

UMC1 / Faculté SNV / Département de Biochimie & BCM

Filière : M1 Biochimie.

UEF1: Biochimie bioénergétique et pathologies

Matière : Bioénergétique

Crédits : 6 Coefficient : 3

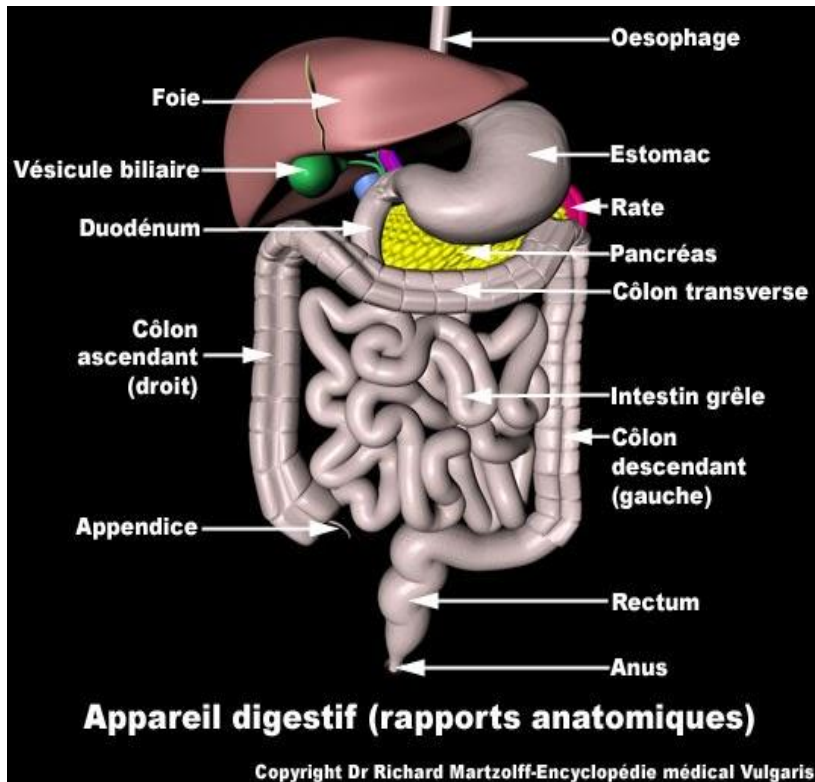
Enseignante : Semra. I.

Année : 2021/2022 Semestre I

1- Mécanismes digestifs

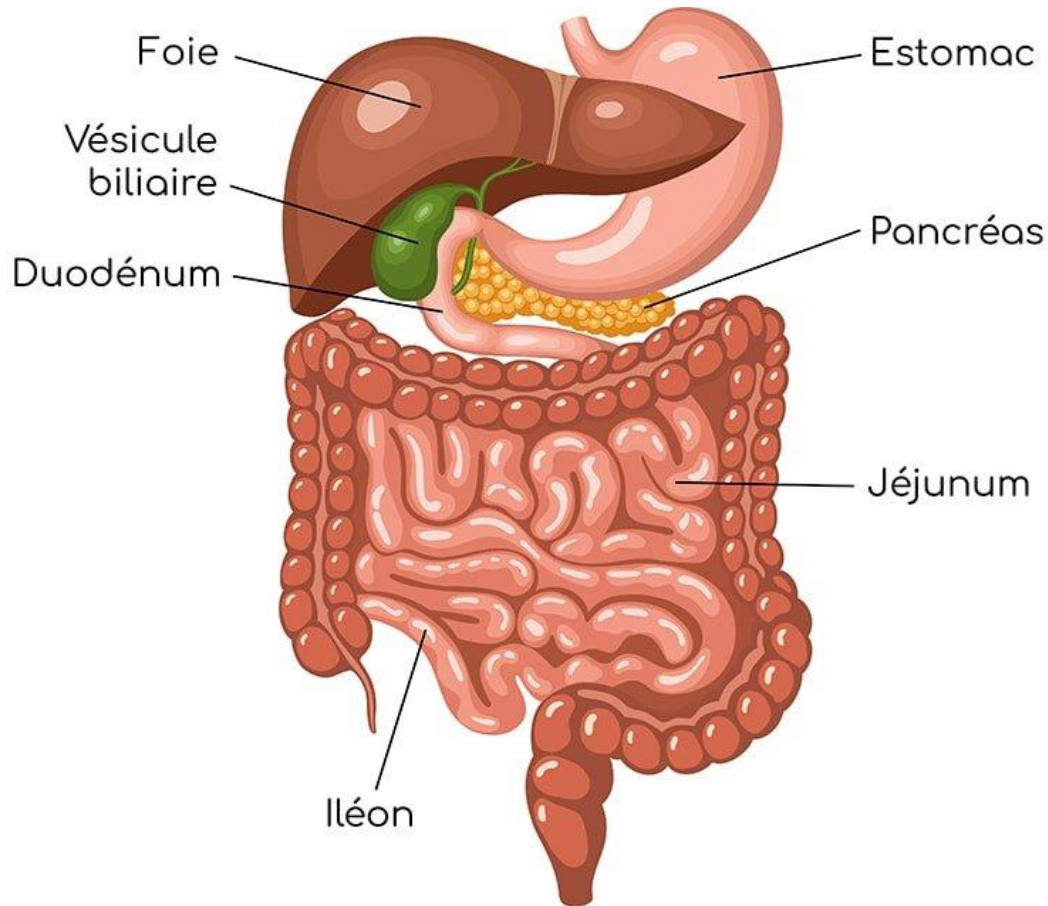
Notions de digestion

C'est l'ensemble des transformations que subissent les aliments dans le tube digestif avant d'être assimilés.



Le tube digestif est formé par la bouche, le pharynx, l'oesophage, l'estomac, l'intestin grêle et le gros intestin.

L'intestin grêle est le principal organe de la digestion. Il est formé du duodénum (1^{er} segment) puis vient le jéjunum suivi de l'iléum.



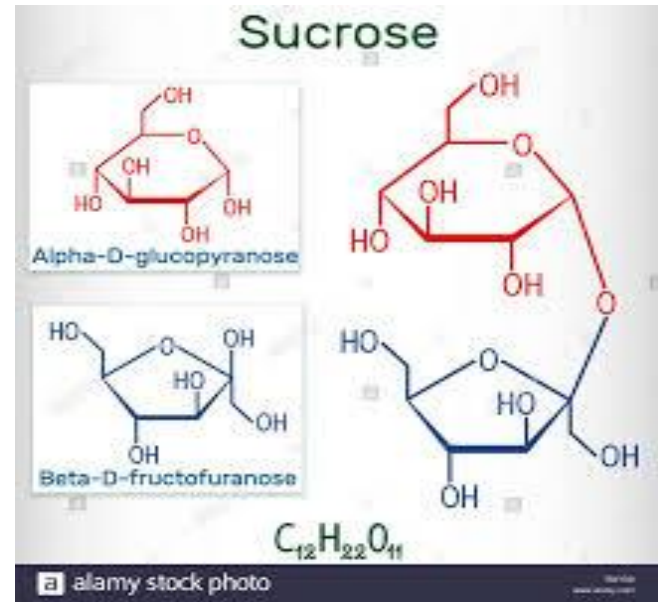
L'estomac se vide environ 4 heures après un repas équilibré et 6 heures ou plus si le repas est chargé en matières grasses.

1-1- Digestion et absorption des glucides

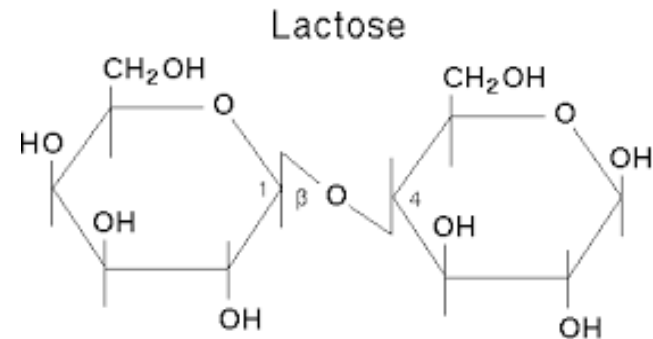
- Les glucides sont des éléments importants du métabolisme. Afin d'arriver aux cellules, ils doivent pénétrer dans l'organisme et cela par l'alimentation.
- Les glucides présents dans les aliments sont souvent sous forme de diholosides (lactose, saccharose) ou de polyosides (amidon, glycogène) parfois sous forme de monosaccharides comme le galactose et le fructose.
- Seuls les oses peuvent être absorbés dans l'intestin par des mécanismes spécifiques de transport et traverser les membranes cellulaires des organismes.

❖ Rappel de structure

α -D-glucopyranosyl-(1 \rightarrow 2)- β -D-fructofuranoside . Saccharose



β -D-galactopyranosyl-(1 \rightarrow 4)-D-glucose



Amidon

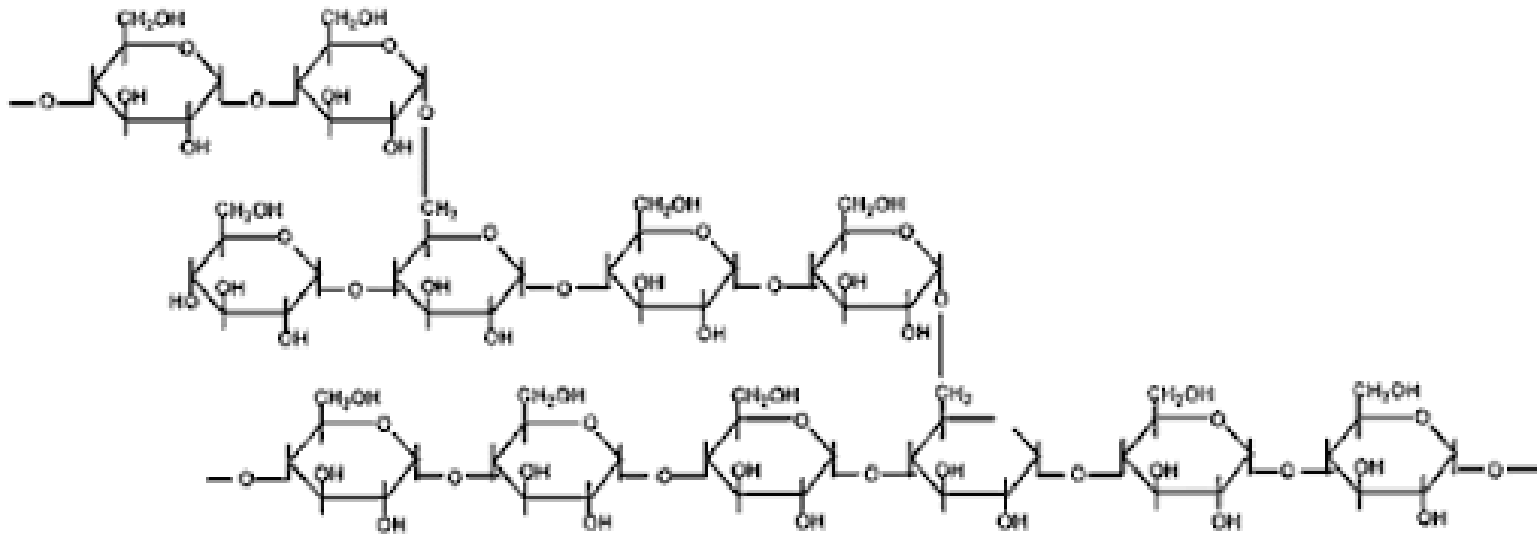
- ❑ il est la forme de réserves chez les végétaux essentiellement dans les graines de céréales (blé, maïs, riz), certains tubercules (pomme de terre), les légumineuses.
- ❑ Il se trouve sous forme de grains d'amidon dont la morphologie varie selon l'espèce végétale.
- ❑ L'amidon est un mélange de deux polymères : l'*amylose* et l'*amylopectine*.
- ➡ La teneur de l'amidon en ces deux types moléculaires varie avec l'espèce végétale.
- ➡ L'amylose est en général le constituant le moins abondant de l'amidon.

L'amylose

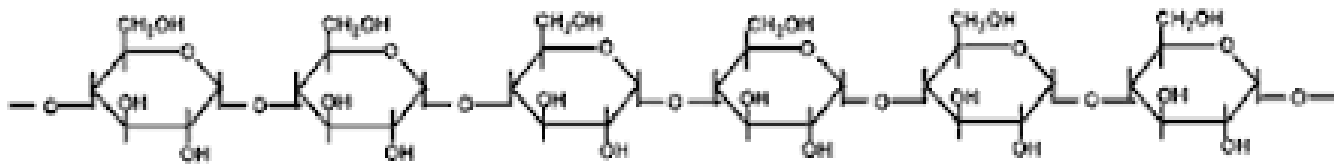
- 15 à 30% de la masse de l'amidon.
- un polymère linéaire de résidus glucose liés par une liaison α -(1,4)-D-glucosidique.
- forme une hélice \longrightarrow 6 résidus de glucose par tour d'hélice.
- Le maltose (diholoside) est libéré par hydrolyse de l'amylose

L'amylopectine

- 70 à 85% de la masse de l'amidon.
- un polymère ramifié .
 - \longrightarrow les glucoses des chaînes : liaison α -(1,4)-D-glucosidique
 - \longrightarrow branchements entre chaînes : liaison α -(1,6)-D-glucosidique
- ✓ en moyenne une ramification tous les 25 résidus.
- ✓ les branches contiennent une vingtaine de résidus.
- ✓ Enfin, certaines branches sont elles mêmes ramifiées.



amylopectine



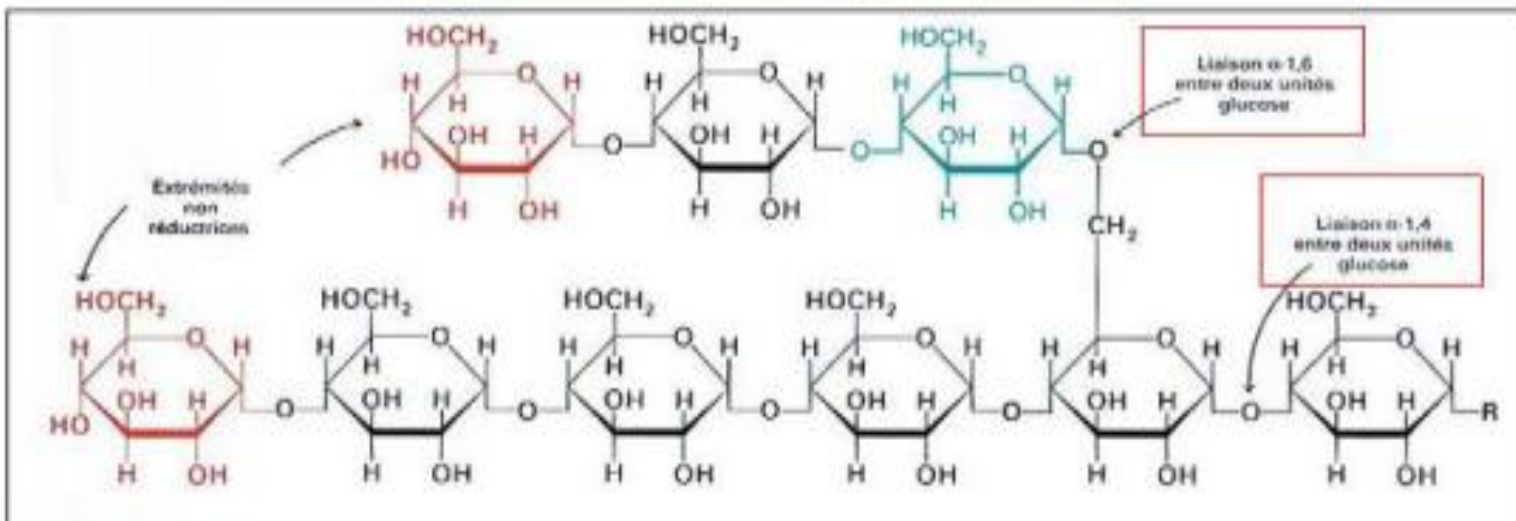
amylose

Glycogène



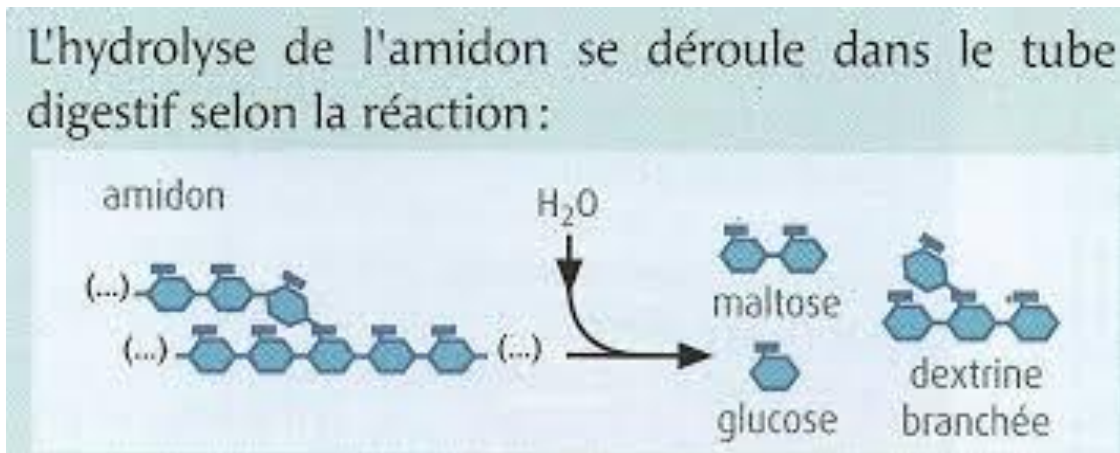
- la forme de stockage du glucose chez les animaux
- localisation hépatique et musculaire.
- Structure identique à celle de l'amylopectine, mais il est plus ramifié
→ environ tous les 10 résidus.

Structure du Glycogène



La digestion des glucides

- C'est la lyse des liaisons entre les oses par des enzymes situées dans la **bouche, l'estomac et l'intestin**.
 - Les **α -amylases salivaires et pancréatiques**, dégradant les liaisons α -1-4 entre les α -glucose contenus dans l'amidon.
- ↓
- Production de molécules appelées les dextrines (oligosides branchés), qui aboutissent ensuite au maltose, puis au glucose.
 - ➡ Les liaisons α -1-6 ne sont pas dégradées par ces enzymes.



➤ Digestion pré-intestinale

- La digestion commence dans la bouche, sous l'action de **l'amylase salivaire**
- enzyme produite par les glandes salivaires.

- Elle est inactive pour un $\text{pH} < 4.5$
- permet de digérer chez l'homme environ 50 à 70% de l'amidon.

➤ Digestion intestinale

- dans la **lumière de l'intestin** au niveau du **duodénum**:

- **l'amylase pancréatique** permet la digestion rapide → en 15-30 minutes tout l'amidon est digéré.

→ Elle est plus puissante que l'amylase salivaire.

→ hydrolyse les liaisons α 1-4 de l'amidon à l'intérieure de la chaîne (intra-chaines)

mais pas au voisinage des points de ramification.

→ Pas d'action sur les liaisons α 1-6 glucosidiques.



▪ Une autre enzyme intervient, l'**amylo- α -1,6-glucosidase** (ou **enzyme débranchante**) sécrétée par les **cellules de la muqueuse intestinale** qui hydrolyse la liaison α -1,6-glucosidique.

→ D'autres enzymes interviennent,

❖ Les **disaccharidases intestinales** agissent sur les disaccharides et sont présentes sur les **membranes des entérocytes** de la muqueuse intestinale.

- **α -Glucosidase** (ou **sucrase**) hydrolyse le maltose en glucose.

- L'**invertase** (ou **β -fructosidase**) hydrolyse le saccharose (en glucose et fructose).

- La **lactase** (**β -galactosidase**) hydrolyse le lactose en galactose et glucose.

Rq

Il n'ya pas d'enzymes capables de digérer des polysaccharides avec des liaisons β -glucose.

Absorption des glucides

- ❑ Les oses (hexoses) sont des molécules très polaires (hydrophiles)

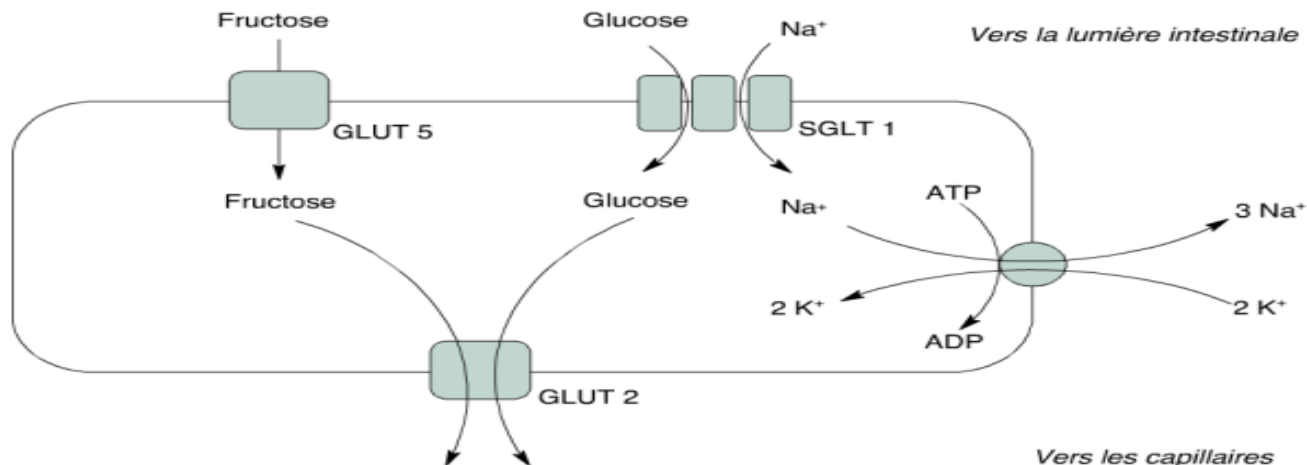


nécessitent des protéines de transport pour passer la double couche lipidique de l'entérocyte et des cellules cibles.



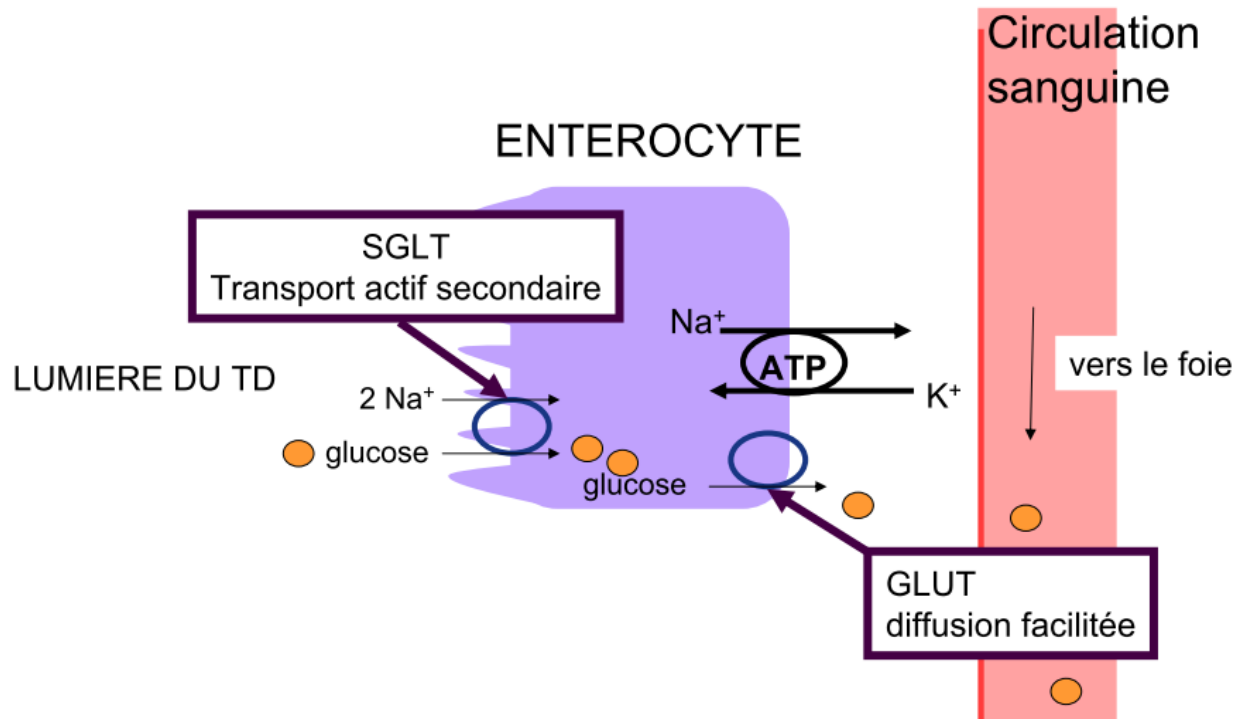
Deux mécanismes interviennent

- ✓ un **transport actif secondaire** couplé aux ions sodium le **SGLT** (Sodium-dependent Glucose Transporter)
- ✓ et une **diffusion facilitée** grâce aux transporteurs **GLUT** (GLUcose Transporter).

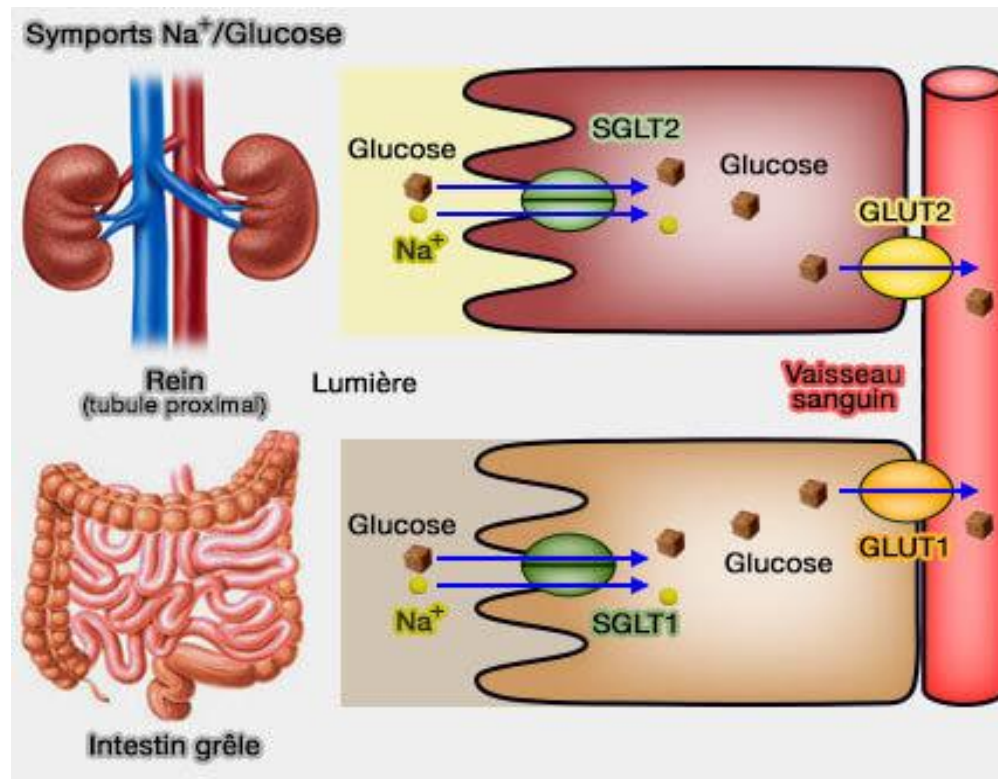


❑ Les **transporteurs SGLT** permettent le passage du glucose et du galactose dans l'entérocyte (absorption intestinale) contre leur gradient de concentration.


❑ Le glucose est transporté conjointement au sodium d'abord par voie passive (sans utilisation d'ATP) ➡ puis il ya expulsion du sodium de la cellule et une entrée du potassium en hydrolysant de l'ATP et cela, à fin de maintenir l'équilibre.



- Ces transporteurs sont localisés dans les **bordures en brosse** des **entérocytes** de **l'intestin grêle** (**SGLT1** intestinal) et dans les cellules du tube proximal du **rein** (**SGLT2** rénal).



Les transporteurs GLUT

- Les oses arrivent aux cellules cibles par voie sanguine
- Ils se solubilisent facilement dans le sang après leur sortie de l'intestin.
-  Ils pénètrent dans les cellules par les **transporteurs GLUT**.

 Ces transporteurs sont localisés dans les membranes plasmiques de nombreux organes :

- GLUT1 (adipocytes, hématies, muscles)
- GLUT2 (foie, pancréas, intestin, rein)
- GLUT3 (neurones)
- GLUT4 (cellules musculaires, adipocytes)
- GLUT5 (intestin).

- L'absorption du fructose est plus lente et se fait suivant un mécanisme de diffusion facilitée par les transporteurs GLUT.

1-2- Digestion et absorption des protéines

→ La digestion gastrique

- Au cours de la mastication, les protéines sont mises en solution dans la salive
- dans l'estomac débute véritablement la digestion des protéines
- Sous l'action conjuguée de l'acide chlorhydrique et des **protéases gastriques**

→ **les pepsines.**

- ❖ L'acide chlorhydrique, sécrété par les cellules de la muqueuse de l'estomac provoque une dénaturation des protéines

→ cela accroît leur sensibilité à l'hydrolyse enzymatique ultérieure.

- ❑ La sécrétion d'HCl a également pour fonction d'activer les **pepsinogènes** gastriques en **pepsines**.

- ➡ La pepsine hydrolyse les liaisons peptidiques avant les acides aminés **aromatiques**.
 - ➔ L'activité de ces pepsines est optimale entre pH 2 et pH 4.
 - ➔ Leur activité est faible ou nulle lorsque le pH est supérieur à 5.

- ❖ Cette digestion enzymatique des protéines dans l'estomac assure 10-20 % de la digestion des protéines → digestion très incomplète.

→ La digestion intestinale et pancréatique

➤ L'étape la plus importante dans la digestion enzymatique des protéines se déroule dans la **lumière duodéno-jéjunale** et met en jeu les **endo- et exopeptidases pancréatiques**.

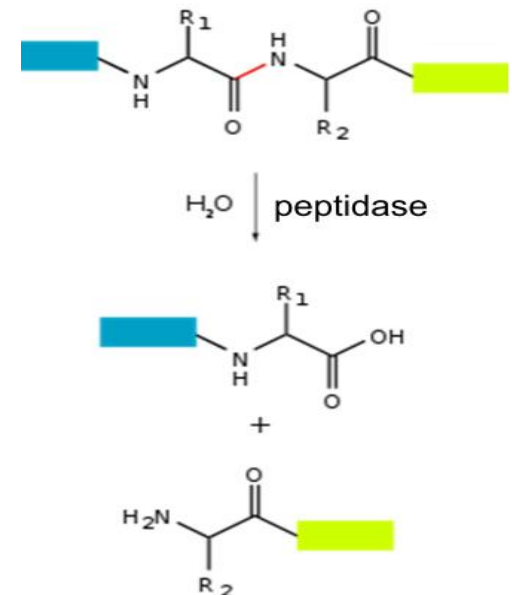
➤ Ces enzymes sont sécrétées sous une forme inactive **trypsinogène, chymotrypsinogène, proélastase, procarboxypeptidases A et B**)



puis activées par une réaction en cascade.



➤ Trypsinogène activé en **trypsine** grâce à une entérokinase (produite par la bordure en brosse intestinale) active ensuite les autres enzymes → **chymotrypsine, élastase, carboxypeptidase**



note :

- La trypsine est une protéase qui hydrolyse les liaisons peptidiques situées côté C d'un résidu de lysine ou d'arginine (aa basiques).
- La chymotrypsine hydrolyse les liaisons peptidiques en aval d'un résidu de tyrosine, de tryptophane, de phénylalanine, également de méthionine ou de leucine.
- L'élastase catalyse l'hydrolyse de l'élastine, une fibre élastique qui (avec le collagène) détermine les propriétés mécaniques du tissu conjonctif.

Autres enzymes

→ La bordure en brosse de l'intestin forme les

→ aminopéptidases et les dipeptidases.

→ L'efficacité de la protéolyse pancréatique est considérable.



➔ Les produits de cette digestion sont des acides aminés libres et des peptides de 3 à 10 résidus.

- Une faible part des protéines ingérées échappe à l'action des peptidases pancréatiques. Peuvent se retrouver au niveau de l'iléum.

➔ L'hydrolyse des protéines dans la lumière intestinale n'est donc pas complète.

➤ Des produits non digérés (gros peptides et des protéines intactes) peuvent atteindre le côlon pour y être dégradés par la flore bactérienne.

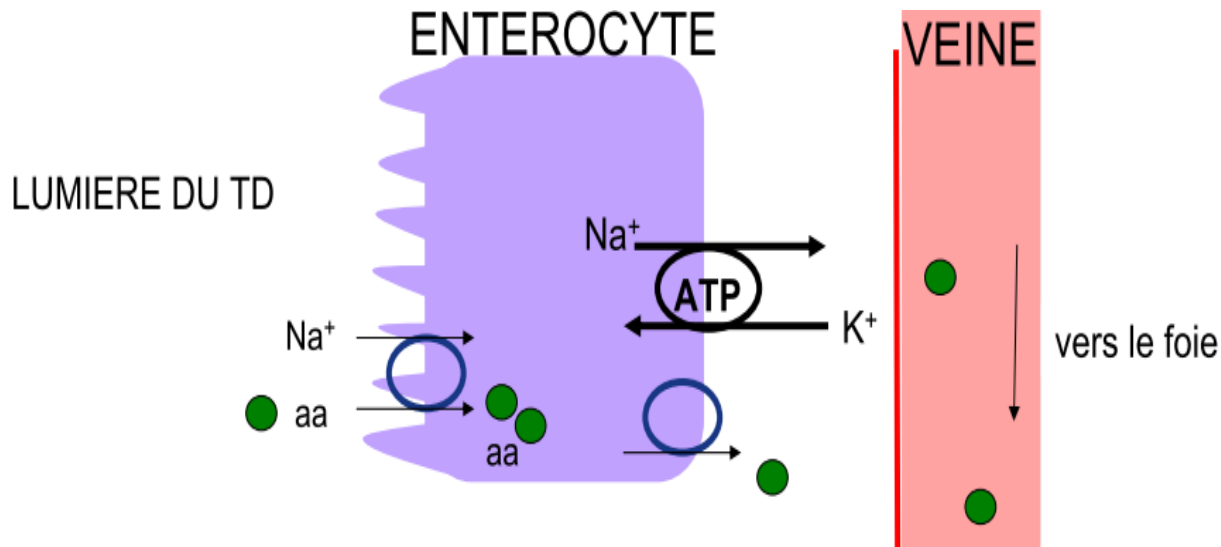
➤ L'azote libéré est soit absorbé sous forme d'ammoniaque soit incorporé dans les protéines bactériennes. Au niveau du côlon, la flore bactérienne utilise une partie des acides aminés pour son propre catabolisme.

Absorption des acides aminés et entrée dans les cellules

-Les acides aminés et protéines (ou peptides) sont généralement hydrosolubles

→ ils auront besoin de transporteurs pour traverser la membrane des cellules.

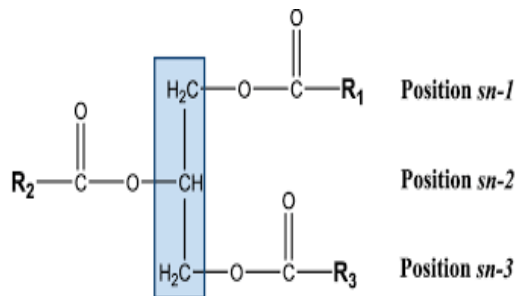
→ Ces transporteurs peuvent être dépendants ou non du gradient de Na^+ .



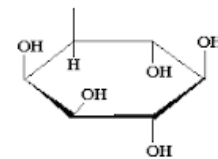
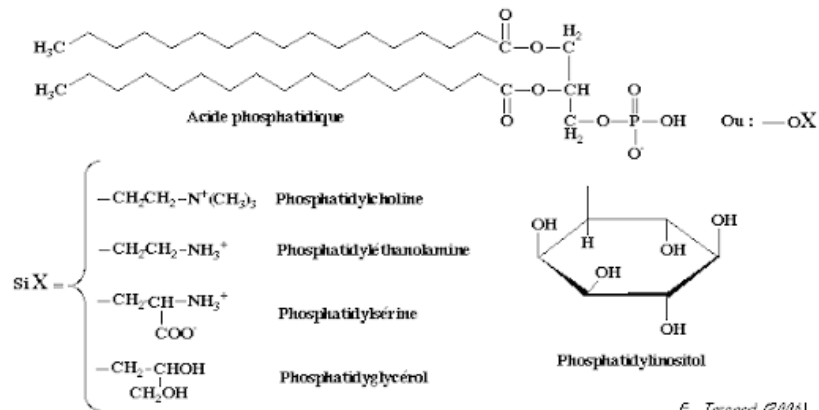
1-3- Digestion et absorption des lipides

- Les principaux lipides de l'alimentation (humaine ou animale) sont essentiellement

→ **triacylgcérols (triglycérides)**

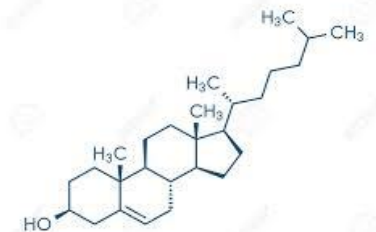


phospholipides



E. Jaspard (2006)

stérols



cholesterol

La digestion de ces lipides est sous la dépendance des enzymes **pancréatiques** et des **sels biliaires**.

- Les enzymes dégradant les graisses sont hydrosolubles pour cela les lipides (lipophiles) doivent être **émulsifiés** (créer une **émulsion**).

➔ Une émulsion est un mélange de substances liquides non miscibles comme l'eau et l'huile

Émulsion des lipides par les sels biliaires

x substances liquides non miscibles



L'émulsion consiste à disperser 1

les lipides) dans l'autre

(ici, la phase aqueuse) sous forme de **petites gouttelettes**.



Le mélange reste **stable** grâce à un **émulsifiant** (ici, les **sels biliaires**). Les acides biliaires vont jouer le rôle de **détergent**.



L'émulsion va rendre les lipides **accessibles** à la **lipase pancréatique**.



Une zone frontière se forme entre substrat lipidique (lipophile) et les enzymes (hydrophile). Ces enzymes se fixent à la surface des gouttelettes de graisses.



Les enzymes qui hydrolysent les lipides sont les **lipases** et les **phospholipases**.

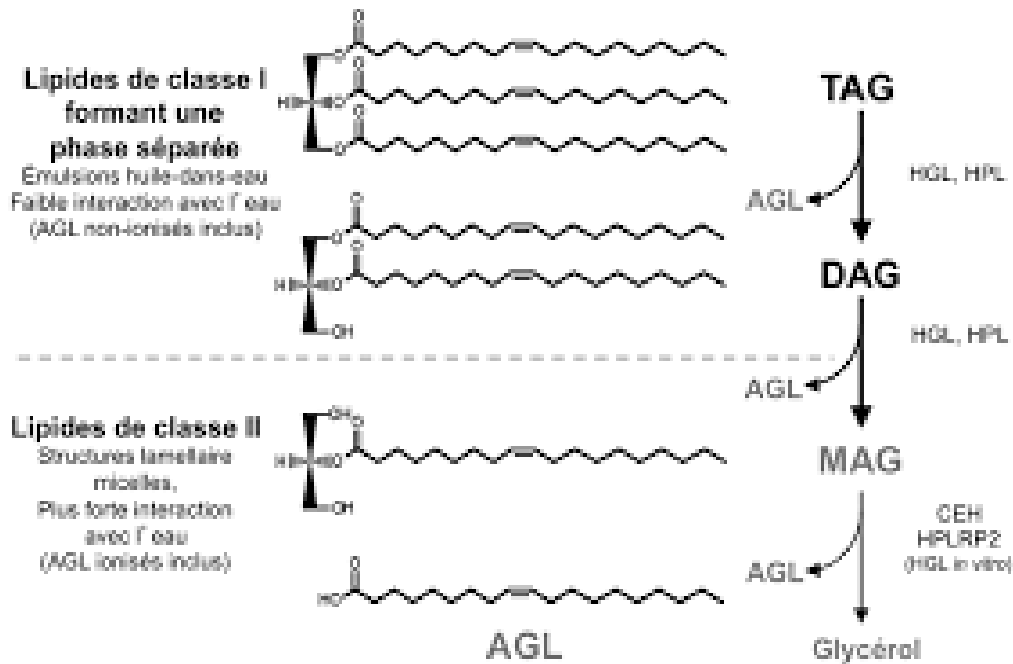


Leur activité se déroule dans l'intestin grêle.

➔ La **triglycéride lipase** (pancréatique)

➔ Action complète

➔ Libération de 2 acides gras et du 2-monoacylglycérol.



➔ Les phospholipases (A1, A2, C et D)

➔ hydrolysent les phospholipides

☀ Les phospholipases A1 et A2 (ou A et B)



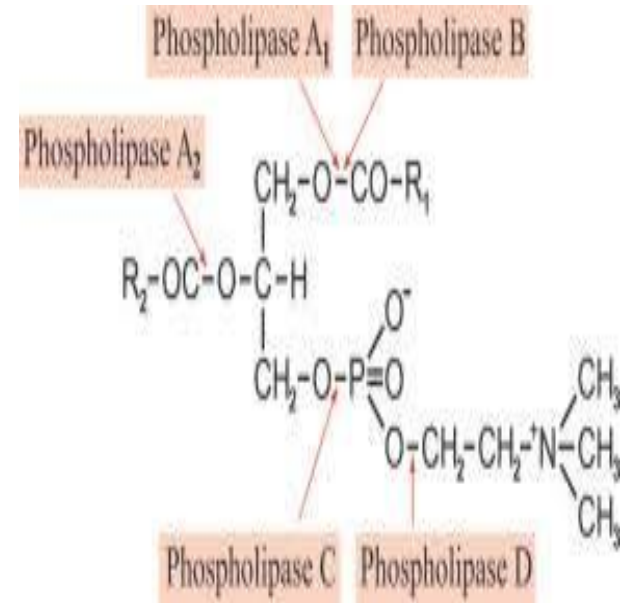
libèrent respectivement les acides gras qui estérifient les fonctions alcool primaire et secondaire du glycérol.

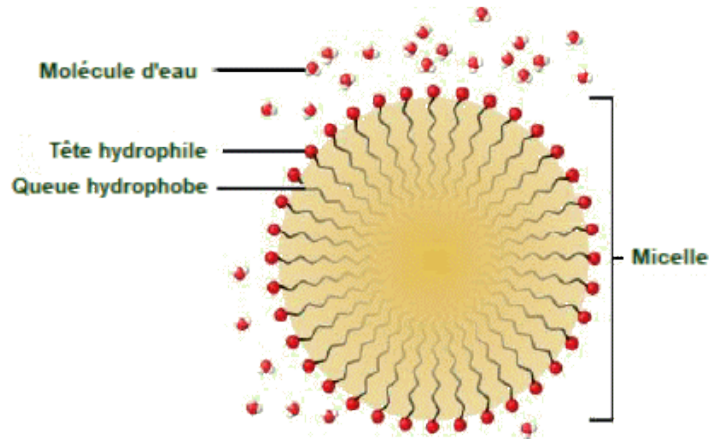


lysophospholipides

☀ La phospholipase C hydrolyse la Liaison entre le glycérol et le groupement phosphate.

☀ la phospholipase D libère l'alcool qui spécifie le phospholipide





Le produit de dégradation des lipides

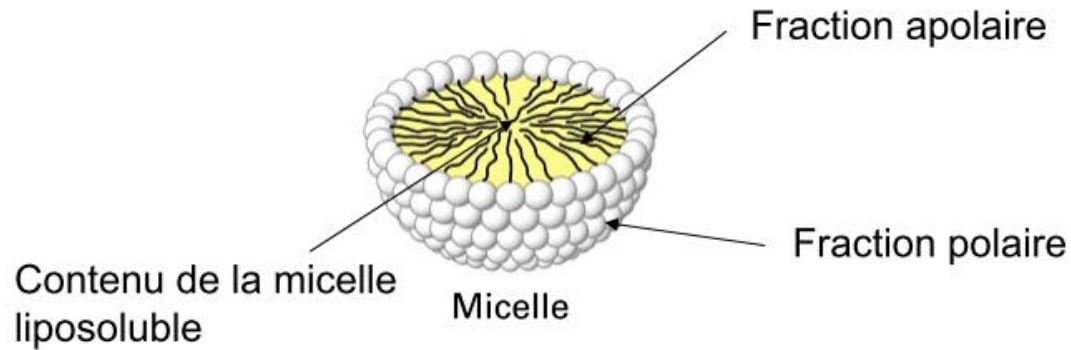


forment des **micelles** avec les sels biliaires

Micelles = complexes hydrosolubles formés d'acides gras et de monoglycérides avec les sels biliaires.



sont finalement absorbés par les cellules intestinales.



Micelles apportent les acides gras et les monoglycérides jusqu'à la bordure en brosse et aux entérocytes par **diffusion dans le milieu aqueux**.



AG et monoglycérides quittent les micelles et entrent dans les entérocytes **par diffusion** (ou transporteurs) à travers la membrane lipidique.



Au niveau de la bordure en brosse, les sels biliaires sont libérés dans la lumière intestinale.



Après un repas copieux, l'organisme n'a pas besoin de lipides comme fournisseurs d'énergie.



Ils seront acheminés vers le tissu adipeux en évitant le foie.



Les triglycérides, les esters de cholestérol sont transportés par les lipoprotéines (sous forme de chylomicrons) dans la circulation sanguine et acheminés vers les cellules cibles.



Certains lipides sont essentiels et doivent être apportés par l'alimentation :



Acides gras : l'acide linoléique ($C_{18} : \Delta^{9,12}$) oméga-6

l'acide linoléique ($C_{18} : \Delta^{9,12,15}$) oméga-3



Vitamines : A, E et K.