

Introduction

En diététique, la connaissance des macronutriments est essentielle pour avoir une bonne compréhension de l'organisme et de son fonctionnement. Chaque macronutriment joue un rôle crucial qui ne peut être joué par un autre.

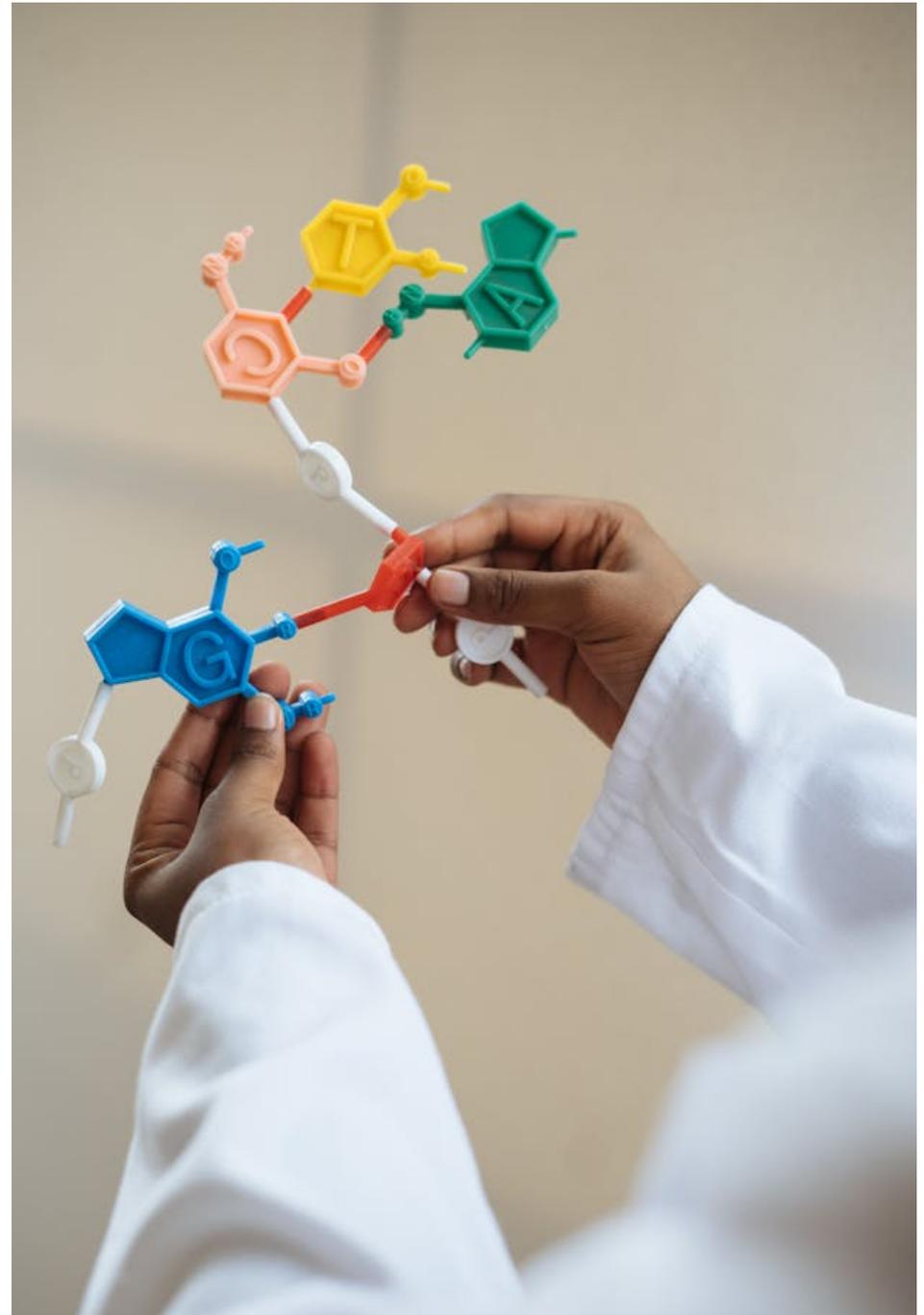
Connaitre les glucides, ses différentes formes et métabolisme est primordial. Il faut avoir conscience que tous les aliments n'apportent pas les mêmes glucides (lactose, fructose, glucose, amidon...). Ces différents glucides sont traités de manières différentes avec des mécanismes et des enzymes qui leurs sont propres.

La gestion de ces glucides est vitale, leur répartition aussi. Lorsque l'on consomme des glucides, leur absorption, qui se fait au cours de la digestion. Elle dépend du type de glucide et des enzymes digestives présentes dans le système digestif. Une fois qu'elles sont passés dans le sang, un mécanisme essentiel à la vie humaine se mettra en place : la gestion de la glycémie.

La glycémie, c'est le taux de sucre dans le sang. Celui-ci est contrôlé avec une grande précision par notre système endocrinien. Une sécrétion de 2 hormones régule ce taux en faisant en sorte de le maintenir dans une fourchette normale. Ces deux hormones sont l'insuline et le glucagon, elles ont un rôle primordial dans l'homéostasie.

Connaitre les différents glucides, où on les trouve et l'effet qu'ils ont sur notre corps est donc une des priorité en diététique. Cela nous permet de maintenir notre organisme dans des normes qui lui permettent de fonctionner correctement et, pour les sportifs, de performer au plus haut niveau.

Rappels de Biochimies



Définition biochimique

Les glucides (aussi connu sous le nom de carbs en anglais) sont des composés organique. Ce sont des biomolécules composées de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. Ils sont d'origine végétale et produites par la photosynthèse.

L'unité de base des glucides est l'ose dont la formule brute générique est :



Il y a entre 3 et 7 atomes de Carbone dans les oses.

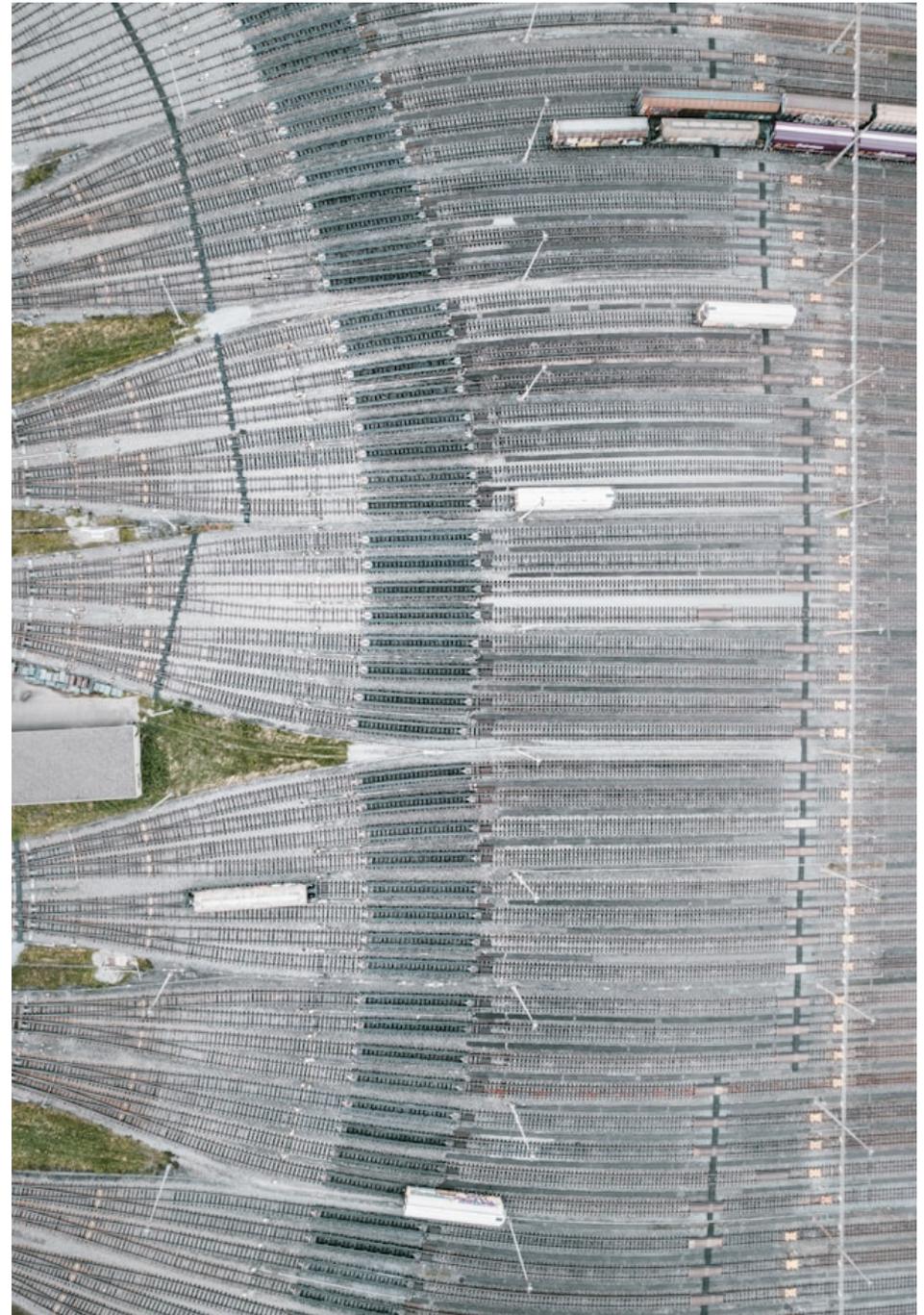
Pour être plus précis, chaque glucide comporte

- ▶ n-1 fonction alcool(-OH). Cela signifie qu'un glucide à 3 carbone, aura 2 fonction alcool (-OH).
- ▶ Une fonction carbonyle C=O qui peut revêtir 2 formes distinctes : aldéhyde (aldoses) ou cétone (cétoses)

Il y a donc un lien de filiation établi entre tous les oses.

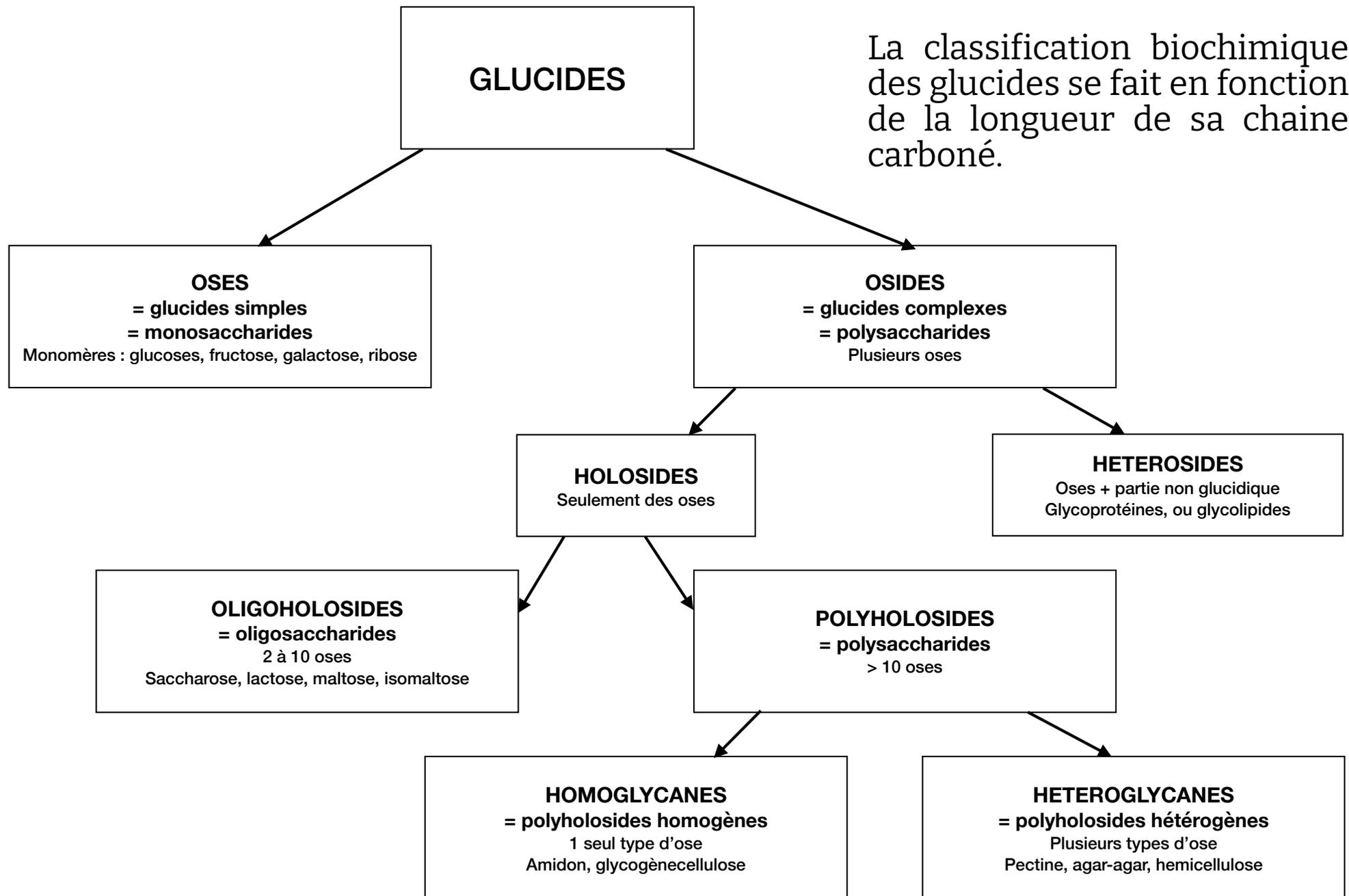
Classification des glucides

BIOCHIMIQUE
NUTRITIONNELLE



Classification biochimique

La classification biochimique des glucides se fait en fonction de la longueur de sa chaîne carbonée.



Classification biochimique

La base de l'alimentation glucidique humaine repose sur 4 oses simples :

- Glucose,
- Galactose,
- Fructose,
- Ribose.

A quoi on peut ajouter 3 diholosides :

- Saccharose
- Lactose
- Maltose

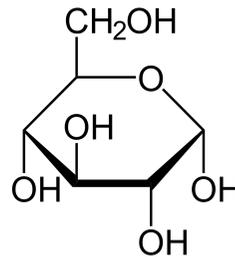
Et 2 glucides complexes :

- Glycogène
- Amidon

Les glucides simples

LES OSES

➔ Le glucose : $C_6 H_{12}O_6$



C'est le glucide le plus simple de l'organisme. Sa concentration est appelée la glycémie. Elle est régulée par l'insuline/glucagon.

Pour son absorption le glucose peut passer entre les cellules ou grâce aux transporteurs GluT2.

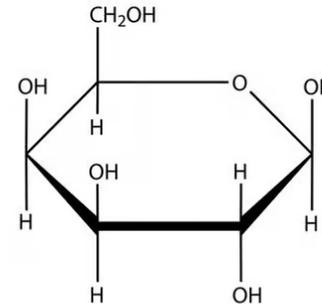
Les sources les plus fréquentes de glucose sont hydrolyse de l'amidon, du saccharose, du maltose et du lactose, les fruits, les jus de fruits, le miel...

Dans l'organisme le glucose est principalement utilisé a des fins énergétiques et pour la gestion de la glycémie.

Les glucides simples

LES OSES

➔ Le galactose : $C_6 H_{12}O_6$



La composition du galactose est semblable à celle du glucose. La différence est niveau de sa structure biochimique.

Le galactose est rarement sous forme libre. On le trouve principalement dans le lactose. Son absorption a lieu dans au niveau des entérocytes où se trouve une enzyme qui permet la digestion du lactose : la lactase. Un déficit de lactase correspond à une intolérance au lactose.

Pour son absorption le galactose peut passer entre les cellules ou grâce aux transporteurs GluT2 ou SGLT1.

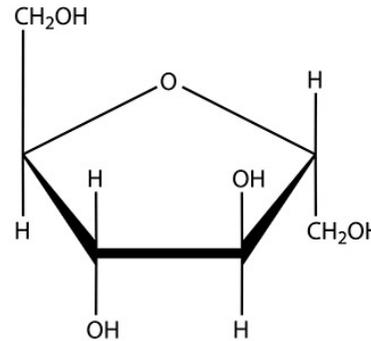
Les principales sources de galactose sont le lait et les produits laitiers.

Le galactose est principalement métabolisé par les entérocytes et hépatocytes à des fins énergétiques.

Les glucides simples

LES OSES

➔ Le fructose : $C_6H_{12}O_6$



La composition du fructose est semblable au glucose. La différence est au niveau de sa structure biochimique. C'est le second ose en terme d'apport quantitatif.

On trouve le fructose sous forme libre dans certains fruits ou alors lié au glucose dans le saccharose. Sous forme libre, aucune étape de digestion n'est nécessaire.

Pour son absorption le fructose peut passer entre les cellules ou grâce aux transporteurs qui lui est propre, le GluT5.

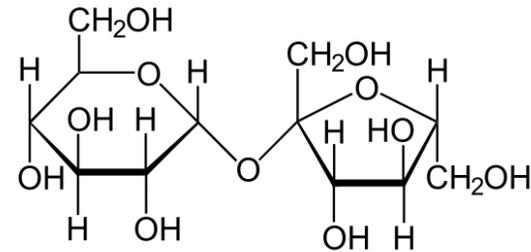
Les principales sources de fructose sont l'hydrolyse du saccharose, les fruits, les jus de fruit, le miel, le sirop d'agave ou d'érable...

Le fructose est principalement métabolisé par les entérocytes et hépatocytes à des fins énergétiques.

Les glucides complexes

LES DIHOLOSIDES

➔ Le saccharose : $C_{12}H_{22}O_{11}$



Le saccharose est composé d'un glucose liée à un fructose par une liaison osidique.

Le saccharose est est le diholoside de référence pour l'industrie agroalimentaire. C'est à partir du saccharose que l'on classe tous les glucides en fonction de leur pouvoir sucrant.

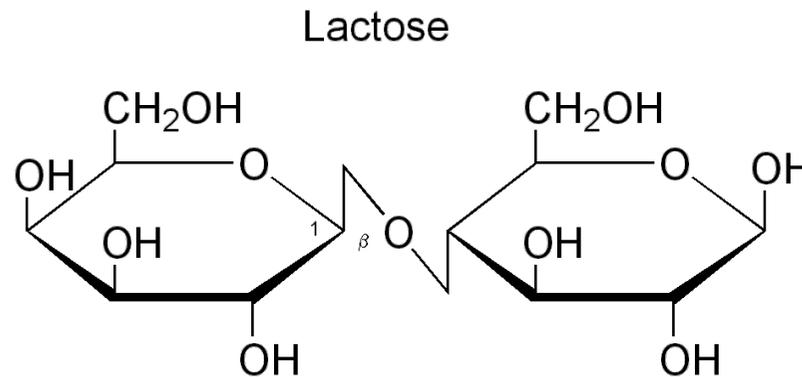
Pour son absorption le saccharose est hydrolysé dans l'estomac par l'acide chloridrique et dans l'intestin grêle par une enzyme : la saccharase. Le glucose et le fructose passent les barrières intestinale grâce à leurs transporteurs respectifs ou entre les cellules.

Les principales sources de saccharose sont le sucre de table qu'il soit de canne à sucre ou de betterave sucrière.

Les glucides complexes

LES DIHOLOSIDES

➔ Le lactose : $C_{12}H_{22}O_{11}$



Le lactose est composé d'un glucose liée à un galactose par une liaison osidique.

Le lactose est un diholoside au faible pouvoir sucrant.

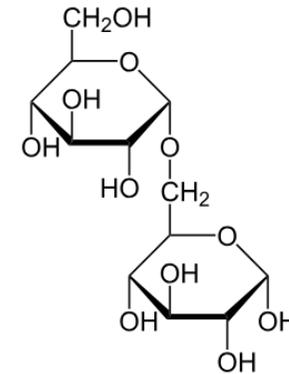
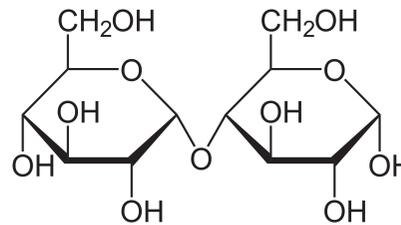
Pour son absorption le lactose est hydrolysé dans l'intestin grêle à l'aide de la lactase. Le glucose et le galactose passeront les barrières intestinale grâce à leurs transporteurs respectifs ou entre les cellules.

Les sources de lactose sont le lait et les produits laitiers. Plus les produits laitiers seront transformés moins on y trouvera de lactose. Pour les intolérant, on trouve de plus en plus de lait et produits laitiers sans lactose.

Les glucides complexes

LES DIHOLOSIDES

➔ Le maltose et isomaltose : $C_{12}H_{22}O_{11}$



Le maltose et l'isomaltose sont composés de 2 glucoses.

On ne les trouve pas sous forme libre dans l'alimentation. Ils composent des glucides plus complexes tels que l'amidon.

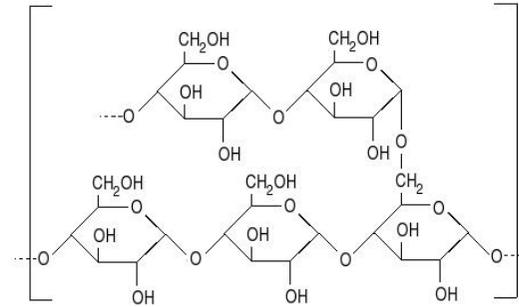
Pour son absorption le maltose et l'isomaltose sont hydrolysés dans l'intestin grêle à l'aide de l'enzyme maltase. Le glucose passera les barrières intestinale grâce à ses transporteurs habituels ou entre les cellules.

Les sources de maltose et isomaltose sont les produits amidonnés, certaines boissons d'effort produites par l'industrie agro alimentaire.

Les glucides complexes

POLYSACCHARIDES

➔ L'amidon : $(C_6 H_{10} O_5)_n$



L'amidon est une chaîne glucidique allant de 200 à 300 glucoses.

Il existe plusieurs formes d'amidon : amylose, amylopectine... ce sont les ramifications des glucoses les différencient.

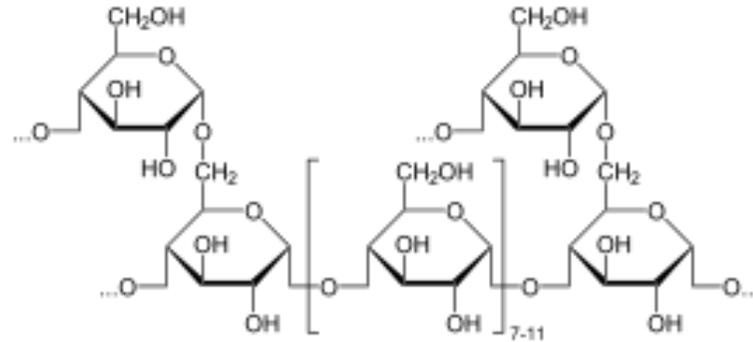
Pour sa digestion, l'amidon est hydrolysé par des alpha-amylases (salive et pancréas) en maltose, isomaltose et glucose. Ils seront à leur tour digérés et transportés selon les méthodes vu plus haut.

Les sources d'amidon ne se trouvent que dans des produits végétaux : céréales, légumineuse, tubercules, fruits.

Les glucides complexes

POLYSACCHARIDES

➡ Le glycogène : $(C_6 H_{10}O_5)_n$



Le glycogène est une chaîne glucidique allant de 10 000 à 30 000 glucoses.

Il existe plusieurs formes de glycogène en fonction des ramifications des glucoses.

Le glycogène est la forme de stockage musculaire du glucose chez l'animal et l'humain.

Pour sa digestion, le glycogène est hydrolysé par des alpha-amylases (salive et pancréas) en maltose, isomaltose et glucose. Ils seront à leur tour digérés et transportés selon les méthodes vu plus haut.

Les sources de glycogène ne se trouvent que dans des produits animaux : foie, viande.

Classification nutritionnelle

En nutrition et science de l'aliment, nous utilisons une seconde classification. Celle-ci se base sur la capacité de notre système digestif à digérer et assimiler les glucides.

Il y a deux familles distinctes :

- Les glucides assimilables : elles sont digestibles grâce aux différentes enzymes que l'on retrouve tout au long du système digestif. On y trouve les oses simples ainsi que les diholosides et polyosides. L'assimilation se fera tout au long du tube digestif (donc dès les bouche et la salive) grâce à de multiples enzymes telles que la saccharase, la lactase, la maltase...
- Les glucides non assimilables : notre système digestif enzymatique n'a pas les moyens de digérer ces glucides comme les autres. Nous ne pouvons que partiellement les digérer grâce à notre microbiote et à sa flore bactérienne qui fermente ces glucides. Celui-ci se trouve au niveau du colon. Ce sont les fibres alimentaire parmi lesquelles on trouve : la cellulose, les gommes, l'hémicellulose, la lignite ou encore la pectine.

On comprend donc que notre organisme est plus armé pour digérer certains glucides que d'autre. Les caractéristiques biochimiques permettent de voir que l'on digère plus facilement les glucides simples. Dès que la chaines se rallonge et devient mixte, cela se complexifie et il faut faire appelle à un autre processus de digestion : la fermentation.

L'absorption des glucides



Absorption des glucides

ABSORPTION INTESTINALE

Chaque type de glucide possède donc ses propres propriétés concernant l'absorption intestinale. Ils ont leur enzyme qui leur sont propres pour les hydrolyser et les transformer en oses.

Une fois transformés en ose, l'absorption intestinale se fait par 2 mécanismes distincts :

- Passage entre les cellules de l'épithélium intestinal
- Utilisation de transporteurs.

Absorption des glucides

ABSORPTION INTESTINALE

Il existe différents transporteurs qui seront utilisés en fonction de l'ose à transporter. Ces transporteurs ne sont pas tous situés au même endroit et cela définit la digestion.

Transporteurs	Ose	Localisation
GLUT1	Glucose Galactose	Partout Beaucoup dans les hématies et les micro vaisseaux cérébraux
GLUT2	Glucose Galactose Fructose	Foie, Intestin, Pancréas, Rein
GLUT3	Glucose Galactose	Neurones Muscles foetal
GLUT4	Glucose	Muscles striés squelettique et cardiaque Tissu adipeux
GLUT5	Fructose	Intestin, muscles squelettique, spermatozoïdes, tissus adipeux

Absorption des glucides

ABSORPTION INTESTINALE

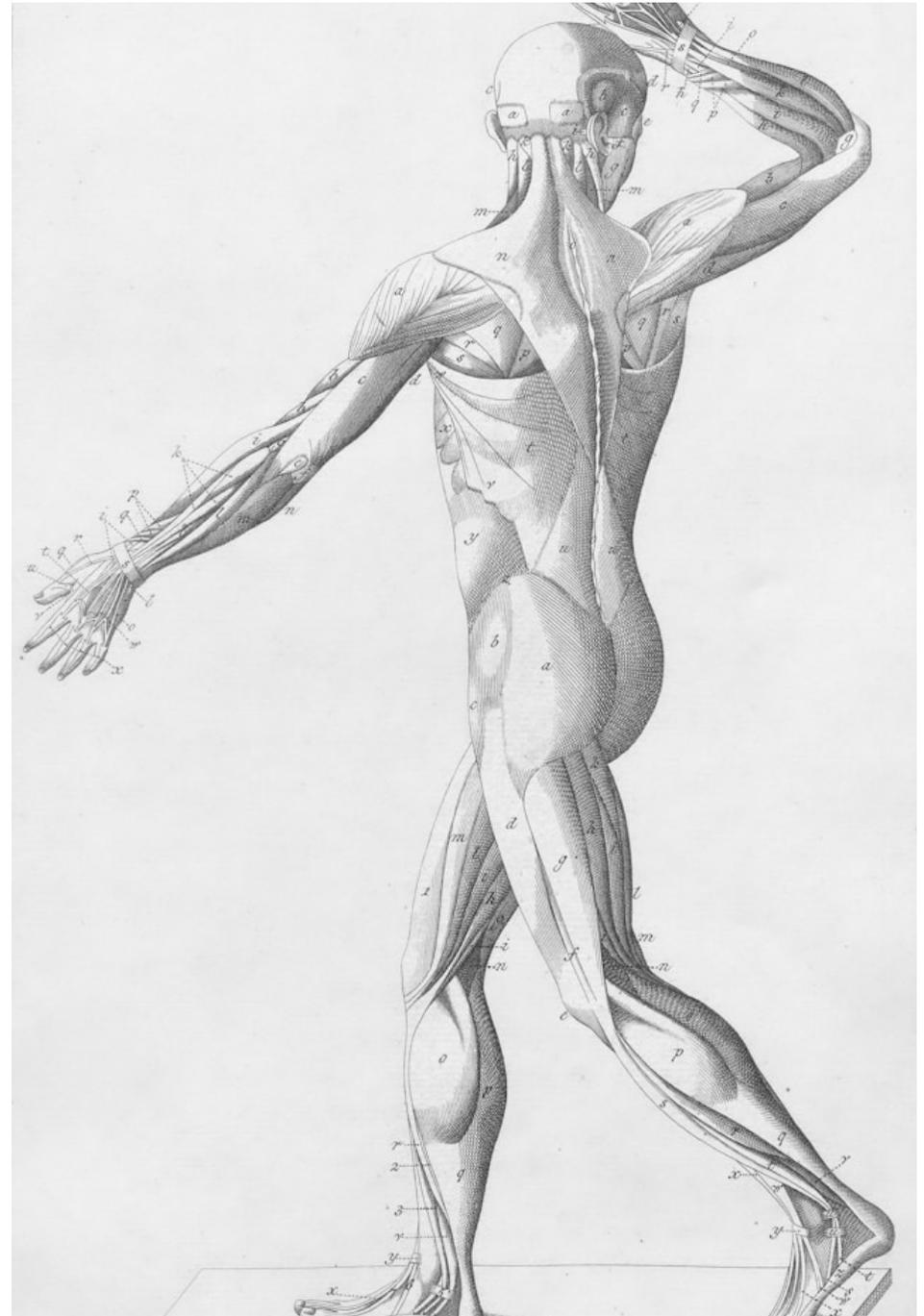
L'organisme est doté d'un certain nombre de transporteurs intestinaux. Une fois que ces récepteurs sont saturés, il n'est plus possible d'absorber plus d'oses. Ces derniers stagnent dans le système digestif pour ensuite être évacués par un phénomène de transformation en tissu adipeux.

Dans certaines situations, le nombre de récepteurs peut cependant augmenter et permettre le passage d'un plus grand nombre de glucose dans le sang.

Pour augmenter l'apport énergétique, la meilleure solution est d'avoir un apport couplé de glucose et de fructose. Chaque ose utilise ses propres transporteurs et la saturation ne se produit pas aussi rapidement.

On comprend donc qu'il est inutile d'augmenter de manière disproportionnée les quantités de glucoses ingérées car elles ne seront pas utiles au métabolisme énergétique.

Le stockage des glucides



Le stockage des glucides

LE GLYCOGÈNE

La forme de stockage des glucides dans l'organisme est **le glycogène** qui est un polymère ramifié de glucose (chaîne de plusieurs milliers de glucoses reliés entre eux).

Le glycogène est **la seule réserve glucidique de l'organisme**. Il y a deux zones de stockage : les muscles squelettiques et le foie.

Le glycogène hépatique représente $\frac{1}{3}$ des réserves soit 50 à 200g. Cette réserve a pour objectif de fournir du glucose aux organes gluco-dépendants, le cerveau et le sang, lors des périodes de jeun.

Le glycogène musculaire représente $\frac{2}{3}$ des réserves. Cela représente en moyenne 300 à 400g pouvant aller jusqu'à 600g pour les sportifs les plus entraînés. Ce glycogène est une source d'énergie rapide utile en période de jeun et lors de la pratique sportive.

Le glycogène est donc une source énergétique essentielle mais très rapidement épuisable. Cependant, il est possible d'augmenter les capacités de stockage grâce à un entraînement particulier.

Le stockage des glucides

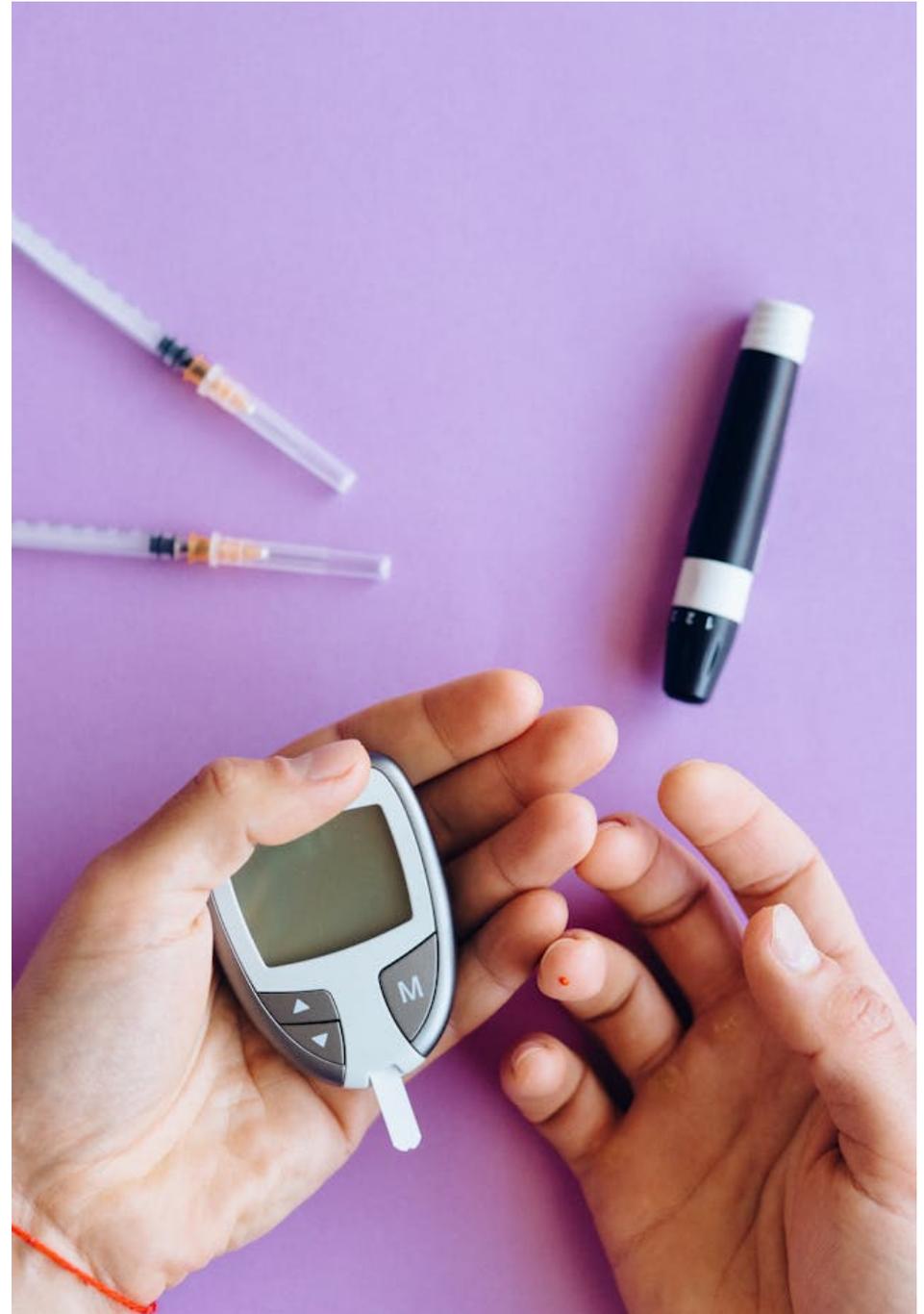
LE TISSU ADIPEUX

Une fois que les glucides ont été absorbés, utilisés, puis stockés sous forme de glycogène, le surplus va lui aussi subir des transformations pour être stocké sous forme de triglycérides dans les tissus adipeux.

Ce processus s'appelle la lipogénèse. Il est régulé par l'insuline qui pour objectif de maintenir la glycémie dans une norme non dangereuse pour la santé. Donc, pour diminuer la glycémie, il y a une sécrétion d'insuline par le pancréas. Cette insuline va enclencher un processus de transformation du glucose en triglycérides.

On notera donc qu'un excès alimentaire de glucose pourra engendrer une augmentation de la quantité de triglycérides qui seront stockés dans les tissus adipeux.

La Glycémie



La glycémie

La glycémie, c'est la **concentration de glucose dans le sang**. Pour fonctionner correctement, notre organisme a besoin d'avoir une glycémie stable et qui respecte certaines normes. Pour plus de précision et éviter des biais liés à l'alimentation, la glycémie se mesure à jeun.

A jeun :

- Hypoglycémie : $< 0,60\text{g/L}$
- Normal : $0,72\text{g/L} - 1,1\text{g/L}$
- Pré diabète : $1,1\text{g/L} - 1,25\text{g/L}$
- Diabète $> 1,26\text{g/L}$

Post prandial (2h après le repas) :

- $< 1,4\text{g/L}$

Ces mesures peuvent être faites à l'aide de lecteurs de glycémie capillaire ou directement en laboratoire lors d'une prise de sang.

La glycémie

Le maintien d'une glycémie stable et normal est crucial pour la santé.

Une hyperglycémie constante peut avoir de graves conséquences sur la santé et engendrer de nombreuses pathologie, la plus connu étant le diabète. Les conséquences du diabète peuvent elles aussi être désastreuses : pathologies cardiaques, amputation...

Les hypoglycémies peuvent elles aussi avoir de graves conséquences dont les symptômes les plus flagrants sont des étourdissements voir des évanouissement.

Pour maintenir une glycémie stable et acceptable, l'organisme sécrète différentes hormones (insuline et glucagon) en réponse à la situation présente. Ces sécrétions ont lieu dans le pancréas.

Régulation de la glycémie

EN CAS D'HYPERGLYCÉMIE

En réponse à une quantité trop importante de sucre dans le sang, par exemple après un repas, le pancréas va sécréter une hormone appelée l'insuline. L'insuline est produite dans les cellules Bêta des îlots de Langerhans.

La sécrétion va répondre à une quantité circulante de glucide et va définir la vitesse à laquelle le glucose passera du sang vers les différents tissus utilisateurs.

L'insuline permet donc de favoriser l'entrée du glucose et autres oses dans les cellules. Par conséquent, cela favorise la production d'énergie. L'insuline va ensuite favoriser la synthèse de glycogène. Au niveau lipidique elle va aussi favoriser la production de triglycérides qui iront se stocker dans les tissus adipeux. Et au niveau protéique, elle stimulera la synthèse protéique à partir du pool d'acides aminés circulants.

La sécrétion d'insuline va aussi avoir pour effet de stopper la néoglucogénèse, la glycogénolyse, la lipolyse et la protéolyse.

Régulation de la glycémie

EN CAS D'HYPOGLYCÉMIE

En réponse à une quantité trop faible de sucre dans le sang, par exemple lors d'un jeun prolongé ou après une activité physique intense, ou après une consommation trop importante de glucide (hypoglycémie réactionnelle), le pancréas va sécréter une hormone appelée le glucagon. Le glucagon est produites dans les cellules alpha des ilots de Langerhans.

La sécrétion va répondre à une quantité circulante de glucide et va déclencher des mécanismes permettant de libérer du glucose pour les organes gluco-dépendant et donc modifier les mécanismes énergétique.

Lors d'hypoglycémie, le glucagon va favoriser la glycogenolyse afin que le glycogène hépatique puisse subvenir aux besoin du cerveau et du sang.

En parallèle, l'organisme aura besoin d'énergie pour fonctionner. Comme il n'y a pas de glucides, il va s'orienter vers les métabolisme lipidiques et protéiques. Le glucagon va donc stimuler la lipolyse (les lipides deviennent le substrat énergétique) et la protéolyse (les acides aminés sont également des substrats énergétiques).

Rôle des glucides



Rôles

ENERGÉTIQUE

Le rôle n°1 des glucides est celui de **substrat énergétique**. Les glucides sont les principaux fournisseurs d'énergie à notre corps et à nos cellules. En fonction du type de glucides, cette énergie est plus ou moins rapidement et facilement mobilisable et utilisable. Une fois décomposé en oses, ceux-ci sont utilisés par les cellules pour produire de l'ATP. Les glucides fournissent de l'énergie rapide pour les muscles et le cerveau, favorisant les performances physiques et cognitives.

Note importante : le cerveau et le sang sont des organes gluco-dépendant. Leur énergie ne peut provenir que du glucose.

Le second rôle des glucides est la **mise en réserve énergétique**. Les glucides peuvent en toute petite quantité être stockés dans le foie et les muscles sous forme de **glycogène**. Cette réserve est très importante pour les organes glucodépendants. Cette réserve a aussi une grande importance lors du jeun ou d'une augmentation de la dépense énergétique.

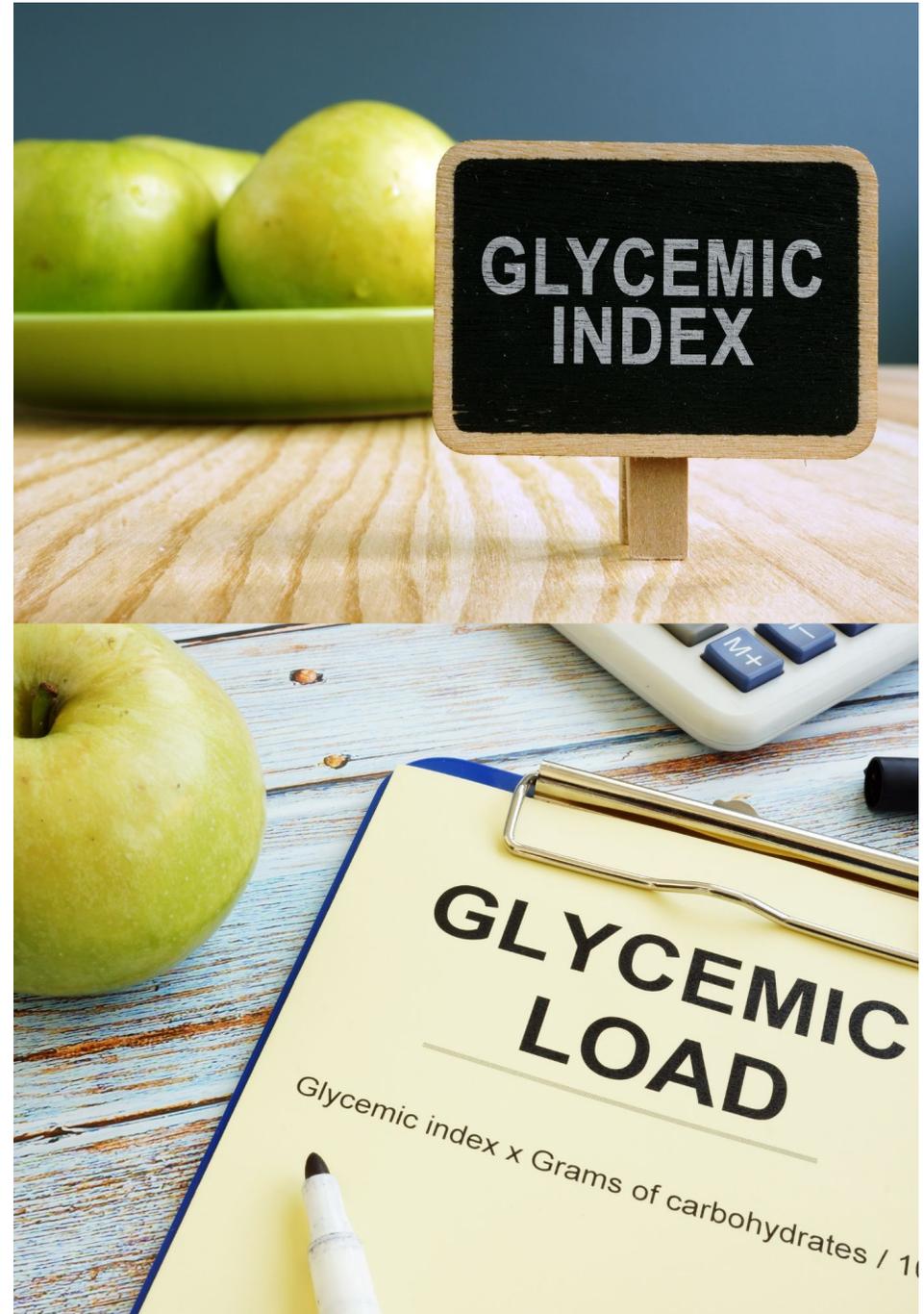
Rôles

STRUCTUREL

Les glucides ont aussi un rôle dit **structurel**. Ils contribuent à la stabilité et à la fonctionnalité des cellules et des tissus dans les organismes vivants. Les glycolipides aident à maintenir l'intégrité de la bicouche lipidique de la membrane cellulaire. Du côté végétal, les polysaccharides tel que la cellulose soutiennent la structure des plantes.

Les glucides ont aussi un rôle **fonctionnel**. Les glucides jouent de nombreux rôles dans le fonctionnement des cellules. Glycoprotéines et glycolipides sont impliquées dans la reconnaissance cellulaire. Elles sont aussi nécessaires à la transmission de signaux dans la cellule. Ces formes associées sont indispensables au fonctionnement cellulaire.

Index Glycémique et Charge Glycémique



Index glycémique

L'index glycémique est une notion découverte en 1980 qui montrent l'intérêt limité des glucides simples et des glucides complexes.

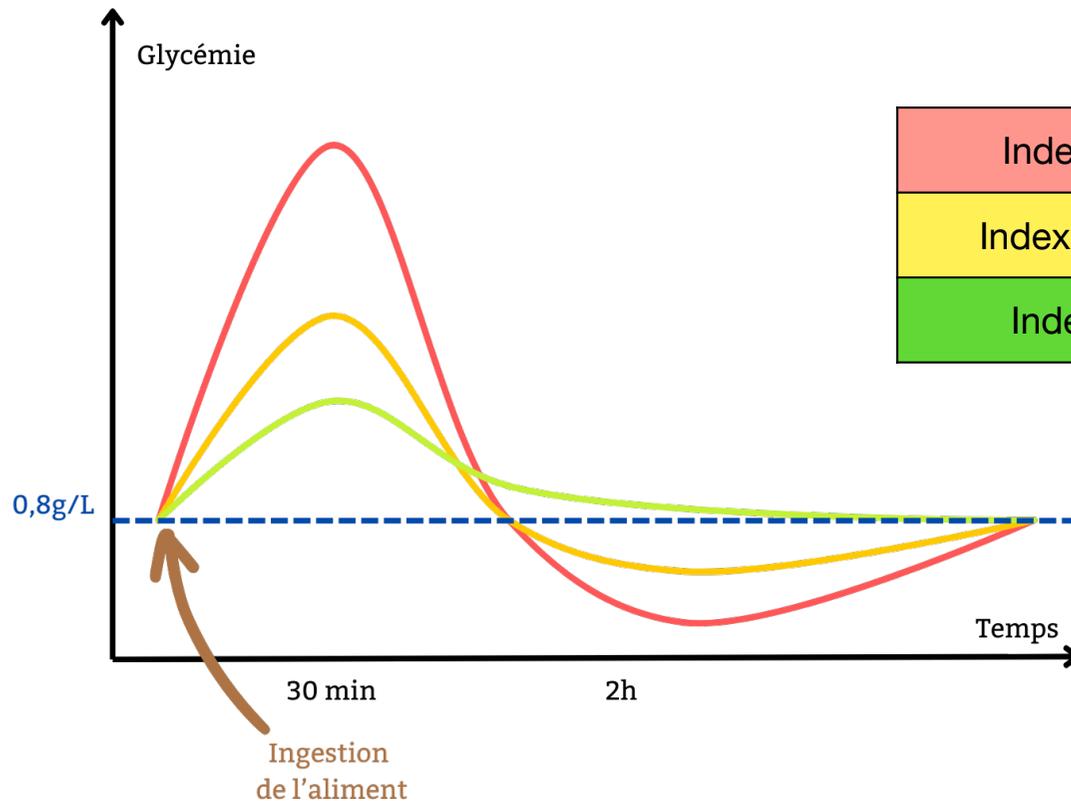
L'objectif de l'IG est de montrer la rapidité avec laquelle un glucide peut faire monter la glycémie. Autrement dit, à quelle vitesse un aliment glucidique est digéré, converti en glucose, absorbé et se retrouve dans le sang une fois qu'il a été consommé. La découverte de l'IG a permis de démontrer que tous les glucides, qu'ils soient simples ou complexes n'ont pas du tout le même impact sur la glycémie.

L'index glycémique de référence est le glucose. Son IG = 100.

Plus un aliment sera hyperglycémiant (donc plus la glycémie augmentera) plus l'IG sera élevé. Cet IG s'exprime en % d'élévation par rapport à celui du glucose.

L'IG a un impact sur la satiété. Les aliments à IG bas auront un pouvoir satiétogène plus important. La satiété est plus importante et plus durable qu'avec un aliment à IG haut. Les aliments à IG haut ont tendance à empêcher la conservation de la satiété sur du long terme et peuvent même provoquer des hypoglycémie réactionnelle. Plus l'IG sera haut plus l'hypoglycémie réactionnelle sera importante.

Index glycémique



Index glycémique élevée	≥ 70
Index glycémique moyenne	$>55 \text{ \& } <70$
Index glycémique faible	≤ 55

Plus la vitesse d'absorption des glucide est lente, plus la diffusion dans l'organisme est progressive et donc répartie dans le temps. Plus la vitesse d'absorption est rapide, plus la glycémie augmentera rapidement sous forme de pic glycémique pour chuter très vite.

Index glycémique

LES LIMITES

- L'IG est calculé sur une quantité de glucide par aliment donné.

Le calcul de l'IG est fait sur la base de 50g de glucides pour un aliment donné. 50g de glucides pour des pâtes représente 65g de pâtes crues, 50g de glucides pour des betterave correspond à 700g de betterave cuites. Il est rare de manger cette quantité de betterave alors que la portion de pâte semble normale.

- L'IG ne tient pas compte de la proportion de glucides de l'aliment.

La carotte cuite a un IG de 85 alors que les glucides ne représentent que 5% de sa composition. De ce fait, on peut se demander si baser son alimentaire uniquement sur les IG est une bonne idée.

- La nature et la composition des aliments n'est pas prise en compte dans le calcul de l'IG.

Le chocolat blanc à un IG de 44 alors que le navet cuit à un IG de 85!

- Le calcul de l'IG n'est pas très précis

Chaque étude à sa propre méthodologie. Cette différence d'approche scientifique fait donc varier les résultats.

- Tout le monde n'utilise pas les mêmes « normes »

Finalement on se rend compte que les aliments à IG plus faible ne sont pas toujours les meilleurs choix pour la santé.

Index glycémique

FACTEURS DE VARIATION DE L'IG

Une des caractéristiques de l'IG est que certains facteurs extérieurs aux produits le font varier.

- ▶ La texture : un aliment solide aura un IG plus bas que s'il est coupé, mixé ou liquide
- ▶ Les fibres alimentaires végétales : les pectines ou les gommes diminuent l'IG en diminuant l'action des enzymes digestives
- ▶ La composition du bol alimentaire : la présence de protéines et/ou de lipides ralentit la digestion donc baisse l'IG
- ▶ La cuisson : plus un aliment est cuit, plus son IG augmente. carotte crue : 30 / carotte cuite : 85

Charge glycémique

La charge glycémique est un indicateur plus récent, plus cohérent et pertinent.

La charge glycémique se base sur l'IG de l'aliment mais aussi sur sa composition et sur la quantité de glucides contenu dans cet aliment. Cela permet d'avoir une relation plus logique entre l'aliment et son impact sur la glycémie.

$$\text{Charge glycémique} = \frac{\text{IG} \times ((\% \text{ de glucide} \times \text{portion})/100)}{100}$$

Charge glycémique élevée	≥ 20
Charge glycémique moyenne	$>10 \ \& \ <20$
Charge glycémique faible	≤ 10

La notion de charge glycémique met en évidence que la glycémie est modifiée autant par la nature des aliments que par la quantité que l'on en consomme.

Index glycémique

TABLEAU DES IG

Aliment	% glucides	Portion	IG	CG
Amande	1	30	15	0,1
Epinard	2	200	15	0,5
Carotte crue	7	100	16	1,1
Chocolat noir	33	30	23	2,3
Pois chiches cuits	21	150	10	3,2
Sucre roux	97	5	70	3,4
Lentilles vertes	17	150	28	7,1
Haricots rouges	14	150	51	11
Confiture	60	30	66	11,9
Banane peu mûr	21	125	48	12,6
Miel	81	30	61	14,8
Pâtes complètes	24	150	42	15,1
Quinoa (cuit)	21	150	53	16,7
Spaghettis al dente	28	150	46	19,3
Corn Flakes	83	30	80	20,2
Pain complet	50	60	69	20,7
Spaghettis bien cuits	28	150	58	24,3
Purée de PdT	14	20	87	24,4
Riz blanc	29	150	73	31,8
Baguette	57	60	95	32,5
PdT au four	20	200	84	33,6

Recommandations des apports en glucides



Les recommandations en glucides

Quantitativement :

	% AET	g/kg/j
Adulte	40 à 55%	2,5 à 4

Qualitativement :

- ▶ Glucides simples = 1/3 des apports
- ▶ Glucides complexes = 2/3 des apports
- ▶ Sucres libres = 10% maximum (selon l'OMS)
- ▶ Sucres simples : 100g/j maximum (selon l'ANSES)