



Tutorat 2023-2024



FORMATION EN SOINS INFIRMIERS

PREFMS CHU DE TOULOUSE

Rédaction 2022-2023

UECP 22

Anatomie et physiologie digestive et rénale

Physiologie de l'appareil digestif

Ce cours vous est proposé bénévolement par le Tutorat Les Nuits Blanches qui en est sa propriété. Il n'a bénéficié d'aucune relecture par l'équipe pédagogique de la Licence Sciences pour la Santé ni de l'IFSI. Il est ainsi un outil supplémentaire, qui ne se substitue pas aux contenus diffusés par la faculté et l'institut en soins infirmiers.

Rédigé par Sourd Dorian à partir du cours de AR.BARBAROSA présenté le 27/02/2023.

Physiologie digestive

I. Objectifs

- Définir les 4 fonctions générales de l'appareil digestif
- Intégrer au sein de chaque organe ou segment digestif ces 4 fonctions
- Connaître les bases anatomiques de l'appareil digestif
- Comprendre les principes généraux de régulation (nerveuse et/ou hormonale) de ces 4 fonctions par organe ou segment digestif
- Intégrer pour chaque type d'aliment leur devenir depuis la cavité buccale jusque l'absorption (milieu ext au milieu int)

II. Généralités de l'appareil digestif (voir cours anat digestive)

Il est composé du tube digestif d'une longueur de 9m (cavité buccale, œsophage, estomac, intestin, côlon et rectum) et des organes digestifs accessoires (glandes, foie, vésicules et pancréas).

Le but primordial est de fournir au corps un approvisionnement continu en eau, électrolytes, vitamines et nutriments. Pour y parvenir, il y a 4 grandes fonctions digestives qui sont la motilité, la sécrétion, la digestion et l'absorption. Ces fonctions sont régulées par les systèmes locaux, nerveux et hormonaux.

Le tube digestif a la même structure en 4 couches dans toute sa longueur :

- Muqueuse (au contact des aliments, glandes muqueuse)
- Sous-muqueuse (vaisseaux, glandes sous-muqueuse et nerfs)
- Musculeuse (muscle)
- Séreuse (revêtement en contact avec la cavité abdominale)

a. Motilité

C'est la contraction du muscle lisse dans le but de malaxer les aliments et de faire progresser le bol alimentaire dans le tube digestif.

La musculeuse est composée de 2 couches (longitudinale externe + circulaire interne). Elle effectue des mouvements péristaltiques permettant la propulsion du bol alimentaire et elle fait aussi des mouvements segmentaires (mélange des nutriments avec les enzymes) permettant le mélange et la mise en contact avec la muqueuse.

b. Sécrétion

La sécrétion est assurée par les glandes exocrines et endocrines. Les glandes exocrines sécrètent des substances sur une surface épithéliale et délivrent leur sécrétion par l'intermédiaire d'un canal excréteur au milieu extérieur (lumière du tube digestif pour les glandes digestives).

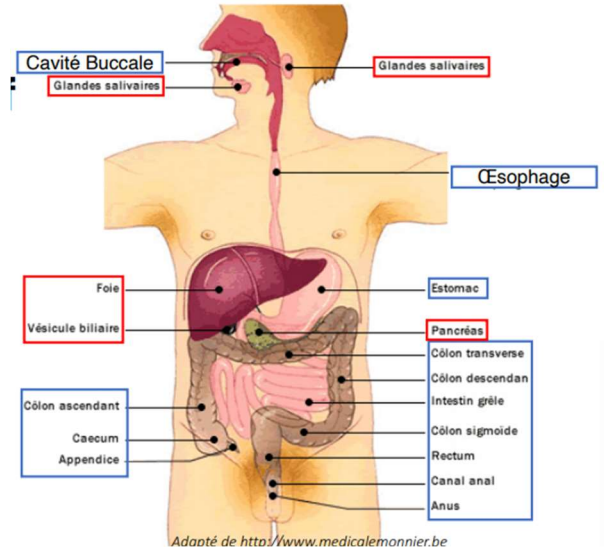
- Glandes salivaires → salive
- Glandes gastriques → acide chlorhydrique
- Foie → bile
- Pancréas exocrine → suc pancréatique

Les glandes endocrines sécrètent directement les hormones dans le sang.

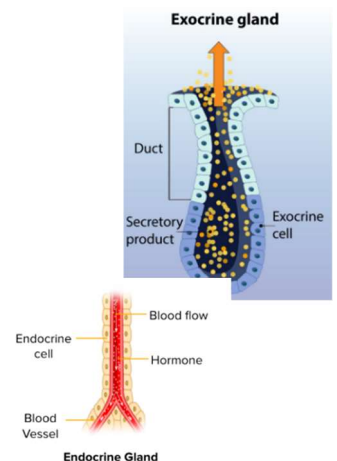
- Glande pinéale
- Glande pituitaire
- Glande thyroïde
- Glande parathyroïde

Le pancréas est une glande endocrine (insuline) et exocrine (enzymes digestives).

Il y a 7 litres de sécrétion exocrines digestive par jour. Les sécrétions peuvent être de la salive, de la bile, des sécrétions gastriques, pancréatique, intestinales... Ces différentes sécrétions ne sont pas présentes en même quantité dans tous les niveaux du tube digestif (ex pas de sécrétion intestinale au niveau du côlon car (presque) pas d'absorption).



Adapté de <http://www.medicalemonnier.be>

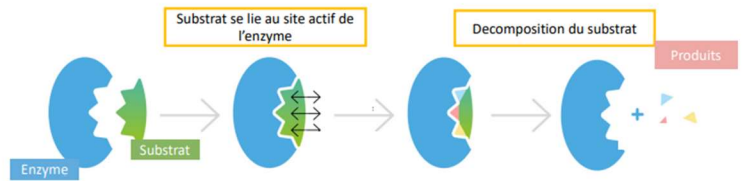


c. Digestion

C'est le processus de dissolution et de morcellement des aliments sous l'effet des produits de sécrétion et du malaxage.

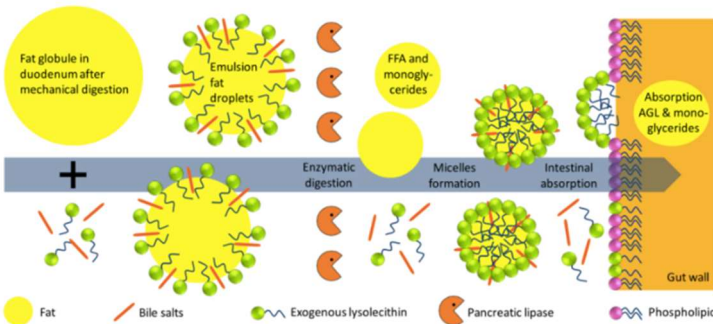
L'alimentation est composée de glucides, graisses et protéines qui ne peuvent pas être absorbés sous leur forme naturelle par la muqueuse gastro-intestinale. On a donc besoin d'une digestion préliminaire pour être utilisés comme nutriments. La digestion consiste au découpage de ces grosses molécules en petites molécules.

Les enzymes sont des protéines composées d'un site catalytique qui permettent de transformer un substrat en produits (=de découper les aliments). Chaque enzyme est spécifique à une réaction.



Pour les glucides (50% des apports caloriques quotidiens), on a des polysaccharides comme l'amidon, des disaccharides comme le saccharose ou le lactose et des monosaccharides comme le glucose, le fructose et le galactose.

Lorsque l'on ingère un aliment, les glucides sont sous la forme de polysaccharide incompatibles avec l'absorption intestinale. Les enzymes vont donc transformer les polysaccharides en monosaccharides pour permettre l'absorption.



Pour les lipides (33% des apports caloriques quotidiens), on a l'exemple des triglycérides (3 acides gras pour un glycérol), le cholestérol et les phospholipides. Pour digérer les lipides on a un problème : l'eau et la graisse ne se mélange pas. Pour pouvoir avoir une action sur les lipides, il faut donc passer par une émulsification de la graisse grâce aux sels biliaries. Lors de cet état émulsifié, les enzymes (lipases) vont pouvoir catalyser les triglycérides (majorité des lipides de l'alimentation) en glycéride et acide gras. Enfin, pour être absorbé, les glycérides vont devoir être conditionnés sous forme de micelle grâce aux selles biliaries.

Pour les lipides (33% des apports caloriques quotidiens), on a l'exemple des triglycérides (3 acides gras pour un glycérol), le cholestérol et les phospholipides. Pour digérer les lipides on a un problème : l'eau et la graisse ne se mélange pas. Pour pouvoir avoir une action sur les lipides, il faut donc passer par une émulsification de la graisse grâce aux sels biliaries. Lors de cet état émulsifié, les enzymes (lipases) vont pouvoir catalyser les triglycérides (majorité des lipides de l'alimentation) en glycéride et acide gras. Enfin, pour être absorbé, les glycérides vont devoir être conditionnés sous forme de micelle grâce aux selles biliaries.

Pour les protides (17% des apports quotidiens) on a une unité de base : les acides aminés qui sont au nombre de 20. Le nombre d'acide aminé sur une chaîne donne des noms différents :

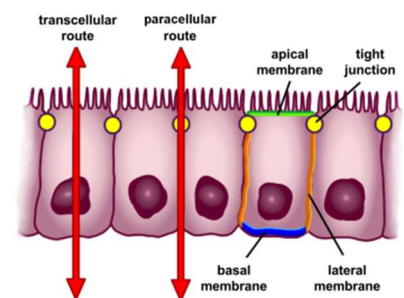
- 2 aa : dipeptide
- 3 aa : tripeptide
- <10 aa : peptide
- 10 à 100 aa : polypeptide
- >100 aa : protéine

Comme les polysaccharides et les triglycérides, les protéines vont devoir être catalysées en acides aminés pour être absorbées.

d. Absorption

C'est le passage du tube digestif vers le sang à travers l'épithélium digestif.

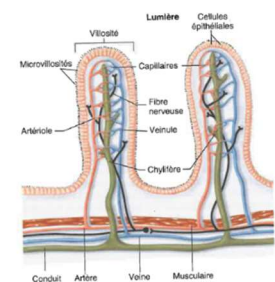
L'épithélium intestinal est une mono-couche cellulaire. Il y a des jonctions occlusives (*tight junctions*) entre les cellules rendant la barrière imperméable à tout passage non régulé (sauf eau et sel). La cellule intestinale possède un pôle apical (au contact avec la lumière du tube digestif) et un pôle basal (au contact de la circulation sanguine)

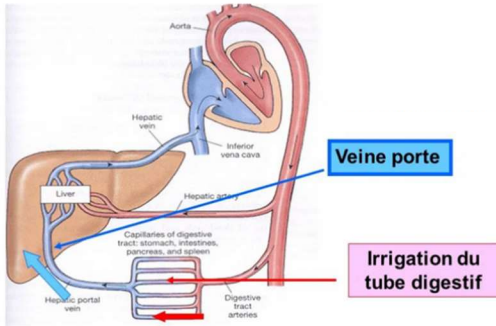


L'absorption des nutriments se fait à partir de différents transporteurs ayant 2 modes d'action : transcellulaire (à travers la cellule) et paracellulaire (entre deux cellules).

L'épithélium intestinal comporte des villosités ce qui permet l'augmentation de la surface d'absorption d'un facteur 600.

Une fois absorbés, les lipides passent dans des vaisseaux lymphatiques appelés chylifères. La lymphe rejoint ensuite le sang veineux systémique dans le thorax.





Une fois absorbés, les protéines et les glucides passent dans le sang via les capillaires pour rejoindre la veine porte, passer par le foie et retourner au sang veineux systémique.

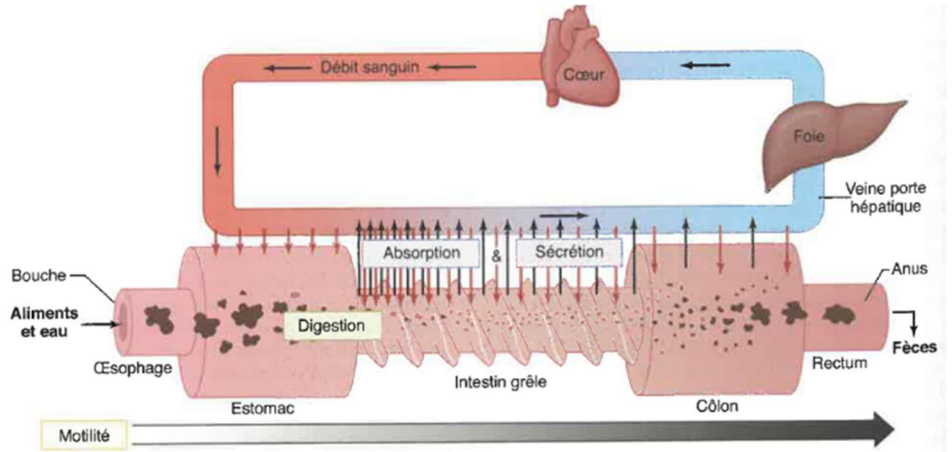
Le système porte permet de drainer le sang veineux chargé en nutriments vers le foie et avant de rejoindre la veine cave inférieure.

Certains médicaments ne sont dégradés que dans le foie grâce à certaines enzymes. On ne doit pas prendre d'alcool en même temps que les médicaments car les enzymes du foie vont prioriser la digestion de l'alcool et le médicament aura donc

moins d'effet.

La motilité augmente de l'œsophage au côlon. La digestion se fait surtout au niveau de l'estomac et l'absorption se fait majoritairement au niveau de l'intestin grêle.

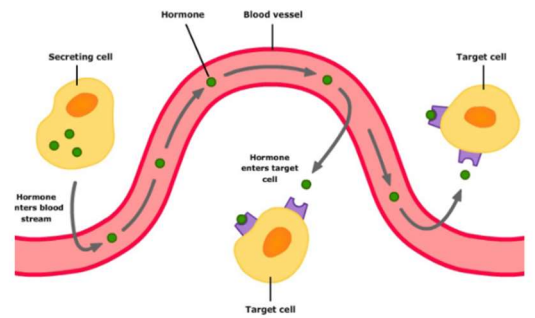
La sécrétion se fait globalement sur tout le tube digestif mais en plus grande quantité au niveau de la portion proximale de l'intestin grêle. Il n'y a pas d'absorption au niveau de l'œsophage et du rectum.



III. Généralités sur le contrôle de la fonction gastro-intestinale

a. Régulations hormonales

Suites à une stimulation (ex : augmentation de l'acidité), les cellules sécrétrices créent des hormones qui sont déversées dans le sang. Chaque hormone va agir sur les récepteurs de cellules cibles induisant une modification des activités des cellules cibles (ex : lutter contre l'acidité)



b. Régulation nerveuse

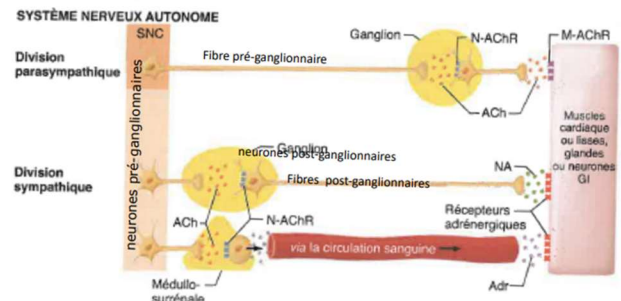
Il y a deux grandes composantes du système nerveux : autonome (=végétatif) et somatique (=de la vie de relation). Le système nerveux somatique contrôle la motricité des muscles striés de manière volontaire tel que le biceps ou les sphincters striés. Le système nerveux végétatif contrôle la motricité des muscles lisses de manière involontaire tel que les muscles de la trachée et le détrusor de la vessie.

Il y a deux types de système nerveux autonome : le sympathique et le parasympathique. Ces deux systèmes sont similaires dans leur composition mais ils diffèrent par le neurotransmetteur libéré :

- Sympathique → Noradrénaline
- Parasympathique → Acétylcholine

Les effets sont donc différents et en général antagonistes :

- Sympathique
 - o Rétenteur
 - o Diminue la motilité
 - o Augmente le tonus des sphincters

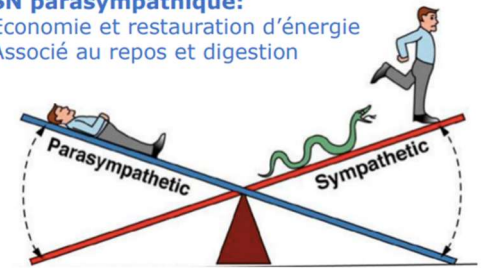


- Parasympathique (nerf vague essentiellement)
 - o Evacuateur
 - o Augmente la motilité
 - o Diminue le tonus des sphincters
 - o Sécréteur

Les nerfs spinaux du système nerveux végétatif sympathique naissent entre T1 et L3 tandis que les nerfs du SNV parasympathique naissent du tronc cérébral et de la moelle sacrée.

L'intestin comporte également un système nerveux intrinsèque : le système nerveux entérique. En effet, il y a un réseau de neurones insérés dans la paroi digestive avec une régulation autonome (régulation intrinsèque) et une régulation sympathique et parasympathique (régulation extrinsèque).

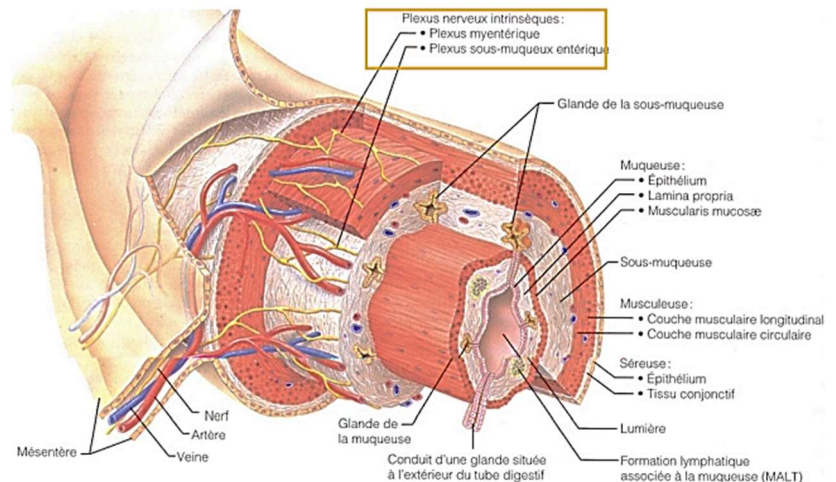
SN parasympathique:
Economie et restauration d'énergie
Associé au repos et digestion



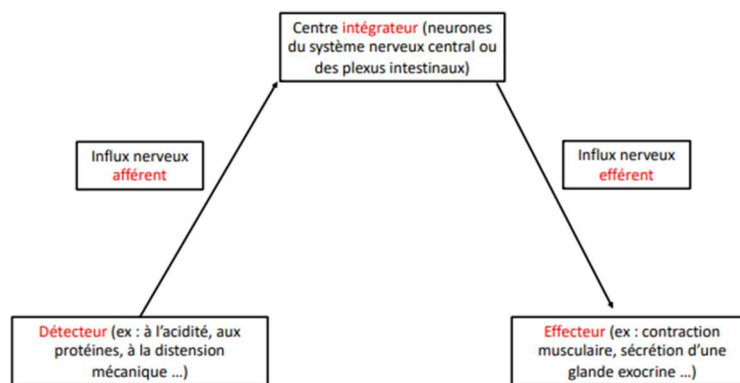
SN sympathique:
Activé dans le situation d'urgence
En cas de activité physique

On distingue 2 plexus au système nerveux entérique :

- Plexus myentérique
 - o Situé dans la musculuse
 - o Régule la motilité
- Plexus sous-muqueux
 - o Situé dans la sous-muqueuse
 - o Régule les sécrétions



L'arc réflexe correspond à la réponse nerveuse allant de la détection du stimulus jusqu'à la réponse musculaire :

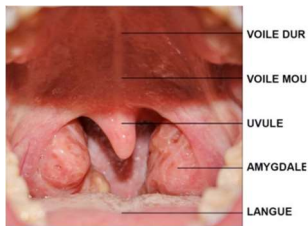


IV. Synthèse

- Tube Digestif : 4 fonctions
 - o Motilité
 - o Sécrétion
 - o Digestion
 - o Absorption
- Deux Systèmes nerveux : extrinsèque et intrinsèque
 - o Extrinsèque = $p\Sigma$ (évacuateur) et Σ (réteuteur)
- Tube digestif : sécrétion et contraction d'une zone digestive = en réponse à une synthèse du fonctionnement des deux systèmes nerveux (extrinsèque + intrinsèque) et du système hormonal.
- Deux types de mouvements :
 - o Péristaltiques : propulsion bol
 - o Segmentaires : mélange

V. Etude segment/organe partie 1

a. Cavité buccale



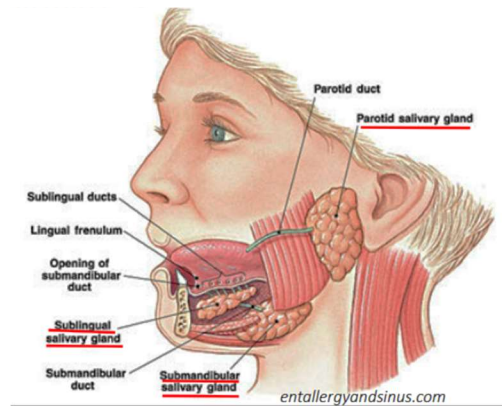
C'est le siège de la mastication contribuant à la digestion mécanique (pouvant être volontaire, mais le plus souvent réflexe). Les dents broient les aliments, la langue les mélange avec la salive, et forme le bol alimentaire prêt à être expulsé. La langue permet aussi la naissance de la sensation gustative (via les papilles gustatives). Il n'y a pas d'absorption dans la cavité buccale (sauf certains médicaments).

Il y a 3 paires de glandes salivaires : sublinguales, sous-maxillaires, parotides.

Le débit est continu : sécrétion basale (0,5ml/min) ; mais peut être majoré par l'innervation sensitive : sécrétion maximale (5ml/min). La sécrétion est contrôlée principalement par le système nerveux (pas/peu de régulation hormonale).

On peut produire jusqu'à 1 à 2L de salives par jours.

- Glandes salivaires principales = majeurs (90% sécrétion)
 - o Parotide (STENON)
 - o Submandibulaire (WHARTON)
 - o Sublinguale (BARTHOLIN)
- Glandes salivaires accessoires = mineurs
 - o Labiales
 - o Jugales
 - o Linguales



La salive est composée à 99% d'eau et son pH (unité de mesure de l'acidobasité d'un solvant) est entre 5,3 et 7,8. Les 1% restant représente des composés organiques (protéines) et inorganiques (ions). Les protéines sont extrinsèques comme les anticorps, l'albumine et l' α 1 antiprypsine. Mais aussi comme sur ce tableau :

Protéines intrinsèques		Constituants inorganiques
Enzymes	Autres protéines	-Ions (Na,K, Fluor, Ca++, Phosphates) -métaux
-Amylase salivaire (ptyaline) -Lysozyme -Lipase salivaire -Peroxydases -Kallicréine	-Mucines (viscosité salive) -Facteurs de croissance (NGF, EGF) -Ig (sécrétées, surtout IgA) -Autres : Lactoferrine (chélate le fer), Cystatine, défensines	

intrinsèques

La salive produit deux principaux types de sécrétion :

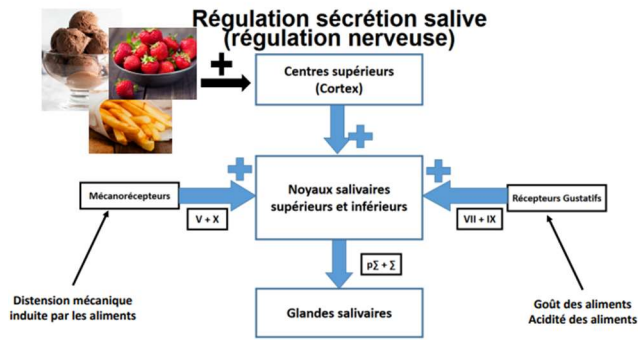
- Sécrétion séreuse
 - o Ptyaline (α -amylase) pour digérer les amidons
- Sécrétion de mucus
 - o Mucine pour lubrification et pour protection de la surface

La sécrétion séreuse est assurée par les glandes parotides, sous-mandibulaires et sublinguales et la sécrétion de mucus est assurée par les glandes sous-mandibulaires et sublinguales.

Fonctions de la salive :

- Rôle physique : Phonation + élimine les débris alimentaires + protecteur thermique + protecteur traumatique
- Protection chimique (acidité) par pouvoir tampon
- Humidifier le bol alimentaire : facilite déglutition + action enzymatique
- Antibactérien (lysozyme et anticorps)
- Amorçe la digestion par l'action de l'amylase (->Maltose) (+Lipase)
- La gustation : décomposition enzymatique des molécules Malgré les multiples rôles → non essentielle

La sécrétion salivaire est principalement régulée par le système nerveux autonome (pas de régulation hormonale). Le SNV sympathique et parasympathique ont la même action et ne sont pas antagonistes → stimulation de la production.



Les noyaux salivaires supérieurs et inférieurs servent de centre intégrateur de la stimulation nerveuse de production de salive. Lorsque l'on pense à quelque chose que l'on aime, le cortex supérieur est activé et envoie des stimulations nerveuses aux noyaux salivaires. Lorsque les mécanorécepteurs de la langue sont distendus par les aliments, le nerf V et X envoient aussi des stimulations aux noyaux salivaires et de même que lorsque les récepteurs gustatifs capent un goût ou une acidité, les nerfs VII et IX transmettent la stimulation aux noyaux salivaires. Ces noyaux vont ensuite, via le système sympathique et parasympathique, stimuler

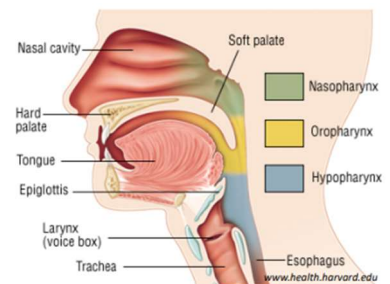
les glandes salivaires.

Le syndrome sec (syndrome de GOUGEROT SJOGREN) est un exemple de pathologie salivaire où il y a une destruction auto-immune des glandes exocrines. Dans ce syndrome, les glandes salivaires sont touchées et cela cause :

- Sécheresse buccale
- Sécheresse ophtalmique
- Sécheresse épidermique
- Sécheresse vaginale

b. Pharynx

Le pharynx est un carrefour aéro-digestif. Il est composé du nasopharynx ou rhinopharynx (air), de l'oropharynx (air-digestif) et de l'hypopharynx ou laryngopharynx (air-digestif). L'hypopharynx s'abouche à l'œsophage et au larynx. Le pharynx n'a pas de fonction de sécrétion ni de digestion mais il sert à acheminer l'air et le bol alimentaire.



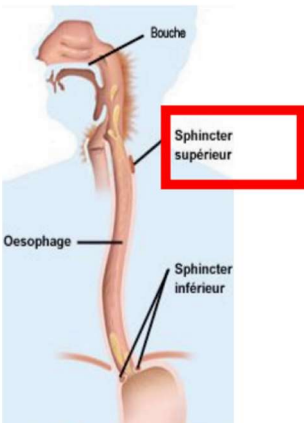
c. Œsophage

C'est un conduit musculo-membraneux de 25cm de long et 2 cm de large. Sa fonction est d'acheminer les aliments depuis le pharynx jusqu'à l'estomac et il n'a pas de fonction de digestion ni d'absorption.

Il y a 2 sphincters à chaque extrémité. Un sphincter supérieur pour éviter l'entrée d'air dans l'œsophage et un sphincter inférieur pour éviter le reflux du liquide gastrique dans l'œsophage.

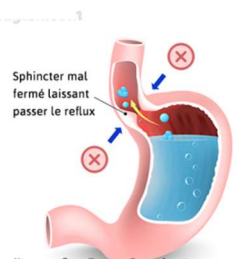
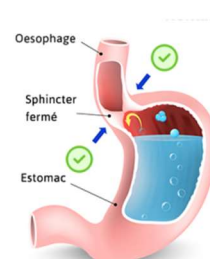
La diminution du tonus du sphincter inférieur de l'œsophage génère un reflux du liquide gastrique dans l'œsophage (RGO = Reflux Gastro Œsophagien)

La position fléchie en avant (signe du lacet) et certaines substances qui diminuent le tonus du sphincter inférieur : alcool, café, tabac augmentent le RGO



✓ Normal

✗ Reflux Gastrique



A l'inverse, il y a l'achalasie qui correspond à une augmentation du tonus du sphincter inférieur de l'œsophage et il n'y a pas de relaxation pendant la déglutition. Les aliments avalés dans l'œsophage ne parviennent pas à passer dans l'estomac et il y a une accumulation dans l'œsophage. Il se dilate et peut souvent contenir jusqu'à 1L de nourriture.

d. La déglutition

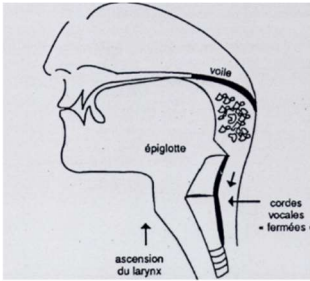
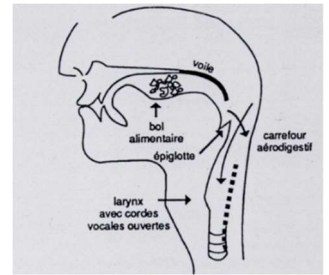
C'est le réflexe le plus complexe de l'organisme. Il consiste au passage de la cavité buccale jusqu'à l'estomac et cela nécessite une séquence de phénomènes moteurs coordonnés. Le déclenchement est volontaire mais la suite des enchainements est involontaire.

Il y a 3 temps : Buccal, pharyngien et œsophagien.

Le système involontaire de la déglutition est un arc réflexe avec des afférences et efférences passant par les nerfs crâniens (nerf vague++), et un centre intégrateur dans la tronc cérébral (le centre de la déglutition). En cas d'AVC du tronc cérébral, il y a des troubles de la déglutition.

1) Temps buccal (+ temps pharyngé = 1 seconde)

Dans ce temps, il y a la fermeture de la bouche puis le plaquage des aliments sur le dos de la langue, l'accolement de la langue sur le palais dur et l'ascension du voile du palais pour fermer le nasopharynx.

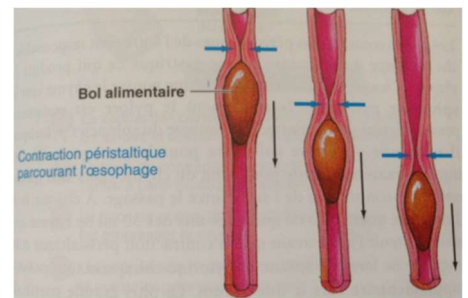


2) Temps pharyngé (+ temps pharyngé = 1 seconde)

Dans ce temps, il y a la contraction des piliers du pharynx puis la fermeture de l'épiglotte et l'accolement des cordes vocales ensuite un arrêt transitoire de la respiration et une ouverture du sphincter supérieur de l'œsophage.

3) Temps œsophagien (5 à 9 secondes)

Lors du temps œsophagien se crée une onde péristaltique poussant le bol alimentaire de proche en proche (nerf vague) puis l'ouverture du sphincter inférieur pour l'entrée dans l'estomac.



e. Synthèse

Il y a 4 fonctions de la bouche, des glandes salivaires, du pharynx et de l'œsophage.

- Sécrétion de la salive
- Début digestion par l'amylase salivaire, mais digestion finalement surtout mécanique dans la cavité buccale (mastication)
- Quasi absence d'absorption
- Rôle principal de ces organes : acheminer le contenu dans l'estomac où la digestion va vraiment débuter
- Rôle faible des hormones jusqu'alors

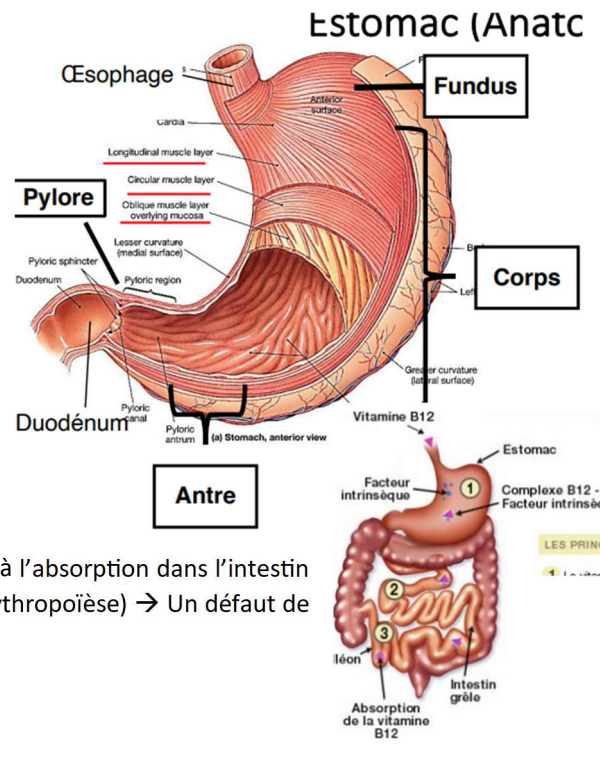
VI. Etude segment/organe partie 2

a. Estomac

Il mesure 25cm de long et est composé de 4 parties : fundus, corps, antrum et pylore. Il est innervé par le nerf vague et a un volume vide de 50mL et un volume en remplissage de 1 à 2L.

Il a des fonctions très importantes :

- Broyage du bol alimentaire (motilité/motricité gastrique)
- Stockage transitoire : distribution régulière du chyme à l'intestin grêle (2-3 kcal/min)
- La digestion se poursuit :
 - o Sucres : amylase salivaire (faible car inactivée par acide)
 - o Protéines ++++ : action de la pepsine et de l'acide chlorhydrique
 - o Lipides : classiquement peu de digestion dans l'estomac
- Dans l'estomac, l'absorption demeure faible
- Sécrétion du facteur intrinsèque (spécifique de l'estomac) nécessaire à l'absorption dans l'intestin grêle de la vitamine B12 (rôle dans synthèse des globules rouges = érythropoïèse) → Un défaut de facteur intrinsèque entraîne une anémie



1) Motricité de l'estomac

Les fonctions motrices de l'estomac sont :

- Remplissage et stockage
- Brassage et concassage : le bol alimentaire est transformé en chyme qui est un mélange semi-fluide
- Evacuation progressive du chyme vers le duodénum

Remplissage et stockage :

Cette fonction est dédiée au fundus. L'étirement de l'estomac crée un réflexe vago-vagal parasympathique induisant la relaxation de la paroi musculaire. Cette relaxation crée une accumulation des quantités de nourriture de plus en plus importantes et donc une faible augmentation de la pression grâce à la distension (jusqu'à une certaine valeur de remplissage).

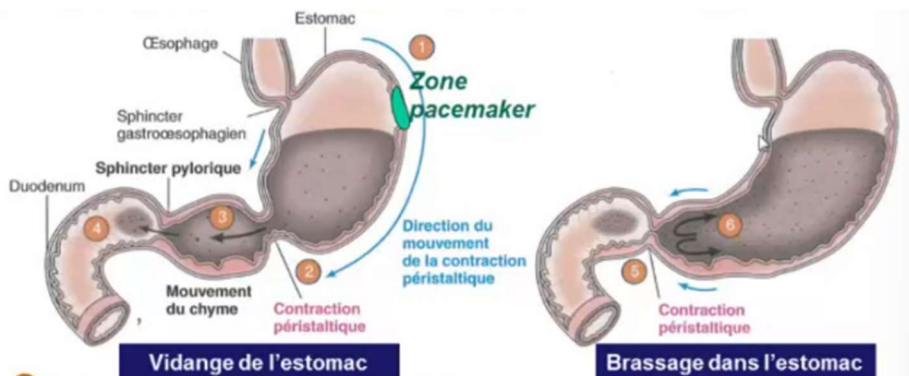
Le réflexe vaso-vagal permet qu'à chaque déglutition il y ait une qui provoque une distension des parois.

2) Contraction

Dans la partie supérieure du corps de l'estomac se situe la zone pacemaker. Lorsque cette zone est stimulée par le passage du bol alimentaire, elle génère des contractions péristaltiques (activité spontanée). Les ondes péristaltiques progressent du corps de l'estomac vers l'antré et deviennent de plus en plus intenses. A chaque contraction, seuls quelques ml franchissent le pylore, la plus grande partie butte et reflue ce qui crée un phénomène de brassage.

La contraction péristaltique permet l'obtention du chyme grâce au brassage ainsi que la livraison progressive de ce chyme à l'intestin grêle.

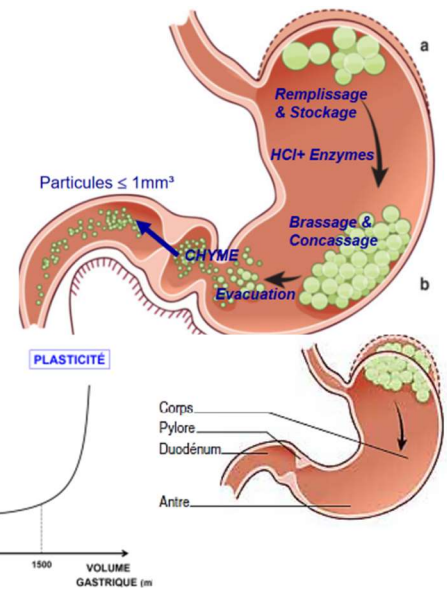
Voici les étapes de la contraction de l'estomac :



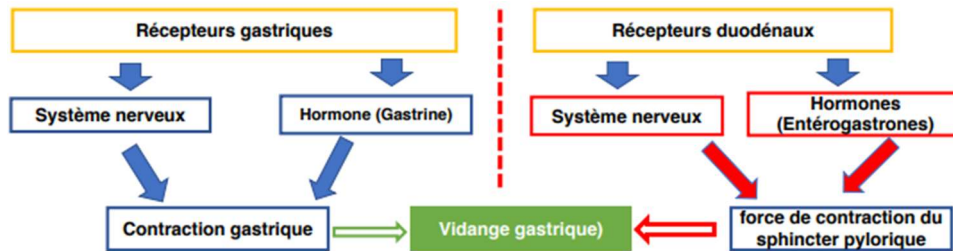
- 1) Initiation de péristaltique
- 2) Amplification de la force de contraction (augmentation de l'épaisseur musculaire)
- 3) Progression du chyme vers l'antré
- 4) Passage d'un petit volume de chyme (environ 30mL)
- 5) La contraction péristaltique atteint le pylore
- 6) L'essentiel du chyme butte sur le pylore fermé et revient vers l'antré (brassage)

La vidange de l'estomac est plus rapide pour les liquides que pour les solides. Si un solide est composé de lipides, la digestion est encore plus lente. Une heure après avoir mangé, 75% du bol alimentaire est dans l'estomac et 50% des liquides ont été envoyés dans le reste du tube digestif. Si on boit de l'alcool sans manger, il sera plus rapidement absorbé qu'avec de la nourriture et donc l'alcoolémie sera plus haute rapidement.

La régulation de la motricité de l'estomac se fait selon un principe général : l'estomac va renforcer sa propre contraction, alors que le duodénum va freiner la vidange gastrique. Ceci permet une vidange du chyme dans le duodénum à un rythme adéquat pour la digestion et l'absorption dans l'intestin grêle.



relaxation de l'estomac



3) Sécrétion

Glandes

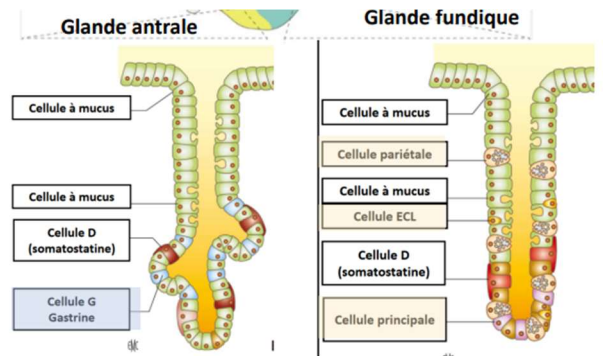
Deux types de glandes sont présentes dans l'estomac : glande antrale (dans l'antrum) et glande fundique (dans le fundus et corps). Dans les glandes fundiques, il y a la présence de cellules pariétales et de cellules principales. Dans les glandes antrales, il y a des cellules G qui produisent la gastrine (hormone). Les cellules à mucus servent à protéger l'épithélium des attaques chimiques.

Sécrétions

Les sécrétions dans l'estomac sont de 1 à 2L par jour et elles sont rythmées par les repas. Ces sécrétions comportent deux contingents :

- Hydroélectrolytique : eau + ions
 - o Au repos : sécrétion de NaCl
 - o Après un repas : sécrétion de HCl (acide chlorhydrique)
- Muco-protéique
 - o Mucus
 - o Enzymes (ex : pepsine)
 - o Facteur intrinsèque

Récapitulatif des différentes cellules dans la fabrication du suc gastrique :



Type de cellule sécrétrice	Produit de sécrétion	Rôle du produit
Cellules exocrines		
Cellules à mucus	Mucus alcalin	Protège la muqueuse contre l'acide et la pepsine
Cellules principales	pepsinogène	La pepsine digère les protéines
Cellules pariétales	Acide Chlorhydrique	Active pepsinogène, digère les protéines
	Facteur intrinsèque	Permet absorption vitamine B12
Cellules endocrines (réguler la sécrétion exocrine)		
Cellules endocrines (sécrétions d'hormones)	Gastrine	Stimulation des cellules pariétales
	Somatostatine	Inhibition des cellules pariétales

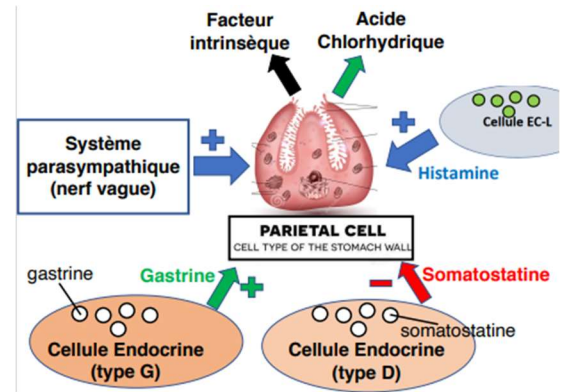
Régulation cellule pariétale

La sécrétion d'acide chlorhydrique et du facteur intrinsèque dans l'estomac est régulée par différents acteurs agissant sur la cellule pariétale. La stimulation de production se fait par :

- Histamine
- Système parasympathique (nerf vague)
- Gastrine produite par des cellules endocrines

L'inhibition de la production se fait par :

- Somatostatine par des cellules endocrines

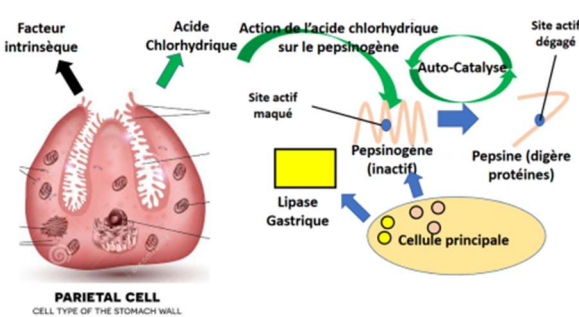


Acide chlorhydrique

Les rôles de l'acide chlorhydrique sont :

- Antimicrobien
- Digestion directe des protéines
- Activation du pepsinogène en pepsine.

Pepsinogène



Le pepsinogène est sécrété par la cellule principale et n'a pas d'action catalytique. Le pepsinogène peut être clivé en pepsine qui elle, a une fonction catalytique. Ce clivage se fait grâce à l'acide chlorhydrique et à la pepsine déjà existante (autocatalyse).

Les cellules principales ne fabriquent pas de la pepsine car on a besoin de réguler la digestion des aliments au cours de la journée.

Mucus

Le mucus est sécrété par les cellules à mucus et il a pour rôle :

- Protection de la muqueuse gastrique contre agressions
 - o Physique
 - o Chimiques

Cette sécrétion est inhibée par les fibres parasympathiques du nerf vague.

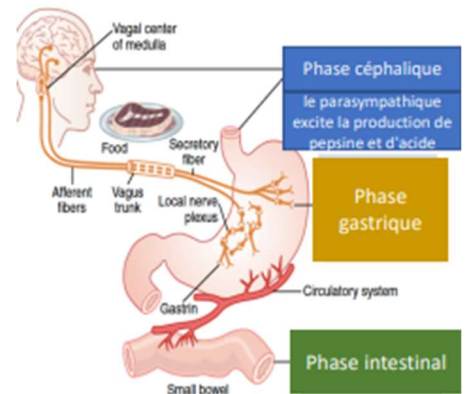
Facteur intrinsèque

Le facteur intrinsèque permet d'être lié à la vitamine B12 pour que celle-ci soit capturée et absorbée par un récepteur spécifique dans la partie terminale de l'intestin grêle (iléon). La vitamine B12 est indispensable à la fabrication des globules rouges.

Régulation de la sécrétion

Il y a 3 phases de régulation de la sécrétion. La première phase céphalique consiste en la stimulation parasympathique par des informations corticales (visuels, auditifs, olfactifs) et buccaux (arrivée des aliments dans la bouche détectée par des mécanorécepteurs). Ensuite, le système parasympathique (via le nerf vague) excite la production de pepsine et d'acide et ceux, avant même que les aliments n'entrent dans l'estomac. Environ 30% de la sécrétion gastrique est associée à un repas.

La deuxième phase est la phase gastrique. La distension de l'estomac et l'arrivée des protéines stimule le système nerveux parasympathique et la sécrétion de gastrine. En parallèle, on a une inhibition de la sécrétion de somatostatine (donc une levée de l'inhibition des cellules pariétales). Environ 60% de la sécrétion gastrique associée à un repas.



La troisième phase est la phase intestinale. La présence de chyme dans le duodénum libère de la gastrine par la muqueuse duodénale. Cela représente environ 10% de la sécrétion gastrique.

4) Synthèse estomac

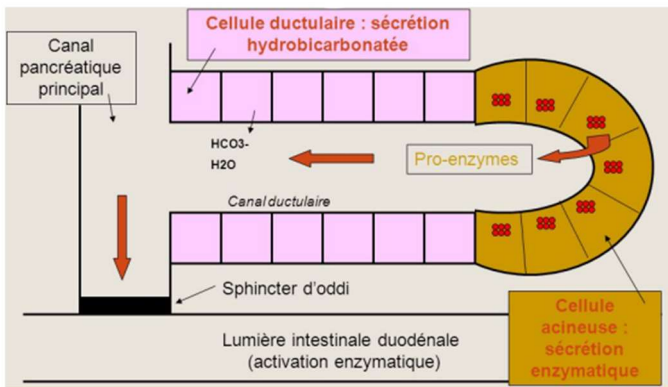
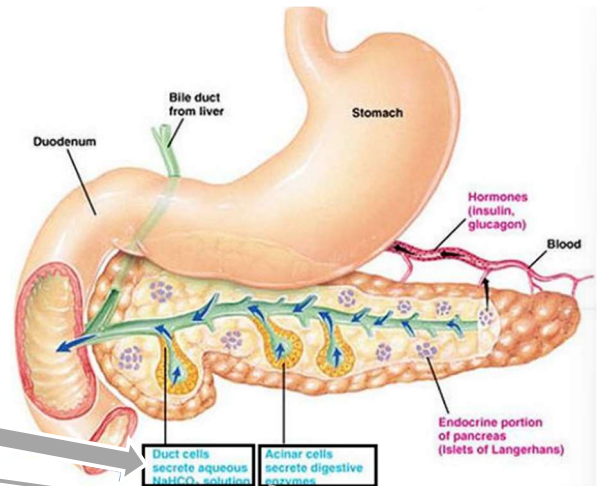
- Digestion des protéines (pepsine + acide chlorhydrique)
- Sécrète le facteur intrinsèque nécessaire à l'absorption de la vitamine B12 plus loin dans le tube digestif
- Pas (ou peu) d'absorption
- Délivrer progressivement le bol alimentaire à l'intestin grêle
- Nerve vague et gastrine augmentent la sécrétion gastrique
- Somatostatine diminue la sécrétion gastrique

b. Pancréas

C'est un organe de 15cm dont la tête est entourée par le duodénum et où il déverse ses sécrétions. C'est aussi une glande mixte avec un tissu exocrine et un tissu endocrine (îlots de Langerhans pour l'insuline). Cet organe est indispensable à la digestion en raison de sa sécrétion enzymatique majeure en particulier la lipase pancréatique. Sa sécrétion est de l'ordre de 1L à 1,5L/jour.

Les sécrétions exocrines sont de 2 ordres :

- Riche en bicarbonate (NaHCO_3)
- Enzymes pancréatiques



Les cellules en marron sont des cellules acineuses s'occupant de la sécrétion enzymatique servant à digérer les protéines, glucides et lipides du chyme. Les enzymes ainsi créées sont activées par la cholécystokinine d'origine duodénale.

Les cellules en rose sont des cellules ductulaires s'occupant de la sécrétion aqueuse et alcaline riche en bicarbonate. Cette sécrétion sert à alcaliniser le pH du chyme gastrique. Cette sécrétion est activée par la sécrétine d'origine duodénale.

3 enzymes majeures de la digestion :

- Amylase pancréatique : convertir les polysaccharides en disaccharides
- Lipase pancréatique : hydrolyse les triglycérides en monoglycérides et acides gras
- Enzymes protéolytiques : digèrent les protéines

Dans le pancréas, les enzymes protéolytiques sont inactivées afin de ne pas digérer le pancréas lui-même. Ceci est garanti par :

- Forme inactive des enzymes (pro-enzymes)
- Séquestration dans les granules imperméables aux protéines et dont le pH est acide
- Inhibiteur enzymatique dans le granule.

	Enzymatique	Aqueuse et alcaline
Type cellulaire	Cellules acineuses	Cellules des canaux
Caractéristiques de la sécrétion	Enzymes pour digérer les trois principaux types d'aliments : protéines, glucides et lipides	Riche en bicarbonate
Fonction de la sécrétion	Digérer le chyme	Neutraliser l'acidité gastrique = alcaliniser le pH dans le duodénum
Stimulus hormonal de la sécrétion	Cholécystokinine d'origine duodénale	Sécrétine d'origine duodénale

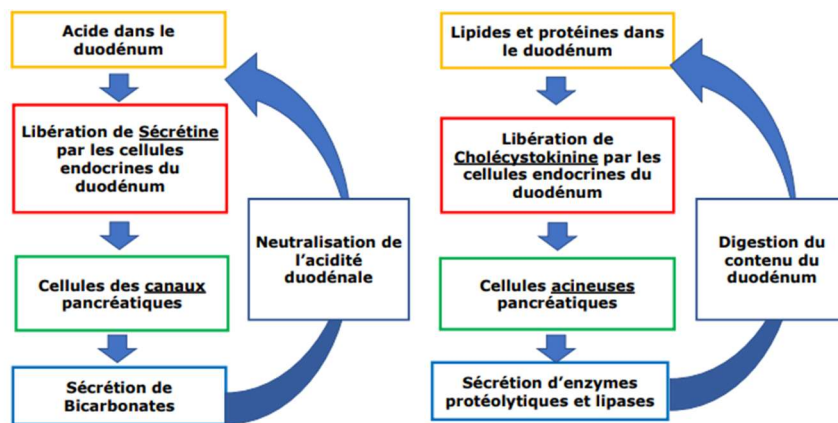
Par exemple, le trypsinogène, le chymotrypsinogène et la procarboxypolypeptidase sont des enzymes inactivées de trouvant dans le pancréas. Une fois au contact du pH acide du duodénum, elles sont converties respectivement en trypsine, chymotrypsine et carboxypeptidase afin de digérer les différentes protéines.

La régulation de la sécrétion du pancréas se fait grâce à 3 leviers :

- Acétylcholine
- Cholécystokinine
- Sécrétine

L'acétylcholine provient du nerf vague (SNV parasympathique) et elle stimule l'augmentation de la production d'enzymes digestives pancréatiques. La cholécystokinine joue le même rôle mais est sécrétée dans les parois du duodénum lorsqu'il y a des protéines et des graisses dans celui-ci.

La sécrétine est libérée par le duodénum sous l'effet de l'augmentation de l'acidité gastrique. Elle stimule l'augmentation de la production de la solution aqueuse de bicarbonate dans le pancréas.



c. Le foie

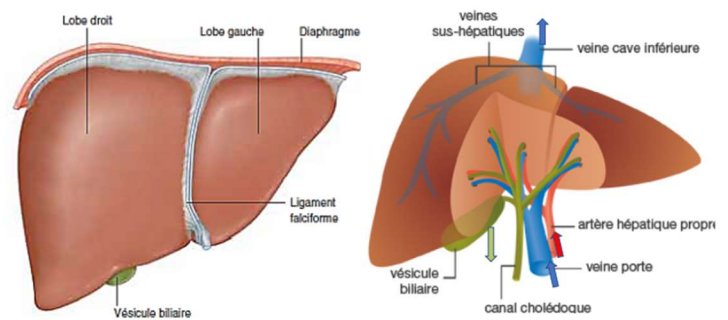
C'est la glande la plus volumineuse de l'organisme. Le foie pèse 1,5kg et ses dimensions sont 28cm de longueur, 16cm de largeur et 8cm de hauteur. Il est divisé en 2 lobes et 8 segments. C'est une véritable usine métabolique placée en filtre sur la circulation veineuse porte. Il assure de multiples fonctions vitales :

- Epuration (ex : bilirubine)
- Stockage (ex : glycogène)
- Synthèse (ex : facteurs de coagulation)
- Digestion des graisses (acides biliaires)

1) Vascularisation

C'est un organe richement vascularisé. Son débit sanguin représente 25% du débit cardiaque soit 1,5L/min. L'oxygénation du pancréas est assurée par l'artère hépatique.

La veine porte provient du tube digestif et passe par le foie où elle distribue les nutriments issus de l'absorption intestinale. Le sang quitte le foie par les veines sus-hépatiques qui rejoignent la veine cave inférieure, puis le cœur droit. Certains médicaments peuvent être activés uniquement par le foie.



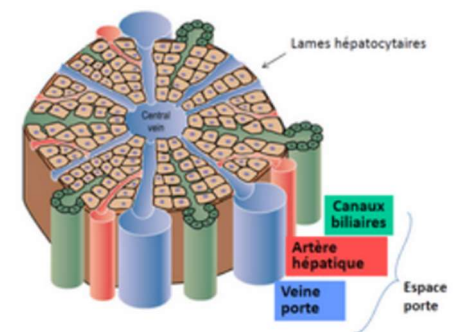
2) Lobule hépatique

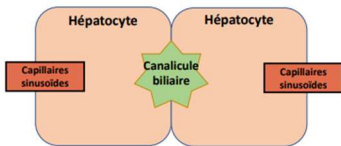
C'est l'unité de base du foie où les hépatocytes (cellules du foie) sont au contact du sang veineux porte où ils captent des éléments et au contact des canalicules biliaires où ils fabriquent et déversent la bile.

3) Bile et voies biliaires

La bile a 2 fonctions :

- Excrétion de déchets (la bilirubine est un pigment de couleur jaune)
- Digestion et absorption des graisses (acides biliaires)



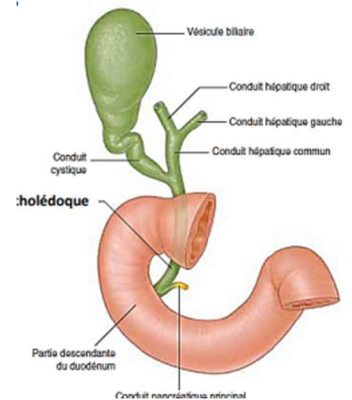


La bile est fabriquée par l'hépatocyte et chaque hépatocyte est au contact de 2 circulations : un pôle biliaire au contact des canalicules biliaires et un pôle basal au contact des capillaires. Les prélèvements de nutriments et de bilirubine sont réalisés au niveau du capillaire et mes sécrétions biliaires sont déversées dans les canalicules biliaires.

Les conduits biliaires se réunissent pour former les canaux hépatiques droit et gauche qui se réunissent en conduit hépatique commun. Celui-ci se réunit avec le conduit cystique pour former le conduit cholédoque (voir cours anatomie digestive).

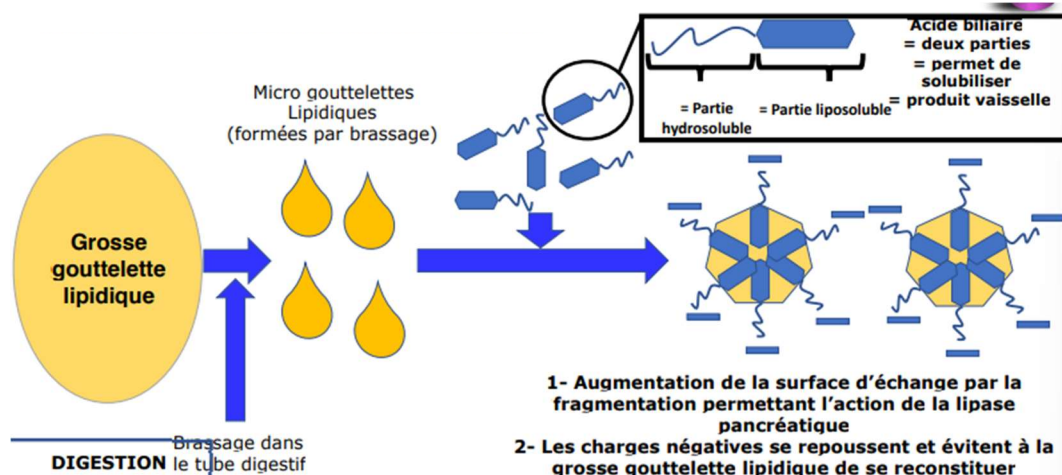
Au niveau du canal hépatique commun, on parle de voies biliaires extra-hépatiques.

La bile est sécrétée en continu mais l'intestin n'a pas besoin de bile en continu. Donc, entre les repas, elle est stockée dans la vésicule biliaire. Lors d'un repas, l'ouverture d'un sphincter à l'extrémité du canal hépatique commun permet l'écoulement de la bile et l'action des acides biliaires sur le chyme.



4) Acides biliaires

Les acides biliaires ont des propriétés détergentes. Ils permettent de solubiliser les graisses dans le tube digestif, ce qui permet leur absorption. Au départ, on a une grosse goutte de lipide. Grâce au brassage dans le tube digestif, elle est réduite en microgouttelettes. Néanmoins, elles ne peuvent pas encore être digérées. Les acides biliaires étant composés d'une partie liposoluble, vont pouvoir se fixer sur des microgouttelettes en formant des micelles afin d'augmenter la surface d'échange permettant l'action de la lipase pancréatique. Ces acides biliaires, grâce à leur charge négative, permettent également de repousser et éviter aux grosses gouttelettes lipidiques de se reconstituer.



Cette sécrétion biliaire est régulée par la cholécystokinine. Lorsque le chyme arrive dans le duodénum, il y a une libération de la cholécystokinine par les cellules endocrines du duodénum. Celle-ci va contracter le duodénum mais aussi stimuler les cellules acineuses pancréatiques. Donc dans une action coordonnée, on a la libération des acides biliaires et la production d'enzymes pancréatiques comme la lipase pour digérer les lipides.

5) Pathologie

S'il y a un obstacle sur le passage de la bile vers le duodénum comme un calcul dans la vésicule biliaire, alors la bile passe dans la circulation sanguine. Les téguments deviennent alors jaunâtres donnant un ictère (=jaunisse).

Aussi, dans le colon, la bilirubine est dégradée par les bactéries et prend une coloration brune qui donne la couleur aux selles. Un obstacle à l'élimination de la bile donnera une décoloration des selles.



Exemple de décoloration des selles lors d'un obstacle à l'écoulement de la bile

6) Synthèse

- Rôles multiples dépassant largement le cadre de la physiologie digestive
- Circulation Portale particulière lui permettant d'assurer ses fonctions
- Deux fonctions pour cet enseignement
 - o Digestion : rôle des acides biliaires

- Détoxification : élimination déchets dans la bile (dont la bilirubine)
- Chaque hépatocyte a deux pôles
 - Capillaire : Reçoit une partie des nutriments de l'intestin grêle par la veine porte
 - Biliaire : Sécrète la bile qui contient des déchets, et les acides biliaires, ces derniers permettant la digestion des graisses

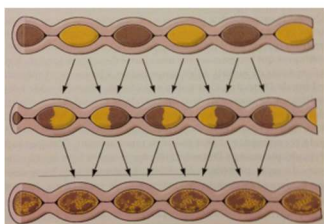
d. Intestin grêle

L'intestin grêle est divisé en 3 parties :

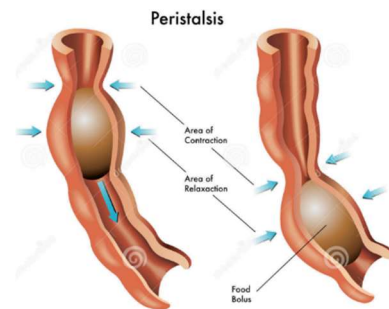
- Duodénum
- Jéjunum
- Iléon

Le duodénum mesure 20 à 25cm et le jéuno-iléon 4 à 8m. L'intestin grêle assure la quasi-totalité de la digestion et de l'absorption. La plupart des enzymes digestives sont sécrétés en amont, mais agissent dans la lumière de l'intestin grêle.

1) Motilité



L'intestin grêle réalise des mouvements segmentaires et péristaltiques. Les mouvements segmentaires sont des contractions de la couche musculaire circulaire externe afin d'homogénéiser le contenu intestinal et de mettre en contact le chyme avec la surface absorbante de l'intestin grêle. Les mouvements péristaltiques sont des contraction/relaxation coordonnées des couches circulaires internes et musculaire externe afin de faire avancer le bol alimentaire. Ces mouvements sont très lents et le chyme du pylore arrive à la valve iléo-colique (=iléo-caecale) en 3 à 5h avec une avancée de 1cm/min.



Les complexes moteurs migrants (CMM) sont des activités motrices en dehors des repas. Ces activités motrices sont des contractions puissantes survenant par cycle et prenant naissance dans l'estomac pour terminer à la fin de l'intestin grêle. Elles sont chargées de nettoyer, débarrasser les particules résiduelles non éliminées et éviter les pullulations bactériennes. Les gargouillements naissent du CMM et cela ne signifie pas que l'on a faim, mais qu'on est en train de nettoyer le tube digestif. Le CMM s'arrête lors de la prise alimentaire et si on grignote entre les repas, on favorise le risque de pullulation bactériennes.

2) Digestion

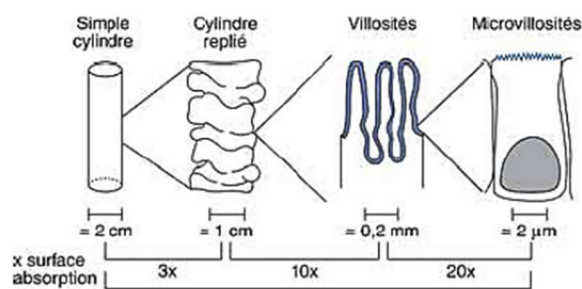
Les entérocytes sont les cellules spécialisées de l'intestin grêle chargées de la digestion et de l'absorption. La sécrétion de l'intestin grêle ne contient pas d'enzymes : les enzymes ont été sécrétées en amont (pancréas majoritairement). Cependant, l'intestin grêle contient des enzymes au sein même de sa muqueuse (ne sont pas sécrétés). Une fois la digestion terminée, l'absorption est effectuée.

Cible enzymatique	Enzymes de la muqueuse intestinale	Produit après action enzymatique
Disaccharides	Disaccharidases (sucrase, maltase, lactase)	Monosaccharides (=sucres simples = oses simples)
Polypeptides	Amino-peptidases	Di/Tri-peptides Acides-Aminés
Lipides	Lipase	Glycérol et acides gras

3) Absorption

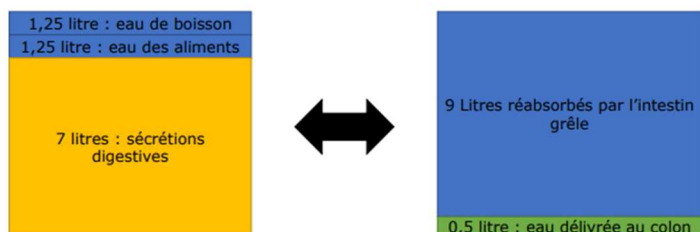
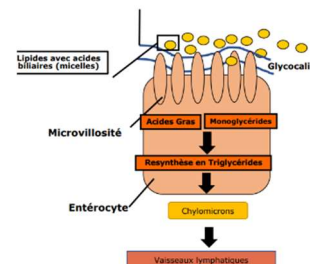
L'intestin grêle possède une surface d'échange considérable : au moins 200m² soit la taille d'un cours de tennis. Ceci est dû aux différents niveaux d'organisation augmentant la surface d'échange :

Cylindre → repliements → villosités → microvillosités



L'intestin grêle absorbe les sucres et les acides aminés. Les glucides sont principalement absorbés sous forme de monosaccharides (glucose) par un mécanisme de cotransport de sodium. Les protéines sont absorbées sous forme d'acides aminés et de petits peptides pour rejoindre le plasma (où ils seront uniquement sous forme d'acides aminés).

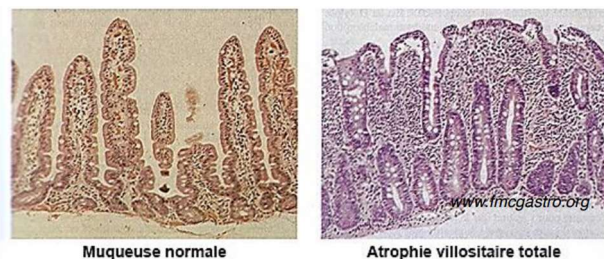
Dans l'intestin grêle, les lipides sont sous forme de micelles grâce aux acides biliaires. Ils sont synthétisés en triglycérides pour être absorbés sous la forme de chylomicron dans les vaisseaux lymphatiques vers le foie.



Quotidiennement, l'intestin absorbe 9L d'eau. Les entrées alimentaires (eau sous forme de boisson + eau des aliments) sont largement inférieures à ce volume. Le volume essentiellement absorbé par l'intestin grêle provient donc des sécrétions digestives (des organes en amont et celles de l'intestin grêle).

Ceci a un impact en pathologie car une affection intestinale peut donc s'accompagner de diarrhée sévère et ainsi de déshydratation.

Le syndrome de malabsorption cause des diarrhées persistantes et des carences multiples. Un exemple de maladie comportant un syndrome de malabsorption est la maladie cœliaque, une maladie inflammatoire due à une intolérance permanente au gluten contenu notamment dans certaines céréales comme le blé ou l'orge. Dans cette maladie, lorsque la muqueuse est au contact du gluten, il y a une réaction inflammatoire qui aboutit à une atrophie villositaire expliquant des malabsorptions.

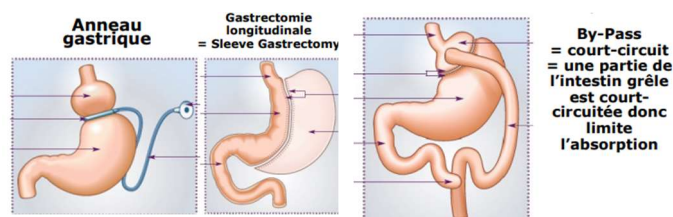


On peut aussi ajuster les capacités d'absorption pour traiter l'obésité.

Plusieurs notions sont à voir pour comprendre la chirurgie de l'obésité :

- L'absorption n'est pas un processus régulé (sauf exception)
- La faim et la satiété permettent d'ajuster les entrées (ingestion) aux besoins énergétiques
- Mais de nombreux facteurs non nutritionnels, essentiellement d'ordre sociaux supplantent ces besoins énergétiques.
- Une absorption excessive de nutriments aboutit à un stockage sous forme de lipides, pouvant mener à une obésité dans les cas les plus importants.

La chirurgie de l'obésité vise principalement soit à limiter les entrées, soit limiter l'absorption (parfois les deux). Les techniques de chirurgie restrictives causent une satiété précoce comme pour la pose d'un anneau gastrique ou pour une gastrectomie longitudinale (Sleeve Gastrectomy). Les technique malabsorptive et restrictives combinent la limitation de l'absorption avec la satiété précoce comme pour le By-pass qui est le fait de court-circuiter une partie de l'intestin grêle.



4) Synthèse

- Digestion+++

- Par les enzymes sécrétées en amont, mais qui agissent dans lumière intestinale (lipase pancréatique)
- Disaccharidases sur entérocytes
- Aminopeptidases sur entérocytes

- Absorption++++

e. Colon

Le colon, ou gros intestin, mesure 1,5m et est divisé en 5 grandes parties : Caecum, colon ascendant, colon transverse, colon descendant et colon sigmoïde. Sa surface est marquée par des haustrations qui sont des bosselures transversales. L'appendice est un organe lymphoïde appendu au caecum.

1) Fonctions

Au niveau du colon proximal (caecum + colon ascendant), on retrouve une fonction d'absorption de l'eau (environ 400ml) et des sels minéraux non absorbés par l'intestin grêle dans le but de déshydrater le contenu intestinal pour former les fèces.

Au niveau du colon distal (colon descendant + sigmoïde), on retrouve une fonction de stockage des matières entre les selles.

Le colon a une fonction de sécrétion faible qui se limite en réalité à la fabrication d'un mucus pour protéger sa muqueuse des agressions.

Le colon contient 99% des bactéries de l'organisme : Microbiote intestinal. En cas de perforation du colon il y a des risques de contracter une inflammation du péritoine : la péritonite.

Les protéines, sucres et lipides qui n'ont pas été absorbés dans l'intestin grêle ne sont pas « récupérés » par le colon. Les protéines et sucres sont dégradés par les bactéries et par la fermentation (pour les sucres) donnant des gaz (flatulences). Les lipides ne sont pas dégradés en revanche et sont émis dans les selles stéatorrhée (présence de graisses dans les selles).

2) Motricité

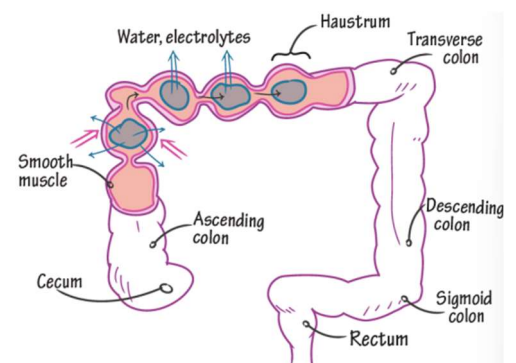
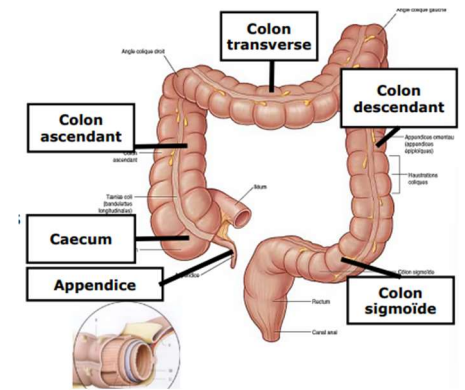
Les mouvements du côlon sont normalement plus lents et moins intenses que les mouvements de l'intestin grêle.

Les contractions haustrales sont similaires aux contractions segmentaires de l'intestin grêle en étant moins fréquentes. Elles servent à mettre en contact les fèces à la paroi intestinale afin d'absorber l'eau et les substances fluides et sels minéraux. Une grande partie de la propulsion dans le caecum et le côlon ascendant résulte des contractions haustrales, nécessitant jusqu'à 15h pour déplacer le chyme de la valve iléo-colique à travers le colon.

Les contractions propulsives se mettent en place lors du réveil ou de la prise d'un repas (1 à 3 fois par jour). Ce sont des contractions de grandes amplitudes qui poussent les matières fécales dans le rectum.

3) Microbiome intestinal

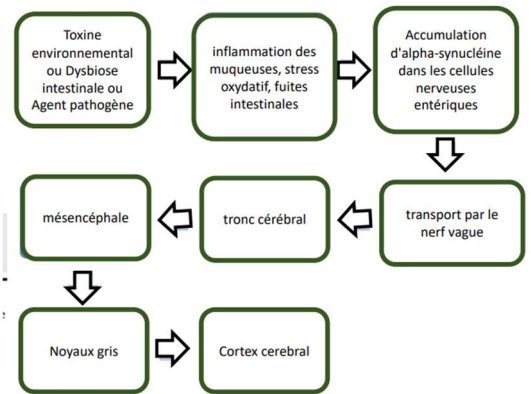
Le microbiome intestinal ou la flore intestinale, sont les micro-organismes, y compris les bactéries, les champignons et les virus qui vivent dans le tube digestif. Il est appelé le « deuxième cerveau » car l'intestin peut influencer la fonction du SNC et vice versa, donnant lieu à la voie de communication « axe microbiote-intestin-cerveau ».



4) Dysfonctionnement gastro-intestinal dans la maladie de Parkinson

Une des hypothèses est qu'en raison d'un agent pathogène, il y a une accumulation de protéine Alpha-synucléine (à l'origine de la maladie de parkinson) en raison de l'inflammation des muqueuses. Cette protéine est transportée jusqu'au cerveau via le nerf vague via l'axe microbiote-intestin-cerveau.

Dans la maladie de parkinson, il peut y avoir des symptômes non moteurs : 80% des sujets atteints de la maladie de parkinson ont des troubles gastro-intestinaux.



Dysfonctionnement gastro-intestinal dans la maladie de Parkinson	
Glandes salivaires	Réduction de la production de salive Faible fréquence de déglutition provoque la bave
Bouche	L'accumulation de salive et les problèmes de mouvements nécessaires pour se brosser les dents peuvent entraîner un dysfonctionnement dentaire Tremblements de la mâchoire
Pharynx	Dysphagie oropharyngée avec augmentation du risque d'aspiration
Œsophage	Dysphagie œsophagienne : transit œsophagien lent spasme segmentaire de l'œsophage, contractions spontanées de l'œsophage proximal, piégeage d'air, apéristaltisme et reflux gastro-œsophagien
Estomac	Mauvaise vidange gastrique avec des nausées, des ballonnements, satiété précoce et perte de poids
Intestin grêle	Dilatation
Colon	Dysmotilité, constipation, mégacôlon, volvulus et perforation intestinale
Rectum	Dysfonction anorectale → difficultés de défécation

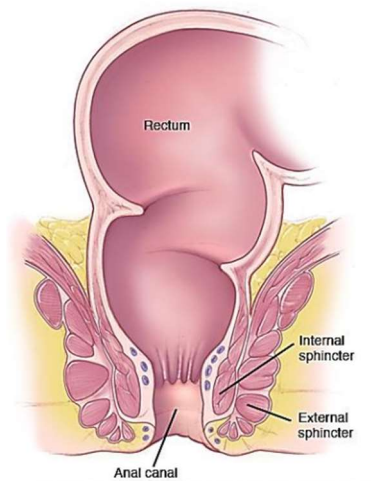
Certains essais cliniques proposent des probiotiques et la transplantation de microbiote fécal comme traitement de la maladie de Parkinson.

f. Rectum et canal anal

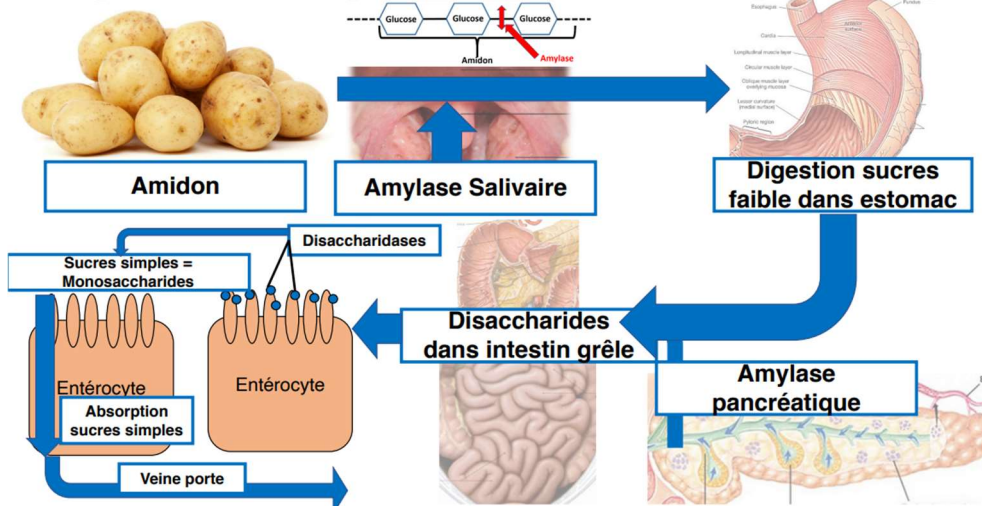
Le rectum (12cm) fait suite au colon sigmoïde et forment avec le canal anal (4cm) l'unité fonctionnelle de la défécation. Le canal anal est entouré sur toute sa longueur par deux sphincters : lisse interne et strié externe

Le rectum est habituellement vide. Un mouvement de masse au niveau du colon sigmoïde propulse des matières fécales dans le rectum qui se remplit alors (perception besoin d'exonérer). A l'arrivée des matières fécales dans le rectum, il y a un relâchement du sphincter interne (lisse) qui est un réflexe recto-anal inhibiteur (réflexe inné). Parallèlement il y a la contraction du sphincter externe (réflexe recto-anal excitateur, qui s'acquiert avec le temps). Puis il y a deux situations :

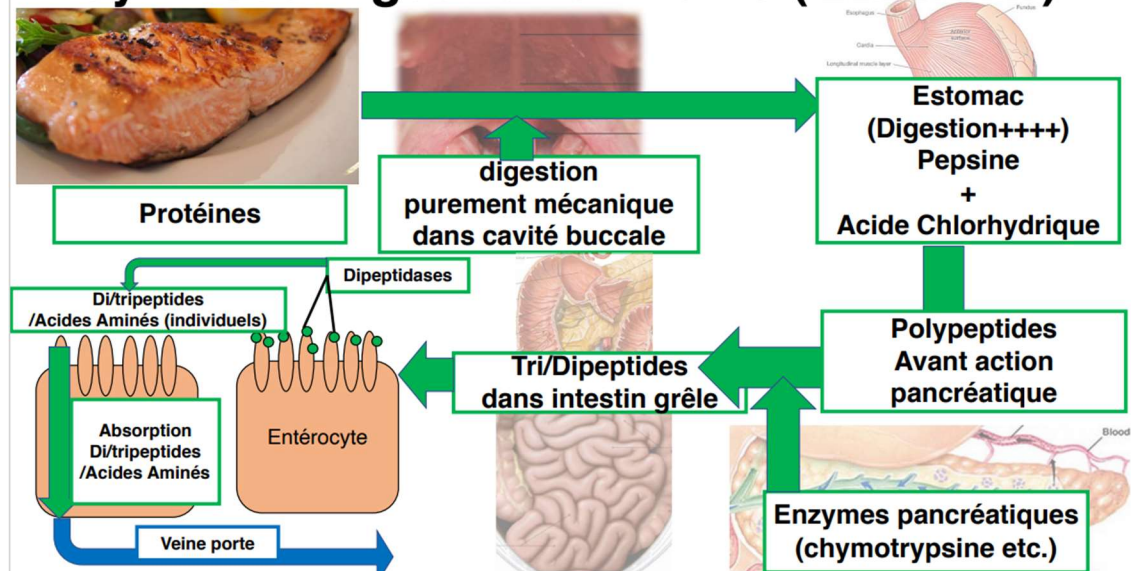
- Défécation impossible → Poursuite de la contraction volontaire du sphincter externe
- Défécation possible → Relâchement volontaire du sphincter externe et exonération



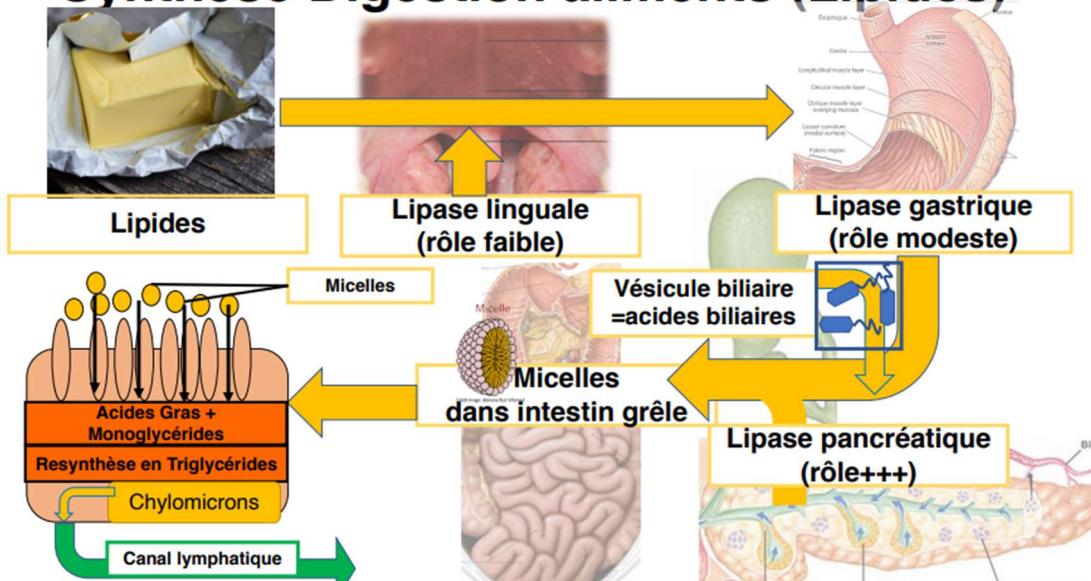
Synthèse Digestion aliments (Sucres)



Synthèse Digestion aliments (Protéines)



Synthèse Digestion aliments (Lipides)



	Motricité	Sécrétion	Digestion	Absorption
Glandes salivaires	Non	Amylase, sécrétion aqueuse et bicarbonatée	Début de la digestion des glucides (rôle faible) (amylase salivaire)	Aucun aliment Quelques médicaments
Œsophage	Déglutition	Faible sécrétion mucus (Protection muqueuse)	Non	Non
Estomac	Péristaltisme Réservoir si relâché	Acide chlorhydrique Pepsine Facteur intrinsèque Mucus	Protéines par l'action de la pepsine et l'acide chlorhydrique Lipides (faible) : lipase gastrique Poursuit de la digestion des glucides	Faible Aucun Aliment Quelques substances liposolubles comme L'alcool et l'aspirine
Foie (et voies biliaires)	Non	Sécrétion sels biliaires Sécrétion aqueuse et bicarbonate	Pas de rôle digestif direct de la bile mais facilitation de la digestion et de l'absorption des lipides par les sels biliaires	non
Pancréas	Non	Enzymatique++++ Sécrétion aqueuse et bicarbonate	(a lieu dans l'intestin par les produits de sécrétion)	non
Intestin grêle	Mouvements segmentaires Mouvement péristaltique	Mucus protecteur	Site essentiel par les enzymes pancréatiques et celles situées sur les entérocytes Poursuite de la digestion des glucides, des protéines et des lipides	Oui. site essentiel++++
Colon	Contraction haustrales Contraction propulsives	Mucus	non	oui. eau, minéraux