



Physiologie de la digestion

1- Aspects généraux

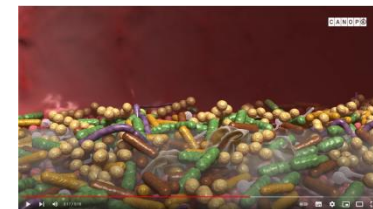


- Comment fonctionne le système digestif humain:

<https://www.youtube.com/watch?v=EL8VZC7Tx48>

- La digestion comme vous ne l'avez jamais vue
https://www.youtube.com/watch?v=re_12nH2ro

- Le microbiote intestinal
<https://www.youtube.com/watch?v=42UgTEpRIpc>



Préambule: Rappels niveau collège

1. Principales fonctions de l'appareil digestif

- 1.1. Digestion
- 1.2. Absorption
- 1.3. Sécrétion
- 1.4. Motricité

2. Les organes de l'appareil digestif

3. Aspects histologiques

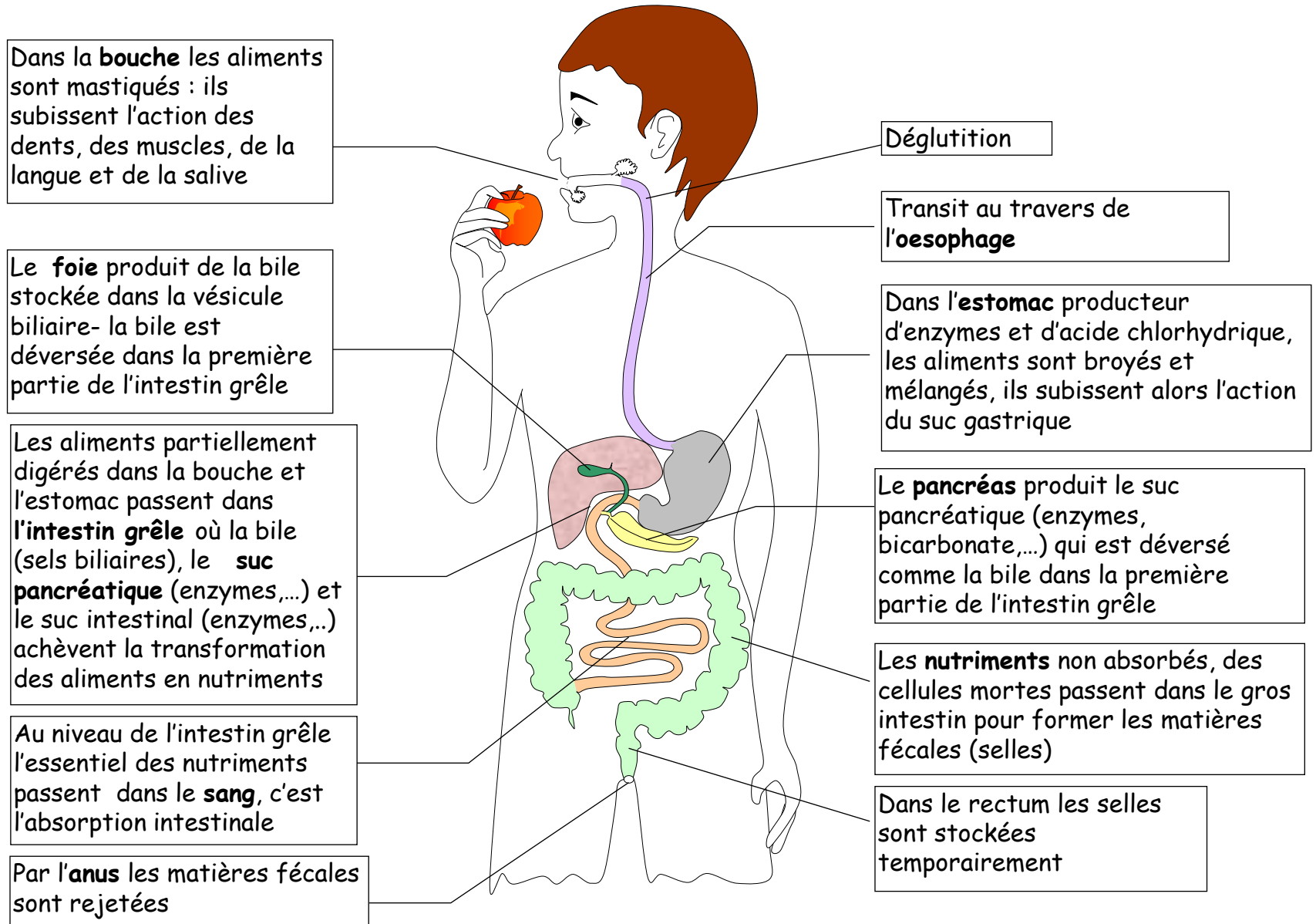
- 3.1. Séreuse
- 3.2. Musculeuse
- 3.3. Sous muqueuse
- 3.4. Muqueuse

4. L'activité myogène spontanée

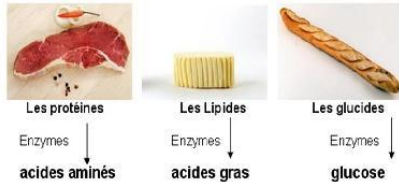
5. Régulation des activités digestives

- 5.1. Hormonale
- 5.2. Nerveuse

Étapes de la digestion: bilan niveau collège



Les **enzymes** permettent de découper étape par étape les aliments en petites molécules assimilables par l'organisme = les **nutriments**



Oesophage

Passage du bol alimentaire de la bouche à l'estomac

Foie

Production de la bile stockée dans la vésicule biliaire et déversée dans l'intestin grêle

Gros intestin

Évacuation des aliments non digérés vers l'anus = fèces (excréments)

Fiche de révision : Le système digestif

Glandes salivaires

Transformation des aliments en bol alimentaire dans la bouche :

- Salive, produite par les glandes, contenant des enzymes = action chimique
- Mastication avec les dents = action mécanique

Expériences historiques :

- Réaumur = la digestion n'est pas due au broyage mais à un agent chimique
- Spallanzani = les sucs digestifs sont responsables de la digestion

Transformation du bol alimentaire en chyme dans l'estomac :

Estomac

- Suc gastriques (enzymes) = action chimique
- Brassage entre 3 à 7h = action mécanique

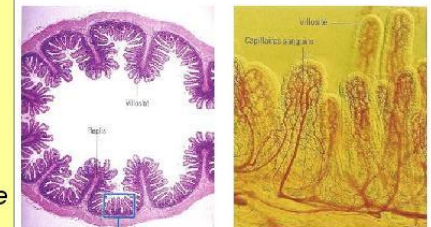
Pancréas

Suc pancréatique (enzymes) déversé dans la première partie de l'intestin grêle

Intestin grêle

Fin de la transformation de la chyme en chyle grâce aux sucs pancréatiques, biles et sucs intestinaux (enzymes)
Absorption des nutriments à travers la paroi des microvillosités (plis de la muqueuse intestinale) vers le sang

Coupe intestinale vue au microscope



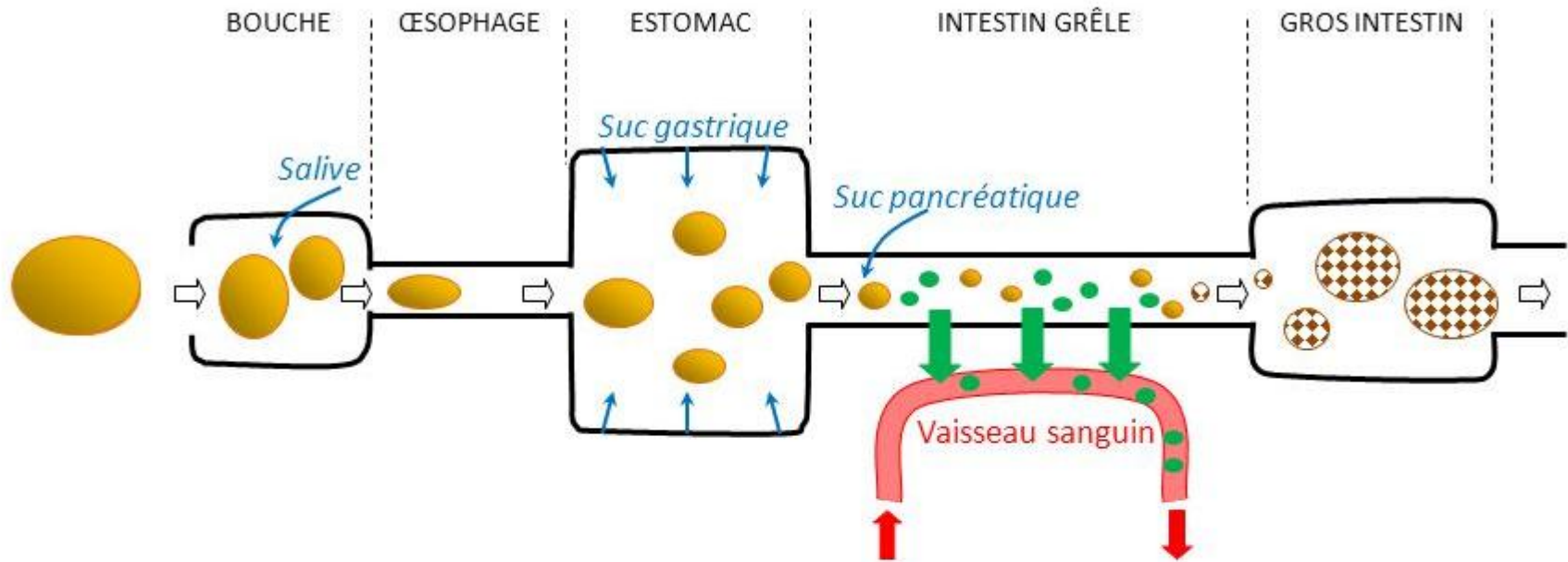
Légende :

Glandes annexes

Organes traversés par les aliments (plus ou moins transformés)

Explication

La digestion: schéma bilan fonctionnel niveau collège



⇨ Trajet du contenu de l'intestin

➡ Sens de circulation du sang

➡ Arrivée des sucs digestifs

➡ Passage des nutriments dans le sang

● Aliments

● Nutriments

● Excréments



- ✓ La nourriture joue un rôle vital dans l'organisme:
 - Elle est la source des réactions chimiques des cellules
 - Elle fournit les matériaux nécessaires à la formation des nouveaux tissus et à la réparation des tissus lésés.

- ✓ L'être humain est un omnivore: les aliments sont empruntés à la fois au règne animal et végétal. Ces aliments sont formés de constituants essentiels : L'eau, les sels minéraux, des vitamines, des protides, des lipides, des glucides.

- ✓ Telle que nous la nourriture ne peut pas être utilisée par les cellules car les épithéliums cellulaires interdisent l'entrée aux macromolécules alimentaires (imperméable).
- ✓ La nourriture doit être au préalable dégradée en éléments plus petits (nutriments) pour pouvoir traverser les membranes plasmiques des cellules et être intégrées au métabolisme de l'organisme.
- ✓ On appelle digestion le processus de simplification moléculaire de ces grosses molécules. Les organes qui accomplissent collectivement cette fonction, constituent le système digestif.

➤ Constituants essentiels des aliments :

- Eau
- Sels minéraux
- Vitamines

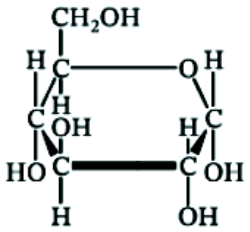
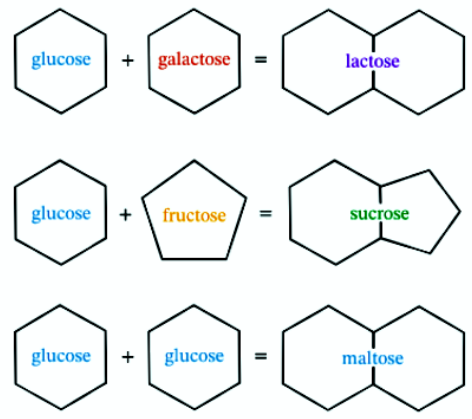
- Protéines
 - Lipides
 - Glucides
- } **Macromolécules**

DIGESTION

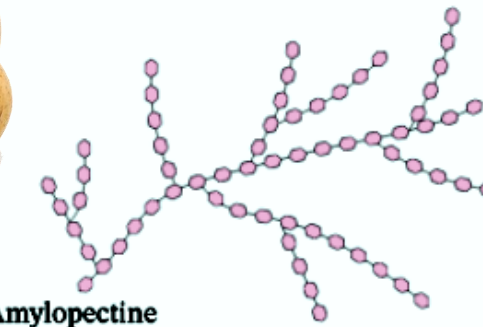
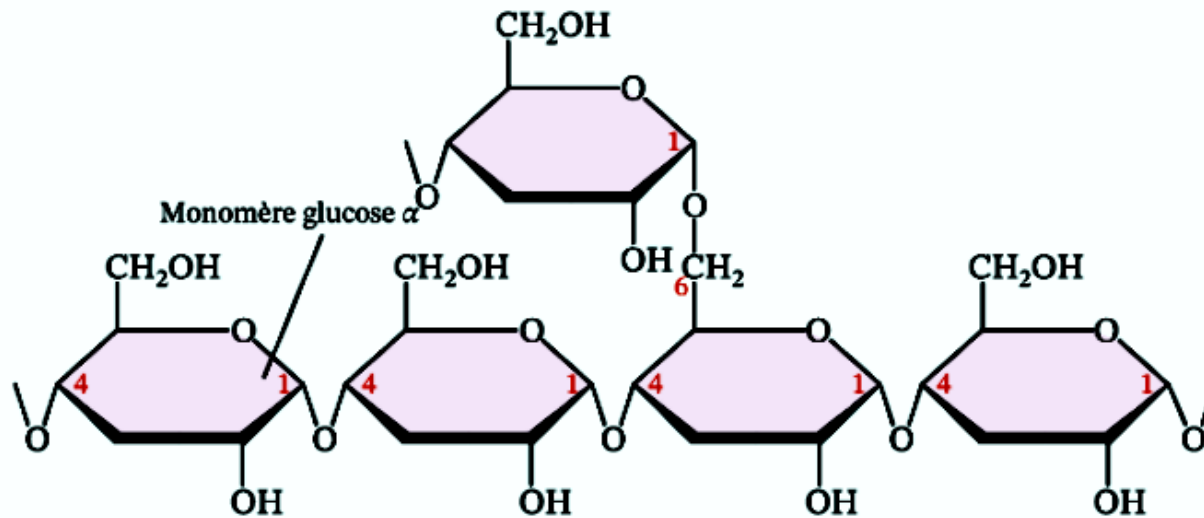


- Acides Aminés
 - Acides Gras
 - Oses
- } **Nutriments**

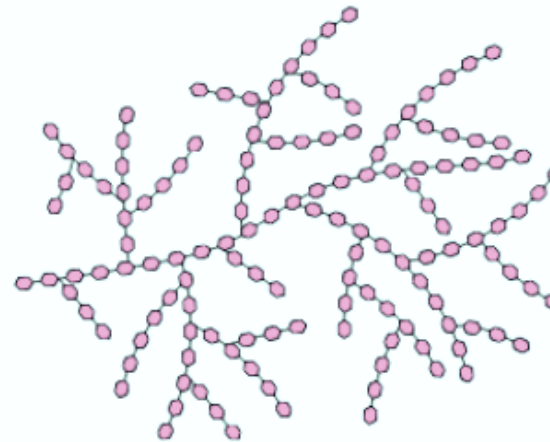
Les glucides

Glucides simples (Monosaccharides)	Disaccharides (chaînes de monosaccharides)	Polysaccharides
Glucose  Fructose Galactose Formes absorbables des glucides	Lactose Saccharose Maltose 	Amidon (polymère de glucose) Origine végétale Glycogène (polymère de glucose) Origine animale Forme de réserve du glucose dans le foie et les muscles Cellulose Constituant des parois des cellules végétales Ne peut être digérée par les enzymes digestives humaines Constituent les fibres ou lest de l'alimentation humaine

Les glucides: polysaccharides

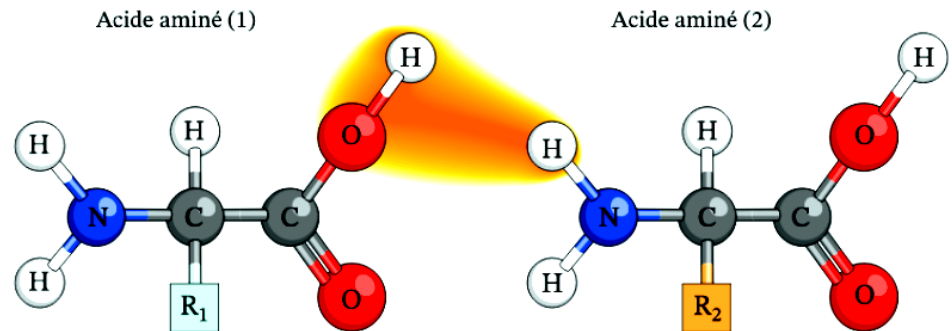
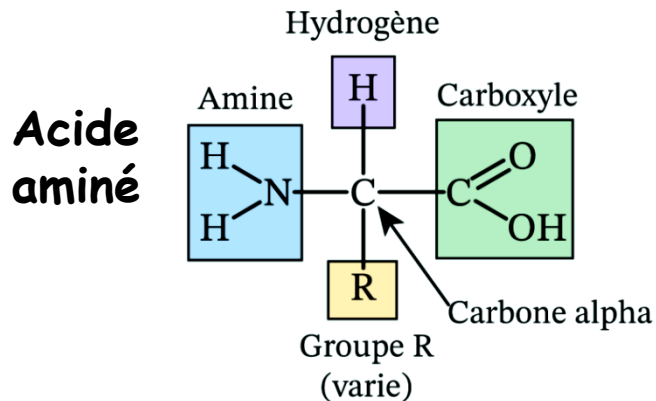


Amidon



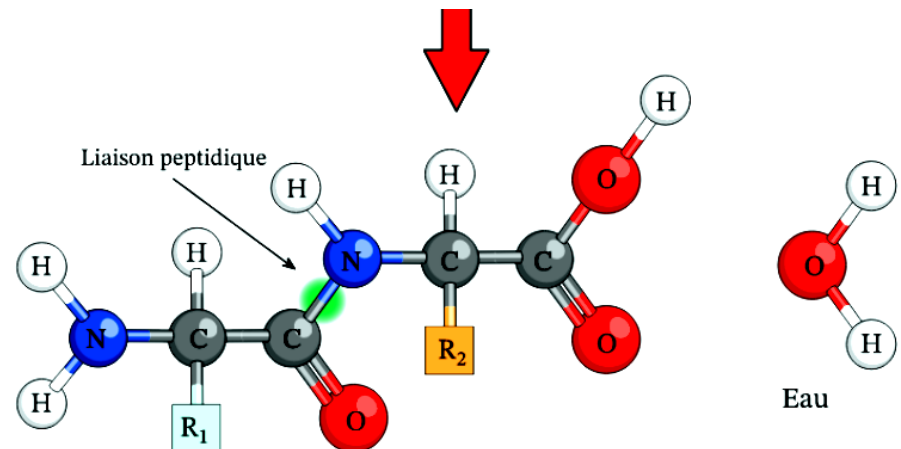
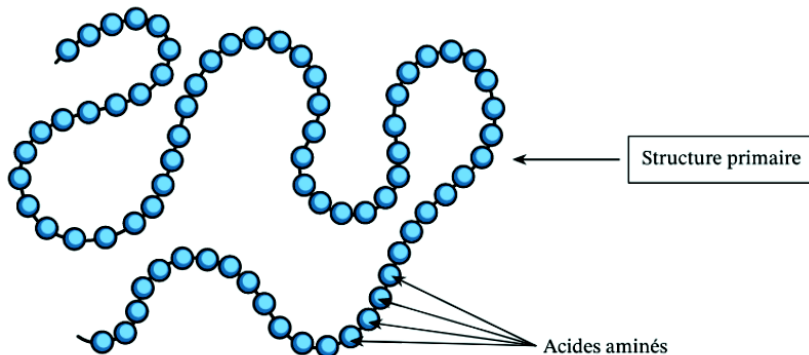
Les protéines

Les protéines alimentaires sont faites d'un enchaînement d'acides aminés reliés par une liaison peptidique
Elles sont converties au cours de la digestion en acides aminés qui sont la forme absorbable des protides

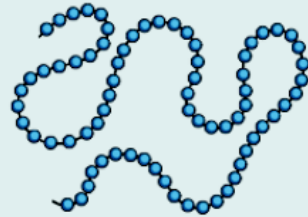
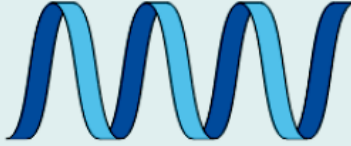


Lors de la formation d'une **liaison peptidique**, le groupe carboxyle d'un acide aminé réagit avec le groupe amine d'un autre acide aminé

Structure primaire d'une protéine



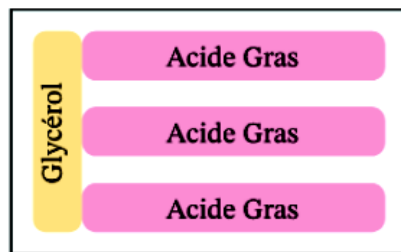
Les protéines

	Description	Schéma
Structure primaire	séquence d'acides aminés	
Structure secondaire	hélice alpha ou feuillet bêta	
Structure tertiaire	forme 3D	
Structure quaternaire	Plusieurs polypeptides	

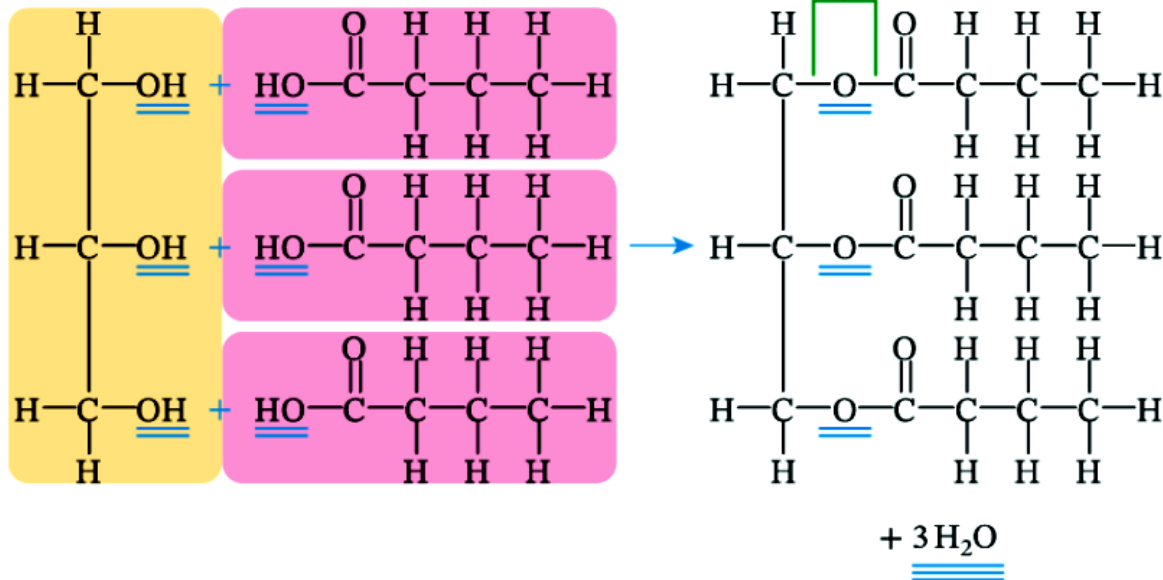
Les lipides

La plupart des graisses alimentaires sont des **triglycérides** qui sont des graisses faites de la liaison d'une molécule de glycérol à 3 molécules d'acides gras.

Triglycéride



Les liaisons qui se forment entre glycérol acides gras sont appelées "liaisons esters".

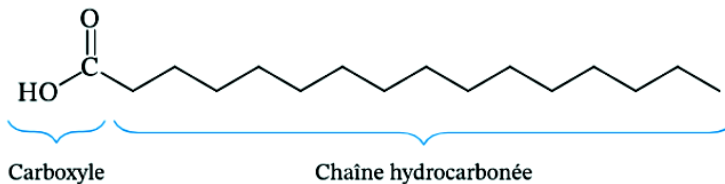


Les lipides

La plupart des graisses alimentaires sont des **triglycérides** qui sont des graisses faites de la liaison d'une molécule de glycérol à 3 molécules d'acides gras.

Les acides gras

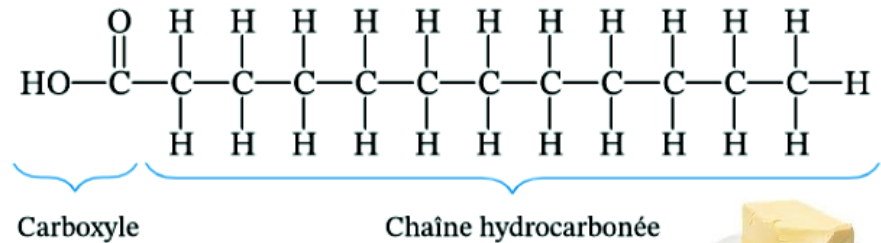
Structure de base d'un acide gras



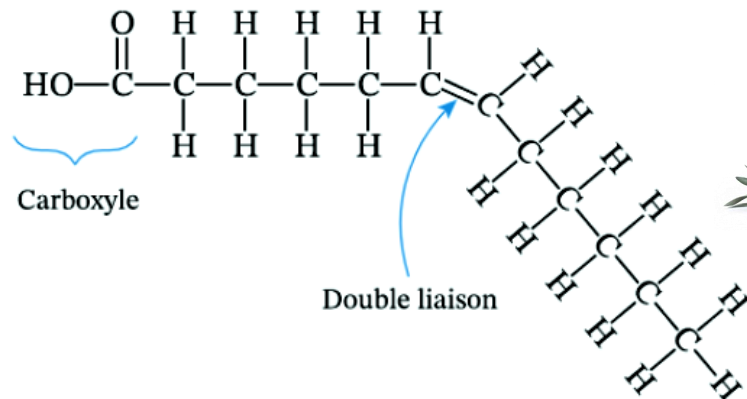
On dit d'une chaîne hydrocarbonée qu'elle est **saturée** lorsque tous les atomes de carbone sont liés par des liaisons simples et que la molécule possède le nombre maximal d'atomes d'hydrogène

On désigne une chaîne hydrocarbonée comme **insaturée** lorsqu'un ou plusieurs atomes de carbone partagent une double liaison.

Acide gras saturé



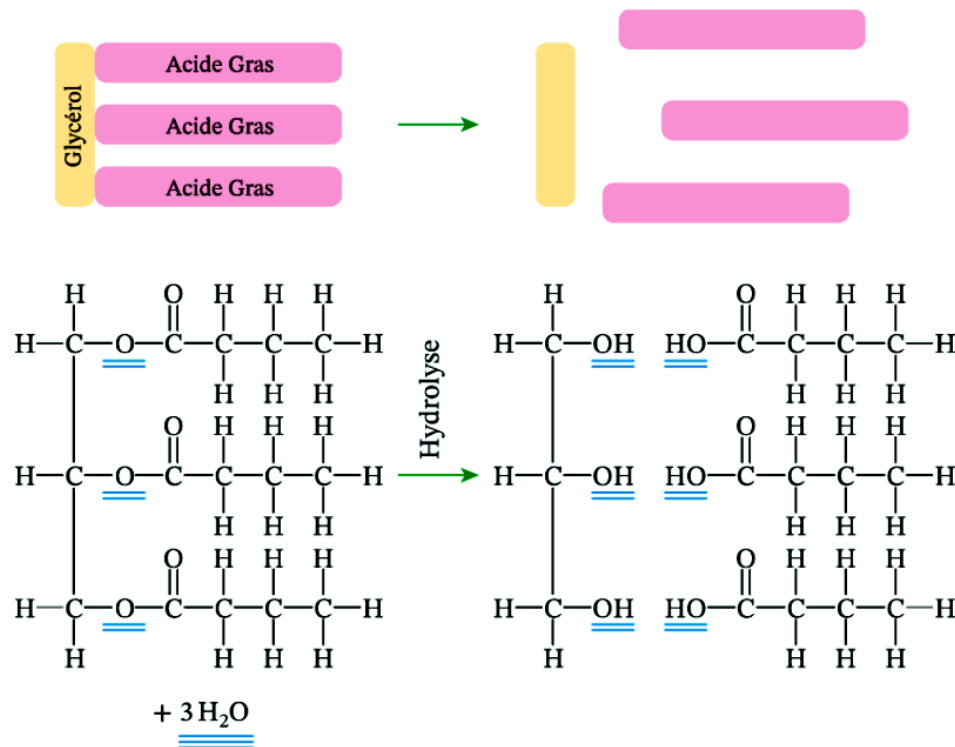
Acide gras insaturé



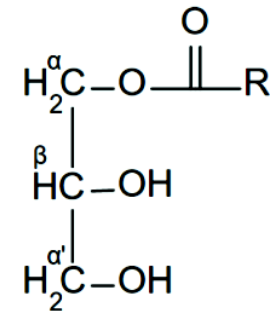
Les lipides

L'hydrolyse des lipides

Les lipides peuvent être décomposés en leurs composants par des réactions d'hydrolyse qui consomment une molécule d'eau pour briser une liaison chimique.



Monoglycéride



Au cours de la digestion, le détachement de 2 des acides gras laisse un monoglycéride (glycérol + 1 acide gras)

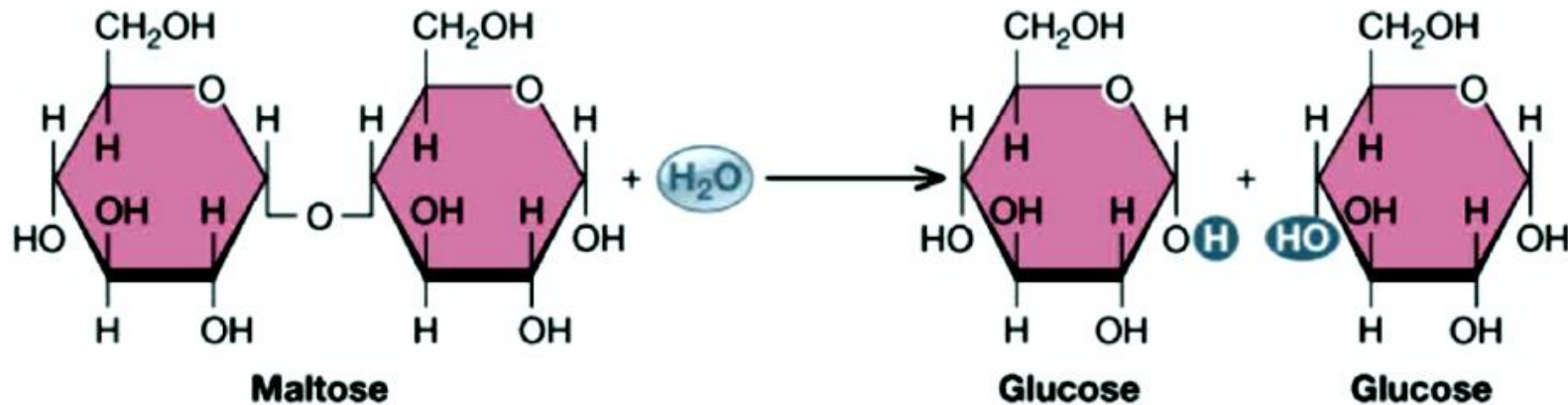
Les produits finaux de la digestion des triglycérides sont donc des monoglycérides et des acides gras libres (éléments absorbables des lipides)

La digestion est accomplie par **hydrolyse enzymatique**:

- ✓ Addition d'eau au site de liaison
- ✓ Rupture des liaisons qui unissent les sous-unités constitutives des aliments, ce qui libère des molécules plus petites

Enzyme : Biocatalyseur de nature protéinique synthétisé par la cellule vivante et spécifique d'une réaction donnée.

Un exemple d'hydrolyse

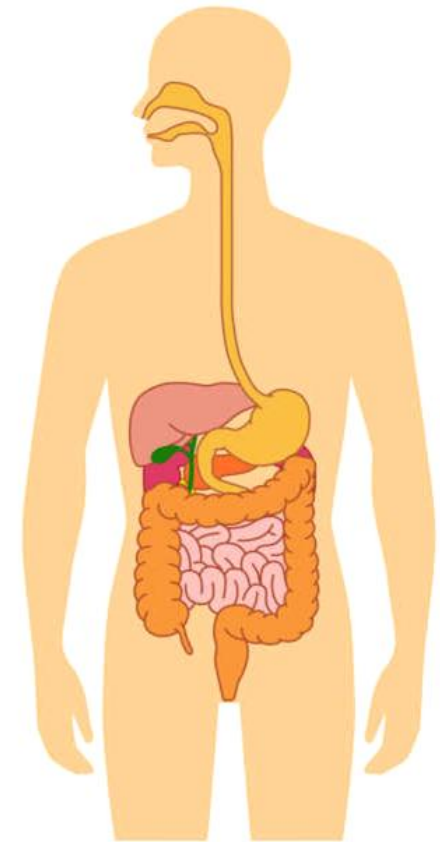


Quelques remarques

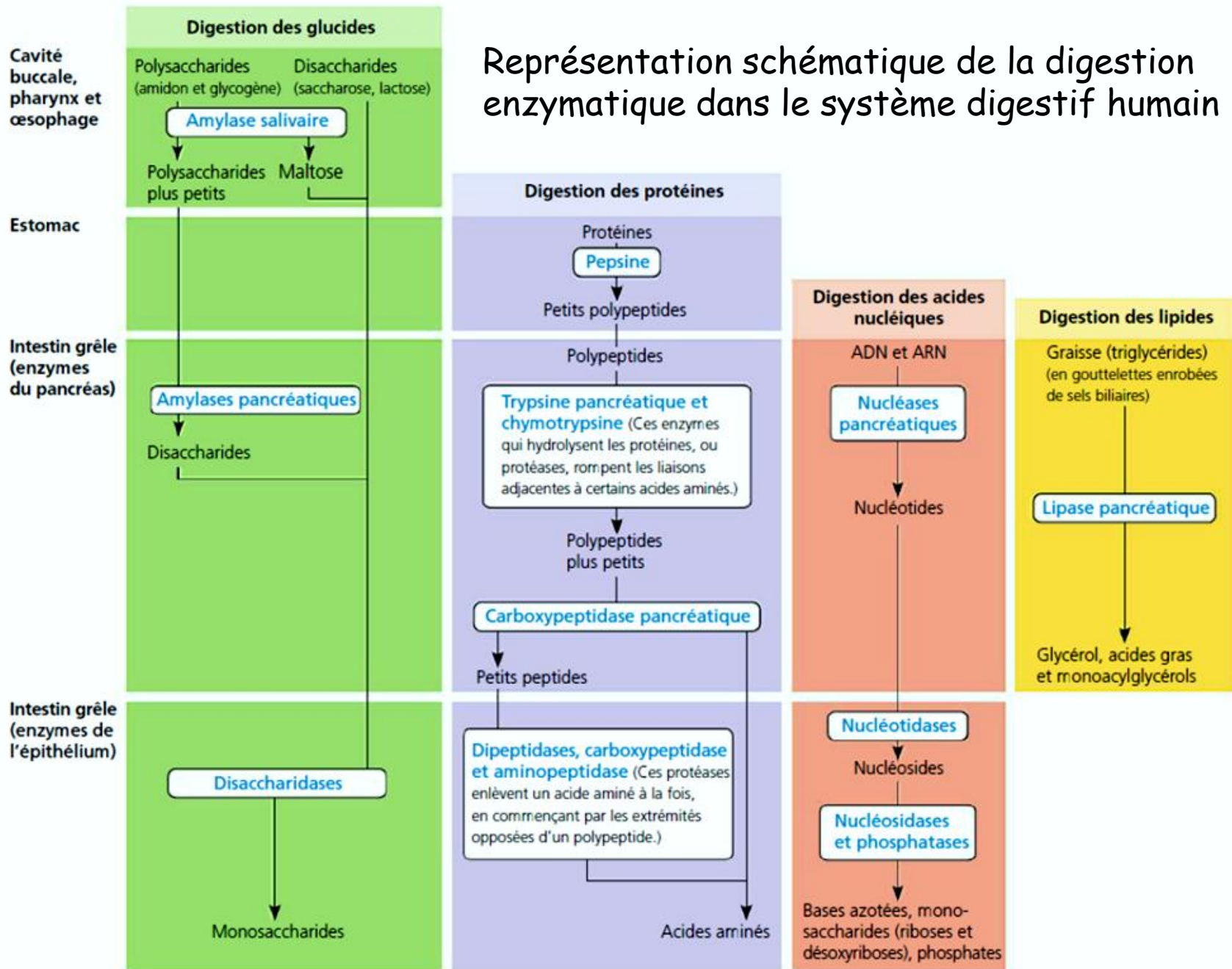
Le pH du contenu de l'estomac tombe jusqu'à 2 du fait de la sécrétion d'acide chlorhydrique (HCl) alors que le pH du milieu intérieur compatible avec la vie est compris entre 6,8 et 8.

Les enzymes digestives qui hydrolysent les aliments pourraient détruire les organe qui les sécrètent. Aussi sont ils sécrétés sous forme inactive et sont activés seulement dans la lumière du tube digestif (extérieur de l'organisme) où ils attaquent les aliments
Ainsi les tissus de l'organisme sont ils à l'abri de l'auto-digestion.

Les denrées alimentaires sont des particules étrangères complexes qui seraient attaquées par le système immunitaire si elles étaient en contact direct avec l'intérieur de l'organisme. C'est pour cela que les aliments sont digérés au sein de la lumière du tube digestif jusqu'à devenir des molécules simples absorbables (glucose, acides aminés, acides gras), identiques aux molécules déjà présentes dans l'organismes et de ce fait non-identifiables comme des antigènes par le système immunitaire



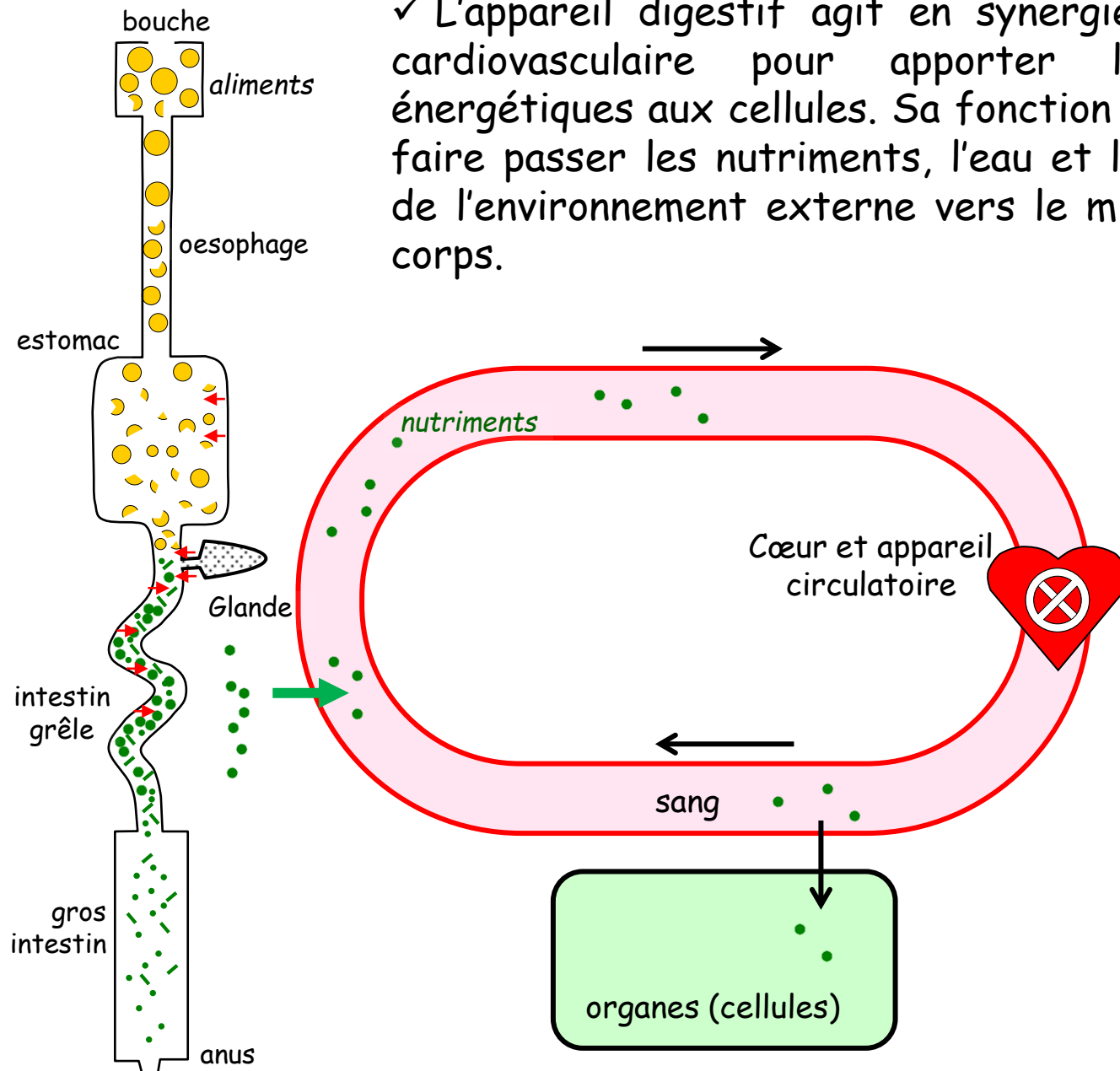
Principales fonctions de l'appareil digestif : Digestion



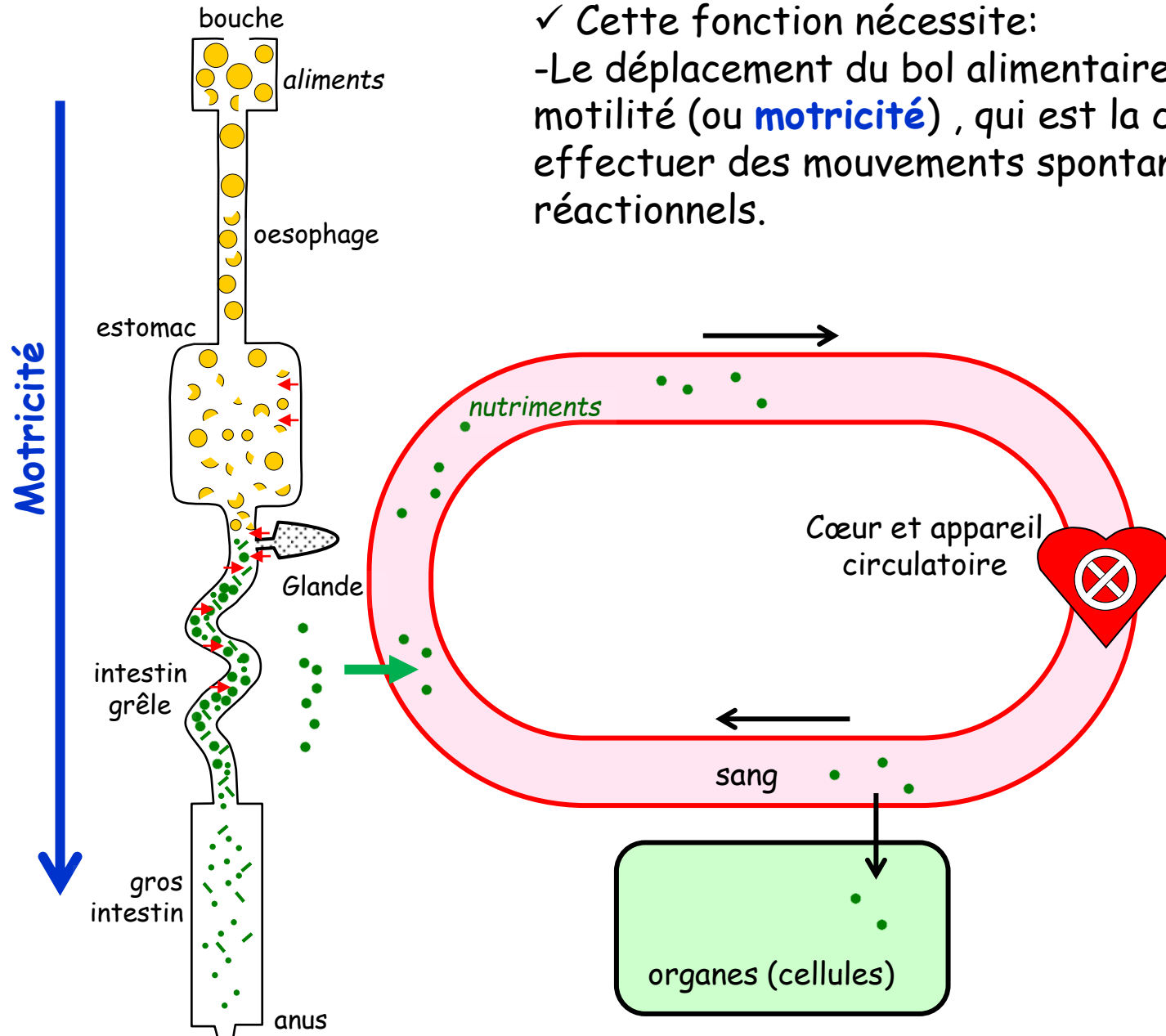
Représentation schématique de la digestion enzymatique dans le système digestif humain

Principales fonctions de l'appareil digestif

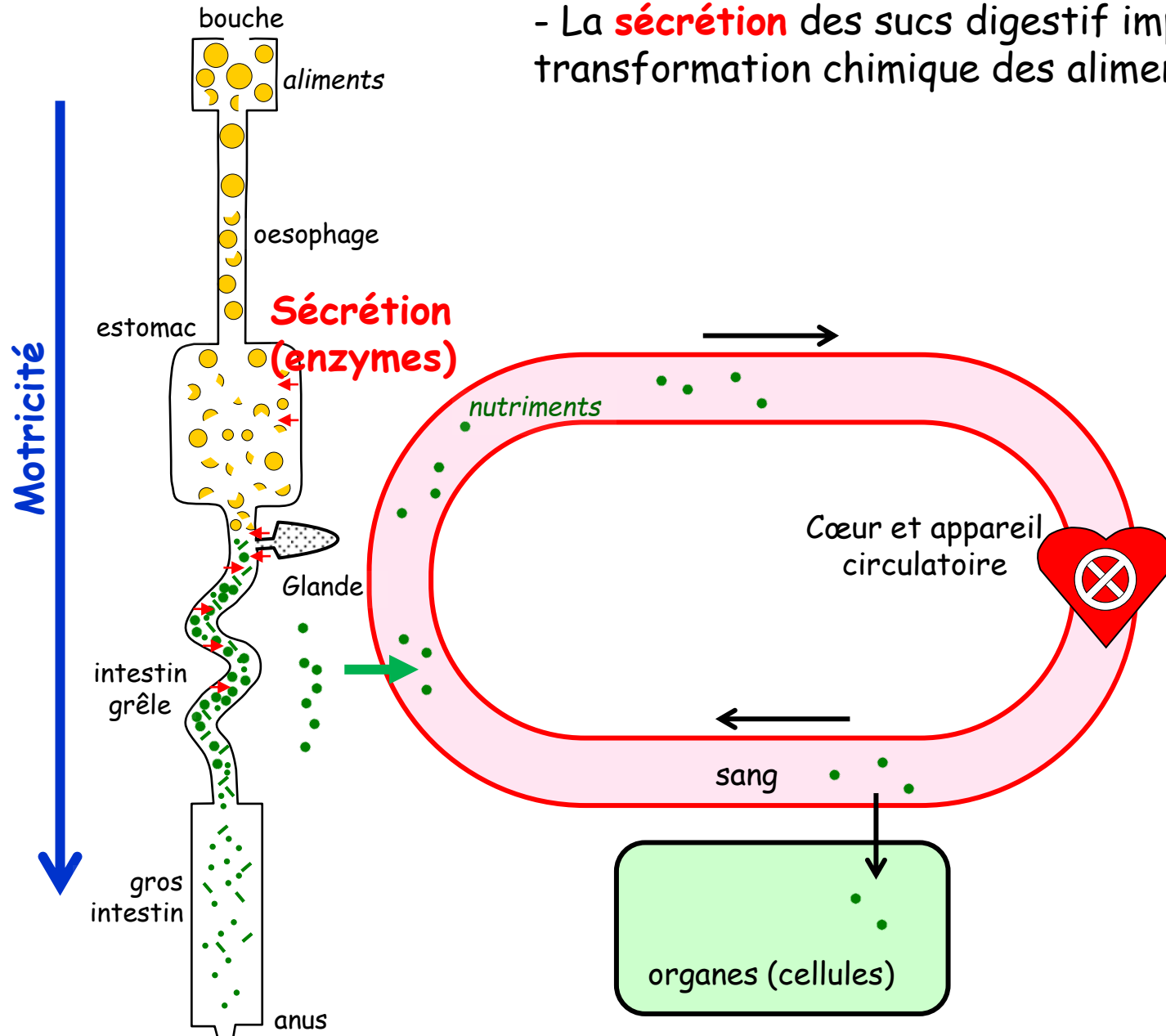
✓ L'appareil digestif agit en synergie avec l'appareil cardiovasculaire pour apporter les métabolites énergétiques aux cellules. Sa fonction principale est de faire passer les nutriments, l'eau et les sels minéraux de l'environnement externe vers le milieu intérieur du corps.



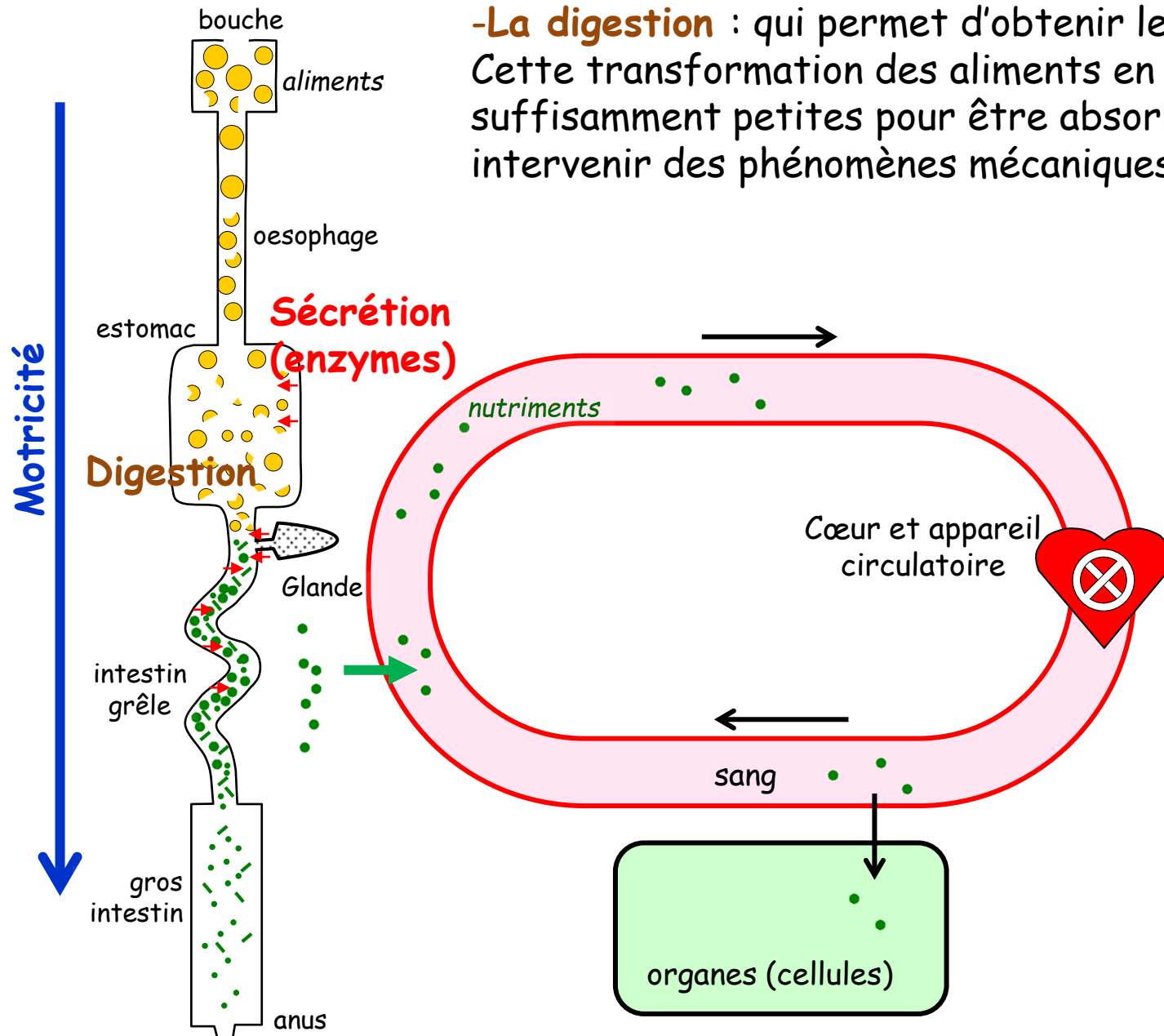
✓ Cette fonction nécessite:
-Le déplacement du bol alimentaire. On parle de motilité (ou **motricité**), qui est la capacité à effectuer des mouvements spontanés ou réactionnels.



- La **sécrétion** des sucs digestif impliqués dans la transformation chimique des aliments.

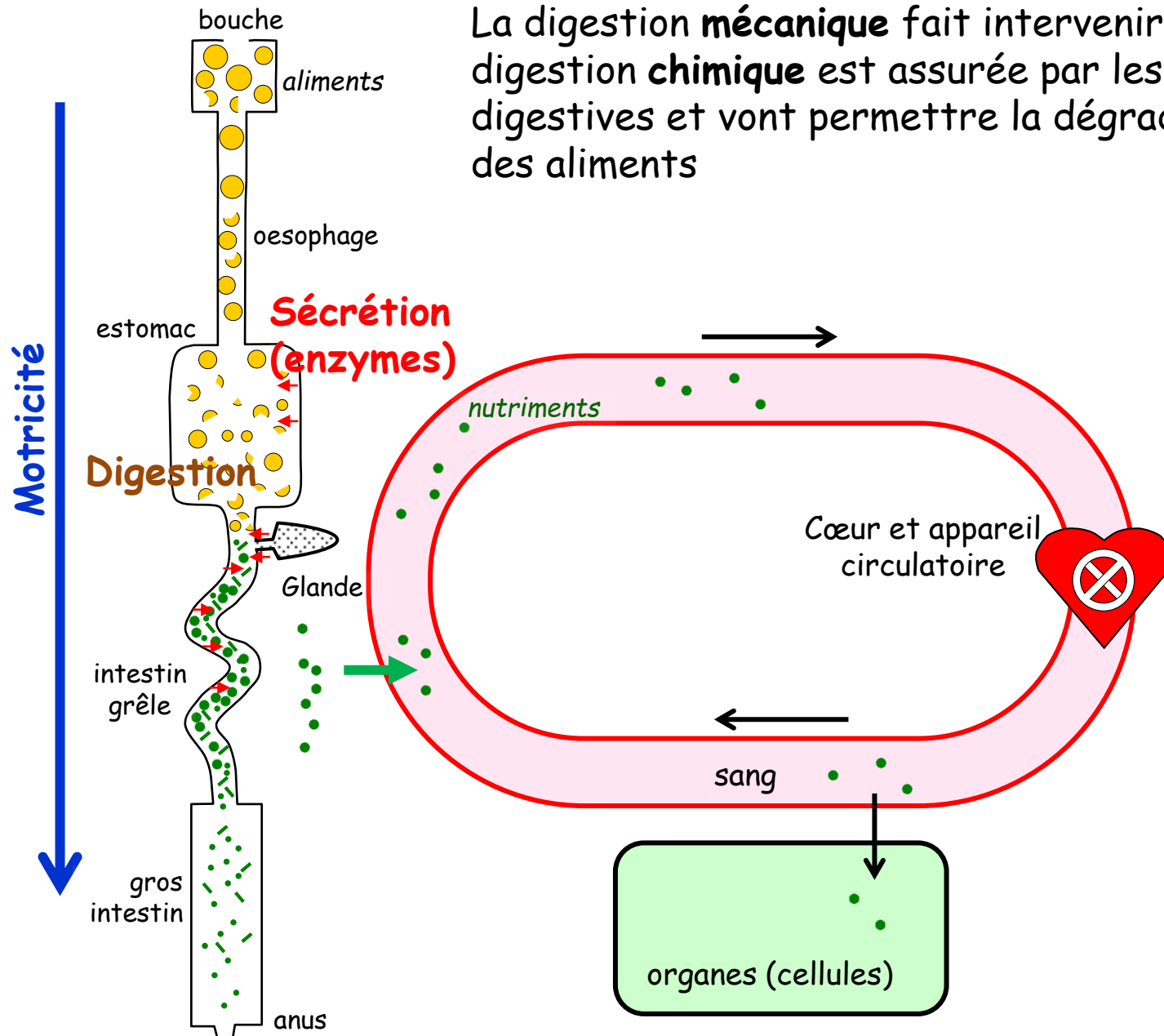


-La digestion : qui permet d'obtenir les nutriments. Cette transformation des aliments en substances suffisamment petites pour être absorbées fait intervenir des phénomènes mécaniques et chimiques.



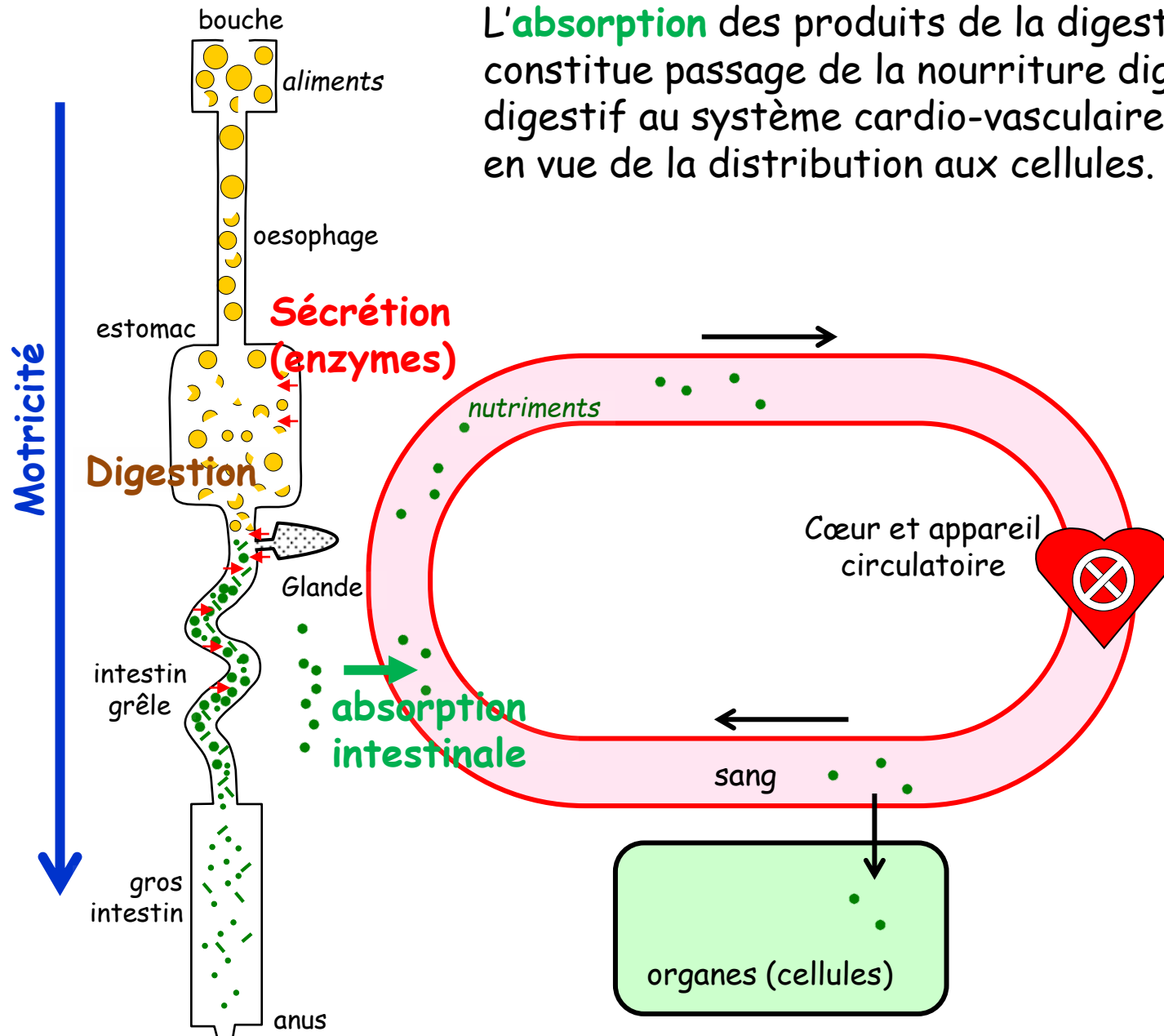
Principales fonctions de l'appareil digestif

La digestion **mécanique** fait intervenir les muscles et la digestion **chimique** est assurée par les sécrétions digestives et vont permettre la dégradation chimique des aliments



Principales fonctions de l'appareil digestif

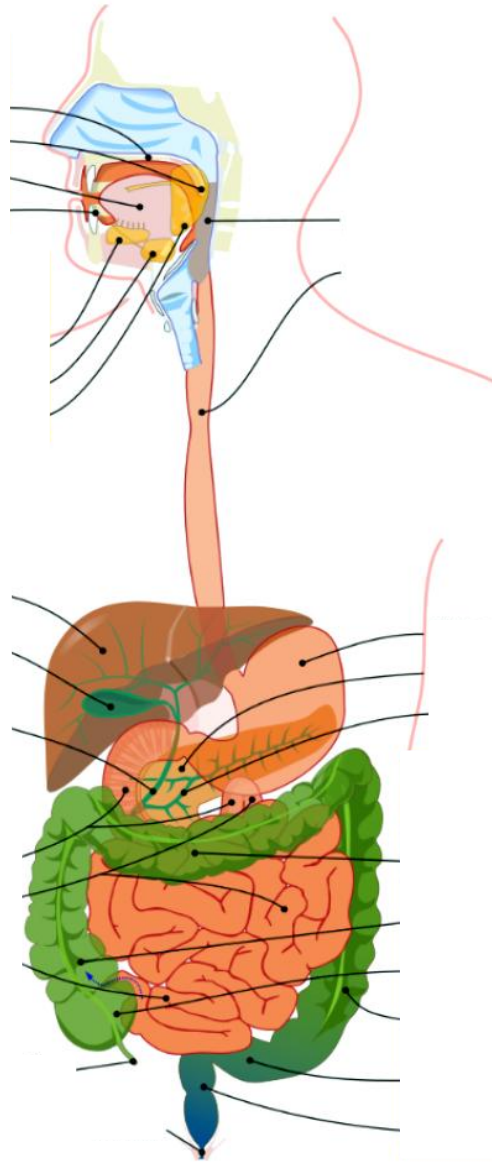
L'**absorption** des produits de la digestion qui constitue passage de la nourriture digérée du tube digestif au système cardio-vasculaire et lymphatique en vue de la distribution aux cellules.



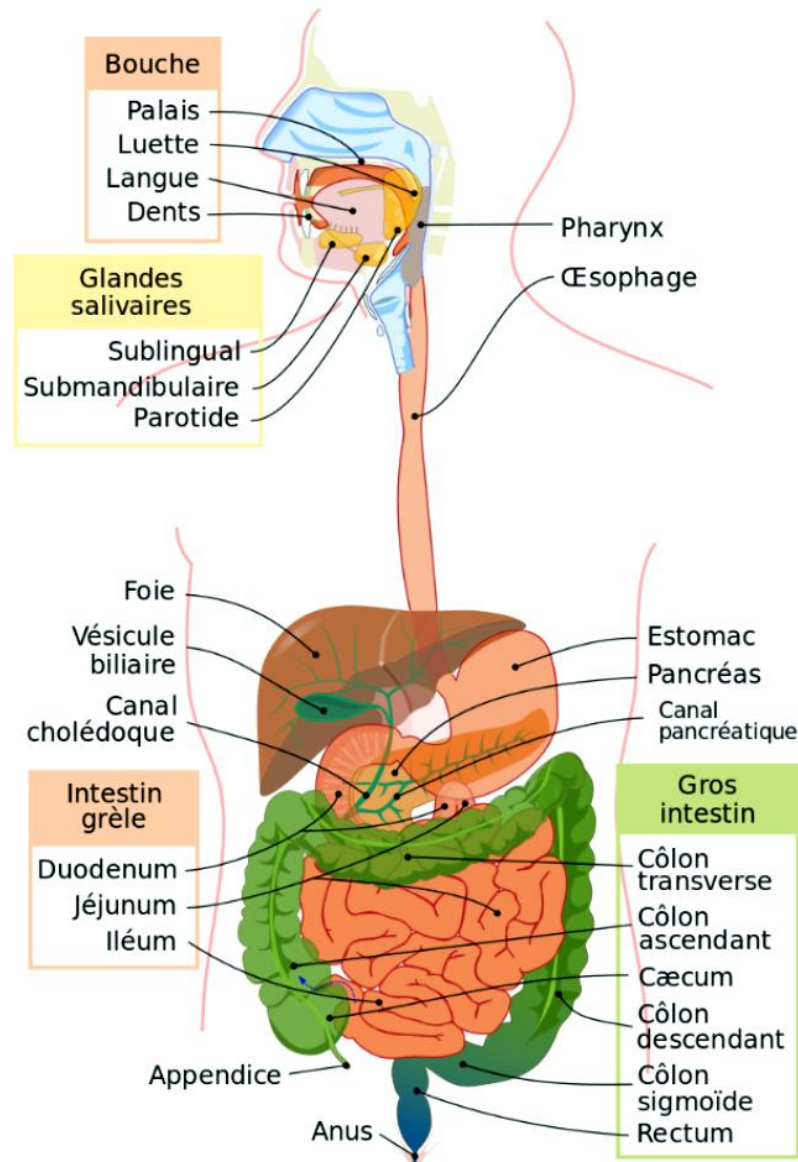
Principales fonctions de l'appareil digestif



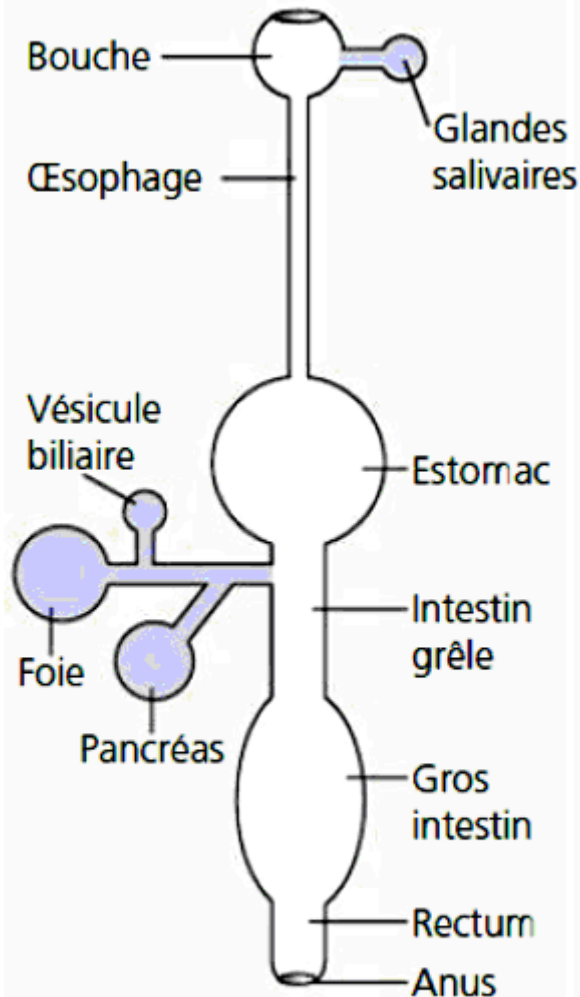
	Organe	Motilité	Sécrétion	Digestion	Absorption
	Cavité buccale et glandes salivaires	Mastication	Salive • Amylase • Mucus • Lysozyme	Début de la digestion des glucides	Aucun aliment; quelques médicaments par ex. la trinitrine
Voies aériennes nasales	Pharynx et œsophage	Déglutition	Mucus	Non	Non
Cavité buccale	Estomac	Péristaltisme; réservoir si relâché	Suc gastrique • HCl • Pepsine • Mucus • Facteur intrinsèque	Poursuite de la digestion des glucides dans le corps; début de la digestion des protéines dans l'antré	Aucun aliment; quelques substances liposolubles comme l'alcool et l'aspirine
Glandes salivaires	Pancréas exocrine	Sans objet	Enzymes pancréatiques • Trypsine, chymotrypsine, carboxypeptidase • Amylase • Lipase Sécrétion d'eau et de bicarbonate	Les enzymes pancréatiques accomplissent la digestion dans la lumière du duodénum	Sans objet
Pharynx	Foie	Sans objet	Bile • Sels biliaires • Sécrétion alcaline • Bilirubine	Pas de rôle digestif direct de la bile, mais facilitation de la digestion et de l'absorption des lipides dans l'intestin grêle	Sans objet
Sphincter supérieur de l'œsophage	Intestin grêle	Segmentation; complexe moteur migrant	Suc intestinal • Mucus • Sel (Les enzymes de l'intestin grêle – disaccharidases et aminopeptidases – ne sont pas sécrétés mais sont situés dans la bordure en brosse des entérocytes)	Poursuite de la digestion des glucides et des protéines et achèvement de celle des lipides dans la lumière par les enzymes pancréatiques; fin de la digestion des protéines et des glucides dans la bordure en brosse	Tous les nutriments, la plupart des électrolytes et l'eau
Trachée	Gros intestin	Haustration; mouvements de masse	Mucus	Non	Eau et sel ce qui transforme le contenu en fèces
Œsophage					
Sphincter inférieur de l'œsophage					
Foie					
Estomac					
Vésicule biliaire					
Pancréas					
Duodénum					
Colon gauche					
Colon transverse					
Colon droit					
Jéjunum					
Caecum					
Iléon					
Appendice					
Sigmoïde					
Rectum					
Anus					



L'appellation **système digestif** désigne le **tube digestif**, ses **organes annexes** et divers **processus digestifs** se produisant pour préparer l'absorption des aliments ingérés.



L'appellation **système digestif** désigne le **tube digestif**, ses **organes annexes** et divers **processus digestifs** se produisant pour préparer l'absorption des aliments ingérés.



**Représentation schématique
du système digestif de l'humain
(glandes annexes en mauve)**

Tube digestif	Organes annexes
Bouche	3 paires de glandes salivaires → Production de salive
Pharynx	
Œsophage	
Estomac	Pancréas (produit suc pancréatique)
Intestin grêle	Foie et vésicules biliaires (produit la bile)
Gros intestin (=colon)	
Rectum et canal anal	

Les glandes annexes ne font pas partie du tube mais ils y secrètent des substances par de canaux qui les relie au tube

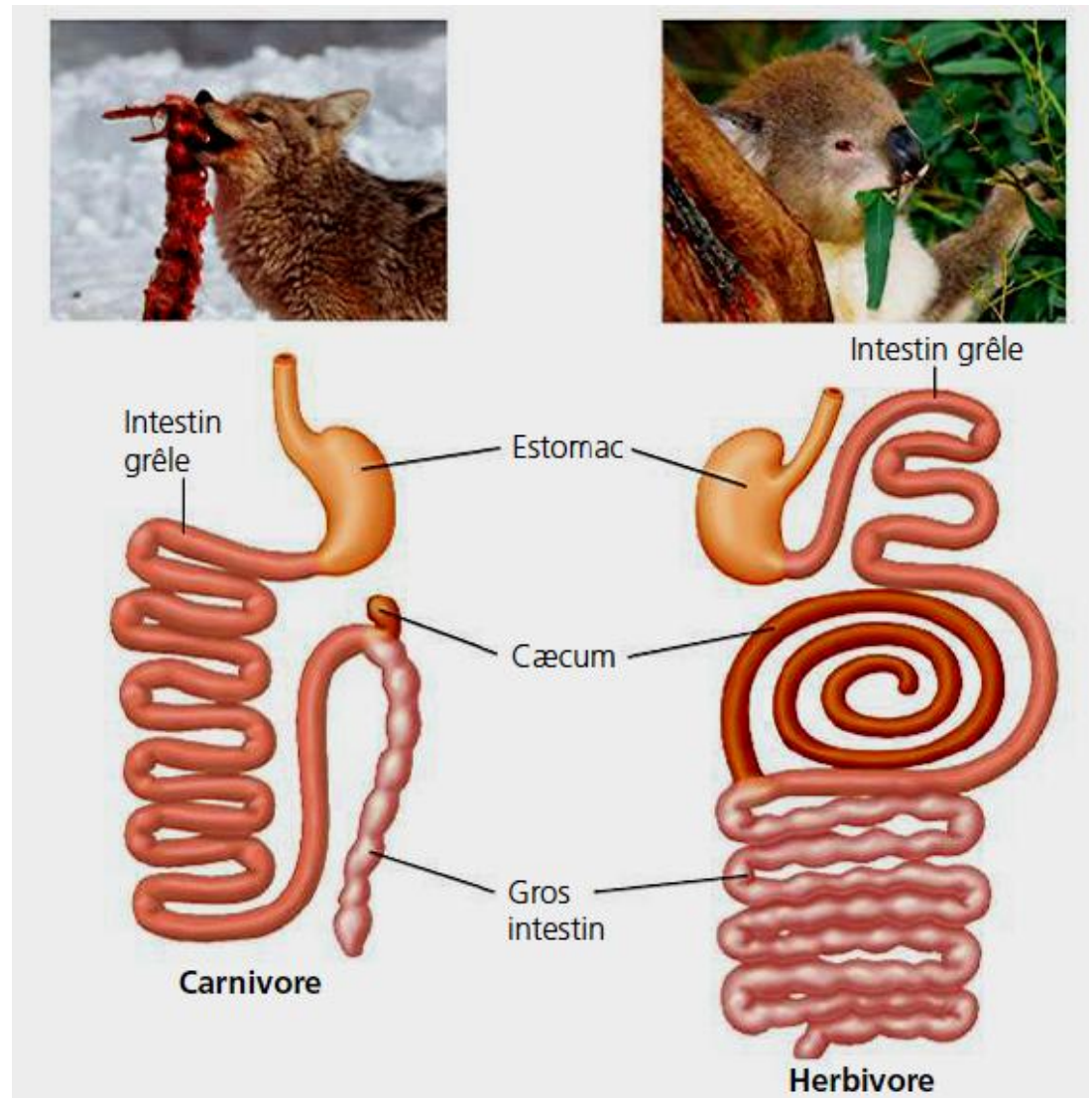
Chez les animaux, des variations selon le régime alimentaire

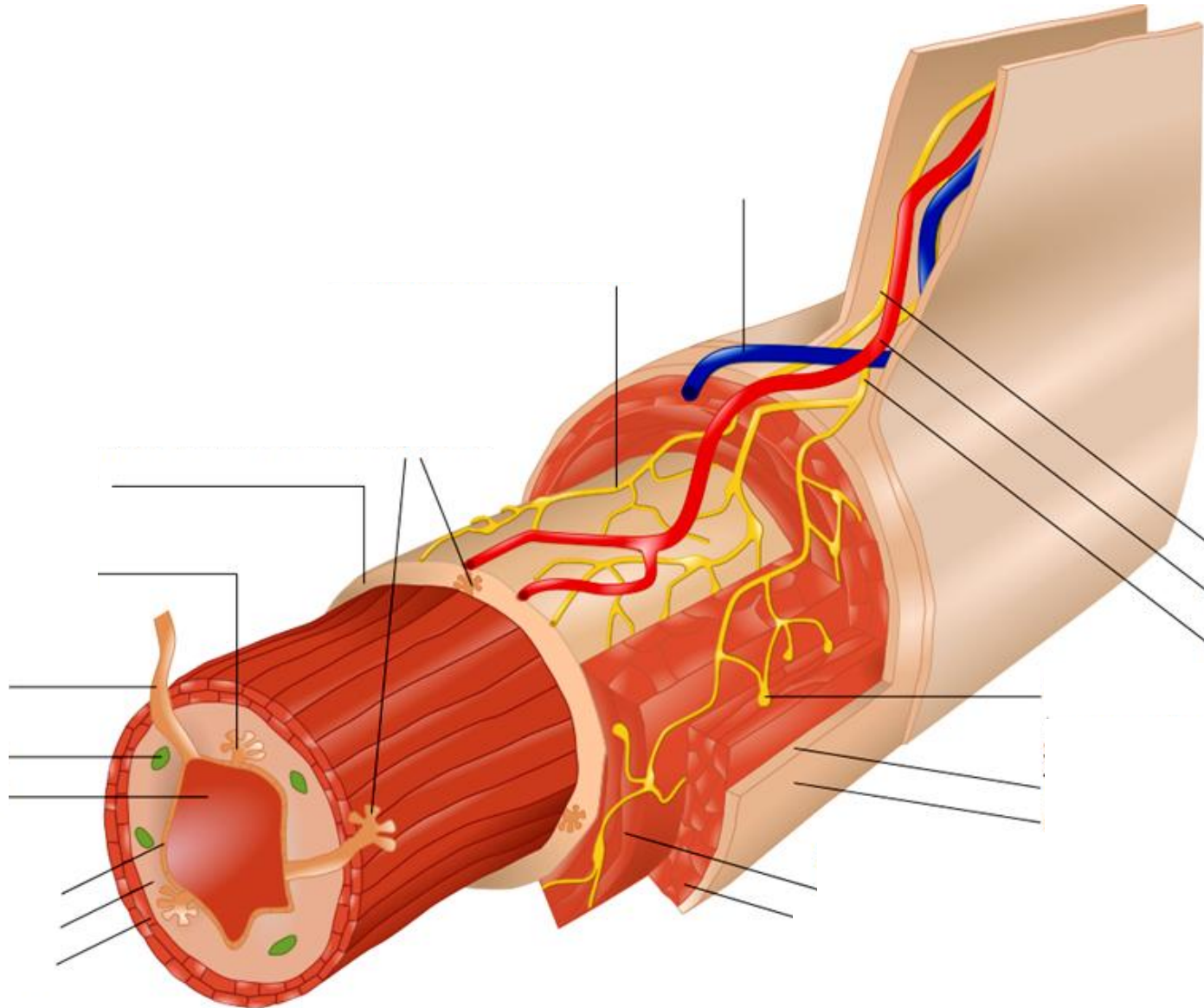
EXEMPLE :

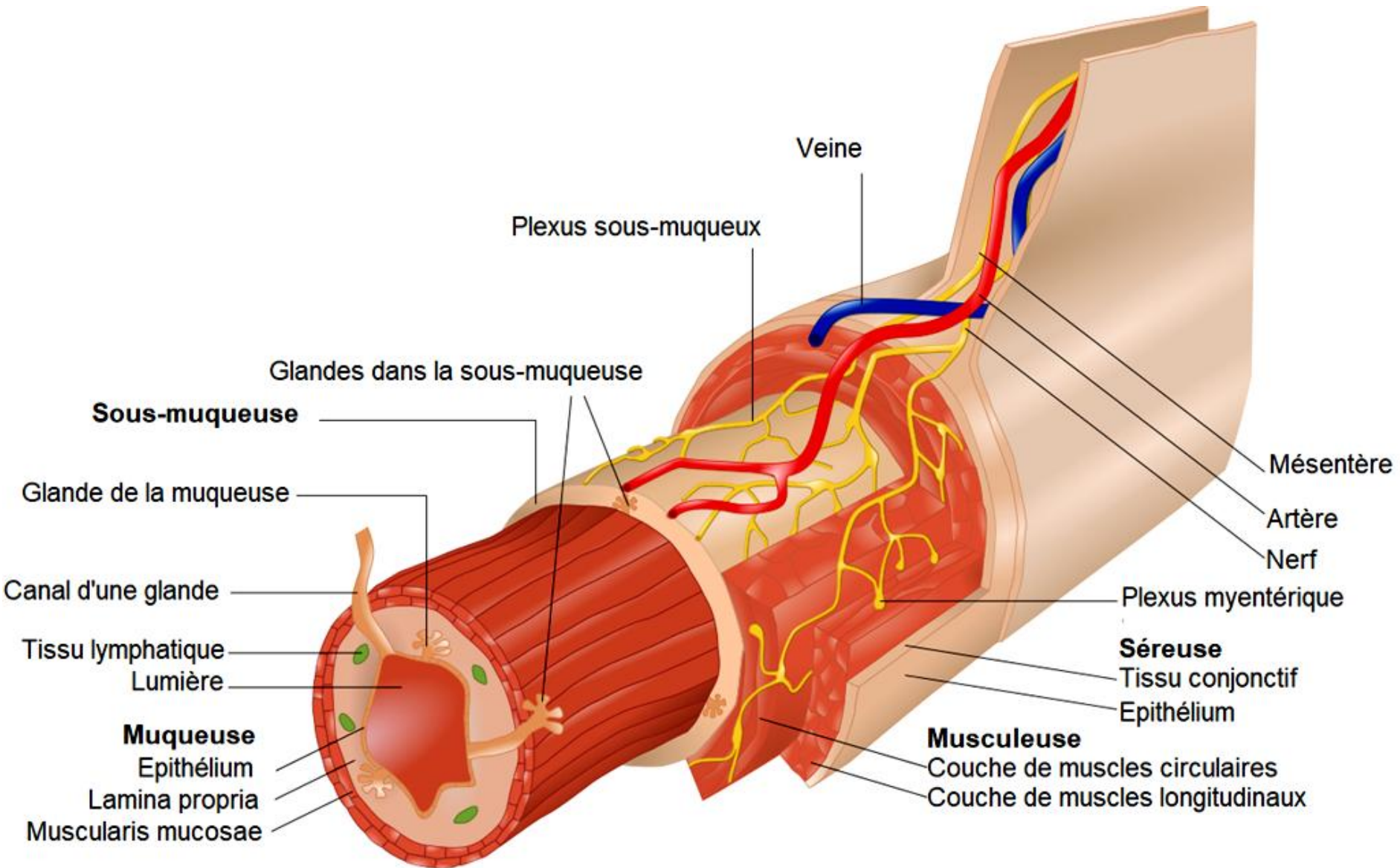
Le tube digestif d'un carnivore (coyote) et celui d'un herbivore (koala). Le tube digestif du koala est adapté à la digestion des feuilles d'eucalyptus.

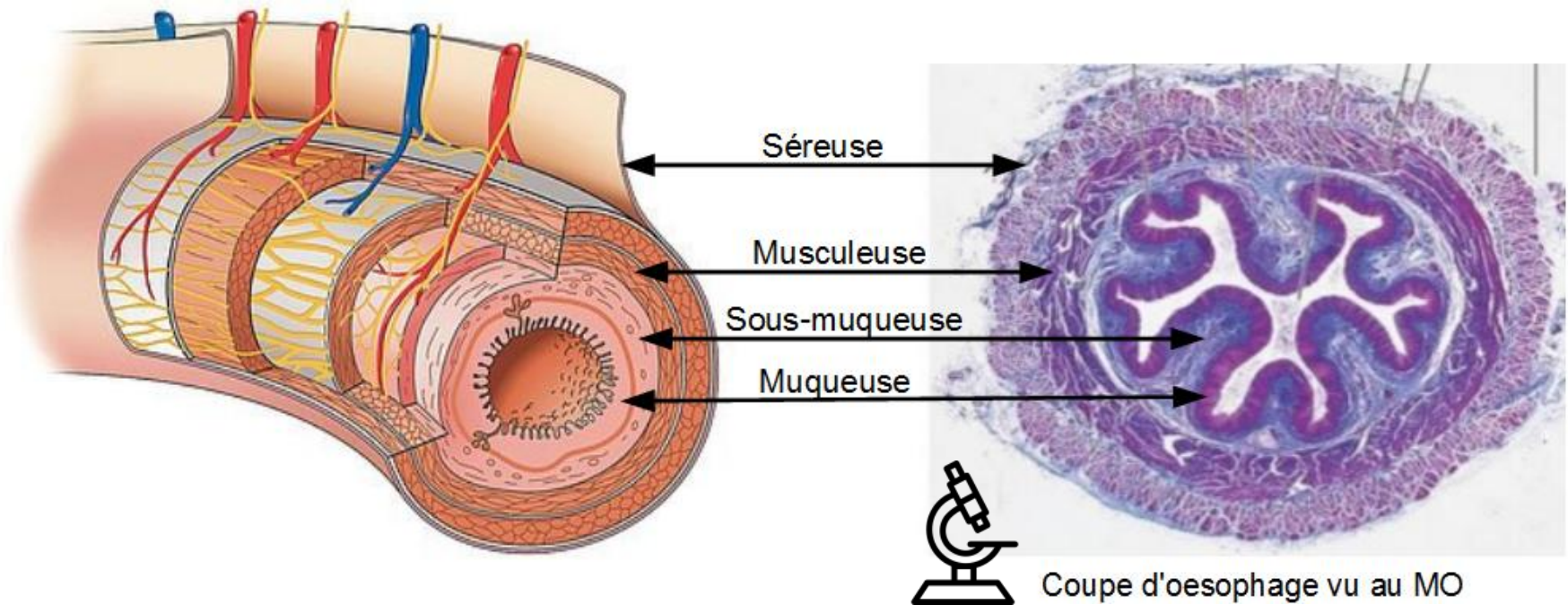
La mastication prolongée permet de découper les feuilles ingérées en tout petits fragments, ce qui augmente la surface exposée aux sucs digestifs.

Dans le **très long cæcum** et la portion supérieure du côlon, les bactéries symbiotiques (microbiote) dégradent les feuilles déchiquetées et produisent des substances plus nutritives.



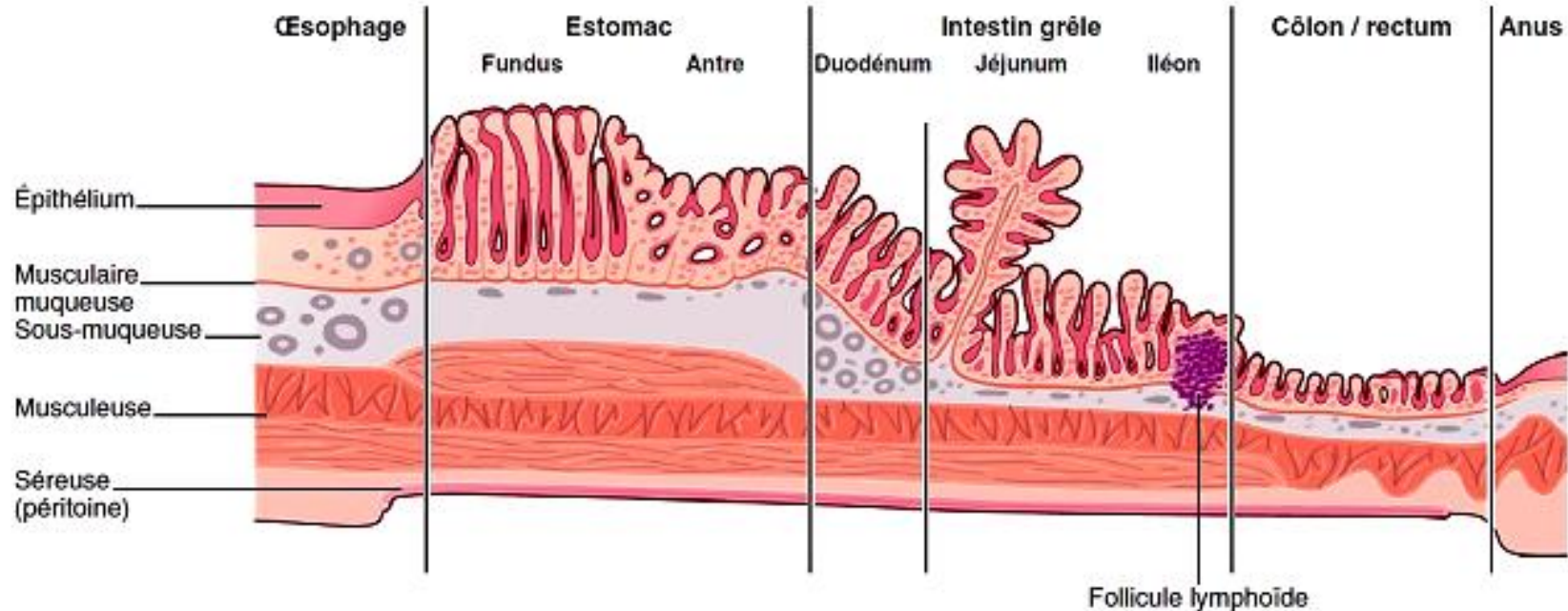






Les parois du tube digestif sont organisées en 4 couches (tuniques). De l'extérieur vers intérieur :

- ✓ Sérouse (emballage externe)
- ✓ Musculeuse (circulaire interne et longitudinale externe)
- ✓ Sous muqueuse
- ✓ Muqueuse (couche interne au contact des aliments)

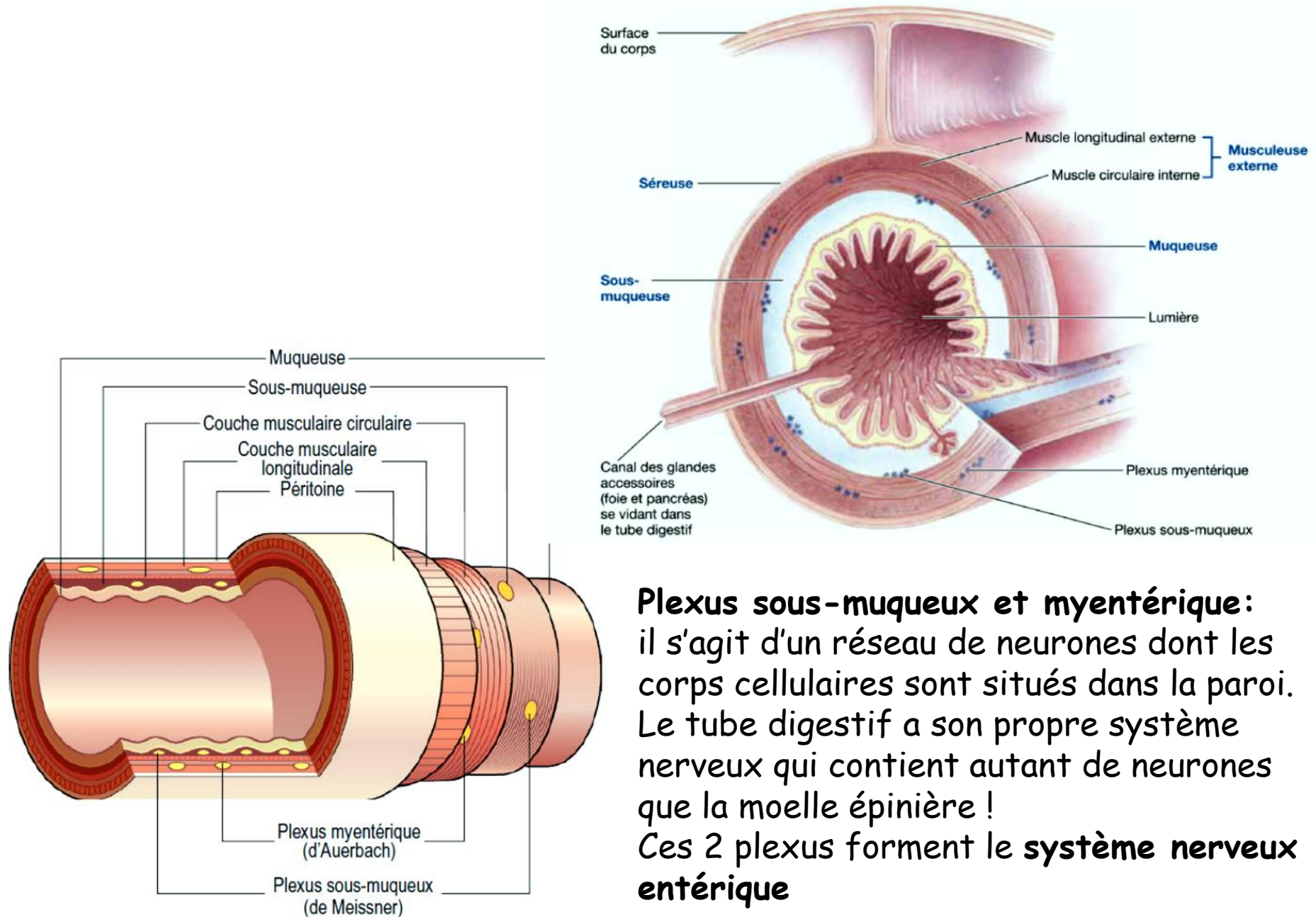


Cette structure générale est pratiquement la même sur toute la longueur, avec toutefois des particularités régionales

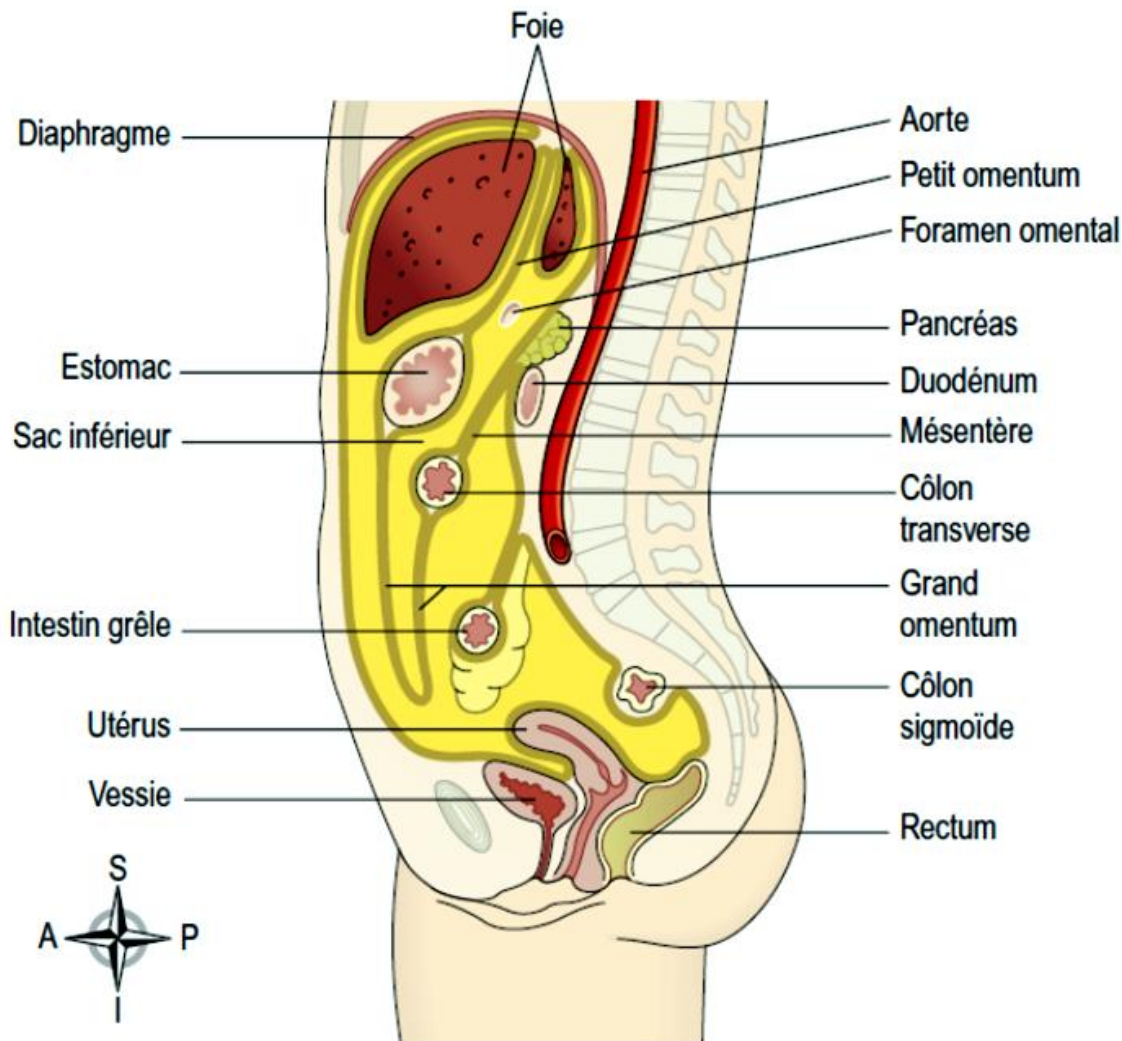
La majeure partie de la surface de la lumière du tube présente un grand nombre de circonvolutions;
cette caractéristique augmente la surface disponible pour l'absorption

Ces 4 tuniques permettent au tube digestif d'exercer trois fonctions principales:

- ✓ Une **fonction digestive** :
 - la muqueuse participe à la **digestion** des aliments et à l'**absorption** des produits de la digestion.
 - La musculuse permet la digestion mécanique des aliments et leur propulsion le long du tube digestif.
- ✓ Une fonction **endocrine**: la muqueuse sécrète des hormones.
- ✓ Une fonction **immunitaire**



Plexus sous-muqueux et myentérique :
il s'agit d'un réseau de neurones dont les corps cellulaires sont situés dans la paroi. Le tube digestif a son propre système nerveux qui contient autant de neurones que la moelle épinière !
Ces 2 plexus forment le **système nerveux entérique**



A

✓ C'est la couche conjonctive la plus externe qui enveloppe les organes.

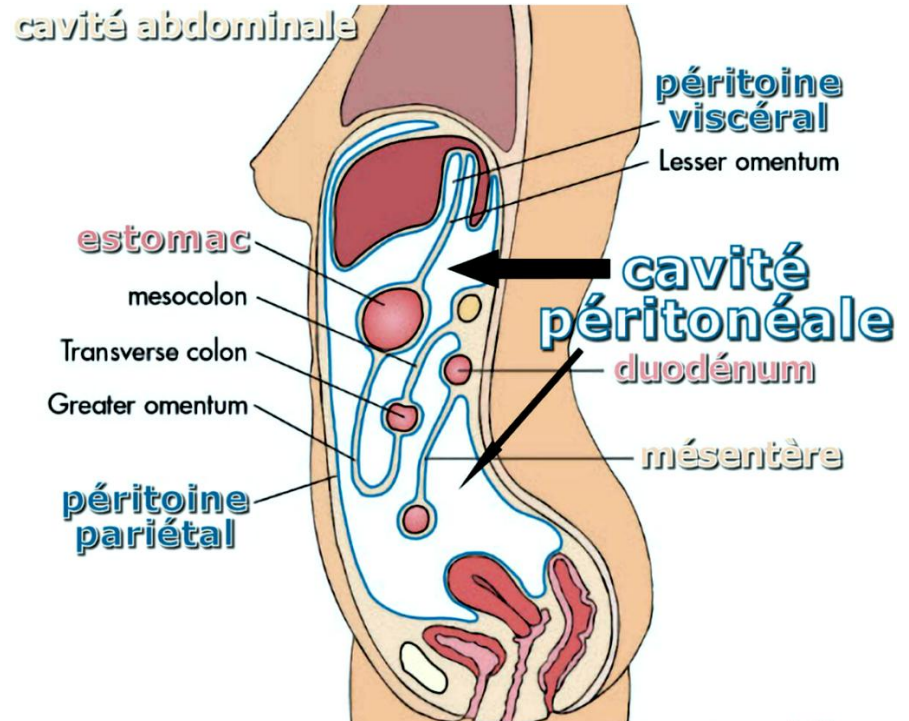
✓ Dans l'abdomen (sous le diaphragme), elle forme une partie du péritoine (la plus grande séreuse de l'organisme)

✓ Elle permet aux différents segments du tube digestif de se replier et de glisser les uns sur les autres dans la cavité abdominale

A. La cavité péritonéale (en jaune), les organes abdominaux du système digestif, et les organes pelviens.

Le péritoine = sac fermé contenant une petite quantité de liquide séreux, situé dans la cavité abdominale. Il est richement vascularisé par des vaisseaux sanguins et des vaisseaux lymphatiques.

Il fournit une barrière physique à l'extension de l'infection, et il peut isoler un foyer infectieux tel qu'une appendicite, empêchant l'atteinte d'autres structures abdominales.



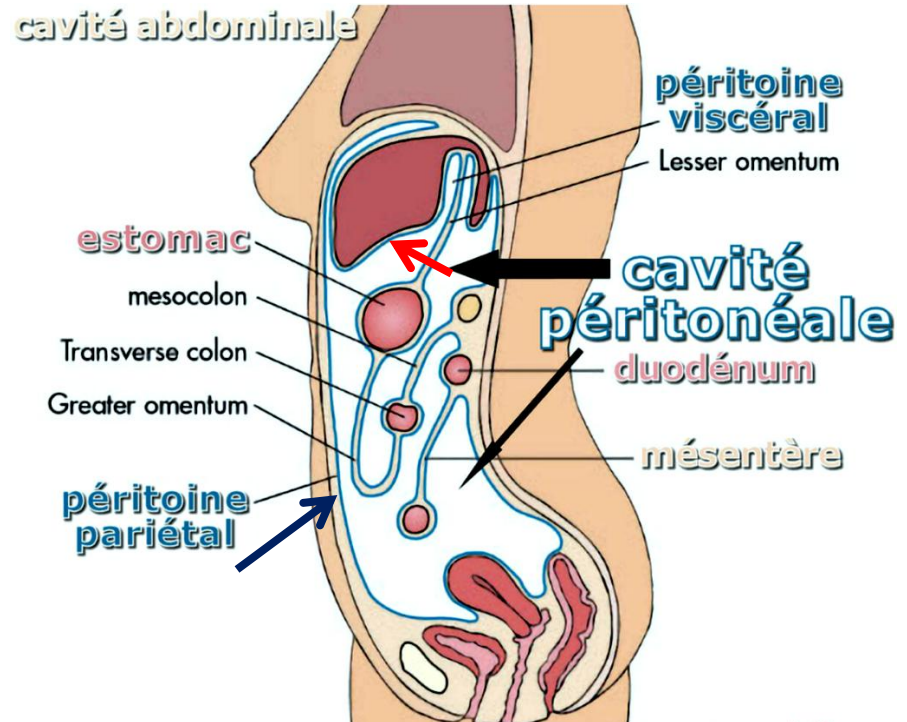
Le péritoine = sac fermé contenant une petite quantité de liquide séreux, situé dans la cavité abdominale. Il est richement vascularisé par des vaisseaux sanguins et des vaisseaux lymphatiques.

Il fournit une barrière physique à l'extension de l'infection, et il peut isoler un foyer infectieux tel qu'une appendicite, empêchant l'atteinte d'autres structures abdominales.

Le péritoine a deux feuillets :

- le **péritoine pariétal**, qui borde la paroi abdominale antérieure;
- le **péritoine viscéral**, qui recouvre les organes (viscères) contenus dans les cavités abdominale et pelvienne.

Les deux feuillets du péritoine sont en contact, et le frottement entre eux est évité par la présence de liquide séreux sécrété par les cellules péritonéales. Une disposition semblable s'observe au niveau de la plèvre, membrane entourant chaque poumon.



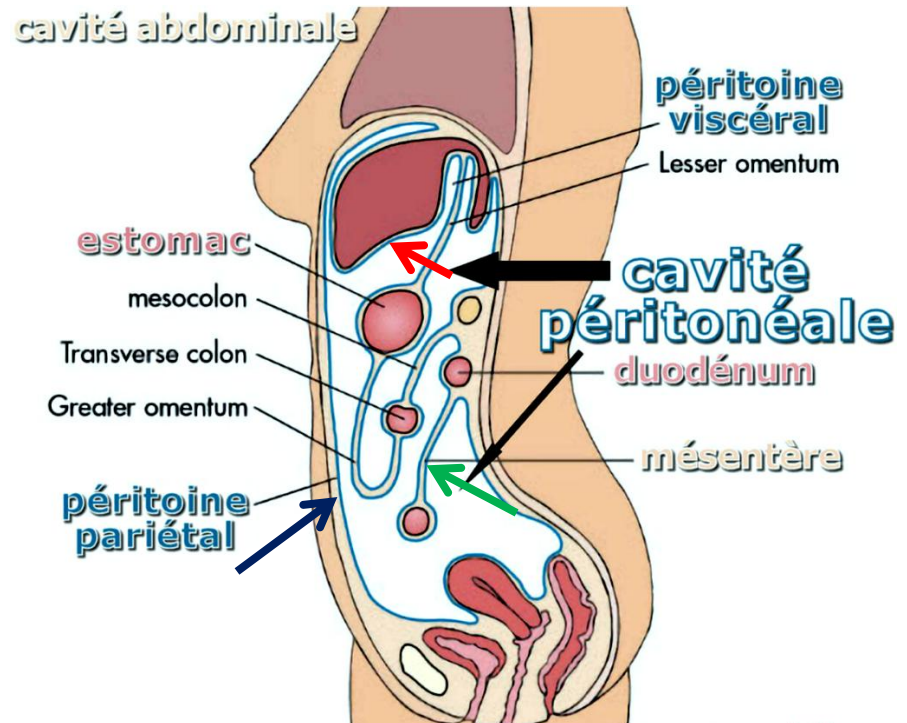
Le péritoine = sac fermé contenant une petite quantité de liquide séreux, situé dans la cavité abdominale. Il est richement vascularisé par des vaisseaux sanguins et des vaisseaux lymphatiques.

Il fournit une barrière physique à l'extension de l'infection, et il peut isoler un foyer infectieux tel qu'une appendicite, empêchant l'atteinte d'autres structures abdominales.

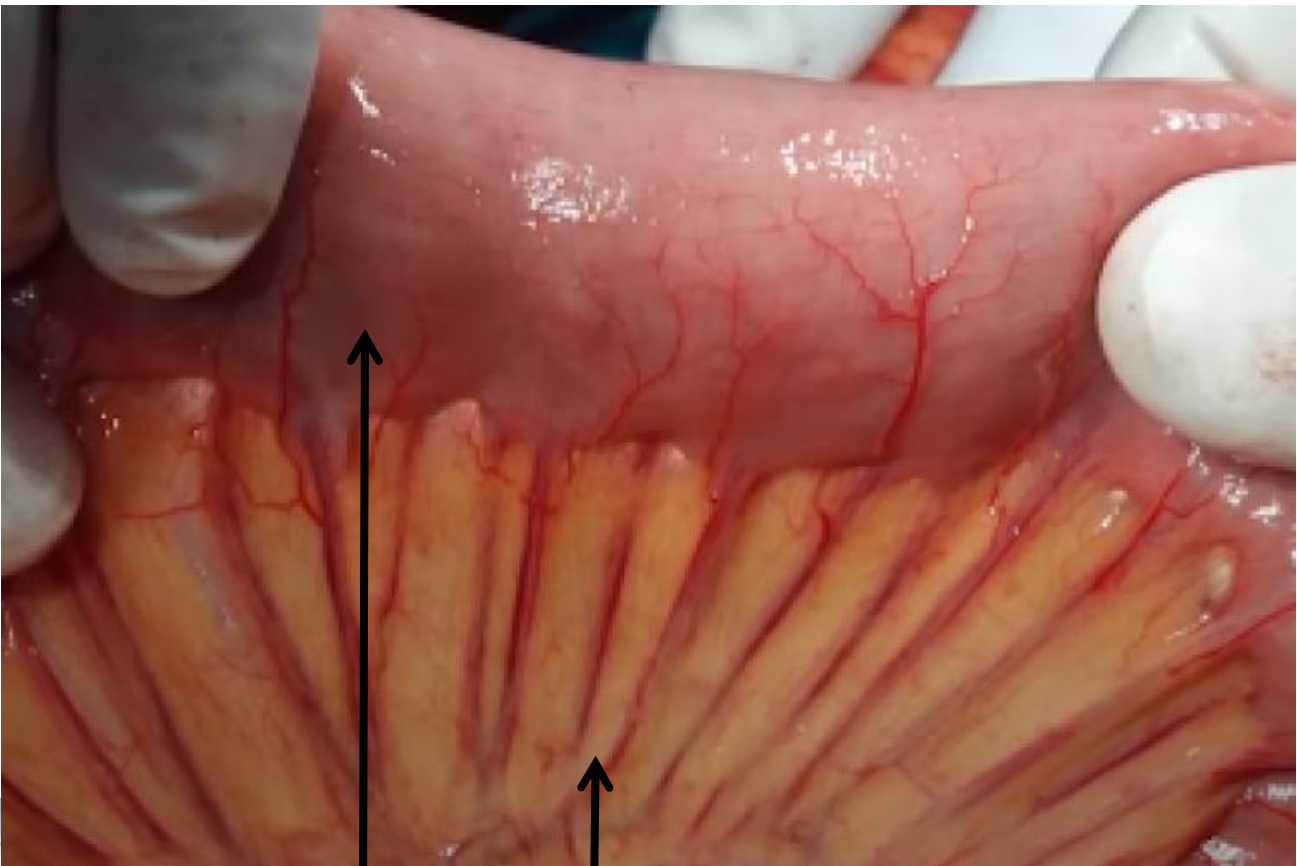
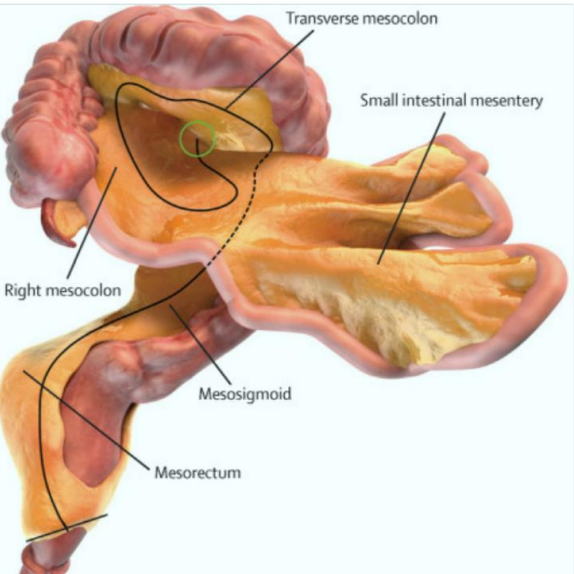
Le péritoine a deux feuillets :

- le **péritoine pariétal**, qui borde la paroi abdominale antérieure;
- le **péritoine viscéral**, qui recouvre les organes (viscères) contenus dans les cavités abdominale et pelvienne.

L'estomac et l'intestin, sont presque entièrement entourés par le péritoine et ils ont un repli double (le **mésentère**) les rattachant à la paroi abdominale postérieure

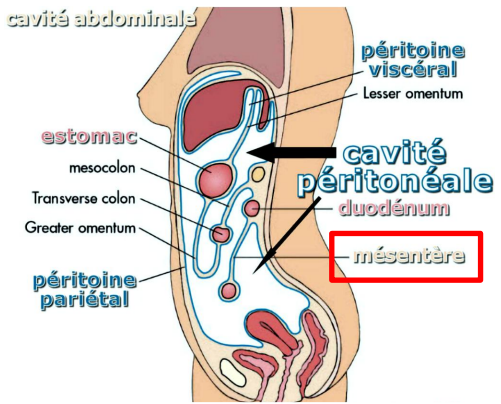


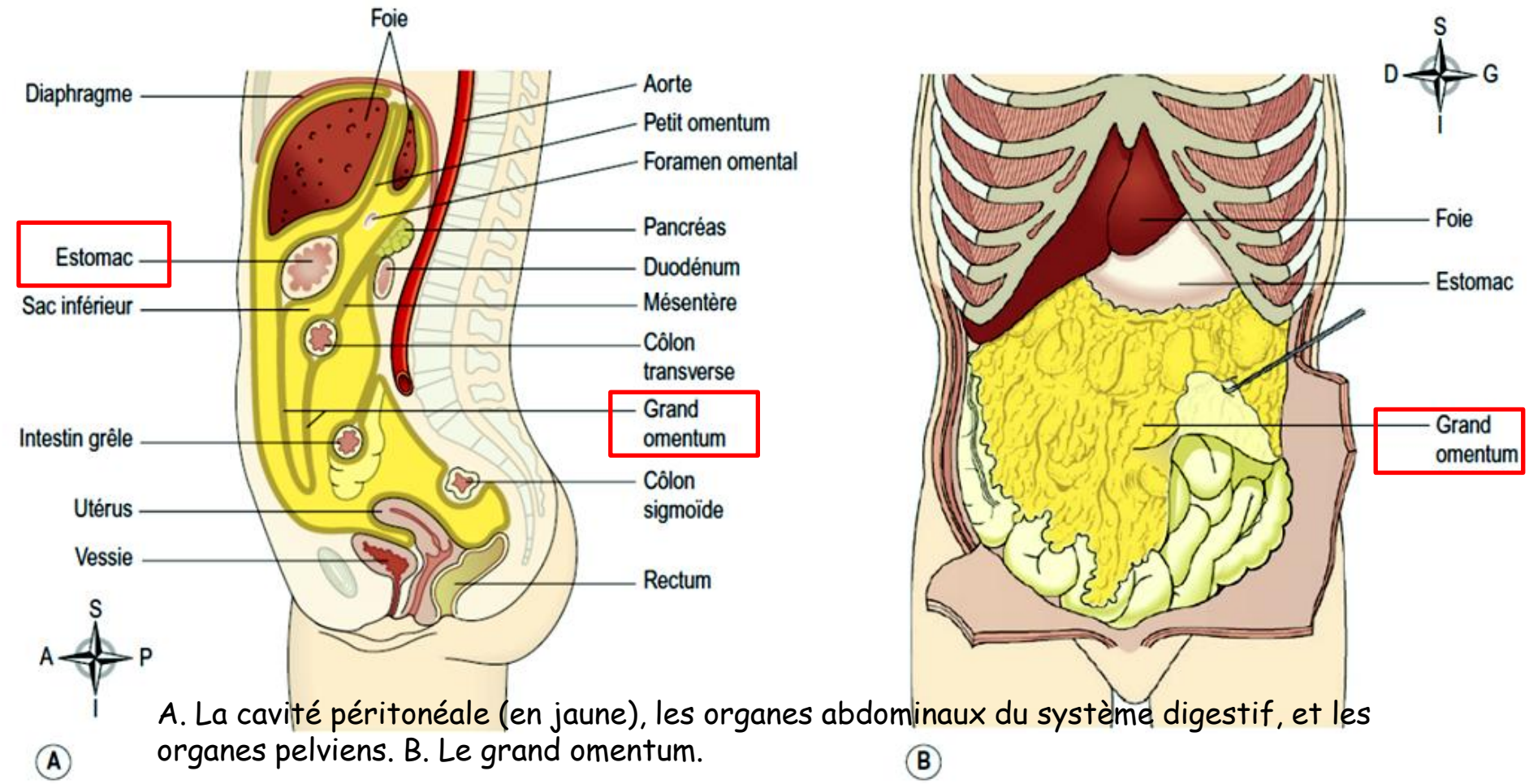
Le mésentère



Intestin grêle

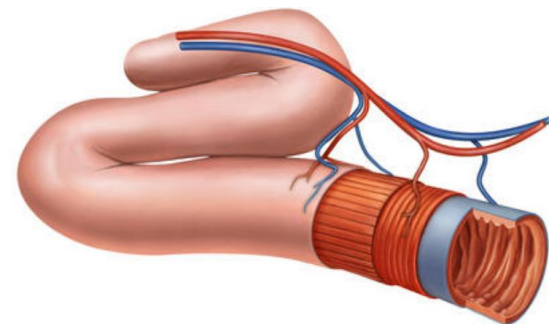
Mésentère



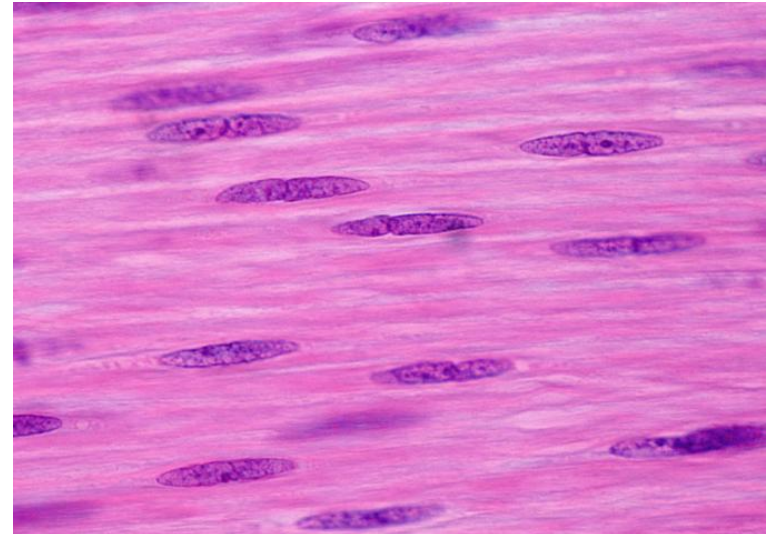
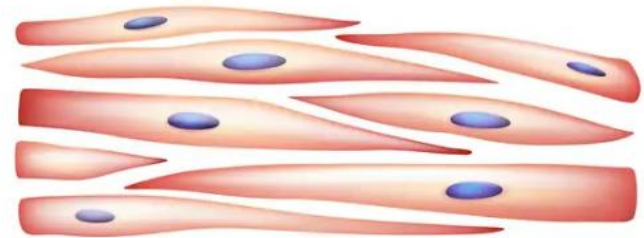
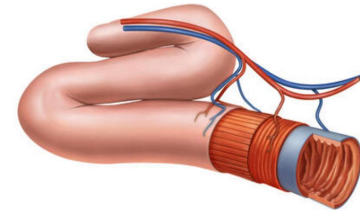
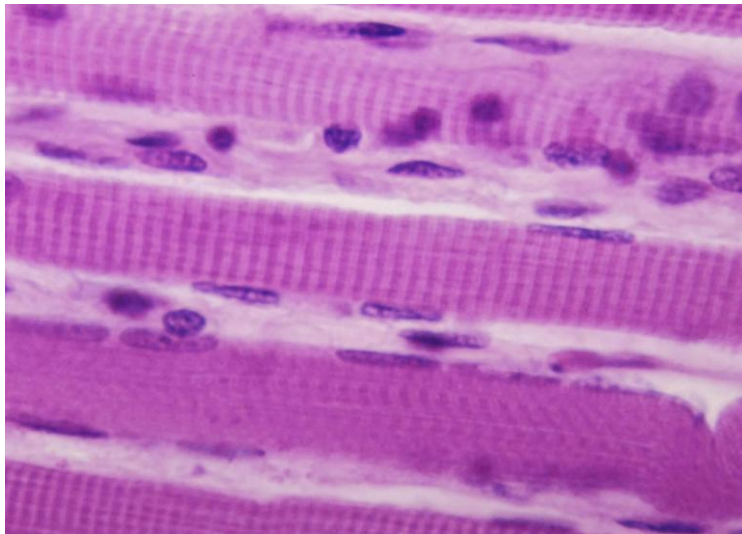
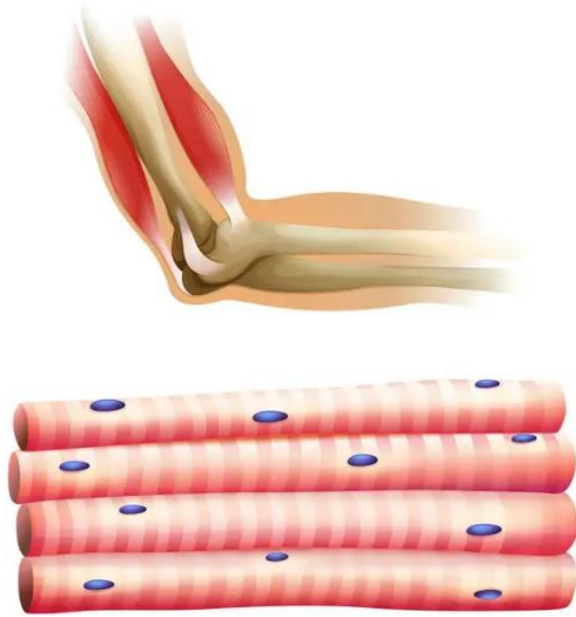


Le dédoublement péritonéal enfermant l'estomac va au-delà de la grande courbure de l'estomac et il pend devant les organes abdominaux comme un tablier. Il s'agit du grand omentum qui stocke des graisses, et qui fournit à la fois une isolation et une réserve d'énergie à long terme ;

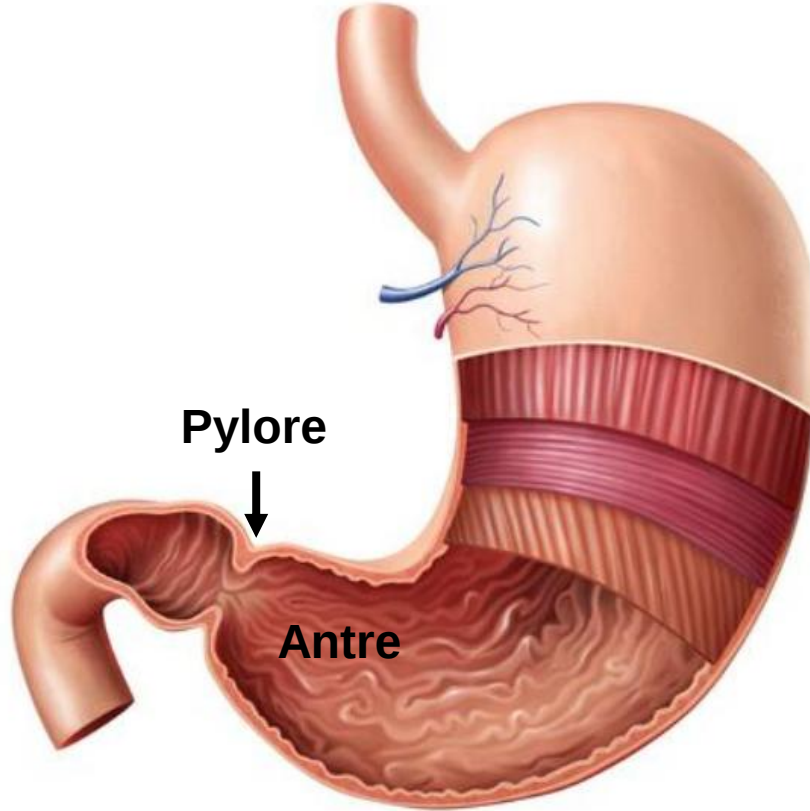
Muscles striés	Muscles lisses
✓ Seulement aux extrémités du tube digestif: partie oro-pharyngée, premier tiers de l'œsophage et sphincter anal externe ✓ Contrôlés par motoneurones, comme les autres muscles striés ✓ Contrôle volontaire	✓ 90 % des muscles du tube digestif ✓ 2 couches de cellules musculaires lisses: - Circulaire interne (rétrécissement du diamètre) - Longitudinale externe (raccourcissement du tube) ✓ Cellules de petite taille, mononuclées ✓ Contrôle involontaire



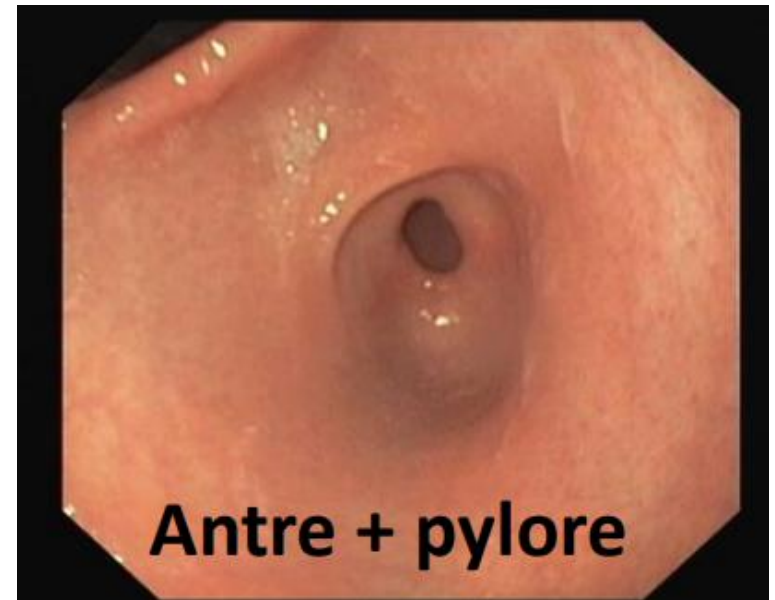
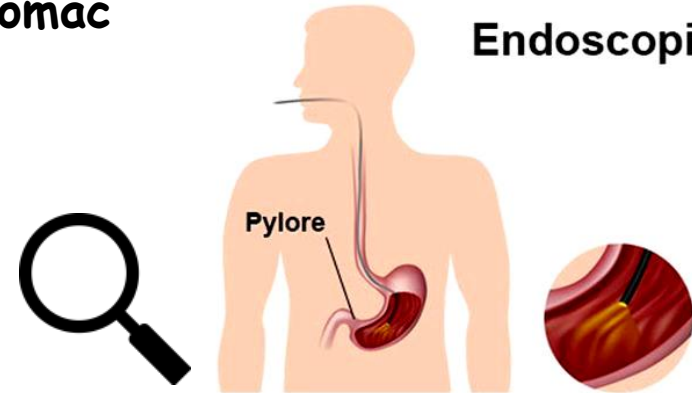
Comparaison cellules musculaires striées (à gauche) et lisse (à droite)



Pylore de l'estomac

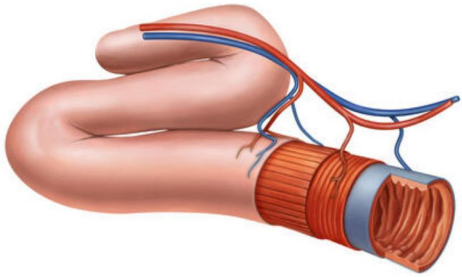


Endoscopie

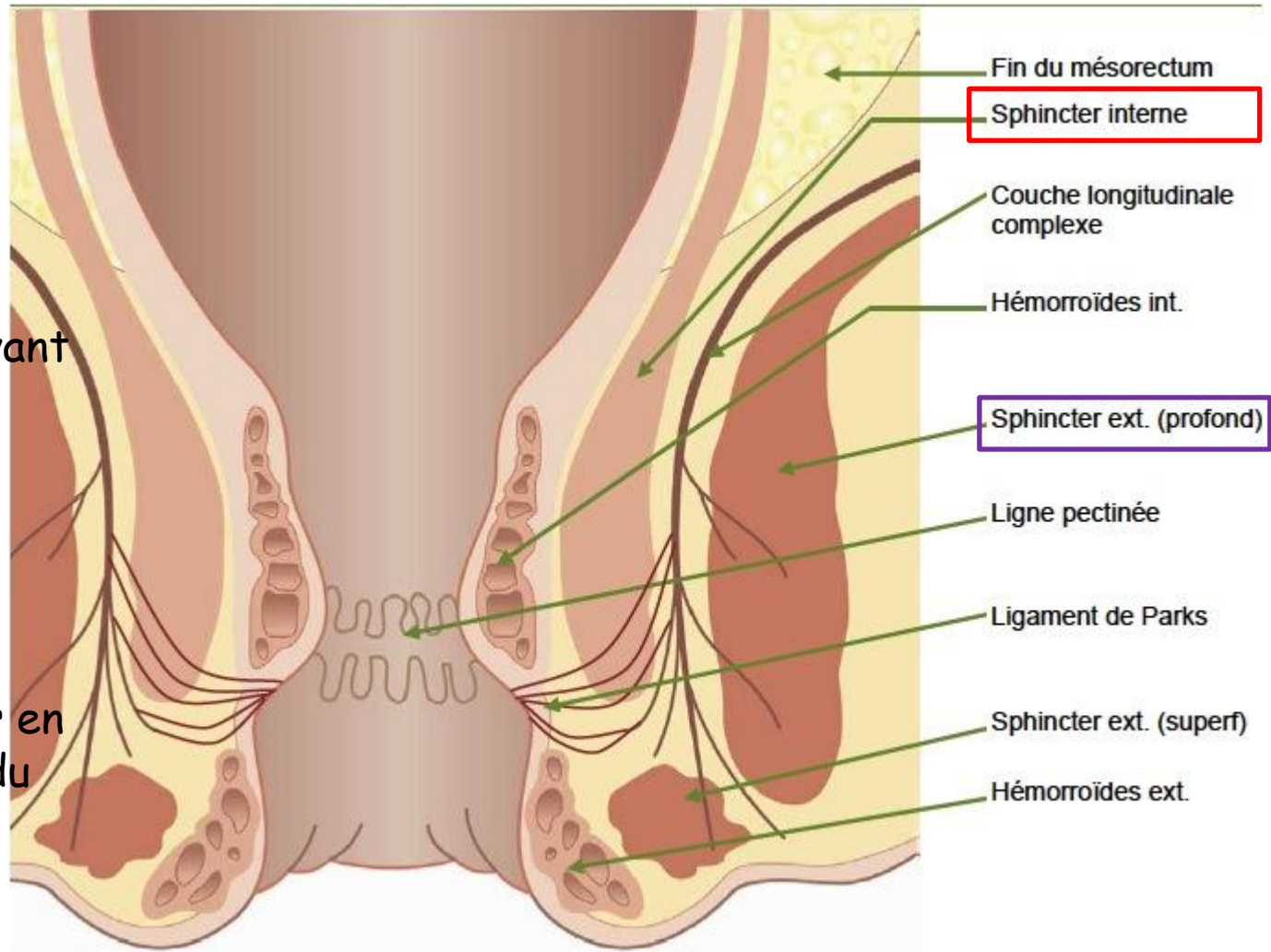


Localement, la couche circulaire des fibres musculaires lisse peut être épaissie pour former des **sphincters**: **pylore**, jonction iléon caecale, sphincter anal interne.

Anatomie du canal anal



La contraction des sphincters régule le mouvement vers l'avant et le passage des aliments d'un compartiment à l'autre. Ils agissent aussi comme valves, empêchant le retour en arrière du contenu du tractus.

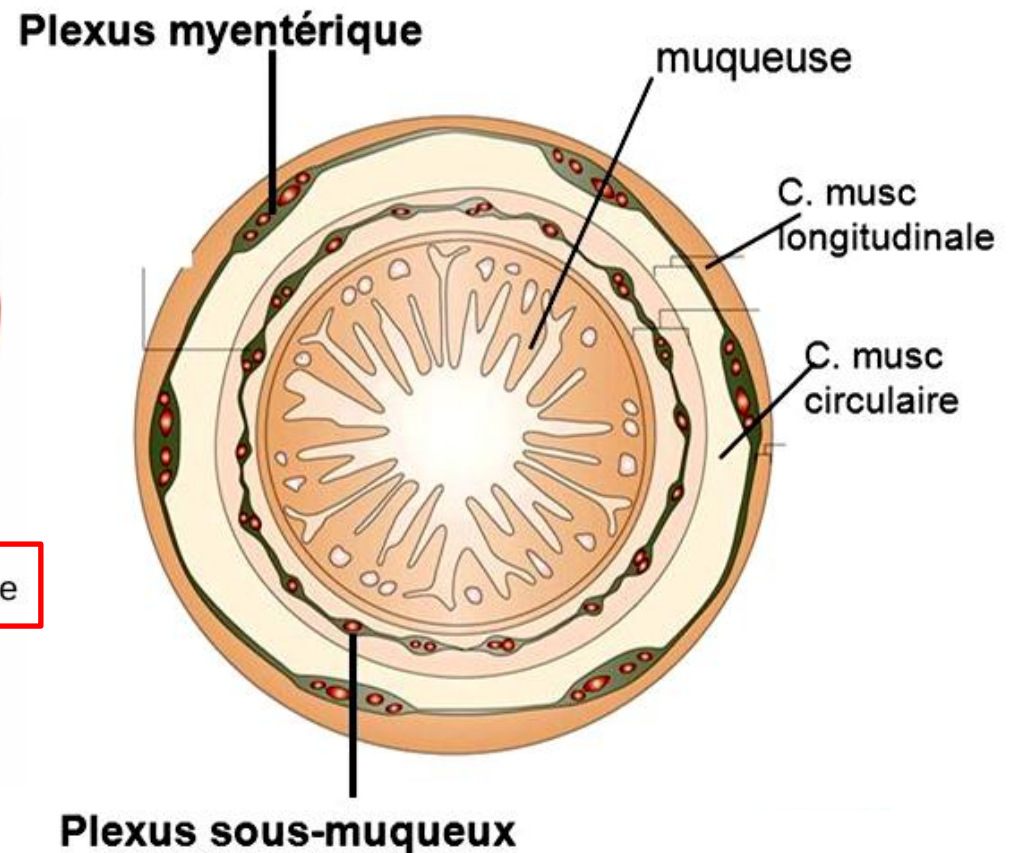
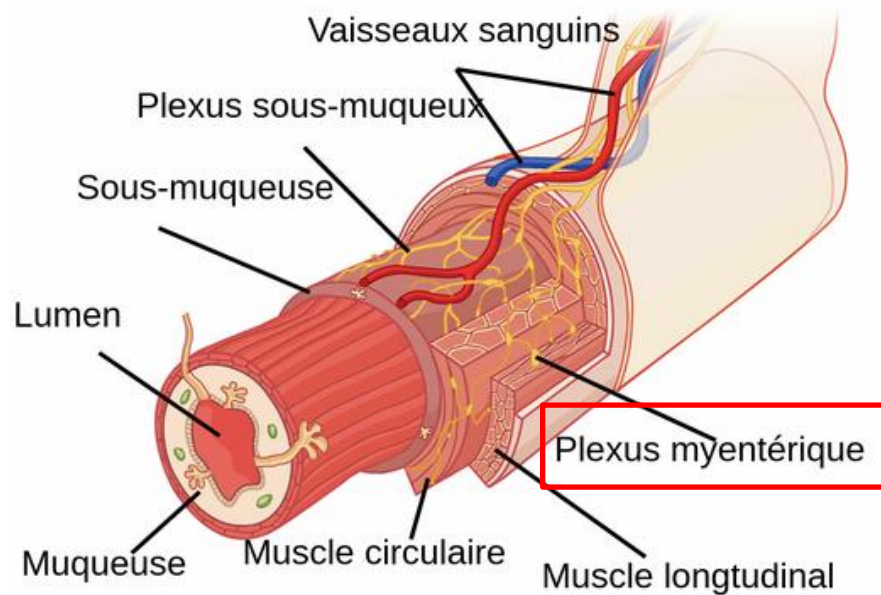


Localement, la couche circulaire peut être épaissie pour former des **sphincters**: pylore, jonction iléon caecale, **sphincter anal interne**

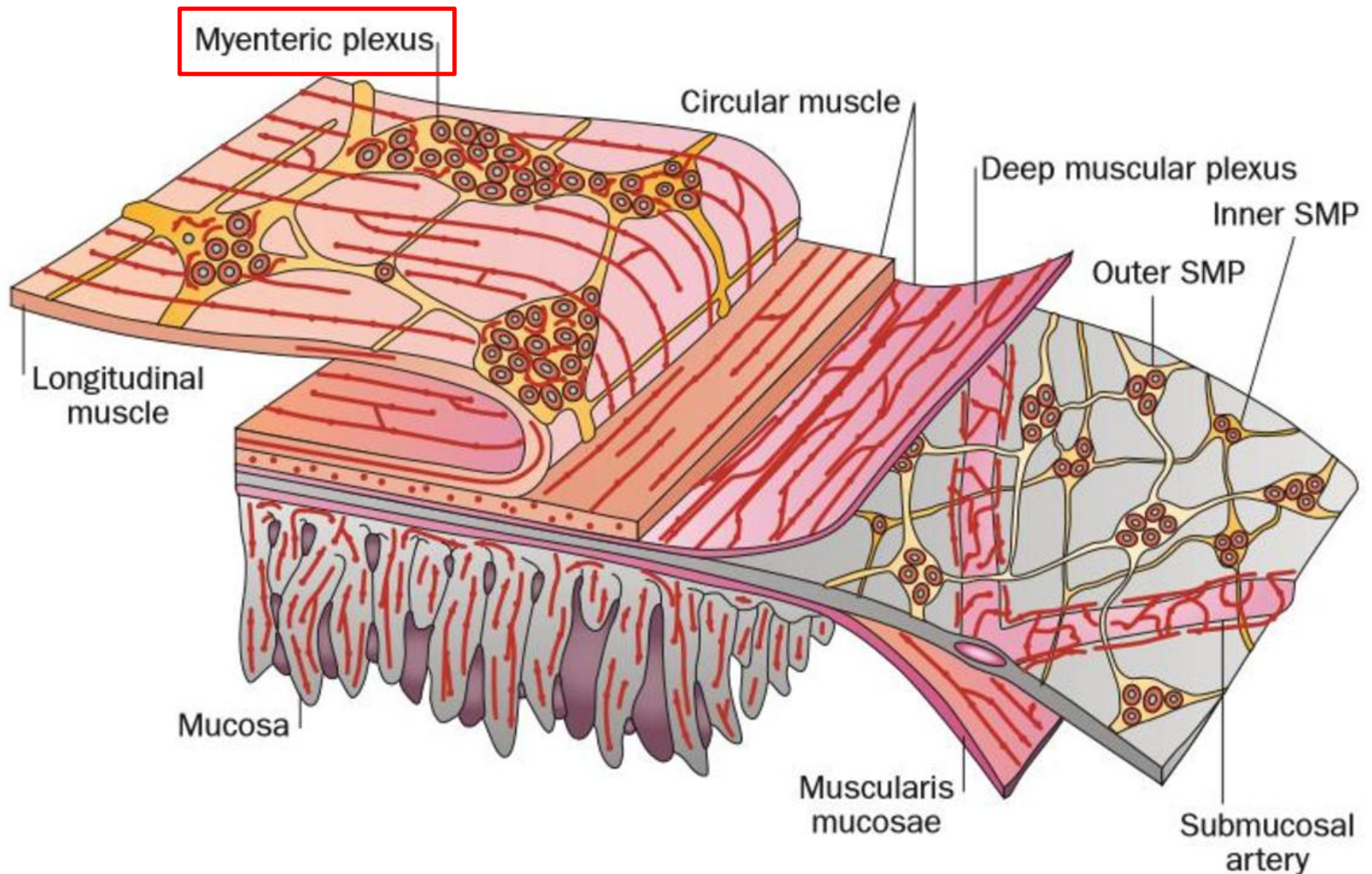
Plexus d'Auerbach ou plexus myentérique

Entre les 2 couches de fibres musculaires lisses se trouvent des vaisseaux sanguins, lymphatiques, ainsi qu'un réseau de neurones, le **plexus d'Auerbach ou plexus myentérique**.

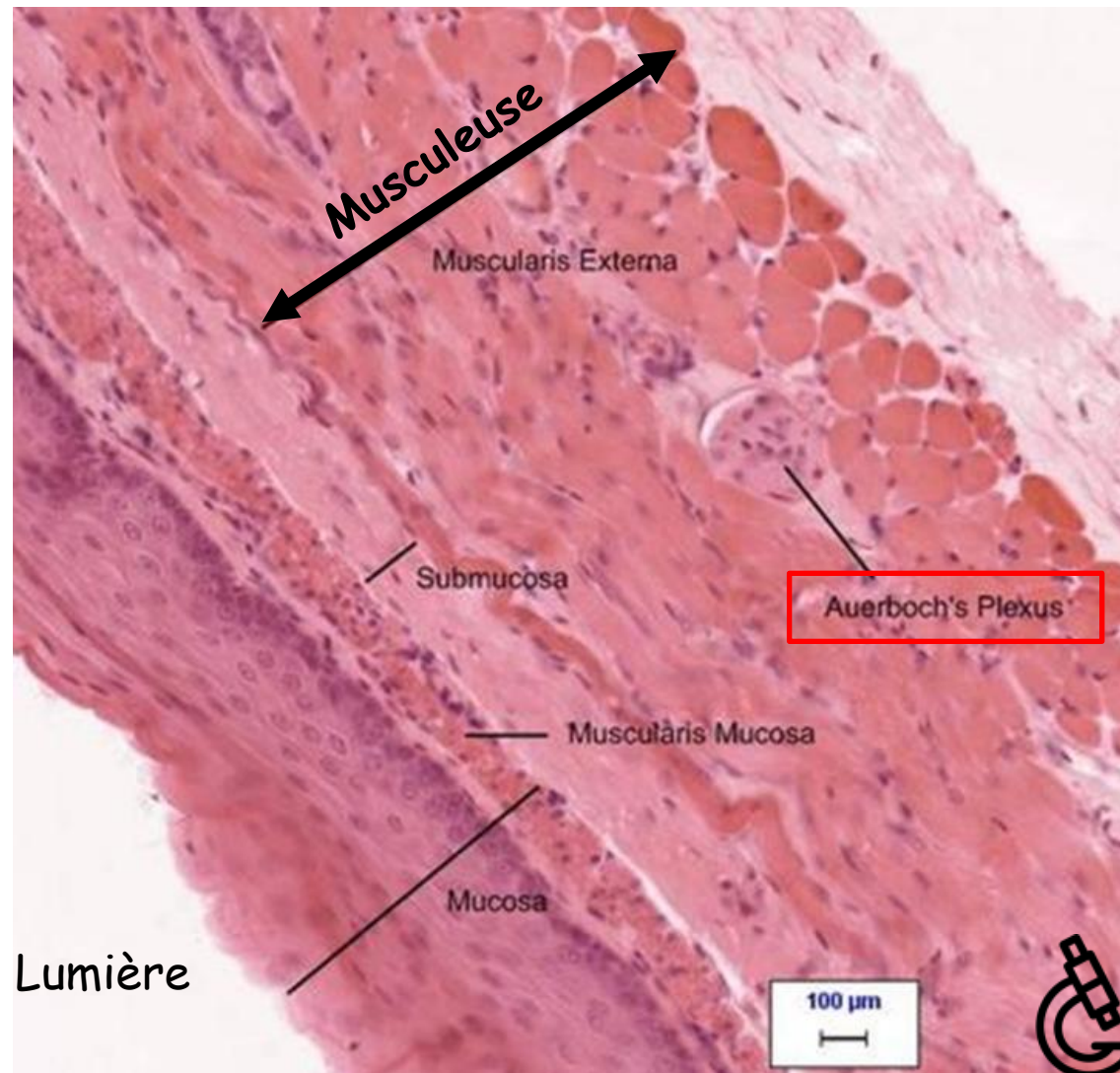
Ce réseau contrôle essentiellement la motricité du tube digestif.



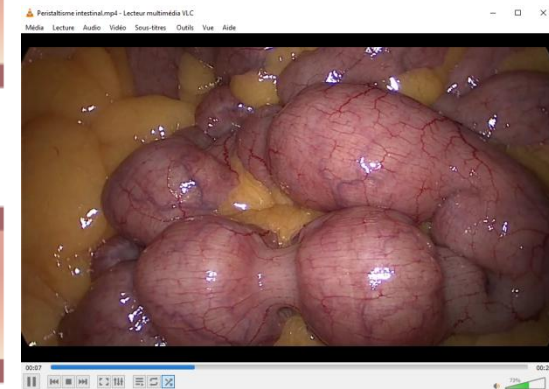
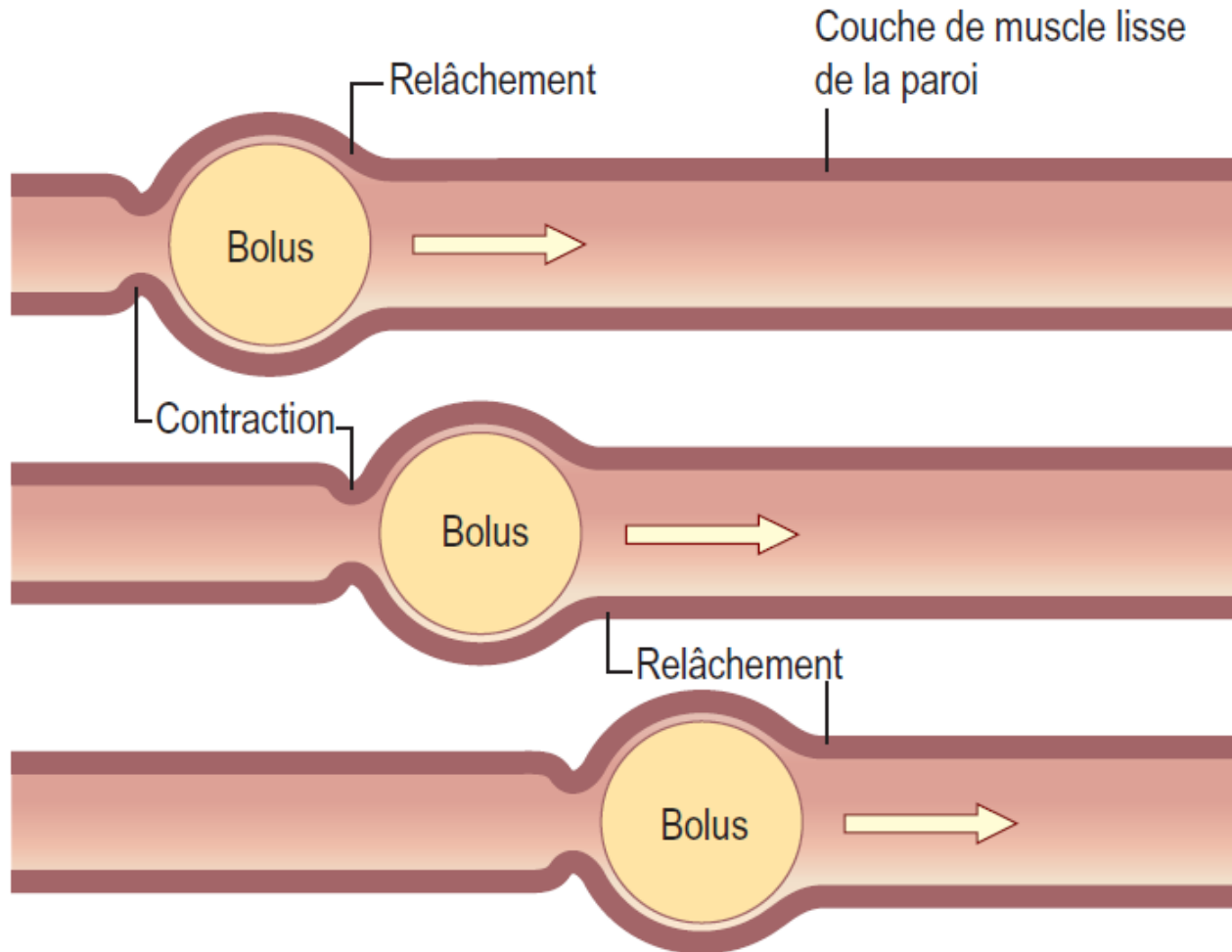
Plexus d'Auerbach ou plexus myentérique



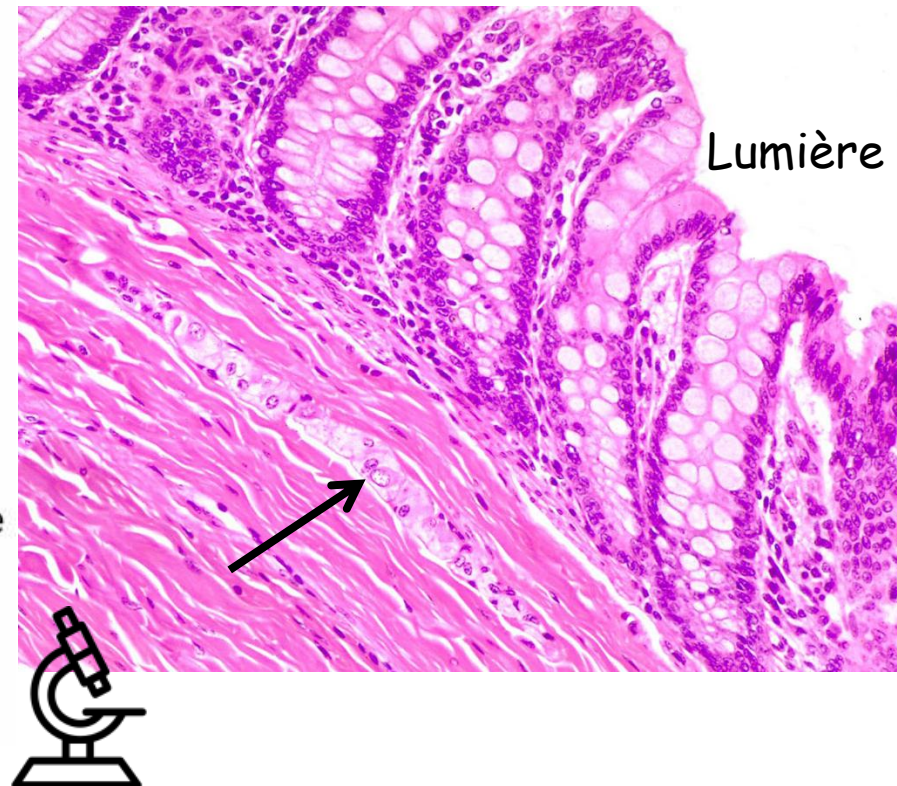
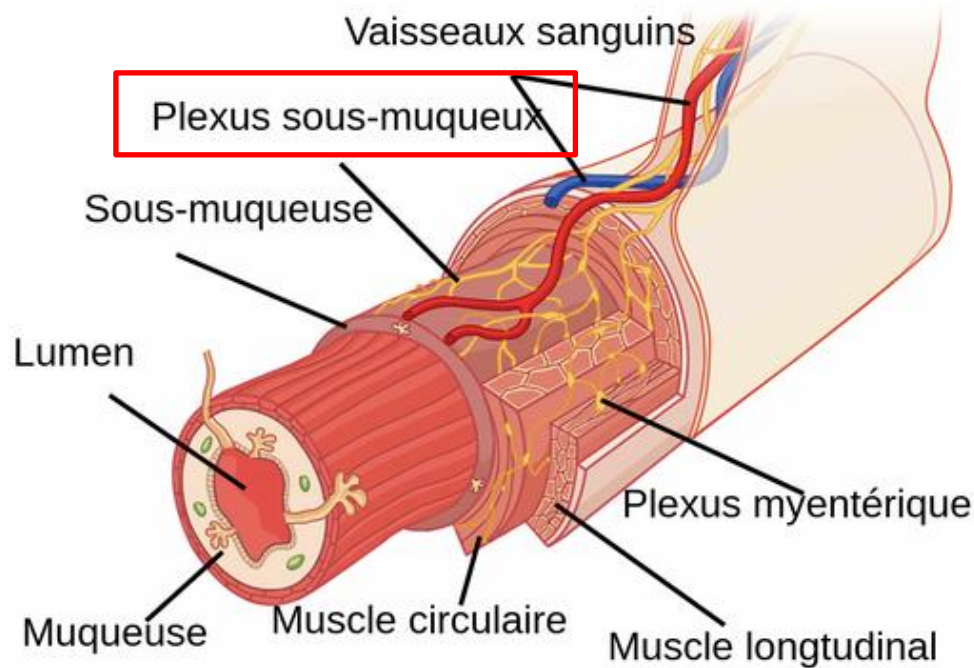
Plexus d'Auerbach ou plexus myentérique



La contraction et le relâchement de ces couches musculaires se produisent par vagues, qui poussent plus avant le contenu du tractus.
Ce type de contraction du muscle lisse est appelé **péristaltisme**

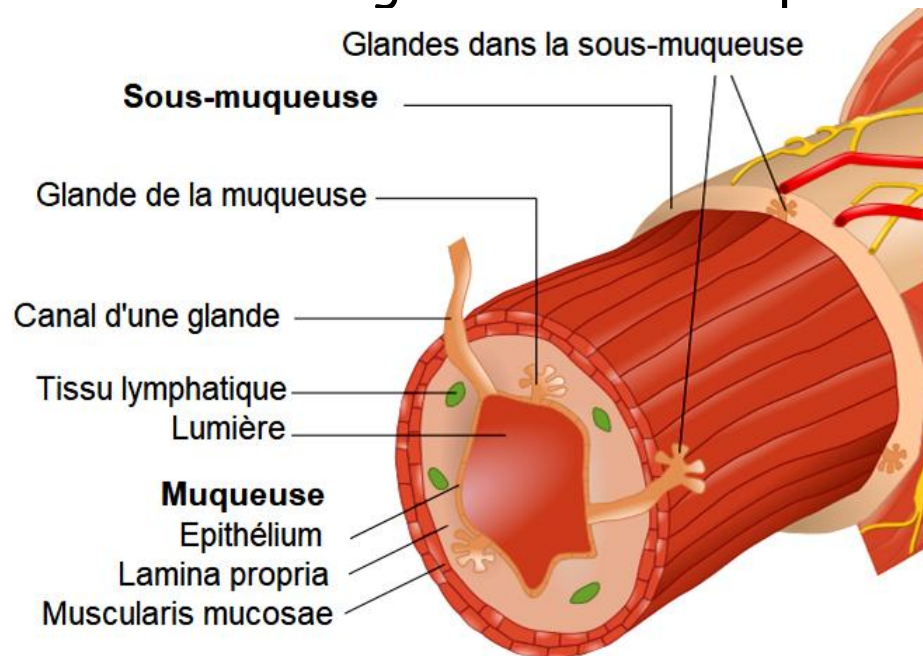


- couche de tissu conjonctif contenant du collagène et des fibres élastiques
- relie la couche musculuse à la muqueuse
- contient des vaisseaux sanguins (artérioles, veinules, et capillaires) et lymphatiques
- contient un réseau de neurones: **plexus sous-muqueux de Meissner** (régulation des sécrétions des glandes digestives, le débit sanguin local et la motricité des muscles lisses)



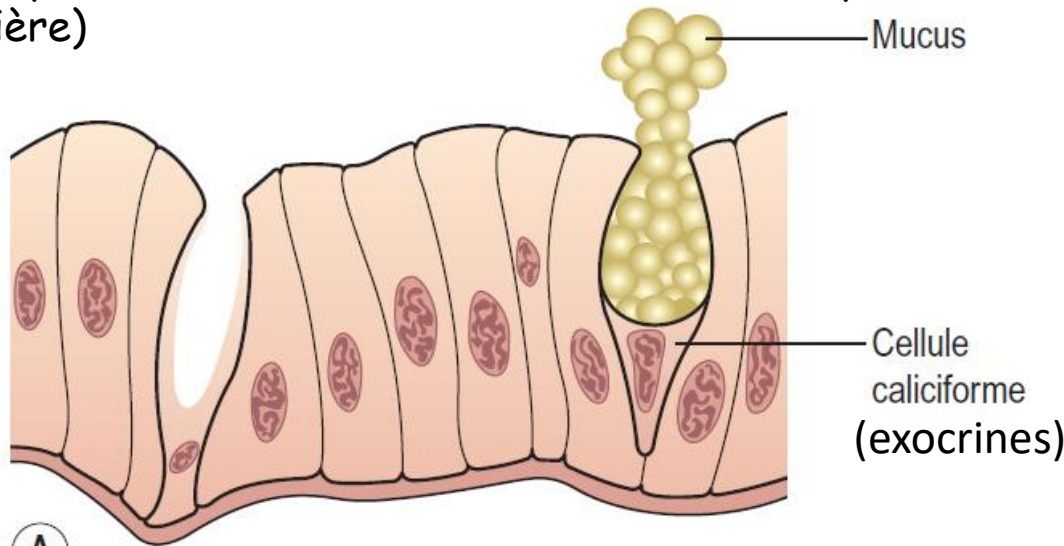
La muqueuse comporte trois couches tissulaires :

- ✓ la **membrane muqueuse**, formée par un épithélium cylindrique en contact avec les aliments. Rôle: *protection, sécrétion et absorption*
- ✓ la **lamina propria** (anciennement : *chorion*) = tissu conjonctif lâche avec vaisseaux sanguins et tissu lymphoïde ayant une fonction de protection contre les microbes
- ✓ la **muscularis mucosae**, mince couche de muscle lisse encore appelée musculaire muqueuse, qui plisse la muqueuse, ayant pour effet d'augmenter la surface de digestion et absorption



Membrane muqueuse = épithélium de revêtement

- ✓ Constitué d'une seule couche cellule reliées les unes aux autres par jonctions occlusives (épithélium pavimenteux stratifié)
- ✓ C'est la structure la plus variable, caractéristique de chaque étage.
- ✓ Elle contient des cellules dont les fonctions de sécrétions ou d'absorption varient selon l'organe .
- ✓ Parmi les cellules épithéliales figurent plusieurs types de cellules sécrétrices d'hormones que appelle cellules entéro-endocrines (bas estomac, début intestin grêle)
- ✓ On y trouve aussi des cellules exocrines (responsable des sécrétions digestives dans la lumière)



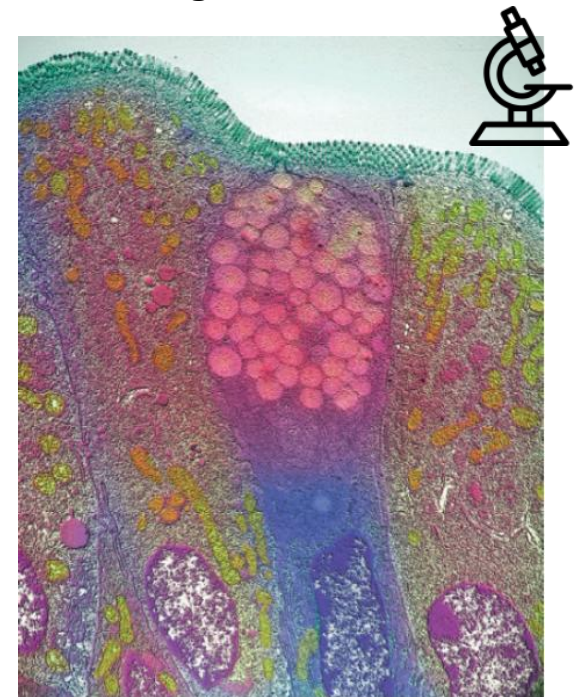
A

Le mucus lubrifie les parois du tractus et fournit une barrière physique qui les protège des effets nuisibles des enzymes digestives.

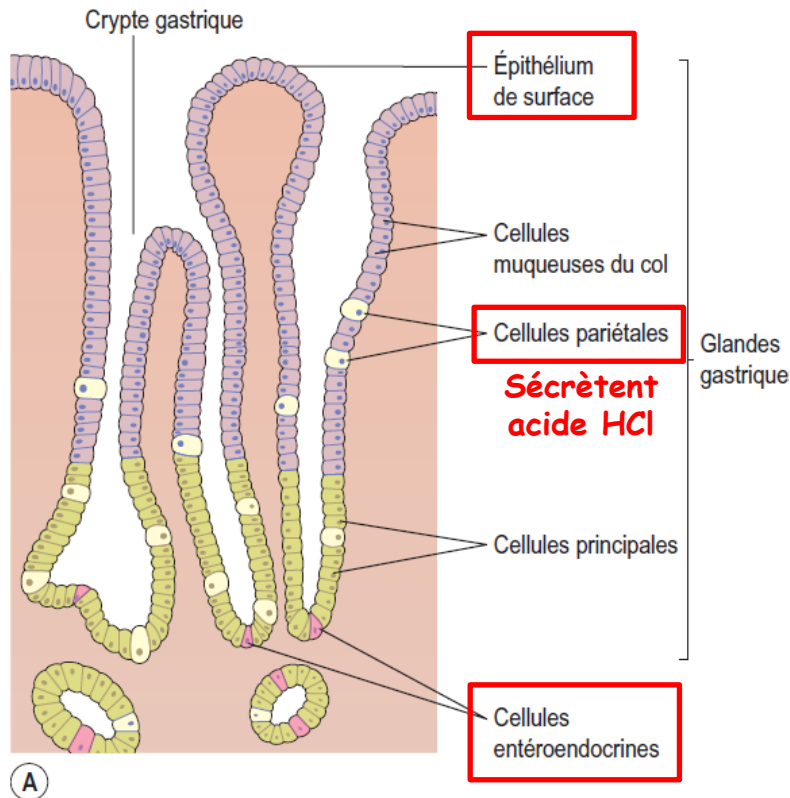
Épithélium cylindrique avec des cellules caliciformes.

A. Schéma.

B. Microscopie à balayage électronique en couleur d'une coupe de cellule caliciforme (en rose et en bleu) de l'intestin grêle.



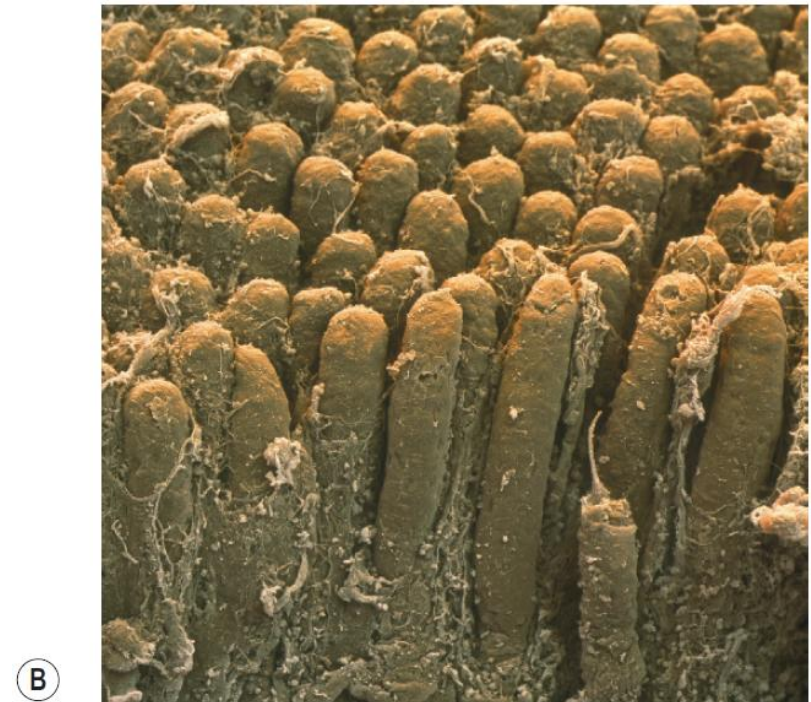
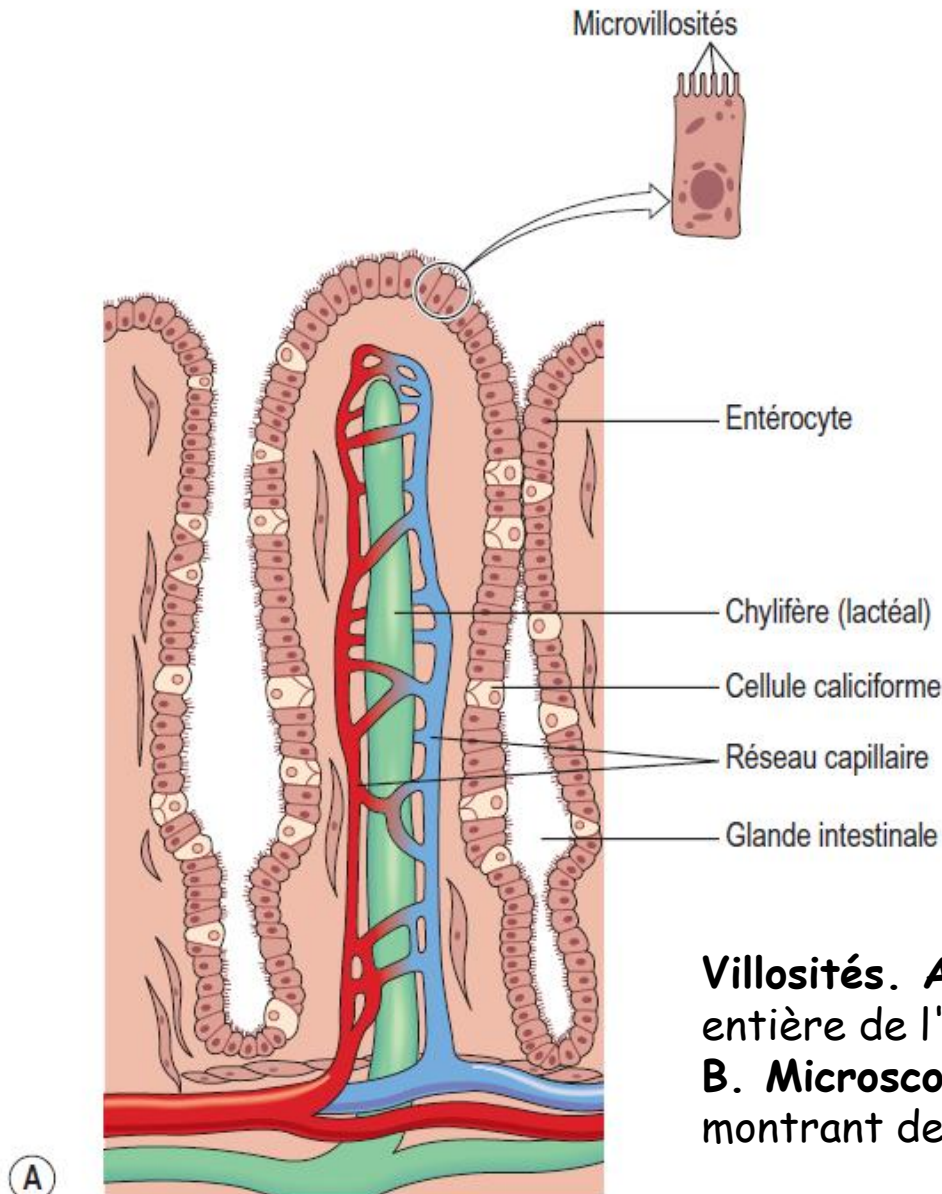
Membrane muqueuse = épithélium de revêtement



Structure de la muqueuse gastrique montrant les glandes gastriques

A. Schéma. B. Coupe avec coloration de la région pylorique de l'estomac (grossissement $\times 150$).

Membrane muqueuse = épithélium de revêtement

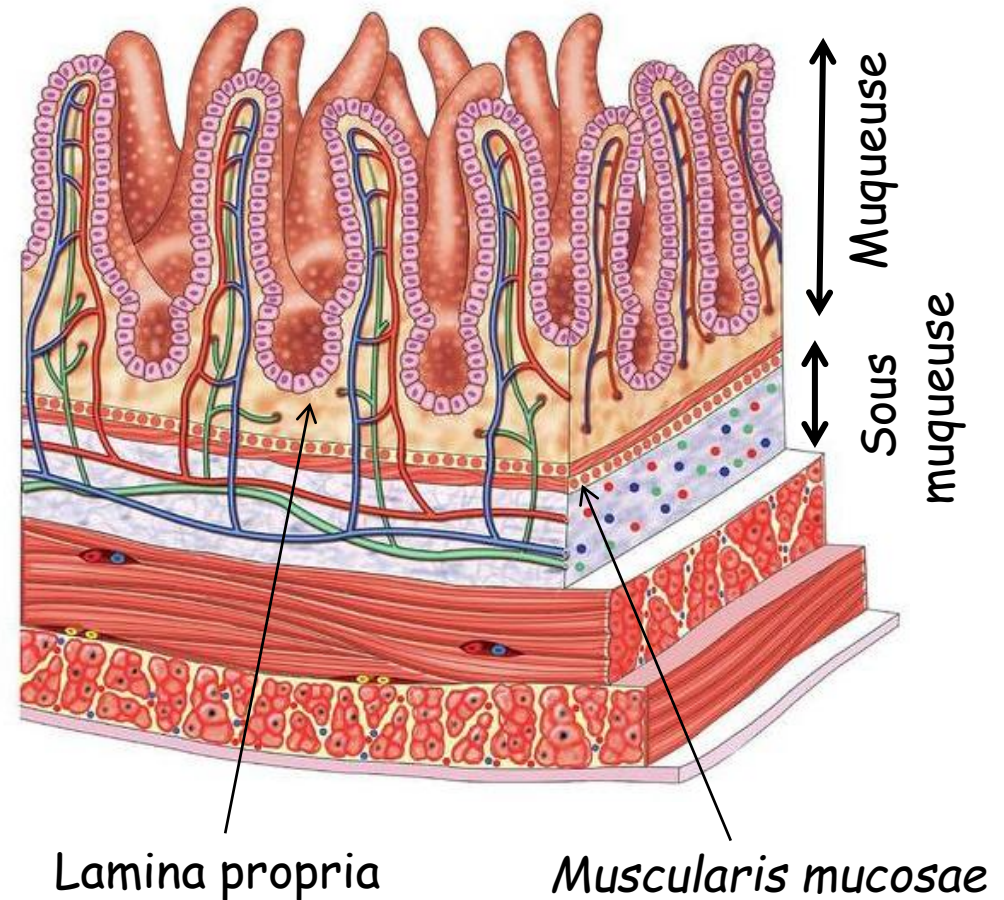


Villosités. A. Schéma très agrandi d'une villosité entière de l'intestin grêle.
B. Microscopie à balayage électronique en couleur montrant de nombreuses villosités.

Lamina propria

✓ Renferme de nombreux vaisseaux sanguins et lymphatiques

- pour nourrir l'épithélium de revêtement
- constituent les voies empruntées par les nutriments pour atteindre les autres tissus de l'organisme



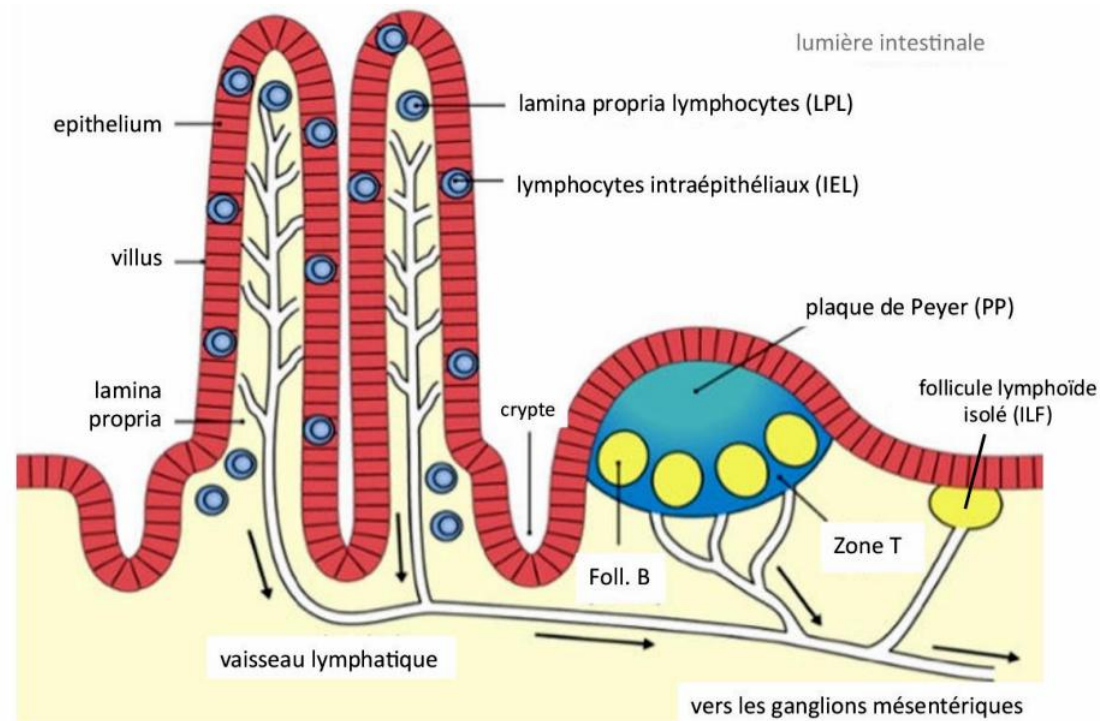
Lamina propria

✓ Renferme de nombreux vaisseaux sanguins et lymphatiques

- pour nourrir l'épithélium de revêtement
- constituent les voies empruntées par les nutriments pour atteindre les autres tissus de l'organisme

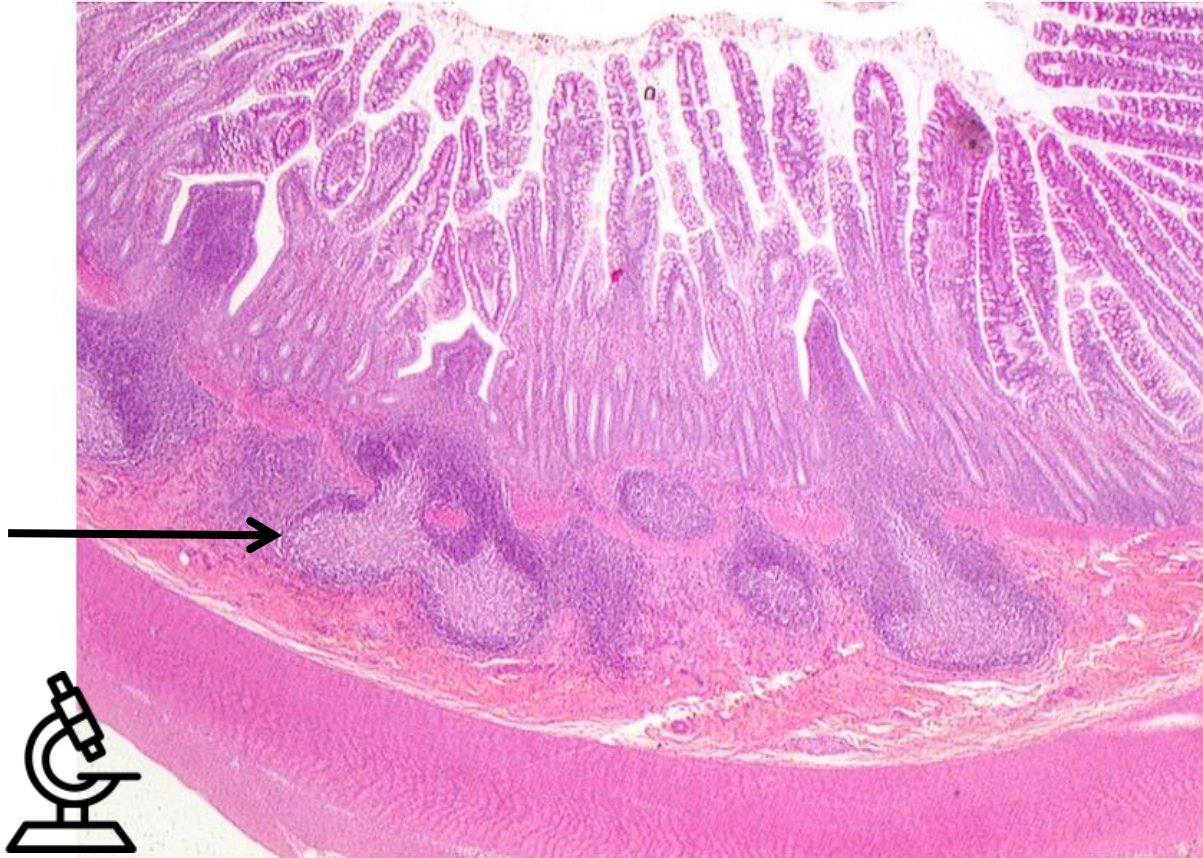
✓ Contient la majeure partie des cellules du tissu lymphoïde associé aux muqueuses (MALT). Ce tissu se présente sous forme de :

- Cellules lymphoïdes isolées
- **Plaque de Peyer** : agrégat plus étendu trouvé à partir de la 2^{ème} moitié de l'iléon

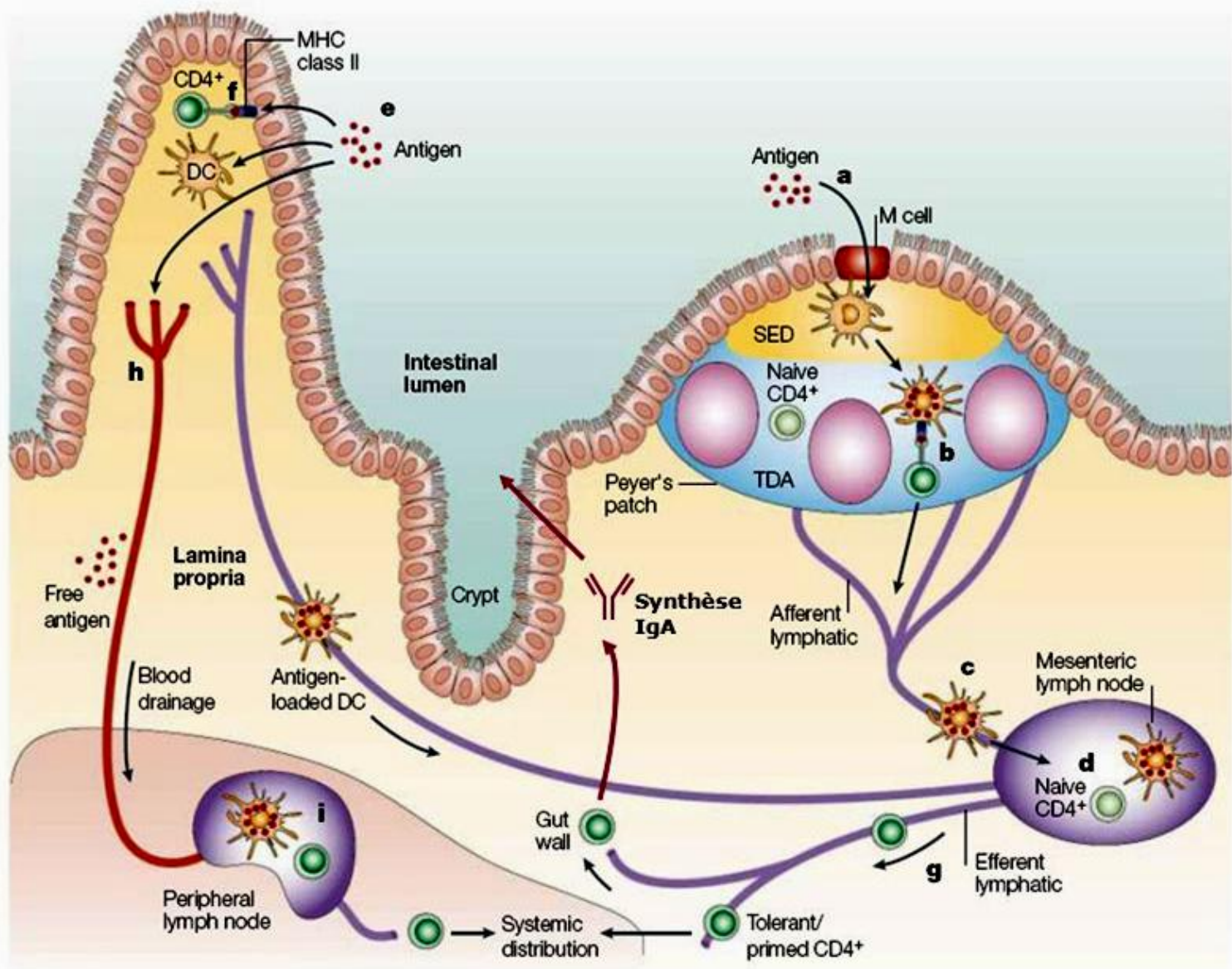


Les plaques de Peyer

Ces structures présentent une zone centrale, claire, appelée centre germinatif, et une zone périphérique. Les cellules lymphoïdes, après transformation en plasmocytes, produisent essentiellement des immunoglobulines A (IgA) qui vont être libérées dans la lumière du tube digestif. Ces IgA vont nous permettre de neutraliser les agents pathogènes qui arrivent par voie digestive. Il en est de même au niveau de l'oropharynx et des bronches.

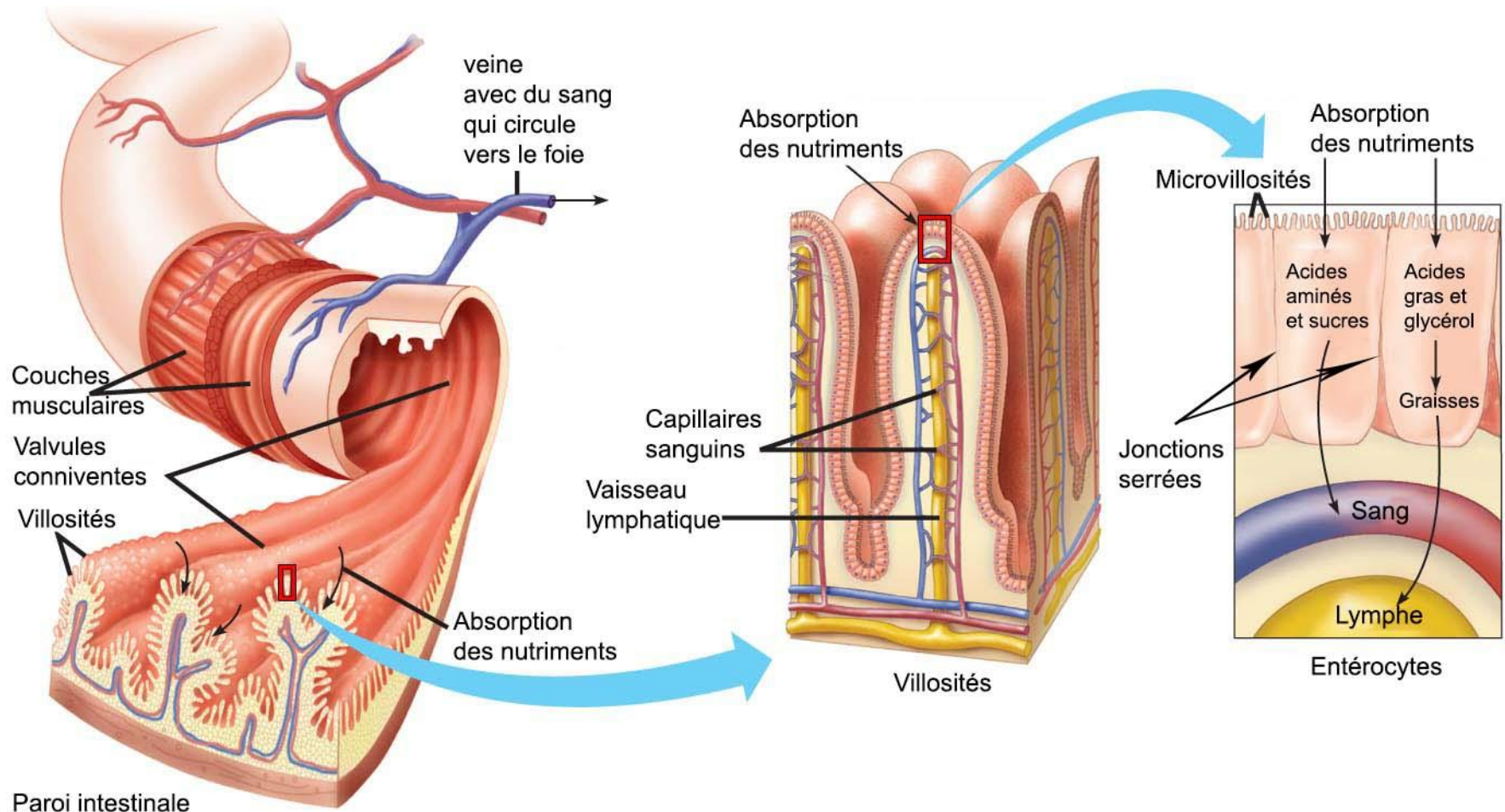


Les plaques de Peyer

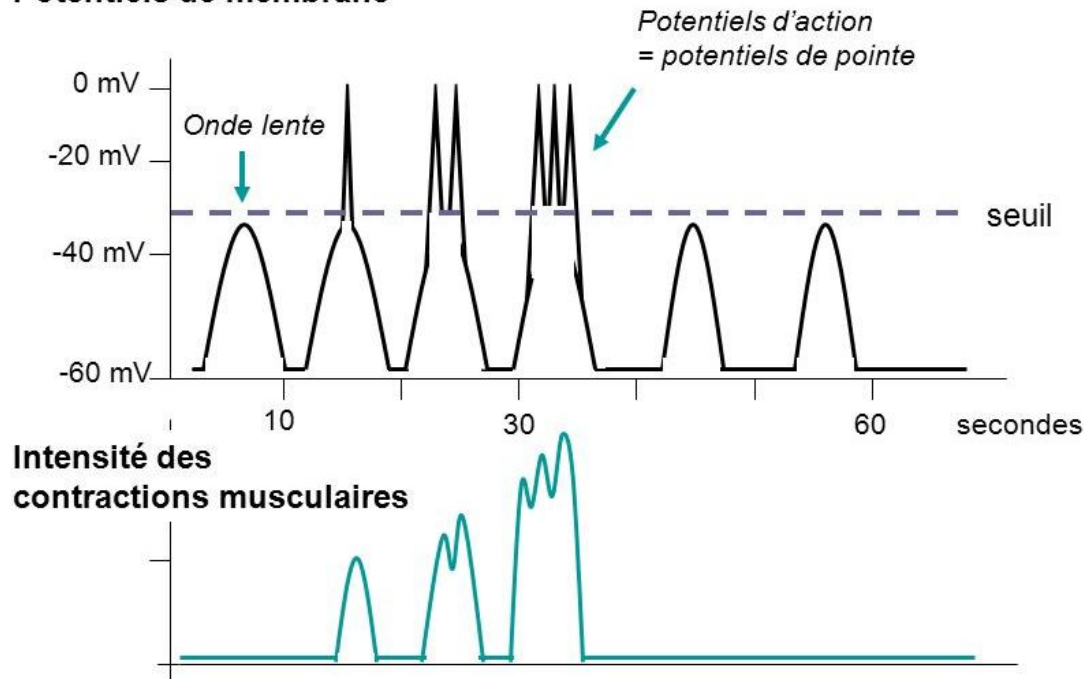


La muqueuse est +/- plissée

- ✓ Plate sans ou avec replis qui s'effacent (bouche, pharynx, œsophage)
- ✓ Invaginée en cryptes qui s'ouvrent sur des glandes (estomac et gros intestin)
- ✓ La **surface intestinale est très plissée**. Des projections en formes de doigt auxquelles on donne le nom de villosités s'étendent à partir de la surface.



Potentiels de membrane

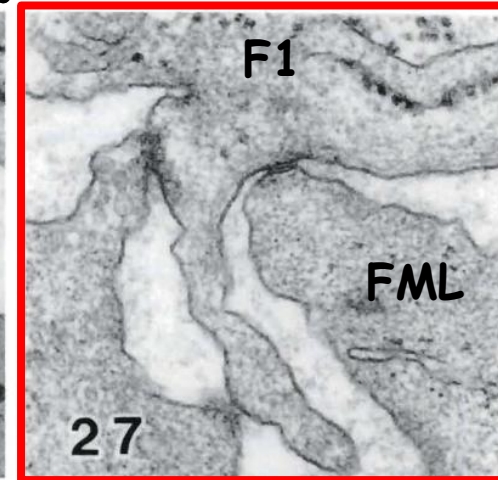
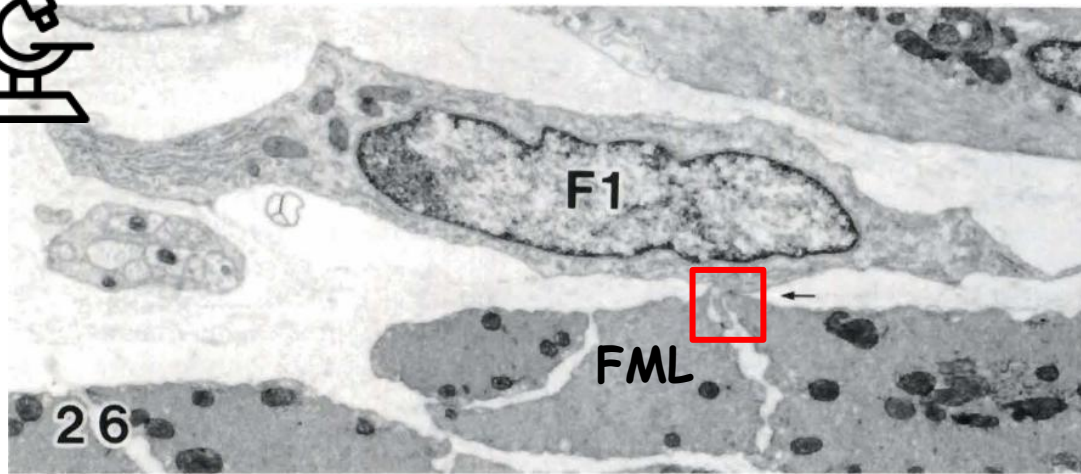


9

- ✓ Le potentiel de membrane des muscles lisses du système digestif présente des variations spontanées (-65 à -45mV)
- ✓ Ces variations spontanées ou dépolarisations cycliques sont appelées ondes lentes.
- ✓ Ces ondes lentes sont déclenchées par des **cellules pacemakers**, qui sont les **cellules interstitielles de Cajal** (cellules musculaires lisses modifiées)
- ✓ La fréquence à laquelle ces cycles surviennent change selon la partie du tube digestif dans laquelle on se trouve (3 cycles/min pour l'estomac, 9 à 16/min selon l'endroit du colon)
- ✓ ces cycles sont absents dans l'œsophage et la partie proximale du tube digestif
- ✓ Lorsque le potentiel de membrane dépasse -40mV (seuil) → entrée de Ca^{2+} (canaux voltage dépendants) → dépolarisations = potentiels d'action (PA) → contraction des muscles lisses

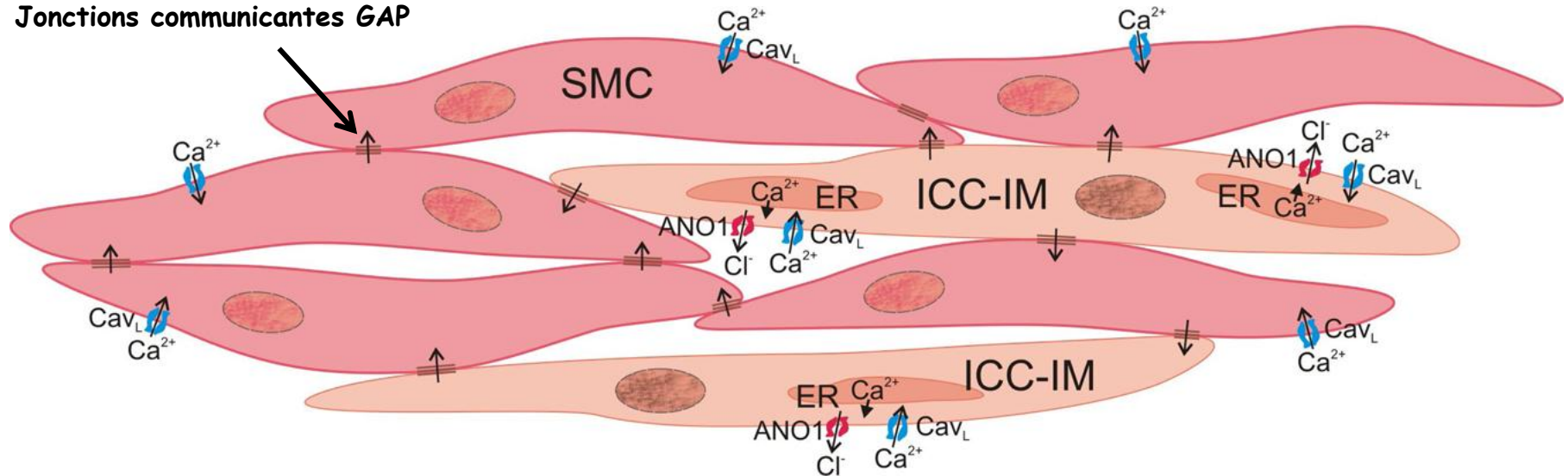


cellules interstitielles de Cajal



F1=cellules interstitielles de Cajal; FML = fibre musculaire lisse

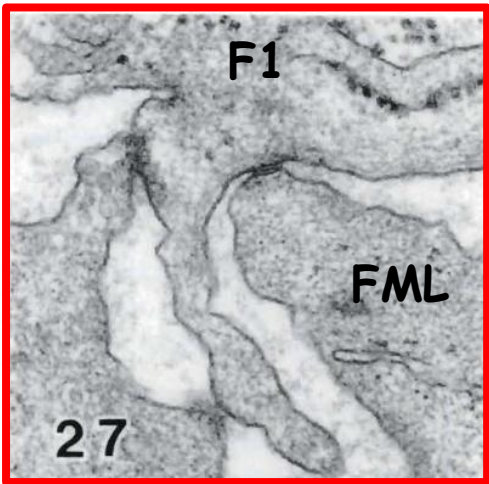
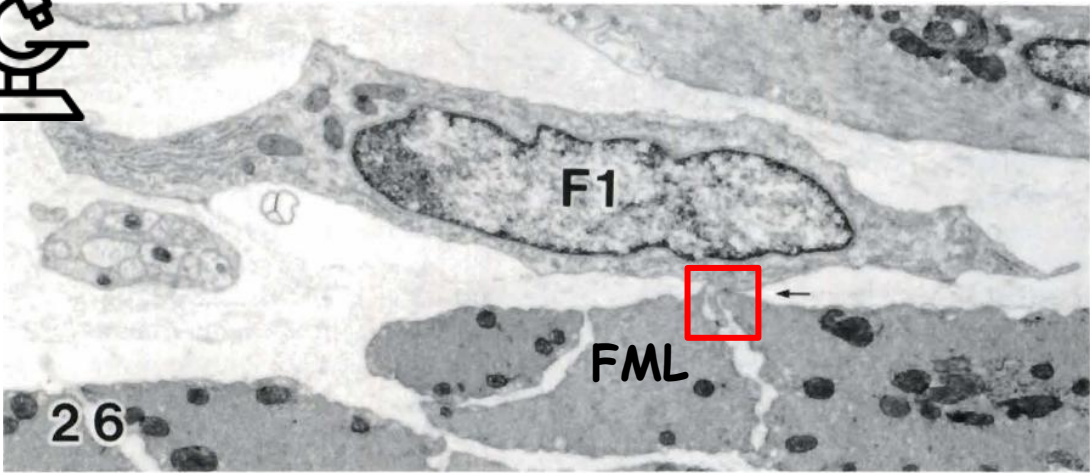
Jonctions communicantes GAP



✓ Les PA se propagent aux autres cellules par des jonctions communicantes (GAP)

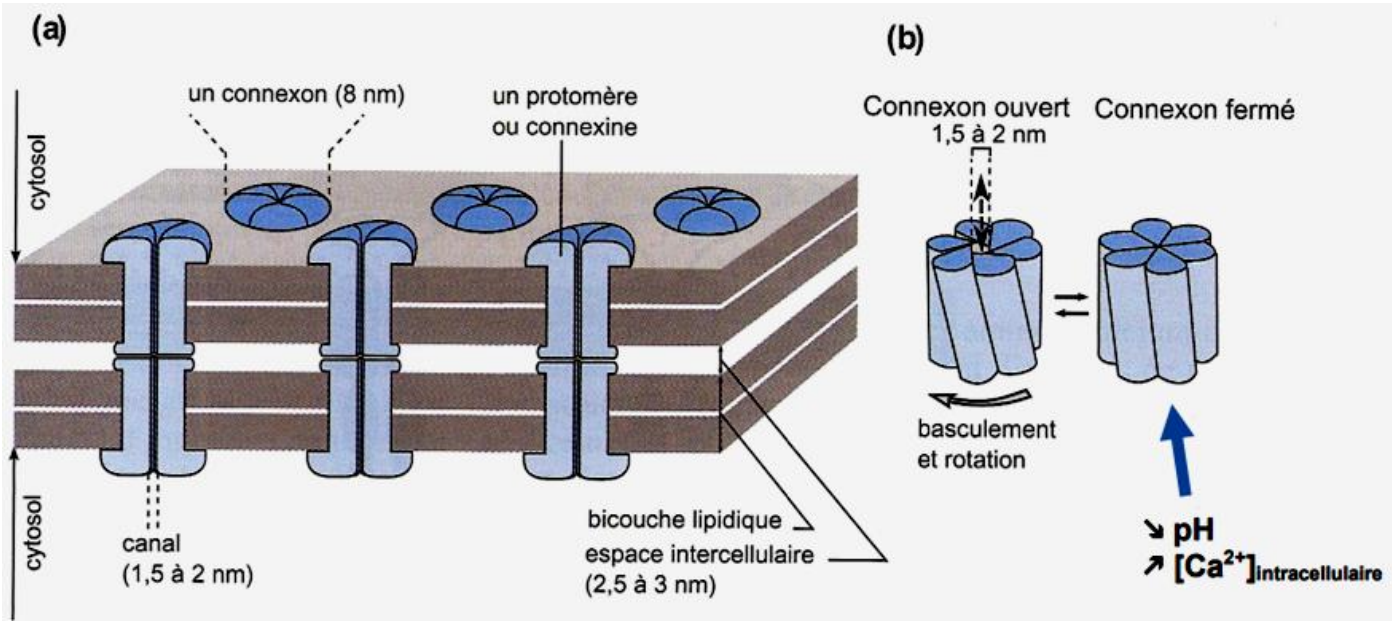


cellules interstitielles de Cajal



F1=cellules interstitielles de Cajal; FML = fibre musculaire lisse

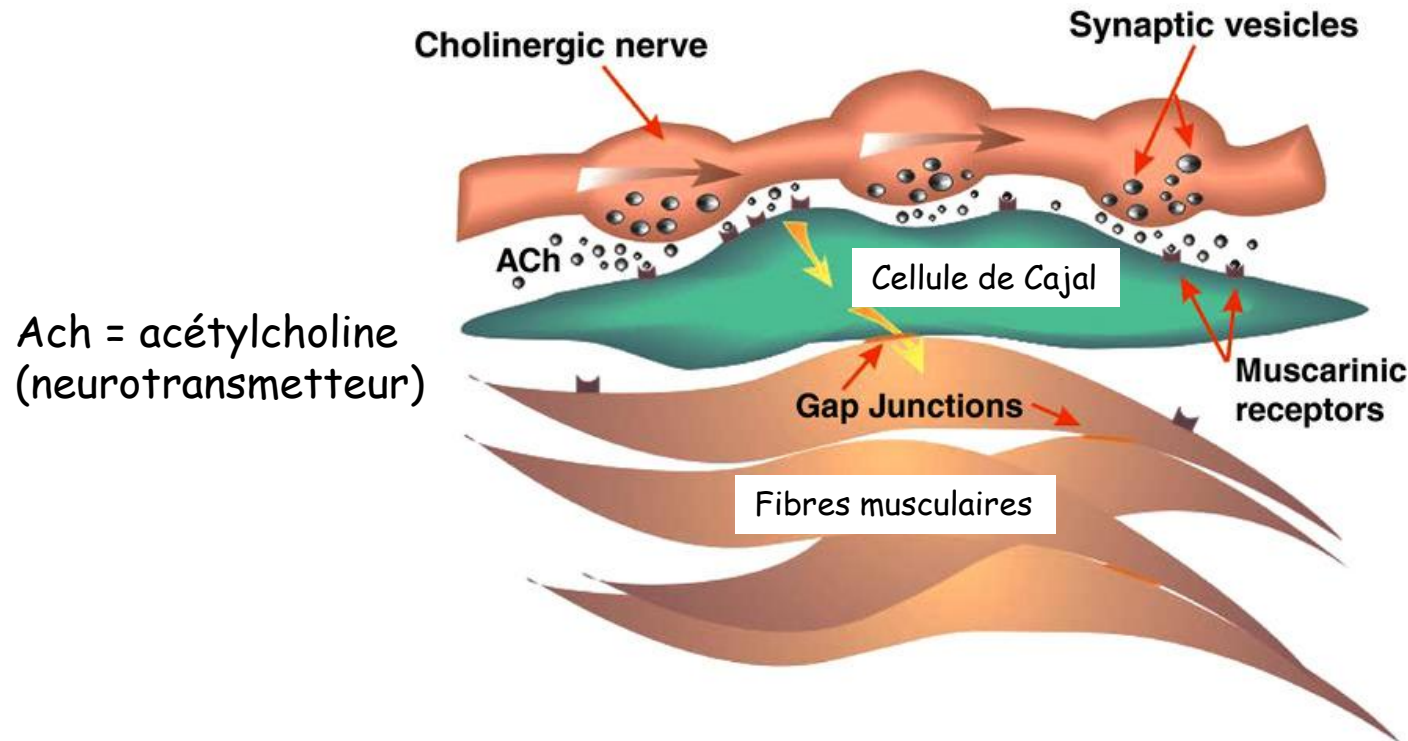
Jonctions communicantes
GAP (a) et modifications
entre état ouvert et
fermé (b)



✓ Les PA se propagent aux autres cellules par des jonctions communicantes (GAP)

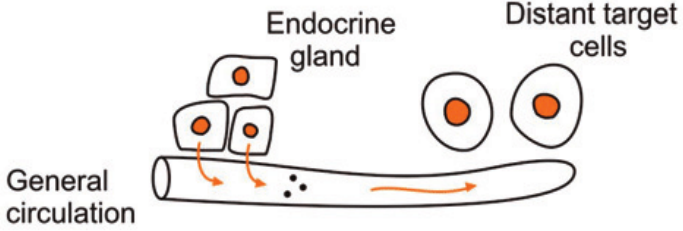
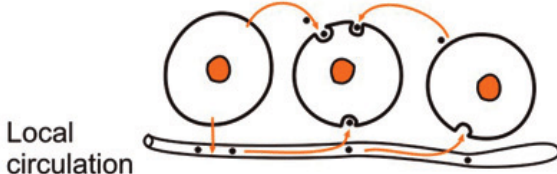
cellules interstitielles de Cajal

✓ Divers stimuli comme étirement, stimulation nerveuse parasympathique, facteurs hormonaux peuvent influencer le potentiel de membrane générer et ces PA.



✓ Quand il y a des aliments dans le tube digestif, l'onde lente atteint le seuil de dépolarisations et l'activité contractile spontanée augmente (inverse si pas d'aliments)

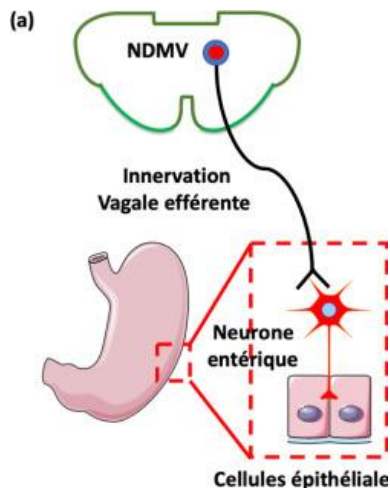
- ✓ Les activités digestives sont régulées par des mécanismes **nerveux et hormonaux** qui agissent pour rendre la digestion et l'absorption aussi efficaces que possible
- ✓ La **régulation hormonale** peut être **endocrine ou paracrine**.
- ✓ Les cellules endocrines et paracrines de la muqueuse digestive appartenant au **système endocrinien diffus** sont dispersées dans l'épithélium de l'estomac au rectum.

Endocrine	Paracrine
 Endocrine gland Distant target cells General circulation	 Local circulation
Hormones déversées dans le sang, agissant sur des cellules cibles Exemples: gastrine (produite par l'estomac), sécrétine (intestin), cholécystokinine (intestin)	Hormones pouvant agir directement sur cellules cibles proches Exemple: histamine, sécrétion d'HCl dans l'estomac

- ✓ Le tube digestif possède une **double innervation** : **extrinsèque** et **intrinsèque**:
- ✓ Ces 2 **systèmes** sont intimement liés dans leur fonctions afin de réguler la motricité digestive, donc la vitesse de propagation et l'absorption du bol alimentaire.

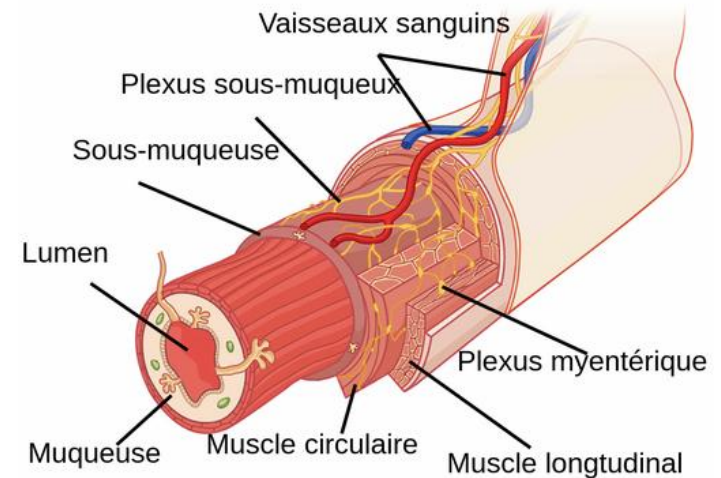
Innervation extrinsèque

- ✓ transporte les informations provenant du système nerveux central (SNC)
- ✓ Commandé par les nerfs parasympathiques (= vague ou pneumogastriques) et par les nerfs orthosympathiques (= splanchniques)

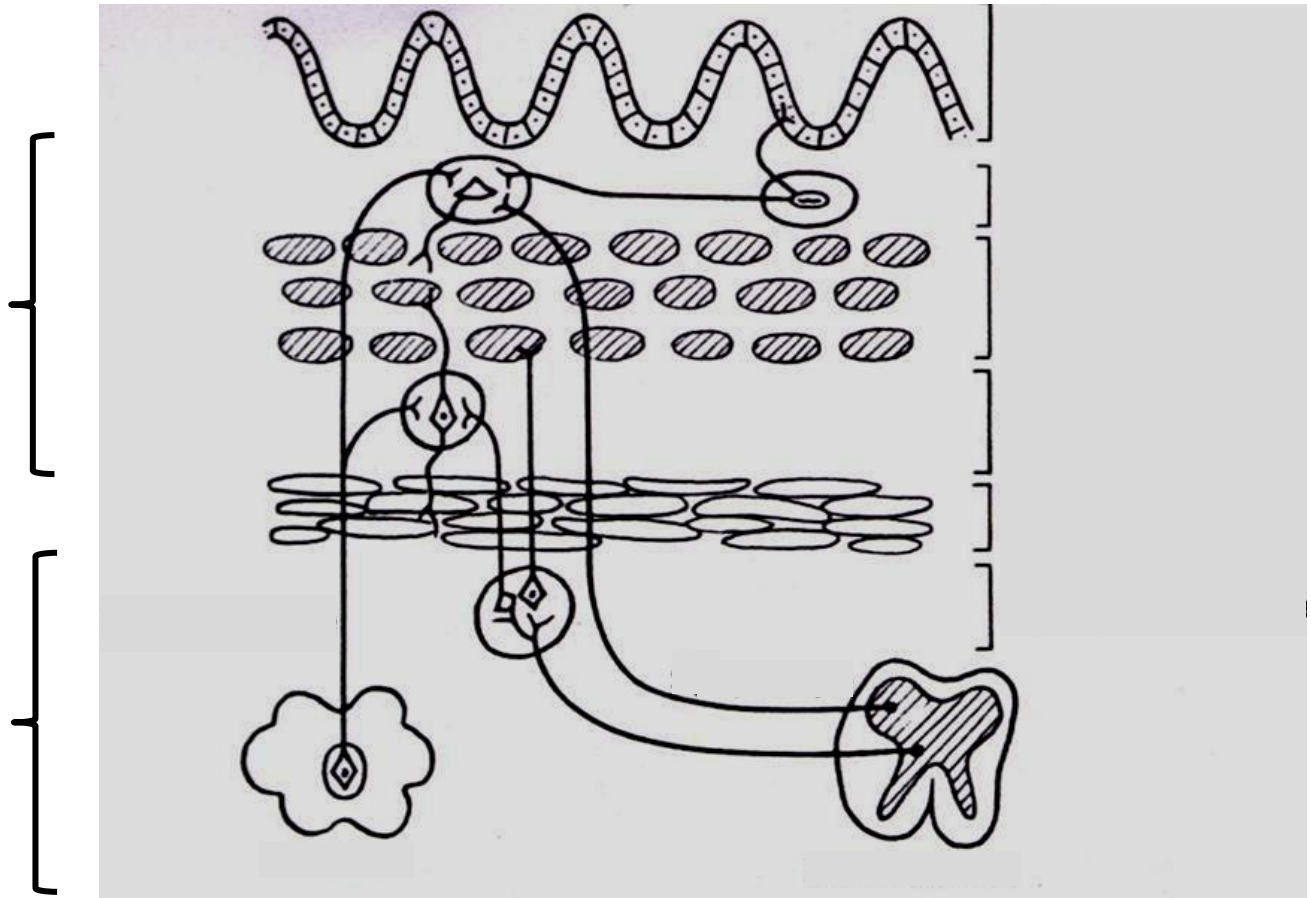


Innervation intrinsèque

- ✓ Constitue le système nerveux entérique (neurones dont les corps cellulaires sont situés dans la paroi du tube digestif)
- ✓ Ces réseaux de neurones constituent les plexus sous-muqueux et myentérique



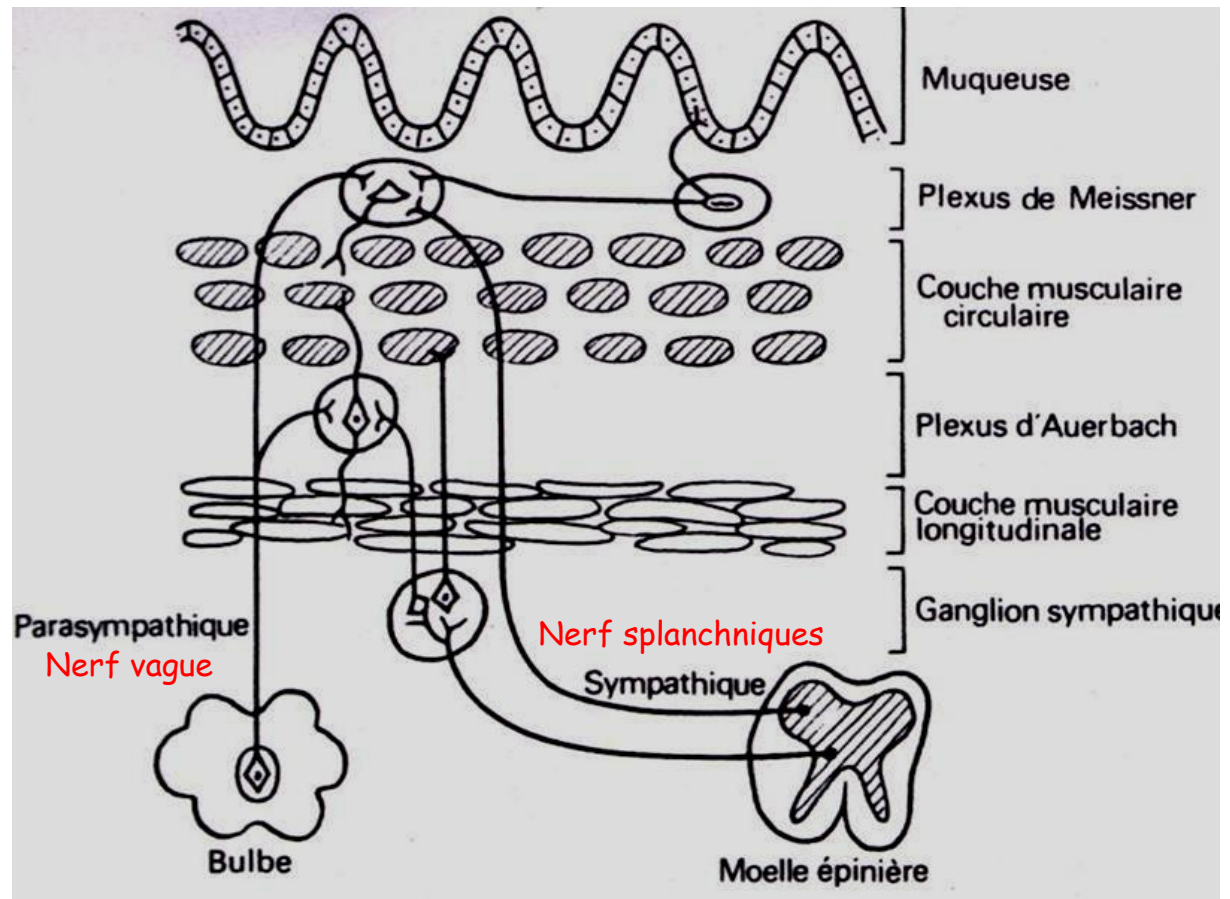
- ✓ Le tube digestif possède une **double innervation** : **extrinsèque** et **intrinsèque**:
- ✓ Ces 2 **systèmes** sont intimement liés dans leur fonctions afin de réguler la motricité digestive, donc la vitesse de propagation et l'absorption du bol alimentaire.



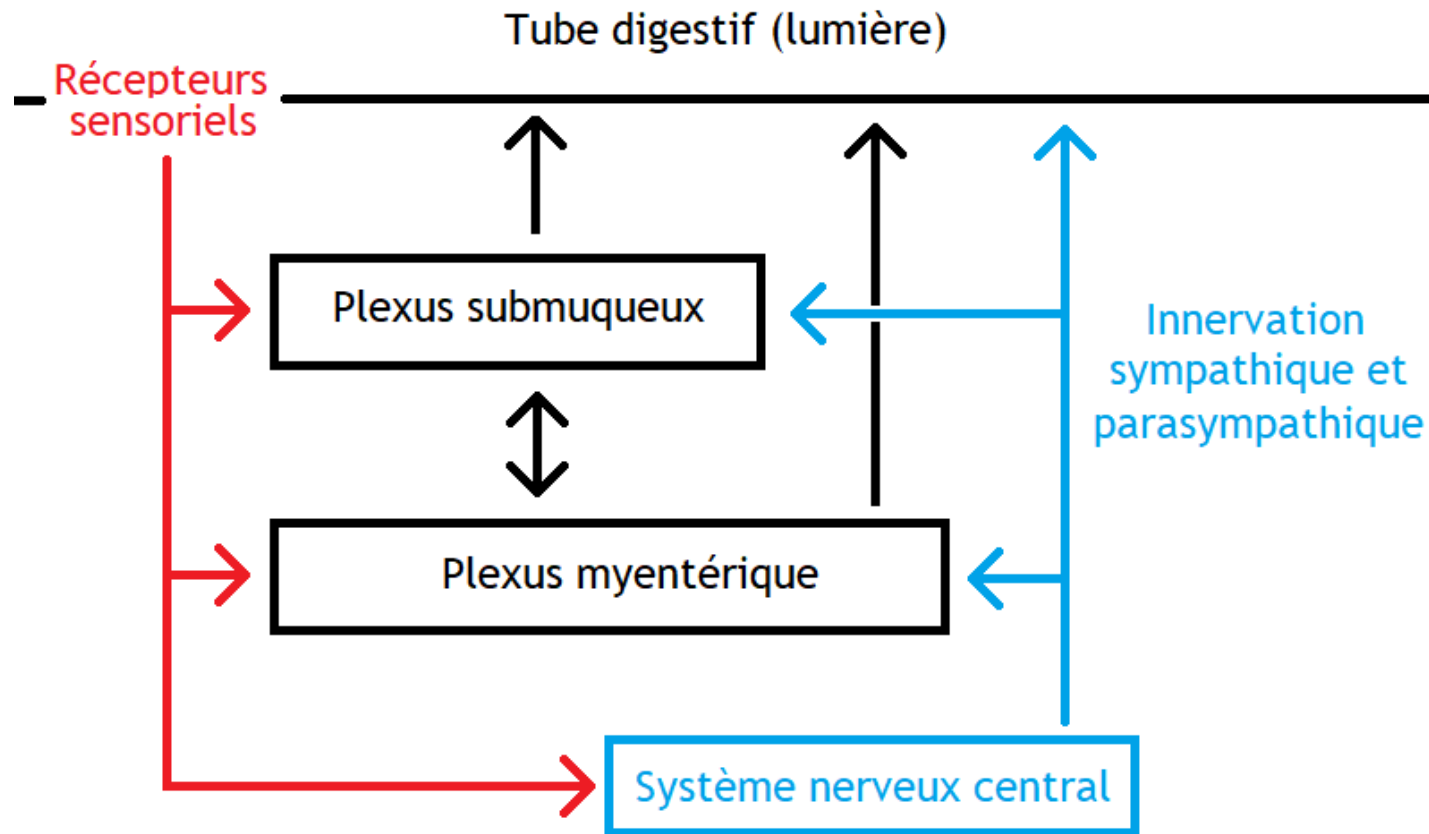
- ✓ Le tube digestif possède une **double innervation** : **extrinsèque** et **intrinsèque**:
- ✓ Ces 2 **systèmes** sont intimement liés dans leur fonctions afin de réguler la motricité digestive, donc la vitesse de propagation et l'absorption du bol alimentaire.

Innervation
intrinsèque

Innervation
extrinsèque

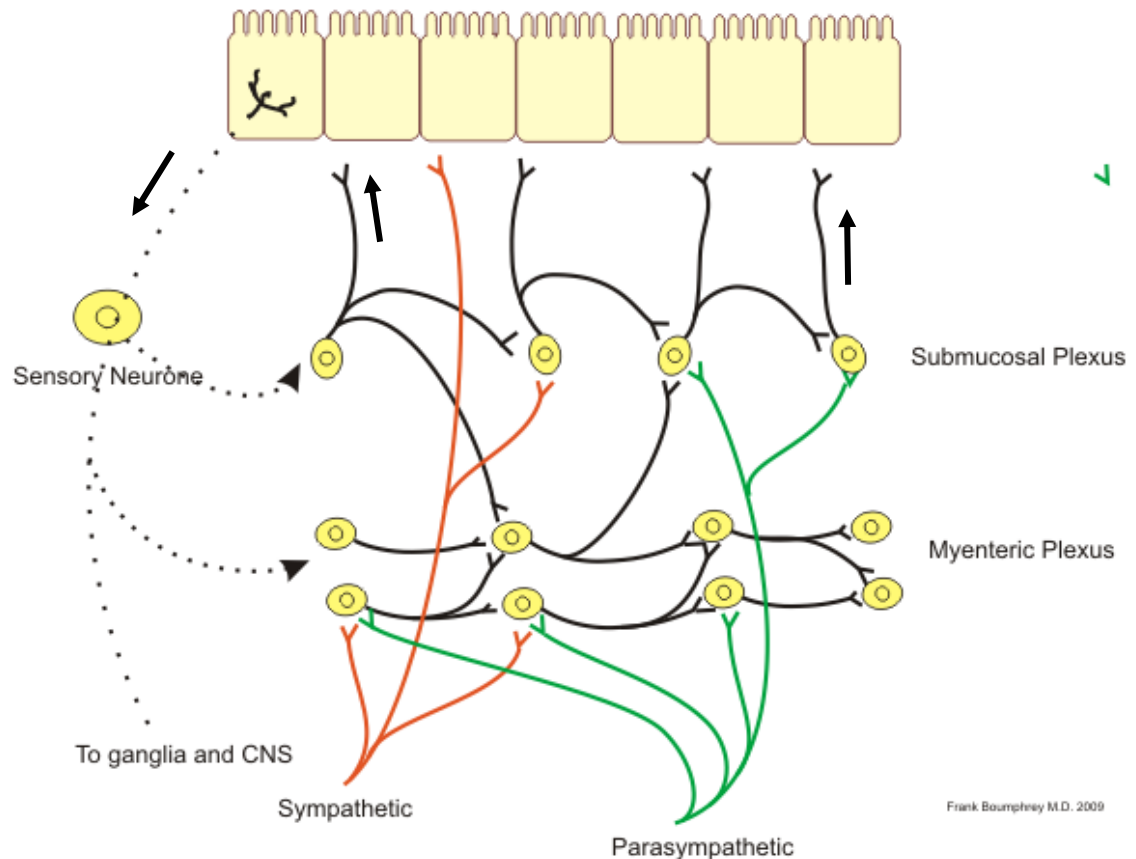


✓ Le système **nerveux végétatif intrinsèque** est connecté au **système nerveux extrinsèque**, sympathique et parasympathique, celui-ci inclut des voies efférentes et afférentes.



- ✓ Les réseaux neuronaux des **plexus** sont inter-connectés et s'organisent en **boucles réflexes** responsables de mouvements de la musculature, de la sécrétion gastrique d'acide, du transport de l'eau et des électrolytes vers la lumière intestinale.
- ✓ Ils coordonnent les activités locales du tube digestif: par exemple, si un fragment d'aliment est bloqué dans l'œsophage, des réponses contractives locales coordonnées par les plexus le propulsent.

✓ Comme dans le système nerveux central, **les neurones sensoriels et moteurs des plexus intrinsèques** sont reliés par des interneurones dont certains sont **excitateurs** et d'autres **inhibiteurs**



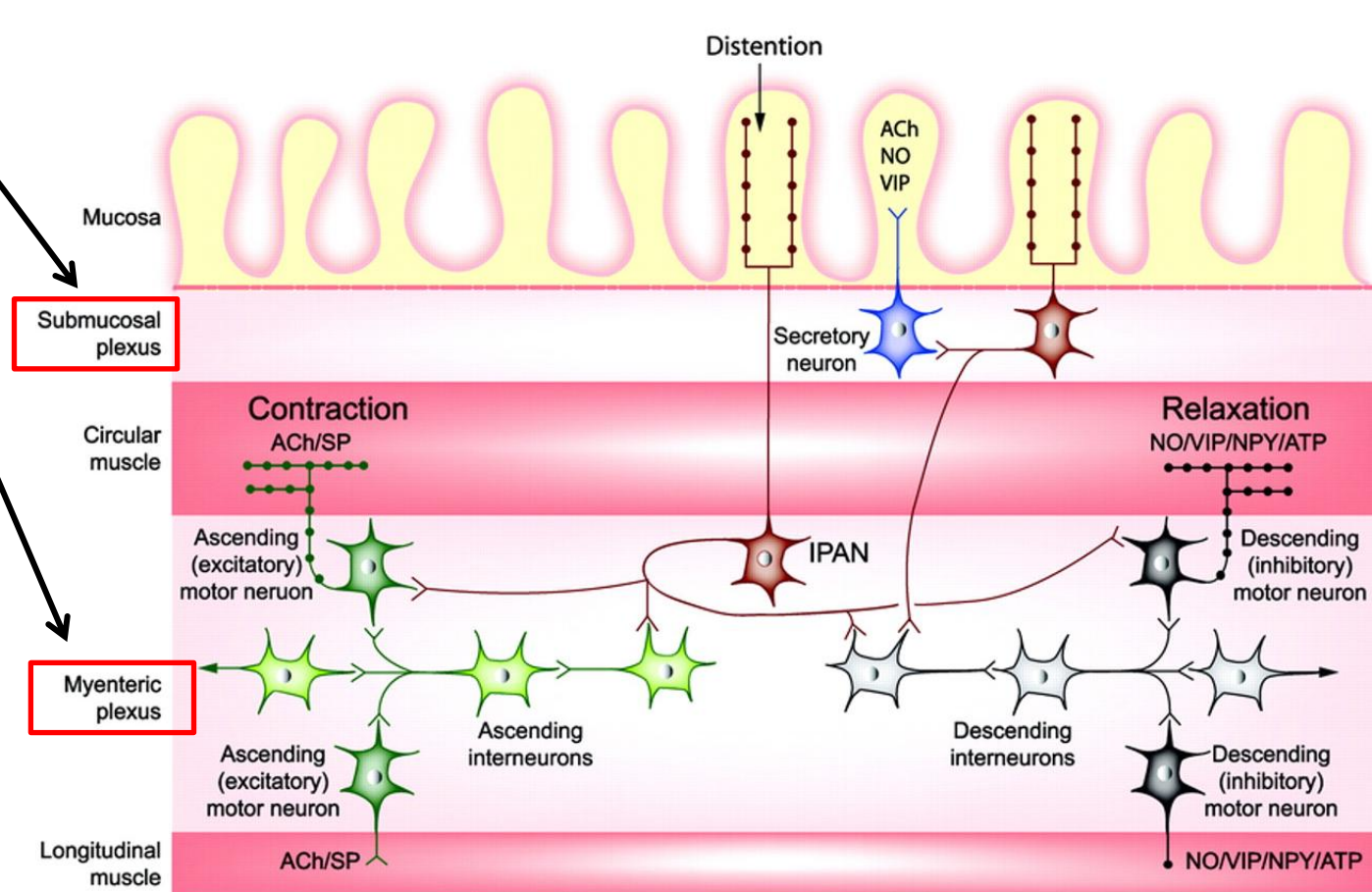
✓ Les rôles de ces plexus varient selon la localisation dans la paroi :

• Plexus sous muqueux ou de Meissner :

- Les fibres post-ganglionnaires qui en sont issues innervent les glandes muqueuses et la musculature muqueuse.
- Ils contrôlent principalement les sécrétions digestives, et le débit sanguin local.

Plexus myentériques ou Auerbach :

- les fibres post-ganglionnaires qui en sont issues innervent la musculature.
- Ils sont surtout responsables du contrôle de la motricité



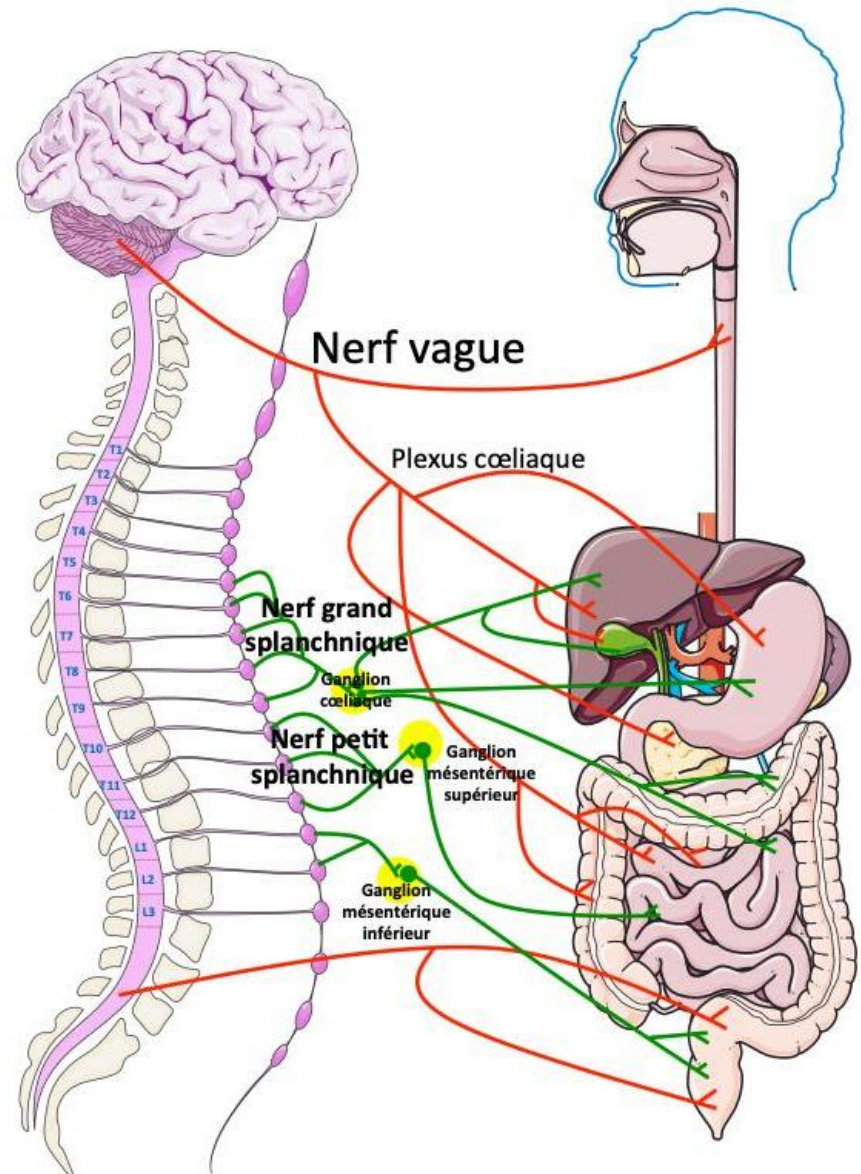
✓ Bien que le SN entérique puisse assurer la motilité du TD à lui seul, le système digestif est sous l'influence du **système nerveux autonome**, c'est-à-dire **sympathique et parasympathique**.

Parasympathique

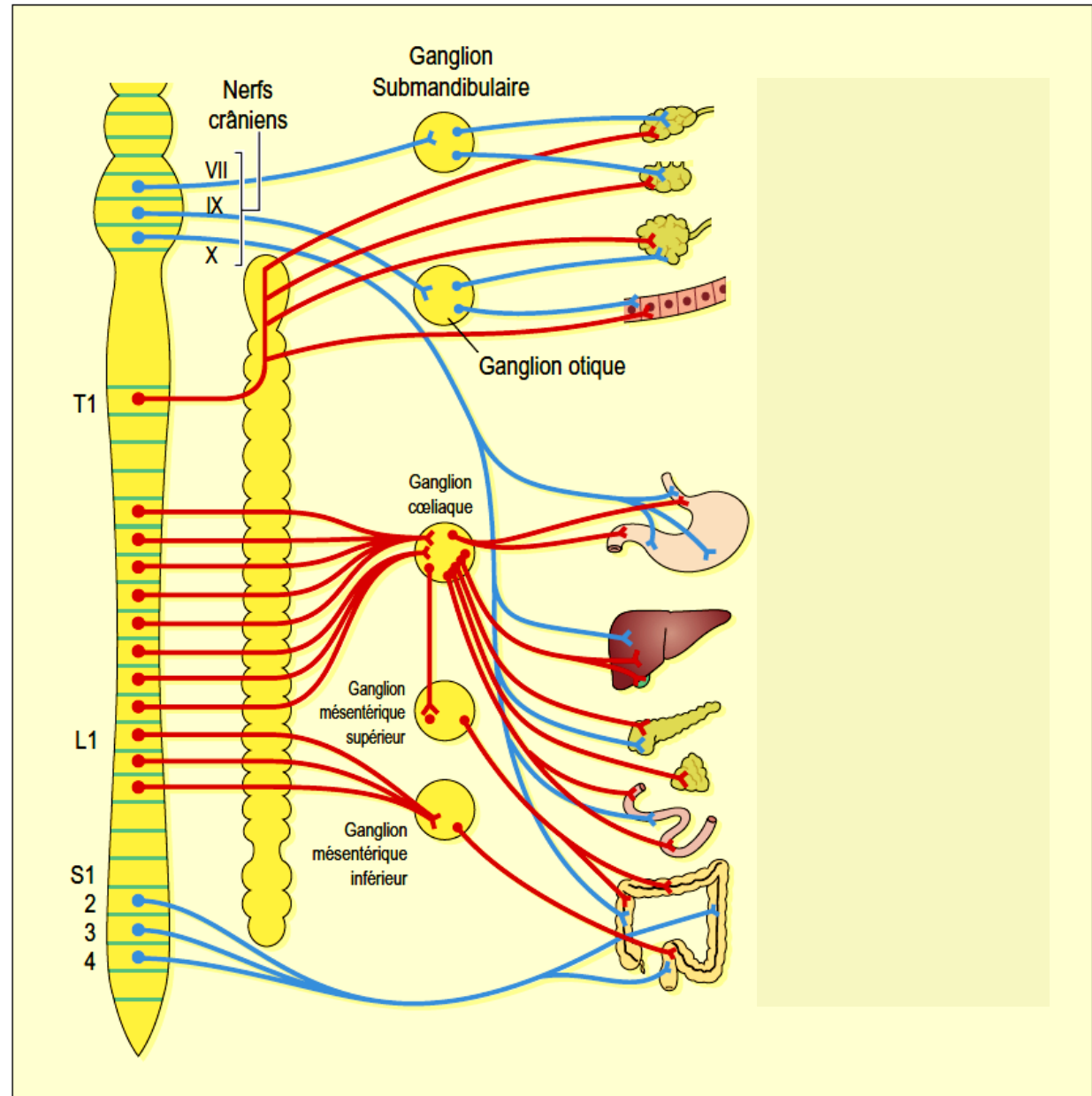
Nerfs vagues (pneumogastriques) qui innervent l'œsophage, l'estomac, le pancréas, l'intestin grêle, le colon ascendant, le colon transverse et par les nerfs pelviens innervant le colon descendant et le rectum.

Orthosympathique

Nerfs splanchniques provenant des ganglions coeliaques et mésentériques



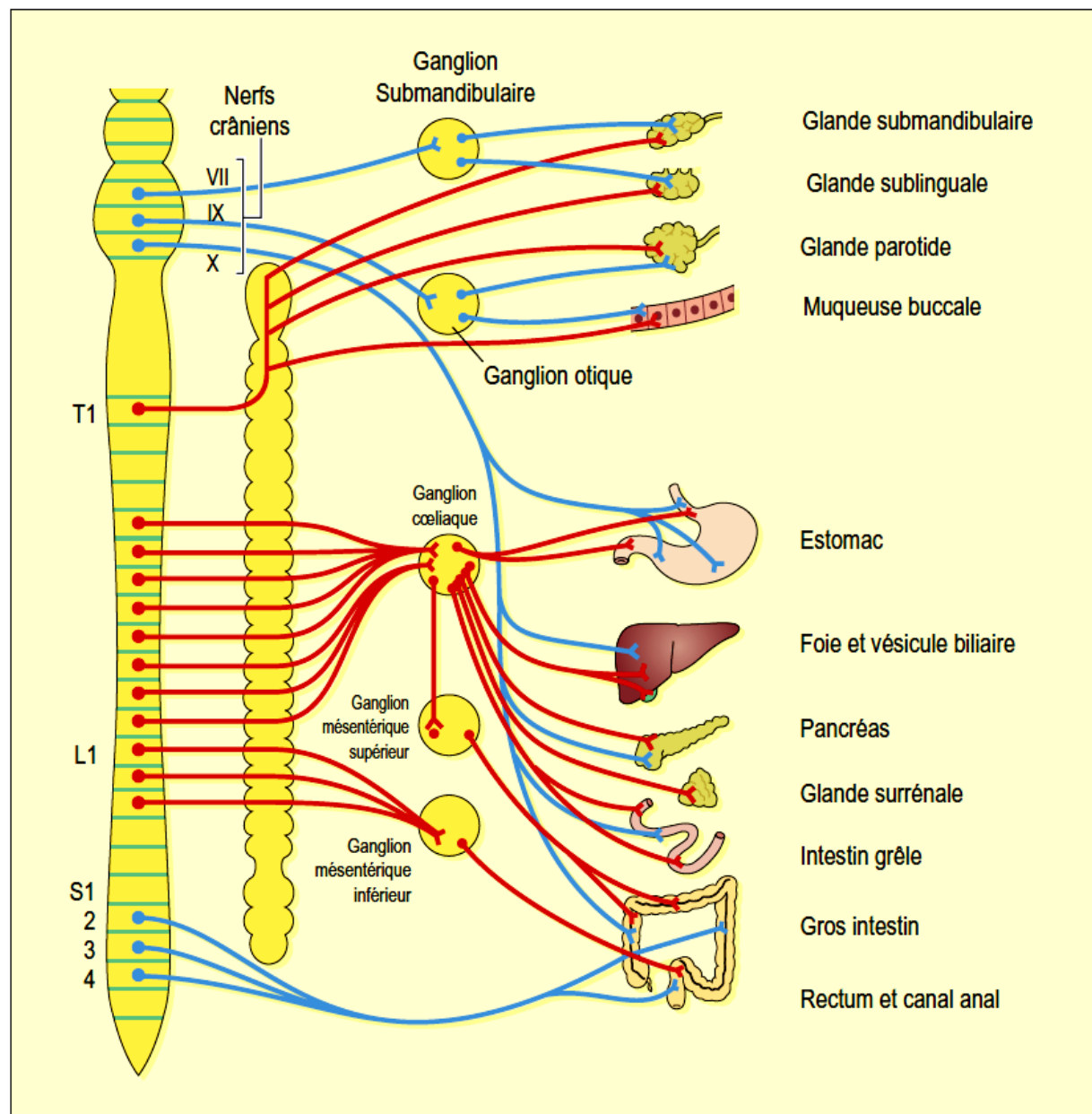
Innervation du système digestif par le système nerveux autonome



Innervation du système digestif par le système nerveux autonome

Parasympathique
en bleu

Orthosympathique
en rouge



✓ **Leurs actions sont généralement antagonistes** à tout moment, et l'un peut avoir à un moment donné une plus grande influence que l'autre, suivant les besoins corporels.

Parasympathique	Orthosympathique
• augmentation de l'activité musculaire, en particulier du péristaltisme, à travers l'activité accrue du plexus myentérique • Inhibition des sphincters • augmentation de la sécrétion glandulaire, à travers l'activité accrue du plexus sous-muqueux → Ainsi la digestion est globalement stimulée par le système nerveux parasympathique.	• diminution de l'activité musculaire, en particulier du péristaltisme, en raison de la stimulation moindre du plexus myentérique • stimulation des sphincters • diminution de la sécrétion glandulaire, étant donné que la stimulation du plexus sous-muqueux est réduite

