



Physiologie de la digestion

2- Etapes de la digestion III et IV

Sommaire:

I - Phase buccale et œsophagienne

1. La mastication
2. La salivation
3. La déglutition

II - Phase gastrique

1. Anatomie, histologie
2. Motricité et digestion mécanique
3. Sécrétion gastrique et digestion chimique
4. Régulation de la sécrétion et motilité

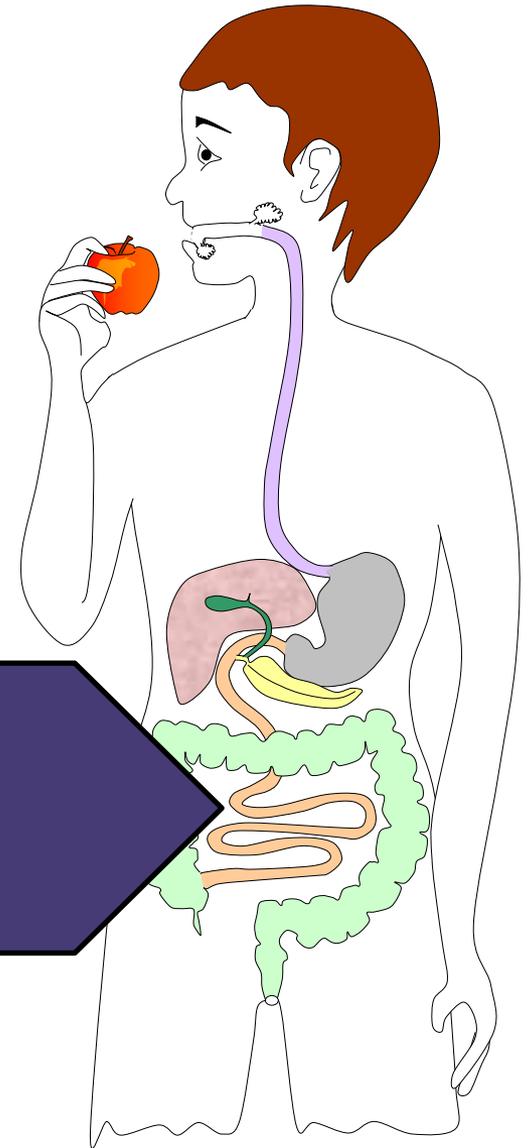
III - Phase intestinale

1. Anatomie, histologie
2. Motricité et digestion mécanique
3. Sécrétions intestinales et digestion chimique
4. Sécrétions pancréatiques et digestion chimique
5. Sécrétions biliaires et digestion chimique
6. Absorption intestinale

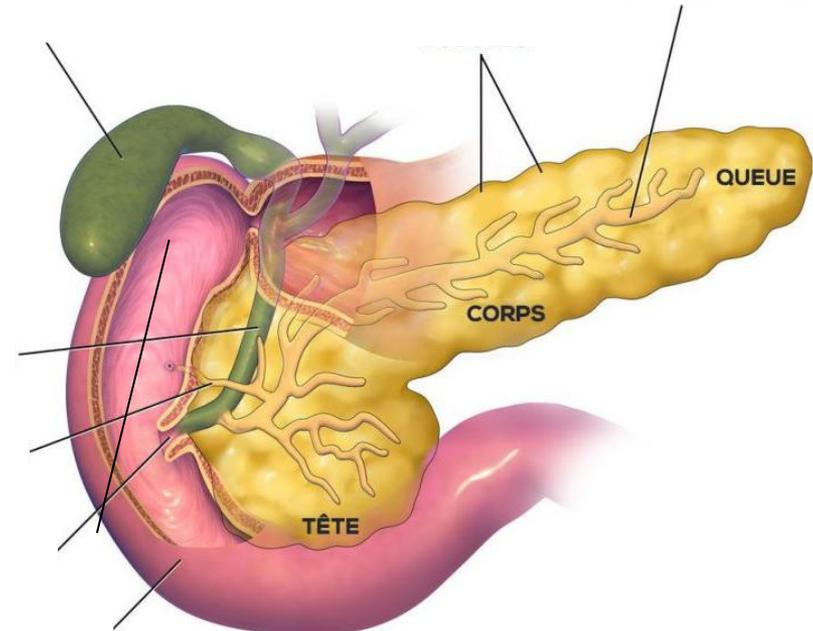
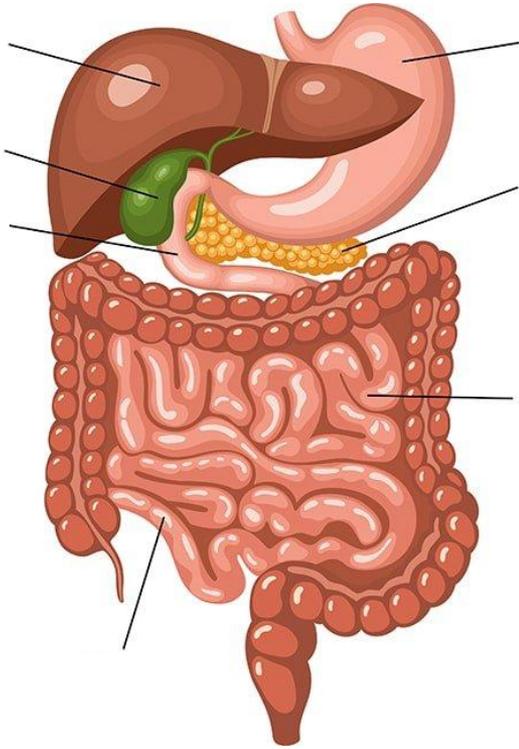
IV - Phase colique

1. Anatomie, histologie
2. Processus digestifs
3. Défécation

III - Phase intestinale

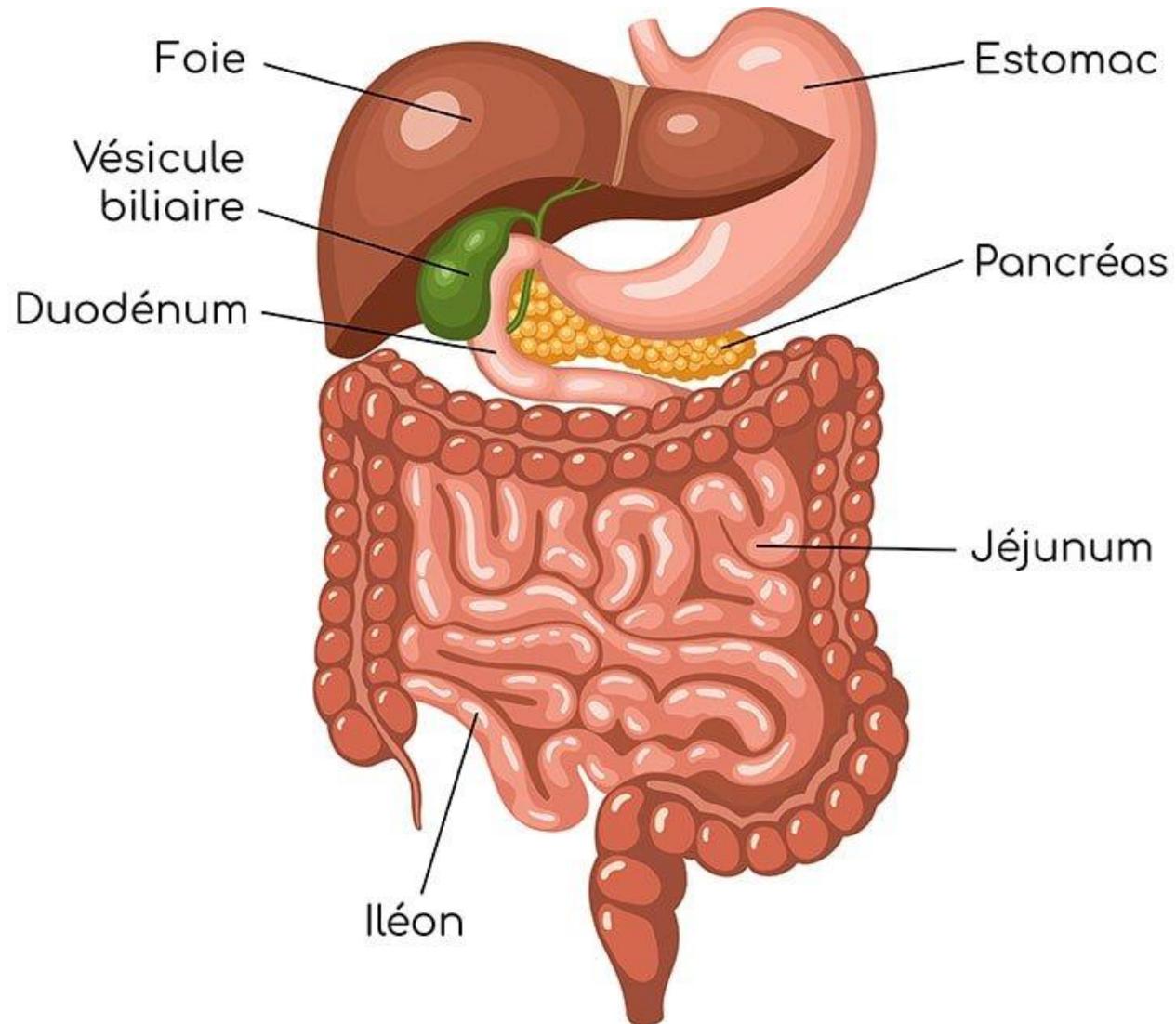


Anatomie de l'intestin grêle / pancréas / vésicule biliaire



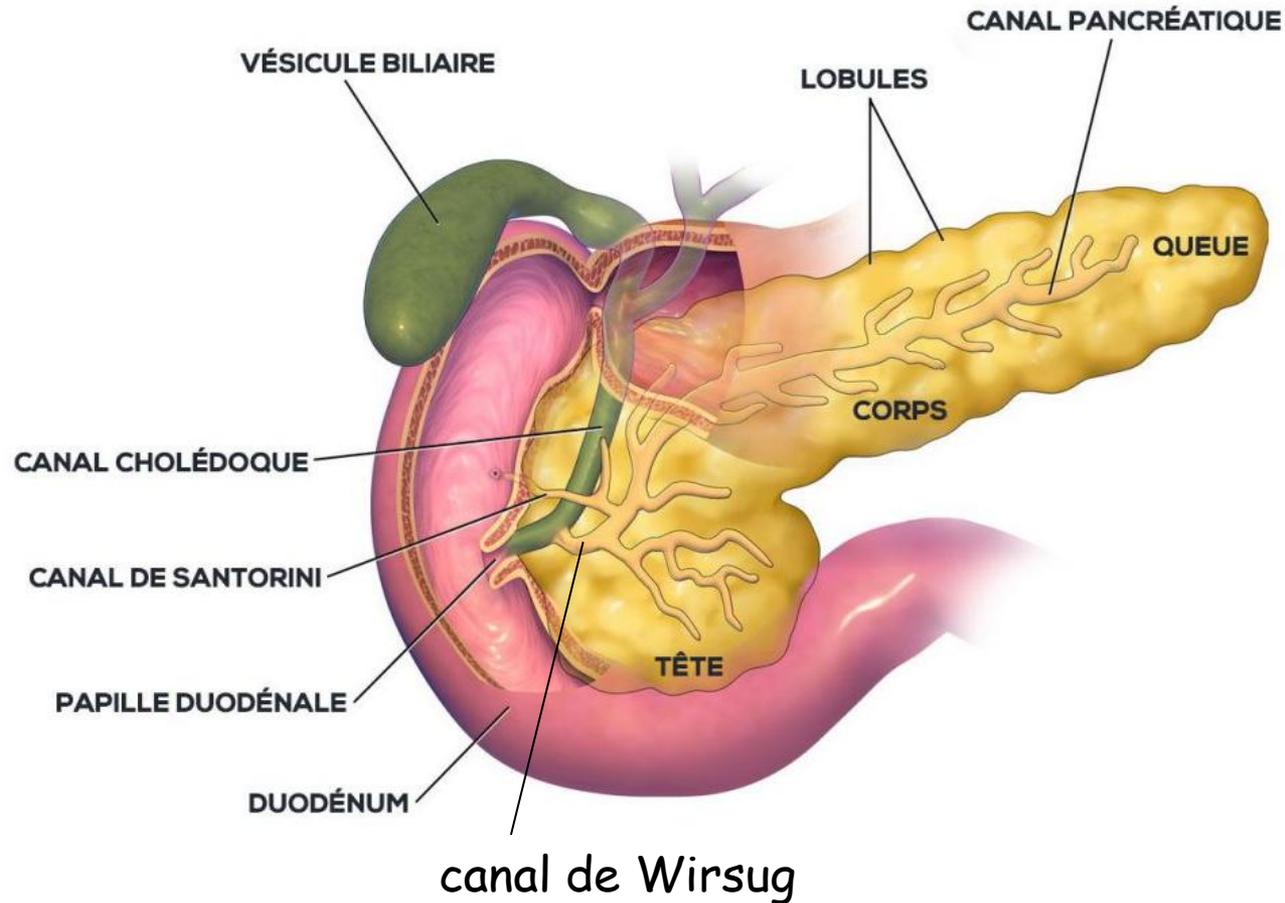
Anatomie de l'intestin grêle

- Longueur = 6m pour 2,5 cm de diamètre
- 3 segments: duodénum, jéjunum et iléon
- le duodénum reçoit les sécrétions pancréatiques (par le canal de Wirsug) et la bile du foie (canal cholédoque)



Anatomie de l'intestin grêle / pancréas / vésicule biliaire

- Longueur = 6m pour 2,5 cm de diamètre
- 3 segments: duodénum, jéjunum et iléon
- le duodénum reçoit les sécrétions pancréatiques (par le canal de Wirsug) et la bile du foie (canal cholédoque)

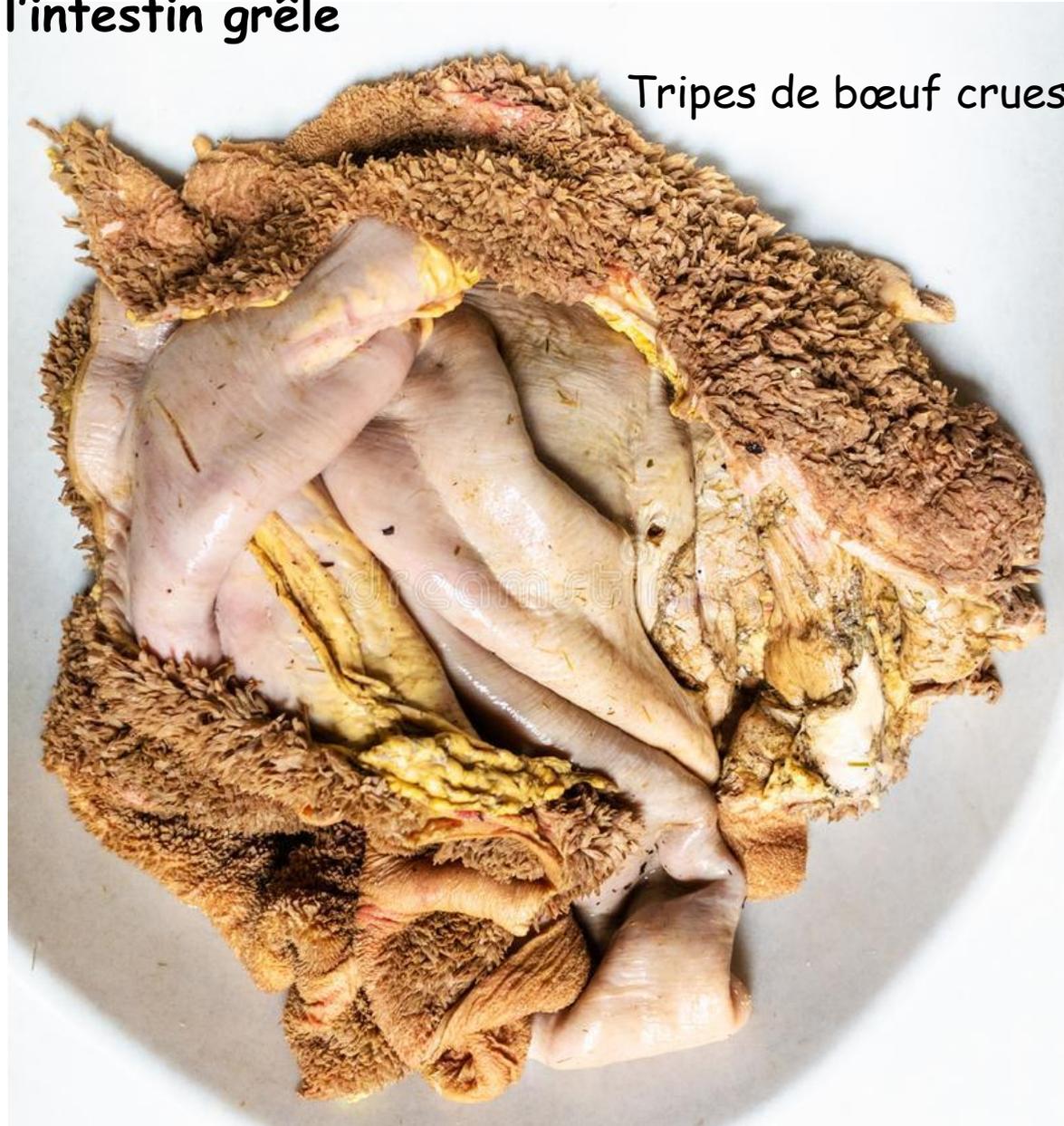


Histologie de l'intestin grêle



Tripes à la provençale

Histologie de l'intestin grêle



Histologie de l'intestin grêle

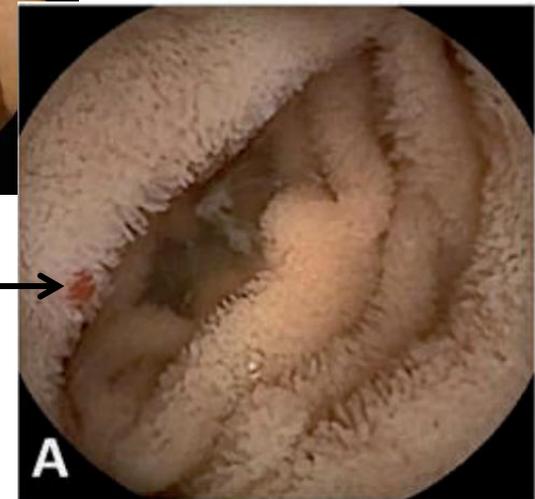
Examen endoscopique par vidéo capsule

La vidéocapsule contient une caméra, une source de lumière, une antenne pour la transmission des données et une batterie. Elle transmet deux images /sec du tractus digestif, durant huit à onze heures selon les modèles.

Les images sont enregistrées dans un boîtier porté par le patient à la ceinture.

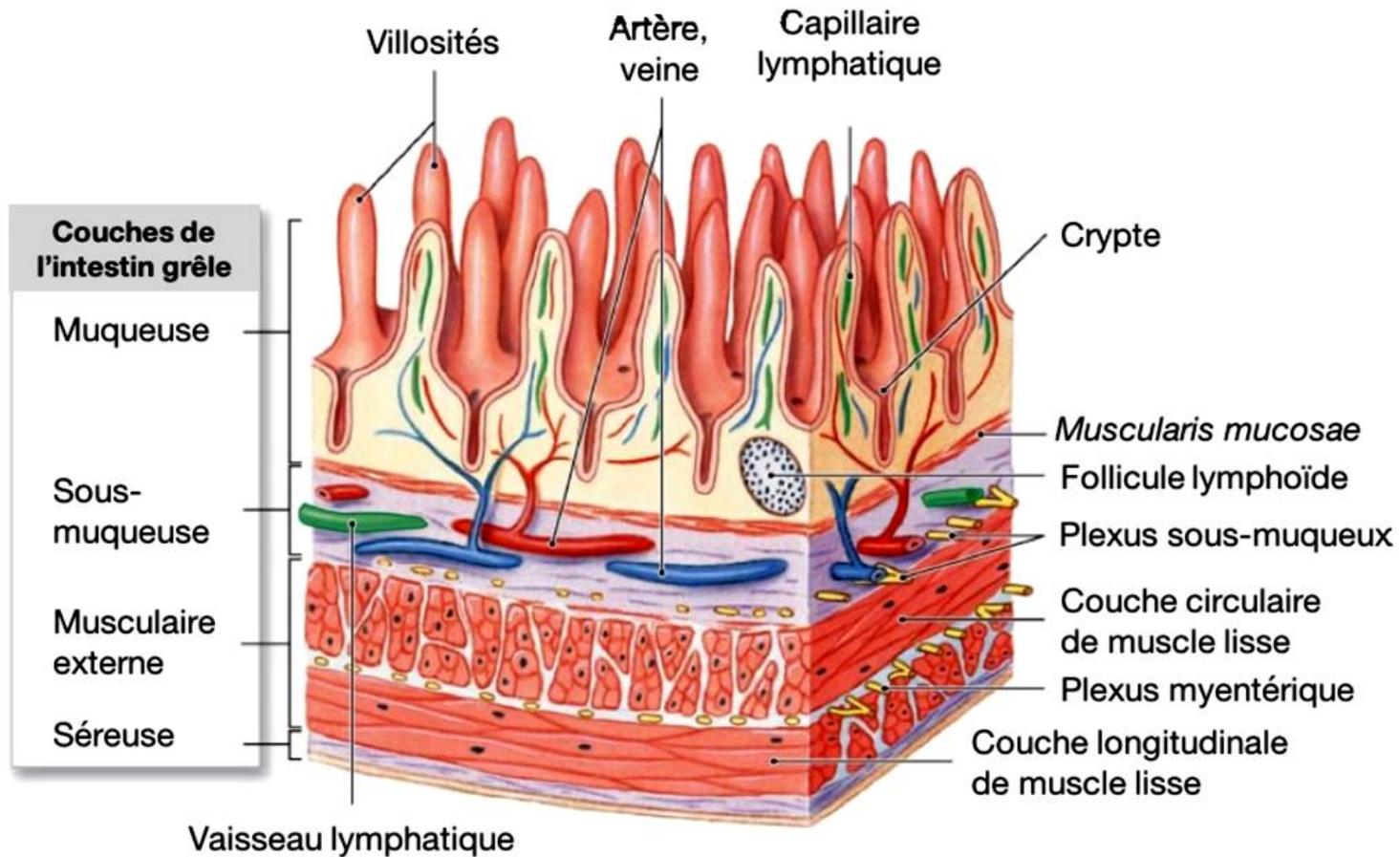


Lésion vasculaire
avec saignement



Histologie de l'intestin grêle

- Muqueuse et sous muqueuses permettent de terminer le processus de digestion et l'absorption des nutriments (90% de l'absorption se fait au niveau du duodénum)

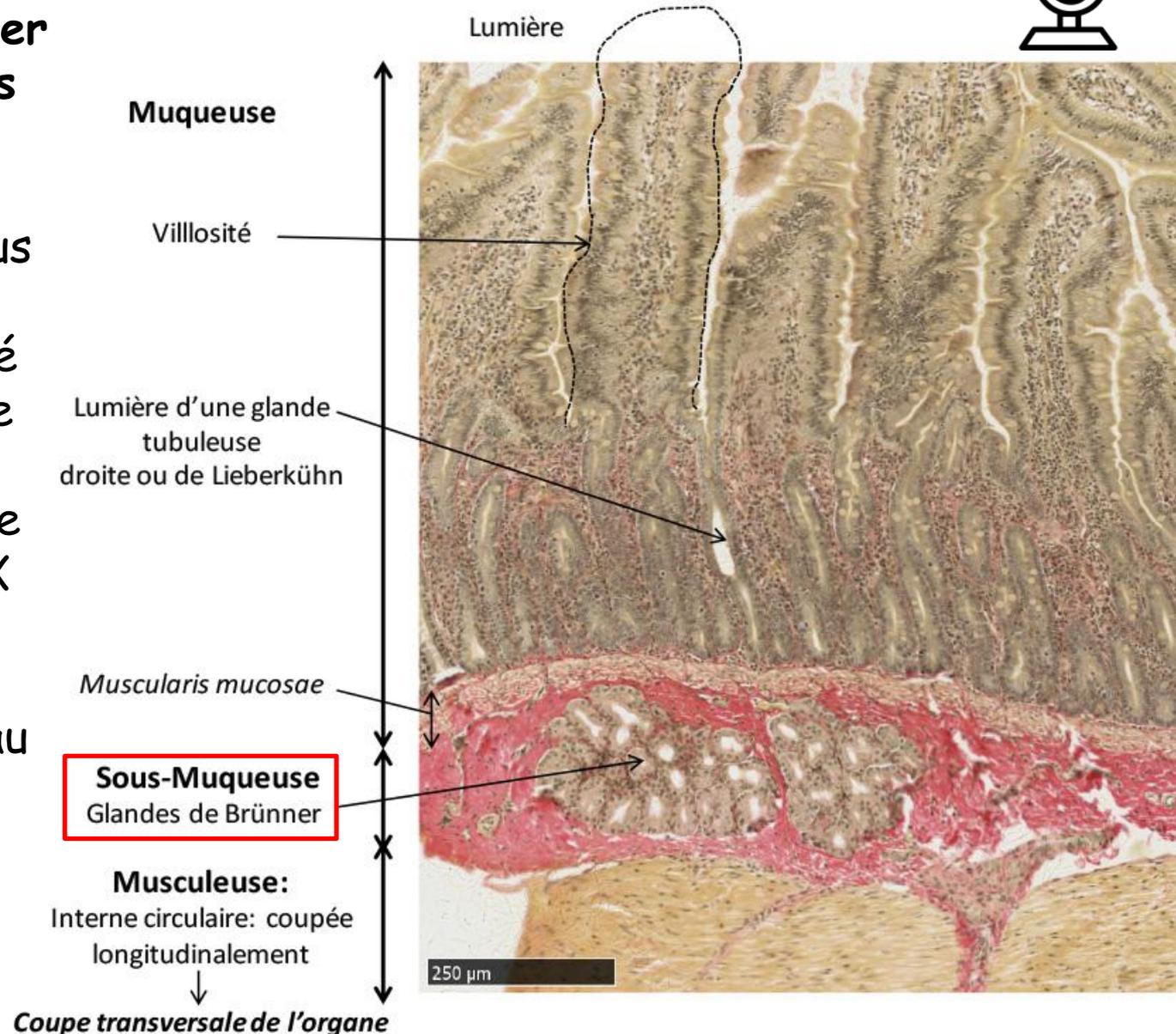




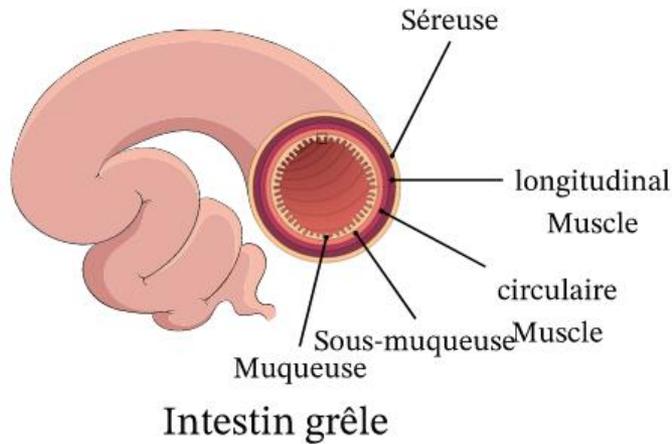
Histologie de l'intestin grêle

- **Glandes de Brunner** au niveau de la **sous muqueuse**:
- **Sécrètent** le mucus permettant de neutraliser l'acidité du chyme gastrique
- **Sécrétion stimulée** par le nerf vague X HCl
- **Pas de sécrétion** au repos

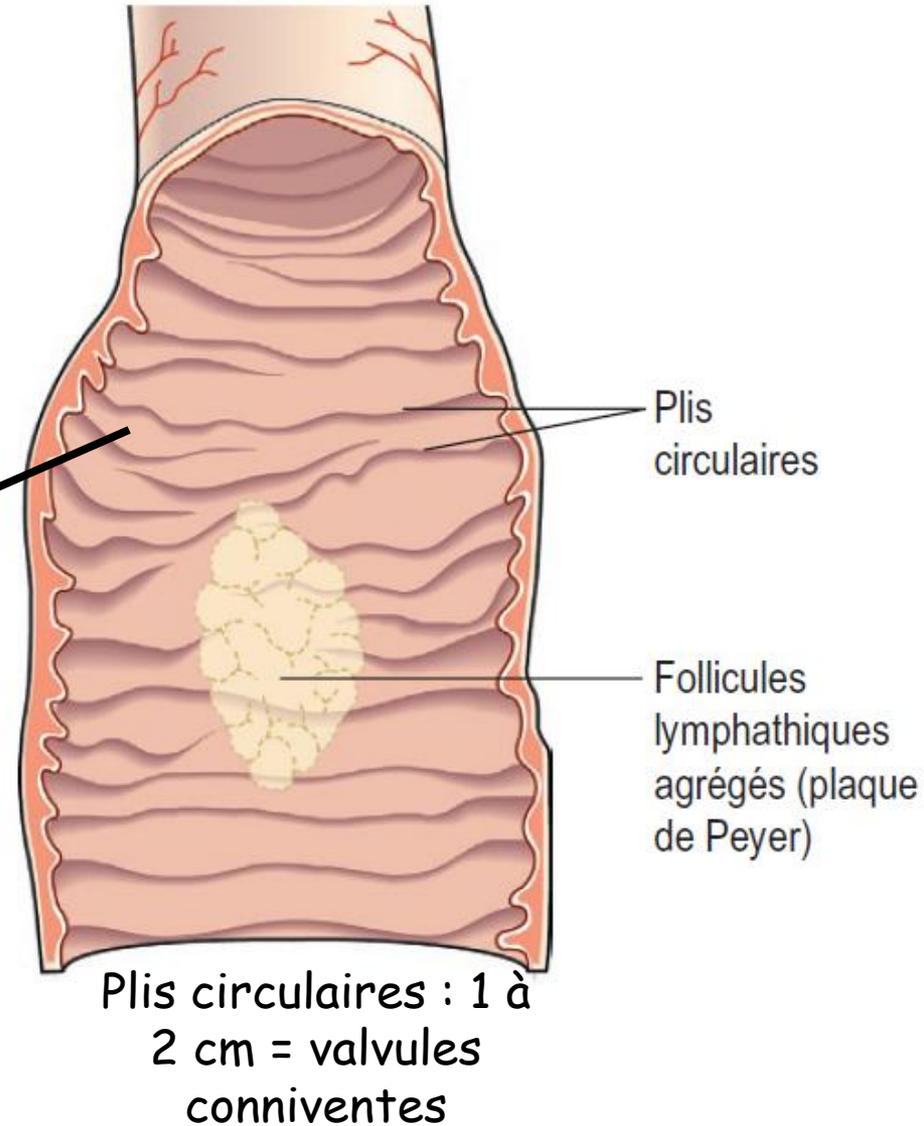
Coupe transversale de duodénum de chat



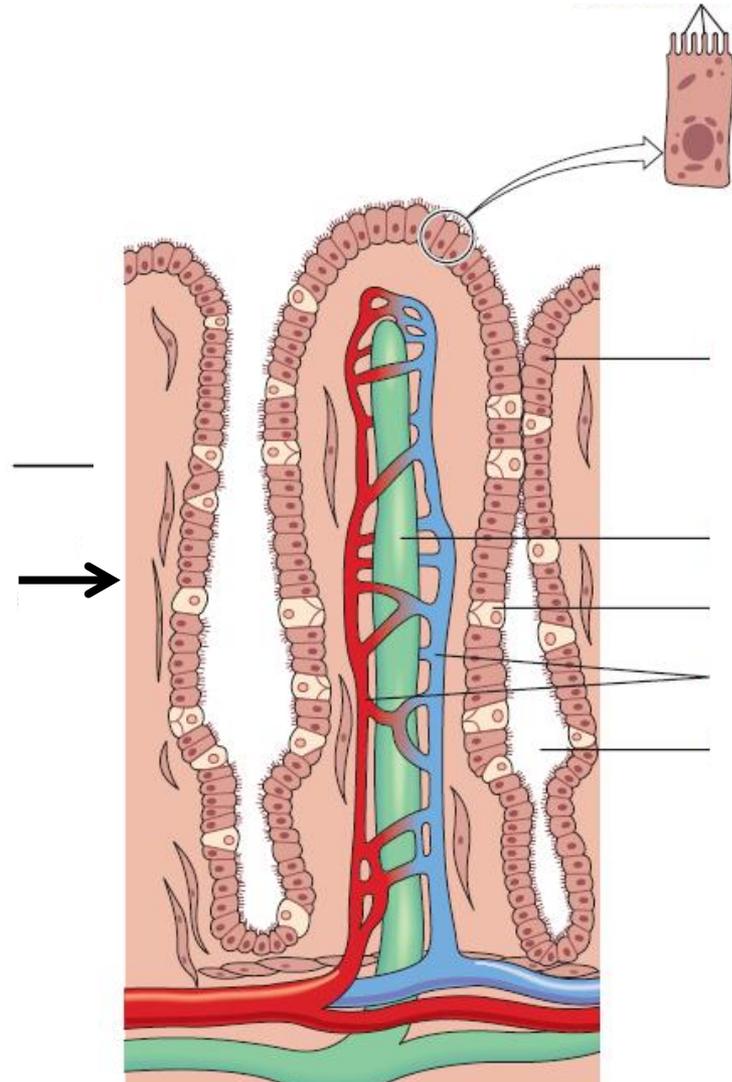
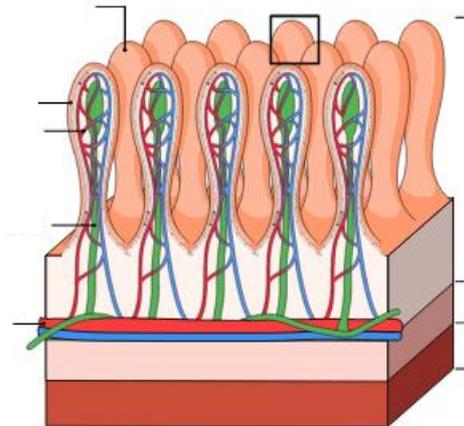
Histologie de l'intestin grêle



Villosités vues au MEB

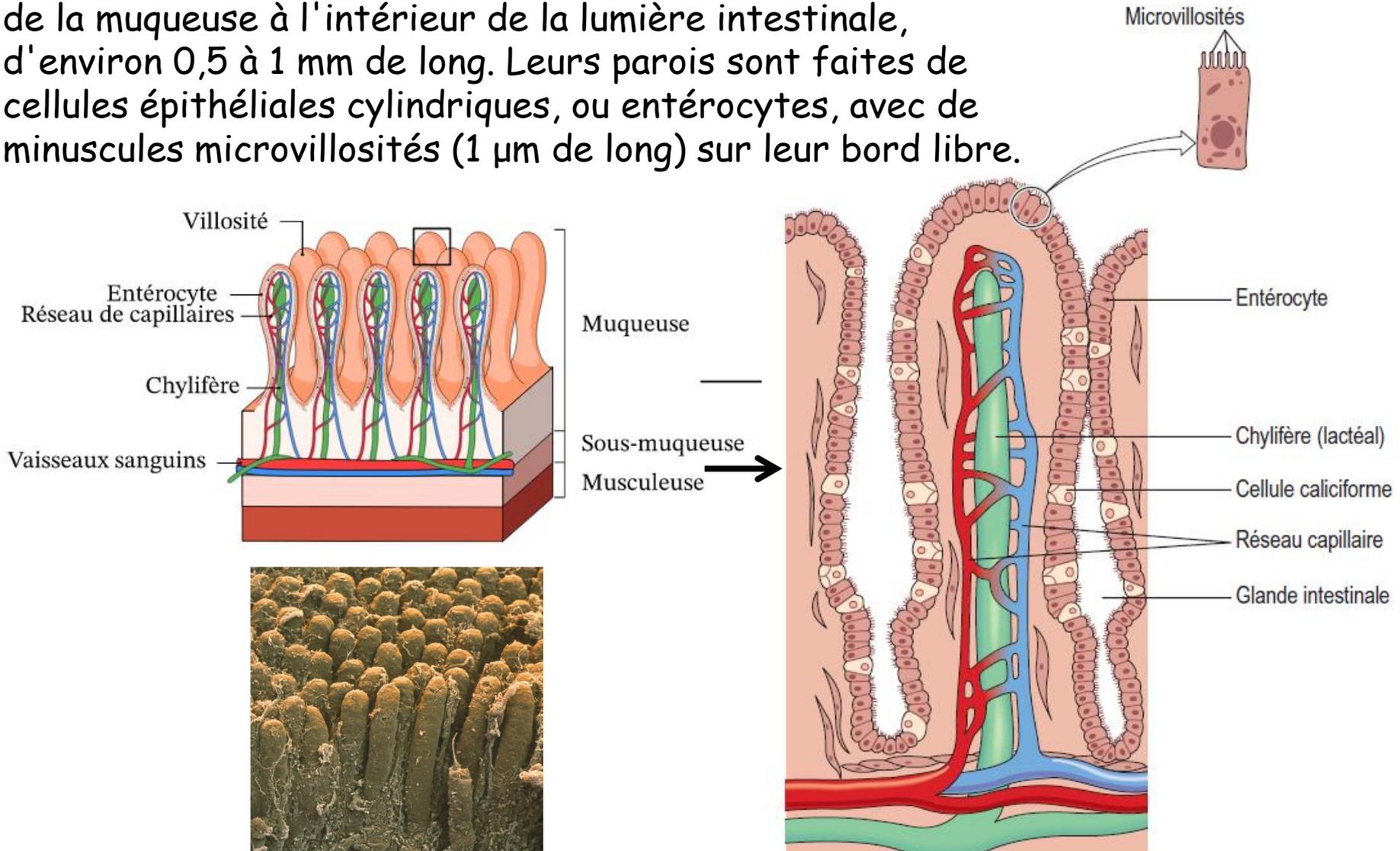


Histologie de l'intestin grêle



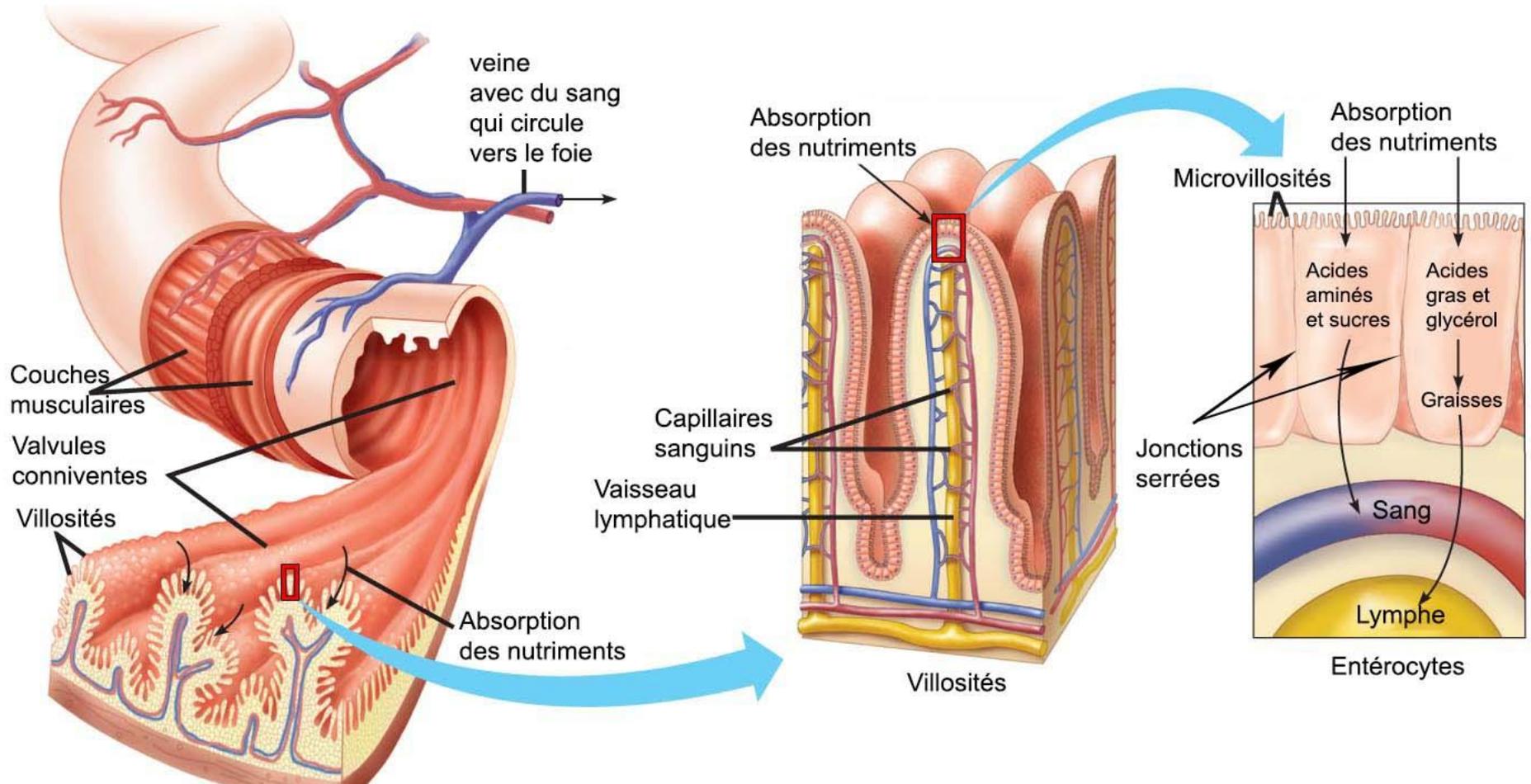
Histologie de l'intestin grêle

Les **villosités** sont de petites projections en forme de doigt de la muqueuse à l'intérieur de la lumière intestinale, d'environ 0,5 à 1 mm de long. Leurs parois sont faites de cellules épithéliales cylindriques, ou entérocytes, avec de minuscules microvillosités (1 μm de long) sur leur bord libre.



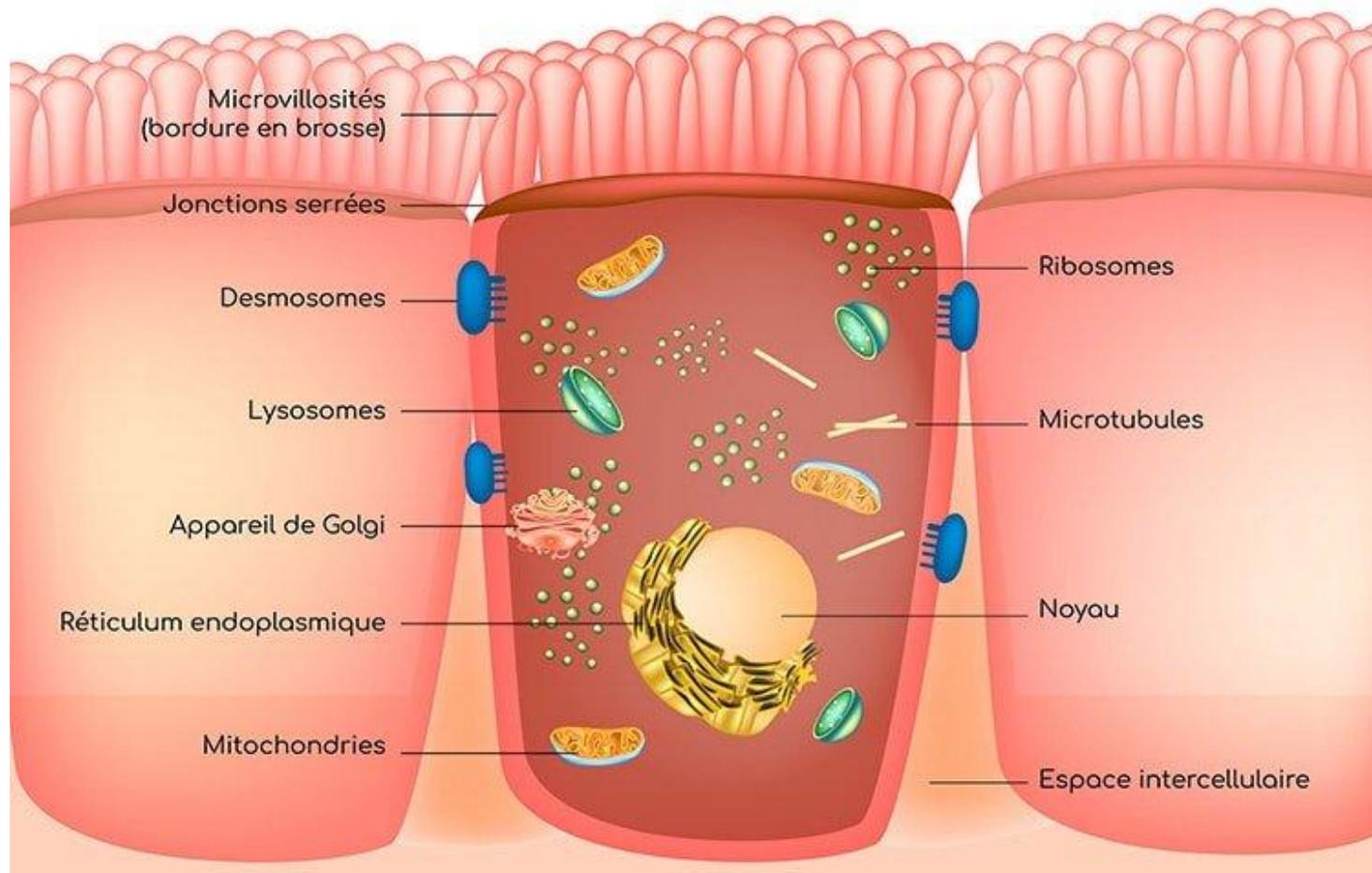
Histologie de l'intestin grêle

La surface de la muqueuse de l'intestin grêle est grandement accrue par la présence de replis circulaires permanents, les villosités et les microvillosités (200 m², surface d'un terrain de tennis)



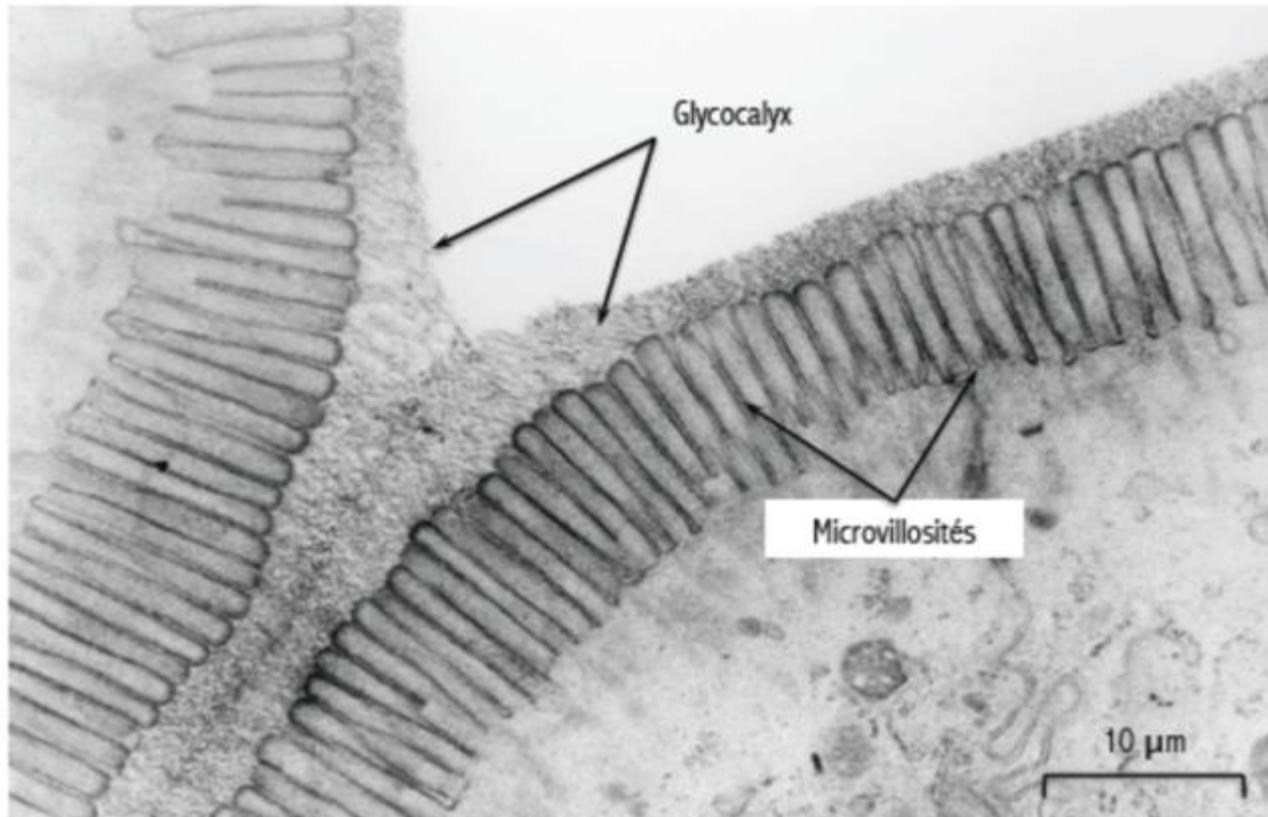
Histologie de l'intestin grêle

- Cellules intestinales (= **entérocytes**) avec microvillosités (bordure en brosse).
Chaque cellule épithéliale de l'intestin porte jusqu'à 3 000 ou 6 000 microvillosités



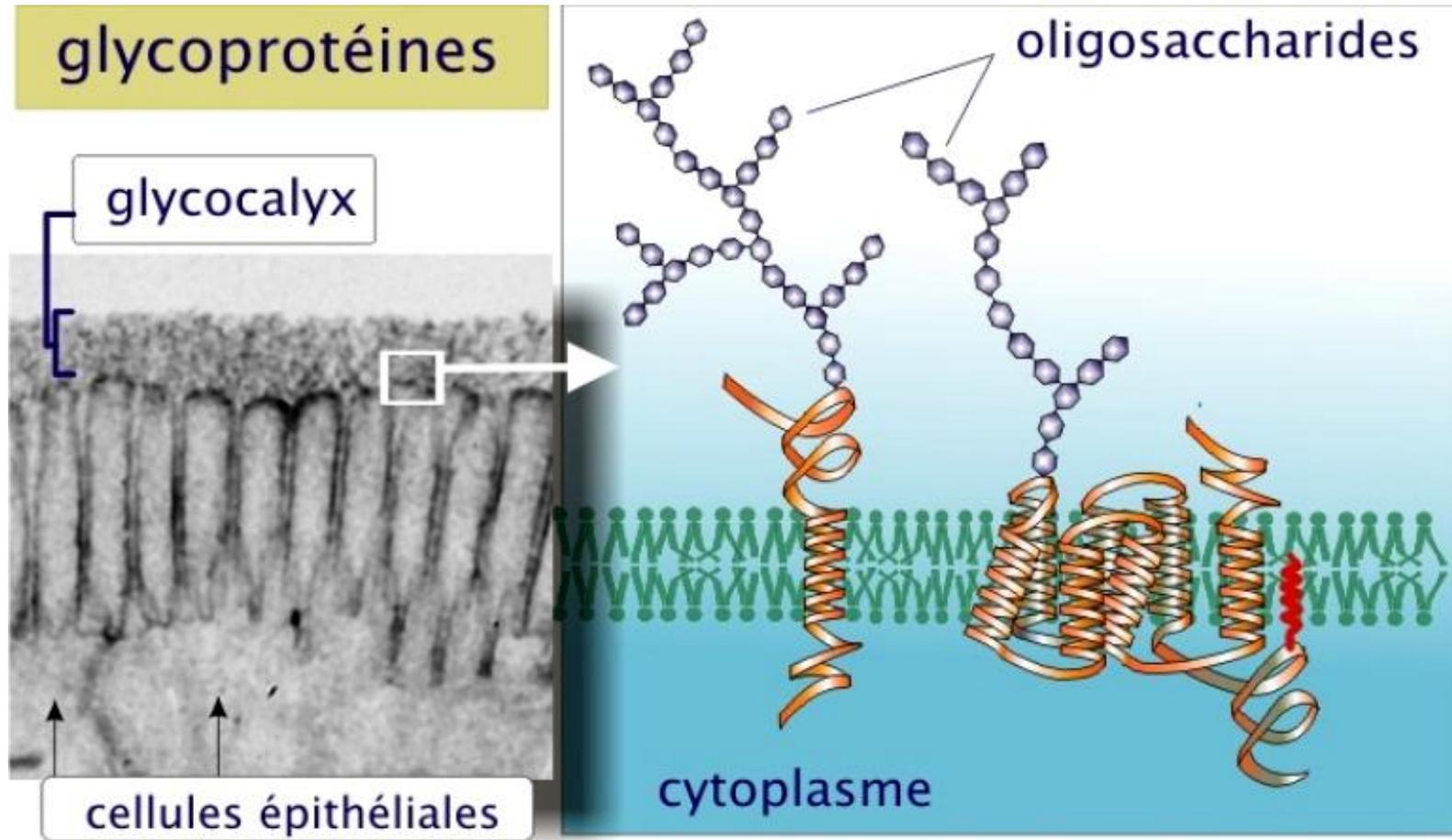
Histologie de l'intestin grêle

- Les microvillosités sont recouvertes d'un gel muqueux alcalin (= glycocalyx). C'est une couche de glycoprotéines et de glycolipides → Rôle de filtre du contenu intestinal et permet l'ancrage des enzymes digestives



Histologie de l'intestin grêle

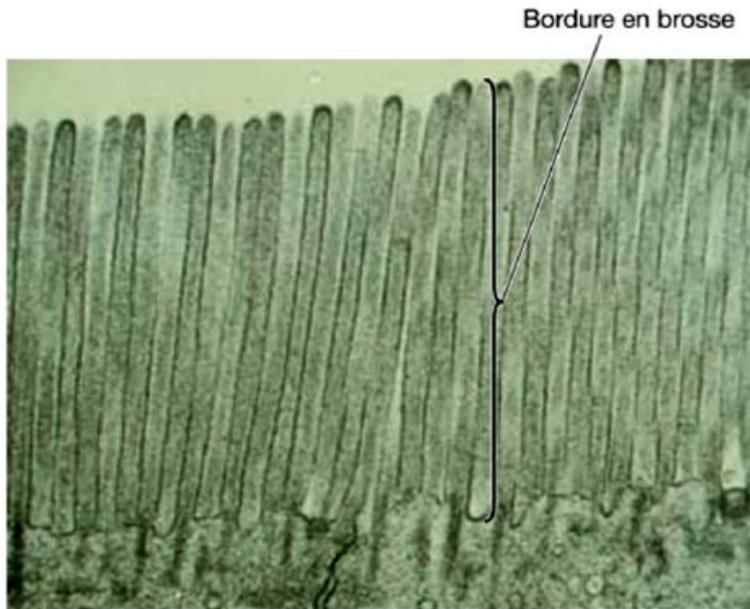
- Les microvillosités sont recouvertes d'un gel muqueux alcalin (= glycocalyx). C'est une couche de glycoprotéines et de glycolipides → Rôle de filtre du contenu intestinal et permet l'ancrage des enzymes digestives



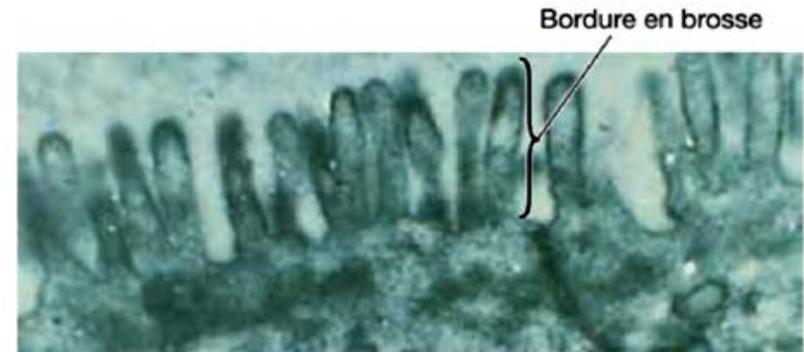
Maladie cœliaque (intolérance au gluten)



- C'est la cause la plus fréquente de malabsorption intestinale (défaut d'absorption)
- Intestin anormalement sensible à une protéine du blé (gluten)
- Le gluten active des lymphocytes T qui endommagent les villosités intestinales → Muqueuse aplatie, microvillosités raccourcies → réduit l'absorption
- Traitement: arrêter la consommation de gluten



(a) Normal



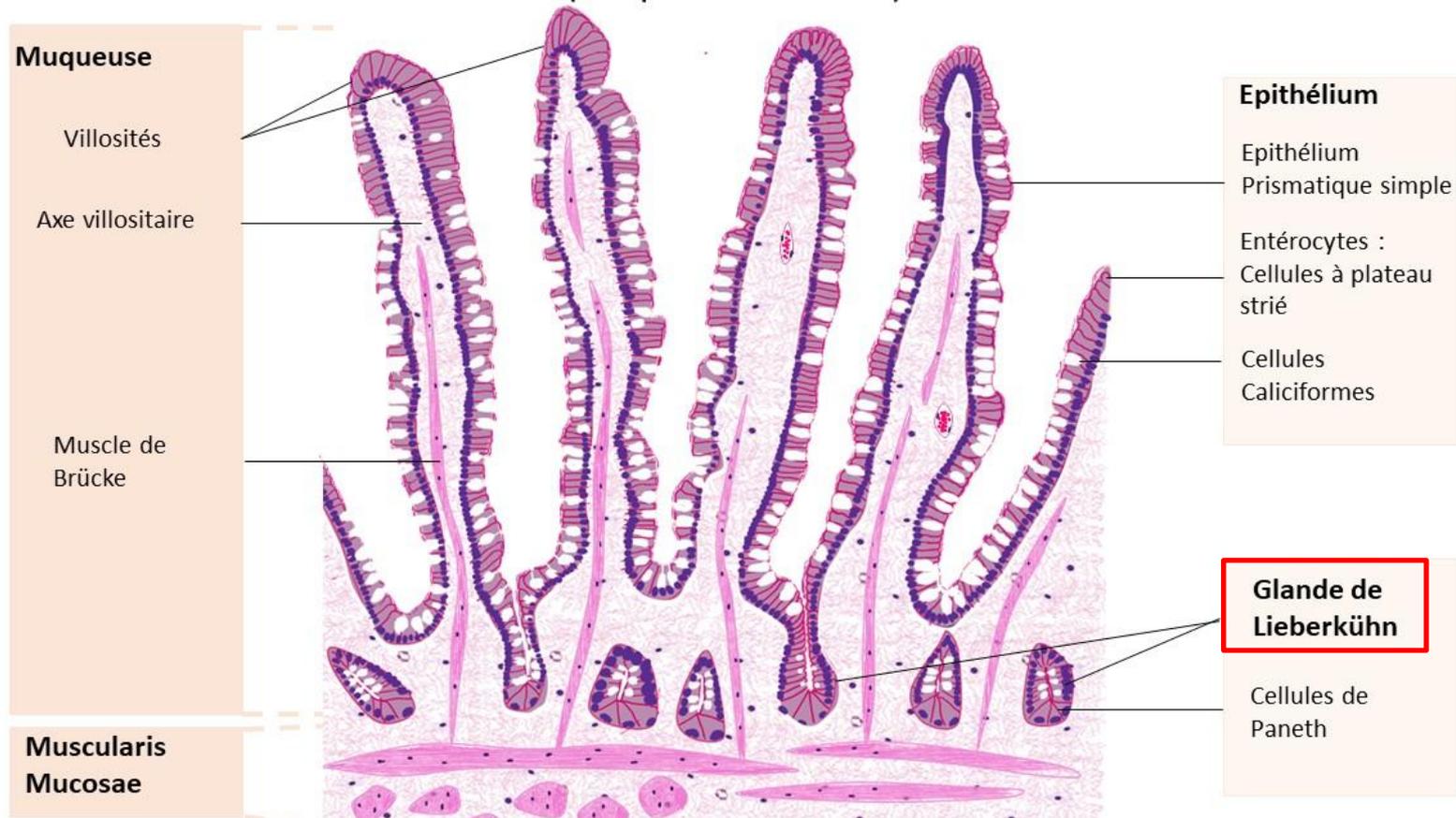
(b) Intolérance au gluten

- Bordure en brosse (microvillosités observée au MET)
- a : Témoin ; b : Intolérance au gluten

Histologie de l'intestin grêle

- Glandes intestinales ou de Lieberkühn au niveau de la muqueuse
- Au niveau des cryptes, entre les villosités

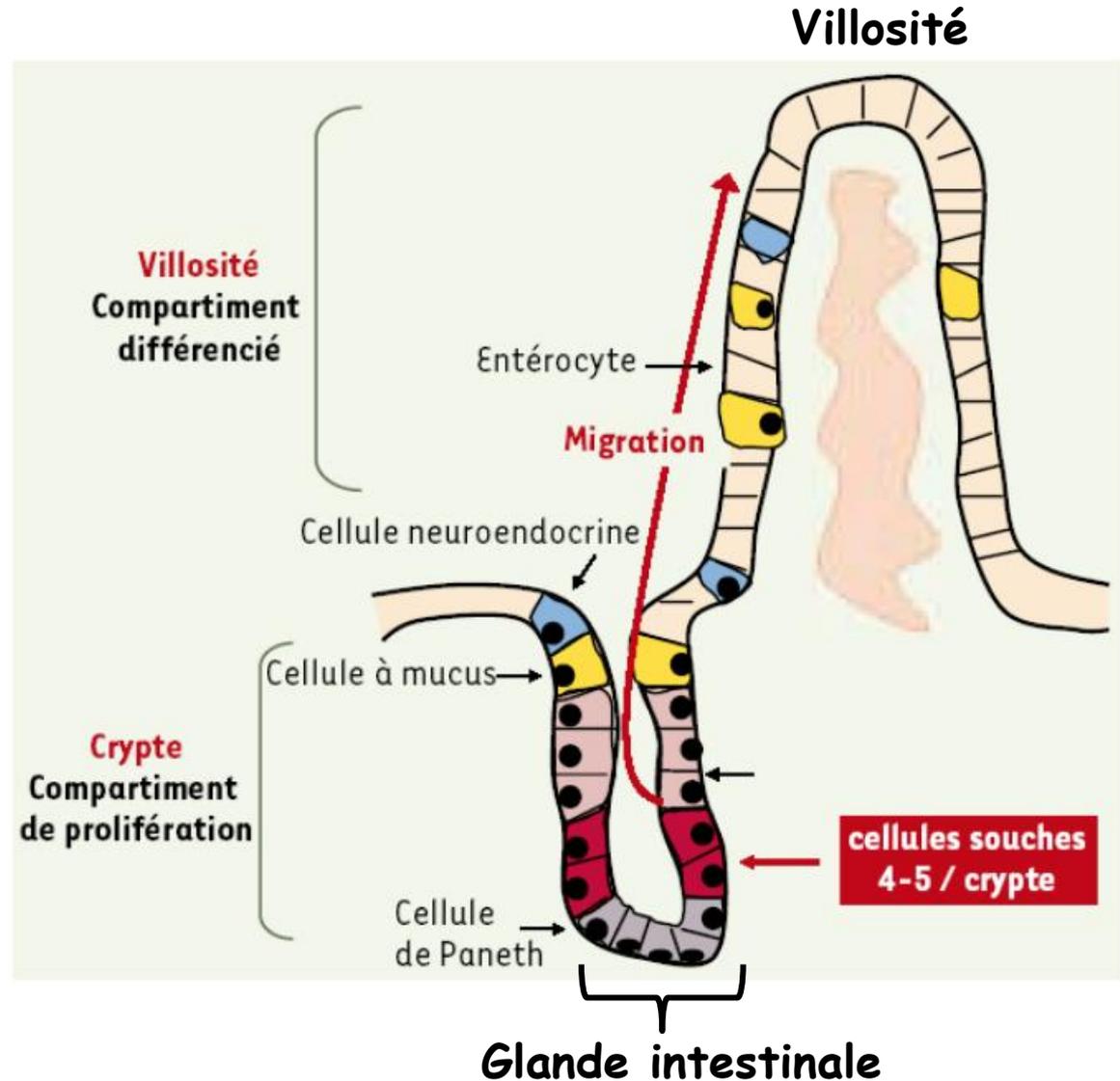
Jéjunum-Illéon Humain (coupe transversale)



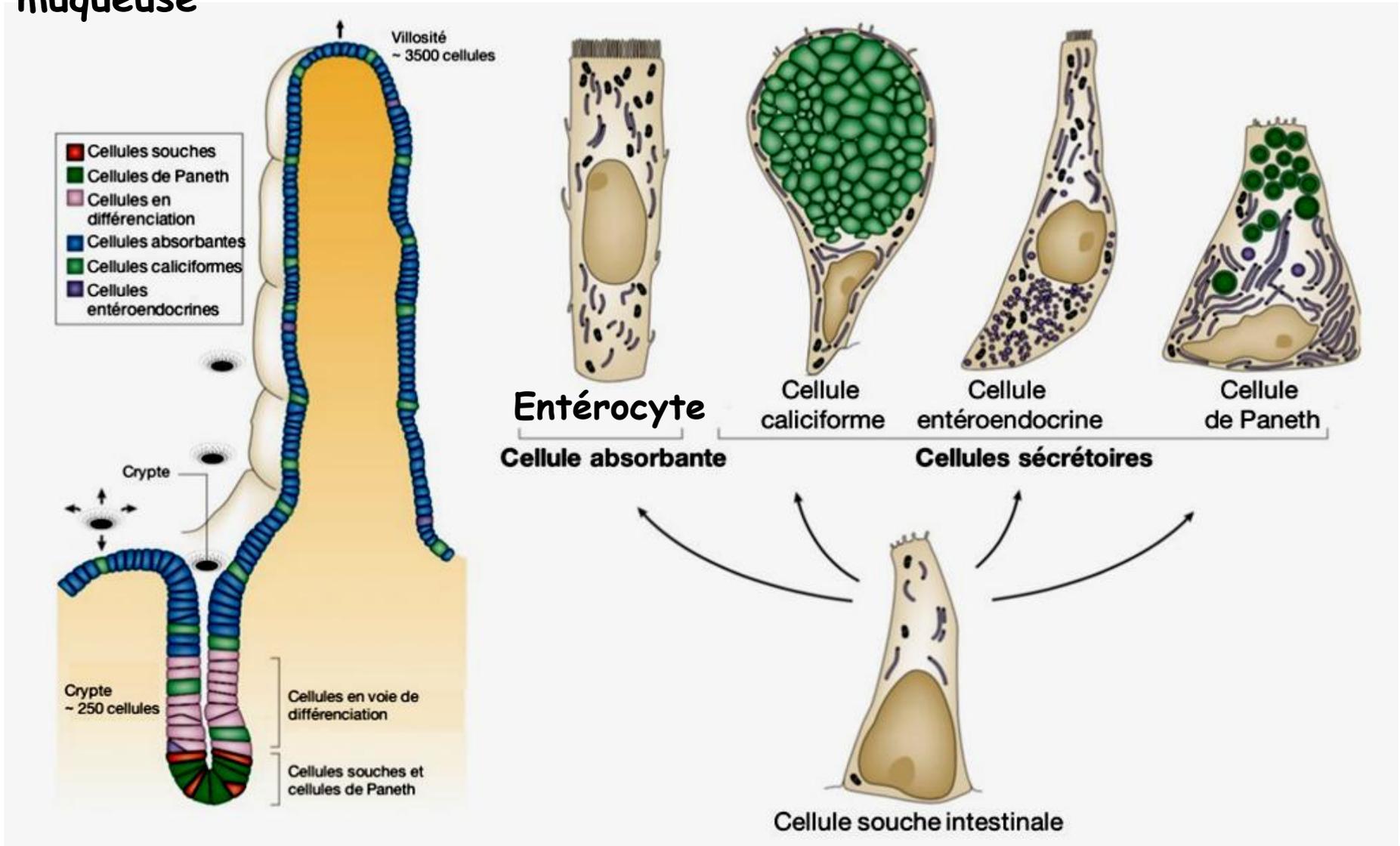
Histologie de l'intestin grêle - Les 4 types de cellules de la muqueuse

- Entérocytes
- Cellules caliciformes
- Cellules de Paneth
- Cellules entéro-endocrines

Les cellules épithéliales des glandes migrent vers le haut pour former les villosités, remplaçant celles du sommet des villosités ayant desquamé. L'épithélium est entièrement remplacé tous les 3 à 5 jours.

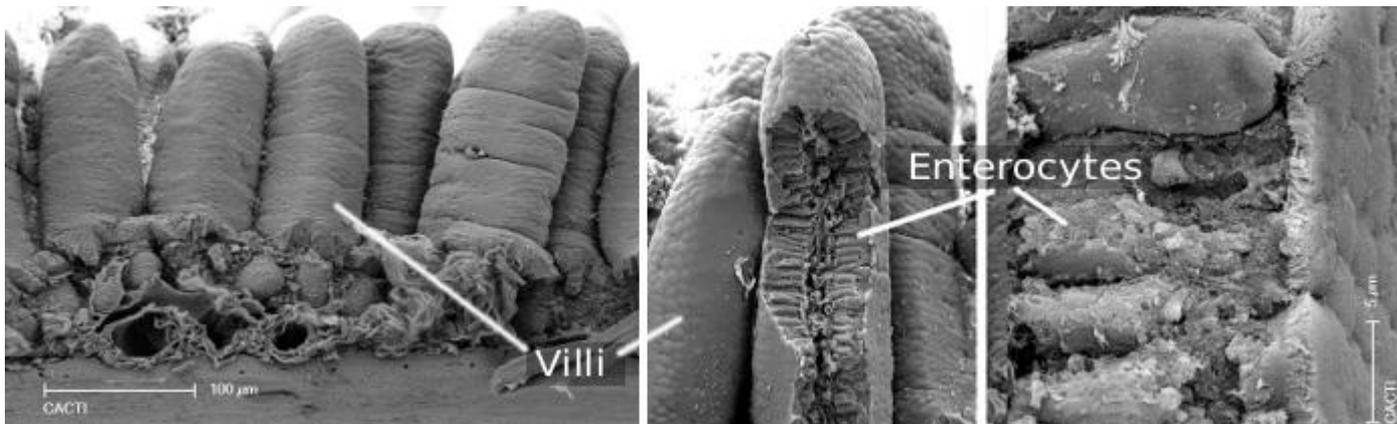


Histologie de l'intestin grêle - Les 4 types de cellules de la muqueuse



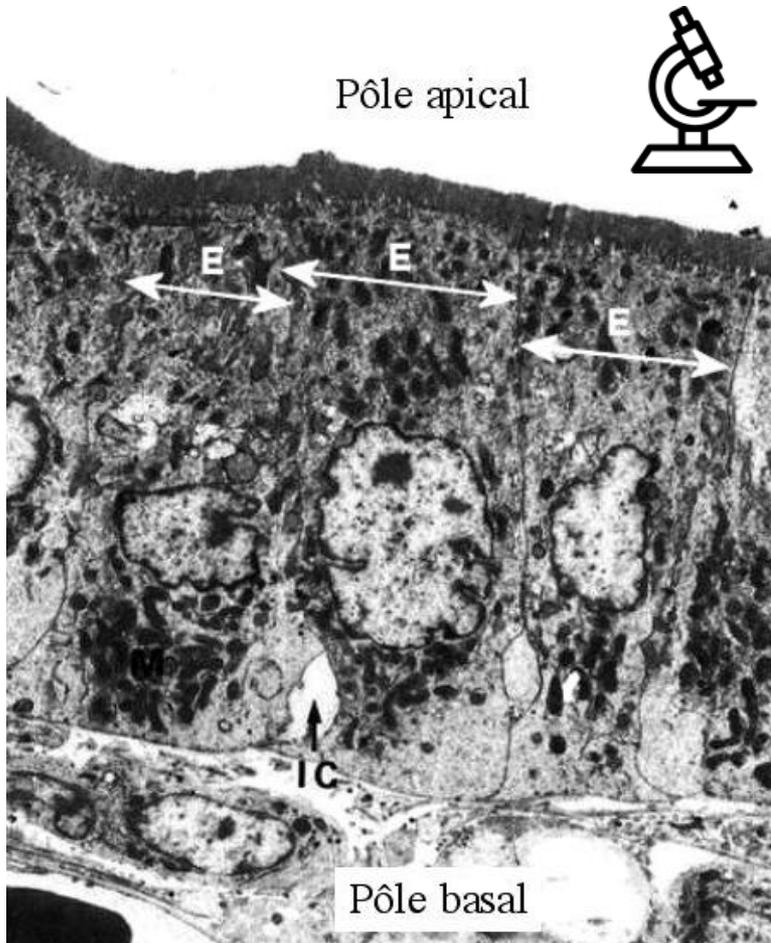
Histologie de l'intestin grêle - Les 4 types de cellules de la muqueuse

- Entérocytes



Histologie de l'intestin grêle - Les 4 types de cellules de la muqueuse

• Entérocytes

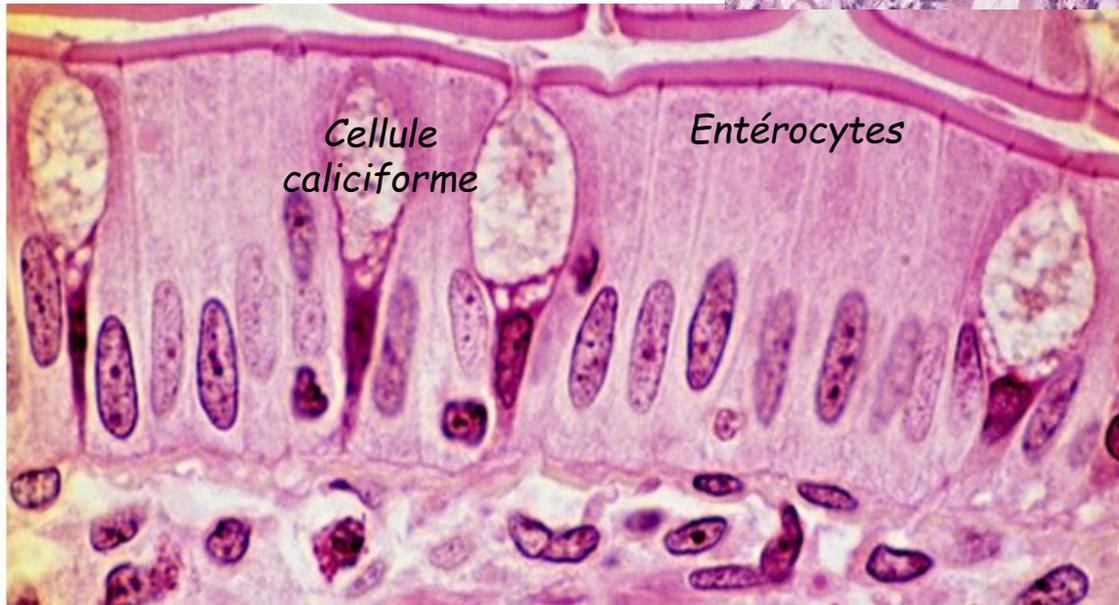
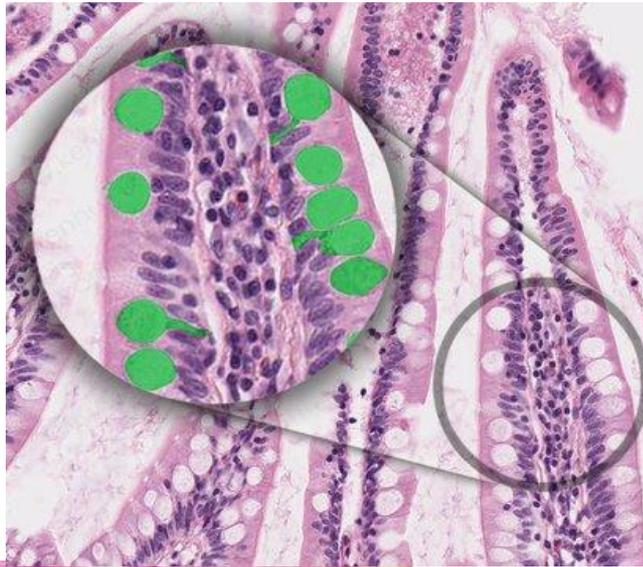
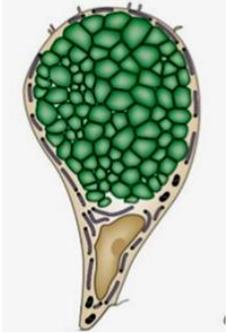


- Cellules absorbantes situées au niveau des villosités
- Au contact du chyme
- Forme cylindrique
- Microvillosités au pôle apical
- Cellules liées notamment par jonctions serrées (+ autres jonctions)



Histologie de l'intestin grêle - Les 4 types de cellules de la muqueuse

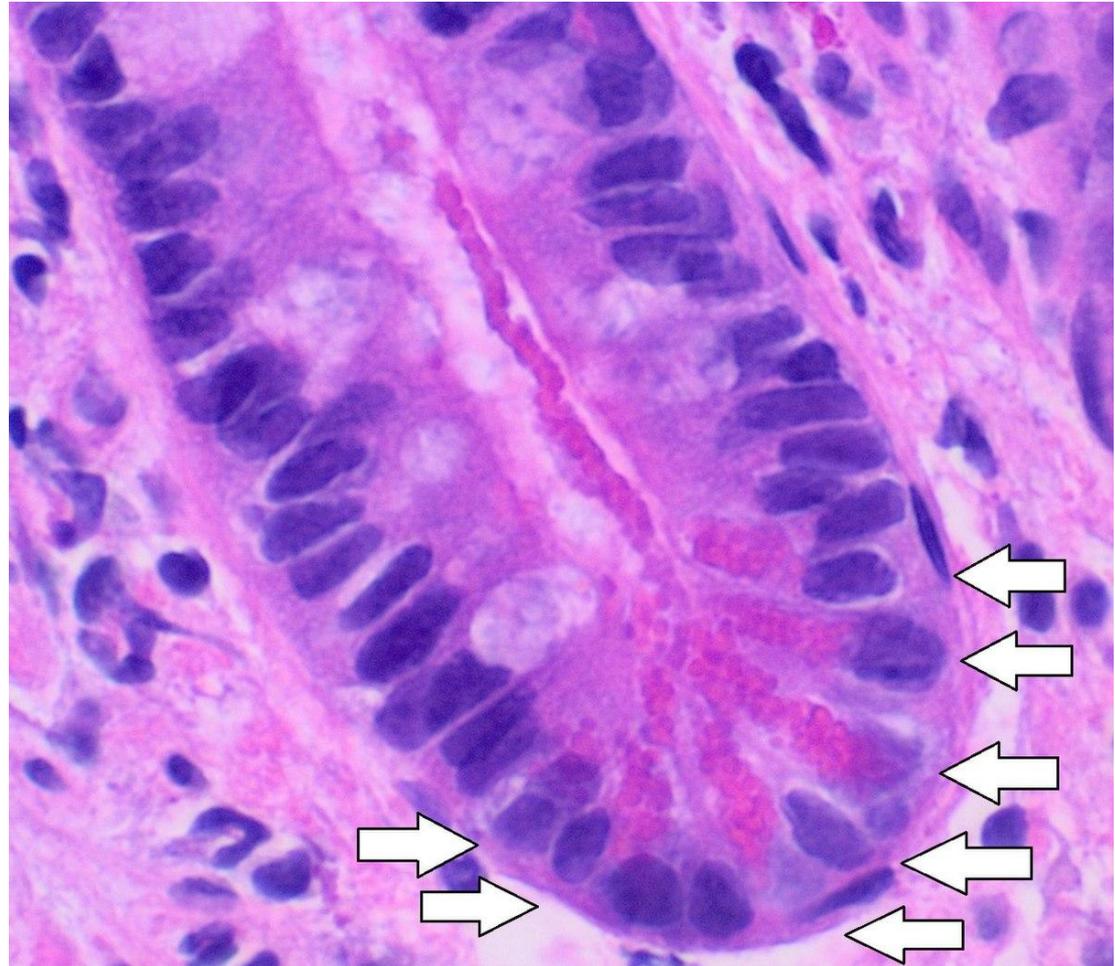
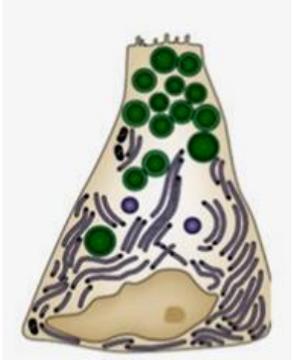
- Cellules caliciformes



- Cellules situées au niveau des villosités et des cryptes
- Sécrètent le mucus favorisant le glissement du bol alimentaire

Histologie de l'intestin grêle - Les 4 types de cellules de la muqueuse

- Cellules de Paneth



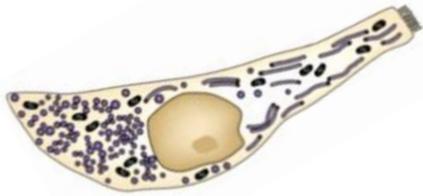
- Cellules situées au fond des cryptes

- Forme pyramidale

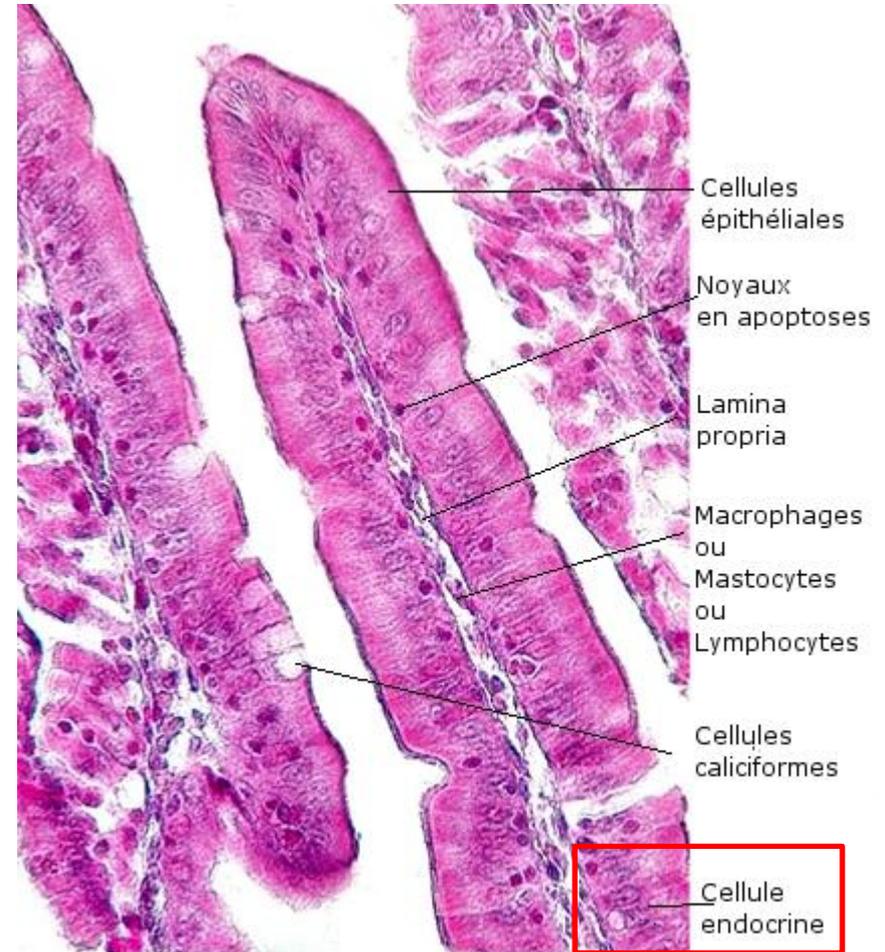
- Sécrètent le lysozyme (peptides anti-microbiens)
→ Rôle protecteur vis-à-vis des pathogènes
→ Intervient dans l'équilibre du microbiote

Histologie de l'intestin grêle - Les 4 types de cellules de la muqueuse

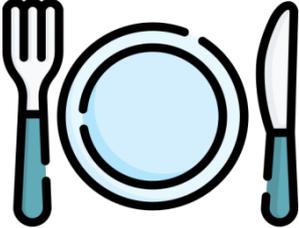
- Cellules entéro-endocrines (= entéro-chromaffines)



- Cellules situées au niveau des cryptes
- Sécrètent des hormones (peptide inhibiteur gastrique, cholécystokinine, gastrine, somatostatine)
- Les cellules entéro-endocrines de l'intestin sont les cellules endocrines les plus nombreuses du corps



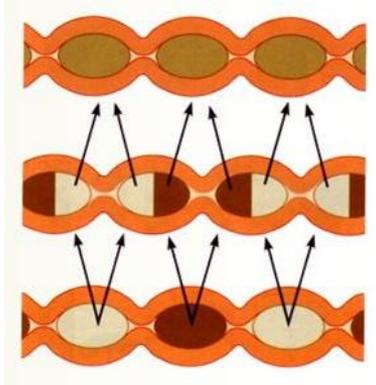
La motricité intestinale: deux périodes

Interdigestive (ou inter-prendiale)	Digestive
 <ul style="list-style-type: none">• Contraction régulière lente qui se propage du duodénum jusqu'à la fin de l'iléon (100 min pour ce trajet): on parle de complexe moteur migrant (CMM).• Ces contractions périodiques démarrent du duodénum toutes les 90 min et progressent vers l'iléon terminal.• Permet de vider l'intestin grêle des résidus alimentaires et d'éviter sa colonisation par des bactéries coliques.	 <ul style="list-style-type: none">• Dès un nouveau repas (période digestive), le CMM laisse place à une activité contractile continue qui va permettre le brassage des aliments et la propulsion du contenu intestinal

La motricité intestinale: segmentation et péristaltisme

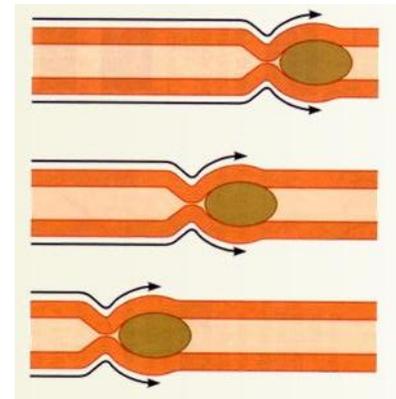
Les mouvements de l'intestin sont de 2 types:

Segmentation (.....)



-
-
- Assure le mélange du et du suc (brassage) et met les aliments au contact de la pour qu'ils soient
-

Péristaltisme (.....)

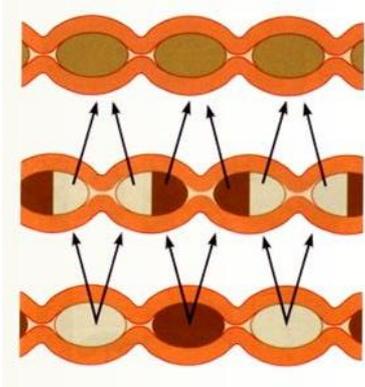


- Mouvement qui fait les aliments dans le tube digestif: il propulse le vers l'avant
- Les péristaltiques du grêle sont très faibles comparées a celles de l'œsophage ou de l'estomac
-

La motricité intestinale: segmentation et péristaltisme

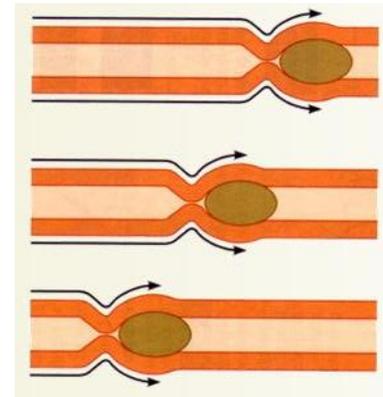
Les mouvements de l'intestin sont de 2 types:

Segmentation (brassage)



- Le plus important des mouvements
- Contractions localisées dans les régions qui contiennent le chyme
- Assure le mélange du chyme et du suc intestinal (brassage) et met les aliments au contact de la muqueuse pour qu'ils soient absorbés
- Ne fait pas avancer les aliments

Péristaltisme (propulsion)



- Mouvement qui fait avancer les aliments dans le tube digestif: il propulse le chyme vers l'avant
- Les contractions péristaltiques du grêle sont très faibles comparées à celles de l'œsophage ou de l'estomac
- Le chyme reste entre 3 et 5 h dans le grêle.

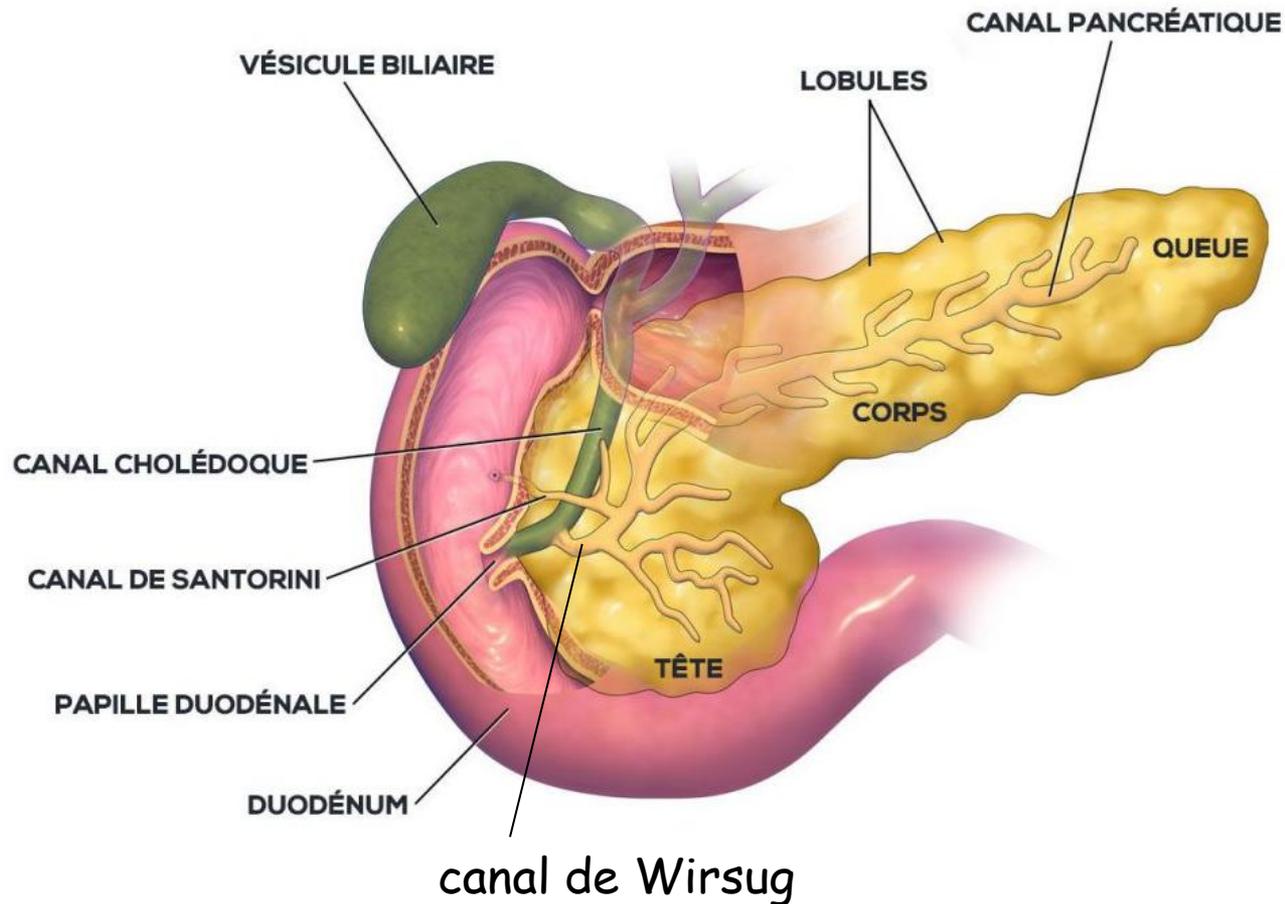
La motricité intestinale: Contrôle de la motricité

La motricité est contrôlée par:

- **Activité myogène spontanée** (ondes lentes qui prennent naissance au niveau des cellules pacemaker des cellules musculaires lisses longitudinales. Ces ondes diminuent en fréquence du duodénum à l'iléon → favorise l'avancée des aliments)
- **Stimulation par le système nerveux central:**
 - Les influx parasympathiques augmentent la motilité
 - Les influx orthosympathiques diminuent la motilité
- **Contrôle hormonal:**
 - La motiline produite par les cellules endocrines intestinales stimule le complexe moteur migrant

REMARQUE: Les mouvements de **segmentation** sont surtout dépendant de la distension de l'intestin, stimulus qui déclenche un message nerveux vers les plexus et le système nerveux central

La digestion dans l'intestin grêle est sous la dépendance de 3 sécrétions : intestinales, pancréatiques et biliaires



Digestion chimique et sécrétions intestinales

- Les glandes exocrines de la muqueuse (glandes de Lieberkühn) sécrètent chaque jour 1,5 l de suc intestinal
- pH alcalin (7,6)
- Composition: eau (favorise l'hydrolyse des aliments), éléments minéraux, mucus
- **Le suc intestinal ne contient pas d'enzymes digestives:**
L'intestin grêle produit des enzymes mais non sécrétées dans la lumière. Ces enzymes agissent qu'à la surface des entérocytes (bordure en brosse).
- **Contrôle de la sécrétion :** La stimulation mécanique des glandes intestinales par le chyme est considérée comme le principal stimulus de la sécrétion du suc intestinal, bien que la sécrétine puisse être aussi impliquée.

Digestion chimique et sécrétions intestinales

Les enzymes qui achèvent la digestion chimique des aliments à la surface des entérocytes sont :

Enzymes	Fonctions
Saccharase, la maltase et la lactase	Terminent la digestion des glucides → monosaccharides
Lipase	Achève la digestion des graisses émulsifiées en acides gras et en glycérol dans l'intestin.
Peptidases	<ul style="list-style-type: none">• Les peptidases comme la trypsine dégradent les polypeptides en de plus petits peptides et en acides aminés.• Les peptidases sont sécrétés sous une forme inactive (trypsinogène) par le pancréas (pour éviter qu'ils le digèrent) et sont activés par l'entérokinase produite par la muqueuse du duodénum.
Nucléosidases, phosphatases	Digestion des nucléotides

Digestion chimique et sécrétions intestinales

• L'intolérance au lactose



SYMPTÔMES



Gaz



Diarrhées



Nausées
Vomissements



Douleurs

RAISONS



Infections
intestinales



Antibiotiques



Hérédité

- Maladie assez courante due à un déficit en **lactase**

- La lactase est efficace chez l'enfant mais son activité diminue après 4 ans

- La lactose non digéré s'accumule dans la lumière intestinale

- augmente la quantité d'eau dans la lumière par osmose → diarrhées, déshydratation

- Les bactéries du colon transforment le lactose en CO_2 et méthane → gaz → douleurs, coliques

Digestion chimique et sécrétions intestinales

• L'intolérance au lactose



Difficulté ou incapacité à digérer le lactose à cause de l'insuffisance ou de l'absence d'une enzyme digestive appelée lactase.

Intolérance au lactose primaire :
chute de la production de lactase

Intolérance au lactose secondaire :
due à un accident ou un traumatisme au niveau de l'intestin grêle

Intolérance au lactose congénitale :
absence totale de production de lactase dès la naissance



CAUSES



Production insuffisante (hypolactasie) ou absence (alactasie) de lactase



Un individu sain utilise le lactose comme source d'énergie. Pour l'absorber, notre corps doit le décomposer dans l'intestin grêle en glucose et en galactose par la lactase ou bêta-galactosidase.



Hérédité



Phénomènes allergiques



Parasitoses



Malnutrition



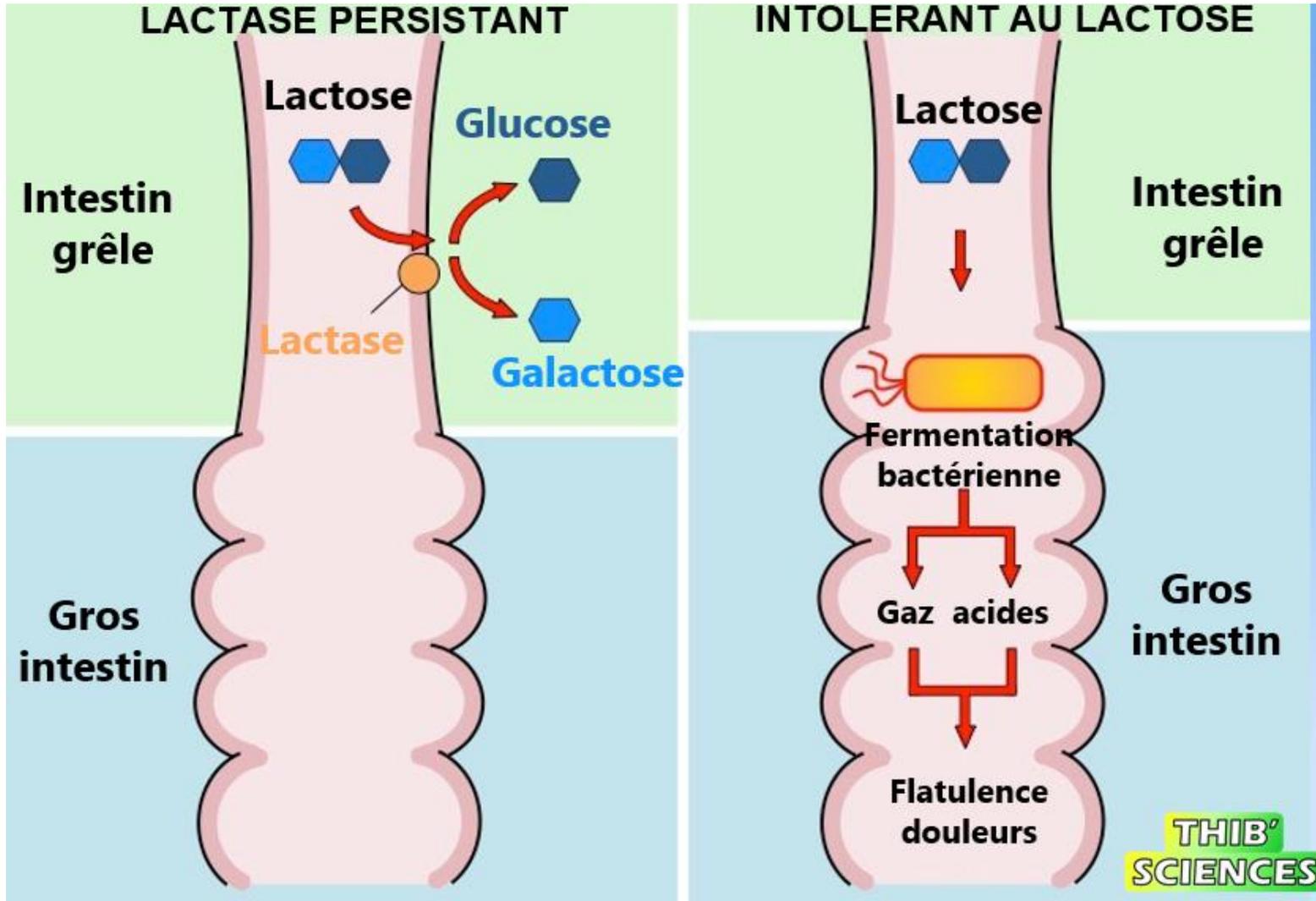
Infections



Prise de certains médicaments

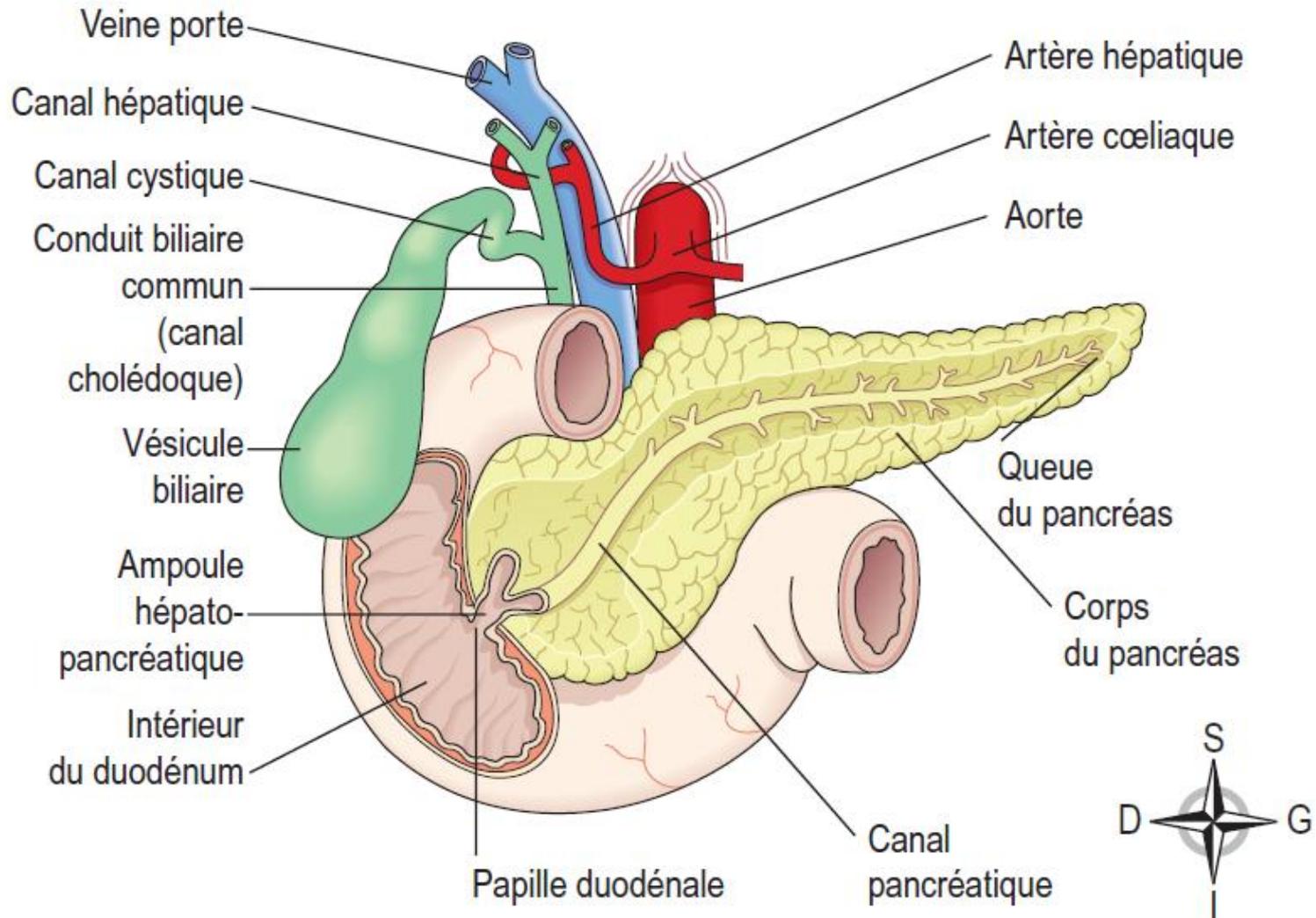
Digestion chimique et sécrétions intestinales

- L'intolérance au lactose



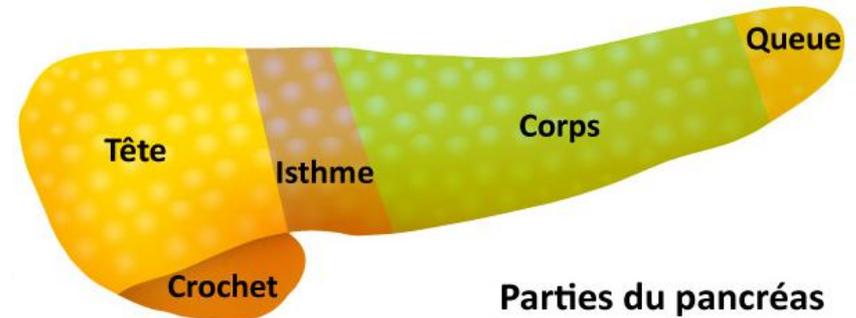
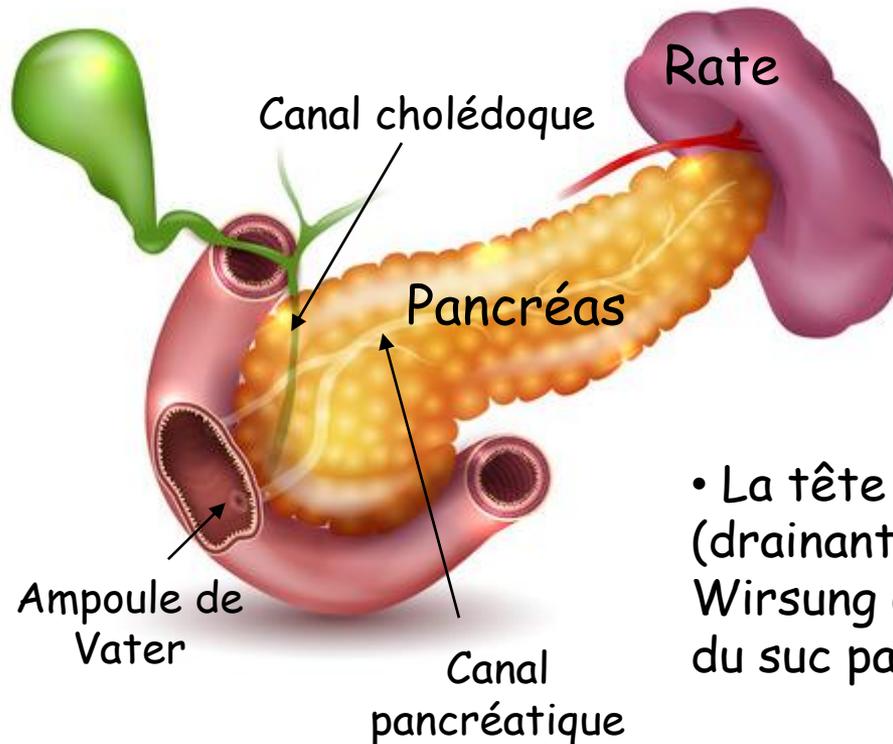
Digestion chimique et sécrétions pancréatiques

- Le pancréas est la 2ème glande la plus grosse en volume après le foie. Situé derrière l'estomac



Digestion chimique et sécrétions pancréatiques

- Le pancréas a trois parties : tête (adhère au cadre duodénal), corps et queue (proche de la rate à laquelle elle est unie par ligament pancréatico-splénique).

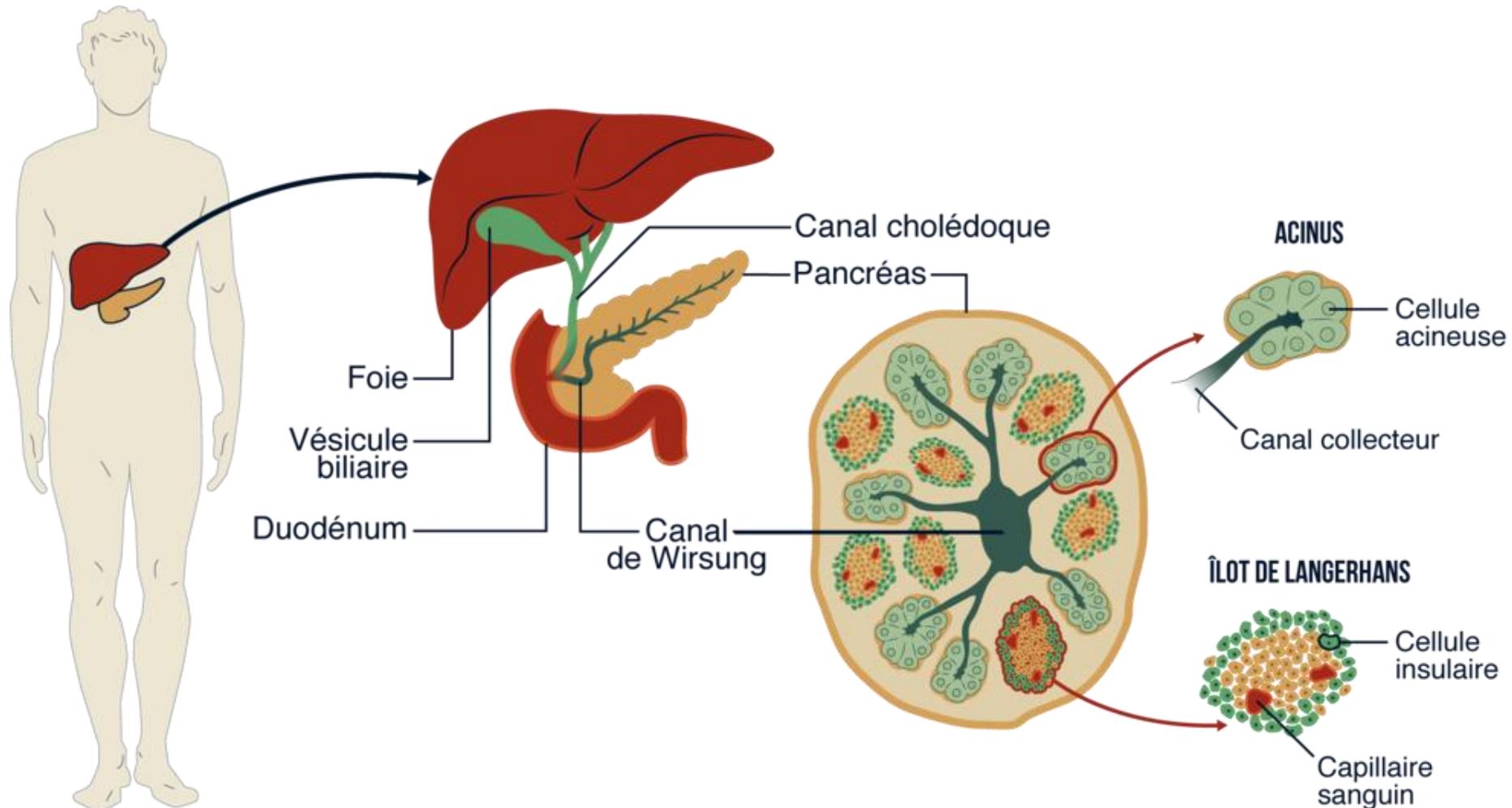


- La tête est traversée par le **canal cholédoque** (drainant la bile) qui est rejoint par le canal de Wirsung ou **canal pancréatique** (voie d'évacuation du suc pancréatique).

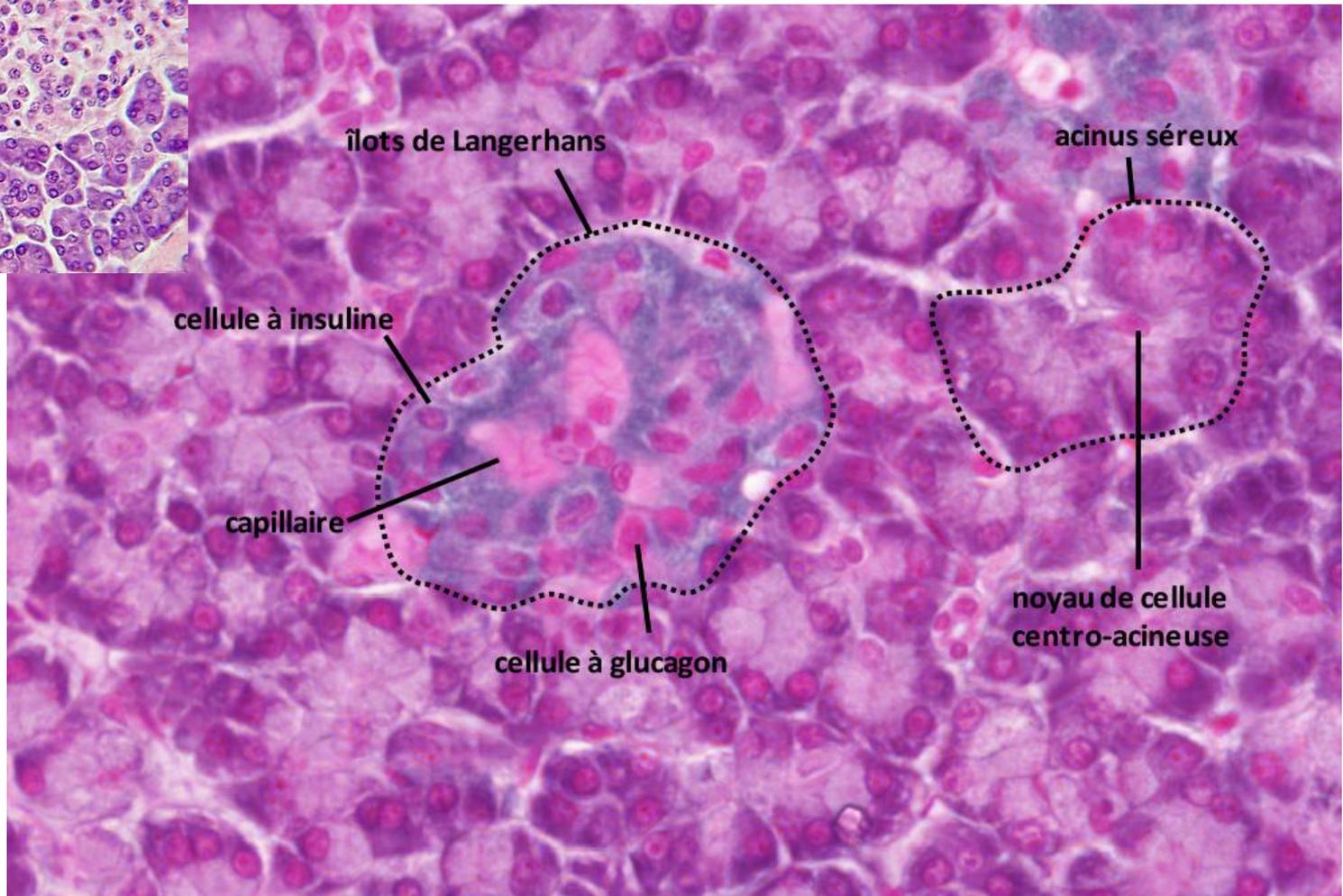
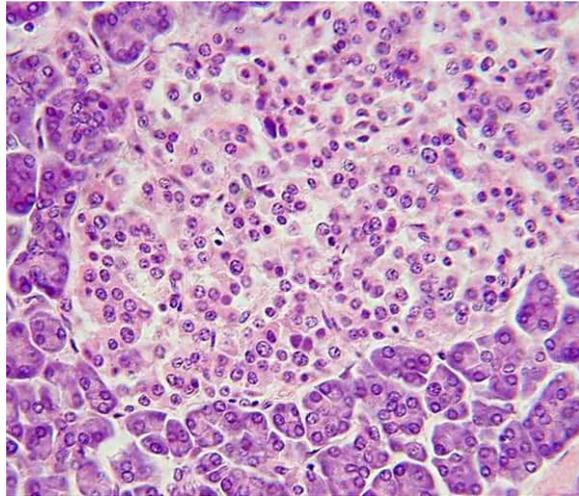
- Ces canaux forment un canal commun, l'**ampoule de Vater** ou canal hépato-pancréatique. L'ampoule s'ouvre dans le duodénum par la papille duodénale majeure.

Digestion chimique et sécrétions pancréatiques : Histologie du Pancréas

- Le pancréas comporte deux parties distinctes tant au niveau anatomique que fonctionnel : une partie **exocrine (99%)** et une partie **endocrine (1%)**.



Digestion chimique et sécrétions pancréatiques : Histologie du Pancréas



Digestion chimique et sécrétions pancréatiques : Histologie du Pancréas

- Le pancréas comporte deux parties distinctes tant au niveau anatomique que fonctionnel : une partie **exocrine (99%)** et une partie **endocrine (1%)**.

Exocrine	Endocrine
Cellules exocrines regroupées en acinus (glande)	Cellules endocrines en amas constituant les ilots de Langerhans
Produit le suc pancréatique (2 litres / jour) : liquide contenant eau + ions + enzymes digestives <ul style="list-style-type: none">• En phase inter- prandiale : Epais, visqueux, pH neutre• En phase prandiale : Fluide, aqueux, pH alcalin (7,1 à 8,2)	Sécrète hormones pancréatiques : insuline, glucagon et somatostatine
Un système de canal draine cette sécrétion vers le duodénum	Hormones déversées dans le sang (vascularisation importante)

Digestion chimique et sécrétions pancréatiques : Enzymes pancréatiques

Enzymes lipolytiques	Enzymes glycolytiques	Enzymes protéolytiques
<ul style="list-style-type: none"> • Lipase pancréatique agissant avec un co-facteur, la co-lipase • Phospholipase pour les phospholipides • Cholestérol estérase pour la dégradation du cholestérol 	<ul style="list-style-type: none"> • Amylase pancréatique (idem amylase salivaire) : transforme amidon et glycogène en maltose et oligosaccharides 	<ul style="list-style-type: none"> • Endopeptidase (trypsine et chymotrypsine) : coupent les protéines au milieu • Exopeptidases (carboxypeptidases) : coupent les protéines par les côtés

RAPPEL: Ces enzymes sont sécrétées sous forme inactive (zymogène). Elles sont activées dans l'intestin.

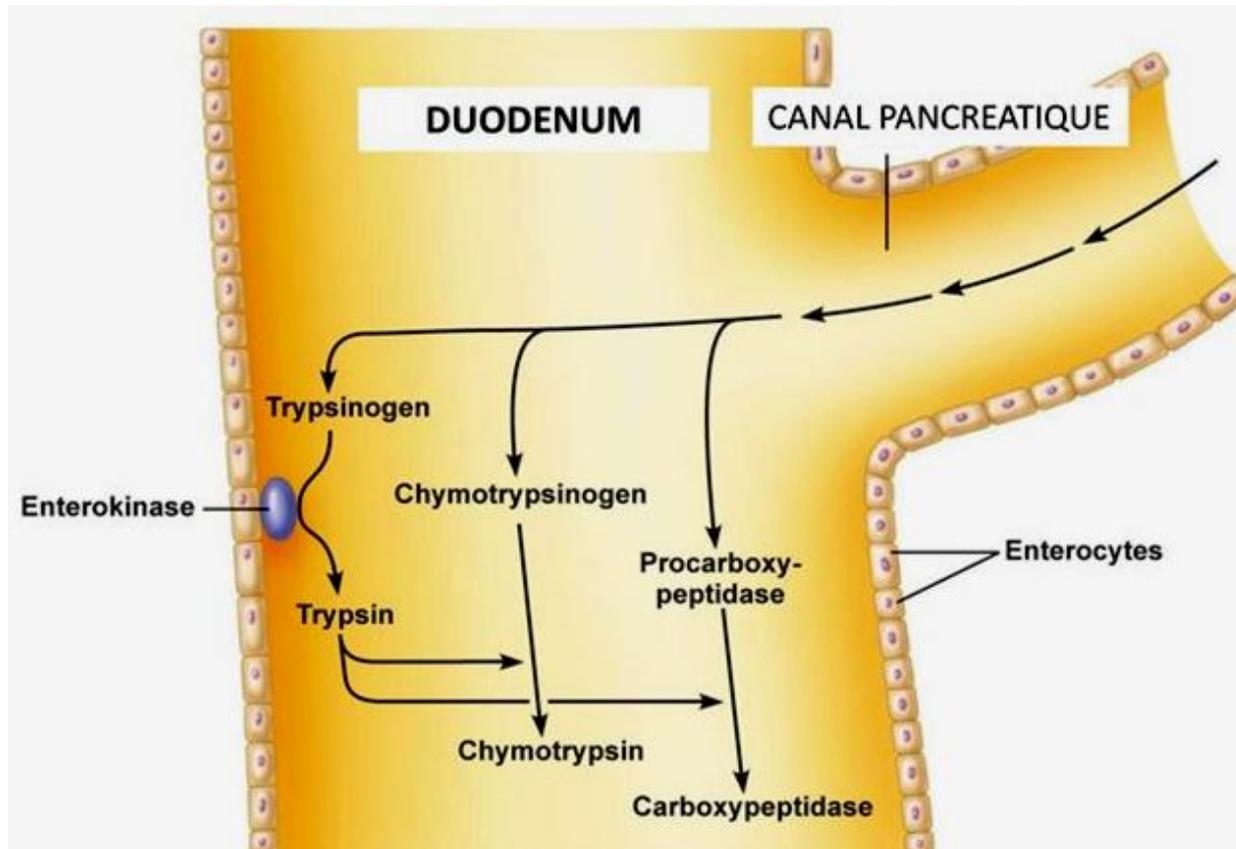
Exemple: L'**entérokinase**, enzyme produite par les cellules épithéliales de l'intestin, transforme le **trypsinogène** pancréatique inactif en **trypsine**.

La trypsine active ensuite toutes les autres enzymes pancréatiques

Digestion chimique et sécrétions pancréatiques : Enzymes pancréatiques

RAPPEL: Ces enzymes sont sécrétées sous forme inactive (zymogène). Elles sont activées dans l'intestin.

Exemple: L'**entérokinase**, enzyme produite par les cellules épithéliales de l'intestin, transforme le **trypsinogène** pancréatique inactif en **trypsine**. La trypsine active ensuite toutes les autres enzymes pancréatiques



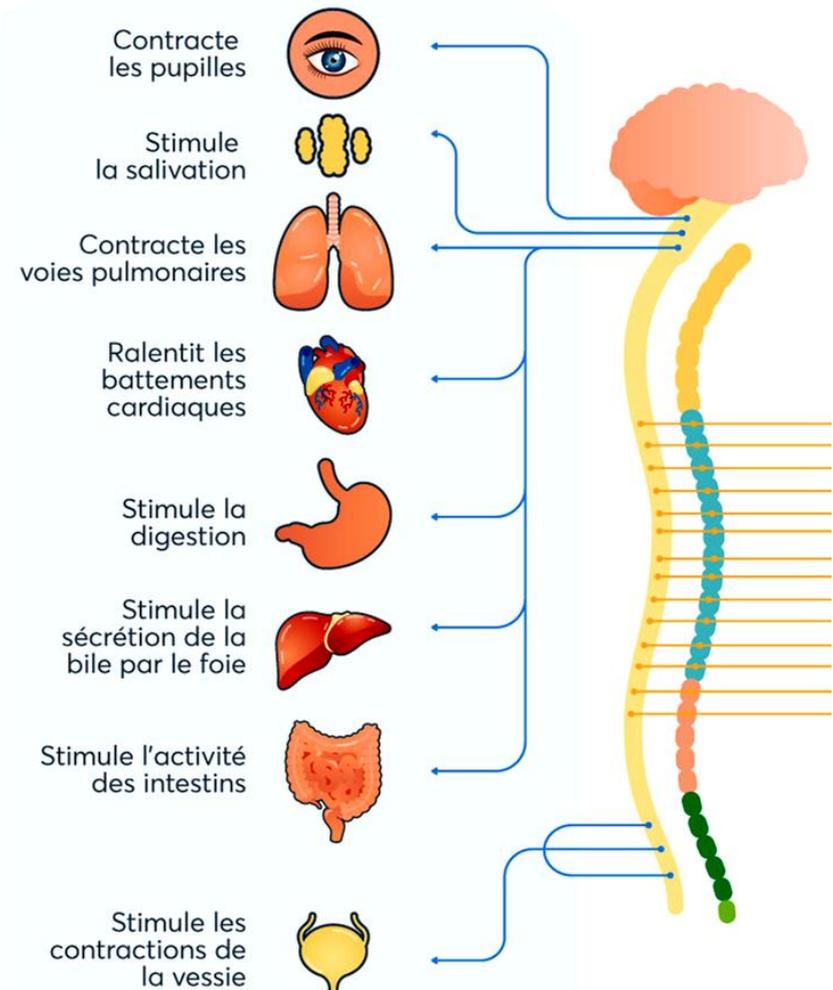
Digestion chimique et sécrétions pancréatiques : Régulation

- La sécrétion pancréatique est régulée par des mécanismes nerveux et hormonaux

Nerveux

• Durant les phases céphalique et gastrique de la digestion gastrique, les voies nerveuses parasympathiques (nerf vague) stimulent la sécrétion pancréatique

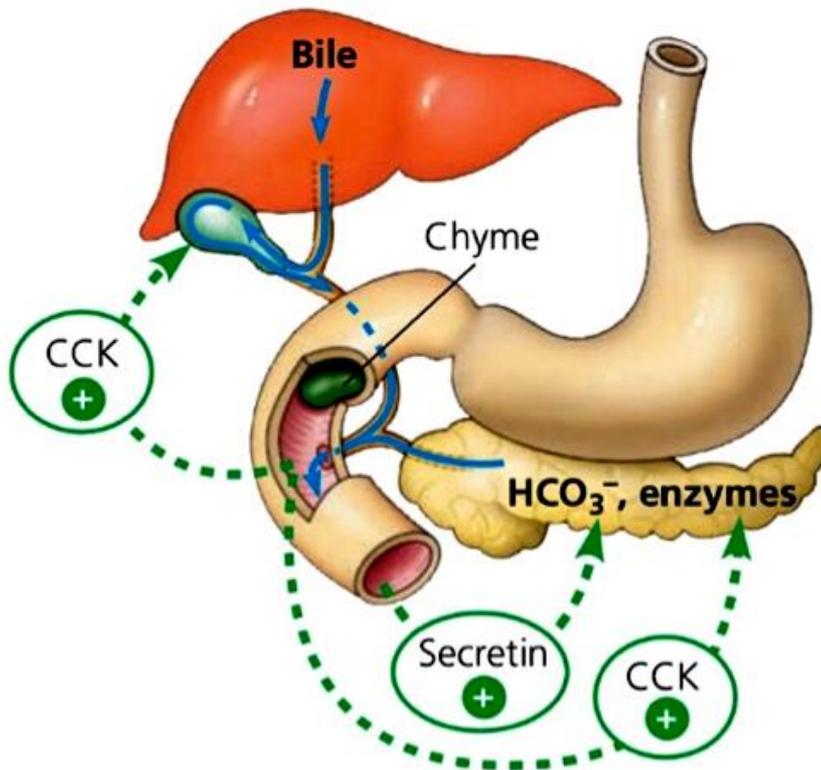
Système parasympathique



Digestion chimique et sécrétions pancréatiques : Régulation

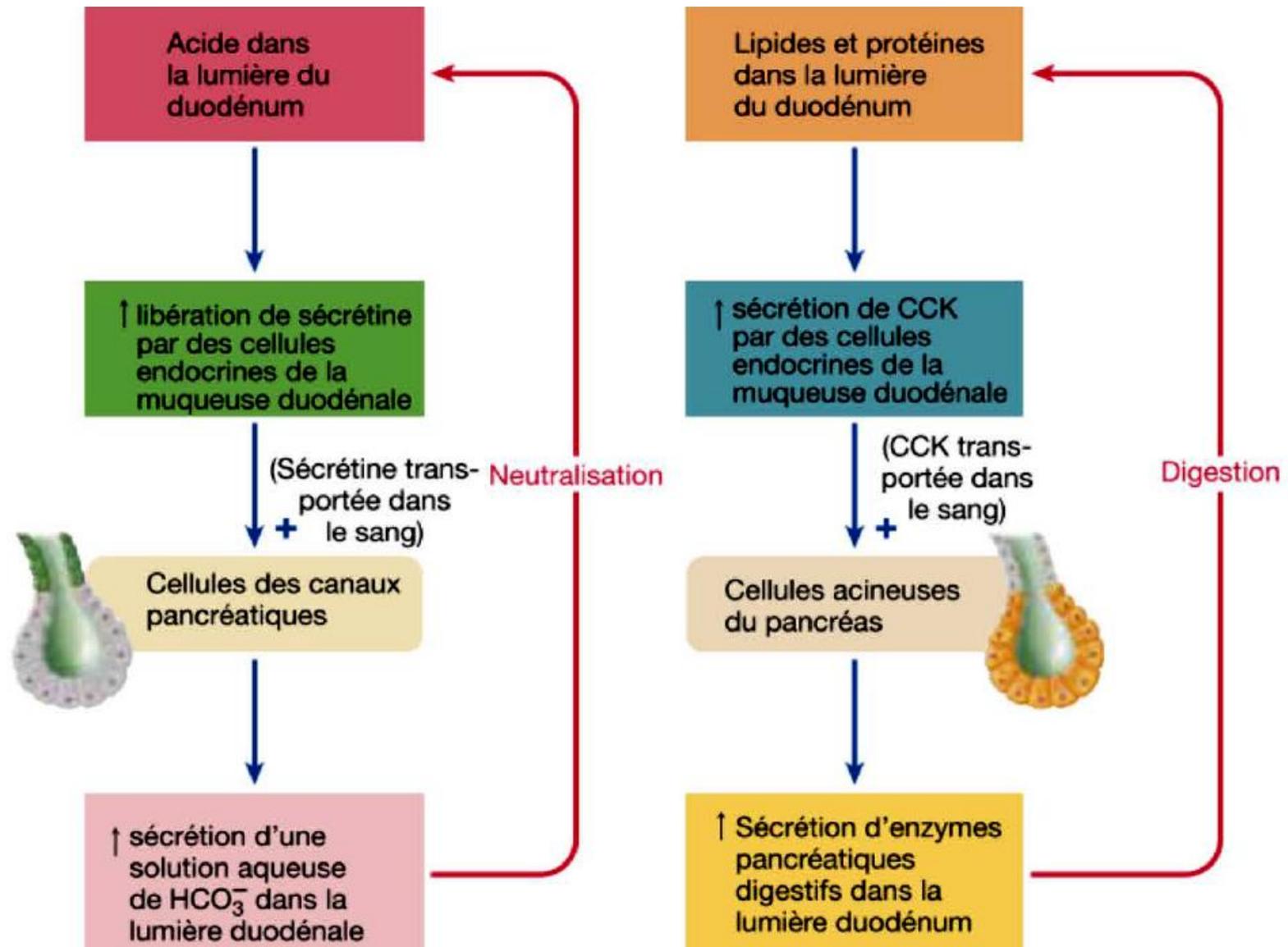
- La sécrétion pancréatique est régulée par des mécanismes nerveux et hormonaux

Hormonal



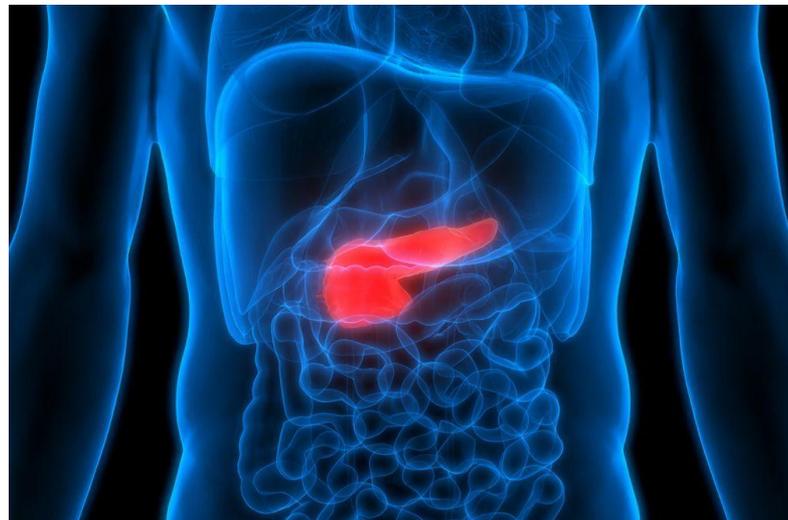
- Les sécrétions pancréatiques sont contrôlées par des hormones sécrétées par le duodénum
- Chyme acide dans duodénum → production de **sécrétine** par cellules entéro-endocrines → suc pancréatique riche en bicarbonate mais pauvre en enzyme
- Si **graisses et protéines** partiellement digérées dans intestin grêle → production de **cholécystokinine (CCK)** par d'autres cellules entéro-endocrines → suc pancréatique riche en enzymes

Digestion chimique et sécrétions pancréatiques : Régulation



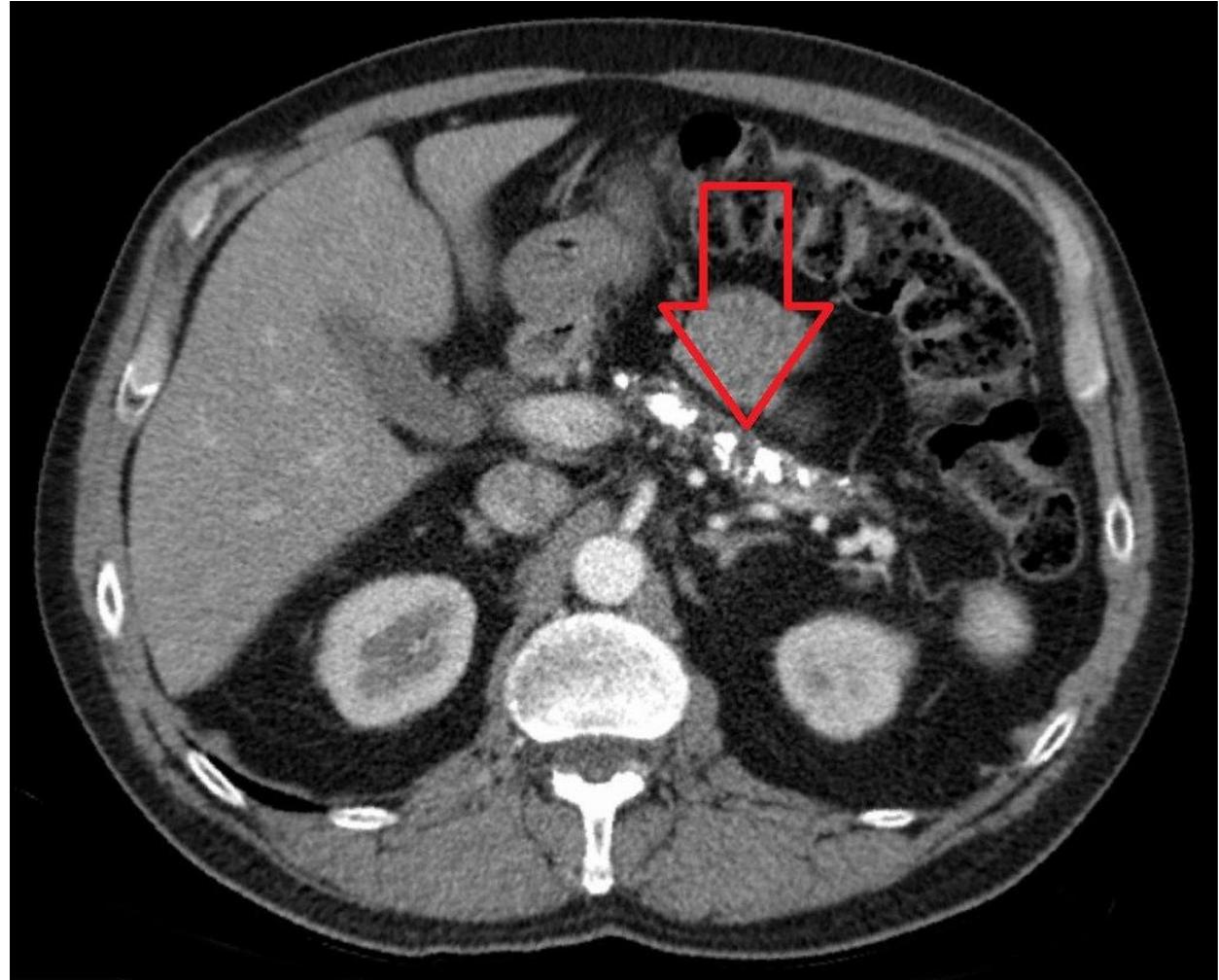
Pancréatite

- Normalement, les enzymes protéolytiques pancréatiques sont sécrétées sous une forme inactive (activées dans l'intestin)
- Si les enzymes sont activées alors qu'elles sont encore dans le pancréas → Destruction du tissu pancréatique (**pancréatite**)
- Facteurs favorisants: consommation excessive d'alcool , lithiase biliaire (calculs biliaires)
- Pathologies associées : cancer pancréas, infections virales, mucoviscidose, hypercalcémie, obésité...



Pancréatite

- Pancréatite chronique = inflammatoire chronique du pancréas. Elle se caractérise par la formation de calcifications dans le corps pancréatique



Scanner abdominal d'un patient présentant une pancréatite chronique.

Pancréatite

6 BONS CONSEILS EN CAS DE PANCRÉATITE



Essayez de perdre du poids surtout si vous avez un IMC supérieur à 30, comme la pancréatite est associée à l'obésité.



Arrêtez de boire de l'alcool, une cause fréquente de la pancréatite. Il est absolument essentiel d'arrêter de boire de l'alcool lors de pancréatite.



Arrêtez de fumer



Buvez beaucoup de liquide. On sait que la pancréatite peut mener à une déshydratation.



Mangez par petite portion, par exemple 6 petits repas pendant la journée.

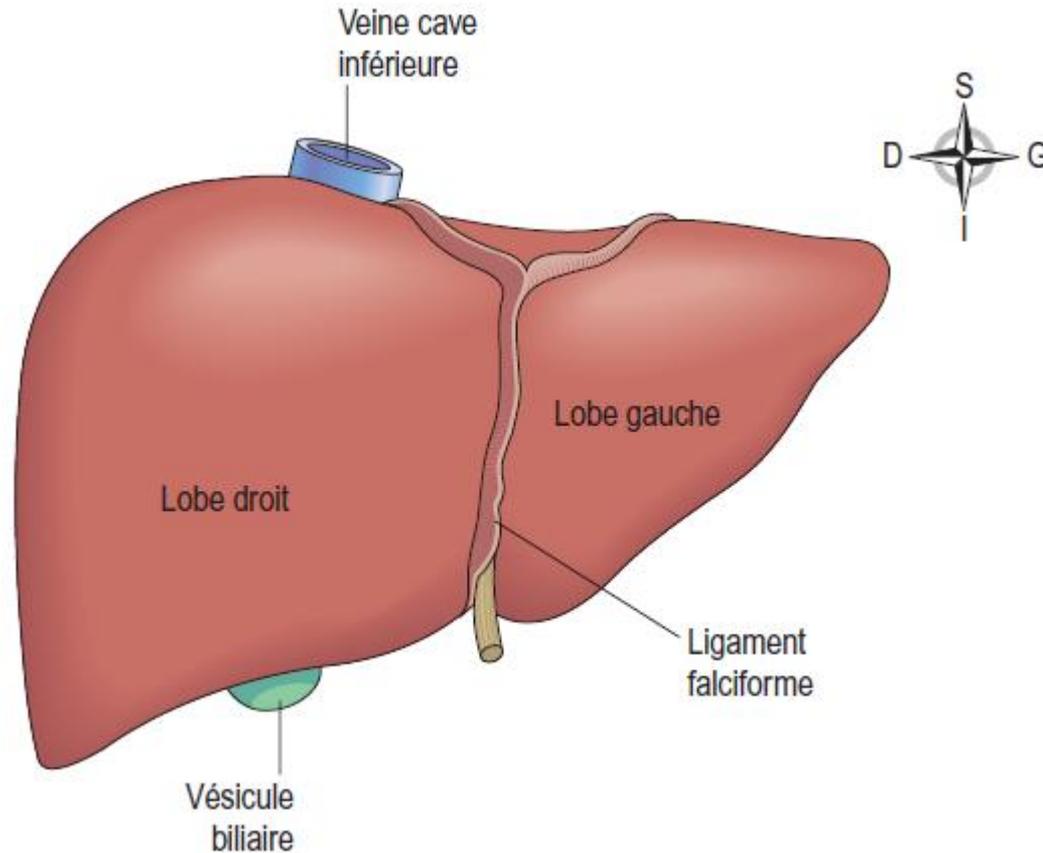


Mangez des aliments avec une faible quantité de graisse. Évitez de manger trop d'aliments riches en fibres alimentaires.



Digestion chimique, foie et sécrétions biliaires

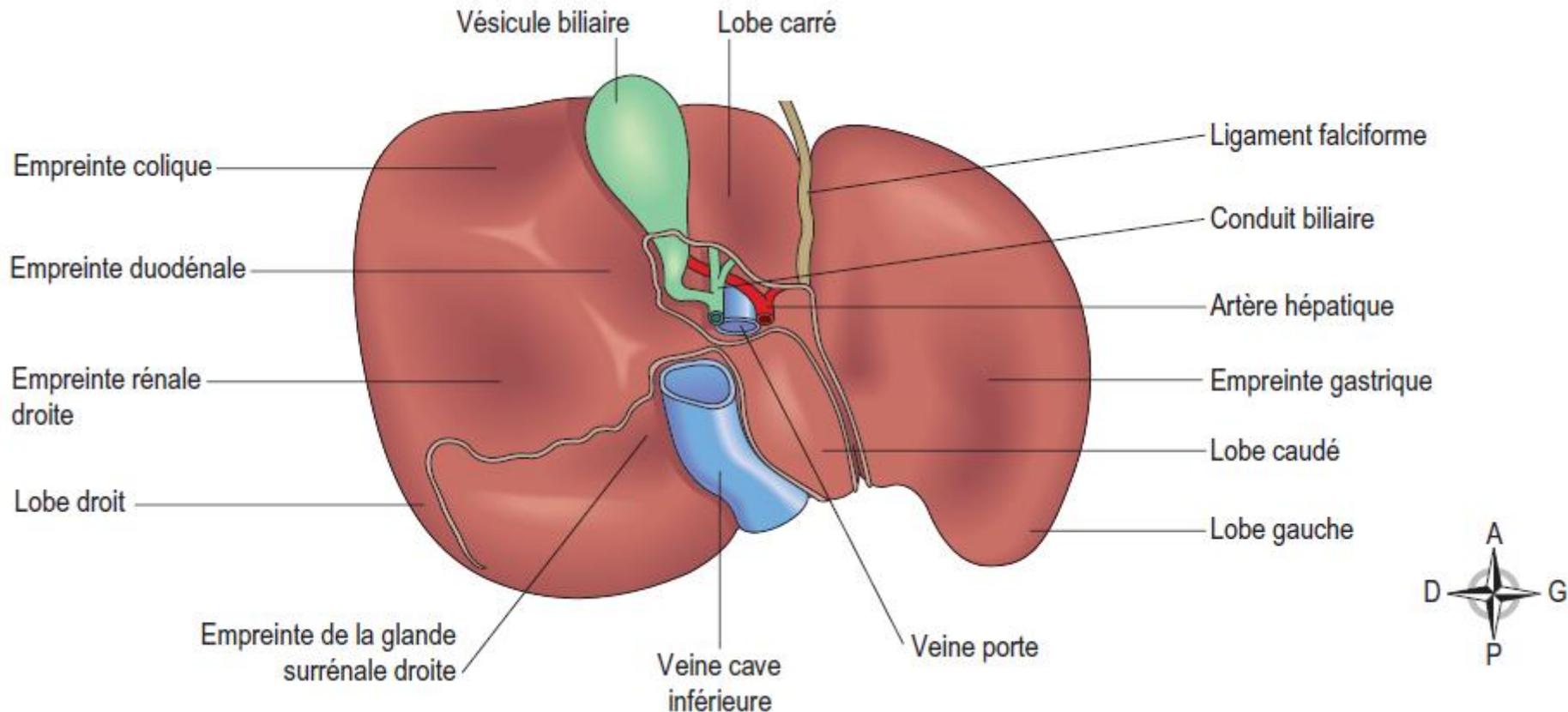
- Le foie est la glande la plus volumineuse de l'organisme, pesant entre 1 et 2,3 kg. Il est situé sous le diaphragme.



Vue antérieure

Digestion chimique, foie et sécrétions biliaires

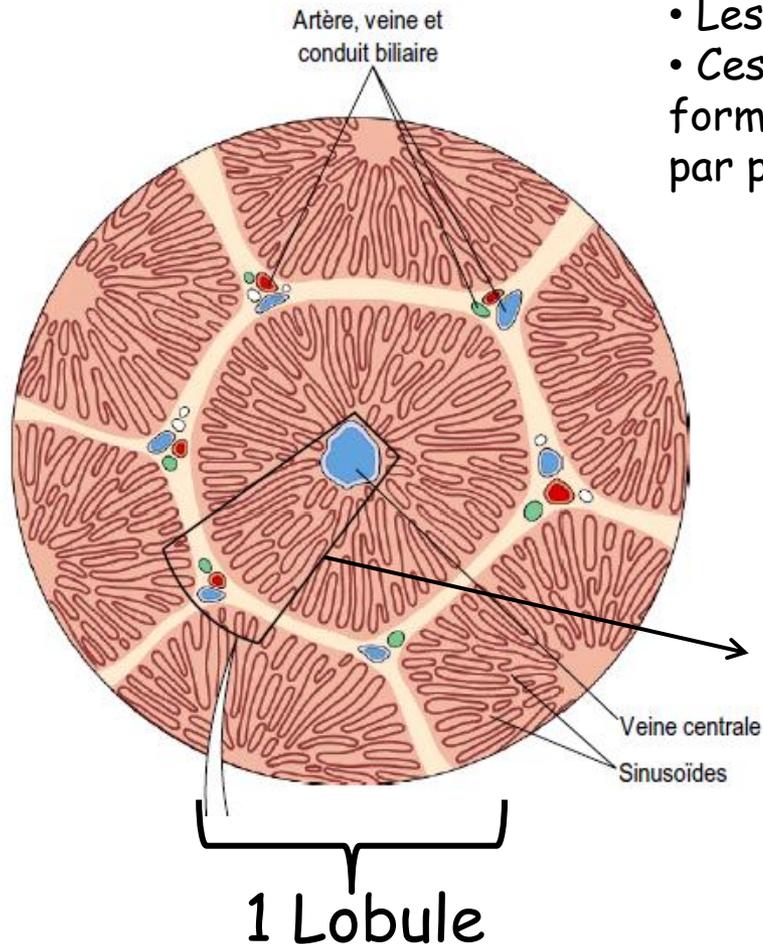
- Le foie est la glande la plus volumineuse de l'organisme, pesant entre 1 et 2,3 kg. Il est situé sous le diaphragme.



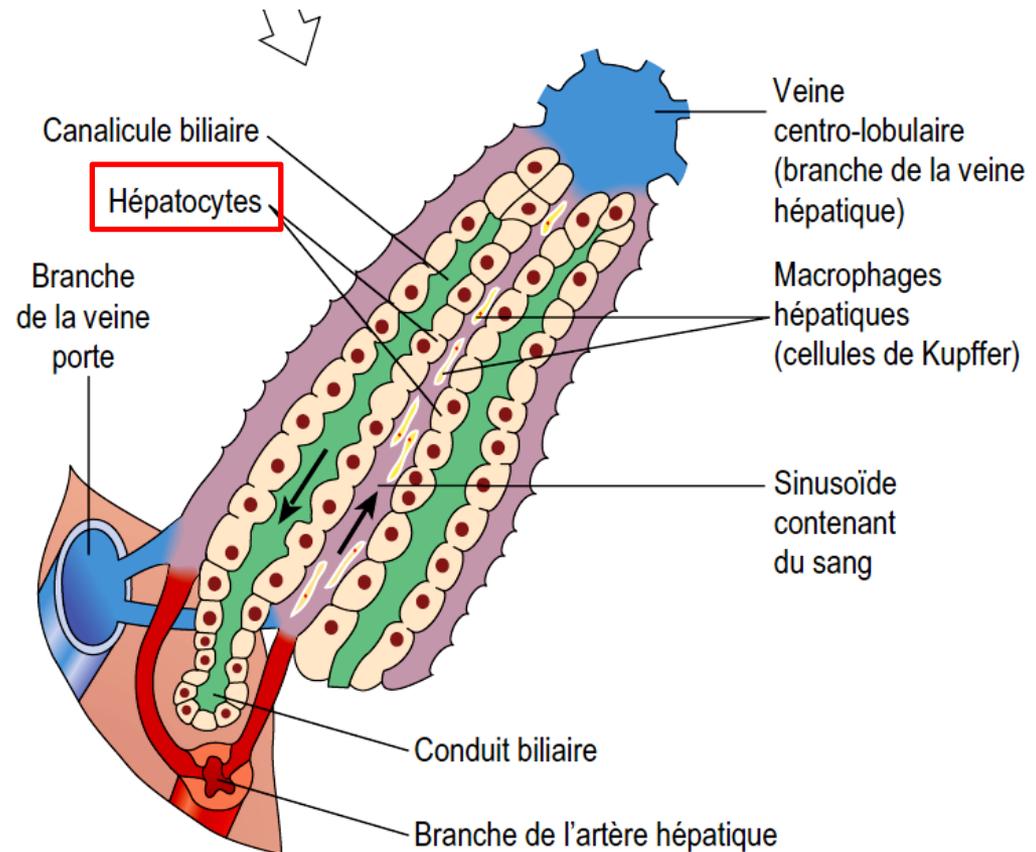
Vue inférieure

Digestion chimique, foie et sécrétions biliaires

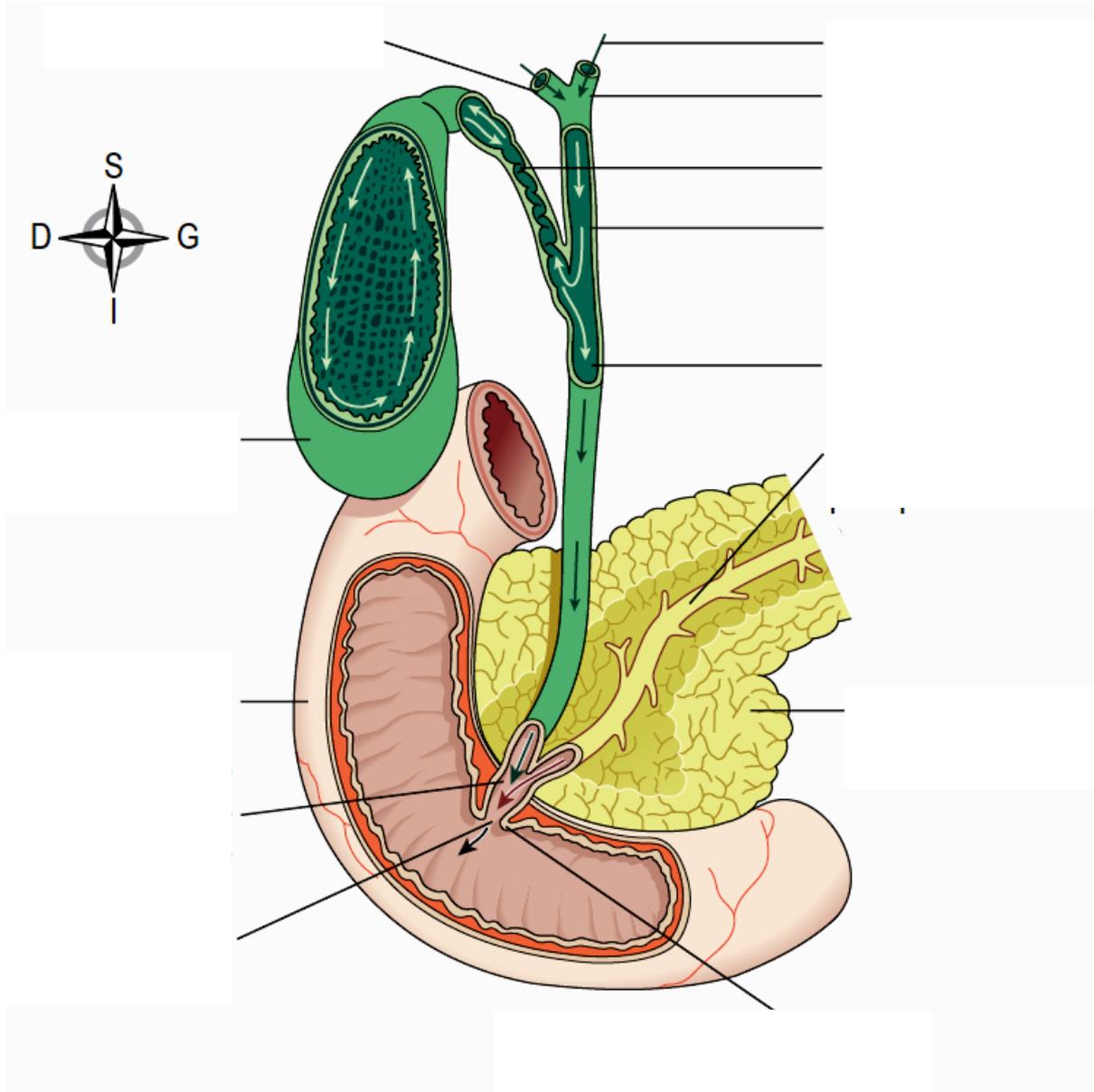
- Les lobes du foie sont faits de minuscules lobules
- Ces lobules, de forme hexagonale à la coupe, sont formés de cellules cubiques, les **hépatocytes**, disposées par paires dans des colonnes irradiant une veine centrale



Les **hépatocytes** synthétisent les constituants de la bile à partir de matériaux fournis par le sang artériel et veineux contenu dans les sinusoides.

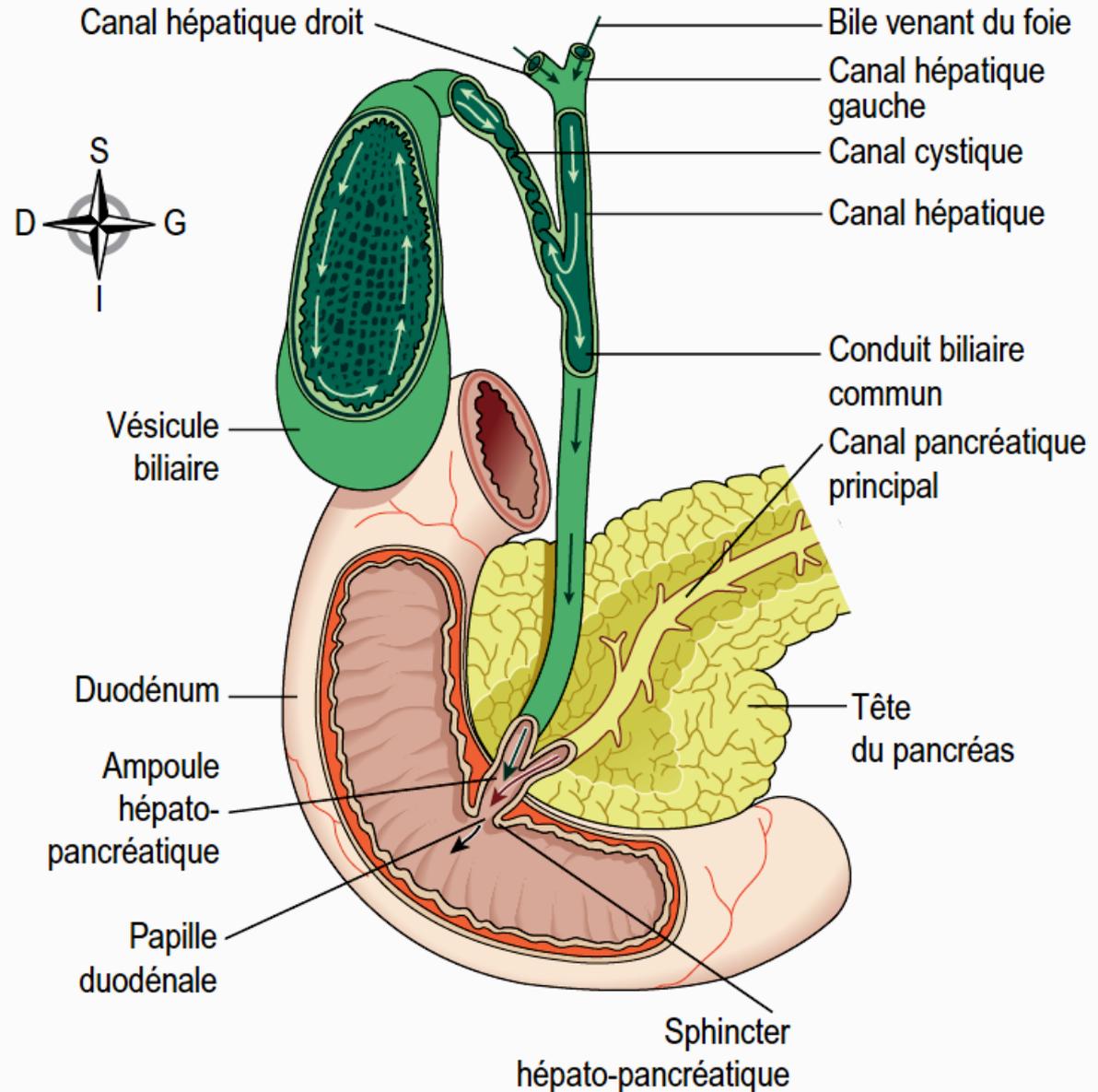


Digestion chimique, foie et sécrétions biliaires



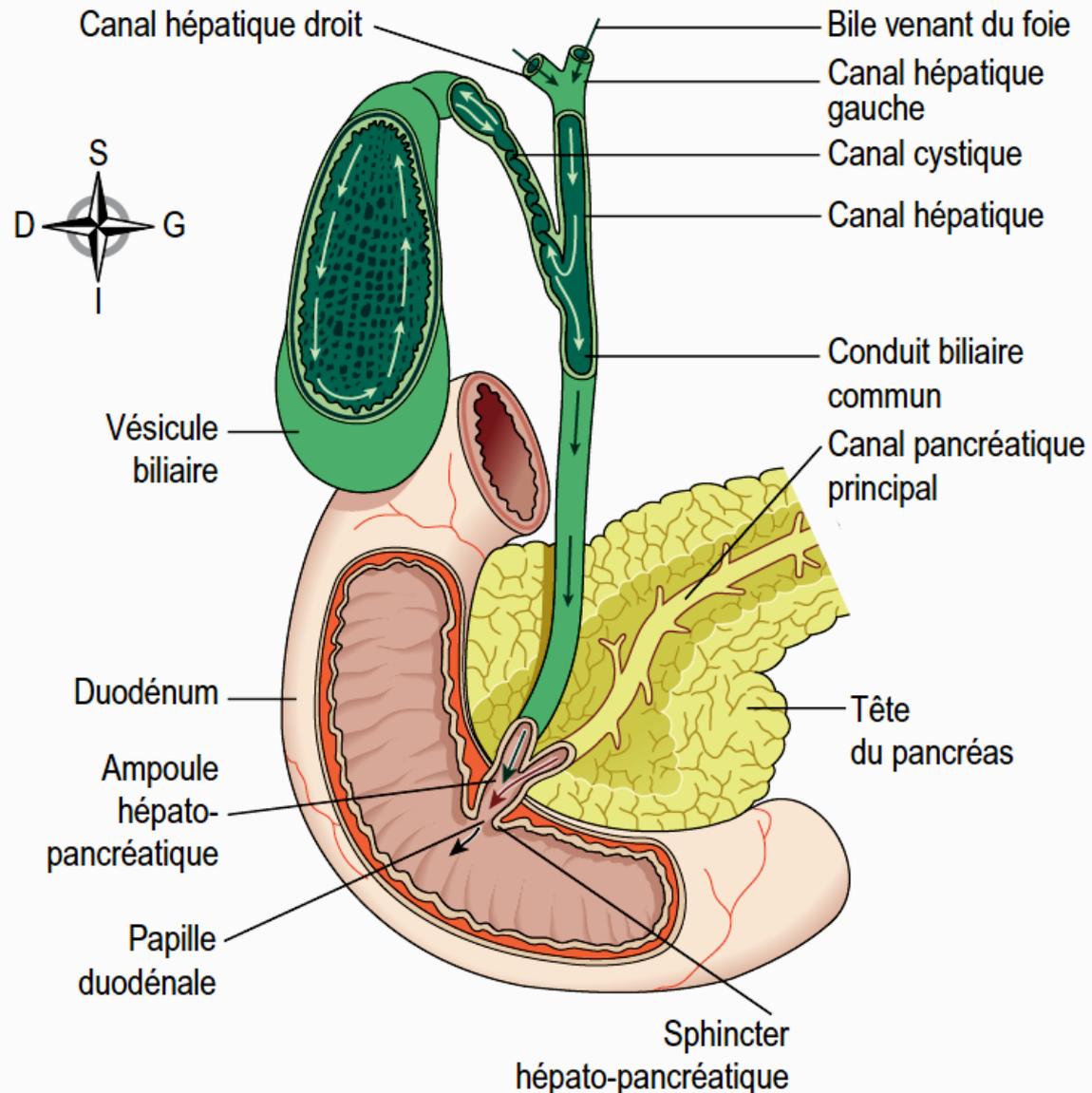
Digestion chimique, foie et sécrétions biliaires

- La bile sécrétée par les hépatocytes est ensuite drainée par les canalicules biliaires qui se déversent dans les canaux biliaires
- Les canaux biliaires s'unissent en canaux hépatiques droit et gauche puis fusionnent en canal hépatique commun.
- La canal hépatique est rejoint par le canal cystique venant de la vésicule biliaire



Digestion chimique, foie et sécrétions biliaires

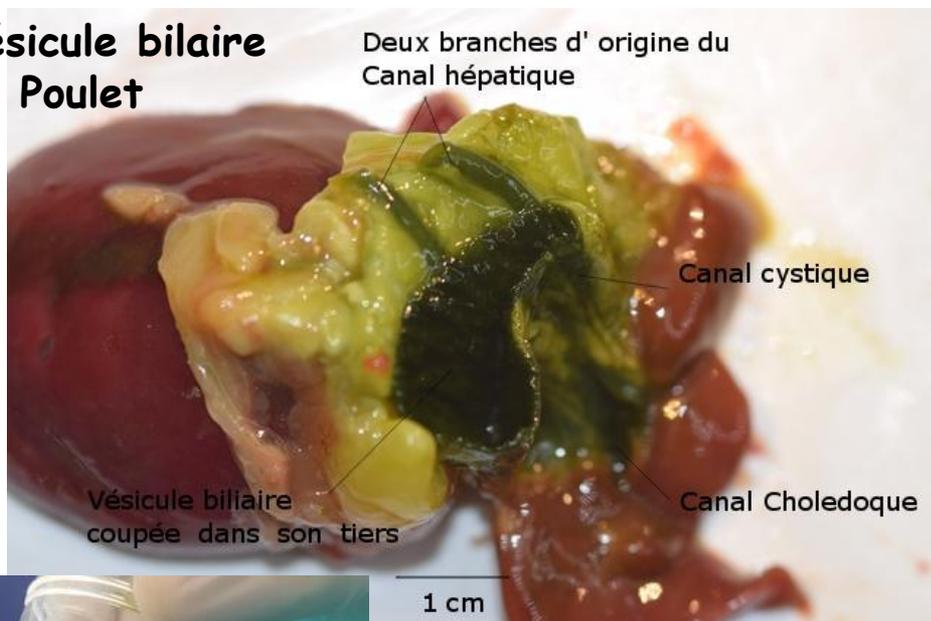
- La bile pénètre dans le canal cystique et est provisoirement emmagasinée dans la vésicule
- La vésicule biliaire stocke et concentre la bile jusqu'à 10 fois en attendant que celle-ci soit requise dans grêle. Le sphincter hépatopancréatique (d'Oddi) empêche la bile d'entrer dans le duodénum entre les repas
- Après un repas, divers stimuli provoquent la contraction de la vésicule et la libération de la bile (80 % du contenu de la vésicule est vidé dans le duodénum après un repas)



Digestion chimique, foie et sécrétions biliaires : composition de la bile

- La bile est produite en continue par le foie (800 mL à 1 L / jour)
- C'est un liquide jaune quand il est dans le foie et brun/ vert quand il est dans la vésicule
- pH entre 7,6 et 8,5

Vésicule biliaire de Poulet



Composition de la bile

- Eau à 97%
- Acides biliaires
- Sels biliaires (dérivés du cholestérol)
- Cholestérol
- Lecithine (phospholipides)
- Déchets produits de la dégradation de l'hémoglobine des globules rouges (pigments biliaires : bilirubine)

Digestion chimique, foie et sécrétions biliaires : Calculs biliaires

- Les **calculs biliaires** sont des dépôts solides (essentiellement des cristaux de cholestérol) qui se forment dans la vésicule. Le foie peut sécréter trop de cholestérol, lequel est transporté vers la vésicule biliaire avec la bile, où cet excès de cholestérol forme des particules solides et s'accumule.



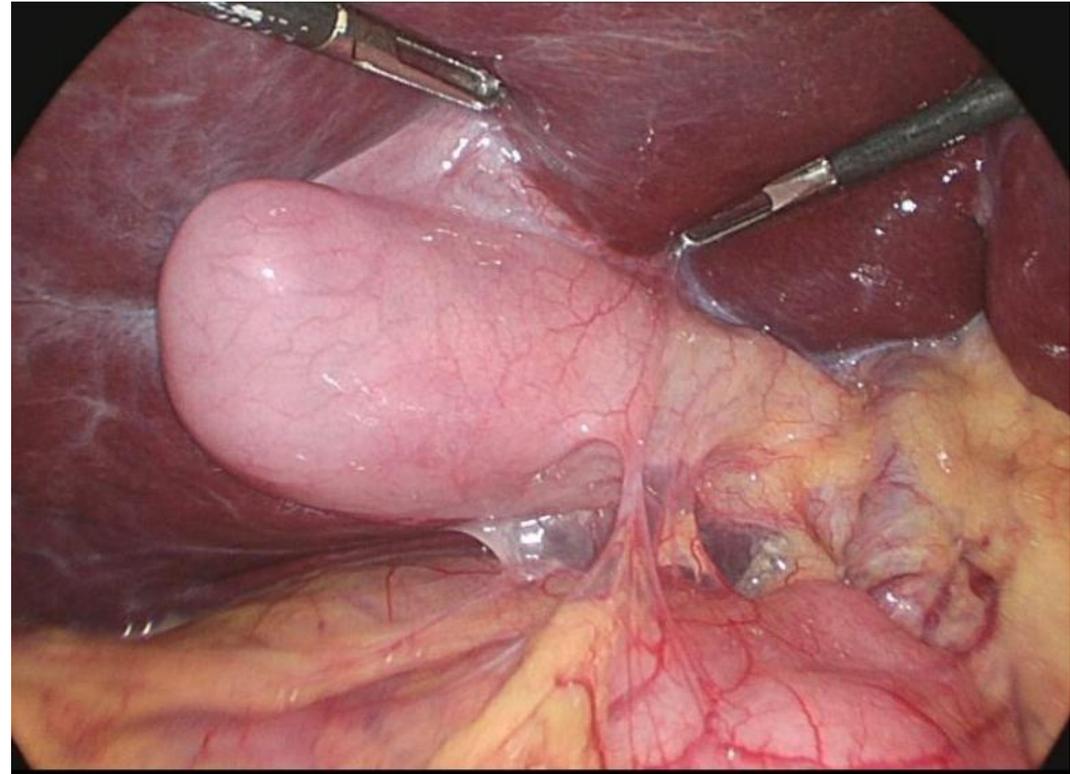
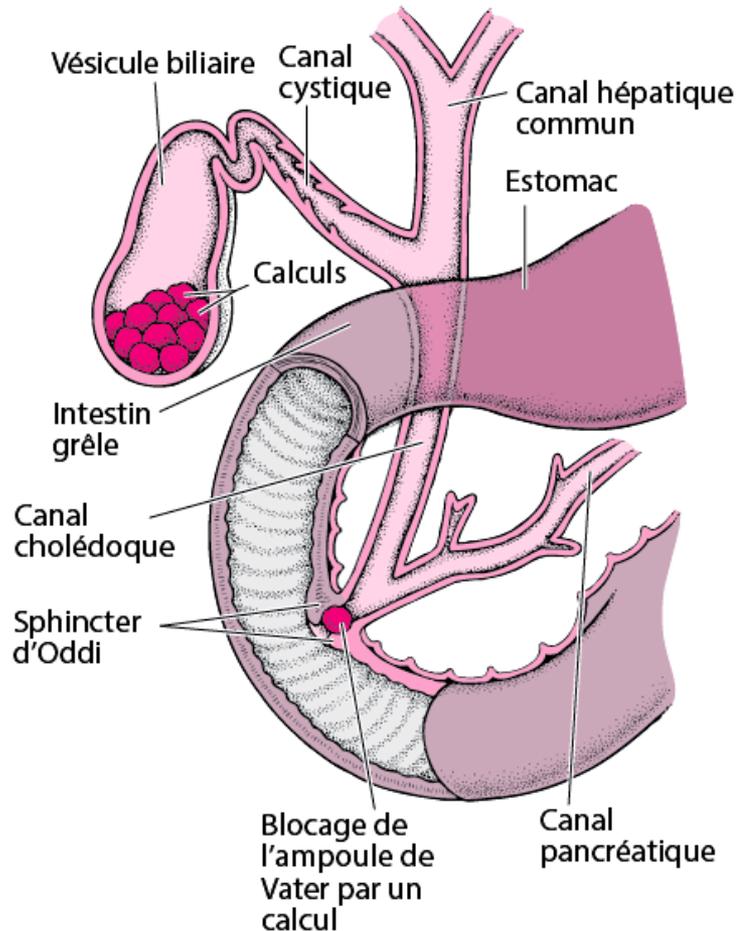
Calculs biliaires principalement composés de cholestérol



Vésicule biliaire ouverte permettant d'observer de nombreux calculs biliaires. Les grands calculs jaunes sont probablement composés de cholestérol et les calculs verts-bruns de pigments biliaires (biliverdine, stercobiline).

Digestion chimique, foie et sécrétions biliaires : Calculs biliaires

- En cas de **cholécystectomie** (ablation de la vésicule), la bile sécrétée entre les repas est stockée dans le canal cholédoque qui s'en trouve dilaté



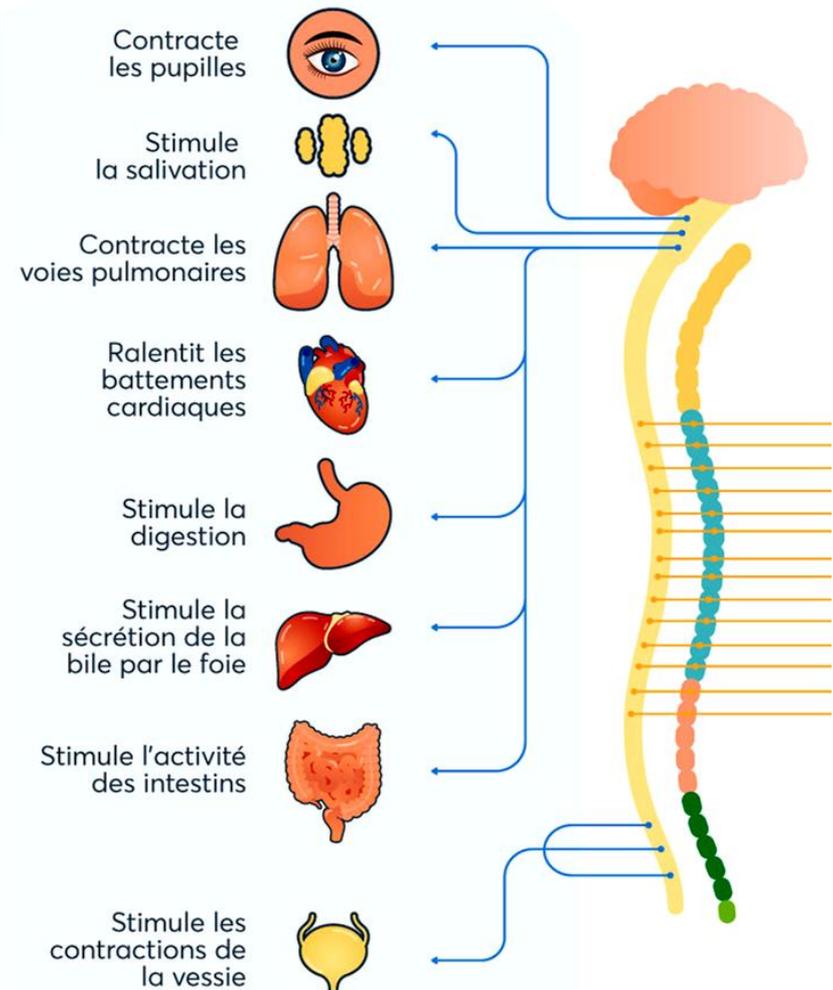
Digestion chimique, foie et sécrétions biliaires : régulation de la sécrétion

- La sécrétion biliaire est régulée au niveau nerveux et hormonal

Nerveux

- La stimulation parasymphathique du foie (nerf vague) peut augmenter de plus de 2 fois le taux normal de production de la bile

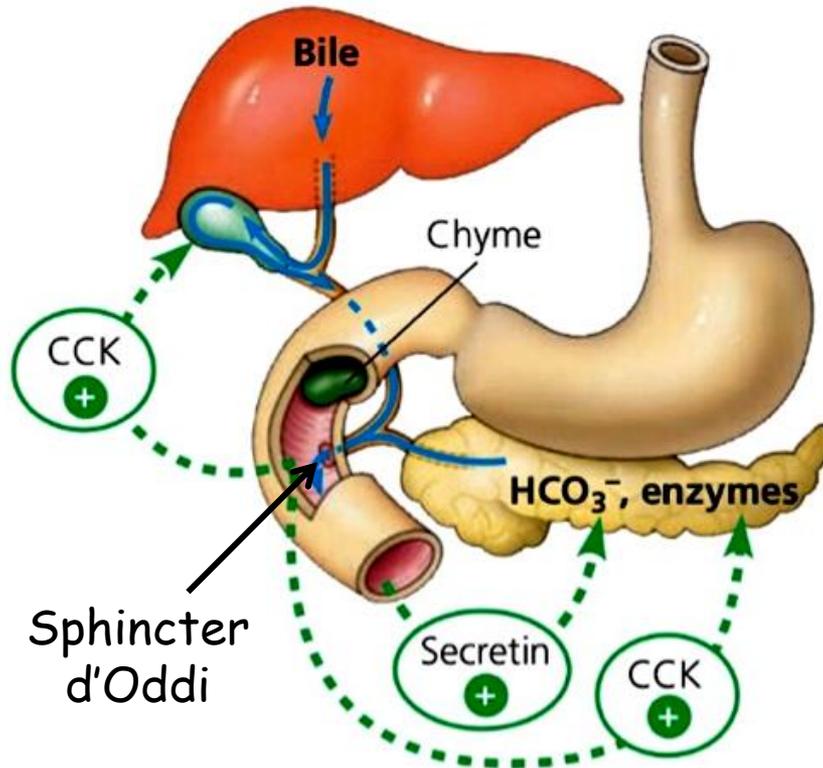
Système parasymphathique



Digestion chimique, foie et sécrétions biliaires : régulation de la sécrétion

- La sécrétion biliaire est régulée au niveau nerveux et hormonal

Hormonal



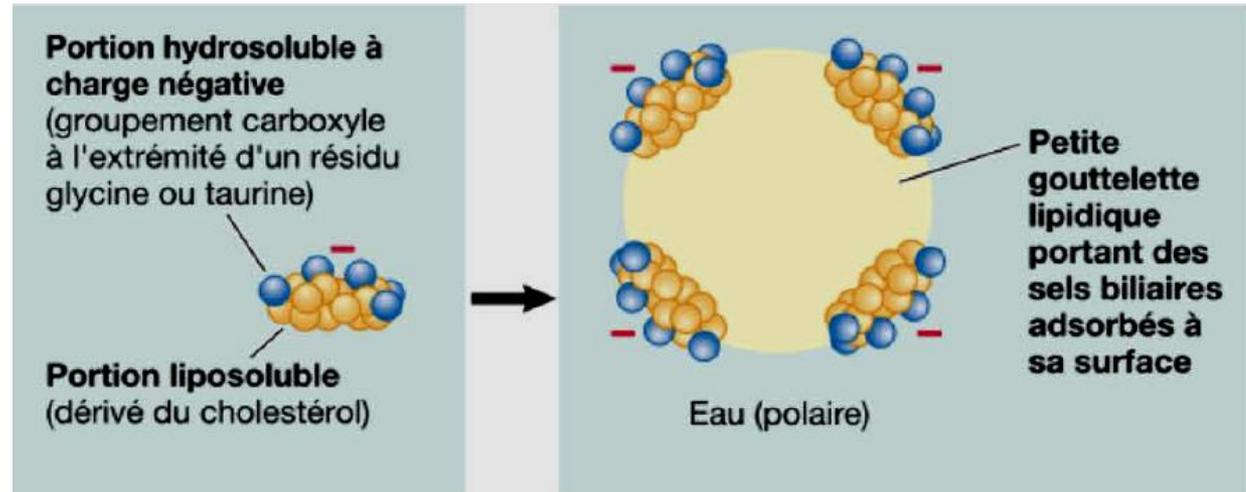
- La sécrétine, hormone qui stimule la production de suc pancréatique riche en bicarbonates; stimule aussi la sécrétion de bile riche en bicarbonate HCO_3^- sans augmenter les sels biliaires
- La cholécystokinine (CCK), hormone qui stimule la production de suc pancréatique riche en enzymes digestives,
 - stimule également la contraction de la vésicule biliaire
 - provoque le relâchement du sphincter hépato pancréatique (sphincter d'Oddi) au niveau de l'ampoule de Vater → favorise l'écoulement de la bile dans le duodénum.

Digestion chimique, foie et sécrétions biliaires : Rôle de la bile dans la digestion

Emulsifiant des graisses	Neutralisation acidité chyme	Elimination bilirubine
<ul style="list-style-type: none"> • La bile ne permet pas la digestion mais va aider la digestion des lipides: • Les sels biliaires favorise l'émulsification des lipides : formation de micelles lipidiques à partir de gros globules lipidiques. Ces micelles contiennent des sels biliaires et des triglycérides • Cela favorise la digestion des lipides par augmentation de la surface attaquant par les lipases • Le cholestérol est rendu soluble dans la bile par les sels biliaires et la lecithine 	<ul style="list-style-type: none"> • Les ions bicarbonates de la bile permet aussi de neutraliser le chyme gastrique acide 	<ul style="list-style-type: none"> • La bilirubine est un des produits de l'hémolyse des globules rouges par les macrophages hépatiques (cellules de Kupffer) et par d'autres macrophages dans la rate et la moelle osseuse. • La bile permet d'éliminer des déchets comme la bilirubine <p>REMARQUE : la bilirubine se retrouve dans les selles et leur donne une couleur marron</p>

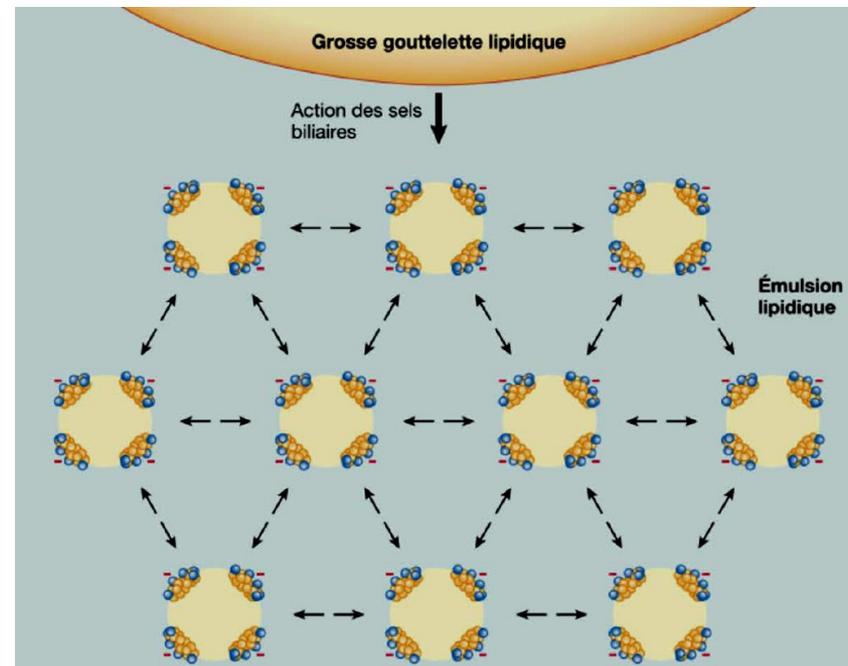
Digestion chimique, foie et sécrétions biliaires : Rôle de la bile dans la digestion

Structure des sels biliaires et fixation à la surface de petites gouttelettes lipidiques



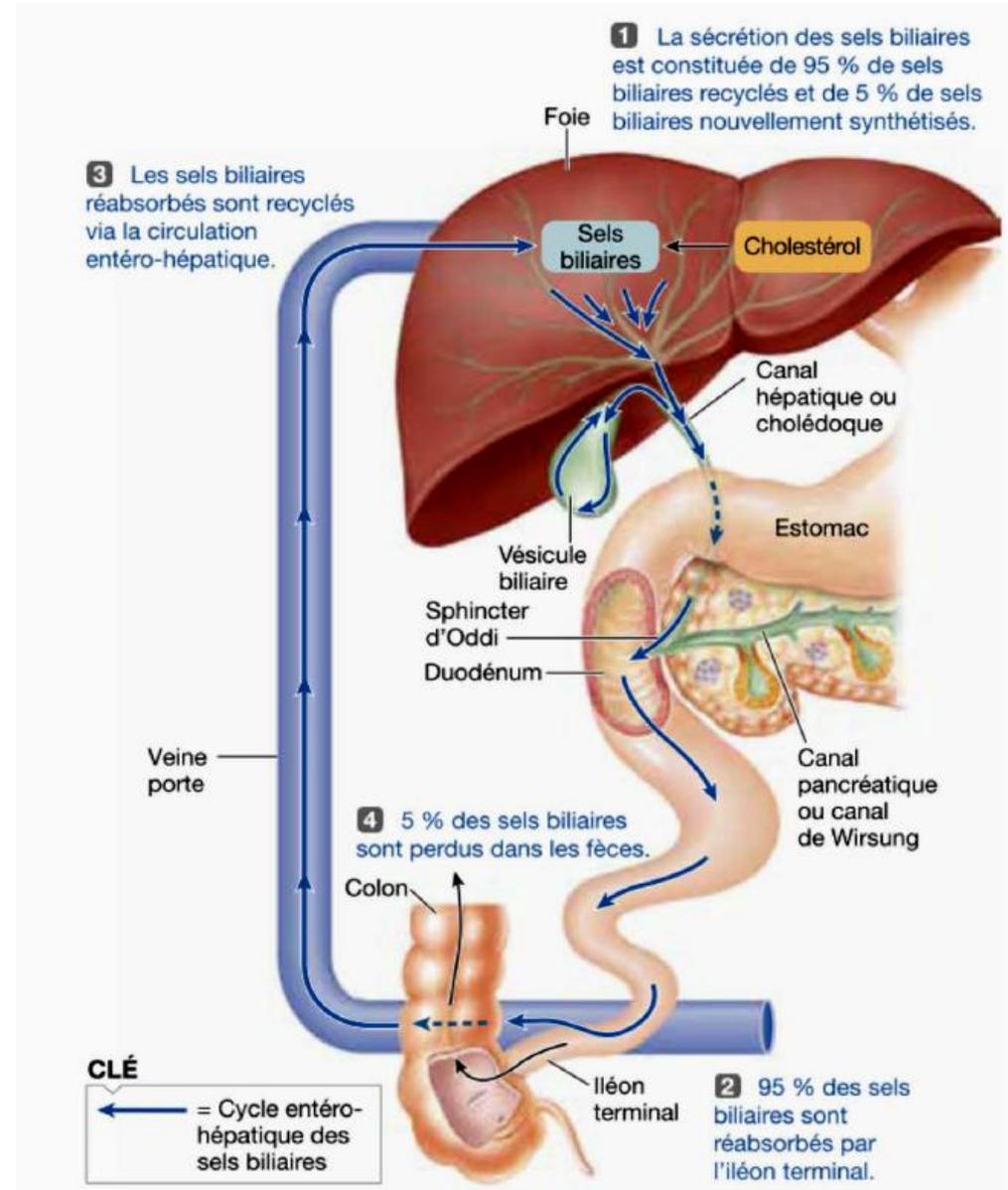
Formation d'une émulsion lipidique

L'extérieur des micelles est hydrophile → soluble dans l'eau → facilite le transport des lipides dans le milieu aqueux de la lumière intestinale jusqu'à la surface des cellules épithéliales



Digestion chimique, foie et sécrétions biliaires : Recyclage des sels biliaires

- Les **sels biliaires** (dérivés du cholestérol) de la bile, après avoir participé à la digestion et l'absorption des lipides, sont majoritairement réabsorbés dans la sang, au niveau de la partie terminale de l'Iléon
- Ils retournent ensuite au foie par le système porte → pourront être à nouveau sécrétés dans la bile (**recyclage entéro-hépatique**)



Digestion chimique, foie et sécrétions biliaires : Ictère ou Jaunisse

- Si la **bilirubine** est produite plus rapidement qu'elle est excrétée, elle s'accumule dans l'organisme → Ictère ou jaunisse



Ictère généralisé

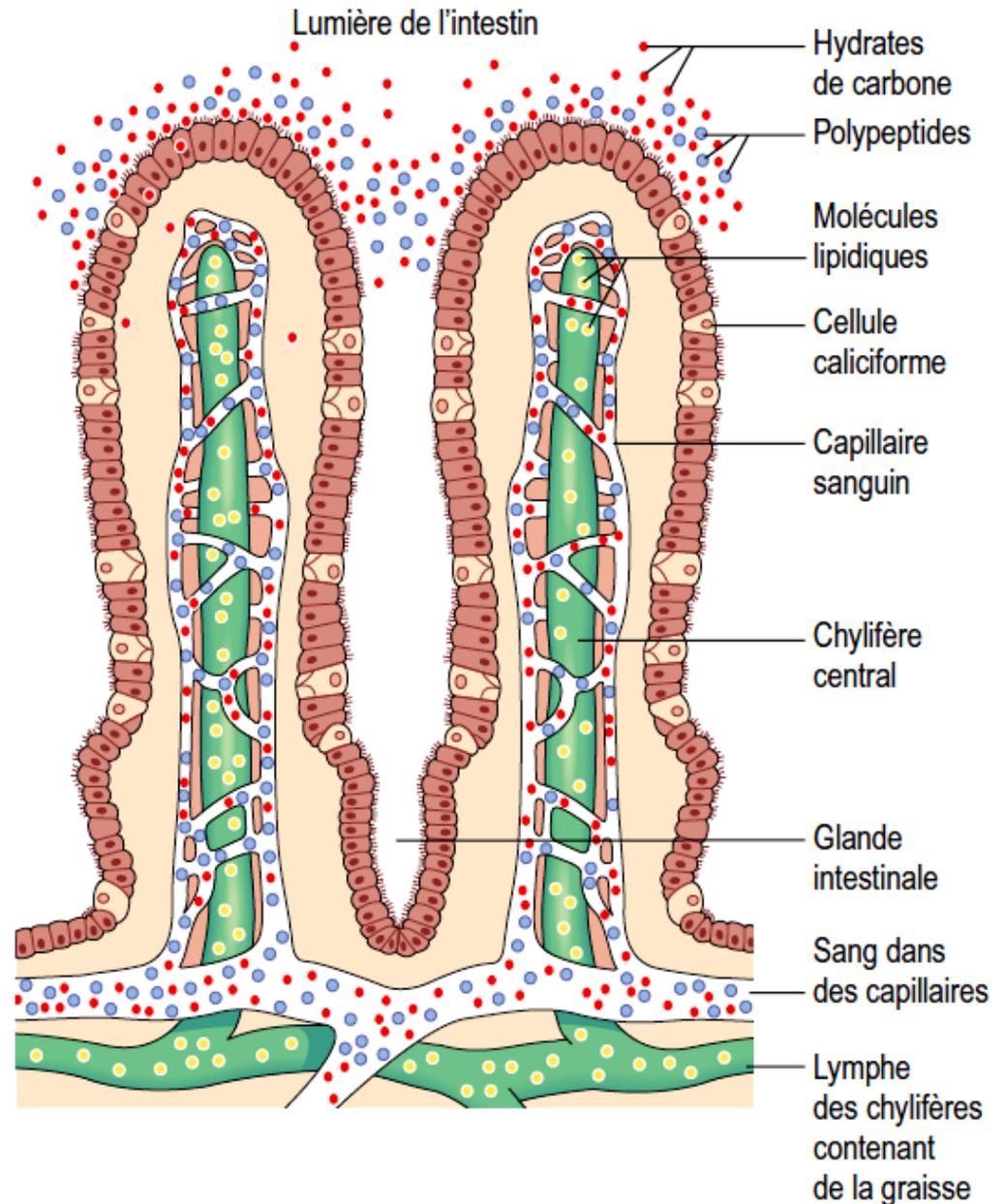


Ictère des sclérotiques.

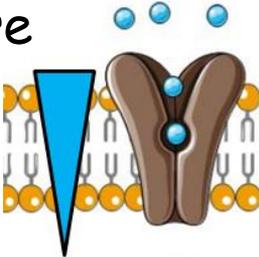
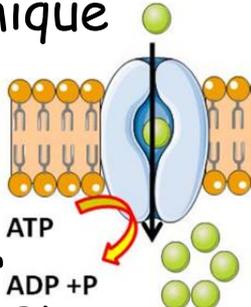


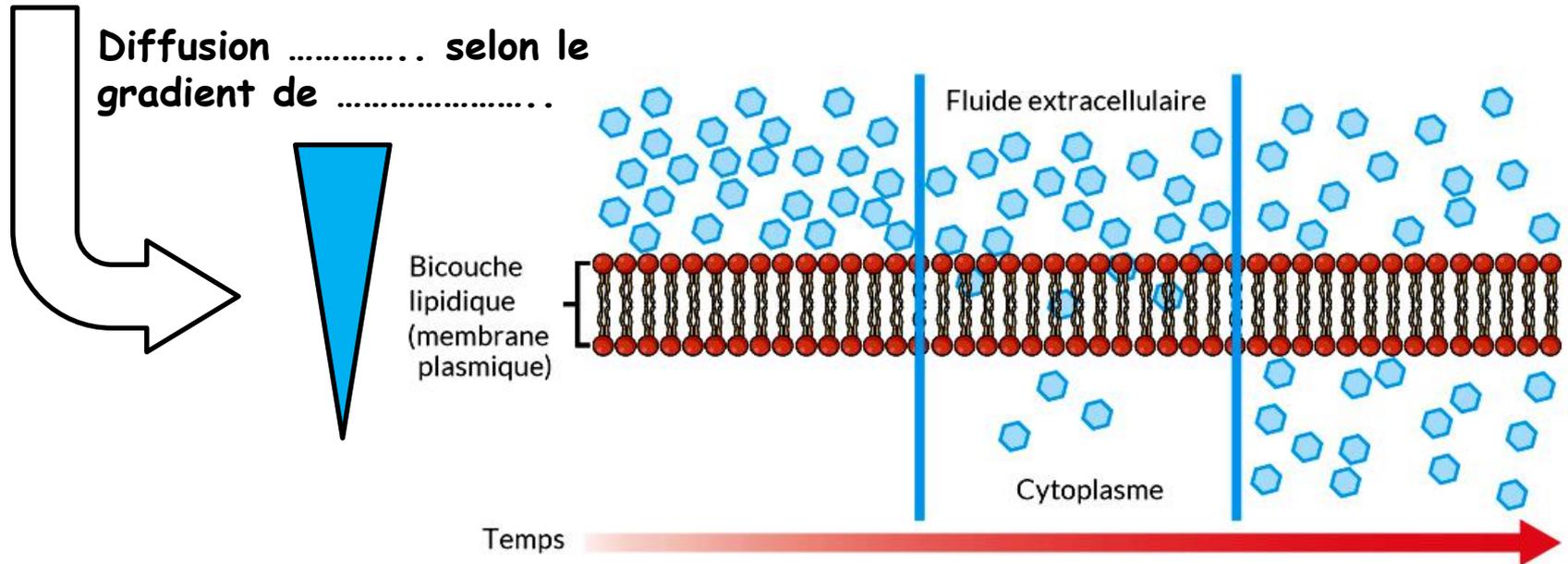
L'absorption intestinale

- Tous les nutriments générés par la dégradation chimique et mécanique des aliments vont passer dans le sang: c'est l'absorption
- **90%** de l'absorption s'effectue dans l'intestin grêle, au niveau du duodénum (le reste dans l'estomac et le colon)
- La surface d'absorption est accrue considérablement par les plis circulaires de la membrane muqueuse, et par le très grand nombre de villosités et de microvillosités.

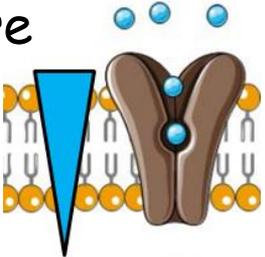
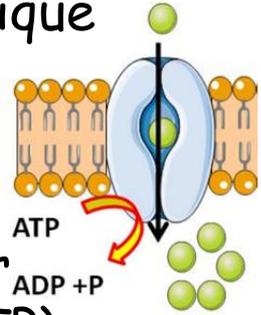


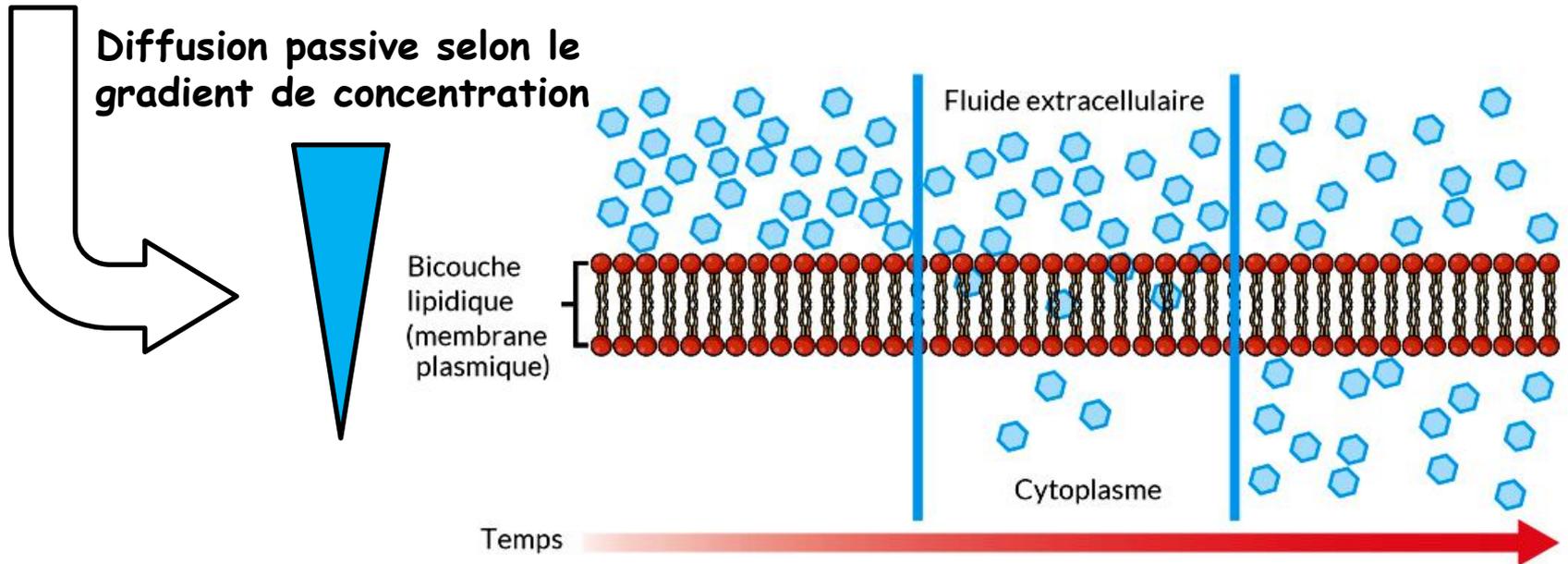
Les 3 mécanismes de l'absorption

Diffusion	Diffusion	Transport
<ul style="list-style-type: none"> • Selon un de concentration (du plus vers le moins concentré) 	<ul style="list-style-type: none"> • Intervention d'un membranaire 	<ul style="list-style-type: none"> • absorption contre un chimique ou • processus consommateur d'..... (ATP) 

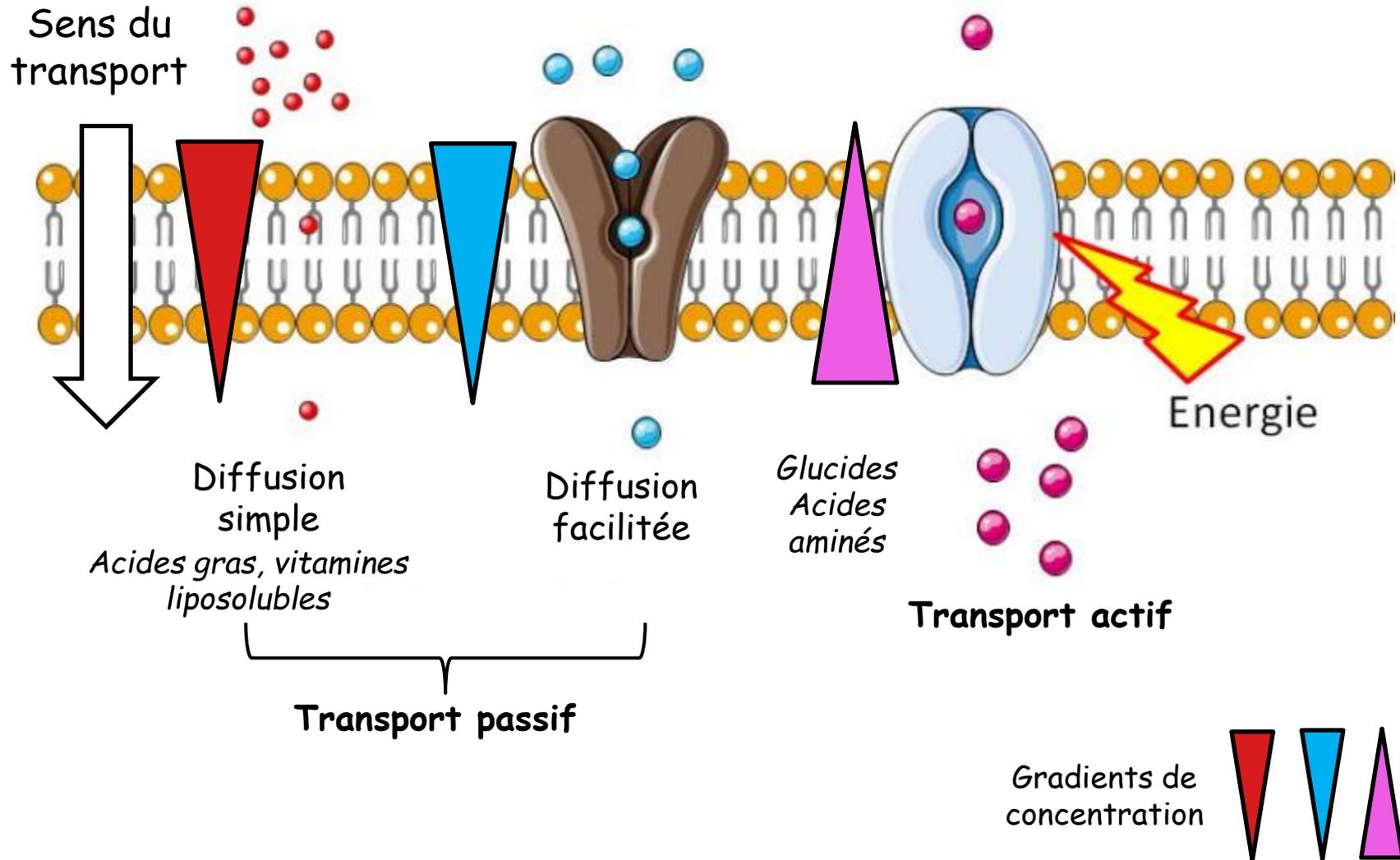


Les 3 mécanismes de l'absorption

Diffusion passive	Diffusion facilitée	Transport actif
<ul style="list-style-type: none">• Selon un gradient de concentration (du plus concentré vers le moins concentré)	<ul style="list-style-type: none">• Intervention d'un transporteur membranaire 	<ul style="list-style-type: none">• absorption contre un gradient chimique ou électrique• processus consommateur d'énergie (ATP) 

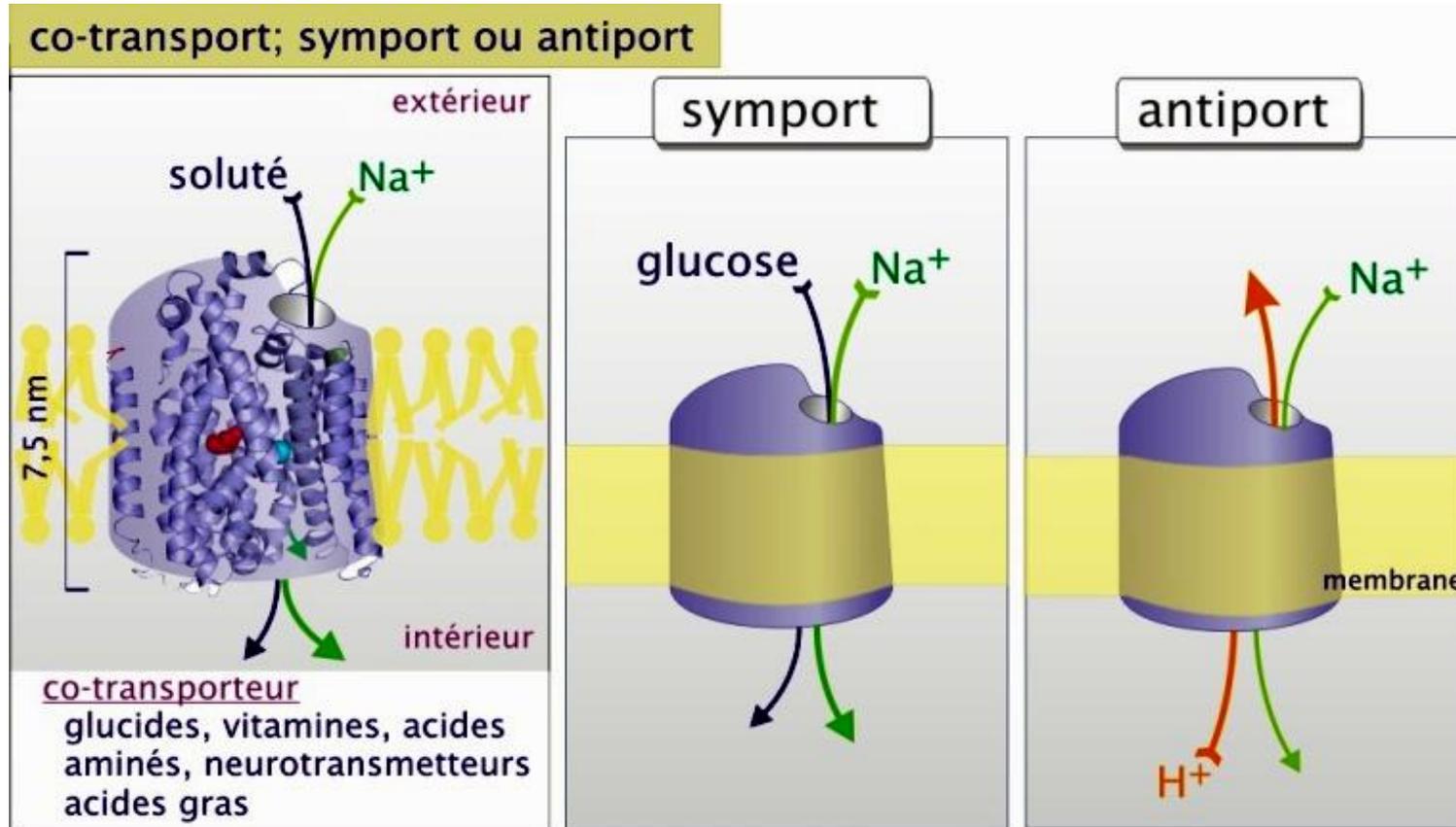


Les 3 mécanismes de l'absorption



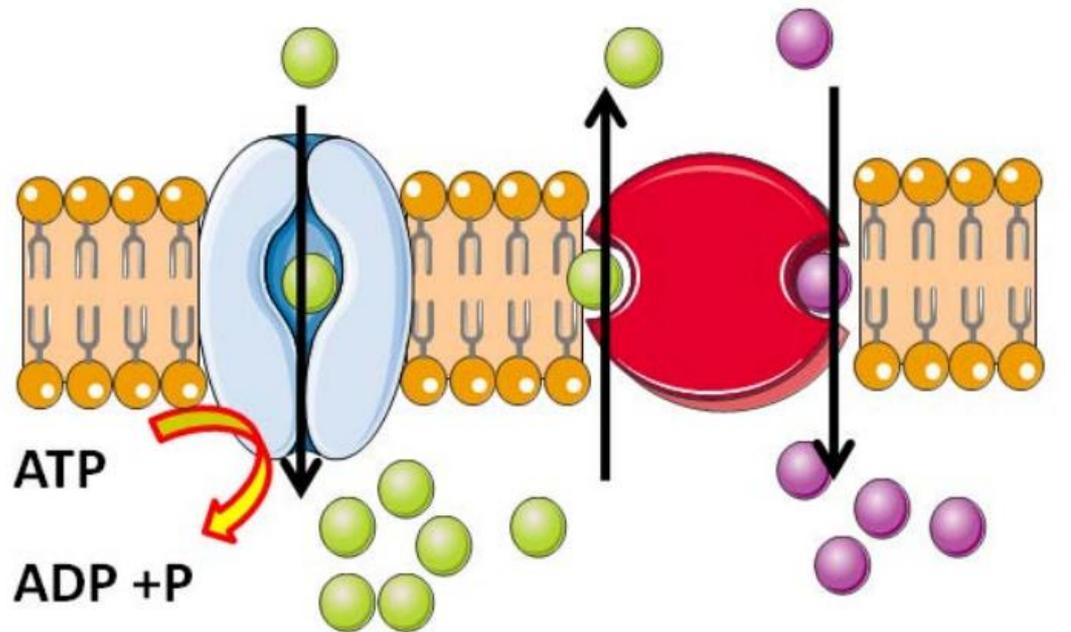
Les 3 mécanismes de l'absorption

Diffusion facilitée avec intervention de co-transporteurs membranaires



Les 3 mécanismes de l'absorption

Deux types de transport actif



Transport contre le gradient grâce à un **apport d'énergie sous forme d'ATP**

Transport actif primaire

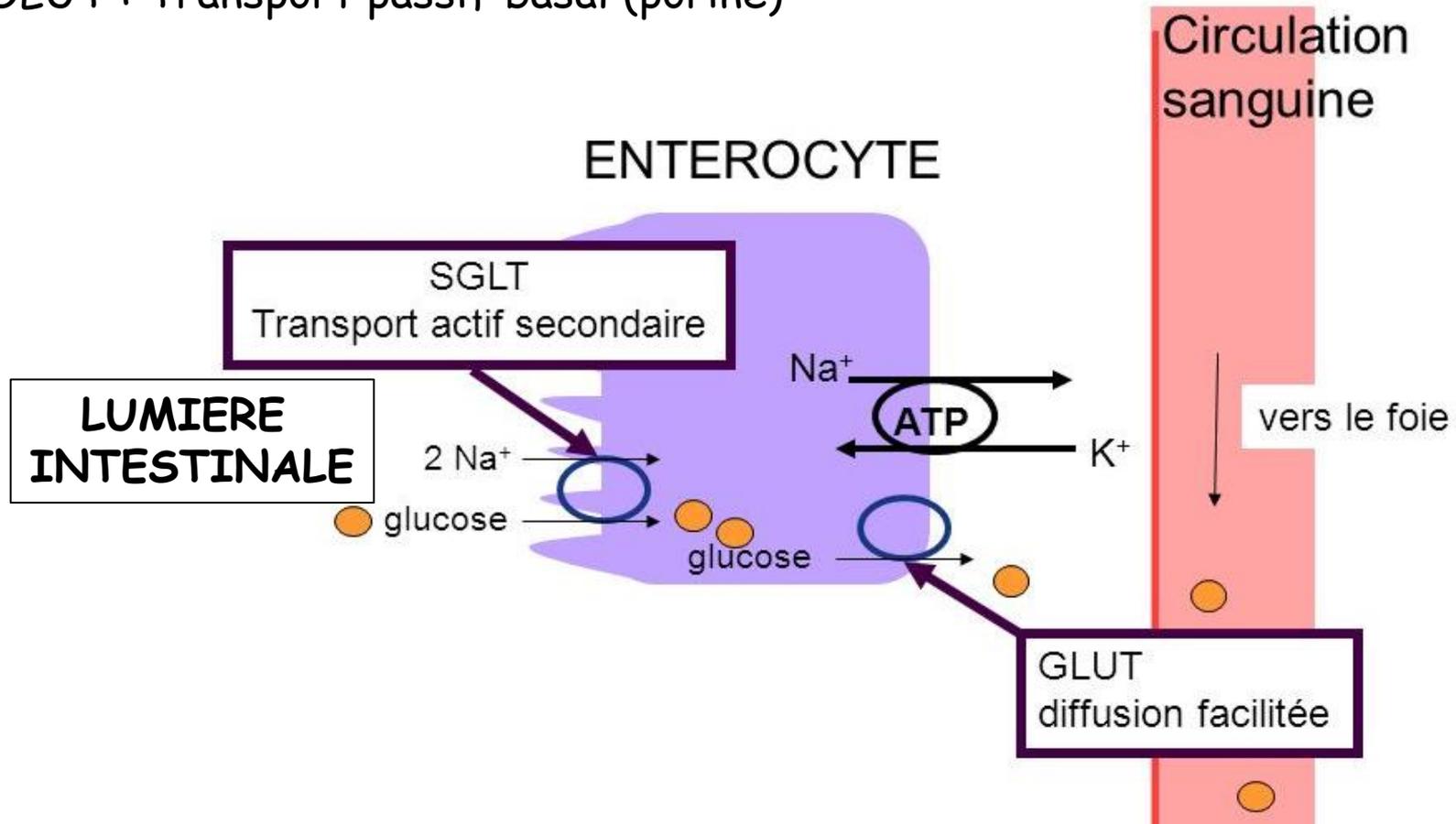
Transport actif secondaire

Transport contre le gradient grâce à un **co-transport antiport**

L'absorption des glucides → SANG

Absorption du glucose

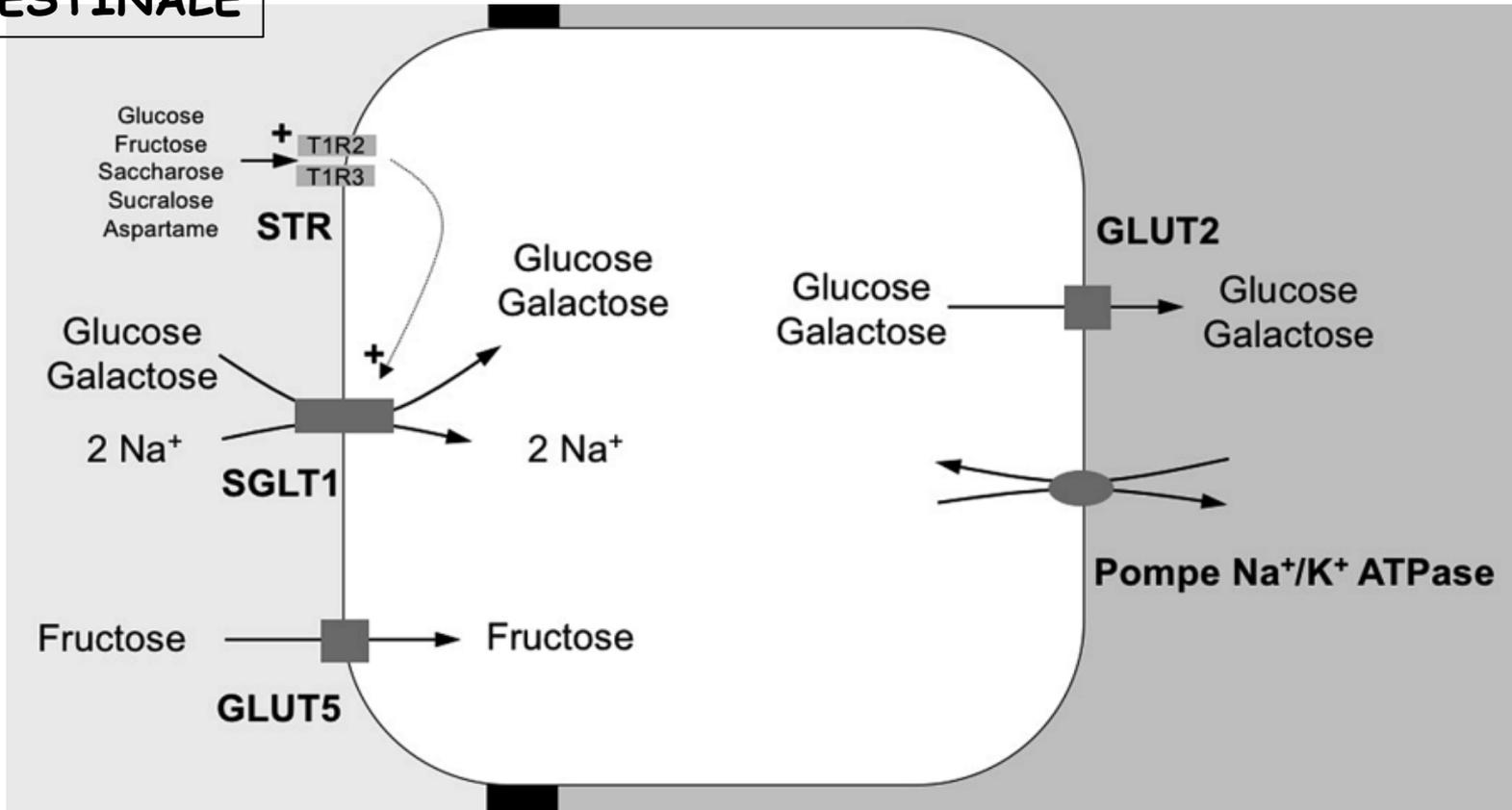
- SGLT : Transport actif secondaire apical (co-transporteur)
- GLUT : Transport passif basal (porine)



L'absorption des glucides → SANG

**LUMIERE
INTESTINALE**

SANG



L'absorption des glucides → SANG

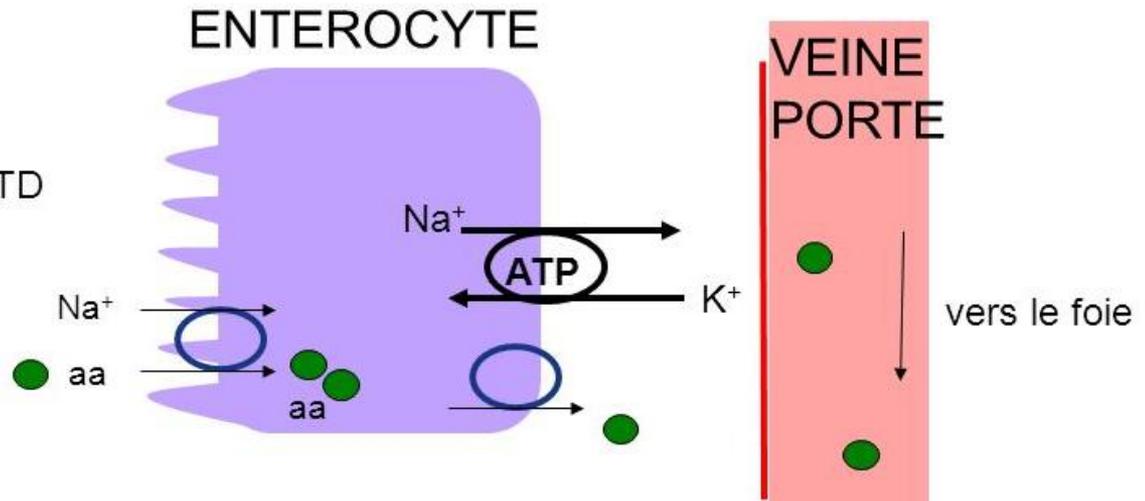
- Les **disaccharides** (saccharose, lactose, maltose) sont scindés en monosaccharides (glucose, galactose, fructose) par les enzymes de la bordure en brosse
- **Glucose et galactose** sont absorbés par un transport actif secondaire
 - Les co-transporteurs de la membrane apicale transportent simultanément Na^+ et monosaccharides de la lumière vers le cytoplasme des cellules épithéliales.
 - Ces co-transporteurs fonctionnent grâce à un gradient de concentration entretenu par la pompe Na K ATPase (consomme de l'énergie)
- Le **fructose** est absorbé par diffusion facilitée (passif + transporteur)

L'absorption des protides → SANG Na⁺

Absorption des acides aminés

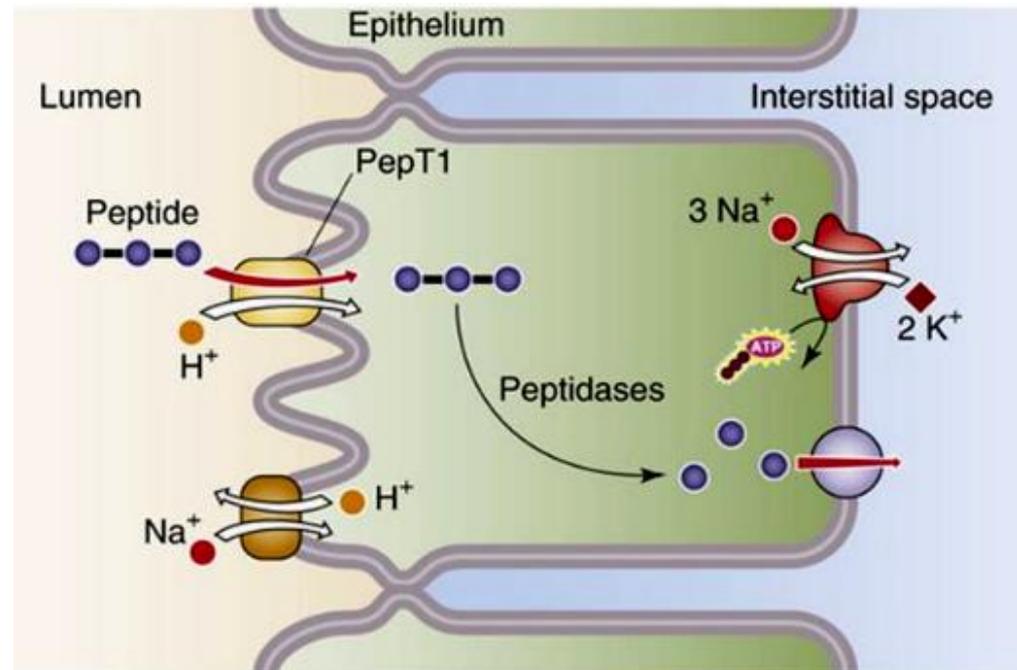
LUMIERE DU TD

- Transporteurs spécifiques pour certains a.a
- Dépendants ou non du gradient de Na⁺



Absorption des oligopeptides

- Co-transport des peptides avec H⁺
- Peptides hydrolysés en aa dans le cytoplasme

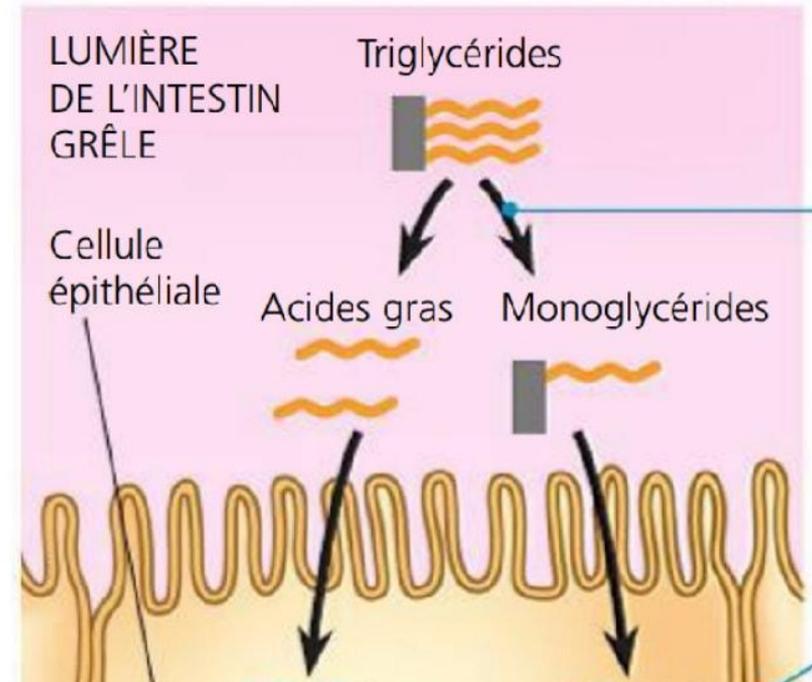
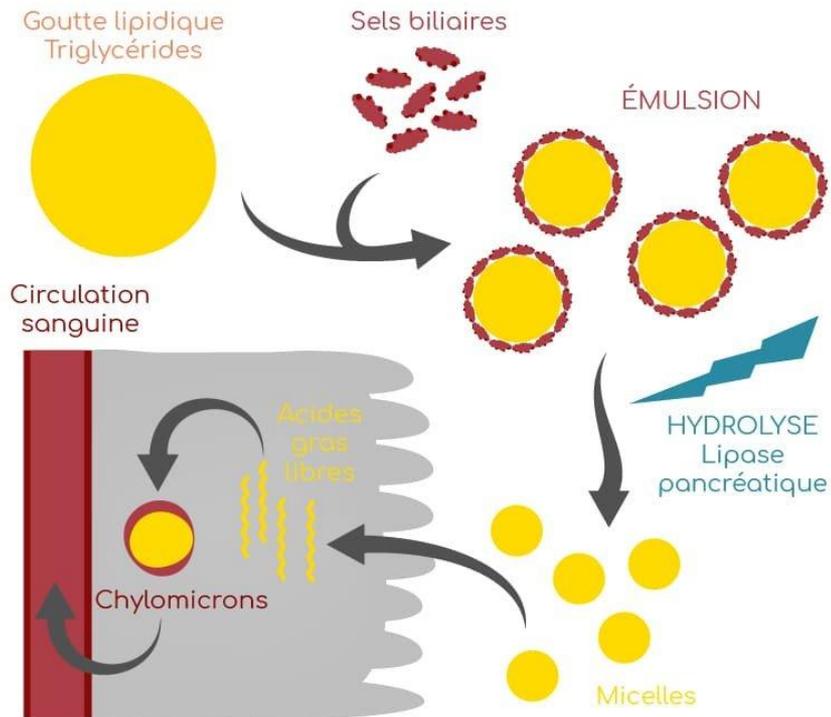


L'absorption des protides → SANG

- La digestion et l'absorption des **protides** porte sur les protéines étrangères mais aussi les protéines endogènes, de l'organisme lui-même (enzymes sécrétées dans la lumière, protéines des cellules épithéliales en renouvellement)
- La part des protides endogènes dans le tube digestif peut être supérieure à la part des protides ingérés
- **Les acides aminés** sont absorbés par un transport actif secondaire (comme glucose et galactose)
- **Les petits peptides** sont absorbés par un transporteur différent (co-transport aa / H⁺) et peuvent être aussi scindés en acides aminés par les amini-peptidases de la bordure en brosse

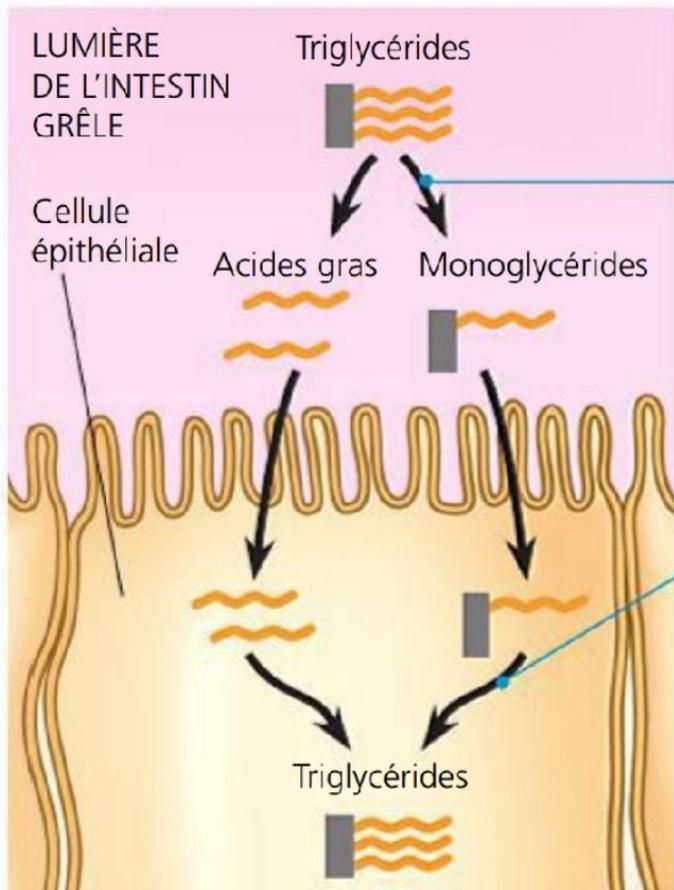
L'absorption des lipides → LYMPE

- Les triglycérides forment des micelles grâce aux sels biliaires → emulsification → Favorise l'attaque de la lipase pancréatique → monoglycérides et acides gras

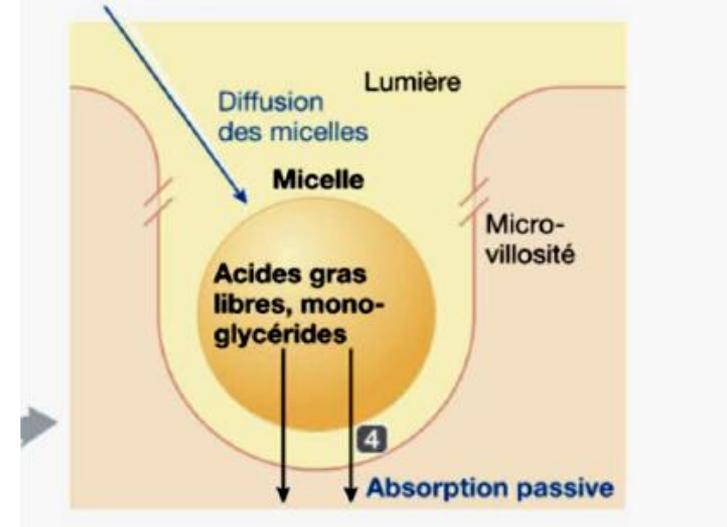


L'absorption des lipides → LYMPHE

- Les micelles étant liposolubles → **diffusion passive** des monoglycérides et acides gras à l'intérieur des entérocytes

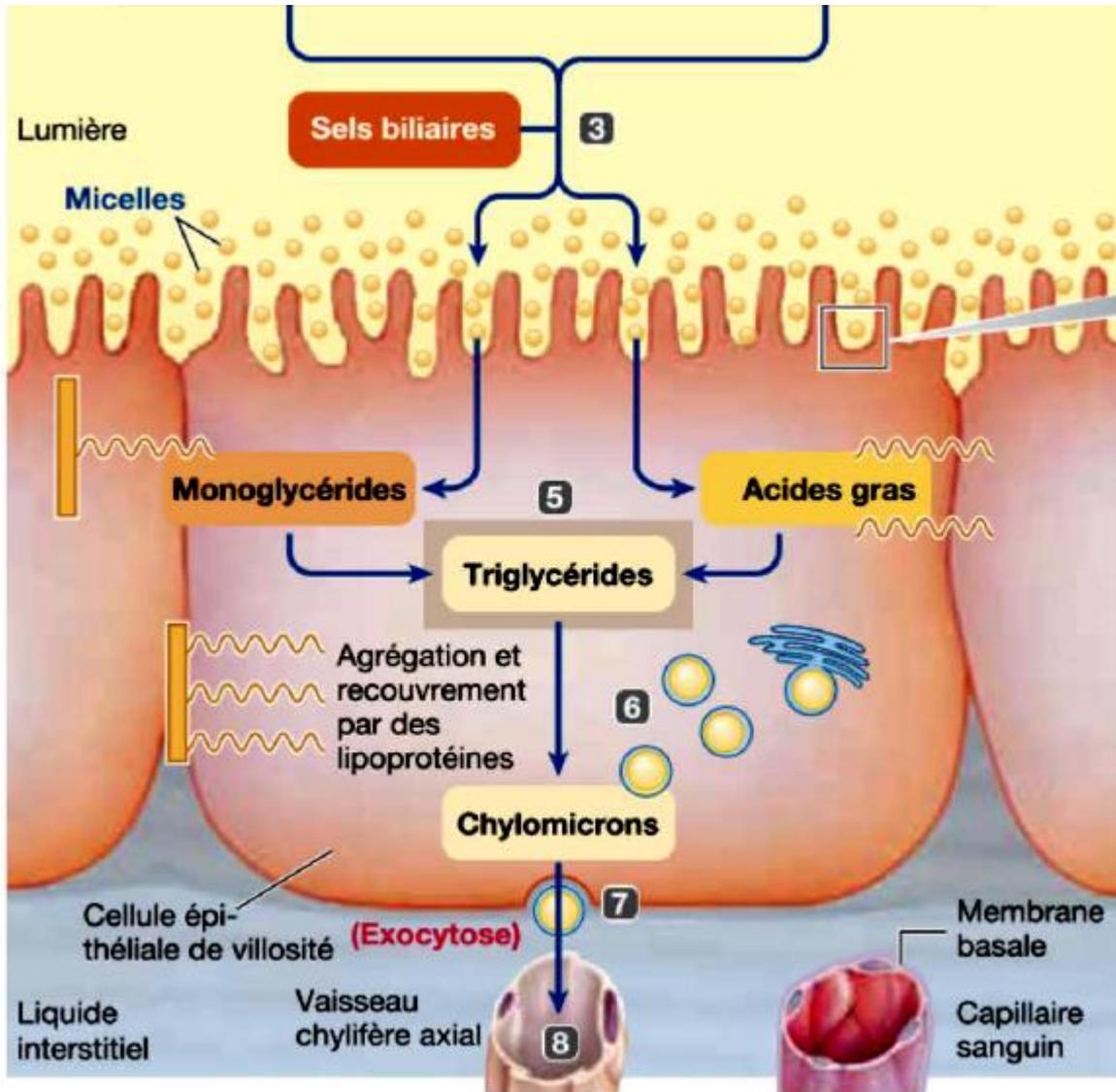


4 Quand une micelle se rapproche de la surface absorbante de l'épithélium, les monoglycérides et les acides gras diffusent passivement au travers de la bicouche lipidique de la membrane luminale des cellules.



- Une fois à l'intérieur des entérocytes, les monoglycérides et acides gras sont re-synthétisés en triglycérides

L'absorption des lipides → LYMPHE



• Les triglycérides s'agglomèrent en gouttelettes et sont emballés d'une couche de lipoprotéines fabriquées par le réticulum → cela rend les gouttelettes lipidiques hydrosolubles (chylomicrons)

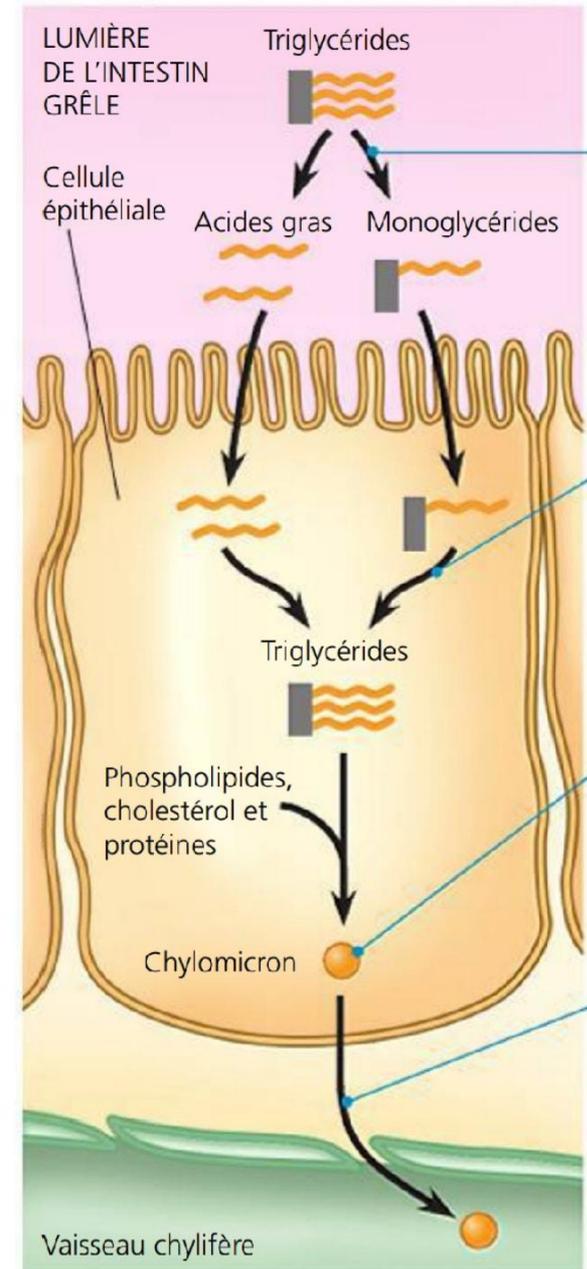
• Les chylomicrons sortent par exocytose au niveau de la membrane basale des entérocytes → capillaires lymphatiques

REMARQUE:

L'absorption des lipides → LYMPHE

REMARQUES:

- Les chylomicrons sont incapables de traverser la membrane des capillaires sanguins). C'est pour cela qu'ils passent dans la voie lymphatique.
- L'absorption des monoglycérides et acides gras et une **diffusion passive** car leur liposolubilité leur permet de se dissoudre au sein de la membrane plasmique (phospholipides) et donc de la traverser
- Cependant, la re-synthèse des triglycérides et la formation des chylomicrons sont des processus actifs qui demandent de l'énergie (ATP)

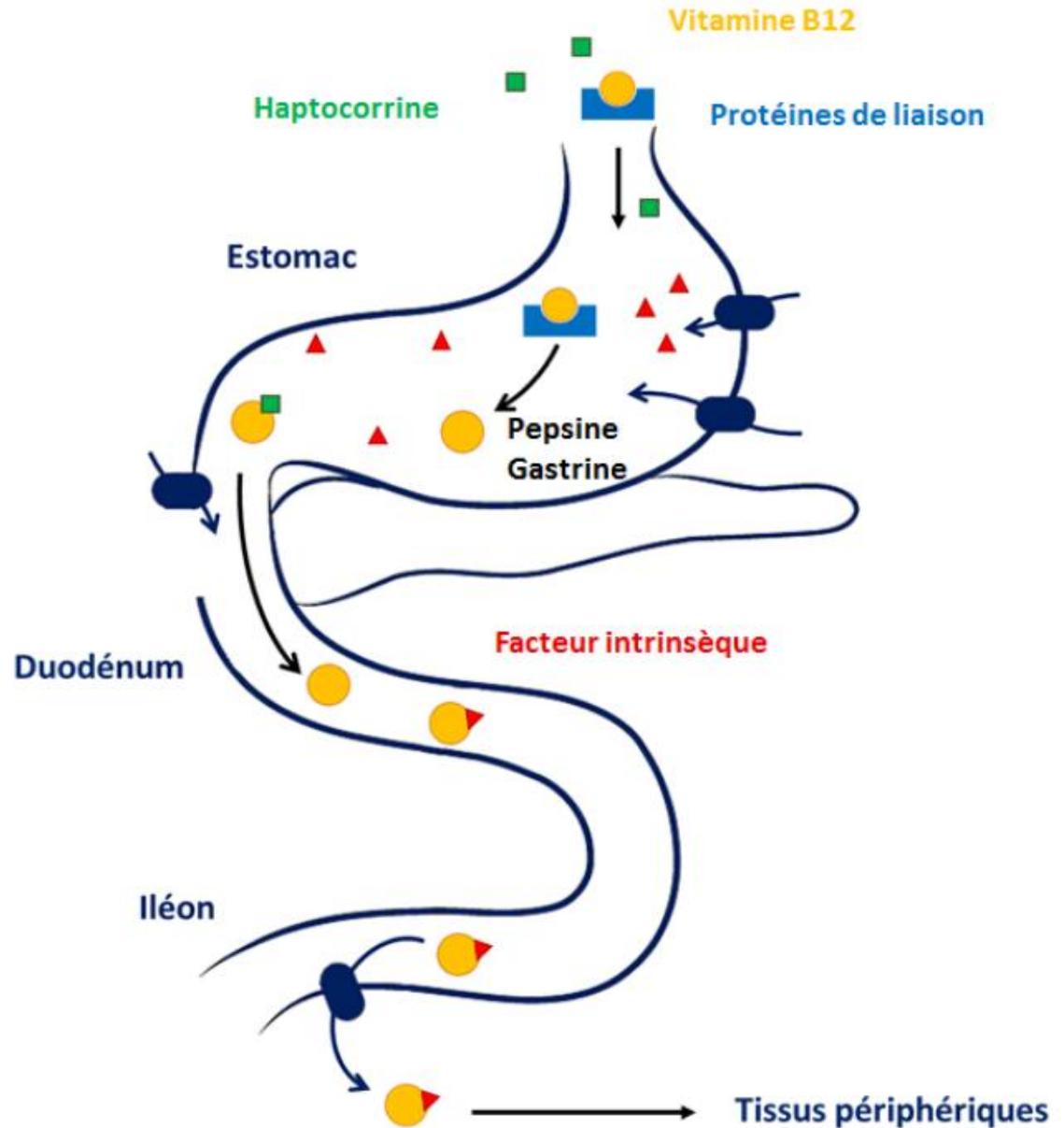


L'absorption des vitamines, fer, calcium

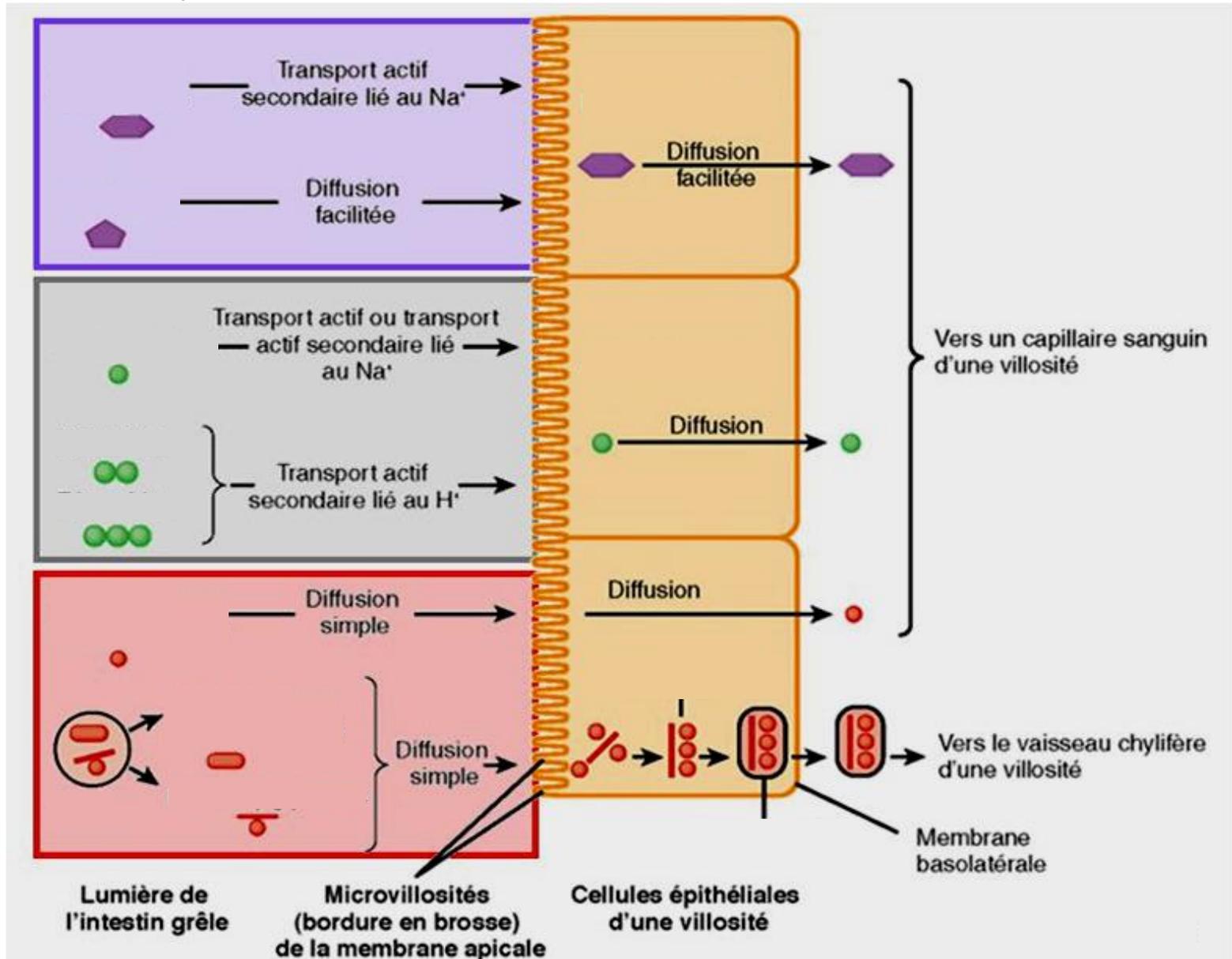
- Les **vitamines hydrosolubles** sont essentiellement absorbées par diffusion passive, en suivant l'eau
- Les **vitamines liposolubles** sont transportées par les micelles et sont absorbées comme les lipides
- L'absorption du fer et du calcium est contrôlée en fonction des besoins de l'organisme. L'excédent est éliminé dans les fecès.

L'absorption des vitamines, fer, calcium

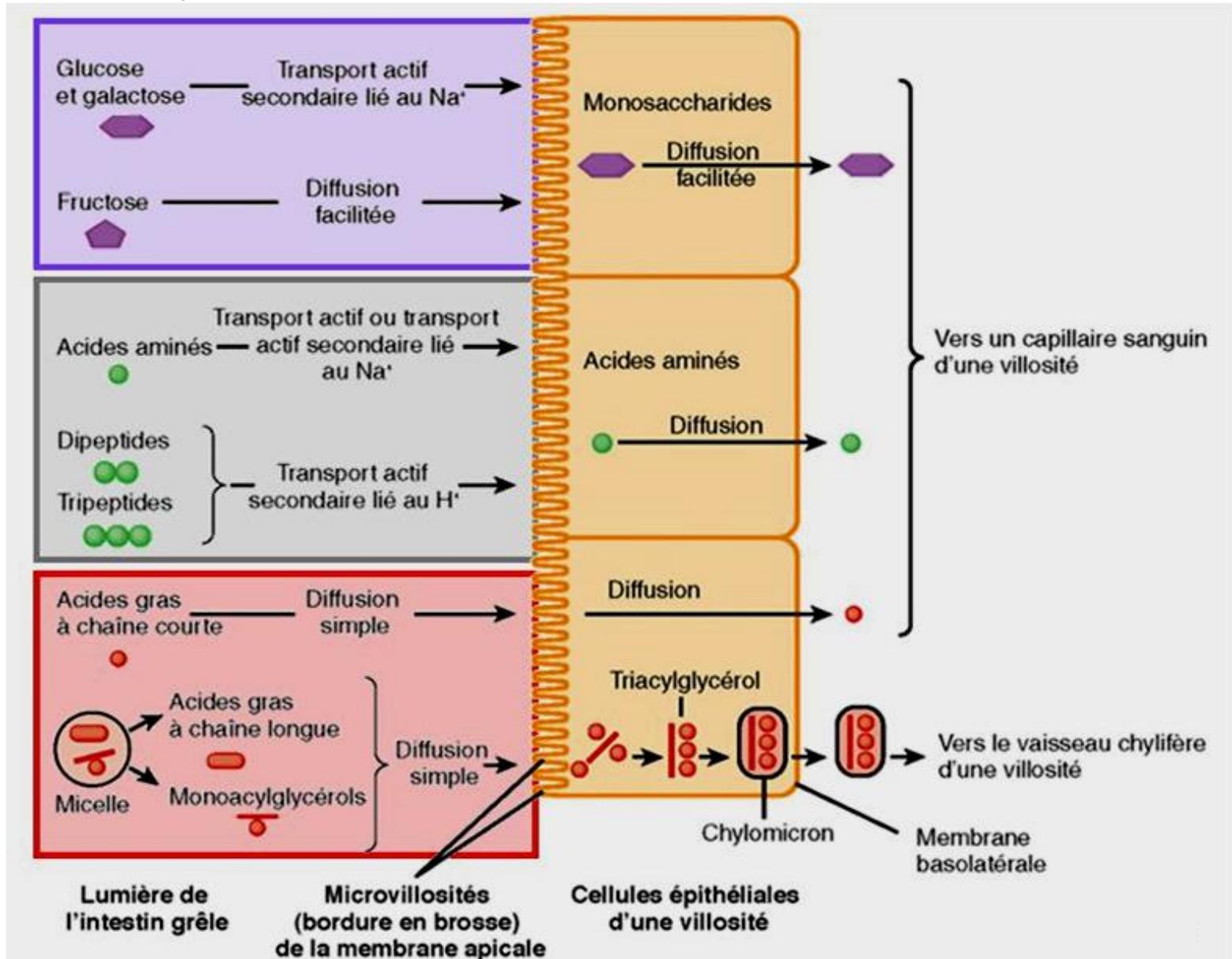
- La **vitamine B12** doit être combinée au facteur intrinsèque de l'estomac pour être absorbée par endocytose dépendant d'un récepteur au niveau de l'iléon



BILAN sur l'absorption



BILAN sur l'absorption

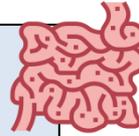


Transport de l'eau - Diarrhée



9 L d'eau qui entre chaque jour dans l'**intestin** (apports + sécrétions digestives)

8 L d'eau réabsorbé au niveau de l'**intestin grêle**



Parmi les 1L restant, l'essentiel est réabsorbé au niveau du **colon**



Reste seulement 100 ml évacué dans les **fecès**



Diarrhée = selles anormalement liquides (l'intestin n'absorbe pas suffisamment d'eau → l'excès d'eau passe dans les fecès)

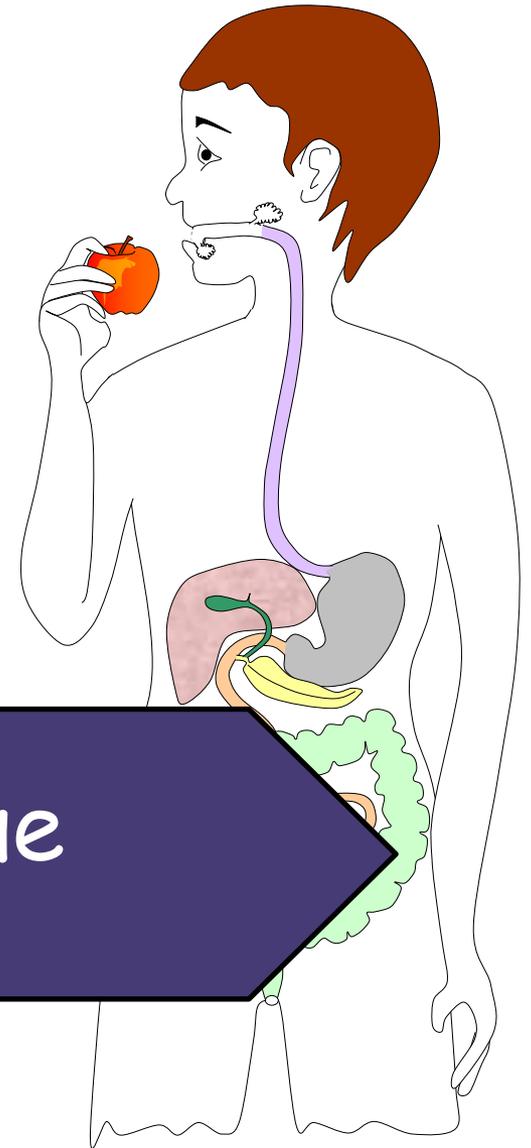
- Cause la plus fréquente : motilité excessive de l'intestin grêle suite à une irritation de la paroi (agression microbienne ou virale)
- Dans ce cas, le transit intestinal est trop rapide → ne permet pas l'absorption correcte de l'eau et solutés
- Peut causer une déshydratation importante

RESUME : Sites de digestion et d'absorption des nutriments

	Bouche	Estomac	Intestin grêle		Gros intestin
			Digestion	Absorption	
Glucides	<i>Amylase salivaire</i> : amidons cuits en disaccharides	<i>L'acide chlorhydrique</i> dénature et arrête l'action de l'amylase salivaire	<i>Amylase pancréatique</i> : amidons cuits en disaccharides <i>Saccharase, maltase, lactase</i> (dans les entérocytes) : disaccharides en monosaccharides (glucose surtout)	Dans les capillaires sanguins des villosités	–
Protéines		<i>Acide chlorhydrique</i> : pepsinogène en pepsine <i>Pepsine</i> : protéines en polypeptides	<i>Entérokinase</i> (dans les entérocytes) : chymotrypsinogène et trypsinogène (du pancréas) en chymotrypsine et trypsine <i>Chymotrypsine et trypsine</i> : polypeptides en di- et tripeptides <i>Peptidases</i> (dans les entérocytes) : di- et tripeptides en acides aminés	Dans les capillaires sanguins des villosités	–

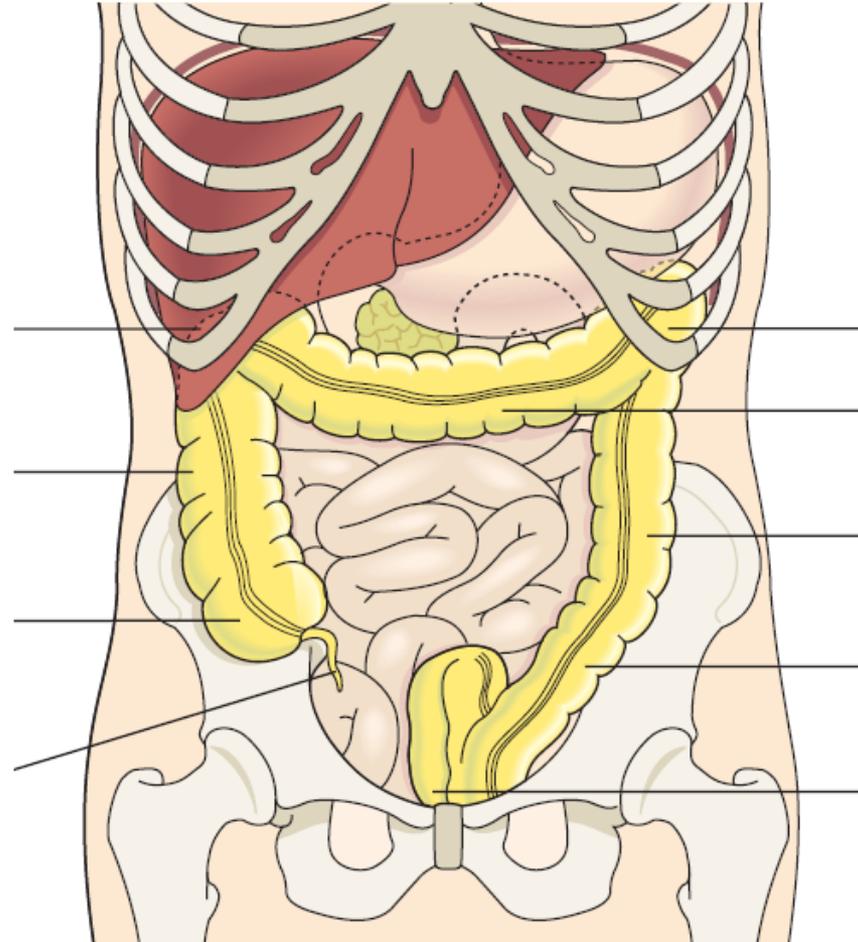
RESUME : Sites de digestion et d'absorption des nutriments

	Bouche	Estomac	Intestin grêle		Gros intestin
			Digestion	Absorption	
Grasses	-	-	<p><i>Bile</i> (du foie) : les sels biliaires émulsifient les graisses</p> <p><i>Lipase pancréatique</i> : graisses en acides gras et glycérol</p> <p><i>Lipases</i> (dans les entérocytes) : graisses en acides gras et glycérol</p>	Dans les chylifères des villosités	-
Eau	-	Petites quantités absorbées		La plus grande partie est absorbée là	Le reste est absorbé là
Vitamines	-	Sécrétion du facteur intrinsèque pour l'absorption de la vitamine B ₁₂	-	Vitamines hydrosolubles absorbées dans les capillaires; celles liposolubles dans les chylifères des villosités	Des bactéries synthétisent de la vitamine K dans le côlon; absorbée là

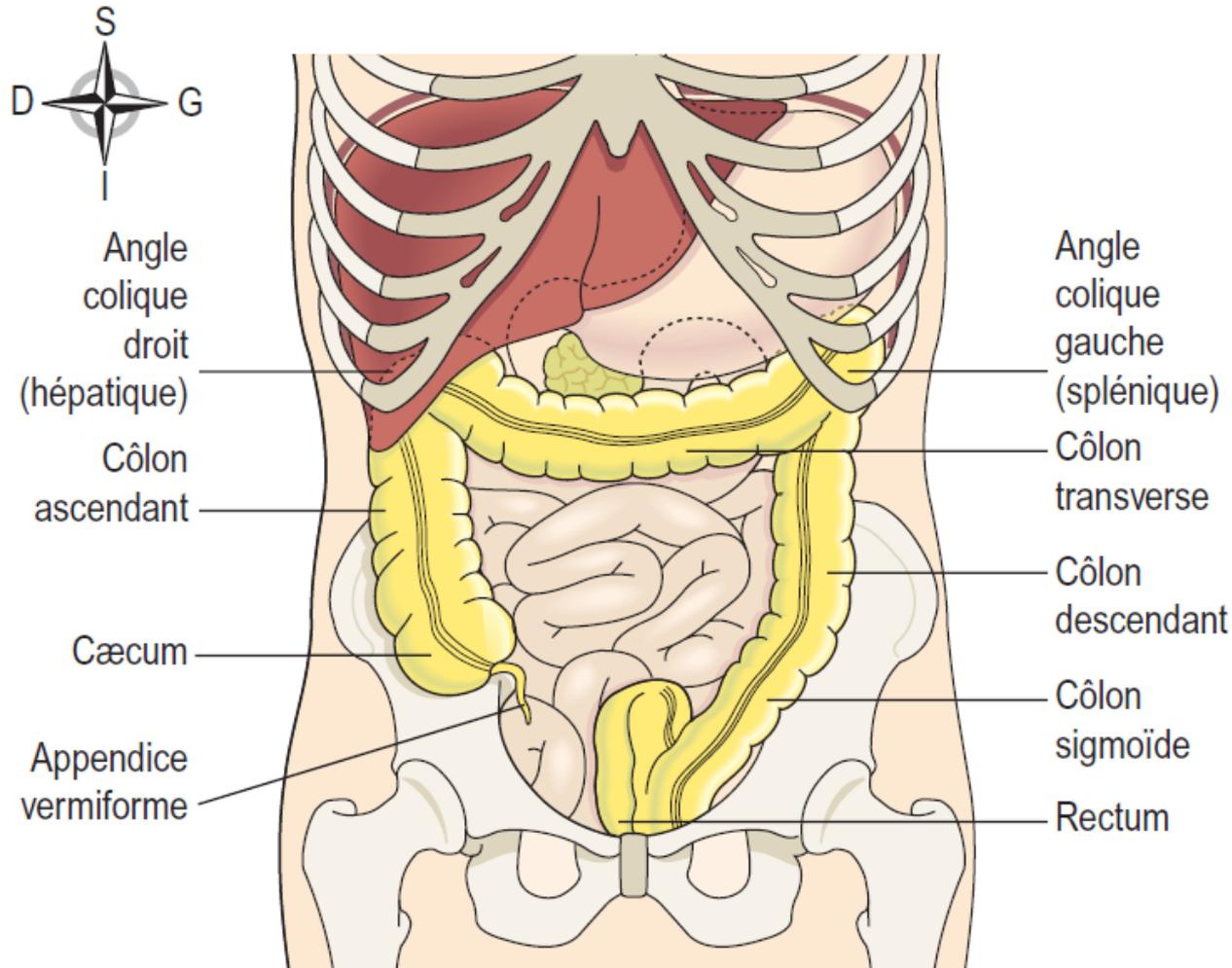


IV - Phase colique

- **Le gros intestin** = Colon + rectum + caecum et appendice
- **Colon** : 4 parties : ascendant, transverse, descendant et sigmoïde (= en forme de S)

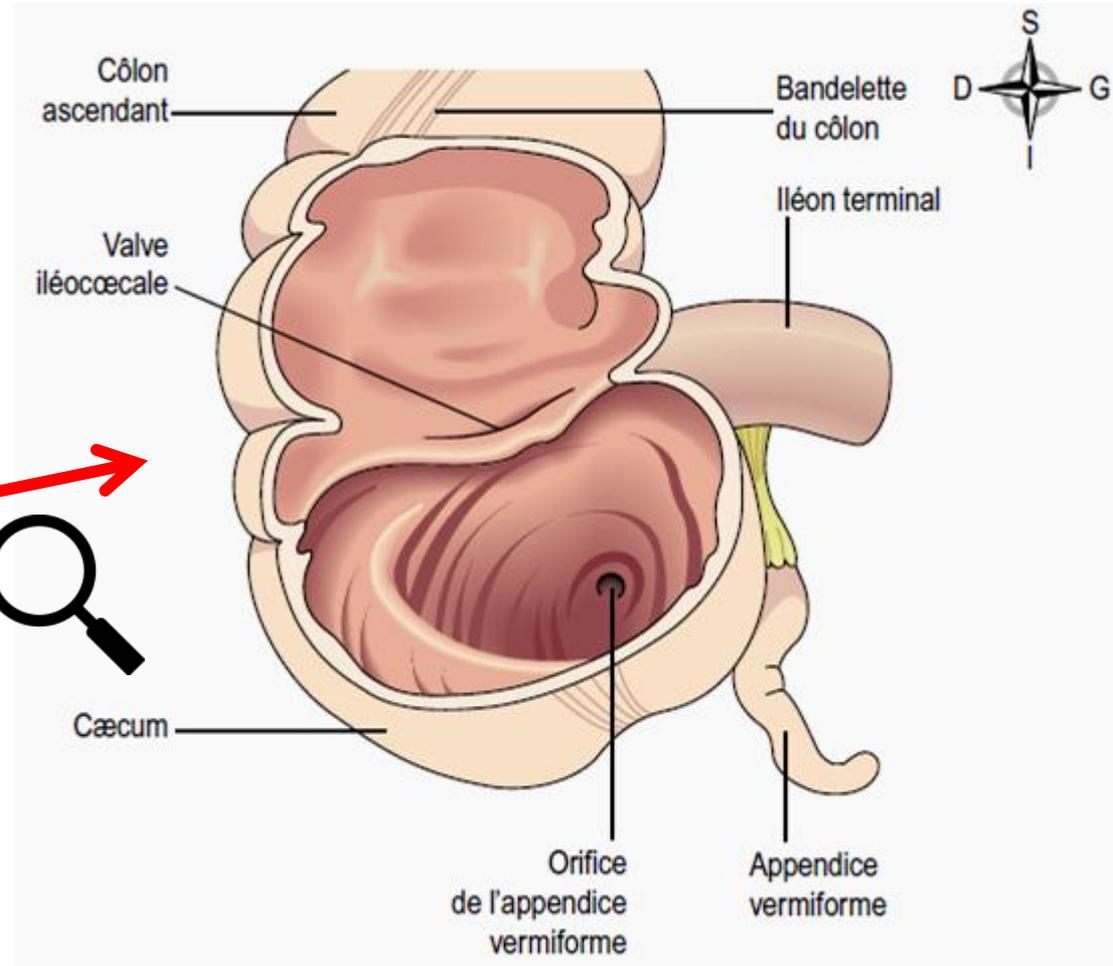
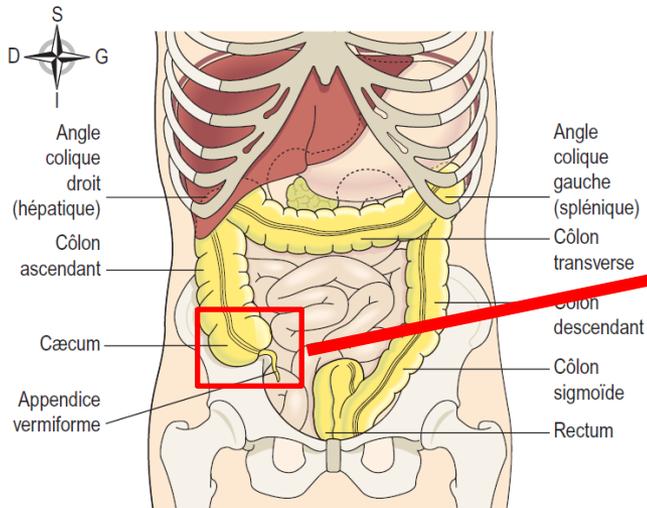


- **Le gros intestin** = Colon + rectum + caecum et appendice
- **Colon** : 4 parties : ascendant, transverse, descendant et sigmoïde (= en forme de S)



IV - La phase colique : anatomie, histologie

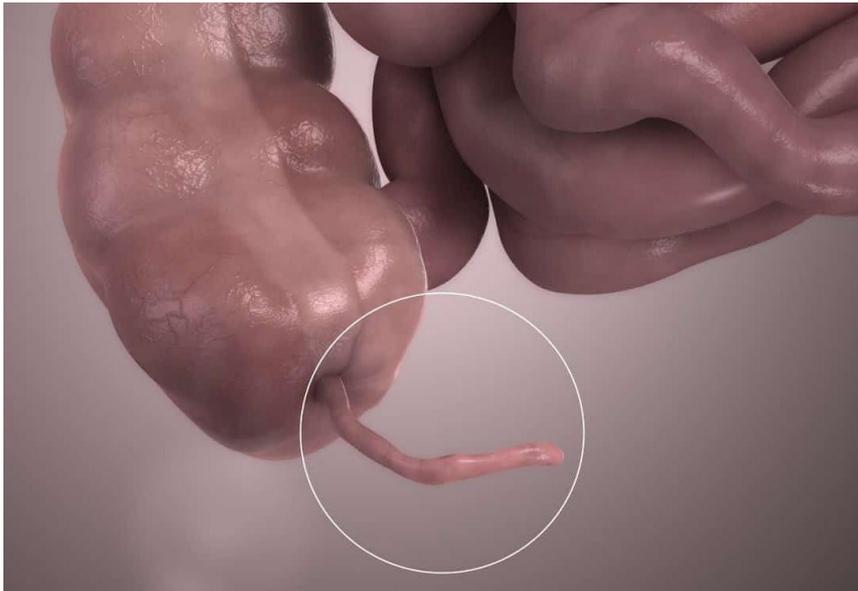
- **Caecum** = poche en cul de sac
- **Appendice (8 à 9 cm)** = prolongement en doigt de gant du caecum. C'est un organe lymphoïde contenant des lymphocytes. Il n'a pas de fonction digestive. Peut provoquer une appendicite lorsqu'il devient inflammatoire.



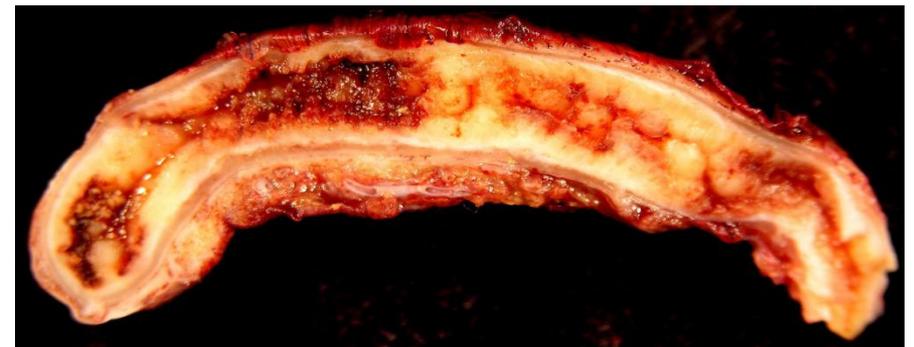
Appendicite



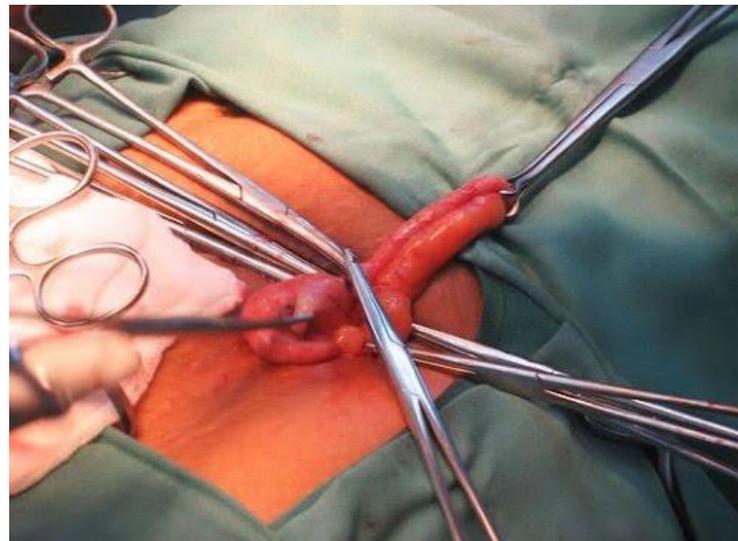
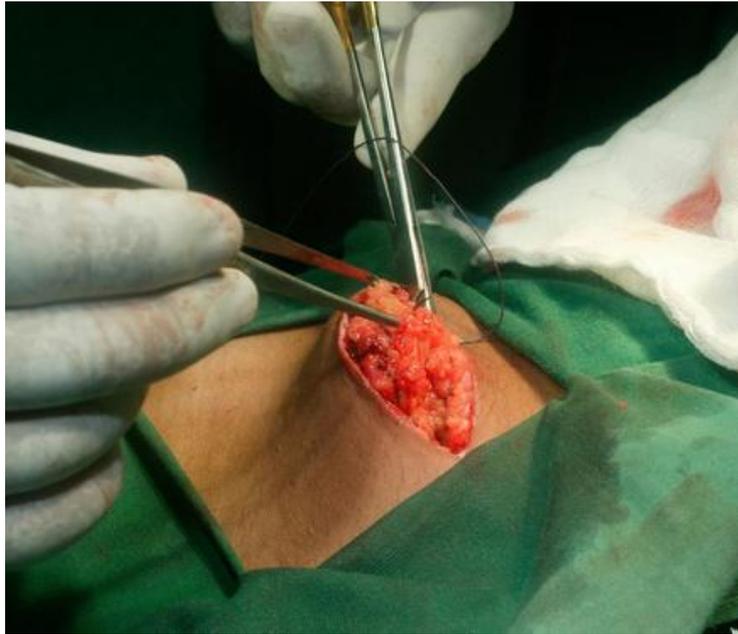
- **Cause:** Matière fécale ou corps étranger qui se loge dans l'appendice → bloque la circulation sanguine, la sécrétion de mucus dans cet étroit cul de sac → inflammation
- Appendice enflammé → distendu, peut contenir du pus et peut nécroser
- En absence d'intervention chirurgicale → rupture de l'appendice → matériel infectieux dans la cavité abdominale (péritonite = rupture de l'abcès dans le péritoine)



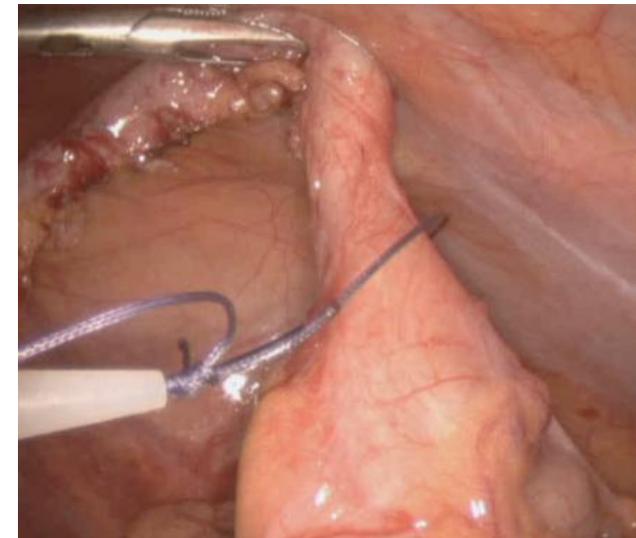
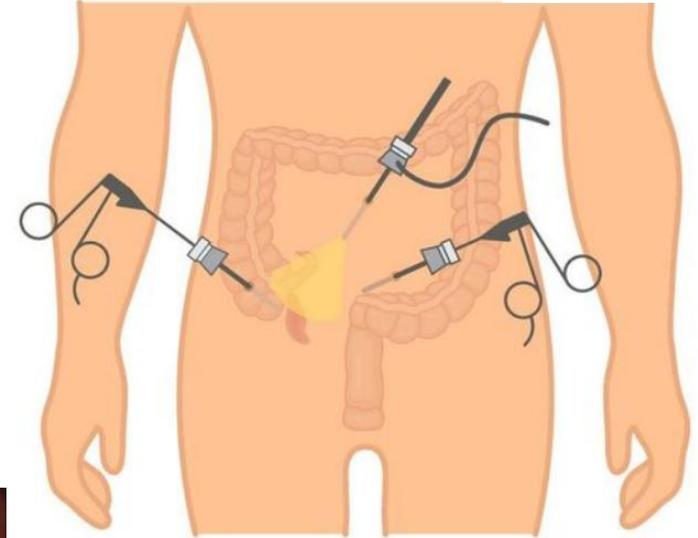
Appendice enflammé et élargi



Appendicectomie classique



Appendicectomie laparoscopique



Le colon est essentiellement un lieu de dessèchement et de stockage

- Chaque jour, il entre dans le colon 500 g de chyme venant de l'intestin grêle.
- Dans le colon, on trouve essentiellement des résidus non digérés (cellulose par exemple), des constituants non absorbés, de la bile.
- La cellulose forme du lest et contribue à la régularité des selles
- L'absorption de l'eau se poursuit dans le gros intestin jusqu'à ce que les fèces deviennent semi-solides

Constipation

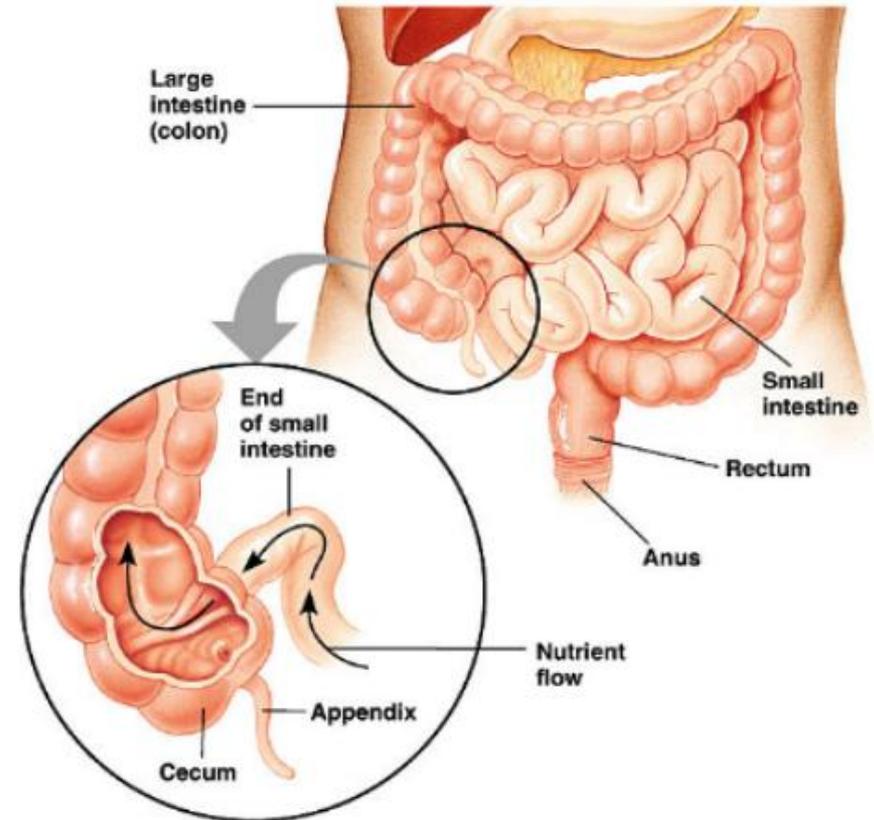
- **Mécanisme**: Si rétention anormalement longue du contenu du colon → absorption excessive d'eau → dessèchement et durcissement des selles → constipation
- **Les symptômes** (gêne abdominale, perte d'appétit, nausées) sont liés à la distension du gros intestin
- **Les causes possibles** : diminution de la motilité du colon dû au vieillissement, insuffisance de fibres dans l'alimentation, tumeur locale qui obstrue le colon, perturbation du réflexe de défécation suite à une lésion de voies nerveuses, facteurs psychologiques...etc



Motricité du colon

- La motricité est due essentiellement à des **mouvements de masse** = onde péristaltique puissante mais qui se produit de façon très espacée (2 par heure)
- Cette onde chemine le long du colon transverse et pose son contenu dans le colon descendant, vers le rectum
- Ce mouvement est déclenché par l'entrée d'aliments dans l'estomac → libération de **gastrine** par l'estomac → mouvements de masse du colon et fermeture de la **valve iléo caecale** → vidange intestinale (réflexe gastro-colique)

Emplacement de la valve iléo caecale



Le colon contient des bactéries bénéfiques (microbiote)

- La lenteur des mouvements du colon → favorise l'installation des bactéries
- Bouche, estomac, intestin grêle produisent des produits antibactériens tandis que le colon non
- Il y a 10 x plus de bactéries dans le colon humain que de cellules dans l'organisme

Rôles bénéfiques des bactéries du microbiote:

- Certaines bactéries permettent la synthèse de vitamine K, l'absorption du calcium, du magnésium et du zinc
- Elles renforcent l'immunité intestinale en limitant le développement de bactéries pathogènes (compétition pour les nutriments et l'espace)
- Elles stimulent la motilité colique
- Favorisent le maintien de l'intégrité de la muqueuse colique

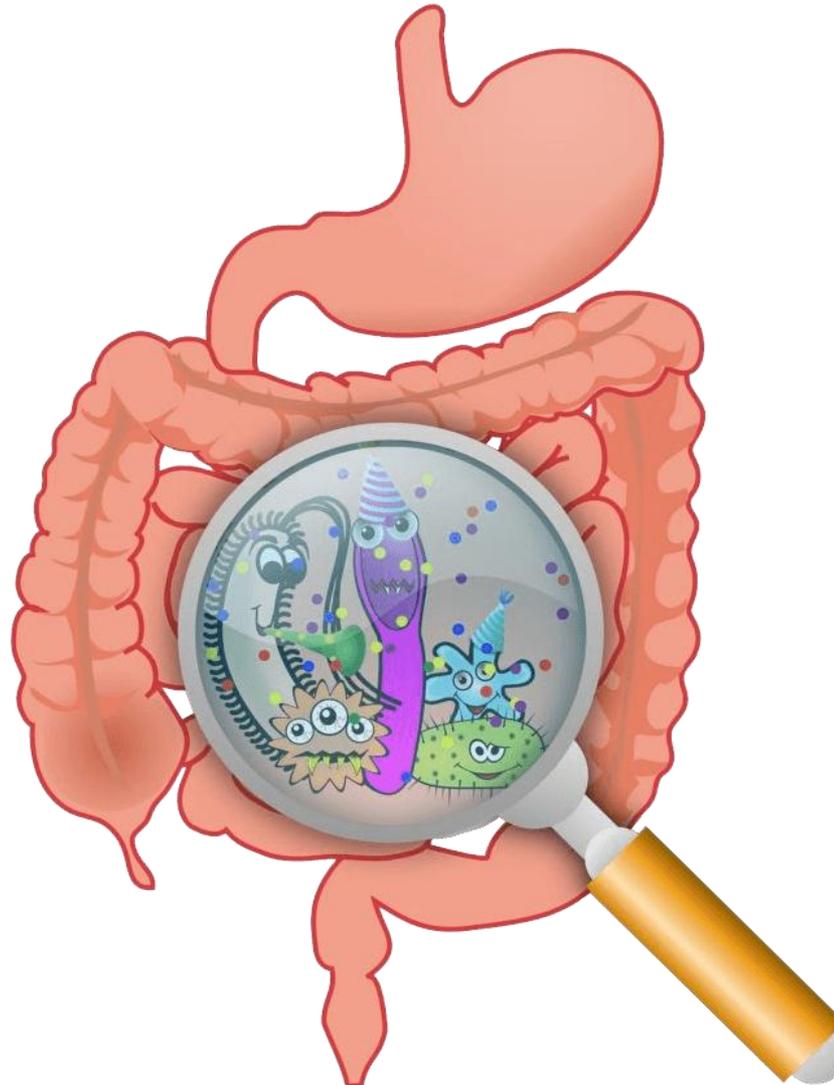
Le colon contient des bactéries bénéfiques (microbiote)

Métabolisme des
vitamines et minéraux

Synthèse et absorption
de certaines
vitamines et minéraux

Métabolisme des gaz

Transformation
d'hydrogène
en substrats



Métabolisme
des protéines

Production d'enzymes
pour formation
de substrats

Métabolisme
des lipides

Catalyse du
cholestérol biliaire

Métabolisme
des glucides

Production d'enzymes
pour la digestion
de polysaccharides

Le colon contient des bactéries bénéfiques (microbiote)

100 000 milliards de bactéries vivant dans l'intestin

Fonctions :

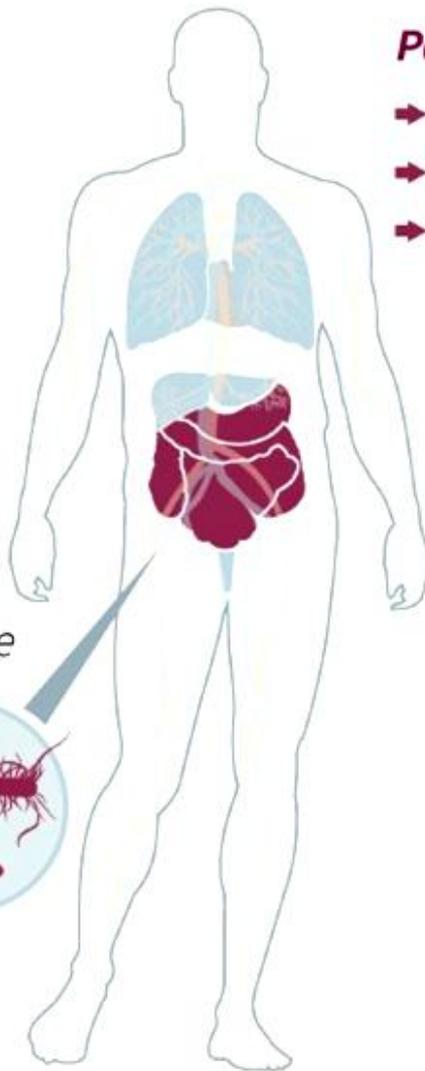
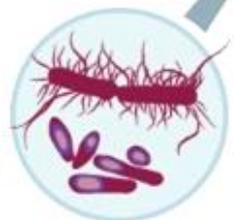
- digestive
- métabolique
- immunitaire
- neurologique

Propre à chaque individu :

160 espèces
de bactéries
environ par individu

*La moitié se retrouve
d'une personne à l'autre*

15 à 20 espèces
en charge
des fonctions
essentielles
du microbiote

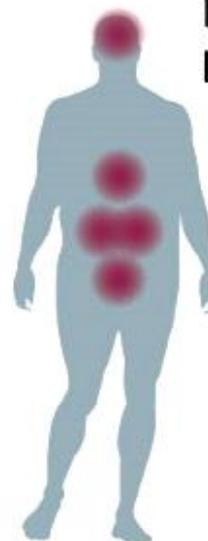


Participent à



- ➔ Assimilation des nutriments
- ➔ Synthèse de vitamines
- ➔ Absorption des acides gras, calcium, magnésium, etc.

Déséquilibres du microbiote
*peuvent être des facteurs
favorisant :*



Maladies neuro-
psychiatriques

Obésité

Diabète

Cancer

Maladies
intestinales
chroniques
inflammatoires

Flatulences



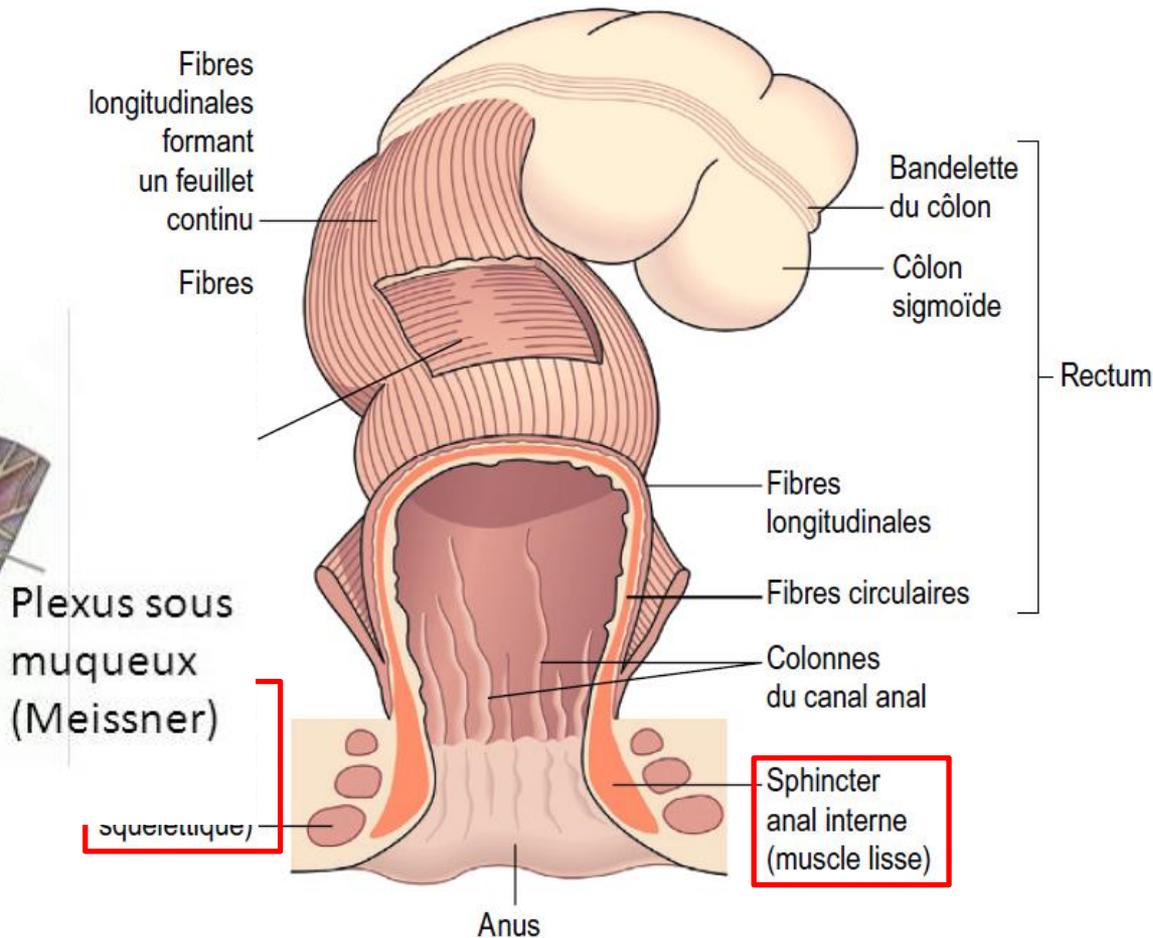
Gaz de l'air avalés avec
boissons et aliments
(essentiellement N_2)

$H_2 + CO_2 +$ Méthane (CH_4)
produits par fermentation
bactérienne des
nutriments non absorbés

Gaz émis par
l'anus



Rectum et canal anal



- **Rectum** = Partie terminale dilatée, après le colon sigmoïde

- **Canal anal** : Du rectum à l'orifice anal. Possède 2 sphincters:

- *Sphincter anal interne* (muscles lisses, fonctionnement automatique)

- *Sphincter anal externe* (muscle squelettique, sous le contrôle de la volonté)

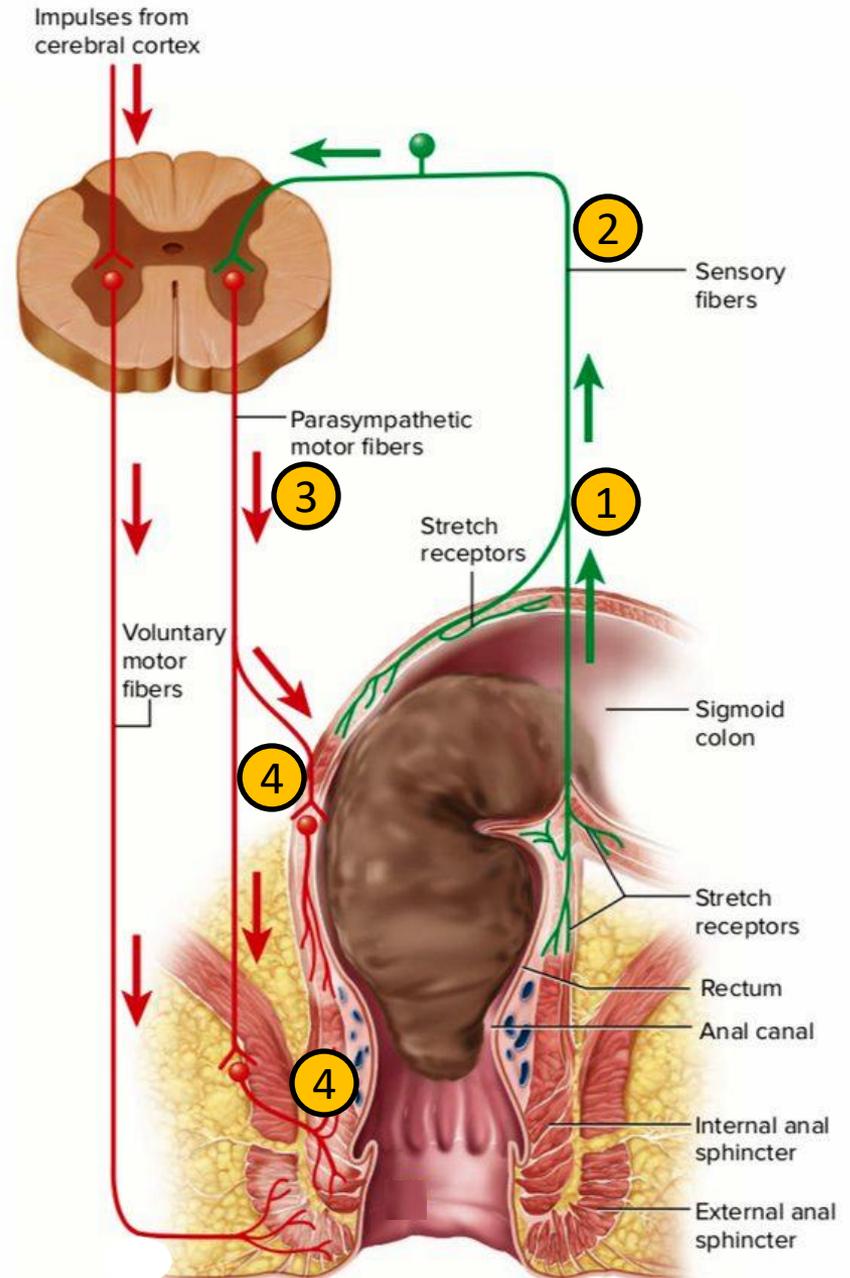
Composition des fèces

- 60 à 70 % d'eau
- Fibres (cellulose non digestible) → rôle de ballast. Permet au contenus d'avoir un volume suffisant pour stimuler la défécation
- Microorganismes
- Cellules épithéliales (renouvellement des parois du tube digestif)
- Acides gras (non absorbés)
- Mucus sécrété par paroi du gros intestin. Contribue à lubrifier les fèces

La réflexe de la défécation

- 1 • Mouvements de masse → pousse le contenu du colon sigmoïde vers le rectum → distension → stimulation des mécano-récepteurs à l'étirement de la paroi → stimulus qui déclenche le **réflexe de défécation**.
- 2 • Voies nerveuses sensibles → centre nerveux (moelle épinière)
- 3 • ME → voies motrices parasympathiques (involontaire)
- 4 • Ces voies motrices → contraction réflexe du rectum et relâchement du sphincter anal interne (muscles lisses)

REMARQUE : A partir de 2 ou 3 ans, les enfants développent un contrôle moteur de la défécation.



Contrôle moteur de la défécation

- La distension initiale du rectum entraîne le besoin d'aller à la selle

- Cerveau → voies motrices

5 • volontaires (nerf pudendal ou nerf honteux)

6 • Ces voies déclenchent le relâchement volontaire des muscles striés squelettiques du sphincter anal externe

REMARQUES :

- Si les circonstances ne se prêtent pas à la défécation, la contraction volontaire du sphincter externe s'oppose au réflexe de défécation

- La contraction des muscles de la paroi abdominale et l'abaissement du diaphragme (glotte fermée) → augmente la pression intra abdominale → favorise l'expulsion des fèces

