

LE TUBE DIGESTIF

QUELQUES NOTIONS PHYSIOLOGIQUES GENERALES ESSENTIELLES

L'ensemble des organes de l'appareil digestif assure collectivement ce travail que l'on appelle **digestion**. Chaque organe y joue une part active et sa structure est directement liée à sa fonction. La partie des aliments qui n'est pas digérée est éliminée sous forme de fèces.

La nourriture est la source d'énergie de toutes les réactions chimiques cellulaires. Elle fournit tous les matériaux utiles pour la construction de nouveaux tissus ou la réparation de tissus lésés. Elle est donc essentielle pour l'organisme. C'est ainsi par exemple que l'énergie produite sert à la contraction musculaire, à la conduction des influx nerveux, aux fonctions de sécrétion endocrine et exocrine et aux fonctions d'absorption.

Sous sa forme brute, la nourriture n'est pas utilisable par les cellules. Elle doit être fragmentée en particules fines, puis dégradée en molécules suffisamment petites pour pouvoir traverser les membranes cytoplasmiques cellulaires.

PREPARATIONS A ETUDIER

I-L'OEESOPHAGE

II-L'ESTOMAC

III- PREPARATIONS SUPPLEMENTAIRES

. **Passage oesophago-gastrique**

. **Passage fundus-pylorique**

IV-L'INTESTIN GRÊLE

1- Le duodénum

2- Le jéjunum

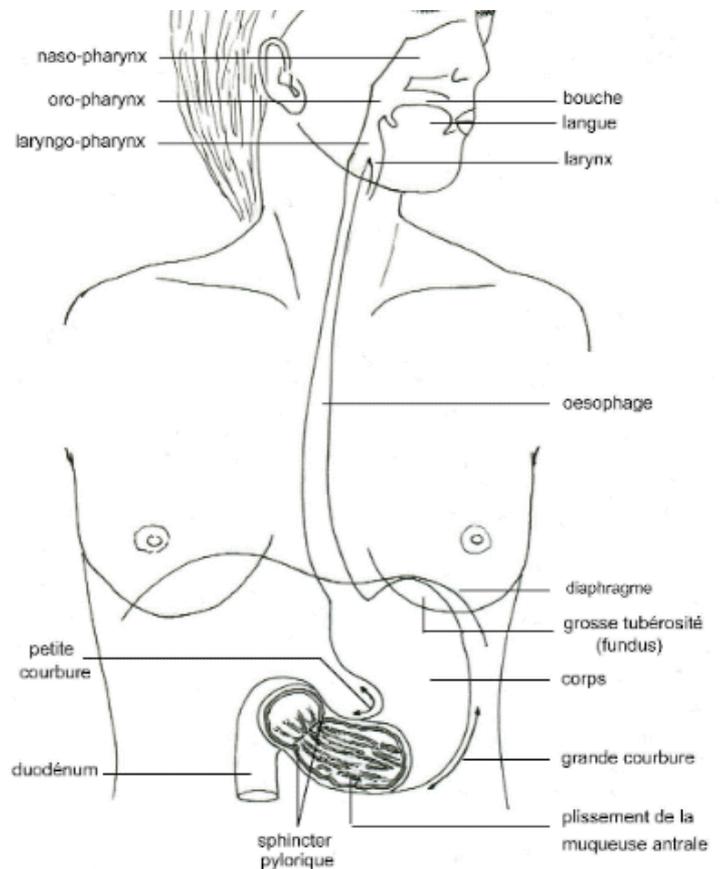
3- L'iléon

V- LE GROS INTESTIN

I - L'ŒSOPHAGE

RAPPEL ANATOMIQUE

L'**œsophage** est un conduit souple et musculaire, vecteur des aliments. Il est situé derrière la trachée avec laquelle il est soudé par son adventice. Il mesure de 23 à 25 cm de longueur. Il prend naissance à l'extrémité inférieure du laryngo-pharynx, traverse le médiastin situé devant la colonne vertébrale puis le diaphragme par le hiatus œsophagien. Il s'abouche à l'estomac au niveau du cardia.



QUELQUES NOTIONS PHYSIOLOGIQUES GÉNÉRALES

L'œsophage conduit les aliments de la bouche vers l'estomac. Sa paroi est lubrifiée par du mucus sécrété par les glandes œsophagiennes et sa lumière est protégée par un épithélium pluristratifié contre l'action abrasive de certains aliments et contre les brûlures.

Un sphincter œsophagien supérieur permet le passage des aliments de la bouche au conduit œsophagien. Ce passage est permis par du muscle strié qui prolonge ceux du pharynx (1/4 supérieur de l'œsophage). Sa relaxation correspond à l'étape pharyngienne de la déglutition. La partie de la musculature qui suit est formée de muscle lisse. Elle est responsable du péristaltisme et force la progression du bol alimentaire vers l'estomac. Au dessus du diaphragme un étranglement de l'œsophage correspond à un sphincter œsophagien inférieur qui facilite le passage du bol alimentaire de l'œsophage à l'estomac. Ce sphincter se relâche pendant la déglutition.

L'œsophage ne produit aucune enzyme digestive et ne joue aucun rôle dans l'absorption

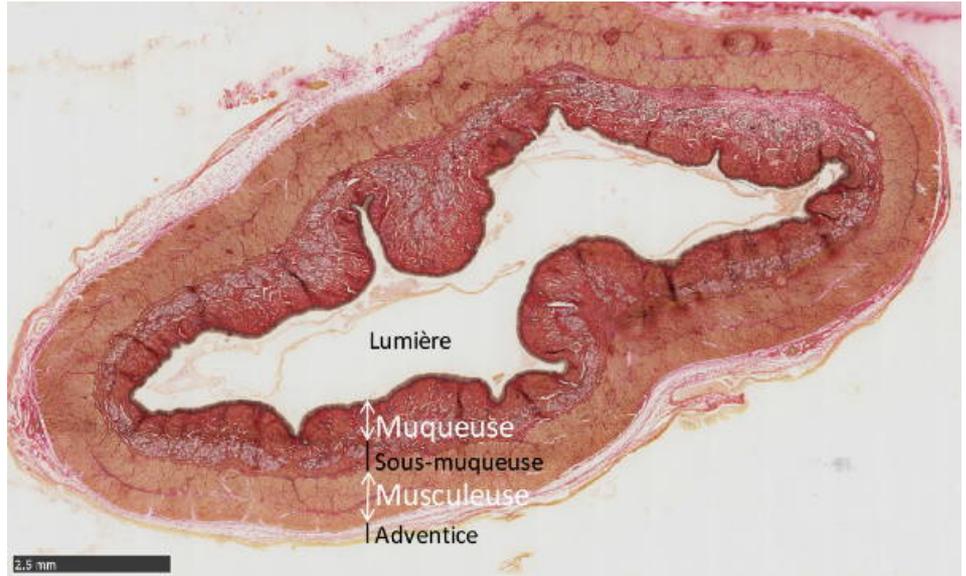
N.B. : Les rongeurs qui consomment des aliments très durs (bois, racines) possèdent un épithélium œsophagien pluristratifié kératinisé qui assure la protection de la paroi contre leur action mécanique abrasive.

Coupe transversale d'œsophage de chien, colorée par la méthode de Van-Gieson

Constater (objectif X2), la présence des 4 tuniques que l'on retrouve tout le long de la paroi digestive :

- la muqueuse
- la sous muqueuse
- la musculieuse
- l'adventice

Les vastes ondulations de l'épithélium correspondent aux plis longitudinaux de vacuité qui permettent la distension de la paroi lors du passage du bol alimentaire.



Observer au faible grossissement de dedans en dehors (objectif X4) :

- **La muqueuse** comprenant
 - a - Un épithélium (de couleur brune) pluristratifié, non kératinisé.
 - b - Un chorion présentant des papilles adélomorphes (aucun soulèvement en surface).
 - c - Une muscularis mucosae formée de faisceaux de léiomyocytes, séparés par des cloisons conjonctives assez épaisses.

N.B. : Le chorion et la muscularis mucosae sont traversés par les canaux excréteurs des glandes œsophagiennes dont on voit les sections allongées traverser l'épithélium.

2 - La sous-muqueuse comprenant :

- Des glandes œsophagiennes composées lobulées de type essentiellement muqueux.
- Du tissu conjonctif

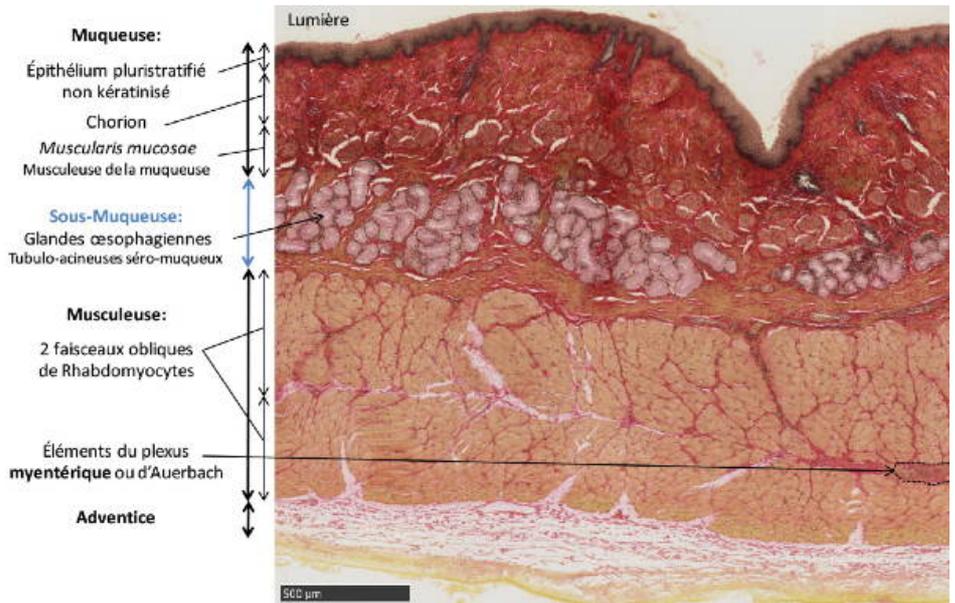
comprenant des vaisseaux.

3 - La musculieuse avec ses deux couches IC et EL composées de faisceaux de rhabdomyocytes, séparés le plus souvent par de fines cloisons conjonctives.

On se situe donc dans le quart supérieur de l'œsophage qui ne comporte que des rhabdomyocytes en continuité avec la musculature du pharynx.

Entre ces 2 couches, des cloisons conjonctives contiennent des vaisseaux et des îlots nerveux colorés en gris : ce sont les micro-ganglions du système nerveux myoentérique appartenant au système nerveux entérique (**SNE**).

4 - L'adventice de nature conjonctive (fibrocytes, adipocytes) comprend des vaisseaux et des nerfs.



Observer au fort grossissement (Objectif X 40) une étroite bande de parenchyme intéressant toute l'épaisseur de l'œsophage (choisie dans une zone bien préservée) avec de dedans en dehors :

1 - **La muqueuse** formée par :

- Un **épithélium pavimenteux**

pluri-stratifié non kératinisé

L'épithélium pluri-stratifié protège l'œsophage de l'abrasion et des brûlures lors du passage du bol alimentaire. Chez les rongeurs, il est kératinisé.

- Un **chorion** riche en noyaux de fibrocytes et en petits vaisseaux (espaces clairs bordés de noyaux) qu'il ne faut pas confondre avec les espaces artéfactuels dus à une dilacération du tissu conjonctif.

Quelques points lymphoïdes peuvent être observés.

- Des sections de **canaux excréteurs** des glandes œsophagiennes à épithélium cubique bas, non mucipare. Leur lumière est assez large.

- **La muscularis mucosæ** composée de petits faisceaux très nets de l'épithélium.

N.B. : On ne distingue pas (sauf pour quelques zones réduites) les deux plans classiques interne circulaire et externe longitudinal.

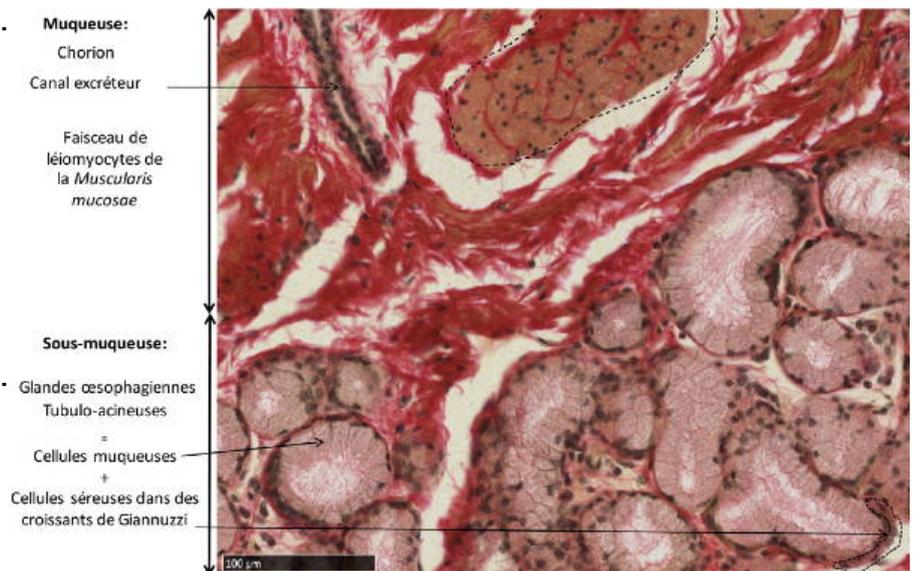
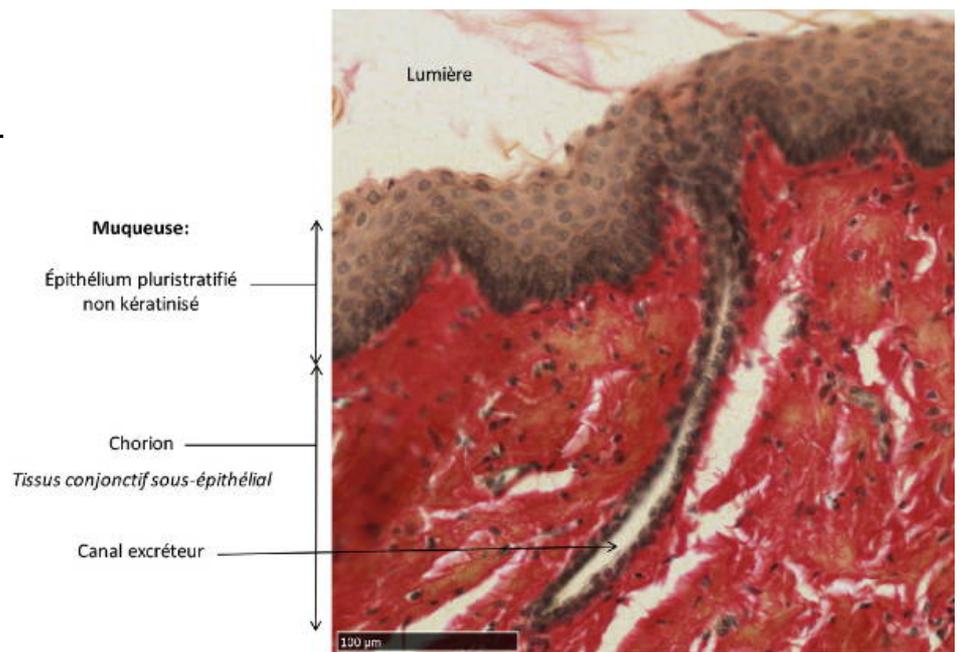
2 - **La sous-muqueuse** comprenant :

- Des **glandes œsophagiennes** dont la partie excrétrice est formée de **tubulo-acini-séro-muqueux à très forte prédominance muqueuse**.

. Les cellules muqueuses ont un cytoplasme spumeux et un noyau basal, souvent oblong ou aplati.

. Les cellules séreuses ont un cytoplasme marron et un noyau rond. Elles s'intercalent isolément entre les cellules muqueuses et la vitrée. Elles forment rarement de véritables croissants de Giannuzzi.

-Les **canaux excréteurs** non mucipares, à lumière assez étroite, se trouvent au-dessus des glandes.



Les sécrétions des glandes œsophagiennes, en lubrifiant la paroi, facilitent le passage des aliments. L'œsophage ne produit aucune enzyme digestive et ne joue aucun rôle dans l'absorption.

- Le tissu conjonctif (fibres collagènes, quelques fibres élastiques colorées en violet et des noyaux de fibrocytes) contient des vaisseaux.

3- **La musculuse** comprenant deux plans de rhabdomyocytes (noyaux marginaux).

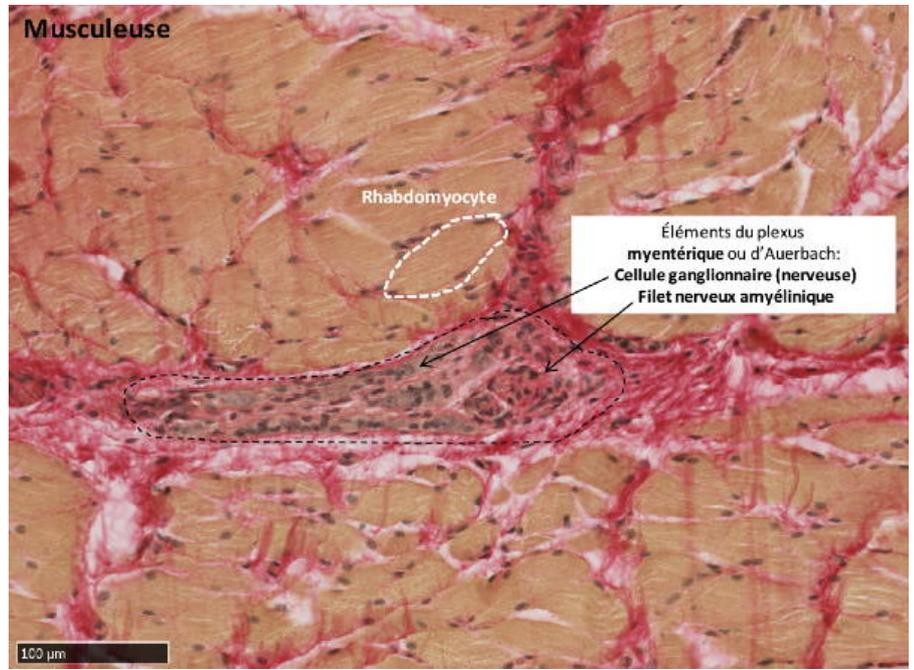
Le tissu conjonctif des cloisons est traversé par d'assez nombreux vaisseaux.

N.B. : On ne distingue pas ici de couche interne circulaire et de couche externe longitudinale.

- Entre les deux plans musculaires se situent les micro-ganglions du plexus myentérique d'Auerbach composés :

. de cellules ganglionnaires nerveuses (cytoplasme gris et gros noyau clair bien nucléolé) entourées parfois d'1 ou 2 cellules satellites.

. de filets nerveux amyéliniques roses engainés par des cellules de Schwann dont seuls les noyaux aplatis et sombres sont visibles.

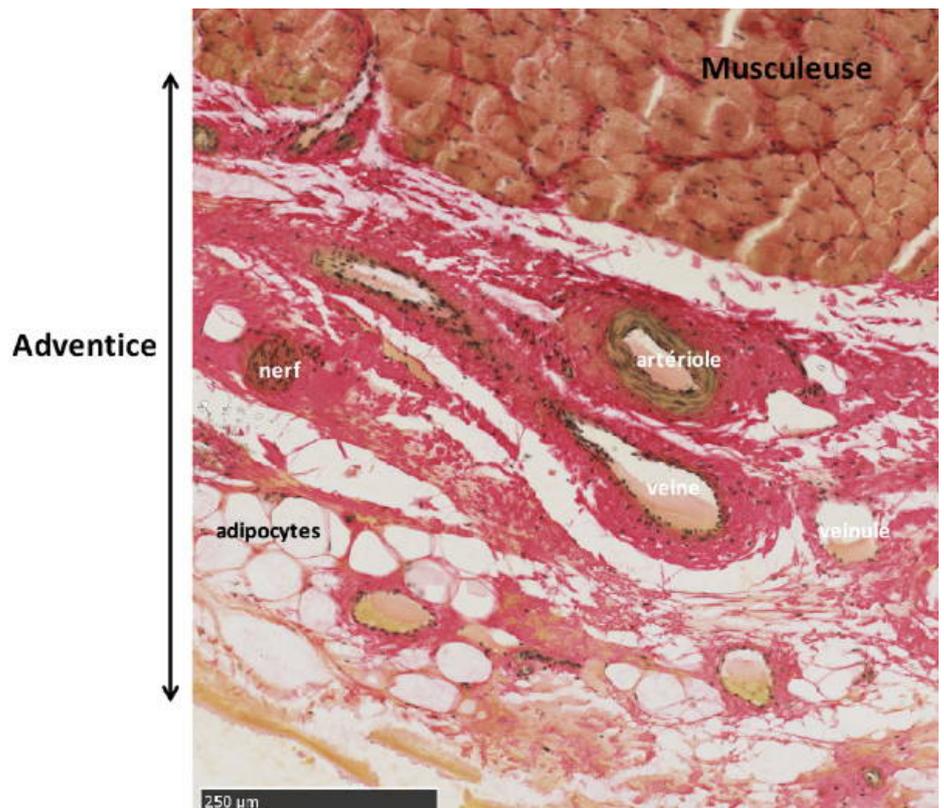


Les fibres post-ganglionnaires du plexus

myentérique d'Auerbach font partie du SNE (Système Nerveux Entérique) innervent les lœiomyocytes de la musculuse. Le péristaltisme facilite le passage des aliments vers l'estomac.

4 - **L'adventice** formée par

- du tissu conjonctif (fibres de collagène et élastiques)
- de gros vaisseaux,
- des filets nerveux,
- des îlots d'adipocytes.



II - L'ESTOMAC

RAPPEL ANATOMIQUE

- **L'estomac** est une région immédiatement sous diaphragmatique du tube digestif dilatée en forme de poche. Il a en fait la forme d'un J. Vide il a la taille d'une grosse saucisse, plein il peut se dilater et accepter de grandes quantités de nourriture.

Il fait suite à l'œsophage au niveau du cardia et s'abouche à l'intestin grêle au niveau du duodénum.

Il comprend quatre régions principales :

- le **cardia** qui entoure l'orifice de sa partie supérieure,
- le **fundus** partie arrondie à gauche du cardia, renflée à sa partie supérieure en une grosse tubérosité,
- le **corps** situé sous le fundus, partie la plus centrale
- le **pylore** subdivisé en
 - . *antre pylorique* relié au corps et
 - . *canal pylorique* relié au duodénum.

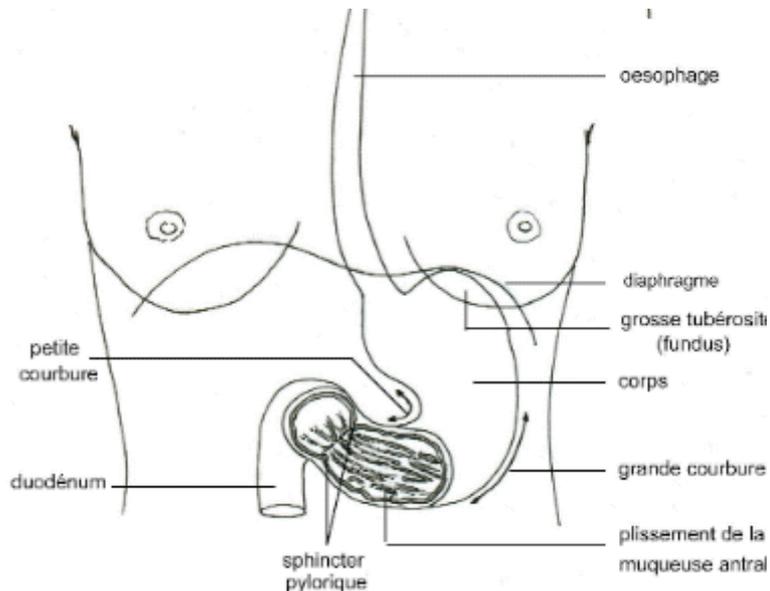
Le bord interne concave est la petite courbure et le bord externe convexe est la grande courbure.

Lorsque l'estomac est vide et que l'on observe sa surface interne, il est possible de voir à l'œil nu de larges plis gastriques.

Il n'y a pas de véritable correspondance entre la structure anatomique et l'organisation histologique.

Du point de vue histologique, on distingue trois régions :

- le **cardia**,
- le **fundus**
- le **pylore ou antre** avec une zone de transition entre le fundus et le pylore.



QUELQUES NOTIONS PHYSIOLOGIQUES GENERALES

Les aliments mastiqués grâce à la langue et aux dents, imprégnés de salive et déjà engagés dans un début de digestion grâce à la lipase buccale, débouchent dans l'estomac. La musculature complexe de la paroi produit des ondes de mélange (péristaltisme) qui brassent les aliments et les mêlent aux sécrétions gastriques pour produire le chyme gastrique. Le chyme gastrique quitte l'estomac par petites quantités au niveau du pylore sous la poussée de ces ondes. Le mélange se poursuit jusqu'à évacuation complète du contenu stomacal.

Les sécrétions gastriques comprennent essentiellement de l'acide chlorhydrique produit par les cellules bordantes du fundus histologique. Cet acide détruit les microbes, dénature les protéines et favorise la sécrétion d'hormones de régulation. Le pepsinogène est produit à l'état inactif par les cellules principales du fundus histologique, dans la lumière de l'estomac, il se transforme en pepsine active (pH voisin de 2) qui brise les chaînes

protéiques en peptides. Les cellules principales sécrètent également un peu de lipase gastrique qui agit (pH voisin de 5 à 6) sur les triglycérides à chaîne courte du lait.

Toute la paroi de l'estomac est protégée par des cellules à mucus contre l'action corrosive conjuguée de l'acide et des enzymes.

Les cellules à mucus des glandes pyloriques tendent à neutraliser le chyme gastrique acide à l'approche du sphincter pylorique. L'évacuation complète de l'estomac se fait entre 2 et 6 heures après le repas : elle est rapide après un repas riche en glucides et lente après un repas riche en graisses.

De nombreuses cellules endocrines dispersées dans les glandes cardiales, fundiques et pyloriques interviennent dans les phénomènes de régulation digestive. Les cellules à sérotonine interviennent dans le péristaltisme tandis que les cellules à gastrine des régions cardiale et pylorique favorisent surtout la sécrétion d'acide.

1 - L'estomac fundique

Coupe transversale de fundus de lapin, colorée par la méthode de Van-Gieson

³⁵/₁₇ Repérer au faible grossissement (Objectif X 10)

- La muqueuse avec

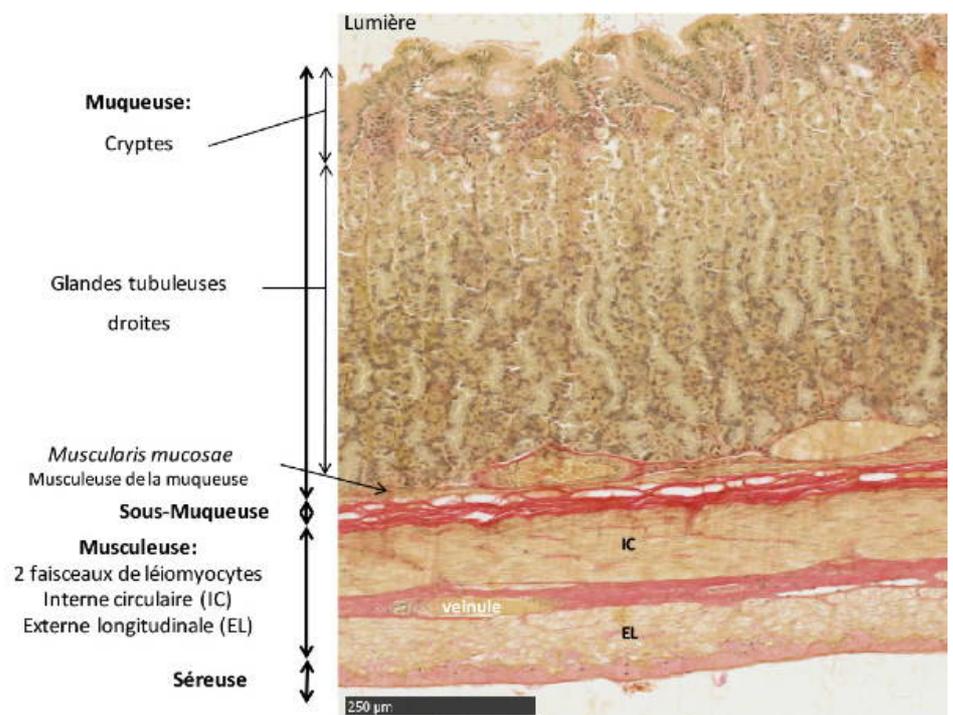
- . La zone des cryptes (1/3 de l'épaisseur de la muqueuse)

- . Les glandes droites

- La sous muqueuse

- La musculuse

- La séreuse



. **Observer au fort grossissement** (objectif X40) de dedans en dehors :

1 - La muqueuse comprenant :

- La zone des cryptes avec un épithélium de revêtement de protection chimique (cellules à mucus, fermées)

Le mucus des cellules épithéliales protège la muqueuse contre l'agression chlorydropeptique. Il lubrifie la paroi gastrique

- Le tissu conjonctif sous l'épithélium avec de beaux vaisseaux.

- La zone des glandes fundiques, droites sur leur majeure partie, où l'on distingue les régions:.....

. du col avec des cellules muqueuses et des cellules bordantes

. du corps avec des cellules bordantes et des cellules principales

. du fond avec cellules principales en majorité

. les cellules principales ont un cytoplasme apical granuleux et ... un noyau basal.

. les grosses cellules bordantes bistrées ont un noyau rond central. . .

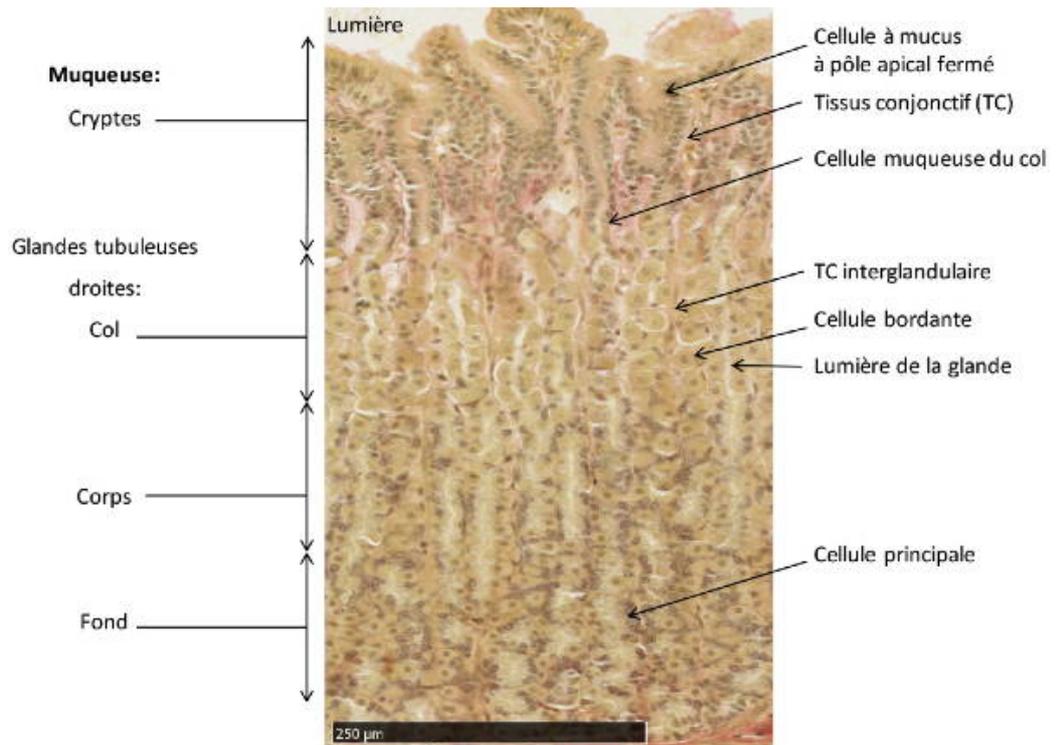
- Le tissu conjonctif interglandulaire est très réduit avec de beaux vaisseaux à la base des glandes.

- La couche lymphoïde est peu ou pas visible.

- La muscularis mucosæ avec deux couches très fines: l'interne circulaire et l'externe longitudinale.

- Les cellules bordantes sécrètent de l'HCl et le facteur intrinsèque

. *Le facteur intrinsèque permet l'absorption de la Vit B12 par l'iléon. La Vit B12 est nécessaire à la production d'érythrocytes mûrs : l'ablation de l'estomac entraîne donc une anémie pernicieuse*



. *L'acide chlorhydrique détruit 99% des microbes, dénature partiellement les protéines et stimule la sécrétion d'hormones qui favorise la production de bile et de suc pancréatique. Il exerce une rétroaction négative sur la sécrétion de gastrine.*

- *Le noyau des cellules principales est basal car les granules sécrétoires contenant du pepsinogène (visibles en MET) occupent le cytoplasme apical Le pepsinogène se transforme en pepsine dans la lumière de l'estomac (pH acide). La pepsine transforme les protéines alimentaires en peptides. Les cellules principales sécrètent également une très faible quantité de lipase qui digère les graisses. Chez les enfants, les glandes gastriques sécrètent une enzyme qui agit sur la caséine, protéine du lait.*

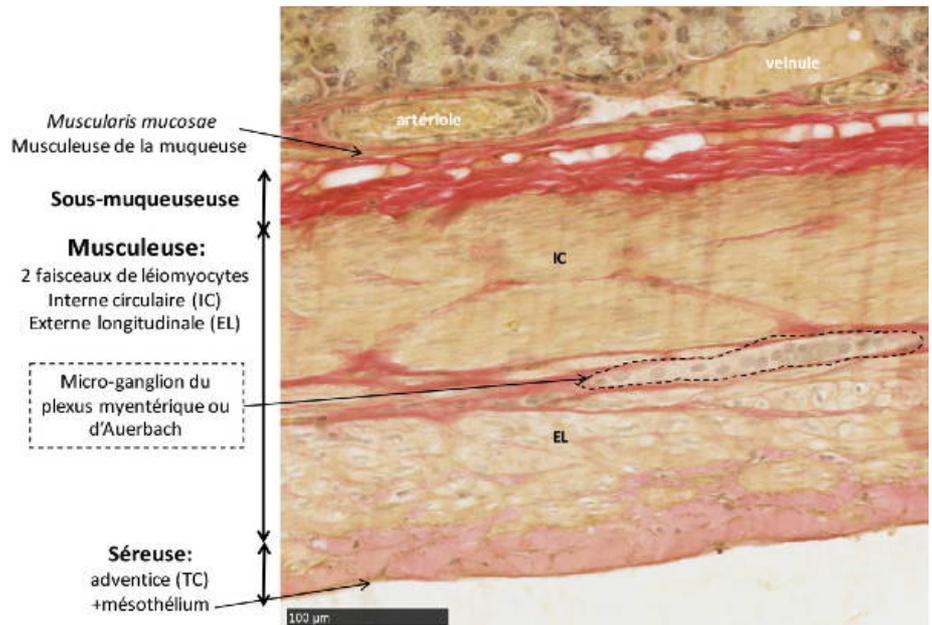
L'hypersécrétion d'acide et l'hyposécrétion de mucus provoquent l'apparition des ulcères gastriques

2 - La sous-muqueuse comprenant :

- Des fibres de collagène et des noyaux de fibrocytes.
- Peu ou pas de vaisseaux, (les artères et les veines contenant du sang laqué se situent plutôt au-dessus de la muscularis mucosæ chez le Lapin).

3 - La musculature comprenant les deux plans classiques de faisceaux de léiomyocytes:

- Un plan interne circulaire (noyaux allongés car la coupe est transversale).
- Un plan externe longitudinal plus mince (noyaux ronds car la coupe est transversale).
- Entre les deux plans, des vaisseaux et les éléments du plexus myentérique d'Auerbach (en gris).



Ces éléments nerveux appartiennent au SNE (Système Nerveux Entérique). Ils sont constitués de quelques corps cellulaires de neurones terminaux (secondes neurones postganglionnaires).

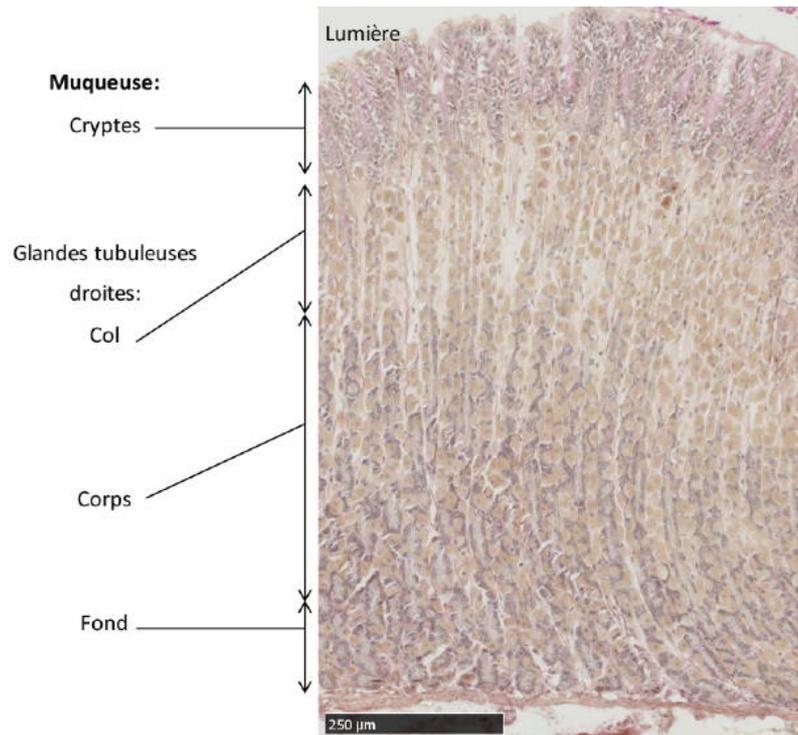
N.B. Cette coupe d'estomac ne comporte pas de couche interne oblique.

4 - La séreuse est constituée du tissu conjonctif vascularisé de l'adventice, et d'un mésothélium correspondant au feuillet péritonéal, dont on distingue les noyaux.

Coupe de fundus de lapin, colorée par la méthode de Marks-Drysdale

³⁵/₁₇ **Repérer au faible grossissement (Objectif X 4)**

- une zone où l'incidence de coupe est favorable (glandes droites avec une portion recourbée dans le fond où les glandes sont alors coupées transversalement).



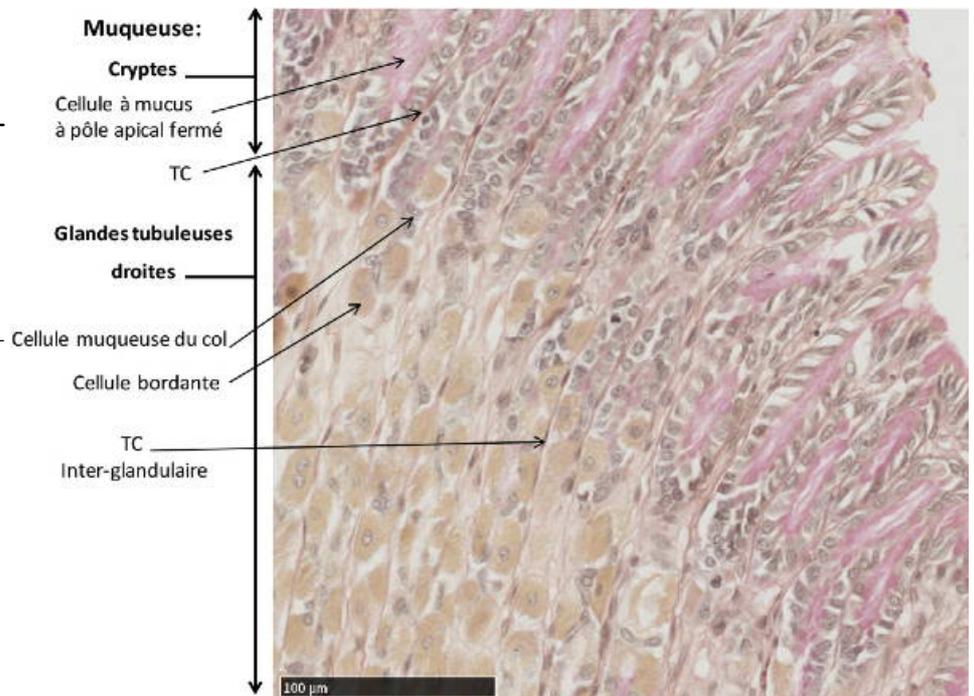
Observer au fort grossissement (Objectif X 40)

La muqueuse qui comprend

a - La zone des cryptes fundiques dans laquelle on distingue

- Un épithélium simple formé par des cellules hautes à mucus, fermées, à noyau plutôt basal. Le mucus forme un dôme (coloré en rouge) au pôle apical de chaque cellule.

Le mucus des cellules épithéliales protège la muqueuse de l'acidité et des enzymes. Il lubrifie la paroi gastrique.



- Un stroma conjonctif réduit avec des capillaires renfermant des hématies.

b - La zone des glandes fundiques subdivisée en 3 portions :

- Le col étroit avec :

- . de grosses cellules bordantes orangées nettement visibles, nombreuses, à noyau rond central.
- . des cellules muqueuses du col dont on distingue seulement les noyaux irrégulièrement arrondis.

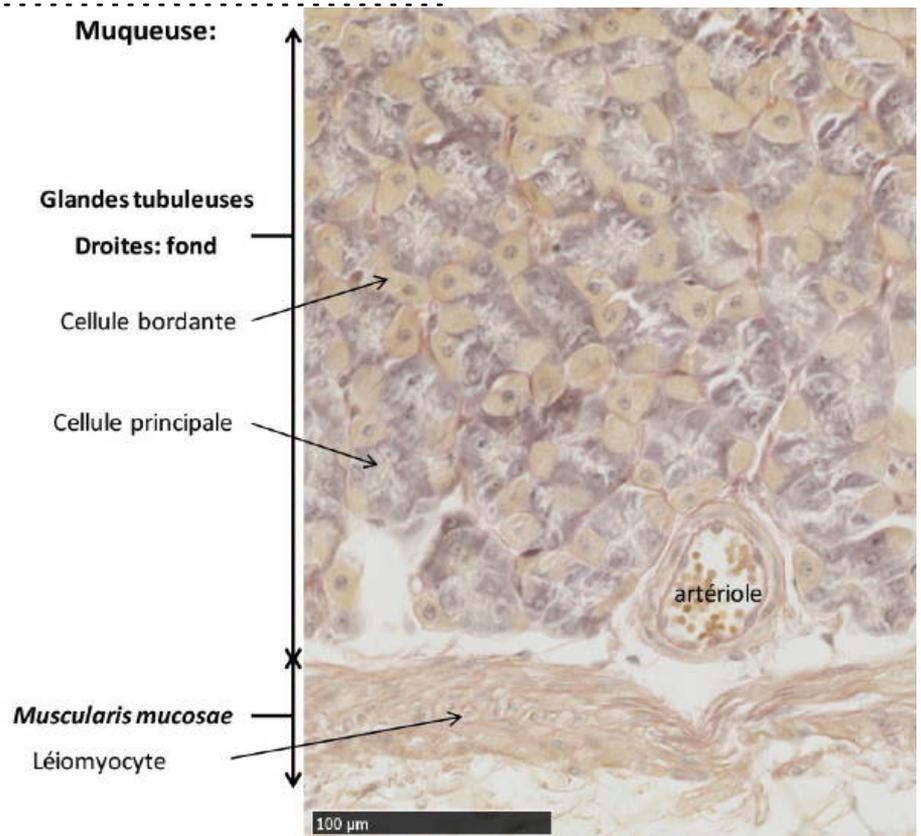
N.B. : Au niveau du col, on peut observer des figures de mitose.

- Le corps, important, avec :

- . des cellules bordantes.
- . des cellules principales avec un cytoplasme basal violet correspondant à de l'ergastoplasme (synthèse protéique).

- Le fond comportant des cellules principales plus nombreuses. Leur pôle apical présente des granulations très claires (grains de zymogène).

N.B. : Les cellules endocrines (EC, EC1, D, X, ECL) ne sont mises en évidence que par des techniques d'immunocytochimie.



La lumière glandulaire est très étroite et peu visible.

Le tissu conjonctif inter-glandulaire correspond à de fines travées rouges. On y repère quelques noyaux allongés des léiomyocytes provenant de la couche interne circulaire de la muscularis mucosæ.

A la base des glandes, le tissu conjonctif comporte des sections de vaisseaux (artérioles et veinules) renfermant des hématies.

c - La zone lymphoïde représentée par quelques noyaux ronds et sombres de lymphocytes.

d - La muscularis mucosæ comprenant deux couches de léiomyocytes:

- La couche circulaire interne
- La couche longitudinale externe

2 - L'estomac pylorique

Coupe transversale de pylore de chat, colorée par la méthode de Van-Gieson

³⁵₁₇ Repérer au faible grossissement (Objectif X 4 et X 10) les mêmes éléments que pour l'estomac fundique, en remarquant que :

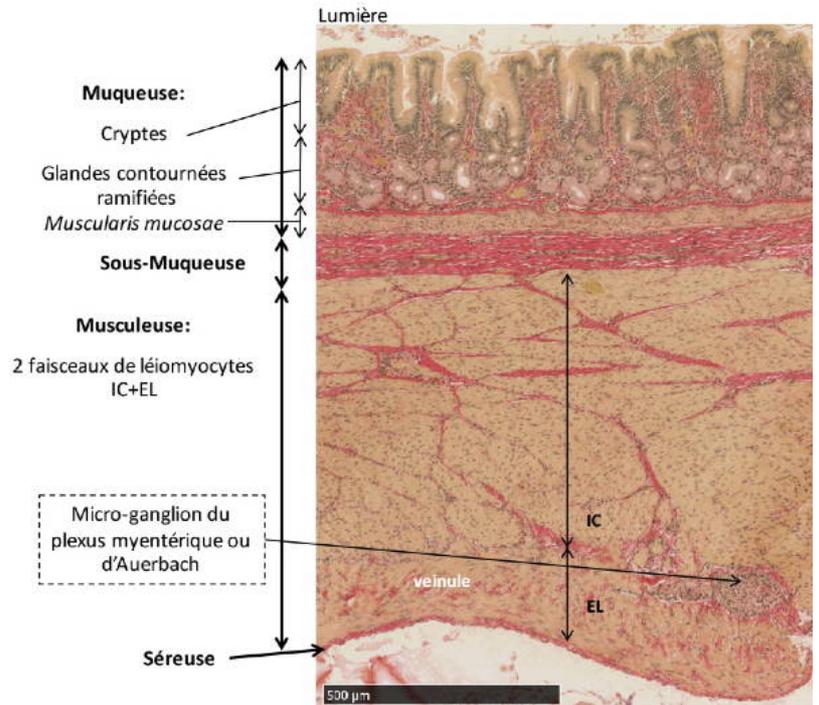
- Les cryptes sont plus profondes que dans le fundus (elles occupent la moitié de l'épaisseur de la muqueuse).

- Les glandes pyloriques sont tubuleuses, contournées et ramifiées.

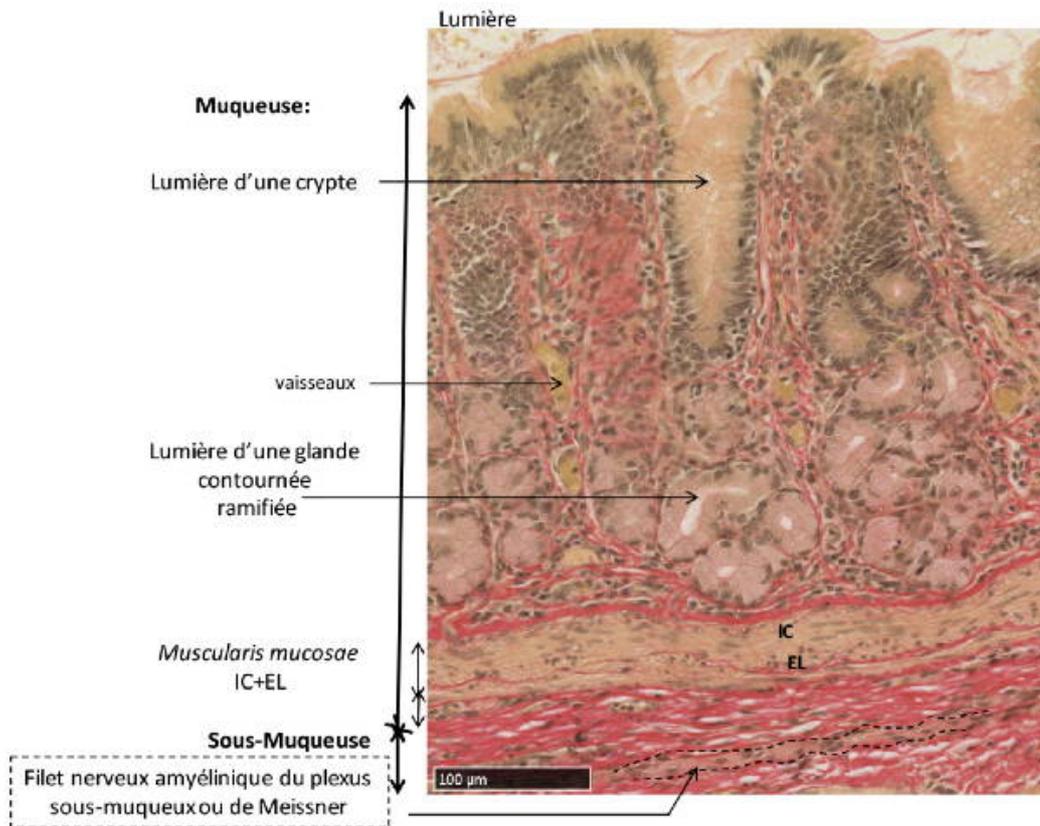
- La musculature est beaucoup plus épaisse, surtout la couche interne circulaire.

- La séreuse est constituée du tissu conjonctif vascularisé de l'adventice, et d'un mésothélium correspondant au feuillet péritonéal.

La musculature très épaisse de cette partie de l'estomac correspond au sphincter pylorique. Sa contraction retarde le passage des aliments dans le duodénum, assurant la poursuite de la digestion dans l'estomac. 2 à 6 h après l'ingestion des aliments, le sphincter se relâche et le chyme gastrique passe par petites quantités dans le duodénum.



Observer au fort grossissement (Objectif X 40)



1- La muqueuse avec :

- Les cryptes comportant des cellules à mucus fermées à cytoplasme clair. Des figures de mitoses indiquant la zone de renouvellement cellulaire sont visibles au fond des cryptes.

- Les glandes tubuleuses contournées ramifiées à lumière large. Les cellules sont de type muqueux. (noyau aplati ou arrondi refoulé au pôle basal), mais elles diffèrent par leur couleur des cellules muqueuses de surface.

N.B. : Les cellules endocrines (EC, EC1, D, G) ne sont mises en évidence que par immunocytochimie.

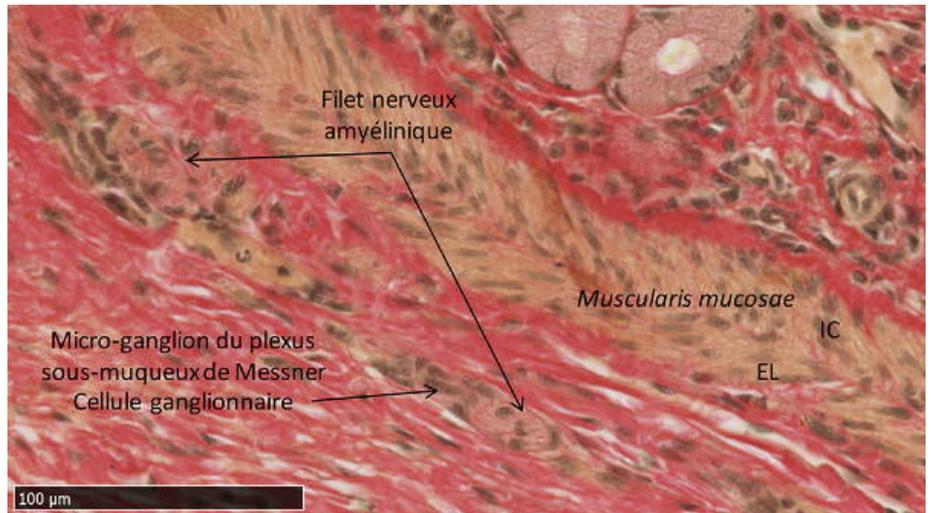
- Le tissu conjonctif inter-glandulaire est beaucoup plus important que dans le [fundus](#).

- La zone lymphoïde est également plus importante.

- Une lame régulière de tissu conjonctif sépare la couche lymphoïde de la couche interne circulaire de la muscularis mucosæ.

2- La sous-muqueuse,

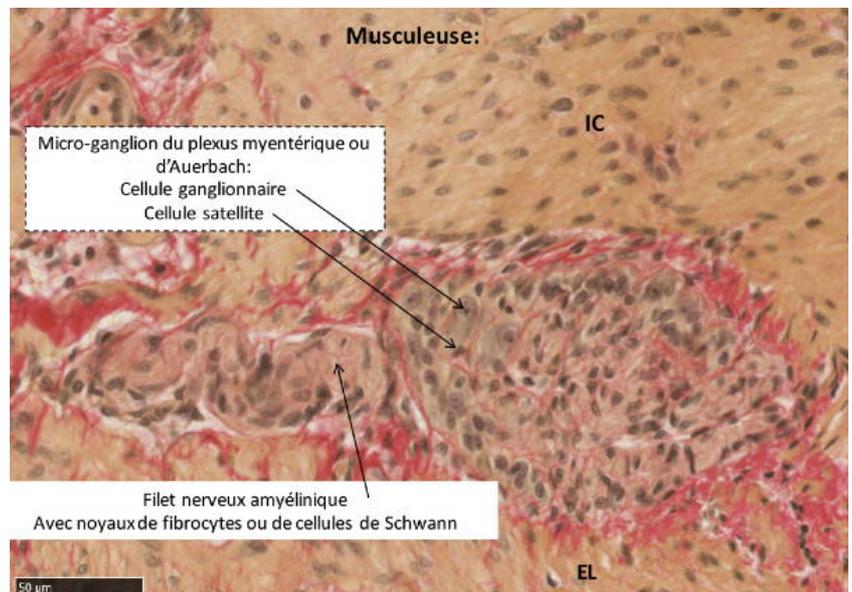
avec quelques éléments nerveux appartenant au plexus sous-muqueux de Meissner appartenant au SNE (Système Nerveux Entérique).



3 - La musculuse

Repérer un micro-ganglion du plexus myentérique d'Auerbach entre les deux plans de la musculuse.

Ces éléments nerveux appartiennent au SNE (Système Nerveux Entérique). Ils sont constitués de quelques corps cellulaires de neurones terminaux (seconds neurones postganglionnaires), de cellules satellites, de fibres nerveuses amyéliniques, de cellules de Schwann. On repère facilement le trajet sinueux de filets nerveux en de nombreux sites de la paroi du tube digestif.



Le plexus myentérique d'Auerbach règle surtout la motilité de la musculuse ; Le péristaltisme brasse les aliments et les mêle au suc gastrique pour produire le chyme gastrique. Le chyme gastrique quitte l'estomac par petites quantités au niveau du pylore sous la poussée de ces ondes. Le mélange se poursuit jusqu'à évacuation complète du contenu stomacal. L'aspect en vague des noyaux des cellules de Schwann traduit l'adaptation du SNE à l'étirement de la paroi. Ce dispositif vise à préserver les axones de toute altération. L'évacuation complète de l'estomac se fait entre 2 et 6 heures après le repas. Elle est rapide après un repas riche en glucides et lente après un repas riche en graisses.

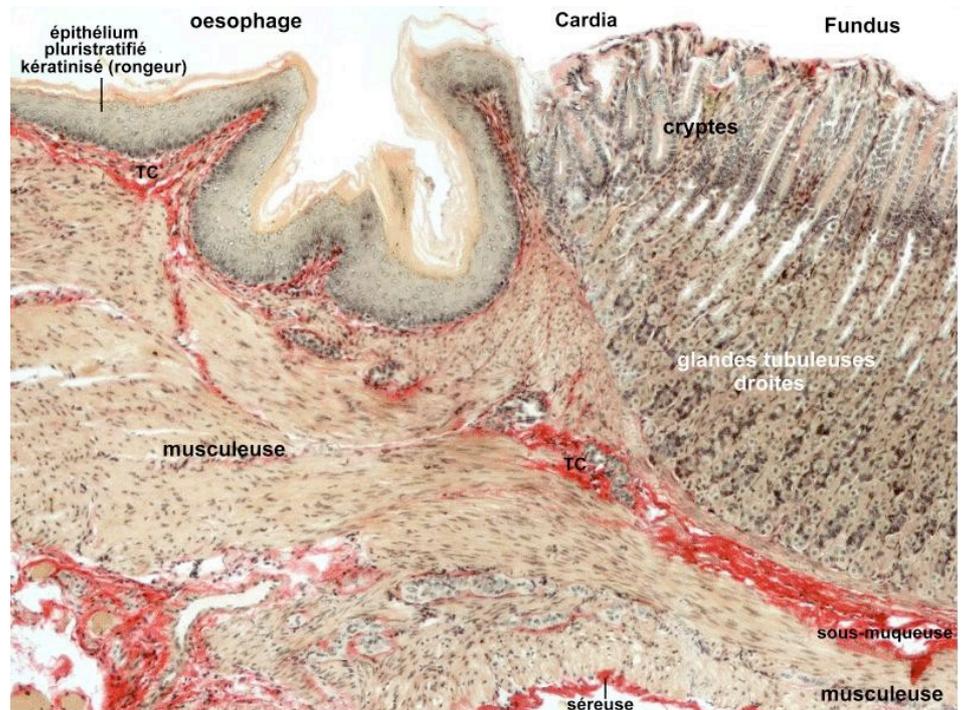
4 - La séreuse est constituée du tissu conjonctif vascularisé de l'adventice, et d'un mésothélium correspondant au feuillet péritonéal, dont on distingue les noyaux.

III- PREPARATIONS SUPPLEMENTAIRES

1 - Passage oesophago-gastrique de Hamster

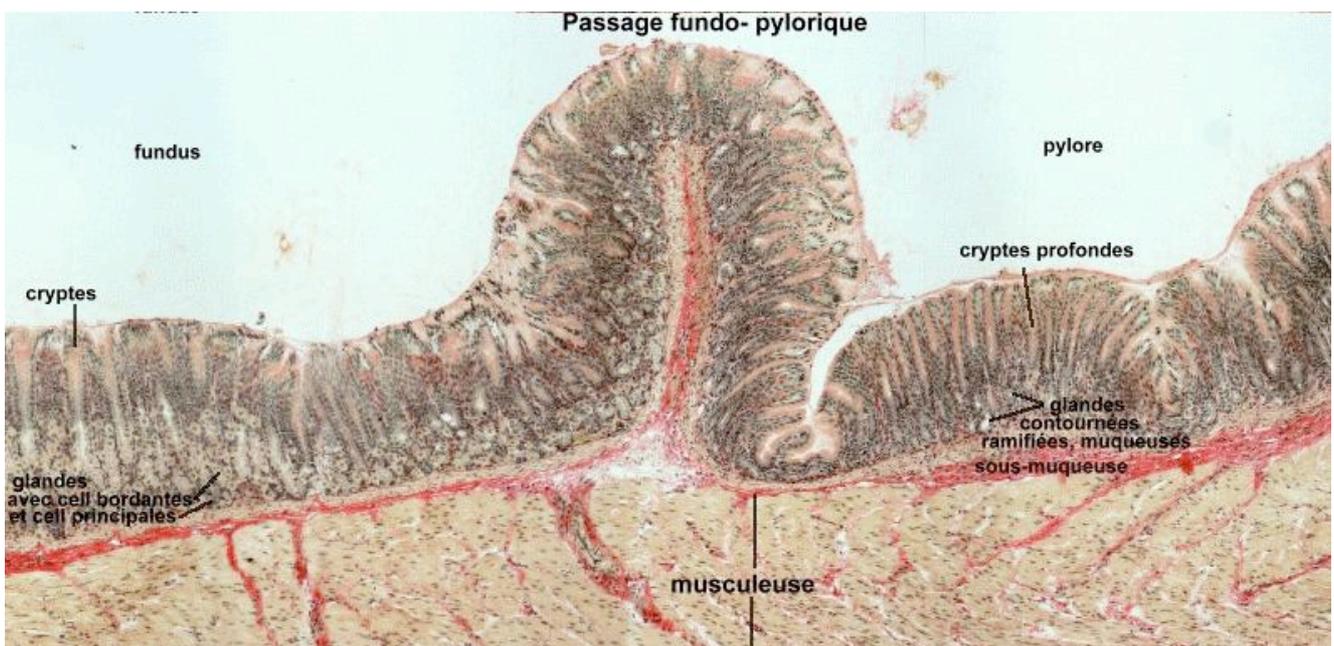
Le passage de l'oesophage à l'estomac se fait brusquement, avec :

- un épithélium pluristratifié du côté oesophagien,
- des cryptes et des glandes du côté stomacal



2- Passage fundus-pylorique de Hamster

Le passage du fundus au pylore se fait progressivement, notamment par la raréfaction des cellules bordantes, la diminution de l'épaisseur de la muqueuse, l'augmentation très nette de l'épaisseur de la couche interne circulaire de la musculature.



IV- L'INTESTIN GRÊLE

RAPPEL D'ANATOMIE

L'intestin grêle est un conduit qui commence après le sphincter pylorique et se termine à la valvule iléo-cæcale. Il s'enroule sur lui-même dans les portions centrale et inférieure de la cavité abdominale. Son diamètre est de 2,5 cm, sa longueur de 6 à 7 mètres. On lui décrit trois segments :

1 - le **duodénum**, portion la plus courte, s'étend sur 25 cm environ. Il fait suite au pylore, se termine à la hauteur de l'ampoule de Vater

2 - le **jéjunum**, portion généralement vide qui mesure 2,5 mètres de longueur environ, s'étend de l'ampoule de Vater à l'iléon.

3 - l'**iléon**, portion terminale de l'intestin grêle, contenant toujours des matières, mesure 3,6 mètres de longueur environ et fait la jonction avec le gros intestin par la valvule iléo-cæcale.

QUELQUES NOTIONS PHYSIOLOGIQUES ESSENTIELLES

La digestion des aliments commence dans l'estomac et se poursuit dans l'intestin. La majeure partie de la digestion et de l'absorption s'y déroule. Les valvules conniventes, les villosités intestinales et les microvillosités des entérocytes, assurent une grande surface d'échanges pour la digestion et l'absorption.

Les glandes de Brünner localisées au niveau du duodénum neutralisent le chyme gastrique acide afin que l'activité enzymatique intestinale puisse s'exercer pleinement.

Les entérocytes à plateau strié élaborent des enzymes qui s'intègrent dans la bordure en brosse de leur pôle apical. Ces enzymes assurent la digestion des glucides, des protéines, des nucléotides et contribuent avec les enzymes luminales à la digestion des aliments.

L'épithélium intestinal sécrète quotidiennement 1 à 2 litres de suc intestinal. Il s'agit d'un liquide jaune clair, alcalin (pH 7,6). Il contient de l'eau, du mucus et des enzymes. A partir de l'ampoule de Vater, il s'enrichit du suc pancréatique et de la bile hépatique capable d'émulsifier les graisses, condition indispensable à leur digestion chimique.

La digestion chimique est facilitée par les mouvements intestinaux. La segmentation brasse localement le chyme intestinal et met ainsi les nutriments au contact des entérocytes pour qu'ils soient absorbés. Le péristaltisme permet la progression du chyme en direction du gros intestin.

L'absorption des nutriments concerne les petites molécules issues de la digestion chimique : monosaccharides tels que glucose, fructose et galactose, des acides aminés, des dipeptides et des tripeptides, des acides gras, du glycérol et des monoglycérides essentiellement.

L'absorption d'eau (8 litres par jour) et d'électrolytes par transport actif le plus souvent (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Cl^- , I^- , No^{3-} , Ca^{2+} , fer et phosphate) est intense et répond à un phénomène d'économie.

L'intestin grêle joue un rôle dans les processus de défense immunitaire. Les follicules clos de plus en plus nombreux en direction de l'iléon s'organisent même en plaques de Peyer. Ces structures lymphoïdes empêchent les bactéries de pénétrer dans le sang.

Les cellules endocrines sont très nombreuses à tous les niveaux de l'intestin grêle. Elles participent avec le système nerveux périphérique autonome à la régulation des sécrétions et de la motilité de l'intestin.

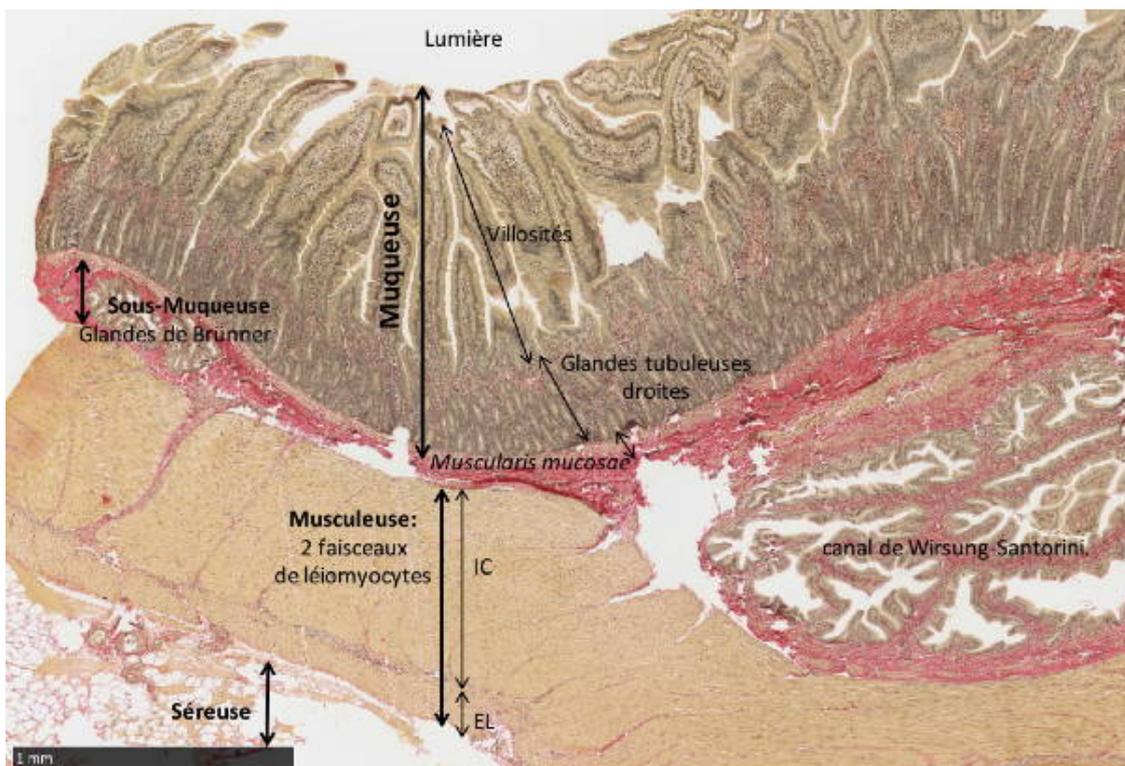
1 - Le duodénum

Il est caractérisé par

- Une muqueuse sans valvules conniventes dans sa majeure partie
- Des glandes de Brünner dans la muqueuse et surtout dans la sous muqueuse

Coupe transversale de duodénum de chat, colorée par la méthode de Van-Gieson

Observer au faible grossissement (Objectif X4), de dedans en dehors



- La muqueuse très épaisse avec des villosités et des glandes de Lieberkühn.
- Les glandes de Brünner lobulées dans la sous muqueuse.
- La musculeuse assez épaisse traversée en un point par le canal de Wirsung-Santorini.
- La séreuse très mince.

Repérer au faible grossissement (Objectif X10) de dedans en dehors :

1 - La muqueuse comprenant:

- La zone des villosités (environ 2/5 de l'épaisseur de la muqueuse).
- La zone des glandes de Lieberkühn très droites, à lumière nettement visible. Quelques glandes de Brünner peuvent s'intercaler à leur base.
- Le tissu conjonctif, très cellulaire, entre les glandes et dans l'axe des villosités.
- La zone lymphoïde (rangée discontinue de noyaux sombres de lymphocytes à la base des glandes).
- La muscularis mucosæ.

2 - La sous-muqueuse formée :

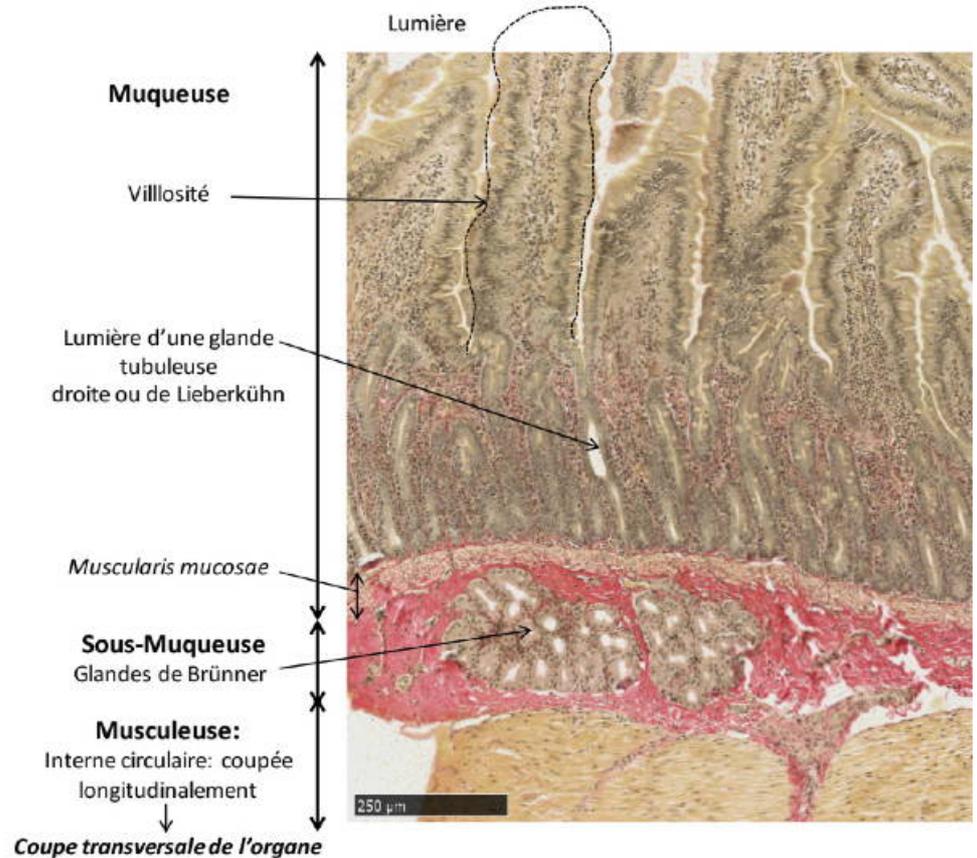
- De tissu conjonctif contenant des vaisseaux.
- De glandes de Brünner lobulées, tubuleuses, ramifiées, muqueuses, à lumière très large.
- D'éléments nerveux correspondant aux micro-ganglions du plexus de Meissner.

3 - La musculature avec

- Ces deux couches bien distinctes, l'une interne circulaire et l'autre externe longitudinale.
- Entre les deux couches, les éléments nerveux du plexus myentérique d'Auerbach.
- Des vaisseaux (artères et veines).

4 - La séreuse très mince.

N.B. : On ne tiendra pas compte des structures pancréatiques (acini et canal collecteur) qui apparaissent sur la préparation.



Observer au fort grossissement (Objectif X 40) de dedans en dehors :

1 - La muqueuse avec :

a - Des villosités formées par :

- Un épithélium prismatique

simple comprenant :

. Des cellules à plateau strié (entérocytes), très nombreuses, à noyau oblong sub-central.

. Des cellules caliciformes à mucus (coloré en rose) à pôle apical ouvert et à noyau triangulaire basal.

. Des lymphocytes intra-épithéliaux dont seul le noyau rond et sombre est visible.

- Un stroma conjonctif constitué :

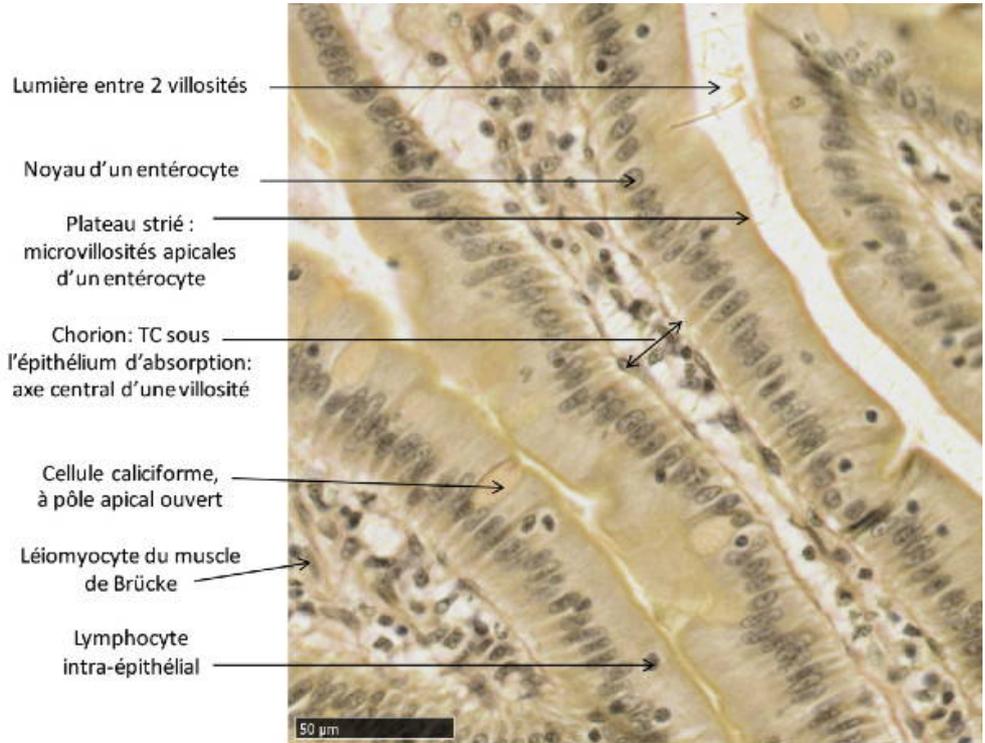
. De fibroblastes sous la lame basale.

. De fines lamelles conjonctives et de noyaux de cellules conjonctives.

. De capillaires bordant l'épithélium.

. D'un infiltrat lymphoïde.

. De léiomyocytes (de teinte jaunâtre) avec un noyau allongé. L'ensemble constitue le muscle de Brücke qui borde le chylifère central (fente claire visible sur certaines sections de villosités).



Le chylifère central est un vaisseau lymphatique de grande taille qui se jette dans le réseau lymphatique sous-muqueux. La contraction du muscle de BRÜCKE provoque l'évacuation de la lymphe notamment après un repas riche en graisses.

- Les villosités augmentent les surfaces d'échange favorisant ainsi la digestion et l'absorption.

- Des enzymes élaborés par les entérocytes sont déversés dans la lumière, d'autres s'intègrent au glycocalyx. Ceux-ci assurent la digestion des glucides, des protéines, des nucléotides et contribuent donc avec les enzymes luminales à la digestion des aliments.

- L'absorption des nutriments concerne les petites molécules issues de la digestion chimique : monosaccharides tels que glucose, fructose et galactose, des acides aminés, des dipeptides et des tripeptides, des acides gras, du glycérol et des monoglycérides essentiellement.

b - La zone des glandes de Lieberkühn comprenant :

- les glandes de Lieberkühn avec :

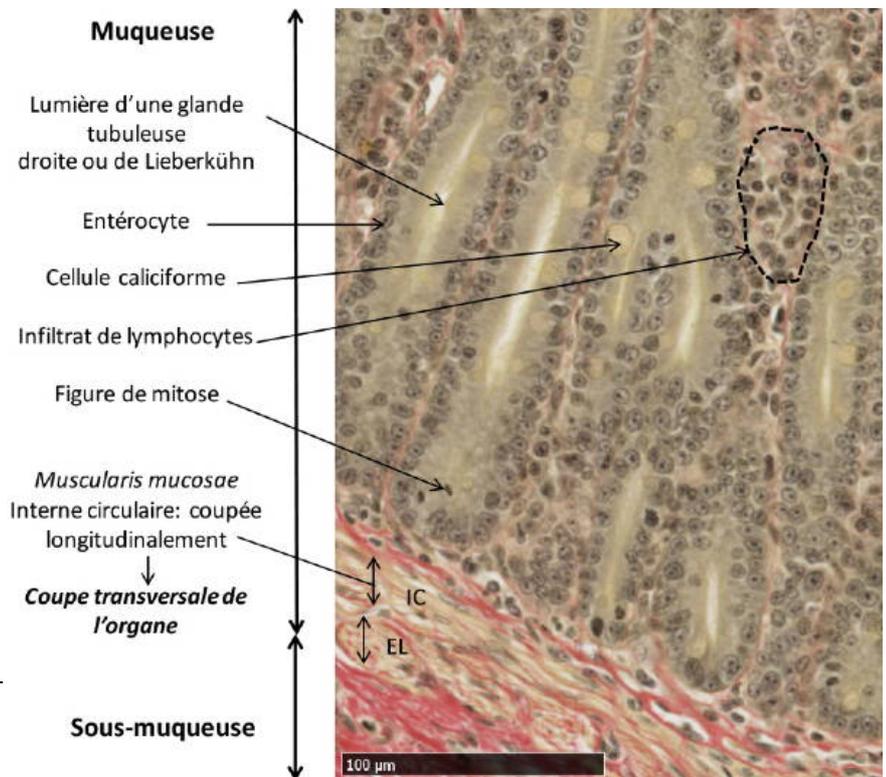
- . Une lumière étroite mais très nette. . Les mêmes cellules que dans l'épithélium des villosités.
- . Des figures de mitose très évidentes dans le fond des glandes.
- . Un nombre plus réduit de lymphocytes intra-épithéliaux.

N.B. : - On remarquera la réduction du plateau strié au fond des glandes, voire sa disparition. Au fond des glandes, on trouve aussi des cellules de Paneth qui sécrètent des enzymes à activité anti-microbienne.

- le tissu conjonctif inter- glandulaire avec des fibres collagènes plus nettes que dans l'axe des villosités, des fibrocytes, les noyaux de quelques léiomyocytes se rendant dans les villosités, des lymphocytes et des capillaires.

c- Quelques glandes de Brünner s'abouchant aux glandes de Lieberkühn.

d - La muscularis mucosæ avec ses 2 couches (IC et EL).



2 - La sous muqueuse avec :

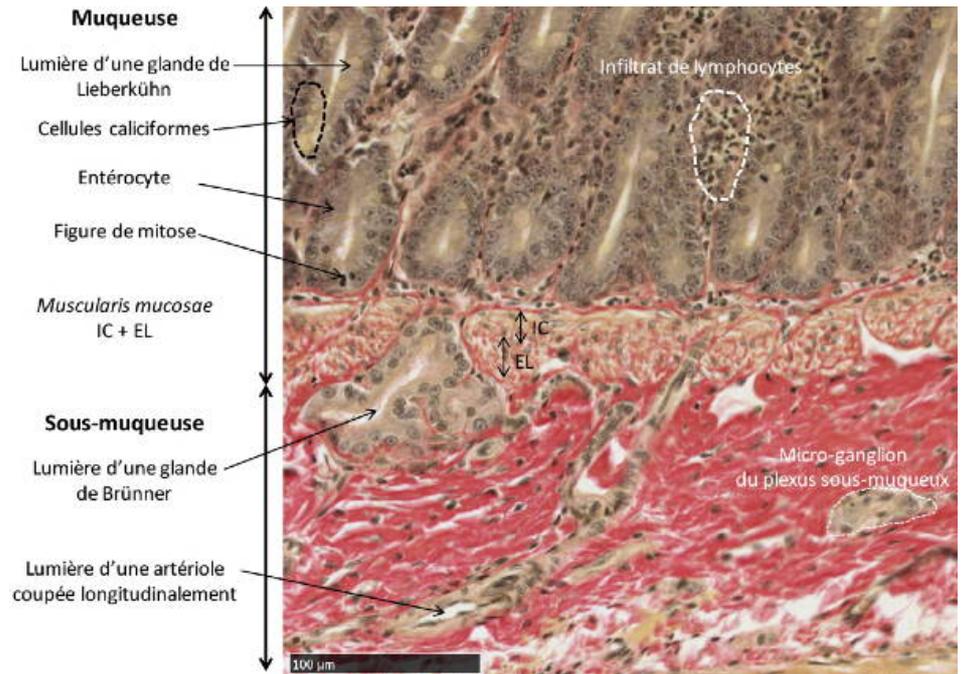
- Des glandes de Brünner à lumière très large. Les noyaux des cellules muqueuses sont ronds et basaux
- Les glandes de BRÜNNER, présentes seulement dans le duodénum, contribuent à la neutralisation du chyme gastrique acide afin que l'activité enzymatique intestinale puisse s'exercer pleinement**
- Du tissu conjonctif contenant des vaisseaux
- L'infiltrat lymphoïde dans le tissu conjonctif est important par place.

Les cellules endocrines ne sont pas repérables en technique de routine, mais elles existent à tous les niveaux de l'intestin grêle. Elles sont présentes dans les villosités, mais surtout nombreuses dans le fond des glandes de Lieberkühn. Dans le duodénum, on trouve essentiellement des cellules EC (sérotonine), G (gastrine), S (sécrétine) et D (somatostatine). Elles participent, avec le système nerveux périphérique autonome, à la régulation des sécrétions et à la motilité de l'intestin.

- Les micro-ganglions du plexus sous-muqueux de Meissner sont composés de cellules ganglionnaires à cytoplasme gris, à gros noyau clair et nucléolé.

- Les fibres nerveuses innervent la muscularis mucosæ. Ce plexus joue également un rôle important dans la régulation des sécrétions participant au suc digestif.

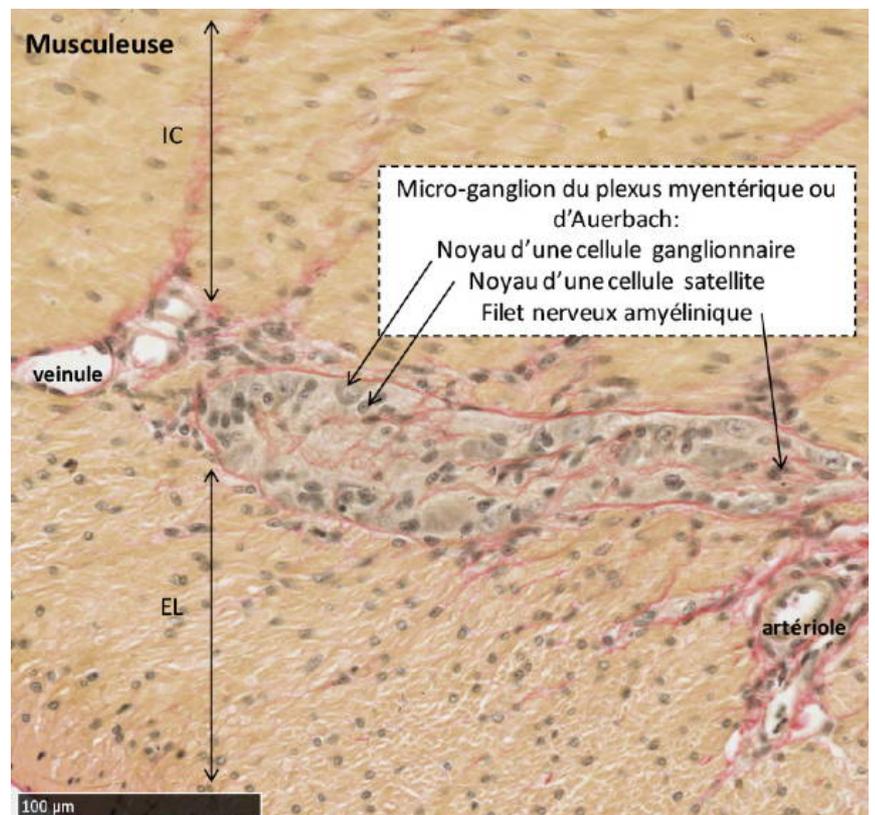
- Le plexus sous-muqueux de Meissner appartient au système nerveux entérique (SNE).



3 - La musculature avec (la coupe étant transversale) :

- Une couche interne circulaire de léiomyocytes en vue longitudinale.
- Une couche externe longitudinale de léiomyocytes en vue transversale.
- Entre les deux plans, les micro ganglions du plexus myentérique d'Auerbach.

Les fibres nerveuses du plexus myentérique (SNE) règlent la motilité de la musculature. Le péristaltisme permet la progression du chyme en direction du gros intestin.



La digestion chimique est facilitée par les mouvements intestinaux. La segmentation brasse localement le chyme intestinal et met ainsi les nutriments au contact des entérocytes pour qu'ils les absorbent.

4 - **La séreuse** très mince, formée du tissu conjonctif de l'adventice recouvert par le feuillet péritonéal.

2 - Le jéjunum

Le jéjunum comporte de nombreuses et grandes valvules conniventes mais assez peu de tissu lymphoïde.

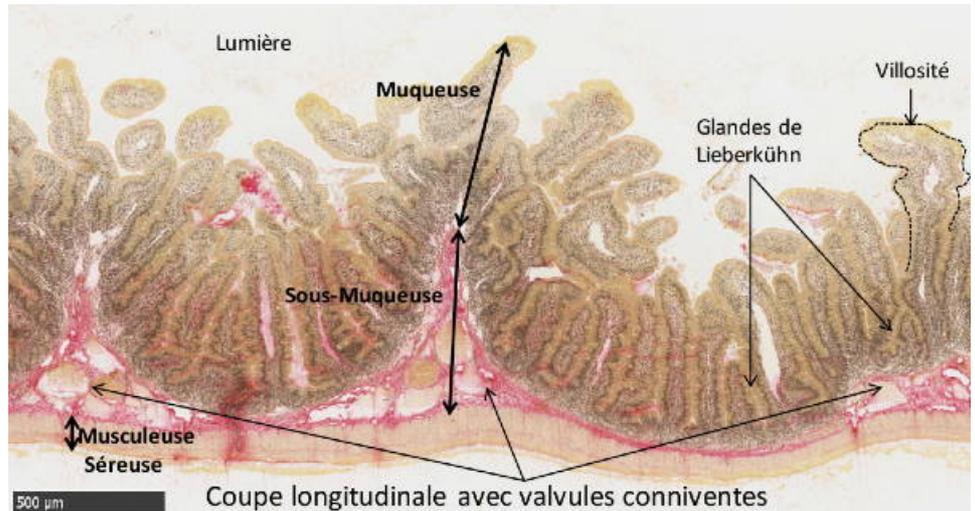
Coupe longitudinale de jéjunum de lapin, colorée par la méthode de Van-Gieson

Repérer au faible grossissement (Objectif X 4) les mêmes éléments que dans le duodénum mais en remarquant que

- La paroi jéjunale est plus mince que la paroi duodénale, et que la muqueuse constitue la tunique la plus épaisse.

- La zone des villosités occupe les 2/3 de l'épaisseur de la muqueuse.

- Le tissu conjonctif de la sous-muqueuse présente des variations d'épaisseur régulières lui donnant un aspect ondulé : ce sont les valvules conniventes. La muqueuse est ainsi entièrement soulevée.

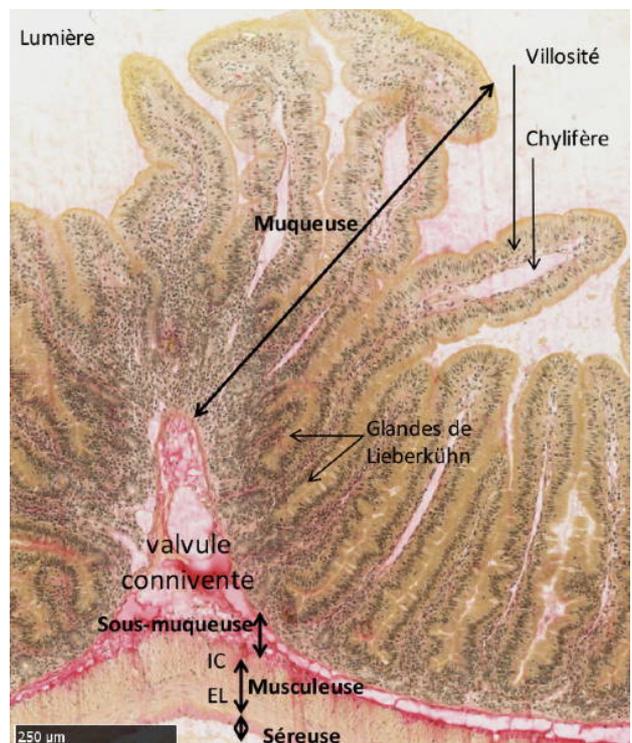


N.B. : Ces valvules conniventes ne sont évidemment visibles qu'en coupe longitudinale, puisqu'il s'agit de soulèvements transversaux. Les valvules entraînent un rétrécissement de la lumière du tube digestif à intervalles réguliers, ce qui ralentit le flux des nutriments et permet une augmentation du temps de contact avec les entérocytes.

Remarquer au faible grossissement (Objectif X 10) que :

L'axe des valvules est occupé par de volumineux vaisseaux. On pourra y repérer difficilement quelques micro-ganglions du plexus de Meissner.

A partir de l'ampoule de Vater, le liquide intestinal s'enrichit du suc pancréatique et de la bile hépatique capable d'émulsifier les graisses, condition indispensable à leur digestion chimique L'ensemble de ces



sucs, très riches en enzymes, assurent la digestion des sucres, des protéines, des lipides et des acides nucléiques.

3 - L'iléon

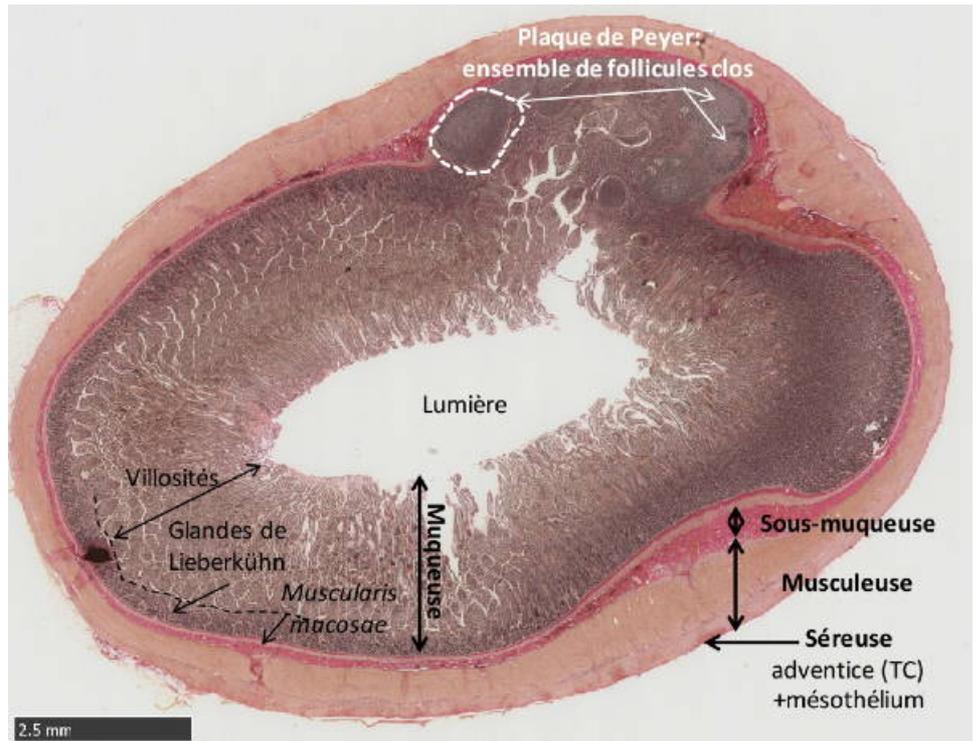
Le jéjunum et l'iléon ne diffèrent que par quelques caractères. L'iléon a peu (ou pas dans la dernière moitié) de valvules conniventes, mais il contient par contre de nombreux follicules lymphoïdes.

Coupe transversale d'iléon de chien, colorée par la méthode de Van-Gieson

Repérer au faible grossissement (Objectif X 4) les mêmes éléments que précédemment, mais en remarquant que

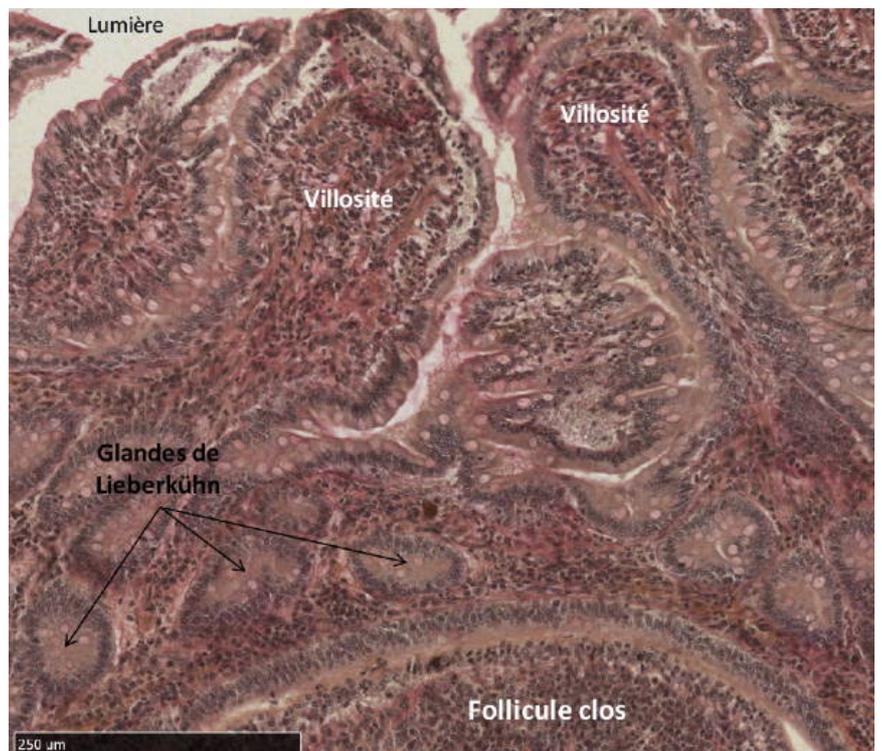
- Les villosités sont très longues et sont visibles en coupe longitudinale puis transversale
- La couche lymphoïde à la base des glandes de Lieberkühn, écarte les glandes et même s'y substitue pour y donner des follicules clos associés en plaque de Peyer. Ils peuvent s'élever jusque sous l'épithélium des villosités.

N.B. : Chez l'Homme, les plaques de Peyer (20 à 30) peuvent atteindre plusieurs cm de long.



Remarquer au faible grossissement (Objectif X 10) que :

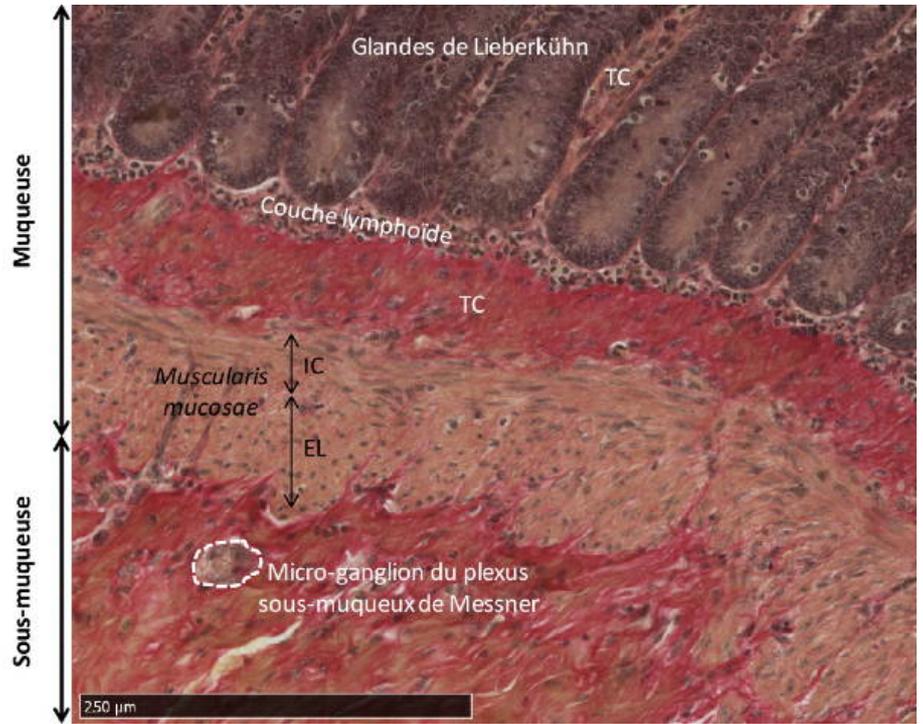
- La base des villosités est très large
- L'axe villositaire est constitué de tissu conjonctif
- La lumière intestinale occupe l'axe des glandes de Lieberkühn
- L'infiltration lymphoïde du chorion est plus importante.



- La couche lymphoïde, à la base des glandes de Lieberkühn est plus nette.

- La nappe conjonctive à la base des glandes de Lieberkühn s'interrompt à hauteur des follicules clos.

- La muscularis mucosæ est amincie, voire interrompue à l'emplacement de la plaque de Peyer.



L'intestin grêle joue un rôle dans les processus de défense immunitaire. Les follicules clos de plus en plus nombreux en direction de l'iléon s'y organisent même en plaques de Peyer. Ces structures lymphoïdes empêchent les bactéries de pénétrer dans le sang.

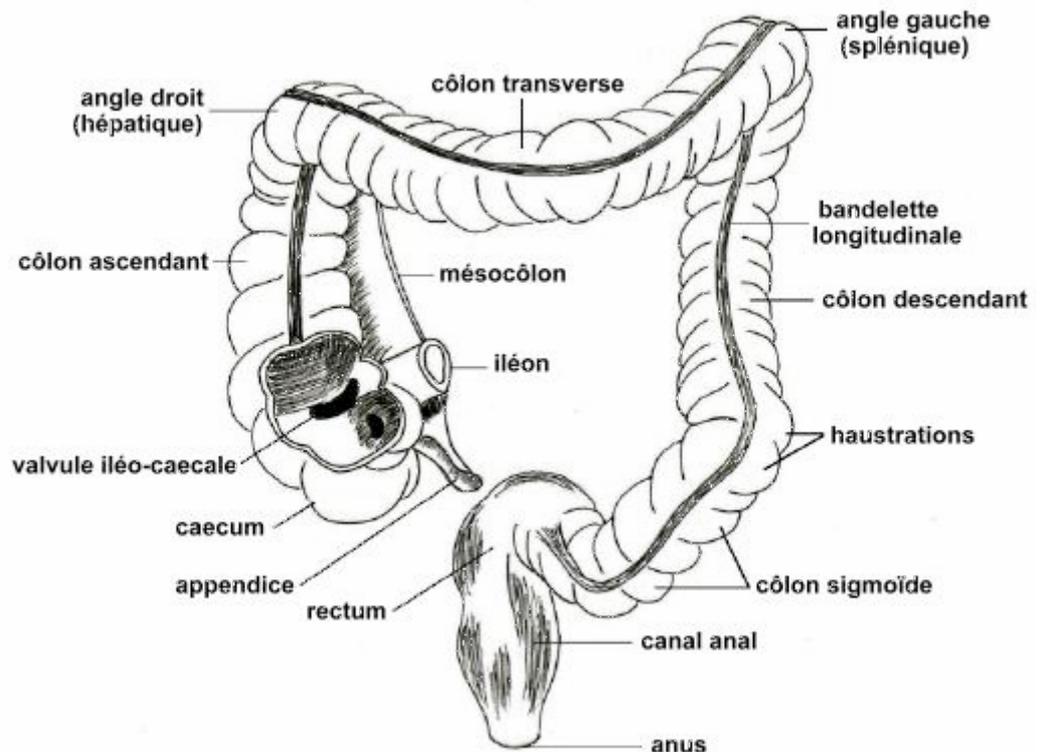
Au cours de la fièvre typhoïde, les plaques de Peyer sont électivement atteintes, et peuvent être le siège de perforation intestinale.

V - LE GROS INTESTIN

RAPPEL D'ANATOMIE

Le gros intestin s'étend de l'iléon à l'anus et mesure 1,5 mètres environ pour 6,5 cm de diamètre. Il comprend le cæcum, le côlon, le rectum et le canal anal.

Le cæcum, poche borgne située sous la valvule iléo-cæcale comporte un segment tubulaire de 8 cm: l'**appendice vermiculaire** transformé en organe lymphoïde.



Le côlon comporte quatre portions : le côlon ascendant, le côlon transverse, le côlon descendant et le côlon sigmoïde. La musculature colique forme **trois bandelettes longitudinales** dues à l'épaississement de la couche externe longitudinale dont la contraction forme une succession de poches appelées **haustrations**. Celles-ci sont séparées par des rétrécissements. Des pendeloques de tissu adipeux qualifiées d'appendice épiploïques sont fixées sur les bandelettes longitudinales.

Le rectum est situé devant le sacrum et le coccyx en arrière de la réflexion de la séreuse péritonéale.

Le canal anal forme des plis longitudinaux sur 2 à 3 cm, les colonnes anales de Morgagni. Il se termine à l'anus.

QUELQUES FONCTIONS PHYSIOLOGIQUES ESSENTIELLES

C'est le réflexe gastro-iléal (commandé par la gastrine) qui règle le passage du chyme de l'iléon au cæcum par la valvule sphinctérienne iléo-cæcale. Le remplissage cæcal est directement lié à la vidange gastrique, puis le chyme remplit le côlon ascendant. Le brassage haustral réalise des mouvements permettant le remplissage d'une haustration, puis lorsque celle-ci est bien distendue par le chyme, une contraction le fait passer à l'haustration suivante. Des mouvements péristaltiques propulsent également le contenu tout le long du côlon et plus fortement dans le côlon sigmoïde et le rectum où s'effectue le mouvement péristaltique de masse.

Coupe longitudinale de côlon de chat, colorée par la méthode de Van-Gieson

Repérer au faible grossissement (Objectif X 4) que :

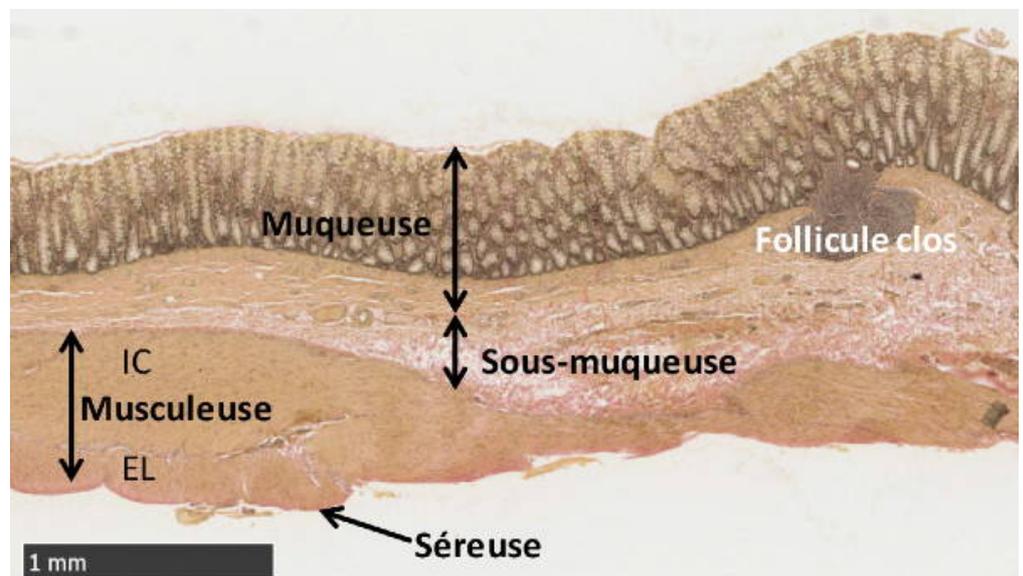
- Il n'y a pas de valvules conniventes, ni de villosités dans le côlon.

- Les glandes de Lieberkühn sont droites, longues.

- La couche lymphoïde donne naissance à des follicules clos qui interrompent la muscularis mucosae.

- La musculature présente les 2 couches habituelles (IC-EL).

- La séreuse est fine.

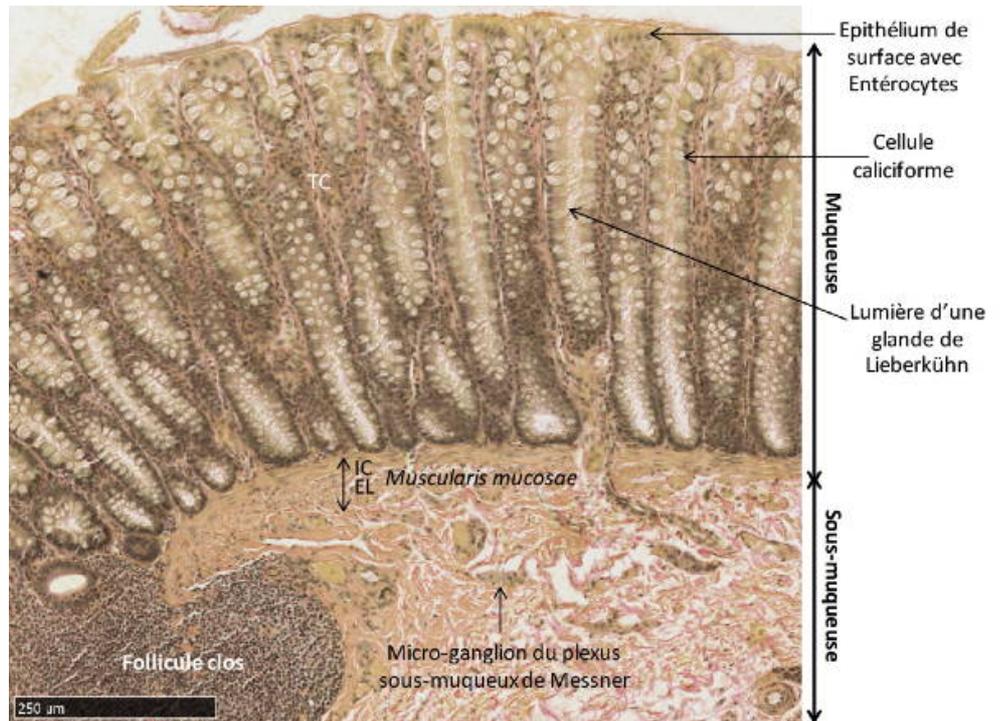


Repérer au faible grossissement (Objectif X 10) que :

- L'épithélium de surface est pauvre en cellules caliciformes et riche en entérocytes (le plateau strié est plus bas que dans l'intestin grêle).

- Les glandes de Lieberkühn sont droites, longues, à lumière étroite. On y trouve des entérocytes et un très grand nombre de cellules caliciformes.

N.B. : De belles figures de mitose sont visibles au fond des glandes de Lieberkühn



- La couche lymphoïde donne naissance à des follicules clos qui, lorsqu'ils sont vus selon leur plus grand diamètre, effondrent la muscularis mucosæ : ils se substituent aux glandes de Lieberkühn et envahissent la sous muqueuse.

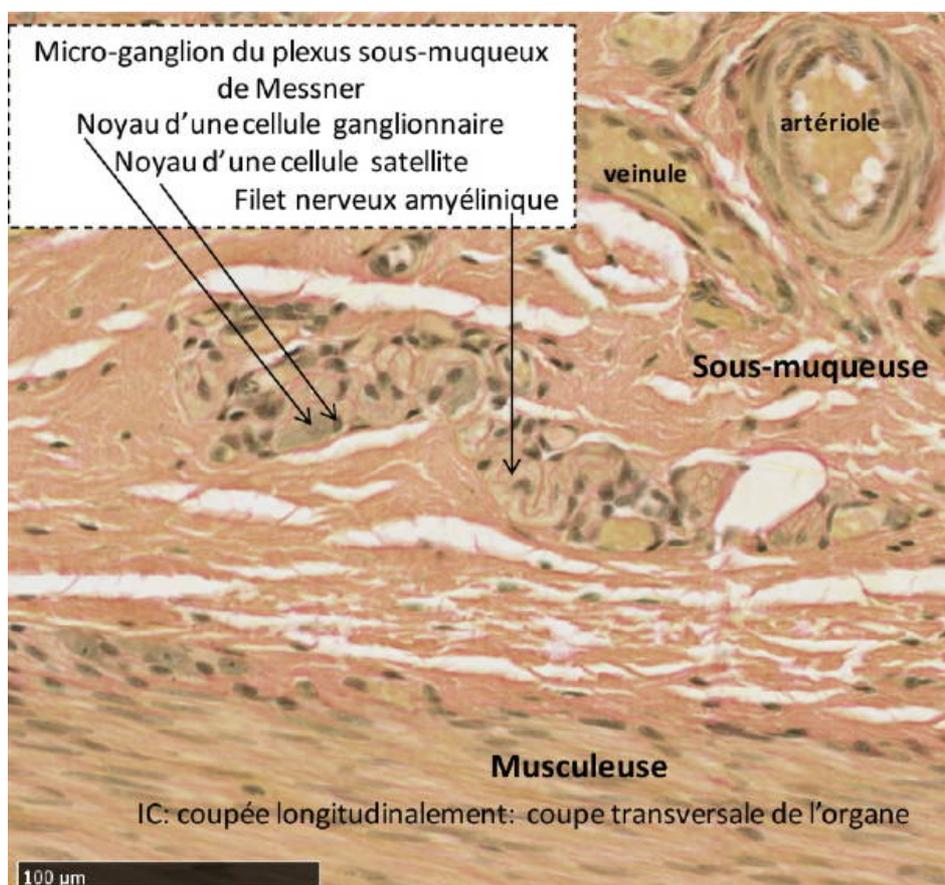
- Les micro-ganglions parasympathiques du plexus sous-muqueux de Meissner et myentérique d'Auerbach sont facilement repérables. Ils font partie du SNE (Système Nerveux Entérique)

Observer au fort grossissement (Objectif X 40) :

- Un microganglion nerveux du plexus sous-muqueux de Meissner dans la sous-muqueuse.

Celui-ci est entouré d'un abondant tissu conjonctif de coloration rouge, ce qui rend sa localisation difficile.

Sa description est la même que celle du micro-ganglion myentérique d'Auerbach détaillée ci-dessous.



- Un microganglion nerveux du plexus d'Auerbach entre les deux plans de la musculature. Il apparaît donc plus nettement.

. Les corps cellulaires des neurones post-ganglionnaires sont de grande taille avec un cytoplasme grisâtre et un gros noyau bien nucléolé. Ils sont espacés les uns des autres car de nombreux neurites colorés en rose circulent dans le micro-ganglion.

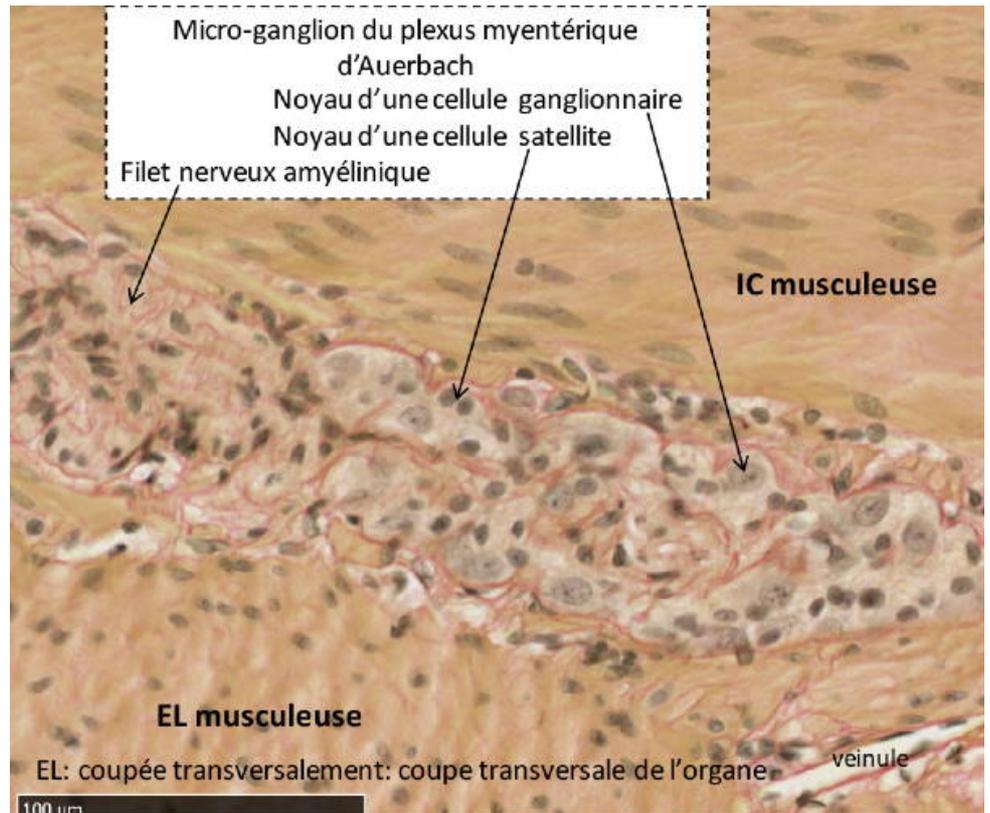
. Les cellules satellites disposées autour des cellules ganglionnaires sont assez difficiles à voir, contrairement aux cellules de soutien

intercalées entre les cellules nerveuses et qui accompagnent les fibres nerveuses.

. Dans quelques cas favorables, on peut observer la connexion entre le micro-ganglion et les fibres nerveuses afférentes ou efférentes.

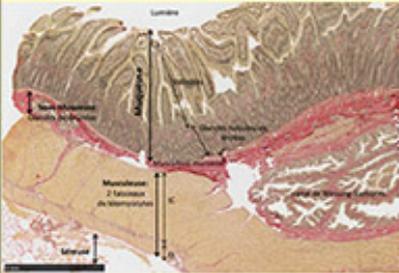
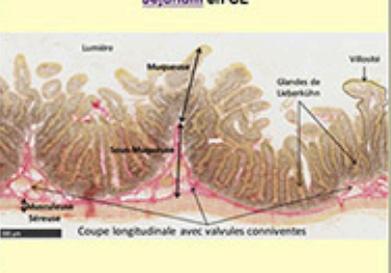
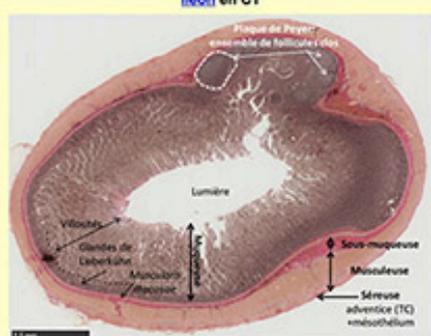
. On repère facilement le trajet sinueux de filets nerveux en de nombreux sites de la paroi du tube digestif.

L'aspect en vague des noyaux des cellules de Schwann permet l'étirement de la paroi. Ce dispositif vise à préserver les axones de toute altération. Les micro-ganglions parasympathiques du plexus de Meissner et d'Auerbach font partie du système nerveux entérique (SNE).



TABLEAUX
RECAPITULATIFS

		Oesophage en CT	Fundus	Pylore
Muqueuse	Epithélium	<ul style="list-style-type: none"> - pavimenteux - pluristratifié - non kératinisé 	<ul style="list-style-type: none"> - formant des cryptes (1/3 de la muqueuse) - prismatique, simple - Cell à mucus fermées (protection chimique) 	<ul style="list-style-type: none"> - formant des cryptes (1/2 de la muqueuse) - prismatique, simple - Cell à mucus fermées (protection chimique)
	Glandes	absentes	<ul style="list-style-type: none"> tubuleuses, droites, fond en bec de canne - Cell-bordantes (HCl) - Cell principales (pepsinogène) - Cell endocrines (EC, EC1, D, X, ECL) 	<ul style="list-style-type: none"> tubuleuses, contournées, ramifiées - Cell à mucus fermées (neutralise le chyme gastrique) - Cell endocrines (EC, EC1, D, G)
	Zone lymphoïde	points lymphoïdes et lymphocytes isolés	lymphocytes isolés	points lymphoïdes et lymphocytes isolés
	Muscularis mucosae faisceaux de léiomyocytes	faisceaux longitudinaux	IC - EL	IC - EL
Sous-muqueuse	Glandes	Gl. lobulées, tubulo-acineuses séro-muqueuses (à forte prédominance muqueuse)	absentes	absentes
	Micro-ganglions du plexus de Meissner	+ ou - visibles	+ ou - visibles	+ou -visibles
Muscleuse	Plans musculaires	<ul style="list-style-type: none"> - 1/4 supérieur = faisceaux de rhabdomyocytes - 1/4 suivant = mélange faisceaux de rhabdomyocytes, et faisceaux de léiomyocytes - 1/2 inférieure = faisceaux de léiomyocytes 	<ul style="list-style-type: none"> - Int. oblique - Moy circulaire - Ext longitudinale 	<ul style="list-style-type: none"> - IC très épaisse - EL
Adventice		Présente	Adventice + feuillet péritonéal = séreuse	Adventice + feuillet péritonéal = séreuse

INTESTIN GRÈLE		Duodénum en CT ou CL			Jéjunum en CL			Iléon en CT		
										
Muqueuse	Villosités	<ul style="list-style-type: none"> - Villosités en doigt de gant - 2/5 de l'épaisseur de la muqueuse - Epithélium simple à plateau strié <ul style="list-style-type: none"> - Entérocytes à noyau central - Peu de cell caliciformes - Lymphocytes - Axe villositaire conjonctif (fibroblastes, lymphocytes, kéliomyocytes du muscle de Brücke, chylifère central) - Glandes tubuleuses droites à lumière étroite et nette 			<ul style="list-style-type: none"> - Villosités en doigt de gant - 2/3 de l'épaisseur de la muqueuse (longues) - Même types de cell que dans duodénum - Lymphocytes + nombreux - Chylifère central bien visible 			<ul style="list-style-type: none"> - Epithélium avec les mêmes cell que dans le duodénum - Follicules clos associés en plaque de Peyer - Tissu conjonctif à la base des glandes 		
	Glandes de Lieberkühn	<ul style="list-style-type: none"> - Epithélium simple à plateau strié - Entérocytes à noyau basal - Cell caliciformes + nombreuses que dans les villosités - Lymphocytes - Cell endocrines et cell de PANETH mises en évidence par des colorations spécifiques 			<ul style="list-style-type: none"> 1/3 de l'épaisseur de la muqueuse (courtes) - Epithélium avec les mêmes cell que dans le duodénum - Infiltration lymphocytaire très importante 					
Muscularis mucosae	CIC et CEL			CIC et CEL peu épaissies			CIC et CEL			
Sous muqueuse	<ul style="list-style-type: none"> - Glandes de Brünner tubuleuses, ramifiées, muqueuses (Neutralisation du chyme) - Epithélium à cell muqueuses fermées, large lumière - Plexus de Meissner 			<ul style="list-style-type: none"> - Pas de glandes de Brünner - Valvules conniventes visibles uniquement en CL - Plexus de Meissner 			<ul style="list-style-type: none"> - Pas de glandes de Brünner - Valvules conniventes dans la moitié proximale, visibles uniquement en CL - Plexus de Meissner 			
Muscleuse	<ul style="list-style-type: none"> - CIC plus épaisse que CEL (assez épaisses) - Plexus d'Auerbach - Canal de Wirsung/Santorini parfois visible 			<ul style="list-style-type: none"> - CIC et CEL peu épaisses - Plexus d'Auerbach 			<ul style="list-style-type: none"> - CIC et CEL un peu + épaisses - Plexus d'Auerbach 			
Séreuse	Séreuse			Séreuse			Séreuse			

RAPPEL GÉNÉRAL SUR LE SYSTEME PERIPHERIQUE

Le SNP est composé de nerfs crâniens et rachidiens qui proviennent respectivement de l'encéphale et de la moelle épinière. Il comprend :

- des neurones sensitifs afférents qui transportent l'influx nerveux des récepteurs sensoriels au Système Nerveux Central
- des neurones moteurs efférents qui conduisent les réponses motrices aux muscles et aux glandes.

Le SNP est subdivisé en système nerveux somatique (SNS), système nerveux autonome (SNA).

³⁵/₁₇ Le SNS est volontaire, car les réactions motrices sont consciemment maîtrisées.

Les neurones sensitifs transportent une information (sensation) venue des propriocepteurs spéciaux des sens (vue, ouïe, odorat, goût et équilibre), des propriocepteurs logés dans les muscles striés squelettiques et les articulations, et des récepteurs somatiques renseignant sur les sensations liées à la douleur, à la température et au

toucher. Ces diverses sensations étant en général consciemment perçues, les neurones moteurs qui innervent les muscles squelettiques les stimulent et provoquent des mouvements conscients.

Il est composé

- de neurones **sensitifs** dont les **cytones** sont dans les **ganglions spinaux**,

- de neurones **moteurs** somatiques dont les **cytones** sont dans le **SNC** et dont les **axones myélinisés** s'étendent depuis le système nerveux central jusqu'aux effecteurs musculaires où ils font synapse et libèrent de l'acétylcholine (Ach).

³⁵₁₇ **Le SNA** est **involontaire** car les réactions motrices ne sont le plus souvent, pas consciemment maîtrisées.

Le SNA répond lui-même à une régulation dépendant de centres supérieurs localisés notamment au niveau de l'hypothalamus.

Il se subdivise en 3 :

- Système nerveux sympathique
- Système nerveux parasympathique
- Système nerveux entérique (**SNE**)

Les neurones sensitifs transportent des signaux depuis des récepteurs situés dans les viscères. Ce sont des intérocepteurs (chemorécepteurs par exemple) qui surveillent le taux de CO₂ du sang, ou des mécanorécepteurs qui déclinent le degré d'étirement des organes ou des vaisseaux sanguins.

Ces signaux ne sont pas reconnus de façon consciente.

On peut toutefois noter que la stimulation intense de ces récepteurs, comme par exemple des lésions viscérales, une vessie trop pleine, ou une douleur angineuse due à une circulation insuffisante au niveau du cœur provoque des sensations conscientes.

Les neurones moteurs régulent les activités des viscères en excitant ou en inhibant les tissus effecteurs, c'est-à-dire le muscle cardiaque, les muscles lisses et les glandes.

LE SNA est composé :

- de neurones **sensitifs** dont les **cytones** sont dans les **ganglions spinaux**,
- de couples de neurones **moteurs** autonomes.

Le **cytone** du premier neurone (neurone **préganglionnaire**) se trouve dans le **SNC**. Son axone **myélinisé** fait synapse avec le second neurone (**postganglionnaire**) dont le **cytone** se trouve dans un **ganglion autonome**.

Le second neurone **non myélinisé** fait synapse avec un **effecteur viscéral**.

Les fibres **préganglionnaires** libèrent de l'**Ach**.

Les fibres **postganglionnaires** libèrent de l'**Ach** (système parasympathique) ou de la **noradrénaline** (système sympathique ou orthosympathique).

Les ganglions autonomes sont :

- **pour le système sympathique :**

- . les **ganglions sympathiques ou paravertébraux** disposés de chaque côté de la colonne vertébrale
- . les **ganglions prévertébraux**, situés à proximité des grosses artères abdominales.

- **pour le système parasympathique,**

. les **ganglions parasympathiques ou intramuraux** disposés dans la paroi d'un organe ou à proximité de celui-ci.

- **pour le SNE : 2 plexus** s'étendent sur toute la longueur du tube digestif

• **Plexus myentérique (ou plexus d'Auerbach)** : Ce plexus est situé entre les couches musculaires longitudinale et circulaire. Il est surtout responsable du **contrôle moteur**.

• **Plexus sous-muqueux (ou plexus de Meissner)** : Celui-ci est situé entre la couche musculaire circulaire et la muqueuse. Il contrôle surtout les **secrétions gastro-intestinales** et le **débit sanguin local**.

Ces 2 plexus sont formés de quelques **100 millions de neurones**, soit presque autant que dans la moelle épinière.

Ce système entérique peut fonctionner **indépendamment** du système nerveux central. Les autres composantes du SNA sont capables de moduler l'activité du système nerveux entérique, le rôle principal de cette modulation étant de coordonner les différentes fonctions du système nerveux entérique.

Le contrôle parasympathique passe par le **nerf vague** pour la partie haute du tractus digestif et les **nerfs pelviens** pour le côlon distal et le rectum (augmentation de l'activité tant motrice que sécrétoire).

Les fibres sympathiques contrôlant les plexus entériques sont issues des corps cellulaires présents dans les **ganglions prévertébraux** (diminution des sécrétions, des contractions et du tonus du tube digestif à l'exception des sphincters).