elles sont adaptées aux efforts aérobies et sollicitent le système cardio-vasculaire.

9.5 Les types de fibres musculaires

Fibres à contraction rapide (type II)

Ces fibres sont de forte puissance mais de faible endurance. Elles ont un grand diamètre de section et une faible densité capillaire (couleur blanche pour les plus rapides ou rose) car elles sont adaptées aux efforts anaérobies.

- **Répartition des fibres**

Les fibres "lentes" sont toujours sollicitées les premières. Les fibres "rapides" sont uniquement sollicitées dans les efforts importants, pour des durées courtes.

Plus généralement, la vitesse sollicite les fibres "rapides", l'endurance sollicite les fibres "lentes" et la force sollicite l'ensemble des fibres.

Pour chaque muscle, il existe des proportions différentes des deux types de fibres. L'entraînement consiste essentiellement à développer les fibres dans les justes proportions.

Par exemple, pour certains muscles de la jambe, la répartition est de 80% de fibres "rapides" pour 20% de fibres "lentes" chez un coureur de 100 m alors qu'à l'inverse, elle est de 20% de fibres "rapides" pour 80% de fibres "lentes" chez un coureur de marathon.

Chez un adulte sédentaire, la répartition est en moyenne de 48% de fibres "rapides" pour 52% de fibres "lentes".

9.5 Les types de fibres musculaires

- **<u>Les fibres lentes ou fibres rouges ou de type I</u>**

Ces cellules sont rouges car elles sont gorgées de sang. En effet, seul le sang est capable d'amener un maximum d'oxygène à ces fibres qui en ont grandement besoin.

Elles sont fines et interviennent dans des exercices longs comme lorsque vous faites un jogging ou quand vous vous promenez en vélo.

Elles sont très fournies en mitochondries qui sont les usines de fabrication d'énergie par le biais de l'oxygène.

Peu de nerfs les entourent car elles n'ont pas besoin de se contracter rapidement.

Par contre, elles ont une forte capacité de résistance à l'effort.

9.5 Les types de fibres musculaires

- **Les fibres rapides ou fibres blanches ou de type II**

Il s'agit de cellules pâles qui ont un diamètre important. Elles ont des capacités de contractions rapides et interviennent dans des mouvements brusques comme lorsque vous faites un saut ou quand vous soulevez une charge.

Elles sont riches en réserves énergétiques : le glycogène.

L'innervation (quantité de nerfs) de ces fibres est très importante. En effet, pour qu'il y ait contraction, il faut une commande nerveuse qui permette la contraction. Pour une contraction rapide, il faut donc que le signal arrive vite, d'où cette particularité.

Elles ont une résistance faible à l'effort et ne sont pas capables de se contracter longtemps.

9.5 Les types de fibres musculaires

	types de fibres musculaires		
	I	IIA	IIB
temps de contraction	long	bref	bref
vitesse de contraction	lente	rapide	rapide
métabolisme anaérobie alactique	+	++	+++
métabolisme anaérobie lactique	+	++	+++
métabolisme aérobie	+++	+	0
glycogène	+++	++	+
myoglobine	+++	+	0
mitochondries	+++	+	0

9.5 Les types de fibres musculaires

- **Effets de l'entraînement**

  Généralement, chaque individu à une répartition égale de la part de chaque type de fibres mais certains ont des prédispositions.

  L'entraînement peut modifier cette répartition de manière à avoir plus de fibres lentes ou plus de fibres rapides.

  Ainsi, si vous vous entraînez pour un marathon, une partie de vos fibres rapides vont se transformer en fibres lentes pour permettre un effort long.

  A l'inverse, si vous faites un entraînement de sprinter ou d'haltérophile, une partie des fibres lentes va devenir rapide pour permettre d'aller plus vite et d'être plus fort.

  Quelqu'un qui ne fait pas de sport aura tendance à avoir plus de fibres rapides. Vous avez probablement remarqué que lorsque vous commencez une période d'entraînement vous êtes vite fatigué !

9.5 Les types de fibres musculaires

Fibres de type I (rouges)	Fibres de type II (blanches)
* Mitochondries +++	* Mitochondries +/-
* Myoglobine +++	* Myoglobine +/-
* Glycogène +/_	* Glycogène +++
* Fonctionnement aérobie	* Fonctionnement anaérobie
* Muscles posturaux	* Muscles phasiques
* Fatigabilité faible	* Fatigabilité élevée
* Contraction lente	* Contraction rapide

9.5 Les types de fibres musculaires

FIBRES	1	2A	2B
PROFIL	Lentes	Rapides	Rapides
MÉTABOLISME	Aérobie	Aérobie/Anaérobie	Anaérobie
TAILLE	°	O	O
FORCE	F	F	F
VASCULARISATION	////	//	/
RÉSISTANCE À LA FATIGUE	Forte	Moyenne	Faible
GLUCIDES	+++	+++	++++
LIPIDES	+++	+	-

9.6 Effets de l'Activité Physique sur le métabolisme

- **Les douleurs musculaires**

  L'athlète peut ressentir des douleurs musculaires soit pendant un effort intense, soit après.

  Pendant un effort intense, la sensation de lourdeur et de fatigue extrême qu'il ressent provient d'une accumulation d'acide lactique. Cet acide est le produit de l'utilisation du glycogène en l'absence d'oxygène (ou mode anaérobie). Lorsque l'acide lactique s'accumule dans le tissu musculaire, il s'ensuit une production accrue d'ions d'hydrogène (H+) qui finit par affecter la performance du muscle.

- En effet, lorsqu'un muscle est soumis à un effort intense pendant plus ou moins 60 secondes, la contraction en vient à limiter la circulation sanguine vers celui-ci. Privé de l'oxygène que véhicule le sang, le muscle continue à « brûler » le sucre qu'il lui reste. Cette consommation anaérobie produit alors de l'acide lactique, réputé pour perturber la contraction musculaire.
- Pour poursuivre l'exercice physique lorsque les muscles actifs sont « gorgés » d'acide lactique, il faudra réduire l'intensité de l'effort pour que le muscle se délie et permette au sang d'y circuler de nouveau. En contact avec l'oxygène, l'acide lactique sera alors transformée en dioxyde de carbone et en eau. Ainsi recyclé, l'acide [illegible] sera en partie convertie en énergie puisqu'il entre dans la production de [illegible] molécules d'ATP.

9.6 Effets de l'Activité Physique sur le métabolisme

- Par ailleurs, les douleurs musculaires ressenties **après l'effort** (jusqu'à une journée ou deux plus tard) proviennent des lésions microscopiques que l'exercice inflige aux muscles. Une personne peu habituée à l'exercice ressentira des douleurs plus longtemps que celle qui s'entraîne régulièrement. Pourquoi? Parce que la répétition d'un exercice conditionne les muscles à se régénérer plus rapidement et plus solidement. Ils deviennent ainsi plus résistants.
- Tel est d'ailleurs le principe de base de l'entraînement intensif visant à augmenter la masse musculaire : on « blesse » les muscles afin qu'ils se bâtissent plus vite et plus forts, ce qui les rend plus performants et plus endurants.

Si vous souhaitez aller plus loin…

Utilisation des substrats énergétiques

http://umvf.univ-nantes.fr/nutrition/enseignement/nutrition_7/site/html/cours.pdf

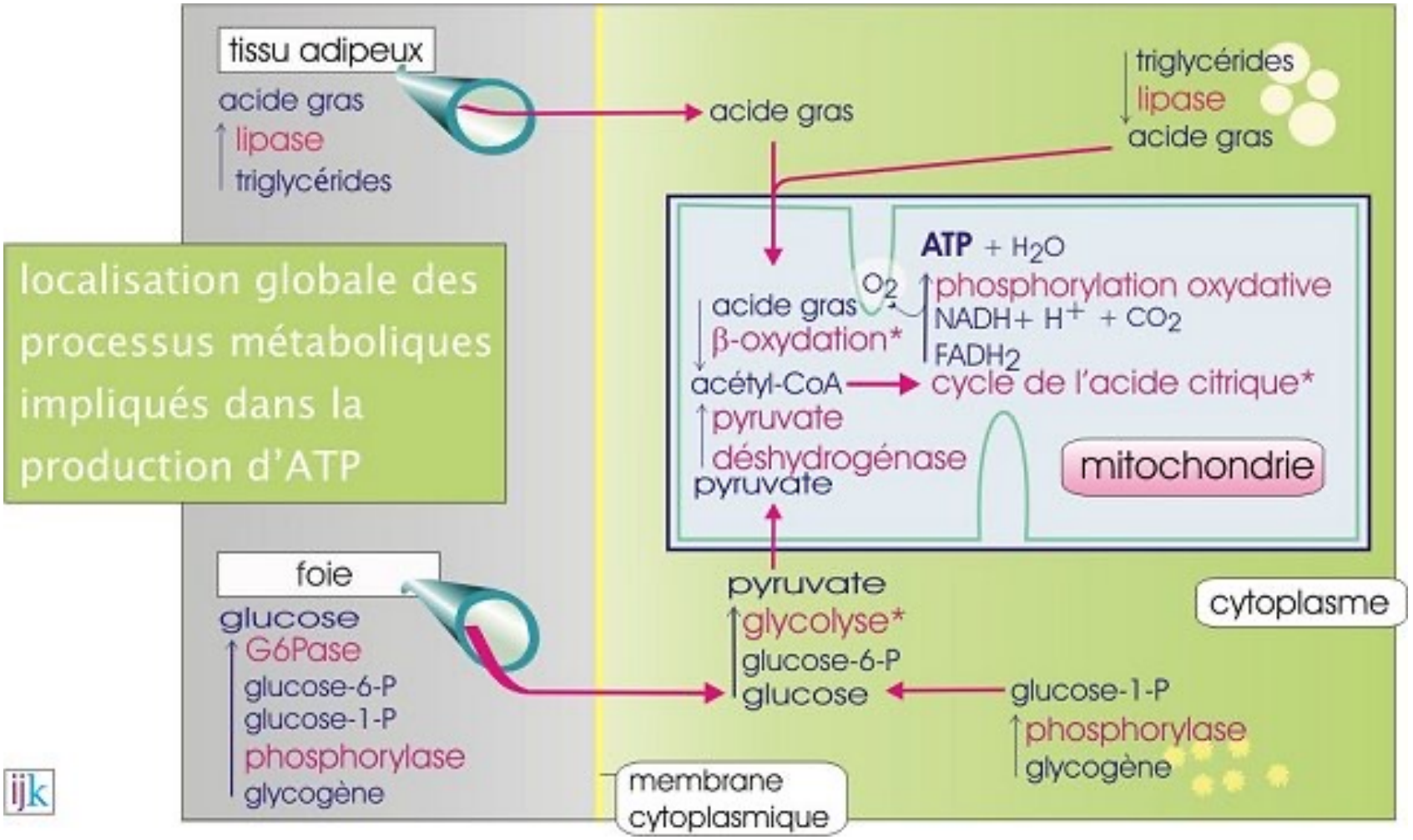
Glucides et lipides, les ressources énergétiques de l'organisme

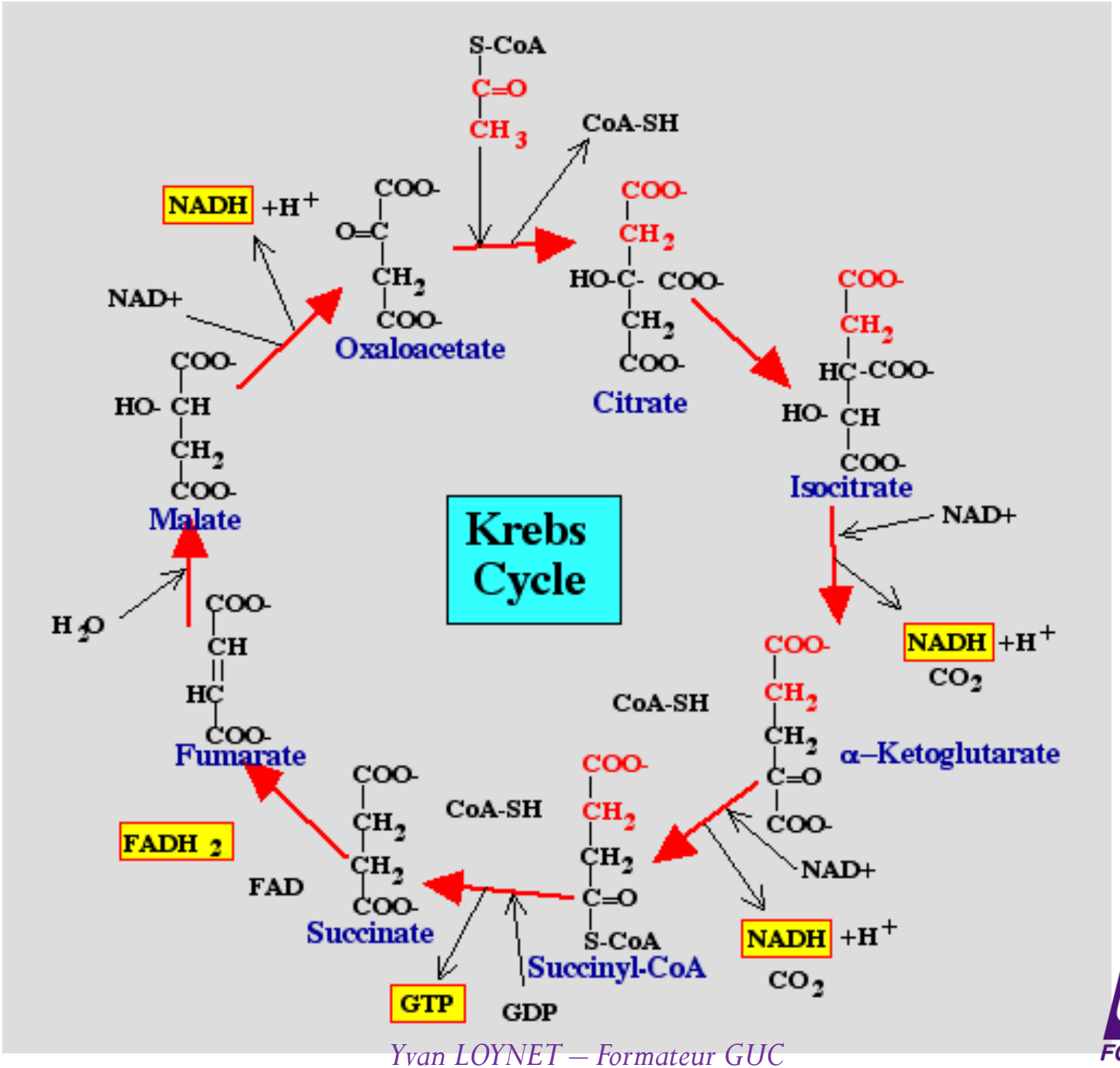
http://www.snv.jussieu.fr/vie/dossiers/glucose-lipides/gluclip.htm

Vulgarisation substrats etc

http://nutrinad.com/stockage-energie/#.VGz_bDSG8YQ

localisation globale des processus métaboliques impliqués dans la production d'ATP




Krebs Cycle
S-CoA
C=O
CH3
CoA-SH
NADH +H+
NAD+
Oxaloacetate
Citrate
Isocitrate
NAD+
NADH +H+
CO2
α–Ketoglutarate
CoA-SH
NAD+
NADH +H+
CO2
Succinyl-CoA
CoA-SH
GTP
GDP
FADH 2
FAD
Succinate
Fumarate
H2O
Malate