Glycogénolyse

Helloooo !!! On se retrouve aujourd'hui pour un nouveau cours de BIOCH (encoreeee, je sais). Je vous conseille de voir ce cours soit avant, soit après la GGG, et pendant vos révisions, de les voir ensemble ! Vous allez beaucoup mieux faire des liens, selon moi. J'espère que le moral est toujours présent, sinon, on n'hésite pas à venir en parler ! Aujourd'hui, on va parler de la GLYCOGÉNOLYSE !! Mes commentaires sont orange et en italiques (vous commencez à le savoir). C'est partiii !! Ne prenez pas peur avec le nombre de pages, comme toujours, j'ai rajouté beaucoup d'explications qui, j'espère, vont vous aider. Vous commencez à me connaître, maintenant : je parle beaucoup ! BON COURAGE

1. Introduction

La glycogénolyse (GGL) correspond à la voie de **dégradation** du **glycogène** qui est un **polymère** de glucose. Le glycogène est la molécule de ++ **stockage** ++ des glucides *(afin de faire des liens entre les cours car c'est +++, vous pouvez vous dire que la glycogénolyse est la voie inverse de la glycogénogénèse !)*

Petit rappel pour vous :

- *glycogénogénèse =*
- *PRODUCTION de glycogène*

- *glycogénolyse =*
- *DEGRADATION de glycogène*

Lorsqu'on va avoir un **apport** alimentaire dans l'organisme, on va **consommer** par exemple, des glucides qui seront dégradés **le long du tractus digestif.** Une fois dégradés, on obtiendra des **monosaccharides** *(=sucres simples, constitués d'une seule unité de sucre. Ex. : glucose, fructose, galactose)* surtout du glucose. Ces monosaccharides vont passer dans **la circulation sanguine.**

Ainsi, le glucose sera capté par les cellules, dans lesquelles il va rentrer grâce à des **transporteurs spécifiques GLUT** *(cf intro métabo avec CarlATP).* Une fois dans la cellule, ce glucose sera immédiatement **phosphorylé** pour devenir du **glucose-6-phosphate (G6P)** *(étape 1 de la GL #onsenrappelsvp).*

Cette phosphorylation a un **DOUBLE** intérêt :

- Elle **empêche** la molécule de glucose de **sortir** de la cellule
- Elle **permet** au glucose de s'**engager** dans plusieurs voies métaboliques

(On le repète dans chaque cours de métabo glucidiques c'est que c'est +++)

En effet, le G6P est un **carrefour métabolique** important qui peut être, entre autres, soit dégradé en **pyruvate** via la voie de la **glycolyse**, soit **stocké** sous forme de **glycogène** via la **glycogénogenèse.**

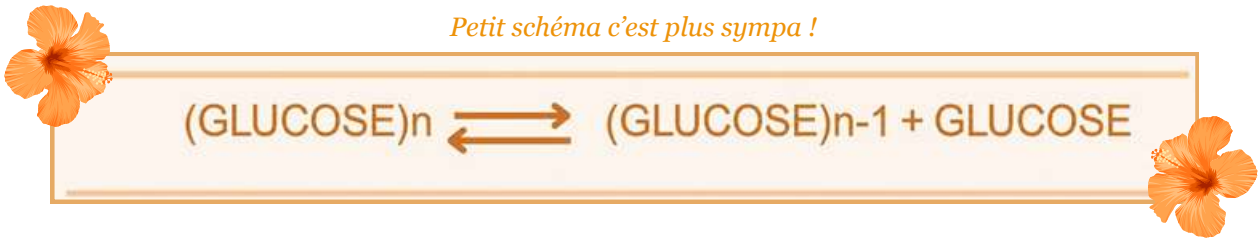
Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite.

Ainsi, lorsqu'on aura besoin de mobiliser les réserves de l'organisme, on **dégradera** les molécules de glycogène afin de libérer du glucose grâce à la Glycogénolyse (GLL) *(notre super star du jour hehe).*

2. Généralités

La GGL permet donc de **passer** d'**une molécule de glycogène avec n molécules de glucose** à **une molécule de glycogène avec n-1 molécules de glucose**, en **libérant** du glucose.

Petit schéma c'est plus sympa !



Cette voie métabolique aura lieu majoritairement dans les **cellules** +++ :

1. **Du FOIE**
2. **Des MUSCLES**

En effet, c'est essentiellement dans ces tissus que se trouveront **les réserves glucidiques +++.** *(Et oui on se souvient que c'est à cet endroit qu'on fait la GGG, donc que les stocks/réserves se trouvent ici, ça devient logique non ?)*

La glycogénolyse, en gros si tu veux c'est quand ton corps a besoin de glucose rapidement, il va aller le chercher dans ses réserves de glycogène. Ces réserves sont surtout dans le foie et les muscles, donc c'est là que ça se passe. Le glycogène est alors "cassé" pour libérer du glucose. Le foie peut envoyer ce glucose dans le sang pour tout le corps, alors que le muscle l'utilise directement pour lui-même. J'espère que c'est plus clair ❤️

La réaction principale de la glycogénolyse est la **PHOSPHOROLYSE** *(je vais vous expliquer tout ça pas de panique)*. La GGL pourra avoir lieu dans **plusieurs conditions.**

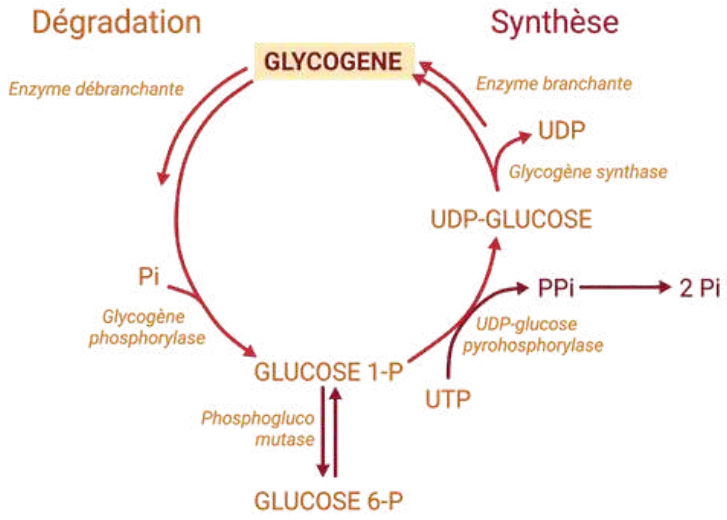
1. **En période éloignée d'un repas** (en post-absorptif voire en conditions de jeûne), pour que le foie puisse libérer le glucose dans le sang afin qu'il puisse être **distribué** aux tissus consommateurs et pour **maintenir la glycémie**

2. **En période d'activité** (à l'effort), pour que les muscles puissent utiliser le glucose afin de **produire de l'énergie.**

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

Ce schéma étant assez confus, ne vous y attardez pas si vous le trouvez trop complexe. Je vous le mets car il provient du cours de la prof. Vous trouverez un schéma bilan récapitulatif à la fin du cours, sur le même modèle que ceux de la glycolyse et de la glycogénogenèse.

Voici un schéma qui représente, de façon synthétique, la **synthèse et la dégradation du glycogène :**



On peut constater que le glycogène et le glucose-1-phosphate (G1P) correspondent à des **intermédiaires communs à la GGG et à la GGL** *(Intermédiaires communs : molécules communes à deux voies métaboliques, c'est-à-dire qu'elles interviennent dans ces deux voies).* Cependant, il réside une différence entre ces DEUX voies : les enzymes utilisées de part et d'autre **++ne sont pas les mêmes ++** Dans ce cours, nous allons voir de plus près la **dégradation** du glycogène, et en particulier les enzymes qui vont intervenir.

3. La Glycogénolyse

1ère étape : la phosphorolyse

RAPPEL de mon cours sur la GGG :)

DEUX types de liaisons existent dans le glycogène. On va avoir :

- *Les liaisons glucosidiques α(1→4) entre chaque molécule de glucose (**SAUF** pour les ramifications)*
- *Les liaisons ramifiées α(1 → 6), justement au niveau des **ramifications**.*

Si jamais c'est flou, c'est + détaillé dans ma fiche de la GGG, on hésite pas à aller voir si c'est pas clair :)

La première réaction de la glycogénolyse est une réaction de **phosphorolyse**.

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

Explications

*Merci à **Ophélysine** pour son super tableau en bas de page que j'ai repris.*

*Attention à ne pas confondre la **phosphorolyse** et la **phosphorylation**, qui correspondent à **DEUX** réactions bien différentes.*

*La **phosphorolyse** est une réaction de **dégradation** au cours de laquelle une liaison chimique est **rompue** grâce à l'ajout d'un **phosphate inorganique** (Pi). Elle intervient notamment lors de la **dégradation du glycogène** et est catalysée par une **phosphorylase**. Le phosphate sert donc à **cliver** la molécule, ce qui permet de **libérer** des unités de glucose phosphorylées. 'Lyse" = CASSER/COUPER*

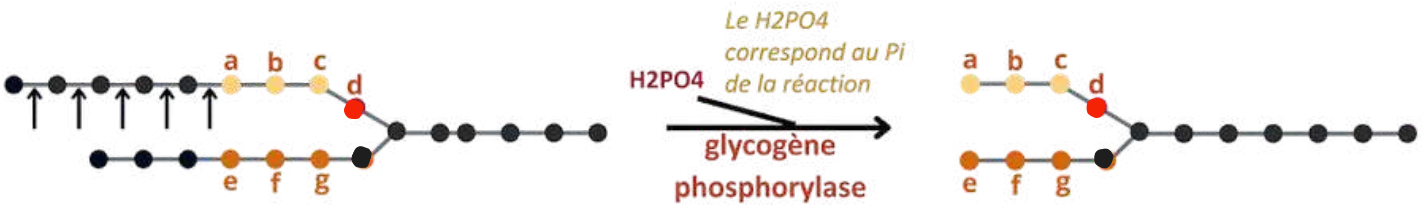
*À l'inverse, la **phosphorylation** consiste à **fixer** un groupe phosphate sur une molécule (protéine, sucre, nucléotide, etc.). Cette réaction est catalysée par des enzymes appelées **kinases** et permet de modifier l'activité, la structure ou la fonction de la molécule concernée.*

Si on résume tout ça les loulous retenez que +++ :

- ***Phosphorolyse** = rupture/cassure d'une liaison grâce à l'ajout d'un phosphate → réaction de dégradation. **Processus de dégradation.***
- ***Phosphorylation** = ajout d'un phosphate sur une molécule → réaction de modification. **Processus de modifications.***

Phosphorolyse	Phosphorylation
• Implique la rupture d'une liaison par l'ajout d'un phosphate. • Associée à la dégradation des molécules. • Exemple: dégradation du glycogène en glucose-1-phosphate. • ENZYME : PHOSPHORYLASE +++	• Implique l'ajout d'un groupe phosphate à une molécule. • Associée à la régulation des activités cellulaires et à la production d'énergie. • Exemple: conversion de l'ADP en ATP, phosphorylation des protéines. • ENZYME : KINASE +++

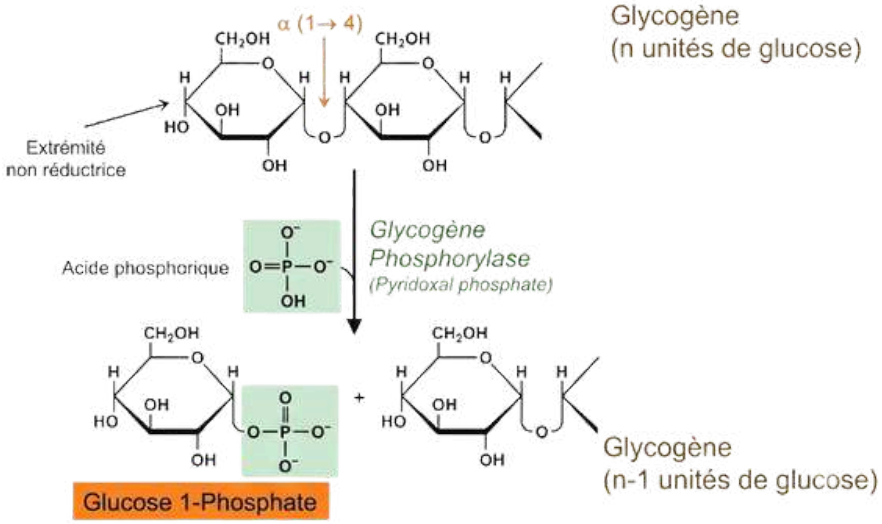
Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite.



Glycogène(n) + Pi → Glycogène(n-1) + G1P

Lors de cette réaction, **++la glycogène phosphorylase++** va catalyser la **phosphorolyse** d'une liaison α (1→4) *(=liaison glucosidique)* du glycogène pour **libérer** du **G1P**. L'enzyme se sert d'une molécule de **phosphate inorganique** (Pi) pour effectuer cette coupure, et du **pyridoxal-phosphate** comme coenzyme.

Le glycogène se retrouve donc avec **n-1 molécules** de glucose, et est **dégradé** à partir de l'extrémité **NON réductrice** +++ *(=par coeur, on dégrade en partant de l'extrémité NOOOOON réductrice)*

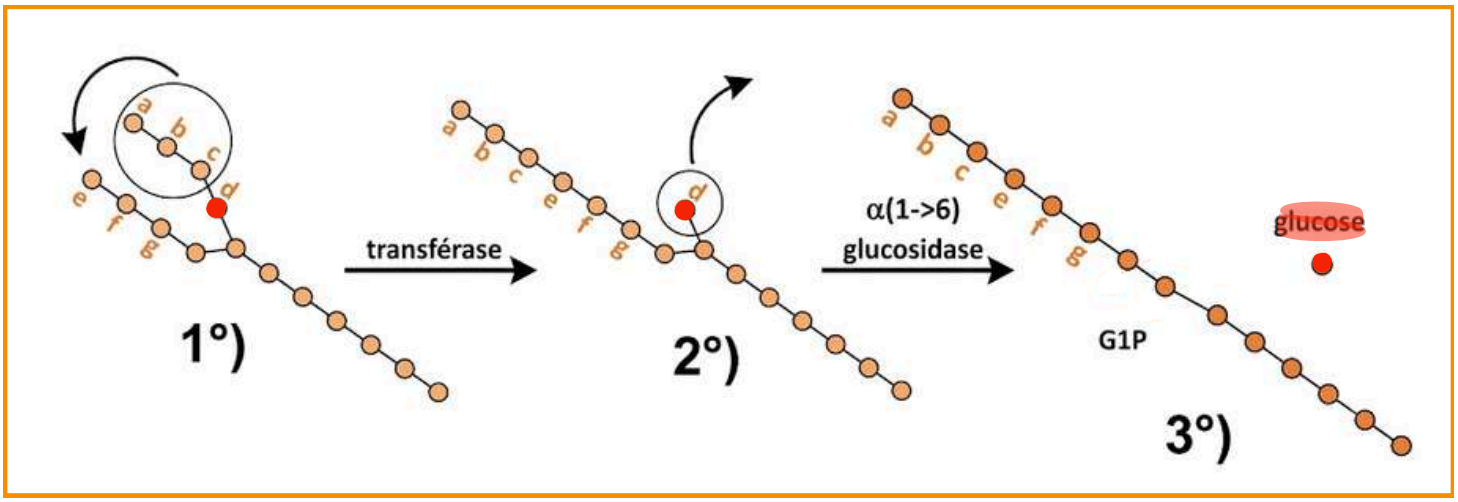


Petit schéma du cours vidéo, prenez le seulement si ça vous aide encore une fois

2ème étape : la déramification du glycogène

⚠ ATTENTION, **la glycogène phosphorylase** est capable de couper **les liaisons α(1→4)**, MAIS elle ne **PEUT PAS** s'occuper **des liaisons α(1→6) des ramifications** **+++**, et laisse par conséquent **4 RÉSIDUS glucosidiques** *(le a,b,c & d sur le schéma suivant)*.

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



Mais comment ça se passe alors ?

La **dégradation** des **ramifications** est en fait effectuée par une autre enzyme : **++l'enzyme débranchante++.** Il s'agit d'une enzyme certes **monomérique**, mais qui possède cependant **2 sites actifs DIFFÉRENTS**, et donc **2 activités enzymatiques DIFFÉRENTES :**

❤️ **+++ Enzyme DEBRANCHANTE = dégrade les ramifications = enzyme MONOMÉRIQUE & BIFONCTIONNELLE +++** ❤️

On différencie bien les deux activités de l'enzyme débranchante :

- 1°) Une activité **transférase** dans un premier temps, qui permet le transfert de **3 des 4 résidus** *(abc mais pas le d)* de glucose restants vers une autre extrémité du glycogène, réduisant alors le branchement à **UN seul et UNIQUE résidu** *(c'est à dire le petit "d" en rouge)*

- 2°) Une activité **α(1 → 6) glucosidase** dans un second temps, qui permet l'élimination du **DERNIER** résidu de glucose par **hydrolyse** de la liaison α(1 → 6) de la ramification et la libération **d'une molécule de glucose.**

À retenir : La **glycogène phosphorylase** entraîne la **libération de G1P** tandis que **l'enzyme débranchante avec ses deux activités différentes** est responsable de la **libération de glucose** (non phosphorylé) *(donc celui qui est en rouge sur le schéma).*

Pour une question de mise en page voici un petit mot pour vous les P1 avant de continuer 💛
La biochimie peut parfois sembler compliquée au premier abord, avec beaucoup de nouvelles notions, de réactions et de mécanismes à retenir. Mais ne vous découragez pas : chaque notion comprise aujourd'hui deviendra une base solide pour la suite de votre parcours. N'essayez pas de tout maîtriser parfaitement dès la première lecture, prenez le temps de comprendre les grandes idées, de faire des liens entre les chapitres et surtout de persévérer. Les progrès viennent avec la répétition et la régularité !!!
Gardez en tête pourquoi vous avez commencé ces études, faites-vous confiance et avancez étape par étape. Les moments de doute font partie du chemin, mais chaque heure de travail vous rapproche un peu plus de votre objectif, c'est ça le plus important. Courage à tous, vous êtes capables autant qu'un autre de bien plus que vous ne le pensez ! 💪

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

Explications

Mais Valactine pourquoi la glycogène phosphorylase laisse-t-elle 4 résidus de glucose ?

La glycogène phosphorylase est capable de couper les liaisons α(1→4) du glycogène, MAIS elle est incapable de cliver les liaisons α(1→6) qui forment les points de ramification.

"Oui, mais les 4 résidus restants sont reliés par des liaisons α(1→4), alors pourquoi ne peut-elle pas les couper ?" *C'est une très bonne question, tu as raison !*

En réalité, le problème ne vient pas des liaisons α(1→4) elles-mêmes, mais de leur proximité avec la ramification. Lorsque la phosphorylase arrive près d'une liaison α(1→6), elle est gênée par l'encombrement de la branche et ne peut plus agir correctement. Elle s'arrête donc ***4 résidus avant*** *le point de ramification, laissant* ***une courte chaîne de 4 glucoses*** *attachée à la liaison α(1→6).*

*À ce stade, la glycogène phosphorylase ne peut plus poursuivre la dégradation. C'est alors qu'intervient l'****enzyme débranchante****, qui possède DEUX activités :*

- *1°) Activité* ***transférase*** *: elle déplace 3 des 4 résidus de glucose vers une autre chaîne de glycogène. Ces résidus redeviennent alors accessibles à la glycogène phosphorylase, qui peut reprendre son travail.*
- *2°) Activité* ***α(1→6)-glucosidase*** *: elle hydrolyse la liaison α(1→6) restante et libère le dernier résidu sous forme de glucose libre.*

Si vous devez retenir grosso-modo, retenez ça :

Les 4 résidus laissés par la glycogène phosphorylase ne correspondent PAS à une ramification. Ils sont simplement ***trop proches*** *du point de branchement, ce qui empêche l'enzyme de les dégrader. L'intervention de* ***l'enzyme débranchante*** *est donc indispensable pour éliminer complètement la ramification et permettre à la glycogénolyse de se poursuivre.*

	Glycogénogénèse	Glycogénolyse
Liasons glycosidiques α(1-->4)	Glycogénine (au départ) Glycogène synthase	Glycogène phosphorylase
Ramifications α(1-->6)	Enzyme branchante	Enzyme débranchante

Je vous ai fais une petite explications + encore un merveilleux tableau de ***Ophélysine*** *d'il y a 2ans, si tout est déja clair BRAVO, n'hésitez pas à SKIP cette partie. Pour les autres j'espère que mes explications vous aident :)*

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

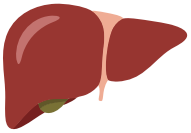
4.Comparaison des GGL hépatique et musculaire

La GGL s'effectue principalement dans **le foie et les muscles** puisqu'ils contiennent les stocks principaux de glycogène, mais avec des objectifs **DIFFÉRENTS** dans chaque tissu :

- Le foie effectuera la GGL pour **maintenir** la glycémie *(en particulier durant les premières heures d'un jeûne)*
- Le muscle la fera pour apporter **l'énergie nécessaire à la réalisation d'un travail** *(par exemple pour les contractions).*

À titre indicatif, on considère qu'il existe environ **100 g** de glycogène dans le foie (ce qui représente 6 à 8% du poids du foie) contre **400 g** dans le muscle (ce qui représente 1 à 2% du poids des muscles).

1°) Au niveau hépatique



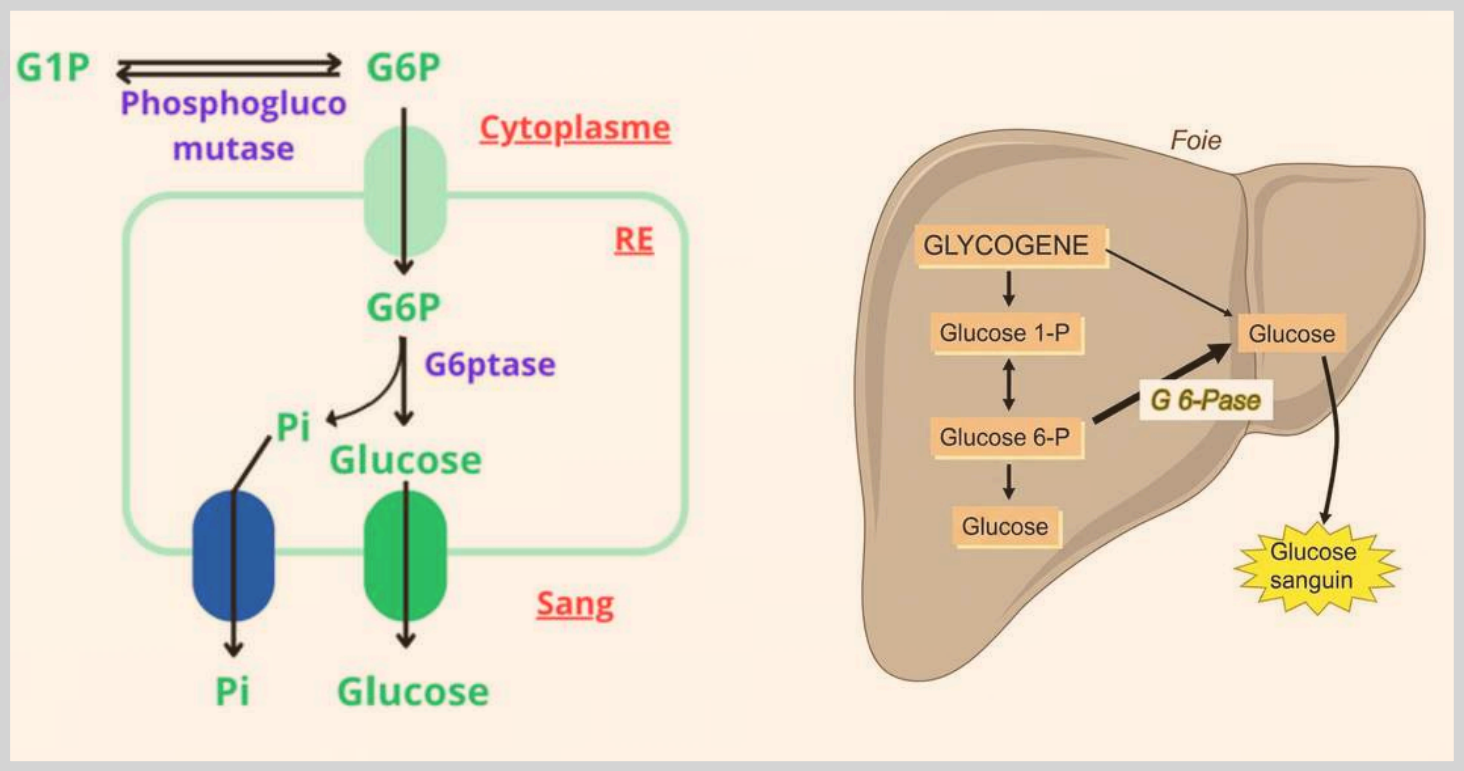
1. Dans un premier temps, il va en effet y avoir la **phosphorylase** qui va cliver les liaisons α(1 → 4) et **libérer** des molécules de G1P *(on se souvient c'est par phosphorolyse et non par phosphorylation).*

2. Puis on aura l'**enzyme débranchante** qui va d'abord transférer **3/4 résidus de glucose**, c'est l'**activité transférase (1)**, avant de **cliver avec l'activité glucosidase (2)** la liaison α(1 → 6) pour libérer du glucose.

- *Cliver = Il s'agit de l'activité α(1 → 6) glucosidase (-ase pour couper ; glucosid pour glucose → glucosidase = couper le glucose)*
- *Donc enzyme débranchante = DOUBLE activité → transférase **(1)** et glucosidase **(2)** = enzyme BIFONCTIONNELLE.*

Le G1P subira un **réarrangement** catalysé par la **phosphoglucomutase** : le groupement phosphate sera alors transféré du **carbone 1 au carbone 6 (C1 → C6)**, ce qui donnera du **G6P** *(vous vous rappelez de notre copain ??).* Ce G6P est ensuite **DEPHOSPHORYLE** par l**a glucose-6-phosphatase (G6ptase)** pour donner du glucose qui sera libéré dans **la circulation sanguine**, car sinon il reste coincé dans la cellule *(et oui on se souvient si on laisse le glucose phosphorylé, on le bloque dans la cellule dcp on DEphosphoryle pour le libérer dans le sang, compris ???).*

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



*Merci à **Lauredose/Ophélysine** pour les schémas, apprenez sur celui que vous préférez :)*

Intéressons-nous de plus près à **la glucose-6-phosphatase (G6ptase)** : il s'agit d'une enzyme située dans **le réticulum endoplasmique (RE)**, ce qui fait que la GGL s'effectue en réalité dans ++ **DEUX** ++ compartiments cellulaires que sont :

- **le cytoplasme**
- **et le RE**

Ainsi, le **G6P** obtenu à partir du **G1P** sera transporté vers l'intérieur du RE grâce à un **transporteur** de G6P spécifique, situé sur la membrane du RE. Le G6P sera ensuite **déphosphorylé** par **la glucose- 6-phosphatase** et donnera du **glucose** et du **Pi** qui sortiront du RE via des **transporteurs respectifs** pour chaque molécule *(on regarde le schéma juste au dessus).*

Le Pi pourra être **RÉUTILISÉ** dans des voies métaboliques *(dont la GGL à nouveau)*, alors que le glucose sortira de l'hépatocyte *(=cellule du foie)* pour ensuite être transporté **dans le sang** vers les autres tissus.

Vous verrez dans un autre cours qu'il existe **un mécanisme de régulation** qui empêchera le glucose d'être immédiatement rephosphorylé dans ces conditions *(petit spoiler, ce sera mon dernier GROOOOS cours, celui du présentiel le 3 Novembre, qui reprendra toutes les voies glucidiques afin d'expliquer de façon concrète leur régulation).*

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

2°) Au niveau musculaire



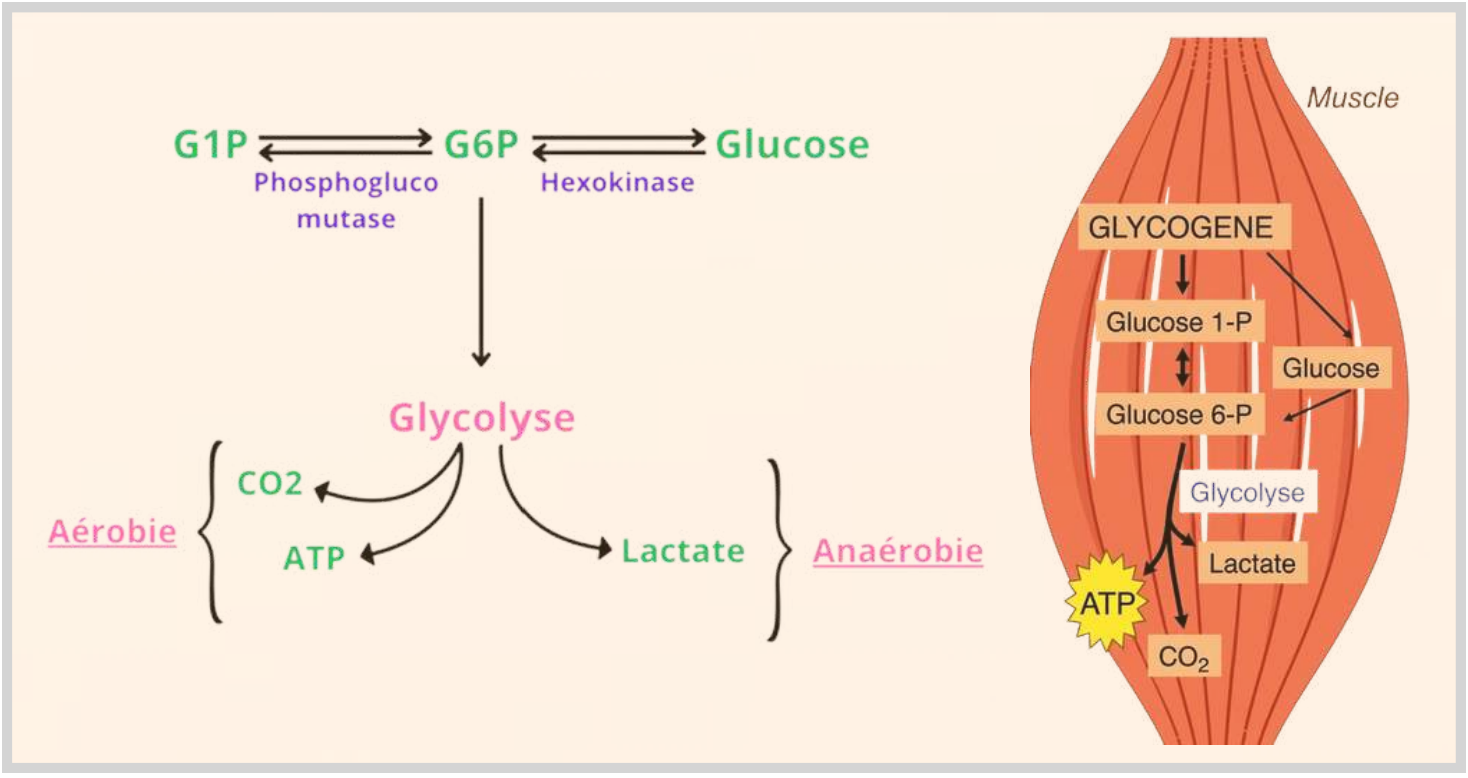
le glycogène sera également dégradé comme vu précédemment, sauf qu'ici le glucose **NE** sera **PAS** libéré dans le sang, **mais utilisé directement** par le muscle pour produire de l'**énergie**.

Par conséquent, le **G6P** obtenu **n'EST PAS DEphosphorylé** mais il rejoint la glycolyse pour être dégradé soit pour :

- Produire de l'**ATP (1)**, du **CO2 (2)** en condition **AÉROBIE**
- Ou pour produire du **lactate (3)** en condition **ANAÉROBIE**

Petit rappel du cours de glycolyse ! On avait vu que le glucose-6-phosphate (G6P) représente un véritable carrefour métabolique, puisqu'il peut être orienté vers différentes voies en fonction des besoins de la cellule. Ici, on observe qu'il quitte la glycogénolyse pour rejoindre la glycolyse et être utilisé dans cette voie de production d'énergie. Comme quoi, les notions vues dans les différents chapitres finissent par se recroiser et prendre tout leur sens ! 😉

Quant au **glucose** obtenu par l'activité α(1→6) glucosidase, il sera **phosphorylé** pour obtenir du **G6P** qui rejoindra également la **glycolyse**.



*Merci à **Lauredose/Ophélysine** pour les schémas, apprenez sur celui que vous préférez :)*

"Bon Valactine ça fait beaucoup d'infos, jsuis perduuuu". Alors pour cette dernière partie, tu retiens bien la différence entre le devenir du glucose dans le foie et dans le muscle :

- *Au niveau **hépatique**, le glucose issu de la dégradation du glycogène est libéré dans la circulation sanguine afin de participer au maintien de la glycémie.*

- *En revanche, dans le **muscle**, le glucose n'a pas vocation à rejoindre le sang : il est transformé en glucose-6-phosphate (G6P) directement dans la cellule musculaire. Ce G6P pourra ensuite entrer dans la glycolyse afin de permettre la production d'ATP et ainsi fournir de l'énergie au muscle.*

Selon les conditions d'oxygénation, DEUX possibilités existent :

- *En absence d'oxygène (conditions anaérobies) → la glycolyse aboutit à la formation de **lactate**.*
- *En présence d'oxygène (conditions aérobies) → le pyruvate pourra poursuivre son oxydation jusqu'à la phosphorylation oxydative pour produire davantage d'**ATP**.*

Dédicaces

Bravooo vous avez fini ce cours !!! Vous aurez comme d'habitude juste après les dédis le schéma bilan c'est +++. J'espère que la lecture a été agréable et s'est bien passée. Si vous avez des remarques sur mes fiches et des points à améliorer n'hésitez pas à m'en faire part sur Messenger. Pour la moindre question direction → le Forum, et pour les baisses de morales, de motivations mes DM Messenger sont GRANDS ouverts je le répète HAUT ET FOOOOORT ❤️ :

- *Dédicace encore et toujours à mon merveilleux Pouni, ce GREEN FLAG ! Je t'aime très fort.*
- *Dédicace à ma soeur d'amour Lulu (#Gratin) qui m'a forcé à regarder Mariés au Premier Regard toute la P1 parce que je cite "Ça va être ta pause" le truc dure 2h, ressenti : 6h30. Spoiler Alerte : c'est vraiment la pire émission ne regardait jamais.*
- *Dédicace à ma Sophie qui a toujours cru en moi (je pense que c'était surtout pour que je lui paye sa retraite plus tard) <3*
- *Dédicace encore et toujours à votre Tut d'Histo Momo l'asticot sans qui je ne serai pas la aujourd'hui. J'espère qu'elle ne vous traumatisera pas trop avec ses coupes d'histo. Love u.*
- *Dédicace à ma Mimi Jolie toute bronzée d'Espagne qui va bientôt pouvoir me faire un détartrage de qualité j'ai si hâte (j'espère avoir un prix d'amie).*
- *Dédicace à "l'amour est dans le pré" que je regarde littéralement depuis ma naissance, vous moquez pas c'est mon émission réconfort. Allez tous regarder. Même Morgane regarde l'émission avec moi parce qu'elle avait pas de personnalité ni de goûts avant que je rentre dans sa vie*
- *Dédicaces encore à mes fillottes toutes choupinettes : Julia, Zoé, Mila, Nada, Cloé, Elina, Maryam*
- *Dédicace à ma petit Jade qui s'éclate en IFSI*
- *Dédicaces à tous les LAS 2, vous avez un courage de dingue mais PROMIS JURE votre détermination va payer*
- *Dédicace à la meilleure team, EVIDEMMENT LA TEAM BIOCH : Axel, Carla & Marie <3*
- *Dédicace à toi qui a lu cette fiche jusqu'au bout, tu vas y arriver <3*

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

GLYCOGÉNOLYSE

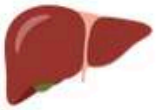
H_3PO_4

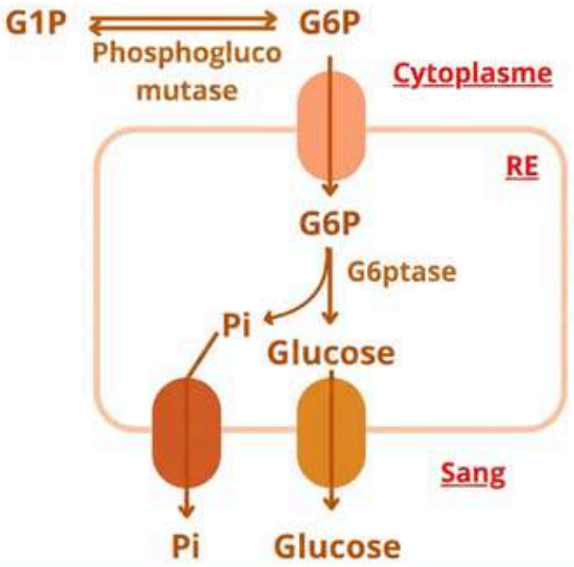
Glycogène(n) + Pi → Glycogène(n-1) + G1P

Glycogène phosphorylase

Glycogène(n-1) —transférase (Enzyme débranchante)→ Transfert 3 des 4 résidus vers extrémité glycogène qui réduit branchement à unique résidu —α(1→6) glucosidase (Enzyme débranchante)→ Glucose

FOIE





MUSCLE



G1P ⇄ G6P (Phosphogluco mutase) ⇄ Glucose (Hexokinase)

G6P → Glycolyse

Glycolyse → CO_2 (Aérobie) ; Glycolyse → ATP (Aérobie) ; Glycolyse → Lactate (Anaérobie)