

PHYSIOLOGIE DU SYSTÈME DIGESTIF

PHASE INTESTINALE

FACULTÉ DE MÉDECINE SBA
COURS 2^E ANNÉE MÉDECINE 2024/2025

Dr KENNAB Naima

**Maitre assistante en physiologie clinique et exploration
fonctionnelle et métabolique**

plan

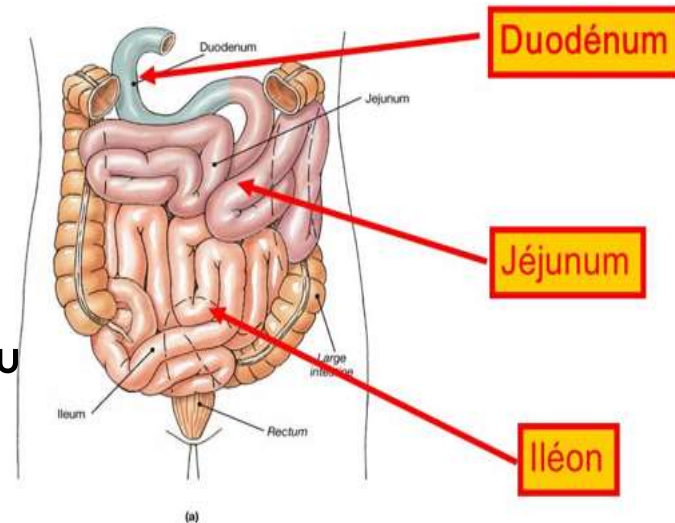
- Introduction
- Rappel anato-histologique
- Le suc intestinal
- La motilité intestinale
 - ▣ Phase interdigestive
 - ▣ Phase prandiale
 - ▣ Contrôle de la motilité intestinale
- Fonction de la valve ileocaecale
- Digestion absorption des macronutriments
 - ▣ Les glucides
 - ▣ Les protéines
 - ▣ Les lipides
 - ▣ Les nucléotides
- Conclusion

Introduction

- Dans l'intestin grêle, le contenu intestinal est mélangé aux sécrétions des cellules muqueuses ainsi qu'au suc pancréatique et à la bile.
- Dans la lumière intestinale, les glucides, les lipides et les protéines ingérés sont dégradés en unités absorbables principalement. C'est la **digestion**.
- Les produits de digestion ainsi que les vitamines, les sels minéraux et l'eau traversent la muqueuse intestinale et entrent dans la lymphe ou le sang. C'est l'**absorption**.

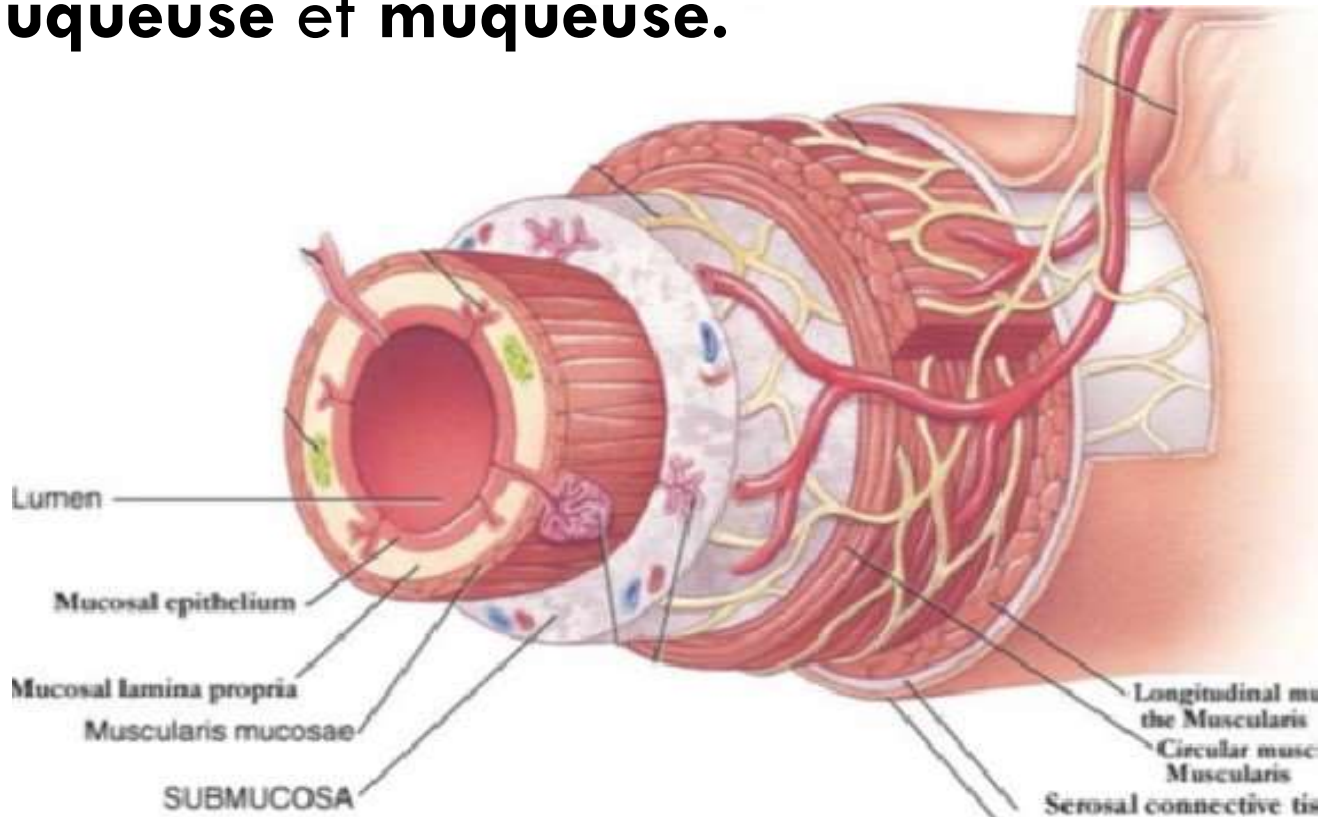
Rappel anatomo-histologique

- L'intestin grêle mesure:
 - ▣ 4 à 6 m de long
 - ▣ 3 à 4 cm de diamètre
- Il va du pylore jusqu'au grand intestin et comprend :
 - ▣ **Le duodénum**, structure fixe d'environ **30 cm** de long: lieu de mélange du chyme gastrique avec les sécrétions pancréatique et biliaire.
 - ▣ **Le jéjunum**, long de 3 à 4 m le principal site d'absorption intestinale des macronutriments
 - ▣ **L'iléon**, mesurant environ 1 m :siège d'absorptions spécifiques comme celles de la vitamine B12 ou des sels biliaires.



Rappel anatomo-histologique

La paroi de l'intestin grêle est formée par les quatre couches: **séreuse, musculuse, sous-muqueuse** et **muqueuse**.



Rappel anatomo-histologique

□ Les cellules épithéliales intestinales

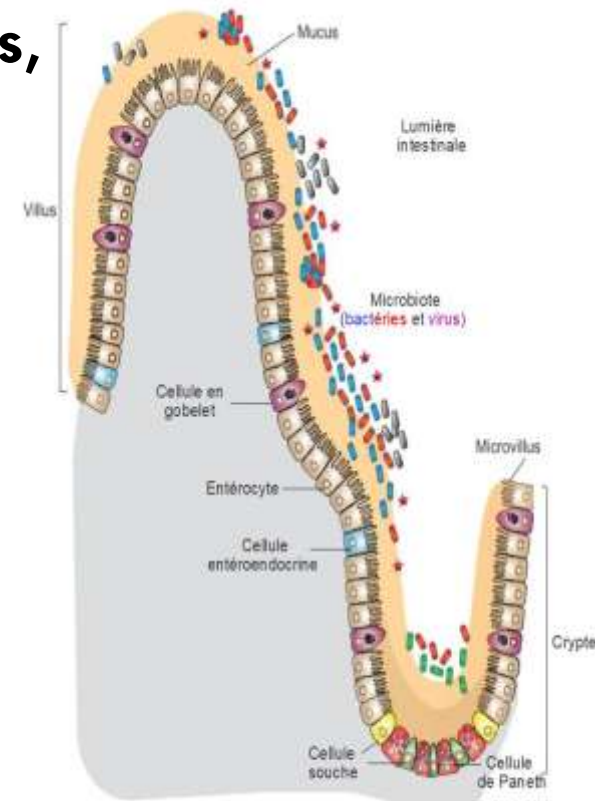
■ Les entérocytes ou cellules absorbantes,

- Renouvellement rapide (5 à 7 jours)
- Possède un plateau strié très riche en enzymes digestives et en protéines de transport pour l'absorption.

■ Les cellules calciformes sécrètent le mucus

■ Les cellules de Paneth élaborent le lysozyme.

■ Les cellules endocrines sont dispersées tout le long de l'intestin grêle.

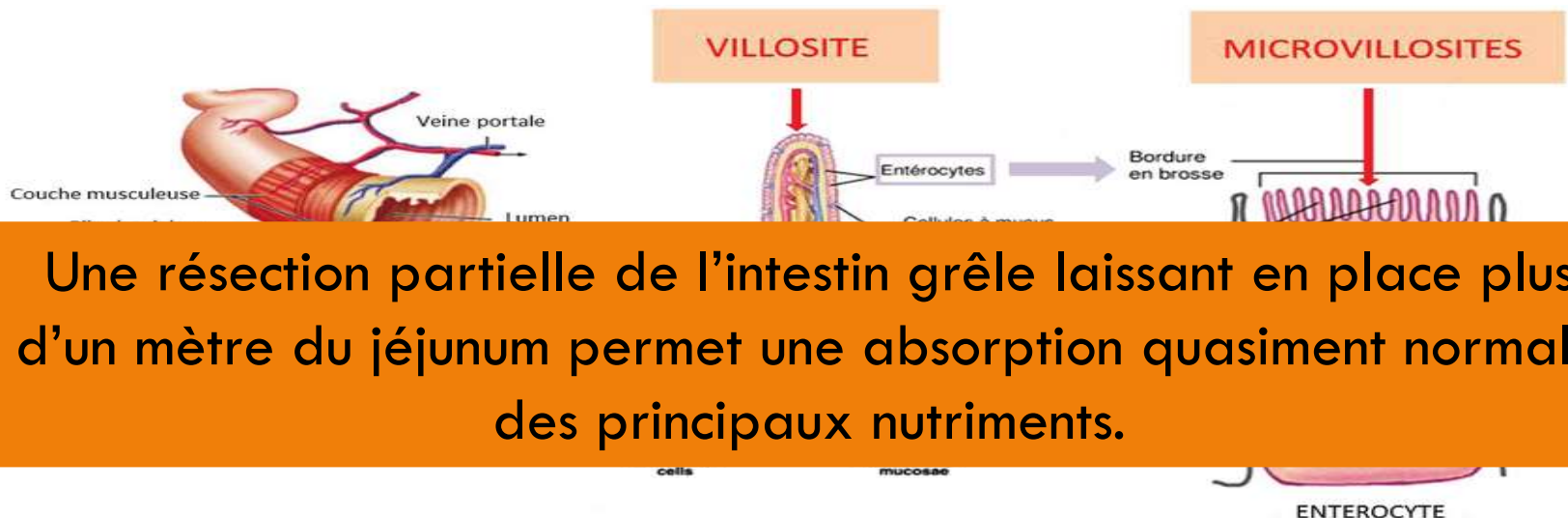


Rappel anatomo-histologique

L'intestin grêle se caractérise par un système d'amplification considérable de la surface offerte à l'absorption.

- ▣ Les valvules conniventes
 - ▣ Les villosités intestinales
 - ▣ Les microvillosités intestinales
- Surface X 600

Surface réelle d'absorption 200m²





Le suc intestinal

Le suc intestinal

- **Débit de sécrétion:** 1 et 2 L/jours.
- **Aspect:** liquide aqueux jaune clair,
- **PH:** légèrement alcalin 7,6
- **Osmolarité:** isotonique.
- **Composition:** essentiellement eau et mucus; pauvre en enzymes (la majeure partie des enzymes intestinales sont liées aux membranes des villosités)
- **Stimulant de la sécrétion:**
 - ▣ L'étirement
 - ▣ L'irritation de la muqueuse de l'intestin grêle par un chyme hypertonique ou acide.
- **Rôle:**
 - ▣ Protection chimique et physique de la muqueuse
 - ▣ Est un lubrifiant.
 - ▣ Favorise l'action des enzymes digestifs.

Motilité intestinale

La motricité de l'intestin grêle lui permet d'assurer ses fonction de digestion et d'absorption en :

Favorisant le mélange des aliments avec les sécrétions

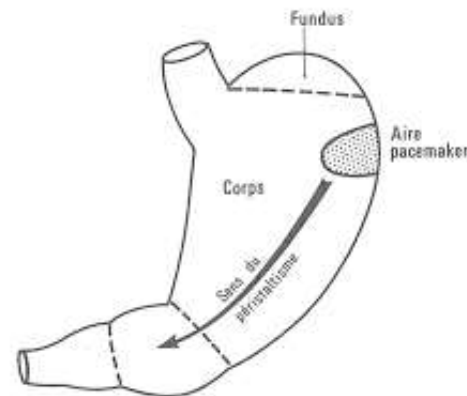
Facilitant le contact entre la muqueuse et le chyme ;

Propulsant le contenu intestinal en direction du côlon.

La motricité est différente en période digestive (postprandiale) et en période interdigestive (à jeun)

Motilité intestinale- phase inter-digestive

- En période inter-digestive, l'intestin grêle est le siège d'une activité mécanique intermittente qui migre tout le long de l'organe et se répète en cycles.
- Ce phénomène appelé **complexe moteur migrant (CMM)**, prend théoriquement son origine au pacemaker gastrique, franchit le pylore et se propage jusqu'à la valvule iléocaecale en **90 à 120 minutes**.

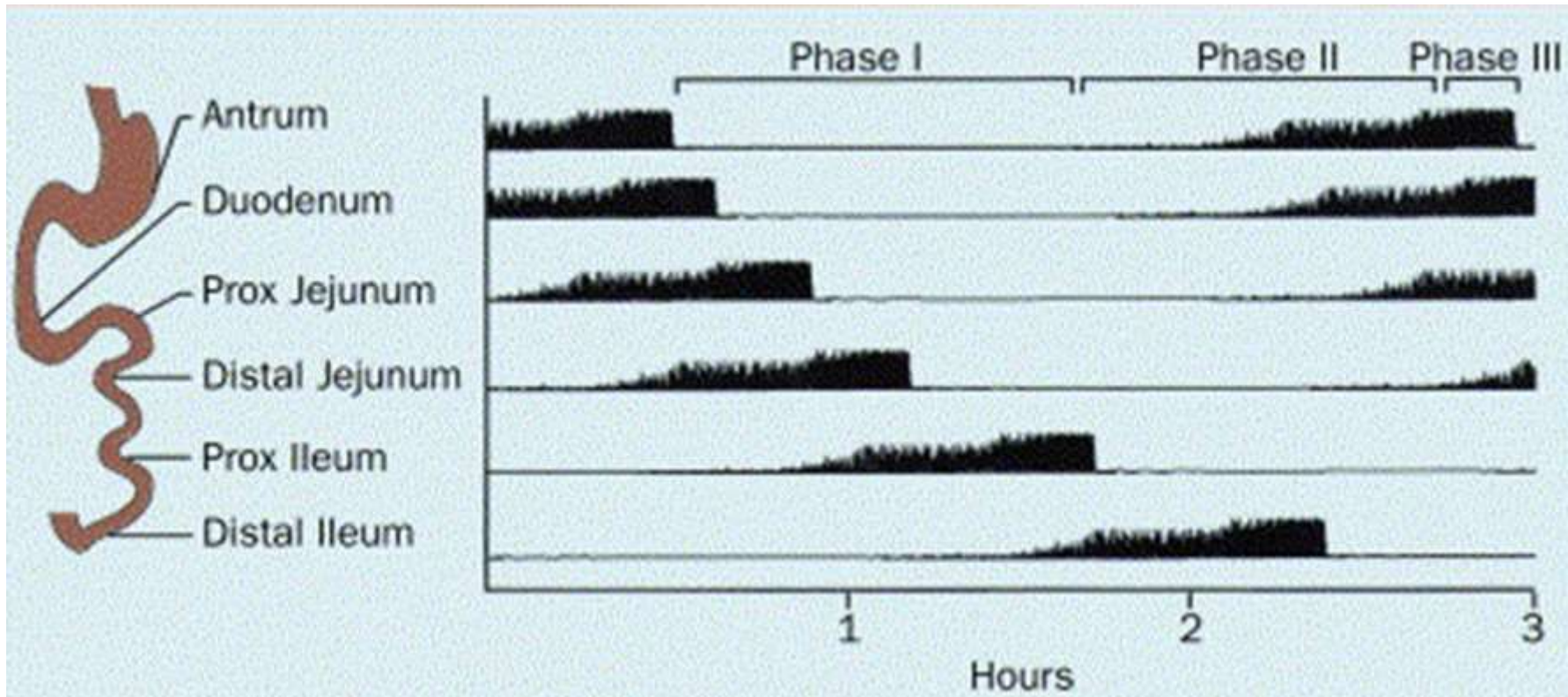


Motilité intestinale- phase inter-digestive

Le CMM se décompose en trois phases :

- **Phase I** : de **35 à 65 minutes**, cette période se caractérise par l'absence d'activité contractile ;
- **Phase II** : phase d'activité **irrégulière**, qui dure de **25 à 60 min**, avec une augmentation progressive du nombre et de l'amplitude des potentiels d'action ;
- **Phase III** : la plus intense, phase brève (**5 à 10 min**), caractérisée par une activité contractile **régulière** et propagée

Motilité intestinale: phase interdigestive



Motilité intestinale: phase inter-digestive

- Le CMM est déclenché par **la motiline** (hormone sécrétée par les cellules entérochromafine like et les cellules M intestinale).
- Les mouvements comprennent des **mouvements pendulaires** qui font glisser les anses intestinales les unes sur les autres et des **contractions segmentaires circulaires**.
- **Rôle:** le **CCM** permet de vider l'intestin grêle des résidus alimentaires et d'éviter la colonisation par les bactéries d'origine colique.

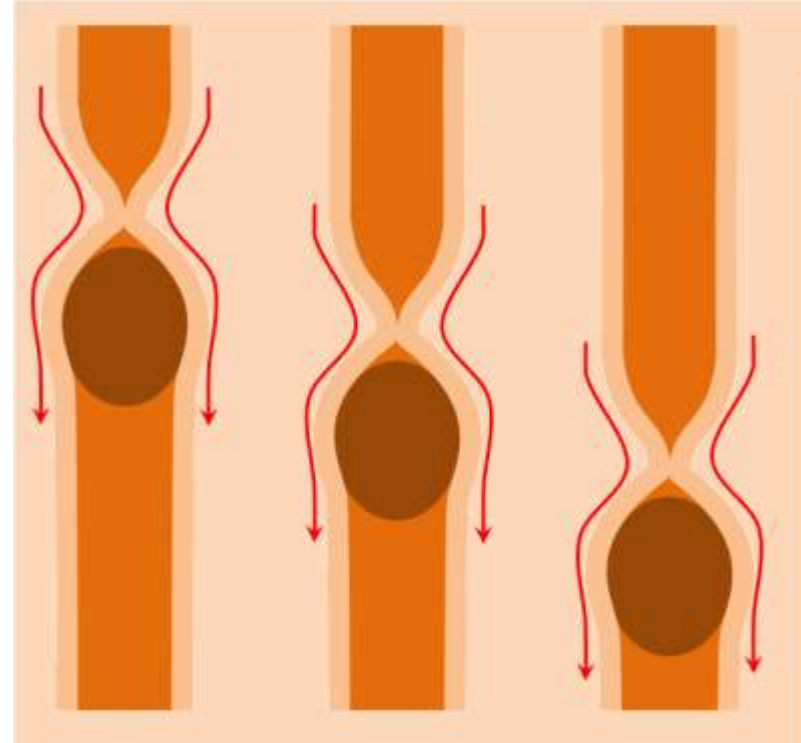
Motilité intestinale: phase postprandiale

- Le CMM est interrompu immédiatement par la prise alimentaire (qui supprime la libération de la motiline),
- Une activité contractile importante ,continue et régulière, semblable à la phase II du CMM ;
Composée de:
 - ▣ **Contractions segmentaires:** assurent le mélange du chyme avec les différents sucs déversés dans l'intestin
 - ▣ **Contractions péristaltiques:** permettent de propulser les aliments vers le colon.

Motilité intestinale: phase prandiale

péristaltisme

- **Le péristaltisme** : est une réponse réflexe déclenchée en réponse à la distensions de la paroi intestinale.
- L'étirement provoque une **contraction circulaire** à l'arrière du stimulus et une zone de **relâchement** devant celui-ci.



Les mouvements de péristaltisme

Motilité intestinale: phase prandiale

péristaltisme

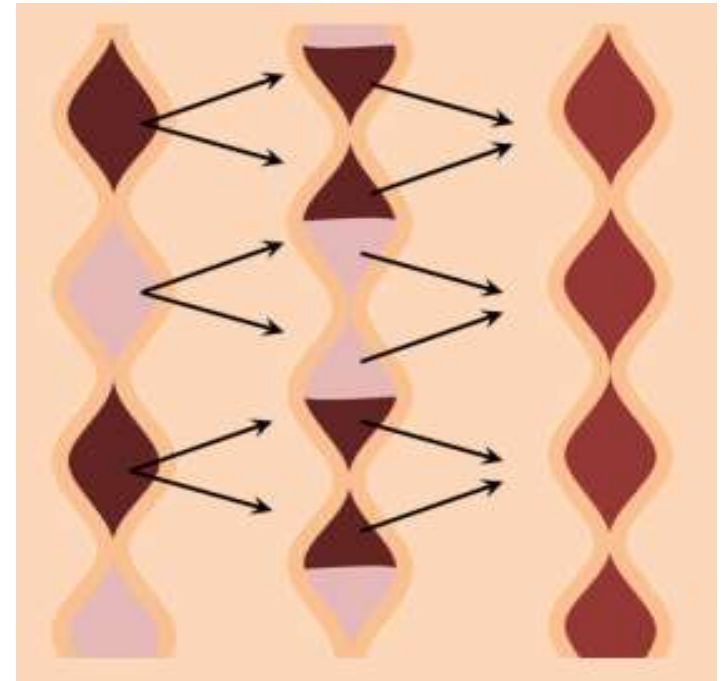
- L'onde de contraction se déplace ensuite dans le sens oral-caudal, faisant **progresser** le contenu de la lumière en direction du gros intestin avec une vitesse de **0,5 à 2 cm/s** ceci signifie que le transport du chyme du pylore à la valve iléocaecale nécessite **3 à 5 heures**
- L'activité péristaltique est sous le contrôle du système **nerveux entérique** et elle peut augmenter ou diminuer sous l'effet des influx autonomes.

Motilité intestinale: phase postprandiale

segmentation

□ Les contractions de segmentation :

- ▣ Contractions **annulaires, oscillantes** du muscle lisse circulaire tout le long de l'intestin grêle.
- ▣ Un segment de l'intestin se contracte aux deux extrémités, puis une seconde contraction se produit au centre du segment pour forcer le chyme à aller à la fois **vers l'avant** et **vers l'arrière**.
- ▣ Rôle:
 - Retarder le déplacement du contenu intestinal: **favoriser l'absorption**
 - Mélanger en profondeur le contenu intestinal avec les sucs digestifs: **favoriser la digestion.**



Contractions de segmentation

Motilité intestinale: phase postprandiale

segmentation

- ▣ Les contractions de segmentation persistent tant qu'il reste des nutriments dans la lumière intestinale à absorber.
- ▣ La fréquence des contraction de segmentation est déterminée par la fréquence du rythme électrique de base (REB).
- ▣ Fréquence maximale:
 - **12 cycles** minutes dans le duodénum et le jéjunum,
 - **8 à 9 cycles** dans l'iléon terminal.

Contrôle de la motilité intestinale

- Contrôle nerveux
- Contrôle hormonal

Contrôle de la motilité intestinale

□ Contrôle nerveux:

- ▣ Le péristaltisme de l'intestin grêle est dû en partie à un **reflexe gastro-entérique**, provoqué par la distension gastrique, et conduit depuis l'estomac le long de la paroi de l'intestin grêle par l'intermédiaire du plexus myentérique.
- ▣ Une lésion causée à la paroi intestinale par un étirement extrême, une infection bactérienne ou un traumatisme mécanique peut entraîner l'arrêt complet de la motilité intestinale par un reflexe **intestino-intestinal**.

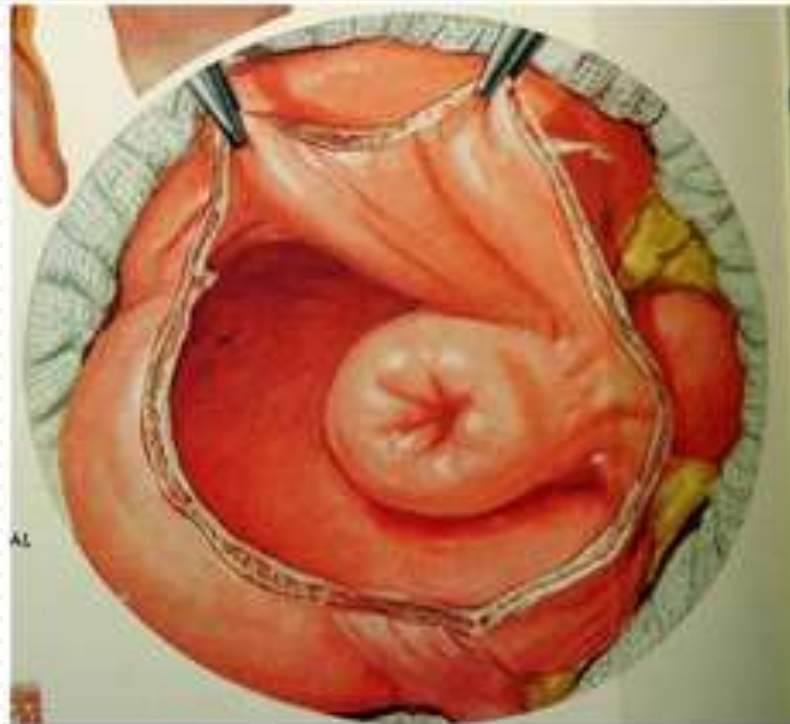
Contrôle de la motilité intestinale

- Contrôle hormonale

- ▣ **La gastrine, la CCK, l'insuline et la sérotonine**
augmentent la motilité intestinale.

- ▣ **La sécrétine et le glucagon** inhibent la motricité de l'intestin grêle.

Fonction de la valve iléocaecale



Fonction de la valve iléocaecale

- La fonction principale de la valve iléo-caecale est de prévenir le reflux du contenu fécal du côlon vers l'intestin grêle. Et cela grace à:
 - ▣ La protrusion des lèvres de la valve dans la lumière du caecum; et qui se ferment à chaque fois que la pression dans le caecum augmente;
 - ▣ La présence d'un sphincter iléocaecale en avant de la valve (épaississement des couches musculaires. Il reste moyennement contracté et ralentit la vidange du contenu iléal, sauf immédiatement après un repas ou un reflexe iléocaecale.

Fonction de la valve iléo-caecale

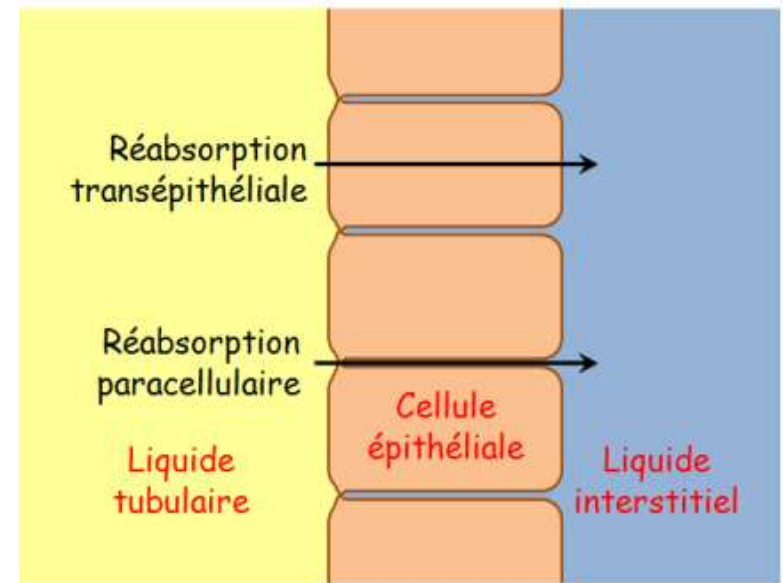
- ❑ Le degré de contraction du sphincter iléo-caecal et l'intensité du péristaltisme dans l'iléon terminal sont contrôlés par des réflexes originaires du caecum.
- ❑ Si le caecum est distendu, la contraction du sphincter iléo-caecal augmente et le péristaltisme iléal est inhibé.
- ❑ Une irritation au niveau du caecum (inflammation) peut entraîner un spasme du sphincter iléo-caecale et par conséquent une paralysie incomplète de l'iléon.

Digestion absorption des macronutriments

L'intestin permet d'absorber 90% des nutriments
cela concerne toutes les classes des nutriments,
macronutriments et micronutriments.

Digestion absorption des macronutriments

- L'absorption peut se faire :
 - ▣ Par **voie cellulaire** et implique des transporteurs spécifiques, le moteur de la pluparts des transports étant la **pompe $\text{Na}^+/\text{K}^+\text{ATPase}$** de la membrane basolatérale.
 - ▣ Par voie **paracellulaire** en fonction du gradient de concentration.



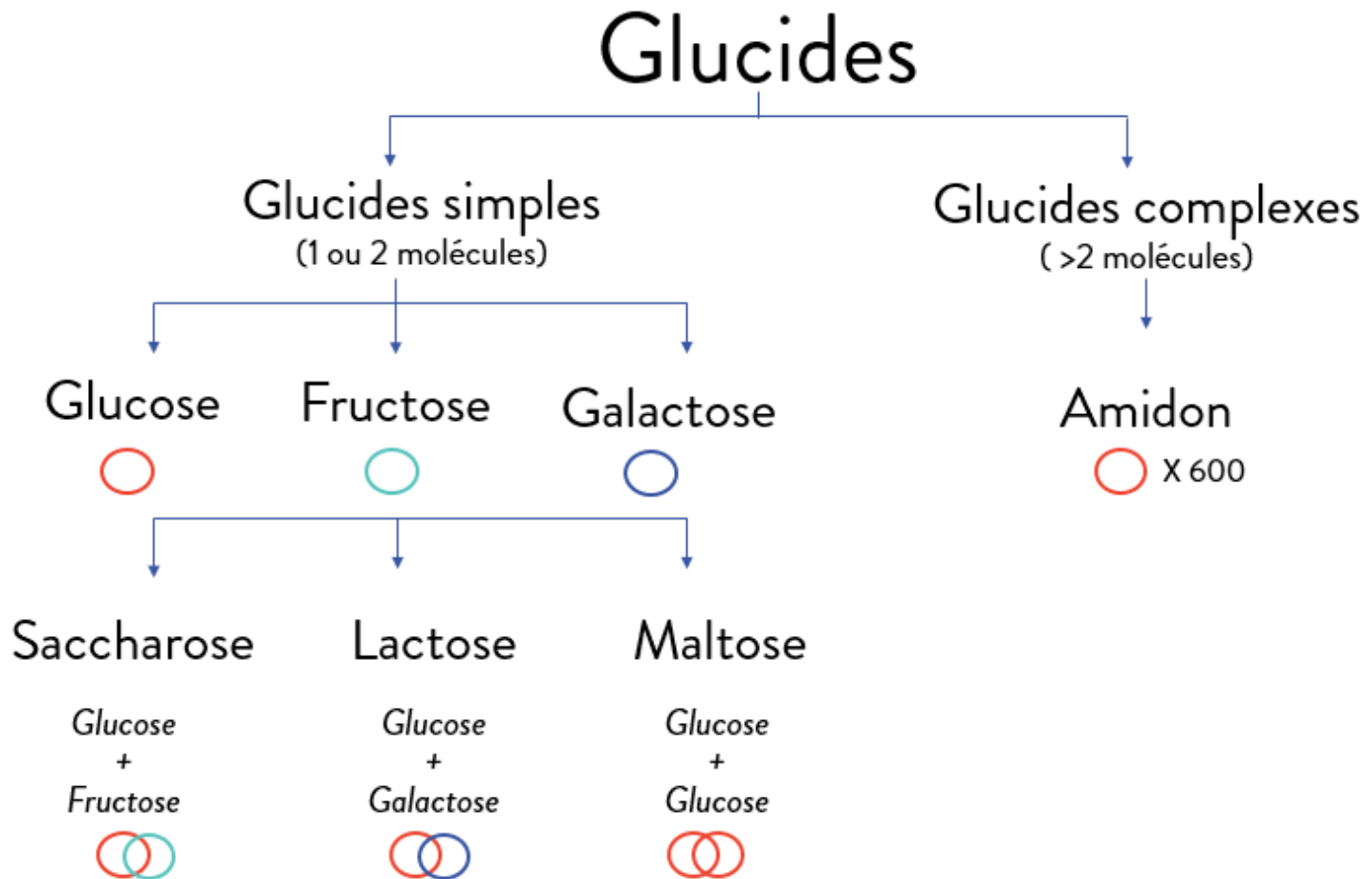
Digestion absorption des glucides

Les glucides représentent le principal substrat énergétique utilisé par l'organisme.

Les glucides: les apports

- La ration alimentaire quotidienne: \approx **400 g (50 à 55% de AET) dont:**
 - ▣ 80% des **polymères du glucose**
 - Essentiellement des **amidons** (amylose + amylopectine) présents dans tous les aliments d'origine végétale
 - Un peu de **glycogène** d'origine animale,
 - **La cellulose** constitue une fibre alimentaire indigeste pour l'homme.
 - ▣ **Les 20%** restants dans l'alimentation sont sous forme de disaccharides (**saccharose, maltose, lactose**).
 - ▣ **Le fructose** est le seul sucre présent en petite quantités sous forme de monosaccharide.

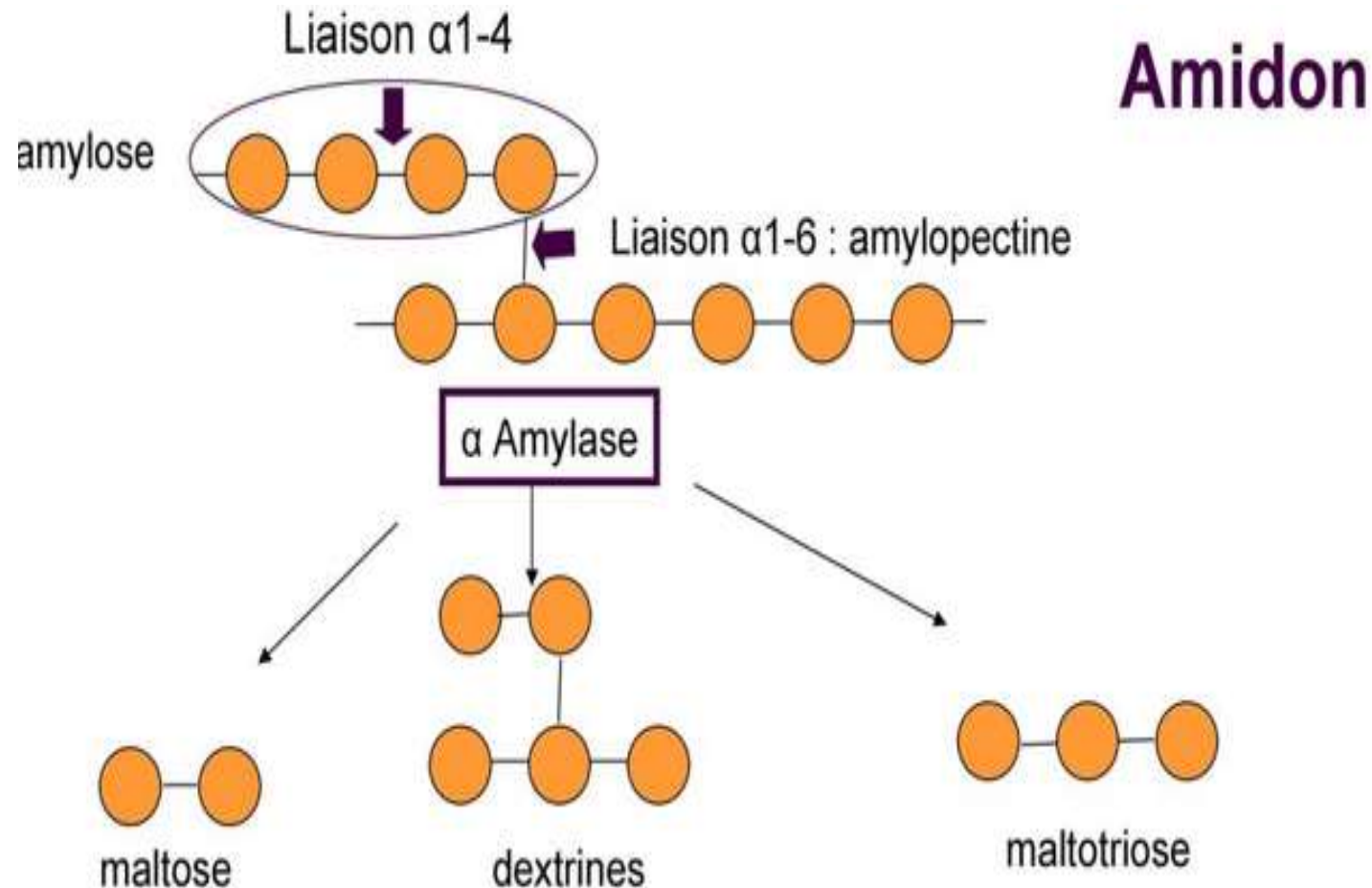
100%



Les glucides: digestion intraluminaire

- La bouche: l'amidon est attaqué par l' **α -amylase salivaire**.
- L'intestin grêle: les **α -amylases salivaire et pancréatique** hydrolysent toutes deux les liaisons **1 :4 α** et de rares liaisons **1 :6 α** et **1 :4 α** terminales.
 - ▣ Produits terminaux de digestion par les α -amylases sont des oligosaccharides :
 - Le disaccharides **maltose**
 - Le trisaccharides **maltotriose**
 - **Les dextrines limites α** : polymère de glucose contenant en moyenne huit molécules de glucose avec des liaisons 1 :6 α .
- La cellulose est résistante à l'action de l'amylase (liaisons glucosidiques $\beta(1-4)$).

Digestion des glucides



Les glucides: digestion au niveau de la bordure en brosse

- **Des oligosaccharidases** assurent la fin de digestion des dérivés de l'amidon. Ils sont situés dans la bordure en brosse des entérocytes: **isomaltase, maltase, saccharase, lactase, tréhalase**
- Les glucides sont essentiellement transformés en **glucose, fructose** et **galactose**.

Les glucides: digestion

| Enzymes | | Substrat | Production |
|----------------------------------|--|---|---|
| α -glucosidase | Saccharase- isomaltase (2 s/unités) | Saccharose Maltose et maltotriose Ramifications α 1-6 des dextrines limite | Fructose, glucose Glucose Glucose |
| | Glucoamylase (maltase) | Maltose α 1-4 | Glucose |
| | Tréhalase | Tréhalose : dimère de glucose α 1-1 | Glucose |
| β -galactosidase : lactase | | Lactose | Galactose, glucose |

Les oligosaccharidases et leurs produits de digestion

Fibres alimentaires et apparentés

Polysaccharides non amylacés et dérivés

- ▶ Solubles :
 - hémicellulose;
 - arabinoxylanes;
 - β -glycanes;
 - pectine;
 - gommes.
- ▶ Insolubles :
 - cellulose.

Polysaccharides amylacés

- ▶ Insolubles, amidon résistant.

Oligosaccharides

- ▶ Solubles :
 - inuline.

Non polysaccharides

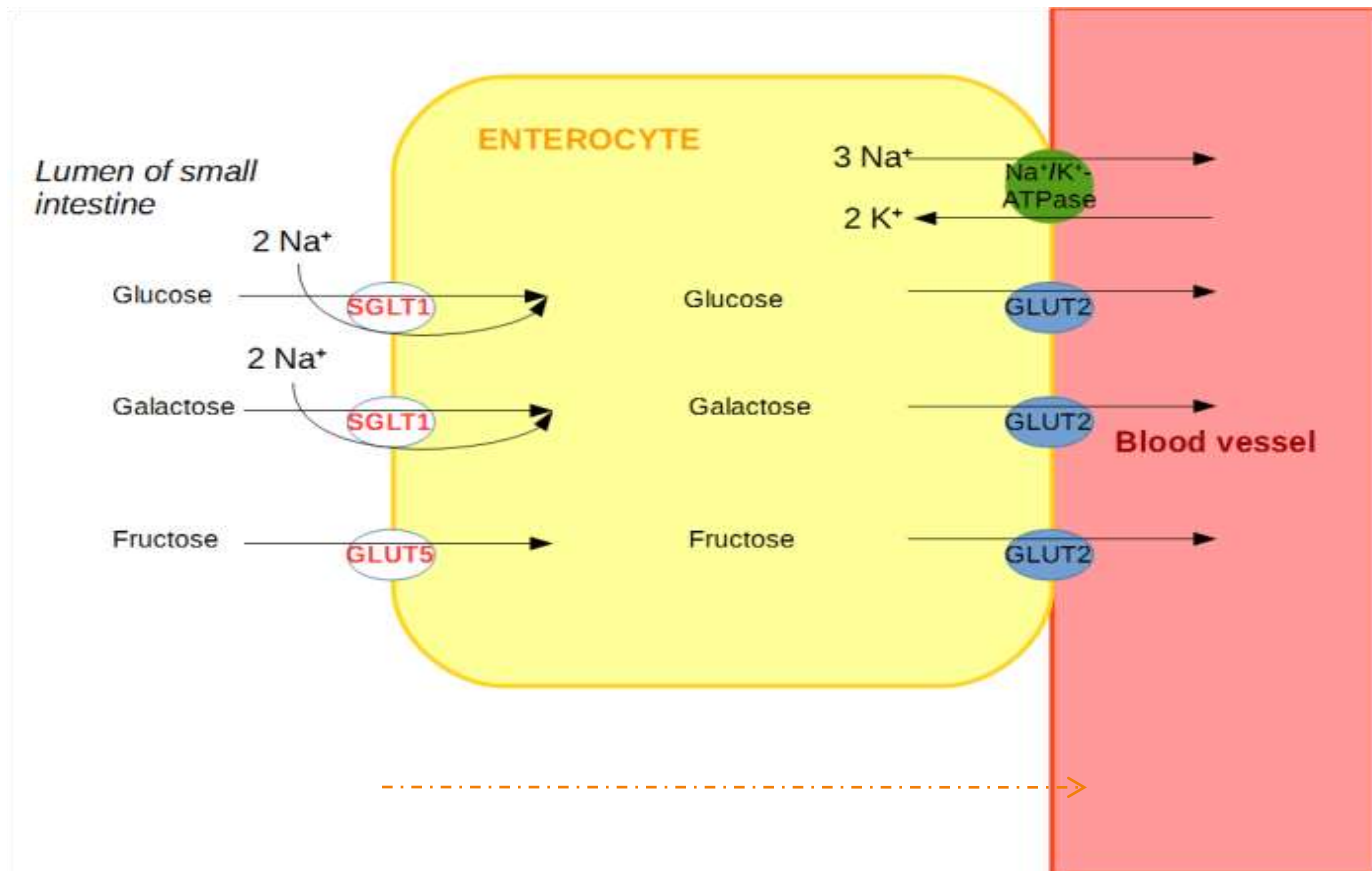
- ▶ Insoluble :
 - lignine.

□ Polysaccarides indigestibles

Glucides: absorption

- L'absorption des monosaccharides est surtout assurés par voie trancellulaire, grâce:
 - ▣ **SGLT1** cotransporte le glucose ou le galactose et le Na^+ dans la cellule (cotransport actif secondaire dépendand du Na^+).
 - ▣ **Le GluT5** transporte le fructose dans la cellule de façon indépendante du Na^+ (transport facilité).
 - ▣ **Le GLUT2:** transporte le glucose, le fructose et le galactose ver l'interstitium de la membrane basolatérale. (transport facilité)
- **Les monosaccharides** peuvent aussi diffuser passivement par voie **paracellulaire** à travers les jonctions serrées, surtout dans le duodénum, en fonction des gradients de concentration.

Les glucides:absorption



Les glucides :digestion

- L'absorption des sucres est **pratiquement totale** dès la première **moitié du jéjunum**.
- **Les fibres alimentaires non digestibles et fermentescibles (cellulose...)** reste intacte jusqu'au côlon, où elle est attaquée par la **flore bactérienne** avec production **d'acides gras à chaine courte**, d'**H₂** et de **CO₂**. Elle forme un **blast** dans l'intestin grêle, jouant le rôle de fibres inertes qui retiennent l'eau.
- **Les fibres alimentaires solubles (pectine...)** est constituée de polysaccharides plus ou moins complexe qui forment des gels en phase aqueuse enrobant la muqueuse gastrique et, augmente la viscosité du bol alimentaire.

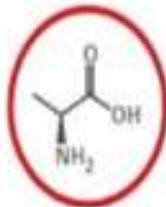
Digestion absorption des protéines

Les protéines fournissent l'apport azoté indispensable à la croissance et au renouvellement tissulaire.

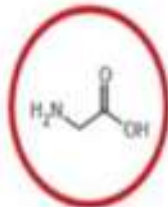
Elles sont d'origine exogène alimentaire et endogène.

20 AA protéinogènes

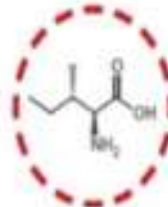
● Aliphatique ● Aromatique ● Acide ● Basique ● Hydroxylique ● Soufré
 ● Amide ○ Non-indispensable ○ Indispensable



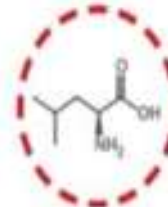
Alanine



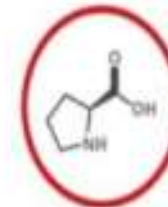
Glycine



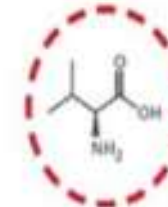
Isoleucine



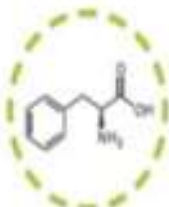
Leucine



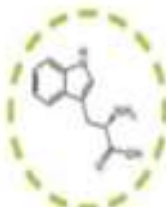
Proline



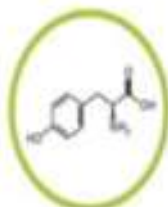
Valine



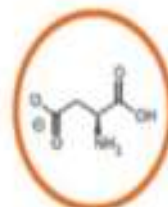
Phénylalanine



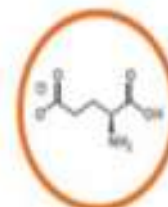
Tryptophane



Tyrosine



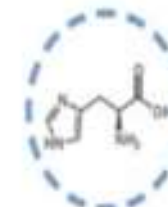
Acide
aspartique



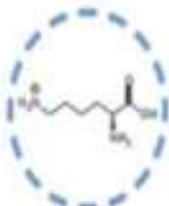
Acide
glutamique



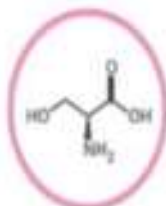
Arginine



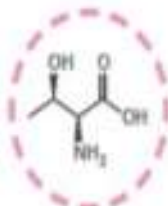
Histidine



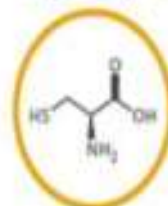
Lysine



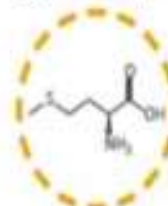
Sérine



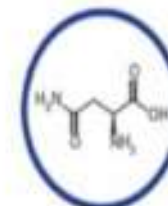
Thréonine



Cystéine



Méthionine

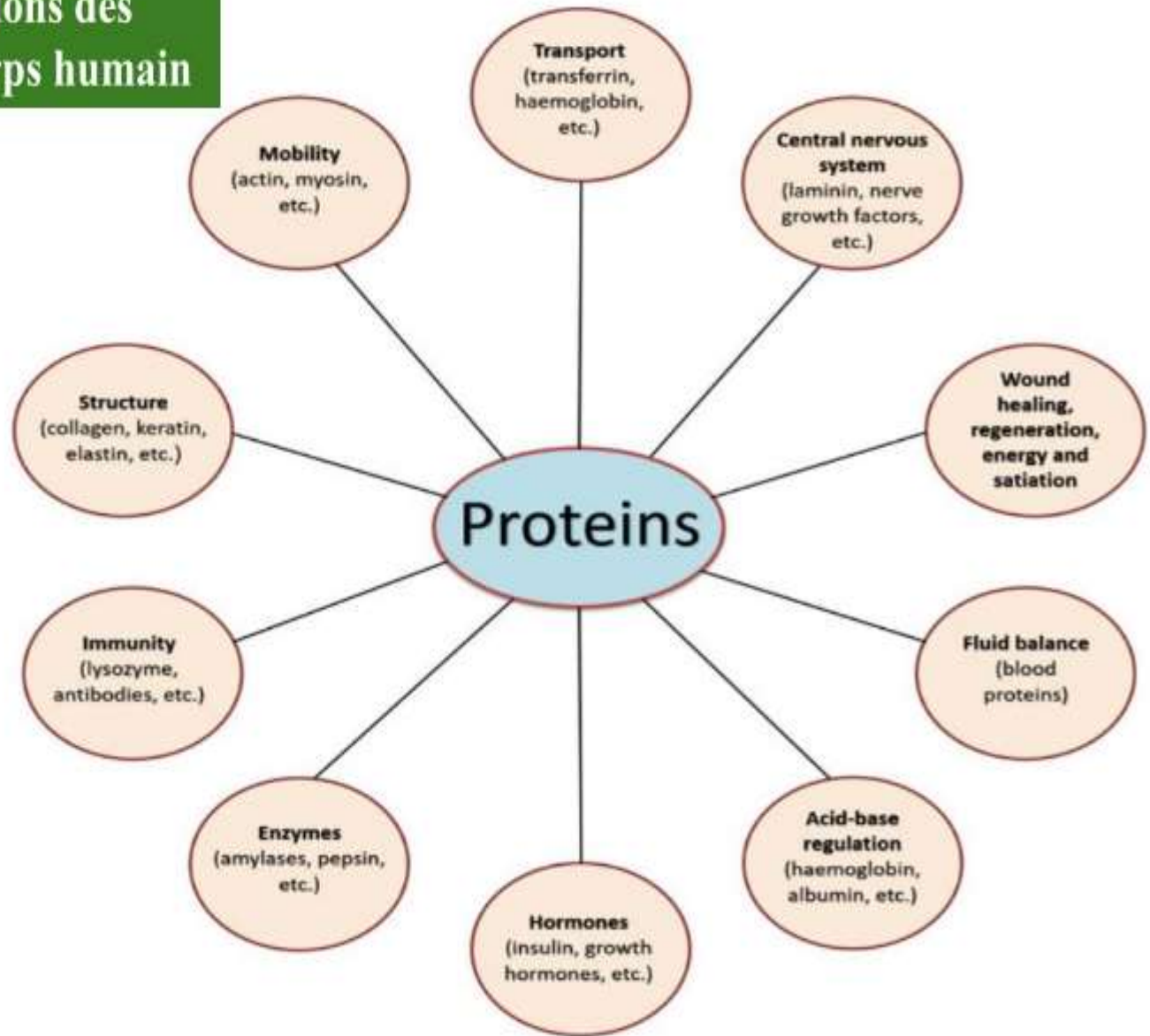


Asparagine



Glutamine

Principales fonctions des protéines dans le corps humain



Les protéines: sources

- **Apport exogènes :70 à 100 g/j** (13 à 16 % de la ration calorique total).
- La digestibilité des protéines dépend de nombreux facteurs:
 - ▣ leur origine (animale ou végétale, les protéines animales étant plus digestibles),
 - ▣ le type de protéines,
 - ▣ les modes de cuisson,
 - ▣ les modes de conservation.
- **Apport endogène:75 g** par jour de protéines endogènes (enzymes et protéines des sécrétions digestives, desquamation)

Sources de protéines

1/3 Animales



- Viande
- Charcuterie
- Produits laitiers
- Fromage



- Œufs oméga-3
- Poissons gras
- Mollusques
- Crustacés



2/3 Végétales

Céréales

- Avoine, riz, sarrasin, millet, maïs, orge, épeautre, quinoa,...



Légumineuses

- Lentilles, haricots, pois cassés, pois chiches, fèves, soja,...



Oléagineux / Graines

- Noix, amandes, noisettes
- Graines de courge, fénugrec, chia



Les protéines: digestion

- Dans l'estomac, **la pepsine** hydrolyse les liaisons entre les acides aminés aromatiques (**phénylalanine, tyrosine, tryptophane**) et un autre acide aminé produisant des **polypeptides** de taille très diverse.
- ▣ Les pepsines sont sécrétées sous forme inactive **pepsinogènes** qui est activés par l'acidité gastrique.
- ▣ L'action de la pepsine est arrêtée lorsque le contenu gastrique est mélangé et tamponner par le suc pancréatique.

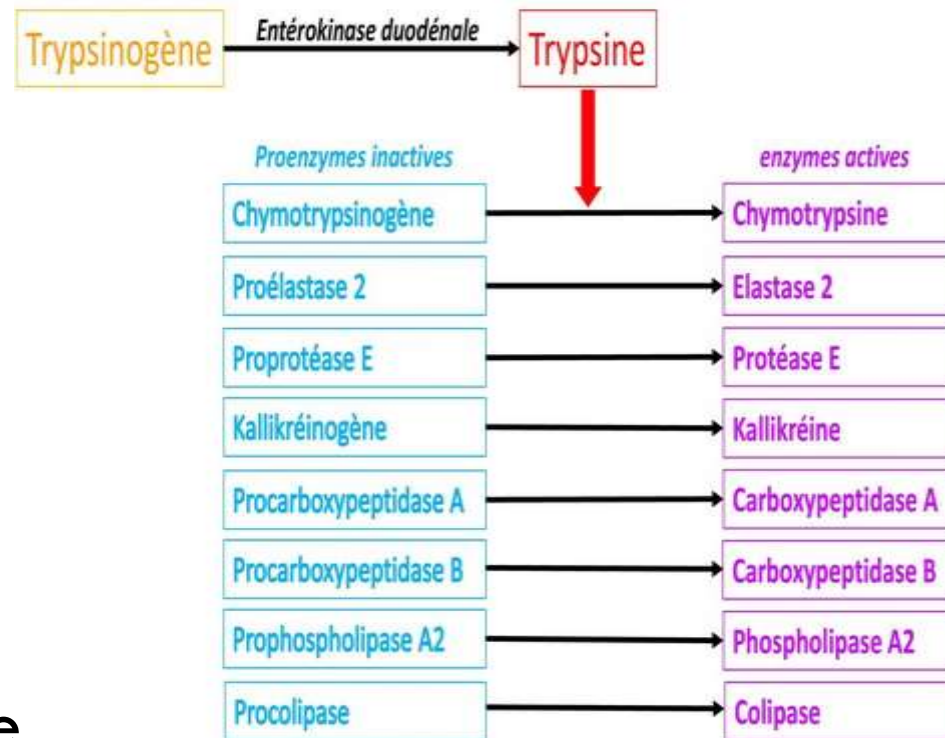
Les protéines: digestion

- Dans l'intestin grêle, les polypeptides produits par la digestion de l'estomac continuent à être digérés par les puissantes **enzymes protéolytiques** du **pancréas** et de la **muqueuse intestinale**.
- **Les enzymes pancréatiques protéolytiques** sont sécrétées sous la forme de **proenzymes inactives**.

Les protéines: digestion

- Le **trypsinogène** est converti en enzyme active la **trypsine** par l'**entérokinase**.
- La trypsine convertit les **chymotrypsinogènes** en **chymotrypsine** et d'autres proenzymes en enzymes actives.
- Une fois que quelques molécules de trypsines sont formées, une **réaction autocatalytique** en chaine se déroule.

• Cascade d'activation des enzymes pancréatiques par la trypsine.



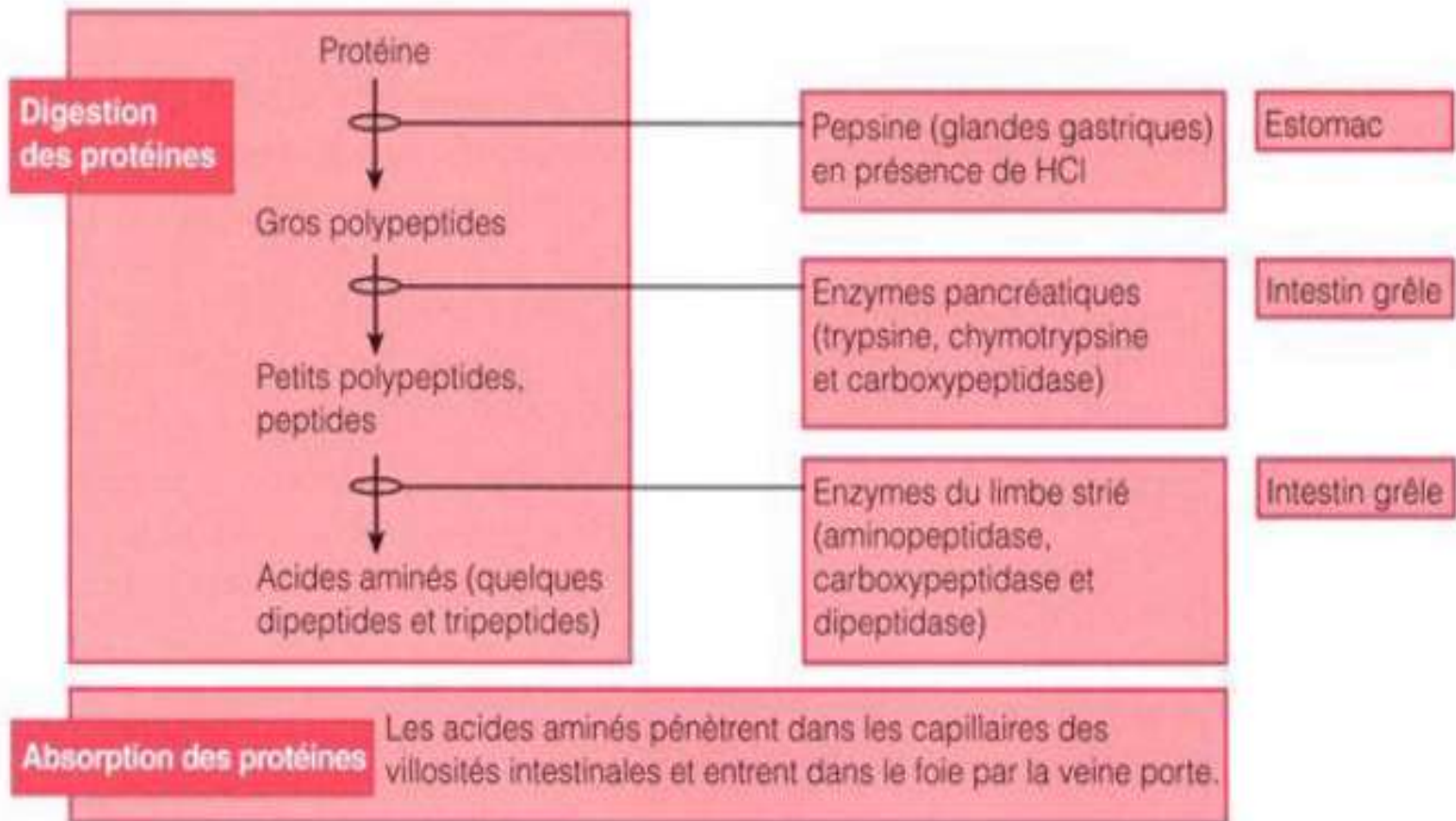
Les protéines: digestion

- **La trypsine, la chymotrypsine et l'élastase** agissent sur les liaisons peptidiques internes dans les molécules de peptides et s'appellent donc des endopeptidases.
- **Les carboxypeptidases** du pancréas sont des exopeptidases qui hydrolysent les acides aminés au niveau des extrémités carboxyles des polypeptides.
- Cette digestion aboutit à la formation **d'acides aminés** libres et surtout **des peptides** de différente taille.

Les protéines: digestion plateau strié

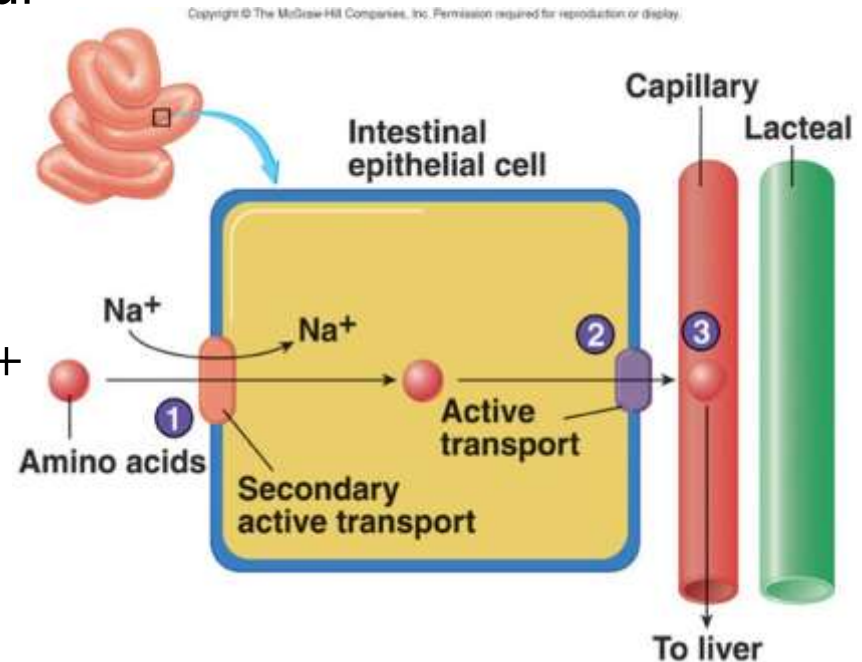
- La digestion se poursuit dans l'intestin grêle au niveau de la bordure en brosse des entérocytes, qui contient de très nombreuses peptidases:
 - aminopeptidases,
 - carboxypeptidases,
 - endopeptidases
 - Dipeptidases
- Ces enzymes coupent les oligopeptides et les protéines non digérées en **acides aminés, dipeptides et tripeptides**, qui peuvent alors être absorbés.
- Le produit final de digestion des protéines sont : **acides aminés libres, dipeptides et tripeptides**.

Les protéines: digestion



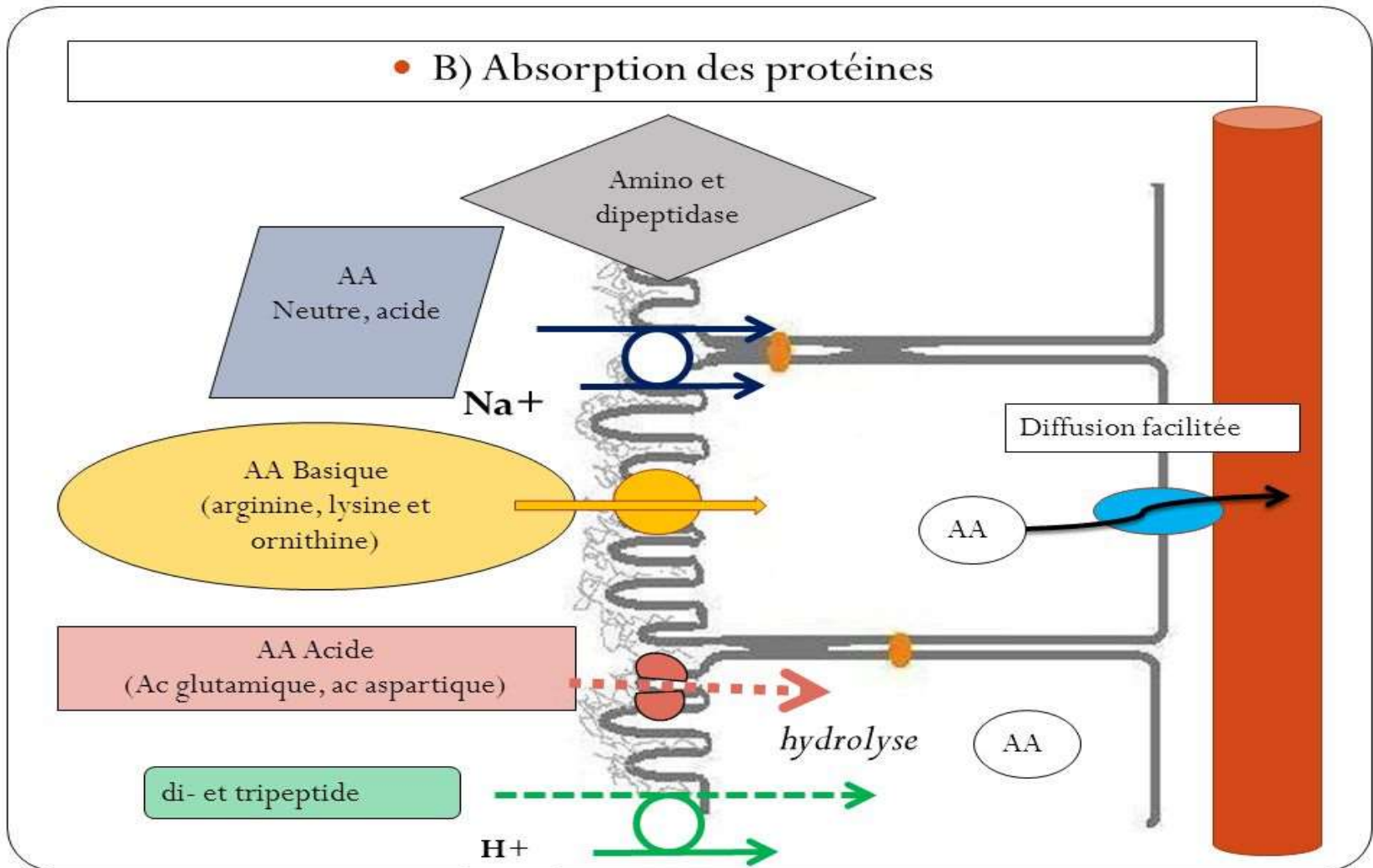
Les protéines: absorption

- Absorption des acides aminés libre par voie transcellulaire:
- L'entrées des AA au niveau de la membrane apicale:
 - ▣ Au moins sept système différents de transport
 - ▣ Cinq entre eux sont dépendent du Na^+ dont deux nécessite en plus le Cl^-
 - ▣ Les deux autres systèmes de transport sont indépendant au sodium
- La sortie des acides aminés de l'entérocytes par la membrane basolatérale se fait par cinq systèmes de transport dont 2 sont Na^+ dépendants.



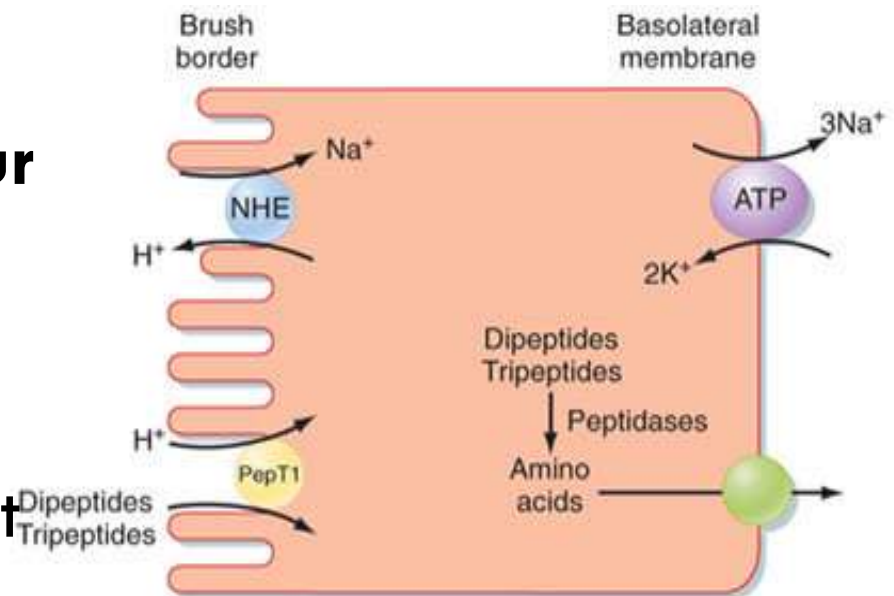
Absorption des acides aminés

• B) Absorption des protéines



Les protéines: absorption

- Les **di** et **tripeptides** sont transportés dans les entérocytes par un système appelé **PepT1 (transporteur peptidique1)** qui a besoin de H^+ à la place de Na^+ .
- Dans les entérocytes, les peptides absorbés subissent une hydrolyse intracellulaire libérant ainsi des acides aminés libres.



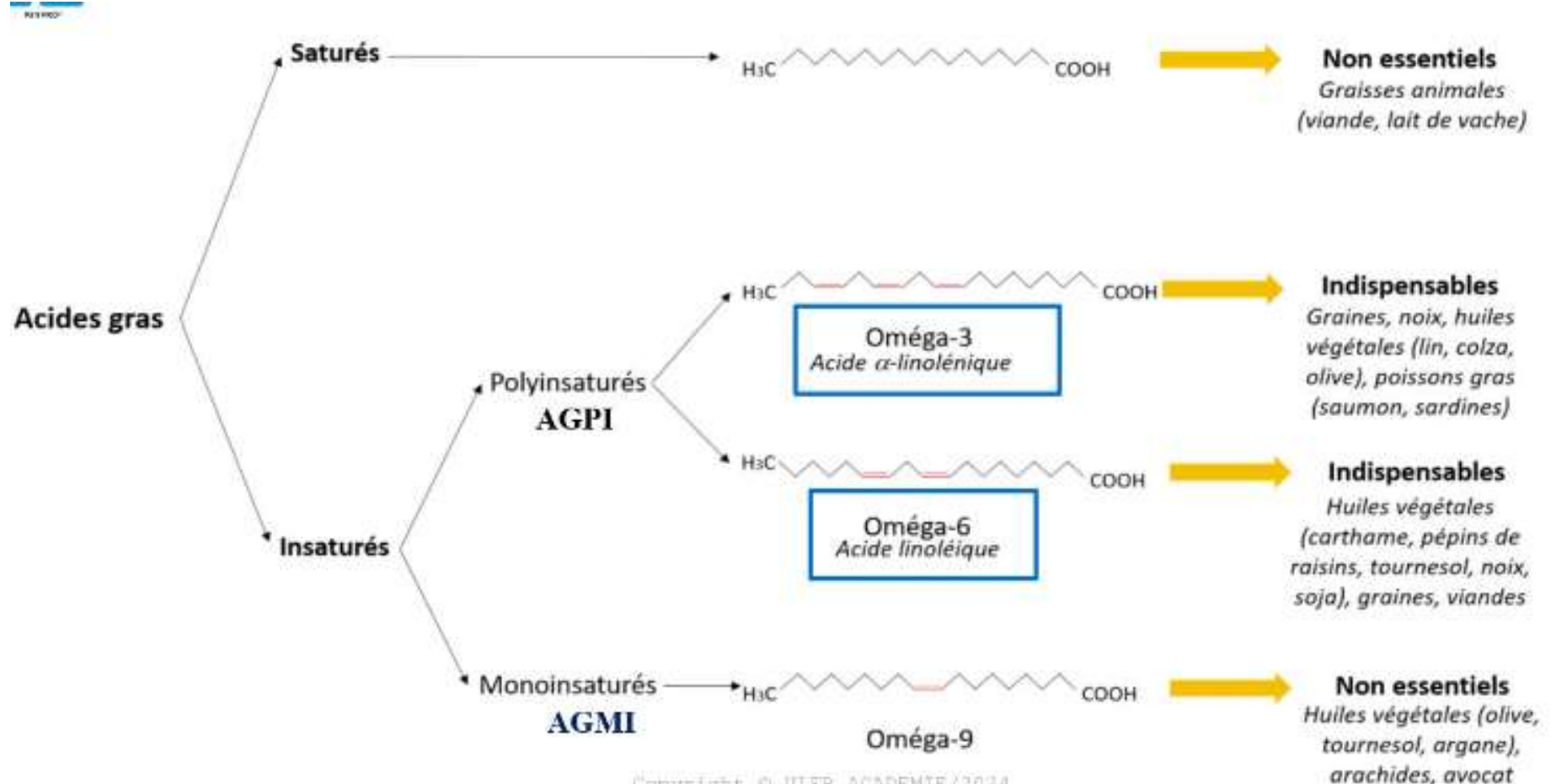
Digestion absorption des lipides

Les lipides sont des substrats énergétiques

Lipides: sources

- **Apport exogène: 50 à 80 g/j.**
- **Sous forme de triglycérides (80%), de phospholipides, de cholestérol libre ou estérifié et de vitamines liposolubles (A, D, E, K).**
- **Apport endogène sécrétoire: le cholestérol et les phospholipides de la bile et un apport cellulaire, les lipides membranaires.**

Types d'acides gras



Lipides: digestion

- Dans l'estomac: **la lipase gastrique** hydrolyse de **10 à 30 %** des lipides. Il est active en milieu acide. Son substrat préférentiel étant les triglycérides à chaîne moyenne, il en résulte la formation **d'acides gras** et **diglycérides**.
- L'arrivée des acides gras et des diglycérides et aussi des TG non dégradés dans la lumière duodénale déclenche la libération de **CCK** et donc fourniture de la **bile** et des enzymes pancréatiques notamment **la lipase pancréatique**.

Lipides: digestion

□ Dans l'intestin grêle:

- ▣ **Émulsification** des graisses par les sels biliaires et formation des micelles.
- ▣ La **lipase pancréatique** (necessite la **colipase** pancréatique qui sert comme un adaptateur) clive spécifiquement les liens esters des triglycérides pour produire des **monoglycérides** et **acides gras**.

Lipides: digestion

- La digestion des phospholipides survient uniquement dans l'intestin grêle après intégration dans les micelles mixtes sous l'action de la **phospholipase A2**. Cette dernière nécessite du **Ca⁺⁺** et **des sels biliaires** pour transformer **les lécithines** des phospholipides en **lysolécithines** absorbables par l'entérocyte.
- le cholestérol et les vitamines liposolubles estérifiés doivent être sous forme libre. Pour cela, ils sont hydrolysés par le **cholestérol hydrolase**.

Lipides : digestion

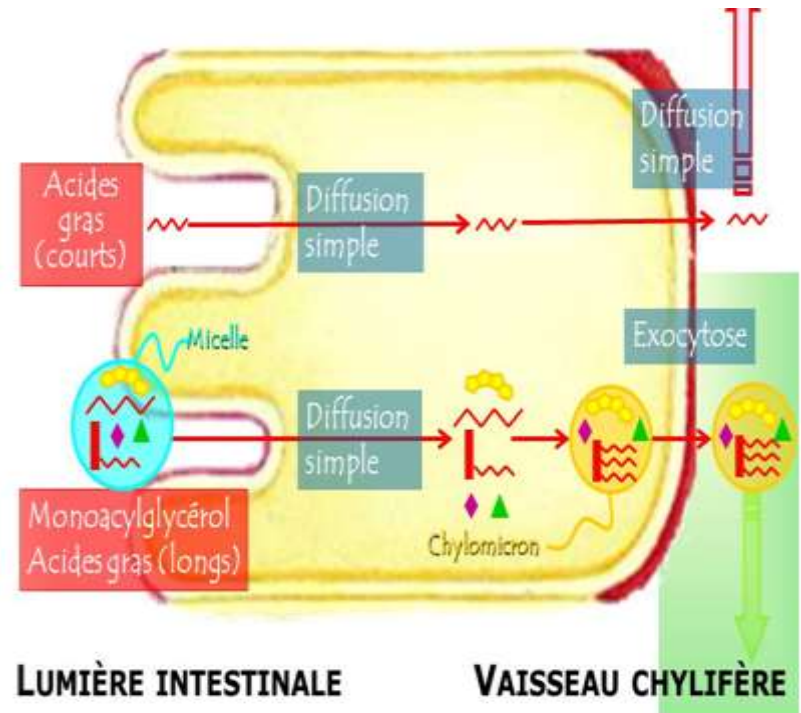
- **Produit final de digestion:** micelles de petite taille entourées de sels biliaires renfermant des proportions variables de produits d'hydrolyse (**monoglycérides, acides gras, lysolécithines, cholestérol**) à l'exclusion des acides gras à chaîne moyenne qui restent en solution dans la phase aqueuse hors des micelles.

Lipides :absorption

- Les micelles se déplacent dans le sens de leur gradient de concentration à travers la couche aqueuse non agitée de la bordure en brosse des cellules épithéliales.
- Une fois au contact de la bordure en brosse, **les acides gras, les monoglycérides et les lysophospholipides** vont pénétrer dans l'entérocyte par diffusion passive.
- L'absorption du **cholestérol libre** par l'entérocyte est un **phénomène spécifique, énergie dépendant** : le cholestérol libre est estérifié dans la membrane plasmique avant d'être hydrolysé à nouveau et libéré dans le cytoplasme.

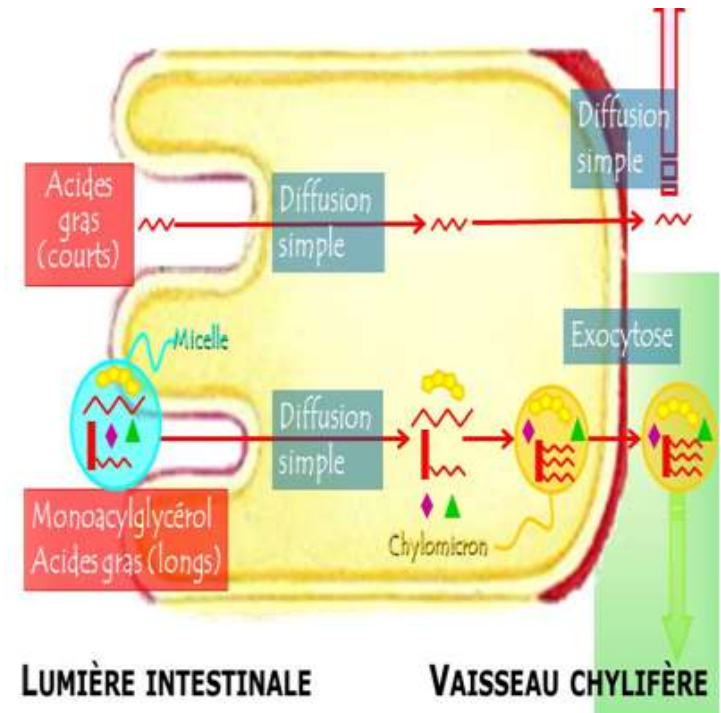
Les lipides: absorption

- Le devenir des acides gras dans les entérocytes dépend de leur taille.
- ▣ Les acides gras contenant moins de 10 à 12 atomes de carbone sont suffisamment hydrosolubles pour passer sans modification dans les entérocytes et sont transportés dans le sang du système porte.
- ▣ Ils circulent sous forme d'acides gras libres (non estérifiés).



Les lipides: absorption

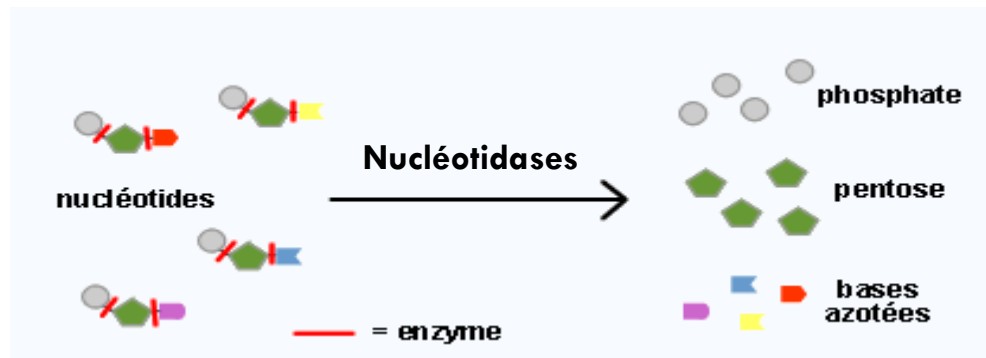
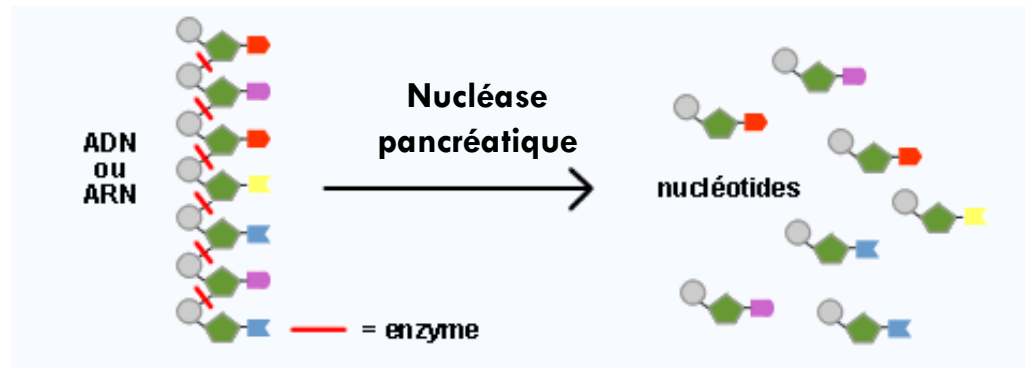
- **Les acides gras plus longs** sont trop **insolubles**, ils sont réestérifiés en triglycérides dans le réticulum endoplasmique.
- Les **lysophospholipides** et le **cholestérol** sont **réestérifiés** dans le cytosol avant de pénétrer dans le RE ou d'être incorporés dans la structure des membranes cellulaires,
- Dans le RE, les molécules lipidiques vont être assemblées en lipoprotéines par liaison avec des apoprotéines.



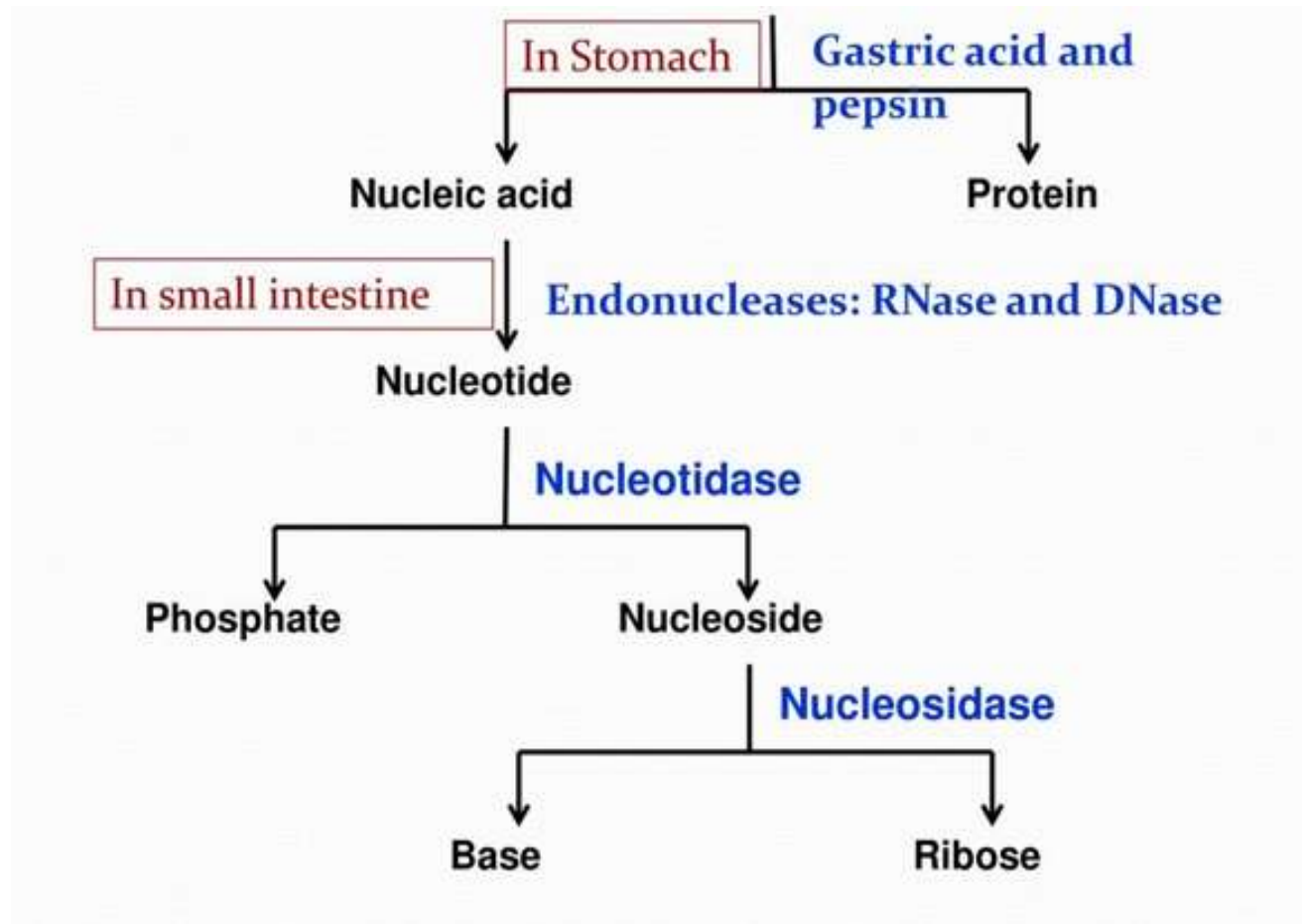
Digestion absorption des nucléotides

- Dans l'intestin, les acides nucléiques sont dégradés en nucléosides par **les nucléases pancréatiques** et les nucléotides sont dégradés **en nucléosides** et en **acides phosphorique** par des enzymes qui semblent localisées sur les faces luminales des cellules muqueuses.
- Les nucléosides sont ensuite dégradés en leurs éléments constitutants, sucres, bases puriques et pyrimidiques.
- Les bases sont absorbées par transport actif.

Digestion des nucléotides



Digestion absorption des nucléotides



conclusion

- ❑ **L'intestin permet d'absorber 90% des nutriments. Les glucides doivent être transformés en monosaccharides avant d'être absorbés, les protéines en acides aminés, dipeptides et tripeptides, et les lipides en leurs constituants de base.**
- ❑ **La partie non absorbée, résidus (fibres alimentaires, fraction non digérées des protéines) est véhiculée vers le gros intestin par des mouvements de propulsion.**